

# Μελέτη, Παρακολούθηση και Επεξεργασία Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας σε Ασύρματα Τηλεπικοινωνιακά Περιβάλλοντα

---

Η Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

παρουσιάστηκε ενώπιον

του Διδακτικού Προσωπικού του

Πανεπιστημίου Αιγαίου

---

Σε Μερική Εκπλήρωση

των Απαιτήσεων για το Μεταπτυχιακό Δίπλωμα Ειδίκευσης (Μ.Δ.Ε.)

Τεχνολογίες και Διοίκηση Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

στην κατεύθυνση «Τεχνολογίες Δικτύων Επικοινωνιών και Υπολογιστών»

---

του

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ

ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2009

Η ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΩΝ ΕΠΙΚΥΡΩΝΕΙ

ΤΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΥ:

---

Ρούσкас Άγγελος, Επιβλέπων

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και

Επικοινωνιακών Συστημάτων

---

Βουγιούκας Δημοσθένης, Μέλος

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και

Επικοινωνιακών Συστημάτων

---

Αναγνωστόπουλος Ιωάννης, Μέλος

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και

Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2009

## **Ευχαριστίες-Αφιερώσεις**

*Ξεκινώντας θα ήθελα να ευχαριστήσω τους καθηγητές μου κυρίους Δρ Δημοσθένη Βουγιούκα και Δρ Άγγελο Ρούσκα για την πολύτιμη καθοδήγησή τους, αλλά και για τη δυνατότητα που μου έδωσαν να ασχοληθώ με όλα όσα θα αναπτύξω παρακάτω.*

*Η εργασία αυτή είναι αφιερωμένη στους υπέροχους γονείς μου (δίχως τη στήριξη και τη βοήθεια των οποίων θα ήταν δυνατή η ολοκλήρωση των σπουδών μου) και στη μνήμη του μεγάλου Δάσκαλου Γιάννη Παλαιολόγου.*

*Νικολάου Δημήτριος*

|   |    |
|---|----|
| Περίληψη .....  | 7  |
| Abstract.....   | 8  |
| 1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ .....  | 9  |
| 1.1 Σύνοψη ανασκόπηση της λειτουργίας της κινητής τηλεφωνίας .....              | 9  |
| 1.2 Εισαγωγή στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, βασικοί όροι και έννοιες ....   | 10 |
| 1.2.1 Ηλεκτρικά πεδία .....   | 10 |
| 1.2.2 Μαγνητικά πεδία .....   | 11 |
| 1.2.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία .....  | 11 |
| 1.3 Βασικές πηγές πεδίων χαμηλής, μέσης και υψηλής συχνότητας .....             | 12 |
| 1.4 Ρυθμός απορρόφησης ενέργειας - Specific absorption rate (SAR).....          | 14 |
| 1.4.1 Ο δείκτης SAR και οι τερματικές συσκευές .....                            | 16 |
| 1.4.2 Σύνδεση της απορρόφησης της ενέργειας με την ένταση της ακτινοβολίας..... | 18 |
| 1.5 Τα ραδιοκύματα.....   | 19 |
| 1.6 Η έννοια του ιοντισμού .....  | 20 |
| 1.7 Διαχωρισμός και είδη ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας.....       | 21 |
| 1.8 Τα είδη των ιοντίζουσων ακτινοβολιών .....                                  | 21 |
| 1.9 Τα είδη των μη ιοντίζουσων ακτινοβολιών.....                                | 21 |
| 1.10 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία των κινητών και των σταθμών βάσης .....     | 22 |
| 1.10.1 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων .....               | 22 |
| 1.10.2 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία των κεραιών βάσης .....                   | 24 |
| 2. ΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ Η/Μ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....                          | 28 |
| 2.1 Θερμικές επιδράσεις .....   | 28 |
| 2.2 Μη θερμικές επιδράσεις .....  | 28 |
| 2.3 Βιολογικοί κίνδυνοι .....   | 29 |
| 2.4 Επιδημιολογικές έρευνες .....   | 29 |
| 2.5 Ανθρώπινες μελέτες .....  | 30 |
| 2.5.1 Καρκίνος.....   | 30 |
| 2.5.2 Οφθαλμοί.....   | 34 |
| 2.5.3 Γενετικές Μεταβολές.....  | 34 |
| 2.5.4 Εγκεφαλικές Δραστηριότητες.....   | 34 |
| 2.5.5 Αλληλεπιδράσεις με καρδιακούς βηματοδότες.....                            | 35 |
| 2.5.6 Ύπνος – Πονοκέφαλοι-Κούραση.....  | 35 |
| 2.5.7 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα .....  | 36 |
| 2.5.8 Καρδιαγγειακό Σύστημα.....  | 36 |
| 2.5.9 Μελατονίνη.....   | 37 |
| 2.5.10 Αλλαγές στην συμπεριφορά.....  | 37 |
| 2.6 Μελέτες με πειραματόζωα.....  | 37 |
| 2.6.1 Καρδιαγγειακό σύστημα .....   | 37 |
| 2.6.2 Εκροή ασβεστίου .....   | 38 |
| 2.6.3 Ανοσοποιητικό σύστημα .....   | 38 |
| 2.6.4 Οφθαλμοί.....   | 39 |
| 2.6.5 Γενετικές μεταβολές .....   | 39 |
| 2.6.6 Καρκίνος.....   | 41 |
| 2.6.7 Μορφολογία του εγκεφάλου .....  | 42 |
| 2.6.8 Αλλαγές στη συμπεριφορά.....  | 42 |

|   |    |
|---|----|
| 2.6.9 Αναπαραγωγή και ανάπτυξη .....  | 43 |
| 2.6.10 Αιματοεγκεφαλικός φραγμός (BBB Blood-Brain Barrier).....   | 43 |
| 2.7 Συμπεράσματα.....   | 43 |
| 3.0 ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ<br>ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ.....  | 46 |
| 3.1 Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ - World Health Organization [WHO] ..  | 46 |
| 3.2 Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ) .....   | 46 |
| 3.3 Απόψεις των εταιρειών παροχής υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας.....   | 47 |
| 3.4 Έκθεση επιτροπής εμπειρογνώμων προς τον Γενικό Διευθυντή Υγείας της<br>Γαλλίας, σχετικά με τα Κινητά Τηλέφωνα, τους Σταθμούς Βάσης και την Υγεία. ..                            | 49 |
| 3.5 Έκθεση της Ανεξάρτητης Επιτροπής Εμπειρογνομώνων για τα Κινητά<br>Τηλέφωνα και την Υγεία στη Μ. Βρετανία .....  | 49 |
| 3.6 Αμερικάνικη διοίκηση τροφίμων και φαρμάκων.....   | 50 |
| 3.7 Συμβουλευτική ομάδα μη ιονίζουσας ακτινοβολίας (AGNIR 2003) .....   | 50 |
| 3.8 Έκθεση από την Ελβετία γραμμένη από τους M Roosli και R Rapp (Buwal<br>2003) .....  | 51 |
| 3.9 Σουηδικές αρχές προστασίας ακτινοβολίας (SSI 2003) .....  | 51 |
| 3.10 Συμβούλιο Υγείας στην Ολλανδία (HCN 2004a).....  | 51 |
| 3.11 Διεθνής Επιτροπή Προστασία Μη Ιονίζουσας Ακτινοβολίας (ICNIRP 2004) ....   | 52 |
| 3.12 Ίδρυμα ηλεκτρικών μηχανικών (IEE 2004) .....   | 52 |
| 3.13 Απόψεις Ανεξάρτητων Εμπειρογνομώνων και Ερευνητών.....   | 52 |
| 3.14 Έκθεση Stewart.....  | 55 |
| 3.15 Παρατηρήσεις.....  | 56 |
| 4.0 ΌΡΙΑ ΑΣΦΑΛΟΥΣ ΕΚΘΕΣΗΣ.....  | 57 |
| 4.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία .....   | 57 |
| 4.2 Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης «Περί του περιορισμού της<br>έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0Hz – 300GHz)», L 199<br>(1999/519/EC), 30-7-1999. .... | 59 |
| 4.2.1 Βασικοί περιορισμοί.....  | 59 |
| 4.2.2 Επίπεδα αναφοράς.....   | 62 |
| 4.2.3 Ρεύμα επαφής και ρεύμα άκρων .....  | 64 |
| 4.2.4 Έκθεση σε πηγές με πολλαπλές συχνότητες.....  | 65 |
| 4.3 Ελληνική νομοθεσία .....  | 67 |
| 4.3.1 Ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις .....   | 68 |
| 4.3.2 Θερμικές επιδράσεις .....   | 69 |
| 4.4 Τα όρια ανά τον κόσμο .....   | 71 |
| 5.0 Πεδίον 24 - Η ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ<br>ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ .....  | 72 |
| 5.1 Σχεδιασμός της υλοποίησης.....  | 72 |
| 5.2 Αρχιτεκτονική και λειτουργία του συστήματος .....   | 75 |
| 5.2.1 Remote Measurement Stations (RMSs) .....  | 76 |
| 5.2.2 Το μετρητικό NARDA-AMB 8057 .....   | 77 |
| 5.2.3 Το modem Tango 55 (Επικοινωνία μεταξύ των δομικών στοιχείων).....   | 78 |
| 5.3 Εγκατάσταση Magnetic Probe .....  | 78 |
| 5.4 Εγκατάσταση του λογισμικού.....   | 80 |
| 5.5 Συμπεράσματα και γενική αξιολόγηση .....  | 82 |

|   |    |
|---|----|
| 5.6 Παρουσίαση του προγράμματος αυτόματης 24ωρης καταγραφής της Η/Μ ακτινοβολίας..... | 83 |
| 5.6.1 Ad Hoc μετρήσεις.....   | 88 |
| 5.6.2 Εξοπλισμός μέτρησης .....   | 89 |
| 6.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....   | 93 |
| Βιβλιογραφία .....  | 95 |

## Περίληψη

Οι ασύρματες επικοινωνίες αποτελούν ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, έναν από τους πλέον γοργά αναπτυσσόμενους τεχνολογικούς τομείς. Μία σειρά από συστήματα ασυρμάτων επικοινωνιών, με πιο χαρακτηριστικά παραδείγματα την κυψελωτή τηλεφωνία και τα ασύρματα τοπικά δίκτυα, έχουν ήδη επιδράσει καθοριστικά στον τρόπο που επικοινωνούμε και συνδιαλασσόμαστε, ενώ στο όχι μακρινό μέλλον καινούργια συστήματα, όπως για παράδειγμα τα ασύρματα αδόμητα δίκτυα και τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, αναμένεται να αλλάξουν ακόμα περισσότερο την καθημερινότητά μας.

Υπάρχουν όμως συνέπειες στην υγεία του ανθρώπου λόγω της χρήσης όλων αυτών των τεχνολογιών; Μπορούμε να κάνουμε κάτι για να προστατευθούμε από πιθανές επιπτώσεις; Υπάρχουν σαφή επιστημονικά δεδομένα που να τις αποδεικνύουν; Μπορούμε κάθε ώρα και στιγμή να γνωρίζουμε τιμές της Η/Μ ακτινοβολίας;

Η συγκεκριμένη μεταπτυχιακή εργασία έχει σαν στόχο να παρουσιάσει ολοκληρωμένες απαντήσεις σε μια σειρά από τα συναφή ερωτήματα. Αποτελείται από την εισαγωγική θεωρία της μη Ιοντίζουσας Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας και τις πιθανές συνέπειές της στην ανθρώπινη υγεία και αφετέρου από τα αποτελέσματα μιας διαδραστικής εφαρμογής για μετρήσεις της έντασης του Ηλεκτρομαγνητικού Πεδίου στην ευρύτερη περιοχή του ανατολικού Αιγαίου.

Πιο αναλυτικά στο πρώτο κεφάλαιο γίνεται μια εισαγωγική αναφορά σε διάφορες κρίσιμες έννοιες οι οποίες βοηθούν στην καλύτερη κατανόηση της ορολογίας που χρησιμοποιείται στη παρούσα εργασία. Συγκεκριμένα, εξετάζονται οι έννοιες των πεδίων, αναλύεται ο δείκτης SAR ενώ ταυτόχρονα αναδεικνύεται η σημασία του, παρουσιάζεται η έννοια του ιοντισμού και η επιμέρους κατηγοριοποίησή του, ενώ τέλος παρουσιάζονται οι διαφορές μεταξύ των πηγών της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

Στη συνέχεια το δεύτερο κεφάλαιο πραγματεύεται τις βιολογικές επιδράσεις της Η/Μ ακτινοβολίας, με συμπεράσματα που προέκυψαν από ανθρώπινες μελέτες αλλά και από μελέτες σε πειραματόζωα.

Σε συνέχεια του προηγούμενου κεφαλαίου, το τρίτο κεφάλαιο έχει στόχο να ομαδοποιήσει τις απόψεις από διάφορους αξιόπιστους φορείς ανά τον κόσμο, σχετικά με τις συνέπειες της Η/Μ ακτινοβολίας.

Το τέταρτο κεφάλαιο είναι ουσιαστικά η αναφορά στην ευρωπαϊκή αλλά και την ελληνική νομοθεσία για τα θεσμοθετημένα όρια. Παρουσιάζονται και αναλύονται όλοι οι νόμοι που έχει θεσπίσει η Ευρωπαϊκή Ένωση για την προστασία του κοινού, μέσω των αρμόδιων επιτροπών, τους οποίους έχει υιοθετήσει και η Ελλάδα με σαφώς αυστηρότερα κριτήρια.

Στο πέμπτο και τελευταίο κεφάλαιο της εργασίας, περνάμε πλέον στην παρουσίαση της εφαρμογής, παρέχοντας πλήρη ανάλυση της μελέτης αλλά και μιας σειράς τεχνικών θεμάτων της υλοποίησης. Παράλληλα γίνεται αναφορά και στις κινητές μετρήσεις που διεξήχθησαν.

© 2009

ΝΙΚΟΛΑΟΥ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

## Abstract

During the last two decades, wireless communications have become one of the most growing technological sectors of our society. Many wireless communication technologies, e.g. cellular telephony and wireless local networks, have already altered the way we communicate and work, while in the not so far future, new wireless systems, like mesh networks and sensor networks, are expected to even further change our everyday life.

Are there any effects on human's health due to those technologies? Can we make something in order to be protected from repercussions? Could the scientific data ensure us for a safety environment? Could we know Electric Field's strength every moment?

This particular postgraduate work aims to present completed answers to relevant questions. It is constituted by the introductive theory of non Ionizing Electromagnetic Radiation and the possible effects to human health. In addition it presents the results of an interactive application for Electromagnetic Radiation's measurements, in the area of Eastern Aegean.

Analytically, first chapter becomes an introductive report in various critical significances which helps a better understanding of terminology that is used in this thesis. Concretely, we are examine the significances of fields, we are analyzing the SAR while simultaneously is elected his importance, the meaning of Ionizing is presented with his individual categorization while we finally present the differences between the sources of electromagnetic radiation.

Moreover, the second chapter refers to biological effects of E/M radiation, with conclusions that resulted from human studies but also from studies in guinea-pigs.

The third chapter aims to group scientific opinions and conclusions of E/M radiation from a various reliable institutions over the world.

Furthermore, the fourth chapter refers to European and Greek legislation on the enacted limits. We are presenting and analyzing all the laws that European Union has established for public's protection, which Greece has also adopted with stricter criteria.

In the last chapter of this thesis, we presenting the results of our interactive application, while providing complete analysis of our study, but also many technical issues of the application. At the same time, this work becomes a report also in the mobile (Ad-Hoc) measurements that were have carried out.

© 2009

NIKOLAOU DIMITRIOS

Department of Information and Communication Systems Engineering  
UNIVERSITY OF THE AEGEAN



## 1.0 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### 1.1 Σύντομη ανασκόπηση της λειτουργίας της κινητής τηλεφωνίας

Η δυνατότητα τηλεφωνικής επικοινωνίας παντού και πάντα, στο σπίτι ή στο δρόμο, με τον ίδιο πάντα αριθμό τηλεφώνου και χωρίς περιορισμούς από καλώδια είναι εδώ και αρκετά χρόνια γεγονός. Οι υπηρεσίες αυτές υλοποιούνται με την κινητή τηλεφωνία. Η κινητή τηλεφωνία είναι ένα δίκτυο που συνίσταται από κυψέλες, για αυτό το λόγο και ονομάζεται κυψελοειδές ή κυψελωτό δίκτυο (εικόνα 1). Σε κάθε κυψέλη υπάρχει ένας σταθμός βάσης που επικοινωνεί με τα κινητά τηλέφωνα στο κοντινό περιβάλλον του - δηλαδή στην κυψέλη του. Ένας σταθμός βάσης αποτελείται από αρκετές κεραιές εκπομπής και λήψης (που συνήθως είναι στερεωμένες σε έναν ιστό) καθώς και από μια μονάδα ελέγχου. Οι σταθμοί βάσης συνδέονται με ένα κέντρο με συνηθισμένα τηλεφωνικά καλώδια ή με υπερκατευθυντικές ζεύξεις. Από αυτό λαμβάνουν τις συνομιλίες που πρέπει να διαβιβάσουν σε κάποιο κινητό τηλέφωνο στην κυψέλη τους, και σε αυτό διαβιβάζουν τις συνομιλίες που διενεργούνται από κάποιο κινητό τηλέφωνο στην κυψέλη τους. Αν κάποιο κινητό τηλέφωνο απομακρυνθεί από την κυψέλη, τότε η σύνδεση μεταβιβάζεται αυτόματα στην επόμενη κυψέλη. Το μέγεθος της κυψέλης ορίζεται από τον αναμενόμενο αριθμό χρηστών κινητών τηλεφώνων και καθορίζεται κατά το σχεδιασμό του δικτύου. Καθώς ένας σταθμός βάσης μπορεί συνήθως να εξυπηρετήσει ταυτόχρονα το πολύ 64 κινητά τηλέφωνα, οι κυψέλες στις αγροτικές περιοχές με μικρή τηλεφωνική πυκνότητα είναι μεγάλες (διάμετρος 1 έως 4 km ή και μεγαλύτερη), ενώ αντίθετα στο κέντρο κάποιας μεγαλούπολης μικρές (διάμετρος 300 έως 400 μέτρα). Το ραδιοσήμα του σταθμού βάσης πρέπει να είναι τόσο ισχυρό ώστε να φθάνει σε κάποιο κινητό τηλέφωνο ακόμη και στο όριο της κυψέλης, αλλά όχι υπερβολικά ισχυρό, επειδή έτσι θα δημιουργούσε παρεμβολές στα σήματα της επόμενης ή μεθεπόμενης κυψέλης. Αν σε κάποια κυψέλη χρησιμοποιούνται όλο και περισσότερα κινητά τηλέφωνα, έρχεται στιγμή που υπερφορτώνεται ο σταθμός βάσης. Τότε γίνεται υποδιαίρεση της κυψέλης. Εγκαθίστανται δηλαδή αναγκαστικά πρόσθετοι σταθμοί βάσης που με μικρότερη ισχύ εκπομπής εξυπηρετούν τις ήδη μικρότερες κυψέλες τους. Η κινητή τηλεφωνία χρειάζεται σταθερούς σταθμούς βάσης και κινητά τηλέφωνα.



Εικόνα 1: Το αρχιτεκτονικό μοντέλο της κινητής τηλεφωνίας

Για να πραγματοποιηθεί όμως μια κλήση από ένα κινητό τηλέφωνο ο καλών ενεργοποιεί με το κινητό του, ένα σταθμό βάσης (συνήθως τον κοντινότερο) ο οποίος με τη σειρά του και αναγνωρίζοντας τον καλούμενο αριθμό στέλνει σε αυτόν σήμα κλήσης. Όταν απαντήσει ο καλούμενος (δηλαδή ενεργοποιήσει το κινητό του τηλέφωνο ώστε να δεχθεί την κλήση) τότε αρχίζει η αμφίδρομη επικοινωνία των δύο κινητών τηλεφώνων μέσω του σταθμού βάσης, οπότε και οι τρεις (τα δύο κινητά τηλέφωνα και ο σταθμός βάσης) λειτουργούν τόσο ως δέκτες όσο και ως πομποί. (Στην πράξη οι σταθμοί βάσης σχηματίζουν κυψέλη παραπέμποντας τη σύνδεση ο ένας στον άλλον όταν αλλάζει η θέση του κινητού τηλεφώνου κατά τη διάρκεια της συνομιλίας). Είναι προφανές πως όταν ο καλών μιλάει στο κινητό του τηλέφωνο τότε αυτό λειτουργεί ως πομπός και το κινητό τηλέφωνο του καλούμενου λειτουργεί ως δέκτης και αντιστρόφως. Οι κεραίες κινητής τηλεφωνίας εκπέμπουν ραδιοκύματα στις περιοχές των συχνοτήτων των 900, 1800 και 2100 (3G) MHz. Πρόκειται δηλαδή για μη-ιοντίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, αντίστοιχη με αυτή που εκπέμπεται από τους τηλεοπτικούς και ραδιοφωνικούς αναμεταδότες, τα ασύρματα τηλέφωνα, τις οικιακές συσκευές, τους λαμπτήρες κοκ. Σημειώνεται ότι τα ραδιοκύματα της κινητής τηλεφωνίας είναι πολύ ασθενέστερα σε ισχύ από τα ραδιοηλεκτρονικά κύματα. Η ακτινοβολία της κινητής τηλεφωνίας είναι πολύ πιο ασθενής. Οι σταθμοί βάσης της κινητής τηλεφωνίας εκπέμπουν με μικρότερη ισχύ σε σχέση με τους αντίστοιχους του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης. Ειδικότερα, οι σταθμοί βάσης του ραδιοφώνου και της τηλεόρασης δημιουργούν μία ζώνη επικινδυνότητας αρκετά μέτρα γύρω από τα σημεία όπου είναι τοποθετημένοι, γι' αυτό και η εγκατάστασή τους επιτρέπεται σε ειδικά πάρκα ή σε ακατοίκητα υψώματα.

Η υψίσυχη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χρησιμοποιείται ως μέσο μεταφοράς, δηλαδή ως φορέας πληροφοριών. Η πληροφορία που πρόκειται να διαβιβασθεί, π.χ. μια συνομιλία ή ένα φαξ, περιέχεται στο εκπεμπόμενο φέρον κύμα με κατάλληλο τρόπο είναι δηλαδή αυτό διαμορφωμένο. Ο δέκτης είναι σε θέση να εξάγει την αρχική πληροφορία από το λαμβανόμενο διαμορφωμένο υψίσυχο σήμα. Στα δίκτυα GSM της κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιούνται η πληροφορία μεταδίδεται ψηφιακά. Η συνομιλία δηλαδή εξ'αρχής ψηφιοποιείται και υφίσταται ως μια σειρά τιμών 0 και 1. Αυτή πλέον η αριθμητική σειρά, που μπορεί να συγκριθεί με την πληροφορία σε ένα μουσικό CD, κωδικοποιείται στο κάθε εκπεμπόμενο υψίσυχο σήμα. Στο δέκτη αποκωδικοποιείται αυτή η σειρά αριθμών και μετατρέπεται πάλι σε αναλογικό σήμα.

## **1.2 Εισαγωγή στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, βασικοί όροι και έννοιες**

### **1.2.1 Ηλεκτρικά πεδία**

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία κυριαρχούν στην ζωή μας και αποτελούνται από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Ηλεκτρικό πεδίο ονομάζουμε τον χώρο μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά φορτία. Ηλεκτρικά πεδία δημιουργούνται από διαφορές σε ηλεκτρική τάση, όσο υψηλότερη η τάση τόσο ισχυρότερο θα είναι το ηλεκτρικό πεδίο. Ένα ηλεκτρικό πεδίο υπάρχει ακόμα και όταν δεν υπάρχει ροή ρεύματος. Ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (E) είναι το μέγεθος που εκφράζει πόσο ισχυρό είναι το ηλεκτρικό πεδίο σε ένα συγκεκριμένο σημείο του. Η ισχύς του

ηλεκτρικού πεδίου μετράτε σε V/m. Αγωγοί όπως το μέταλλο προστατεύουν αποτελεσματικά από ηλεκτρικά πεδία. Άλλα υλικά όπως υλικά χιτισίματος και δέντρα παρέχουν επίσης προστασία. Γι' αυτό τον λόγο τα ηλεκτρικά πεδία από ηλεκτροφόρα καλώδια έξω από το σπίτι μειώνονται από τοίχους, κτίρια και δέντρα.

Η μονάδα "Volts ανά μέτρο" (V/m) χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και η μονάδα "Amperes 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 (P ή S) μπορεί να εκφραστεί σε μονάδες Watts 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 ( $\mu W/cm^2$ ). Η μαθηματική εξίσωση που περιγράφει την μετατροπή από V/m σε  $W/m^2$  είναι η εξής:  $P = E^2(V/m)/(120*\pi)$ . Έτσι για παράδειγμα 2,047 V/m είναι 0,011114874  $W/m^2$ .

### 1.2.2 Μαγνητικά πεδία

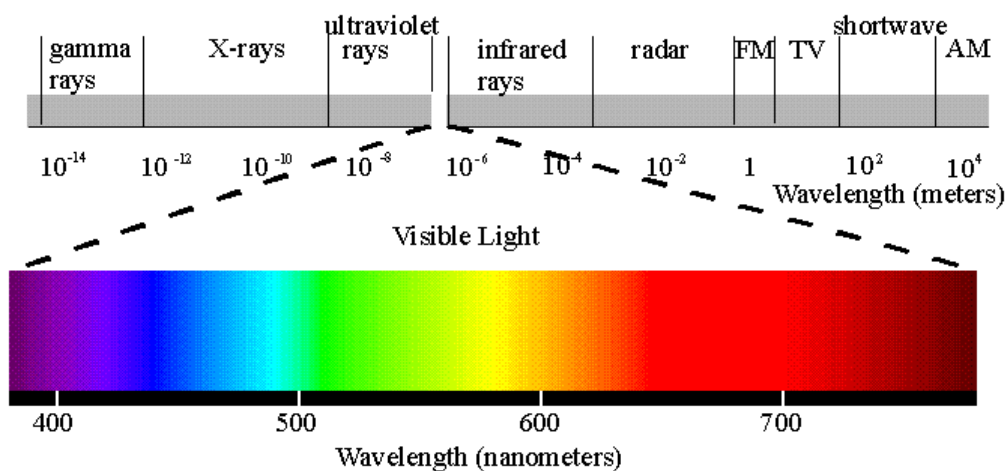
Μαγνητικό πεδίο είναι ο χώρος μέσα στον οποίο ασκούνται δυνάμεις σε ηλεκτρικά ρεύματα. Μαγνητικά πεδία δημιουργούνται όταν ρέει ηλεκτρικό ρεύμα. Όσο μεγαλύτερο το ρεύμα, τόσο ισχυρότερο το μαγνητικό πεδίο. Η ισχύς του μαγνητικού πεδίου μετράτε σε A/m. Μαγνητικά πεδία δεν μπλοκάρονται από κοινά υλικά όπως τους τοίχους κτιρίων. Ένταση του μαγνητικού πεδίου (B) είναι το μέγεθος που εκφράζει πόσο ισχυρό είναι το μαγνητικό πεδίο σε ένα συγκεκριμένο σημείο του.

### 1.2.3 Ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια (ή ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία) αποτελείται από κύματα ηλεκτρικής και μαγνητικής ενέργειας, τα οποία διαδίδονται ταυτόχρονα (ακτινοβολούνται) στον ελεύθερο χώρο. Η περιοχή στην οποία αναπτύσσονται αυτά τα κύματα λέγεται ηλεκτρομαγνητικό πεδίο. Τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα εμφανίζονται με πολλές διαφορετικές μορφές. Για παράδειγμα, τα ραδιοκύματα, τα μικροκύματα, το ορατό φως αλλά και οι ακτίνες X είναι όλα μορφές ηλεκτρομαγνητικών κυμάτων. Όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα διαδίδονται με την ταχύτητα του φωτός. Τα σημαντικά χαρακτηριστικά των διαφόρων τύπων κυμάτων είναι η απόσταση που καλύπτεται από έναν κύκλο του κύματος, που αποτελεί το μήκος κύματος, και ο αριθμός των κυμάτων που διέρχονται από ένα συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο, που ορίζει τη συχνότητα του κύματος. Οι σημαντικότερες διαφορές των διαφορετικών τύπων κυμάτων οφείλονται στις διαφορετικές τιμές συχνότητας. Για οποιοδήποτε ηλεκτρομαγνητικό κύμα, το γινόμενο του μήκους κύματος και της συχνότητας ισούται με την ταχύτητα του φωτός. Η συχνότητα ενός ηλεκτρομαγνητικού κύματος εκφράζεται συνήθως σε μονάδες Hertz (Hz). Ένα Hz ισούται με ένα κύμα ανά δευτερόλεπτο. Ένα kilohertz (kHz) ισούται με χίλια κύματα ανά δευτερόλεπτο, ένα megahertz (MHz) ισούται με ένα εκατομμύριο κύματα ανά δευτερόλεπτο, και ένα gigahertz (GHz) ισούται με 1 δισεκατομμύριο κύματα ανά δευτερόλεπτο.

Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ήταν ανέκαθεν παρόντα στη γη. Ωστόσο, κατά τη διάρκεια του 20ού αιώνα, η περιβαλλοντική έκθεση σε τεχνητές πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αυξήθηκε ραγδαία, εξαιτίας των απαιτήσεων για ηλεκτρισμό, της ανάπτυξης της ασύρματης τεχνολογίας και των εφαρμογών της, καθώς επίσης και των αλλαγών στις εργασιακές σχέσεις και στην κοινωνική

συμπεριφορά. Σήμερα, καθένας μας εκτίθεται σε ένα πολύπλοκο μίγμα από ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία πολλών διαφορετικών συχνοτήτων, τόσο στο χώρο κατοικίας όσο και στο χώρο της εργασίας. Τα πιθανά βιολογικά αποτελέσματα που οφείλονται στις κατασκευασμένες από τον άνθρωπο πηγές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έχουν προσελκύσει το επιστημονικό ενδιαφέρον από τα τέλη του 1800 και έχουν τύχει ιδιαίτερης προσοχής κατά τα τελευταία 30 χρόνια. Γενικά, το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα (εικόνα 2) μπορεί να διαιρεθεί στα στατικά και χαμηλής συχνότητας ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία (γραμμές μεταφοράς, ηλεκτρικές συσκευές οικιακής χρήσης, ηλεκτρονικοί υπολογιστές) και στα υψηλής συχνότητας πεδία ή πεδία ραδιοσυχνότητας (ραντάρ, εγκαταστάσεις ραδιοφωνικής και τηλεοπτικής μετάδοσης, κινητά τηλέφωνα και σταθμοί βάσης κινητών επικοινωνιών, συστήματα επαγωγικής θέρμανσης και αντικλεπτικά συστήματα). Σε αντίθεση με την ιοντίζουσα ακτινοβολία (όπως οι ακτίνες γ που εκπέμπονται από ραδιενεργά υλικά, η κοσμική ακτινοβολία και οι ακτίνες X), η οποία εντοπίζεται στο υψηλότερο τμήμα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος, στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων η κβαντική ενέργεια δεν είναι αρκετά ισχυρή ώστε να διασπάσει τους δεσμούς που συγκρατούν μεταξύ τους τα μόρια μέσα στα κύτταρα και, συνεπώς, δεν μπορεί να προκαλέσει ιοντισμό. Για το λόγο αυτό, η χαμηλότερη περιοχή του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος χαρακτηρίζεται ως «μη ιοντίζουσα». Στην εικόνα 2 φαίνεται η σχετική θέση της ιοντίζουσας (ακτίνες γ, ακτίνες χ, υπεριώδεις) και της μη ιοντίζουσας (υπέρυθρες, radar, ραδιοφωνία, τηλεόραση, μικροκύματα, χαμηλές συχνότητες) περιοχής στο ηλεκτρομαγνητικό φάσμα.



Εικόνα 2: Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

### 1.3 Βασικές πηγές πεδίων χαμηλής, μέσης και υψηλής συχνότητας

Οι πηγές των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που έχει κατασκευάσει ο άνθρωπος, στα οποία υποβαλλόμαστε καθημερινά (ραδιοκύματα, μικροκύματα, ηλεκτρισμός), είναι μεγάλου μήκους κύματος και χαμηλής συχνότητας. Δεν μπορούν να προκαλέσουν ιοντισμό διότι η ενέργεια που μεταφέρουν τα κβάντα τους είναι μικρή. Δεν μπορούν να σπάσουν χημικούς δεσμούς στα μόρια των κυττάρων. Τα χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που παράγονται από ηλεκτρικές συσκευές είναι παράδειγμα

εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας πεδίων. Αυτά τα πεδία έχουν συχνότητες μέχρι 300Hz. Άλλες τεχνολογίες παράγουν μέσης συχνότητας πεδία με συχνότητες από 300Hz μέχρι 10MHz και πεδία ραδιοσυχνότητας με συχνότητες από 10MHz μέχρι 300GHz. Οι επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο ανθρώπινο σώμα εξαρτώνται όχι μόνο από το επίπεδο του πεδίου τους, αλλά και από την συχνότητα και την ενέργειά τους. Η ακτινοβολία μικροκυμάτων απορροφάται κοντά στο δέρμα, ενώ η ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας μπορεί να απορροφηθεί από όλο το σώμα. Αντικλεπτικές συσκευές και συστήματα ασφαλείας είναι βασικές πηγές πεδίων μέσης συχνότητας. Ραδιόφωνο, τηλεόραση, ραντάρ, κεραιές κινητών τηλεφώνων και μικροκυματικοί φούρνοι είναι οι βασικές πηγές πεδίων ραδιοσυχνότητας. Αυτά τα πεδία προκαλούν ρεύμα στο ανθρώπινο σώμα το οποίο είναι αρκετό για να παράγει ποικιλία επιδράσεων όπως θερμότητα και ηλεκτρικό σοκ ανάλογα το εύρος του πλάτους και της συχνότητας. Ωστόσο, για να παραχθούν τέτοια αποτελέσματα, τα πεδία έξω από το σώμα πρέπει να είναι πολύ ισχυρά, πολύ ισχυρότερα από αυτά που υπάρχουν σε φυσιολογικά περιβάλλοντα.

### **Μέγιστα τυπικά επίπεδα έκθεσης στο σπίτι και το περιβάλλον**

Στον παρακάτω πίνακα βλέπουμε τις πιο κοινές πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Όλες οι τιμές είναι τα μέγιστα πεδία έκθεσης του κοινού.

| Πηγή   | Μέγιστη τυπική        | έκθεση κοινού                        |
|--|-----------------------|--------------------------------------|
|  | Ηλεκτρικό πεδίο (V/m) | Μαγνητική διακύμανση συχνότητας (μT) |
| Φυσικά πεδία   | 200                   | 70 (Μαγνητικό πεδίο γης)             |
| Κεντρικός αγωγός ισχύος (σε σπίτια, όχι κοντά σε γραμμές ισχύος) | 100                   | 0.2                                  |
| Κεντρικός αγωγός ισχύος (κάτω από μεγάλες γραμμές ισχύος)        | 10.000                | 20                                   |
| Ηλεκτρικά τρένα και τραμ   | 300                   | 50                                   |
| Τηλεόραση και οθόνες Η/Υ (σε θέση χρήστη)                        | 10                    | 0.7                                  |
|  | Μέγιστη τυπική        | έκθεση κοινού                        |
| Τηλεόραση και ραδιοφωνικοί πομποί                                | 0.1                   |                                      |
| Σταθμοί βάσης κινητών τηλεφώνων                                  | 0.1                   |                                      |
| Ραντάρ   | 0.2                   |                                      |
| Φούρνοι μικροκυμάτων   | 0.5                   |                                      |

*Πίνακας 1 Μέγιστα τυπικά επίπεδα έκθεσης στο σπίτι και το περιβάλλον*

## 1.4 Ρυθμός απορρόφησης ενέργειας - *Specific absorption rate (SAR)*

Είναι ένας δείκτης που χρησιμοποιείται για να υπολογιστεί η απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από το ανθρώπινο σώμα με μονάδα μέτρησης Watt ανά μονάδα μάζας του ιστού του ανθρώπου. Η συνηθέστερη μονάδα μέτρησης είναι  $\text{Wkg}^{-1}$ . Χρησιμοποιείται για να προτυποποιηθεί ένας τυπικός τύπος άνδρα, με βάση τον οποίο γίνονται όλες οι συζητήσεις για την εκάστοτε απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας από τη μάζα του. Γενικά, το υιοθετημένο πρότυπο για ένα τυπικό άνδρα ύψους 1.75 m και βάρους 70 k, ο οποίος καταλαμβάνει επιφάνεια  $1.85 \text{ m}^2$ .

Όπως γίνεται αντιληπτό η ανθρώπινη μάζα αποτελεί σημαντικό παράγοντα για τη τελική διαμόρφωση του δείκτη SAR. Για παράδειγμα για τον τυπικό άνδρα που ορίσαμε και πριν, αν είναι γνωστό ότι η έκθεση για αυτόν τον τύπο του άνδρα είναι κοντά στα 7W, τότε ο υπολογισμός του SAR για ολόκληρη τη σωματοδομή του είναι  $7/70\text{Wkg}^{-1}$  ή  $0.1\text{Wkg}^{-1}$ .

Η χειρότερη περίπτωση για να συσχετιστεί η συγκεκριμένη ενεργειακή απορρόφηση και η θερμοκρασία, υπό τον όρο ότι η επίδραση της ψύξης παραμελείται, δίνεται από την αναφορά του NRPB:

$$t = J/(c \times 4180)$$

όπου:

t = η άνοδος της θερμοκρασίας (C)

J = ειδική ενεργειακή απορρόφηση ( $\text{Jkg}^{-1}$ )

c = σχετική ικανότητα θερμότητας (= 0.85)

Σημειώνεται επίσης ότι  $J (\text{Jkg}^{-1}) = \text{SAR} (\text{Wkg}^{-1}) \times \text{exposure (seconds)}$ . Για πολύ χαμηλές συχνότητες η απορρόφηση της ενέργειας είναι σχετικά χαμηλή. Η απορρόφηση αυξάνεται στο μέγιστο βαθμό σε ένα συγκεκριμένο εύρος συχνοτήτων (για τους ενήλικους) το οποίο κυμαίνεται από 30 έως 80 MHz, αλλά πάντα σχετίζεται και με άλλους παράγοντες όπως το ύψος του ανθρώπου αλλά και τα γενικότερα χαρακτηριστικά που αναφέρθηκαν και πιο πάνω. Για συχνότητες πάνω από τις προαναφερθείσες η απορρόφηση μειώνεται κάπως.

Όσο αναφορά τη μέτρηση του ρυθμού απορρόφησης ενέργειας, δεν υπάρχει ένας πρακτικός τρόπος για να μετρηθεί το μέγεθός του στον άνθρωπο. Λόγο αυτής της δυσκολίας οι υπολογισμοί του ρυθμού γίνονται βασισμένοι σε φόρμουλες με τη βοήθεια της τεχνολογίας και ειδικότερα των ηλεκτρονικών υπολογιστών ή ακόμα και με την πειραματική προσομοίωση του ανθρώπινου σώματος από διάφορες χημικές ουσίες η οποίες έχουν ηλεκτρικά χαρακτηριστικά ανάλογα με αυτά του ανθρώπου.

Πρακτικές μελέτες που προσομοιώνουν το ανθρώπινο σώμα χρησιμοποιούν είτε τυπικές μορφές από πλαστικά αντικείμενα όπως οι σφαίρες ή πλαστικά πρότυπα ανθρώπου γνωστά γενικά ως «phantoms» (ομοιώματα). Η κατασκευή τους θα εξαρτηθεί από την τεχνική μέτρησης θερμοκρασίας που θα χρησιμοποιείται.

Τα πιο κοινά συστήματα χρησιμοποιούν υπέρυθη ανίχνευση (IR) και συστήματα καταγραφής θερμοκρασίας ή χρήση των εμφωλευμένων probes τα οποία συνδέονται με έναν εξωτερικό controller στον οποίο αποθηκεύονται τα δεδομένα.

Τα «phantoms», στα οποία όπως γράψαμε και προηγουμένως χρησιμοποιούνται εμφωλευμένα probes, είναι πολύ πιθανό να γεμίζουν με υγρά τα οποία μοιάζουν όσο το δυνατό περισσότερο σε αυτά του ανθρώπινου ιστού εξετάζοντας κάθε φορά με προσομοιώσεις τις ιδιαιτερότητες τις κάθε περίπτωσης (π.χ. οι διαφορές στα

ανθρώπινα οστά, στα ανθρώπινα όργανα κτλ). Αυτή η συγκεκριμένη περίπτωση είναι και η πιο ακριβή αφού για να γίνουν πραγματικότητα όλες αυτές οι διαφοροποιήσεις σε ιστούς, οστά απαιτείται αφενός μεν υψηλό οικονομικό κόστος αλλά και ιδιαίτερα ειδικευμένη γνώση. Μια ενδιαφέρουσα έρευνα για αυτό το θέμα έχει δημοσιευθεί από τον Guy, η οποία επικεντρώνεται στη χρήση των phantoms σε πειραματικό επίπεδο για τη μέτρηση του SAR σε πολύ χαμηλές συχνότητες μικροκυμάτων. Η προσομοίωση του ιστού μπορεί να είναι ομοιογενής ή δομημένη. Τα ανοικτά σημεία των τμημάτων καλύπτονται συχνά με ένα στενό βαμβακερό υλικό το οποίο θα εξασφαλίσει ηλεκτρική επαφή των δύο μισών όταν συνενώνονται.

Το «ομοίωμα» εκτίθεται σε έναν γνωστό ομοιόμορφο RF τομέα για προκαθορισμένο χρόνο. Στη συνέχεια το ομοίωμα χωρίζεται στα σχετικά τμήματα και τα ανοικτά σημεία υποβάλλονται υπέρυθρη ανίχνευση για να καταστεί δυνατή από σχετικό εργαλείο η εξαγωγή σχετικού γραφήματος των θερμοκρασιών. Αυτό που συμβαίνει συγχρόνως είναι δύο ξεχωριστές σαρώσεις, μία πριν να γίνει η έκθεση και μία μετά, έτσι ώστε να είναι καταγεγραμμένα όλα τα αριθμητικά δεδομένα. Τελευταία έχουν υπάρξει πάρα πολλές προσπάθειες έτσι ώστε να μπορεί να είναι εφικτή η τυποποίηση ενός κεφαλιού το οποίο θα χρησιμοποιείται και θα σχετίζεται άμεσα με το δείκτη SAR.

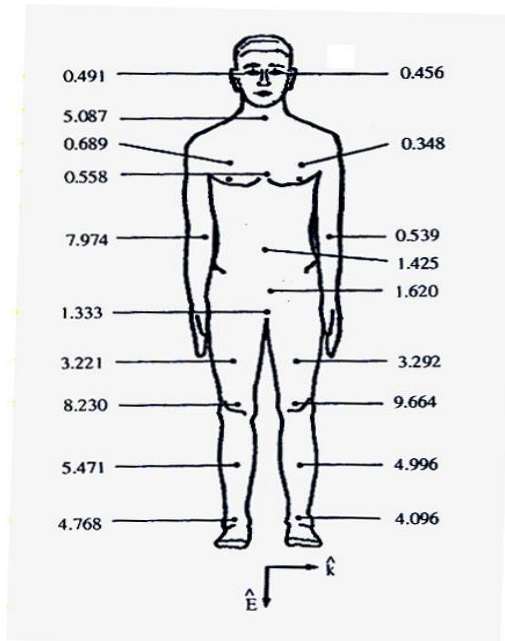
Οποιοσδήποτε τύπος συστήματος και ομοιώματος χρησιμοποιείται, το αντικείμενο είναι να υπολογιστεί το SAR είτε σε ολόκληρο σώμα είτε, μερικές φορές, ένα τοπικό SAR. Για τα συστήματα που βασίζονται στα probes, αυτό που είναι σημαντικό είναι ότι οι έλεγχοι δεν πρέπει να διαταράζουν (ή να διαστρεβλώσει) τον RF τομέα. Μια δημοσίευση από τον Stuchly επεξηγεί τη ρύθμιση probes ανίχνευσης, χρησιμοποιώντας σύστημα probe το οποίο δεν διαταράσσει την ισορροπία σε τομέα RF. Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να καταστήσουμε σαφές ότι τα ομοιώματα δεν μιμούνται το θερμοστατικό σύστημα του ανθρώπινου σώματος και ως εκ τούτου τα αποτελέσματα δεν μπορούν να θεωρηθούν ενδεικτικά των πιθανών θερμοκρασιών σε ένα ζωντανό και υγιές ανθρώπινο σώμα.

Προσπάθειες για υπολογιστική μοντελοποίηση ενός μοντελοποιημένου ανθρώπινου σώματος με τη χρησιμοποίηση υποδιαίρεσης των κυττάρων και την προσπάθεια απόδοσης σχετικών χαρακτηριστικών αναλόγως σε κάθε κύτταρο ξεχωριστά έχουν υπάρξει και συνεχίζουν να υπάρχουν. Υπάρχουν όμως περιορισμοί στα αποτελέσματα λόγω της ανεπάρκειας οποιουδήποτε μοντελοποιημένου προτύπου σχετικά με ένα ανθρώπινο σώμα.

Η επικύρωση της υπολογιστικής μοντελοποίησης είναι δύσκολη, δεδομένου ότι γενικά το μόνο πιθανό σημείο σύγκρισης είναι με κάποια πειραματική δοκιμή όπως το ομοίωμα που περιγράφεται παραπάνω, παρά τους περιορισμούς της μεθόδου. Μια άλλη ερευνητική εργασία είναι και αυτή του Spreigel η οποία επεξηγεί και μια προσομοίωση υπολογιστών και σύγκριση των αποτελεσμάτων με ένα φανταστικό πρότυπο.

Αν και κάποιος μπορεί να προσδιορίσει τα προβλήματα που αυτές οι μέθοδοι θέτουν, πρέπει να αναγνωριστεί ότι δεν έχει αποδειχθεί ακόμα πιθανό να επινοηθούν κάποιοι άλλοι αποτελεσματικοί μέθοδοι μέτρησης.

Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι οι διαφοροποιήσεις του SAR σε σχέση με το μέσο SAR για ολόσωμη έκθεση. Ακολουθεί χαρακτηριστικό παράδειγμα: Οι μετρήσεις έγιναν για πυκνότητα ισχύος  $10\text{mW/cm}^2$ , 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 3: 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 ιοντίζουσα 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.

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

#### 1.4.1 Ο δείκτης SAR και οι τερματικές συσκευές

Στον παρακάτω πίνακα παρατίθεται μία σύγκριση, παίρνοντας σαν σημείο αναφοράς το δείκτη SAR για τυπική συσκευή κινητού τηλεφώνου και αντίστοιχο σταθμό βάσης. Όπως προκύπτει και από τα αποτελέσματα, κάτι που άλλωστε αναμέναμε, το πρόβλημα εστιάζεται στην τερματική συσκευή και όχι στις κεραίες. Το παραπάνω συμπέρασμα απλά επιβεβαιώνει την άποψη ότι το οποιοδήποτε πιθανό πρόβλημα προκύπτει από τη συσκευή του κινητού τηλεφώνου και όχι από τις κεραίες του εκάστοτε δικτύου. Όσο αφορά τις συσκευές τις οποίες οι χρήστες κινητής τηλεφωνίας πρέπει να διαλέγουν, καλό θα είναι το SAR της συσκευής να είναι μικρότερο από 2W/Kg. Η ICNIRP έχει θεσπίσει ως όριο του SAR στο κεφάλι από τα κινητά τηλέφωνα τα 2 W/kg μάζας, όταν λαμβάνεται ο μέσος όρος σε 10 γραμμάρια μάζας συνεχούς ιστού στο κεφάλι για μία περίοδο 6 λεπτών. Κάθε συσκευή που κυκλοφορεί στην Ευρωπαϊκή Ένωση και συμμορφώνεται με τα θεσπισμένα όρια φέρει τη σήμανση CE. Στο εγχειρίδιο χρήσης της συσκευής αναφέρονται τα όρια SAR.



|                 | Maximum Power<br>Watts | Intensity<br>Watts per square metre | Electric field<br>Volts per metre | SAR (Maximum)<br>Watts per kilogram |
|-----------------|------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Τηλέφωνο</b> | <b>2</b>               | <b>200</b>                          | <b>400</b>                        | <b>Περίπου 10</b>                   |
| <b>Σταθμός</b>  | <b>60</b>              | <b>0.01</b>                         | <b>5</b>                          | <b>Περίπου 0.001</b>                |

Πίνακας 2 Σύγκριση του δείκτη SAR για τηλέφωνο και σταθμό

Η τιμή του SAR εκτιμάται με τη χρήση εγκεκριμένων διαδικασιών ελέγχου συμμόρφωσης υπό συνθήκες σταθερής μέγιστης ισχύος εκπομπής και αποτελεί τη μοναδική επιλογή για σύγκριση μεταξύ κινητών τηλεφώνων στο πλαίσιο της αγοράς. Στην πράξη, οι τιμές του SAR που αναφέρει ο κατασκευαστής δεν θα ταυτίζονται με αυτές που παρατηρούνται στο κεφάλι του χρήστη αφού η ισχύς εξόδου της κινητής τηλεφωνικής συσκευής ενδέχεται να είναι πολύ χαμηλότερη στις πραγματικές συνθήκες χρήσης.

Ένα βασικό χαρακτηριστικό των κινητών τηλεφώνων είναι ότι δεν εκπέμπουν με σταθερή ισχύ. Για παράδειγμα η μέγιστη ισχύς για μία συσκευή GSM είναι 2W. Όμως η ισχύς αυτή μπορεί να μειωθεί σε 15 διακριτά βήματα (μείωση κατά 1.6 φορές σε κάθε βήμα) και να φθάσει στο ένα χιλιοστό της μέγιστης ισχύος που είναι τα 2mW περίπου. Αναλογικά προς την ισχύ εκπομπής της συσκευής μειώνεται και η τιμή του SAR που δημιουργεί η συσκευή στο κεφάλι του χρήστη. Για παράδειγμα, αν ο κατασκευαστής της συσκευής αναφέρει τιμή SAR 1 W/kg, όταν η συσκευή εκπέμπει ισχύ 2 mW, η αντίστοιχη τιμή SAR θα είναι χίλιες φορές μικρότερη, δηλαδή 0.001 W/kg.

Η ισχύς που εκπέμπει μία συσκευή επιλέγεται από τη συσκευή ανεξάρτητα από το χρήστη ανάλογα με τη ποιότητα της ραδιοεπικοινωνίας της συσκευής με το σταθμό βάσης. Όσο καλύτερη είναι η ραδιοεπικοινωνία τόσο μικρότερη είναι η ισχύς εκπομπής της συσκευής. Η ποιότητα της ραδιοεπικοινωνίας εμφανίζεται στη συσκευή συνήθως ως ένταση του λαμβανόμενου σήματος και απεικονίζεται τις περισσότερες φορές με μπάρες. Όσο περισσότερες μπάρες εμφανίζονται στην οθόνη του κινητού τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του σήματος. Δηλαδή, τόσο καλύτερη είναι η ποιότητα της ραδιοεπικοινωνίας και επομένως το κινητό λειτουργεί στην περιοχή χαμηλής ισχύος εκπομπής. Η ένταση του λαμβανόμενου σήματος εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Η απόσταση του σταθμού βάσης από τη συσκευή. Όσο εγγύτερα βρίσκεται η συσκευή στο σταθμό βάσης τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του λαμβανόμενου σήματος. Στην πράξη, τα εμπόδια μεταξύ του σταθμού βάσης και της συσκευής και οι πολλαπλές ανακλάσεις λόγω εμποδίων κατά την κατεύθυνση διάδοσης μπορεί να αυξήσουν ή να μειώσουν σημαντικά την ένταση του σήματος.
- Αν η συσκευή χρησιμοποιείται σε υπαίθριο ή κλειστό χώρο. Μετρήσεις έχουν δείξει ότι η ένταση σήματος στο εσωτερικό ενός κτιρίου μπορεί να μειωθεί από 60-95% σε σχέση με την ένταση του σήματος στον παρακαίμενο δρόμο.

Οι συσκευές της κινητής τηλεφωνίας χρησιμοποιούν ένα είδος εκπομπής που καλείται διακεκομμένη εκπομπή (discontinuous transmission) ή συντομογραφικά "DTX". Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, η συσκευή δεν εκπέμπει όταν ο χρήστης δεν μιλάει και ακούει μόνο. Για παράδειγμα, αν ο χρήστης μιλήσει κατά μισό χρόνο στη

διάρκεια μιας κλήσης, η μέση τιμή SAR θα είναι ίση με το μισό της αντίστοιχης τιμής αν ο χρήστης μιλούσε συνεχώς.

Η τιμή SAR που αναφέρει ο κατασκευαστής της συσκευής αφορά 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, κατά συνέπεια, η τιμή του SAR, μειώνεται δραστικά. Όμως για να μπορέσει τότε ο χρήστης να χρησιμοποιήσει τη συσκευή του πρέπει να προσθέσει ένα εξάρτημα αποδέσμευσης των χεριών του, το λεγόμενο "hands free kit".

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

- Τα ενσύρματα 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 ουσιαστικά αντικαθιστούν την εκπομπή της συσκευής κοντά στο κεφάλι με ένα μικρό ασύρματο πομποδέκτη που επικοινωνεί με το κινητό τηλέφωνο. Συνήθως, χρησιμοποιούν 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 hands free, η τιμή του SAR μπορεί να μειωθεί τυπικά κατά 100 φορές (απόσταση συσκευής από το κεφάλι και το σώμα μισό μέτρο τουλάχιστον).

Λαμβάνοντας υπόψη και όλα τα παραπάνω προκύπτει το εξής σημαντικό συμπέρασμα για τη σχέση δικτύου, ποιότητας υπηρεσίας και εκπεμπόμενης ισχύος: όταν οι κεραίες είναι λίγες ή δεν είναι ορθά καταναμημένες δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονα πολλούς χρήστες σε μία περιοχή. Όσο πυκνότερο είναι το δίκτυο των σταθμών βάσης τόσο χαμηλότερη είναι η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που εκπέμπει η κεραία, καθώς καλύπτει μικρότερη περιοχή και εξυπηρετεί λιγότερους χρήστες. Επιπλέον, σε ένα πυκνότερο δίκτυο, η απόσταση μας από την κεραία με την οποία επικοινωνούμε είναι μικρότερη. Επομένως, το σήμα στο κινητό μας είναι καλύτερο και η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που εκπέμπει η συσκευή, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η επικοινωνία, είναι χαμηλότερη. Η πυκνωση και η ορθή σχεδίαση του δικτύου σταθμών βάσης είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να εκπέμπεται χαμηλότερη ηλεκτρομαγνητική ενέργεια και για να απολαμβάνουμε καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών.

#### **1.4.2 Σύνδεση της απορρόφησης της ενέργειας με την ένταση της ακτινοβολίας.**

Όταν ένας άνθρωπος εκτίθεται στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η απορρόφηση της ενέργειας εξαρτάται από την ένταση και την συχνότητα της ακτινοβολίας και πολλούς άλλους παράγοντες που έχουν να κάνουν με τα χαρακτηριστικά του σώματός του (μέγεθος, βάρος, στάση κλπ) αλλά και τις συνθήκες έκθεσης (συχνότητα, πόλωση, κατεύθυνση απ' όπου έρχεται η ακτινοβολία, αν είναι τοπική ή ολόσωμη έκθεση κ.α.). Προκειμένου να υπάρξουν όρια που να εξασφαλίζουν την προστασία των ανθρώπων ανεξαρτήτως των χαρακτηριστικών του σώματός τους προέκυψαν τα επίπεδα αναφοράς που προϋποθέτουν συνθήκες μέγιστης σύζευξης της

ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας με το εκτιθέμενο σε αυτή άτομο, παρέχοντας έτσι έναν επιπλέον συντελεστή ασφαλείας. Τα επίπεδα αναφοράς είναι μεγέθη που περιγράφουν την ένταση της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (ένταση ηλεκτρικού πεδίου, ένταση μαγνητικού πεδίου και πυκνότητα ισχύος) και μπορούν να συγκριθούν με μετρηθείσες τιμές. Η τήρηση των επιπέδων αναφοράς εξασφαλίζει σε κάθε περίπτωση και την τήρηση των βασικών περιορισμών για την απορροφημένη ενέργεια. Επειδή οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στα διάφορα συστήματα κινητής τηλεφωνίας είναι διαφορετικές, οι τιμές των επιπέδων αναφοράς δεν είναι ακριβώς οι ίδιες αλλά διαφέρουν ανάλογα με το σύστημα κινητής τηλεφωνίας.

| Πυκνότητα ισχύος ισοδύναμου επιπέδου κύματος | Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου <sup>1</sup> | Ένταση Μαγνητικού Πεδίου <sup>1</sup> | Σύγκριση με τα επίπεδα αναφοράς της Ευρωπαϊκής Ένωσης ανάλογα με την χρησιμοποιούμενη περιοχή συχνοτήτων σε κάθε σύστημα κινητής τηλεφωνίας |                    |                      | Παρατηρήσεις  |
|--|---------------------------------------|---------------------------------------|---|--------------------|----------------------|---|
|  |                                       |                                       | GSM 900   | GSM 1800           | UMTS 2100            |   |
| P (W/m <sup>2</sup> )                        | E (V/m)                               | H (A/m)                               |   |                    |                      |   |
| 0,00001                                      | 0,06                                  | 0,0002                                | 450.000 φορές κάτω  | 900.000 φορές κάτω | 1.000.000 φορές κάτω | Τυπικά επίπεδα σε αγροτικές περιοχές, μακριά από κεραίες εκπομπής   |
| 0,0001                                       | 0,19                                  | 0,0005                                | 45.000 φορές κάτω   | 90.000 φορές κάτω  | 100.000 φορές κάτω   |   |
| 0,001  | 0,61                                  | 0,0016                                | 4.500 φορές κάτω  | 9.000 φορές κάτω   | 10.000 φορές κάτω    | Τυπικά επίπεδα σε αστικές περιοχές, μακριά από κεραίες εκπομπής   |
| 0,005  | 1,4                                   | 0,0036                                | 900 φορές κάτω  | 1.800 φορές κάτω   | 2.000 φορές κάτω     |   |
| 0,01   | 1,9                                   | 0,0052                                | 450 φορές κάτω  | 900 φορές κάτω     | 1.000 φορές κάτω     |   |
| 0,02   | 2,7                                   | 0,0073                                | 225 φορές κάτω  | 450 φορές κάτω     | 500 φορές κάτω       | Τυπικές μέγιστες τιμές σε ταράτσες και απολήξεις ψηλών κτιρίων κοντά σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας |
| 0,05   | 4,3                                   | 0,0115                                | 1,1%  | 180 φορές κάτω     | 200 φορές κάτω       |   |
| 0,1  | 6,1                                   | 0,0163                                | 2,2%  | 1,1%               | 1%                   |   |
| 0,2  | 8,7                                   | 0,023                                 | 4,4%  | 2,2%               | 2%                   |   |
| 0,5  | 14                                    | 0,036                                 | 11,1%   | 5,6%               | 5%                   |   |
| 1  | 20                                    | 0,051                                 | 22,2%   | 11,1%              | 10%                  |   |
| 2  | 28                                    | 0,073                                 | 44,4%   | 22,2%              | 20%                  |   |
| 2,7  | 32                                    | 0,086                                 | 60%   | 30%                | 27%                  | Ελληνικά όρια για GSM 900 σε ευαίσθητες περιοχές <sup>2</sup>   |
| 3,15   | 35                                    | 0,093                                 | 70%   | 35%                | 31,5%                | Ελληνικά όρια για GSM 900 γενικά  |
| 4,5  | 41                                    | 0,111                                 | 100%  | 50%                | 45%                  | Ευρωπαϊκά όρια για GSM 900  |
| 5,4  | 45                                    | 0,122                                 | 120%  | 60%                | 54%                  | Ελληνικά όρια για GSM 1800 σε ευαίσθητες περιοχές <sup>2</sup>  |
| 6  | 47                                    | 0,124                                 | 133%  | 66,7%              | 60%                  | Ελληνικά όρια για UMTS 2100 σε ευαίσθητες περιοχές <sup>2</sup>   |
| 6,3  | 49                                    | 0,131                                 | 140%  | 70%                | 63%                  | Ελληνικά όρια για GSM 1800 γενικά   |
| 7  | 51                                    | 0,134                                 | 156%  | 77,8%              | 70%                  | Ελληνικά όρια για UMTS 2100 γενικά  |
| 9  | 58                                    | 0,157                                 | 200%  | 100%               | 90%                  | Ευρωπαϊκά όρια για GSM 1800   |
| 10   | 61                                    | 0,16                                  | 222%  | 111%               | 100%                 | Ευρωπαϊκά όρια για UMTS 2100  |

Πίνακας 3: πυκνότητας ισχύος, έντασης, επιπέδων αναφοράς

## 1.5 Τα ραδιοκύματα

Τα ραδιοκύματα ή η ενέργεια ραδιοσυχνοτήτων (ΡΣ) αποτελούν μια μορφή ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας που περιλαμβάνει κύματα με συχνότητα από περίπου 3000 κύματα ανά δευτερόλεπτο (3 kHz) μέχρι 300 δισεκατομμύρια κύματα ανά δευτερόλεπτο (300 GHz). Τα μικροκύματα αποτελούν ένα υποσύνολο των ραδιοκυμάτων με συχνότητες που κυμαίνονται περίπου μεταξύ των 300 εκατομμυρίων κυμάτων ανά δευτερόλεπτο (300 MHz) και των τριών δισεκατομμυρίων κυμάτων ανά δευτερόλεπτο (3 GHz). Το μήκος κύματος των ραδιοκυμάτων ποικίλει μεταξύ των τιμών 1mm και 10km.

Τα ραδιοκύματα δημιουργούνται από την κίνηση ηλεκτρικών φορτίων στις κεραίες και αναφέρονται και ως ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία ΡΣ, γιατί «ακτινοβολούνται» ταξιδεύοντας στο χώρο απομακρυνόμενα από την πηγή τους (κεραία). Τα ραδιοκύματα ανήκουν στην κατηγορία των μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών, λόγω της αδυναμίας τους 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 αποτελεί αιτία καρκίνου.

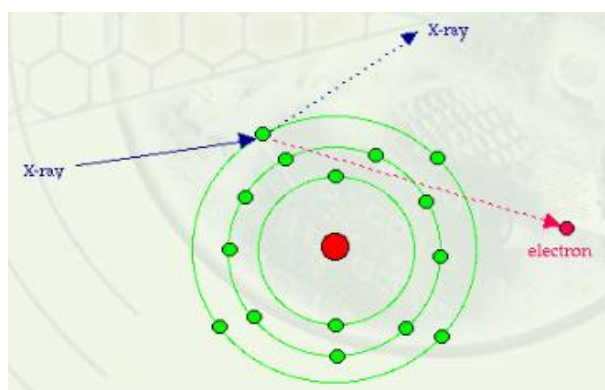
Η κυριότερη βιολογική επίδραση των ραδιοκυμάτων είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που εκτίθενται σε αυτά υπό ορισμένες συνθήκες. Οι μέχρι σήμερα έρευνες δεν έχουν τεκμηριώσει σχέση αιτίου – αιτιατού μεταξύ αυτού του τύπου της ακτινοβολίας και του καρκίνου.

Είναι σημαντικός ο διαχωρισμός μεταξύ ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας, γιατί επιτρέπει την καλύτερη αντίληψη των πραγματικών κινδύνων των διαφόρων τύπων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

## 1.6 Η έννοια του ιοντισμού

Ιοντισμός του ατόμου είναι η βίαιη απομάκρυνση ενός ή περισσότερων ηλεκτρονίων από τις ηλεκτρονικές ατομικές στοιβάδες, εξαιτίας της δράσης κάποιου εξωτερικού αιτίου με αποτέλεσμα την παραγωγή αντίθετα φορτισμένων ιόντων. Τα ιόντα αυτά αφορούν αφενός στα αρνητικά ηλεκτρόνια που απομακρύνθηκαν από το άτομο και αφετέρου στα ελλειμματικά σε ηλεκτρόνια θετικά φορτισμένα άτομα που προέκυψαν από την αλληλεπίδραση. (Ιοντισμός ουδέτερου ατόμου από προσβολή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας).

Βίαιη εκδίωξη του ηλεκτρονίου από το άτομο και παραγωγή ζεύγους αντίθετα φορτισμένων ιόντων: για να εκδιωχθεί ένα ηλεκτρόνιο από τις στοιβάδες του, απαιτείται ενέργεια η οποία προσδίδεται στο άτομο από κάποιο εξωτερικό αίτιο. Η ενέργεια αυτή πρέπει προφανώς να καλύπτει την ενέργεια σύνδεσης του ηλεκτρονίου στο άτομο. Η τιμή της εξαρτάται από την ταυτότητα του ατόμου και τη θέση της ηλεκτρονικής στοιβάδας στην οποία είναι συνδεδεμένο του ηλεκτρόνιο. Η τιμή δεν μπορεί να είναι μικρότερη των 10 eV. Μεταξύ των αιτιών που μπορούν να προκαλέσουν ιοντισμό, είναι όπως προαναφέρθηκε και οι ακτινοβολίες υψηλής ενέργειας, οι οποίες για την ικανότητά τους αυτήν αποκαλούνται ιοντίζουσες ακτινοβολίες



Εικόνα 4: Ιοντισμός

## **1.7 Διαχωρισμός και είδη ιοντίζουσας και μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας**

Ο άνθρωπος κατά τη διάρκεια της ζωής του δέχεται συνεχώς ενέργεια με τη μορφή ακτινοβολίας, τόσο από το φυσικό του περιβάλλον όσον και από τεχνητές πηγές. Η ακτινοβολία αυτή επιδρά πάνω του κατά τρόπο πολύπλοκο, άλλοτε ευεργετικό και άλλοτε βλαβερό, εξαρτώμενο από το είδος της, την έντασή της και την ενέργεια που μεταφέρει.

Οι ακτινοβολίες μπορούν σε πρώτη προσέγγιση να διακριθούν με βάση την ενέργειά τους σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις ιοντίζουσες και τις μη ιοντίζουσες.

- Ιοντίζουσα είναι η ακτινοβολία που μεταφέρει μεγάλη ενέργεια μεγαλύτερη από 10eV, ικανή να εισχωρήσει στην ύλη, να διασπάσει βίαια χημικούς δεσμούς και να προκαλέσει βιολογικές βλάβες σε ζώντες οργανισμούς. Ιοντίζουσες ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες είναι οι ακτινοβολίες X και γ.
- Μη ιοντίζουσα είναι η ακτινοβολία που μεταφέρει σχετικά μικρή ενέργεια, ανίκανη κατά την αλληλεπίδραση να προκαλέσει άμεσα ιοντισμό, αλλά ικανή να προκαλέσει ηλεκτρικές, θερμικές ή χημικές επιδράσεις στα κύτταρα άλλοτε ευεργετικές και άλλοτε επιβλαβείς για τη λειτουργία τους.

Οι δύο αυτές μεγάλες κατηγορίες ακτινοβολιών εμφανίζουν σημαντικά διαφορετικές ιδιότητες μεταξύ τους και κατ'επέκταση έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στον άνθρωπο. Για το λόγο αυτό, οι τρόποι προστασίας από αυτές απαιτούν τελείως διαφορετική μεθοδολογία και μελετώνται από διαφορετικές ομάδες επιστημόνων.

## **1.8 Τα είδη των ιοντίζουσων ακτινοβολιών**

Με τον όρο ιοντίζουσες ακτινοβολίες χαρακτηρίζουμε τις ακτινοβολίες εκείνες που μεταφέρουν ικανή ενέργεια ώστε κατά την αλληλεπίδραση τους με την ύλη να προκαλέσουν ιοντισμό των ατόμων της.

Οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες εκπέμπονται από φυσικές πηγές παραγωγής ακτινοβολιών (φυσικά ραδιοϊσότοπα, η κοσμική ακτινοβολία κ.λ.π.), ή από τεχνητές πηγές αντίστοιχα (ακτινολογικές λυχνίες, τεχνητά ραδιοϊσότοπα κ.λ.π.). Στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες κατατάσσονται οι ηλεκτρομαγνητικές ακτινοβολίες όπως η γ και η X και οι σωματιδιακές αντίστοιχα όπως οι α, β, τα πρωτόνια, τα νετρόνια και κάποια υποατομικά σωματίδια που παράγονται τεχνητά ή αποτελούν συνιστώσες της κοσμικής ακτινοβολίας.

Από τις ακτινοβολίες αυτές οι πιο γνωστές είναι η ακτινοβολία X που παράγεται στις ακτινολογικές λυχνίες και χρησιμοποιείται ευρέως στην ιατρική καθώς και οι α, β, και γ που εκπέμπονται από τους φυσικούς ή τεχνητούς ασταθείς πυρήνες των ατόμων κάποιων στοιχείων που αποκαλούνται ραδιοϊσότοπα.

## **1.9 Τα είδη των μη ιοντίζουσων ακτινοβολιών**

Ακτινοβολία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF). Η ακτινοβολία ELF των 50/60 Hz παράγεται από τα ηλεκτροφόρα καλώδια, την ηλεκτρική καλωδίωση, και τον ηλεκτρικό εξοπλισμό. Οι κοινές πηγές έντονης έκθεσης σε αυτή την ακτινοβολία περιλαμβάνουν τους κλιβάνους επαγωγής και τα υψηλής τάσεως ηλεκτροφόρα καλώδια.

Ακτινοβολία ραδιοσυχνοτήτων (RF)/Ακτινοβολία μικροκυμάτων (MW). Η ακτινοβολία μικροκυμάτων απορροφάται κοντά στο δέρμα, ενώ η ακτινοβολία RF μπορεί να απορροφηθεί από όλο το σώμα. Σε αρκετά υψηλές εντάσεις και οι δύο ακτινοβολίες βλάπτουν τους ιστούς εξ' αιτίας της θέρμανσης τους. Οι πηγές ακτινοβολίας RF και MW περιλαμβάνουν τις κεραιές των ραδιοφωνικών κυμάτων, τα ραντάρ και τα κυψελωτά κινητά τηλέφωνα, σταθμοί κινητής ακτινοβολίας (900MHz).

Υπέρυθρη ακτινοβολία (IR). Το δέρμα και τα μάτια απορροφούν την υπέρυθρη ακτινοβολία ως θερμότητα. Τα άτομα, που εκτίθενται σε αυτήν, καταλαβαίνουν την υπερβολική έκθεση σε αυτήν όταν ζεσταίνονται ή και μερικές φορές πονάνε. Τέτοιες πηγές ακτινοβολίας IR περιλαμβάνουν τους φούρνους, τους λαμπτήρες θερμότητας, και τα λέιζερ IR.

Ορατή ακτινοβολία. Οι διαφορετικές ορατές συχνότητες του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (EM) θεωρούνται από τα μάτια μας ως διαφορετικά χρώματα. Ο καλός φωτισμός συμβάλλει στην καλή διάθεση αλλά η υπερβολική ορατή ακτινοβολία μπορεί να βλάψει τα μάτια και το δέρμα.

Υπεριώδης ακτινοβολία (UV). Τα φωτόνια της υπεριώδους ακτινοβολίας έχουν υψηλή ενέργεια και είναι ιδιαίτερα επικίνδυνα επειδή δεν υπάρχει συνήθως κανένα άμεσο σύμπτωμα της υπερβολικής έκθεσης. Οι πηγές της UV ακτινοβολίας περιλαμβάνουν τον ήλιο, τα μαύρα φώτα, η οξυγονοκόλληση, και τα UV λέιζερ.

Λέιζερ. Τα λέιζερ εκπέμπουν UV, ορατές και IR ακτινοβολίες και πρώτιστα κινδυνεύουν τα μάτια και το δέρμα. Τα κοινά λέιζερ περιλαμβάνουν τα IR λέιζερ του CO<sub>2</sub>, τα ορατά λέιζερ περιλαμβάνουν του ηλίου - νέου, νεοδμίου YAG, και τα κόκκινα ορατά λέιζερ, ενώ τα UV λέιζερ του αζώτου.

## **1.10 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία των κινητών και των σταθμών βάσης**

Και τα δυο εκπέμπουν και λαμβάνουν ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Όπως έχουμε ήδη σημειώσει, πρόκειται για ταλαντώσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων που διαδίδονται ως κύματα με την ταχύτητα του φωτός. Όσον αφορά την ακτινοβολία της κινητής τηλεφωνίας, αυτή είναι υψίσυχη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Επί του παρόντος χρησιμοποιούνται περιοχές συχνοτήτων στα 900 MHz, 1800 MHz και τα 2100 MHz. Αυτές οι συχνότητες βρίσκονται ανάμεσα σ' αυτές των τηλεοπτικών σταθμών και των φούρνων μικροκυμάτων.

### **1.10.1 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων**

Τα κινητά τηλέφωνα είναι εφοδιασμένα με κεραιές που εκπέμπουν και αποδέχονται ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Όταν μιλάμε στο κινητό τηλέφωνο, η φωνή μας μετατρέπεται σε ραδιοκύματα. Τα ραδιοκύματα που μεταφέρουν ενέργεια και πληροφορίες, ταξιδεύουν με την ταχύτητα του φωτός μέχρι να συναντήσουν τον πλησιέστερο σταθμό βάσης κινητής τηλεφωνίας. Όταν η κεραία του σταθμού βάσης παραλάβει το ηλεκτρομαγνητικό σήμα, το μεταφέρει στο δίκτυο τηλεφωνίας και αποστέλλει το αρχικό μήνυμα με παρόμοιο τρόπο στον προορισμό του. Η ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων και των κεραιών σταθμών βάσης, είναι πολύ χαμηλότερης συχνότητας και ενέργειας σε σύγκριση με την ιονίζουσα ακτινοβολία υψηλής συχνότητας και μεγάλης ενέργειας που χαρακτηρίζει τις ακτίνες X, τις ακτίνες



γάμμα και τη ραδιενεργό ακτινοβολία. Η ακτινοβολία που δεχόμαστε από τις κεραιές, είναι κατά πολύ μικρότερη από την ακτινοβολία που δεχόμαστε όταν μιλούμε με το κινητό τηλέφωνο προσκολλημένο στο αυτί μας. Για το λόγο αυτό συστήνεται να χρησιμοποιούμε τα ειδικά ακουστικά hands free. Εντούτοις και στις δύο περιπτώσεις, η ακτινοβολία είναι πολύ χαμηλή για να έχει αρνητικές επιδράσεις στην υγεία και παραμένει κατά πολύ χαμηλότερη από τα διεθνή πρότυπα που συστήνονται από αρμόδιους αναγνωρισμένους οργανισμούς. Επιπρόσθετα τα εν λόγω πρότυπα είναι πολύ αυστηρά δίνοντας ένα μεγάλο περιθώριο ασφάλειας. Η ιονίζουσα ακτινοβολία του ήλιου στην οποία υποβαλλόμαστε, έχει πολύ ψηλότερη συχνότητα, μεγαλύτερη ενέργεια και έχει τη δυνατότητα να προκαλεί βλάβες στους ανθρώπινους ιστούς. Γι' αυτό οι γιατροί συστήνουν αποφυγή της έκθεσης στον ήλιο για την πρόληψη του καρκίνου του δέρματος. Τα επίπεδα εκπεμπόμενης ισχύος από τους σταθμούς βάσης ποικίλλουν ανάλογα με την περιοχή ή «κυψέλη» στην οποία απαιτείται να παρέχουν κάλυψη. Τυπικά, η εκπεμπόμενη ισχύς από έναν υπαίθριο σταθμό βάσης μπορεί να κυμαίνεται από μερικά watt έως περίπου 100 watt ενώ, η εκπεμπόμενη ισχύς από έναν σταθμό βάσης εσωτερικού χώρου είναι ακόμα πιο χαμηλή.

Ενώ υπάρχει γενική παραδοχή από την παγκόσμια επιστημονική κοινότητα ότι η ακτινοβολία των κεραιών των σταθμών βάσης GSM έχει ασήμαντη επίδραση στην υγεία του ανθρώπου, διαφορετική εμφανίζεται η εικόνα όσον αφορά στην ακτινοβολία των κινητών τηλεφώνων. Πρώτη ανησυχία για την πιθανή επικινδυνότητα των κινητών τηλεφώνων ξέσπασε το 1993. Κάποιος ισχυρίστηκε ότι ο θάνατος της γυναίκας του από καρκίνο του εγκεφάλου προκλήθηκε από χρήση κινητού τηλεφώνου. Ο θόρυβος που προκλήθηκε μείωσε τότε σημαντικά την τιμή των μετοχών των εταιριών κινητής τηλεφωνίας. Τότε ανακοινώθηκε ότι μέχρι στιγμής οι επιστημονικές έρευνες δεν έχουν αποδείξει σύνδεση του καρκίνου του εγκεφάλου με την ακτινοβολία του φορητού τηλεφώνου και συνεπώς δεν υπάρχει λόγος λήψης πρόσθετων μέτρων ασφαλείας πέραν των ισχυόντων που συνοψίζονται παρακάτω.

- Για ολόσωμη 24ωρη έκθεση όριο επικινδυνότητας είναι τα  $0,6 \text{ mW/cm}^2$  ή  $600 \text{ μW/cm}^2$  και ως μέγιστο επιτρεπόμενο (SAR) τα  $0,8 \text{ W/kg}$ .
- Όταν η έκθεση είναι τοπική όπως και στα κινητά, υπερβάσεις των ορίων αυτών επιτρέπονται αν μπορεί να αποδειχθεί ότι ο SAR είναι μικρότερος από  $1,6 \text{ W/kg}$  κατά μέσον όρο για κάθε γραμμάριο οποιουδήποτε ιστού της κεφαλής.
- Οι πομποί συχνοτήτων 450-1500 MHz θεωρούνται ασφαλείς αν η ισχύς εκπομπής τους είναι μικρότερη από 1,4. Έτσι, το φορητό του GSM ( $f=900\text{MHz}$ ), μπορεί να θεωρηθεί ασφαλές αν η ισχύς του είναι μικρότερη από 0,7 Watts και εφόσον, σύμφωνα με την οδηγία, απέχει από το σώμα απόσταση μεγαλύτερη από 2.5 cm. Η ισχύς εκπομπής των κινητών του GSM στην Ελλάδα είναι 2 W και περισσότεροι χρήστες χρησιμοποιούν το κινητό σε επαφή με το αυτί. Οι επιστημόνες αυτές είναι οι πρώτες στην προσπάθεια εκτίμησης του βαθμού επικινδυνότητας των φορητών τηλεφώνων του GSM. Η σύγκριση όμως δεν είναι επιτρεπτή, επειδή τα όρια αυτά αφορούν ολόσωμη έκθεση ενώ η ακτινοβολία του κινητού εντοπίζεται μόνο στην κεφαλή. Οι τιμές της πυκνότητας ισχύος της ακτινοβολίας του φορητού κυτταρικού τηλεφώνου GSM που προέκυψαν από τις μετρήσεις και τους θεωρητικούς υπολογισμούς, δεν μπορούν να αγνοηθούν. Για μια εγκυρότερη όμως

εκτίμηση του βαθμού ασφαλείας των φορητών, πρέπει να υπολογιστεί ο ειδικός ρυθμός απορρόφησης των μεμονωμένων ιστών της κεφαλής και να συγκριθεί με το όριο επικινδυνότητας των 1,6W/kg που θέτει η νέα οδηγία του IEEE C95.1-1991.

Υπολογίστηκε ότι για να μειωθεί ο βαθμός απορρόφησης της ακτινοβολίας του κινητού σε όλους τους ιστούς της κεφαλής πρέπει η ισχύς του κινητού τηλεφώνου να πέσει κάτω από 0,6W.

Στο σύστημα GSM για να μπορούν σε μια κυψέλη να τηλεφωνούν ταυτόχρονα πολλά άτομα, μέχρι και οκτώ χρήστες μοιράζονται τον ίδιο δίαυλο συχνοτήτων. Σε κάθε χρήστη δηλαδή κατανέμεται το ένα όγδοο του χρόνου για τη μετάδοση. Η πληροφορία διαιρείται σε επιμέρους κυματοπακέτα με διάρκεια περίπου μισό χιλιοστό του δευτερολέπτου, που αποστέλλονται σε διαστήματα 4,6 χιλιοστών του δευτερολέπτου. Τα κινητά τηλέφωνα GSM και οι σταθμοί βάσης ακτινοβολούν παλμικά. Το κινητό τηλέφωνο εκπέμπει ως εκ τούτου παλμική ακτινοβολία με ρυθμό επανάληψης παλμών 217 ανά δευτερόλεπτο. Στους σταθμούς βάσης, η χρονική μορφή της εκπεμπόμενης ακτινοβολίας είναι περιπλοκότερη και ποικίλει ανάλογα με τον αριθμό των ταυτόχρονα χρησιμοποιούμενων κινητών τηλεφώνων κάθε στιγμή στην κυψέλη. Ακόμη κι αν δεν διεξάγεται καμιά συνομιλία, δηλαδή στην επονομαζόμενη κατάσταση αναμονής, το ανοικτό κινητό τηλέφωνο λαμβάνει διαρκώς σήματα ελέγχου από το σταθμό βάσης. Συνήθως κάθε 20 έως 60 λεπτά, το κινητό τηλέφωνο στέλνει κι αυτό ένα σύντομο μήνυμα που αφορά τη γεωγραφική του θέση, στο σταθμό βάσης.

Στα κινητά τηλέφωνα τα χαρακτηριστικά στα οποία οι χρήστες πρέπει να επικεντρώνονται είναι:

- Η ισχύς εκπομπής: Η προσπίπτουσα ακτινοβολία αυξάνεται ανάλογα με την ισχύ εκπομπής.
- Η απόσταση μεταξύ κεραίας και κεφαλιού: Από αυτή την άποψη, οι συσκευές κινητών τηλεφώνων εφοδιασμένες με ακουστικά (hands-free) μπορεί να θεωρηθούν ασφαλέστερες όσον αφορά την έκθεση του χρήστη απ' αυτές που δεν χρησιμοποιούνται με ακουστικά και η κεραία είναι δίπλα στο κεφάλι.
- Η κατασκευή του κινητού τηλεφώνου και της κεραίας: Εδώ υπάρχουν αξιοσημείωτες δυνατότητες μείωσης της ακτινοβολίας που απορροφάται από το κεφάλι.
- Ο δείκτης SAR όπως έχουμε αναφέρει ήδη παραπάνω.

### **1.10.2 Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία των κεραιών βάσης**

Η κεραία σταθμού βάσης εικόνα 5 εκπέμπει το μεγαλύτερο ποσοστό της ισχύος της οριζοντίως (κάθετα στο μεγάλο άξονα της κεραίας) και ελάχιστο ποσοστό κατακόρυφα. Κατά τη διεύθυνση μέγιστης ακτινοβολίας, οι τιμές της πυκνότητας ισχύος γίνονται μικρότερες από όλα τα όρια επικινδυνότητας πέρα από απόσταση των 50 μέτρων.





*Εικόνα 5: Ένας τυπικός σταθμός βάσης*

Ένας σταθμός βάσης αποτελείται από πολλά διαφορετικά εξαρτήματα συμπεριλαμβανομένων ενός στεγασμένου εξοπλισμού, ενός πύργου ή ιστού που παρέχει το απαραίτητο ύψος για την προσφορά καλύτερης κάλυψης και των πομποδεκτών και κεραιών, που βρίσκονται στην κορυφή του πύργου ή ιστού. Σε μερικές περιπτώσεις οι πομποδέκτες και οι κεραιές είναι προσαρτημένα στην κορυφή κτιρίων, όπου το ίδιο το κτίριο προσφέρει το απαραίτητο ύψος. Οι κεραιές είναι συνήθως περίπου 15-30 εκατοστά σε πλάτος και μέχρι μερικά μέτρα σε μήκος, ανάλογα με τη συχνότητα λειτουργίας τους. Αυτές οι κεραιές εκπέμπουν δέσμες ραδιοσυχνοτήτων που είναι πολύ στενές στην κάθετη κατεύθυνση και αρκετά πλατιές στην οριζόντια κατεύθυνση. Λόγω της στενής κατακόρυφης εξάπλωσης της δέσμης, η ένταση του πεδίου ραδιοσυχνοτήτων στο έδαφος ακριβώς κάτω από την κεραία είναι χαμηλή. Ως γενικός κανόνας, η ένταση της ενέργειας ραδιοσυχνοτήτων μειώνεται ταχύτατα όταν κάποιος απομακρύνεται από την κεραία του σταθμού βάσης ακόμη και μόλις λίγα μέτρα πιο μακριά, τα επίπεδα της ισχύος είναι πολύ κατώτερα από τα διεθνή όρια. Εφόσον οι κεραιές κατευθύνουν την ισχύ τους εξωτερικά και δεν ακτινοβολούν σημαντικά ποσά ενέργειας από το πίσω μέρος των επιφανειών ή προς την κορυφή ή την βάση της κεραίας, τα επίπεδα της ενέργειας ραδιοσυχνοτήτων μέσα ή στις πλευρές του κτιρίου είναι φυσιολογικά πολύ χαμηλά. Ανεξαρτήτως εξοπλισμού, η ισχύς των ραδιοκυμάτων μειώνεται κατακόρυφα, καθώς απομακρυνόμαστε από την κεραία. Σε ελεύθερο χώρο, η ισχύς μειώνεται στο ένα τέταρτο της αρχικής, όταν η απόσταση διπλασιάζεται. Στην πραγματικότητα, η ισχύς μειώνεται πολύ πιο γρήγορα από αυτό, λόγω της απώλειας της ισχύος του σήματος (επίσης γνωστή ως 'εξασθένιση') που προκαλείται επειδή τα ραδιοκύματα πρέπει να περάσουν μέσα από εμπόδια, όπως δέντρα και κτίρια.

Πολλές κεραιές τηλεπικοινωνιών όπως αυτές που χρησιμοποιούνται από πυροσβεστικές, αστυνομικές και νοσοκομειακές υπηρεσίες, λειτουργούν σε παρόμοια επίπεδα ισχύος όπως οι σταθμοί βάσης κινητών και συχνά στην ίδια συχνότητα. Σε πολλές αστικές περιοχές κεραιές εκπομπής τηλεόρασης και ραδιόφωνου εκπέμπουν υψηλότερα επίπεδα ραδιοσυχνότητας από ότι οι σταθμοί βάσης κινητών.

Για να διασφαλιστεί ότι η έκθεση του κοινού παραμένει μεταξύ των καθορισμένων ορίων, οι κεραιές είναι συνήθως ανυψωμένες και όπου κρίνεται απαραίτητο,

χρησιμοποιούνται φράκτες ή άλλοι τρόποι για να περιορίζουν την πρόσβαση, παράλληλα με την κατάλληλη σήμανση ώστε να εξασφαλίζεται ότι μόνο το εξουσιοδοτημένο προσωπικό μπορεί να έχει πρόσβαση στην περιοχή κοντά στο σταθμό βάσης. Ως αποτέλεσμα αυτών των μέτρων, σε περιοχές που βρίσκονται γύρω από τους σταθμούς βάσης και είναι προσβάσιμες στο κοινό, τα επίπεδα ραδιοσυχνότητας είναι μέσα στα διεθνή όρια ασφαλείας.

Τα επίπεδα έκθεσης ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας μετρώνται σε microwatts ανά τετραγωνικό εκατοστό ( $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). Ένα  $\mu\text{W}$  είναι ένα εκατομμυριοστό του watt. Τα μέγιστα επίπεδα έκθεσης μετρούμενα κοντά σε πύργους σταθμού βάσης είναι λιγότερα από  $2 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ . Το επίπεδο έκθεσης μειώνεται με αυξανόμενη απόσταση από την βάση του πύργου.

Η έκθεση ραδιοσυχνότητας σε έναν χρήστη κινητού τηλεφώνου είναι πολύ περισσότερη από ένα άτομο που ζει κοντά σε έναν σταθμό βάσης κινητών. Ωστόσο, εκτός από τα σπάνια σήματα που χρησιμοποιούνται για να διατηρήσουν συνδέσμους με κοντινούς σταθμούς βάσης, η τηλεφωνική συσκευή εκπέμπει ενέργεια ραδιοσυχνότητας μόνο κατά την διάρκεια που γίνεται η κλήση, ενώ οι σταθμοί βάσης εκπέμπουν διαρκώς σήματα. Ακόμη κι αν δεν διεξάγεται καμιά συνομιλία, δηλαδή στην επονομαζόμενη κατάσταση αναμονής (standby), το ανοικτό κινητό τηλέφωνο λαμβάνει διαρκώς σήματα ελέγχου από το σταθμό βάσης.

Η ισχύς εκπομπής ενός κινητού τηλεφώνου είναι μεν σημαντικά χαμηλότερη από αυτήν των σταθμών βάσης, η επιβάρυνση όμως του ανθρώπου από το κινητό τηλέφωνο κατά τη διάρκεια της συνομιλίας είναι πολύ μεγαλύτερη από αυτήν που προκύπτει από τον πολύ ισχυρότερο σταθμό βάσης. Αυτό οφείλεται στην ελάχιστη απόσταση του κινητού τηλεφώνου από το κεφάλι, λίγα εκατοστά μόνο, ενώ στην κεραία του σταθμού βάσης δεν πλησιάζει κανείς περισσότερο από μερικά μέτρα.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των κεραιών σταθμών βάσης είναι:

- Εύρος ζώνης συχνοτήτων (Κάθε κεραία έχει μια συγκεκριμένη περιοχή συχνοτήτων στην οποία λειτουργεί βέλτιστα. Αυτό σημαίνει ότι στη συγκεκριμένη περιοχή η κεραία λειτουργεί σαν αποτελεσματικός ακτινοβολητής)
- Πόλωση-Polarization (σε ποια πόλωση εκπέμπει το ηλεκτρομαγνητικό κύμα: 1) Κάθετη πόλωση: Το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι κάθετο. 2) Οριζόντια πόλωση: Το διάνυσμα της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου είναι οριζόντιο. 3) Κυκλική πόλωση: Υπάρχει και κάθετο και οριζόντιο διάνυσμα και μάλιστα είναι ίσα τα δυο διανύσματα. (δεν χρησιμοποιείτε πολύ) 4) Ελλειπτική πόλωση: Υπάρχει και κάθετο και οριζόντιο διάνυσμα τα οποία είναι άνισα. (δεν χρησιμοποιείτε πολύ)).
- Κέρδος-Gain. Το κέρδος κεραιάς (G) δείχνει την ικανότητα της να κατευθύνει την εκπεμπόμενη ηλεκτρομαγνητική ενέργεια προς μία κατεύθυνση και να λαμβάνει από μία κατεύθυνση.
- Ισχύς, το μέγεθος της ισχύος στο οποίο μπορεί να ανταποκριθεί.
- Front-to-Back Ratio. Αναφέρεται όταν για μια κεραία, το κέρδος σε μια συγκεκριμένη κατεύθυνση, π.χ. αζιμούθιο, συνήθως το μέγιστο κέρδος, συγκρίνεται με το κέρδος σε μια κατεύθυνση  $180^\circ$  από το συγκεκριμένο αζιμούθιο. Το front-to-back ratio συνήθως εκφράζεται σε dB).
- Αντίσταση-Impedance ( $\Omega$ ).
- NSWR, λόγος της μέγιστης προς την ελάχιστη τάση του σήματος
- Intermodulation το αποτέλεσμα δύο ή περισσότερων σημάτων διαφορετικών συχνοτήτων που είναι μικτά μαζί, διαμορφώνοντας τα πρόσθετα σήματα στις συχνοτήτες που δεν είναι, γενικά, αρμονικές

- Κατευθυντικότητα. Σε κάθε υλοποίηση σύμφωνα με τη φυσική πραγματοποιήσιμη κεραία, θα υπάρχει μία διεύθυνση προς την οποία η πυκνότητα της ενέργειας είναι η μέγιστη.
- Max Power per input
- Εύρος Δέσμης.
- Διάγραμμα Ακτινοβολίας (δείχνει την ικανότητα λειτουργίας της κεραίας στις διάφορες κατευθύνσεις. Τα διαγράμματα ακτινοβολίας μπορεί να χρησιμοποιηθούν για πρόβλεψη της παρεμβολής μεταξύ ραδιοζεύξεων. Το διάγραμμα ακτινοβολίας μιας κεραίας ισχύει μόνο στο μακρινό πεδίο (Far Field Region): Είναι η περιοχή που βρίσκεται αρκετά μακριά από την κεραία, όπου το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο να μπορεί να προσεγγιστεί σαν επίπεδο κύμα και το διάγραμμα ακτινοβολίας έχει σταθεροποιηθεί).
- Mechanical Specifications (βάρος, μέγεθος συσκευασίας όλου του πακέτου, ύψος, πλάτος, βάθος).

Ύστερα από μετρήσεις σε σταθμούς βάσης σε απόσταση μόλις 10 μέτρων που έγιναν στην Ελλάδα και που απεικονίζουν την χειρότερη περίπτωση έκθεσης έχουμε τα εξής συμπεράσματα: Η μέγιστη μετρηθείσα πυκνότητα πεδίου βρέθηκε μικρότερη από το όριο προστασίας. Παρομοίως, εφαρμόζοντας και το συντελεστή έκθεσης από πολλαπλές πηγές, υπολογιστήκανε τιμές που είναι μικρότερες της μονάδας. Αφού λοιπόν στην ακραία περίπτωση απευθείας έκθεσης, σε απόσταση μόλις 10 μέτρων από την κεραία εκπομπής, το πεδίο αναπτύσσεται εντός ορίων επικινδυνότητας, τότε είναι εύκολα αντιληπτό, λαμβάνοντας υπόψη και τη σχέση διάδοσης σε ελεύθερο χώρο όπου το πεδίο αποσβήνεται με ρυθμό αντιστρόφως ανάλογο του τετραγώνου της αποστάσεως, ότι σε οποιοδήποτε άλλο σημείο πέραν της αποστάσεως των 10 μέτρων το πεδίο παίρνει τιμές σαφώς μικρότερες.

## **2. ΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ Η/Μ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

Οι βιολογικές επιδράσεις λόγω ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας μπορούν να ταξινομηθούν σε:

- Επιδράσεις υψηλού επιπέδου (θερμικές)
- Επιδράσεις χαμηλού επιπέδου (μη θερμικές)

### **2.1 Θερμικές επιδράσεις**

Θερμικές ονομάζονται εκείνες οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που οφείλονται σε μετρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών που δέχονται ακτινοβολία. Επομένως, οι θερμικές επιδράσεις μπορούν να προσδιοριστούν ως απόθεση ενέργειας υψηλότερη από την θερμορυθμιστική δυνατότητα του ανθρώπινου σώματος. Οι βλάβες στον οργανισμό προξενούνται από τη θέρμανση των ακτινοβολουμένων ιστών και από την αδυναμία των θερμορυθμιστικών μηχανισμών των διαφόρων ιστών στην αντιμετώπιση της ακτινοβολίας. Παρατηρήσιμη αύξηση της θερμοκρασίας προκαλείται από πυκνότητες ισχύος άνω του  $1 \text{ mW/cm}^2$  ( $1000 \text{ W/m}^2$ ). Το μέγεθος που χρησιμοποιείται για να εκφράσει την ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σ' ένα σημείο ή σε μια περιοχή είναι η πυκνότητα ισχύος η οποία εκφράζεται συνήθως σε  $\text{mW/cm}^2$ . Η πυκνότητα ισχύος όμως, μας πληροφορεί έμμεσα μόνο για την ποσότητα ενέργειας που θα απορροφήσει το σώμα μας, όταν βρεθεί στο ακτινοβολούμενο σημείο. Το σώμα μας, όμως, θα απορροφήσει ένα μέρος μόνο της ενέργειας αυτής και μάλιστα όχι απαραίτητα ομοιόμορφα. Όταν τα παραγόμενα ποσά θερμότητας είναι σχετικά μικρά, οι θερμορυθμιστικοί μηχανισμοί μπορούν να απάγουν αυτήν τη θερμότητα και να κρατούν σταθερή τη θερμοκρασία στους  $36\text{-}37^\circ\text{C}$ . Αντίθετα, όταν τα ποσά θερμότητας υπερβούν κάποια τιμή, τότε οι μηχανισμοί αυτοί δεν μπορούν να λειτουργήσουν σωστά κάτι που οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας σε ιστούς ή όργανα του σώματος άνω των  $37$  βαθμών. Οι περισσότερες δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία λόγω έκθεσης σε ραδιοσυχνότητα ανάμεσα σε  $1\text{MHz}$  και  $1 \text{ GHz}$ , σχετίζονται με αντιδράσεις στην προκαλούμενη θερμότητα που έχει ως αποτέλεσμα αύξηση της θερμοκρασίας του ιστού υψηλότερη από  $1^\circ\text{C}$ .

### **2.2 Μη θερμικές επιδράσεις**

Οι μη θερμικές επιδράσεις προκαλούνται από μικρές πυκνότητες ισχύος (της τάξης των λίγων  $\mu\text{W/cm}^2$ ), ώστε να μην παρατηρείται αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών. Οι επιδράσεις που χαρακτηρίζονται ως μη θερμικές συμβαίνουν συνήθως για συχνότητες πεδίων κάτω των  $10 \text{ MHz}$ . Σύμφωνα με τις μέχρι σήμερα επιστημονικές γνώσεις δεν είναι σαφής ο τρόπος με τον οποίο οι μη θερμικές επιδράσεις αποτελούν κίνδυνο για την υγεία. Υπάρχει πολύ αμφισβήτηση σχετικά με τις βιολογικές επιπτώσεις της ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας μεσαίου και χαμηλού επιπέδου. Πρώτον εάν η ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας σε τέτοια πεδία μπορεί να προκαλέσει επιβλαβείς επιπτώσεις απουσία προφανών θερμικών επιδράσεων. Δεύτερον, εάν οι επιπτώσεις μπορούν να προκληθούν από ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας όταν η θερμορύθμιση διατηρεί την θερμοκρασία του σώματος σε φυσιολογικό επίπεδο παρά την εναπόθεση ενέργειας ραδιοσυχνότητας ή όταν η θερμορύθμιση δεν προκαλείται και δεν υπάρχει σημαντική αλλαγή θερμοκρασίας.

## 2.3 Βιολογικοί κίνδυνοι

Τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία που παράγονται στο σώμα από μια κοντινή ηλεκτρομαγνητική πηγή μπορούν να προκαλέσουν και θερμικές και μη-θερμικές βιολογικές επιδράσεις. Έχει υπολογιστεί ότι η αλληλεπίδραση ως αποτέλεσμα των μεγαλύτερων μαγνητικών πεδίων ραδιοσυχνότητας που παράγονται από κινητά τηλέφωνα είναι εξαιρετικά μικρή (Adair, 1994). Το μέγιστο μέγεθος των ηλεκτρικών πεδίων που παράγονται στο κεφάλι από την κεραία ενός κινητού τηλεφώνου είναι περίπου 100 V/m, αν και τα πεδία μέσα στον εγκέφαλο θα ήταν αρκετά λιγότερα. Για πεδία αυτού του μεγέθους οι μηχανισμοί για να παραγάγουν πιθανότατα μη-θερμικές βιολογικές επιδράσεις θα ήταν μέσω της μετακίνησης μεγάλων κυττάρων ή μέσω της έλξης μεταξύ γειτονικών κυττάρων. Σε αυτή τη φάση, αν και δεν υπάρχουν πειραματικά στοιχεία για να υποστηριχθούν αυτοί οι μηχανισμοί, το ενδεχόμενο ότι και τα δύο θα μπορούσαν να προκαλέσουν επιδράσεις δεν μπορεί να αποκλειστεί (Adair, 1994).

Το μέγιστο μέγεθος των ηλεκτρικών πεδίων ως αποτέλεσμα των σταθμών βάσης στους οποίους εκτίθεται το ευρύ κοινό είναι περίπου 5 V/m, αν και το μεγαλύτερο πεδίο που μετριέται μέχρι σήμερα από το NRPB είναι 2 V/m (Mann και οι συνεργάτες του). Ο Adair (1994) έχει εξετάσει γενικότερα το ενδεχόμενο της ενεργειακής μεταφοράς μέσω ενός συντονισμένου μηχανισμού και το συμπέρασμά του είναι ότι θα ήταν πάρα πολύ μικρό για να οδηγήσει σε μετρήσιμες βιολογικές επιδράσεις σε οποιαδήποτε τιμή του ηλεκτρικού πεδίου.

Η βασική βιολογική επίδραση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων όπως προαναφέρθηκε είναι η παραγωγή θερμότητας. Για παράδειγμα το άγγιγμα μιας κεραίας ενώ ο πομπός βρίσκεται σε λειτουργία μπορεί να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα. Τα πουλιά που κάθονται πάνω σε υψηλής ισχύος κεραίες όταν ξεκινάει η μετάδοση μπορεί αμέσως να ψηθούν από ενέργεια ραδιοσυχνότητας. Στην πραγματικότητα αυτή είναι η αρχή λειτουργίας του φούρνου μικροκυμάτων. Το αποτέλεσμα της θερμότητας ποικίλει με την συχνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

## 2.4 Επιδημιολογικές έρευνες

Με την μέθοδο αυτή ερευνάται το ιατρικό ιστορικό ενός δείγματος πληθυσμού (συνήθως χιλιάδων κατοίκων) που κατοικεί σε χώρους βεβαρημένους ηλεκτρομαγνητικά (κοντά σε πυλώνες υψηλής τάσης δικτύων διανομής ρεύματος, εγκαταστάσεις κεραιών κ.λ.π) και η συχνότητα των ασθενειών του δείγματος αυτού συγκρίνεται με εκείνη ενός άλλου ανάλογου δείγματος πληθυσμού που κατοικεί σε χώρους ηλεκτρομαγνητικά καθαρούς. Υπάρχουν εκατοντάδες επιδημιολογικές μελέτες παγκοσμίως των οποίων τα ευρήματα συσχετίζουν την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με περιπτώσεις καρκίνων σε παιδιά, αποβολών σε εγκύους, λευχαιμιών κ.ά. ασθενειών σε εργαζόμενους σε επιβαρυσμένους ηλεκτρομαγνητικά χώρους. Οι επιδημιολογικές έρευνες παρουσιάζουν κάποια σοβαρά μειονεκτήματα, καθώς:

- Είναι εξαιρετικά δύσκολο να προσδιοριστεί επακριβώς η ακτινοβολία που δέχτηκε το δείγμα, ιδίως για μεγάλα χρονικά διαστήματα
- Είναι πολύπλοκο να εξαιρεθούν άλλοι επιβαρυντικοί παράγοντες που προκαλούν την εκδήλωση ίδιων ασθενειών (π.χ. κάπνισμα, κληρονομικότητα)

Οι επιστήμονες για να υπερβούν αυτές τις δυσκολίες δέχονται τα αποτελέσματα των επιδημιολογικών ερευνών όταν εμφανίζουν μεγάλο παράγοντα κινδύνου (άνω του 10) στο επιβαρυσμένο δείγμα έναντι του "καθαρού".

Προς το παρόν οι επιδημιολογικές έρευνες αναδεικνύουν μια σοβαρή ένδειξη περί επικινδυνότητας της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αλλά δεν αποτελούν απόδειξη. Οι επιδημιολογικές ενδείξεις δεν δίνουν ξεκάθαρα και σαφή αποτελέσματα τα οποία δηλώνουν αιτιολογική σχέση της έκθεσης σε πεδία ραδιοσυχνότητας με οποιαδήποτε ανθρώπινη ασθένεια. Από την άλλη μεριά, τα αποτελέσματα δεν μπορούν να επαληθεύσουν την απουσία οποιουδήποτε κινδύνου (Elwood 1999).

Ο καρκίνος είναι η ασθένεια η οποία έχει μελετηθεί εκτενέστερα ,και παρόλο που έχουν υπάρξει συσχετίσεις, υπάρχει λίγη σταθερότητα στα αποτελέσματα. Καμία από αυτές τις μελέτες δεν δίνει σαφείς πληροφορίες για ατομικά επίπεδα έκθεσης.

Η επιδημιολογική προσέγγιση του θέματος έχει από τη φύση της ένα μειονέκτημα δεδομένου ότι μόνο αναδρομικά μπορεί να μελετήσει την επίδραση μιας νόσου. Η κινητή τηλεφωνία είναι μια σχετικά νέα εφαρμογή και επομένως ακόμα δεν υπάρχουν αρκετά δεδομένα. Επιπλέον, ο χρόνος επώασης ενός καρκίνου ανέρχεται σε αρκετές δεκαετίες και άρα χρειάζεται να περάσουν αρκετά χρόνια προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχουν καρκινογενέσεις που να οφείλονται στη χρήση κινητών τηλεφώνων. Παρόλα αυτά, οι επιδημιολόγοι άρχισαν να μελετούν τη συχνότητα του καρκίνου σε χρήστες κινητών τηλεφώνων, βασιζόμενοι κυρίως σε δημοσιευμένες πληροφορίες που προέρχονται από άλλα είδη ακτινοβολιών.

## **2.5 Ανθρώπινες μελέτες**

### **2.5.1 Καρκίνος**

Στις Ηνωμένες Πολιτείες , ερευνήθηκε μια κατηγορία πάνω από 255,000 άτομα οι οποίοι ήταν πελάτες μιας τηλεφωνικής εταιρείας το 1993-94, σε τέσσερις αστικές περιοχές (Rothman και οι συνεργάτες του 1996). Από αυτά ,το 65% ήταν άντρες ,και η μέση ηλικία ήταν 42 χρονών για τους άντρες και 41 για τις γυναίκες. Οι θάνατοι σε έναν χρόνο, το 1994 αποκτήθηκαν με διασύνδεση δεδομένων. Στόχος ήταν η σύγκριση των ρυθμών θανάτου για πελάτες με φορητά τηλέφωνα και για πελάτες με κινητά τηλέφωνα . Τα δεδομένα δείχνουν ότι ο ρυθμός θανάτου είναι παρόμοιος για χρήστες των δυο ειδών τηλεφώνων. Για πελάτες με λογαριασμούς τουλάχιστον τριών ετών, η αναλογία των ρυθμών θνησιμότητας το 1994 για χρήστες φορητών τηλεφώνων συγκρινόμενη με χρήστες κινητών τηλεφώνων, ήταν 0.86 που σημαίνει ότι η συνολική τους θνησιμότητα δεν ήταν σημαντικά διαφορετική. Η μικρή χρονική περίοδος ενός έτους και το γεγονός ότι η αιτία του θανάτου δεν αναφέρθηκε αποτελούν σημαντικές αδυναμίες της μελέτης.

Οι αριθμοί θανάτων εξαιτίας όγκων εγκεφάλου και λευχαιμίας ήταν μικροί ,αλλά δεν υπήρχε καθόλου αυξημένος κίνδυνος με μεγαλύτερη χρήση τηλεφώνων (Dreyer, Loughlin, & Rothman 1999).

Από τις ατομικές μελέτες, η μελέτη γενικού πληθυσμού στο Ηνωμένο Βασίλειο (Dolk και οι συνεργάτες του 1997) αποκλείει αύξηση σε ανθρώπινους καρκίνους σε υποκείμενα που ζουν κοντά σε μεγάλους τηλεοπτικούς και ραδιοφωνικούς πομπούς. Υπάρχουν τρεις μελέτες που δημοσιεύτηκαν για καρκίνο εγκεφάλου σε σχέση με προσωπική χρήση κινητών τηλεφώνων ,που δεν δείχνουν σταθερές ενδείξεις αυξημένου κινδύνου. (Hardell και οι συνεργάτες του 1999, Inskip και οι συνεργάτες του 2001, Muscat και οι συνεργάτες του 2000). Μια μελέτη παιδικού καρκίνου στο Σαν Φρανσίσκο δεν έδειξε καμία γεωγραφική συσχέτιση με έναν πομπό που

περιγράφεται ως μικροκυματικός πύργος (Selvin, Schulman, & Merrill 1992). Η μεγάλη πληθυσμιακή μελέτη συνδρομητών κινητών τηλεφώνων στη Δανία (Johansen και οι συνεργάτες του 2001) δίνει σημαντικές ενδείξεις εναντίων της ύπαρξης οποιωνδήποτε βραχυπρόθεσμων αυξήσεων σε καρκίνο με τυπικά επίπεδα χρήσης τηλεφώνου. Καμία από αυτές τις μεγάλες μελέτες δεν παρέχει αρκετές πληροφορίες για τις εντάσεις της έκθεσης που βίωσαν οι άνθρωποι οι οποίοι μελετήθηκαν.

Σε μια Σουηδική μελέτη (Hardell και οι συνεργάτες του 1999), συμπεριλαμβάνονταν 209 υποκείμενα με παθολογικά επιβεβαιωμένους όγκους εγκεφάλων που ζούσαν σε δυο περιοχές το 1994-96, με 425 ελέγχους από την Σουηδική καταγραφή πληθυσμού.

Η χρήση των κινητών τηλεφώνων δεν έδειξε καμία συσχέτιση. Δεν βρέθηκε σημαντικά αυξανόμενος κίνδυνος για όγκο στον κροταφικό και ινιακό λοβό στην ίδια πλευρά που χρησιμοποιούνταν το κινητό τηλέφωνο, δεξιά πλευρά OR= 2.45, αριστερή πλευρά OR=2.40. Αυξανόμενος κίνδυνος ευρέθη μόνο για χρήση του NMT συστήματος. Η χρήση διαφορετικών περιόδων επαγωγής όγκου δεν έδωσε συσχετίσεις ακόμη και στο υψηλότερο επίπεδο χρήσης και στο διάστημα ερεθισμού-αντίδρασης (πάνω από 968 ώρες χρήσης, και πάνω από 10 χρόνια). Μια ανάλυση περιορισμένη σε όγκους που συμβαίνουν στον κροταφικό ή ινιακό λοβό του εγκεφάλου, δεν έδωσε σημαντικά αυξανόμενους κινδύνους. Ένας αυξημένος κίνδυνος ευρέθη μόνο για χρήση αναλογικού συστήματος, αλλά είχαν λίγα δεδομένα για ψηφιακά GSM τηλέφωνα. Η αναφορά Stewart (IEGMP 2000) και η βασιλική κοινωνία του Καναδά (1999) συμπέραναν ότι τα αποτελέσματα της Σουηδικής μελέτης θα μπορούσαν να προέκυψαν τυχαία.

Ο Muscat και οι συνεργάτες του (2000) έκαναν μια μελέτη συγκρίνοντας ασθενείς με καρκίνο εγκεφάλου σε πέντε αναφερόμενα κέντρα στις Ηνωμένες Πολιτείες με ασθενείς στο ίδιο νοσοκομείο, είτε με ήπιες συνθήκες ή καρκίνο, αποκλείοντας λέμφωμα ή λευχαιμία. Η συνολική συχνότητα χρήσης κινητών τηλεφώνων ήταν 14.1%. Σε αυτή τη μελέτη το 80% των κινητών τηλεφώνων που χρησιμοποιήθηκαν ήταν αναλογικά. Σε φυσιολογική χρήση, η μέγιστη ενέργεια απορρόφησης είναι στον κροταφικό λοβό και στους μετωπικούς και πλευρικούς λοβούς (Rothman και οι συνεργάτες του 1996). Η ανάλυση έγινε ξεχωριστά για διαφορετικές περιοχές όγκων, όλες συγκρινόμενες με όλους τους ελέγχους με ανάλυση με πολλές μεταβλητές, και δεν έδειξε σημαντικές συσχετίσεις με τον σχετικό κίνδυνο για όγκους ινιακού λοβού να είναι 0.8, κροταφικού λοβού 0.9, πλευρικού λοβού 0.8, και μετωπικού λοβού 1.1. Πληροφορίες για πλευρική χρήση κινητών τηλεφώνων αποκτήθηκαν για 56 από 66 ασθενείς με καρκίνο εγκεφάλου. Συνοψίζοντας αυτή η μελέτη δεν δείχνει αυξημένους κινδύνους. Τα συμπεράσματα δείχνουν ότι η χρήση κινητών τηλεφώνων δεν σχετίζεται με τον κίνδυνο καρκίνου εγκεφάλου αλλά χρειάζονται περαιτέρω μελέτες με μεγαλύτερες περιόδους, κυρίως για αργά αναπτυσσόμενους όγκους με νευρωνικά χαρακτηριστικά. Δεν βρέθηκε κανένας αυξανόμενος κίνδυνος καρκίνου εγκεφάλου μεταξύ χρηστών τηλεφώνου και κανένας κίνδυνος που να σχετίζεται με την συχνότητα ή διάρκεια χρήσης του τηλεφώνου. Υπήρξε ένας αυξημένος κίνδυνος σπάνιου μη κακοήθους όγκου μεταξύ χρηστών του τηλεφώνου, αλλά καμία συσχέτιση ανάμεσα σε αυτό τον κίνδυνο και την χρονική διάρκεια της τηλεφωνικής χρήσης. Όσον αφορά την έκθεση από σταθμούς βάσης κινητών, δεν έχουν υπάρξει σημαντικές επιδημιολογικές μελέτες καρκίνου μέχρι τώρα.

Μια περαιτέρω μελέτη στις Ηνωμένες Πολιτείες συμπεριλάμβανε 782 ασθενείς και 799 νοσοκομειακούς ελέγχους με μη κακοήθους συνθήκες (Inskip και οι συνεργάτες του 2001). Οι ασθενείς είχαν αρχικά καρκίνο εγκεφάλου που διαγνώστηκε μεταξύ του 1994 και 1998, και το 92% των ασθενών συμφώνησαν να συμμετάσχουν, μαζί με

86% ελέγχους. Από τους ασθενείς το 39.5 % αναφέρθηκε ότι έκανε χρήση κινητού τηλεφώνου ,συγκρινόμενο με το 44.9 % των ελέγχων ,το 17.8 % των ασθενών και το 21.6 % των ελέγχων ανέφεραν τακτική χρήση. Ο σχετικός κίνδυνος όσον αφορά τη χρήση κινητών τηλεφώνων για περισσότερο από 100 ώρες ήταν 1.0 για όλους τους καρκίνους εγκεφάλου, 0.9 για πρήξιμο από νευρόγλια, 1.4 για ακουστικό νεύρωμα, και 0.7 για μηνιγγικό όγκο , όλα ασήμαντα . Δεν υπήρχαν στοιχεία ότι οι κίνδυνοι ήταν υψηλότεροι με χρήση μιας ώρας ή παραπάνω ανά μέρα, ή χρήση για πέντε ή παραπάνω χρόνια . Δεν υπήρχε συσχέτιση ανάμεσα στην πλευρική χρήση τηλεφώνου και στον πλευρικό όγκο εγκεφάλου , αύξηση κινδύνου για κροταφικό, μεσολόβιο ή μετωπικό όγκο λοβού ,και καμία αύξηση κινδύνου με συγκεκριμένα υποείδη όγκων. Αυτά τα δεδομένα δεν υποστηρίζουν την υπόθεση ότι η χρήση των κινητών τηλεφώνων προκαλεί όγκους εγκεφάλου αλλά δεν είναι επαρκή για να εκτιμήσουν τους κινδύνους μεταξύ μακροχρόνιων χρηστών και για μεγάλες περιόδους.

Μια μελέτη που πραγματοποιήθηκε από μια ομάδα ιατρών στην Γερμανική πόλη Naila, προκάλεσε αρκετή αναστάτωση. Οι συγκεκριμένοι ιατροί ερεύνησαν τους φακέλους μιας ομάδας ασθενών που ζούσαν κοντά σε σταθμούς βάσης δικτύων κινητής τηλεφωνίας και τους σύγκριναν με τους φακέλους ασθενών που δεν είχαν καμία σχέση με σταθμούς. Τα αποτελέσματα δεν ήταν και τόσο ευχάριστα: οι περιπτώσεις καρκίνου στους ασθενείς που διαβίωναν κοντά σε πύργους εκπομπής βρέθηκαν να είναι σχεδόν διπλάσιες σε σχέση με τους άλλους.

Μια μελέτη από Φιλανδούς επιστήμονες το 2002 βρήκε ότι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η οποία εκπέμπεται από τα κινητά τηλέφωνα, επηρέασε τον ιστό του εγκεφάλου στους ανθρώπους. Αλλά η επιτροπή Stewart το 2000 - που η κυβέρνηση της ανέθεσε την έρευνα - συμπέρανε ότι δεν υπήρξαν στοιχεία για βλάβες από τη χρήση των κινητών τηλεφώνων. Εντούτοις, η έκθεση εκείνη σύστηνε μια προληπτική προσέγγιση και είπε ότι τα παιδιά πρέπει να χρησιμοποιήσουν τα κινητά τηλέφωνα μόνο για έκτακτες ανάγκες.

Ο Warren και οι συνεργάτες του μελέτησαν την εμφάνιση όγκου στο εσωκροταφικό προσωπικό νεύρο γιατί θεωρείται ότι η συγκεκριμένη περιοχή υφίσταται τη μεγαλύτερη έκθεση σε ακτινοβολίες. Δεν παρατηρήθηκε κάποια συσχέτιση αν και πρέπει να σημειωθεί ότι η ευρεία χρήση των κινητών τηλεφώνων είναι ακόμα πολύ πρόσφατη για να εξαχθούν οριστικά συμπεράσματα, κάτι που άλλωστε ισχύει γενικότερα για όλες τις έρευνες αυτού του τύπου.

Η μελέτη των εργαζόμενων της Motorola (Morgan και οι συνεργάτες του 2000) αποκλείει την αύξηση λευχαιμίας ή λεμφώματος σε περίπου 10 χρόνια από την έκθεση αυτών των εργατών σε ραδιοσυχνότητα. Μια μελέτη στο Σίδνεϊ (Hocking και οι συνεργάτες του 1996) έδειξε αυξημένο ρυθμό θνησιμότητας παιδικής λευχαιμίας σε άθροισμα τριών τοπικών περιοχών κοντά σε VHF-TV πομπό, συγκρινόμενο με έναν αριθμό περιοχών πολύ μακρύτερα. Μια περαιτέρω ανάλυση από τοπική κυβερνητική περιοχή έδειξε ότι αύξηση επιδίδεται μόνο σε μια από τις τρεις εσωτερικές περιοχές. (McKenzie, Yin, & Morrell 1998), η ερμηνεία αμφισβητείται (Hocking, Gordon, & Hatfield 1999).

Μερικές μελέτες από μια Σουηδική επιστημονική ομάδα στο ίδρυμα Karolinska υπονοούν ότι η διαρκής χρήση κινητών τηλεφώνων για μια δεκαετία ή περισσότερο μπορεί να οδηγήσει σε μικρή αύξηση της πιθανότητας απόκτησης ενός συγκεκριμένου είδους εγκεφαλικού όγκου ,ακουστικό νεύρωμα (acoustic neuroma) Ωστόσο, σύμφωνα με την μελέτη, η συνολική επίδραση της χρήσης κινητού τηλεφώνου δεν σχετίζεται με στατιστικά σημαντική αύξηση όγκου. Η αύξηση συνέβη μόνο σε υποομάδες που χρησιμοποίησαν τα κινητά τηλέφωνα για περισσότερο από



10 χρόνια. Δεν είναι ξεκάθαρο όμως εάν οι ομάδες επιλέχθηκαν προτού ή αφού είδαν τα στοιχεία.

Η χρησιμοποίηση ενός κινητού τηλεφώνου για τουλάχιστον 10 χρόνια τετραπλασιάζει τον κίνδυνο για όγκο στα αυτιά, πιστεύουν οι επιστήμονες, σύμφωνα με την έρευνα του Ιδρύματος Karolinska της Σουηδίας. Στην έρευνα, που μελετήθηκαν 750 άνθρωποι, βρέθηκε ότι ο κίνδυνος για ακουστικό νεύρωμα - έναν καλοήγη όγκο του ακουστικού νεύρου που μπορεί να προκαλέσει καταστροφή του εγκεφάλου και των νεύρων - αυξήθηκε κατά 3.9 φορές προς την πλευρά του κεφαλιού που χρησιμοποιείται το τηλέφωνο. Όμως δεν υπήρξε καμία αύξηση του κινδύνου από την άλλη πλευρά του κεφαλιού - δίνοντας έτσι μια γενική αύξηση του κινδύνου 1.9 φορές. Από ακουστικό νεύρωμα πάσχει περίπου ένα άτομο ανά 100.000. Αν και ο όγκος είναι καλοήγητος, μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο ακουστικό νεύρο ή και στον εγκέφαλο. Εκείνοι που είχαν χρησιμοποιήσει τα κινητά τηλέφωνα για λιγότερο από 10 χρόνια δεν διέτρεξαν κανένα μεγαλύτερο κίνδυνο, αναφέρει η ερευνητική ομάδα. Από τους 750 ανθρώπους που συμμετείχαν στη μελέτη, οι 150 είχαν ακουστικό νεύρωμα και από αυτούς ένας στους 11 είχε χρησιμοποιήσει το κινητό τηλέφωνο για τουλάχιστον μια δεκαετία. Τα 600 ήταν άτομα υγιή. Ο καθηγητής Anders Ahlbom, από το Ίδρυμα, είπε πως εξεπλάγη από τα συμπεράσματα της ομάδας του. Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν ότι υπάρχει ένας σχετικά υπαρκτός κίνδυνος. Οι έρευνες έδειξαν ότι ο κίνδυνος είναι μόνο στην πλευρά του κεφαλιού που χρησιμοποιείται το κινητό τηλέφωνο.

Ο κυτταρικός βιολόγος Fiorenzo Marinelli και η ομάδα του στο Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας της Μπολόνια στην Ιταλία, αποφάσισαν να ερευνήσουν κατά πόσον τα ραδιοκύματα έχουν επίδραση στην ανάπτυξη της λευχαιμίας στον ανθρώπινο οργανισμό, αφού άλλες μελέτες έδειξαν ότι η ασθένεια ίσως να είναι πιο διαδεδομένη ανάμεσα στους χρήστες των κινητών τηλεφώνων. Η ομάδα εξέθεσε μέσα στο εργαστήριο γονίδια λευχαιμίας σε ραδιοκύματα των 900 MHz και σε ισχύ του ενός mW και στη συνέχεια παρακολούθησε τη δραστηριότητα ενός γονιδίου, που προκαλεί την αυτοκτονία των κυττάρων. Ύστερα από 24 ώρες συνεχούς έκθεσης στα ραδιοκύματα, τα γονίδια της λευχαιμίας εμφανίστηκαν σε περισσότερα κύτταρα, σε αντίθεση με έναν ελεγχόμενο πληθυσμό που δεν είχε εκτεθεί στην ακτινοβολία.

Μια ομοειδής περίπτωση εμφανίστηκε στη Μεγάλη Βρετανία κοντά σε έναν σταθμό ραδιοφωνικής και τηλεοπτικής μετάδοσης, όπου υπήρξε μια προφανής αύξηση στην λευχαιμία ενηλίκων. Η μελέτη παρουσίασε αυξανόμενη εμφάνιση λεμφώματος, μελανώματος δέρματος και καρκίνου της ουροδόχου κύστης στον πληθυσμό μέσα σε 10km του σταθμού, αλλά όχι για όλους τους καρκίνους ή για λευχαιμία παιδικής ηλικίας. Μια άλλη μελέτη καρκίνων γύρω από 20 σταθμούς μετάδοσης στη Μεγάλη Βρετανία έγινε από την ίδια ομάδα, μετά από την πρώτη μελέτη τα αποτελέσματα δεν παρουσιάζουν οποιαδήποτε αύξηση σε καρκίνο κύστης, λευχαιμίας ενηλίκων ή μελανώματος, και έτσι δεν επιβεβαιώνει τα συμπεράσματα της αρχικής μελέτης. Μια παρόμοια μελέτη πραγματοποιήθηκε γύρω από τρεις ιστούς στη Νότια Νέα Ουαλία, στην Αυστραλία. Όταν έξι δήμοι μέσα σε 12km εξετάστηκαν, παρατηρήθηκε μια αύξηση της λευχαιμίας παιδικής ηλικίας στις περιοχές μέσα σε 4km, αλλά δεν υπήρξε καμία αύξηση στον καρκίνο εγκεφάλου ενηλίκων ή παιδιών. Όταν άλλοι κοντινοί δήμοι περιλήφθηκαν στην ανάλυση, τα αποτελέσματα δεν άλλαξαν εκτός από το ότι σε έναν από τους πρόσθετους δήμους υπήρξε μια αύξηση της λευχαιμίας παιδικής ηλικίας.

### 2.5.2 Οφθαλμοί

Μια μικρή μελέτη έδειξε αυξημένο κίνδυνο σε οφθαλμικό μελάνωμα η οποία απαιτεί επαλήθευση (Stang και οι συνεργάτες του 2001).

Ο Hladky και οι συνεργάτες του έδειξαν ότι τα πεδία ραδιοσυχνότητας από το κινητό τηλέφωνο Motorola GSM 8700 δεν επηρέαζαν τα οπτικά δυναμικά.

Ο Hocking (1998) ήρθε σε επαφή με 40 άτομα που περιέγραψαν ότι είχαν συμπτώματα που αποδόθηκαν στη χρήση κινητού τηλεφώνου. Τα κύρια συμπτώματα ήταν πόνος, μια ανήσυχη αίσθηση θερμότητας, θολωμένη όραση, επιδράσεις στην ακοή ή ίλιγγος. Κανένας από τους ανθρώπους στη μελέτη δεν ανέφερε επιληπτικές κρίσεις. Οι μελέτες έχουν πολυάριθμες πειραματικές δυσκολίες και δεν είναι πάντα δυνατό να καθοριστεί ο μηχανισμός από τον οποίο τα μικροκύματα προκαλούν βλάβη στους ιστούς του ματιού εκτός από ότι στην υψηλή ισχύ όπου είναι εμφανείς οι θερμικές επιδράσεις.

### 2.5.3 Γενετικές Μεταβολές

Το 2000, ο Vijayalaxmi και οι συνεργάτες του δεν βρήκαν στοιχεία για πρόκληση ρήξης μοριακών δεσμών στο DNA και ασταθείς βλάβες στο αλκαλικό υλικό σε ανθρώπινα περιφερειακά δείγματα αίματος που συλλέχτηκαν από 3 υγιείς ανθρώπους εθελοντές που εκτέθηκαν σε τεχνητό περιβάλλον σε παλλόμενα κύματα 2450 MHz ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας είτε αμέσως είτε μετά από 4 ώρες μετά την έκθεση.

Μια αυξανόμενη συχνότητα χρωμοσωματικών ανωμαλιών ευρέθη σε πειράματα που ενέπλεκαν άλλα κυτταρικά είδη, ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας και κυτταρογενετικά αποτελέσματα.

Η μελέτη Reflex που πραγματοποιήθηκε από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή και κόστισε περισσότερο από 3 εκατομμύρια ευρώ, προξένησε μεγάλη αναστάτωση. Σύμφωνα με τα συμπεράσματα της έρευνας η υπέρυχνη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στις συχνότητες των UMTS και GSM προκαλεί ένα αυξημένο πλήθος ρήξεων στην αλυσίδα του DNA. Ανεπιθύμητες γενετικές μεταβολές και αλλοίωση των γενετικών χαρακτηριστικών.

Τον Δεκέμβριο του 2004, μια Πανευρωπαϊκή μελέτη έδειξε στοιχεία για βλάβη των κυττάρων του DNA όταν εκτίθονταν σε 0.3 μέχρι 2 watts/kg. Αυτό επικαλύπτει το επίπεδο ακτινοβολίας που τυπικά εκπέμπεται από ψηφιακά κινητά τηλέφωνα περίπου των 0.2 μέχρι 1 watt/kg. Υπήρχαν ενδείξεις αλλά όχι ακριβείς αποδείξεις για άλλες κυτταρικές αλλαγές συμπεριλαμβανομένου βλάβη στα χρωμοσώματα, αλλαγές στην δράση συγκεκριμένων γονιδίων και ένας αυξανόμενος αριθμός κυτταρικής διαίρεσης. Αντίθετα, έχουν διεξαχθεί παρόμοιες μελέτες οι οποίες δεν έδειξαν καμία αύξηση σε βλάβες στο DNA.

### 2.5.4 Εγκεφαλικές Δραστηριότητες

Ο Preece και οι συνεργάτες του ανέφεραν ότι η έκθεση ανθρώπων εθελοντών (36 υποκείμενα σε 2 ομάδες) σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας από προσομοιωμένα κινητά τηλέφωνα σε 915 MHz μπορεί να επηρεάσει τις γνωστικές λειτουργίες στους ανθρώπους, ιδιαίτερα μειώνοντας τους χρόνους αντίδρασης. Η απόδοση των γνωστικών στόχων και ο περιορισμός των χρόνων αντίδρασης έχουν αναφερθεί σε δύο μελέτες και αυτά τα αποτελέσματα θα μπορούσαν να εξηγηθούν από μια ήπια θερμική επίδραση.

### 2.5.5 Αλληλεπιδράσεις με καρδιακούς βηματοδότες

Η παρεμβολή των ραδιοσυχνοτήτων με καρδιακούς βηματοδότες είναι θεωρητικά δυνατή. Είναι θέμα ηλεκτρομαγνητικής συμβατότητας, που περιπλέκεται από ένα βιολογικό περιβάλλον, το σώμα του ασθενή [ Gagny 1994 ]. Πολυάριθμα πειράματα έχουν πραγματοποιηθεί με κινητά τηλέφωνα. Καμία επίδραση δεν έχει παρατηρηθεί όταν κρατιούνται τα ραδιοτηλέφωνα σε περισσότερο από 10cm από τις συσκευές. Τα νέα πρότυπα των βηματοδοτών είναι αυτήν την περίοδο εξοπλισμένα με ηλεκτρονικά φίλτρα καθιστώντας τους απρόσβλητους σε πεδία από τηλέφωνα. Ακόμα και πολύ κοντά σε έναν φούρνο μικροκυμάτων, οι μοντέρνοι βηματοδότες δεν είναι πιθανό να είναι ευπαθείς με παρεμβολή όπου τα επίπεδα διαρροής είναι εντός των προτεινόμενων ορίων. Άτομα με βηματοδότες πρέπει να βασίζονται στην δική τους ιατρική συμβουλή σε αυτό το θέμα.

### 2.5.6. Ύπνος - Πονοκέφαλοι-Κούραση

Τα αποτελέσματα από Ελβετικές μελέτες (Altpeter και οι συνεργάτες του 1995) σε αυτοαναφερόμενες διαταραχές ύπνου είναι δύσκολο να ερμηνευτούν εξαιτίας της υποκειμενικής φύσης τους. Από τις ανθρώπινες μελέτες έκθεσης υπό πειραματικές συνθήκες, μια μελέτη (Braune και οι συνεργάτες του 1998) έδειξε αύξηση στην πίεση του αίματος μετά από έκθεση παρόμοια με χρήση κινητού τηλεφώνου και αυτή η μελέτη χρειάζεται επανάληψη. Έρευνες στη Σκανδιναβία έδειξαν, ότι άτομα που χρησιμοποιούν πολύ το κινητό τηλέφωνο, αναφέρουν συχνότερα πονοκεφάλους, κούραση και φαγούρες σε σχέση με άτομα που το χρησιμοποιούν λιγότερο. Αν αυτά τα συμπτώματα είναι συνέπεια της ακτινοβολίας του κινητού τηλεφώνου, ή επακόλουθο του αγχώδους καθημερινού βίου του ατόμου που χρησιμοποιεί πολύ το κινητό, δεν έχει διευκρινισθεί επί του παρόντος. Σε μια εργαστηριακή έρευνα που πραγματοποιήθηκε σε ομάδα εθελοντών παρουσιάστηκε ένας επηρεασμός των φάσεων του ύπνου, όταν κατά τη διάρκεια της νύκτας αυτοί ήταν εκτεθειμένοι στην ακτινοβολία ενός κινητού τηλεφώνου σε απόσταση 40 εκατοστών από το κεφάλι τους. Αν μια τέτοια επίδραση υφίσταται και στην περίπτωση των σημαντικά ασθενέστερων τιμών ακτινοβολίας που εκπέμπονται από κάποιο σταθμό βάσης, παραμένει ως ερώτημα.

Το 1998 ο Haugsdal και οι συνεργάτες του διεξήγαγαν μια Σουηδική-Νορβηγική μελέτη περιπτώσεων που χρησιμοποιούσαν GSM αναλογικά και ψηφιακά κινητά τηλέφωνα. Αναφέρθηκε μια στατιστικά σημαντική συσχέτιση μεταξύ του χρόνου κλήσης/ τον αριθμό κλήσεων ανά μέρα και την διάδοση θερμότητας πίσω/γύρω από το αυτί, πονοκεφάλους και κόπωση. Τα GSM ψηφιακά τηλέφωνα σχετίζονταν λιγότερο με τα συμπτώματα από ότι τα αναλογικά τηλέφωνα. Αναφέρθηκαν επίσης λιγότερες αισθήσεις θερμότητας μεταξύ των χρηστών GSM.

Έχουν υπάρξει αναφορές πονοκεφάλων που συνέβησαν σε σχέση με τη χρήση κινητών τηλεφώνων κυρίως ψηφιακού τύπου. Περισσότερα στοιχεία χρονολογούνται από το 1960 και 1970 πολύ πριν τη χρήση των κινητών τηλεφώνων.

Σε μια μελέτη, για ένα τοπικό SAR στο κεφάλι 1 W/kg, παρατηρήθηκαν επιδράσεις στον ύπνο, περιορισμό στον χρόνο ξυπνήματος είτε συνειδητά είτε ασυναίσθητα. Σε δύο άλλες μελέτες δεν υπήρξε καμία σημαντική διαφορά σχετική με την έκθεση. Η εμφάνιση επιδράσεων συμπεριφοράς δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί από αυτές τις μελέτες λόγω έλλειψης επαλήθευσης υπό τις ίδιες πειραματικές συνθήκες.

Η ομάδα Hansson-Mild (Ofstedal και οι συνεργάτες του, 2000), ανέφεραν την εμφάνιση, σε χρήστες αναλογικών και ψηφιακών κινητών τηλεφώνων, μιας σειράς

συμπτωμάτων συμπεριλαμβανομένου πονοκεφάλων, κούρασης, και αίσθησης θερμότητας πίσω από το αυτί, η εμφάνισή τους αφορούσε τον αριθμό και τη διάρκεια των καθημερινών κλήσεων. Η μελέτη χρησιμοποίησε ένα ταχυδρομικό ερωτηματολόγιο και μπορεί να πάσχει από προκατάληψη επιλογής.

### 2.5.7 Ηλεκτροεγκεφαλογράφημα

Οι εργαστηριακές μελέτες που ερευνούν τις επιδράσεις των σημάτων κινητών τηλεφώνων στο αυθόρμητο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα σε άγρυπνα υποκείμενα έχουν παράγει κάπως μικτά αποτελέσματα. Ποικίλες επιδράσεις αναφέρθηκαν σε οκτώ μελέτες, πέντε ερευνητές δεν βρήκαν οποιεσδήποτε αλλαγές στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα κάτω από μια σειρά πειραματικών συνθηκών (αναλογικό ή ψηφιακό κινητό τηλέφωνο συνεχής ή ασυνεχής έκθεση, πυκνότητες ισχύος που κυμαίνονται από 0,2 σε 50 W/m<sup>2</sup>).

Διάφορες επιδράσεις έχουν αναφερθεί στο ηλεκτροεγκεφαλογράφημα, και μερικές φορές είναι δύσκολο να επαναληφθούν εντός μιας ερευνητικής ομάδας. Δεν υπάρχει καμία συνεπής εικόνα και κατά περιόδους τα στοιχεία εμφανίζονται αντιφατικά.

Ο Krause και οι συνεργάτες του (2000), βρήκαν μια αλλαγή στο περιεχόμενο της συχνότητας του ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος μεταξύ 4 και 12 Hz.

Σε μια μελέτη από τον Reiser το 1995, ένα εμπορικό κινητό τηλέφωνο που λειτουργεί σε 900 MHz χρησιμοποιήθηκε 40cm από ένα άτομο. Μια αύξηση στο εύρος του φάσματος ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος παρατηρήθηκε στις άλφα και βήτα ζώνες μετά από 15 λεπτά έκθεσης.

Οι Roschke και Mann (1997), ήταν ανίκανοι να ανιχνεύσουν οποιεσδήποτε διαφορές στα φάσματα ηλεκτροεγκεφαλογραφήματος σχετικά με την έκθεση σε σήματα GSM.

### 2.5.8 Καρδιαγγειακό Σύστημα

Το 1999, ο Braune και οι συνεργάτες του δημοσίευσαν τα αποτελέσματα που παρουσιάζουν αύξηση 10% στην αρτηριακή πίεση αίματος των εθελοντών που εκτέθηκαν σε σήματα GSM για 35 λεπτά. Δυστυχώς, η ερμηνεία αυτών των αποτελεσμάτων γίνεται δύσκολη. Διαπίστωσαν ότι το ο ρυθμός της καρδιάς κατά τη διάρκεια αυτών των δοκιμών ήταν ελαφρώς χαμηλότερος μετά την έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας και η συστολική και διαστολική πίεση αίματος αυξήθηκε κατά 5–10 mm. του υδραργύρου. Διεξήγαγαν μελέτη σε 7 υγιή αρσενικούς και 3 γυναικείους εθελοντές ηλικίας μεταξύ 26 και 36 ετών που υποβλήθηκαν σε εικονικά ελεγχόμενο πρωτόκολλο για να ερευνηθεί η επίδραση της ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας των κινητών τηλεφώνων στην πίεση αίματος, το ρυθμό της καρδιάς, τη διάχυση στα τριχοειδή αγγεία και την υποκειμενική ευημερία. Οι ερευνητές παρατήρησαν μια αύξηση στην συμπαθητική δραστηριότητα μεταφοράς με αύξηση στην πίεση του αίματος σε ηρεμία μεταξύ 5-10mm Hg. Αυτή η μελέτη έχει επικριθεί βάσει του σχεδιασμού της και της στατιστικής ανάλυσης (Reid και Gettinby, 1998). Ωστόσο, ο Mann και οι συνεργάτες του δεν βρήκαν καμία επίπτωση στον αυτόνομο έλεγχο του ρυθμού της καρδιάς εφαρμόζοντας αδύναμη παλλόμενη ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας που εκπεμπόταν από ψηφιακά κινητά τηλέφωνα κατά τη διάρκεια του ύπνου σε υγιείς ανθρώπους.

Μια μελέτη δεν βρήκε καμία αλλαγή σε 12 μετρημένες παραμέτρους του καρδιακού ρυθμού και των ηλεκτροκαρδιογραφήματων μετά από έκθεση σε ένα πεδίο GSM- 900. Για μια παρόμοια έκθεση, μια άλλη μελέτη βρήκε μια αύξηση στη

συστολική και διαστολική πίεση αίματος σε ανάπαυση, με μια επιβράδυνση στον καρδιακό ρυθμό. Επειδή τα αποτελέσματα μπορούν επομένως να είναι είτε πραγματικά είτε πλασματικά, η ερμηνεία αυτής της μελέτης είναι περιορισμένη. Οι μελέτες είναι περιορισμένες σε αριθμό τα στοιχεία δεν επιτρέπουν την εξαγωγή σταθερών συμπερασμάτων. Δεν υπάρχει καμία βάση για ανησυχία για τις επιδράσεις της χρήσης των κινητών τηλεφώνων στην καρδιά και την κυκλοφορία. Εντούτοις, αυτό είναι ένα θέμα που αξίζει περισσότερη πειραματική εργασία για ανθρώπινους εθελοντές

### **2.5.9 Μελατονίνη**

Σύμφωνα με τον Burch και τους συνεργάτες του , οι χρήστες που ανέφεραν συχνή με περιστασιακή χρήση κινητού τηλεφώνου είχαν σημαντικά χαμηλότερη μέση τιμή επίπεδα μεταβολισμού ουρητικής μελατονίνης συγκρινόμενοι με εκείνους που ανέφεραν μη συχνή ή καθόλου χρήση κινητού τηλεφώνου. Τα αποτελέσματα δηλώνουν ότι η επαγγελματική χρήση κινητού τηλεφώνου μπορεί να σχετίζεται με την ημερήσια παραγωγή μελατονίνης.

O de Seze και οι συνεργάτες του μελέτησαν την επίδραση της ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας από GSM/DCS κινητά τηλέφωνα σε ρυθμική έκκριση της ορμόνης μελατονίνης σε δυο υγιείς ομάδες αρσενικών εθελοντών 38 αντρών , 20-32 ετών. Οι εκθέσεις ήταν για 2 ώρες τη μέρα , 5 μέρες την εβδομάδα , για 4 εβδομάδες στην μέγιστή τους ισχύ. Ανάλυση των δειγμάτων αίματος που πάρθηκαν πριν ,κατά τη διάρκεια και μετά την περίοδο εξέτασης δεν έδειξε στοιχεία που να συνδέουν τις επιπτώσεις της ραδιοσυχνότητας με την έκκριση μελατονίνης.

### **2.5.10 Αλλαγές στην συμπεριφορά**

Τα αποτελέσματα των Preece και Koivisto δείχνουν ότι η οξεία έκθεση σε πεδία από κινητά τηλέφωνα σε επίπεδα κάτω από τα συνιστώμενα όρια παράγει επιδράσεις ικανοποιητικού μεγέθους για να τροποποιήσουν τη συμπεριφορά.

## **2.6 Μελέτες με πειραματόζωα**

Κατά τις μελέτες αυτές πειραματόζωα, όπως κουνέλια, ποντικοί, γάτες κ.λ.π. εκτίθενται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και τα αποτελέσματα της ακτινοβολίας ανιχνεύονται με κλινικές εξετάσεις ή νεκροτομή και ιστολογική εξέταση στο εργαστήριο, σε σύγκριση πάντα με μη εκτιθέμενα πειραματόζωα.

### **2.6.1 Καρδιαγγειακό σύστημα**

Η έκθεση των ζώων σε υψηλά επίπεδα ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας, αρκετά για να αυξήσουν τη θερμοκρασία σώματος, οδηγεί βεβαίως σε ποικίλες άμεσες και έμμεσες επιδράσεις στο καρδιαγγειακό σύστημα. Εντούτοις, δεν υπάρχει κανένα στοιχείο ότι διαφέρουν ποιοτικά ή ποσοτικά από τις επιδράσεις που προκαλούνται από παρόμοια αύξηση στη θερμοκρασία σώματος που παράγεται με άλλα μέσα (Jauchem και Frei, 1992). Τα μέγιστης ισχύος παλλόμενα πεδία ραδιοσυχνότητας ή οι παλμοί της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας (που θα οδηγούσε σε συνολική απορροφημένη ενέργεια στους ανθρώπους αρκετά κάτω από τις οδηγίες) δεν

προκαλούν ανιχνεύσιμες αλλαγές στον ρυθμό της καρδιάς ή της πίεσης του αίματος στα ζώα (Erwin και Hurt, 1993 Jauchem και Frei, 1995, Jauchem, 1997).

Οι μελέτες στα ζώα δεν δικαιολογούν οποιαδήποτε ανησυχία για την επιρροή της ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας σε επίπεδα που συνδέονται με τα κινητά τηλέφωνα στην καρδιά ή την κυκλοφορία. Οι επιδράσεις στις υψηλές εντάσεις εμφανίζονται να οφείλονται στη θερμότητα του σώματος.

### 2.6.2 Εκροή ασβεστίου

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

### 2.6.3 Ανοσοποιητικό σύστημα

Υπάρχουν πολύ λίγες μελέτες σχετικά με το ανοσοποιητικό σύστημα. Τρεις μελέτες συζητούνται, από τις οποίες δύο είναι σε τρωκτικά. Η πρώτη μελέτη βρίσκει, ανεξήγητα, τροποποίηση σε ανοσοποιητικούς παράγοντες σε αρσενικά ποντίκια αλλά όχι σε θηλυκά μετά από έκθεση σε διαμορφωμένο ή μη διαμορφωμένο πεδίο 2450 MHz, η δεύτερη (GSM 900) δεν βρίσκει καμία επίδραση σε διαφορετικά λεμφοκύτταρα αρουραίων. Η τελευταία μελέτη αφορά την επαγγελματική έκθεση και δεν αναφέρει καμία αισθητή επίδραση. Οι μελέτες είναι πολύ περιορισμένες σε αριθμό αλλά δεν υποστηρίζουν μια επίδραση της ραδιοσυχνότητας ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο ανοσοποιητικό σύστημα. Λίγες μόνο μελέτες αφορούν εκθέσεις σε σήματα κινητής τηλεφωνίας. Το συμπέρασμα της έκθεσης ήταν ότι μόνο τα υψηλά επίπεδα έκθεσης, που προκαλούν θερμικές επιδράσεις, θα μπορούσαν να έχουν μια μόνιμη επίδραση στην ανοσοποίηση. Δεν είναι δυνατό να συναχθεί το συμπέρασμα ότι τα σήματα κινητών τηλεφώνων έχουν μια επίδραση στο ανοσοποιητικό σύστημα.

Παρατηρήθηκαν αλλαγές στις ανοσολογικές λειτουργίες ποντικών από τον Veyret και τους συνεργάτες του μετά από πενταήμερη έκθεση σε χαμηλού επιπέδου ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας (0.015W/kg) 9.4GHz σήμα διαμορφωμένο κατά πλάτος σε περίπου 20MHz. Ο Elekes και οι συνεργάτες του εξέτασαν την επίδραση συνεχόμενων 2.45GHz, 50Hz τετράγωνων κυμάτων διαμορφωμένα κατά πλάτος (SAR=0.14W/kg) στην ανοσοποιητική αντίδραση. Οι εκθέσεις (6 μέρες, 3 ώρες τη μέρα) προκάλεσαν αυξήσεις στον αριθμό των κυττάρων που παράγουν αντισώματα στη σπλήνα αρσενικών ποντικών. Επίσης, AM ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας προκάλεσε αύξηση στον αριθμό των κυττάρων που παράγουν αντισώματα στη σπλήνα αρσενικών ποντικών. Δεν παρατηρήθηκε καμία αλλαγή σε θηλυκά ποντίκια. Συμπερασματικά, και τα δύο είδη συνθηκών έκθεσης προκάλεσαν μέτρια αύξηση παραγωγής αντισωμάτων σε αρσενικά ποντίκια αλλά καθόλου σε θηλυκά ποντίκια.

#### 2.6.4 Οφθαλμοί

Πολλές μελέτες που διεξήχθησαν για να καθορίσουν το όριο για τους καταρράκτες προκαλούμενους από ραδιοσυχνότητα έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι απαιτούνται πολύ υψηλές εκθέσεις για τουλάχιστον 1 ώρα για να παραγάγουν καταρράκτες φακών (UNEP/WHO/IRPA, 1993). Συνήθως η έρευνα για καταρακτογένεση αφορά απλές ή πολλαπλές οξείες εκθέσεις σε Η/Μ ακτινοβολίες με πυκνότητα ισχύος 80-500mW/cm<sup>2</sup>. Έχει παρατηρηθεί θόλωση του φακού του ματιού σε πειραματόζωα που ακτινοβολήθηκαν τοπικά με συχνότητες ισχύος πάνω από 100mW/cm<sup>2</sup>. Μικρότερες τιμές της πυκνότητας ακτινοβολίας δεν προκαλούν οποιοδήποτε φαινόμενο στους οφθαλμούς. Πρέπει να σημειωθεί ότι η έκθεση ολόκληρου του σώματος σε παρόμοιες τιμές πυκνότητας ισχύος θα ήταν θανατηφόρα. Έχουν αναφερθεί επίσης οφθαλμικές μεταβολές οφειλόμενες στην Η/Μ ακτινοβολία για χαμηλές πυκνότητες ισχύος, 7-13mW/cm<sup>2</sup> στα 2.45GHz, πάντα σε πειραματόζωα, για περιόδους 8 ωρών ανά ημέρα, 5 ημέρες ανά εβδομάδα και για 7-18 εβδομάδες. Βλάβη στον κερατοειδή, εκφυλιστικές αλλαγές στα κύτταρα της ίριδας και του αμφιβληστροειδούς, και αλλαγμένες οπτικές λειτουργίες αναφέρθηκαν από τους Kues και Monahan και από τον Kues και τους συνεργάτες του σε μη ανθρώπινα θηλαστικά μετά από συνεχείς εκθέσεις σε ραδιοσυχνότητα. Ο Kues ανέφερε την εμφάνιση καταρράκτη στα μάτια πιθήκων σε υψηλή ισχύ, ενώ ο Kamimura δεν παρατήρησε καθόλου επιβλαβείς επιδράσεις. Τα αποτελέσματα του Kues δεν έχουν αναπαραχθεί αλλού. Τελικά, λαμβάνοντας υπόψη το χαμηλό αγγείωμα του ματιού και την προεξέχουσα θέση του στο πρόσωπο, συστήνεται να πραγματοποιηθούν περαιτέρω μελέτες για να αξιολογήσουν τον κίνδυνο για το μάτι και να καθιερώσουν περισσότερο περιοριστικές συνθήκες έκθεσης έναντι της μερικής έκθεσης σώματος για άλλα όργανα. Συνεπώς, συστήνεται ένα όριο 1,6 W/Kg για τους εργαζομένους και 0,2 για το κοινό. Ο Lu και οι συνεργάτες του 2000 δεν βρήκαν καμία επίδραση στην δομή του αμφιβληστροειδούς. Ο D'Andrea και οι συνεργάτες του 1992 δεν έδειξαν καμία επίδραση στην οπτική λειτουργία σε μαϊμούδες.

#### 2.6.5 Γενετικές μεταβολές

Σε μια μελέτη που χρηματοδοτήθηκε από την Motorola, ο Malyara και οι συνεργάτες του δεν μπορούσαν να ανιχνεύσουν βλάβη στο DNA προκαλούμενη από ραδιοσυχνότητα στα εκτεθειμένα εναντίον των μη εκτεθειμένων ζώων.

Ο Czerska και οι συνεργάτες του ανέφεραν έναν αυξανόμενο πολλαπλασιασμό κυττάρων εκτεθειμένων σε 2.45GHz ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας σε SAR των 1 W/kg όταν η ακτινοβολία ήταν παλλόμενη.

Αλλαγές στην ανάπτυξη κυττάρων της τάξης των 10 ως 20% αναφέρθηκαν από τον Grundler (1992) με 41-42 GHz πεδία, αλλά αυτά τα αποτελέσματα δεν επαληθεύτηκαν από τον Gos (1997). Μια χαμηλού επιπέδου επίδραση αναφέρθηκε από τον Stagg που παρατήρησε μια αύξηση στη σύνθεση DNA 6 mW. Οι συντάκτες της αναφοράς Stewart συστήνουν περαιτέρω μελέτες.

Καμία μεταλλακτική επίδραση και καμία βλάβη στο DNA δεν παρατηρήθηκαν εκτός σώματος. Δύο μελέτες εκτός οργανισμού και μια μελέτη εντός οργανισμού παρουσίασαν μια αύξηση στη χρωμοσωματική ανωμαλία. Οι επιπτώσεις στην υγεία αυτών των παρατηρήσεων δεν είναι σαφείς.

Οι Kwee και Raskmark βρήκαν ότι η έκθεση σε χαμηλού επιπέδου ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας (0.021-2.1mW/kg) από ένα GSM τηλέφωνο προκάλεσε μείωση στον πολλαπλασιασμό κυττάρων σε τεχνητό περιβάλλον.

Πιστεύεται ότι οι γενετικές αλλαγές που παρατηρήθηκαν σε μελέτες ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας συνέβησαν μόνο με την παρουσία σημαντικής αύξησης της θερμοκρασίας. Γενικά αυτές οι παρατηρήσεις συνεπάγονται την ερμηνεία ότι η ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας λόγω του χαμηλού ποσού ενέργειας στα φωτόνια δεν προκαλεί άμεση βλάβη στο DNA.

Είναι πιθανό ή έκθεση σε ραδιοσυχνότητα να αλλάξει ορισμένες κυτταρικές διαδικασίες. Αυτό ίσως επηρεάσει έμμεσα την δομή του DNA. Έρευνες του Dhahi και των συνεργατών του, του Habash, του Kerbacher και των συνεργατών του, του Meltz, του Ciaravino και των συνεργατών του, του Gos και των συνεργατών του σε διαφορετικά κυτταρικά συστήματα παρείχαν στοιχεία για έλλειψη άμεσων γενετοξικών και μεταλλακτικών επιπτώσεων διαρκούς και παλλόμενης ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας σε διαφορετικές πυκνότητες ισχύος.

Το σχήμα των κυττάρων, η έκκρισή τους και οι ρυθμοί ανάπτυξης έχειδειχθεί ότι αλλάζουν από την έκθεση. Ο French δείχνει ότι η έκθεση σε 835 MHz χρησιμοποιώντας κύτταρα αναπτυγμένα στο εργαστήριο προκαλεί αλλαγές στη γενετική σύνθεση.

Το 1995 οι Lai και Singh στο πανεπιστήμιο Washington, Seattle ανέλυσαν επίπεδα ρήξης μοριακών δεσμών του DNA σε εγκεφαλικά κύτταρα από αρουραίους που εκτίθονταν σε 2.45GHz. Δεν ευρέθη καμία σημαντική επίπτωση μετά από 2 ώρες έκθεσης. Ωστόσο, παρατήρησαν μια αύξηση σε έναν μοριακό δεσμό DNA σε τιμές SAR ολόκληρου του σώματος των 0.6 και 1.2 W/kg σε 4 ώρες με 965 υγεία την έκθεση. Στους αρουραίους που εκτέθηκαν για 2 ώρες σε 2.45 GHz, παρατηρήθηκαν αυξήσεις στους μοριακούς δεσμούς του DNA στα εγκεφαλικά κύτταρα και μετά από 4 ώρες μετά την έκθεση.

Ακολουθώντας τη δημοσίευση των Lai και Singh ο Malyara και οι συνεργάτες του βρήκαν μέσα από την ερευνητική τους μελέτη ότι δεν μπορούσαν να ανιχνεύσουν την επίπτωση που ανέφεραν οι Lai και Singh.

Πιστεύεται ότι χαμηλού επιπέδου διαμορφωμένη ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας μπορεί να επηρεάσει ενδοκυτταρικές δραστηριότητες των ενζύμων. Ο Byus και οι συνεργάτες του ανέφεραν για παράδειγμα στοιχεία επιπτώσεων στη δραστηριότητα ODC(αποκαρβοξυλάση της ορνιθίνης) καθώς επίσης ODC επίπεδα RNA και εξαγωγή πολυαμίνης σε ένα αριθμό κυτταρικών γραμμών μετά από έκθεση σε 450 MHz ημιτονοειδώς διαμορφωμένα σε 16Hz (1mW/cm<sup>2</sup>) ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας. Η επίδραση παρατηρήθηκε για ορισμένες διαμορφώσεις του φέροντος κύματος.

Σε μια μελέτη χρηματοδοτούμενη από τη Motorola ο Cain και οι συνεργάτες του εξερεύνησαν τις πιθανές επιδράσεις των 1.6GHz ψηφιακών σημάτων σε ODC επίπεδα και επίπεδα πολυαμίνης στους εγκεφαλικούς ιστούς στους εμβρυικούς 344 αρουραίους του Fisher. Τα ζώα εκτέθηκαν σε 0.16, 1.6, ή 5 W/kg μέσω SAR εγκεφάλου. Στον εγκέφαλο, η ODC μειώθηκε στα εκτεθειμένα ζώα από ότι στα μη εκτεθειμένα με καμία αλλαγή στα επίπεδα σπερμίνης.

Ο Lyle και οι συνεργάτες του έδειξαν ότι η έκθεση σε ημιτονοειδώς διαμορφωμένη κατά πλάτος ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας σε μη θερμικά επίπεδα μπορεί να μειώσει τις ανοσοποιητικές λειτουργίες στα κύτταρα.

Ο Philippona και οι συνεργάτες του (1994) διαπίστωσαν ότι η ακτινοβολία 900 MHz, σε SAR 1 και 100 W/kg, επηρεάζει συγκεκριμένα τη σύνδεση των μορίων οσμής στην πρωτεΐνη δεκτών στις μεμβράνες των οσφρητικών νευρώνων δεκτών σε αρουραίο. Το απέδωσαν, στη αποβολή αυτής της πρωτεΐνης από την μεμβράνη, πιθανώς λόγω της αυξανόμενης υπεροξειδωσής των λιπιδίων μεμβρανών (Phelan και οι συνεργάτες του 1992).



Υπάρχουν στοιχεία ότι τα πεδία ραδιοσυχνότητας μπορούν να επηρεάσουν τις πρωτεΐνες μεμβρανών και μπορούν να αλλάξουν τη κίνηση των ιόντων στις μεμβράνες. Μερικές από αυτές τις επιδράσεις φαίνονται να εμφανίζονται στα κύτταρα μόνο σε θερμοκρασίες κατά πολύ κάτω από την κανονική θερμοκρασία σώματος ή με εντάσεις ραδιοσυχνότητας που προκαλούν σημαντική θερμότητα. Εντούτοις, κάποια στοιχεία δηλώνουν ότι η ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας σε επίπεδα που παρήχθησαν από κινητά τηλέφωνα ίσως επηρεάσει τα ιονικά κανάλια και άλλες πρωτεΐνες μεμβρανών των νευρώνων στον εγκέφαλο υπό φυσιολογικές συνθήκες. Αυτό ίσως προκαλέσει λεπτές αλλαγές στη λειτουργία κυττάρων, αλλά η σημασία τέτοιων επιδράσεων για την ανθρώπινη υγεία είναι αβέβαιη. Επιπλέον, αυτές οι επιδράσεις δεν έχουν επιβεβαιωθεί ανεξάρτητα, το οποίο είναι σημαντικό λαμβάνοντας υπόψη τη συχνή έλλειψη δυνατότητας αναπαραγωγής των βιολογικών επιδράσεων ραδιοσυχνότητας.

### 2.6.6 Καρκίνος

Οι μελέτες δεν παρουσιάζουν κανένα στοιχείο ότι η μακροπρόθεσμη έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας έχει αρνητικό αντίκτυπο στη γενική υγεία των ζώων. Ειδικότερα, δεν υπάρχει κανένα συνεπές στοιχείο ότι η έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας αρχίζει την καρκινογένεση δηλαδή δεν υπάρχει κανένα στοιχείο για γενοτοξικότητα. Υπάρχουν αντιφατικά στοιχεία αναφερόμενα στη δυνατότητα η έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας να έχει επιγενετική δραστηριότητα, δηλαδή ότι προάγει τον σχηματισμό όγκων.

Ο Repacholi και οι συνεργάτες του εξέθεσαν 100 ποντίκια σε 900MHz ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας για 60 λεπτά ανά μέρα για 18 μήνες. Εξέτασαν την πιθανότητα η μακροχρόνια έκθεση να αύξανε την εμφάνιση λεμφώματος στα ποντίκια που ήταν γενετικά προδιατεθειμένα να αναπτύξουν λέμφωμα. Η εμφάνιση λεμφώματος στα εκτεθειμένα ποντίκια ήταν σημαντικά υψηλότερη. Ανέφεραν δηλαδή την προώθηση λεμφώματος σε διαγενετικά ποντίκια επιρρεπή σε λεμφώματα. Ο Szmigielski και οι συνεργάτες του ανέφεραν προώθηση όγκων δέρματος και μαστού. Ο Toler και οι συνεργάτες του διεξήγαγαν μια έρευνα σε 200 θηλυκά ποντίκια με προδιάθεση για όγκο μαστού που εκτέθηκαν σε παλλόμενη 435MHz ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας σε 0.1mW/cm<sup>2</sup> (0.32W/kg). Δεν παρατηρήθηκε καμία σημαντική διαφορά στην εμφάνιση όγκου μαστού ή στον αριθμό κακοηθών μεταστατικών ή ήπιων όγκων.

Αντίθετα, δηλαδή οι μελέτες από τον Toler και τους συνεργάτες του και τον Frei και τους συνεργάτες του έδειξαν ότι η μακροπρόθεσμη έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας δεν συνδέεται με την προώθηση όγκων μαστού. Εξέθεσαν ποντίκια που ήταν ευαίσθητα να αναπτύξουν όγκους εγκεφάλου σε 2450 MHz (μέχρι 1 W/kg) για τη διάρκεια ζωής των ποντικιών. Καμία διαφορά δεν παρατηρήθηκε στη συχνότητα ή το στάδιο στο οποίο εμφανίστηκε ο όγκος, και καμία αλλαγή δεν παρατηρήθηκε στη μακροζωία των ζώων.

Ο Wu και οι συνεργάτες του (1994) δεν παρατήρησαν οποιαδήποτε αλλαγή στην ανάπτυξη όγκου στο παχύ έντερο στα ποντίκια. Η μελέτη από τον Wu και τους συνεργάτες του δείχνει ότι η μακροπρόθεσμη έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας δεν συνδέεται με την προώθηση χημικά προκληθέντων όγκων και μελέτες από τον Imaida και οι συνεργάτες(1998) του δείχνουν ότι η μεσοπρόθεσμη έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας δεν συνδέεται με την προώθηση χημικά προκαλούμενου καρκίνου συκωτιού. Βεβαίως, καμία συγκεκριμένη κατάσταση ασθένειας, καρκίνος ή κάτι άλλο, δεν έχει συνδεθεί με τη μακροπρόθεσμη έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας στα τρωκτικά.

Μια ενδιαφέρουσα μελέτη πραγματοποιήθηκε από τον Guy και άλλους οι οποίοι εξέθεσαν αρουραίους από ηλικίας 2 μέχρι 27 μηνών σε παλλόμενα μικροκύματα με SAR 0.4 W/kg. Η εκτεθειμένη ομάδα είχε αξιοσημείωτη αύξηση σε κακοήθεις βλάβες. Μια αξιοσημείωτη μελέτη όσον αφορά τον καρκίνο και παρατεταμένη έκθεση ήταν αυτή που έγινε στο Πανεπιστήμιο της Washington με εργαστηριακούς αρουραίους. Εκατό αρουραίοι εκτέθηκαν σε 2.45GHz ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας διαμορφωμένη σε 800Hz για 21.5 ώρες τη μέρα για 25 μήνες σε SAR μεταξύ 0.15 και 0.4 W/kg ανάλογα το βάρος του ζώου. Οι εκτεθειμένοι αρουραίοι είχαν σημαντικά μεγαλύτερο αριθμό κακοήθων όγκων στο τέλος της δίχρονης έκθεσης.

Σε μια μελέτη χρηματοδοτούμενη από τη Motorola, ο Morrissey και οι συνεργάτες του εξέτασαν την έκφραση επιπέδων αντίδρασης άγχους και γονίδια που σχετίζονται με καρκίνο στον εγκέφαλο ποντικών που εκτέθηκαν σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας για μια ώρα σε 1.6GHz. Δεν παρατηρήθηκε καμία επίπτωση σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης.

Οι μελέτες για την εμφάνιση όγκων μετά από μακροπρόθεσμη έκθεση δεν είναι πολυάριθμες και συνήθως είναι αρνητικές (Chou και οι συνεργάτες του, 1992). Οι μελέτες για τον πολλαπλασιασμό των όγκων μοσχευμάτων ήταν αρνητικές.

Τα αποτελέσματα από την ομάδα του Adey (1999) στους όγκους εγκεφάλου στους αρουραίους ήταν όλα αρνητικά, ανεξάρτητα από το σήμα κινητών τηλεφώνων που χρησιμοποιήθηκε για τη μακροπρόθεσμη έκθεση των ζώων.

Ο Juutilainen και οι συνεργάτες του 1998 δεν έδειξαν καμία εμφάνιση λεμφώματος σε ποντίκια(902 MHz).

Ο Chagnaud και οι συνεργάτες του 1999 δεν έδειξαν καμία επίδραση στην εμφάνιση όγκου σε αρουραίους (900 MHz παλλόμενο). Ο Zook και οι συνεργάτες του 1998, δεν έδειξαν καμία επίδραση στην εμφάνιση, την πολλαπλότητα, την ένταση, την κακοήθεια, ή των θανάσιμων αποτελεσμάτων νευρικών όγκων. Ο Salford και οι συνεργάτες του 1993, δεν έδειξαν καμία επίδραση στην ανάπτυξη όγκου σε εγκεφάλους αρουραίων (915 MHz). Higashikubo και οι συνεργάτες του 1999 δεν βρήκαν καμία επίδραση στην ανάπτυξη όγκου σε εγκεφάλους αρουραίων (835.62 MHz).

### **2.6.7 Μορφολογία του εγκεφάλου**

Η ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας μπορεί να προκαλέσει μορφολογικές αλλαγές στο κεντρικό νευρικό σύστημα μόνο υπό σχετικά υψηλή ένταση ή εκτεταμένη έκθεση. Η ακτινοβολία των ζώων με ραδιοσυχνότητα σε SAR μεγαλύτερο από 2W/kg μπορεί να παράγει μορφολογικές αλλαγές στο κεντρικό νευρικό. Ο Oldendorf πραγματοποίησε μια από τις πρώτες μελέτες για την επίδραση της ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι μπορεί να παραχθεί εστιακή νέκρωση πήξης στον εγκέφαλο κουνελιών που εκτέθηκαν σε 2.45 GHz από την παραγόμενη θερμική ενέργεια.

### **2.6.8 Αλλαγές στη συμπεριφορά**

Αλλαγή στη συμπεριφορά είναι ο πιο ευαίσθητος δείκτης μιας επίπτωσης στην υγεία από την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

Η αλλαγή συμπεριφοράς πειραματόζωων που εκτέθηκαν σε Η/Μ ακτινοβολία βρέθηκε να είναι το φαινόμενο που παρουσιάζεται στις χαμηλότερες τιμές κατωφλίων από όλες τις υπόλοιπες βιολογικές επιδράσεις των ραδιοκυμάτων. Τα όρια αυτά βρέθηκαν σε γενικές γραμμές να έχουν τιμές 4-8W/kg ανεξάρτητα από τη συχνότητα

τη διαμόρφωση, την μέση ισχύ ή τον τρόπο που γινόταν η έκθεση. Οι αλλαγές συμπεριφοράς περιλάμβαναν αλλαγές στην ποσότητα προσλαμβανομένης τροφής αλλά και του παραγόμενου έργου από τα πειραματόζωα σε ειδικούς τροχούς μέσα στα κλουβιά. Αλλαγές στη συμπεριφορά προέκυψαν μετά από έκθεση σε ραδιοσυχνότητα σε SAR 1.2W/kg. Παρατηρήθηκαν επίσης αλλαγές στη συμπεριφορά σε SAR των 2.5W/kg. Ο Lai και οι συνεργάτες του βρήκαν ότι η έκθεση σε ραδιοσυχνότητα έδειξε επιβραδυνόμενη μάθηση.

### **2.6.9 Αναπαραγωγή και ανάπτυξη**

Μόνο δύο μελέτες σε τρωκτικά περιγράφονται, δείχνοντας μια μείωση στο βάρος στη γέννηση, αλλά η σχετικότητα των αποτελεσμάτων περιορίζεται από την ποιότητα του πρωτοκόλλου έκθεσης. Δεν αναφέρονται τερατογενετικές επιπτώσεις.

Οι μελέτες είναι πολύ περιορισμένες σε αριθμό, αυτά τα στοιχεία δεν επιτρέπουν οποιαδήποτε συμπεράσματα. Είναι ένα ευαίσθητο βιολογικό σημείο που απαιτεί περαιτέρω πειραματικές μελέτες.

Καμία επίδραση δεν παρατηρήθηκε στην αναπαραγωγή, μια μείωση στη γονιμότητα των αρσενικών αρουραίων παρατηρήθηκε μετά από παρατεταμένη έκθεση σε 2 W/Kg, μια μελέτη έδειξε μια μείωση στη γονιμότητα θηλυκών ποντικών που εκτέθηκαν κοντά σε κεραιές ραδιοφωνικής και τηλεοπτικής μετάδοσης. Εντούτοις αυτές οι μελέτες δεν είχαν κανέναν αντιστοιχημένο έλεγχο.

Δεν υπάρχει κανένα πειστικό στοιχείο από τις μελέτες τρωκτικών ότι η έκθεση σε πεδία ραδιοσυχνότητας σε επίπεδα που συνδέονται με τις κινητές τηλεπικοινωνίες θέτει οποιοδήποτε κίνδυνο για το έμβρυο ή για την αρσενική γονιμότητα. Ενώ υπάρχουν καλοί λόγοι να αμφισβητηθεί εάν η πτώση στη θηλυκή γονιμότητα που περιγράφηκε από τους Magras και Xenos (1997) οφειλόταν πραγματικά στην έκθεση πολύ χαμηλών επιπέδων, είναι σημαντικό να επαναληφθεί αυτή η μελέτη υπό καλύτερα ελεγχόμενες συνθήκες.

### **2.6.10 Αιματοεγκεφαλικός φραγμός (BBB Blood-Brain Barrier)**

Μελέτες δεν έχουν βρει διάρρηξη του αιματοεγκεφαλικού φραγμού προκαλούμενη από ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας. Οι περισσότερες από αυτές τις μελέτες συμπεραίνουν ότι υψηλής έντασης ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας απαιτείται για να αλλάξει την διαπερατότητα του αιματοεγκεφαλικού φραγμού.

## **2.7 Συμπεράσματα**

Οι λίγες μελέτες που διεξήχθησαν σε ανθρώπινους πληθυσμούς δεν παρέχουν καμία άμεση πληροφορία για τους πιθανούς κινδύνους των κινητών τηλεφώνων. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών είναι δύσκολο να ερμηνευτούν επειδή τα επίπεδα έκθεσης είτε δεν μετρήθηκαν ή ήταν αδύνατον να καθοριστούν από τα δεδομένα που παρέχονταν. Στο θέμα του καρκίνου του εγκεφάλου που συμβαίνει σε χρήστες κινητών τηλεφώνων, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τέτοιοι καρκίνοι υπήρχαν πριν την εισαγωγή των κινητών τηλεφώνων. Απλά δεν είναι δυνατόν να αναγνωριστεί η αιτία οποιασδήποτε μεμονωμένης περίπτωσης καρκίνου. Μακροχρόνιες μελέτες για να ερευνήσουν εάν οι χρήστες κινητών τηλεφώνων έχουν μεγαλύτερη ανάπτυξη καρκίνου εγκεφάλου από τον γενικό πληθυσμό, δεν έχουν ολοκληρωθεί. Δεν υπάρχουν στοιχεία ότι η μικροκυματική έκθεση από κινητά τηλέφωνα προκαλεί

καρκίνο, μόνο ενδείξεις χωρίς συμπεράσματα ότι τέτοια έκθεση επιταχύνει την ανάπτυξη ενός ήδη υπάρχοντος καρκίνου. Πρέπει να διεξαχθούν περισσότερες έρευνες σε αυτό το θέμα. Δεν υπάρχουν ξεκάθαρες αποδείξεις στον χώρο της επιστήμης ότι η χρήση των κινητών τηλεφώνων αποτελεί έναν μακροχρόνιο δημόσιο κίνδυνο υγείας. Μερικές μεμονωμένες πειραματικές μελέτες έχουν δηλώσει ότι η ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας μπορεί να αρχίσει το σχηματισμό όγκων, να ενισχύσει τις επιδράσεις γνωστών καρκινογόνων ουσιών ή να προωθήσει την αύξηση μεταμοσχευμένων όγκων. Εντούτοις, σε μερικές από αυτές η ένταση ήταν αρκετά υψηλή για να παραγάγει θερμικές επιδράσεις. Η έκθεση σε ραδιοσυχνότητα είναι απίθανο να ενεργήσει ως μνητής όγκων.

Καμία επιδημιολογική μελέτη δεν έχει δείξει ξεκάθαρα ότι η ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας είναι καρκινογόνα. Είναι πολύ δύσκολο για τις επιδημιολογικές μελέτες να αποκλείσουν την πιθανή ύπαρξη ενός μικρού κινδύνου σε ορισμένα υποσύνολα των πληθυσμών. Τα υπάρχοντα όρια έκθεσης και ο θερμικός κίνδυνος, κρατούν τις εκθέσεις πληθυσμών σχετικά χαμηλές, και είναι απίθανο να υπάρχουν οποιεσδήποτε μακροπρόθεσμες εκθέσεις πληθυσμού σε υψηλές δόσεις. Προς το παρόν, οι επαγγελματικές εκθέσεις είναι είτε κάτω από τα όρια, ή εάν είναι υψηλότερες είναι μόνο περιοδικά και είναι υψηλότερες μόνο σε μικρές ομάδες εργαζομένων. Επιπλέον, αν και περίπλοκα όργανα έχει αναπτυχθεί για να μετρηθούν τα επίπεδα ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας, δεν υπάρχει καμία απολύτως ικανοποιητική μέθοδος για να ελέγχονται συνεχώς μεμονωμένες εκθέσεις ή για να υπολογιστούν εκθέσεις σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας αναδρομικά.

Η βιομηχανία κινητών τηλεφώνων ισχυρίζεται πάντα ότι δεν υπάρχει κανένα επιστημονικό στοιχείο για αρνητικά αποτελέσματα από την χρήση της κινητής τηλεφωνίας.

Υπάρχει αβεβαιότητα στην ερμηνεία των πειραματικών μελετών αφού πολλές από αυτές έχουν παράσχει ανεπαρκείς λεπτομέρειες για τις συνθήκες έκθεσης. Ωστόσο, τα στοιχεία για άλλες επιδράσεις είναι μετριοπαθείς πειραματικές έρευνες οι οποίες χρειάζονται περισσότερο ανεξάρτητη επανάληψη για να επιβεβαιωθούν οι δηλώσεις επιπτώσεων στην υγεία σε επιδημιολογικές μελέτες. Επίσης, οι περισσότερες από τις επιδράσεις δεν σχετίζονται άμεσα με ασθένειες στους ανθρώπους ή η σπουδαιότητά τους είναι αμφίβολη λόγω έλλειψης εξήγησης των μηχανισμών αλληλεπίδρασης.

Υπάρχουν μερικά στοιχεία ότι οι επιδράσεις στις βιολογικές λειτουργίες, συμπεριλαμβανομένου εκείνης του εγκεφάλου μπορεί να προκαλούνται από ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας σε πεδία συγκρίσιμα με εκείνα που σχετίζονται με τη χρήση κινητών τηλεφώνων για παράδειγμα. Δεν υπάρχουν στοιχεία μέχρι τώρα ότι αυτές οι βιολογικές επιδράσεις αναπτύσσουν κίνδυνο στην υγεία αλλά μόνο περιορισμένα δεδομένα είναι διαθέσιμα. Κανένας μέχρι τώρα δεν γνωρίζει σίγουρα ποιες είναι οι μακροχρόνιες επιδράσεις της ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας και εάν είναι αθροιστικές. Συνοψίζοντας οι επιδράσεις της ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας είναι απειλή μόνο εάν η δοσολογία της ακτινοβολίας είναι πολύ υψηλή. Δεν αναμένονται δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία από διαρκή έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας που εκπέμπεται από κεραιές σε πύργους σταθμών βάσεων κινητών τηλεφώνων.

Τα διαθέσιμα στοιχεία είναι μπερδεμένα, και μια υπόθεση μόνο δεν είναι απόδειξη. Λαμβάνοντας υπόψη την τρέχουσα κατάσταση γνώσης απαιτούνται περισσότερα πειραματικά στοιχεία. Ο βαθμός επικινδυνότητας της μη ιονίζουσας Η/Μ ακτινοβολίας δεν έχει μέχρι στιγμής βρεθεί από την επιστήμη.

Ποικίλες μελέτες σε ζώα που εκτέθηκαν σε πεδία ραδιοσυχνοτήτων παρόμοια με εκείνα που εκπέμφθηκαν από κινητά τηλέφωνα δεν έδειξαν στοιχεία ότι η ραδιοσυχνότητα προκαλεί εγκεφαλικό καρκίνο.

Δεν είναι δυνατόν προς το παρόν να ειπωθεί ότι η έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας ακόμα και σε επίπεδα κάτω από τις εθνικές οδηγίες είναι εντελώς χωρίς πιθανές δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία και ότι τα κενά στην γνώση είναι επαρκή για να δικαιολογήσουν μια προληπτική προσέγγιση.

## **3.0 ΑΠΟΨΕΙΣ ΓΙΑ ΤΙΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΗΣ ΜΗ ΙΟΝΤΙΖΟΥΣΑΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

### **3.1 Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (Π.Ο.Υ - World Health Organization [WHO])**

Σε κείμενο του Π.Ο.Υ. με τίτλο Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και Δημόσια Υγεία (Μάρτιος 2000) αναφέρεται ότι : «Η εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων στην υγεία από ηλεκτρομαγνητικά πεδία, χαρακτηρίζεται από μεγάλο βαθμό αβεβαιότητας. Συγκεκριμένα, μια σειρά από επιδημιολογικές μελέτες υποδεικνύουν την ύπαρξη ασθενούς συσχέτισης μεταξύ της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και ανθρώπινης ασθένειας. Οι μελέτες συμπεριλαμβάνουν ποικίλες ασθένειες και συνθήκες έκθεσης (στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία). Άλλα επιστημονικά δεδομένα, συμπεριλαμβανομένου μεγάλου αριθμού μελετών σε ζώα, δεν υποστηρίζουν αυτό το συμπέρασμα, ενώ πολλές επιδημιολογικές μελέτες παρουσιάζουν προβλήματα, όπως ανεπαρκή εκτίμηση της έκθεσης. Καμία αρμόδια επιτροπή δεν έχει συμπεράνει ότι υπάρχει κίνδυνος από πεδία χαμηλών επιπέδων. Όμως, είναι σαφές ότι υπάρχει σημαντική επιστημονική αβεβαιότητα, καθώς και μεγάλη ανησυχία του κοινού για το θέμα αυτό». Σε ότι αφορά τη λήψη μέτρων προφύλαξης αναφέρει ότι: «Η κύρια δυσκολία είναι η έλλειψη σαφών αποδείξεων για τον προκαλούμενο κίνδυνο από την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία». Τον Ιούνιο του 2000, ο ΠΟΥ εξέδωσε έκθεση με τίτλο Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και Δημόσια Υγεία. Κινητά τηλέφωνα και οι κεραιές βάσης τους. Η έκθεση καταλήγοντας αναφέρει ότι: «Καμία από τις πρόσφατες εκτιμήσεις δεν έχει καταλήξει ότι η έκθεση σε πεδία από ραδιοσυχνότητες κινητών τηλεφώνων ή κεραιών βάσης προκαλεί ανεπιθύμητες συνέπειες στην υγεία. Παρόλα αυτά, υπάρχουν κενά στην γνώση, τα οποία έχουν εντοπιστεί, και χρήζουν περαιτέρω έρευνας ώστε να εκτιμηθούν καλύτερα οι κίνδυνοι για τη δημόσια υγεία.

### **3.2 Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ)**

Η Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), στο ενημερωτικό φυλλάδιο που διανέμει με τίτλο «Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες Κινητής Τηλεφωνίας, Φεβρουάριος 2001», αναφέρει σχετικά: «Οι επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία μας εξαρτώνται προπάντων από την ένταση, τη συχνότητα και τη διάρκειά της.

Η έκθεση σε μεγάλες τιμές ακτινοβολίας υψηλών συχνοτήτων έχει θερμικές επιδράσεις. Αν η απορροφούμενη ισχύς ακτινοβολίας είναι τόσο μεγάλη, ώστε η θερμοκρασία του σώματος ν' αυξηθεί πάνω από 1-2ο C, τότε προκύπτουν οι ίδιες επιδράσεις, όπως στην περίπτωση πυρετού ή θερμοπληξίας: επέρχεται μείωση των νοητικών δραστηριοτήτων, αποκλίσεις σε διάφορες σωματικές λειτουργίες μέχρι και διαταραχές της αναπαραγωγής. Όργανα με κακή αιμάτωση και έτσι κακή απαγωγή θερμότητας όπως π.χ. τα μάτια θερμαίνονται γρηγορότερα γι' αυτό κινδυνεύουν περισσότερο. Τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού έχουν καθοριστεί έτσι ώστε να μην μπορούν να προκύψουν τέτοιες θερμικές επιδράσεις. Αντίθετα με τις θερμικές επιδράσεις της υψίσυχνης ακτινοβολίας, οι βιολογικές επιδράσεις σε μικρές τιμές ακτινοβολίας υψηλών συχνοτήτων δεν είναι ακόμα εντελώς γνωστές, σήμερα είναι εξακριβωμένο ότι η υψίσυχη ακτινοβολία μπορεί να έχει και άλλες επιδράσεις εκτός

των θερμικών. Παρατηρήθηκαν π.χ. φυσιολογικές μεταβολές σε κυτταρικές καλλιέργειες σε ζώα καθώς και επηρεασμός της ηλεκτρικής δραστηριότητας στον ανθρώπινο εγκέφαλο, πως προκύπτουν αυτές οι επιδράσεις δεν είναι γνωστό. Χρειάζεται περαιτέρω έρευνα για να διαγνωσθούν ενδεχόμενες επιδράσεις στην υγεία, της υψίσυχνης ακτινοβολίας μικρής ισχύος, οι μακροπρόθεσμες επιδράσεις δεν κατέστη δυνατό ως σήμερα να ερευνηθούν καθόλου.

Αποτελεί θεμελιώδη αρχή για την προστασία του ανθρώπου και του περιβάλλοντος το γεγονός ότι για προληπτικούς λόγους οι τιμές ακτινοβολίας πρέπει να κρατώνται όσο γίνεται χαμηλότερες, ακόμα και εάν δεν έχει αποδειχθεί (μέχρι σήμερα) κάποιος κίνδυνος για τον άνθρωπο και το περιβάλλον, σύμφωνα με το γνωστό ρητό η πρόληψη είναι καλύτερη από τη θεραπεία. Αυτή η θεμελιώδης αρχή βρίσκει εφαρμογή και στην κινητή τηλεφωνία, ακριβώς επειδή ακόμη γνωρίζουμε πολύ λίγα σχετικά με τις μακροπρόθεσμες επιδράσεις της ακτινοβολίας μικρής εντάσεως. Προληπτικά λοιπόν καλό θα είναι να αποφεύγεται κάθε μη απαραίτητη επιβάρυνση με ακτινοβολία. Στους σταθμούς βάσης το δραστικότερο προληπτικό μέτρο είναι η τοποθέτησή τους σε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη απόσταση από τα μέρη όπου παραμένουν άνθρωποι για μεγάλο χρονικό διάστημα. Μακροπρόθεσμες επιδράσεις δεν μπορούν πάντως να αποκλεισθούν επί του παρόντος». Σε ότι αφορά τις οριακές τιμές ασφαλείας για την ακτινοβολία της κινητής τηλεφωνίας αναφέρεται ότι «Για τις εκπομπές ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας έχει εκδοθεί μία Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης σχετικά με τον περιορισμό της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, με την οποία θεσπίζονται βασικοί περιορισμοί (basic restrictions) και επίπεδα αναφοράς (reference levels) για τα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που επάγουν οι κεραίες αυτές. Η σύσταση αυτή αποτέλεσε και την βάση για την ΚΥΑ 53571/3839, (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) που καθορίζει τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού στις ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπως προαναφέρθηκε στο κεφάλαιο 4. Για τον έλεγχο της ακτινοβολίας των σταθμών βάσης χρησιμοποιούνται τρία μεγέθη: η ένταση ηλεκτρικού πεδίου, η ένταση μαγνητικού πεδίου και η πυκνότητα ισχύος του ισοδύναμου επίπεδου ηλεκτρομαγνητικού κύματος, που μπορούν να μετρηθούν επιτόπου με κατάλληλες συσκευές μέτρησης. Σύμφωνα με την προαναφερθείσα ΚΥΑ, δεν πρέπει να υπάρχουν χώροι γύρω από την κεραία ελεύθερα προσπελάσιμοι από το γενικό πληθυσμό, στους οποίους τα όρια έκθεσης για τα τρία αυτά μεγέθη να υπερβαίνουν το 80% των κάτωτι τιμών των πινάκων της σύστασης της Ε.Ε. όσον αφορά και τις δύο ζώνες συχνοτήτων κινητής τηλεφωνίας που χρησιμοποιούνται στη χώρα μας.

### **3.3 Απόψεις των εταιρειών παροχής υπηρεσιών κινητής τηλεφωνίας**

Σε ιστοσελίδα ελληνικής εταιρείας κινητής τηλεφωνίας καταγράφονται οι ακόλουθες απόψεις ως προς το ζήτημα της επικινδυνότητας των σταθμών βάσης : «Τα τρέχοντα επιστημονικά στοιχεία υποδεικνύουν ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, όπως αυτά που εκπέμπονται από τα κινητά τηλέφωνα και από τους σταθμούς βάσης, είναι απίθανο να προκαλεί ή να προάγει τον καρκίνο. Όλες οι Διεθνείς Οδηγίες που έχουν αναπτυχθεί για να προσφέρουν κατάλληλη προστασία στο ευρύ κοινό από την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχουν εισάγει μεγάλα περιθώρια ασφαλείας, λαμβάνοντας υπόψη τις ιδιαιτερότητες που υπάρχουν όσον αφορά την ατομική ευαισθησία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς και τις διαφορές ηλικίας (ηλικιωμένοι, μικρά παιδιά) και κατάσταση της υγείας του κοινού.

Στο επίπεδο του εδάφους, καθώς και στα γειτονικά κτίρια, η ένταση του σήματος από τις κεραιές κινητής τηλεφωνίας είναι πολύ χαμηλή και δεν επιδρά σε τέτοιου είδους συσκευές. Αξίζει να σημειωθεί ότι το επίπεδο του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου των κεραιών κινητής τηλεφωνίας είναι αρκετά χαμηλότερο εντός των κατοικιών από εκείνο που δημιουργούν πολλές οικιακές συσκευές. Επίσης, δεν υπάρχουν επιστημονικά στοιχεία που να αποδεικνύουν ότι οι κεραιές των σταθμών βάσης προκαλούν παρεμβολή στους καρδιακούς βηματοδότες ή σε άλλη εμφυτευμένη ιατρική συσκευή, όσο τα επίπεδα έκθεσης παραμένουν εντός των ορίων ασφαλείας. Τα συστήματα κινητής τηλεφωνίας GSM 900 και GSM 1800 έχουν σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο, ώστε να λειτουργούν μέσα σε πυκνοκατοικημένες περιοχές. Γι' αυτόν το λόγο, το κάθε κεραιοσύστημα σε αστική περιοχή λειτουργεί συνολικά σε πολύ μικρή ισχύ (10-15 Watts). Μάλιστα, όσο πιο πυκνά είναι τοποθετημένες οι κεραιές, τόσο χαμηλότερη είναι η ισχύς τους. Η ελληνική νομοθεσία θέτει αυστηρή διαδικασία ελέγχου ασφαλούς λειτουργίας των κεραιών, μέρος της οποίας αποτελεί η εκπόνηση ειδικών θεωρητικών μελετών ακτινοπροστασίας για κάθε κεραία, καθώς και η διεξαγωγή περιοδικών μετρήσεων. Σε όλες τις μετρήσεις έως σήμερα τόσο σε αγροτικές όσο και σε αστικές περιοχές (ταράτσες), οι τιμές έκθεσης έχουν βρεθεί δεκάδες έως και πολλές χιλιάδες φορές κάτω από τα όρια που θέτει η ελληνική νομοθεσία. Έχουν πραγματοποιηθεί δεκάδες μετρήσεις (περίπου 100) σε σταθμούς βάσης οι οποίες όχι μόνο επιβεβαίωσαν τη συμμόρφωση της λειτουργίας των κεραιών σύμφωνα με τα όρια μέγιστης έκθεσης, αλλά, επιπλέον, έδειξαν ξεκάθαρα ότι η ακτινοβολούμενη ισχύς είναι δεκάδες έως και χιλιάδες φορές χαμηλότερη από τα όρια που θέτει η ελληνική νομοθεσία. Η ανησυχία και κατ' επέκταση η αντίδραση των πολιτών για τις κεραιές της κινητής τηλεφωνίας οφείλεται στις ανεξέλεγκτες φήμες από ανθρώπους «μη ειδικούς», σε δημοσιεύματα που αναφέρονται σε μη επιστημονικά τεκμηριωμένες μελέτες, στο γεγονός ότι η κινητή τηλεφωνία είναι μία καινούργια, άγνωστη τεχνολογία και, τέλος, στην έλλειψη, συστηματικής επίσημης ενημέρωσης επί του θέματος. Η κινητή τηλεφωνία δεν αποτελεί την εφαρμογή της πρώτης τεχνολογίας όπου χρησιμοποιείται ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Για αρκετές δεκαετίες, οι κεραιές των ραδιοτηλεοπτικών σταθμών, τα ραντάρ, οι κεραιές επικοινωνίας της Αστυνομίας, της Πυροσβεστικής, κ.α. χρησιμοποιούν τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα. Πολύ συχνά οι εκπομπές από αυτά τα συστήματα είναι πολύ πιο κοντά στα όρια της ICNIRP, από ότι οι εκπομπές από τους σταθμούς βάσης. Παρ' όλα αυτά, οι μελέτες των τελευταίων δεκαετιών δεν έχουν δείξει κάποιο δυσμενές αποτέλεσμα για την υγεία. Οι κεραιές εγκαθίστανται σύμφωνα με τις υποδείξεις της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), οι οποίες είναι βασισμένες στις συστάσεις της ICNIRP. Μερικά μέτρα μπροστά από την κεραία για σταθμούς βάσης τοποθετημένους στις οροφές των κτιρίων, τα επίπεδα των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που επάγονται από την κεραία είναι αρκετές φορές κάτω από τα όρια ασφαλείας. Οι σταθμοί βάσης σχεδιάζονται κατά τέτοιο τρόπο, ώστε σε χώρους που είναι δυνατή η ανθρώπινη πρόσβαση να μην υπερβαίνονται τα όρια ασφαλείας. Έρευνα η οποία πραγματοποιήθηκε στη Μεγάλη Βρετανία με επικεφαλής τον Sir William Stewart κατέληξε στο εξής συμπέρασμα: "Η πλειοψηφία των στοιχείων δείχνει ότι δεν υπάρχει κίνδυνος για την υγεία των ανθρώπων που διαμένουν κοντά στους σταθμούς βάσης, δεδομένου ότι οι εκθέσεις αυτές είναι αρκετές φορές κάτω από τα όρια ασφαλείας".



### **3.4 Έκθεση επιτροπής εμπειρογνώμων προς τον Γενικό Διευθυντή Υγείας της Γαλλίας, σχετικά με τα Κινητά Τηλέφωνα, τους Σταθμούς Βάσης και την Υγεία.**

Σύμφωνα με την έκθεση, «Τα υπάρχοντα επιστημονικά δεδομένα υποδεικνύουν ότι μια ποικιλία βιολογικών επιδράσεων λαμβάνουν χώρα σε ενεργειακά επίπεδα, τα οποία δεν προκαλούν καμία επικεντρωμένη αύξηση της θερμοκρασίας. Από την υπάρχουσα γνώση σχετικά με τις μη θερμικές επιδράσεις, δεν είναι δυνατόν, προς το παρόν, να εξακριβωθεί αν αποτελούν κίνδυνο για την υγεία. Είναι δυνατόν να υποστηριχθεί ότι δεν υπάρχουν κίνδυνοι για την υγεία; Όχι: Παρότι λίγα επιστημονικά δεδομένα υπάρχουν για να υποστηρίξουν αυτή την άποψη, δεν είναι δυνατόν με την υπάρχουσα επιστημονική γνώση, να μηδενιστεί η πιθανότητα για κίνδυνο στην υγεία που μπορεί να προκληθεί από τα μη θερμικά φαινόμενα που σχετίζονται με χαμηλά επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.»

«Συνιστάται η υιοθέτηση της αρχής της προφύλαξης [“precautionary approach”] με γενικό στόχο τη μείωση της μέσης έκθεσης του κοινού στο χαμηλότερο δυνατό επίπεδο (ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας) που είναι συμβατό με την ποιότητα των παρεχόμενων υπηρεσιών (από τις εταιρείες κινητής τηλεφωνίας). Τα παρακάτω θα πρέπει να ληφθούν υπόψη στην εφαρμογή αυτής της αρχής: εντατικότερη έρευνα στις βιολογικές επιδράσεις από την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, η μείωση της έκθεσης του κοινού είναι ιδιαίτερα σημαντική για τις ευαίσθητες ομάδες του πληθυσμού, συμπεριλαμβανομένων των παιδιών και των ασθενών. Για τον λόγο αυτό, προτείνεται από την επιτροπή εμπειρογνώμων τα «ευαίσθητα κτίρια» (νοσοκομεία, νηπιαγωγεία, σχολεία κλπ), τα οποία είναι τοποθετημένα σε απόσταση μικρότερη των 100 μέτρων από σταθμό βάσης, να μην είναι σε ευθεία (στην ίδια ισοϋψή) με την εκπεμπόμενη ακτινοβολία. Η επιτροπή εμπειρογνώμων θεωρεί ότι, αν οι εταιρείες εφαρμόσουν αυτά τα μέτρα, οι φόβοι του κοινού, και ειδικά των γονιών που ανησυχούν για την έκθεση των παιδιών τους σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, θα εξαλειφθούν, λαμβανομένου ειδικότερα υπόψη του γεγονότος ότι λόγω των χαμηλών επιπέδων έκθεσης που παρατηρούνται, η επιτροπή δεν υποστηρίζει ότι υπάρχει κίνδυνος υγείας για τον πληθυσμό που ζει σε περιοχές που έχουν τοποθετηθεί σταθμοί βάσης. Η επιτροπή εμπειρογνώμων επισημαίνει ότι η προσεκτική προσέγγιση που προτείνει, με δεδομένη την υπάρχουσα γνώση και την αβεβαιότητα, δεν συνιστά επικύρωση της υπόθεσης για κίνδυνο στην υγεία [Οι συστάσεις που υποδεικνύονται] προκύπτουν από την κοινή λογική και δικαιολογούνται από την ύπαρξη «εύλογων αμφιβολιών» [reasonable doubt], και προϋποθέτουν περαιτέρω επιστημονική διερεύνηση.»

### **3.5 Έκθεση της Ανεξάρτητης Επιτροπής Εμπειρογνώμων για τα Κινητά Τηλέφωνα και την Υγεία στη Μ. Βρετανία**

**(U.K. Independent Expert Group on Mobile Phones and Health, [IEGMP] “Stewart report”, πρώτη έκδοση 11 Μαΐου 2000)**

Παρά την ανησυχία του κοινού για την ασφάλεια των κινητών τηλεφώνων και των σταθμών βάσης τους, περιορισμένα ερευνητικά συμπεράσματα έχουν δημοσιευθεί σχετικά στην επιστημονική βιβλιογραφία. Η στάθμιση των μέχρι σήμερα δεδομένων υποδεικνύει ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, σε επίπεδα χαμηλότερα από τα συνιστώμενα, δεν προκαλεί ανεπιθύμητες επιδράσεις στο γενικό πληθυσμό. Υφίστανται, όμως, σήμερα νέα επιστημονικά δεδομένα, τα οποία υποδηλώνουν ότι

μπορεί να προκαλούνται βιολογικές επιδράσεις που λαμβάνουν χώρα ακόμα και κάτω από τα συνιστώμενα όρια και πρότυπα. Ο πληθυσμός στο σύνολό του δεν είναι γενετικά ομογενοποιημένος, και έτσι η δεκτικότητα των ανθρώπων στους περιβαλλοντικούς κινδύνους διαφέρει. Προς το παρόν, δεν είναι δυνατόν να υποστηριχθεί η άποψη ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ακόμη και σε επίπεδα κατώτερα από τις εθνικές οδηγίες, στερείται καθ' ολοκληρίαν αρνητικών επιδράσεων στην υγεία. Συνιστάτε να υιοθετηθεί η προσέγγιση με βάση την αρχή της προφύλαξης ["precautionary approach"] στην χρήση της τεχνολογίας της κινητής τηλεφωνίας, μέχρι να υπάρξουν λεπτομερή και πιο τεκμηριωμένα επιστημονικά δεδομένα σχετικά με τις οποιεσδήποτε επιδράσεις μπορεί να υπάρξουν στην υγεία.

### **3.6 Αμερικάνικη διοίκηση τροφίμων και φαρμάκων**

Η αμερικάνικη διοίκηση τροφίμων και φαρμάκων (FDA) προσφέρει τις ακόλουθες πληροφορίες στα ενδιαφερόμενα άτομα για την ασφάλεια των πύργων κινητών τηλεφώνων (επίσης γνωστών ως ασύρματοι τηλεφωνικοί σταθμοί βάσης):

Η έκθεση RF στο έδαφος είναι πολύ λιγότερη από την έκθεση πολύ κοντά στην κεραία και στην πορεία του μεταδιδόμενου ραδιοσήματος. Στην πραγματικότητα, η έκθεση επίγειου επιπέδου από τέτοιες κεραίες είναι χαρακτηριστικά χιλιάδες φορές λιγότερη από τα επίπεδα έκθεσης που συστήνονται ως ασφαλή από τις ειδικές οργανώσεις. Έτσι η έκθεση στους κοντινούς κατοίκους θα ήταν σύμφωνα με τα περιθώρια ασφάλειας. Οι κινητοί και PCS (υπηρεσία προσωπικοί επικοινωνιών) σταθμοί βάσης στις Ηνωμένες Πολιτείες απαιτείται για να συμμορφώνονται με τα όρια για έκθεση που συνιστώνται από τις ειδικές οργανώσεις και που επικυρώνονται από τις κυβερνητικές αντιπροσωπείες αρμόδιες για την υγεία και την ασφάλεια. Οι μετρήσεις που γίνονται κοντά σε κεραίες κινητών και τα PCS σταθμών βάσης που τοποθετούνται στους πύργους έχουν επιβεβαιώσει ότι οι εκθέσεις επίγειου επιπέδου είναι χαρακτηριστικά χιλιάδες φορές λιγότερες από τα όρια έκθεσης που υιοθετούνται από την FCC (η ομοσπονδιακή Επιτροπή επικοινωνιών). Στην πραγματικότητα, προκειμένου να εκτεθεί σε επίπεδα ή κοντά στα όρια της FCC για τις κινητές ή PCS συχνότητες ένα άτομο θα έπρεπε ουσιαστικά να παραμείνει στο κυρίως μεταδιδόμενο ραδιοσήμα (στο ύψος της κεραίας) και σε μερικά πόδια από την κεραία. Αυτό είναι, φυσικά, πολύ απίθανο να συμβεί. Όταν οι και κεραίες κινητών και PCS τοποθετούνται στις στέγες, τα επίπεδα RF σε εκείνη την στέγη ή σε άλλες κοντά θα ήταν πιθανώς μεγαλύτερα από εκείνα που αντιμετωπίζονται χαρακτηριστικά στο έδαφος. Εντούτοις, τα επίπεδα έκθεσης που πλησιάζουν ή που υπερβαίνουν τις οδηγίες ασφάλειας πρέπει να αντιμετωπιστούν μόνο πολύ κοντά ή άμεσα μπροστά από τις κεραίες. Επιπλέον, για τις κεραίες τύπου-τομέα, που χρησιμοποιούνται χαρακτηριστικά για τέτοιους σταθμούς βάσης στεγών, τα επίπεδα RF στην πλευρά και στο πίσω μέρος αυτών των κεραιών είναι ασήμαντα.

### **3.7 Συμβουλευτική ομάδα μη ιονίζουσας ακτινοβολίας (AGNIR 2003)**

Αυτή η έκθεση είναι περιεκτική και λεπτομερής. Η έκθεση συμπεραίνει ότι τα συνολικά στοιχεία για τα πεδία ραδιοσυχνότητας σε γνωστικές επιδράσεις στους ανθρώπους είναι αντιφατικά και παραμένουν ατελέσφορα ενώ οι δηλώσεις επιδράσεων στην εκροή ασβεστίου δεν έχουν υποστηριχθεί από πιο πρόσφατες καλύτερα πραγματοποιήσιμες μελέτες. Οι βιολογικές αποδείξεις δηλώνουν ότι τα

πεδία ραδιοσυχνότητας δεν προκαλούν μετάλλαξη ούτε αρχίζουν ούτε προάγουν την δημιουργία όγκου και τα επιδημιολογικά στοιχεία δεν δηλώνουν αιτιολογικές συσχετίσεις μεταξύ των εκθέσεων σε πεδία ραδιοσυχνότητας συγκεκριμένα από χρήση κινητών τηλεφώνων και τον κίνδυνο καρκίνου.

### **3.8 Έκθεση από την Ελβετία γραμμένη από τους M Roosli και R Rapp (Buwal 2003)**

Αναγνωρίστηκε παρεμβολή με εμφυτευμένες ιατρικές συσκευές και το φαινόμενο ακοής μικροκυμάτων. Μη συγκεκριμένα συμπτώματα, αλλαγές στον ύπνο και περίπλοκες επιδράσεις στην λειτουργία του εγκεφάλου θεωρήθηκαν πιθανά. Οι κίνδυνοι λευχαιμίας και λεμφώματος από τηλεοπτικούς και ραδιοφωνικούς πομπούς, όγκοι εγκεφάλου από χρήση κινητών τηλεφώνων, υπερευαισθησία και αϋπνία από πεδία ραδιοσυχνότητας θεωρήθηκαν πιθανά(συνέβησαν σποραδικά αλλά θα μπορούσαν να προκύψουν από αδυναμία μελέτης). Η συνολική θνησιμότητα και οι κίνδυνοι άλλων καρκίνων θεωρήθηκαν απίθανοι. Η έκθεση συμπέρανε ότι υπήρχαν ανεπαρκή στοιχεία για να αξιολογηθεί ο κίνδυνος στην υγεία από χαμηλού επιπέδου έκθεση σε πεδία ραδιοσυχνότητας. Μερικές μελέτες δήλωσαν την ύπαρξη μη θερμικών επιδράσεων αλλά η σχέση τους δεν ήταν ξεκάθαρη. Εξήχθη το συμπέρασμα ότι δεν έχει αποδειχθεί καμία καινούρια επίδραση στην υγεία κάτω από τις τιμές οδηγίων της ICNIRP αλλά οι επιδράσεις που ταξινομήθηκαν ως πιθανές μπορεί να συμβούν με έκθεση σε κινητά τηλέφωνα με βαθμούς απορρόφησης ενέργειας μεταξύ 20mWkg<sup>-1</sup> και 2 Wkg<sup>-1</sup>. Γενικά συστήθηκε συνεχής προληπτική προσέγγιση σε πεδία ραδιοσυχνότητας με εντατικότερη έρευνα σε ανθρώπινες επιδράσεις στην υγεία.

### **3.9 Σουηδικές αρχές προστασίας ακτινοβολίας (SSI 2003)**

Αναφέρθηκε ότι η πλειοψηφία των μελετών δεν βρήκε καμία ένδειξη αυξημένου κινδύνου καρκίνου με χρήση τηλεφώνου παρόλο που αναφέρθηκαν μερικά θετικά ευρήματα σε δυο μελέτες. Επειδή υπήρχαν περιορισμοί σε όλες τις μελέτες λόγω του μικρού αριθμού των περιπτώσεων ή των μικρών περιόδων συνεχούς παρακολούθησης τα στοιχεία θεωρήθηκαν ότι δεν κατέληγαν σε κανένα συμπέρασμα όσον αφορά την χρήση κινητών τηλεφώνων. Οι έρευνες για την έκθεση από σταθμούς βάσης και τον καρκίνο θεωρήθηκε ότι βρίσκονταν σε πρώιμο στάδιο και τα υπάρχοντα στοιχεία όσον αφορά τους ραδιοφωνικούς και τηλεοπτικούς πομπούς υπόκεινται σε πολλούς περιορισμούς για να εξαχθούν συμπεράσματα.

Τα αποτελέσματα μελετών ζώων δεν δήλωσαν ότι τα πεδία ραδιοσυχνότητας θα μπορούσαν να προκαλέσουν καρκίνο ή να εντείνουν τις επιδράσεις γνωστών καρκινογόνων. Εξήχθη το συμπέρασμα ότι δεν υπήρχαν σταθερά στοιχεία για επιδράσεις σχετικές με μη γενετοξικούς μηχανισμούς καρκινογένεσης όπως πολλαπλασιασμό κυττάρων ή απόπτωση. Παρά τις ερευνητικές προσπάθειες κανένα αποτέλεσμα δεν επέτρεψε να εξαχθούν σταθερά συμπεράσματα για το καρκινογόνο ενδεχόμενο των πεδίων ραδιοσυχνότητας.

### **3.10 Συμβούλιο Υγείας στην Ολλανδία (HCN 2004a)**

Εξήχθη το συμπέρασμα ότι δεν μπορούσε να αναγνωριστεί καμία δυσμενής επίδραση από την εισαγωγή νέων τηλεπικοινωνιακών συστημάτων όπως UMTS (3G)

και TETRA. Τα αποτελέσματα των μελετών ζώων και των ανθρώπινων επιδημιολογικών μελετών δεν δίνουν λόγο ανησυχίας. Οι επιδράσεις των πεδίων ραδιοσυχνότητας στον αιματοεγκεφαλικό φραγμό δεν έχουν αποδειχθεί ούτε έχει δείχθει ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ χρήσης κινητών τηλεφώνων και της εμφάνισης μελανώματος στο μάτι.

### **3.11 Διεθνής Επιτοπή Προστασία Μη Ιονίζουσας Ακτινοβολίας (ICNIRP 2004)**

Αυτή η έκθεση καλύπτει τα επιδημιολογικά στοιχεία που σχετίζονται με τις πιθανές δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία από μακροπρόθεσμη έκθεση σε πεδία ραδιοσυχνότητας μεταξύ 100 kHz και 300 GHz. Η έκθεση συμπεραίνει ότι οι έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί μέχρι τώρα συμπεριλαμβανομένου μελέτες χρηστών κινητών τηλεφώνων δεν δίνουν συνεπή ή πειστικά στοιχεία αιτιολογικής σχέσης μεταξύ έκθεσης σε πεδία ραδιοσυχνότητας και οποιαδήποτε δυσμενή επίδραση στην υγεία. Ωστόσο εξήχθη επίσης το συμπέρασμα ότι αυτές οι μελέτες είχαν πολλές ελλείψεις για να αποκλείσουν μια συσχέτιση. Άλλη μια γενική ανησυχία για τις μελέτες κινητών τηλεφώνων ήταν ότι οι περίοδοι που έχουν εξεταστεί μέχρι σήμερα είναι σύντομοι και δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για έκθεση παιδιών. Συστήνεται περαιτέρω επιδημιολογική έρευνα με κινητά τηλέφωνα για να εντοπιστούν οι πιθανές επιδράσεις μακροπρόθεσμης έκθεσης συμπεριλαμβανομένου εκείνη των παιδιών και για να εξεταστούν επιδράσεις στην υγεία που δεν είναι τώρα υπό έρευνα όπως νευρολογικές ασθένειες και γνωστικές λειτουργίες.

### **3.12 Ίδρυμα ηλεκτρικών μηχανικών (IEE 2004)**

Η έκθεση συμπεραίνει ότι οι δημοσιευμένες έρευνες δεν δηλώνουν ότι υπάρχουν επιβλαβείς επιδράσεις από την έκθεση σε χαμηλού επιπέδου πεδία ραδιοσυχνότητας. Η έκθεση σημειώνει ότι τα αποτελέσματα από επτά επιδημιολογικές μελέτες δεν παρέχουν πειστικά στοιχεία που να δηλώνουν ότι η χρήση κινητών τηλεφώνων αυξάνει τον κίνδυνο καρκίνου εγκεφάλου και ακουστικού νευρώματος στους ενήλικες. Εξήχθη το συμπέρασμα ότι καμία από αυτές τις μελέτες δεν ερμηνευόταν εύκολα και παρόλο που μερικές δηλώνουν κίνδυνο ήταν πολύ χαμηλός και γενικά χρειάζεται να επαναληφθούν. Μελέτες σε κατοικήσιμες περιοχές σε εγγύτητα με ραδιοφωνικές κεραίες και ο κίνδυνος καρκίνου θεωρήθηκαν αδύναμες και με μεθοδολογικές ελλείψεις. Τα αποτελέσματα εργαστηριακών μελετών έδειξαν ότι είναι λιγότερο πιθανό να προκληθούν δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία λόγω έντονης έκθεσης. Επιπλέον παρέμειναν αμφιβολίες σχετικά με την εγκυρότητα των επιδράσεων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας καθώς υπήρχαν λίγα ευρήματα που είχαν επαναληφθεί. Τελικά εξήχθη το συμπέρασμα ότι δεν προέκυψε κανένας μηχανισμός με τον τα πεδία ραδιοσυχνότητας θα μπορούσαν να έχουν βιολογικές επιδράσεις σε επίπεδα κάτω από εκείνα που προκαλούν θερμότητα. Η IEE έκθεση συστήνει περαιτέρω επιδημιολογικές και πειραματικές έρευνες .

### **3.13 Απόψεις Ανεξάρτητων Εμπειρογνομώνων και Ερευνητών**

Ο Καθηγητής ηλεκτρονικής φυσικής στο Πανεπιστήμιο Αθηνών, κ. Κ. Λιολιούσης στο βιβλίο του, με τίτλο «Βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας-Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία από την κινητή τηλεφωνία, τις κεραίες κλπ.

και η σχέση τους με την ανθρώπινη υγεία» (Διάυλος 1997), αναφέρει ότι: «Ο σημερινός άνθρωπος εξαιτίας του τεχνικού πολιτισμού που ο ίδιος δημιούργησε λούζεται κυριολεκτικά συνεχώς από ολοένα αυξανόμενα ποσά ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας αυτών των συχνοτήτων, πηγές τέτοιων πεδίων: τηλεφωνικά καλώδια, σύρματα μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας (ΔΕΗ), πομποί ραδιοφωνικών και τηλεοπτικών σταθμών, πομποί ραντάρ, όλες οι ηλεκτρικές και ηλεκτρονικές συσκευές σπιτιού ή χώρου εργασίας . Σήμερα, είναι λίγοι οι επιστήμονες που διατηρούν ακόμα επιφυλάξεις ως προς την επικινδυνότητα της μη ιονίζουσας ακτινοβολία . Σχετικά με τα αποτελέσματα των μεθόδων μελέτης (επιδημιολογικές έρευνες, μελέτες με πειραματόζωα, μελέτη αιφνίδιων θανάτων βρεφών, μελέτες με καλλιέργειες κυττάρων) των επιπτώσεων των τεχνητών ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην υγεία, ο συγγραφέας αναφέρει ότι περιλαμβάνονται ευρήματα που αφορούν περιπτώσεις όγκων, καρκίνου, λευχαιμίας και προσθέτει ότι «οι επιδημιολογικές μελέτες δεν ανέδειξαν ακόμη μία απόδειξη, αλλά μία σοβαρή ένδειξη της επικινδυνότητας της μη ιονίζουσας ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας . Τα παραπάνω ευρήματα από την ακτινοβόληση ιστών ή καλλιιεργειών κυττάρων ενισχύουν τις ενδείξεις για την επικινδυνότητα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ». Επίσης, ο κ. Λιολιούσης παραθέτει τις «αναμφισβήτητες βιολογικές επιδράσεις των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων» (καταρρακτογένεση, επίδραση στους καρδιακούς βηματοδότες, μικροκυματικά ακούσματα). Ειδικότερα, αναφέρει ότι «τα πειράματα απεκάλυψαν ενδείξεις ότι και η μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πιθανόν να δρα προσθετικά, όπως και η ιονίζουσα (ραδιενέργεια) κατά δεύτερον, από τα πειράματα αυτά προέκυψε μία επιπλέον ισχυρή ένδειξη αθερμικών επιπτώσεων της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας ». Σχετικά με τους μηχανισμούς βιολογικών επιδράσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, αναφέρει ότι «πειράματα, τόσο σε ζώα όσο και σε ανθρώπους, έδειξαν ότι τεχνητά ηλεκτρομαγνητικά πεδία (μη ιονίζουσες ακτινοβολίες) καταστέλλουν τη λειτουργία της επίφυσης, μειώνοντας τα επίπεδα μελατονίνης στον οργανισμό, έχει ήδη επιδειχθεί η ικανότητα της μελατονίνης να καταστέλλει την ανάπτυξη των καρκινικών κυττάρων η μελατονίνη αποτρέπει μεταβολές στο μοριακό επίπεδο, πιθανόν η έλλειψή της να διευκολύνει εκφυλιστικά φαινόμενα όπως η στεφανιαία νόσος, η νόσος του Πάρκινσον, του Αλτσχάιμερ κλπ ». Τέλος, τονίζει ότι «θα χρειαστούν δεκαετίες ακόμα εντατικής έρευνας ώστε να αποκτηθεί επαρκής γνώση των συνεπειών της μη ιονίζουσας ακτινοβολίας.».

Σχετικά με την καθιέρωση ορίων επικινδυνότητας για τη μη ιονίζουσα ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, ο ίδιος αναφέρει ότι «είναι η πλέον κραυγαλέα ομολογία της διεθνούς επιστημονικής κοινότητας για τις επιπτώσεις στην υγεία του πληθυσμού από την έκθεση στην ακτινοβολία αυτή» και ότι «πρόκειται για όρια επικινδυνότητας και όχι ασφαλείας, δεδομένου ότι καμία δόση ακτινοβολίας, ιονίζουσας ή μη, δεν μπορεί να θεωρηθεί ασφαλής, οσονδήποτε μικρή και αν είναι». Αναφέρεται, επίσης, ότι «όλοι οι διεθνείς οργανισμοί ή κράτη που καθόρισαν όρια επικινδυνότητας για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία συμφωνούν πως η περιοχή συχνοτήτων από 1 έως 1000 MHz ,είναι η πλέον επικίνδυνη ,κατά ατυχή όμως συγκυρία, σ' αυτή ακριβώς την περιοχή συχνοτήτων λειτουργούν σήμερα , η κινητή τηλεφωνία)» καθώς και ότι «οι ραδιοσυχνότητες που εκπέμπονται από κεραίες ραδιοτηλεοράσεων, κινητής τηλεφωνίας κλπ, επηρεάζουν κυρίως τους εργαζόμενους στους χώρους αυτούς, εκτός κι αν κάποιες κεραίες είναι εγκατεστημένες μέσα σε κατοικημένες αστικές περιοχές όπως στην περίπτωση της κινητής τηλεφωνίας οπότε εκτίθενται ευρύτερες ομάδες πολιτών ».

Ο Καθηγητής, κ. Δ. Κουτσούρης, του Εργαστηρίου Βιοϊατρικής Τεχνολογίας, του Τμήματος Ηλεκτρολόγων Μηχανικών και Μηχανικών Υπολογιστών του Εθνικού

Μετσοβίου Πολυτεχνείου (Ακαδημαϊκό Ερευνητικό Ινστιτούτο Επικοινωνιών και Υπολογιστών), στην από 25.07.94 γνωμοδότησή του, αναφέρει ότι : «Κατά την προσωπική μας γνώμη μέχρι εξαγωγής των τελικών συμπερασμάτων θα πρέπει να αποφεύγεται η εγκατάσταση σταθμών βάσης κινητής τηλεφωνίας σε πυκνοκατοικημένες αστικές περιοχές ή σε περιοχές με δέκτες κατοίκους που ανήκουν σε ευαίσθητες ομάδες πληθυσμού, όπως παιδιά (προσχολικής και σχολικής ηλικίας), έγκυες γυναίκες, ηλικιωμένοι κτλ».

Ο Καθηγητής Κυτταρικής Βιολογίας και Ραδιοβιολογίας του Πανεπιστημίου Αθηνών (Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βιολογίας Κυττάρου και Βιοφυσικής), κ. Λ. Μαργαρίτης, στην από 14.01.97 γνωμοδότησή του<sup>3</sup>, αναφέρει ότι: «Η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι αναμφίβολα επιβλαβής για τον ανθρώπινο οργανισμό. Το ποσοστό βλάβης εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, π.χ. ένταση πεδίου, συχνότητα, απόσταση κλπ. Το θέμα δεν έχει εξαντληθεί πλήρως από πλευράς επιστημονικής έρευνας. Σχετικά με την εγκατάσταση βάσεως κινητής τηλεφωνίας, η γνώμη μου είναι, ότι θα πρέπει να τοποθετούνται όσο το δυνατόν πιο μακριά από μόνιμες κατοικίες, ώστε να αποφεύγεται η συνεχής έκθεση στην Η/Μ ακτινοβολία ευπαθών ομάδων ατόμων όπως γυναίκες σε κατάσταση εγκυμοσύνης, μικρά παιδιά, άτομα που υποβάλλονται σε φαρμακευτική αγωγή κλπ».

Σε ερευνητική εργασία με τίτλο «Λειτουργικές και Βιολογικές Επιπτώσεις, από Σταθμούς Βάσης της Κυψελωτής Τηλεφωνίας», των Σ. Τσιτομενέα, Κ. Θεοδοσίου και Κ. Παπαξοϊνη, που έχει δημοσιευθεί στα πρακτικά του 3ου Περιβαλλοντικού Συνεδρίου της Ένωσης Ελλήνων Φυσικών (11,12, και 13 Δεκεμβρίου 1998), αναφέρονται, μεταξύ άλλων, και τα παρακάτω: Από τα αποτελέσματα προκύπτει το συμπέρασμα ότι στην δυσμενέστερη περίπτωση σε μια ζώνη με ακτίνα 8 - 12 m (για σταθμό 900MHz) ή 5,6 - 10,6 m (για σταθμό 1800MHz ή έκθεση μέσα στο λοβό της κεραίας υπερβαίνει τα αποδεκτά όρια και ίσως είναι βλαπτική, ενώ σε ακτίνα μεγαλύτερη από 147,1m γύρω από την κεραία δεν προκύπτουν εικαζόμενες ή τεκμηριωμένες επιπτώσεις από την έως τώρα επιστημονική τεκμηρίωση.

Ο Δρ. Ν. Cherry, σε άρθρο του με τίτλο «Επιδράσεις στην υγεία, που σχετίζονται με τους σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας, σε κατοικημένες περιοχές: η ανάγκη για έρευνα επί των επιπτώσεων στην υγεία» (8 Ιουνίου 2000), αναφέρει ότι: «Μέχρι σήμερα οι εταιρείες κινητής τηλεφωνίας καθώς και κυβερνητικά όργανα, συνεχίζουν να ισχυρίζονται ότι δεν υπάρχουν δεδομένα που να υποστηρίζουν ότι η ακτινοβολία από τα κινητά τηλέφωνα είναι επιβλαβής. Παρόλα αυτά υπάρχει μεγάλος αριθμός επιστημονικών μελετών, που ολοένα αυξάνεται, που υποδεικνύει ότι αυτό δεν είναι αληθές. Έρευνες σχετικά με την υγεία των ανθρώπων που διαμένουν κοντά σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας, πρέπει να διενεργούνται συνεχώς για τις επόμενες δύο δεκαετίες, κατά την εκπόνηση των μελετών αυτών οι ερευνητές θα πρέπει να λάβουν υπόψη την πραγματική μορφή της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τους σταθμούς βάσης και να μην κάνουν το λάθος να υποθέσουν την ύπαρξη μίας απλής, ομοιόμορφης ακτινοβολίας. Υπάρχουν ισχυρές ενδείξεις ότι οι σταθμοί βάσης είναι παράγοντες κινδύνου για: καρκίνο καρδιακή αρρυθμία, νευρολογικές διαταραχές, επιδράσεις στην αναπαραγωγή (εγκυμοσύνη κλπ), μολυσματικές αρρώστιες.

Σύμφωνα με τον Δρ. G. J. Hyland (Τμήμα Φυσικής του Πανεπιστημίου “Warwick” στο Κόβεντρυ της Μ. Βρετανίας): «Τα υπάρχοντα όρια ασφαλείας, για την έκθεση του κοινού στην ακτινοβολία που χρησιμοποιείται στην κινητή τηλεφωνία, είναι παντελώς ανεπαρκή, ενώ η φιλοσοφία με την οποία υπολογίσθηκαν είναι θεμελιωδώς λανθασμένη, αποτυγχάνουν τελείως να λάβουν υπόψη την πιθανότητα δυσμενών επιπτώσεων στην υγεία, που συνδέονται με το γεγονός ότι ζώντες οργανισμοί – και

μόνον ζώντες - έχουν την ικανότητα να ανταποκρίνονται (αντιδρούν) και σε άλλα «χαρακτηριστικά» της τεχνολογικά παραγόμενης ακτινοβολίας, εκτός από την ένταση, και έτσι μπορούν να αντιδράσουν και σε εντάσεις πολύ πιο χαμηλές από αυτές που θεσπίζονται από τους κώδικες ασφαλείας. Πολλά μέτρα μπορούν να ληφθούν με σκοπό την άρση των μη αναγκαίων κινδύνων που προκαλούνται από τους σταθμούς βάσης όπως να διασφαλισθεί ότι τα πεδία, στα οποία εκτίθεται αδιακρίτως και χωρίς την θέληση του το κοινό, είναι πολύ χαμηλότερα από τα επιτρεπόμενα όρια που προαναφέρθηκαν, τα οποία είναι 1000 φορές χαμηλότερα από τα επίπεδα - όρια των θερμικών, στην τάξη μεγέθους των "microwatts/cm<sup>2</sup> (mW/cm<sup>2</sup>)", αυτό μπορεί να επιτευχθεί είτε με την τοποθέτηση των κεραιών σε πολύ υψηλότερους ιστούς, ή με την θέσπιση μιας «απαγορευτικής» ζώνης, σαν αυτή των 500 μέτρων που πρότεινε η Ένωση των Τοπικών Κυβερνήσεων της Νέας Νότιας Ουαλίας, (ΟΤΑ) στην Αυστραλία. Το ύψος του ιστού μπορεί να αντικαταστήσει την απαγορευτική ζώνη, να απαγορευτεί η τοποθέτηση πολλών ιστών στην ίδια περιοχή- στο ίδιο σημείο, και να απαιτηθεί η αντικατάσταση των υπαρχόντων «ομάδων» ιστών από ένα πολύ υψηλό ιστό, ο οποίος θα εξυπηρετεί όλες τις εταιρείες. Κατά την χωροθέτηση των κεραιών θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η τοπογραφία της περιοχής, η ύπαρξη κατοικιών, σχολείων, νοσοκομείων και οποιαδήποτε άλλα δημόσια κτίρια, η κεραία πρέπει να τοποθετείται στον ιστό έτσι ώστε η οποιαδήποτε εκπεμπόμενη ακτινοβολία προς οποιαδήποτε κατεύθυνση, σε περιοχές πρόσβασης του κοινού να είναι πολύ χαμηλότερη από 1 microwatt/cm<sup>2</sup>, μην χρησιμοποιούνται στα ψηφιακά σήματα χαμηλές συχνότητες (amplitude) που συμπίπτουν με τα ανθρώπινα εγκεφαλικά κύματα.». Επίσης, σε μεταγενέστερο άρθρο του, ο ίδιος επιστήμων αναφέρει ότι «Η τοποθέτηση των ιστών σταθμών βάσης (κεραιών) σε περιοχές σχολείων νηπιαγωγείων πρέπει να παρεμποδίζεται δυναμικά. σε σχέση με την έκθεση από σταθμούς βάσης δεν μπορεί να θεσπισθεί μια «απόσταση ασφαλείας» για όλες τις περιπτώσεις. Έρευνας του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου (STOA).

Ο Δρ. Α. Κεφαλάς, ερευνητής στο Ινστιτούτο Θεωρητικής και Φυσικής Χημείας του Εθνικού Ιδρύματος Ερευνών, στην από 07.05.03 γνωμοδότησή του, που αφορά τις επιπτώσεις των κινητών τηλεφώνων και κεραιών στην υγεία, αναφέρει ότι: «σχετικά με την επικινδυνότητα των κινητών τηλεφώνων και κεραιών εκπομπής κινητής τηλεφωνίας, πρόσφατες έρευνες απέδειξαν ότι η ακτινοβολία τους έχει βλαβερές επιπτώσεις στην υγεία. Η προσωπική μου εκτίμηση επίσης είναι ότι είναι δύσκολο να ορισθεί κατώτατο όριο ασφαλούς ισχύος εκπομπής ακτινοβολίας. Ο κύριος λόγος είναι ότι η περιοχή εκπομπής συχνοτήτων τους βρίσκεται σε συντονισμό με την ενέργεια περιστροφής των βάσεων του DNA, με αποτέλεσμα την πιθανή θραύση χημικών δεσμών και την επακόλουθη καταστροφή του. Κατά τη γνώμη μου η περιοχή των 800 και 900 MHz είναι και η πλέον επικίνδυνη».

### **3.14 Έκθεση Stewart**

Η έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας κάτω από τα όρια οδηγιών δεν προκαλεί δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία στον γενικό πληθυσμό. Υπάρχουν ενδείξεις ότι ίσως προκύψουν βιολογικές επιδράσεις σε εκθέσεις κάτω από αυτές τις οδηγίες. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι αυτές οι επιδράσεις οδηγούν σε ασθένεια ή τραυματισμό. Δεν είναι δυνατόν προς το παρόν να ειπωθεί ότι η έκθεση σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας ακόμα και σε επίπεδα κάτω από τις εθνικές οδηγίες δεν έχουν ενδεχόμενες δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία.

Τα στοιχεία μέχρι σήμερα δηλώνουν ότι οι εκθέσεις σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας κάτω από τις οδηγίες NRPB και ICNIRP δεν προκαλούν δυσμενείς

επιπτώσεις στην υγεία στο γενικό πληθυσμό, αλλά υπάρχουν τώρα "επιστημονικά στοιχεία" που δηλώνουν ότι μπορούν να υπάρξουν βιολογικές επιδράσεις που εμφανίζονται σε εκθέσεις κάτω από αυτές τις οδηγίες. Υποστηρίζει μια "προληπτική προσέγγιση" στη χρήση των κινητών τηλεφώνων, που δικαιολογείται εν μέρει από "τα χάσματα στη γνώση. Αποθαρρύνει τη διαδεδομένη χρήση των κινητών τηλεφώνων από τα παιδιά για μη αναγκαίες κλήσεις. Προτείνει την υιοθέτηση των οδηγιών έκθεσης της ICNIRP "για τη χρήση στο Ηνωμένο Βασίλειο αντί για τις οδηγίες του NRPB.

Η κυβέρνηση πρέπει να κυκλοφορήσει ένα φυλλάδιο σε κάθε οικογένεια στο Ηνωμένο Βασίλειο που παρέχει σαφώς κατανοητές πληροφορίες για τις πιθανές επιδράσεις των τεχνολογιών κινητών τηλεφώνων στην υγεία. Τα στοιχεία δείχνουν ότι δεν υπάρχει κανένας γενικός κίνδυνος για την υγεία των ανθρώπων που ζουν πλησίον στους σταθμούς βάσεων, αλλά ότι, μπορούν να υπάρξουν έμμεσες δυσμενείς επιδράσεις στην ευημερία τους σε μερικές περιπτώσεις.

Συστήνει ότι η τοποθέτηση όλων των νέων σταθμών βάσεων πρέπει να υπόκειται στην κανονική διαδικασία σχεδιασμού και την καθιέρωση σαφώς καθορισμένων φυσικών ζωνών αποκλεισμού γύρω από τις κεραιές σταθμών βάσεων. Συστήνει ότι η ακτίνα της μέγιστης έντασης (ενός σταθμού βάσεων) δεν πρέπει να πέσει σε οποιοδήποτε μέρος, σχολικών εδαφών ή των κτηρίων (ή παιδικών χαρών) χωρίς συμφωνία από το σχολείο και τους γονείς. Επιδιώκει μια εθνική βάση δεδομένων ιδρυμένη από την κυβέρνηση που δίνει τις λεπτομέρειες όλων των σταθμών βάσεων και των εκπομπών τους, μαζί με έναν ανεξάρτητο, τυχαίο, τρέχοντα λογιστικό έλεγχο όλων των σταθμών βάσεων, για να εξασφαλίσει ότι οι οδηγίες έκθεσης δεν ξεπερνιούνται έξω από τη χαρακτηρισμένη ζώνη αποκλεισμού. Επίσης: ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στον έλεγχο των σταθμών βάσεων κοντά στα σχολεία και άλλες ευαίσθητες περιοχές.

### **3.15 Παρατηρήσεις**

Από τις ανωτέρω απόψεις, προκύπτει σαφώς ότι, σε επιστημονικό επίπεδο, υπάρχει αμφιβολία ως προς το είδος και την έκταση των επιδράσεων της μη ionίζουσας ακτινοβολίας στη δημόσια υγεία και το περιβάλλον, καθώς οι σχετικές έρευνες δεν έχουν ακόμα ολοκληρωθεί. Ως εκ τούτου, απαιτείται περαιτέρω έρευνα για να εξακριβωθούν οι πραγματικές επιδράσεις από την ακτινοβολία που εκπέμπεται από τους σταθμούς βάσης. Παρά την παρατηρούμενη επιστημονική αβεβαιότητα, η συνεχώς αυξανόμενη ανησυχία του κοινού οδήγησε πολλά κράτη στη λήψη πρόσθετων μέτρων για την προστασία του πληθυσμού από τις ενδεχόμενες αρνητικές επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας. Οι σχετικές ρυθμίσεις που έχουν εισαχθεί στο εσωτερικό δίκαιο επιμέρους κρατών αποδεικνύουν ότι υπάρχει ευρεία διακύμανση των ορίων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, στην οποία επιτρέπεται να εκτίθεται το κοινό.



## 4.0 ΌΡΙΑ ΑΣΦΑΛΟΥΣ ΕΚΘΕΣΗΣ

Σύμφωνα με την Ελληνική Νομοθεσία στη χώρα μας υπάρχουν όρια για την έκθεση του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Τα όρια αυτά βασίστηκαν σε σχετική Σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μάλιστα τα Ελληνικά όρια είναι αυστηρότερα σε σχέση με τα οριζόμενα στην προαναφερθείσα Σύσταση της Ευρωπαϊκής Ένωσης, όπως θα εξηγήσουμε και παρακάτω.

### 4.1 Ευρωπαϊκή νομοθεσία

- Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης «Περί του περιορισμού της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0Hz – 300GHz)», L 199 (1999/519/EC), 30-7-1999.

Το Συμβούλιο της Ευρωπαϊκής Ένωσης, κατόπιν σχετικής εισήγησης της επιστημονικής επιτροπής καθοδήγησης επί διεπιστημονικών θεμάτων, υιοθέτησε τα όρια για την προστασία του κοινού της ICNIRP (International Commission on Non Ionizing Radiation Protection – Διεθνής Επιτροπή για την Προστασία από τις Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες), όπως αυτά παρουσιάστηκαν στις σχετικές κατευθυντήριες γραμμές της. Η ICNIRP είναι μια ανεξάρτητη επιστημονική οργάνωση, μεγάλου κύρους που ασχολείται με την προφύλαξη των ανθρώπων από τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες (όπως είναι αυτές που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας). Είναι επίσημα αναγνωρισμένη μη κυβερνητική οργάνωση από την Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας, το Διεθνές Γραφείο Εργασίας και την Ευρωπαϊκή Ένωση. Έχει ως μέλη διεθνώς αναγνωρισμένους επιστήμονες που καλύπτουν τις επιστημονικές περιοχές της ιατρικής, της βιολογίας, της επιδημιολογίας, της φυσικής και της μηχανικής.



Εικόνα 6: Το λογότυπο της ICNIRP

Η ICNIRP, αφού εξέτασε το σύνολο των δημοσιευμένων ερευνών σχετικά με τις βιολογικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας, κατέληξε ότι οι μόνες επιδράσεις που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως βάση για την θέσπιση ορίων έκθεσης των ανθρώπων είναι αυτές που οφείλονται στην αύξηση της θερμοκρασίας των ιστών από την απορρόφηση της ηλεκτρομαγνητικής ενέργειας από το σώμα. Συγκεκριμένα, θεωρήθηκε ότι οι δυσμενείς βιολογικές επιδράσεις προκύπτουν με την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος κατά 1°C. Η αύξηση αυτή γίνεται με την απορρόφηση ενέργειας από το ανθρώπινο σώμα με ρυθμό μεγαλύτερο από 4W/kg, δηλαδή για έναν άνθρωπο 80kg με ρυθμό 320W. Λαμβάνοντας υπόψη ότι ενδεχομένως κάποιες ομάδες πληθυσμού να είναι πιο ευπαθείς και ότι η δεν αποκλείεται η έκθεση να λαμβάνει χώρα σε ήδη επιβαρημένους χώρους με αυξημένη θερμοκρασία ή υγρασία ή κατά την διάρκεια έντονης άσκησης, επέλεξαν έναν συντελεστή ασφαλείας στη θέσπιση των ορίων έκθεσης του κοινού. Έτσι, προέκυψε ο βασικός περιορισμός για την έκθεση του

κοινού σε 0,08W/kg, δηλαδή για έναν άνθρωπο 80kg το όριο του ρυθμού απορρόφησης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι 6,4W. Ταυτόχρονα, για να μην υπάρχουν περιοχές του σώματος στις οποίες να εμφανίζεται τοπικά υψηλή απορρόφηση ενέργειας προβλέπονται οι περιορισμοί και για τον μέγιστο τοπικό ρυθμό απορρόφησης σε 2W/kg για το κεφάλι και τον κορμό του σώματος και 4W/kg στα άκρα. Σε παρόμοια συμπεράσματα και όρια για την έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έχουν καταλήξει και άλλοι διεθνείς επιστημονικοί φορείς, όπως το IEEE (Institute of Electrical and Electronic Engineers – Ίδρυμα Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών), το NRPB (National Radiological Protection Board – Εθνικό Συμβούλιο Ραδιολογικής Προστασίας) της Μεγάλης Βρετανίας, κ.ά..

Η ICNIRP είναι μια μόνιμη επιτροπή που παρακολουθεί συνέχεια τις εξελίξεις σχετικά με τις επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο. Άλλωστε, τα μέλη της ICNIRP είναι κορυφαίοι ειδικοί επιστήμονες του χώρου των μη ιοντιζουσών ακτινοβολιών που παράγουν και οι ίδιοι σημαντικό κομμάτι των νέων επιστημονικών εξελίξεων. Αν από τις νεώτερες επιστημονικές έρευνες προκύψει ανάγκη αλλαγής των υφιστάμενων ορίων έκθεσης, η ICNIRP θα αναθεωρήσει άμεσα τις οδηγίες της σύμφωνα με τα νέα δεδομένα. Πάντως, αν και κανένας δεν μπορεί να προβλέψει τι θα γίνει στο μέλλον, ο όγκος των επιστημονικών δεδομένων που έχει συσσωρευτεί έως τώρα είναι τόσο μεγάλος που είναι μάλλον απίθανο να προκύψει κάτι νέο που να αλλάξει σημαντικά τα συμπεράσματα που εξάγουν οι διεθνείς φορείς αξιολογώντας το σύνολο της επιστημονικής έρευνας.

Τα όρια αυτά ισχύουν όταν η έκθεση στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία είναι συνεχής και μόνιμη. Οι τιμές των ορίων αναφέρονται ως χρονικός μέσος όρος οποιουδήποτε εξαλέπτου έκθεσης. Δηλαδή, για έκθεση μικρής διάρκειας, είναι δυνατόν να εκτεθεί κάποιος και σε μεγαλύτερες τιμές από αυτές των ορίων, αρκεί ο μέσος όρος της έκθεσης στην διάρκεια οποιουδήποτε εξαλέπτου να μην υπερβαίνει το όριο.

Γενικά, τα έως τώρα επιστημονικά στοιχεία δεν συντείνουν στο ότι η έκθεση σε τιμές κάτω από τα όρια μπορεί να προκαλέσει κάποιες δυσμενείς επιδράσεις στην υγεία. Ωστόσο, η Παγκόσμια Οργάνωση Υγείας αναγνωρίζει την ύπαρξη κενών στις γνώσεις μας σχετικά με τις επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον άνθρωπο και γι' αυτό έχει αναλάβει πρωτοβουλία καθοδήγησης της επιστημονικής έρευνας για την κάλυψη των κενών αυτών. Προς το παρόν, η έρευνα αυτή επικεντρώνεται στους χρήστες κινητών τηλεφώνων με τη διεξαγωγή επιδημιολογικών μελετών που διερευνούν την συσχέτιση της χρήσης κινητού τηλεφώνου με διάφορες μορφές ασθένειας στους ανθρώπους. Όσον αφορά αυτούς που κατοικούν κοντά σε σταθμούς βάσης κινητής τηλεφωνίας δεν κρίθηκε σκόπιμο να πραγματοποιηθούν επιδημιολογικές έρευνες, δεδομένου ότι η έκθεσή τους σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από τον σταθμό βάσης είναι συνήθως πολύ μικρή, ώστε να μην διαχωρίζονται από τους υπολοίπους. Επισημαίνεται ότι όλοι, είτε ζούμε κοντά σε κάποιο σταθμό βάσης ή όχι, ακόμα και αν δεν χρησιμοποιούμε κινητό τηλέφωνο, είμαστε εκτεθειμένοι σε διάφορα είδη ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας όπου και αν βρισκόμαστε, π.χ. στα πεδία που δημιουργούνται από τις κεραιές εκπομπής της ραδιοφωνίας και της τηλεόρασης. Τα μικρά αυτά επίπεδα ακτινοβολίας δεν θεωρούνται επικίνδυνα για την υγεία.

Στα όρια ασφαλούς έκθεσης δεν καθορίζονται αποστάσεις ασφαλείας από τις θέσεις όπου κατοικούν οι άνθρωποι επειδή ο τρόπος που ακτινοβολούν οι διάφορες κεραιοδιατάξεις είναι διαφορετικός, δεν είναι δυνατόν να καθοριστεί μια απόσταση ασφαλείας που να είναι κοινή για όλα τα είδη κεραιοδιατάξεων. Με την θέσπιση

ορίων έκθεσης για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αυτή καθ' εαυτή η απόσταση ασφαλείας προκύπτει ως παράγωγο μέγεθος και είναι μεγάλη για κεραίες που ακτινοβολούν ισχυρά και μικρή για κεραίες που ακτινοβολούν ασθενώς, λαμβάνοντας υπόψη και την κατεύθυνση που ακτινοβολούν οι κεραίες. Έτσι, η απόσταση ασφαλείας που προκύπτει μπορεί να είναι μικρότερη από μέτρο για τις πολύ ασθενείς κεραίες έως και εκατοντάδες μέτρα για τις ισχυρές κεραίες εκπομπής π.χ. ραδιοφωνικών ή τηλεοπτικών σημάτων. Επιπλέον, πολλές φορές η έκθεση των ανθρώπων οφείλεται σε συνδυασμό κεραιοδιατάξεων που βρίσκονται σε διαφορετικές θέσεις. Στις περιπτώσεις αυτές ένα όριο απόστασης δεν θα μπορούσε να προστατέψει από την συμβολή της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας πολλών διαφορετικών κεραιοδιατάξεων στην έκθεση των ανθρώπων.

## ***4.2 Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης «Περί του περιορισμού της έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0Hz - 300GHz)», L 199 (1999/519/EC), 30-7-1999.***

### **4.2.1 Βασικοί περιορισμοί**

Για την εφαρμογή περιορισμών που βασίζονται στην εκτίμηση πιθανών επιπτώσεων στην υγεία από ηλεκτρομαγνητικά πεδία, πρέπει να γίνεται διαφοροποίηση μεταξύ βασικών περιορισμών και επιπέδων αναφοράς.

Οι βασικοί αυτοί περιορισμοί και τα επίπεδα αυτά αναφοράς για τον περιορισμό της έκθεσης καταρτίστηκαν ύστερα από διεξοδική ανασκόπηση όλης της δημοσιευμένης επιστημονικής βιβλιογραφίας. Τα κριτήρια που εφαρμόστηκαν κατά την ανασκόπηση αυτή έχουν σκοπό να αξιολογηθεί η αξιοπιστία των αποτελεσμάτων. Ως βάση για τους προτεινόμενους περιορισμούς έκθεσης χρησιμοποιήθηκαν μόνον οι αποδεδειγμένες επιδράσεις. Δεν θεωρήθηκε ότι έχει αποδειχθεί η πρόκληση καρκίνου από μακροχρόνια έκθεση σε ELF. Ωστόσο, επειδή μεταξύ των οριακών τιμών για τις οξείες επιπτώσεις και των βασικών περιορισμών υπάρχουν συντελεστές ασφαλείας μεγέθους περίπου 50, η παρούσα σύσταση καλύπτει σιωπηρά τις ενδεχόμενες μακροπρόθεσμες επιπτώσεις ολόκληρου του φάσματος συχνοτήτων.

Βασικοί περιορισμοί: οι περιορισμοί έκθεσης σε χρονικά μεταβαλλόμενα ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία που βασίζονται άμεσα σε αποδεδειγμένες επιπτώσεις στην υγεία και σε βιολογικές μελέτες χαρακτηρίζονται ως «βασικοί περιορισμοί». Ανάλογα με τη συχνότητα του πεδίου, τα φυσικά μεγέθη που χρησιμοποιούνται για να προσδιορίσουν αυτούς τους περιορισμούς είναι η πυκνότητα μαγνητικής ροής (B), η πυκνότητα ρεύματος (J), η ταχύτητα ειδικής απορρόφησης ενέργειας (SAR) και η πυκνότητα ισχύος (S). Η πυκνότητα μαγνητικής ροής και η πυκνότητα ισχύος μπορούν να μετρηθούν εύκολα σε ένα εκτιθέμενο άτομο.

Επίπεδα αναφοράς: τα επίπεδα αυτά χρησιμοποιούνται για την πρακτική εκτίμηση της έκθεσης, προκειμένου να διαπιστωθεί το ενδεχόμενο υπέρβασης των βασικών περιορισμών. Ορισμένα επίπεδα αναφοράς προέρχονται από σχετικούς βασικούς περιορισμούς, με τη χρήση μετρήσεων ή και διαδικασιών υπολογισμού, ενώ άλλα περιλαμβάνουν την αντίληψη και τις δυσμενείς έμμεσες επιπτώσεις της έκθεσης σε ΗΜΠ. Τα παράγωγα φυσικά μεγέθη είναι η ένταση ηλεκτρικού πεδίου (E), η ένταση

μαγνητικού πεδίου (E), η πυκνότητα μαγνητικής ροής (B), η πυκνότητα ισχύος (S) και το ρεύμα των άκρων (IL). Τα μεγέθη που ορίζουν την αντίληψη και άλλες έμμεσες επιδράσεις είναι το ρεύμα (επαφής) (IC) και, για παλμικά πεδία, η ειδική απορρόφηση ενέργειας (SA). Σε κάθε κατάσταση έκθεσης, οι μετρούμενες ή υπολογιζόμενες τιμές πολλών από αυτά τα μεγέθη μπορούν να συγκριθούν με το αντίστοιχο επίπεδο αναφοράς. Η συμμόρφωση με το επίπεδο αναφοράς εξασφαλίζει τη συμμόρφωση με τον αντίστοιχο βασικό περιορισμό. Εάν η μετρούμενη τιμή υπερβαίνει το επίπεδο αναφοράς, δεν έπεται κατ' ανάγκη και υπέρβαση του βασικού περιορισμού. Πάντως, κάτω από αυτές τις συνθήκες, θα πρέπει να εξακριβωθεί η συμμόρφωση ή μη με το βασικό περιορισμό.

Στην παρούσα σύσταση δεν προβλέπονται ποσοτικοί περιορισμοί για στατικά ηλεκτρικά πεδία. Παρ' όλα αυτά, συνιστάται η αποφυγή ενοχλητικών ηλεκτρικών φορτίων επιφάνειας και εκνευριστικών ή ενοχλητικών εκκενώσεων σπινθήρων.

Ορισμένα μεγέθη, όπως η πυκνότητα μαγνητικής ροής (B) και η πυκνότητα ισχύος (S) χρησιμοποιούνται τόσο για τους βασικούς περιορισμούς όσο και για τα επίπεδα αναφοράς, σε ορισμένες συχνότητες.

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

- για συχνότητες από 0 έως 1 Hz, προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα της μαγνητικής ροής στατικών μαγνητικών πεδίων (0 Hz) και για την πυκνότητα ρεύματος χρονικώς μεταβαλλόμενων πεδίων έως 1 Hz, για την πρόληψη επιπτώσεων στο καρδιαγγειακό και στο κεντρικό νευρικό σύστημα
- για συχνότητες από 1 Hz έως 10 MHz, προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα ρεύματος, για την πρόληψη επιπτώσεων σε λειτουργίες του νευρικού συστήματος
- για συχνότητες από 100 kHz έως 10 GHz, προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για τη SAR, για την πρόληψη θερμοπληξίας ολόκληρου του σώματος και υπερβολικής τοπικής θέρμανσης των ιστών. Για συχνότητες από 100 kHz έως 10 MHz, προβλέπονται περιορισμοί και για την πυκνότητα ρεύματος και για τη SAR
- για συχνότητες από 10 GHz έως 300 GHz, προβλέπονται βασικοί περιορισμοί για την πυκνότητα ισχύος, για την πρόληψη της θέρμανσης των ιστών στην επιφάνεια του σώματος ή κοντά της.

Οι βασικοί περιορισμοί που περιέχονται στον πίνακα 3 έχουν οριστεί έτσι ώστε να λαμβάνονται υπόψη οι αβεβαιότητες που υπάρχουν όσον αφορά την ατομική ευαισθησία, τις περιβαλλοντικές συνθήκες καθώς και τις διαφορές όσον αφορά την ηλικία και την κατάσταση της υγείας του κοινού.

| Ζώνη συχνότητων  | Πυκνότητα μαγνητικής ροής (mT) | Πυκνότητα ρεύματος (mA/m <sup>2</sup> ) (rms) | Μέση ταχύτητα ειδικής απορρόρησης για όλο το σώμα (W/kg) | Τοπική ταχύτητα ειδικής απορρόρησης (κεφάλι και κορμός) (W/kg) | Τοπική ταχύτητα ειδικής απορρόρησης (άκρα) (W/kg) | Πυκνότητα ισχύος S (W/m <sup>2</sup> ) |
|------------------|--------------------------------|---|--|--|---|--|
| 0 Hz             | 40                             | —   | —  | —  | —   | —                                      |
| >0-1 Hz          | —                              | 8   | —  | —  | —   | —                                      |
| 1-4 Hz           | —                              | 8/f   | —  | —  | —   | —                                      |
| 4-1 000 Hz       | —                              | 2   | —  | —  | —   | —                                      |
| 1 000 Hz-100 kHz | —                              | f/500   | —  | —  | —   | —                                      |
| 100 kHz-10 MHz   | —                              | f/500   | 0,08   | 2  | 4   | —                                      |
| 10 MHz-10 GHz    | —                              | —   | 0,08   | 2  | 4   | —                                      |
| 10-300 GHz       | —                              | —   | —  | —  | —   | 10                                     |

Πίνακας 3: Βασικοί περιορισμοί για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz — 300 GHz)

#### Σημειώσεις:

1. f είναι η συχνότητα σε Hz.
2. Ο βασικός περιορισμός της πυκνότητας ρεύματος αποσκοπεί στην προστασία από τις επιπτώσεις της άμεσης έκθεσης στους ιστούς του κεντρικού νευρικού συστήματος της κεφαλής και του κορμού του σώματος και εμπεριέχει έναν παράγοντα ασφάλειας. Οι βασικοί περιορισμοί για τα πεδία ELF βασίζονται στις διαπιστωμένες δυσμενείς επιπτώσεις που έχουν στο κεντρικό νευρικό σύστημα. Οι οξείες αυτές επιπτώσεις είναι σχεδόν ακαριαίες, και δεν υπάρχουν επιστημονικές ενδείξεις που να συνηγορούν υπέρ αλλαγής των βασικών περιορισμών για τη βραχυχρόνια έκθεση. Επειδή όμως αυτοί αναφέρονται σε δυσμενείς επιπτώσεις στο κεντρικό νευρικό σύστημα, ο συγκεκριμένος βασικός περιορισμός μπορεί να επιτρέπει και μεγαλύτερες πυκνότητες ρεύματος σε άλλους ιστούς του σώματος υπό τις ίδιες συνθήκες έκθεσης.
3. Λόγω της ηλεκτρικής ανομοιογένειας του σώματος, οι πυκνότητες ρεύματος πρέπει να εκφράζονται ως μέσος όρος επί διατομής εμβαδού 1 cm<sup>2</sup> κάθετης προς τη διεύθυνση του ρεύματος.
4. Για συχνότητες έως 100 kHz, οι τιμές αιχμής της πυκνότητας του ρεύματος κορυφής μπορούν να υπολογιστούν με πολλαπλασιασμό της τιμής rms επί  $\sqrt{2}$  (=1,414). Για παλμούς διάρκειας  $t_p$ , η αντίστοιχη συχνότητα η εφαρμοστέα στους βασικούς περιορισμούς υπολογίζεται με τον τύπο  $f = 1/(2t_p)$ .
5. Για συχνότητες έως 100 kHz και για παλμικά μαγνητικά πεδία, η μέγιστη πυκνότητα ρεύματος που προκύπτει από τους παλμούς μπορεί να υπολογιστεί από το χρόνο ανόδου/καθόδου και τη μέγιστη ταχύτητα αλλαγής της πυκνότητας της μαγνητικής ροής. Η πυκνότητα του επαγωγικού ρεύματος μπορεί στη συνέχεια να συγκριθεί με τον αντίστοιχο βασικό περιορισμό.
6. Θα πρέπει να εξάγεται ο μέσος όρος όλων των τιμών SAR ανά εξάλεπτες χρονικές περιόδους.
7. Η τοπική SAR υπολογίζεται ως μέσος όρος επί μάζας 10 g παρακειμένων ιστών. Η μεγαλύτερη SAR που προκύπτει κατ' αυτόν τον τρόπο πρέπει να αποτελεί την τιμή που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της έκθεσης. Τα εν λόγω 10 g ιστού υπονοούν

συνεχόμενη μάζα ιστού με σχεδόν ομοιογενείς ηλεκτρικές ιδιότητες. Αναγνωρίζεται ότι η έννοια της συνεχόμενης μάζας ιστού είναι χρήσιμη για τους δοσιμετρικούς υπολογισμούς αλλά παρουσιάζει δυσκολίες όσον αφορά τις άμεσες φυσικές μετρήσεις. Επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται απλά γεωμετρικά σχήματα, π.χ. κυβικά μέρη ιστών, αρκεί οι υπολογιζόμενες δοσιμετρικές ποσότητες να έχουν συντηρητικές τιμές σε σχέση με τις κατευθυντήριες γραμμές για τα επίπεδα έκθεσης.

8. Για παλμούς διάρκειας  $t_p$  η αντίστοιχη συχνότητα που πρέπει να εφαρμοστεί στους βασικούς περιορισμούς πρέπει να υπολογίζεται ως  $f = 1/(2t_p)$ . Εκτός αυτού, για παλμικές εκθέσεις, στη ζώνη συχνοτήτων 0,3 έως 10 GHz και για τοπικές εκθέσεις της κεφαλής, προκειμένου να περιοριστούν και να αποφευχθούν επιδράσεις στην ακοή που προκαλούνται από τη θερμοελαστική διαστολή, συνίσταται η εφαρμογή ενός συμπληρωματικού βασικού περιορισμού: ότι η ειδική απορρόφηση (SA) δεν θα πρέπει να υπερβαίνει τα  $2\text{mJ kg}^{-1}$  (μέσος όρος 10 g ιστού).

| Φυσικό Μέγεθος   | Όρια ΕΕ (W/kg) | Ελληνικά όρια <sup>1</sup> |                     |
|--|----------------|----------------------------|---------------------|
|  |                | 70% ορίων ΕΕ (W/kg)        | 60% ορίων ΕΕ (W/kg) |
| Μέσος ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) ολόκληρου του σώματος       | 0,08           | 0,056                      | 0,048               |
| Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στο κεφάλι και στον κορμό | 2              | 1,4                        | 1,2                 |
| Τοπικός ρυθμός ειδικής απορρόφησης (SAR) στα άκρα                  | 4              | 2,8                        | 2,4                 |

1. Στο περιβάλλον σταθμών κεραιών

Πίνακας 4: Βασικοί περιορισμοί της Σύστασης της Ευρωπαϊκής Ένωσης σε σχέση με την Ελλάδα, για την απορροφημένη ενέργεια στο σώμα ενός ανθρώπου που κατατάσσεται στο γενικό κοινό από την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων (περιλαμβάνονται και οι συχνότητες που χρησιμοποιούνται στα συστήματα κινητής τηλεφωνίας).

#### 4.2.2 Επίπεδα αναφοράς

Για λόγους σύγκρισης με τις τιμές των μετρούμενων μεγεθών, προβλέπονται επίπεδα αναφοράς όσον αφορά την έκθεση. Η τήρηση όλων των προτεινόμενων επιπέδων αναφοράς θα εξασφαλίσει την τήρηση των βασικών περιορισμών.

Εάν οι μετρούμενες τιμές είναι μεγαλύτερες από τα επίπεδα αναφοράς, αυτό δεν σημαίνει αυτομάτως και υπέρβαση των βασικών περιορισμών. Στην περίπτωση αυτή, πρέπει να εκτιμηθεί κατά πόσον τα επίπεδα έκθεσης είναι χαμηλότερα από τους βασικούς περιορισμούς.

Τα επίπεδα αναφοράς για τον περιορισμό της έκθεσης προέρχονται από τους βασικούς περιορισμούς, υπό συνθήκες μέγιστης σύζευξης του πεδίου με το εκτιθέμενο σε αυτό άτομο, παρέχοντας έτσι το μέγιστο βαθμό προστασίας. Στον πίνακα 5 παρέχεται μια σύνοψη των επιπέδων αναφοράς. Τα επίπεδα αναφοράς αποτελούν γενικά μέσες τιμές για όλο το σώμα του εκτιθέμενου ατόμου, με τη σημαντική όμως προϋπόθεση ότι δεν θα γίνεται υπέρβαση των βασικών περιορισμών τοπικής έκθεσης.

Σε ορισμένες περιπτώσεις, όταν η έκθεση επικεντρώνεται σε ένα σημείο, όπως π.χ. με τα κινητά τηλέφωνα και το ανθρώπινο κεφάλι, η χρήση των επιπέδων αναφοράς δεν ενδείκνυται. Στις περιπτώσεις αυτές, η συμμόρφωση με τους βασικούς περιορισμούς τοπικής έκθεσης πρέπει να αξιολογείται άμεσα.

| Ζώνη συχνοτήτων | Ένταση ηλεκτρικού πεδίου-E (V/m) | Ένταση μαγνητικού πεδίου-H (A/m) | Πυκνότητα μαγνητικής ροής πεδίου-B (μT) | Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος επιπέδου κύματος $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|----------------------------------|----------------------------------|---|--|
| 0-1 Hz          | —                                | $3,2 \times 10^4$                | $4 \times 10^4$                         | —  |
| 1-8 Hz          | 10 000                           | $3,2 \times 10^4/f^2$            | $4 \times 10^4/f^2$                     | —  |
| 8-25 Hz         | 10 000                           | $4 000/f$                        | $5 000/f$                               | —  |
| 0,025-0,8 kHz   | $250/f$                          | $4/f$                            | $5/f$                                   | —  |
| 0,8-3 kHz       | $250/f$                          | 5                                | 6,25                                    | —  |
| 3-150 kHz       | 87                               | 5                                | 6,25                                    | —  |
| 0,15-1 MHz      | 87                               | $0,73/f$                         | $0,92/f$                                | —  |
| 1-10 MHz        | $87/f^{1/2}$                     | $0,73/f$                         | $0,92/f$                                | —  |
| 10-400 MHz      | 28                               | 0,073                            | 0,092                                   | 2  |
| 400-2 000 MHz   | $1,375 f^{1/2}$                  | $0,0037 f^{1/2}$                 | $0,0046 f^{1/2}$                        | $f/200$  |
| 2-300 GHz       | 61                               | 0,16                             | 0,20                                    | 10   |

Πίνακας 5: Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτρικά, μαγνητικά και ηλεκτρομαγνητικά πεδία (0 Hz — 300 GHz, σταθερές τιμές rms)

## Σημειώσεις

1. f όπως ορίζεται στη στήλη της ζώνης συχνοτήτων.
2. Για συχνότητες από 100 kHz έως 10 GHz, τα  $S_{eq}$ ,  $E^2$ ,  $H^2$  και  $B^2$  πρέπει να εκφράζονται ως μέσος όρος για κάθε χρονική περίοδο διάρκειας έξι λεπτών.
3. Για συχνότητες που υπερβαίνουν τα 10 GHz, τα  $S_{eq}$ ,  $E^2$ ,  $H^2$  και  $B^2$  πρέπει να εκφράζονται ως μέσος όρος για κάθε χρονική περίοδο διάρκειας  $68/f^{1,05}$  λεπτών (f σε GHz).
4. Δεν ορίζεται τιμή πεδίου E για συχνότητες <1 Hz, που είναι στην πραγματικότητα στατικά ηλεκτρικά πεδία. Για τους περισσότερους ανθρώπους, η ενοχλητική αίσθηση επιφανειακών ηλεκτρικών φορτίσεων δεν γίνεται αντιληπτή σε πεδία με ένταση μικρότερη από 25 kV/m. Πρέπει να αποφεύγονται οι εκνευριστικές ή ενοχλητικές εκκενώσεις σπινθήρων.

Δεν ορίζονται μεγαλύτερα επίπεδα αναφοράς για τη βραχυχρόνια έκθεση σε πεδία ELF. Σε πολλές περιπτώσεις, και αν ακόμη οι μετρούμενες τιμές υπερβαίνουν τα επίπεδα αναφοράς, δεν έπεται κατ' ανάγκη και υπέρβαση του βασικού περιορισμού. Εφόσον αποφεύγονται οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία των έμμεσων επιδράσεων της έκθεσης (π.χ. μικροσόκ), είναι παραδεκτή η υπέρβαση των γενικών επιπέδων αναφοράς για το κοινό, αρκεί να μην παραβιάζεται και ο βασικός περιορισμός της πυκνότητας ρεύματος. Σε πολλές περιστάσεις που απαντούν στην πράξη, η έκθεση σε εξωτερικά πεδία ELF στα επίπεδα αναφοράς επάγει πυκνότητες ρεύματος στο κεντρικό νευρικό σύστημα χαμηλότερες από τους βασικούς περιορισμούς. Αναγνωρίζεται επίσης ότι πλείστες όσες κοινότες συσκευές εκπέμπουν εντοπισμένα πεδία καθ' υπέρβαση των επιπέδων αναφοράς. Συνήθως όμως αυτό συμβαίνει υπό συνθήκες έκθεσης τέτοιες ώστε, λόγω ασθενούς σύζευξης μεταξύ πεδίου και σώματος, να μη σημειώνεται υπέρβαση των βασικών περιορισμών.

Για τις τιμές αιχμής ισχύουν τα ακόλουθα επίπεδα αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου  $E$  (V/m), την ένταση του μαγνητικού πεδίου  $H$  (A/m) και την πυκνότητα μαγνητικής ροής  $B$  ( $\mu$ T):

- για συχνότητες έως 100 kHz, οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων τιμών rms επί  $\sqrt{2}$  (=1,414). Για παλμούς διάρκειας  $t_p$  η αντίστοιχη εφαρμοστέα συχνότητα υπολογίζεται ως  $f = 1/(2t_p)$
- για συχνότητες από 100 kHz έως 10 MHz, οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων τιμών rms επί  $10^\alpha$ , όπου  $\alpha = [0,665 \cdot \log(f/10^5) + 0,176]$ , με τη συχνότητα  $f$  εκφρασμένη σε Hz
- για συχνότητες από 10 MHz έως 300 GHz, οι τιμές αιχμής αναφοράς προκύπτουν από τον πολλαπλασιασμό των αντίστοιχων τιμών rms επί 32.

Γενικά, προκειμένου για παλμικά ή/και παροδικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων, υπάρχουν βασικοί περιορισμοί και επίπεδα αναφοράς εξαρτώμενα από τη συχνότητα, βάσει των οποίων μπορούν να αποτιμηθούν οι κίνδυνοι και να καταρτιστούν κατευθυντήριες γραμμές για την έκθεση σε παλμικές ή/και παροδικές πηγές. Η συντηρητική προσέγγιση παριστά το παλμικό ή παροδικό σήμα ηλεκτρομαγνητικού πεδίου ως φάσμα Φουριέ των συνιστωσών του σε κάθε ζώνη συχνοτήτων, οι οποίες ακολούθως συγκρίνονται με τα επίπεδα αναφοράς για τις οικείες συχνότητες. Οι αθροιστικοί τύποι για την ταυτόχρονη έκθεση σε πεδία πολλαπλών συχνοτήτων μπορούν να εφαρμοστούν και για την εξακρίβωση της συμμόρφωσης με τους βασικούς περιορισμούς.

Μολονότι υπάρχουν λίγες μόνον πληροφορίες όσον αφορά τη σχέση ανάμεσα στις βιολογικές επιπτώσεις και τις τιμές αιχμής παλμικών πεδίων, για τις συχνότητες που υπερβαίνουν τα 10 MHz, προτείνεται ο μέσος όρος της  $S_{eq}$  εφ' όλου του εύρους του παλμού, να μην υπερβαίνει το 1000πλάσιο των επιπέδων αναφοράς, ή οι εντάσεις των πεδίων να μην υπερβαίνουν το 32πλάσιο των επιπέδων αναφοράς για την ένταση του πεδίου. Για συχνότητες από 0,3 GHz έως πολλά GHz, καθώς και για τοπική έκθεση της κεφαλής, με στόχο τον περιορισμό ή την αποφυγή επιπτώσεων στην ακοή λόγω της θερμοελαστικής διαστολής, πρέπει να περιοριστεί η ειδική απορρόφηση ενέργειας λόγω των παλμών. Σε αυτή τη ζώνη συχνοτήτων, η οριακή τιμή SA 4-16 mJ kg<sup>-1</sup> για την πρόκληση αυτής της επίπτωσης αντιστοιχεί, για παλμούς 30- $\mu$ s, σε τιμές αιχμής SAR 130-520 W kg<sup>-1</sup> στον εγκέφαλο. Από 100 kHz έως 10 MHz, οι πολλαπλασιαστικοί συντελεστές που δίνουν τις τιμές κορυφής για την ένταση πεδίων υπολογίζονται με παρεμβολή μεταξύ 1,5 για 100 kHz και 32 σε 10 MHz.

#### 4.2.3 Ρεύμα επαφής και ρεύμα άκρων

Για συχνότητες έως 110 MHz και προκειμένου να αποφευχθούν οι κίνδυνοι που οφείλονται σε ρεύματα επαφής, συνιστώνται πρόσθετα επίπεδα αναφοράς. Τα επίπεδα αναφοράς για το ρεύμα επαφής περιέχονται στον πίνακα 6. Τα επίπεδα αναφοράς για το ρεύμα επαφής καθορίστηκαν λαμβάνοντας υπόψη ότι οι οριακές τιμές για το ρεύμα επαφής, οι οποίες δημιουργούν βιολογικές αντιδράσεις σε γυναίκες και παιδιά, ανέρχονται αντίστοιχα περίπου στα δύο τρίτα και στο ήμισυ των τιμών για τους άνδρες.



| Ζώνη συχνοτήτων   | Μέγιστο ρεύμα επαφής (mA) |
|-------------------|---------------------------|
| 0 Hz — 2,5 kHz    | 0,5                       |
| 2,5 KHz — 100 kHz | 0,2 f                     |
| 100 KHz — 110 MHz | 20                        |

Πίνακας 6: Επίπεδα αναφοράς για ρεύματα επαφής από αγώγιμα σώματα (f σε kHz)

Για τη ζώνη συχνοτήτων 10 MHz έως 110 MHz, συνιστάται επίπεδο αναφοράς 45 mA ρεύματος διαμέσου οποιουδήποτε μέλους του σώματος, και τούτο για να περιορίζεται η εντοπισμένη SAR ανά οποιαδήποτε εξάλεπτη χρονική περίοδο.

#### 4.2.4 Έκθεση σε πηγές με πολλαπλές συχνότητες

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

##### Βασικοί περιορισμοί

Στην περίπτωση ταυτόχρονης έκθεσης σε επίπεδα διαφορετικών συχνοτήτων, πρέπει να πληρούνται τα ακόλουθα κριτήρια, όσον αφορά τους βασικούς περιορισμούς. Για την ηλεκτρική διέγερση, που έχει σημασία για συχνότητες από 1 Hz έως 10 MHz, οι πυκνότητες του ρεύματος εξ επαγωγής πρέπει να αθροίζονται σύμφωνα με τον τύπο:

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

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

$$\sum_{i=100 \text{ kHz}}^{10 \text{ GHz}} \frac{\text{SAR}_i}{\text{SAR}_L} + \sum_{i>10 \text{ GHz}} \frac{S_i}{S_L} \leq 1$$

όπου

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

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

είναι η SAR που προκύπτει από την έκθεση σε συχνότητα  $i$ ,

$\text{SAR}_L$  είναι ο βασικός περιορισμός για τη SAR,

$S_i$  είναι η πυκνότητα ισχύος σε συχνότητα  $i$ ,

$S_L$  είναι ο βασικός περιορισμός για την πυκνότητα ισχύος .

### Επίπεδα αναφοράς

Για την εφαρμογή των βασικών περιορισμών, πρέπει να εφαρμόζονται τα ακόλουθα κριτήρια, όσον αφορά τα επίπεδα αναφοράς για τις εντάσεις των πεδίων. Για τις πυκνότητες ρεύματος εξ επαγωγής και τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις, που έχουν σημασία για συχνότητες έως 10 MHz, στα επίπεδα των πεδίων πρέπει να εφαρμόζονται οι ακόλουθες δύο απαιτήσεις:

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

και

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

όπου

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

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

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

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

$a$  είναι 87 V/m και  $b$  είναι 5 A/m ( 6.25  $\mu$ T).

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

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

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

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

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

Όπου

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

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

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

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

$c$  είναι  $87/f^{1/2}$  V/m και  $d$   $0,73/f$  (A/m).

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

### 4.3 Ελληνική νομοθεσία

- Κοινή Απόφαση υπ' αριθ. 53571/3839 των Υπουργών Ανάπτυξης, ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε., Υγείας και Πρόνοιας, Μεταφορών και Επικοινωνιών (ΦΕΚ 1105/Β/6-9-2000) με θέμα «Μέτρα προφύλαξης του κοινού από τη λειτουργία κεραιών εγκατεστημένων στη ξηρά» με την οποία εισάγονται στην Ελληνική Νομοθεσία τα όρια της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την έκθεση του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία και ορίζονται μηχανισμοί ελέγχου για τα επίπεδα της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τους σταθμούς κεραιών όλων των ειδών.
- Νόμος 3431 (ΦΕΚ 13/Α/3-2-2006) «Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις», άρθρο 31 «Ρυθμίσεις σχετικά με την εγκατάσταση κεραιών». Σύμφωνα με το άρθρο τα Ελληνικά όρια για την έκθεση του κοινού τίθενται στο 70% των ορίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους σταθμούς κεραιών που βρίσκονται σε απόσταση μεγαλύτερη των 300 μέτρων από την περίμετρο των κτιριακών εγκαταστάσεων σχολείων, βρεφονηπιακών σταθμών, νοσοκομείων και γηροκομείων και στο 60% των ορίων της Ευρωπαϊκής Ένωσης για τους σταθμούς κεραιών που βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη των 300 μέτρων από τις εγκαταστάσεις αυτές. (Στην «Εγκύκλιο της ΕΕΑΕ για τον καθορισμό ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία στο περιβάλλον σταθμών κεραιών σε εφαρμογή του ν. 3431/2006 (ΦΕΚ 13/Α/3.2.2006)», 12.1.2007, Α.Π. Π/105/014, που εκδόθηκε κατόπιν σχετικής απόφασης του Διοικητικού Συμβουλίου της ΕΕΑΕ στην 183η Συνεδρίαση του της 30.6.2006, διευκρινίζεται ο τρόπος εφαρμογής των συντελεστών μείωσης (70% ή 60% κατά περίπτωση) στις τιμές που καθορίζονται στα άρθρα 2-4 της υπ' αριθ. 53571/3839 κοινή υπουργική απόφαση (ΦΕΚ 1105/Β/6.9.2000), όπως προβλέπεται στις παραγράφους 9 και 10, αντίστοιχα, του άρθρου 31 του ν. 3431 (ΦΕΚ 13/Α/3.2.2006) με θέμα «Περί Ηλεκτρονικών Επικοινωνιών και άλλες διατάξεις». Η Εγκύκλιος αυτή είναι διαθέσιμη στην ιστοσελίδα της ΕΕΑΕ ([http://www.eeae.gr/gr/docs/ni\\_egkiklios\\_oria.pdf](http://www.eeae.gr/gr/docs/ni_egkiklios_oria.pdf)).

Τα όρια ασφαλούς έκθεσης μπορούν να χωριστούν σε όρια για τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις και σε όρια για τις θερμικές επιδράσεις. Η επιλογή των ορίων με τα οποία θα γίνει σύγκριση εξαρτάται από την συχνότητα ή τις συχνότητες της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας που εκπέμπονται από τον ελεγχόμενο σταθμό κεραιών.

### 4.3.1 Ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις

Σε περίπτωση που υπάρχουν εκπομπές σε μία ή περισσότερες συχνότητες, μικρότερες ή ίσες με 10MHz, οι μετρήσεις των εκπομπών αυτών συγκρίνονται με τα όρια για τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις. Τα όρια αυτά για τα μετρήσιμα μεγέθη της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής, για συντελεστές μείωσης 70% και 60% παρουσιάζονται στον ακόλουθο πίνακα:

Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις με συντελεστή 70%.

| Ζώνη Συχνότητων | Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m) | Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m) | Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μT) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 - 3 kHz       | 175 / f                           | 3,5                               | 4,375                            |
| 3 kHz - 10 MHz  | 60,9                              | 3,5                               | 4,375                            |

Σημείωση: f είναι η συχνότητα σε kHz.

Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις με συντελεστή 60%

| Ζώνη Συχνότητων | Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m) | Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m) | Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μT) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 1 - 3 kHz       | 150 / f                           | 3,5                               | 3,75                             |
| 3 kHz - 10 MHz  | 52,2                              | 3,5                               | 3,75                             |

Σημείωση: f είναι η συχνότητα σε kHz.

Πίνακας 7: Επίπεδα αναφοράς για ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις με συντελεστή 70% και 60% αντίστοιχα

Από τις τιμές των παραπάνω πινάκων, εφαρμόζονται αυτές με συντελεστή 70% γενικά, και αυτές με συντελεστή 60% στην περίπτωση που οι κεραιές εκπομπής βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από 300 μέτρα από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων.

Οι τιμές των παραπάνω πινάκων αναφέρονται σε ενεργές τιμές (τετραγωνική ρίζα μέσης τιμής τετραγώνου) της συνισταμένης τιμής των ανυσμάτων θεωρώντας ότι και οι τρεις συνιστώσες στο χώρο είναι ημιτονοειδείς συναρτήσεις του χρόνου και μάλιστα της ίδιας συχνότητας. Στην περίπτωση μη ημιτονοειδών σημάτων η στιγμιαία μέγιστη τιμή θα συγκρίνεται με τις τιμές που προκύπτουν από τον παραπάνω πίνακα πολλαπλασιάζοντας τις τιμές του με την τετραγωνική ρίζα του 2 (περίπου ίση με 1,414).

Οι τιμές των παραπάνω πινάκων αναφέρονται σε στιγμιαίες τιμές, και δεν επιτρέπεται ούτε στιγμιαία η υπέρβασή τους. Για παράδειγμα στο περιβάλλον σταθμών μεσαίων κυμάτων με διαμόρφωση πλάτους (AM), για την σύγκριση με το επίπεδο αναφοράς για τις ηλεκτροδιεγερτικές επιδράσεις θα πρέπει να ληφθεί υπόψη ότι η διαμόρφωση του σήματος μπορεί να δώσει μια τιμή κορυφής μεγαλύτερη αυτής ενός καθαρού ημίτονου. Σε κάθε περίπτωση που το εύρος του πεδίου είναι διαμορφωμένο στο χρόνο, θα πρέπει να εκτιμάται η στιγμιαία μέγιστη τιμή του σε κάθε σημείο μέτρησης.

Οι τιμές των παραπάνω πινάκων αναφέρονται σε μεσοσταθμισμένες τιμές, στο σώμα ενός εκτεθειμένου ατόμου. Από τα αποτελέσματα των μετρήσεων που έχουν πραγματοποιηθεί στα διάφορα σημεία μέτρησης και για κάθε συχνότητα, σε μια θέση, εξάγεται ο μέσος όρος των τιμών της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής. Οι μέσοι όροι αυτοί χρησιμοποιούνται για την σύγκριση με τα όρια.

Για κάθε σχετική συχνότητα υπολογίζεται ο λόγος της έκθεσης ίσος με την μέση τιμή της έντασης του πεδίου στη θέση μέτρησης προς το αντίστοιχο όριο από τον παραπάνω πίνακα. Οι επιδράσεις του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου εξετάζονται ξεχωριστά και έτσι υπολογίζεται ένας λόγος έκθεσης από τις μετρήσεις της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και ένας λόγος έκθεσης από τις μετρήσεις της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής.

Σε περίπτωση πολλών σχετικών συχνοτήτων υπολογίζεται ο συνολικός λόγος έκθεσης ίσος με το άθροισμα των λόγων έκθεσης που υπολογίστηκε για κάθε συχνότητα. Υπολογίζεται ένας συνολικός λόγος έκθεσης για το ηλεκτρικό και ένας για το μαγνητικό πεδίο. Σε περιπτώσεις που είναι γνωστή η σχετική φάση των διαφόρων φασματικών συνιστωσών αυτή μπορεί να ληφθεί υπόψη στον υπολογισμό του συνολικού λόγου έκθεσης μέσω ενός συντελεστή στάθμισης..

Σε περίπτωση εκπομπής σε μία μόνο συχνότητα ο συνολικός λόγος έκθεσης θεωρείται ίσος με τον λόγο έκθεσης στη συχνότητα αυτή.

### 4.3.2 Θερμικές επιδράσεις

Σε περίπτωση που υπάρχουν εκπομπές σε μία ή περισσότερες συχνότητες, μεγαλύτερες από 100kHz, οι μετρήσεις των εκπομπών αυτών συγκρίνονται με τα όρια για τις θερμικές επιδράσεις. Δηλαδή, αν υπάρχουν εκπομπές στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz έως 10MHz συγκρίνονται τόσο με τα όρια για τις ηλεκτροδιεγερτικές όσο και τις θερμικές επιδράσεις.

Τα όρια για τις θερμικές επιδράσεις και για τα μετρήσιμα μεγέθη της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής καθώς και το μέγεθος αναφοράς της ισοδύναμης πυκνότητας ισχύος, για συντελεστές μείωσης 70% και 60% παρουσιάζονται στους ακόλουθους πίνακες:

Επίπεδα αναφοράς για θερμικές επιδράσεις με συντελεστή 70%

| Ζώνη Συχνοτήτων | Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m) | Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m) | Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μT) | Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος, $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| 100kHz - 10 MHz | $72,8 / \sqrt{f}$                 | $0,61 / f$                        | $0,77 / f$                       |  |
| 10 - 400 MHz    | 23,4                              | 0,061                             | 0,077                            | 1,4  |
| 400 - 2000 MHz  | $1,15 \cdot \sqrt{f}$             | $0,0031 \cdot \sqrt{f}$           | $0,0038 \cdot \sqrt{f}$          | $f / 286$  |
| 2 - 300 GHz     | 51                                | 0,134                             | 0,167                            | 7  |

Σημείωση:  $f$  είναι η συχνότητα σε MHz.

Επίπεδα αναφοράς για θερμικές επιδράσεις με συντελεστή 60%

| Ζώνη Συχνοτήτων | Ένταση ηλεκτρικού πεδίου, E (V/m) | Ένταση μαγνητικού πεδίου, H (A/m) | Μαγνητική επαγωγή πεδίου, B (μT) | Ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος, $S_{eq}$ (W/m <sup>2</sup> ) |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|--|
| 100kHz - 10 MHz | $67,3 / \sqrt{f}$                 | $0,565 / f$                       | $0,71 / f$                       |  |
| 10 - 400 MHz    | 21,7                              | 0,0565                            | 0,071                            | 1,2  |
| 400 - 2000 MHz  | $1,065 \cdot \sqrt{f}$            | $0,00287 \cdot \sqrt{f}$          | $0,00356 \cdot \sqrt{f}$         | $f / 333$  |
| 2 - 300 GHz     | 47,2                              | 0,124                             | 0,155                            | 6  |

Σημείωση:  $f$  είναι η συχνότητα σε MHz.

Πίνακας 8: Επίπεδα αναφοράς για θερμικές επιδράσεις με συντελεστή 70% και 60% αντίστοιχα

Από τις τιμές των παραπάνω πινάκων, εφαρμόζονται αυτές με συντελεστή 70% γενικά, και αυτές με συντελεστή 60% στην περίπτωση που οι κεραιές εκπομπής βρίσκονται σε απόσταση μικρότερη από 300 μέτρα από την περίμετρο κτιριακών εγκαταστάσεων βρεφονηπιακών σταθμών, σχολείων, γηροκομείων και νοσοκομείων.

Οι τιμές των παραπάνω πινάκων αναφέρονται σε ενεργές τιμές (τετραγωνική ρίζα μέσης τιμής τετραγώνου) της συνισταμένης των ανυσμάτων θεωρώντας ότι και οι τρεις συνιστώσες στο χώρο είναι ημιτονοειδείς συναρτήσεις του χρόνου και μάλιστα της ίδιας συχνότητας. Σε ότι αφορά τον χρόνο ολοκλήρωσης, οι τιμές των παραπάνω πινάκων αναφέρονται σε μέσες τιμές των τετραγώνων της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, της έντασης του μαγνητικού πεδίου και της μαγνητικής επαγωγής καθώς και στην μέση τιμή της ισοδύναμης πυκνότητας ισχύος. Ο χρόνος ολοκλήρωσης για τον υπολογισμό των μέσων τιμών ορίζεται σε έξι λεπτά ( $t = 6 \text{ min}$ ) για συχνότητες μικρότερες ή ίσες με 10GHz και για συχνότητες μεγαλύτερες από 10GHz σε  $t = 68/f^{1,05}$  ( $f$  σε GHz,  $t$  σε λεπτά). Επειδή τα όρια έκθεσης θεωρούν οποιαδήποτε περίοδο έκθεσης διάρκειας  $t$ , η επιλογή του χρόνου ολοκλήρωσης πρέπει να είναι τέτοια ώστε η προκύπτουσα μέση τιμή να είναι η μέγιστη. Σε κάθε περίπτωση όταν το πεδίο μεταβάλλεται στο χρόνο θα πρέπει να εκτιμούνται οι δυσμενέστερες συνθήκες έκθεσης, επιλέγοντας τις κατάλληλες χρονικές στιγμές για την διεξαγωγή των μετρήσεων.

Για συχνότητες μικρότερες από 10GHz και για κάθε συχνότητα και θέση μέτρησης, υπολογίζεται η μέση τιμή του τετραγώνου της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής από τα αποτελέσματα των μετρήσεων στα διάφορα σημεία στη θέση μέτρησης. Η μέση τιμή αυτή χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τον υπολογισμό του λόγου της έκθεσης που είναι ίσος με την τιμή αυτή προς το αντίστοιχο όριο στο τετράγωνο από τους παραπάνω πίνακες.

Για συχνότητες μεγαλύτερες από 10GHz και για κάθε συχνότητα και θέση μέτρησης, βρίσκονται οι μέσες τιμές του τετραγώνου της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε επιφάνειες  $20\text{cm}^2$  στο σώμα ενός υποτιθέμενου εκτεθειμένου ανθρώπου στη θέση μέτρησης. Η μέγιστη τιμή αυτών χρησιμοποιείται στη συνέχεια για τον υπολογισμό του λόγου της έκθεσης, που είναι ίσος με την τιμή αυτή προς το αντίστοιχο όριο στο τετράγωνο από τους παραπάνω πίνακες.

Για συχνότητες μικρότερες από 10MHz, ή για μετρήσεις στο κοντινό αντιδραστικό πεδίο, οι επιδράσεις του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου εξετάζονται ξεχωριστά και έτσι υπολογίζεται ένας λόγος έκθεσης από τις μετρήσεις της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και ένας λόγος έκθεσης από τις μετρήσεις της έντασης του μαγνητικού πεδίου ή της μαγνητικής επαγωγής. Για συχνότητες μεγαλύτερες ή ίσες με 10MHz και μετρήσεις στο μακρινό ή στο κοντινό ακτινοβολούν πεδίο ο λόγος έκθεσης θεωρείται ο ίδιος για το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο ανεξάρτητα από το μέγεθος που μετρήθηκε.

Σε περίπτωση παλμικά διαμορφωμένων πεδίων (π.χ. στο περιβάλλον ραντάρ) θα εκτιμάται και ο λόγος έκθεσης κατά την διάρκεια του παλμού. Δεδομένου ότι στην περίπτωση παλμικά διαμορφωμένων σημάτων (π.χ. στο περιβάλλον ραντάρ) τα επίπεδα αναφοράς για την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου, την ένταση του μαγνητικού πεδίου και την μαγνητική επαγωγή κατά την διάρκεια του παλμού προκύπτουν ως το 32πλάσιο των τιμών των παραπάνω πινάκων ενώ το επίπεδο αναφοράς για την ισοδύναμη πυκνότητα ισχύος προκύπτει ως το 1000πλάσιο των τιμών των πινάκων, ο λόγος έκθεσης κατά την διάρκεια του παλμού υπολογίζεται από τον λόγο της μέσης τιμής του τετραγώνου της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου, της έντασης του μαγνητικού πεδίου και της μαγνητικής επαγωγής κατά την διάρκεια του παλμού προς τα αντίστοιχα επίπεδα αναφοράς στο τετράγωνο καθώς και της μέσης τιμής της ισοδύναμης πυκνότητας ισχύος κατά την διάρκεια του παλμού προς το αντίστοιχο επίπεδο αναφοράς.

Σε περίπτωση πολλών συχνοτήτων υπολογίζεται ο συνολικός λόγος έκθεσης ίσος με το άθροισμα των λόγων έκθεσης που υπολογίστηκε για κάθε συχνότητα. Εάν υπάρχει διαφοροποίηση υπολογίζεται ένας συνολικός λόγος έκθεσης για το ηλεκτρικό πεδίο και ένας συνολικός λόγος έκθεσης για το μαγνητικό πεδίο. Επίσης στην περίπτωση παλμικά διαμορφωμένων πεδίων υπολογίζεται και ο συνολικός λόγος έκθεσης κατά την διάρκεια του παλμού.

Σε περίπτωση εκπομπής σε μία μόνο συχνότητα ο συνολικός λόγος έκθεσης θεωρείται ίσος με τον λόγο έκθεσης στη συχνότητα αυτή.

#### **4.4 Τα όρια ανά τον κόσμο**

Σε πολλές χώρες της Ευρώπης ακολουθείται κατά γράμμα η Σύσταση του Συμβουλίου της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ισχύουν τα όρια της ICNIRP. Οι ΗΠΑ, ο Καναδάς, η Μεγάλη Βρετανία, η Αυστραλία, η Νέα Ζηλανδία και άλλες χώρες έχουν εφαρμόσει όρια που βασίζονται στις θερμικές επιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και είναι πρακτικά ίδια με αυτά της ICNIRP. Η Ελβετία και η Ιταλία έχουν εκδώσει νόμους με τους οποίους ορίζουν ότι σε ευαίσθητους χώρους, όπως κατοικίες, σχολεία κλπ, εφαρμόζονται όρια για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είναι υποπολλαπλάσια αυτών της ICNIRP. Πολλές χώρες της Ανατολικής Ευρώπης και της πρώην Σοβιετικής Ένωσης έχουν υιοθετήσει όρια για την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία που είναι πολύ χαμηλότερα από αυτά της ICNIRP, βάσει κάποιων αδημοσίευτων επιστημονικών ερευνών που αναφέρουν μη θερμικές επιδράσεις. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας έχει ξεκινήσει μια προσπάθεια για την εναρμόνιση των ορίων έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία σε όλο τον κόσμο.

## **5.0 Πεδίον 24 - Η ΥΛΟΠΟΙΗΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ ΤΩΝ ΕΠΙΠΕΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ**

Η δημιουργία ενός προγράμματος αυτόματης καταγραφής των επιπέδων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας είναι επιτακτική πλέον ανάγκη, λαμβάνοντας υπόψη και την άγνοια μεγάλης μερίδας πληθυσμού για τα όρια που θεσπίζονται από την Ελληνική νομοθεσία. Αυτό ακριβώς το κενό είναι ένας από τους λόγους δημιουργίας αυτού του προγράμματος το οποίο έχει στόχο τη συνεχή και απρόσκοπτη ενημέρωση του κοινού για τα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας σε διάφορες περιοχές της χώρας. Για να επιτευχθεί ο στόχος αυτός, οι σταθμοί μέτρησης καταγράφουν σε 24ωρη βάση το συνολικό ηλεκτρομαγνητικό πεδίο που προκαλείται από διάφορες πηγές, όπως η ραδιοφωνία, η τηλεόραση και η κινητή τηλεφωνία. Έτσι δίνεται στο κοινό η δυνατότητα να ενημερώνεται άμεσα και αξιόπιστα για τα επίπεδα ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας οποιαδήποτε στιγμή. Τα στοιχεία είναι άμεσα διαθέσιμα και αποθηκεύονται σε βάση δεδομένων (όπως αναλύεται παρακάτω) ώστε οποιοσδήποτε να μπορεί να αναζητήσει στοιχεία από το παρελθόν, οποιαδήποτε στιγμή. Οι περιοχές στις οποίες εγκαθίστανται σταθμοί μέτρησης επιλέγονται με βάση πολλαπλά κριτήρια, τα πιο σημαντικά από τα οποία είναι η υψηλή πληθυσμιακή συγκέντρωση και η παρουσία ευαίσθητων χώρων, όπως παιδικοί σταθμοί, νοσοκομεία, γηροκομεία κλπ. Η διαφάνεια και η εγκυρότητα των στοιχείων διασφαλίζεται από το έμπειρο επιστημονικό προσωπικό του Εργαστηρίου Συστημάτων Υπολογιστών και Επικοινωνιών του Πανεπιστημίου Αιγαίου καθώς και από την άμεση και αυτοματοποιημένη δημοσίευση των μετρημένων τιμών ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας.

### **5.1 Σχεδιασμός της υλοποίησης**

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω ο στόχος είναι να μπορεί ο οποιοσδήποτε πολίτης ο οποίος δεν έχει ειδικευμένες γνώσεις χειρισμού ηλεκτρονικού υπολογιστή αλλά ούτε και γνώσεις που σχετίζονται με την ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία να είναι σε θέση εύκολα, γρήγορα αλλά πάντα με την απαραίτητη αξιοπιστία να έχει πρόσβαση στις διαθέσιμες μετρήσεις. Παρακάτω θα αναλύσουμε τα κριτήρια που λάβαμε υπόψη για επιτυχή λειτουργία του προγράμματός.

Υιοθετώντας σαν βάση τον προηγούμενο συλλογισμό κρίθηκε ότι μια ιδιαίτερα κατανοητή μέθοδος για την αναπαράσταση των καταγεγραμμένων τιμών (πέρα από την απλή αριθμητική απεικόνιση) θα ήταν η γραφική αναπαράσταση των μετρήσεων σε συνδυασμό με την άμεση συσχέτιση των υφιστάμενων ορίων της Ελληνικής πολιτείας.

Ένα άλλο πολύ σημαντικό κριτήριο για τον αρχικό σχεδιασμό μας, είναι και οι γεωγραφικές ιδιαιτερότητες που συναντούμε στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου. Λαμβάνοντας υπόψη την δύσκολη πρόσβαση των νησιών (ιδιαίτερα κατά τους χειμερινούς μήνες) έπρεπε να διαλέξουμε υλικό (σταθμούς μέτρησης) έχοντας ως πρώτο κριτήριο την αξιοπιστία του μηχανήματος. Ο λόγος είναι προφανής και έχει να κάνει με το γεγονός ότι σε περίπτωση μιας βλάβης στην ομαλή λειτουργία κάποιου σταθμού θα είναι αδύνατη και ασύμφορη η επί τόπου παρουσία για την επιδιόρθωση του. Έτσι, ζωτικής σημασίας για την επιτυχία της υλοποίησης είναι ο όσο το δυνατόν



μεγαλύτερος βαθμός αξιοπιστίας. Επίσης ο σταθμός θα έπρεπε να μας εξασφαλίζει λειτουργία συλλογής δεδομένων όλη τη διάρκεια της μέρας χωρίς καμία διακοπή η οποία θα δημιουργούσε αμφιβολίες για την αξιοπιστία του συστήματος. Μετά από σχετική έρευνα αγοράς καταλήξαμε σε προϊόντα της εταιρίας Narda, τα οποία θα αναλυθούν διεξοδικά παρακάτω.

Συνεχίζοντας την αρχική μας μελέτη θα έπρεπε να επιλέξουμε αξιόπιστο, ασφαλές και γνωστό σε εμάς λειτουργικό σύστημα για τον κεντρικό εξυπηρετητή (server) μας, συμβατό με το λογισμικό υποστήριξης του σταθμού της Narda, τη γλώσσα Διαδικτυακού προγραμματισμού που θα χρησιμοποιούσαμε, τον Web Server, λαμβάνοντας υπόψη την αρμονική συνεργασία όλων των παραπάνω και ιδιαίτερα της γλώσσας με την κεντρική Βάση Δεδομένων και το λειτουργικό μας σύστημα. Αξιολογώντας τα παραπάνω στοιχεία καταλήξαμε σε λειτουργικό Microsoft Windows Server 2003, στη γλώσσα PHP, σε Apache εξυπηρετητή και στη Βάση Δεδομένων Microsoft SQL (Enterprise Manager). Όμως, όπως φαίνεται και στην εικόνα 16 το format του αρχείου που μας «στέλνει» ο σταθμός μέτρησης είναι .txt, κάτι που σημαίνει ότι οι τιμές του δεν μπορούν να εισαχθούν εύκολα και αυτοματοποιημένα στη βάση μας. Το κενό αυτό έρχεται να καλύψει μια web-based (jsp) εφαρμογή η οποία δημιουργήθηκε αφενός μεν για ελέγχει και αφετέρου να εισάγει στη βάση τις τιμές που μας στέλνει σε .txt format ο σταθμός. Χρησιμοποιείται επίσης και για τις τιμές από πιθανές Ad-Hoc μετρήσεις τις οποίες θα εξετάσουμε σε επόμενη παράγραφο. Η εφαρμογή αυτή είναι γραμμένη σε Java, ενώ δικτυακά τρέχει πάνω σε Tomcat server, οποίος έχει στηθεί και παραμετροποιηθεί για αυτόν το λόγο.

Ας δούμε όμως αναλυτικά πως σχεδιάστηκε το σύστημά μας και για ποιο λόγο υλοποιήθηκε με αυτόν τρόπο αξιολογώντας τις απαιτήσεις της εφαρμογής. Κάθε 24 ώρες οι σταθμοί μέτρησης επικοινωνούν με το κέντρο διαχείρισης και αποστέλλουν τα δεδομένα (24 ώρες x 10 μετρήσεις ανά ώρα = 240 τιμές ηλεκτρικού πεδίου την ημέρα) στον κεντρικό εξυπηρετητή. Η επικοινωνία αυτή γίνεται μέσω του δικτύου GSM, γι' αυτό και τόσο οι σταθμοί μέτρησης όσο το κέντρο διαχείρισης είναι εφοδιασμένα με GSM modems. Μέσω του δικτύου GSM επιτυγχάνεται και ο έλεγχος του σταθμού μέτρησης (έλεγχος σφαλμάτων, βλαβών, απομακρυσμένη πρόσβαση κλπ.). Αφού οι συγκεντρωθούν οι μετρήσεις ενός εικοσιτετραώρου από όλους τους εγκατεστημένους σταθμούς μέτρησης, αυτές καταχωρούνται σε μία βάση δεδομένων (εικόνα 7) στον εξυπηρετητή του κέντρου διαχείρισης.

| pk       | measDuration | DateAndTime            | AvgWide | AvgLo | AvgHi | PeakWide | PeakLo | PeakHi | Battery | temp |
|----------|--------------|------------------------|---------|-------|-------|----------|--------|--------|---------|------|
| 20258424 | 6            | 08/07/2008 11.24. 0,2  | 0,2     | 0,2   | 0,2   | 0,4      | 0,2    | 0,2    | 4,84    | 37   |
| 20258436 | 6            | 08/07/2008 11.36. 0,34 | 0,2     | 0,27  | 2,48  | 2,48     | 1,09   | 2,1    | 4,88    | 39   |
| 20258442 | 6            | 08/07/2008 11.42. 0,4  | 0,26    | 0,27  | 1,66  | 1,66     | 1,66   | 1,53   | 4,84    | 38   |
| 20258448 | 6            | 08/07/2008 11.48. 0,42 | 0,26    | 0,22  | 1,33  | 1,33     | 1,09   | 0,98   | 4,84    | 36   |
| 20258454 | 6            | 08/07/2008 11.54. 0,34 | 0,22    | 0,24  | 1,13  | 0,81     | 1,13   | 0,81   | 4,84    | 35   |
| 20258460 | 6            | 08/07/2008 12.00. 0,28 | 0,2     | 0,2   | 0,89  | 0,89     | 0,89   | 0,89   | 4,84    | 34   |
| 20258466 | 6            | 08/07/2008 12.06. 0,26 | 0,2     | 0,2   | 0,72  | 0,63     | 0,63   | 0,63   | 4,84    | 33   |
| 20258472 | 6            | 08/07/2008 12.12. 0,2  | 0,2     | 0,2   | 0,51  | 0,2      | 0,2    | 0,2    | 4,84    | 33   |
| 20258478 | 6            | 08/07/2008 12.18. 0,26 | 0,2     | 0,2   | 0,74  | 0,51     | 0,51   | 0,51   | 4,84    | 33   |
| 20258484 | 6            | 08/07/2008 12.24. 0,21 | 0,2     | 0,2   | 0,99  | 0,4      | 0,4    | 0,4    | 4,84    | 32   |
| 20258490 | 6            | 08/07/2008 12.30. 0,23 | 0,2     | 0,2   | 0,79  | 0,39     | 0,39   | 0,39   | 4,84    | 32   |
| 20258496 | 6            | 08/07/2008 12.36. 0,23 | 0,2     | 0,2   | 0,89  | 0,89     | 0,89   | 0,89   | 4,84    | 32   |
| 20258502 | 6            | 08/07/2008 12.42. 0,3  | 0,2     | 0,2   | 1,06  | 0,85     | 0,85   | 0,85   | 4,84    | 32   |
| 20258508 | 6            | 08/07/2008 12.48. 0,34 | 0,2     | 0,2   | 1,1   | 0,71     | 0,71   | 0,71   | 4,84    | 30   |
| 20258514 | 6            | 08/07/2008 12.54. 0,31 | 0,2     | 0,2   | 1,03  | 1,03     | 1,03   | 1,03   | 4,84    | 30   |
| 20258520 | 6            | 08/07/2008 13.00. 0,25 | 0,2     | 0,2   | 0,94  | 0,51     | 0,51   | 0,51   | 4,84    | 30   |
| 20258526 | 6            | 08/07/2008 13.06. 0,28 | 0,2     | 0,2   | 0,87  | 0,74     | 0,74   | 0,74   | 4,84    | 30   |
| 20258532 | 6            | 08/07/2008 13.12. 0,2  | 0,2     | 0,2   | 0,49  | 0,2      | 0,2    | 0,2    | 4,84    | 30   |
| 20258538 | 6            | 08/07/2008 13.18. 0,28 | 0,2     | 0,2   | 0,95  | 0,51     | 0,49   | 0,49   | 4,84    | 30   |
| 20258544 | 6            | 08/07/2008 13.24. 0,22 | 0,2     | 0,2   | 0,76  | 0,54     | 0,54   | 0,54   | 4,84    | 31   |
| 20258550 | 6            | 08/07/2008 13.30. 0,24 | 0,2     | 0,2   | 0,76  | 0,66     | 0,64   | 0,64   | 4,84    | 31   |
| 20258556 | 6            | 08/07/2008 13.36. 0,33 | 0,2     | 0,2   | 1     | 1        | 0,97   | 0,97   | 4,84    | 31   |
| 20258562 | 6            | 08/07/2008 13.42. 0,29 | 0,2     | 0,2   | 1,32  | 0,55     | 0,69   | 0,69   | 4,84    | 31   |
| 20258568 | 6            | 08/07/2008 13.48. 0,29 | 0,2     | 0,2   | 0,99  | 0,59     | 0,59   | 0,59   | 4,84    | 31   |
| 20258574 | 6            | 08/07/2008 13.54. 0,35 | 0,2     | 0,2   | 0,95  | 0,77     | 0,76   | 0,76   | 4,84    | 31   |
| 20258580 | 6            | 08/07/2008 14.00. 0,3  | 0,2     | 0,2   | 0,91  | 0,6      | 0,56   | 0,56   | 4,84    | 30   |
| 20258586 | 6            | 08/07/2008 14.06. 0,33 | 0,2     | 0,2   | 0,91  | 0,81     | 0,76   | 0,76   | 4,84    | 30   |
| 20258592 | 6            | 08/07/2008 14.12. 0,33 | 0,2     | 0,2   | 1,08  | 1,03     | 1,03   | 1,03   | 4,84    | 30   |
| 20258598 | 6            | 08/07/2008 14.18. 0,31 | 0,2     | 0,2   | 0,98  | 0,71     | 0,69   | 0,69   | 4,84    | 30   |
| 20258604 | 6            | 08/07/2008 14.24. 0,33 | 0,2     | 0,2   | 0,92  | 0,78     | 0,78   | 0,78   | 4,84    | 30   |
| 20258610 | 6            | 08/07/2008 14.30. 0,38 | 0,2     | 0,2   | 1,04  | 1,04     | 1,04   | 1,04   | 4,84    | 30   |
| 20258616 | 6            | 08/07/2008 14.36. 0,29 | 0,2     | 0,2   | 0,82  | 0,75     | 0,75   | 0,75   | 4,84    | 30   |
| 20258622 | 6            | 08/07/2008 14.42. 0,38 | 0,2     | 0,2   | 1,03  | 0,65     | 0,69   | 0,69   | 4,84    | 31   |
| 20258628 | 6            | 08/07/2008 14.48. 0,34 | 0,2     | 0,2   | 1,03  | 0,95     | 0,95   | 0,95   | 4,84    | 31   |
| 20258634 | 6            | 08/07/2008 14.54. 0,38 | 0,22    | 0,22  | 1,1   | 1,1      | 1,1    | 1,1    | 4,84    | 31   |
| 20258640 | 6            | 08/07/2008 15.00. 0,28 | 0,2     | 0,2   | 1,05  | 0,57     | 0,56   | 0,56   | 4,84    | 31   |
| 20258646 | 6            | 08/07/2008 15.06. 0,22 | 0,2     | 0,2   | 0,77  | 0,57     | 0,57   | 0,57   | 4,84    | 32   |
| 20258652 | 6            | 08/07/2008 15.12. 0,28 | 0,2     | 0,2   | 0,86  | 0,67     | 0,66   | 0,66   | 4,84    | 31   |
| 20258658 | 6            | 08/07/2008 15.18. 0,23 | 0,2     | 0,2   | 0,77  | 0,65     | 0,65   | 0,65   | 4,84    | 32   |
| 20258664 | 6            | 08/07/2008 15.24. 0,32 | 0,2     | 0,2   | 0,89  | 0,85     | 0,87   | 0,87   | 4,84    | 32   |
| 20258670 | 6            | 08/07/2008 15.30. 0,3  | 0,2     | 0,2   | 0,79  | 0,75     | 0,75   | 0,75   | 4,84    | 33   |
| 20258676 | 6            | 08/07/2008 15.36. 0,32 | 0,2     | 0,2   | 1     | 0,7      | 0,69   | 0,69   | 4,84    | 32   |
| 20258682 | 6            | 08/07/2008 15.42. 0,34 | 0,2     | 0,2   | 0,99  | 0,69     | 0,78   | 0,78   | 4,84    | 32   |
| 20258688 | 6            | 08/07/2008 15.48. 0,31 | 0,2     | 0,2   | 0,89  | 0,66     | 0,66   | 0,66   | 4,84    | 32   |

Εικόνα 7: Η Βάση Δεδομένων

Ο απλός χρήστης μπορεί μέσω internet να επικοινωνήσει με τη βάση δεδομένων και να αναζητήσει και να προβάλει στον υπολογιστή του τις μετρούμενες τιμές ηλεκτρικού πεδίου για οποιαδήποτε χρονικό διάστημα από οποιαδήποτε θέση στην οποία υπάρχει εγκατεστημένος σταθμός μέτρησης, με τη μορφή απλών και κατανοητών διαγραμμάτων. Στα διαγράμματα αυτά ο χρήστης μπορεί να βλέπει την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (μονάδα μέτρησης V/m) για την περιοχή συχνοτήτων από 100 kHz έως 3 GHz. Παράλληλα, στο διάγραμμα εμφανίζονται και τα όρια έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία που έχει θεσπίσει το ελληνικό κράτος, εικόνα 8 (21.69 V/m στην περιοχή συχνοτήτων των FM - αυστηρότερο όριο στη ζώνη συχνοτήτων 100 kHz έως 3 GHz, 33 V/m στην περιοχή συχνοτήτων GSM 900MHz, 46.18 V/m στην περιοχή συχνοτήτων GSM 1800MHz,UMTS).

| Υπηρεσίες                                 | Ένταση Ηλεκτρικού Πεδίου (V/m) |
|---|--------------------------------|
| Ραδιοφωνία FM (88-108 MHz)                | 21.69                          |
| Τηλεόραση VHF (109-300 MHz)               | 21.69                          |
| Τηλεόραση UHF (450-860 MHz)               | 31.23                          |
| Κινητή τηλεφωνία GSM900 (885-960 MHz)     | 33                             |
| Κινητή τηλεφωνία DCS1800 (1710-1880 MHz)  | 46.18                          |
| Κινητή τηλεφωνία τρίτης γενιάς (2100 MHz) | 47.25                          |

Εικόνα 8: Όρια έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία

Οι σταθμοί μέτρησης είναι εξοπλισμένοι με κατάλληλους ανιχνευτές μέτρησης ηλεκτρικού πεδίου (E-field probes), τα οποία καταγράφουν κάθε 3 δευτερόλεπτα την ενεργό τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου και υπολογίζουν τη μέση ενεργό τιμή της για 6 λεπτά (όπως ορίζουν οι οδηγίες EU 1999/519/EC & ICNIRP). Τα όργανα μέτρησης είναι πιστοποιημένα και συμμορφώνονται πλήρως με τα ευρωπαϊκά πρότυπα.

## 5.2 Αρχιτεκτονική και λειτουργία του συστήματος

Η τυπική αρχιτεκτονική του συστήματος απεικονίζεται στην εικόνα 9. Το δίκτυο μας περιλαμβάνει τις εξής δομικές μονάδες: τους απομακρυσμένους σταθμούς μέτρησης (remote measurement stations (RMSs)), την κεντρική μονάδα διαχείρισης και εξυπηρέτησης (server) και το modem. Στη συνέχεια θα αναλύσουμε ξεχωριστά τα δομικά στοιχεία του συστήματός μας, αφού πρώτα παρουσιάσουμε αναλυτικά τη λειτουργία του.

Όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (εικόνα 9), το διάγραμμα ροής για την πληροφορία που θέλουμε να αναπαραστήσουμε στο τέλος, ξεκινά από το .txt αρχείο που στέλνουν οι σταθμοί, το οποίο περιέχει όλες τις μετρήσεις για τη διάρκεια της συγκεκριμένης μέρας. Αυτό λοιπόν το αρχείο προορίζεται για το modem μας, το οποίο αναμένει συγκεκριμένη ώρα από συγκεκριμένο σταθμό αυτήν την πληροφορία. Όταν λοιπόν ολοκληρωθεί η αποστολή του αρχείου (μέσω GSM δικτύου) ο διαχειριστής του συστήματος πρέπει να τροποποιήσει τα δεδομένα του αρχείου έτσι ώστε να γίνετε εύκολα η εισαγωγή των τιμών των μετρήσεων στη βάση δεδομένων. Αυτή ακριβώς τη λειτουργία την κάνει η εφαρμογή Java που φτιάχτηκε. Ο χρήστης επιλέγει με βάση την ημερομηνία το κατάλληλο .txt αρχείο το οποίο η εφαρμογή εισάγει στη βάση μας. Έτσι η βάση μας παραμένει ενημερωμένη. Η λειτουργία αυτή γίνεται και δικτυακά αφού η εφαρμογή είναι στημένη πάνω στον Tomcat, στην πόρτα 81 (η HTTP μας είναι στην default 80). Αφού πλέον η βάση μας είναι ενημερωμένη, πρέπει ο κώδικάς μας να είναι σε θέση να καταλάβει το update της βάσης και να αναπαριστά άμεσα και τα νέα δεδομένα. Αυτό γίνεται εύκολα αφού ορίζουμε στη βάση μας να «ζητήσει» τα δεδομένα από την πρώτη έως την τελευταία της γραμμή (εικόνα 7).

Πως όμως γίνεται η επικοινωνία της βάσης με την php και κατ επέκταση με το σύστημά μας; Στο αρχείο php.ini πρέπει πρώτα να σβήσουμε το ελληνικό ερωτηματικό στο string ;extension=php\_mssql.dll. Με την ενέργειά μας αυτή ενεργοποιούμε την επιλογή του Apache server να επικοινωνεί και να αναπαριστά δεδομένα από βάση MS Sql. Παράλληλα, «ενημερώνουμε» τη γλώσσα μας για τη Β.Δ. που θα χρησιμοποιηθεί με την παρακάτω εντολή:

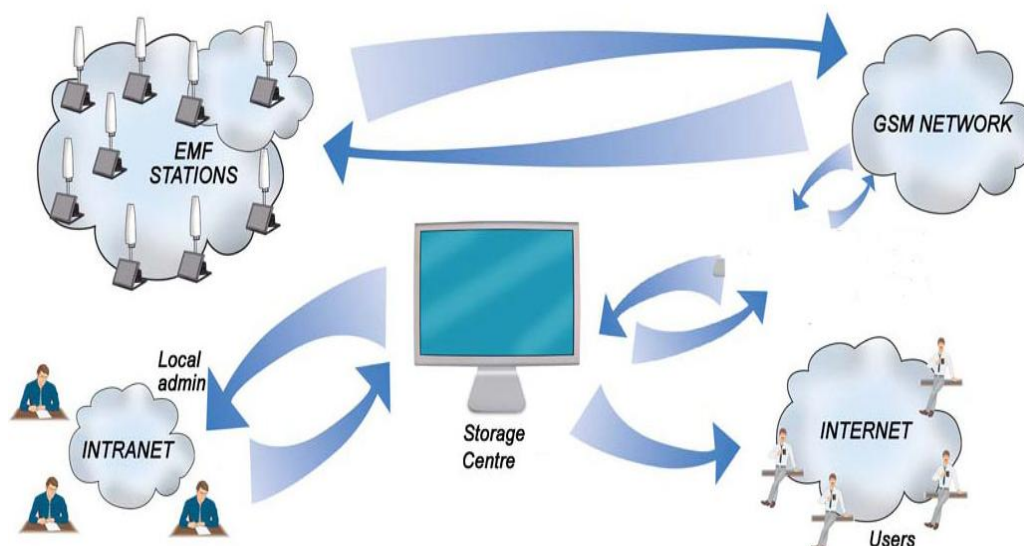
```
$dbhhandle = mssql_connect($sourServer, $sourUser, $sourPassword) ;
```

Στη συνέχεια ενημερώνουμε τη γλώσσα μας για τη συγκεκριμένη βάση του MS Sql server που θα επιλέξουμε να ανακτήσουμε τα δεδομένα, με την παρακάτω εντολή:

```
$selected = mssql_select_db($sourDB, $dbhhandle);
```

Έτσι πλέον, η επικοινωνία του συστήματος με τη βάση μας, γίνεται απλά, γρήγορα και αυτοματοποιημένα.

Έχοντας επιτύχει την επικοινωνία με τη βάση είναι πλέον εύκολο να ζητάμε με διάφορα scripts μέσω της php τις λειτουργίες που θέλουμε κάθε φορά ανάλογα πάντα με τις απαιτήσεις του χρήστη. Τα διαγράμματα με προκαθορισμένο χρονικό ορίζοντα (π.χ. μιας εβδομάδας) εμφανίζονται πάντα στην αρχική μας σελίδα. Σημαντικό είναι να σημειώσουμε ότι για να χρησιμοποιήσει η php τις κατάλληλες συναρτήσεις έχουμε ήδη φορτώσει τις αντίστοιχες βιβλιοθήκες της, σβήνοντας το ελληνικό ερωτηματικό από το string `;extension=php_gd2.dll` του αρχείου `php.ini` του Apache server. Έτσι η βιβλιοθήκη `gd2` είναι «φορτωμένη». Τα συγκεκριμένα γραφήματα δεν τρέχουν με τη `gd1` βιβλιοθήκη. Επίσης δεν τρέχουν αν δεν σβήσουμε το ερωτηματικό στο string `;short_open_tag = Off` του αρχείου `php.ini`. Μετά από όλες αυτές τις κινήσεις και το σχεδιασμό ο μηχανικός του συστήματός μας είναι σε θέση να τρέξει τα γραφήματα εύκολα και ανάλογα με τα χρονικά διαστήματα που ζητάει ο χρήστης. Υπάρχουν κάποια default templates των γραφημάτων τα οποία ανάλογα με τις τιμές από τη βάση αυξομειώνουν τις μπάρες για να βλέπει τελικά ο χρήστης τις αριθμητικές και γραφικές λεπτομέρειες που αναζητά. Με τον τρόπο που περιγράψαμε παραπάνω λειτουργεί το σύστημά μας «πίσω» από αυτά που βλέπει ο χρήστης.



Εικόνα 9: Η αρχιτεκτονική του συστήματος

### 5.2.1 Remote Measurement Stations (RMSs)

Το Area Monitor AMB-8057 προσφέρει αξιόπιστες, αλλά κυρίως μετρήσεις από όλη τη διάρκεια της ημέρας της ενεργού έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (με μέση τιμή εξαλέπτου) με διαθέσιμο εύρος συχνοτήτων από 100 kHz έως 3 GHz, με 4 προκαθορισμένα πεδία συχνοτήτων (GSM 900, 1800 MHz, UMTS, Broadband 100 KHz έως 3 GHz). Όλοι οι σταθμοί είναι συνδεδεμένοι σε ένα GSM δίκτυο και μέσω αυτού γίνεται η μεταφορά των δεδομένων (των μετρήσεων) αλλά και η επικοινωνία των σταθμών με το διαχειριστή μέσω SMS. Αυτή η επιλογή του δικτύου, μας δίνει εξαιρετικής σημασίας δυνατότητες για την επιτυχή, έγκαιρη και αξιόπιστη υλοποίησή μας. Συγκεκριμένα επιτυγχάνεται η κάλυψη οποιουδήποτε γεωγραφικού ελληνικού διαμερίσματος ανεξάρτητα από γεωγραφικές ιδιαιτερότητες, αποστάσεις, εκτάσεις κτλ.

Η τροφοδοσία του σταθμού δεν απαιτεί καμία επιπλέον εξωτερική συσκευή. Αντίθετα επιτυγχάνεται με το Solar Panel αξιοποιώντας την ηλιακή ενέργεια η οποία στη χώρα μας υπάρχει σε αφθονία, ιδιαίτερα στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου. Για χρονικά διαστήματα που δεν μπορεί να επιτευχθεί τροφοδοσία από την παρεχόμενη ηλιακή ενέργεια, η τροφοδοσία επιτυγχάνεται από την εμφωλευμένη μπαταρία Li-Ion η οποία μπορεί να διαρκέσει προσεγγιστικά μέχρι 70 μέρες, είναι επαναφορτιζόμενη και έχει φορτιστεί αρχικά με το άνοιγμα του σταθμού. Το βάρος του σταθμού περιορίζεται σε κάτω από 3 κιλά κάτι που αυξάνει την ευελιξία της κατασκευής. Ο σχεδιασμός του μετρητικού περικλείει όλες τις επιμέρους συσκευές σε μία, η οποία έχει τα εξής μεγέθη: 60mm διάμετρο και 780mm μήκος και καλύπτεται από πλαστικό ανθεκτικό περίβλημα. Αυτές οι εσωτερικές συσκευές είναι: το GSM modem για την επικοινωνία με τον κεντρικό εξυπηρετητή, η μνήμη για να αποθηκεύονται τα δεδομένα για ορισμένο χρονικό διάστημα καθώς και οι επιμέρους ρυθμίσεις τις συσκευής, οι αισθητήρες για τον υπολογισμό της θερμοκρασίας και της υγρασίας και το probe το οποίο είναι ουσιαστικά το όργανο που μετράει τις τιμές της έντασης του πεδίου.

### 5.2.2 Το μετρητικό NARDA-AMB 8057

Στη συνέχεια παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή-αξιολόγηση του μετρητικού που επιλέχθηκε για την υλοποίηση του προγράμματος, καθώς επίσης και το πρώτο στάδιο της εγκατάστασης και ανεπίσημης λειτουργίας του σταθμού, με σκοπό την αξιολόγηση και την προετοιμασία για τη δημοσίευση των αποτελεσμάτων.



Εικόνα 11: Το Narda-AMB 8057

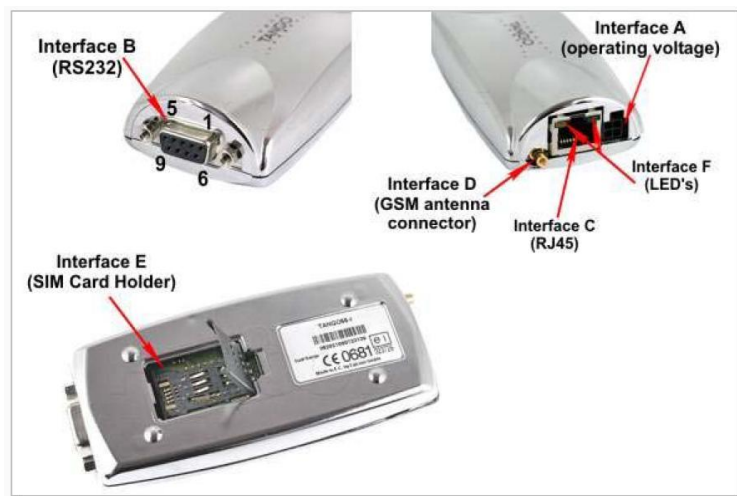
Η εγκατάσταση του σταθμού πραγματοποιήθηκε στις 6/3/2008 στην ταράτσα κτιρίου του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου από τους Μηχανικούς κ. Δρ Βουγιούκα Δημοσθένη και Μακρή Πρόδρομο και τους Τεχνολόγους Μηχανικούς Νικολάου Δημήτριο και Καλατζή Γεώργιο.

Σκοπός και αυτής της εγκατάστασης ήταν η μελέτη λειτουργίας του σταθμού έτσι ώστε να προκύψουν ασφαλή συγκρίσιμα συμπεράσματα για την αξιοπιστία, τη

λειτουργικότητα και την αποτελεσματικότητα του μετρητικού κάτω από όλες τις συνθήκες. Παράλληλα, οποιαδήποτε παρατήρηση καταγράφηκε άμεσα για την τελική αξιολόγηση.

### 5.2.3 Το modem Tango 55 (Επικοινωνία μεταξύ των δομικών στοιχείων)

Για να επιτευχθεί η επικοινωνία μεταξύ των δομικών στοιχείων της αρχιτεκτονικής χρησιμοποιείται το υπάρχον δίκτυο GSM. Συγκεκριμένα οι σταθμοί οι οποίοι όπως είπαμε πριν έχουν εμφωλευμένο modem, επικοινωνούν με τον κεντρικό εξυπηρετητή με το εξωτερικό modem Tango 55 που είναι εγκατεστημένο στον εξυπηρετητή.



Εικόνα 10: Το Tango 55 GSM modem και οι διεπαφές του

### 5.3 Εγκατάσταση Magnetic Probe

Κατά την εγκατάσταση του μετρητικού και μετά από λεπτομερή παρακολούθηση καταγράφηκαν οι παρακάτω παρατηρήσεις σχετικά με τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του σταθμού.

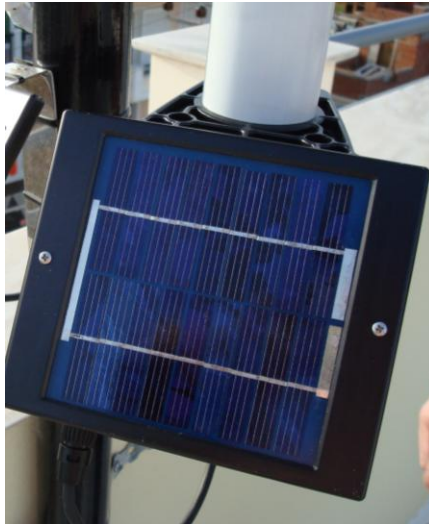
- Είναι τοποθετημένος μέσα σε ειδικό πλαστικό χώρο, ο οποίος είναι καλά μονωμένος και έτσι δεν υπάρχει κίνδυνος από καιρικά φαινόμενα. Συγχρόνως δεν υπάρχουν καλώδια που είναι εκτεθειμένα.
- Δένεται αξιόπιστα από την κατασκευή της εταιρίας γεγονός που έχει αποτέλεσμα τη σταθερότητα του όλου μηχανισμού, καθώς και την καλαισθησία της κατασκευής στο χώρο.
- Η κάρτα SIM είναι κρυμμένη επιμελώς εσωτερικά και έτσι δεν είναι εμφανής σε κάθε τυχόντα.





*Εικόνα 12: Η τοποθέτηση της κάρτας SIM*

- Ο σταθμός κλείνει εύκολα για να εισάγουμε ξανά δεδομένα, με τη χρήση μικρού λεβιέ, ο οποίος και αυτός είναι εσωτερικός και μη εμφανής.
- Η γενικότερη δομή του μετρητικού είναι σαφώς μικρή με αποτέλεσμα την ευχρηστία και την καλαισθησία.
- Μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε μέρος στην άκρη μίας ταρατσας γεγονός που του δίνει τη δυνατότητα να παρέχει καλύτερες και ορθότερες μετρήσεις. Είναι γνωστό άλλωστε ότι τέτοιου είδους σταθμοί μέτρησης δεν πρέπει να βρίσκονται κοντά σε τοίχους και όσο το δυνατόν πιο μακριά από το κτίριο. Το Narda-AMB 8057 μπορεί να τοποθετηθεί άνετα και αξιόπιστα στις άκρες των κτιρίων λόγω του ιδιαίτερα χρηστικού ιστού που παρέχεται (βλ. αντίστοιχες εικόνες).
- Το solar panel δεν αποτελεί ξεχωριστό κομμάτι αλλά ενσωματώνεται αξιόπιστα και σταθερά στον ιστό της κατασκευής.



Εικόνα 13: Το Solar Panel σταθεροποιημένο πάνω στον ιστό

## 5.4 Εγκατάσταση του λογισμικού

| # | Station Identifier (Name) | Telephone Number | Last Link      | Links | Alarm  |
|---|---------------------------|------------------|----------------|-------|--------|
| 1 | Lymberis                  | 6975855757       | 09/04/08 23.01 | 14/20 | UnLock |

**New Station**

Station Identifier (Name):

Telephone number:

Scheduled Call Time:   Generate Call

Device PassWord:

Automatic DownLoad  
 PC Answering  
 PC Calling

Remove Station  
 Hide digits  
 Auto ASCII File  
 Autoload Events

June 2008

| Mon | Tue | Wed | Thu | Fri | Sat | Sun |         |
|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|---------|
| 26  | 27  | 28  | 29  | 30  | 31  | 1   | Week 21 |
| 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | 7   | 8   | Week 22 |
| 9   | 10  | 11  | 12  | 13  | 14  | 15  | Week 23 |
| 16  | 17  | 18  | 19  | 20  | 21  | 22  | Week 24 |
| 23  | 24  | 25  | 26  | 27  | 28  | 29  | Week 25 |
| 30  | 1   | 2   | 3   | 4   | 5   | 6   | Week 26 |

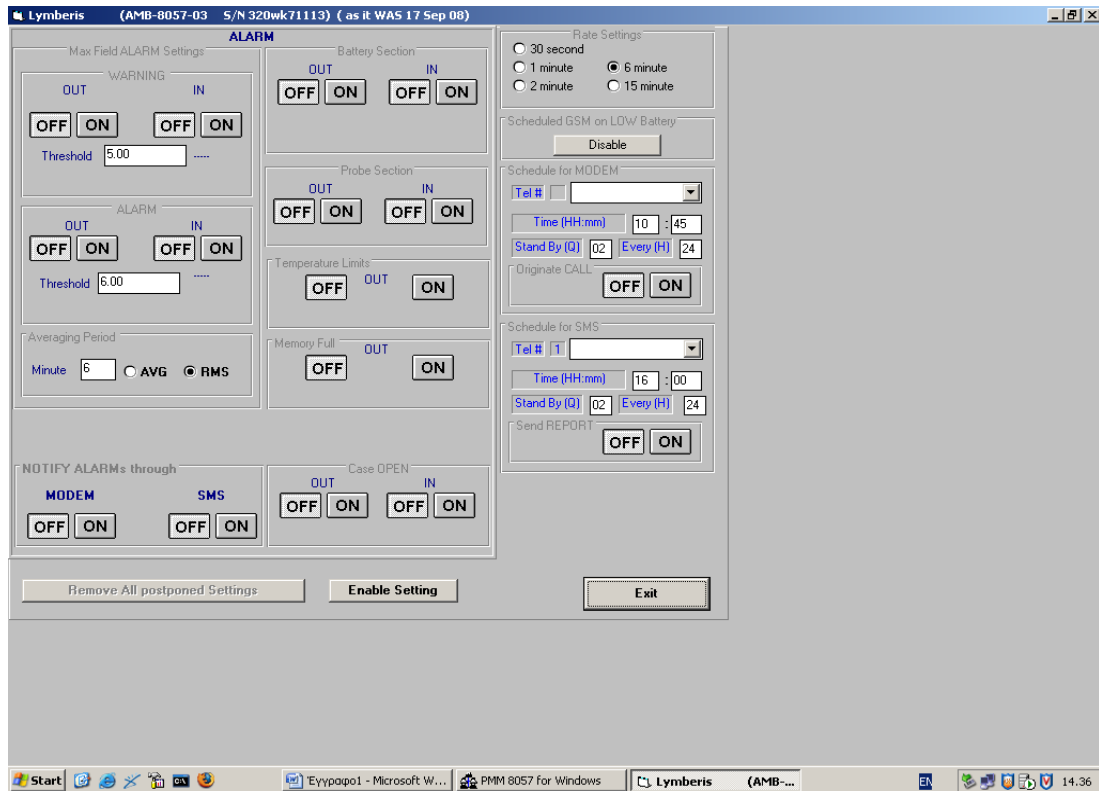
Data Management

Εικόνα 14: Το κύριο μενού επιλογών για τις απαραίτητες ρυθμίσεις και παραμετροποίηση του σταθμού

- Το παρεχόμενο manual από την εταιρία κατασκευής είναι κατατοπιστικό με αποτέλεσμα τη σχετική ευκολία στην εγκατάσταση του software.



- Συγχρόνως το software είναι ιδιαίτερα παραμετροποιήσιμο και ευέλικτο γεγονός που σημαίνει την τροποποίηση του ανάλογα με τις ανάγκες της κάθε εφαρμογής. Δίνει πολλές δυνατότητες και επιλογές στο διαχειριστή για τον τρόπο που θέλει να δέχεται τα δεδομένα, το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί ανάμεσα σε κάθε καταγραφή, το χρόνο που το μετρητικό θα είναι σε αναμονή ενώ αυτοματοποιεί και μέθοδο για γραφική απεικόνιση των δεδομένων.



Εικόνα 15: Το μενού παραμετροποίησης του σταθμού

- Η πρόσβαση στα δεδομένα είναι πολύ εύκολη επειδή το πρόγραμμα από μόνο του δημιουργεί γραφικό πίνακα ανά μέρα, εβδομάδα και μήνα. Παράδειγμα ενός παραγόμενου txt αρχείου φαίνεται στο παρακάτω screenshot και αφορά τις μετρήσεις στις 21-03-2008.
- Παρέχει δυνατότητα απομακρυσμένου ελέγχου για τη λειτουργία του μετρητικού μέσω απλών SMS με άμεση απόκριση.
- Τα alarm messages που μπορεί το μετρητικό να στείλει είναι πάρα πολλών ειδών και έτσι αν κάποια παράμετρος έχει ξεπεράσει τα όρια που έχουν δοθεί ειδοποιείται ο διαχειριστής ακόμα και για την παραμικρή μη ομαλή λειτουργία.(εφόσον ο διαχειριστής το επιθυμεί)
- Κατά την εισαγωγή μας στο λογισμικό δεν ζητείται εισαγωγή κωδικού. Έτσι απαιτείται αυξημένη προσοχή και άλλες πολιτικές ασφάλειας για την αποφυγή κακόβουλων επισκέψεων. Για οποιαδήποτε αλλαγή στις παραμέτρους, αφού





Εικόνα 17: Η τελική όψη του σταθμού στο Καρλόβασι Σάμου (Narda AMB 8057)

## 5.6 Παρουσίαση του προγράμματος αυτόματης 24ωρης καταγραφής της Η/Μ ακτινοβολίας

Στην ενότητα αυτή θα παρουσιαστεί το πρόγραμμα αυτόματης 24ωρης καταγραφής της Η/Μ ακτινοβολίας. Η σχετική ιστοσελίδα για το νομό Σάμου είναι φυσικά διαθέσιμη στο κοινό και μπορεί κάποιος να αναζητήσει πληκτρολογώντας τη διεύθυνση <http://pedion24.aegean.gr/samos/>.

Όταν ο χρήστης «ζητήσει» τη συγκεκριμένη διεύθυνση τότε το μενού που θα το επιστραφεί είναι το εξής:

Αν μετρήσεων ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας - Αποτελέσματα μετρήσεων - Mozilla Firefox

Ιστορικό Σελιδοδείκτης Εργαλεία Βοήθεια

<http://pedion24.aegean.gr/samos/>

pedion24

ΑΡΧΙΚΗ ΣΕΛΙΔΑ ΠΑΡΟΡΘΟΡΙΕΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ  
ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

Πρόγραμμα Συναγών Μετρήσεων  
Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας

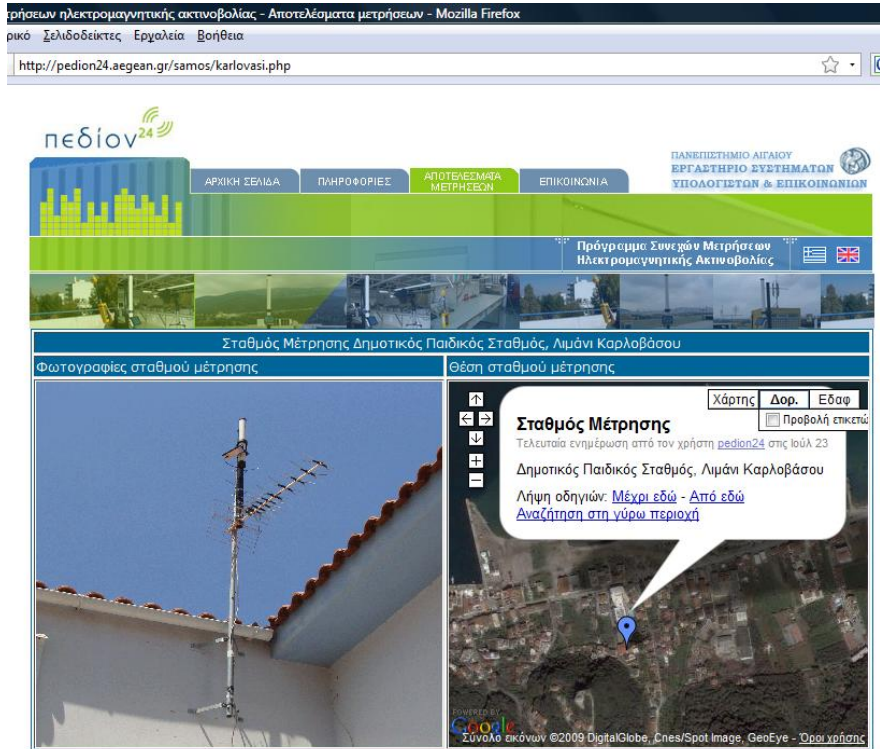
**Νομός Σάμου**  
**Δήμος Καρλοβάσου**

Οι δήμοι που έχουν εγκατεστημένους σταθμούς του pedion24 είναι χρωματισμένοι με πράσινο. Κάνοντας κλικ πάνω τους μπορείτε να δείτε τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Ε.Μ.Π - Εργαστήριο Κινητών Ραδιοπικοινωνιών, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχ. & Μηχ. Υπολογιστών  
Α.Π.Θ - Εργαστήριο Ραδιοπικοινωνιών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής  
Παν. Αιγαίου - Εργαστήριο Συστημάτων Υπολογιστών και Επικοινωνιών, Τμήμα Μηχανικών Π.Ε.Σ.

Εικόνα 18: Το κεντρικό μενού

Οδηγώντας ο χρήστης το ποντίκι είτε πάνω στο πρασιτισμένο μέρος του χάρτη είτε στο Δήμο Καρλοβάσου, ζητά τις διαθέσιμες μετρήσεις για το συγκεκριμένο δήμο. Έτσι άμεσα βλέπει φωτογραφίες από την εγκατάσταση του σταθμού και τον ακριβή γεωγραφικό προσανατολισμό από δορυφόρο:



Εικόνα 19: Σταθμός Καρλοβάσου

Συνεχίζοντας προς τα κάτω ο χρήστης μπορεί να δει δύο πίνακες με διάφορες πληροφορίες του σταθμού.

Στον πρώτο πίνακα παρουσιάζονται τα στοιχεία για το συγκεκριμένο σταθμό, δηλαδή η διεύθυνση, το γεωγραφικό μήκος, το πλάτος και το υψόμετρο, την ημερομηνία έναρξης λειτουργίας του σταθμού, τη θερμοκρασία στο γύρω περιβάλλον του σταθμού (σύμφωνα με την τελευταία ενημέρωση), ενώ τέλος παρέχεται και η ημερομηνία και ώρα της τελευταίας ενημέρωσης.

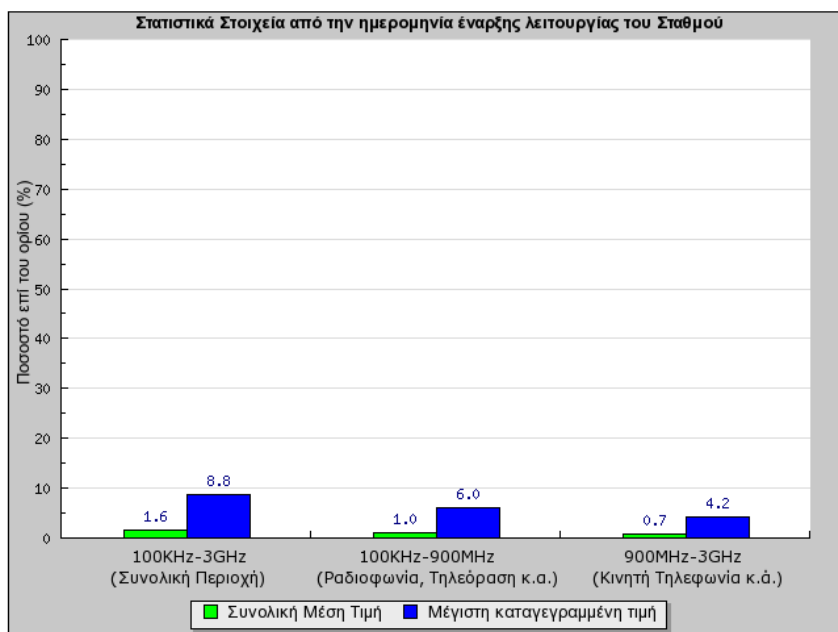
| Στοιχεία Σταθμού                    |   |
|-------------------------------------|---|
| Διεύθυνση                           | Δημοτικός Παιδικός Σταθμός, Λιμάνι Καρλοβάσου |
| Γεωγραφικό μήκος, πλάτος / Υψόμετρο | 37.793575, 26.689653 / 11m                    |
| Ημερομηνία έναρξης λειτουργίας      | 08 Ιουλίου 2008                               |
| Θερμοκρασία (τελ. ενημ.*)           | 17 °C   |
| Τελευταία ενημέρωση                 | 21 Νοε 2008 4:00PM                            |

| Ενεργός ένταση ηλεκτρικού πεδίου (μέση τιμή εξαλέπτου) |                          |                 |  |                                   |  |
|--|--------------------------|-----------------|--|-----------------------------------|--|
| Περιοχή Συχνοτήτων                                     | Αυστηρότερο όριο (V/m) 🟢 | Μέση τιμή (V/m) | Ποσοστό επί του ορίου (Φορές κάτω από το όριο) 🟢 | Μέγιστη καταγεγραμμένη τιμή (V/m) | Ποσοστό επί του ορίου (Φορές κάτω από το όριο) 🟢 |
| 100kHz - 3GHz  | 21.69                    | 0.34            | 1.57% (63.79)                                    | 1.9                               | 8.76% (11.42)                                    |
| 100kHz - 900MHz (Ραδιοφωνία-Τηλεόραση)                 | 21.69                    | 0.22            | 1.01% (98.59)                                    | 1.29                              | 5.95% (16.81)                                    |
| 900MHz - 3GHz (Κινητή τηλεφωνία)                       | 31.95                    | 0.22            | 0.69% (145.23)                                   | 1.33                              | 4.16% (24.02)                                    |

Εικόνα 20: Στοιχεία σταθμού

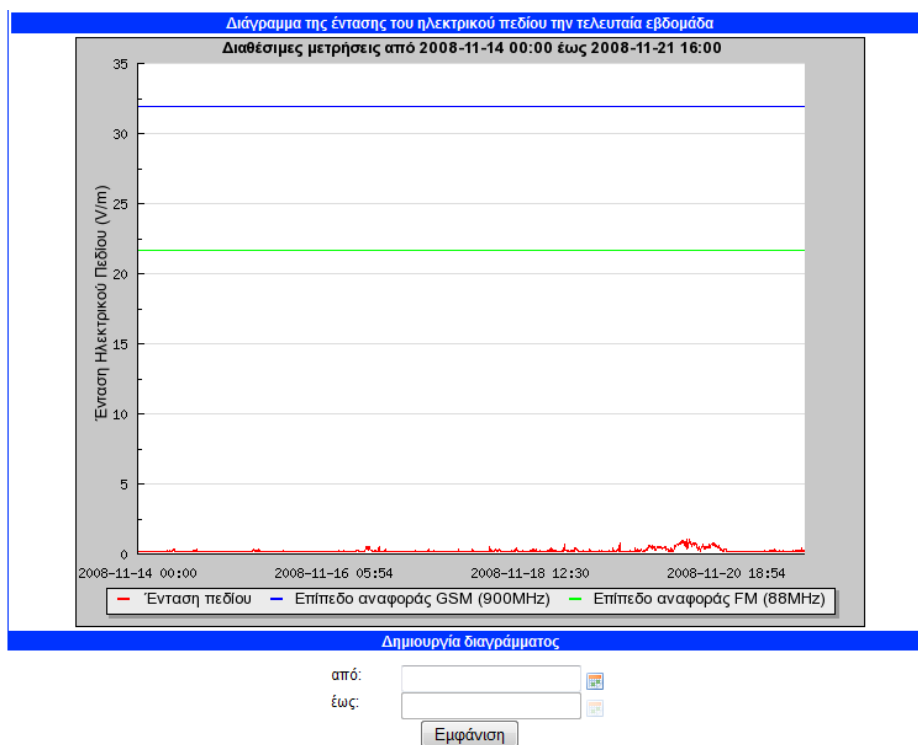
Στο δεύτερο πίνακα γίνεται παρουσίαση ανά περιοχή συχνοτήτων (100KHz-3GHz συνολική περιοχή, 100KHz-900MHz ραδιοφωνία, τηλεόραση και 900KHz-3GHz κινητή τηλεφωνία) των στατιστικών στοιχείων και πιο συγκεκριμένα του αυστηρότερου μετρηθέντος ορίου σε V/m, τη μέση τιμή για κάθε μπάντα, το ποσοστό επί του ορίου και μέσα στην παρένθεση πόσες φορές είναι αυτό κάτω από το όριο, τη μέγιστη καταγεγραμμένη τιμή για μέσο όρο εξαλέπτου σε V/m, και τέλος το ποσοστό επί του ορίου και μέσα στην παρένθεση πόσες φορές είναι η τιμή αυτή κάτω από το όριο. Πατώντας κάποιος στα πράσινα ερωτηματικά που παρατηρεί εμφανίζονται τα σχετικά όρια που έχουν παρουσιαστεί νωρίτερα.

Στη συνέχεια, είναι διαθέσιμα όλα τα στατιστικά στοιχεία (Εικόνα 21) από την ημερομηνία έναρξης λειτουργίας του σταθμού που αναλύθηκαν προηγουμένως με τη μορφή γραφήματος. Ο άξονας X αναπαριστά τη μπάντα των συχνοτήτων χωρισμένη σε τρία μέρη που αναφέρθηκαν παραπάνω, ενώ ο άξονας Y αναπαριστά το ποσοστό επί του ορίου των μετρηθέντων τιμών. Στο γράφημα κυριαρχούν δύο ειδών μπάρες: η πράσινη που αφορά τη Συνολική μέση τιμή (V/m) και η μπλε που αφορά τη μέγιστη καταγεγραμμένη τιμή εξαλέπτου:



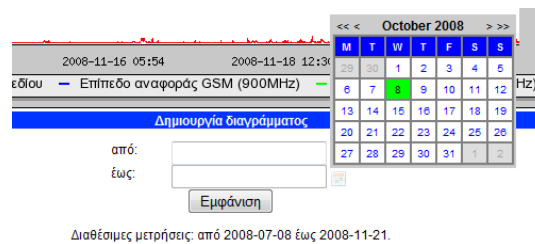
Εικόνα 21: Στατιστικά στοιχεία από την ημερομηνία έναρξης λειτουργίας του σταθμού

Ακριβώς κάτω από αυτό το γράφημα παρουσιάζονται οι διαθέσιμες μετρήσεις της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου της τελευταίας χρονικά εβδομάδας (Εικόνα 22). Ο άξονας X αναπαριστά το χρονικό διάστημα της εβδομάδας, ενώ ο Y την ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (V/m). Με κόκκινο χρώμα αναπαριστώνται οι μεταβολές στην τιμή της έντασης, με πράσινο το επίπεδο αναφοράς FM (88MHz), και με το μπλε το επίπεδο αναφοράς GSM (900MHz):



Εικόνα 22: Διάγραμμα έντασης ηλεκτρικού πεδίου την τελευταία εβδομάδα

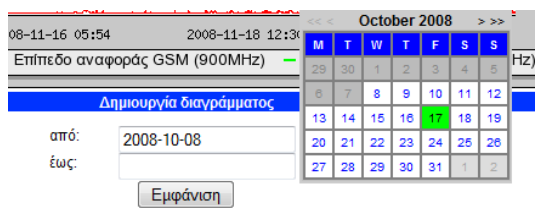
Ο χρήστης κάτω από αυτό το γράφημα έχει τη δυνατότητα να επιλέξει πλέον μόνος του τις ημερομηνίες για τις οποίες θέλει να δει τα σχετικά γραφήματα. Αυτό γίνεται με το ημερολόγιο (Εικόνα 23):



Διαθέσιμες μετρήσεις: από 2008-07-08 έως 2008-11-21.

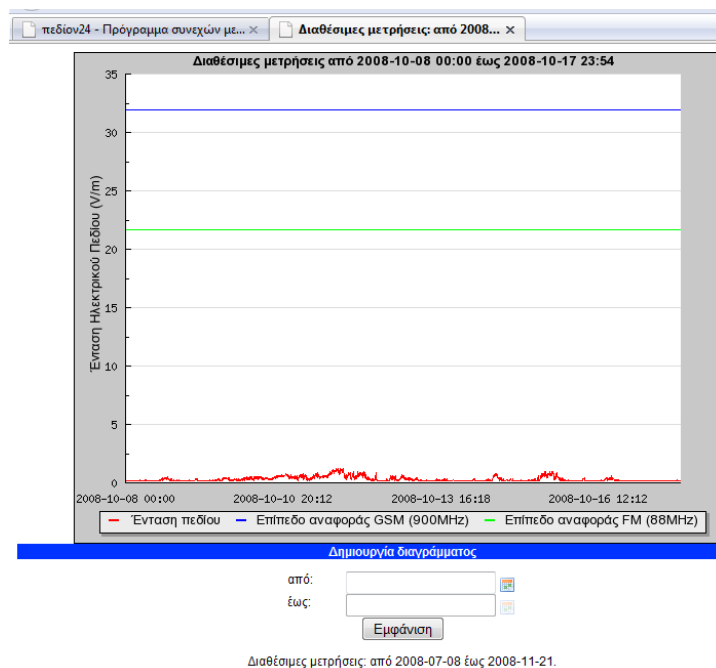
Εικόνα 23: Το πρώτο ημερολόγιο

Στο δεύτερο ημερολόγιο (Εικόνα 24) στο οποίο ο χρήστης επιλέγει την καταληκτική ημερομηνία αν για παράδειγμα θέλει να δει τις μετρήσεις από 8/10/2008 (όπως φαίνεται και στο screenshot) τότε το δεύτερο ημερολόγιο (όπως φαίνεται και παρακάτω) δεν τον «αφήνει» να επιλέξει προηγούμενη ημερομηνία, απενεργοποιώντας ουσιαστικά όλες τις ημερομηνίες πριν από αυτήν που διάλεξε ήδη στο πρώτο:



Εικόνα 24: Το δεύτερο ημερολόγιο

Τέλος, πατώντας το κουμπί Εμφάνιση ανακτώνται τα αποτελέσματα για της ζητούμενες ημερομηνίες:



Διαθέσιμες μετρήσεις: από 2008-07-08 έως 2008-11-21.

Εικόνα 25: Διαθέσιμες μετρήσεις συγκεκριμένης ημερομηνίας



Φυσικά αν ο χρήστης θέλει μπορεί να επιλέξει γράφημα μόνο για μία ημέρα. Επίσης, για μερικούς σταθμούς, όπως και για το συγκεκριμένο της Σάμου, υπάρχουν και μετρήσεις στενής ζώνης. Ο χρήστης αποκτά πρόσβαση κάνοντας κλικ πάνω στο πράσινο σημάκι (Εικόνα 26):

Δημιουργία διαγράμματος

από: 2008-10-08

έως:

Εμφάνιση

Διαθέσιμες μετρήσεις: από 2008-07-08 έως 2008-11-21.

Γι αυτό το σταθμό υπάρχουν μετρήσεις στενής ζώνης

πεδίων

Ε.Μ.Π. - Εργαστήριο Κινητών Ραδιοεπικοινωνιών, Σχολή Ηλεκτρολόγων Μηχ. & Μηχ. Υπολογιστών  
Α.Π.Θ. - Εργαστήριο Ραδιοεπικοινωνιών, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Φυσικής  
Παν. Αιγαίου - Εργαστήριο Συστημάτων Υπολογιστών και Επικοινωνιών, Τμήμα Μηχανικών Π.Ε.Σ.

Εικόνα 26: Η επιλογή για τις μετρήσεις στενής ζώνης

Το επόμενο μενού μας πληροφορεί για το ποιες είναι οι διαθέσιμες ημερομηνίες για τις οποίες υπάρχουν μετρήσεις στενής ζώνης.

### 5.6.1 Ad Hoc μετρήσεις

Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται με σκοπό την καταγραφή των επιπέδων της εκπεμπόμενης ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και την εξακρίβωση της συμμόρφωσης ή όχι με τα όρια ασφαλούς έκθεσης του κοινού που αναλύθηκαν σε προηγούμενη παράγραφο.

Ο τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία ορίζεται στην υπ' αριθ. 2300 ΕΦΑ (493) Κ.Υ.Α. (ΦΕΚ 346/Β/3-3-2008). Οι μετρήσεις πραγματοποιούνται σύμφωνα με τα παρακάτω πρότυπα:

- ΕΛΟΤ EN 61566:1999 «Μετρήσεις της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνότητας – Ένταση πεδίου στην περιοχή συχνοτήτων 100 kHz έως 1 GHz»
- ΕΛΟΤ EN 50383, 2003 “Βασικό πρότυπο για τον υπολογισμό και την μέτρηση έντασης του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και του SAR σχετικά με την έκθεση του ανθρώπου σε ραδιοσταθμούς βάσης και σταθερούς τερματικούς σταθμούς για ασύρματα τηλεπικοινωνιακά συστήματα (110 MHz - 40 GHz)”
- ΕΛΟΤ EN 50400, 2006 “Βασικό πρότυπο για την επίδειξη συμμόρφωσης σταθερού εξοπλισμού για ραδιομετάδοση (110MHz-40GHz) που προορίζεται να χρησιμοποιηθεί σε ασύρματα τηλεπικοινωνιακά δίκτυα με τους βασικούς περιορισμούς ή τις στάθμες αναφοράς σχετικά με την έκθεση γενικού πληθυσμού στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία ραδιοσυχνοτήτων, όταν πρόκειται να τεθούν σε υπηρεσία”
- CEPT Revised ECC/REC/(02)04, “Measuring non-ionising electromagnetic radiation (9 kHz – 300 GHz)”
- ETSI EG 202 373 V.1.1.1, 2005 “Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Guide to the methods of measurement of Radio Frequency (RF) fields”
- IEEE Std C95.3-2002, «IEEE Recommended Practice For Measurements and Computations of Radio Frequency Electromagnetic Fields with Respect to Human Exposure to Such Fields, 100kHz-300GHz»



- Ελληνικό πρότυπο ΕΛΟΤ 1422-3, 2007 «Συνεγκατάσταση κεραιών ραδιοεπικοινωνιών - Μέρος 3: Τεχνικές Δοκιμών και Μετρήσεων - Όρια», Έκδοση 1η
- ΕΛΟΤ EN 50420, 2006 “Βασικό πρότυπο για την αποτίμηση της έκθεσης του ανθρώπου στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία από αυτόνομο πομπό ευρυεκπομπής (30 MHz - 40 GHz)”.

Πραγματοποιήθηκαν σειρές μετρήσεων που αφορούν τις εντάσεις του ηλεκτρικού πεδίου, του μαγνητικού πεδίου και την πυκνότητα ισχύος, σε σημεία που κρίνεται από το κλιμάκιο της υπηρεσίας μας ότι πρέπει να διεξαχθούν μετρήσεις προκειμένου να ελεγχθούν οι πιο «επιβαρημένες» από πλευράς ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, θέσεις και συνθήκες έκθεσης του κοινού και να διαπιστωθεί η συμμόρφωση ή όχι με τα όρια ασφαλούς έκθεσης που καθορίζονται στην κείμενη νομοθεσία.

## 5.6.2 Εξοπλισμός μέτρησης

Όπως αναλύεται και παρακάτω στην παράγραφο της περιγραφής της διαδικασίας μετρήσεων, το σετ των οργάνων αποτελείται από τρία βασικά μέρη : τον χρησιμοποιούμενο ανιχνευτή – αισθητήρα, τους αγωγούς μεταφοράς δεδομένων και τα μετρητικά όργανα (SRM 3000). Τα χρησιμοποιούμενα όργανα μετρήσεων ακολουθούν και πληρούν τις απαιτήσεις που αναφέρονται στην υπ’ αριθ. 2300 ΕΦΑ (493) Κοινή Απόφαση των Υπουργών Ανάπτυξης και Μεταφορών και Επικοινωνιών, με θέμα «Τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία» (ΦΕΚ 346/Β/3-3-2008).

### Το σύστημα SRM 3000



Εικόνα 27: Το SRM 3000

Για τις συχνοεπιλεκτικές μετρήσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, χρησιμοποιείται το όργανο SRM – 3000 της εταιρείας Narda, με χρήση κατάλληλου ιστροπικού ανιχνευτή. Το σύστημα αυτό επιτρέπει την πλήρη ανάλυση του συχνοτικού περιεχομένου των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην περιοχή συχνοτήτων από 100 kHz έως 3 GHz. Συγκεκριμένα, συσχετίζει αυτόματα τα αποτελέσματα των

μετρήσεων με υπηρεσίες τηλεπικοινωνιών, σύμφωνα με τις χορηγηθείσες άδειες χρήσης φάσματος από την αρμόδια αρχή, καθώς και στις συχνοτικές περιοχές λειτουργίας της ραδιοφωνίας και της τηλεόρασης.

Οι προδιαγραφές των οργάνων μέτρησης είναι οι εξής:

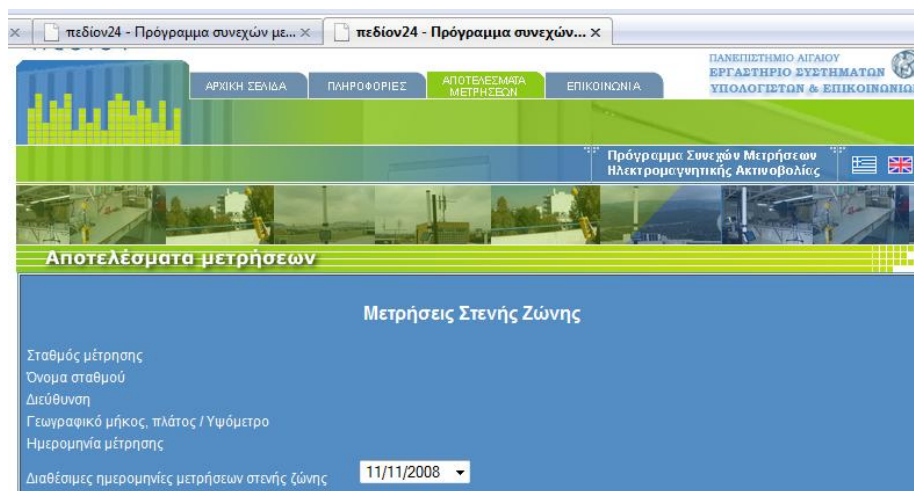
Η Βασική Μονάδα Μετρήσεων είναι το SRM 3000 της εταιρείας NARDA – STS. Πρόκειται για φορητή ψηφιακή μονάδα πεδιομέτρου για ισοτροπικές μετρήσεις, υψηλής ακρίβειας με δυνατότητα συχνοεπιλεκτικών μετρήσεων στην περιοχή συχνοτήτων 100kHz – 3GHz. Το σύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για ευζωνικές μετρήσεις (με ολοκλήρωση σε όλη την μπάντα συχνοτήτων) όσο και για φασματικές αναλύσεις. Τα μετρούμενα μεγέθη είναι η ένταση ηλεκτρικού πεδίου (E) σε V/m, η ένταση μαγνητικού πεδίου (H) σε A/m και η πυκνότητα ισχύος ισοδύναμου επιπέδου κύματος (Seq) σε mW/cm<sup>2</sup> ή W/m<sup>2</sup> ή ως ποσοστό των ορίων έκθεσης.

Με το SRM 3000 εκτός της δυνατότητας αναγνώρισης ή/και ταυτοποίηση των πηγών από τις οποίες εκπέμπεται η μετρούμενη ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία πραγματοποιώντας συχνοτική καταγραφή του πεδίου (χρήση ως αναλυτής φάσματος), παρέχεται και η δυνατότητα ανάλυσης του συνολικά μετρούμενου πεδίου ανά υπηρεσία ή/και ανά περιοχή συχνοτήτων, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περαιτέρω ανάλυση του μετρούμενου πεδίου και τη ακριβέστερη εκτίμηση της πηγής με την μεγαλύτερη συνεισφορά στο μετρούμενο πεδίο ανά σημείο μέτρησης. Έτσι, πραγματοποιώντας την ανάλυση συνεισφοράς πεδίου ή την επί της % ανάλυση συνεισφοράς, υπάρχει ποσοτική εικόνα των επιμέρους συνεισφορών από τις διάφορες φασματικές περιοχές και ταυτοποίηση των πηγών. Για την ανάλυση αυτή είναι απαραίτητη η εισαγωγή στο όργανο πινάκων με προκαθορισμένες φασματικές περιοχές. Στο SRM-3000, υπάρχει και η δυνατότητα αποδιαμόρφωσης των πιλοτικών καναλιών (UMTS P-CPICH) των κυψελών, όπου το SRM δύναται να αποκωδικοποιεί το πιλοτικό κανάλι (P-CPICH – Primary Common Pilot Channel) της κάθε κυψέλης UMTS (UMTS cell) που ανιχνεύεται μέσα στο κανάλι UMTS των 5 MHz. Το όργανο παράγει τα αντίστοιχα αποτελέσματα υπό μορφή πίνακα ο οποίος καθορίζεται σύμφωνα με τους αποκρυπτογραφημένους κώδικες που χρησιμοποιούνται για τον καθορισμό των διαφορετικών κυψελών (cells). Το SRM παρουσιάζει τα αποτελέσματα ως ποσοστό μιας οριακής τιμής ή ως απόλυτες τιμές σε V/m, A/m ή W/m<sup>2</sup> και mW/cm<sup>2</sup>. Μαζί με το αποτέλεσμα της συνολικής έντασης πεδίου που οφείλεται από την αποδιαμόρφωση, το SRM καθορίζει τη συνολική αναλογική ισχύ του καναλιού UMTS που αξιολογείται. Συγχρόνως, το SRM παρουσιάζει τις στιγμιαίες τιμές καθώς και τις μέγιστες τιμές που έχουν εμφανιστεί σε κάθε κυψέλη (cell) από την τελευταία αναστοιχειοθέτηση. Η επιλογή των καναλιών UMTS γίνεται εισάγοντας τη κεντρική συχνότητα του καναλιού ή τον αριθμό του σχετικού καναλιού.

Σχετικά με την αβεβαιότητα μέτρησης του συστήματος SRM-3000 της εταιρείας Narda Safety Test Solutions αναφέρεται ότι ο υπολογισμός της συνολικής αβεβαιότητας μέτρησης (λαμβάνοντας υπόψη τους επιμέρους παράγοντες που συνεισφέρουν σε αυτή – ακρίβεια μέτρησης επιπέδου, απόκριση συχνότητας, γραμμικότητα οργάνου, βαθμονόμηση ανιχνευτή, ανισορροπία και ατελής προσαρμογή του ανιχνευτή με τη βασική μονάδα του SRM-3000) πραγματοποιείται σύμφωνα με τη μέθοδο BIPM (Bureau International des Poids et Mesures – International Bureau of Weights and Measures) που υιοθετείται και από τον οργανισμό ETSI (European Telecommunications Standardization Institute).

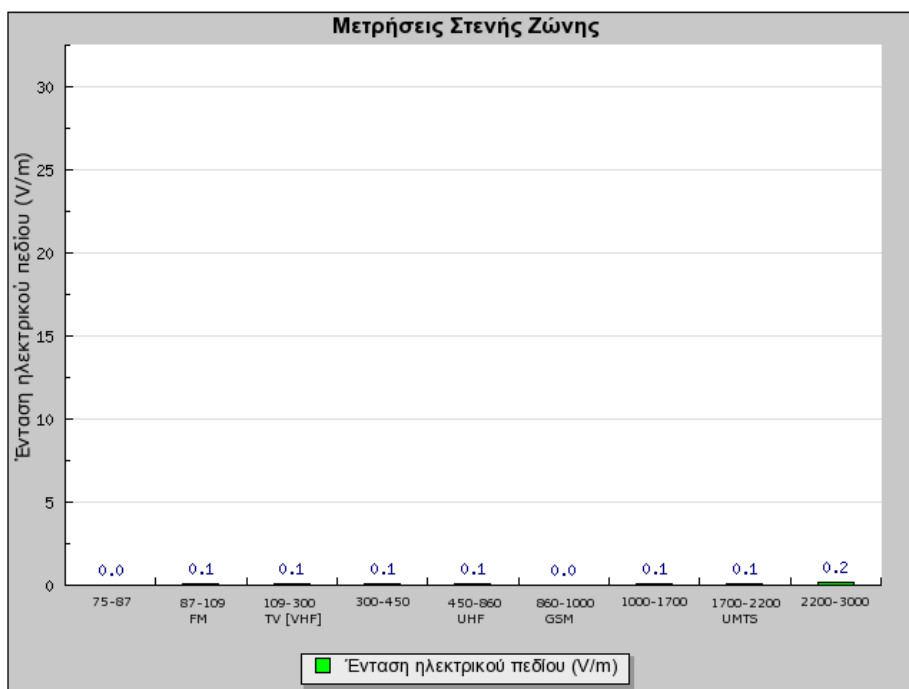
## Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

Από το drop down μενού επιλέγουμε την μέρα για την οποία ενδιαφερόμαστε:



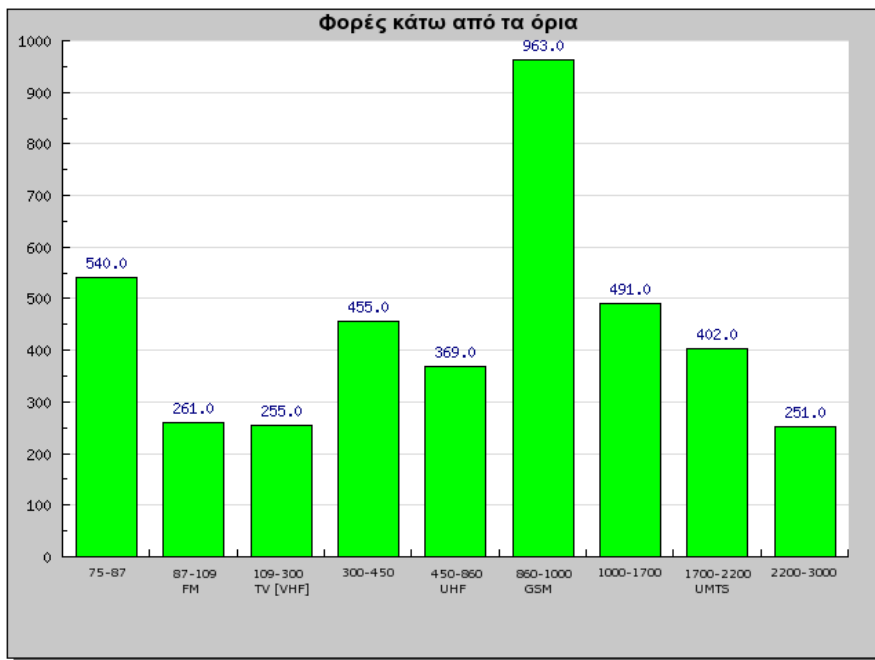
Εικόνα 28: Το drop down μενού

Αφού επιλεγεί η μέρα εμφανίζονται με τη σειρά τα παρακάτω γραφήματα: στο πρώτο ραβδόγραμμα (Εικόνα 29), παρουσιάζεται η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (V/m) για κάθε υποπεριοχή του φάσματος που ελέγχθηκε.



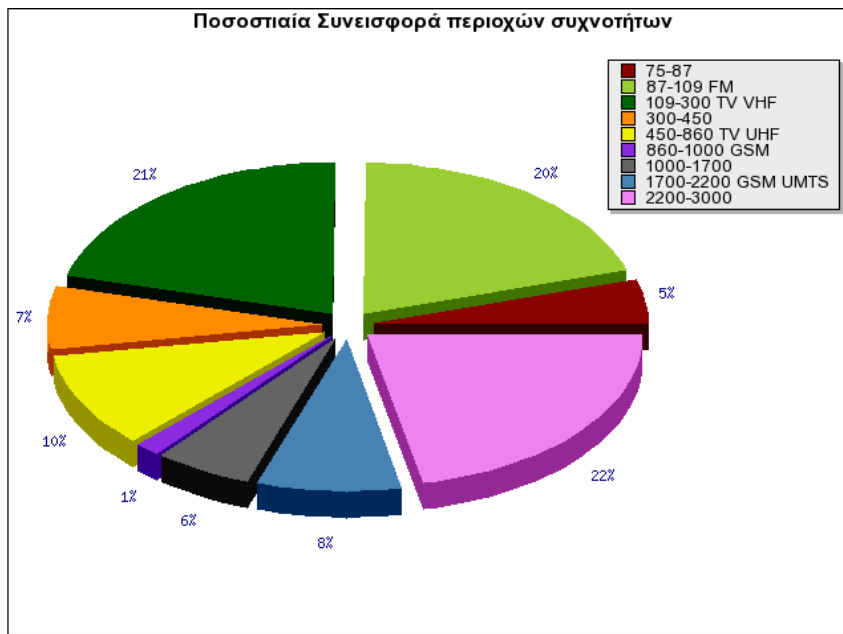
Εικόνα 29: ένταση του ηλεκτρικού πεδίου (V/m) για κάθε υποπεριοχή του φάσματος

Στο δεύτερο ραβδόγραμμα (Εικόνα 30) φαίνεται πόσες φορές κάτω από το αυστηρότερο όριο κάθε φασματικής υποπεριοχής είναι η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε κάθε υποπεριοχή του φάσματος που ελέγχθηκε.



Εικόνα 30: πόσες φορές κάτω από το αυστηρότερο όριο κάθε φασματικής υποπεριοχής είναι η τιμή της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου σε κάθε υποπεριοχή του φάσματος

Στο τρίτο και τελευταίο διάγραμμα (Εικόνα 31) απεικονίζεται η ποσοστιαία συνεισφορά κάθε υποπεριοχής φάσματος στη συνολική ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση για συνθήκες θερμικής επίδρασης.



Εικόνα 31: ποσοστιαία συνεισφορά κάθε υποπεριοχής φάσματος στη συνολική ηλεκτρομαγνητική επιβάρυνση για συνθήκες θερμικής επίδρασης

## 6.0 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Οι λίγες μελέτες που διεξήχθησαν σε ανθρώπινους πληθυσμούς δεν παρέχουν καμία άμεση πληροφορία για τους πιθανούς κινδύνους των κινητών τηλεφώνων. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών είναι δύσκολο να ερμηνευτούν επειδή τα επίπεδα έκθεσης είτε δεν μετρήθηκαν ή ήταν αδύνατον να καθοριστούν από τα δεδομένα που παρέχονταν. Στο θέμα του καρκίνου του εγκεφάλου που συμβαίνει σε χρήστες κινητών τηλεφώνων, είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι τέτοιοι καρκίνοι υπήρχαν πριν την εισαγωγή των κινητών τηλεφώνων. Απλά δεν είναι δυνατόν να αναγνωριστεί η αιτία οποιασδήποτε μεμονωμένης περίπτωσης καρκίνου. Μακροχρόνιες μελέτες για να ερευνηθούν εάν οι χρήστες κινητών τηλεφώνων έχουν μεγαλύτερη ανάπτυξη καρκίνου εγκεφάλου από τον γενικό πληθυσμό, δεν έχουν ολοκληρωθεί. Δεν υπάρχουν στοιχεία ότι η μικροκυματική έκθεση από κινητά τηλέφωνα προκαλεί καρκίνο, μόνο ενδείξεις χωρίς συμπεράσματα ότι τέτοια έκθεση επιταχύνει την ανάπτυξη ενός ήδη υπάρχοντος καρκίνου. Πρέπει να διεξαχθούν περισσότερες έρευνες σε αυτό το θέμα. Δεν υπάρχουν ξεκάθαρες αποδείξεις στον χώρο της επιστήμης ότι η χρήση των κινητών τηλεφώνων αποτελεί έναν μακροχρόνιο δημόσιο κίνδυνο υγείας. Μερικές μεμονωμένες πειραματικές μελέτες έχουν δηλώσει ότι η ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας μπορεί να αρχίσει το σχηματισμό όγκων, να ενισχύσει τις επιδράσεις γνωστών καρκινογόνων ουσιών ή να προωθήσει την αύξηση μεταμοσχευμένων όγκων. Εντούτοις, σε μερικές από αυτές η ένταση ήταν αρκετά υψηλή για να παραγάγει θερμικές επιδράσεις. Η έκθεση σε ραδιοσυχνότητα είναι απίθανο να ενεργήσει ως μνητής όγκων.

Καμία επιδημιολογική μελέτη δεν έχει δείξει ξεκάθαρα ότι η ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας είναι καρκινογόνα. Είναι πολύ δύσκολο για τις επιδημιολογικές μελέτες να αποκλείσουν την πιθανή ύπαρξη ενός μικρού κινδύνου σε ορισμένα υποσύνολα των πληθυσμών. Τα υπάρχοντα όρια έκθεσης και ο θερμικός κίνδυνος, κρατούν τις εκθέσεις πληθυσμών σχετικά χαμηλές, και είναι απίθανο να υπάρχουν οποιεσδήποτε μακροπρόθεσμες εκθέσεις πληθυσμού σε υψηλές δόσεις. Προς το παρόν, οι επαγγελματικές εκθέσεις είναι είτε κάτω από τα όρια, ή εάν είναι υψηλότερες είναι μόνο περιοδικά και είναι υψηλότερες μόνο σε μικρές ομάδες εργαζομένων. Επιπλέον, αν και περίπλοκα όργανα έχει αναπτυχθεί για να μετρηθούν τα επίπεδα ακτινοβολίας ραδιοσυχνότητας, δεν υπάρχει καμία απολύτως ικανοποιητική μέθοδος για να ελέγχονται συνεχώς μεμονωμένες εκθέσεις ή για να υπολογιστούν εκθέσεις σε ακτινοβολία ραδιοσυχνότητας αναδρομικά.

Τι μπορούμε να κάνουμε για να ελαττώσουμε όμως τα πεδία που δεχόμαστε χωρίς να υποβαθμίσουμε την ποιότητα των υπηρεσιών; όταν οι κεραιές είναι λίγες ή δεν είναι ορθά κατανεμημένες δεν μπορούν να εξυπηρετήσουν ταυτόχρονα πολλούς χρήστες σε μία περιοχή. Όσο πυκνότερο είναι το δίκτυο των σταθμών βάσης τόσο χαμηλότερη είναι η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που εκπέμπει η κεραιά, καθώς καλύπτει μικρότερη περιοχή και εξυπηρετεί λιγότερους χρήστες. Επιπλέον, σε ένα πυκνότερο δίκτυο, η απόσταση μας από την κεραιά με την οποία επικοινωνούμε είναι μικρότερη. Επομένως, το σήμα στο κινητό μας είναι καλύτερο και η ηλεκτρομαγνητική ενέργεια που εκπέμπει η συσκευή, προκειμένου να πραγματοποιηθεί η επικοινωνία, είναι χαμηλότερη. Η πυκνωση και η ορθή σχεδίαση του δικτύου σταθμών βάσης είναι απαραίτητη προϋπόθεση για να εκπέμπεται χαμηλότερη ηλεκτρομαγνητική ενέργεια και για να απολαμβάνουμε καλύτερη ποιότητα υπηρεσιών.

Οι μετρήσεις που πραγματοποιηθήκαν στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου, δείχνουν με σιγουριά ότι οι τιμές της έντασης του Η/Μ πεδίου είναι κατά πολύ χαμηλότερες από τα θεσμοθετημένα όρια της Ελληνικής νομοθεσίας.

Εν κατακλείδι χρειαζόμαστε πυκνό δίκτυο κεραιών χαμηλής ισχύος. Όχι υπερβολές στη χρήση του κινητού, ειδικά από τα παιδιά. Μην ξεχνάμε να αποφεύγουμε τη χρήση του όταν έχουμε χαμηλό σήμα. Αν υπάρχει πρόβλημα, αυτό είναι πρώτα στο κινητό, οπότε σε πρώτη προσέγγιση αφήνουμε «ήσυχη» την κεραία. Οι θριαμβολογίες που κατά καιρούς βλέπουμε επειδή κάποιοι πέτυχαν να απομακρύνουν κάποια κεραία είναι δυστυχώς αποτέλεσμα αγνοίας και παραπληροφόρησης, που ατυχώς, επεκτείνονται και σε κλιμάκια ανθρώπων που παίρνουν αποφάσεις.

# Βιβλιογραφία

- [1] Εργαστήριο Μη Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών του τμήματος Εφαρμοσμένης Πληροφορικής και Πολυμέσων, ΤΕΙ Κρήτης, <http://emlab.epp.teiher.gr>
- [2] <http://www.optics.arizona.edu/Nofziger/UNVR195a/Class12/C12P1.htm>
- [3] RF & Microwave Radiation Safety Handbook, Ronald Kitchen
- [4] Saunders, R. D. et al., *Biological effects of exposure to non-ionising electromagnetic fields and radiation: 3 Radiofrequency and Microwave Radiation; Report NRPB-R240 December 1991; ISBN 0-85951-332-7, HMSO Books, London*
- [5] Guy, A. W., *Dosimetry assessment with exposure to non-ionising radiation VLF to Microwave; Health Physics Vol. 53, No. 6, December 1987, pp. 569-58*
- [6] Stuchly, S. S. et al., *Energy Deposition in a Model of Man: Frequency Effects; IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol. BME-33, No. 7, July 1986, pp. B1-B10*
- [7] Speigel, R. J. et al., *Comparison of Finite-Difference Time-Domain SAR Calculations with Measurements in a Heterogeneous Model of Man; IEEE Trans. on Biomedical Engineering, Vol. 36, No. 8, August 1989, pp. 849-855*
- [8] Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, “Μη ιονίζουσα Ηλεκτρομαγνητική Ακτινοβολία-Φυσικές Αρχές-Βιολογικές Επιδράσεις-Κανονισμοί και Όρια Προστασίας”, Επίκουρη Καθηγήτρια Άννη Λουίζη, Αθήνα, Οκτώβριος 2007
- [9] Κινητή Τηλεφωνία και Υγεία-Ερωτήσεις και Απαντήσεις. ΕΕΤΤ
- [10] Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Μηχανικών Η/Υ και Πληροφορικής «Δίκτυα Δημόσιας Χρήσης και Διασύνδεση Δικτύων», Χρήστος Μπούρας
- [11] ΤΕΙ Πειραιά, Τμήμα Ηλεκτρονικής, *Antennas Theory*, Π.Σαβαΐδης
- [12] Poliak D., *Human exposure to electromagnetic fields*
- [13] Repacholi, *Low-Level Exposure to Radiofrequency Electromagnetic Fields: Health Effects and Research Needs*
- [14] Ε. Γεωργίου «Κίνδυνοι στην υγεία από την κινητή τηλεφωνία. Μύθος ή πραγματικότητα». *Ιατρική* 79(1) : 31 -42, 2001
- [15] Boice J., Joseph K., *Epidemiologic Studies of Cellular Telephones and Cancer Risk*
- [16] Hocking B., *Cancer Incidence and Mortality and Proximity to TV Towers*
- [17] <http://www.who.int/en/>
- [18] <http://www.eeae.gr>
- [19] *A report to the Director General of Health of France, Mobile Telephones: Base Stations and Health*
- [20] U.K. Independent Expert Group on Mobile Phones and Health, [IEGMP] “Stewart report”, πρώτη έκδοση 11 Μαΐου 2000
- [21] <http://www.fda.gov/>
- [22] *Advisory Group on Non-Ionising Radiation (AGNIR)*
- [23] <http://www.biomedexperts.com>
- [24] <http://www-conf.slac.stanford.edu/ssi/2003/>
- [25] <http://www.icnirp.de/>
- [26] <http://www.ieee.org>
- [27] <http://www.dsi.gr/antennas/>
- [28] *Stewart Report, Conclusions and Recommendations*
- [29] [http://ec.europa.eu/enterprise/electr\\_equipment/lv/rec519.pdf](http://ec.europa.eu/enterprise/electr_equipment/lv/rec519.pdf)
- [30] [http://www.eeae.gr/gr/docs/ni/\\_egkiklios\\_oria.pdf](http://www.eeae.gr/gr/docs/ni/_egkiklios_oria.pdf)
- [31] <http://www.pedion24.gr>
- [32] <http://www.narda-sts.com/>
- [33] *Non-ionizing electromagnetic radiation monitoring in Greece.* Antonis Gotsis, Nikolaos Papanikolaou, Dimitris Komnakos, Agamemnon Yalofas & Philip Constantinou, Springer, 2008
- [34] [http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/ni/\\_diadikasia\\_metrisis](http://www.eeae.gr/gr/index.php?fvar=html/ni/_diadikasia_metrisis)
- [35] *Narda Selective Radiation Meter SRM-3000. “Narda safety testsolutions”,* <http://www.narda-sts.com/en/produkte/srm.htm>

<sup>[36]</sup> [Κ.Υ.Α. 2300 ΕΦΑ (493)], "Τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία", ΦΕΚ 346/Β/3-3-2008.

<sup>[37]</sup> <http://www.physics4u.gr/articles/2005/radiationfromaerial.html>