

ΕΛΛΗΝΙΚΗ
ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ
ΔΗΜΟΚΡΙΤΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΡΑΚΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΙΑΤΡΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ



HELLENIC
REPUBLIC
DEMOCRITUS
UNIVERSITY
OF THRACE
MEDICAL SCHOOL

PROGRAM OF POSTGRADUATE STUDIES
HEALTH AND SAFETY IN WORKPLACE



Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών
ΥΓΙΕΙΝΗ ΚΑΙ ΑΣΦΑΛΕΙΑ
ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Κτίριο Βιβλιοθήκης Ιατρικής Σχολής
Αθηνών Γ.Α. Σταθόπουλου
Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης
Πανεπιστημιούπολη (Δράμιν),
68 100 Αλεξανδρούπολη
τηλ. 2551030567, 2551030562

Συνάρτημα Προβλεπόμενης Εργαστηριακής Κρίσης 3
Εργαστήριο Υγιεινής και Προστασίας
Περιβάλλοντος Ιατρικής Σχολής
Δημοκρίτειου Πανεπιστημίου Θράκης
Πανεπιστημιούπολη (Δράμιν),
68100 Αλεξανδρούπολη
τηλ. 2551030521, 2551030546

Συντονιστική Επιτροπή:
Αθανάσιος Ζησημόπουλος
Καθηγητής Ιατρικής Δ.Π.Θ.
Χρήστος Κοντογιώργης
Εκ. Καθηγητής Ιατρικής Δ.Π.Θ.
Ευαγγελία Νένα
Εκ. Καθηγήτρια Ιατρικής Δ.Π.Θ.
Γρηγόριος Τρυσιάνης
Καθηγητής Ιατρικής Δ.Π.Θ.
Θ.Κ. Κωνσταντινίδης
Καθηγητής Ιατρικής Δ.Π.Θ.
(Διευθυντής, Επιστημονικός Υπεύθυνος)

Μελέτη Πιθανών Επιπτώσεων της Ηλεκτρομαγνητικής Ακτινοβολίας στους Οδηγούς Μέσων Σταθερής Τροχιάς

ΤΟΥ Κ. Π. ΘΑΝΑΣΙΑ

Τριμελής Επιτροπή:
Ε. Νένα, Χ. Κοντογιώργης και Θ.Κ. Κωνσταντινίδης (Επιβλέπων)



Program of Postgraduate Studies
HEALTH AND SAFETY
IN WORKPLACES

Library of Medical School
G.A. Stathopoulos Hall
Democritus University of Thrace
Campus (Drama)
GR-68100 Alexandroupolis, Greece
tel. +302551030567, +302551030572

Laboratory of Hygiene
and Environmental Protection
Medical School
Democritus University of Thrace
Campus (Drama)
GR-68100 Alexandroupolis, Greece
tel. +302551030521, 302551030546

Scientific Coordination Committee:

A. Zisimopoulos
Prof. of Medical School
C. Kontogiorgis
Ass. Prof. of Medical School
E. Nena
Ass. Prof. of Medical School
G. Trysiaris
Prof. of Medical School
T.C. Constantinidis
Prof. of Medical School
(Director, Scientific Coordinator)

Αλεξανδρούπολη, 2020

*Για τους γονείς μου,
Νικόλαο και Φωτεινή Θανασιά*

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ	ΣΕΛΙΔΑ
Περίληψη	6
Ευχαριστίες	7
1. Εισαγωγή	8
2. Σκοπός της Εργασίας	9
3. ΥΑΕ	
3 ^Α) Εισαγωγή	10
3 ^Β) Ορισμοί	11
4. Εισαγωγικές Έννοιες Η/Μ Ακτινοβολίας	
4 ^Α) Εισαγωγή	12
4 ^Β) Ανακάλυψη του ΗΜΓ	13
4 ^Γ) Δημιουργία ΗΜΠ	14
4 ^Δ) Βασικές Έννοιες	15
5) Αλληλεπίδραση των ΗΜΠ στο Ανθρώπινο Σώμα	
5 ^Α) Εισαγωγή	19
5 ^Β) ELF	20
5 ^Γ) Νευροφυσιολογία	21
5 ^Δ) Καρκίνος	21
5 ^Ε) Νευροσυμπεριφορά	21
5 ^{ΣΤ}) Βιοφυσικοί Μηχανισμοί Αλληλεπίδρασης	22
6) ΠΟΥ (WHO)	
6 ^Α) Εισαγωγή	23

6 ^Β) Αξιολόγηση του Κινδύνου	23
6 ^Γ) Επιστημονικά Δεδομένα	27
6 ^Α) Πρότυπα Εκπομπών και Έκθεσης	27
6 ^Ε) Νευροσυμπεριφορά	28
6 ^Ξ) Νευροενδοκρινές Σύστημα	30
6 ^Ζ) Νευροεκφυλιστικές Διαταραχές	31
6 ^Η) Ανοσοποιητικό - Αιματολογία	31
6 ^Θ) Καρκίνος	32
6 ^Ι) Καρδιαγγειακές Διαταραχές	34
6 ^Κ) Ελεύθερες Ρίζες	34
6 ^Λ) Οξείες Βιολογικές Επιδράσεις	36
6 ^Μ) Αναπαραγωγή και Εμβρυική Ανάπτυξη	36
6 ^Ν) Χρόνιες Επιδράσεις	36
6 ^Ξ) Συμπεράσματα In Vitro	37
6 ^Ο) Προστατευτικά Μέτρα	37
6 ^Π) Κόστος και Εφικτότητα	38
 7) Οδηγία 2013/35/ΕΕ	
7 ^Α) Εισαγωγή	39
7 ^Β) Επιπτώσεις και Κίνδυνοι από ΗΜΠ	41
7 ^Γ) Συχνότητες (0-10MHz)	48
7 ^Δ) Επίπεδα Δράσης AL ΗΠ (1Hz-10MHz)	49
7 ^Ε) Επίπεδα Δράσης AL ΜΠ (1Hz-10MHz)	50
7 ^Ξ) Οριακές Τιμές Έκθεσης ELV (1Hz-10MHz)	52
7 ^Ζ) Γενικές Παρεκκλίσεις	53
7 ^Η) ΜΠ ELF (1Hz-10MHz)	55
7 ^Θ) ΗΠ ELF (1Hz-10MHz)	55
7 ^Ι) Απαιτήσεις Οργάνων Μέτρησης	57
7 ^Κ) Εξωτερικό ΗΠ	58
7 ^Λ) Εξωτερικό ΜΠ	58
 8) Ανασκόπηση Έκθεσης Επιτροπής SCENIHR	64

9) RSSB	68
10) Έρευνες σχετικές με ΗΜΠ στον Σιδηρόδρομο	
10Α) Ελβετικός Σιδηρόδρομος (ΗΜΠ και Λευχαιμία)	73
10Β) Ιταλικός Σιδηρόδρομος	75
10Γ) Σουηδικός Σιδηρόδρομος	75
10Δ) Φιλανδικός Σιδηρόδρομος	75
11) Η Αβεβαιότητα των Μετρήσεων	76
12) Μετρήσεις	
12Α) H/A Siemens Hellas Sprinter	81
12Β) A/A Siemens Desiro	83
13) Συζήτηση	86
14) Συμπεράσματα	94
15) Γλωσσάριο	96
16) Βιβλιογραφία	98
17) Παράρτημα	106
18) Υποσημειώσεις	108
19) Πίνακες Οδηγίας 2013/35/ΕΕ	109

Abstract

This paper will review the WHO data on the effects of electromagnetic radiation on occupational health and refer to the guidelines of EU Directive 2013/35. Appropriate measurements made in the booths of fixed track electric vehicles will examine whether the railways' concerns for their health are well founded.

Περίληψη

Στην εργασία αυτή θα γίνει ανασκόπηση των στοιχείων που παρέχονται από τον ΠΟΥ σχετικών με τις επιπτώσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία των εργαζομένων καθώς και αναφορά στις κατευθυντήριες γραμμές της οδηγίας 2013/35 ΕΕ. Μέσω των κατάλληλων μετρήσεων που έγιναν στους θαλάμους οδήγησης ηλεκτρικών μέσων σταθερής τροχιάς, θα μελετηθεί αν έχουν βάση οι ανησυχίες των σιδηροδρομικών για την ασφάλεια της υγείας τους.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Εδώ οφείλω να ευχαριστήσω για την πολύτιμη βοήθεια στην ολοκλήρωση αυτής της εργασίας τους καθηγητές μου κκ Ζησιμόπουλο Αθανάσιο (Καθηγητή Πυρηνικής Ιατρικής Δ.Π.Θ), Κωνσταντινίδη Θεόδωρο (Ειδικός Ιατρός Εργασίας, Καθηγητής Ιατρικής Δ.Π.Θ). Επίσης, για την σημαντική βοήθεια του στην πραγματοποίηση των μετρήσεων τον κ. Γουρζουλίδη Γεώργιο (Δρ. Ακτινοφυσικός). Τον συνάδελφο μηχανοδηγό Μ.Θ Σαββίδη Γεώργιο (Πρόεδρος ΤΑ.Ν.Π.Σ.Ε.Υ) και τέλος το Πανελλήνιο Σωματείο των Μηχανοδηγών (Π.Ε.Π.Ε).

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον ελληνικό σιδηρόδρομο άργησε σε σχέση με τα υπόλοιπα ευρωπαϊκά κράτη η εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης για την έλξη των τρένων. Αναμφισβήτητα, η ηλεκτροκίνηση συμβάλει θετικά στην ανάπτυξη του σιδηροδρόμου καθώς με τη χρήση ηλεκτρισμού μειώνεται δραστικά το οικολογικό αποτύπωμα των συρμών και επιτυγχάνεται λειτουργική οικονομία σε σχέση με την κατανάλωση υγρών καυσίμων (Ντήζελ).

Επιπρόσθετα, μειώνονται οι χρόνοι των δρομολογίων λόγω της μεγαλύτερης και άμεσης παροχής ισχύος των ηλεκτροκινητήρων και των μικρότερων χρόνων πέδησης που απαιτούνται. Μειώνεται ο παραγόμενος θόρυβος και αραιώνουν τα διαστήματα συντήρησης του τροχαίου υλικού. Τα δύο είδη τροχαίου υλικού που χρησιμοποιούνται στην Ελληνική επικράτεια είναι οι ηλεκτρικές μηχανές έλξης (Η/Α) Siemens Hellas Sprinter (Εικόνα 1) και η ηλεκτρική αυτοκινητάμαξα (Α/Α) Siemens Desiro (Εικόνα 2).



Εικόνα 1.



Εικόνα 2.

Στην Ελλάδα χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία της ηλεκτροκίνησης των τρένων τάση 25kV με συχνότητα 50Hz. Όμως, με αφορμή τον εκσυγχρονισμό του σιδηροδρομικού δικτύου στην Ελλάδα μέσω της ευρείας εφαρμογής της ηλεκτροκίνησης, άρχισαν να υπάρχουν ανησυχίες σχετικά με την εκπεμπόμενη ακτινοβολία από το σύστημα τροφοδοσίας των ηλεκτροκίνητων τρένων και τους ηλεκτροκινητήρες έλξης των κινητηρίων μονάδων.

2. ΣΚΟΠΟΣ ΤΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η εργασία αυτή έχει ως σκοπό να δείξει μέσα από κατάλληλες μετρήσεις που έγιναν στους θαλάμους οδήγησης του ηλεκτροκινούμενου τροχαίου υλικού να εξετάσει αν οι τιμές της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στον χώρο που εργάζονται οι μηχανοδηγοί είναι σύμφωνες με τα όρια τα οποία έχουν τεθεί από την οδηγία 2013/35/ΕΕ [65] της Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Αρχικά, θα παρατεθούν πληροφορίες σχετικές για την υγεία και την ασφάλεια στους εργασιακούς χώρους καθώς και κάποια θεωρητικά στοιχεία για την Η/Μ ακτινοβολία. Στη συνέχεια, θα αναφερθούν οι πιθανές αλληλεπιδράσεις της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας χαμηλών συχνοτήτων στην ανθρώπινη υγεία. Επιπλέον, γίνεται ανασκόπηση των υγειονομικών εκθέσεων του ΠΟΥ (Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας) σχετικών με τα ΗΜΠ.

Η Ευρωπαϊκή Οδηγία 35 του 2013 εξετάζεται ενδελεχώς, καθώς η έκδοση της καθόρισε τα κοινοτικά όρια έκθεσης με τα οποία καθορίζεται η πιθανή επικινδυνότητα των εργασιακών χώρων. Στη βάση αυτών των ορίων έκθεσης μπορούν να αξιολογηθούν οι τιμές μετρήσεων που λήφθηκαν στην παρούσα έρευνα. Επιπλέον, θα παραθέσουμε ευρήματα από αντίστοιχες έρευνες που έχουν γίνει στο σιδηροδρομικά δίκτυα του εξωτερικού.

Τελικά, θα εξετάσουμε αν τα ευρήματα των μετρήσεων που πραγματοποιήθηκαν στο πλαίσιο της έρευνας επιβεβαιώνουν ή όχι τις ανησυχίες των εργαζομένων. Ανησυχίες που συνήθως εκφράζονται με αυθαίρετο τρόπο και βασίζονται σε στερεότυπες κοινωνικές αντιλήψεις, αλλά στερούνται επιστημονικής βάσης. Η μελέτη αυτή επιδιώκει να τεκμηριώσει την επικινδυνότητα ή όχι των επιπέδων της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας ειδικά στο περιβάλλον του χώρου εργασίας, εκεί δηλαδή όπου η έκθεση των μηχανοδηγών μπορεί να είναι σημαντική.

3. ΥΑΕ (Υγεία και Ασφάλεια στην Εργασία)

A) Εισαγωγή:

Ζητούμενο της εργασίας αυτής είναι να διερευνηθούν οι πιθανές επιπτώσεις της Ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας στην υγεία των εργαζομένων. Άλλωστε η ΕΕ προάγει την Υγεία και την Ασφάλεια στην Εργασία (ΥΑΕ) και σε αυτό το πλαίσιο εκδόθηκε και η οδηγία για τα επαγγελματικά όρια έκθεσης σε ακτινοβολίες. Παρακάτω θα αναφερθούμε επιγραμματικά στη σπουδαιότητα της ΥΑΕ στην εποχή μας.

Η Υγεία και η Ασφάλεια στην Εργασία αποτελεί κοινωνική επιταγή και βασικό συστατικό της εργασιακής κουλτούρας. Μη εφαρμογή των αρχών της είναι δυνατόν να προκαλέσει μεγάλο οικονομικό κόστος στις επιχειρήσεις (και κατ' επέκταση στο ΑΕΠ) είτε λόγω απουσιασμού από την εργασία είτε ακόμα χειρότερα με απώλειες -ανεκτίμητων- ανθρωπίνων ζώων λόγω επαγγελματικών ασθενειών ή εργατικών ατυχημάτων. Η σχετική με την ΥΑΕ Ευρωπαϊκή νομοθεσία διευρύνεται συνεχώς, ενώ ορισμένες φορές είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένη και διαμορφώνεται κατά κύριο λόγο από την εφαρμογή από τα κράτη-μέλη των αντίστοιχων Οδηγιών της ΕΕ.

Η βασική αρχή της ΥΑΕ είναι η ευθύνη του εργοδότη, είτε ως φυσικό είτε ως νομικό πρόσωπο, που έχει εργασιακή σχέση με τον εργαζόμενο και είναι άμεσα υπεύθυνος για «τη διασφάλιση των συνθηκών υγείας και της ασφάλειας σε όλες τις πτυχές της εργασίας, με την λήψη των προβλεπόμενων από τη νομοθεσία μέτρων».

Η ΥΑΕ αποτελεί ένα από τα βασικά θεμέλια του εργασιακού τομέα (Γουρζουλίδης και συν. 2016) [1], καθώς τα ζητημάτων που μελετά σχετίζονται με την ουσιαστική προστασία των ανθρώπων στο εργασιακό περιβάλλον και συνδέεται άμεσα με την αποδοτικότητα και την ανάπτυξη των επιχειρήσεων. Σε περίπτωση μη εφαρμογής των αρχών της ΥΑΕ και της αντίστοιχης ισχύουσας νομοθεσίας έχει αντίκτυπο στους εργαζόμενους, τους εργοδότες, τα ασφαλιστικά ταμεία, την υγειονομικής περίθαλψης και την κοινωνία στο σύνολό της. (Γουρζουλίδης και συν. 2015) [2].

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στην ΥΑΕ (European OSHA 2014) [3]:

- Μηχανισμός αναγνώρισης, αναγγελίας και καταγραφής των επαγγελματικών ασθενειών,
- Καταγραφή και διερεύνηση των ατυχημάτων.
- Οργάνωση και λειτουργία εργαστηρίων με αντικείμενο την ΥΑΕ. Πραγματοποίηση εξειδικευμένων μετρήσεων και παρακολούθηση των αλλαγών στους χώρους εργασίας,

- Ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση εργοδοτών και εργαζομένων.
- Ενσωμάτωση των αρχών την ΥΑΕ στο σχολικό εκπαιδευτικό πρόγραμμα.
- Σύμφωνα με τις αρχές της ΥΑΕ η πρόληψη πρέπει να συνδυάζεται με την πληροφόρηση και την εκπαίδευση των εργαζομένων [4]. Όμως και οι εργαζόμενοι οφείλουν να έχουν ενεργή συμμετοχή στις διαδικασίες που αποτελούν την ΥΑΕ αλλά και στην επίβλεψη της ίδιας της υγείας τους.
- Τα διορθωτικά μέτρα που απαιτούνται, εφαρμόζονται «κλιμακωτά», ξεκινώντας με τεχνικά και οργανωτικά μέτρα και καταλήγοντας στα Μέσα Ατομικής Προστασίας (ΜΑΠ).

Ενδεικτικά, οι βασικές αρχές πρόληψης της ΥΑΕ είναι οι παρακάτω με σειρά σπουδαιότητας [5]:

- η αποφυγή των κινδύνων,
- η αξιολόγηση των αναπόφευκτων κινδύνων,
- η προσαρμογή της εργασίας στα μέτρα του εκάστοτε εργαζομένου,
- η αντικατάσταση των επικίνδυνων διεργασιών με αντίστοιχες ακίνδυνες ή λιγότερο επικίνδυνες,
- η καταπολέμηση των πηγών των κινδύνων,
- να δίνεται προτεραιότητα στην λήψη ομαδικών μέτρων προστασίας έναντι των ατομικών,
- η εφαρμογή τεχνολογικών εξελίξεων και
- η πληροφόρηση και η εκπαίδευση των εργαζομένων και εργοδοτών.

B) Ορισμοί (Πίνακας 1):

Κίνδυνος: Η εγγενής ιδιότητα οποιουδήποτε παράγοντα να προκαλέσει εν δυνάμει βλάβες. Κίνδυνο μπορεί να αποτελούν τα ίδια τα υλικά που χρησιμοποιούνται, ο εξοπλισμός, ή ακόμα και κάποιες πρακτικές/μέθοδοι εργασίας.

Διακινδύνευση: Η πιθανότητα, χαμηλή ή υψηλή, να προκληθεί βλάβη σε κάποιο μηχάνημα, εγκατάσταση ή εργαζόμενο από κάποιον κίνδυνο.

Αξιολόγηση κινδύνου [6]: Η αξιολόγηση κινδύνου είναι η διαδικασία εκτίμησης του κινδύνου ως προς την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων στον χώρο εργασίας. Απαιτεί την συστηματική εξέταση όλων των πτυχών της εργασίας προκειμένου να καθορίσει τι εν δυνάμει μπορεί να προκαλέσει τραυματισμό ή βλάβη. Εξετάζει εάν οι κίνδυνοι μπορούν να εξαληφθούν και -εάν αυτό δεν καθίσταται δυνατό- ποια προληπτικά ή μέτρα προστασίας πρέπει να εφαρμοστούν για τον έλεγχο των κινδύνων.

Σκοπός είναι να εντοπιστούν και να αντιμετωπιστούν οι κίνδυνοι με οργανωμένο τρόπο, καθώς η συνήθεια στον εργασιακό χώρο μπορεί να «καμουφλάρει» κάποιους επικίνδυνους παράγοντες.

Πίνακας 1.

Πηγή κινδύνου	Η εγγενής ιδιότητα ή ικανότητα κάποιου στοιχείου που ενδέχεται να προκαλέσει βλάβη
Κίνδυνος	Η πιθανότητα ενεργοποίησης της δυνατότητας βλάβης υπό τις προϋποθέσεις χρησιμοποίησης ή/και έκθεσης, και η πιθανή έκταση της βλάβης
Εκτίμηση επικινδυνότητας	Η διαδικασία αξιολόγησης του κινδύνου για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων στην εργασία όπως προκύπτει από τις περιστάσεις εμφάνισης κινδύνων στον χώρο εργασίας

Η αξιολόγηση κινδύνου αποτελεί την βάση της ευρωπαϊκής προσέγγισης για την πρόληψη εργατικών ατυχημάτων και ασθενειών. Μη υπαρκτή ή λάθος αξιολόγηση έχει ως αποτέλεσμα να μην προσδιορίζονται ή να μη λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα πρόληψης. Εκατομμύρια άνθρωποι στην ΕΕ κάθε χρόνο τραυματίζονται ή επιβαρύνουν την υγεία τους στον εργασιακό χώρο [7]. Η αξιολόγηση κινδύνου είναι μια δυναμική διαδικασία, η οποία επιτρέπει στις επιχειρήσεις και τους οργανισμούς, ανεξαρτήτως είδους και μεγέθους, να οργανώσουν μια πολιτική πρόληψης για τη διαχείριση των ενδεχόμενων κινδύνων στον εργασιακό χώρο.

4. ΕΙΣΑΓΩΓΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΤΗΣ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

A) Εισαγωγή:

Τα πιο γνωστά ηλεκτρομαγνητικά πεδία είναι εκείνα που συναντώνται στη φύση. Το μαγνητικό πεδίο της Γής θεωρητικά προκαλείται από ηλεκτρικά ρεύματα που δημιουργούνται βαθιά στον πυρήνα του πλανήτη, που πιστεύεται ότι αποτελείται από λιωμένο σίδηρο. Η προέλευσή του δεν είναι πλήρως κατανοητή όμως παρατηρείται η αλληλεπίδραση του πεδίου αυτού με τα μαγνητικά υλικά όπως πχ οι πυξίδες. Παρόμοια, το ηλεκτρικό φορτίο που δημιουργείται σε σύννεφα δημιουργεί πολύ υψηλές τάσεις μεταξύ των νεφών και του εδάφους. Ως αποτέλεσμα δημιουργούνται ταχείες ηλεκτρικές αποφορτίσεις μεταξύ νεφών και γης, γνωστές και ως «κεραυνοί».

Φυσικές πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων α) Η πυξίδα (Εικόνα 3) δείχνει την κατεύθυνση του στατικού μαγνητικού πεδίου της γης, και β) «Κεραυνοί» (Εικόνα 4): αποφορτίσεις υψηλής τάσης μεταξύ νεφών και εδάφους.



Εικόνα 3.



Εικόνα 4.

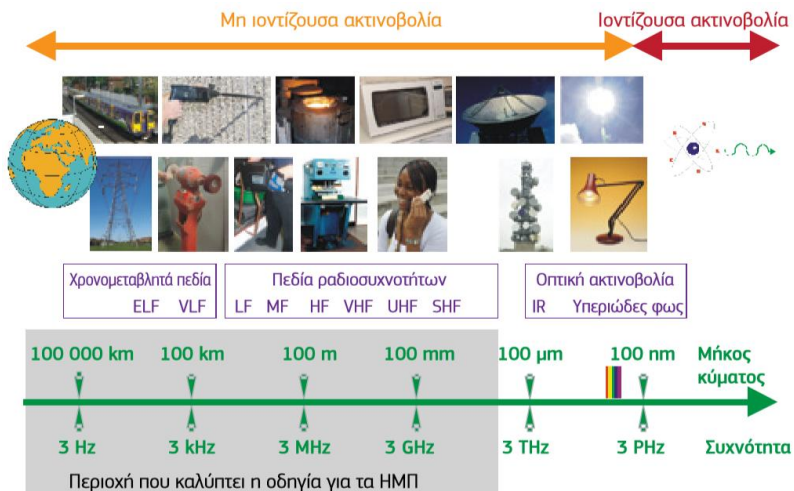
B) Ανακάλυψη του ηλεκτρομαγνητισμού:

Από την αρχαιότητα οι άνθρωποι γνωρίζουν την ύπαρξη του στατικού ηλεκτρισμού και του μαγνητισμού από τις επιδράσεις που προκαλούν. Ουσιαστικά, η αρχή για την κατανόηση των ηλεκτρομαγνητικών ήταν κάποια πειράματα του πραγματοποιήσε ο Λ. Γκαλβάνι το 1780. Μερικά χρόνια αργότερα, ο Α. Βόλτα βασίστηκε εφεύρε την βολταϊκή στήλη. Το 1820 ο Χ. Κ. Έρστεντ απέδειξε το συσχετισμό μεταξύ του ηλεκτρικού ρεύματος και του μαγνητικού πεδίου εκτρέποντας τη βελόνα μιας πυξίδας χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρισμένο σύρμα. Έπειτα, ο Α. Μ. Αμπέρ ανακάλυψε τη δημιουργία δυνάμεων μεταξύ καλωδίων που διαπερνούνται από ρεύμα και ο Μ. Φαραντέι μελέτησε με τη σειρά του τη μαγνητική επαγωγή. Η μαθηματική περιγραφή του ηλεκτρομαγνητισμού, όμως, διατυπώθηκε από τον Τ. Κ. Μάξγουελ με τη δημοσίευση της Πραγματείας περί Ηλεκτρισμού και Μαγνητισμού το 1873. Η δημοσίευση του Μάξγουελ για τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα αποτελεί ακόμα και σήμερα τη βάση της ηλεκτρομαγνητικής θεωρίας [8,9].

Ο Χ. Χερτζ επιβεβαίωσε τα ευρήματα του Μάξγουελ δημιουργώντας και ανιχνεύοντας ηλεκτρομαγνητικά πεδία το 1885 και, μία δεκαετία αργότερα, ο Γ. Μαρκόνι βάση αυτών των θεωριών πέτυχε την αποστολή μηνυμάτων σε μεγάλες αποστάσεις με τη χρήση ραδιοσημάτων. Τέλος, το 1892 Ν. Τέσλα καινοτομώντας, κατασκεύασε την πρώτη γεννήτρια εναλλασσόμενου ρεύματος.

Σήμερα είναι αδύνατο να φανταστούμε την κοινωνία χωρίς ηλεκτρικές συσκευές. Στη διάρκεια του 20ου αιώνα σημειώθηκε αλματώδης αύξηση στη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας για οικιακούς και βιομηχανικούς σκοπούς.

Αντίστοιχη αύξηση σημειώθηκε στην δημιουργία τηλεοπτικών και ραδιοφωνικών σταθμών και επιπλέον στις αρχές του 21ου αιώνα διαδόθηκε ευρέως η χρήση κινητών τηλεφώνων. Τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία αποτελούν τη βάση και για εξειδικευμένες εφαρμογές στην ιατρική και τη ραδιοναυσίπλοια .

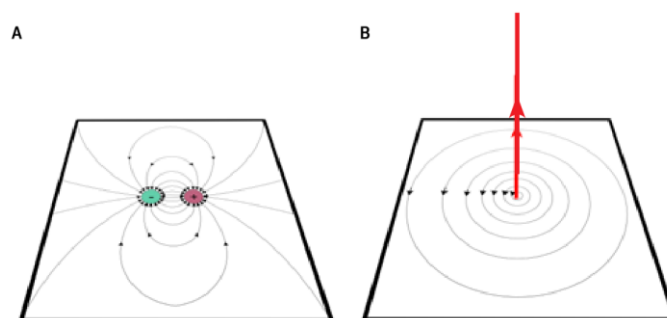


Σχήμα1. Το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα

Όπως φαίνεται στο παραπάνω σχήμα (Σχήμα 1), το ηλεκτρομαγνητικό φάσμα καλύπτει μεγάλο εύρος συχνοτήτων καθώς και μήκους κύματος.

Γ) Δημιουργία ηλεκτρομαγνητικών πεδίων:

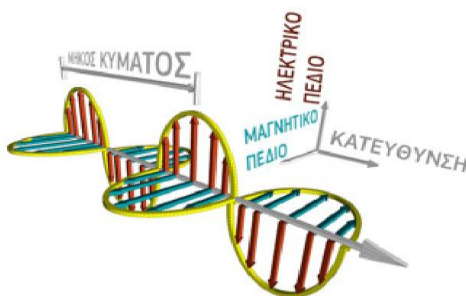
Από τα ηλεκτρικά φορτία πηγάζουν τα ηλεκτρικά πεδία. Κατά την κίνησή των ηλεκτρονίων δημιουργείται ηλεκτρικό ρεύμα και επιπλέον παράγεται μαγνητικό πεδίο (Σχήμα 2).



Σχήμα 2.

Το μαγνητικό πεδίο γύρω από μόνιμους μαγνήτες οφείλεται στο άθροισμα όλων των μαγνητικών πεδίων που δημιουργούνται από την της κίνησης των ηλεκτρονίων καθώς αυτά ευθυγραμμίζονται εντός του υλικού.

Στην ηλεκτρομαγνητική (ΗΜ) ακτινοβολία οι δύο συνιστώσες, το ηλεκτρικό και το μαγνητικό πεδίο, ταλαντώνονται σε ορθές γωνίες μεταξύ τους και κάθετα στην κατεύθυνση κατά την οποία διαδίδεται το κύμα, κινούμενες με την ταχύτητα του φωτός c (Σχήμα 3).



Σχήμα 3. Συζευγμένο Η/Μ κύμα

Δ) Βασικές έννοιες:

Συχνότητα (f)

Κατά κανόνα, το γράμμα f συμβολίζει τη συχνότητα. Η συχνότητα f του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου δείχνει πρακτικά πόσες φορές η «κορυφή» (μέγιστη τιμή) του ηλεκτρομαγνητικού κύματος διέρχεται από συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο. Συγκεκριμένα, αντιπροσωπεύει τον αριθμό των ταλαντώσεων ανά δευτερόλεπτο, αποτελώντας θεμελιώδη ιδιότητα του κύματος.

Η μονάδα μέτρησης της συχνότητας είναι το Hertz (Hz).

Στενά συνδεδεμένο με τη συχνότητα είναι το μήκος κύματος του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, το οποίο συμβολίζεται ως λ . Μονάδα του μήκους κύματος είναι τα μέτρα (m).

Η απόσταση μεταξύ δύο διαδοχικών κύκλων του κύματος ονομάζεται μήκος κύματος [9] (Σχήμα 4). Το μήκος κύματος σχετίζεται με τη συχνότητα σύμφωνα με τον ακόλουθο τύπο: Μήκος κύματος = ταχύτητα φωτός/συχνότητα

Το μήκος κύματος είναι πολύ μεγάλο σε συχνότητα 50Hz (δηλ. 6000km)

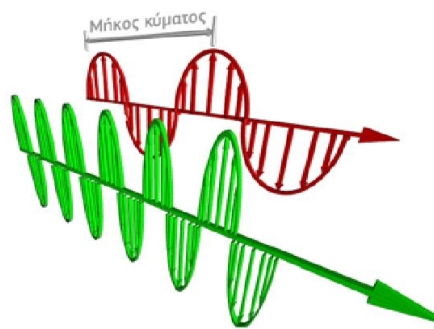
Επομένως, ο αριθμός των κορυφών των κυμάτων που διέρχονται από συγκεκριμένο σημείο ανά δευτερόλεπτο (συχνότητα f) εξαρτάται άμεσα από το μήκος κύματος λ , αφού όλα τα ηλεκτρομαγνητικά κύματα ταξιδεύουν στο κενό με την ίδια ταχύτητα. Συνεπώς, τα πεδία με μεγαλύτερα μήκη κύματος είναι χαμηλότερης συχνότητας.

Η συχνότητα συνδέεται με το μήκος κύματος με τη σχέση

όπου c η ταχύτητα του φωτός στο κενό ($3.0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

όπου c η ταχύτητα του φωτός στο κενό ($3.0 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$).



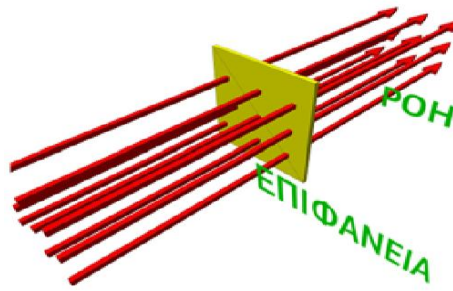
Σχήμα 4.

Ένταση ηλεκτρικού πεδίου (E)

Η ένταση ηλεκτρικού πεδίου σε ένα συγκεκριμένο σημείο του ηλεκτρικού πεδίου είναι η δύναμη που ασκείται σε μονάδα θετικού φορτίου σε εκείνο το σημείο. Πρόκειται για μέγεθος διανυσματικό με μέτρο (τιμή) και κατεύθυνση. Η ένταση ή ισχύς του ηλεκτρικού πεδίου μπορεί, ως πρακτικό παράδειγμα, να συγκριθεί με την κλίση ενός λόφου: όσο μεγαλύτερο το ύψος ενός λόφου, τόσο μεγαλύτερη η δύναμη που προκαλεί την καθοδική ολίσθηση των αντικειμένων. Στα ηλεκτρικά πεδία, όσο μεγαλύτερη η έντασή τους, τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που ασκείται στα φορτισμένα σωματίδια. Η ένταση του ηλεκτρικού πεδίου συμβολίζεται με το γράμμα E και ποσοτικοποιείται σε βολτ ανά μέτρο (V/m).

Πυκνότητα μαγνητικής ροής (B)

Η πυκνότητα μαγνητικής ροής είναι μέτρο της μαγνητικής ροής που διαπερνά μια συγκεκριμένη περιοχή (Σχήμα 5). Η πυκνότητα μαγνητικής ροής είναι υψηλότερη όταν υπάρχουν περισσότερες γραμμές πεδίου σε συγκεκριμένη περιοχή δηλαδή αυξημένη πυκνότητα των γραμμών ροής. Συνέπεια της πυκνότητας μαγνητικής ροής είναι η άσκηση δύναμης σε φορτία που κινούνται.



Σχήμα 5.

Η μαγνητική ροή αποτελεί μέτρο της «ποσότητας μαγνητισμού». Είναι βαθμωτό μέγεθος που λαμβάνει υπόψη την ένταση και το εύρος του μαγνητικού πεδίου. Κατά κανόνα, η πυκνότητα μαγνητικής ροής συμβολίζεται με το γράμμα B και μετράται σε μονάδες Τέσλα (T).

Ένταση μαγνητικού πεδίου (H)

Σημ.: (Η ένταση μαγνητικού πεδίου δεν χρησιμοποιείται στο πλαίσιο της οδηγίας της ΕΕ για τα ΗΜΠ, περιλαμβάνεται όμως στις κατευθυντήριες γραμμές της ICNIRP [6]. Μάλιστα πολλοί μετρητές έντασης μαγνητικών πεδίων δίνουν αποτελέσματα μετρήσεων σε αυτό το μέγεθος).

Παρόμοια με την πυκνότητα μαγνητικής ροής έτσι και η ένταση μαγνητικού πεδίου είναι χαρακτηριστικό μέγεθος των μαγνητικών πεδίων. Η ένταση μαγνητικού πεδίου συμβολίζεται με το γράμμα H και έχει μονάδα μέτρησης το Αμπέρ ανά Μέτρο (A/m). Σε ελεύθερο χώρο, η μαγνητική ένταση πεδίου δύναται να μετατραπεί ισοδύναμα σε πυκνότητα μαγνητικής ροής με την βοήθεια της παρακάτω εξίσωσης:

$$B [\mu T] = H \times 1,25 [Am^{-1}]$$

Πχ εάν $H = 800 Am^{-1}$

τοτε η B ισούται με $800 \times 1,25 \mu T = 1000 \mu T = 1 mT$

Θεωρείται σημαντικό από την αρχή της διερεύνησης να προσδιορίζεται ο τρόπος κατανομής του πεδίου σε σχέση με τη θέση του εργαζομένου και του τρόπου μεταβολής του πεδίου εντός του εργασιακού χώρου.

Πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και να αξιολογούνται κατάλληλα τα σημεία στα οποία εντοπίζεται η μέγιστη ένταση πεδίου σε σχέση με τη θέση εργασίας. Συχνά η ένταση του πεδίου μειώνεται

κατακόρυφα όσο αυξάνεται η απόσταση από την πηγή. Σημαντική μεταβολή του πεδίου μέσα σε μικρές αποστάσεις σημαίνει πως το μέγεθος του ανιχνευτή πρέπει να επιλεγεί προσεκτικά καθώς, σε τέτοιες περιπτώσεις, ενδεχομένως ένας πολύ μεγάλος ανιχνευτής να δίνει λανθασμένες ενδείξεις.

Το ηλεκτρομαγνητικό πεδίο είναι ένα από τα τέσσερα θεμελιώδη πεδία της φύσης και αποτελείται από δύο συνιστώσες: το ηλεκτρικό πεδίο, εκφρασμένο με την ένταση E και το μαγνητικό πεδίο, το οποίο εκφράζεται είτε με το μέγεθος της πυκνότητας μαγνητικής ροής είτε της μαγνητικής επαγωγής B (και ενίοτε με το μέγεθος της έντασης H). Πηγή του ηλεκτρικού πεδίου είναι το ηλεκτρικό φορτίο, ενώ πηγή του μαγνητικού πεδίου είναι η κίνηση του ηλεκτρικού φορτίου, δηλαδή το ηλεκτρικό ρεύμα. Τα μαγνητικά πεδία περιγράφονται αναλυτικά στις τέσσερις περιεκτικές εξισώσεις Maxwell.

Στην περίπτωση που το ηλεκτρικό φορτίο εκτελεί επιταχυνόμενη κίνηση προκύπτει συνδυασμός του ηλεκτρικού και του μαγνητικού πεδίου, ο οποίος διαδίδεται ως ηλεκτρομαγνητική H/M ακτινοβολία με την μορφή κύματος (Ηλεκτρομαγνητικό κύμα). Παρατηρείται τότε, ότι η επίλυση των εξισώσεων Maxwell καταλήγει σε μια μαθηματική σχέση, η οποία περιγράφει ένα κύμα που διαδίδεται στο κενό με την ταχύτητα του φωτός (κυματική εξίσωση). Η διάδοση του κύματος αυτού γίνεται και στην ύλη όμως με μικρότερη ταχύτητα.

Χαρακτηριστικά του H/M κύματος είναι η συχνότητά f (σε Hz), η οποία καθορίζει τα ποιοτικά του στοιχεία (H/M φάσμα), το πλάτος του που περιγράφεται από τα μεγέθη E (V/m) και B (T), όπως επίσης η πόλωση, η διαμόρφωση, οι συνιστώσες συχνότητας κτλ. Επιπρόσθετα, τα H/M κύματα αλληλεπιδρούν με το περιβάλλον σύμφωνα με τους κυματικούς μηχανισμούς, όπως η ανάκλαση, η σκέδαση, η απορρόφηση, η διάθλαση και η περίθλαση.

Η ενέργεια (E) του κύματος δίνεται μέσω της σχέσης: $E = h \cdot f$

Επομένως, αν η συχνότητα f λάβει τέτοιες τιμές ώστε να προκληθεί εξαγωγή ηλεκτρονίων από τα άτομα, τότε η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία χαρακτηρίζεται ως ιοντίζουσα. Η ιοντίζουσα ακτινοβολία τοποθετείται στην υπεριώδη περιοχή (UV) του φάσματος. Στη φασματική περιοχή που εμφανίζεται η ιοντίζουσα, παρατηρείται συσχέτιση μεταξύ ακτινοβολίας και βιολογικών επιδράσεων. Καθώς η συχνότητα μεγαλώνει, αυξάνεται αντίστοιχα η ενέργεια, με αποτέλεσμα οι βιολογικές επιδράσεις να γίνονται έντονες, φτάνοντας μέχρι την διάσπαση και των δυο κλάδων του DNA προκαλώντας γενετικές μεταλλάξεις όπως ο καρκίνος.

Για την μη-ιοντίζουσα περιοχή της ακτινοβολίας (ή των H/M πεδίων) οι επιδράσεις, είναι τελείως διαφορετικές.

Αυτή είναι και η περιοχή συχνοτήτων που συναντάται στο σιδηροδρομικά συστήματα. *Επομένως, στη μελέτη των πιθανών συνεπειών της μη-ιοντίζουσας ακτινοβολίας θα επικεντρωθεί η παρούσα εργασία.*

Τα δυο μεγέθη E και B του H/M πεδίου είναι συζευγμένα στις υψηλές συχνότητες και σε αρκετή απόσταση από την πηγή (δηλαδή σε απόσταση μεγαλύτερη των 3 μηκών κύματος). Καθώς είναι κάθετα μεταξύ τους και κάθετα στην διεύθυνση διάδοσης είναι αρκετή η μέτρηση μόνο του ενός μεγέθους ($E=H \cdot 377$). Ενώ στις χαμηλές συχνότητες και σε μικρή αποστάσεις από την πηγή χρειάζεται η ανεξάρτητη μέτρηση και των δύο μεγεθών. Καθώς η απόσταση από την πηγή αυξάνεται, αντίστοιχα μειώνεται σημαντικά η ένταση του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου σύμφωνα με τον νόμο του αντίστροφου τετραγώνου. Το γεγονός αυτό καθώς και η μείωση του χρόνου έκθεσης στην ακτινοβολία είναι τα δύο βασικότερα τεχνικά μέτρα προστασίας. Παράλληλα, είναι τεχνικά δυνατό να φτιαχτεί με κατάλληλα υλικά σε σχέση με τη συχνότητα, παθητική θωράκιση από τα H/M πεδία (κλωβός Faraday). Ενώ επιπλέον μπορεί να υλοποιηθεί και ενεργητική θωράκιση με την δημιουργία κατάλληλων H/M πεδίων, αντίθετων προς αυτά από τα οποία πρέπει να υπάρχει προστασία, ώστε αθροιστικά να αλληλοεξουδετερώνονται τα πεδία μεταξύ τους.

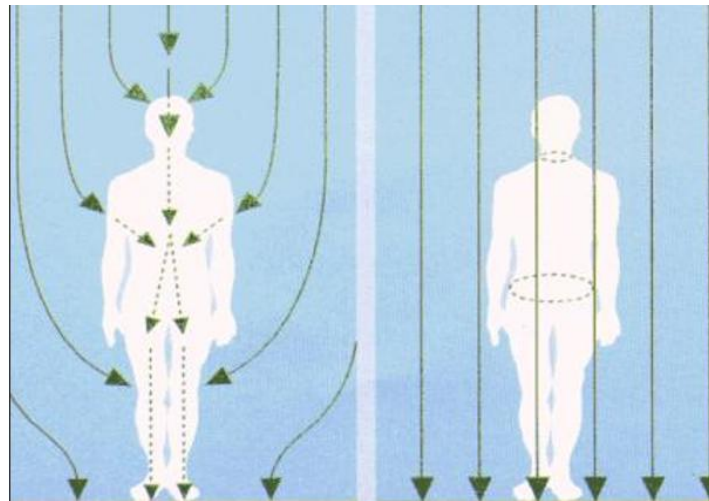
5. ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗ – ΑΠΟΡΟΦΗΣΗ ΤΩΝ ΗΜΠ ΑΠΟ ΤΟ ΑΝΘΡΩΠΙΝΟ ΣΩΜΑ

A) Εισαγωγή:

Όταν η H/M ακτινοβολία διαδίδεται μέσω της ύλης, οι εξισώσεις του Μάξγουελ –που την περιγράφουν- τροποποιούνται με κατάλληλους συντελεστές που εξαρτώνται από τις αντίστοιχες ηλεκτρικές και μαγνητικές ιδιότητες των υλικών.

Σκεπτόμενοι το ανθρώπινο σώμα ως «υλικό», γίνεται αντιληπτό ότι τιμές του ΗΜΠ μέσα στο ανθρώπινο σώμα είναι εκείνες που προκαλούν τις πιθανές επιδράσεις. Δύσκολα όμως, μπορούν να προσδιοριστούν με ακρίβεια. Αντίθετα, είναι σχετικά απλό να προσδιοριστεί η τιμή του ΗΜΠ γύρω από το σώμα με την χρήση της κατάλληλης μεθοδολογίας και των αντίστοιχων οργάνων μέτρησης. Έπειτα, με τη μέθοδο της αντίστροφης μοντελοποίησης (ICNIRP 2010) [10,11] γίνεται αναγωγή των μετρήσεων στις τιμές που θεωρείται ότι ισχύουν στο εσωτερικό του σώματος. Γενικά, επειδή η μαγνητική διαπερατότητα μ του σώματος έχει τιμή παρεμφερή με τη διαπερατότητα του κενού μ_0 , το μαγνητικό πεδίο αλληλεπιδρά ελάχιστα με το ανθρώπινο σώμα και απλώς το διαπερνά (Σχήμα 6).

Αντίθετα, το ηλεκτρικό πεδίο υφίσταται ισχυρή αντίσταση από το σώμα και δημιουργεί μέσα σε αυτό μικρότερα επαγωγικά ρεύματα με διεύθυνση ίδια με εκείνη του εξωτερικού πεδίου.



Σχήμα 6.

Η αλληλεπίδραση του Ηλεκτρικού Πεδίου με το ανθρώπινο σώμα σχετίζεται από τις διηλεκτρικές του ιδιότητες όπως την ηλεκτρική αγωγιμότητα σ και την διηλεκτρική σταθερά ϵ . Στις χαμηλές συχνότητες (0-10MHz), με τις οποίες ασχολείται αυτή η εργασία, τα εξωτερικά πεδία της τάξης των kV/m επάγουν εσωτερικά πεδία της τάξης των mV/m (BMAS) [12], τα οποία ενδεχομένως επηρεάζουν το κεντρικό νευρικό σύστημα (ΚΝΣ - αισθητήρια όργανα) ή/και το περιφερικό νευρικό σύστημα (ΠΝΣ - νεύρα και μύες).

Στις περίπτωση που η συχνότητα αυξάνει, εμφανίζεται απόθεση ενέργειας του Η/Μ Πεδίου με την μορφή κινητικής ενέργειας στα δίπολα του νερού, αυξάνοντας ως αποτέλεσμα την θερμοκρασία των ιστών. Καθώς η αύξηση της συχνότητας μειώνει σταδιακά το βάθος διείσδυσης της ακτινοβολίας, η απορρόφηση της ακτινοβολίας των ΗΜΠ μεταβάλλεται σε σχέση με τις διακεκριμένες περιοχές του Η/Μ φάσματος. Κατά συνέπεια, αλλάζουν οι επιπτώσεις στον ανθρώπινο οργανισμό για διαφορετικές συχνότητες, με αποτέλεσμα, να αλλάζουν τα αντίστοιχα όρια έκθεσης.

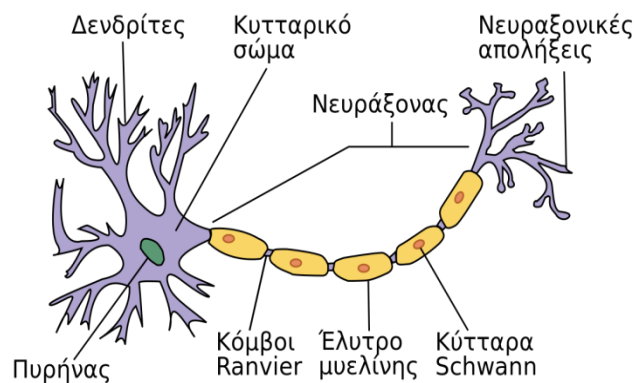
Β) Εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας πεδία (ELF):

Τα εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας πεδία (ELF) επάγουν ηλεκτρικά πεδία και κατά συνέπεια ρεύματα στους ιστούς που ενδέχεται να προκαλέσουν ακούσια νευρική και μυϊκή διέγερση. Αυτά τα οξεία αποτελέσματα αποτελούν τη βάση για τον καθορισμό των διεθνών κατευθυντήριων γραμμών ως προς τα όρια της έκθεσης. Οι υπάρχουσες έρευνες δεν έχουν αποδείξει δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία για έκθεση σε τιμές ακτινοβολίας κάτω των ορίων που προτείνουν οι διεθνείς οργανισμοί υγείας.

Γ) Νευροφυσιολογία:

Η κυριότερη επίδραση στους ιστούς του σώματος από την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας είναι η ηλεκτρική διέγερση ιστών, όπως τα αισθητήρια όργανα, τα νεύρα και οι μύες. Συνεπώς, η κατανόηση των ορίων και των χρονικών παραμέτρων είναι αναγκαία και ικανή συνθήκη για την οριοθέτηση της έκθεσης στην ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία προκειμένου να εξασφαλίζεται η Ασφάλεια και η Υγεία στην Εργασία.

Το κύριο συστατικό του νευρικού συστήματος είναι ο νευρώνας (Σχήμα 7):



Σχήμα 7.

Δ) Καρκίνος:

Από επιστημονικές έρευνες έχουν προκύψει περιορισμένες ενδείξεις που συσχετίζουν την έκθεση σε Πεδία Εξαιρετικά Χαμηλής Συχνότητας (ELF) και την εμφάνιση παιδικής λευχαιμίας. Αυτό δεν σημαίνει απαραίτητα ότι τα πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF) προκαλούν καρκίνο, παρόλα αυτά η πιθανότητα δεν μπορεί να αποκλειστεί. Στη βιβλιογραφία αναφέρεται ότι υπάρχει συσχετισμός μεταξύ της έκθεσης σε πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας και σε ορισμένες μορφές καρκίνου, όπως ο καρκίνος του νευρικού συστήματος και η λευχαιμία [13,14].

Ε) Νευροσυμπεριφορά που σχετίζεται με την έκθεση σε ΗΜΠ:

Η έκθεση σε ηλεκτρικά πεδία χαμηλής συχνότητας προκαλεί βιολογικές αντιδράσεις στην επιφάνεια των κυττάρων του ΚΝΣ [15]. Οι αντιδράσεις αυτές καθορίζονται από την ένταση του πεδίου, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και η ατομική ευαισθησία στην ακτινοβολία [16].

Τα κύτταρα του κεντρικού νευρικού συστήματος θεωρούνται ιδιαίτερα ευαίσθητα στα επαγόμενα πεδία διότι ακόμα και περιορισμένη έκθεση σε μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας αρκεί για τη διέγερση τους [17,18].

Μια ανάλυση βασισμένη σε εννέα μελέτες συσχέτισε τη συχνότητα εμφάνισης καρκίνου μεταξύ ατόμων που εκτέθηκαν σε μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας, έντασης πάνω από 0,4μΤ. Δεν παρατηρήθηκε, όμως, στις μελέτες αυτές η εμφάνιση καρκίνου σε άτομα που είχαν εκτεθεί σε μαγνητικά πεδία έντασης μικρότερης των 0,4μΤ [19]. Υπάρχει πλήθος ερευνών που παρέχουν σαφείς ενδείξεις ότι η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί να έχει δυνητικές δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία παρά τις διαφορετικές οπτικές των ερευνητών. Η σοβαρότητα των επιπτώσεων των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στην ανθρώπινη υγεία όμως παραμένει αντικείμενο συζήτησης στην επιστημονική κοινότητα. Καθώς υπάρχει έλλειψη γνώσης σχετικά με τους υγιονομικούς κινδύνους που συνδέονται με τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, προκύπτει η ανάγκη ενημέρωσης του κοινού και των διάφορων βιομηχανιών σχετικά με τις πιθανές αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία, αλλά και τα μέτρα που θα πρέπει να ληφθούν για να ελαχιστοποιηθεί η έκθεση σε Η/Μ ακτινοβολία.

ΣΤ) Βιοφυσικοί Μηχανισμοί Αλληλεπίδρασης με ΜΠ:

Τα δινοειδή ρεύματα στο ανθρώπινο σώμα που δημιουργούνται από μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας δεν μπορούν να μετρηθούν άμεσα, μπορούν όμως να υπολογιστούν και να επιβεβαιωθούν με τις κατάλληλες μετρήσεις σε ψευδομοντέλα. Υπάρχουν ενδείξεις ότι πιθανώς υπάρχει αυξημένος κίνδυνος λευχαιμίας μεταξύ των ατόμων που απασχολούνται σε επαγγέλματα που έχουν άμεση σχέση με τον ηλεκτρισμό, σε σύγκριση με άτομα που εργάζονται σε άλλα επαγγέλματα. Στην υπάρχουσα βιβλιογραφία αναφέρονται ενδείξεις συσχετισμού μεταξύ επαγγελματικής έκθεσης σε πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF) και ορισμένων μορφών καρκίνου, όπως η λευχαιμία και ο καρκίνος του νευρικού συστήματος [20,21].

Η Διεθνής Επιτροπή Προστασίας από τις Μη-Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP) [22] αναθεώρησε πρόσφατα τις κατευθυντήριες γραμμές για τα όρια έκθεσης των ΗΜΠ. Τα όρια επαγγελματικής έκθεσης για ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία στα 50Hz είναι 10kV/m και 1000pT ή 1mT αντίστοιχα [23].

Στη Γερμανία, τα συνιστώμενα όρια έκθεσης για ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία στα 50/60Hz είναι 5 v/m και 1pT, αντίστοιχα, για τον γενικό πληθυσμό. Τα όρια έκθεσης που συνιστώνται από το ICNIRP (1998b) [24] για τους εργαζόμενους και το περιβάλλον εργασίας τους είναι 100 v/m για ηλεκτρικά πεδία και 10pT για μαγνητικά πεδία [25]. Σύμφωνα με τις οδηγίες αυτές, τα επίπεδα έκθεσης των εργαζομένων σε ηλεκτρικά πεδία για μέγιστο η διάρκεια των 2 ωρών δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 25 v/m. Επιπλέον, συνιστάται τα ημερήσια επίπεδα έκθεσης σε μαγνητικά πεδία για λίγες ώρες να μην υπερβαίνουν τα 5000pT.

Παρατίθεται ένας συγκεντρωτικός πίνακας κατευθυντήριων οδηγιών και νομοθεσίας σχετική με τα ΗΜΠ (Πίνακας 2):

Συνομογραφία	Σχόλια
Οδηγία 2004/40/ΕΚ	«Περί των ελάχιστων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (ΗΜΠ)». Πρώτη Οδηγία για την επαγγελματική έκθεση σε ΗΜΠ.
Οδηγία 2013/35/ΕΕ	Νέα Οδηγία για τα ΗΜΠ, η οποία καταργεί την 2004/40/ΕΚ. Αναμένεται εντός του 2016 η έκδοση του σχετικού Π.Δ.
ICNIRP 1998	Κατευθυντήριες οδηγίες της Διεθνούς Επιτροπής για την Προστασία από τις Μη-Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες.
ICNIRP 2010	Αναθεώρηση των ορίων της ICNIRP για την περιοχή συχνοτήτων 0 - 100 kHz.
EC 2011	Έκθεση σκοπιμότητας της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την αναγκαιότητα της ΑΜΣ.
Άρθρο 14 Οδηγίας 2013/35/ΕΕ	Απαίτηση για έκδοση μη-δεσμευτικού πρακτικού οδηγού, πριν την εναρμόνιση της Οδηγίας 2013/35/ΕΕ, ώστε να διευκολυνθεί η εφαρμογή της.
Οδηγία πλαίσιο 89/391/ΕΕΚ	Στα πλαίσια των εξειδικευμένων νομοθετημάτων για την ΥΑΕ, ξεκίνησαν με την Οδηγία πλαίσιο 89/391/ΕΕΚ ειδικές οδηγίες για φυσικούς παράγοντες. Έχουν ήδη ολοκληρωθεί τα π.δ. για θόρυβο, δονήσεις και τεχνητή οπτική ακτινοβολία, ενώ η Οδηγία 2013/35/ΕΕ για τα ΗΜΠ είναι η τελευταία αυτής της σειράς.
N. 3850/2010	Κωδικοποίηση της Ελληνικής νομοθεσίας για την ΥΑΕ.
www.ypakp.gr	Ιστότοπος του Υπουργείου Εργασίας για την νομοθεσία ΥΑΕ.

6. WHO - ΠΑΓΚΟΣΜΙΟΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΥΓΕΙΑΣ

Α) Εισαγωγή:

Ο ΠΟΥ εξέδωσε το 2006 μια συνοπτική έκθεση για τις πιθανές συνέπειες των ΗΜΠ στην ανθρώπινη υγεία. Η έκθεση αυτή μάλιστα επικαιροποιείται όταν εμφανίζονται καινούργια δεδομένα. Σύμφωνα με τον Παγκόσμιο Οργανισμό υγείας η υγεία είναι μία κατάσταση πλήρους σωματικής διανοητικής και Κοινωνικής ευεξίας και όχι απλά η απουσία ασθένειας ή αναπηρίας.

Β) Αξιολόγηση του Κινδύνου Υγείας:

Αξιολόγηση κινδύνου είναι ο έλεγχος των κινδύνων για την υγεία από την έκθεση σε οποιοδήποτε φυσικό, χημικό ή βιολογικό παράγοντα και η εξέταση με επιστημονική και ποσοτική εκτίμηση των πιθανών επιπτώσεων σε δεδομένα επίπεδα έκθεσης. Με βάση τα αποτελέσματα της εκτίμησης κινδύνου και λαμβάνοντας υπόψη άλλους παράγοντες, μπορεί να ξεκινήσει μια διαδικασία λήψης

μέτρων με στόχο την εξάλειψη ή, εάν αυτό δεν είναι δυνατόν, τη μείωση στο ελάχιστο του κινδύνου από τον παράγοντα (διαχείριση κινδύνου). Η συζήτηση αυτή βασίζεται στα Κριτήρια Περιβαλλοντικής Υγείας του ΠΟΥ, τα οποία περιγράφουν τις αρχές για την αξιολόγηση των κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία από την έκθεση σε χημικές ουσίες (ΠΟΥ, 1999) [26]. Αυτές οι αρχές έχουν γενική εφαρμογή και έχουν χρησιμοποιηθεί στην παρούσα έκθεση του ΠΟΥ για τα ELF ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία. Η αξιολόγηση του κινδύνου είναι ένα εννοιολογικό πλαίσιο που παρέχει τον μηχανισμό μιας δομημένης ανασκόπησης πληροφοριών που αφορούν την εκτίμηση των υγειονομικών ή των περιβαλλοντικών επιπτώσεων της έκθεσης σε βλαπτικούς παράγοντες. Η διαδικασία εκτίμησης επικινδυνότητας χωρίζεται σε τέσσερα διαφορετικά στάδια: τον προσδιορισμό του κινδύνου, την εκτίμηση της έκθεσης, την εκτίμηση των επιπτώσεων από την έκθεση και τον χαρακτηρισμό του κινδύνου.

Αναλυτικά:

- Σκοπός της αναγνώρισης των κινδύνων είναι η ποιοτική αξιολόγηση αποδεικτικών στοιχείων σχετικών με τα ανεπιθύμητα αποτελέσματα στον άνθρωπο, με βάση την συνεκτίμηση όλων των διαθέσιμων δεδομένων για την τοξικότητα και τους τρόπους επίδρασης. Εξετάζονται κατά κύριο λόγο δύο ερωτήματα: (α) εάν τα ELF πεδία ενδέχεται να θέτουν σε κίνδυνο την ανθρώπινη υγεία και (β) υπό ποιες συνθήκες μπορεί να παρουσιαστεί ένας συγκεκριμένος κίνδυνος. Ο εντοπισμός κινδύνων βασίζεται σε αναλύσεις ποικίλων δεδομένων που μπορεί να κυμαίνονται από παρατηρήσεις σε ανθρώπους, σε μελέτες που διεξάγονται σε εργαστήρια, καθώς και πιθανούς μηχανισμούς δράσης.
- Η αξιολόγηση της έκθεσης είναι ο προσδιορισμός της φύσης και της έκτασης της έκθεσης σε ΗΜΠ υπό διαφορετικές συνθήκες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν πολλαπλές προσεγγίσεις για τη διεξαγωγή εκτιμήσεων έκθεσης. Αυτές περιλαμβάνουν άμεσες τεχνικές, όπως η μέτρηση των περιβαλλοντικών και προσωπικών εκθέσεων και έμμεσες μέθοδοι, όπως για παράδειγμα ερωτηματολόγια και υπολογιστικές τεχνικές.
- Η αξιολόγηση των επιπτώσεων λόγω της έκθεσης είναι η διαδικασία ποσοτικού χαρακτηρισμού της σχέσης μεταξύ της ληφθείσας έκθεσης και της εμφάνισης ενός αποτελέσματος. Για τους περισσότερους τύπους πιθανών δυσμενών επιδράσεων (δηλ. Νευρολογικών, συμπεριφορικών, ανοσολογικών, αναπαραγωγικών ή αναπτυξιακών αποτελεσμάτων), γενικά θεωρείται ότι υπάρχει ένα επίπεδο έκθεσης στον ΗΜΓ κάτω από το οποίο δεν εμφανίζονται δυσμενείς επιδράσεις (δηλ. Ένα όριο). Ωστόσο, για άλλα αποτελέσματα όπως ο καρκίνος, μπορεί να μην υπάρχει κατώτατο όριο.

- Ο χαρακτηρισμός κινδύνου είναι το τελικό βήμα στη διαδικασία αξιολόγησης κινδύνου. Σκοπός του είναι να παρέχει στους υπεύθυνους για τη διαχείριση του κινδύνου τα απαραίτητα επιστημονικά στοιχεία και δεδομένα που χρειάζονται για τη λήψη αποφάσεων. Στον χαρακτηρισμό του κινδύνου παρέχονται εκτιμήσεις του κινδύνου για την ανθρώπινη υγεία μέσω δημιουργίας πιθανών σεναρίων έκθεσης. Έτσι, ο χαρακτηρισμός κινδύνου αποτελεί μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση των διαθέσιμων επιστημονικών στοιχείων και χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της φύσης, της σημασίας και συχνά του μεγέθους του κινδύνου για τον άνθρωπο. Αυτό περιλαμβάνει την αναγνώριση και τον χαρακτηρισμό της αβεβαιότητας που λογικά μπορεί να προκύπτει από την έκθεση σε Η/Μ πεδία υπό συγκεκριμένες συνθήκες.

Η αξιολόγηση του κινδύνου για την υγεία μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως βάση για τη διαχείριση του κινδύνου, η οποία περιλαμβάνει (α) όλες τις δραστηριότητες που απαιτούνται για τη λήψη αποφάσεων σχετικά με το εάν μια έκθεση απαιτεί κάποια συγκεκριμένη ενέργεια (-ες), (β) ποιες ενέργειες είναι κατάλληλες και (γ) την υλοποίηση αυτών των ενεργειών. Η επαγγελματική έκθεση είναι κατά κύριο λόγο στις συχνότητες ισχύος και στις αρμονικές τους. Η μέγιστη έκθεση σε μαγνητικά πεδία στους χώρους εργασίας μπορεί να φτάσει περίπου τα 10 mT και αυτό κατά κύριο λόγο συνδέεται με την παρουσία αγωγών μεγάλων ρευμάτων. Στην βιομηχανία παραγωγής και προμήθειας Ηλεκτρικής Ενέργειας οι εργαζόμενοι μπορεί να εκτεθούν σε ηλεκτρικά πεδία μέχρι και 30 kV/m. Αναγνωρίζοντας τα κενά που υπάρχουν στη γνώση όσον αφορά τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση σε ιδιαίτερα χαμηλής συχνότητας είναι ένα βασικό μέρος της εκτίμησης κινδύνου για την υγεία.

Η έκθεση σε εξωτερικά ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλών συχνοτήτων προκαλεί ηλεκτρικά πεδία και ρεύματα μέσα στο σώμα. Μόνο τα υπαγόμενα ηλεκτρικά πεδία και η προκύπτουσα ηλεκτρική πυκνότητα σε ιστούς και κύτταρα λαμβάνονται υπόψη καθώς το εσωτερικό μαγνητικό πεδίο των ιστών και των κυττάρων είναι όμοιο με το εξωτερικό πεδίο.

Η δοσιμετρία περιγράφει τη σχέση μεταξύ των εξωτερικών πεδίων, του επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου και της πυκνότητας ρεύματος στο σώμα ή άλλων παραμέτρων που σχετίζονται με την έκθεση σε αυτά τα πεδία. Το τοπικά επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο και η πυκνότητα ρεύματος έχουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον καθώς σχετίζονται με την διέγερση ιστών όπως τα νεύρα και τους μυς. Τα σώματα τόσο των ανθρώπων όσο και των ζώων διαταράσσουν σημαντικά την χωρική κατανομή ενός ELF ηλεκτρικού πεδίου. Σε χαμηλές συχνότητες το σώμα είναι καλός αγωγός και οι διαταραγμένες γραμμές του εξωτερικού πεδίου είναι σχεδόν κανονικές στην επιφάνεια του σώματος. Ταλαντούμενα φορτία επάγονται στην επιφάνεια του εκτεθειμένου σώματος και αυτά προκαλούν ρεύματα μέσα στο σώμα.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της δοσιμετρίας για την έκθεση των ανθρώπων σε ηλεκτρικά πεδία ELF είναι τα ακόλουθα:

- Το ηλεκτρικό πεδίο στο εσωτερικό του σώματος είναι συνήθως πέντε έως έξι τάξεις μεγέθους μικρότερο από το εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο.
- Όταν η έκθεση είναι σε κατά κύριο λόγο κατακόρυφο πεδίο, η κυρίαρχη κατεύθυνση των επαγόμενων πεδίων είναι επίσης κάθετη.
- Για ένα δεδομένο εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο, τα ισχυρότερα επαγόμενα πεδία για το ανθρώπινο σώμα είναι εκείνα που δημιουργούνται μέσω της επαφής των ποδιών με το έδαφος (ηλεκτρικά γειωμένο) και τα ασθενέστερα επαγόμενα πεδία είναι για εκείνα τα σώματα που είναι μονωμένα από το έδαφος (σε "ελεύθερο χώρο").
- Το συνολικό ρεύμα που ρέει σε ένα σώμα που βρίσκεται σε τέλεια επαφή με το έδαφος καθορίζεται από το μέγεθος και το σχήμα του σώματος (συμπεριλαμβανομένης της στάσης του σώματος) και όχι από την αγωγιμότητα των ιστών.
- Η κατανομή των επαγόμενων ρευμάτων στα διάφορα όργανα και τους ιστούς καθορίζεται από την αγωγιμότητα αυτών των ιστών.
- Η κατανομή ενός επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου επηρεάζεται επίσης από τις αγωγιμότητες, αλλά λιγότερο από το επαγόμενο ρεύμα.

Υπάρχει επίσης ένα ξεχωριστό φαινόμενο στο οποίο το ρεύμα στο σώμα δημιουργείται μέσω της επαφής με ένα αγωγίμο αντικείμενο που βρίσκεται σε ένα ηλεκτρικό πεδίο. Για τα μαγνητικά πεδία, η διαπερατότητα των ιστών είναι η ίδια με εκείνη του αέρα, έτσι το πεδίο στους ιστούς είναι το ίδιο με το εξωτερικό πεδίο. Τα σώματα των ανθρώπων και των ζώων δεν διαταράσσουν σημαντικά το πεδίο. Η κύρια αλληλεπίδραση των μαγνητικών πεδίων με το σώμα είναι η επαγωγή Faraday των ηλεκτρικών πεδίων και οι σχετικές πυκνότητες ρεύματος στους αγωγίμους ιστούς.

Τα βασικά χαρακτηριστικά της δοσιμετρίας για την έκθεση σε μαγνητικά πεδία ELF είναι τα εξής:

- Το επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο και το αντίστοιχο ρεύμα εξαρτώνται από τον προσανατολισμό του εξωτερικού πεδίου. Τα επαγόμενα πεδία στο σώμα κατά κανόνα είναι μεγαλύτερα όταν τα πεδία που τα προκαλούν είναι ευθυγραμμισμένα από το εμπρόσθιο ή το πίσω μέρος του σώματος, αλλά για κάποια μεμονωμένα όργανα οι υψηλότερες τιμές προκαλούνται για πεδία με κατεύθυνση από πλευρά σε πλευρά.

- Γενικώς τα χαμηλότερα επαγόμενα ηλεκτρικά πεδία δημιουργούνται όταν το εξωτερικό μαγνητικό πεδίο είναι προσανατολισμένο κατά τον κατακόρυφο άξονα του σώματος.
- Για δεδομένη ένταση και προσανατολισμό του μαγνητικού πεδίου, προκαλούνται υψηλότερα ηλεκτρικά πεδία σε ένα σώμα μεγαλύτερου μεγέθους.
- Η κατανομή των τιμών επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου επηρεάζεται από την αγωγιμότητα διαφόρων οργάνων και ιστών, έχοντας μικρότερη επίδραση στην κατανομή της πυκνότητας επαγόμενου ρεύματος.

Γ) Επιστημονικά δεδομένα:

Επιστημονικές αξιολογήσεις για πιθανούς κινδύνους που προκαλούνται από την έκθεση στον ΗΜΠ αποτελούν τη βάση των διεθνών κατευθυντήριων γραμμών των ορίων έκθεσης και συμβάλουν ουσιαστικά στην χάραξη πολιτικών για την δημόσια υγεία. Τα κριτήρια και οι διαδικασίες για τον καθορισμό των οριακών τιμών περιγράφονται στο Πλαίσιο του ΠΟΥ για την ανάπτυξη υγειονομικά βασισμένων προτύπων Η/Μ πεδίων (WHO, 2006a) [27].

Δ) Πρότυπα εκπομπών και έκθεσης:

Τα πρότυπα περιέχουν τεχνικές προδιαγραφές ή άλλα ακριβή κριτήρια που χρησιμοποιούνται ως κανόνες, κατευθυντήριες γραμμές ή ορισμούς χαρακτηριστικών για να διασφαλιστεί ότι τα υλικά, τα προϊόντα, οι διαδικασίες και οι υπηρεσίες είναι κατάλληλα για τον σκοπό τους.

Στο πλαίσιο του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου, μπορούν να είναι πρότυπα εκπομπών, τα οποία καθορίζουν τα όρια εκπομπών από μια συσκευή, πρότυπα μέτρησης, τα οποία περιγράφουν τον τρόπο με τον οποίο μπορεί να εξασφαλιστεί η συμμόρφωση με τα πρότυπα έκθεσης ή εκπομπών ή πρότυπα έκθεσης που καθορίζουν τα όρια της έκθεσης του ανθρώπου από όλες τις συσκευές που εκπέμπουν ΗΜΠ στο οικιακό ή το εργασιακό περιβάλλον. Τα πρότυπα εκπομπών καθορίζουν διάφορες προδιαγραφές για συσκευές εκπομπής ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας και γενικά βασίζονται σε τεχνικές εκτιμήσεις, π.χ. για την ελαχιστοποίηση των ηλεκτρομαγνητικών παρεμβολών σε άλλους εξοπλισμούς ή / και τη βελτιστοποίηση της απόδοσης της συσκευής. Τα πρότυπα εκπομπών συνήθως εκπονούνται από τη Διεθνή Ηλεκτροτεχνική Επιτροπή (IEC) [28], το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE) [29], τη Διεθνή Ένωση Τηλεπικοινωνιών (ITU), την Ευρωπαϊκή Επιτροπή Ηλεκτροτεχνικής Κανονικοποίησης (CENELEC) καθώς και άλλων ανεξάρτητων οργανισμών ή και εθνικών αρχών τυποποίησης.

Τα πρότυπα έκθεσης αναφέρονται γενικά στα μέγιστα επίπεδα στα οποία επιτρέπεται η ολική ή μερική έκθεση του σώματος από οποιοδήποτε αριθμό πηγών. Αυτός ο τύπος προτύπων ενσωματώνει κανονικά τους παράγοντες ασφάλειας και παρέχει τον βασικό οδηγό για τον περιορισμό της προσωπικής έκθεσης. Κατευθυντήριες γραμμές για τα πρότυπα αυτά έχουν εκδοθεί από τη Διεθνή Επιτροπή για την Προστασία από Μη-Ιονίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP, 1998a) [24], το Ινστιτούτο Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών (IEEE, 2002) [29] και πολλές εθνικές αρχές. Ενώ ορισμένες χώρες έχουν υιοθετήσει τις κατευθυντήριες γραμμές του ICNIRP, άλλοι τα χρησιμοποιούν ως *de facto* πρότυπο χωρίς παρόλα αυτά να τους παρέχουν νομική βάση (WHO, 2006b) [30].

E) Νευροσυμπεριφορά:

Η έκθεση εθελοντών σε ηλεκτρικά πεδία προκαλεί σαφώς καθορισμένες βιολογικές αντιδράσεις, που κυμαίνονται από την αντίληψη απλά έως την ενόχληση, μέσω επιφανειακών επιδράσεων λόγω του ηλεκτρικού ρεύματος. Αυτές οι αντιδράσεις εξαρτώνται από την ισχύ του πεδίου, τις περιβαλλοντικές συνθήκες και την ατομική ευαισθησία. Τα κατώτατα όρια για την άμεση αντίληψη για το 10% των εθελοντών κυμαίνονταν μεταξύ 2 και 20 $kV \cdot m^{-1}$, ενώ για ένα 5% 15-20 το αποτέλεσμα έγινε αισθητό στα 15-20 $kV \cdot m^{-1}$. Οι σπινθήρες στατικού ηλεκτρισμού προς το έδαφος διαπιστώθηκε ότι είναι οδυνηρά αισθητοί για το 7% των εθελοντών σε ένα πεδίο 5 $kV \cdot m^{-1}$. Σε υψηλή ένταση πεδίου, τα παλμικά μαγνητικά πεδία μπορούν να διεγείρουν τον περιφερικό ή κεντρικό νευρικό ιστό. Τέτοια αποτελέσματα μπορεί να προκύψουν κατά την έκθεση σε μαγνητική τομογραφία και χρησιμοποιούνται σε διακρανιακή μαγνητική διέγερση.

Το κατώφλι ισχύος του ηλεκτρικού πεδίου που μπορεί να προκαλέσει άμεση διέγερση νευρών μπορεί είναι πολύ χαμηλό, ακόμα και μερικά βολτ ανά μέτρο. Το όριο αυτό είναι πιθανό να είναι σταθερό σε μια περιοχή συχνοτήτων μεταξύ μερικών Hertz και μερικών kilo Hertz. Τα άτομα που πάσχουν ή έχουν προδιάθεση για επιληψία είναι πιθανό να είναι πιο ευάλωτα σε επαγόμενα ηλεκτρικά πεδία ELF στο ΚΝΣ. Επιπλέον, η ευαισθησία στην ηλεκτρική διέγερση του ΚΝΣ φαίνεται να σχετίζεται με το οικογενειακό ιστορικό επιληπτικών κρίσεων και τη χρήση τρικυκλικών αντικαταθλιπτικών, νευροληπτικών παραγόντων και άλλων φαρμάκων που μειώνουν το κατώφλι ισχύος του πεδίου που μπορεί να προκαλέσει επιληπτικές κρίσεις.

Η λειτουργία του αμφιβληστροειδούς, που είναι μέρος του ΚΝΣ, μπορεί να επηρεαστεί από την έκθεση σε πολύ ασθενέστερα μαγνητικά πεδία ELF από αυτά που προκαλούν άμεση διέγερση των νευρών. Εμφανίζεται η αίσθηση του φωτός που τρεμοπαίζει («φωτοψίες»), που ονομάζεται μαγνητοφωσφονική, ως αλληλεπίδραση του επαγόμενου ηλεκτρικού πεδίου με τα ηλεκτρικώς διεγειρόμενα κύτταρα στον αμφιβληστροειδή.

Οι οριακές τιμές ηλεκτρικού πεδίου στο εξωκυτταρικό υγρό του αμφιβληστροειδούς εκτιμήθηκαν ότι βρίσκονται μεταξύ περίπου $10\text{-}100\text{ mV} \cdot \text{m}^{-1}$ στα 20 Hz. Υπάρχει, ωστόσο, σημαντική αβεβαιότητα που συνδέεται με αυτές τις τιμές. Τα στοιχεία για άλλες νευρικές επιδράσεις σε εθελοντικές μελέτες, όπως οι επιδράσεις στην ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου, στη γνωστική λειτουργία, στον ύπνο, στην υπερευαισθησία και στη διάθεση, είναι λιγότερο σαφείς. Γενικά, τέτοιες μελέτες έχουν διεξαχθεί σε επίπεδα έκθεσης χαμηλότερα από εκείνα που απαιτούνται για την επαγωγή των αποτελεσμάτων που περιγράφηκαν παραπάνω και έχουν καταλήξει απλώς σε ενδείξεις μικρών και μεταβατικών επιδράσεων στην καλύτερη περίπτωση [31,32]. Οι συνθήκες που είναι απαραίτητες για την πρόκληση απτών αποτελεσμάτων δεν είναι σαφώς καθορισμένες επί του παρόντος. Υπάρχουν όμως, κάποιες ενδείξεις που υποδηλώνουν επιρροή των πεδίων στον χρόνο αντίδρασης και μειωμένη ακρίβεια στην εκτέλεση ορισμένων γνωστικών καθηκόντων, η οποία υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα μελετών σχετικά με την γενική ηλεκτρική δραστηριότητα του εγκεφάλου. Μελέτες που διερευνούν μεταβολές στην ποιότητα του ύπνου που προκαλούνται από το EMF δεν έχουν καταλήξει σε τελεσίδικα συμπεράσματα. Είναι πιθανό οι διαφορές αυτές να οφείλονται εν μέρει στον εκάστοτε διαφορετικό σχεδιασμό των μελετών. Μερικοί άνθρωποι ισχυρίζονται ότι παρουσιάζουν υπερευαισθησία στο EMF. Ωστόσο, τα στοιχεία από διπλές "τυφλές" μελέτες υποδηλώνουν ότι τα αναφερόμενα συμπτώματα δεν σχετίζονται με την έκθεση σε ΗΜΓ.

Πολύ χαμηλότερα πεδία μπορεί να επηρεάσουν την μετάδοση σημάτων μεταξύ των συνάψεων στα νευρωνικά δίκτυα [33]. Υπάρχουν μόνο ασαφείς και μη εμπεριστατωμένες ενδείξεις ότι η έκθεση σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία ELF προκαλεί συμπτώματα κατάθλιψης ή τάσεις αυτοκτονίας. Επομένως, τα αποδεικτικά στοιχεία θεωρούνται ανεπαρκή. Στα ζώα, έχει διερευνηθεί ενδελεχώς - χρησιμοποιώντας ένα ευρύ φάσμα συνθηκών έκθεσης- η πιθανότητα να επηρεάζει η έκθεση σε πεδία ELF τις λειτουργίες του νευρικού συστήματος. Έχουν διαπιστωθεί λίγες ισχυρές επιδράσεις. Υπάρχουν όμως, πειστικές ενδείξεις ότι τα ηλεκτρικά πεδία υψηλής συχνότητας μπορούν να ανιχνευθούν από τα ζώα και να προκαλέσουν παροδική διέγερση ή ήπιο στρες. Πχ σε αρουραίους, η περιοχή ανίχνευσης είναι μεταξύ 3 και $13\text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$. Τα τρωκτικά έχουν αποδειχθεί ότι νιώθουν ενόχληση σε ένταση πεδίου μεγαλύτερη από $50\text{ kV} \cdot \text{m}^{-1}$. Άλλες πιθανές επιδράσεις εξαρτώμενες από τα πεδία δεν είναι σαφώς καθορισμένες και γενικά οι εργαστηριακές μελέτες έχουν αποδείξει μόνο ελαφρά και μεταβατικά αποτελέσματα. Υπάρχουν ορισμένα στοιχεία που αποδεικνύουν ότι η έκθεση σε μαγνητικά πεδία μπορεί να διαμορφώσει τις λειτουργίες των οπιοειδών και των χολιnergικών συστημάτων και αυτό συνάδει με τα αποτελέσματα μελετών που διερευνούν τις επιδράσεις στην αναληψία και την απόκτηση και εκτέλεση εργασιών χωρικής μνήμης.

Συστήνεται να διεξαχθούν εργαστηριακές μελέτες σε εθελοντές για τις πιθανές επιπτώσεις στον ύπνο όπως και την επίδραση στην απόδοση σε πνευματικά απαιτητικές εργασίες. Οι οποίες μελέτες θα εναρμονίζονται με μεθοδολογικές διαδικασίες. Είναι αναγκαίο να αναγνωρίσουμε τις σχέσεις μεταξύ της δόσης της ακτινοβολίας στις υψηλότερες πυκνότητες μαγνητικής ροής από ότι ξέραμε μέχρι τώρα για ένα ευρύτερο φάσμα συχνοτήτων. Υπάρχει ανάγκη για περαιτέρω εξειδίκευση των μικροδοσιμετρικών (ηλεκτρονικών) μοντέλων προκειμένου να λαμβάνεται υπόψη η αρχιτεκτονική των κυττάρων των νευρικών δικτύων και άλλων πολύπλοκων υποσυστημάτων των ανθρώπινων οργάνων τα οποία αναγνωρίζονται -εκ των πραγμάτων- ως πιο ευαίσθητα στην επαγωγή συνεπειών από ηλεκτρικά πεδία. Αυτή η διαδικασία μοντελοποίησης χρειάζεται για να καταφέρουμε να δούμε την πιθανή επιρροή των ηλεκτρικών πεδίων στην κυτταρικές μεμβράνες και στον μηχανισμό απελευθέρωσης και παραγωγής των νευροδιαβιβαστών.

Στ) Νευροενδοκρινές Σύστημα:

Τα αποτελέσματα εθελοντικών μελετών πληθυσμιακών, επιδημιολογικών καθώς και επαγγελματικών μελετών υποδηλώνουν ότι το νευροενδοκρινές σύστημα δεν επηρεάζεται δυσμενώς από την έκθεση σε ηλεκτρικά ή/και μαγνητικά πεδία είτε υψηλής είτε χαμηλής συχνότητας. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τα επίπεδα κυκλοφορίας συγκεκριμένων ορμονών του νευροενδοκρινικού συστήματος, συμπεριλαμβανομένης της μελατονίνης, που απελευθερώνεται από την επίφυση, καθώς και αρκετές ορμόνες που εμπλέκονται στον έλεγχο του σωματικού μεταβολισμού και της φυσιολογίας, που απελευθερώνεται από την υπόφυση. Μερικές φορές παρατηρήθηκαν μικρές διαφορές στον χρόνο απελευθέρωσης μελατονίνης ή σε συνδυασμό με ορισμένα χαρακτηριστικά έκθεσης, αλλά και αυτά τα αποτελέσματα δεν ήταν σταθερά [34]. Είναι πολύ δύσκολο να αποκλεισθεί η πιθανή συνδυαστική επίδραση με διάφορους παράγοντες περιβάλλοντος και του τρόπου ζωής που μπορούν επίσης να επηρεάσουν τα επίπεδα ορμονών. Οι περισσότερες εργαστηριακές μελέτες σχετικά με τις επιδράσεις της έκθεσης ELF σε επίπεδα μελατονίνης τη νύχτα σε εθελοντές δεν είχαν καμία επίδραση όταν ελήφθη μέριμνα για τον έλεγχο της πιθανών αλληλεπιδράσεων.

Τα αποδεικτικά στοιχεία ότι η έκθεση σε ELF πεδία επιδρά στη δράση της μελατονίνης σε κύτταρα καρκίνου του μαστού *in vitro* παρουσιάζουν ενδιαφέρον. Αλλά και αυτά τα αποτελέσματα δεν είναι αποσαφηνισμένα. Παρομοίως, στις λίγες εξειδικευμένες μελέτες που έχουν γίνει δεν έχουν παρατηρηθεί ως επί το πλείστον αρνητικές ή ασαφείς επιδράσεις στις ποσότητες αυξητικής ορμόνης, επίπεδα ορμονών που εμπλέκονται στον έλεγχο της μεταβολικής δραστηριότητας ή σχετίζονται με τον έλεγχο της αναπαραγωγής και της σεξουαλικής ανάπτυξης.

Γενικώς αυτές οι πληροφορίες δεν υποδεικνύουν ότι τα ηλεκτρικά ή/και τα μαγνητικά πεδία πολύ χαμηλών συχνοτήτων επηρεάζουν το ενδοκρινικό νευρικό σύστημα με δυσμενείς επιπτώσεις στην ανθρώπινη υγεία. Επομένως, τα στοιχεία θεωρούνται ανεπαρκή.

Z) Νευροεκφυλιστικές διαταραχές:

Έχει κατά καιρούς υποτεθεί ότι η έκθεση σε πεδία πολύ χαμηλών συχνοτήτων συνδέεται με ποικίλες νευροεκφυλιστικές ασθένειες. Τόσο για την ασθένεια του Πάρκινσον [35] όσο και της πολλαπλής σκλήρυνσης ένας μικρός αριθμός μελετών που έχει πραγματοποιηθεί δεν στοιχειοθετεί την σύνδεση της έκθεσης σε πεδία με αυτές τις ασθένειες. Για την ασθένεια του Αλτσχάιμερ και της αμυοτροφικής πλευρικής σκλήρωσης (ALS) έχουν δημοσιευθεί περισσότερες μελέτες, μερικές από αυτές υποδεικνύουν ότι άνθρωποι οι οποίοι απασχολούνται σε επαγγέλματα σχετιζόμενα με την ηλεκτρική ενέργεια έχουν αυξημένη πιθανότητα εκδήλωσης ALS. Μέχρι τώρα κανένας βιολογικός μηχανισμός δεν βρέθηκε που να εξηγεί αυτό το συσχετισμό, παρόλα αυτά, θα μπορούσε να προκύπτει από γεγονότα που συμβαίνουν στα σχετικά με τον ηλεκτρισμό επαγγέλματα όπως πχ τα ηλεκτρικά σοκ. Απαιτούνται μεγάλες προοπτικές μελέτες κοορτής με πληροφορίες πάνω στην έκθεση σε ELF μαγνητικά πεδία, σε έκθεση σε ηλεκτρικά σοκ καθώς και έκθεση σε άλλους πιθανούς παράγοντες κινδύνου για να αποδειχθεί αν τα ELF μαγνητικά πεδία εμπλέκονται στην αιτιώδη συνάφεια αυτής της σπάνιας νευροεκφυλιστικής νόσου. Συμπερασματικά, τα στοιχεία για τη σύνδεση μεταξύ έκθεσης μαγνητικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων και ALS θεωρούνται ανεπαρκή. Οι λίγες μελέτες οι οποίες ερευνούν την σύνδεση μεταξύ της έκθεσης σε ΗΜΠ με το Αλτσχάιμερ είναι επίσης ασαφή. Οι αναλυτικότερες μελέτες που εστιάζουν στην νοσηρότητα από Αλτσχάιμερ -παρά στην θνησιμότητα- επίσης δεν υποδεικνύουν κάποιο συσχετισμό [36].

Η) Ανοσοποιητικό Σύστημα και Αιματολογία:

Γενικότερα τα στοιχεία που έχουμε δεν υποστηρίζουν έναν συσχετισμό μεταξύ της έκθεσης σε πεδία πολύ χαμηλών συχνοτήτων και καρδιαγγειακών ασθενειών. Στοιχεία σχετικά με την επίδραση των ELF ηλεκτρικών ή μαγνητικών πεδίων σε όργανα του ανοσοποιητικού συστήματος είναι γενικώς ασαφή. Τόσο οι πληθυσμοί των κυττάρων όσο και οι λειτουργικοί δείκτες δεν επηρεάζονται από την έκθεση. Παρόλα αυτά, κάποιες μελέτες σε ανθρώπους σε πεδία που κυμαίνονται μεταξύ από 10μΤ έως 20mΤ παρατηρήθηκαν αλλαγές στα κύτταρα φυσικούς φονείς T (NK cells) του ανοσοποιητικού τα οποία έδειξαν άλλες φορές αύξηση και άλλες μείωση στον αριθμό τους δίχως όμως, να επηρεάζεται ο συνολικός πληθυσμός των λευκών αιμοσφαιρίων. Συνολικά, τα στοιχεία επιρροής των ELF ηλεκτρομαγνητικών πεδίων στο ανοσοποιητικό και το αιμοποιητικό σύστημα θεωρούνται ανεπαρκή [37,38].

Γενικώς οι επιδημιολογικές μελέτες δεν έχουν δείξει κάποιο συσχετισμό μεταξύ πιθανών δυσμενών συνεπειών στο ανθρώπινο αναπαραγωγικό σύστημα τόσο των ανδρών όσο και των γυναικών μετά από έκθεση σε ELF πεδία. Εντούτοις υπάρχουν κάποια στοιχεία για αυξημένη πιθανότητα αποβολών εμβρύων που σχετίζεται με την έκθεση σε μαγνητικά πεδία στις γυναίκες αλλά και αυτά τα στοιχεία θεωρούνται ανεπαρκή. Τα στοιχεία επιρροής τόσο του αναπαραγωγικού συστήματος όσο και της ανάπτυξης του εμβρύου είναι ανεπαρκή [39,40].

Θ) Καρκίνος:

Ο καρκίνος είναι μια ανεξέλεγκτη ανάπτυξη κυττάρων που μπορεί να εισβάλλει και να διαταράξει τους περιβάλλοντες ιστούς και να εξαπλωθεί στο σώμα μέσω του αίματος και των λεμφικών αγγείων. Σε αντίθεση με τα φυσιολογικά κύτταρα, τα κακοήγη κύτταρα *in vitro* παρουσιάζουν συνήθως επίμονο και αυτόνομο πολλαπλασιασμό. Η ίδια η καρκινογένεση είναι μια διαδικασία πολλαπλών σταδίων και κλασικά χωρίζεται σε δύο κύρια στάδια: την έναρξη, η οποία είναι η επαγωγή μη αναστρέψιμων μεταβολών (μεταλλάξεις στα γονίδια) και η προώθηση, η οποία είναι αναστρέψιμη και χρειάζεται για να διατηρηθεί επαναλαμβανόμενα ερεθίσματα στο αρχικό κύτταρο. Η προώθηση στη συνέχεια διεγείρει την περαιτέρω ανάπτυξη σε έναν όγκο.

Η ταξινόμηση των ELF μαγνητικών πεδίων κατά IARC ως «πιθανά καρκινογόνα για τους ανθρώπους» (IARC, 2002) [41] βασίζεται σε όλα τα διαθέσιμα δεδομένα μέχρι και το 2001.

Ας ληφθεί υπόψη ότι κατά την διαδικασία IARC εμφανίζονται δύο όροι. Πρώτον ο όρος "περιορισμένες αποδείξεις καρκινογένεσης" που σημαίνει ότι έχει παρατηρηθεί κατηγορηματικός συσχετισμός για τον οποίο μια μη-διεξοδική ερμηνεία μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστη, χωρίς όμως να μπορεί να αποκλειστεί με βεβαιότητα η πιθανότητα αλλοίωσης ή παρανόησης. Δεύτερον, ο όρος "ανεπαρκείς ενδείξεις καρκινογένεσης" υποδεικνύει ότι είτε οι διαθέσιμες μελέτες δεν έχουν επαρκή ποιότητα, συνέπεια ή στατιστική ισχύ για να καταλήξουν σε συμπέρασμα ή ότι δεν υπάρχουν διαθέσιμα στοιχεία για τον καρκίνο. Η κατά IARC ταξινόμηση είναι βαθιά επηρεασμένη από τους συσχετισμούς που παρατηρήθηκαν σε επιδημιολογικές μελέτες σχετικές με την παιδική λευχαιμία. Ιδιαίτερα αδύναμος ισχνός κρίνεται ο συσχετισμός μεταξύ της έκθεσης σε ELF μαγνητικά πεδία και του κινδύνου ανάπτυξης καρκίνου στο στήθος στις γυναίκες καθώς οι μέχρι στιγμής μελέτες δεν υποστηρίζουν κάτι τέτοιο. Συνολικά δεν υπάρχουν στοιχεία ότι η έκθεση σε ELF μαγνητικά πεδία από μόνη της μπορεί να προκαλέσει την δημιουργία όγκων.

Δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία ότι η έκθεση σε ELF μαγνητικά πεδία μπορεί να ενισχύσει την ανάπτυξη όγκων σε συνδυασμό με καρκινογένεσεις. Γενικά οι μελέτες των επιπτώσεων της έκθεσης σε ELF πεδία στα κύτταρα δεν έχουν δείξει επαγωγή γονιδοτοξικότητας για πεδία τιμών κάτω των 50mT.

Επίσης υπάρχουν αυξανόμενα στοιχεία ότι τα ELF μαγνητικά πεδία μπορούν να αλληλεπιδρούν με παράγοντες που καταστρέφουν το DNA, όμως δεν υπάρχουν ξεκάθαρα στοιχεία ότι τα ELF μαγνητικά πεδία ενεργοποιούν γονίδια τα οποία σχετίζονται με τον έλεγχο του κύκλου ζωής των κυττάρων. Δεν έχουν ακόμα πραγματοποιηθεί συστηματικές μελέτες που να αναλύουν την ανταπόκριση ολόκληρου του γονιδιώματος. Πολλές άλλες κυτταρικές έρευνες για παράδειγμα πάνω στον πολλαπλασιασμό των κυττάρων, την απόπτωση και τον κακοήγη μετασχηματισμό έχουν δώσει αβέβαια αποτελέσματα. Η σημαντικότερη ερευνητική προτεραιότητα είναι η επίλυση των αντιθέσεων μεταξύ των επιδημιολογικών δεδομένων τα οποία από τη μία δείχνουν μία συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε ELF μαγνητικών πεδίων με τον επαυξημένο κίνδυνο παιδικής λευχαιμίας και από την άλλη τα μηχανιστικά και πειραματικά στοιχεία τα οποία απορρίπτουν μία τέτοια συσχέτιση. Προτείνεται λοιπόν η συνεργασία επιδημιολόγων και πειραματικών επιστημόνων σε αυτό τον ερευνητικό τομέα. Οι νέες επιδημιολογικές μελέτες πρέπει να εστιάσουν πάνω σε νέες πτυχές της έκθεσης σε πεδία και την πιθανή αλληλεπίδραση με άλλους παράγοντες καθώς και πάνω σε ομάδες ανθρώπων με υψηλή έκθεση στην ακτινοβολία. Επιπρόσθετα, συστήνεται η επικαιροποίηση των συγκεντρωτικών αναλύσεων με την προσθήκη δεδομένων από πρόσφατες μελέτες και με την εισαγωγή νέων στοιχείων στην ανάλυση.

Η πιθανότητα η έκθεση σε χαμηλής συχνότητας EMF να αυξάνει τον κίνδυνο εμφάνισης καρκίνου έχει μελετηθεί σε μεγάλο βαθμό τόσο σε επιδημιολογικές όσο και σε πειραματικές έρευνες τις τελευταίες δύο δεκαετίες και έχει επανεξεταστεί ευρέως από εθνικές και διεθνείς ομάδες εμπειρογνομόνων (π.χ. AGNIR, 2001b, Ahlbom & Feychting, 2001; IARC, 2002, ICNIRP, 2003, NIEHS, 1998) [42,43,44]. Λόγω των χαμηλών επιπέδων ενέργειας στις μοριακές αλληλεπιδράσεις, είναι φυσικά εξαιρετικά απίθανο ότι τα πεδία ELF προκαλούν άμεση γενετική βλάβη (δηλ. Βλάβες μορίων DNA από τα οποία παράγονται τα γονίδια).

Συνοπτικά, λαμβάνοντας υπόψη αυτές τις πληροφορίες, η συνολική αξιολόγηση του IARC (2002) [41] για την καρκινογένεση από τα ΗΜΠ ήταν:

- Υπάρχουν περιορισμένα στοιχεία σε ανθρώπους για την καρκινογένεση των μαγνητικών πεδίων εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας σε σχέση με την λευχαιμία παιδικής ηλικίας.

- Υπάρχουν ανεπαρκείς ενδείξεις σε ανθρώπους για την καρκινογένεση των μαγνητικών πεδίων εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας σε σχέση με όλους τους άλλους καρκίνους.
- Υπάρχουν ανεπαρκείς ενδείξεις σε ανθρώπους για την καρκινογένεση των στατικών ηλεκτρικών ή μαγνητικών πεδίων καθώς και των ηλεκτρικών πεδίων εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας.
- Υπάρχουν ανεπαρκή στοιχεία σε πειραματόζωα για την καρκινογένεση των μαγνητικών πεδίων εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας.
- Δεν υπήρχαν διαθέσιμα δεδομένα σχετικά με την καρκινογένεση των ηλεκτρικών πεδίων εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας σε πειραματόζωα.

Αξιοσημείωτη εξαίρεση είναι τα στοιχεία από πρόσφατες μελέτες τα οποία αναφέρουν βλάβες στο DNA σε πεδία χαμηλής ισχύος (τιμές ισχύος της τάξεως των 35μT) παρόλα αυτά αυτές οι μελέτες βρίσκονται ακόμα στο στάδιο της αξιολόγησης και η κατανόηση μας σε αυτά τα ευρήματα είναι ατελή [45,46].

Οδηγώντας στο συμπέρασμα ότι:

- Τα μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας ενδέχεται να είναι καρκινογόνα για τον άνθρωπο.
- Τα ηλεκτρικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας δεν ταξινομούνται ως προς την καρκινογένεση τους στον άνθρωπο.

I) Καρδιαγγειακές Διαταραχές:

Οι πειραματικές μελέτες τόσο της βραχυπρόθεσμης όσο και της μακροπρόθεσμης έκθεσης δείχνουν ότι, ενώ η ηλεκτροπληξία είναι προφανής κίνδυνος για την υγεία, άλλες επικίνδυνες καρδιαγγειακές επιδράσεις που να σχετίζονται με τα πεδία ELF είναι απίθανο να εμφανιστούν για τα επίπεδα έκθεσης που επηρεάζουν τον γενικό πληθυσμό ή τους εργαζόμενους. Παρόλο που έχουν αναφερθεί στη βιβλιογραφία διάφορες καρδιαγγειακές αλλαγές, η πλειοψηφία των επιδράσεων είναι αμελητέες και τα αποτελέσματα δεν παρουσίαζαν συνεπεία μεταξύ των μελετών [47,48]. Συνολικά, τα υπάρχοντα στοιχεία δεν υποστηρίζουν την συσχέτιση μεταξύ της έκθεσης σε ELF πεδία και καρδιαγγειακών παθήσεων.

K) Ελεύθερες ρίζες:

Οι επιδράσεις της έκθεσης σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία σε διάφορα είδη ελεύθερων ριζών έχουν μελετηθεί τα τελευταία χρόνια και υπάρχουν τρεις κύριες υποδιαιρέσεις στον τομέα της έρευνας:

(i) οι βιοφυσικοί μηχανισμοί με τους οποίους τα μαγνητικά πεδία θα μπορούσαν να επηρεάσουν την παραγωγή και τη συγκέντρωση των ριζών (δηλ. τον μηχανισμό ζευγοποίησης των ελεύθερων ριζών).
(ii) τους βιολογικούς και βιοχημικούς μηχανισμούς αυξημένης παραγωγής ριζών από εκτεθειμένα κύτταρα ή/και την αυξημένη πιθανότητα για αλληλεπίδραση με το DNA, και (iii) την πιθανή ενίσχυση της επίδρασης ενώσεων που είναι γνωστό ότι αυξάνουν τη συγκέντρωση των ελεύθερων ριζών.

Το ζήτημα της εμπλοκής των ελεύθερων ριζών στις βιολογικές επιδράσεις έχει συνδεθεί στενά με το ρόλο της μελατονίνης ως παράγοντα δέσμευσης ελευθέρων ριζών, καθώς έχει διερευνηθεί -χωρίς να έχει αποδειχθεί ερευνητικά- η μεταβολή στην παραγωγή μελατονίνης υπό έκθεση σε Η/Μ πεδία. Οι Katsir & Parola (1998) ανέφεραν μια αύξηση του πολλαπλασιασμού ινοβλαστών εμβρύου κοτόπουλου υπό έκθεση σε μαγνητικό πεδίο (100Hz, 0,7mT, 24 ώρες) [49]. Η αύξηση του κυτταρικού πολλαπλασιασμού μειώθηκε παρουσία καταλάσης, δισμουτάσης υπεροξειδίου ή βιταμίνης E, κατά 79, 67 και 82%, αντίστοιχα. Αυτό ερμηνεύτηκε από τους συγγραφείς ως συμμετοχή ελεύθερων ριζών. Η συνέργεια με συστήματα δημιουργίας ελευθέρων ριζών διερευνήθηκε από δύο ομάδες. Ο Fiorani και συν. (1997) μελέτησε την επίδραση των μαγνητικών πεδίων ELF σε ερυθροκύτταρα κουνελιού σε συνδυασμό με ένα σύστημα παραγωγής ριζών οξυγόνου (Fe(II)/ασκορβικό) [50]. Η έκθεση σε 0.5mT (50Hz) δεν είχε καμία επίδραση στα άθικτα ερυθροκύτταρα, αλλά αύξησε τη βλάβη λόγω της παρουσίας του συστήματος δημιουργίας ελευθέρων ριζών σιδήρου, όπως παρατηρήθηκε από μια αποσύνθεση 20% στη δραστηριότητα εξοκινάσης και αύξηση 100% στην παραγωγή μεθαιμοσφαιρίνης σε σύγκριση με την επίδραση μόνο του οξειδωτικού συστήματος.

Η υπόθεση του μηχανισμού ριζικού ζεύγους εξετάστηκε από τον Zmyslony και συν. (2004) [51] σε λεμφοκύτταρα αρουραίου εκτεθειμένα σε Η/Μ πεδίο για 1 ώρα συχνότητας έως 50Hz σε συνδυασμό έντασης 20, 40 ή 200μT μέσα σε ένα ζεύγος σπειρών Helmholtz με τον άξονά του κατά μήκος ή εγκάρσια στο γεωμαγνητικό πεδίο. Ιόντα σιδήρου (από FeCl₂) χρησιμοποιήθηκαν ως διεγέρτης των διεργασιών οξειδωσης και έπειτα μετρήθηκε η συγκέντρωση της ρίζας οξυγόνου χρησιμοποιώντας έναν φθορίζοντα ανιχνευτή. Μόνο στα λεμφοκύτταρα που εκτέθηκαν στα 40μT κατά μήκος του γεωμαγνητικού πεδίου παρατηρήθηκε μείωση φθορισμού. Αυτό το εύρημα ερμηνεύτηκε ως απόδειξη για το μηχανισμό δημιουργίας ζευγών ελευθέρων ριζών, αφού για αυτή τη διαμόρφωση το μαγνητικό πεδίο ακυρώνεται μία φορά ανά περίοδο σε αντίθεση με τις άλλες διαμορφώσεις συχνότητας και προσανατολισμού του μαγνητικού πεδίου.

Η ομάδα του Simko [52] μελέτησε τις επιδράσεις της έκθεσης σε διάφορα κυτταρικά συστήματα και έχει πρόσφατα δηλώσει ότι ορισμένα από τα αποτελέσματα που παρατηρήθηκαν θα μπορούσαν να ερμηνευθούν ως αποτέλεσμα αυξημένης παραγωγής ελευθέρων ριζών.

Το 2001, δημοσίευσαν στοιχεία για τη διέγερση της φαγοκυττάρωσης και παραγωγής ελεύθερων ριζών σε μακροφάγα που προέρχονται από μυελό των οστών ποντικών σε μαγνητικά πεδία 50Hz (0.5-1.5mT, 45 λεπτά) (Simko και συν., 2001). Υπό έκθεση, παρατηρήθηκε αύξηση στην παραγωγή ιόντων ριζών υπεροξειδίου. (Rollwitz, Lupke & Simko, 2004)

Οι ερευνητές Simko και Mattsson [53] κατέληξαν το 2004 στο συμπέρασμα ότι τα ΗΜΠ θα μπορούσαν να λειτουργήσουν ως ένα ερέθισμα για την πρόκληση ενεργών καταστάσεων των κυττάρων, όπως η φαγοκυττάρωση, η οποία στη συνέχεια ενισχύει την απελευθέρωση ελεύθερων ριζών, οδηγώντας ενδεχομένως σε γενετοξικά γεγονότα.

Επομένως, η έκθεση σε Η/Μ πεδία θα μπορούσε ενδεχομένως να οδηγήσει (i) στην άμεση ενεργοποίηση της φαγοκυττάρωσης (ή άλλων ειδικών κυτταρικών αντιδράσεων) και συνεπώς στην παραγωγή ελεύθερων ριζών, (ii) άμεση διέγερση της παραγωγής ελεύθερων ριζών από ορισμένα κύτταρα και (iii) αύξηση της διάρκειας ζωής των ελευθέρων ριζών γεγονός που οδηγεί σε αυξημένες συγκεντρώσεις ελεύθερων ριζών. Η μακροχρόνια έκθεση θα οδηγούσε σε ένα χρονίως αυξημένο επίπεδο ελεύθερων ριζών, με επακόλουθο την αναστολή της δράσης της μελατονίνης. Αυτές οι εκτιμήσεις δεν έχουν τεκμηριωθεί, αλλά παρουσιάζουν ενδιαφέρον για περαιτέρω έρευνα σχετικά με το ρόλο των ελεύθερων ριζών ως αποτέλεσμα επίδρασης ELF μαγνητικών πεδίων.

Λ) Οξείες Βιολογικές επιδράσεις:

Έχουν διαπιστωθεί οξείες βιολογικές επιδράσεις για την έκθεση σε ELF ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία στην περιοχή συχνοτήτων μέχρι 100kHz που μπορεί να έχουν αρνητικές επιπτώσεις στην υγεία. Συνεπώς, απαιτούνται όρια έκθεσης. Υπάρχουν διεθνείς κατευθυντήριες γραμμές που έχουν αντιμετωπίσει αυτό το ζήτημα. Η συμμόρφωση με αυτές τις οδηγίες παρέχει επαρκή προστασία [54].

Μ) Αναπαραγωγή και Εμβρυική Ανάπτυξη:

Υπάρχουν κάποια στοιχεία που συσχετίζουν τον αυξημένο κίνδυνο για τερματισμό κυήσεων (αποβολές) με την έκθεση σε ELF μαγνητική ακτινοβολία. Απαιτούνται όμως επιπλέον επιδημιολογικές μελέτες προκειμένου να τεκμηριωθεί μία τέτοια σχέση [55,56].

Ν) Χρονιές Επιδράσεις:

Τα επιστημονικά στοιχεία αποδεικνύουν ότι η καθημερινή χρόνια έκθεση σε μαγνητικά πεδία χαμηλής έντασης (άνω των 0.3-0.4μT) ενέχει μία πιθανότητα κινδύνου για την υγεία και βασίζονται σε επιδημιολογικές μελέτες που καταδεικνύουν μία σταθερή συσχέτιση με την αυξημένη πιθανότητα παιδικής λευχαιμίας [57].

Ξ) Συμπεράσματα in vitro:

Γενικά, οι μελέτες των επιδράσεων της έκθεσης των κυττάρων από τα ELF μαγνητικά πεδία δεν έχουν δείξει επαγωγή γονιδοτοξικότητας σε πεδία κάτω από 50mT. Μια αξιοσημείωτη εξαίρεση αποτελούν τα στοιχεία από πρόσφατες μελέτες που δείχνουν βλάβες του DNA σε ένταση πεδίου χαμηλής ισχύος, ακόμα και από 35μT. Ωστόσο, αυτές οι μελέτες βρίσκονται επί του παρόντος ακόμα υπό αξιολόγηση και η κατανόησή μας για τα ευρήματα αυτά είναι ελλιπής. Υπάρχουν επίσης αυξανόμενες ενδείξεις ότι τα ELF μαγνητικά πεδία μπορεί να αλληλεπιδράσουν με παράγοντες που καταστρέφουν το DNA.

Δεν υπάρχει όμως, σαφής ένδειξη για την ενεργοποίηση γονιδίων που σχετίζονται με τον έλεγχο του κυτταρικού κύκλου. Άλλωστε, δεν έχουν ακόμη διεξαχθεί συστηματικές μελέτες που να αναλύουν την απόκριση ολόκληρου του γονιδιώματος. Πολλές άλλες κυτταρικές μελέτες, για παράδειγμα, σχετικά με τον πολλαπλασιασμό των κυττάρων, την απόπτωση, την σηματοδότηση του ασβεστίου, τη διακυτταρική επικοινωνία και τον κακοήγη μετασχηματισμό, έχουν παραγάγει ασυμβίβαστα ή αβέβαια αποτελέσματα [58,59,60]. Νέες μελέτες σε ανθρώπους, ζώα καθώς και in vitro, που δημοσιεύθηκαν το 2002 από τον IARC [61], δεν αλλάζουν τη συνολική ταξινόμηση των ELF πεδίων ως πιθανό καρκινογόνο παράγοντα για τον άνθρωπο.

Ο) Προστατευτικά μέτρα:

Είναι θεμελιώδες και βασικό ότι τα όρια έκθεσης πρέπει να εφαρμόζονται προκειμένου να προστατευούμε από δυσμενείς επιπτώσεις έκθεσης σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία ELF. Αυτά τα όρια έκθεσης πρέπει να βασίζονται σε μία ενδελεχή εξέταση όλων των σχετικών επιστημονικών στοιχείων. Υπάρχει αβεβαιότητα σχετικά με την ύπαρξη των χρόνιων επιδράσεων, λόγω των περιορισμένων στοιχείων σύνδεσης μεταξύ της έκθεσης σε μαγνητικά πεδία ELF και στην παιδική λευχαιμία.

Συνεπώς, είναι δικαιολογημένη η προληπτική προσέγγιση. Παρόλα αυτά, δεν ενδείκνυται η αυθαίρετη μείωση των τιμών των ορίων στο όνομα της προφύλαξης. Τέτοιες πρακτικές υπονομεύουν την επιστημονική βάση στην οποία βασίζονται τα όρια. Κρίνεται απαραίτητη η έρευνα πάνω στην ανάπτυξη πολιτικών πρόληψης για την προστασία της δημόσιας υγείας καθώς και νέων εφαρμογών στους τομείς της επιστημονικής αβεβαιότητας.

Όπου υπάρχουν αβεβαιότητες σχετικά με τον δυνητικό κίνδυνο από έναν παράγοντα για το κοινωνικό σύνολο τότε δικαιολογείται η λήψη προληπτικών μέτρων για να εξασφαλιστεί η κατάλληλη προστασία της δημόσιας υγείας καθώς και των εργαζομένων.

Π) Κόστος και εφικτότητα:

Το ζήτημα που παρουσιάζεται είναι ο προσδιορισμός και η αξιολόγηση ενός "συμβιβασμού" μεταξύ των διαφόρων στόχων και περιορισμών που προκύπτουν. Εάν επιζητείται μηδενική ανοχή στον κίνδυνο, τότε σημαίνει ότι το κόστος δεν έχει σημασία, πράγμα όμως, που είναι ανεδαφικό σε έναν κόσμο με περιορισμένους πόρους. Από την άλλη πλευρά, η αποδοχή της χρήσης και της εισαγωγής νέων τεχνολογιών, υπό την προϋπόθεση ότι δεν έχουν αποδειχθεί επικίνδυνες, αγνοεί τις ενδεχόμενες επιπτώσεις στην υγεία και μπορεί να εμπεριέχει κόστος που η κοινωνία δεν είναι διατεθειμένη να δεχτεί.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω δίνονται οι εξής συστάσεις:

- Οι φορείς χάραξης πολιτικών θα πρέπει να δημιουργήσουν τις κατάλληλες κατευθυντήριες γραμμές για την έκθεση σε ELF πεδία, τόσο για το γενικό πληθυσμό όσο και για τους εργαζόμενους.
- Οι φορείς χάραξης πολιτικών πρέπει να εγκαθιδρύσουν προγράμματα προστασίας από τα ELF Η/Μ πεδία τα οποία να περιλαμβάνουν πρόβλεψη μετρήσεων από όλες τις πιθανές πηγές ώστε να εξασφαλίζει ότι τα όρια έκθεσης δεν παραβιάζονται τόσο για τον γενικό πληθυσμό όσο και για τους εργαζόμενους.
- Υπό την προϋπόθεση ότι η υγεία, τα κοινωνικά και οικονομικά οφέλη της Ηλεκτρικής Ενέργειας δεν πλήττονται, η υλοποίηση προληπτικών διαδικασιών μείωσης της έκθεσης (πολύ χαμηλού κόστους) είναι και λογική και δικαιολογημένη.
- Οι φορείς χάραξης πολιτικών, οι κοινωνικοί φορείς και οι κατασκευαστές κατά την κατασκευή νέων εγκαταστάσεων και τον σχεδιασμό νέου εξοπλισμού/συσκευών θα πρέπει να υλοποιούν κατάλληλα πολύ χαμηλού κόστους μέτρα.
- Πρέπει επίσης να λαμβάνονται υπόψη αλλαγές στον μηχανολογικό σχεδιασμό των συσκευών και του εξοπλισμού που αποσκοπούν στην μείωση της έκθεσης σε ELF πεδία παράλληλα με τις προδιαγραφές ασφαλείας, αξιοπιστίας και οικονομίας.
- Επίσης οι τοπικές αρχές θα πρέπει να επιβάλουν κανονισμούς για την εγκατάσταση νέων γραμμών μεταφοράς ρεύματος (ή κατά την ανακαίνιση των υπαρχόντων) χωρίς να επηρεάζεται όμως η ασφάλεια. Η λήψη προληπτικών μέτρων σε υπάρχουσες εγκαταστάσεις κρίνεται μάλλον ακριβή και το κόστος της αδικαιολόγητο.

- Οι διεθνείς αρχές θα πρέπει να υλοποιήσουν μια αποτελεσματική και ανοιχτή επικοινωνιακά στρατηγική, βάση της οποίας θα επιτυγχάνεται η ενημέρωση των ενδιαφερόμενων μερών που λαμβάνουν τις αποφάσεις. Αυτό θα πρέπει να περιλαμβάνει πληροφόρηση για το πως ο καθένας ατομικά μπορεί να μειώσει την προσωπική του έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.
- Οι τοπικές αρχές πρέπει να βελτιώσουν το σχεδιασμό των εγκαταστάσεων που περιλαμβάνουν ισχυρές πηγές παραγωγής ELF ηλεκτρομαγνητικών πεδίων συμπεριλαμβανομένου και καλύτερης συνέργειας μεταξύ τοπικών αρχών, βιομηχανιών και πολιτών.
- Οι κυβερνήσεις και οι βιομηχανίες θα πρέπει να προωθήσουν ερευνητικά προγράμματα για να μειωθεί την αβεβαιότητα των επιστημονικών στοιχείων ως προς με τις επιπτώσεις στην υγεία της έκθεσης σε ELF πεδία.

7. ΕΥΡΩΠΑΪΚΗ ΟΔΗΓΙΑ

(Η Οδηγία 2013/35/ΕΕ για την επαγγελματική έκθεση σε ΗΜΠ)

A) Εισαγωγή:

Η έκθεση των εργαζομένων στα Ηλεκτρομαγνητικά Πεδία (ΗΜΠ), είναι ένα θέμα Υγιεινής και Ασφάλειας της Εργασίας (ΥΑΕ) που εμφανίζει ιδιαίτερο κοινωνικό επιστημονικό και οικονομικό ενδιαφέρον, αποτέλεσε αντικείμενο ζυμώσεων σε Ευρωπαϊκό επίπεδο τα τελευταία περίπου 20 χρόνια. Η Συνθήκη της Ρώμης (τώρα Συνθήκη για τη Λειτουργία της Ευρωπαϊκής Ένωσης) έχει στόχο την ενθάρρυνση των βελτιώσεων του εργασιακού περιβάλλοντος στους τομείς της υγείας και της ασφάλειας των εργαζομένων. Προκειμένου να επιτευχθεί αυτός ο στόχος προβλέπεται να προταθούν οδηγίες οι οποίες θέτουν ελάχιστες απαιτήσεις. Το 1989 προτάθηκε η οδηγία-πλαίσιο (89/391/ΕΟΚ) [62] ως υπερκείμενη οδηγία γι' αυτό το πεδίο. Το 2004 εκδόθηκε η Οδηγία 2004/40/ΕΚ [63] «Περί των ελάχιστων προδιαγραφών υγείας και ασφάλειας όσον αφορά στην έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους προερχόμενους από φυσικούς παράγοντες (ΗΜΠ)», βασισμένη στις κατευθυντήριες οδηγίες της Διεθνούς Επιτροπής για την Προστασία από τις Μη-Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP 1998) [64]. Η οδηγία-πλαίσιο Οδηγία 2013/35/ΕΕ [65], η ενσωμάτωση της οποίας στο εθνικό δίκαιο έγινε μέσα στο 2016,

προβλέπει τις γενικές νομοθετικές απαιτήσεις για την αντιμετώπιση και τον περιορισμό των κινδύνων, την ετοιμότητα σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης, την ενημέρωση των εργαζομένων, τη συνεργασία και την εκπαίδευση και την επίβλεψη της υγείας. Η οδηγία για τα ΗΜΠ στοχεύει στην καθιέρωση ελάχιστων απαιτήσεων για την υγεία και την ασφάλεια όσον αφορά εργασίες σχετικές με ΗΜΠ.

Η Ευρωπαϊκή οδηγία 2013/35/ΕΕ [65] καλύπτει ενδελεχώς την ύπαρξη ηλεκτρομαγνητικών πεδίων (ΗΜΠ), καθώς αυτά δημιουργούνται οποτεδήποτε χρησιμοποιείται ηλεκτρισμός στους χώρους εργασίας. Για τους περισσότερους εργαζομένους η ένταση των πεδίων βρίσκεται σε επίπεδα που δεν προκαλούν δυσμενείς επιπτώσεις. Παρόλα αυτά, σε ορισμένους εργασιακούς χώρους υπάρχει περίπτωση η ένταση των πεδίων να δημιουργεί κινδύνους. Η οδηγία της ΕΕ για τα ΗΜΠ αποσκοπεί στη μέριμνα για την ασφάλεια και την υγεία των εργαζομένων και παρέχει τις κατευθυντήριες γραμμές ώστε τόσο οι εργοδότες όσο και οι εργαζόμενοι να αναγνωρίσουν κατά πόσον χρειάζεται ή όχι η ανάληψη περαιτέρω συγκεκριμένων ενεργειών για προστασία έναντι της ΗΜ ακτινοβολίας.

Αρχικά πρέπει διενεργηθεί μια πρώτη εκτίμηση των κινδύνων που οφείλονται σε ΗΜΠ στον χώρο εργασίας. Το αποτέλεσμα της εκτίμησης καταδεικνύει κατά πόσον απαιτείται η ανάληψη περαιτέρω ενεργειών δυνάμει της οδηγίας. Ο οδηγός της ΕΕ είναι σχεδιασμένος για να βοηθήσει στην κατανόηση της επίδρασης που μπορεί να έχουν τα ΗΜΠ στην εργασία. Δεν είναι νομικά δεσμευτικός και δεν ερμηνεύει συγκεκριμένες νομικές απαιτήσεις που ίσως πρέπει να τηρούνται. Συνεπώς, θα πρέπει να χρησιμοποιείται συνδυαστικά με την οδηγία-πλαίσιο (89/391/ΕΟΚ) [62] και τη συναφή εθνική νομοθεσία. Η οδηγία για τα ΗΜΠ καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφάλειας για την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους που οφείλονται στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ωστόσο, οι εργοδότες θα χρειαστεί να υπολογίσουν ή να μετρήσουν τα επίπεδα των ΗΜΠ στους εργασιακούς χώρους τους. Στις περισσότερες περιπτώσεις, λόγω της φύσης της εκτελούμενης εργασίας, οι κίνδυνοι είναι ούτως ή άλλως μικροί, γεγονός που μπορεί να επιβεβαιωθεί σχετικά απλά.

Η οδηγία 2013/35/ΕΕ ασχολείται με το μη-ιονίζον μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος (ηλεκτρομαγνητικά πεδία) των 0 - 300 GHz.

Ηλεκτρομαγνητικά πεδία παράγονται από μεγάλη ποικιλία πηγών που συναντώνται στους χώρους εργασίας. Καθώς τα περισσότερα πεδία δημιουργούνται από το ηλεκτρικό ρεύμα, μόλις διακοπή η παροχή ρεύματος εξαφανίζονται. Η ένταση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων μειώνεται ταχύτατα όταν αυξάνεται η απόσταση από την πηγή του. Επομένως, η έκθεση των εργαζομένων γίνεται να μειωθεί εφόσον περιοριστεί κατά το δυνατόν η πρόσβαση σε περιοχές που βρίσκονται κοντά στον εξοπλισμό που παράγει το πεδίο όταν βρίσκεται σε λειτουργία.

Επίσης, δεν θα πρέπει να ξεχνάμε ότι τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία, εκτός από εκείνα που δημιουργούνται από μόνιμο μαγνήτη ή υπεραγώγιμο μαγνήτη, λόγω της φύσης τους εξαφανίζονται όταν διακοπεί η παροχή ρεύματος στον εξοπλισμό. Η οδηγία εξετάζει τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις που οφείλονται σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, αλλά δεν καλύπτει τις εικαζόμενες μακροπρόθεσμες επιπτώσεις για την υγεία.

Οι άμεσες επιπτώσεις διακρίνονται σε μη θερμικές επιπτώσεις, όπως η διέγερση των νεύρων, των μυών ή των αισθητηρίων οργάνων, και σε θερμικές επιπτώσεις, όπως η θέρμανση των ιστών. Οι έμμεσες επιπτώσεις προκαλούνται εκεί όπου η παρουσία ενός αντικειμένου σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο δύναται να αποτελέσει αιτία κινδύνου για την ασφάλεια ή την υγεία.

Απαιτείται από τους εργοδότες να λαμβάνουν ιδιαίτερως υπόψη τους εργαζόμενους οι οποίοι είναι πιθανό να διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο, συγκεκριμένα εργαζομένων που φέρουν ενεργά ή παθητικά εμφυτευμένα ιατροτεχνολογικά βοηθήματα, όπως καρδιακούς βηματοδότες, εργαζομένων που χρησιμοποιούν σωματικώς φερόμενες ιατρικές συσκευές, όπως αντλίες ινσουλίνης, και εγκύων.

Οι κατασκευαστές θα μπορούσαν να σχεδιάζουν τα προϊόντα τους κατάλληλα έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται τα παραγόμενα ΗΜΠ. Μπορούν επίσης να παρέχουν εγχειρίδια με πληροφορίες σχετικές με τα πεδία και τους κινδύνους που δημιουργούνται από τον εξοπλισμό κατά τη συνήθη χρήση του.

B) Επιπτώσεις για την υγεία και κίνδυνοι για την ασφάλεια από ΗΜΠ:

Το είδος των επιπτώσεων που προκαλούν στον άνθρωπο τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία εξαρτάται κατά κύριο λόγο από τη συχνότητα και την ένταση (Σχήμα 8), ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις ίσως είναι σημαντικοί και άλλοι παράγοντες, όπως το σχήμα της κυματομορφής. Ορισμένα πεδία προκαλούν διέγερση των αισθητηρίων οργάνων, των νεύρων και των μυών, ενώ κάποια άλλα προκαλούν θέρμανση. Οι επιπτώσεις της θέρμανσης ονομάζονται θερμικές επιπτώσεις στην οδηγία για τα ΗΜΠ, ενώ όλες οι υπόλοιπες επιπτώσεις ονομάζονται μη θερμικές επιπτώσεις.

Αξίζει να σημειωθεί ότι για όλες αυτές τις επιπτώσεις ορίζεται μια τιμή κατωφλίου κάτω από την οποία δεν υπάρχει κίνδυνος, ενώ η επανειλημμένη έκθεση κάτω από την τιμή κατωφλίου δεν έχει σωρευτική δράση σε καμία περίπτωση. Οι επιπτώσεις στην έκθεση είναι παροδικές, περιορίζονται στη διάρκεια της έκθεσης και παύουν να υφίστανται ή μειώνονται δραστικά όταν διακοπεί η έκθεση. Αυτό σημαίνει ότι δεν υπάρχει περαιτέρω κίνδυνος για την υγεία μετά το πέρας της έκθεσης. Εάν ο εκτιθέμενος εργαζόμενος εξέλθει από το ΜΠ δεν ανιχνεύεται η έκθεσή του (εκτός από την περίπτωση των εγκαυμάτων).

Οι άμεσες επιπτώσεις είναι οι εξής:

- ίλιγγος και ναυτία εξαιτίας στατικών μαγνητικών πεδίων (συνήθως σχετίζονται με την κίνηση, αλλά είναι πιθανή η εμφάνισή τους και ενόσω το άτομο παραμένει ακίνητο)
- επιπτώσεις σε αισθητήρια όργανα, νεύρα και μυς εξαιτίας πεδίων χαμηλών συχνοτήτων (έως 100 kHz)
- θέρμανση ολόκληρου του σώματος ή επιμέρους οργάνων του εξαιτίας πεδίων υψηλής συχνότητας (10 MHz και άνω). Σε τιμές πάνω από μερικά GHz, η θέρμανση περιορίζεται ολοένα και περισσότερο στην επιφάνεια του σώματος
- επιπτώσεις σε νεύρα και μυς, και θέρμανση εξαιτίας μεσαίων συχνοτήτων (100 kHz -10 MHz).



Σχήμα 8. Η επίπτωση των ΗΜΠ με διάφορα φάσματα συχνοτήτων (τα διαστήματα συχνοτήτων δεν διαθέτουν κλίμακα)

Η οδηγία για τα ΗΜΠ δεν εξετάζει τις εικαζόμενες μακροπρόθεσμες επιπτώσεις έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία, καθώς δεν υπάρχουν μέχρι στιγμής πειστικά επιστημονικά στοιχεία που να αποδεικνύουν κάποια αιτιώδη σχέση. Πιθανή άμεση επαφή με αγωγό υπό τάση δεν εμπίπτει στο πεδίο εφαρμογής της οδηγίας για τα ΗΜΠ.

Οι έμμεσες επιπτώσεις είναι οι εξής:

- παρεμβολές στη λειτουργία ιατρικού ηλεκτρονικού εξοπλισμού και άλλων συσκευών
- παρεμβολές στη λειτουργία ενεργών εμφυτευμένων ιατροτεχνολογικών βοηθημάτων ή εξοπλισμού, όπως οι καρδιακοί βηματοδότες ή οι απινιδωτές

- παρεμβολές στη λειτουργία σωματικώς φερόμενων ιατρικών συσκευών, όπως οι αντλίες ινσουλίνης
- παρεμβολές στη λειτουργία παθητικών εμφυτευμάτων (τεχνητών αρθρώσεων, καρφίτσων, συρμάτων ή ελασμάτων κατασκευασμένων από μέταλλο)
- επιπτώσεις σε θραύσματα βλημάτων, διατρήσεις του σώματος (body piercings), τατουάζ και ζωγραφική στο σώμα
- κίνδυνος να εκσφενδονιστούν σιδηρομαγνητικά αντικείμενα εντός στατικών μαγνητικών πεδίων
- ακούσια πυροδότηση πυροκροτητών
- πυρκαγιές και εκρήξεις οφειλόμενες στην ανάφλεξη εύφλεκτων ή εκρηκτικών υλών
- ηλεκτροπληξίες ή εγκαύματα οφειλόμενα στην επαφή με ρεύμα, όταν ένα άτομο αγγίζει ένα αγωγίμο αντικείμενο σε ηλεκτρομαγνητικό πεδίο, σε περίπτωση που είναι γειωμένο το ένα από τα δύο.

Η οδηγία εισάγει τις έννοιες: Επίπεδο Δράσης (AL), όταν είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα και Οριακή Τιμή Έκθεσης (ELV), κάτω από την οποία θεωρείται πως η υγεία των εργαζομένων δεν διατρέχει κίνδυνο.

Οι περισσότερες πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων που εντοπίζονται τόσο στο οικιακό περιβάλλον όσο και στον χώρο εργασίας προκαλούν εξαιρετικά χαμηλά επίπεδα έκθεσης. Επίσης, οι συνηθέστερες εργασιακές δραστηριότητες είναι απίθανο να προκαλέσουν έκθεση που να υπερβαίνει τις τιμές των επιπέδων δράσης (AL) ή τις οριακές τιμές έκθεσης (ELV) όπως ορίζονται στην οδηγία για τα ΗΜΠ. Ορισμένες ομάδες εργαζομένων (βλ. πίνακα 3) θεωρείται ότι διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο εξαιτίας των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων. Οι εργαζόμενοι αυτοί ίσως να μην προστατευτούν ποτέ επαρκώς μέσω των επιπέδων δράσης (AL) που ορίζονται στην οδηγία για τα ΗΜΠ. Επομένως, η έκθεση των συγκεκριμένων ομάδων πρέπει να εξετάζεται ξεχωριστά από την έκθεση των υπόλοιπων εργαζομένων.

Πίνακας 3.

Εργαζόμενοι που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο	Παραδείγματα
Εργαζόμενοι που φέρουν ενεργά εμφυτευμένα ιατροτεχνολογικά βοηθήματα (AIMD)	Βηματοδότες, απινιδωτές, κοχλιακά εμφυτεύματα, εμφυτεύματα εγκεφαλικού στελέχους, προθέσεις του μέσου ώτος, νευροδιεγέρτες, κωδικοποιητές του αμφιβληστροειδούς, εμφυτευμένες αντλίες έγχυσης φαρμάκων
Εργαζόμενοι που φέρουν παθητικά εμφυτευμένα ιατροτεχνολογικά βοηθήματα τα οποία περιέχουν μέταλλα	Τεχνητές αρθρώσεις, καρφίτσες, ελάσματα, βίδες, χειρουργικά κλιπ, αγγειακές ενδοαυλικές προθέσεις (stents), προσθετικές καρδιακές βαλβίδες, μεταλλικά αντισυλληπτικά εμφυτεύματα και περιπτώσεις AIMD
Εργαζόμενοι που χρησιμοποιούν ιατροτεχνολογικά βοηθήματα φερόμενα επί του σώματος	Εξωτερικές αντλίες έγχυσης ορμονών
Έγκυες εργαζόμενες	

Οι εργαζόμενοι που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο [66] συνήθως προστατεύονται επαρκώς μέσω συμμόρφωσης με τα επίπεδα αναφοράς που ορίζονται στη σύσταση 1999/519/EK [67] του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου. (Ωστόσο, υπάρχει μια πολύ μικρή μειονότητα εργαζομένων που δεν είναι δυνατόν να προστατευτούν επαρκώς ούτε και με την εφαρμογή των εν λόγω επιπέδων αναφοράς. Τα άτομα αυτά λαμβάνουν τις δέουσες συμβουλές από τον κατάλληλο θεράποντα γιατρό). Μια ομάδα εργαζομένων που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο είναι εκείνοι που φέρουν ενεργά εμφυτευμένα ιατροτεχνολογικά βοηθήματα (AIMD).

Αυτό ισχύει διότι τα ισχυρά ηλεκτρομαγνητικά πεδία δύνανται να δημιουργούν παρεμβολές στη κανονική λειτουργία των εν λόγω ενεργών εμφυτευμάτων. Τα πεδία αυτά επικεντρώνονται συχνά σε ένα συγκεκριμένο σημείο, και είναι συνήθως εφικτή η επαρκής διαχείριση των σχετικών κινδύνων με την εφαρμογή απλών προφυλάξεων βάσει των συμβουλών που παρέχει η ομάδα περίθαλψης του εργαζομένου. Η νομοθεσία απαιτεί από τους κατασκευαστές βοηθημάτων να διασφαλίζουν ότι τα προϊόντα τους διαθέτουν εύλογη αντίσταση στις παρεμβολές και να τα υποβάλλουν σε δοκιμές ρουτίνας για εντάσεις πεδίων στις οποίες θα μπορούσαν να εκτεθούν στο δημόσιο περιβάλλον. Όταν στον χώρο εργασίας υφίστανται μόνο περιπτώσεις που αναφέρονται στον πίνακα 4 και οι οποίες έχουν την ένδειξη «Όχι» σε όλες τις σχετικές στήλες, κανονικά δεν είναι απαραίτητη η διενέργεια ειδικής εκτίμησης ΗΜΠ. Απαιτείται όμως και πάλι η διενέργεια γενικής εκτίμησης κινδύνων σύμφωνα με τις απαιτήσεις της οδηγίας-πλαισίου, και οι εργοδότες θα πρέπει επίσης να παραμένουν σε επιφυλακή σε περίπτωση αλλαγής συνθηκών στο εργασιακό περιβάλλον.

Πίνακας 4.

Τύπος εξοπλισμού ή χώρου εργασίας	Απαιτείται εκτίμηση για		
	Εργαζο- μένους που δεν διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο *	Εργαζομένους που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο (εκτός εκείνων που φέρουν ενεργά εμφυτεύματα) **	Εργαζομέ- νους που φέρουν ενεργά εμ- φυτεύματα ***
	(1)	(2)	(3)
Μεταφορές			
Μηχανοκίνητα οχήματα και εξοπλισμός — εργασία πολύ κοντά στα συστήματα εκκινητή (μίζας), εναλλάκτη (δυναμό), ανάφλεξης	Όχι	Όχι	Ναι
Ραδιοεντοπιστές (ραντάρ), εξοπλισμός ελέγχου εναέριας κυκλοφορίας, στρατιωτικοί, μετεωρολογικοί και μεγάλης εμβέλειας	Ναι	Ναι	Ναι
Σιδηρόδρομοι και τραμ, ηλεκτροκίνητα	Ναι	Ναι	Ναι

Η ένδειξη «Ναι» στη στήλη 1 δεν σημαίνει ότι το προσβάσιμο πεδίο υπερβαίνει με βεβαιότητα μια ELV. Αντιθέτως, σημαίνει πως δεν είναι δυνατόν να ειπωθεί με βεβαιότητα αν η τιμή ELV τηρείται πάντοτε, λαμβανομένου υπόψη του εύρους διακύμανσης που είναι δυνατόν να ισχύει στον χώρο εργασίας. Κρίνεται, λοιπόν, σκόπιμη η διενέργεια εκτίμησης ειδικά για κάθε χώρο εργασίας.

(Όταν οι εργοδότες εντοπίζουν περιπτώσεις στους χώρους εργασίας τους οι οποίες φαίνεται ότι δεν καλύπτονται από τις καταχωρίσεις του πίνακα 4, το πρώτο βήμα που πρέπει να κάνουν είναι να συγκεντρώσουν όσο το δυνατόν περισσότερες πληροφορίες από εγχειρίδια και άλλα έγγραφα που βρίσκονται στην κατοχή τους. Το επόμενο βήμα είναι να διερευνήσουν εάν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες από εξωτερικές πηγές, λόγω χάρη από κατασκευαστές εξοπλισμού και εργατικές ενώσεις. Εάν δεν είναι δυνατή η εξασφάλιση πληροφοριών σχετικά με τα ΗΜΠ από οποιαδήποτε άλλη πηγή, τότε ίσως απαιτηθεί η διενέργεια εκτίμησης μέσω μετρήσεων ή υπολογισμών.)

Το άρθρο 3 (Υπάρχει αναλυτικά στο Παράρτημα της παρούσας εργασίας) περιορίζει της μέγιστες τιμές έκθεσης καθορίζοντας τις οριακές τιμές έκθεσης (ELV) για αισθητηριακές επιπτώσεις και επιπτώσεις στην υγεία. Αυτές προσδιορίζονται στα παραρτήματα II (μη θερμικές επιπτώσεις) της οδηγίας για τα ΗΜΠ. Απαιτείται πάντα συμμόρφωση όσον αφορά τις ELV για τις επιπτώσεις στην υγεία. Παρόλα αυτά, η προσωρινή υπέρβαση των ELV για τις αισθητηριακές επιπτώσεις μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή, υπό την προϋπόθεση ότι παρέχεται πληροφόρηση στους εργαζομένους και ότι εφαρμόζονται άλλα μέτρα προστασίας (όπως αυτά προσδιορίζονται στο άρθρο 3).

Στις περισσότερες περιπτώσεις οι ELV προσδιορίζονται όσον αφορά τις ποσότητες στο εσωτερικό του σώματος που δεν μπορούν είτε να μετρηθούν άμεσα είτε απλά να υπολογιστούν. Γι' αυτόν τον λόγο, το άρθρο 3 της οδηγίας εισάγει επίπεδα δράσης (AL) για τις ποσότητες του εξωτερικού πεδίου που εντοπίζονται ευκολότερα μέσω μέτρησης ή υπολογισμού. Τα AL προσδιορίζονται στο παράρτημα II της οδηγίας. Εφόσον δεν υφίσταται υπέρβαση των AL, μπορεί να υποτεθεί ότι οι τιμές της έκθεσης θα συμμορφώνονται με τις ELV. Σε αυτήν την περίπτωση δεν απαιτείται περαιτέρω εκτίμηση. Μάλιστα, υπό συγκεκριμένες προϋποθέσεις η υπέρβαση ορισμένων AL μπορεί να θεωρηθεί αποδεκτή. Οι σχετικοί κανόνες παρατίθενται στο άρθρο 3.

Το πρώτο βήμα για τη δημιουργία ασφαλέστερου χώρου εργασίας είναι η εκτίμηση των υφιστάμενων κινδύνων. Κατά την εκτίμηση επικινδυνότητας των ΗΜΠ στο εργασιακό περιβάλλον, απαιτείται καταρχήν κατανόηση της φύσης των υφιστάμενων πεδίων.

Η χρήση πληροφοριών που παρέχουν οι κατασκευαστές ή δημοσιεύονται σε βάσεις δεδομένων γενικών εκτιμήσεων είναι σημαντική καθώς μπορεί να αποτελέσει για τους περισσότερους εργοδότες

το απλούστερο μέσο αξιολόγησης των ΗΜΠ στον χώρο εργασίας. Η σύγκριση με τα AL ή τις ELV συμβάλλει στη διαδικασία εκτίμησης επικινδυνότητας. Με την προϋπόθεση ότι δεν γίνεται υπέρβαση των AL και ότι μπορούν να αποκλειστούν άλλες πιθανές επιπτώσεις, οι εργαζόμενοι δεν χρειάζεται να αναλάβουν περαιτέρω δράση για να εξασφαλιστεί ότι θα εξακολουθήσουν να φέρουν σε πέρας την εργασία τους με ασφάλεια. Όταν διαπιστώνεται υπέρβαση των AL, ο εργοδότης πρέπει να εξασφαλίσει τη συμμόρφωση με τις ELV έτσι ώστε να μην υφίστανται κίνδυνοι ασφαλείας από ΗΜΠ. Εάν δεν μπορεί να αποδειχθεί συμμόρφωση με τα AL, οι εργοδότες μπορεί να αποφασίσουν αντίθετα να αξιολογήσουν βάσει των ELV. Εντούτοις, σε πολλές περιπτώσεις είναι πιο εύκολο να εφαρμοστούν μέτρα για την πρόληψη κινδύνων από το να αποδειχθεί η συμμόρφωση με τις τιμές ELV, άλλωστε, μια τέτοια αξιολόγηση μπορεί να αποδειχθεί πολυπλοκότερη, άρα και πιο δαπανηρή. Είναι ωστόσο γεγονός ότι πολλοί εργαζόμενοι ίσως να μην είναι εξοικειωμένοι με τη φύση των κινδύνων που συνδέονται με ΗΜΠ, πιθανά συμπτώματα, ή έννοιες όπως ELV και AL. Επομένως, πρέπει να γίνεται η κατάλληλη εκπαίδευση κατάλληλη εργαζομένων ώστε να καλύπτονται τα εν λόγω πεδία. Επιπρόσθετα, οι εργαζόμενοι πρέπει να λαμβάνουν συγκεκριμένη πληροφόρηση σχετικά με τα αποτελέσματα των εκτιμήσεων για τον χώρο εργασίας τους.

Ο Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία στην Εργασία δημιούργησε την Πλατφόρμα διαδραστικής διαδικτυακής εκτίμησης κινδύνου (OiRA). Η πλατφόρμα είναι διαθέσιμη σε ειδικό δικτυακό τόπο (www.oiraproject.eu) που επιτρέπει πρόσβαση στα εργαλεία OiRA και διατίθεται δωρεάν [68] (Πίνακας 5).

Πίνακας 5. Στάδια της διαδικασίας OiRA

Προετοιμασία	Παρέχεται επισκόπηση της συγκεκριμένης εκτίμησης που θα ξεκινήσετε και σας επιτρέπει να προσαρμόσετε περαιτέρω την εκτίμηση στην ειδική φύση της επιχείρησής σας.
Ταυτοποίηση	Η OiRA θα εμφανίσει σειρά πιθανών κινδύνων για την υγεία και την ασφάλεια, ή προβλήματα που θα μπορούσαν να παρουσιαστούν στον χώρο εργασίας σας. Απαντώντας στις δηλώσεις/ερωτήσεις με «ναι» ή «όχι», δηλώνετε αν υφίστανται οι εν λόγω κίνδυνοι ή τα προβλήματα. Έχετε επίσης τη δυνατότητα να αφήσετε ένα ερώτημα αναπάντητο σε εκκρεμότητα και να το απαντήσετε σε επόμενο στάδιο.
Αξιολόγηση	Στο στάδιο αυτό θα μπορέσετε να καθορίσετε το επίπεδο επικινδυνότητας για κάθε θέμα που δηλώσατε κατά το στάδιο της «ταυτοποίησης» ότι «πρέπει να αντιμετωπιστεί».
Σχέδιο δράσης	Στο τέταρτο στάδιο της εκτίμησης μπορείτε να αποφασίσετε σε ποιες ενέργειες θα προβείτε ώστε να αντιμετωπίσετε τους κινδύνους που είχατε εντοπίσει, καθώς και τις πηγές που ίσως απαιτεί μια τέτοια διαδικασία. Στο επόμενο στάδιο εκπονείται αυτόματα έκθεση βάσει του εν λόγω σχεδίου.

Παραδείγματα πιθανών επιπτώσεων και βαθμών σοβαρότητας που απορρέουν από τις αλληλεπιδράσεις ΗΜΠ στον χώρο εργασίας (Πίνακας 6):

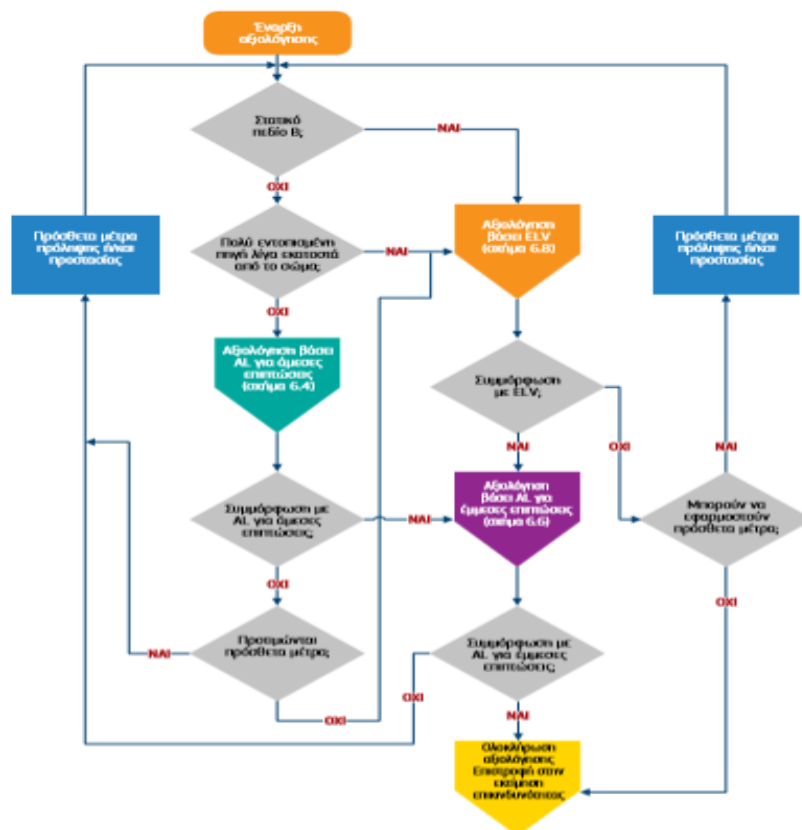
Επίπτωση	Σοβαρότητα
Αίσθημα ιλίγγου και ναυτίας Αντίληψη αναλαμπών (φωτοψίεες) Σουβλιές ή πόνος (διέγερση των νεύρων) Μικρή θέρμανση των ιστών Μικροκυματικά ακούσματα	Χαμηλή
Κίνηση σιδηρομαγνητικών αντικειμένων εντός στατικών μαγνητικών πεδίων Παρεμβολή με εμφυτευμένα ιατροτεχνολογικά βοηθήματα Μεγάλη θέρμανση των ιστών	Σοβαρή
Ανάφλεξη σε εύφλεκτη ατμόσφαιρα Πυροδότηση πυροκροτητών	Θανατηφόρα

Αν εντοπιστούν κίνδυνοι, το πρώτο βήμα είναι η διερεύνηση του κατά πόσον μπορούν να εξαλειφθούν. Εξετάζεται η δυνατότητα μείωσης της έντασης του πεδίου σε τέτοιο επίπεδο ώστε να μην αποτελεί απειλή ή ακόμα και η απαγόρευση της πρόσβασης στο συγκεκριμένο πεδίο. Προτιμότερο είναι οι αποφάσεις για τα προληπτικά μέτρα να λαμβάνονται στα στάδια του σχεδιασμού ή της αγοράς νέων διαδικασιών ή εξοπλισμού. Εάν απαιτείται δράση, πρέπει να δίνεται προτεραιότητα στην εφαρμογή κατάλληλων μέτρων πρόληψης ή προστασίας. Θα πρέπει να δίνεται προτεραιότητα βάσει του μεγέθους του κινδύνου και της σοβαρότητας των επιπτώσεων σε περίπτωση επικίνδυνου συμβάντος. Εφόσον είναι ανέφικτη η άμεση εφαρμογή όλων των μέτρων, απαιτείται να γίνει εκτίμηση πιθανής εφαρμογής προσωρινών αλλαγών που θα επιτρέπουν την απρόσκοπτη συνέχιση της εργασίας έως την εφαρμογή των μόνιμων προληπτικών μέτρων. Εναλλακτικά, ίσως χρειαστεί η πλήρη παύση της εργασίας έως ότου τεθούν σε εφαρμογή τα νέα μέτρα. Είναι σημαντικό να καταγράφονται τα αποτελέσματα της εκτίμησης επικινδυνότητας. Η καταγραφή επιτρέπει να εντοπίζονται τα βασικά στοιχεία της εκτίμησης επικινδυνότητας, συμπεριλαμβανομένων των κινδύνων, των εκτεθειμένων εργαζομένων, και του αποτελέσματος της εκτίμησης. Όταν υπάρχουν εργαζόμενοι σε ιδιαίτερο κίνδυνο, το γεγονός θα πρέπει επίσης να καταγράφεται.

Απαιτήσεις για τυχόν νέα μέτρα πρόληψης ή προστασίας θα πρέπει να τεκμηριώνονται. Είναι σημαντική η περιοδική αναθεώρηση της εκτίμησης επικινδυνότητας ώστε να προσδιοριστεί αν ήταν κατάλληλα και αποτελεσματικά τα ληφθέντα μέτρα πρόληψης ή προστασίας. Η αναθεώρηση θα πρέπει να λαμβάνει υπόψη τα αποτελέσματα τυχόν ελέγχων ρουτίνας για την κατάσταση του εξοπλισμού, καθώς θα μπορούσαν να επηρεαστούν τα συμπεράσματα της αξιολόγησης επικινδυνότητας. Θεωρείται

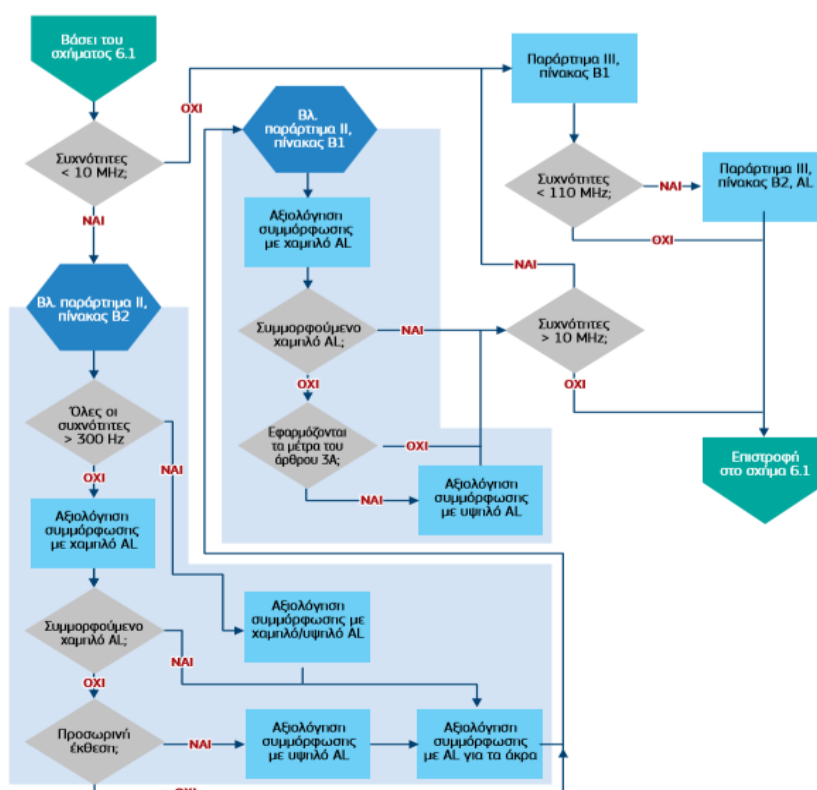
απαραίτητη η αναθεώρηση της εκτίμησης επικινδυνότητας σε περίπτωση που χρησιμοποιηθεί διαφορετικός εξοπλισμός ή μεταβληθούν οι εργασιακές πρακτικές. Αναλόγως της συχνότητας, η έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία μπορεί να συνεπάγεται διαφορετικές επιπτώσεις. Συνεπώς, πρέπει γενικά να είναι γνωστή η συχνότητα (ή οι συχνότητες) του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου πριν από την επιλογή της ορθής ELV. Ως εκ τούτου, η οδηγία για τα ΗΜΠ καθορίζει οριακές τιμές έκθεσης (ELV) για:

Γ) Συχνότητες (0-10MHz): Μπορεί να παρατηρηθεί ότι τα δύο εύρη συχνοτήτων επικαλύπτονται, τότε πρέπει να λαμβάνονται υπόψη και οι δύο τιμές ELV. Επίσης, για συχνότητες μεταξύ 1Hz και 6GHz, οι ELV προσδιορίζονται για τις ποσότητες εντός του σώματος, οι οποίες δεν μπορούν να μετρηθούν ή να υπολογιστούν εύκολα. Επομένως, η οδηγία για τα ΗΜΠ καθορίζει επίσης επίπεδα δράσης (AL) για τις ποσότητες εξωτερικού πεδίου που μπορούν να μετρηθούν ή να υπολογιστούν σχετικά εύκολα. Τα εν λόγω AL προκύπτουν επίσης από τις ELV βάσει συντηρητικών παραδοχών, γι' αυτό και η συμμόρφωση με τα AL εξασφαλίζει πάντοτε συμμόρφωση με τις αντίστοιχες ELV. Ωστόσο, συμμόρφωση με την ELV μπορεί να επιτυγχάνεται ακόμα και σε περίπτωση υπέρβασης συγκεκριμένου AL. Στο σχήμα 9 παρουσιάζεται η διαδικασία λήψης απόφασης για το πως αξιολογείται η συμμόρφωση με τα AL ή τις ELV:



Σχήμα 9. (Σχήμα 6.1 της Οδηγίας 2013/35/ΕΕ)

Δ) Επίπεδα δράσης ηλεκτρικού πεδίου (1Hz-10MHz): Η οδηγία για τα ΗΜΠ προσδιορίζει δύο AL για ηλεκτρικά πεδία χαμηλής συχνότητας: Χαμηλό και Υψηλό. Η συμμόρφωση με τα χαμηλά AL εξασφαλίζει ότι δεν θα σημειωθεί υπέρβαση των καθορισμένων ELV, και αποτρέπει ενοχλητικές εκκενώσεις σπινθήρων στο εργασιακό περιβάλλον (Σχήμα 10). Υπό την προϋπόθεση ότι οι εντάσεις των ηλεκτρικών πεδίων δεν υπερβαίνουν το χαμηλό AL, δεν θα υπάρξει υπέρβαση καμίας από τις καθορισμένες ELV. Εντούτοις, εάν οι εντάσεις των ηλεκτρικών πεδίων υπερβαίνουν το χαμηλό AL, από μόνη της η συμμόρφωση με το υψηλό AL δεν θα είναι αρκετή για να αποτρέψει ενοχλητικές εκκενώσεις σπινθήρων. Συνεπώς, στην περίπτωση αυτή απαιτείται εφαρμογή πρόσθετων τεχνικών και ενδεχομένως μεμονωμένων μέτρων προστασίας για τον περιορισμό πιθανών εκκενώσεων από σπινθήρες.

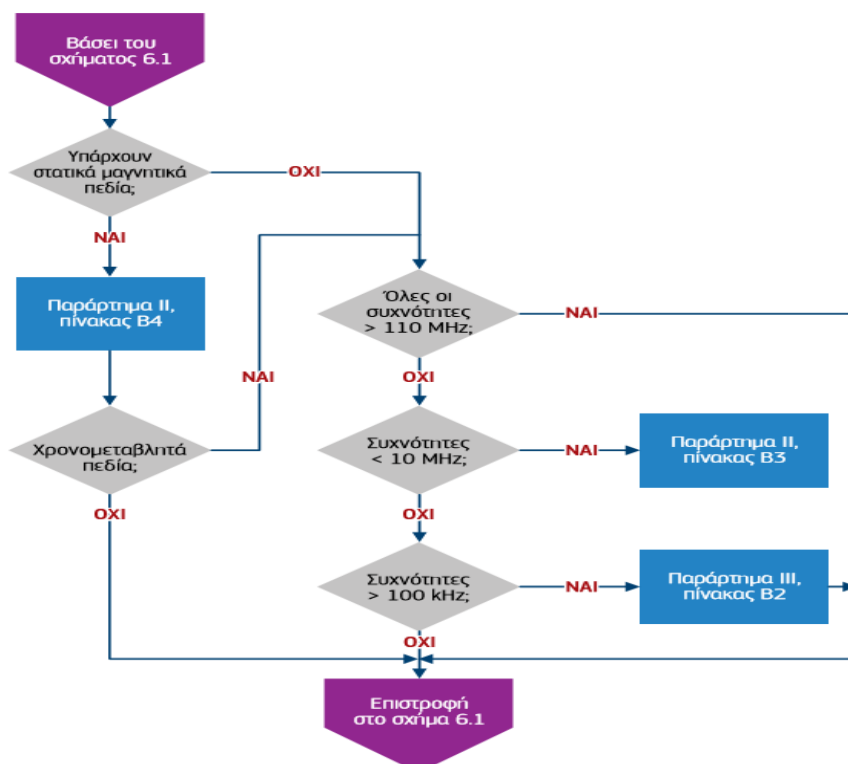


ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ.

Ε) Επίπεδα δράσης μαγνητικού πεδίου (1Hz-10MHz):

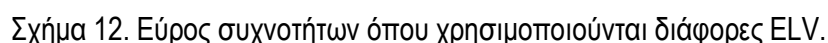
Η οδηγία για τα ΗΜΠ προσδιορίζει τρία AL για μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας: Χαμηλό, Υψηλό, και AL για τα άκρα. Τα χαμηλά AL προκύπτουν από τις ELV για τις αισθητηριακές επιπτώσεις ώστε να επιτυγχάνεται συμμόρφωση όσον αφορά τις αισθητηριακές και υγειονομικές επιπτώσεις των ELV. Τα χαμηλά AL έχουν την ίδια τιμή με τα υψηλά AL για συχνότητες πάνω από 300Hz.

Η συμμόρφωση με τα υψηλά AL θα εγγυάται συμμόρφωση με τις ELV για τις επιπτώσεις στην υγεία. Ωστόσο, δεν θα εξασφαλίζει συμμόρφωση με τις ELV για τις αισθητηριακές επιπτώσεις σε συχνότητες κάτω των 300Hz. Η οδηγία της ΕΕ για τα ΗΜΠ επιτρέπει υπέρβαση των χαμηλών AL με την προϋπόθεση ότι μπορεί να αποδειχθεί μη υπέρβαση των ELV για τις αισθητηριακές επιπτώσεις ή ότι μια τέτοια υπέρβαση είναι μόνο προσωρινή. Εντούτοις, δεν πρέπει να υπάρχει υπέρβαση των ELV για τις υγειονομικές επιπτώσεις. Επιπρόσθετα, οι εργαζόμενοι πρέπει να ενημερώνονται για ενδεχόμενα παροδικά συμπτώματα και αισθήσεις. Αν αναφερθούν παροδικά συμπτώματα, εφόσον απαιτείται, ο εργοδότης φροντίζει για την επικαιροποίηση της εκτίμησης επικινδυνότητας και των μέτρων πρόληψης.



Σχήμα 11. (Σχήμα 6.6 της Οδηγίας 2013/35/ΕΕ). Διάγραμμα ροής για την επιλογή AL για έμμεσες επιπτώσεις.

Επίσης καθορίζονται διαφορετικές ELV για τις αισθητηριακές επιπτώσεις και τις επιπτώσεις στην υγεία. Οι ELV για τις αισθητηριακές επιπτώσεις εφαρμόζονται μόνο σε συγκεκριμένα εύρη συχνοτήτων (0 - 400Hz και 0,3-6GHz). Για χαμηλές συχνότητες, το πεδίο γίνεται αντιληπτό σε επίπεδα έκθεσης χαμηλότερα από εκείνα που συνεπάγονται επιπτώσεις για την υγεία. Η αισθητηριακή ELV που σχετίζεται με θερμικές επιπτώσεις (Σχήμα 12) βασίζεται στην πρόληψη του φαινομένου «μικροκυματικού ακούσματος», το οποίο εκδηλώνεται μόνο υπό συγκεκριμένες συνθήκες (βλ. προσάρτημα Β). Αντιθέτως, οι ELV για τις επιπτώσεις στην υγεία εντοπίζονται σε όλες τις συχνότητες. Γενικά, επιτρέπεται προσωρινή υπέρβαση των ELV για τις αισθητηριακές επιπτώσεις για σύντομα διαστήματα, με τον όρο ότι πληρούνται συγκεκριμένες προϋποθέσεις.

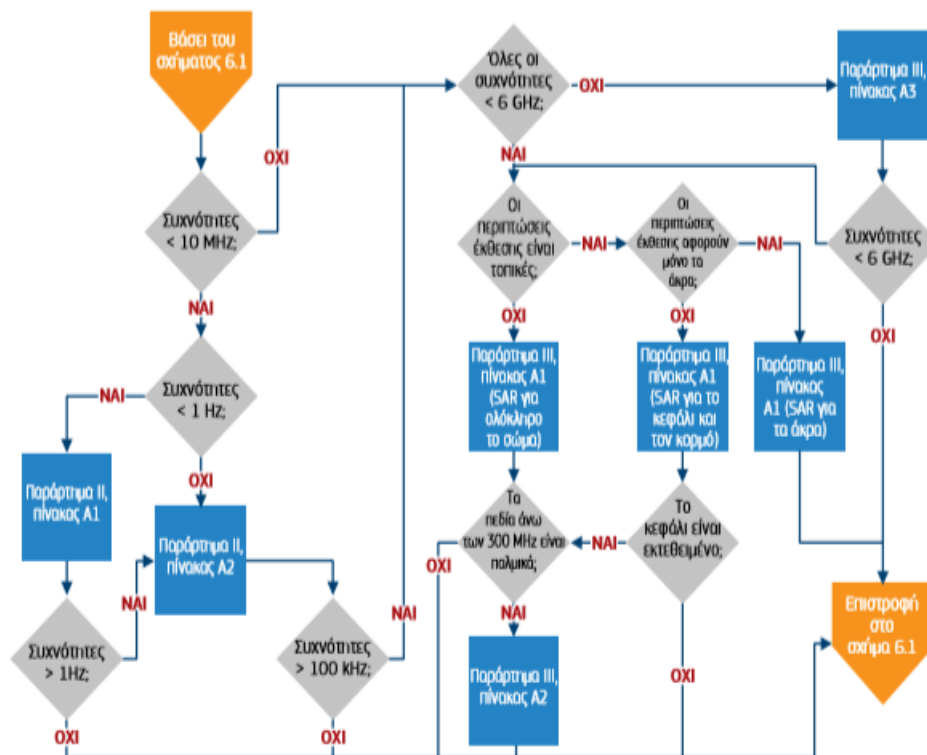


Στ) Οριακές τιμές έκθεσης (1Hz-10MHz):

Οι ELV στο εύρος συχνοτήτων 1Hz-10MHz προσδιορίζονται όσον αφορά τα εσωτερικά ηλεκτρικά πεδία που επάγονται στο σώμα από αντίστοιχα εξωτερικά πεδία (πίνακας A2 και πίνακας A3 του παραρτήματος II της οδηγίας για τα ΗΜΠ).

Οι ELV για τις αισθητηριακές επιπτώσεις προορίζονται να προλαμβάνουν φωτοψίες του αμφιβληστροειδούς και μικρές παροδικές αλλαγές στην εγκεφαλική λειτουργία. Συνεπώς, αφορούν αποκλειστικά τους ιστούς του κεντρικού νευρικού συστήματος (ΚΝΣ) στο κεφάλι του εκτεθειμένου εργαζομένου. Οι ELV για τις επιπτώσεις στην υγεία εφαρμόζονται για όλες τις συχνότητες από 1 Hz έως 10 MHz, και προορίζονται να προλαμβάνουν τη διέγερση τόσο των περιφερικών όσο και των κεντρικών νεύρων.

Επομένως, οι συγκεκριμένες ELV εφαρμόζονται για όλους τους ιστούς σε ολόκληρο το σώμα των εκτεθειμένων εργαζομένων (Σχήμα 13).



Σχήμα 13. (Σχήμα 6.8 της Οδηγίας 2013/35/ΕΕ). Διάγραμμα ροής για την επιλογή ELV.

Z) Γενικές παρεκκλίσεις:

Τα κράτη μέλη ενδέχεται να επιτρέπουν προσωρινή υπέρβαση των ELV σε συγκεκριμένους τομείς και για συγκεκριμένες δραστηριότητες, με την προϋπόθεση ότι οι περιστάσεις αιτιολογούνται δεόντως. Θεωρείται ότι οι περιστάσεις είναι δεόντως αιτιολογημένες όταν πληρούνται οι ακόλουθες προϋποθέσεις:

- να έχει αποδειχθεί υπέρβαση των ELV μέσω της εκτίμησης επικινδυνότητας
- (λαμβανομένης υπόψη της τεχνικής προόδου), να έχουν εφαρμοστεί όλα τα τεχνικά ή/και οργανωτικά μέτρα
- να έχουν ληφθεί υπόψη τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά του εργασιακού χώρου, του εξοπλισμού εργασίας και των πρακτικών εργασίας
- και τέλος ο εργοδότης να αποδεικνύει ότι οι εργαζόμενοι προστατεύονται από τις δυσμενείς υγειονομικές επιπτώσεις καθώς και από τους κινδύνους για την ασφάλεια, περιλαμβανομένης της χρήσης εξειδικευμένων και διεθνώς αναγνωρισμένων προτύπων και κατευθυντήριων γραμμών.
- Παρέκκλιση για στρατιωτικούς λόγους: Για τις ένοπλες δυνάμεις εφαρμόζεται το εξειδικευμένο πρότυπο του NATO που καταρτίστηκε από τον IEEE (Οδηγία 2013) [71].

Για τους εργοδότες ένας απλούστερος τρόπος τεκμηρίωσης συμμόρφωσης με τις κατευθυντήριες οδηγίες, αντί για πραγματοποίηση εξειδικευμένης αξιολόγησης, είναι οι διαθέσιμες πληροφορίες από τις βάσεις δεδομένων των κατασκευαστών εξοπλισμού. Οι προμηθευτές μηχανημάτων είναι υποχρεωμένοι από τον νόμο να εξασφαλίζουν ότι οι εκπομπές δεν δημιουργούν κινδύνους για τους ανθρώπους. Απαιτείται επίσης να παρέχονται πληροφορίες για υπολειπόμενους κινδύνους ή και πιθανές εκπομπές ακτινοβολίας που πιθανώς να βλάπτουν ανθρώπους που πχ φέρουν εμφυτευμένα ιατροτεχνολογικά βοηθήματα. Όταν χρησιμοποιούνται πληροφορίες των κατασκευαστών, οι εργοδότες πρέπει να ελέγχουν κατά πόσον ο εξοπλισμός χρησιμοποιείται όπως προβλέπεται στον δικό τους εργασιακό χώρο προκειμένου να συμφωνεί με την αξιολόγηση όπως δίνεται από τις βάσεων δεδομένων. Ειδικότερα, όταν τα μηχανήματα ενδέχεται να εκπέμπουν μη ιοντίζουσα ακτινοβολία ικανή να προκαλέσει βλάβη, ειδικά σε ανθρώπους με ιατρικά εμφυτεύματα, οι κατασκευαστές υποχρεούνται να παρέχουν πληροφορίες για τις εκπομπές όσον αφορά τόσο τον χειριστή όσο και όποιον άλλον εκτίθεται.

Η έκθεση στα ΗΜΠ πρέπει να αξιολογηθεί με υπολογισμό ή μέτρηση. Και οι δύο προσεγγίσεις είναι αποδεκτές ώστε να αποδειχθεί συμμόρφωση με την οδηγία για τα ΗΜΠ.

Γενικά, η εκτίμηση έκθεσης με μέτρηση ή υπολογισμό είναι διαδικασία πολύπλοκη και θα πρέπει να αποφεύγεται όταν υπάρχουν διαθέσιμες πληροφορίες από άλλες πηγές, πχ από τους κατασκευαστές ή από βάσεις δεδομένων. Εάν απαιτείται αξιολόγηση, οι εργοδότες θα πρέπει να εξετάσουν προσεκτικά αν έχουν την ικανότητα να την πραγματοποιήσουν με δικό τους εξοπλισμό. Ενδεχομένως η πρόσληψη εξωτερικών συνεργατών να είναι οικονομικότερη λύση(Πίνακας 7). Εντούτοις, στην περίπτωση αυτή, θα θέλουν να είναι βέβαιοι ότι οι πάροχοι υπηρεσιών διαθέτουν τα κατάλληλα όργανα καθώς επίσης την απαιτούμενη ικανότητα και εμπειρία για να πραγματοποιήσουν την αξιολόγηση.

Πίνακας 7. — Αρχές πρόληψης που προσδιορίζονται στην οδηγία-πλαίσιο

Αρχές πρόληψης:

Αποφυγή των κινδύνων

Αξιολόγηση αναπόφευκτων κινδύνων

Καταπολέμηση κινδύνων στην πηγή τους

Προσαρμογή εργασιών στο άτομο, ειδικότερα όσον αφορά τον σχεδιασμό των χώρων εργασίας, την επιλογή του εργασιακού εξοπλισμού, και την επιλογή των μεθόδων εργασίας και παραγωγής

Παρακολούθηση της εξέλιξης της τεχνικής

Αντικατάσταση του επικίνδυνου από το μη επικίνδυνο ή το λιγότερο επικίνδυνο

Προγραμματισμός της πρόληψης με στόχο ένα συνεκτικό σύνολο που να ενσωματώνει στην πρόληψη την τεχνική, την οργάνωση της εργασίας, τις συνθήκες εργασίας, τις σχέσεις μεταξύ των κοινωνικών εταίρων και τους παράγοντες του περιβάλλοντος στην εργασία

Προτεραιότητα στη λήψη μέτρων προστασίας σε σχέση με τα μέτρα ατομικής προστασίας

Παροχή των κατάλληλων οδηγιών στους εργαζομένους

Όταν οι κίνδυνοι δεν μπορούν να περιοριστούν με εξάλειψη κινδύνου, δραστική μείωση σε ασφαλή επίπεδα ή αντικατάσταση, θα πρέπει να εφαρμόζονται επιπρόσθετα μέτρα. Οι εργοδότες έχουν στη διάθεσή τους μια πληθώρα επιλογών προκειμένου να επιτύχουν αυτόν τον στόχο. Γενικά, συνιστάται να προτιμώνται τεχνικά και οργανωτικά μέτρα καθώς αυτά εξασφαλίζουν συλλογική προστασία. Πολλά από τα μέτρα (πχ κατάλληλη σήμανση, Εικόνα 5) που μπορούν να επιστρατευτούν για τη μείωση των κινδύνων από ΗΜΠ είναι παρόμοια με εκείνα που εφαρμόζονται για την αντιμετώπιση των υπόλοιπων κινδύνων στους εργασιακούς χώρους.



Εικόνα 5.

Η) Μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας (1Hz-10MHz):

Η έκθεση σε πεδία χαμηλής συχνότητας κάτω του χαμηλού επιπέδου δράσης (AL) μπορεί να συνεπάγεται παρεμβολή με ενεργά εμφυτευμένα ιατροτεχνολογικά βοηθήματα ή ιατρικά βοηθήματα φερόμενα στο σώμα. Τυχόν δυσλειτουργίες θα μπορούσαν να έχουν σοβαρές συνέπειες. Η παρουσία παθητικών μεταλλικών εμφυτευμάτων μπορεί να δημιουργεί τοπικά ισχυρότερα ηλεκτρικά πεδία εντός του σώματος, ενώ το ίδιο το εμφύτευμα μπορεί να θερμαίνεται επαγωγικά και πιθανόν να προκληθεί θερμική βλάβη. Το πρώτο σημάδι υπερβολικής έκθεσης εργαζομένων μπορεί να είναι όταν ο εργαζόμενος αναφέρει ότι βλέπει θολές εικόνες που τρεμοπαίζουν (φωτοψίες), κάτι που ενδέχεται να αποσπά την προσοχή του και να τον ενοχλεί. Εντούτοις, η ευαισθησία αγγίζει ανώτατα επίπεδα στα 16Hz και απαιτούνται πολύ υψηλές εντάσεις πεδίου για τη δημιουργία φωτοψιών σε άλλες συχνότητες, πολύ πάνω από τα επίπεδα με τα οποία οι εργαζόμενοι έρχονται συνήθως σε επαφή. Επιπλέον, οι εργαζόμενοι ενδέχεται να νιώσουν ναυτία ή ίλιγγο και μπορεί να υπάρξουν ανεπαίσθητες αλλαγές στη συλλογιστική διαδικασία, την επίλυση προβλημάτων και τη λήψη αποφάσεων κατά τη διάρκεια της έκθεσης, με αρνητικές επιπτώσεις στην εργασιακή απόδοση και κυρίως στην ασφάλεια. Όσον αφορά την έκθεση σε στατικά μαγνητικά πεδία, οι επιπτώσεις αυτές είναι αναστρέψιμες, γι' αυτό είναι απίθανο να επιμένουν μετά τη διακοπή της έκθεσης.

Η ενδεχόμενη διέγερση των νευρών προκαλεί μούδιασμα ή πόνο, ενώ μπορεί να εμφανιστούν ανεξέλεγκτες συσπάσεις ή άλλες μυϊκές συστολές και, σε πολύ ισχυρά εξωτερικά πεδία, ενδέχεται να υπάρξουν ακόμη και επιπτώσεις στην καρδιά (αρρυθμία). Πρακτικά, οι επιπτώσεις αυτές είναι πιθανό να προκαλούνται μόνο από τιμές έντασης πεδίου που υπερβαίνουν πολύ τις τιμές έντασης που συναντώνται συνήθως στον χώρο εργασίας. Επιπρόσθετα, η έκθεση στις ανώτερες τιμές συχνότητας του φάσματος θα προκαλούσε εμφάνιση θερμικών φαινομένων.

Θ) Ηλεκτρικά πεδία χαμηλής συχνότητας (1Hz-10MHz):

Τα ηλεκτρικά πεδία χαμηλής συχνότητας συνεπάγονται για τους μύες και τους νευρικούς ιστούς επιπτώσεις παρόμοιες με εκείνες που προκαλούνται από τα αντίστοιχα μαγνητικά πεδία. Εντούτοις, η πρώτη ένδειξη παρουσίας ισχυρών ηλεκτρικών πεδίων μπορεί να είναι όταν μικρές τρίχες στο σώμα αρχίζουν να κινούνται ή να πάλλονται, αλλά και όταν οι εργαζόμενοι παθαίνουν πολύ μικρής ισχύος ηλεκτροπληξίες όταν αγγίζουν μη γειωμένα, αγωγίμα αντικείμενα εντός του πεδίου (Πίνακας 8). Όταν οι τρίχες πάλλονται, η προσοχή αποσπάται και προκαλείται ενόχληση, ενώ οι ηλεκτροπληξίες μπορεί να γίνονται από απλά ενοχλητικές ή δυσάρεστες έως και επώδυνες, αναλόγως της έντασης του πεδίου. Η απτική επαφή με αντικείμενα εντός ισχυρών ηλεκτρικών πεδίων μπορεί επίσης ακόμα και να προκαλέσει εγκαύματα.

Πίνακας 8.

Πεδίο	Συχνότητα	Πιθανές επιπτώσεις και συμπτώματα
Στατικά μαγνητικά πεδία	0 -1 Hz	Παρεμβολή με ιατροτεχνολογικά βοηθήματα Ναυτία και ίλιγγος Επιπτώσεις στη ροή του αίματος, τον καρδιακό παλμό, την εγκεφαλική λειτουργία (πιθανώς άνω των 7 T) Διέγερση των νευρών και σύσπαση των μυών (γρήγορες κινήσεις)
Μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας	1 Hz - 10 MHz	Παρεμβολή με ιατροτεχνολογικά βοηθήματα Οπτικές αισθήσεις Διέγερση των νευρών που προκαλεί μούδιασμα ή πόνο Σύσπαση των μυών, καρδιακή αρρυθμία

Επίπτωση	Χώροι αλληλεπίδρασης	Μέγιστη ευαισθησία (Hz)
Μεταλλική γέυση	Υποδοχείς γλώσσας	< 1Hz
Ίλιγγος, ναυτία Διέγερση νευρών και μυών	Έσω ους (αιθουσαίο σύστημα) Ηλεκτρικά πεδία επαγόμενα σε ιστούς μέσω της ροής του αίματος	< 0,1-2 Hz
Φωτοψίες	Κύτταρα αμφιβληστροειδούς του ματιού	~ 20 Hz
Απτική αίσθηση και πόνος Συστολή των μυών Επιπτώσεις στην καρδιά	Περιφερικά νεύρα Περιφερικά νεύρα και μύες Καρδιά	~ 50 Hz

Οι μονάδες μπορεί να εκφράζονται με διαφορετικές μονάδες. Στην παρούσα οδηγία για τα ΗΜΠ οι μονάδες εκφράζονται με τη μονάδα $V \cdot m^{-1}$.

Η συνηθέστερη ερευνητική προσέγγιση είναι η εφαρμογή σημειακών μετρήσεων σε καθορισμένες θέσεις εντός του χώρου εργασίας ή σε συγκεκριμένες θέσεις γύρω από πηγές των ΗΜΠ. Οι μετρήσεις πρέπει να είναι αντιπροσωπευτικές των επιφανειών που καταλαμβάνει εργαζόμενος κατά την άσκηση των καθηκόντων του. Εντούτοις, αξίζει να σημειωθεί ότι τα AL καθορίζονται στην οδηγία χωρίς να λαμβάνεται υπόψη το σώμα. Συνεπώς, ο εργαζόμενος δεν πρέπει να είναι παρών κατά τη διαδικασία της μέτρησης.

Προκειμένου να λαμβάνεται υπόψη τυχόν μεταβολή του πεδίου στον χρόνο, οι μετρητές καταγραφής μπορεί να προγραμματιστούν να καταγράφουν το πεδίο σε διάφορα χρονικά σημεία κατά την εκτέλεση των σημειακών μετρήσεων.

Αποτελεί καλή πρακτική η επανάληψη των μετρήσεων στην ίδια θέση αλλά διαφορετικά διαστήματα κατά την αξιολόγηση προκειμένου να εξασφαλιστεί ότι οι μετρήσεις είναι σταθερές και τα όργανα μέτρησης λειτουργούν σωστά. Είναι πολύ πιο δύσκολο να μετρηθούν τα ηλεκτρικά πεδία σε σύγκριση με τα μαγνητικά πεδία, καθώς τα ηλεκτρικά πεδία διαταράσσονται εύκολα από περιβάλλοντα αντικείμενα, συμπεριλαμβανομένου και του ανθρώπινου σώματος.

Η οδηγία για τα ΗΜΠ καθορίζει αδιατάρακτα AL, επομένως πρέπει να υπάρχει μέριμνα να βρίσκεται το σώμα τόσο των εργαζομένων όσο και των ερευνητών πολύ μακριά από τον ανιχνευτή μέτρησης (και του ανιχνευτή μακριά από μεταλλικά αντικείμενα) κατά την εκτέλεση των μετρήσεων.

I) Απαιτήσεις όσον αφορά τα όργανα μέτρησης (Πίνακας 9):

Χαρακτηριστικό ΗΜΠ προς αξιολόγηση	Απαιτήσεις όσον αφορά τα όργανα μέτρησης
Συχνότητα	Το όργανο πρέπει να μπορεί να ανταποκρίνεται σε όλο το φάσμα συχνοτήτων του σήματος που εξετάζεται.
Εύρος	Το όργανο πρέπει να διαθέτει αρκετά μεγάλο δυναμικό φάσμα ώστε να μετρά όλες τις ενδεχόμενες εντάσεις του πεδίου.
Χαρακτηριστικά διαμόρφωσης	Το όργανο πρέπει να μπορεί να ανιχνεύει διάφορα συστήματα διαμόρφωσης.
Χρονική διακύμανση / κύκλος λειτουργίας	Να λαμβάνονται υπόψη ο ρυθμός δειγματοληψίας και ο χρόνος ολοκλήρωσης του οργάνου μέτρησης, καθώς και η διάρκεια του διαστήματος καταγραφής.
Χωρική διακύμανση	Ο όγκος του ανιχνευτή δεν πρέπει να υπερβαίνει την τιμή πάνω από την οποία μεταβάλλεται το πεδίο.
Θέση: Εσωτερική/Εξωτερική/Και τα δύο Βάρος/Ανθεκτικότητα του οργάνου μέτρησης	Εξωτερικές έρευνες μακριά από την παροχή ηλεκτρικού ρεύματος μπορεί να απαιτούν μπαταρία που διαρκεί αρκετή ώρα. Είναι το όργανο κατάλληλο για εξωτερική έρευνα;

Παράδειγμα παραμέτρων προς καταγραφή σε φύλλο έρευνας (Πίνακας 10):

Παράμετρος	Σχόλιο
Ημέρα και ώρα της έρευνας	Αναφορά
Υπεύθυνος επικοινωνίας / Στοιχεία τοποθεσίας / Δομές	Αναφορά
Αξιολόγηση χώρου εργασίας	Στοιχεία εξοπλισμού, συμπεριλαμβανομένης περίληψης των προδιαγραφών λειτουργίας
Αξιολογούμενο καθήκον ή δραστηριότητα εργαζομένου	Συνθήκες λειτουργία, συντήρηση ή καθαρισμός
Φυσικό μέγεθος που αξιολογείται	Ηλεκτρικό πεδίο, μαγνητικό πεδίο ή πυκνότητα ισχύος
Στοιχεία οργάνων μέτρησης	Μετρητής ευρείας ή στενής ζώνης, φασματική απόκριση, δυναμικό εύρος, ρυθμός δειγματοληψίας, ημερομηνία βαθμονόμησης και αβεβαιότητα.
Στρατηγική μέτρησης	Μέγιστες τιμές / Μέσες τετραγωνικές ρίζες (RMS) Συνισταμένη, x, y, z Επιτόπιες ή εκτεταμένες μετρήσεις Σημεία δειγματοληψίας (συμπεριλαμβάνεται διάγραμμα ή χάρτης κατά περίπτωση) Ρυθμός δειγματοληψίας

Οι αριθμητικές προσομοιώσεις μπορούν να γίνουν να προσδιορίζεται κατά πόσον τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που δημιουργούνται από συγκεκριμένη συσκευή συνεπάγονται υπέρβαση των ELV. Οι προσομοιώσεις και η εφαρμογή της υπολογιστικής δοσιμετρίας εξασφαλίζουν σύνδεση μεταξύ των AL (αδιατάρακτα ηλεκτρομαγνητικά πεδία μετρούμενα εξωτερικά) και των ELV (μοντελοποιημένες ποσότητες αναφοράς αντιπροσωπευτικές της αλληλεπίδρασης ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και ανθρώπινου σώματος). Τέτοιες προσομοιώσεις χρησιμοποιούνται ώστε να αντιστοιχηθούν οι τιμές των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, τα οποία μετρούνται εν τη απουσία του ανθρωπίνου σώματος, σε ποσότητες αναφοράς εντός του σώματος.

Κ) Εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο:

Το ανθρώπινο σώμα διαταράσσει σημαντικά τα ηλεκτρικά πεδία που δημιουργούνται σε χαμηλές συχνότητες. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων έκθεσης, το εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο είναι κάθετα προσανατολισμένο στη γη. Το ανθρώπινο σώμα είναι καλός αγωγός σε χαμηλές συχνότητες και τα εσωτερικά ηλεκτρικά πεδία που επάγονται μέσα στο σώμα είναι κατά πολλές τάξεις μεγέθους μικρότερα από το εξωτερικό πεδίο. Η κατανομή φορτίων που επάγονται επιφανειακά στο σώμα λόγω έκθεσης σε εξωτερικό ηλεκτρικό πεδίο είναι ανομοιόμορφη. Ως συνέπεια, τα εσωτερικά ρεύματα που επάγονται μέσα στο σώμα είναι κατά κύριο λόγο κάθετης κατεύθυνσης.

Ακόμη ένας παράγοντας που επηρεάζει σημαντικά το μέγεθος και τη χωρική κατανομή των επαγόμενων ηλεκτρικών πεδίων μέσα στο σώμα είναι η επαφή του ανθρώπινου σώματος με την ηλεκτρική γείωση. Τα εσωτερικά ηλεκτρικά πεδία μεγαλύτερης έντασης επάγονται όταν το σώμα βρίσκεται σε απόλυτη επαφή (και με τα δύο πόδια) με τη γείωση-έδαφος. Όσο πιο απομακρυσμένο το σώμα από την ηλεκτρική γείωση-έδαφος, τόσο μικρότερη γίνεται η ένταση των ηλεκτρικών πεδίων που επάγονται στους ιστούς. Γι' αυτό, τα μονωτικά υποδήματα εργασίας εξασφαλίζουν ορισμένες φορές ένα βαθμό προστασίας από τις επιπτώσεις των πεδίων χαμηλής συχνότητας.

Λ) Εξωτερικό μαγνητικό πεδίο:

Σε αντίθεση με τα επαγόμενα ηλεκτρικά πεδία, το ανθρώπινο σώμα δεν διαταράσσει τα δημιουργούμενα μαγνητικά πεδία. Τα μαγνητικά πεδία που επάγονται στους ανθρώπινους ιστούς ταυτίζονται με τα εξωτερικά μαγνητικά πεδία. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η μαγνητική διαπερατότητα είναι ίδια στους ιστούς και στον αέρα. Ενδέχεται να υπάρχουν μαγνητικά υλικά (π.χ. μαγνητίτης) στους ιστούς, καθώς οι ποσότητες θεωρούνταν αμελητέες, μπορούν να αγνοούνται πρακτικά.

Η βασική αλληλεπίδραση εξωτερικού μαγνητικού πεδίου με το σώμα είναι η ροή ρεύματος σε αγώγιμους ανθρώπινους ιστούς που συνδέεται με την επαγωγή Faraday. Σε ετερογενείς ιστούς με διαφορετικές περιοχές αγωγιμότητας, τα ρεύματα ρέουν επίσης στις διεπαφές μεταξύ των περιοχών των ιστών.

Χαμηλή συχνότητα:

Σε χαμηλές συχνότητες (1Hz-10MHz), η κύρια δοσιμετρική ποσότητα ταυτίζεται με το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο που επάγεται μέσα στο ανθρώπινο σώμα. Αυτό συμβαίνει επειδή τα κατώτατα όρια για τη διέγερση του νευρικού ιστού συσχετίζονται με το μέγεθος και τη χωρική μεταβολή αυτών των εσωτερικών ηλεκτρικών πεδίων. Το επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο υπολογίζεται σε μονάδες βολτ ανά μέτρο $V \cdot m^{-1}$.

Επιπλέον πεδία προκύπτουν επίσης από ρεύματα που ρέουν μεταξύ μερών του σώματος με διαφορετική αγωγιμότητα ιστού.

Μέγιστη τιμή πεδίου:

Αυτός είναι ο απλούστερος τρόπος αξιολόγησης της συμμόρφωσης με τα όρια που ορίζονται στην οδηγία. Παράλληλα όμως, με τη μέθοδο αυτή προκύπτει και η πλέον συντηρητική εκτίμηση έκθεσης εργαζομένου σε πεδίο. Δεν γίνεται χωρικός καθορισμός του μέσου όρου. Η μέτρηση ή ο υπολογισμός του αδιατάρακτου πεδίου, δηλαδή χωρίς την φυσική παρουσία του εργαζομένου, γίνεται στο σημείο του εργασιακού χώρου όπου το πεδίο είναι ισχυρότερο. Καθώς η παρουσία του εργαζομένου σε ορισμένες περιπτώσεις ενδέχεται να διαστρεβλώνει την τιμή του πεδίου, αυτό αξιολογείται όταν ο εργαζόμενος είναι απών. Αξίζει να σημειωθεί ότι, σε χαμηλές συχνότητες, μόνο το ηλεκτρικό πεδίο επηρεάζεται από την παρουσία του εργαζομένου. Οι άνθρωποι είναι μη μαγνητικοί και τα επαγόμενα ρεύματα δεν αρκούν για να επηρεάσουν το πεδίο.

Η ICNIRP (2010) [10] ορίζει στο τμήμα «Καθορισμός μέσης τιμής εξωτερικών ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων»: «Έχουν καθοριστεί επίπεδα αναφοράς για τις συνθήκες έκθεσης όταν η διακύμανση του ηλεκτρικού ή του μαγνητικού πεδίου στον χώρο που καταλαμβάνεται από το σώμα είναι σχετικά μικρή. Μολαταύτα, στις περισσότερες περιπτώσεις, η απόσταση από την πηγή του πεδίου είναι τόσο μικρή με αποτέλεσμα η κατανομή του να είναι μη ομοιόμορφη ή εντοπισμένη σε μικρό τμήμα του σώματος. Σε τέτοιες περιπτώσεις, η μέτρηση της μέγιστης έντασης πεδίου στη θέση που καταλαμβάνεται από το σώμα καταλήγει πάντα σε ασφαλή, αν και πολύ συντηρητική, αξιολόγηση της έκθεσης.»

Συγκεντρωτικά:

Πίνακας 11. Επίπεδα δράσης του μέγιστου χρονικού παραγώγου της πυκνότητας μαγνητικής ροής σε (T/s) σύμφωνα με τον πίνακα B2 της οδηγίας 2013/35/ΕΕ

Εύρος τιμών συχνότητας	Χαμηλό επίπεδο δράσης	Υψηλό επίπεδο δράσης	Επίπεδο δράσης για την έκθεση των άκρων σε εντοπισμένο μαγνητικό πεδίο
$1 \text{ Hz} < f_p < 8 \text{ Hz}$	$1,8 \cdot V/f_p$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
$8 \text{ Hz} < f_p < 25 \text{ Hz}$	$0,2 \cdot V$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
$25 \text{ Hz} < f_p < 300 \text{ Hz}$	$0,01 \cdot f_p \cdot V$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
$300 \text{ Hz} < f_p < 3 \text{ kHz}$	$2,7 \cdot V$	$2,7 \cdot V$	$8 \cdot V$
$3 \text{ kHz} < f_p < 10 \text{ MHz}$	$0,001 \cdot f_p \cdot V$	$0,001 \cdot f_p \cdot V$	$0,003 \cdot f_p \cdot V$

Πίνακας 12. Επίπεδα δράσης του μέσου χρονικού παραγώγου της πυκνότητας μαγνητικής ροής σε (T/s) σύμφωνα με τον πίνακα B2 της οδηγίας 2013/35/ΕΕ.

Εύρος τιμών συχνότητας	Χαμηλό επίπεδο δράσης	Υψηλό επίπεδο δράσης	Επίπεδο δράσης για την έκθεση των άκρων σε εντοπισμένο μαγνητικό πεδίο
$1 \text{ Hz} < f_p < 8 \text{ Hz}$	$1,15 \cdot V/f_p$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
$8 \text{ Hz} < f_p < 25 \text{ Hz}$	$0,13 \cdot V$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
$25 \text{ Hz} < f_p < 300 \text{ Hz}$	$6 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
$300 \text{ Hz} < f_p < 3 \text{ kHz}$	$1,7 \cdot V$	$1,7 \cdot V$	$5,1 \cdot V$
$3 \text{ kHz} < f_p < 10 \text{ MHz}$	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$6 \cdot 10^{-4} \cdot f_p \cdot V$	$2 \cdot 10^{-3} \cdot f_p \cdot V$

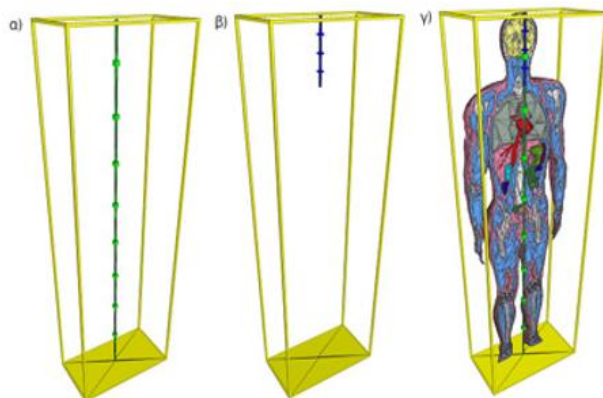
Έκθεση σε ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία μεταξύ 1Hz και 10MHz

Οι χωρικά καθορισμένες μέσες τιμές της έντασης του ηλεκτρικού πεδίου (E_{avg}) ή της πυκνότητας μαγνητικής ροής (B_{avg}) υπολογίζονται με τους παρακάτω μαθηματικούς τύπους:

(Εξίσωση 1)
$$B_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n B_i$$

(Εξίσωση 2)
$$E_{avg} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n E_i$$

όπου n ο αριθμός των θέσεων, E_i και B_i η ένταση ηλεκτρικού πεδίου και η πυκνότητα μαγνητικής ροής αντίστοιχα, υπολογισμένες στη θέση i.



Σχήμα 14. — α) χωρικός καθορισμός της μέσης τιμής του πεδίου σε κάθετη ευθεία στον χώρο που καταλαμβάνει ο εργαζόμενος, β) χωρικός καθορισμός της μέσης τιμής του πεδίου σε κάθε ευθεία εκεί που βρίσκεται το κεφάλι του εργαζομένου, γ) σημεία καθορισμού μέσης τιμής με αποκομμένη άποψη του εργαζομένου.

Συνοψίζοντας, η Οδηγία αναλύει τα ΗΜΠ με εύρος συχνοτήτων (0 - 300 GHz) μέσω ενός «συστήματος» που περιλαμβάνει:

α) τα όρια επίπεδου δράσης AL (Action Levels),

β) τις οριακές τιμές έκθεσης ELV (Exposure Limit Values),

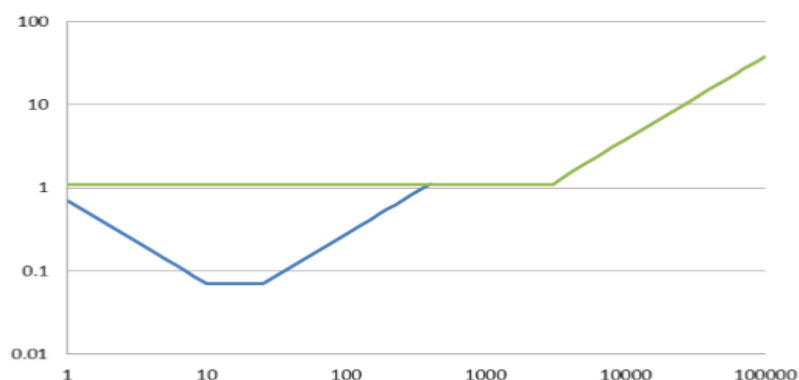
γ) εξειδικευμένα όρια AL για μαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας (χαμηλό, υψηλό, και AL για τα άκρα) και

δ) τιμές ρευμάτων επαφής (IC) και άκρων (IL).

Δημιουργείται έτσι ένα σύστημα ζωνών (στα αρχικά στάδια δημιουργίας της Οδηγίας αυτός ήταν ο όρος που είχε χρησιμοποιηθεί) με κλιμακούμενη επικινδυνότητα.

Γενικά τα AL αναφέρονται σε εξωτερικά ΗΜΠ που γίνεται να μετρηθούν με σχετική ακρίβεια ενώ τα ELV για τα εσωτερικά πεδία του ανθρωπίνου σώματος, που προσδιορίζονται με τη μέθοδο της αναγωγής.

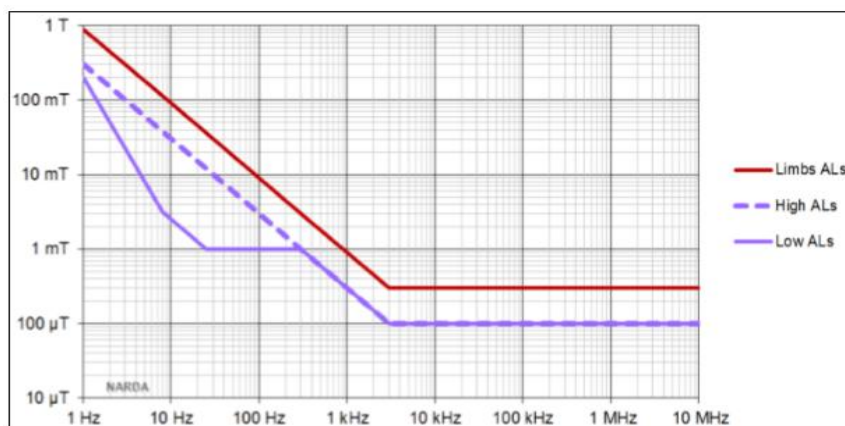
Η ηλεκτροδιέγερση νευρικών και μυϊκών ιστών και προκαλείται από ακτινοβολίες που εντοπίζονται στη περιοχή των «χαμηλών» συχνοτήτων (0-100kHz).



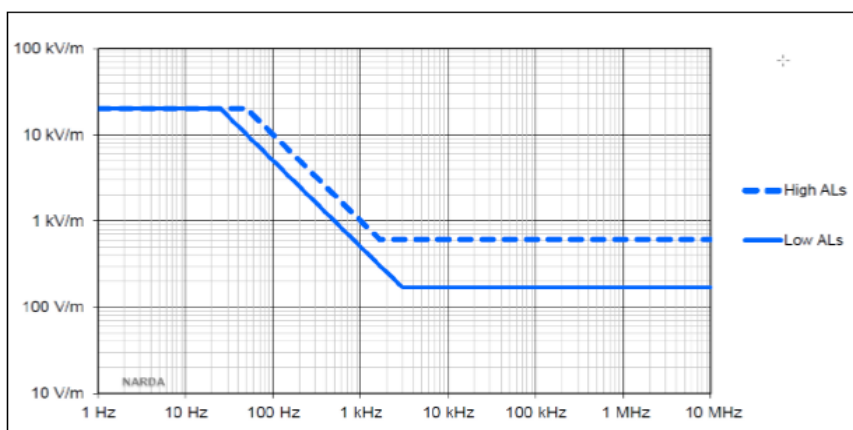
Σχήμα 15. ELV για τις χαμηλές συχνότητες (0-100 kHz). Directive Peak Sensory (κάτω γραμμή) είναι το ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις ενώ Directive Peak Health είναι εκείνο το ELV με επιπτώσεις στην υγεία.

Στις χαμηλές συχνότητες προσδιορίζονται δυο όρια AL: τα χαμηλά AL για συμμόρφωση προς τα ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις και τα υψηλά AL για συμμόρφωση προς τα ELV με επιπτώσεις στην υγεία. Τα όρια AL εμφανίζονται σε μορφή πίνακα ανά συχνότητα για το ΗΠ (E) σε V/m, το ΜΠ (B) σε T και για τα ρεύματα επαφής (IC) και άκρων (IL) σε mA.

Αναλυτικά, οι RMS μέγιστες στιγμιαίες τιμές για τα 50Hz είναι: χαμηλό AL(E) = 10kV/m, υψηλό AL(E) = 20kV/m, **χαμηλό AL(B) = 1.000μT**, υψηλό AL(B) = 6.000μT και AL άκρων = 18.000μT.



Σχήμα 16. Τα επίπεδα δράσης για το ΜΠ, AL(B) για 0-10MHz. Φαίνονται το υψηλό (High AL), το χαμηλό (Low AL) όριο, καθώς και το όριο που ορίζεται για τα άκρα (Limb AL). (πηγή NARDA).



Σχήμα 17. Τα επίπεδα δράσης για το ΗΠ, AL(E), για 0-10MHz. Φαίνονται το υψηλό (High AL) και χαμηλό (Low AL) όριο. (πηγή NARDA).

Για την προσδιορισμό της ακτινοβολίας στη θέση εργασίας, σε γενικές γραμμές, είναι απαραίτητος ο υπολογισμός μια μέσης χωρικής τιμής από τρία διαφορετικά ύψη (ΚΥΑ 2300 ΕΦΑ 493) [72]. Τα όρια AL στις χαμηλές συχνότητες πρέπει να τηρούνται κάθε στιγμή σε σχέση με τις μέγιστες τιμές μέτρησης. Συγκεκριμένα για το ΜΠ στα 50Hz, το επαγόμενο ΗΠ στο εσωτερικό του σώματος προσδιορίζεται σε 20 - 60V/m ανά mT εξωτερικού πεδίου. Δίνεται λοιπόν η συντηρητική τιμή των 33 V/m ως όριο για τις αισθητηριακές επιπτώσεις, αντίστοιχα για τις επιπτώσεις στην υγεία η τιμή των 60 V/m.

Η εξέλιξη των ορίων στις δυο Οδηγίες (ΕΕ και ICNIRP) για την επαγγελματική έκθεση φαίνεται στον παρακάτω πίνακα 13:

Συχνότητα f (Hz)	B (μT)			E (kV/m)		
	2013/35 χαμηλό AL	2013/35 υψηλό AL	ICNIRP '98 επαγγ.	2013/35 χαμηλό AL	2013/35 υψηλό AL	ICNIRP '98 επαγγ.
16,6	1500	18000	7640	20	20	20
50	1000	6000	2550	10	20	10
1000	300	300	127	0,500	1	0,610
30000	100	199	127	0,170	0,610	0,610

Παρατηρείται αύξηση των ορίων ως αποτέλεσμα μιας νέας επιστημονικής προσέγγισης της ICNIRP. Σύμφωνα με αυτή την προσέγγιση για τα ELV αντικαθίσταται η πυκνότητα ρεύματος από το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο και χρησιμοποιούνται ρεαλιστικότεροι συντελεστές μετατροπής του εσωτερικού πεδίου του σώματος σε σχέση με το προσδιοριζόμενο εξωτερικό πεδίο.

Η αλλαγή αυτή επεκτάθηκε στα αντίστοιχα όρια του γενικού πληθυσμού, τα οποία συμπεριλαμβάνονται κι αυτά στις κατευθυντήριες οδηγίες της ICNIRP 2010 [10]. Χαρακτηριστικό παράδειγμα το όριο έκθεσης του γενικού πληθυσμού αυξήθηκε από τα 100μT στα 200μT στη συχνότητα των 50Hz. Μια αλλαγή που δεν έχει, όμως, ενταχθεί στην Ελληνική νομοθεσία.

Συγκεντρωτικά, ο πίνακας με τα όρια (ELV και AL) που καθορίζονται στα παραρτήματα II και III της Οδηγίας της ΕΕ (Πίνακας 14):

Πίνακες παραρτήματος II	Όριο	Φυσική ποσότητα	f_{min}	f_{max}	Μετρήσιμο μέγεθος
A1	ELV	Πυκνότητα Μαγνητικής Ροής B_0 (T)	0 Hz - στατικό	1 Hz	NAI
A2	ELV	Εσωτερικό ΗΠ - E (V/m) για επιπτώσεις στην υγεία	1 Hz	10 MHz	OXI
A3	ELV	Εσωτερικό ΗΠ - E (V/m) για αισθητηριακές επιπτώσεις	1 Hz	400 kHz	OXI
B1	AL	Εξωτερικό ΗΠ - E (V/m)	1 Hz	10 MHz	NAI
B2	AL	Εξωτερικό ΜΠ - B (μT)	1 Hz	10 MHz	NAI
B3	AL	Ρεύμα επαφής I_c (mA)	0 Hz	10 MHz	NAI
B4	AL	Πυκνότητα Μαγνητικής Ροής B_0 (mT) κίνδυνος εκτόξευσης	0 Hz - στατικό	-	NAI

8. Επιπτώσεις των ΗΜΠ στον άνθρωπο (ανασκόπηση SCENIHR):

(Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks)

Υπάρχει πληθώρα βιβλιογραφίας με θέμα τις επιπτώσεις των ΗΜΠ στην ανθρώπινη υγεία. Πρόσφατα η επιτροπή SCENIHR (Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks) δημοσίευσε μια ανασκόπηση βασισμένη στις μέχρι τώρα μελέτες [73]. Λειτουργώντας ως ανεξάρτητη αρχή παρέχει εξειδικευμένες πληροφορίες και προτάσεις στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή προκειμένου να χαράσσονται οι ενδεδειγμένες πολιτικές για την αντιμετώπιση των υγειονομικών κινδύνων.

Γενικά, η επιτροπή αυτή προωθεί τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει έχοντας εξετάσει εκατοντάδες επιστημονικές έρευνες και ανακοινώσεις.

Ελέγχεται ένα σύνολο από επιδημιολογικές μελέτες, μελέτες *in vivo* (κυρίως σε πειραματόζωα) καθώς και *in vitro* κυτταρικές μελέτες.

Εκτός από τις επιμέρους περιοχές συχνότητων του Η/Μ φάσματος εξετάζονται επίσης η συνδυαστική επίδραση διαφορετικών συχνότητων ή χημικών ουσιών. Από τα μέχρι τώρα ευρήματα δεν διαφαίνεται η ανάγκη λήψης νέων, επιπρόσθετων, μέτρων πέραν των ήδη καθορισμένων (το πλαίσιο προτάσεων της Ευρωπαϊκής οδηγίας και τις κατευθυντήριες οδηγίες της ICNIRP) (Li και συν. 2011, 2012) [74,75].

Προς το παρόν, δεν υφίσταται ένας κοινά αποδεκτός μηχανισμός στον οποίο να αποδίδονται οι διάφορες επιπτώσεις που έχουν καταγραφεί. Υπάρχουν, παρόλα αυτά, πολλές εναλλακτικές εξηγήσεις για τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγουν οι μέχρι τώρα έρευνες. Επιπρόσθετα, είναι ιδιαίτερα δύσκολο να δημιουργηθούν ομάδες ελέγχου στις επιδημιολογικές μελέτες που να απαλλαγμένες από παράγοντες που λειτουργούν προσθετικά έχοντας αντίστοιχες επιπτώσεις με εκείνες που αποδίδονται στα ΗΜΠ.

Επίσης υπάρχουν σοβαρές ενστάσεις για τις *in vivo* και τις *in vitro* μελέτες, καθώς ο άνθρωπος έχει σημαντικά διαφορετικούς μηχανισμούς επιδιόρθωσης κυτταρικών βλαβών από τα πειραματόζωα (π.χ. από φυσική ιοντίζουσα ακτινοβολία) (Simi S και συν. 2008, Fiechter M και συν. 2013) [76,77].

Οι προτάσεις του SCENHIR εστιάζονται σε μεγάλο βαθμό στην επαγγελματική έκθεση σε ΗΜΠ και επιπλέον επεκτείνονται στην παραγωγή και μεταφορά της ηλεκτρικής ενέργειας, τις μεταφορές και την ιατρική. Σημαντικό κεφάλαιο, επίσης, είναι η διαχείριση των ενεργών (παρεμβολές και δυσλειτουργία) και παθητικών (θέρμανση, μετακίνηση) ιατρικών εμφυτευμάτων. Έχει παρατηρηθεί ότι πολλά από αυτά εμφανίζουν δυσλειτουργίες όταν βρίσκονται μέσα σε ΗΜΠ.

Επιπλέον, καθώς οι ασύρματες επικοινωνίες μονοπωλούν το κοινωνικό ενδιαφέρον γύρω από τα ΗΜΠ και αποτελούν τη βασική πηγή έκθεσης του γενικού πληθυσμού, γίνεται ιδιαίτερη αναφορά στα κινητά τηλέφωνα, τις κεραιές κινητής τηλεφωνίας, οι ραδιοφωνικές και τηλεοπτικές εκπομπές, τις μικροκυματικές ζεύξεις, τα ασύρματα τηλέφωνα, το σύστημα τηλεπικοινωνιών TETRA, τις συσκευές Bluetooth, τα τοπικά ασύρματα δίκτυα (WLAN) και τις διατάξεις τηλεμετρίας.

Στη συνέχεια παρατίθενται συγκεντρωτικοί πίνακες με τις αναφερόμενες επιπτώσεις στη βιβλιογραφία:

Πίνακας 15. Συγκεντρωτικά στοιχεία από την βιβλιογραφική επισκόπηση της SCENHIR για τις επιπτώσεις από την (RF) ακτινοβολία ραδιοσυχνότητων.

Μελέτες		Επιπτώσεις
Νεοπλασίες	Επιδημιολογικές	«Ενδείξεις» για συσχέτιση «έντονης» χρήσης κινητού και ακουστικού νευρινώματος (μικρότερη συσχέτιση για το γλοίωμα). Αρνητικά στοιχεία για «μέση» χρήση. - Αρνητικά αποτελέσματα για άλλους τύπους καρκίνου στο κεφάλι, το λαιμό, καθώς και παιδικούς.
	In vivo	Αντιφατικά, μάλλον αρνητικά στοιχεία από πειραματόζωα.
	In vitro	Έλεγχος γονοτοξικότητας, απόπτωσης, οξειδωτικού στρες, κυτταρικού πολλαπλασιασμού, έκφρασης πρωτεϊνών με αρνητικά αποτελέσματα στις περισσότερες περιπτώσεις.
Νευρικό σύστημα	Επιδημιολογικές	- Ανεπιβεβαίωτη έρευνα (με μεθοδολογικές αδυναμίες) από την Δανία για συμπεριφορικές διαταραχές σε παιδιά. - Αρνητικά αποτελέσματα από νεώτερες έρευνες.
	Νευροφυσιολογικές	- Αλλαγές στο ΗΕΓ εγρήγορης και ύπνου. Δεν υπάρχει ακόμα βιολογική εκτίμηση των δεδομένων. - Αρνητικά αποτελέσματα για επηρεασμό της αντίληψης (cognition) σε ανθρώπους. - Αντιφατικά αποτελέσματα για έλεγχο παραμέτρων στο αίμα (πίεση, οξυγόνωση, πρωτεΐνες, κλπ.).
	In vivo	- Αντιφατικά αποτελέσματα για έλεγχο διαπερατότητας αιματοεγκεφαλικού φραγμού σε ποντίκια. - Μάλλον αρνητικά στοιχεία για έλεγχο συμπεριφοράς και μνήμης σε ποντίκια. - Επιπτώσεις σε νευρικά κύτταρα. - Αλλαγές σε πρωτεΐνες οι οποίες συνδέονται σε Ca^{++}.
	In vitro	Περιορισμένα και ανεπαρκή στοιχεία.
Συμπτώματα		Διπλά τυφλές μελέτες δεν αποδεικνύουν την εικαζόμενη ηλεκτροευαισθησία.
Αναπαραγωγή		Έλεγχος ανδρικής αναπαραγωγικής ικανότητας χωρίς ευρήματα.
Ανάπτυξη		Κυρίως αρνητικά αποτελέσματα σε πειραματόζωα (έλεγχος μακροχρόνιων επιπτώσεων σε όρχεις και ανάπτυξης νεογνών).

Επιπτώσεις	
Ανθρωποι	- Ναυτία, ζαλάδες, μεταλλική αίσθηση, αύξηση αρτηριακής πίεσης και καρδιακού ρυθμού, διαταραχές ύπνου και μνήμης, προβλήματα συγκέντρωσης, για ασθενείς και εργαζόμενους σε μεγάλα πεδία MRI. Εξάρτηση από την συνολική δόση (Wilen J et al. 2011). - Αρνητικός έλεγχος ανδρικής αναπαραγωγικής ικανότητας.
In Vivo	Έλεγχος με στατικά πεδία μερικών δεκάδων mT για αναπαραγωγή, ανάπτυξη, επιπτώσεις στο νευρικό σύστημα (αντλία Na^{+}/K^{+}, εγκυμοσύνη, έλεγχος πόνου), μεταβολισμό (γλυκόζη, λιπίδια, ιοντικές συγκεντρώσεις) με αντιφατικά αποτελέσματα σε πειραματόζωα.
In Vitro	- Επηρεασμός της έκφρασης πρωτεϊνών σε κύτταρα θηλαστικών (10 μT - 10 T). - Εξάρτηση από το είδος της έκθεσης. - Επηρεασμός κυτταρικής μεμβράνης και κυτταρικών κύκλων.

Πίνακας 16. Συγκεντρωτικά στοιχεία της βιβλιογραφικής επισκόπησης SCENHIR για τις επιπτώσεις των στατικών ΜΠ.

Μελέτες		Επιπτώσεις
Νεοπλασίες	Επιδημιολογικές	- Αρνητικά στοιχεία για εγκεφαλικούς όγκους. - Έλλειψη μηχανισμού για εικαζόμενες επιπτώσεις.
	In vivo	Αδυναμία επιβεβαίωσης της παιδικής λευχαιμίας σε πειραματόζωα. Ανάγκη για περισσότερες και περισσότερο στοχευόμενες έρευνες.
	In vitro	- Ανάγκη ελέγχου των ισχυρισμών ότι το ΜΠ μπορεί να προκαλέσει βλάβες στο DNA από τα 100 μT και άνω. - Έλλειψη μηχανισμού, ανάγκη προσδιορισμού του τρόπου έκθεσης. - Προβληματισμός για την δράση των χημικών.
Νευρικό σύστημα	Επιδημιολογικές	Ανεπαρκής επιβεβαίωση για Alzheimer (εικαζόμενη από παλαιότερη γνώμη της SCENHIR).
	Νευροφυσιολογικές	Ετερογενή στοιχεία για έλεγχο HEG, συμπεριφοράς και εγκεφαλικής διέγερσης.
	In vivo	- Έλεγχοι σε πειραματόζωα με πιθανότητα επηρεασμού της μνήμης. Αρνητικά στοιχεία για προσανατολισμό. - Προβληματισμοί για την επίδραση της έντασης του ήχου τον οποίον παράγουν τα πηγία στο MRI. - Πιθανότητες θεραπευτικής δράσης των πεδίων.
	In vitro	Περιορισμένα στοιχεία για βραχυπρόθεσμες επιπτώσεις σε νευρικά κύτταρα.
Συμπτώματα		- Περιορισμένα και με μεθοδολογικές αδυναμίες στοιχεία για ηλεκτροευαισθησία. Οι περισσότερες τυφλές δοκιμές είναι αρνητικές. - Ελάχιστα άτομα μπορούν να διακρίνουν αξιόπιστα τα πεδία.
Αναπαραγωγή		Αρνητικά αποτελέσματα για επιπτώσεις στην ανδρική αναπαραγωγική ικανότητα.
Ανάπτυξη		Μεμονωμένα στοιχεία με μεθοδολογικές αδυναμίες.

Πίνακας 17. Βιβλιογραφική επισκόπηση της SCENHIR για τις συνδυαστικές εκθέσεις.

Μελέτες	
Ανθρώποι	- Αποτελεί νέο πεδίο. - Ευρήματα σε συνδυασμό MRI και TMS. Ερωτηματικά αν τα προκαλεί ο ακουστικός θόρυβος. - Αναφορά προβλημάτων υγείας σε εργαζόμενους με εμφυτεύματα.
In Vivo	Συνδυασμοί 0,9 και 2 περίπου GHz με αρνητικά αποτελέσματα (ενδοκρινικό, ανοσοποιητικό, λεμφικό, νεογνά, κυτταρικό επίπεδο) σε πειραματόζωα.
In Vitro	Συνδυασμοί 0,9 και 2 περίπου GHz με αρνητικά αποτελέσματα σε ανθρώπινα καρκινικά κύτταρα.

Πίνακας 18. Βιβλιογραφική επισκόπηση της SCENHIR για συνέργεια διαφορετικών παραγόντων (ΗΜΠ και χημικά).

Μελέτες	
<i>In Vivo</i>	• Επιτάχυνση ή επιβράδυνση (θεραπευτικά;) της δράσης χημικών (καρκινογόνων και μη) και φυσικών (ιοντίζουσα ακτινοβολία) παραγόντων για ELF και RF σε πειραματόζωα. • Δεν έχει αποκαλυφθεί μηχανισμός.
<i>In Vitro</i>	• Διαφοροποίηση της δράσης φυσικών και χημικών παραγόντων σε RF, ELF και στατικό μαγνητικό. • Ανάγκη επέκτασης των πειραμάτων σε πραγματικές συνθήκες. • Διερεύνηση πιθανών θεραπευτικών δράσεων.

Η επιτροπή SCENHIR καταλήγει στην ανάγκη καθορισμού συγκεκριμένων επιστημονικών πρωτόκολλων, τα οποία πρέπει να είναι δομημένα κατά τέτοιο τρόπο ώστε να θέτουν ξεκάθαρους στόχους και επακριβώς οριοθετημένα στοιχεία έκθεσης. Βάση αυτών των προτύπων θα είναι δυνατός ο έλεγχος και κατ' επέκταση η αξιολόγηση των συμπερασμάτων τόσο των υπαρχουσών όσο και των μελλοντικών μελετών για τα ΗΜΠ. Τέλος, η επιτροπή εισηγείται την κατεύθυνση την οποία θεωρεί ότι πρέπει να ακολουθήσουν οι ερευνητικές προσπάθειες με περισσότερο σημαντικές τις μελέτες σχετικές με το MRI, την παιδική λευχαιμία, το Alzheimer, την ηλεκτροευαισθησία, τις πιθανές μακροχρόνιες επιπτώσεις των ραδιοσυχνοτήτων και τις διηλεκτρικές ιδιότητες των ιστών.

9. RSSB

Η Ρυθμιστική Αρχή για την Ασφάλεια στον Σιδηρόδρομο του Ηνωμένου Βασιλείου (RSSB) δημοσίευσε το 2016 μια μελέτη στο πλαίσιο της εφαρμογής των κανόνων της ΥΑΕ σχετικά με την έκθεση στα ΗΜΠ των σιδηροδρομικών υπαλλήλων [78]. Ειδικότερα, όσον αφορά το τροχαίο υλικό και αυτούς που εργάζονται πάνω σε αυτό (μηχανοδηγοί και τεχνίτες) η μελέτη εντόπισε τις πηγές που εγκυμονούν τους μεγαλύτερους πιθανούς κινδύνους. Στα σιδηροδρομικά οχήματα (τροχαίο υλικό) θα πρέπει να εξεταστούν οι αγωγοί που συνδέουν τον παντογράφο με τον μετασχηματιστή και η τροφοδοσία από τον μετασχηματιστή σε άλλον εξοπλισμό υψηλής τάσης, όπως οι μετατροπείς κινητήρων, οι βοηθητικοί μετατροπείς, οι μετατροπείς εναλασσόμενου/συνεχούς ρεύματος (AC/DC Converter) στη γραμμή και οι φορτιστές μπαταριών [79].

Κατά γενικό κανόνα, τα μεγαλύτερα μαγνητικά πεδία δημιουργούνται όταν το όχημα βρίσκεται εν κινήσει. Ωστόσο, τα πεδία που παράγονται από τον φορτιστή μπαταρίας και τον βοηθητικό μετατροπέα θα είναι παρόντα καθ' όλη τη διάρκεια λειτουργίας των συστημάτων του οχήματος. Όσον

αφορά το τροχαίο υλικό, οι βασικές πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων θα είναι από την καλωδίωση προς και από τον ηλεκτρικό εξοπλισμό [80].

Τα πιο σημαντικά φορτία, και επομένως τα υψηλότερα ρεύματα, υπάρχουν στα ακόλουθα καλώδια:

α) Καλώδια προς και από τους βοηθητικούς μετατροπείς (Auxiliary Converter), μετατροπείς κινητήρα ή έλξης (Motor Converter), φορτιστή μπαταρίας (Battery Charger) και, σε οχήματα εναλλασσόμενου ρεύματος, τον μετατροπέα γραμμών (Line Converter).

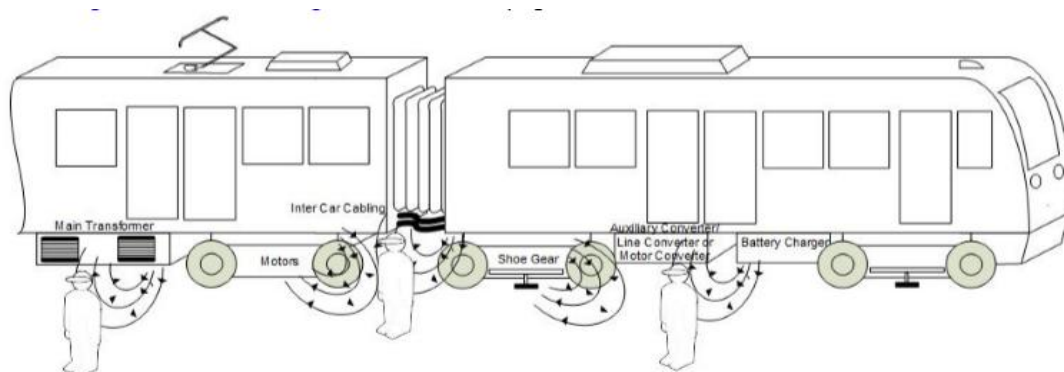
β) Καλωδίωση κινητήρα έλξης (Motor).

γ) Σε οχήματα εναλλασσόμενου ρεύματος, η καλωδίωση ανάμεσα στον παντογράφο και τον κύριο μετασχηματιστή (Main Transformer).

δ) Καλώδια μεταξύ των βαγονιών που μεταφέρουν ρεύμα στα βαγόνια (Inter Car Cabling).

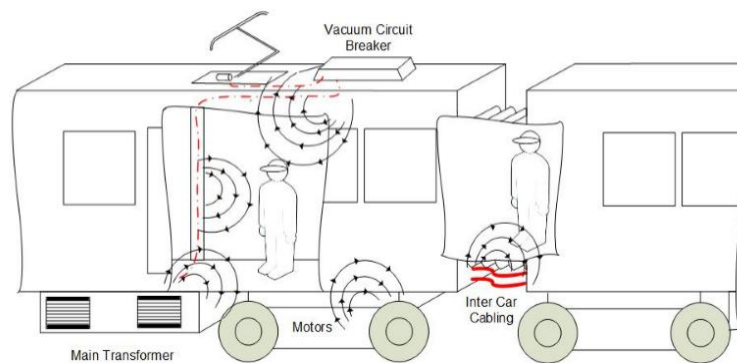
Εξετάστηκαν δύο ξεχωριστά μοντέλα - ένα για την καλωδίωση μεταξύ των βαγονιών και τους βραχυκυκλωτήρες, καθώς δεν προστατεύονται από το αμάξωμα του οχήματος και ένα ξεχωριστό μοντέλο για τη διασύνδεση με καλώδια συνεχούς ρεύματος με τους βοηθητικούς μετατροπείς και τους μετατροπείς κινητήρα με το υψηλότερο επίπεδο ρεύματος που χρησιμοποιείται. Προκύπτει από τα παραπάνω ότι για την υπέρβαση των ορίων οι εργαζόμενοι θα έπρεπε να βρίσκονται εντός περιτυπώματος μόνωσης του κινούμενου οχήματος, η οποία δεν επιτρέπεται βάσει των κανόνων.

Τα πεδία που παράγονται από την καλωδίωση προς τους μετατροπείς κινητήρα και τον βοηθητικό μετατροπέα περιορίζονται στα καλώδια, και στα περισσότερα σιδηροδρομικά οχήματα, περιέχονται στα κανάλια καλωδίων που είναι προσαρτημένα στο κάτω πλαίσιο του οχήματος και παρέχουν πρόσθετη προστασία. Εξετάστηκαν διαφορετικά σενάρια και λήφθηκαν οι αντίστοιχες μετρήσεις ακτινοβολίας και έγινε η κατάλληλη ανά περίπτωση αξιολόγηση. Σε περίπτωση που οι εργαζόμενοι στέκονται στο πλάι ενός ακινητοποιημένου οχήματος, στο μηχανοστάσιο ή σε παρακαμπτήριο γραμμή (Εικόνα 6):



Η μοντελοποίηση δείχνει ότι, για ένα ακινητοποιημένο όχημα, δεν υπερβαίνονται τα όρια ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, εκτός εάν ο συντηρητής βρίσκεται κάτω από ένα ηλεκτροκίνητο όχημα. Συνεπώς, δεν απαιτείται περαιτέρω αξιολόγηση εκτός από τους εργαζόμενους που μπορούν να έχουν πρόσβαση στο κάτω μέρος ενός ηλεκτροκίνητου οχήματος ή σε εργαζόμενους που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο.

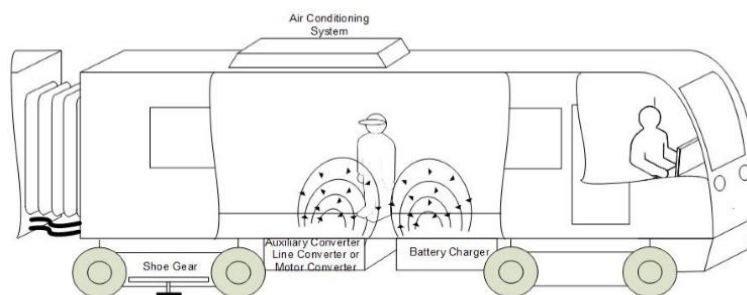
Οι κύριες πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων για τους εργαζόμενους στο τρένο είναι οι ίδιες για τους εργαζόμενους που βρίσκονται πλευρικά, αλλά με την προσθήκη του αναρτήρα από τον παντογράφο και των καλωδίων υψηλής τάσης που συνδέουν τα βαγόνια.



Εικόνα 7.

Ο αναρτήρας που είναι σε επαφή με τον παντογράφο περιέχεται μέσα σε ένα μη αγωγίμο περίβλημα ή αλουμίνιο με χαλύβδινα στηρίγματα (Εικόνα 7).

Η μοντελοποίηση καταδεικνύει ότι δεν υπάρχει υπέρβαση των ηλεκτρομαγνητικών πεδίων για τους εργαζόμενους σε οποιαδήποτε θέση. Τα μαγνητικά πεδία είναι ιδιαίτερα περιορισμένα και το ηλεκτρικό πεδίο που παράγεται από τα καλώδια αποδυναμώνεται από το αμάξωμα του οχήματος. Επομένως, δεν απαιτείται περαιτέρω αξιολόγηση εκτός από τους εργαζόμενους που βρίσκονται σε ιδιαίτερο κίνδυνο και οι οποίοι μπορούν να εργάζονται σε μικρή απόσταση από τα καλώδια που είναι σε επαφή με τον παντογράφο.

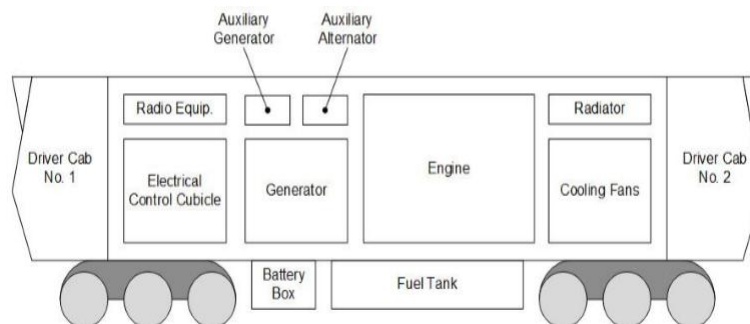


Εικόνα 8.

Τροχαίο υλικό EMU (Electric Multiple Unit) Ηλεκτρική Αυτοκινητάμαξα (Α/Α) - εναλλασσόμενο/συνεχές ρεύμα EMU – έκθεση του οδηγού:

Σε μια ηλεκτροκίνητη αυτοκινητάμαξα (Α/Α) εναλλασσόμενου/συνεχούς ρεύματος EMU (Εικόνα 8), ο εξοπλισμός που είναι εγκατεστημένος γύρω από τον θάλαμο μηχανοδήγησης είναι γενικά με ρεύμα χαμηλής ισχύος και συνεπώς, αν υποθεθεί ότι συμμορφώνεται με τα ευρωπαϊκά πρότυπα και έχει εγκατασταθεί σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, δεν θα πρέπει να δημιουργεί σημαντικά ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Γενικά, οι θάλαμοι οδήγησης των αμαξοστοιχιών είναι κατασκευασμένοι από χάλυβα ή αλουμίνιο, πράγμα που παρέχει σημαντική μείωση στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία. Ωστόσο, υπάρχει μια τάση τα σύγχρονα οχήματα να έχουν πολυσύνθετες κατασκευές θαλάμων.

Για τη μοντελοποίηση του θαλάμου οδήγησης θεωρήθηκε ότι η κατασκευή του έγινε από μη μεταλλικό υλικό με την κύρια πηγή ηλεκτρομαγνητικών πεδίων να προέρχεται από τα καλώδια του κινητήρα που είναι συνδεδεμένα στον εμπρόσθιο άξονα. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι ακόμη και με μια πολυσύνθετη κατασκευή θαλάμου οδήγησης, τα όρια ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υπερβαίνονται μόνο στις κάτω γωνίες του οχήματος, τα οποία απέχουν σημαντικά από την υπερυψωμένη θέση του οδηγού. Άρα δεν απαιτείται περαιτέρω αξιολόγηση εκτός από τους εργαζομένους που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο (Εργαζόμενοι με ενεργητικά/παθητικά εμφυτεύματα ή έγκυες γυναίκες μηχανοδηγοί) [81].



Εικόνα 9.

Δηζελοηλεκτρική μηχανή έλξης – μηχανοδηγός:

Στην παραπάνω εικόνα 9 για τη δηζελάμαξα φαίνεται η γενική διάταξη ενός δηζελοηλεκτροκίνητου οχήματος. Τα υψηλότερα ρεύματα και επομένως τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία θα υπάρχουν γύρω από τα καλώδια που κινούνται στους κινητήρες έλξης εναλλασσόμενου ή συνεχούς ρεύματος στο κάτω μέρος του οχήματος και στα καλώδια συνεχούς ρεύματος στην έξοδο από τη γεννήτρια (Generator) ή τον εναλλάκτη (Alternator). Ως εκ τούτου, η μοντελοποίηση επικεντρώθηκε σε αυτές τις πηγές, καθώς οι εκπομπές από τα άλλα καλώδια αναμένεται να είναι χαμηλές λόγω των χαμηλών φορτίων που εμπλέκονται.

Αυτό το σενάριο αφορά την καλωδίωση σε ηλεκτροκινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος συνδεδεμένους στο κάτω μέρος του οχήματος, οι οποίοι τροφοδοτούνται μέσω μετατροπέα έλξης από γεννήτρια ή εναλλάκτη που είναι συνδεδεμένος με τον κινητήρα ντίζελ. Τα καλώδια κινητήρων συνεχούς ρεύματος καλύπτονται και ξεκινούν απευθείας από τη γεννήτρια ή τον εναλλάκτη. Τα πεδία από τα καλώδια εναλλασσόμενου ρεύματος που κινούνται από τον εναλλάκτη στους κινητήρες είναι κάτω από τα όρια ηλεκτρομαγνητικών πεδίων σε όλες τις περιοχές που είναι προσβάσιμες στον οδηγό και περιορίζονται στα καλώδια. Δεν απαιτείται περαιτέρω αξιολόγηση εκτός από τους εργαζομένους που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο, όπως αναφέρθηκε και στην προηγούμενη περίπτωση.

Τροχαίο υλικό - ραδιοσυστήματα στην οροφή της αμαξοστοιχίας:

Το σενάριο αυτό αφορά τις κεραίες που συνήθως τοποθετούνται στην οροφή της αμαξοστοιχίας, όπως το GSM-R, Wi-Fi [82] κτλ.. Στο Ηνωμένο Βασίλειο, η μέγιστη ισοδύναμη ισότροπα ακτινοβολούσα ισχύς (EIRP) κεραίας που εγκαθίσταται σε οροφή αμαξοστοιχίας είναι 25 W ανά φέρουσα κεραία. Για τις κεραίες GSM-R αυτή η τιμή είναι 8 W. Δημιουργήθηκε ένα μοντέλο βασισμένο στις κεραίες που είναι τοποθετημένες σε ένα τρένο intercity/υψηλών ταχυτήτων το οποίο διαθέτει, επίσης, Wi-Fi για τους επιβάτες εντός των αμαξοστοιχιών. Τα αποτελέσματα μοντελοποίησης δείχνουν ότι το πεδίο εντός της αμαξοστοιχίας λόγω αυτών των πομπών είναι αρκετά κάτω από το χαμηλότερο όριο των 61 V/m, λόγω της χαμηλής ισχύος και της κατευθυντικότητας των πομπών, επομένως δεν απαιτείται περαιτέρω αξιολόγηση. Οι εργαζόμενοι που εργάζονται σε ύψος δίπλα στις κεραίες πρέπει να ακολουθούν τις οδηγίες λειτουργίας από τα εγχειρίδια του κατασκευαστή της κεραίας όσον αφορά τις αποκλεισμένες ζώνες, αλλά για εργασία που πραγματοποιείται σε ακτίνα 0,3 m από κεραία που εκπέμπει, απαιτείται αξιολόγηση κινδύνου και πρόσθετοι έλεγχοι.

Τροχαίο υλικό - συστήματα ραδιοεπικοινωνιών – κεραίες τοποθετημένες πλευρικά και στο κάτω μέρος του οχήματος:

Σε αυτό το σενάριο εξετάστηκαν όλοι οι πομποί ραδιοσυχνοτήτων που βρίσκονται πλευρικά/κάτω από την αμαξοστοιχία, όπως Doppler ραντάρ και ραδιοφάροι. Για εργασίες που εκτελούνται σε ακτίνα 0,3 m από κεραία που εκπέμπει, απαιτείται αξιολόγηση κινδύνου και πρόσθετοι έλεγχοι. Οι ραδιοφάροι που είναι τοποθετημένοι σε συστήματα ETCS εκπέμπουν σήμα στα 27.095MHz και πρέπει να απομονωθούν πριν αρχίσει η εργασία εντός 1 m από την κεραία. Οι κεραίες είναι τοποθετημένες στις κινητήριες μονάδες επί κεφαλής και στις ρυμουλκούμενες κινητήριες μονάδες κάθε οχήματος ή αμαξοστοιχίας και είναι ενεργές κάθε φορά που τροφοδοτείται η μπαταρία της αμαξοστοιχίας.

Υψηλά επίπεδα ηλεκτρικών πεδίων μπορούν να δημιουργηθούν από κεραιές που χρησιμοποιούνται για ραδιοεπικοινωνίες, συμπεριλαμβανομένων των ραδιοφάρων, συμπεριλαμβανομένων των πομποδεκτών Eurobalise

Τροχαίο υλικό - ηλεκτρικές μηχανές έλξης (H/A Ηλεκτράμαξες):

Οι ηλεκτρικές μηχανές έλξης δεν έχουν μελετηθεί αναλυτικά μέσω μοντελοποίησης, αλλά από τη εξέταση άλλων τύπων οχημάτων οι απαιτούμενες αποστάσεις διαχωρισμού από τους αγωγούς ισχύος είναι σε όλες τις περιπτώσεις κάτω από 100 mm (και κατ' ελάχιστο 90mm). Γενικά, οι εργαζόμενοι θα πρέπει να βρίσκονται σε πολύ κοντινή απόσταση από τα καλώδια μεταφοράς για να ξεπεραστούν τα χαμηλά AL.

10. ΑΛΛΕΣ ΈΡΕΥΝΕΣ ΣΧΕΤΙΚΕΣ ΜΕ ΗΜΠ ΣΤΟΝ ΣΙΔΗΡΟΔΡΟΜΟ

Στην βιβλιογραφία εμφανίζεται ένας περιορισμένος αριθμός μελετών για την επίδραση των ΗΜ πεδίων σε εργαζόμενους στον σιδηρόδρομο. Παρακάτω παρουσιάζεται μια συνοπτική ανασκόπηση αυτών των ερευνών.

A) Ηλεκτρομαγνητικά πεδία και λευχαιμία:

Προκειμένου να διερευνηθεί το ποσοστό θνησιμότητας από λευχαιμία μεταξύ των εργαζομένων στους ελβετικούς σιδηροδρόμους διεξήχθη μια μακροχρόνια έρευνα διάρκειας 31 ετών.

Αυτή η μεγάλης έκτασης μελέτη κοορτής περιλάμβανε 20.141 Ελβετούς εργαζόμενους στο σιδηρόδρομο με συνολικά 464.129 ανθρωποέτη παρακολούθησης και πραγματοποιήθηκε στο χρονικό διάστημα από το 1972 έως και το 2002 [83]. Μεταξύ άλλων, έγινε σύγκριση του ποσοστού θνησιμότητας από λευχαιμία των μηχανοδηγών και των σταθμαρχών. Το μέσο επίπεδο έκθεσης σε μαγνητικά πεδία ανερχόταν σε 21 μT και 1 μT για τους μηχανοδηγούς και τους σταθμάρχες αντίστοιχα. Τα ευρήματα της μελέτης κατέδειξαν υψηλότερο ποσοστό θνησιμότητας λόγω μυελογενούς λευχαιμίας για τους μηχανοδηγούς συγκριτικά με τους σταθμάρχες. Διαπιστώθηκε ότι οι εργαζόμενοι που είχαν εκτεθεί σε μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF) παρουσίαζαν υψηλό ποσοστό θνησιμότητας, έχοντας νοσήσει από λευχαιμία. Συνεπώς, τα ευρήματα της μελέτης δείχνουν την ύπαρξη ενός είδους συσχέτισης ανάμεσα στην μακροχρόνια έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και στο αυξημένο ποσοστό θνησιμότητας λόγω λευχαιμίας.

Συγκεκριμένα, βρέθηκαν ενδείξεις σύνδεσης της έκθεσης με την νοσηρότητα από μυελογενή λευχαιμία και νόσο Hodgkin, αλλά όχι για άλλες αιμοποιητικές και λεμφικές κακοήθειες ή όγκους του εγκεφάλου. Η συσχέτιση φθίνει με την πάροδο των ετών, καθώς τα ποσοστά θνησιμότητας από λευχαιμία μεταξύ των εκτεθειμένων μηχανοδηγών σε ELF και σταθμαρχών αυξάνονται από τις αρχές της δεκαετίας του 1990. Δεν ήταν δυνατόν να προσδιοριστεί μια εύλογη εξήγηση για την παρατήρηση αυτή και ως πιθανότερη εξήγηση θεωρείται η τυχαία μεταβλητότητα δεδομένων. Πρόσθετες αναλύσεις σε μερικά χρόνια ενδεχομένως να διευκρινίσουν αυτό το εύρημα. Προτείνεται, λοιπόν, η περαιτέρω διερεύνηση της πιθανότητας εμφάνισης καρκίνου στους εργαζομένους που είναι εκτεθειμένοι σε υψηλά επίπεδα μαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων.

Η μελέτη αυτή διερεύνησε, επιπλέον, τη σχέση μεταξύ έκθεσης σε μαγνητικό πεδίο εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF ΜΠ) και θνησιμότητας λόγω διαφόρων νευροεκφυλιστικών καταστάσεων [84]. Για κάθε άτομο, η σωρευτική έκθεση υπολογίστηκε από επιτόπιες μετρήσεις σε συνδυασμό με μοντελοποίηση της προηγούμενης έκθεσης σε ΗΜΠ. Συγκρίθηκε η θνησιμότητα μεταξύ των -ιδιαίτερα εκτεθειμένων- μηχανοδηγών τρένων (μέση έκθεση: 21μΤ) με λιγότερο εκτεθειμένες επαγγελματικές ομάδες σιδηροδρομικών (για παράδειγμα σταθμάρχες, με μέση έκθεση: 1 μΤ).

Αποτελέσματα:

Ο λόγος επικινδυνότητας για τους μηχανοδηγούς ήταν 1,96 [95% με διάστημα εμπιστοσύνης (CI) = 0,98-3,92] για γεροντική άνοια και αντίστοιχα 3,15 (95% με CI = 0,90-11,04) για τη νόσο Alzheimer. Για κάθε έτος συσσωρευμένης έκθεσης της τάξης των 10μΤ η θνησιμότητα λόγω γεροντικής άνοιας αυξήθηκε κατά 5,7% (95% CI = 1,3-10,4), κατά 9,4% λόγω της νόσου του Alzheimer (95% CI = 2,7-16,4) και λόγω της αμυοτροφική πλευρική σκλήρυνση (ALS) κατά 2,1% (95% CI = -6,8 έως 11,7). Δεν υπήρχαν στοιχεία για αύξηση της θνησιμότητας από τη νόσο του Πάρκινσον καθώς λόγω της σκλήρυνσης κατά πλάκας.

Συμπεράσματα:

Τα ευρήματα της μελέτης έδειξαν ότι υπάρχει συσχέτιση μεταξύ των αυξημένων ποσοστών θνησιμότητας από νευροεκφυλιστικές ασθένειες και της βαριάς/χρόνιας έκθεσης σε μαγνητικά πεδία. Συγκεκριμένα, οι μηχανοδηγοί που εκτέθηκαν περισσότερο σε μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF) βρέθηκαν να έχουν αυξημένα ποσοστά θνησιμότητας συγκριτικά με τους υπαλλήλους των σταθμών. Συνεπώς, η μελέτη καταλήγει ότι υπάρχει σύνδεση μεταξύ της έκθεσης σε ELF ΜΠ και της νόσου του Alzheimer και δείχνει επιπρόσθετα ότι τα ELF ΜΠ μπορεί να επιδράσουν σε μεταγενέστερα στάδια της νόσου.

Β) Στους Ιταλικούς σιδηροδρόμους:

Πραγματοποιήθηκε μια περιπτωσιολογική μελέτη εκτίμησης [85] της έκθεσης των εργαζομένων σε στατικά μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (ELF). Λήφθηκε μια πληθώρα μετρήσεων σε καμπίνες οδήγησης (με την ταυτόχρονη παρουσία δυο μηχανοδηγών) κατά τη διάρκεια κανονικών δρομολογίων σε αποστάσεις από μερικές δεκάδες έως και εκατοντάδες χιλιόμετρα. Μετρήσεις έγιναν, επίσης, και σε άλλους χώρους στους οποίους έχει δυνητικά πρόσβαση το προσωπικό. Το πρωτόκολλο λήψης τιμών βασίστηκε τόσο σε ευρυζωνικούς όσο και προσωπικούς μετρητές, για εκτίμηση της ατομικής έκθεσης. Οι έρευνα για στατικά και ELF ΜΠ συμπεριέλαβε επτά διαφορετικά είδη ηλεκτροκίνητου τροχαίου υλικού. Σε πέντε από τα σιδηροδρομικά οχήματα οι ηλεκτροκινητήρες έλξης ήταν εναλλασσομένου ρεύματος (AC), ενώ στα υπόλοιπα δύο το AC ρεύμα τροφοδοτούσε μόνο τις βοηθητικές λειτουργίες.

Αποτελέσματα:

Κατέληξαν ότι η μέση έκθεση στο στατικό ΜΠ ήταν λίγο μεγαλύτερη από το γεωμαγνητικό πεδίο υπόβαθρου. Περιστασιακά, σε κάποιες μετρήσεις ορισμένων περιοχών του εργασιακού χώρου η ένταση του ΜΠ έφτανε σε επίπεδα της τάξης των mT (millitesla). Όμως, η μέση έκθεση σε ELF μαγνητικά πεδία ήταν της τάξης των 1 έως 2μT. Μόνο σε ένα είδος τροχαίου υλικού παρατηρήθηκαν υψηλότερα επίπεδα (λίγες δεκάδες micro Tesla). Επίσης, σε σημεία μετρήσεων που βρίσκονταν κοντά σε καλωδιώσεις ή συγκεκριμένο εξοπλισμό οι τιμές έφταναν σε επίπεδο αρκετών δεκάδων micro Tesla.

Γ) Μελέτη στον Σουηδικό σιδηρόδρομο:

Μεταξύ των ετών 1961 και 1979 η B. Floderus και συν. (αναθεώρηση του 1994) [86,87] αναφέρουν αύξηση του κινδύνου χρόνιας λεμφοκυτταρικής λευχαιμίας καθώς και άλλων τύπων καρκίνων μεταξύ των Σουηδών εργαζομένων επί των αμαξοστοιχιών που εκτέθηκαν σε ΗΜΠ εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας (16,6 Hz). Οι τιμές έντασης που μετρήθηκαν κυμαίνονταν από 0,58 έως 4,03 μT. Επιπλέον, στα συμπεράσματα της μελέτης επισημαίνεται η επιρροή των ELF ΜΠ στα ορμονοεξαρτώμενα ανθρώπινα όργανα.

Δ) Φινλανδικός Σιδηρόδρομος:

Τέλος, έγινε έρευνα από τους Hietanen και συν. (2015) [88] στις σιδηροδρομικές μεταφορές της Φινλανδίας που λειτουργούν με τάση τροφοδοσίας εναλλασσομένου ρεύματος συχνότητας 50Hz. Αναφέρθηκε ότι μετρήσεις ΗΜΠ που έγιναν στους θαλάμους οδήγησης αμαξοστοιχιών έδειξαν πως οι τιμές του μαγνητικού πεδίου ποικίλουν από 3μT έως 14μT.

Ενώ οι μέγιστες τιμές που καταγράφηκαν εντοπίστηκαν στους εσωτερικούς διαδρόμους των Ηλεκτρικών μηχανών έλξης φθάνοντας μέχρι και τα 260μΤ.

11. Το ζήτημα της αβεβαιότητας των μετρήσεων

Όλες οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί υπόκεινται σε αβεβαιότητες οι οποίες θα πρέπει πάντοτε να ποσοτικοποιούνται και να λαμβάνονται υπόψη κατά την ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Η προσέγγιση για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας ποικίλλει ανάλογα με την εθνική νομοθεσία και πρακτική. Συχνά απαιτείται γι' αυτόν τον λόγο εφαρμογή της προσέγγισης «κατανομής κινδύνου». Μερικές αρχές ωστόσο ίσως να απαιτήσουν χρήση της προσθετικής προσέγγισης.

Οι μετρήσεις και οι υπολογισμοί στοχεύουν στον προσδιορισμό της «πραγματικής τιμής» του μεγέθους υπό διερεύνηση, και τυχόν αποκλίσεις οφείλονται σε αβεβαιότητα. Η έννοια της αβεβαιότητας αναδεικνύει το γεγονός ότι δεν είναι δυνατόν να μετρηθεί κάποιο φυσικό μέγεθος με απόλυτη ακρίβεια. Η αβεβαιότητα για μια μέθοδο μέτρησης προκύπτει κατά κανόνα από συνδυασμό παραγόντων που σχετίζονται με την απόδοση των οργάνων μέτρησης και τυχαίων σφαλμάτων που πιθανώς να προκύψουν από τον τρόπο που γίνεται η μέτρηση [89].

Ως αποτέλεσμα των παραπάνω οι ενδείξεις που λαμβάνονται από τα μετρητικά όργανα ερμηνεύονται εντός μιας περιοχής με όρια καθορισμένα από τριών ειδών αβεβαιότητες.

Η αβεβαιότητα τύπου Α είναι η στατιστική διακύμανση του μετρούμενου μεγέθους και αντιμετωπίζεται με την επανάληψη των μετρήσεων στις ίδιες συνθήκες.

Η αβεβαιότητα τύπου Β είναι ο συνδυασμός της αβεβαιότητας του εξοπλισμού μετρήσεων, της μετρητικής προσέγγισης και των περιβαλλοντικών συνθηκών. Για παράδειγμα, περιπτώσεις αβεβαιότητας τύπου Β είναι, η απόκριση συχνότητας, η γραμμικότητα και η ισοτροπικότητα της κεραίας, η αβεβαιότητα λόγω των καλωδίων, οι συνδέσεις και η διάταξη ανάγνωσης των αποτελεσμάτων, η επίδραση εξωτερικών αντικειμένων, η υγρασία, η θερμοκρασία και η φθορά του εξοπλισμού (Karabetsos 2005, Ztoupis 2013, Überbacher 2006, Stratakis 2009) [90,91,92,93]. Η αβεβαιότητα Β τύπου αποτελεί τη σημαντικότερη πηγή αβεβαιότητας και πληροφορίες για αυτή βρίσκονται μέσω των πιστοποιητικών διακρίβωσης, τα εγχειρίδια του εξοπλισμού και από τη σχετική βιβλιογραφία.

Τέλος, υπάρχει και η αβεβαιότητα που προκύπτει όταν το μετρούμενο μέγεθος είναι συνάρτηση άλλων μεγεθών.

Χρειάζεται να γίνεται εντοπισμός των πηγών της αβεβαιότητας, να καταγράφεται το ποσοστό της επιρροής τους και να διαπιστώνεται ότι η επιρροή αυτή είναι εντός κάποιων αποδεκτών ορίων. Διεθνή πρότυπα όπως ο οδηγός ISO/IEC 98-3:2008 [94] αποτελούν κατάλληλη πηγή πρακτικών συμβουλών για τη μέτρηση της αβεβαιότητας. Επιπλέον, η CENELEC (και άλλοι φορείς τυποποίησης) έχουν δημοσιεύσει πρότυπα που περιγράφουν διάφορες επιλογές βέλτιστων πρακτικών για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας κατά τη σύγκριση ποσοτήτων έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία με τις οριακές τιμές.

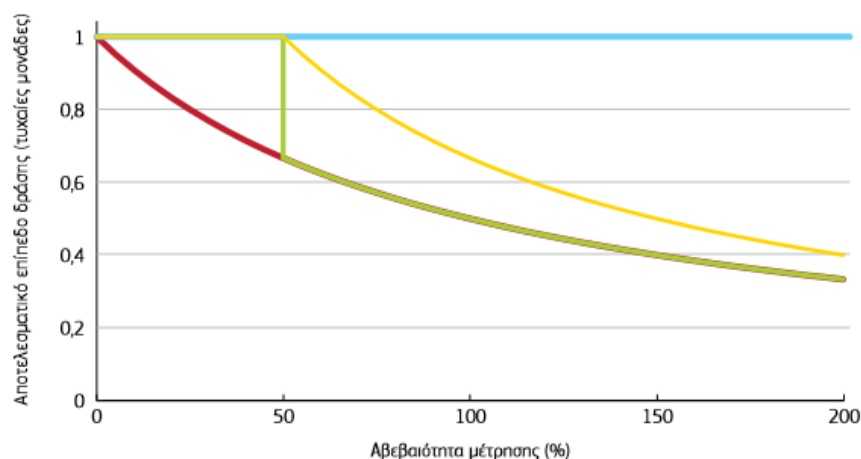
Υπό ιδανικές συνθήκες, η συνολική αβεβαιότητα είναι μικρή όσον αφορά τη διαφορά μεταξύ μετρούμενης ή/και υπολογιζόμενης τιμής και του AL ή της ELV. Σε περίπτωση πολύ μεγάλης αβεβαιότητας, είναι επιθυμητή η επανάληψη της αξιολόγησης με χρήση ακριβέστερων μεθόδων ή/και οργάνων που μειώνουν την αβεβαιότητα. Υπάρχουν κυρίως δύο γενικές προσεγγίσεις για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας στις αξιολογήσεις συμμόρφωσης, η καθεμία με αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα:

Η πρώτη προσέγγιση είναι αυτή της άμεσης σύγκρισης ή της «κατανομής κινδύνου», όπου συγκρίνεται άμεσα η μετρημένη ή υπολογισμένη τιμή με τα AL ή τις ELV.

Η δεύτερη είναι η προσθετική προσέγγιση, όπου η αβεβαιότητα προστίθεται στη μετρημένη ή την υπολογισμένη τιμή πριν από τη σύγκριση με το αντίστοιχο AL ή την ELV. Και οι δύο προσεγγίσεις συνεπάγονται προσεκτική εκτίμηση της αβεβαιότητας, η δεύτερη όμως θεωρείται από τη φύση της πιο αξιόπιστη διαδικασία. Η επίδραση των διαφορετικών προσεγγίσεων φαίνεται στο σχήμα 18.

Παρατηρούμε τη σύγκριση διαφορετικών προσεγγίσεων για την αντιμετώπιση της αβεβαιότητας. Η μπλε γραμμή αντιπροσωπεύει τις επιπτώσεις όταν η αβεβαιότητα δεν λαμβάνεται υπόψη.

- Η κόκκινη γραμμή δείχνει το αποτέλεσμα έπειτα από εφαρμογή της προσθετικής προσέγγισης.
- Η πράσινη γραμμή είναι ένα παράδειγμα εφαρμογής της «κατανομής κινδύνου» (όπου γίνεται άμεση σύγκριση της μετρημένης τιμής, με την εφόσον η αβεβαιότητα δεν φτάνει το 50 %).
- Τέλος, η κίτρινη γραμμή δείχνει μια εναλλακτική προσέγγιση της «κατανομής κινδύνου» (από τη στιγμή όμως που η αβεβαιότητα ξεπερνά το 50 %, εφαρμόζεται η προσθετική προσέγγιση).



Σχήμα 18.

Αβεβαιότητες όσον αφορά τις μετρήσεις.

Γενικά, οι ποσοτικές εκτιμήσεις της αβεβαιότητας γίνονται με δύο τρόπους. Μπορεί να εφαρμόζεται στατιστική αξιολόγηση επαναλαμβανόμενων μετρήσεων (γνωστή ως αξιολόγηση τύπου Α) ή να χρησιμοποιούνται διάφορες άλλες πληροφορίες, όπως παρελθοντικές εμπειρίες, πιστοποιητικά βαθμονόμησης, προδιαγραφές του κατασκευαστή, δημοσιευμένες πληροφορίες, υπολογισμοί, και η κοινή λογική (γνωστή ως αξιολόγηση τύπου Β). Μόλις εντοπιστούν όλες οι μεμονωμένες πηγές σφάλματος και προσδιοριστεί η αντίστοιχη ποσότητα αβεβαιότητας, μπορεί να υπολογιστεί το σωρευτικό αποτέλεσμα με εφαρμογή συγκεκριμένων κανόνων που καθορίζουν τη «διάδοση αβεβαιότητας». Αυτό θα επιτρέψει την εκτίμηση της συνολικής αβεβαιότητας για κάθε μέτρηση, που αποκαλείται «διάστημα εμπιστοσύνης».

Ωστόσο, υπάρχουν καλές πρακτικές, όπως η χρήση οργάνων που συνεπάγονται μικρή αβεβαιότητα μέτρησης, εξασφαλίζονται ότι πραγματοποιούνται ιχνηλάσιμες βαθμονομήσεις/διακριβώσεις για τα όργανα μέτρησης (συνεπώς, μειώνεται το συστηματικό σφάλμα). Για τον περιορισμό του τυχαίου σφάλματος, μπορούν να εφαρμόζονται καλές τεχνικές μέτρησης, π.χ. μετρήσεις για τον καθορισμό της μέσης τιμής κατά τη διάρκεια αξιολογήσεων. Όταν εφαρμόζεται το επιτρεπόμενο εύρος αβεβαιότητας, απαιτείται μέριμνα ώστε να εξασφαλίζεται ότι η έκθεση του εργαζομένου δεν υπερβαίνει τα AL ή τις ELV που ορίζονται στην οδηγία.

Για τους υπολογισμούς εσωτερικής ή εξωτερικής έκθεσης, ενδέχεται να υπάρχουν πολυάριθμες πηγές αριθμητικού σφάλματος όταν τα μοντέλα δεν εγκαθίστανται σωστά.

Γι' αυτό, είναι σημαντικό να εξετάζεται η αβεβαιότητα που σχετίζεται με τη δοσιμετρία. Υπάρχει ένα σύνολο από πρακτικές για τον μετριάσμό των ανακρίβειών στον υπολογισμό των ποσοτήτων αναφοράς.

Μεταξύ άλλων προτείνονται:

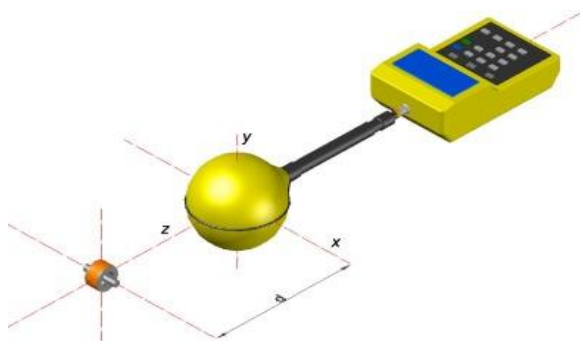
- συγκρίσεις αποτελεσμάτων με άλλα που έχουν ληφθεί με διαφορετικές αριθμητικές μεθόδους (για την ίδια περίπτωση έκθεσης σε ΗΜΠ).
- συγκρίσεις αποτελεσμάτων από διαφορετικούς οργανισμούς (διεργαστηριακές συγκρίσεις). Οι συγκρίσεις με άλλα δημοσιευμένα στοιχεία για τον προσδιορισμό της ίδιας ή παρεμφερούς έκθεσης σε ΗΜΠ παρέχει βάση για εμπιστοσύνη στην εγκυρότητα των μετρήσεων που προέκυψαν.

12. ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ

Για την μέτρηση της μαγνητικής ροής B χρησιμοποιήθηκε κατάλληλα διακριβωμένο όργανο. Συγκεκριμένα οι μετρήσεις λήφθηκαν με το EFA-300 της NARDA με την προσθήκη του αντίστοιχου probe (Εικόνα 10):



Το όργανο έχει τη δυνατότητα καταγραφής της έκθεσης στη μαγνητική ροή ταυτόχρονα και στους τρεις άξονες (Εικόνα 11).



Εικόνα 11. (Πηγή NARDA)

Το όργανο αυτό θεωρήθηκε κατάλληλο καθώς χρησιμοποιείται και από την Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας στο τμήμα μη ιοντίζουσων ακτινοβολιών για μετρήσεις ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων. Υπενθυμίζουμε ότι το σύστημα ηλεκτρικής τροφοδοσίας των αμαξοστοιχιών στην Ελλάδα έχει τάση 25kV στη συχνότητα των 50Hz. Πραγματοποιήθηκαν για λόγους συνέπειας και ακρίβειας ένας ικανός αριθμός διαφορετικών μετρήσεων.

Συγκεκριμένα σε 2 δρομολόγια Αθήνα-Θεσσαλονίκη και σε διαδρομές του προαστιακού σιδηροδρόμου στο τμήμα Αεροδρόμιο-Πειραιάς, Αθήνα-Χαλκίδα και Κιάτο-Πειραιάς. Δεν παρατηρήθηκαν διαφοροποιήσεις στις τιμές μέτρησης της Μαγνητικής ροής. Παρακάτω παρουσιάζονται οι καταγραφές από δυο χαρακτηριστικές διαδρομές που έγιναν με αίθριο καιρό, με την μέτρηση να αρχίζει μεσημεριανές ώρες 12:15 και 12:44 αντίστοιχα. Η απομάστευση των δεδομένων των μετρήσεων έγινε με το λογισμικό (EFA-TS) που συνοδεύει το όργανο και η επεξεργασία τους με τη βοήθεια του Microsoft Excel.

A) Στην Η/Α Siemens Hellas Sprinter:

Στο δρομολόγιο της αμαξοστοιχίας Intercity 55 με επικεφαλής την Ηλεκτρική μηχανή έλξης υπ' αριθμόν 120-030 πραγματοποιήθηκε μέτρηση του ΜΠ εντός του θαλάμου οδήγησης (Εικόνα 12). Το όργανο μέτρησης προγραμματίστηκε να λαμβάνει μια μέτρηση ανά 1 λεπτό της ώρας. Η διαδρομή Θεσσαλονίκη-Αθήνα διαρκεί 4 ώρες και 9 πρώτα λεπτά. Στο δρομολόγιο λήφθηκαν συνολικά 249 τιμές. Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται οι πρώτες 73 τιμές που αναφέρονται στο τμήμα γραμμής από Θεσσαλονίκη έως τον σιδηροδρομικό σταθμό του Ευαγγελισμού. Οι τιμές στο σύνολο της διαδρομής επαναλαμβάνονται σε γενικές γραμμές στο ίδιο μοτίβο.

Συνεπώς, χάριν συντομίας οι 73 αυτές μετρήσεις που παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα αποτελούν ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα. Το συνολικό βάρος της αμαξοστοιχίας ανέρχεται, της μηχανής έλξης συμπεριλαμβανομένης, στους 407 τόνους περίπου.



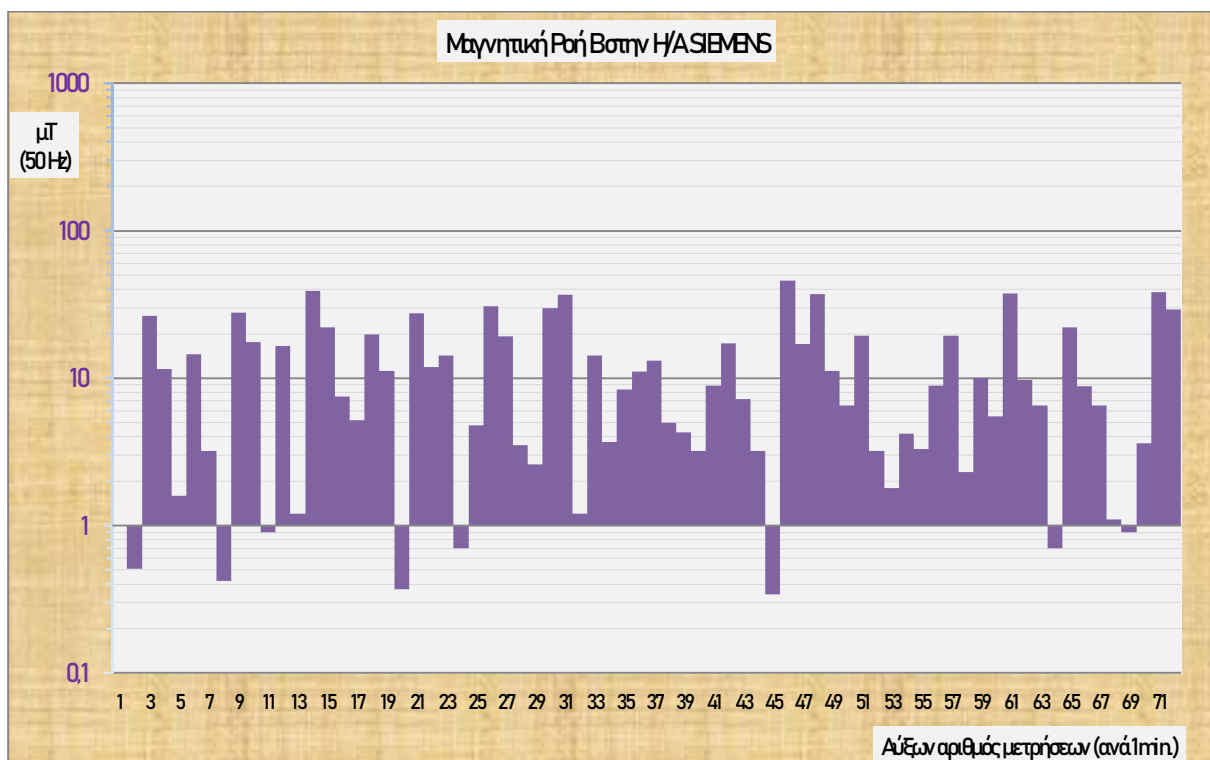
Εικόνα 12.

Σε βαρύτερες συνθέσεις αμαξοστοιχιών (με βάρος 630 τόνων περίπου) οι ηλεκτροκινητήρες για να ανταπεξέλθουν, προφανώς, αποδίδουν μεγαλύτερη ισχύ, περισσότερα κιλονίουν (kN), οπότε και θα δημιουργούνται μεγαλύτερες εντάσεις ΜΠ.

Στις θέσεις του μηχανοδηγού καθώς και του βοηθού μηχανοδηγού μετρήθηκαν τιμές ΜΠ που κυμαίνονταν μεταξύ 0,34 και 45,9μT (Πίνακας 19). Οι τιμές μεταβάλλονταν ανάλογα με τη φάση λειτουργίας του τροχαίου υλικού (επιτάχυνση, επιβράδυνση ή σταθερή ταχύτητα) όμως δεν παρατηρήθηκε υπέρβαση των ορίων έκθεσης. Σημαντικά μικρότερες τιμές μετρήθηκαν κατά τη λειτουργία σταθερής ταχύτητας, με τις μέγιστες τιμές να καταγράφονται κατά τη φάση της επιτάχυνσης. [95]. Το ΜΠ μέχρι περίπου 5 μT που ανιχνεύθηκε στο πάτωμα του θαλάμου οδήγησης, οφείλεται, λογικά, στις εκεί τοποθετημένες καλωδιώσεις και την συνδεσμολογία των Ηλεκτροκινητήρων έλξης.

Στο χώρο του μηχανοστασίου μετρήθηκαν τιμές ΜΠ της τάξης των 350μT κατά τη φάση της επιτάχυνσης της μηχανής όμως οι τιμές αυτές καταγράφηκαν για συχνότητα 110Hz (Συχνότητα λειτουργίας εξαρτημάτων της μηχανής).

Πίνακας 19: παρουσιάζονται αθροιστικά οι τιμές της μαγνητικής ροής B, για τις διάφορες φάσεις λειτουργίας της Η/Α (επικεφαλής μηχανή έλξης στη σύνθεση της αμαξοστοιχίας Intercity 55). *Αποτελέσματα στη θέση του Β' μηχανοδηγού: 0,34 έως 45,9μT.* [Η μέγιστη τιμή των 1000μT στη λογαριθμική κλίμακα του κάθετου άξονα αντιπροσωπεύει τη χαμηλή τιμή AL (μαγνητικής ροής B) επαγγελματικής έκθεσης].



B) Στην Ηλεκτρική Αυτοκινητάμαξα Siemens Desiro:

Έπειτα, λήφθηκαν μετρήσεις στον θάλαμο οδήγησης της ηλεκτρικής αυτοκινητάμαξας Siemens Desiro υπ' αριθμόν 460-102-202 (Εικόνα 13). Η μέτρηση έγινε κατά την διάρκεια ενός προαστιακού δρομολογίου από τον σταθμό του Πειραιά έως τον σταθμό του Αεροδρομίου, διάρκειας 63 λεπτών της ώρας. Το όργανο μέτρησης ρυθμίστηκε ξανά στο να λαμβάνει μία μέτρηση ανά λεπτό. Προέκυψαν, συνεπώς, 63 τιμές.

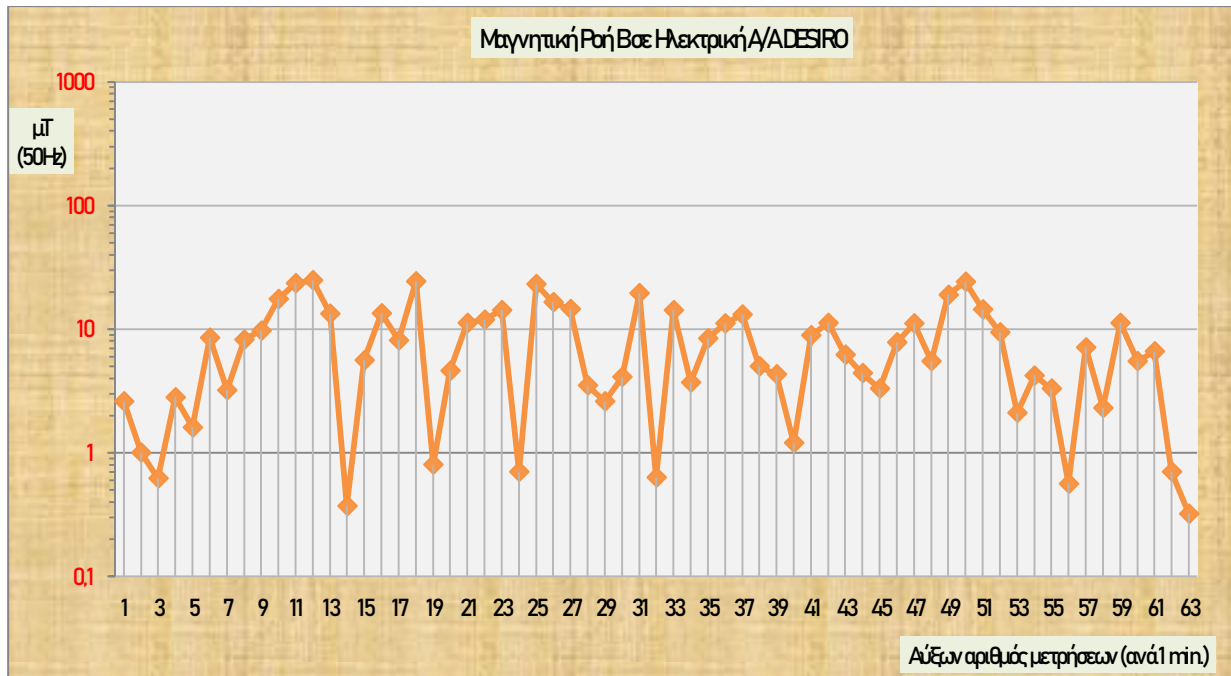


Εικόνα 13.

Οι τιμές μεταβάλλονταν αναλόγως της κατάστασης λειτουργίας του τροχαίο υλικού (επιτάχυνση, επιβράδυνση, σταθερή ταχύτητα, στάση). Οι μέγιστες τιμές καταγράφηκαν κατά τη φάση της επιτάχυνσης. Παράλληλα, σχετικά υψηλές τιμές καταγράφηκαν και κατά τη φάση της ηλεκτρικής πέδης του συρμού (17,5μΤ). Ενώ οι χαμηλότερες τιμές μετρήθηκαν κατά την στάση της αμαξοστοιχίας.

Τέλος, στο χώρο των επιβατών και συγκεκριμένα στις θέσεις ακριβώς κάτω από τον παντογράφο (τη συσκευή που κάνει τη ρευματοληψία των 25kV) μετρήθηκε η μέγιστη τιμή μαγνητικής ροής B στην A/A: 51,2μΤ.

Πίνακας 20: Παρουσιάζονται αθροιστικά οι τιμές της μαγνητικής ροής B, για τις διάφορες φάσεις λειτουργίας της A/A. Κυμαίνονταν από 0.32 έως 24,8μT. [Η μέγιστη τιμή των 1000μT στη λογαριθμική κλίμακα του κάθετου άξονα αντιπροσωπεύει τη χαμηλή τιμή AL (μαγνητικής ροής B) επαγγελματικής έκθεσης]



Μία καλή πρακτική για τη μείωση της αβεβαιότητας μιας μέτρησης αποτελεί η σύγκριση με άλλα δημοσιευμένα στοιχεία για τον προσδιορισμό της ίδιας ή παρεμφερούς έκθεσης. Εν προκειμένω, η αξιοπιστία των μετρήσεων της εργασίας ενισχύεται από το γεγονός ότι οι τιμές που μετρήθηκαν είναι άμεσα συγκρίσιμες με τις τιμές δυο αντίστοιχων ερευνών σε Η/Α μηχανές έλξης στην Ελλάδα [95] και ηλεκτρικές A/A στη Φινλανδία [88].

Με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το περιθώριο σφάλματος στις μετρήσεις μαγνητικής ροής χαμηλών συχνοτήτων που πραγματοποιήθηκαν στην Ηλεκτρική Αυτοκινητάμαξα Desiro υπολογίστηκε σε 5,5% (με πλήθος μετρήσεων 314). Το περιθώριο σφάλματος για την Ηλεκτρική μηχανή έλξης Hellas Sprinter υπολογίστηκε στο 4,4% (με πλήθος μετρήσεων 498).

13. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Γενικότερα, η σκόπευση τόσο των εργαζομένων, όσο και εργοδοτών, πρέπει να είναι οι εξασφάλιση ποιοτικών συνθηκών εργασίας με την δημιουργία κυρίως ασφαλέστερων και υγειονομικά προστατευμένων εργασιακών χώρων. Τα οφέλη από κάτι τέτοιο είναι πολλαπλά: Αυξημένη απόδοση των εργαζομένων -με αποτέλεσμα που αντανακλάται στο τελικό προϊόν των επιχειρήσεων-, λιγότερα προβλήματα υγείας, επομένως, μειωμένος απουσιασμός από την εργασία και μειωμένος αριθμός εργατικών ατυχημάτων.

Η εξασφάλιση ενός υγιεινού και ασφαλούς χώρου εργασίας σημαίνει ότι πρέπει όλοι οι πιθανοί κίνδυνοι να λαμβάνονται υπόψη και να αντιμετωπίζονται αποτελεσματικά. Τόσο οι εργαζόμενοι όσο και οι εργοδότες έχουν μια πλήρη εργαλειοθήκη προκειμένου να διαμορφώσουν ένα περιβάλλον αυξημένη ασφάλεια. Κατάλληλες κατευθυντήριες γραμμές παρέχονται από διεθνής Οργανισμούς και Επιτροπές (AGNIR, CENELEC, ICNIRP, OSHA, SCENIHR, WHO κλπ).

Ένας σημαντικός και «αόρατος» κίνδυνος που κάνει όλο και πιο πολύ έντονη την παρουσία του στους εργασιακούς χώρους τις τελευταίες δεκαετίες είναι η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία. Με την εισαγωγή ολοένα και περισσότερων αυτοματοποιημένων διαδικασιών στην βιομηχανική παραγωγή η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία έγινε «αναπόσπαστο κομμάτι» των εργασιακών χώρων.

Η ΗΜ ακτινοβολία «πηγάξει» κατά κύριο λόγο από τα εργαλεία/μηχανήματα που λειτουργούν με ηλεκτρισμό. Εμφανίζεται σε ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων με τις επιδράσεις στην ανθρώπινη υγεία να είναι -μεταξύ άλλων- συνάρτηση και της συχνότητας λειτουργίας της πηγής της. Οι παράγοντες που καθορίζουν την μεμονωμένη έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία στον εργασιακό χώρο είναι τρεις: α) η ισχύς των πηγών ηλεκτρικού ή μαγνητικού πεδίου, β) η απόσταση από τις πηγές και γ) ο χρόνος έκθεσης στα πεδία. Έχουν αναφερθεί βιολογικές επιδράσεις λόγω έκθεσης σε μαγνητικά και ηλεκτρικά πεδία χρονικά μεταβαλλόμενα, στατικά αλλά και εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας.

Παράλληλα με τη βιομηχανία συντελέστηκε και στις σιδηροδρομικές μεταφορές η μετάβαση από την εποχή του ατμού ως μέσο παραγωγής έλξης στην εποχή του πετρελαίου, έπειτα στον συνδυασμό των ντήζελ με ηλεκτρικούς κινητήρες και τελικά, σήμερα πια, σε χρήση αμιγώς ηλεκτρικών μηχανών για την κίνηση των αμαξοστοιχιών. Δημιουργήθηκαν, λοιπόν, βάσιμα ερωτήματα κατά πόσο η μετάβαση στην ηλεκτροκίνηση των τραίνων και τα ΗΜΠ που προκύπτουν έχουν επίδραση στην υγεία των σιδηροδρομικών. Ειδικότερα ασχολούμαστε με τον κλάδο των μηχανοδηγών που βρίσκονται εκ των πραγμάτων πιο κοντά στις πηγές των πεδίων, το σύστημα τροφοδοσίας των μηχανών έλξης και τους

ηλεκτροκινητήρες. Προσπαθούμε να εντοπίσουμε στοιχεία αλληλεπίδρασης των ΗΜΠ με βιοφυσικούς μηχανισμούς του ανθρωπίνου σώματος

Προκειμένου να εξεταστεί το κατά πόσο υφίστανται κίνδυνοι, αρχικά, παρατέθηκαν στοιχεία της έκθεσης του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας σχετικά με τα ΗΜΠ. Ο ΠΟΥ από την τεράστια βάση δεδομένων που διαθέτει κάνει μια ανασκόπηση των μέχρι σήμερα ερευνών και μελετών (in vivo και in vitro) προκειμένου να καταλήξει αν υπάρχουν βάσιμοι λόγοι ανησυχίας.

Μελετώνται οι πιθανές επιδράσεις σε ένα φάσμα κατηγοριών σχετικών με την ανθρώπινη υγεία. Έτσι, παρατίθενται μελέτες και συμπεράσματα που αφορούν α) τη Νευροσυμπεριφορά, β) το Νευροενδοκρινές σύστημα, γ) τις Νευροεκφυλιστικές διαταραχές, δ) τα συστήματα του Ανοσοποιητικού και του Αιμοποιητικού, ε) τις Καρδιαγγειακές διαταραχές, στ) την παραγωγή Ελεύθερων Ριζών, ζ) την ανθρώπινη Αναπαραγωγή και Εμβρυική ανάπτυξη η) τις Οξείες Βιολογικές επιδράσεις, θ) τις In Vitro μελέτες, ι) τις Χρόνιες επιδράσεις και τέλος κ) τον Καρκίνο.

Για τις Οξείες βιολογικές επιδράσεις ο ΠΟΥ συστήνει την αυστηρή συμμόρφωση με τις διεθνείς κατευθυντήριες γραμμές. Για τις επιδράσεις στην νευροσυμπεριφορά, την αναπαραγωγή, την εμβρυϊκή ανάπτυξη και την δημιουργία ελευθέρων ριζών στο σώμα, συστήνεται να γίνουν περισσότερες επιδημιολογικές μελέτες ενώ τονίζεται η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα με προοπτικές μελέτες κοορτής για πιθανές χρόνιες επιδράσεις. Προτείνεται ακόμα η εξειδικευμένη δοσιμετρική μοντελοποίηση του ανθρωπίνου σώματος προκειμένου να καταλήξουμε σε ασφαλή συμπεράσματα.

Για την περίπτωση της κατάταξης των ΜΠ εξαιρετικά χαμηλών συχνοτήτων από τον IARC ως «πιθανώς καρκινογόνα», ο ΠΟΥ συστήνει την επικαιροποίηση των υπάρχουσών συγκεντρωτικών αναλύσεων με την προσθήκη δεδομένων από πρόσφατες μελέτες και με την εισαγωγή νέων στοιχείων στην ανάλυση. Ειδική αναφορά γίνεται στη συσχέτιση των ΗΜΠ με την παιδική λευχαιμία.

Για τις νευροεκφυλιστικές ασθένειες, τις καρδιαγγειακές διαταραχές και συστήματα όπως το ενδοκρινές, το αιμοποιητικό, το ανοσοποιητικό, ο ΠΟΥ υποστηρίζει ότι με τα μέχρι σήμερα δεδομένα δεν τεκμηριώνεται γενικότερα η σχέση ΗΜΠ και επιδράσεων στην υγεία καθώς τα στοιχεία που έχουν αναφερθεί θεωρούνται ανεπαρκή. Επιπλέον, η έκθεση του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας συστήνει τη λήψη κατάλληλων προστατευτικών μέτρων όπου αυτό κρίνεται απαραίτητο. Τέλος, προτείνεται στους κυβερνητικούς και κοινωνικούς φορείς να υλοποιήσουν μια ανοιχτή επικοινωνιακή στρατηγική, βάση της οποίας θα επιτυγχάνεται η ενημέρωση των ενδιαφερόμενων μερών που λαμβάνουν τις αποφάσεις, ενώ παράλληλα, πρέπει να χρηματοδοτήσουν ερευνητικά προγράμματα ώστε να

ελαχιστοποιηθεί η αβεβαιότητα των επιστημονικών στοιχείων σχετικά με τις επιπτώσεις των ELF πεδίων στην υγεία.

Παρόμοια με το WHO και ο SCENHIR (Scientific Committee of Emerging and Newly Identified Health Risks) λειτουργώντας ως ανεξάρτητη αρχή ελέγχει ένα σύνολο από εκατοντάδες επιστημονικές έρευνες και ανακοινώσεις. Αυτές περιλαμβάνουν επιδημιολογικές μελέτες, μελέτες *in vivo* (κυρίως σε πειραματόζωα) καθώς και *in vitro* κυτταρικές μελέτες. Έπειτα, συλλέγει εξειδικευμένες πληροφορίες και προωθεί τα συμπεράσματα στα οποία καταλήγει ως προτάσεις στην Ευρωπαϊκή Επιτροπή προκειμένου να χαράσσονται οι κατάλληλες πολιτικές για την αντιμετώπιση των υγειονομικών κινδύνων. Η επιτροπή SCENHIR καταλήγει στην ανάγκη δημιουργίας συγκεκριμένων επιστημονικών πρωτόκολλων, τα οποία να ορίζουν ξεκάθαρους στόχους και επακριβώς οριοθετημένα στοιχεία έκθεσης.

Η ραχοκοκαλιά της παρούσας έρευνας είναι η Ευρωπαϊκή Οδηγία 2013/35/ΕΕ και οι μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Επισημαίνεται, όμως, ότι οι μετρήσεις αξιολογήθηκαν υπό το πρίσμα των ορίων όπως καθορίζονται από την οδηγία της ΕΕ.

Η οδηγία αυτή εντάχθηκε στην ελληνική νομοθεσία με την έκδοση του ΦΕΚ Α΄ 203/26.10.2016. Επιπλέον, η ύπαρξη της αποτέλεσε αφενός αφορμή για τη πραγματοποίηση της παρούσας έρευνας και αφετέρου το σημείο αναφοράς των μετρήσεων που έγιναν στο πλαίσιο της μελέτης. Η οδηγία καλύπτει ένα μεγάλο φάσμα συχνοτήτων ακτινοβολίας και εργασιακών δραστηριοτήτων, για χάριν συντομίας θα αναφερθούμε στα κύρια σημεία της.

Καταρχήν, παρέχεται μια εργαλειαθήκη και μια διαδικτυακή πλατφόρμα στους εργοδότες, όπως επίσης και πληροφορίες στους εργαζόμενους για τον προσδιορισμό των κινδύνων από τα ΗΜΠ στην εργασία. Προτείνεται στους εργοδότες να διενεργείται μια πρώτη εκτίμηση των κινδύνων για την υγεία των εργαζομένων από την ύπαρξη ΗΜΠ. Το αποτέλεσμα της εκτίμησης θα καθορίσει το αν απαιτείται ή όχι η ανάληψη περαιτέρω ενεργειών, δυνάμει της οδηγίας. Δίνεται πληθώρα πληροφοριών, σχημάτων και πινάκων που οδηγούν με απλό και κατανοητό τρόπο στο αν πρέπει να ληφθούν μέτρα και πως αυτά εξειδικεύονται.

Σε γενικές γραμμές η οδηγία καθορίζει τις ελάχιστες απαιτήσεις ασφάλειας για την έκθεση των εργαζομένων σε κινδύνους που οφείλονται στα ΗΜ πεδία. Εξετάζονται οι άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις των ΗΜΠ στον ανθρώπινο οργανισμό. Υπάρχουν ειδικές απαιτήσεις από τους εργοδότες ώστε να μεριμνούν για τους εργαζόμενους που είναι πιθανό να διατρέχουν αυξημένο κίνδυνο, Συγκεκριμένα, για εργαζόμενους που φέρουν ενεργά ή παθητικά ιατρικά εμφυτεύματα/βοηθήματα (πχ

καρδιακούς βηματοδότες) ή εργαζομένων που χρησιμοποιούν σωματικώς φερόμενες ιατρικές συσκευές (όπως αντλίες ινσουλίνης), καθώς και των εγκύων. Πρέπει να υπάρχει πρόβλεψη για προστασία από παρεμβολές στη κανονική λειτουργία των εν λόγω εμφυτευμάτων/βοηθημάτων/συσκευών.

Έπειτα εισάγονται οι έννοιες: Επίπεδο Δράσης (AL), όταν είναι απαραίτητο να ληφθούν μέτρα και Οριακή Τιμή Έκθεσης (ELV), κάτω από την οποία θεωρείται πως η υγεία των εργαζομένων δεν βρίσκεται σε κίνδυνο. Ενώ περιγράφονται και περιπτώσεις παρεκκλίσεων, όπως για παράδειγμα για στρατιωτικούς λόγους. Επισημαίνεται το γεγονός ότι αναλόγως της συχνότητας, η έκθεση σε ΗΜ πεδία μπορεί να συνεπάγεται διαφορετικές επιπτώσεις. Και τελικά καθορίζονται οι τιμές των ορίων τόσο για τα μετρούμενα εξωτερικά πεδία όσο και για τα εσωτερικά πεδία που μοντελοποιούνται μέσω αριθμητικών προσομοιώσεων και ουσιαστικά καθορίζουν τις ELV τιμές.

Στην οδηγία περιγράφονται οι απαιτήσεις όσον αφορά τα όργανα μετρήσεων. Γίνεται, επίσης, αναφορά στο ζήτημα της αβεβαιότητας των πειραματικών μετρήσεων. Δίνονται προτάσεις καλών πρακτικών για τον προσδιορισμό όσο το δυνατόν ακριβέστερων τιμών μέτρησης.

Η έκδοση της Ευρωπαϊκής οδηγίας για τα ΗΜΠ έχει ως σκοπό την δημιουργία ενός διεθνούς πλαισίου κατευθυντήριων γραμμών σχετικών με τους πιθανούς κινδύνους από την επαγγελματική έκθεση σε διαφόρων συχνοτήτων ΗΜ πεδία. Μέσω της ενημέρωσης εργοδοτών και εργαζομένων αρχικά εντοπίζονται οι κίνδυνοι, δίνονται αναλυτικές οδηγίες για της κατάλληλες δράσεις και τελικά καθορίζονται οι τιμές των ορίων έκθεσης.

Ο αντικειμενικός στόχος της οδηγίας είναι η δημιουργία ασφαλέστερων εργασιακών χώρων. Αυτό επιτυγχάνεται με εξάλειψη ή (αν κάτι τέτοιο είναι αδύνατο) με δραστική μείωση των κινδύνων από τον ηλεκτρομαγνητισμό.

Ο RSSB (Ρυθμιστική Αρχή Ασφάλειας Βρετανικών Σιδηροδρόμων) ερεύνησε το ζήτημα των επιδράσεων των ΗΜΠ στο περιβάλλον εργασίας των σιδηροδρομικών. Δημοσιεύθηκαν λοιπόν, τα συμπεράσματα μιας περιπτωσιολογικής έρευνας καθώς και οδηγίες που πρέπει να ακολουθούν οι σιδηροδρομικοί κατά την εκτέλεση της εργασίας τους. Εξετάστηκαν διαφορετικά σενάρια, λήφθηκαν οι αντίστοιχες μετρήσεις ακτινοβολίας και έγινε η κατάλληλη αξιολόγηση ανά περίπτωση. Για τη μοντελοποίηση του θαλάμου οδήγησης θεωρήθηκε ότι είναι κατασκευασμένος από μη μεταλλικό υλικό με την κύρια πηγή ηλεκτρομαγνητικών πεδίων να προέρχεται από τον ηλεκτρικό κινητήρα. Η ανάλυση των αποτελεσμάτων δείχνει ότι τα όρια ηλεκτρομαγνητικών πεδίων υπερβαίνονται μόνο στις κάτω γωνίες του οχήματος, τα οποία απέχουν σημαντικά από την υπερυψωμένη θέση του οδηγού. Συνεπώς, η μοντελοποίηση κατέδειξε ότι δεν ανιχνεύθηκε υπέρβαση των οριακών τιμών ΗΜΠ για τους

εργαζόμενους σε οποιαδήποτε θέση. Συγκεκριμένα, τα μαγνητικά πεδία είναι ιδιαίτερα περιορισμένα και το ηλεκτρικό πεδίο που παράγεται από τα καλώδια αποδυναμώνεται από το αμάξωμα του οχήματος. Άρα δεν απαιτείται περαιτέρω αξιολόγηση εκτός της περίπτωσης εργαζομένων που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο (εκείνων που φέρουν ιατρικά εμφυτεύματα, εγκύους κλπ).

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν μια σειρά από μελέτες που έχουν γίνει σε σιδηροδρομικά δίκτυα της Ευρώπης. Γενικά, υπάρχει περιορισμένος αριθμός μελετών για τα ΗΜΠ στον σιδηρόδρομο καθώς το θέμα είναι ιδιαίτερα εξειδικευμένο και δεν αφορά τον γενικό πληθυσμό.

Πραγματοποιήθηκε μελέτη στον Ιταλικό σιδηρόδρομο με πληθώρα μετρήσεων σε καμπίνες οδήγησης κατά τη διάρκεια δρομολογίων και σε άλλους χώρους στους οποίους έχει δυνητικά πρόσβαση το προσωπικό. Τα αποτελέσματα κατέληξαν ότι η μέση έκθεση σε στατικά ΜΠ ήταν λίγο μεγαλύτερη από το γεωμαγνητικό πεδίο υπόβαθρου.

Σε μια μελέτη μεταξύ των ετών 1961 και 1979 στους Σουηδικούς σιδηροδρόμους, οι B. Floderus και συν. αναφέρουν αύξηση του κινδύνου χρόνιας λεμφοκυτταρικής λευχαιμίας και άλλων τύπων καρκίνων μεταξύ εργαζομένων που εκτέθηκαν σε ΗΜΠ εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας επί των αμαξοστοιχιών.

Οι Hietanen και συν. πραγματοποίησαν έρευνα στις σιδηροδρομικές μεταφορές της Φινλανδίας και οι μετρήσεις ΗΜΠ που έγιναν στους θαλάμους οδήγησης αμαξοστοιχιών έδειξαν μέγιστη τιμή 14 μT . Δηλαδή, τιμή μαγνητικής ροής πολύ μικρή σε σχέση με τα προτεινόμενο επαγγελματικό όριο.

Η σημαντικότερη εργασία στην βιβλιογραφία είναι μια μεγάλης έκτασης μελέτη κοορτής που περιλάμβανε περίπου 20.000 Ελβετούς σιδηροδρομικούς μεταξύ των ετών 1972 και 2002. Τα ευρήματα της μελέτης κατέδειξαν υψηλότερο ποσοστό θνησιμότητας λόγω λευχαιμίας μεταξύ των μηχανοδηγών συγκριτικά με άλλους κλάδους. Οι εργαζόμενοι που είχαν εκτεθεί σε μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας μεγαλύτερης έντασης παρουσίαζαν συγκριτικά υψηλότερη θνησιμότητα. Η εργασία αυτή κατέδειξε ενός είδους συσχέτιση ανάμεσα στην μακροχρόνια έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία και στο αυξημένο ποσοστό θνησιμότητας από λευχαιμία.

Στον Ελληνικό σιδηρόδρομο άργησε η εφαρμογή της ηλεκτροκίνησης στο σύνολο του δικτύου. Υπήρξαν πολλές αναβολές και καθυστερήσεις στην παράδοση του έργου. Επί πολλά χρόνια είχε κατασκευαστεί και λειτουργούσε ένα μικρό μόνο τμήμα διαδρομής μήκους περίπου 70 χιλιομέτρων. Σταδιακά παραδόθηκαν με ηλεκτροκίνηση τα τμήματα του προαστιακού στη διαδρομή Αεροδρόμιο Αθηνών-Κιάτο καθώς και η διαδρομή Πειραιάς-Χαλκίδα. Τελικά, με την ολοκλήρωση της υποδομής διπλής γραμμής υψηλών ταχυτήτων μεταξύ Αθηνών-Θεσσαλονίκης χρησιμοποιήθηκαν ηλεκτροκίνητες

αμαξοστοιχίες στο μεγαλύτερο ποσοστό του δικτύου. Υπενθυμίζεται ότι η τάση λειτουργίας του Ελληνικού δικτύου είναι 25000 Volt σε συχνότητα 50 Hz.

Από τα πρώτα στάδια χρήσης της ηλεκτροκίνησης στον Ελληνικό σιδηρόδρομο εκφράστηκαν από μεγάλο αριθμό μηχανοδηγών ανησυχίες για την ασφάλεια της υγείας τους.

Θεώρησαν ότι τα ηλεκτρομαγνητικά πεδία που «εισήχθηκαν» στον εργασιακό τους χώρο, τον θάλαμο οδήγησης, μπορούσαν δυνητικά να προκαλέσουν σοβαρές βλάβες στην υγεία τους. Είτε από ελλιπή ενημέρωση κατά την εκπαίδευση τους στο καινούργιο ηλεκτροκινούμενο τροχαίο υλικό, είτε από κακή πληροφόρηση, η νέα εποχή στον Ελληνικό σιδηρόδρομο αντιμετωπίστηκε από σημαντική μερίδα των μηχανοδηγών με καχυποψία.

Υπήρχαν όμως αναφορές μεταξύ των χειριστών που έχριζαν διερεύνησης. Για παράδειγμα, ένας σημαντικός αριθμός μηχανοδηγών ισχυρίζονταν ότι ένιωθαν πονοκεφάλους μετά από πολύωρη παραμονή σε θαλάμους οδήγησης ηλεκτρικών αμαξοστοιχιών. Άλλοι πάλι ανέφεραν ότι κατά τη διάρκεια της εργασίας τους σε ένα συγκεκριμένο τύπο τροχαίου υλικού ένιωθαν αρκετές πολύ μικρές ηλεκτροπληξίες. Όλα αυτά τα συμπτώματα, όπως άλλωστε αναφέρεται και στην Ευρωπαϊκή Οδηγία 2013/35, αποτελούν ενδείξεις έκθεσης σε στατικά μαγνητικά πεδία εξαιρετικά χαμηλής συχνότητας. Με αυτή την μελέτη έγινε προσπάθεια να διερευνηθεί αν υπάρχουν ή όχι βάσιμοι λόγοι ανησυχίας για την υγεία των οδηγών.

Σύμφωνα με την οδηγία της ΕΕ η έκθεση στα ΗΜΠ πρέπει να αξιολογείται με υπολογισμό ή μέτρηση. Επιλέχθηκε, λοιπόν, να γίνει έρευνα με λήψη μετρήσεων της τιμής μαγνητικής ροής μέσα στους θαλάμους οδήγησης και συγκεκριμένα στις θέσεις που εκτελούν τους χειρισμούς οι μηχανοδηγοί. Έχοντας τα εργαλεία που παρέχονται από την Ευρωπαϊκή Οδηγία για τα ΗΜΠ, δηλαδή, τις τιμές επιπέδου Δράσης (AL) και τις Οριακές Τιμές Έκθεσης (ELV), μπορούμε μετρώντας τη μαγνητικό πεδίο να εξαγάγουμε ασφαλή συμπεράσματα. Πρέπει να σημειωθεί ότι καθώς όλες οι καλωδιώσεις που βρίσκονται γύρω ή κοντά στους θαλάμους οδήγησης είναι θωρακισμένες δεν χρειάζεται να μετρηθεί το ηλεκτρικό πεδίο ο προσδιορισμός του οποίου, άλλωστε, είναι πολύ πιο δύσκολος, καθώς τα ηλεκτρικά πεδία διαταράσσονται εύκολα από το ανθρώπινο σώμα. Επιπρόσθετα, το ηλεκτρικό πεδίο όπως έχει δειχθεί στην μελέτη του RSSB αποδυναμώνεται από το αμάξωμα του τροχαίου υλικού.

Στις χαμηλές συχνότητες, όπως τα 50 Hz, που ασχολείται η μελέτη αυτή, ο απλούστερος τρόπος αξιολόγησης της συμμόρφωσης με τα όρια AL, είναι η μέτρηση της μέγιστης τιμής του πεδίου (max peak) στη θέση που καταλαμβάνεται από το σώμα του εργαζόμενου. Αυτή η μέθοδος καταλήγει πάντα σε μια ασφαλή, αν και πολύ συντηρητική, αξιολόγηση της έκθεσης. Δεν υπάρχει περιορισμός στον

χρόνο παραμονής εντός του πεδίου καθώς δεν υπάρχει σωρευτικότητα των φαινομένων. Οι επιπτώσεις της έκθεσης είναι παροδικές, περιορίζονται στη διάρκεια της έκθεσης. Παύουν να υφίστανται ή μειώνονται δραστικά όταν διακοπεί η έκθεση, με άλλα λόγια, δεν υπάρχει περαιτέρω κίνδυνος για την υγεία μετά το πέρας της έκθεσης. Για να είναι όσο το δυνατόν πιο ακριβείς οι μετρήσεις επιλέχθηκε το κατάλληλο όργανο για μαγνητικά πεδία χαμηλών συχνοτήτων. Ήταν γνωστό από παλιότερη μελέτη ότι σε παρόμοια περίπτωση μετρήσεων, με τη συνεργασία της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας, είχε χρησιμοποιηθεί το NARDA EFA-300. Αποφασίστηκε, λοιπόν η χρήση του ίδιου οργάνου μέτρησης, αφού πρώτα υπήρξε μέριμνα αυτό να έχει διακριβωθεί κατάλληλα. Πραγματοποιήθηκαν για λόγους συνέπειας και ακρίβειας ένας ικανός αριθμός διαφορετικών μετρήσεων. Ο μεγάλος αριθμός μετρήσεων μειώνει το περιθώριο σφάλματος και αποτελεί μια καλή πρακτική για την μείωση της αβεβαιότητας των μετρήσεων.

Λήφθηκαν αρχικά μετρήσεις σε ηλεκτρικές αυτοκινητάμαξες Siemens Desiro. Το όργανο μέτρησης ρυθμίστηκε να λαμβάνει αυτόματα μια τιμή μαγνητικής ροής B ανά λεπτό της ώρας. Δοκιμάστηκε σε διάφορες θέσεις του θαλάμου οδήγησης χωρίς να παρατηρηθεί αξιοσημείωτη (ελάχιστα nano Tesla) διαφορά στις ενδείξεις. Τοποθετήθηκε λοιπόν, μπροστά από τον μηχανοδηγό σε μια ποικιλία δρομολογίων, Αεροδρόμιο-Λιόσια, Αεροδρόμιο-Πειραιάς, Πειραιάς-Κιάτο και Αθήνα-Χαλκίδα. Συνολικά λήφθηκαν 314 μετρήσεις. Άρα με διάστημα εμπιστοσύνης 95%, το περιθώριο σφάλματος υπολογίζεται στο 5,5%.

Δεν παρατηρήθηκε κάποια διαφοροποίηση των τιμών B του ΜΠ στα διάφορα δρομολόγια. Έτσι, στο κεφάλαιο «Μετρήσεις» της παρούσας μελέτης παρατίθεται, ενδεικτικά, η μέτρηση που πραγματοποιήθηκε κατά την διάρκεια ενός προαστιακού δρομολογίου Πειραιάς-Αεροδρόμιο, διάρκειας 63 λεπτών της ώρας. Προέκυψαν 63 τιμές που κυμαίνονταν από 0.32 έως 24,8μΤ. Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι στο χώρο των επιβατών στην περιοχή κάτω από τον παντογράφο μετρήθηκε ΜΠ τιμής B 51,2μΤ.

Στη συνέχεια λήφθηκαν μετρήσεις σε ηλεκτρικές μηχανές έλξης Siemens Hellas Sprinter επικεφαλείς αμαξοστοιχιών Intercity 56 και Intercity 55. Πάλι το όργανο μέτρησης ρυθμίστηκε να λαμβάνει αυτόματα μια τιμή μαγνητικής ροής B ανά λεπτό της ώρας. Τοποθετήθηκε μπροστά από τη θέση του βοηθού μηχανοδηγού στην διαδρομή Αθήνα-Θεσσαλονίκη και το αντίθετο την επόμενη ημέρα. Συνολικά προέκυψαν 498 μετρήσεις. Με διάστημα εμπιστοσύνης (CI) στο 95%, σημαίνει ότι το περιθώριο σφάλματος φτάνει το 4,4%. Είναι λογικό το μεγαλύτερο πλήθος μετρήσεων να δίνει μικρότερο ποσοστό περιθωρίου σφάλματος.

Οι τιμές στο σύνολο της διαδρομής επαναλαμβάνονται στο ίδιο μοτίβο. Στις «Μετρήσεις» παρατίθενται ενδεικτικά ως αντιπροσωπευτικό δείγμα οι τιμές από το ένα δρομολόγιο και συγκεκριμένα σε ένα τμήμα της διαδρομής της αμαξοστοιχίας Intercity 55 μεταξύ Θεσσαλονίκης-Ευαγγελισμού (οι 73 πρώτες τιμές). Το συνολικό βάρος της συγκεκριμένης αμαξοστοιχίας ανέρχεται, της μηχανής έλξης συμπεριλαμβανομένης, στους 407 τόνους περίπου.

Σημειώνεται εδώ ότι σε βαρύτερες αμαξοστοιχίες οι ηλεκτροκινητήρες για να ανταπεξέλθουν, προφανώς, αποδίδουν μεγαλύτερη ισχύ και λογικά θα δημιουργούνται μεγαλύτερες εντάσεις ΜΠ. Μετρήθηκαν τιμές ροής ΜΠ που κυμαίνονταν μεταξύ 0,34 και 45,9μΤ. Στον εσωτερικό διάδρομο της μηχανής κατά την επιτάχυνση μετρήθηκαν τιμή ΜΠ περίπου 350μΤ συχνότητας 110Hz.

Και στα δυο είδη αμαξοστοιχιών (Προαστιακός και Intercity) οι τιμές μαγνητικής ροής Β μεταβάλλονταν αναλόγως της κατάστασης λειτουργίας του τροχαίο υλικού (επιτάχυνση, επιβράδυνση, σταθερή ταχύτητα ή στάση). Οι μέγιστες τιμές καταγράφηκαν στη φάση της επιτάχυνσης. Υψηλές τιμές επίσης, καταγράφηκαν και στη χρήση της ηλεκτρικής πέδης του τραίνου. Τέλος, οι χαμηλότερες τιμές Β μετρήθηκαν όταν η αμαξοστοιχία βρισκόταν σε στάση. Πριν αξιολογήσουμε τα αποτελέσματα, αξίζει να επισημανθεί ότι η αξιοπιστία των μετρήσεων ενισχύεται από το γεγονός ότι οι ληφθέντες τιμές είναι σε παρόμοια επίπεδα με τις αντίστοιχες τιμές δυο ερευνών σε ηλεκτρικές μηχανές έλξης στην Ελλάδα και ηλεκτρικές αυτοκινητάμαξες στη Φινλανδία.

Σε κάθε περίπτωση, για να αποφανθούμε για την ύπαρξη ή μη κινδύνου για την υγεία των μηχανοδηγών στους θαλάμους οδήγησης από τα ΗΜΠ πρέπει να συγκρίνουμε τις μέγιστες τιμές που μετρήθηκαν με τις τιμές λήψης μέτρων (AL) που καθορίζονται από την Ευρωπαϊκή οδηγία. Το αποτέλεσμα της σύγκρισης είναι ξεκάθαρο. Λαμβάνοντας υπόψη ότι η τιμή επαγγελματικής έκθεσης AL (για μαγνητική ροή Β) ανέρχεται στα 1000μΤ και οι μέγιστες τιμές που μετρήθηκαν ήταν 45,9μΤ στην αμαξοστοιχία Intercity και 24,8μΤ στην αμαξοστοιχία του προαστιακού αντίστοιχα, είναι φανερό ότι δεν υφίσταται επαγγελματικός κίνδυνος από έκθεση σε ΗΜΠ. Το συμπέρασμα αυτό ενισχύεται ακόμα περισσότερο αν αναλογιστούμε ότι το όριο δράσης AL (Β) του γενικού πληθυσμού ανέρχεται στα 100μΤ. Με άλλα λόγια οι μέγιστες τιμές που λήφθηκαν κατά τις μετρήσεις είναι κάτω κι από το ήμισυ του ορίου έκθεσης σε ΜΠ του γενικού πληθυσμού.

Επομένως, κατασκευαστικά το περιβάλλον εργασίας των μηχανοδηγών θεωρείται ασφαλές ως προς την έκθεση σε ΗΜ ακτινοβολία. Τόσο η παρούσα μελέτη, όσο και οι υπόλοιπες που έχουν γίνει σε σιδηροδρομικά οχήματα, αποτελούν χαρακτηριστική περίπτωση όπου η πραγματική έκθεση καθορίζεται από τις συνθήκες λειτουργίας. Έτσι, οι μέγιστες τιμές έκθεσης καταγράφονται κατά την

επιτάχυνση και οι ελάχιστες κατά τη στάση της αμαξοστοιχίας. Οι ανησυχίες σχετικά με την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία δεν δικαιολογούνται από τα αποτελέσματα των μετρήσεων.

Οι τιμές ΜΠ που μετρήθηκαν στους θαλάμους οδήγησης ήταν όχι μόνο κάτω από τα επαγγελματικά Όρια Δράσης (AL) αλλά ακόμα και κάτω από τα εθνικά όρια για το ευρύ κοινό.

Για να εξακολουθήσει να παραμένει ασφαλής εργασιακός χώρος ο θάλαμος οδήγησης χρειάζεται η σωστή συντήρηση του τροχαίου υλικού. Αυτό περιλαμβάνει τον τακτικό περιοδικό έλεγχο του εξοπλισμού όπου εκπέμπονται τα ΗΜΠ, δηλαδή των εσωτερικών καλωδιώσεων, των γειώσεων και των μονωτικών του τροχαίου υλικού.

Αυτό κρίνεται απαραίτητο καθώς σε διαφορετική περίπτωση ενδέχεται να υπάρξουν σημαντικές υπερβάσεις στις τιμές έκθεσης. Χαρακτηριστικό παράδειγμα ελλιπούς συντήρησης είναι οι πολύ μικρής έντασης ηλεκτροπληξίες που αναφέρουν πολλοί μηχανοδηγοί κατά τη χρήση ορισμένων εκ των Desiro που χρησιμοποιούνται σε προαστιακά δρομολόγια. Το φαινόμενο αυτό προκαλείται από την αναποτελεσματική γείωση των θαλάμων των οχημάτων. Μέχρι λοιπόν, να αποκατασταθεί το πρόβλημα μέσω κατάλληλης συντήρησης, ως καλή πρακτική συστήνεται η χρήση μονωτικών υποδημάτων εργασίας τα οποία εξασφαλίζουν ένα βαθμό προστασίας από τις επιπτώσεις των ΗΜΠ χαμηλής συχνότητας.

14. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Υπάρχει ένας μεγάλος αριθμός επιδημιολογικών μελετών, μετα-αναλύσεων και εμπειριστατωμένων ανασκοπήσεων που εξετάζει τις πιθανές επιπτώσεις στην υγεία της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία στους εργασιακούς χώρους. Τα συμπεράσματα αυτών των μελετών ταξινομούνται και αξιοποιούνται από διεθνείς οργανισμούς όπως ο ΠΟΥ και ο SCENIHR. Αυτό που φαίνεται να προσελκύει τις μεγαλύτερες αντιδράσεις στον επιστημονικό κόσμο είναι οι μέθοδοι αξιολόγησης της έκθεσης που χρησιμοποιούνται σε αυτές τις μελέτες.

Έτσι λοιπόν, πρωταρχική πρόκληση στις μελέτες για τα ΗΜΠ παραμένει η αξιολόγηση της έκθεσης. Σε αυτή την κατεύθυνση η Οδηγία 2013/35/ΕΕ παρέχει τα κατάλληλα εργαλεία που βοηθούν στην εκτίμηση της σοβαρότητας της έκθεσης και επομένως, αν πρέπει ή όχι να ληφθούν μέτρα. Πρακτικά, πολλές περιπτώσεις έκθεσης στον επαγγελματικό χώρο έχουν την ίδια έκταση με την έκθεση που παρατηρείται γενικότερα στον αστικό ιστό.

Ειδικότερα, για τα σιδηροδρομικά συστήματα έλξης θα ήταν ωφέλιμο να αναπτυχθούν συγκεκριμένα πρότυπα επαγγελματικής έκθεσης προκειμένου να προσδιορίζεται με ακρίβεια η πραγματική έκθεση. Στο μέλλον θα ήταν ενδιαφέρον να γίνει εκτίμηση έκθεσης σε ολόκληρο το σώμα, δεδομένου ότι τα όρια έκθεσης αφορούν τιμές για ολόσωμη έκθεση του εργαζόμενου, ενώ στην αξιολόγηση πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι συνθήκες λειτουργίας του εξοπλισμού.

Είναι δεδομένο ότι το ανθρώπινο σώμα είναι καλός αγωγός σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία χαμηλής συχνότητας. Επίσης, τα ELF μαγνητικά πεδία ταξινομούνται κατά IARC ως «πιθανά καρκινογόνα για τους ανθρώπους» και υπάρχουν έρευνες που παρουσιάζουν αποτελέσματα που σχετίζουν την έκθεση σε ΗΜΠ με την αυξημένη θνησιμότητα από λευχαιμία. Σήμερα υπάρχει μια τάση αύξησης των ορίων έκθεσης. Για παράδειγμα, υπάρχει εισήγηση το όριο έκθεσης του γενικού πληθυσμού να αυξηθεί από τα 100μT στα 200μT για τη συχνότητα των 50Hz. Καθώς τόσο η οδηγία της ΕΕ για τα ΗΜΠ όσο και η έκθεση του ΠΟΥ δεν καλύπτουν τις εικαζόμενες μακροπρόθεσμες επιπτώσεις για την υγεία είναι απαραίτητο να συνεχιστεί η έρευνα.

Συνάγεται λοιπόν, ότι θα ήταν ενδιαφέρουσα η πραγματοποίηση μια προοπτικής μελέτης κοορτής στους Έλληνες μηχανοδηγούς με καταγραφή των δεδομένων υγείας σε μια επιλεγμένη ομάδα ανθρώπων σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες αναλυτικές μετρήσεις των ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων. Μάλιστα, για να σχηματιστεί μια ολοκληρωμένη αξιολόγηση και μια όσο το δυνατόν πιο αντικειμενική εικόνα πρέπει να δοθεί προσοχή σε ολόκληρη την εργασιακή σταδιοδρομία του εργαζόμενου, συνδυαστικά με άλλες πηγές έκθεσης (κι όχι μόνο στα ηλεκτρομαγνητικά πεδία). Επιπρόσθετα, οι ανά συγκεκριμένα διαστήματα λήψη μετρήσεων στο τροχαίο υλικό θα μπορούσε να δείξει αν η γήρανση του σιδηροδρομικού υλικού έχει επιπτώσεις στην ένταση των παραγόμενων πεδίων και κατά συνέπεια στην υγεία των εργαζομένων.

Ακολουθώς προτείνονται κάποια παράλληλα μέτρα με στόχο τη μείωση της έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία στους χώρους εργασίας: Πρώτον, περιορισμός του χρόνου που ο μηχανοδηγός βρίσκεται κοντά σε πηγές ηλεκτρομαγνητικών πεδίων, δεύτερον αύξηση της απόστασης ανάμεσα στην πηγή του ηλεκτρομαγνητικού πεδίου και τους εργαζόμενους, τρίτον χρήση κατάλληλου εξοπλισμού προστασίας (πχ μονωτικά υποδήματα) έναντι των εκπομπών των ELF ηλεκτρομαγνητικών πεδίων και τέταρτον, η εκπαίδευση/ενημέρωση εργοδοτών και εργαζομένων σχετικά με τους πιθανούς κινδύνους λόγω έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία.

15. ΓΛΩΣΣΑΡΙΟ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

AC: Εναλλασσόμενο Ρεύμα

AGNIR: Advisory Group on Non-Ionising Radiation (Βρετανική Ανεξάρτητη Συμβουλευτική Επιτροπή για τις Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες)

AL: Επίπεδα Δράσης

ALS: Αμυοτροφική Πλευρική Σκλήρυνση

BMAS: Ομοσπονδιακό Υπουργείο Υγείας και Κοινωνικής Ασφάλισης (Γερμανία)

CENELEC: European Committee for Electrotechnical Standardization (Ευρωπαϊκή Επιτροπή Καθορισμού Ηλεκτροτεχνικών Προτύπων)

CI: Διάστημα Εμπιστοσύνης (Στατιστικός Όρος)

DC: Συνεχές Ρεύμα

EE/EU/EK: Ευρωπαϊκή Ένωση/Κοινότητα

EIRP: Effective Isotropic Radiated Power (Η ισχύς που θα πρέπει να ακτινοβολεί μία υποθετική ιστροπική κεραία, προκειμένου να λαμβάνει το ίδιο ακριβώς επίπεδο σήματος στην κατεύθυνση της μέγιστης ακτινοβολίας μιας συγκεκριμένης κεραίας)

ELF: Εξαιρετικά Χαμηλής Συχνότητας Πεδία

ELV: Οριακή Τιμή Έκθεσης

EMF/ΗΜΠ: Ηλεκτρομαγνητικό Πεδίο

EMU: Ηλεκτρική Αυτοκινητάμαξα

ETCS: Ευρωπαϊκό Σύστημα Αυτόματου Ελέγχου Αμαξοστοιχιών

Eurobalise: Ραδιοφάρος του ETCS

GSM-R: Global System for Mobile Communications – Railway (Σιδηροδρομικό Σύστημα Κινητών Επικοινωνιών)

H/M: Ηλεκτρομαγνητική (Ακτινοβολία)

ΗΜΓ: Ηλεκτρομαγνητισμός

ΗΠ: Ηλεκτρικό Πεδίο

IARC: International Agency for Research on Cancer (Διεθνής Οργανισμός Ερευνών για τον Καρκίνο)

ICNIRP: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (Διεθνής Επιτροπή για την Προστασία από τις Μη Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες)

IEC: International Electrotechnical Commission (Διεθνής Επιτροπή Ηλεκτροτεχνίας)

IEEE: Institute of Electrical and Electronics Engineers (Διεθνής Ένωση Ηλεκτρολόγων και Ηλεκτρονικών Μηχανικών)

In Vitro: Μελέτες σε αυστηρά ελεγχόμενο εργαστηριακό επίπεδο

In Vivo: Μελέτες σε ζώντες οργανισμούς (πειραματόζωα)

ITU: International Telecommunication Union (Διεθνής Ένωση Τηλεπικοινωνιών)

ΚΝΣ: Κεντρικό Νευρικό Σύστημα

ΜΠ: Μαγνητικό Πεδίο

ΠΝΣ: Περιφερικό Νευρικό Σύστημα

NIEHS: National Institute of Environmental Health Science (Διεθνές Ινστιτούτο Περιβαλλοντικών Επιστημών Υγείας)

OHSA: Occupational Health and Safety Administration (Οργανισμός για την Επαγγελματική Υγεία και την Ασφάλεια)

OiRA: Online interactive Risk Assessment (Διαδικτυακό εργαλείο υπολογισμού Εργασιακού Κινδύνου)

RSSB: Ρυθμιστική Αρχή Ασφάλειας Βρετανικών Σιδηροδρόμων

SCENIHR: Scientific Committee of Emerging and Newly Identified Health Risks (Επιστημονική Επιτροπή Αναδυόμενων και Πρόσφατα Αναγνωρισμένων Υγειονομικών Κινδύνων)

ΥΑΕ: Υγεία και Ασφάλεια στην Εργασία

WHO/ΠΟΥ: Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας

16. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Γουρζουλίδης Γ, Κάππας Κ, Καραμπέτσος Ε, και συν. “Αποτύπωση και αξιολόγηση της επαγγελματικής έκθεσης σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία στην Ελλάδα”. 6ο Συνέδριο μετρολογίας, 2016, Αθήνα.
2. Γουρζουλίδης Γ, Μέμος Γ, Μαρής ΘΓ κ.ά. “Η ανάγκη για μοντελοποίηση των ΗΜΠ των συστημάτων ΑΜΣ και τα πρώτα βήματα”. 22ο Συνέδριο Ακτινολογίας, 2015, Αθήνα.
3. European OSHA, <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/reports/estimating-the-costs-of-accidents-and-ill-health-at-work/view>
4. Νόμος 3850/10, ΦΕΚ/84/Α/2.6.2010. Κύρωση του Κώδικα νόμων για την υγεία και την ασφάλεια των εργαζομένων.
5. Δρίβας, Σ., Κουκουλάκη, Θ. και Ζορμπά, Κ., 2000. Μεθοδολογικός Οδηγός για την Εκτίμηση και Πρόληψη του Επαγγελματικού Κινδύνου. Β' έκδοση. Αθήνα: ΕΛΙΝΥΑΕ.
6. HSE - Five steps to risk assessment - INDG163 (rev3).
7. Occupational Accidents Assessment by Field of Activity and Investigation Model for Prevention and Control. L.Ivascu, L. Cioca (2019)
8. ΕΕΑΕ (Ελληνική Επιτροπή Ατομικής Ενέργειας). www.eeae.gr
9. Basics Of Electromagnetic Radiation. V.Sinik, Z. Despotovic (2019)
10. ICNIRP (2010), ‘ICNIRP guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz — 100 kHz)’, Health Phys, Vol. 99, No 6, pp. 818-836.

11. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to electric fields induced by movement of the human body in a static magnetic field and by time-varying magnetic fields below 1 Hz. *Health Physics*. 2014;106(3):418-25.
12. BMAS (Bundesministeriums für Arbeit und Soziales), Boerner F et. al. "Electromagnetic Fields at workplaces. A new scientific approach to occupational health and safety", 2011.
13. Chapman S, Azizi L, Luo Q, Sitas F. *Cancer Epidemiology*, article in press, Published online: May 4 2016, <http://www.cancerepidemiology.net/article/S1877-7821%2816%29300509/abstract>, "Has the incidence of brain cancer risen in Australia since the introduction of mobile phones 29 years ago?", 2016.
14. McColl Neil et al. "European Code against Cancer 4th Edition: Ionising and non-ionising radiation and cancer". *Cancer Epidemiology* 395, 2015, S93-S100.
15. World Health Organisation. Extremely low frequency fields. Geneva: WHO; 2007.
16. Levitt B. Electromagnetic fields. A consumer's guide to the issues and how to protect ourselves. United States of America: Harcourt Brace/Harvest Books. 2007; 3-218.
17. Jefferys J, Deans J, Bikson M, Fox J. Effect of weak electric fields on the activity of neurons and neuronal networks. *Radiat Prot Dosimetry*. 2003; 106(4):321-323.
18. Saunders R. Weak field interactions in the CNS. *Rad Prot Dos*. 2003; 106(4): 357361.
19. Ahlbom A, Day N, Feychting M, Roman E, Skinner J, Dockeerty J, Linet M, McBride M, Michaelis J, Olsen J, Tynes T, Verkasalo P. A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *British Journal of Cancer*. 2000; 83 (5): 692-698.
20. Coleman M, Bell J, Skeet R. Leukemia incidence in electrical workers. *Lancet*. 1983; 1:982-983
21. Rösli M, Lörtscher M, Egger M, Pfluger D, Scheier N, Lörtscher E, Locher P, Spoerri A, Minder C. Leukemia, brain tumors and exposure to extremely low frequency magnetic fields: cohort study of Swiss railway employees. *Occup Environ Med*. 2007; 64(8):553-559.
22. ICNIRP. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic (1 Hz - 100 kHz). *Health Physics*. 2010;9(6):19.

23. IEEE Standards Coordinating Committee 28. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz. New York, NY, IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002 (IEEE Std C95.6-2002).
24. ICNIRP - International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (1998a). Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). *Health Phys*, 74(4):494-522.
25. 2013/35/EU On the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (repealing 2004/40/EC)
26. WHO - World Health Organization. Principles for the assessment of risks to human health from exposure to chemicals. *Environmental Health Criteria*, Vol. 210. Geneva, World Health Organization, 1999.
27. WHO - World Health Organization. Framework for developing health-based EMF standards. Geneva, World Health Organization, 2006a.
28. IEC - International Electrotechnical Commission. Committee draft. Measurement and evaluation of high frequency (9 kHz to 300 GHz) electromagnetic fields with regard to human exposure. Geneva, International Electrotechnical Commission, 2000 (85/214/CD).
29. IEEE Standards Coordinating Committee 28. IEEE standard for safety levels with respect to human exposure to electromagnetic fields, 0-3 kHz. New York, NY, IEEE - The Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002 (IEEE Std C95.6-2002).
30. WHO - World Health Organization (2006b). WHO EMF standards world wide database. (<http://www.who.int/docstore/peh-emf/EMFStandards/who-0102/Worldmap5.htm>, accessed 18-22007).
31. Åkerstedt T et al. (1999). A 50-Hz electromagnetic field impairs sleep. *J Sleep Res*, 8(1):77-81.
32. Adair RK (1992). Criticism of Lednev's mechanism for the influence of weak magnetic fields on biological systems. *Bioelectromagnetics*, 13:231-235.
33. Adair RK (1991). Constraints on biological effects of weak extremely-low-frequency electromagnetic fields. *Phys Rev, A* 43:1039-1048.
34. Arnetz BB, Berg M (1996). Melatonin and adrenocorticotrophic hormone levels in video display unit workers during work and leisure. *J Occup Environ Med*, 38(11):1108-1110.

35. Uhl GR (1998). Hypothesis: the role of dopaminergic transporters in selective vulnerability of cells in Parkinson's disease. *Ann Neurol*, 43(5):555-560.
36. Sobel E et al. (1996). Elevated risk of Alzheimers-disease among workers with likely electromagnetic-field exposure. *Neurology*, 47(6):1477-1481.
37. Tuschl H et al. (2000). Occupational exposure to static, ELF, VF and VLF magnetic fields and immune parameters. *Int J Occup Med Environ Health*, 13(1):39-50.
38. Testa A et al. (2004). Evaluation of genotoxic effect of low level 50 Hz magnetic fields on human blood cells using different cytogenetic assays. *Bioelectromagnetics*, 25(8):613-619.
39. Ubeda A, Trillo MA, Leal J (1987). Magnetic field effects on embryonic development: influence of the organism orientation. *Med Sci Res*, 15:531-532.
40. Shaw GM (2001). Adverse human reproductive outcomes and electromagnetic fields: A brief summary of the epidemiologic literature. *Bioelectromagnetics*, 22(Suppl 5):5-18.
41. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).
42. AGNIR - Advisory Group on Non-Ionising Radiation. Power Frequency Electromagnetic Fields, Melatonin and the Risk of Breast Cancer. Chilton, Health Protection Agency, 2006 (Documents of the Health Protection Agency, Series B: Radiation, Chemical and Environmental Hazards, RCE-1).
43. Ahlbom A et al. (2000). A pooled analysis of magnetic fields and childhood leukaemia. *Br J Cancer*, 83(5):692-698
44. ICNIRP - International Commission on Non-ionizing Radiation Protection. Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0 - 100 kHz). Bernhardt JH et al., eds. Oberschleissheim, International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, 2003 (ICNIRP 13/2003).
45. Wolf FI et al. (2005). 50-Hz extremely low frequency electromagnetic fields enhance cell proliferation and DNA damage: possible involvement of a redox mechanism. *Biochim Biophys Acta*, 1743(1-2):120-129.

46. Ivancsits S et al. (2002a). Induction of DNA strand breaks by intermittent exposure to extremely-low-frequency electromagnetic fields in human diploid fibroblasts. *Mutat Res*, 519(12):1-13.
47. Korpinen L, Partanen J (1995). The influence of 50-Hz electric and magnetic fields on human cardiovascular autonomic function tests. *Electro Magnetobiol*, 14:135-147.
48. Sahl J et al. (2002). Occupational magnetic field exposure and cardiovascular mortality in a cohort of electric utility workers. *Am J Epidemiol*, 156(10):913-918.
49. Katsir G, Parola AH (1998). Enhanced proliferation caused by a low frequency weak magnetic field in chick embryo fibroblasts is suppressed by radical scavengers. *Biochem Biophys Res Commun*, 252(3):753-756.
50. Fiorani M et al. (1997). In vitro effects of 50 Hz magnetic fields on oxidatively damaged rabbit red blood cells. *Bioelectromagnetics*, 18(2):125-131.
51. Zmyslony M et al. (2004). Effects of in vitro exposure to power frequency magnetic fields on UV-induced DNA damage of rat lymphocytes. *Bioelectromagnetics*, 25(7):560.
52. Rollwitz J, Lupke M, Simko M (2004). Fifty-hertz magnetic fields induce free radical formation in mouse bone marrow-derived promonocytes and macrophages. *Biochim Biophys Acta*, 1674(3):231-238.
53. Simko M, Mattsson MO (2004). Extremely low frequency electromagnetic fields as effectors of cellular responses in vitro: possible immune cell activation. *J Cell Biochem*, 93(1):83-92.
54. ICNIRP - International Commission on Non-ionizing Radiation Protection. Exposure to static and low frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (0 - 100 kHz). Bernhardt JH et al., eds. Oberschleissheim, International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, 2003 (ICNIRP 13/2003).
55. Li DK, Neutra RR (2002). Magnetic fields and miscarriage. *Epidemiology*, 13(2):237-238.
56. Brent RL (1999). Reproductive and teratologic effects of low-frequency electromagnetic fields: A review of in vivo and in vitro studies using animal models. *Teratology*, 59(4):261-286.
57. Jaffa K (2001). Pooled analysis of magnetic fields, wire codes, and childhood leukemia. *Epidemiology*, 12(4):472-474.
58. Pasquini R et al. (2003). Micronucleus induction in cells co-exposed in vitro to 50 Hz magnetic field and benzene, 1,4-benzenediol (hydroquinone) or 1,2,4-benzenetriol. *Toxicol In Vitro*, 17(56):581-586.

59. Morris JE et al. In vitro exposure of MCF-7 human mammary cells to 60 Hz magnetic fields. In: BioElectroMagnetics Society, 20th Annual Meeting, 1998, 125A.
60. Feria-Velasco A et al. (1998). Neuronal differentiation of chromaffin cells in vitro, induced by extremely low frequency magnetic fields or nerve growth factor: a histological and ultrastructural comparative study. J Neurosci Res, 53(5):569-582.
61. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. Lyon, IARC, 2002 (Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans, 80).
62. Directive 89/391/EEC on the introduction of measures to encourage improvements in the safety and health of workers at work (1989).
63. Directive 2004/40/EC of the European Parliament and of the Council of 29 April 2004 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (18th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC).
64. ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 1998; 74(4): 494-522.
65. Οδηγία 2013/35/ΕΕ. Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 179/1, 29.6.2013.
66. (Εργαζόμενοι που διατρέχουν ιδιαίτερο κίνδυνο) RPB (2004), 'Review of the scientific evidence for limiting exposure to electromagnetic fields (0 — 300GHz)', Documents of the NRPB, Vol. 15, No 3.
67. Council recommendation of 12 July 1999 on the limitation of exposure of the general public to electromagnetic fields (0 Hz to 300 GHz) (1999/519/EC).
68. OiRA. 2017. Available from: <https://oiraproject.eu>
69. ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Physics. 2009;96(4):504-14.
70. ICNIRP. Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. Health Physics. 1994;66(1).
71. IEEE. C95.1-2345™ for Military Workplaces -Force Health Protection Regarding Personnel Exposure to Electric, Magnetic, and Electromagnetic Fields, 0 Hz to 300 GHz. 2014

72. ΚΥΑ 2300 ΕΦΑ 493. ΦΕΚ 346/Β/3.3.2008. Τρόπος διενέργειας των μετρήσεων για την τήρηση των ορίων ασφαλούς έκθεσης του κοινού σε ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία από κάθε κεραία.
73. SCENIHR, http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenih_r_o_041.pdf
74. Li DK, Chen H, Odouli R. "Maternal exposure to magnetic fields during pregnancy in relation to the risk of asthma in offspring". Arch Pediatr Adolesc Med. 2011 Oct; 165 (10): 945-50.
75. Li DK, Ferber JR, Odouli R, Quesenberry CP Jr. "A prospective study of in-utero exposure to magnetic fields and the risk of childhood obesity". Sci Rep. 2012;2:540.
76. Simi S, Ballardina M, Casella M, et al. "Is the genotoxic effect of magnetic resonance negligible? Low persistence of micronucleus frequency in lymphocytes of individuals after cardiac scan". Mutat Res 2008; 645:39-43.
77. Fiechter M, Stehli J, Fuchs TA, et al. "Impact of magnetic resonance imaging on human lymphocyte DNA integrity". Eur Heart J 2013; 34:2340-5.
78. Report Research Report T1051 Investigation into the Effects of Applying the Physical Agents (EMF) Directive in the UK Railway System Report on the Application of the Control of Electromagnetic Fields at Work Regulations 2016 Supporting Guidance Note GLGN1610 on the Application of the Control of Electromagnetic Fields at Work Regulations 2016
79. BS EN 50163 Railway applications - Supply voltages of traction systems
80. ETS-TR-12-44 Report on EMF (DC Static Magnetic Fields) Measurements at DC substations (Network Rail)
81. BS EN 50527-1 Procedure for the assessment of the exposure to electromagnetic fields of workers bearing active implantable medical devices Part 1: General
82. 1999/5/EC Radio and Telecommunication Terminal Equipment (R&TTE) Directive
83. Rösli M, Lörtscher M, Egger M, Pfluger D, Scheier N, Lörtscher E, Locher P, Spoerri A, Minder C. Leukemia, brain tumors and exposure to extremely low frequency magnetic fields: cohort study of Swiss railway employees. Occup. Environ Med. 2007; 64(8):553-559.
84. Rösli M, Egger M, Pfluger D, Minder C. Cardiovascular mortality and exposure to extremely low frequency magnetic fields: a cohort study of Swiss railway workers. Environ Health. 2008;7(35).

85. Contessa GM, Falsaperla R, Brugaletta V, Rossi P. Exposure to magnetic fields of railway engine drivers: a case study in Italy. *Radiat Prot Dosimetry*. 2010;142(2-4):1607.
86. Floderus B, Persson T, Stenlund C, Wennberg A, Ost A, Knave B. Occupational exposure to electromagnetic fields in relation to leukemia and brain tumors: a case control study in Sweden. *Cancer Causes Control*. 1993; 4(5):465-476.
87. Floderus B, Törnqvist S, Stenlund C. Incidence of selected cancers in Swedish railway workers 1961-1979. *Cancer Causes and Control*. 1994; 5:189-194.
88. Mild KH, Alanko T, Decat G, Falsaperla R, Gryz K, Hietanen M, et al. Exposure of Workers to Electromagnetic Fields. A Review of Open Questions on Exposure Assessment Techniques. *Int J of Occup Saf and Erg*. 2015;15(1):3-33.
89. ΕΛΟΤ IEC 61786. Μετρήσεις μαγνητικών και ηλεκτρικών πεδίων χαμηλών συχνοτήτων σε σχέση με την έκθεση των ανθρώπων - Ειδικές προδιαγραφές για τα όργανα και οδηγίες για τις μετρήσεις. 2003-10-23. Έκδοση 1η.
90. Karabetsos E, Filippopoulos G. "Uncertainty estimation in electromagnetic field measurements for assessing compliance with safety limits". *Proceedings of the 28th General Assembly of International Union of Radio Science, URSI, New Delhi, India, 2005*.
91. Stratakis D, Miaoudakis A, Katsidis C, et. al. "On the uncertainty estimation of electromagnetic field measurements using field sensors: a general approach". *Radiation Protection Dosimetry* (2009), pp. 1-8 doi:10.1093/rpd/ncp050.
92. Überbacher R, Samaras T, Giczi W, Neubauer G. "Measurement uncertainty. Final Report. by order of Vodafone Group Services Ltd and Hutchinson 3G Austria". ARC-IT-0163 March 2006.
93. Ztoupis NI, Gonos IF and Stathopoulos IA. "Uncertainty evaluation in the measurement of power frequency electric and magnetic fields from ac overhead power lines". *Radiation Protection Dosimetry* (2013), pp. 1-11 doi:10.1093/rpd/nct122.
94. ISO/IEC Guide 98-3:2008, Uncertainty of measurement — Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995).
95. Gourzoulidis G A, Tsaprouni P, Kappas C, Karabetsos E, et al. Occupational exposure to electromagnetic fields - The situation in Greece. *Physica Medica*. 2016;32(276).

96. Halgamuge MN, Abeyrathne CD, Mendis P. Measurement and analysis of electromagnetic fields from trams, trains and hybrid cars. *Radiat Prot Dosimetry*. 2010;141(3):255-68.
97. Bundesamt, für, Strahlenschutz. [Radiation and radiation protection - An information of the German Federal Office for Radiation Protection].BfS 2008: 1-60.
98. Fugate D, Jacobs W. EMF Monitoring on Amtrak's Northeast Corridor: Post Electrification Measurements and Analysis. US Department of Transportation-FRA 2006: 1-206.
99. Allen SG, Blackwell RP, Chadwick PJ, Driscoll CMH, Pearson AJ, Unsworth C, et al. Review of Occupational Exposure to Optical Radiation and Electric and Magnetic Fields with Regard to the Proposed CEC Physical Agents Directive. NRPB-R265 1994.
100. Fard MS, Nasiri P, Monazzam M. Measurement of the magnetic fields of high-voltage substations (230 kV) in Tehran (Iran) and comparison with the ACGIH threshold limit values. *Radiat Prot Dosimetry*. 2011;145(4):421-5.
101. Rössli M, Egger M, Pfluger D, Minder C. Cardiovascular mortality and exposure to extremely low frequency magnetic fields: a cohort study of Swiss railway workers. *Environ Health*. 2008;7(35).

17. ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Άρθρο 3: Οριακές τιμές έκθεσης και επίπεδα δράσης

1. Τα φυσικά μεγέθη σχετικά με την έκθεση σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία αναφέρονται στο παράρτημα Ι. Οι ELV με επιπτώσεις στην υγεία, οι ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις και τα AL ορίζονται στο παράρτημα ΙΙ.

2. Τα κράτη μέλη απαιτούν από τους εργοδότες να διασφαλίζουν ότι η έκθεση των εργαζομένων σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία περιορίζεται στις ELV με επιπτώσεις στην υγεία και στις ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις που ορίζονται στο παράρτημα ΙΙ.

Η συμμόρφωση προς τις ELV με επιπτώσεις στην υγεία και τις ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις πρέπει να καταδεικνύεται με τη χρήση των σχετικών διαδικασιών αξιολόγησης της έκθεσης που αναφέρονται στο άρθρο 4. Όπου η έκθεση των εργαζομένων σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία υπερβαίνει τις ELV, ο εργοδότης ενεργεί άμεσα σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 8.

3. Για τον σκοπό της παρούσας οδηγίας, όταν καταδεικνύεται η μη υπέρβαση των σχετικών AL που ορίζονται στο παράρτημα II, ο εργοδότης θεωρείται ότι συμμορφώνεται με τις ELV με επιπτώσεις στην υγεία και με τις ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις. Όπου η έκθεση υπερβαίνει τα AL, ο εργοδότης ενεργεί σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 2 εκτός αν η εκτίμηση που γίνεται σύμφωνα με το άρθρο 4 παράγραφοι 1, 2 και 3, δείξει ότι δεν υφίσταται υπέρβαση των σχετικών ELV και ότι οι κίνδυνοι για την ασφάλεια μπορούν να αποκλειστούν.

Με την επιφύλαξη του πρώτου εδαφίου, η έκθεση μπορεί να υπερβεί:

α) τα χαμηλά AL για τα ηλεκτρικά πεδία (παράρτημα II, πίνακας B1), όπου αιτιολογείται λόγω πρακτικής ή διαδικασίας, υπό την προϋπόθεση ότι είτε δεν παρατηρείται υπέρβαση των ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις (παράρτημα II, πίνακας A3)· είτε

i) δεν παρατηρείται υπέρβαση ELV με επιπτώσεις στην υγεία (παράρτημα II, πίνακας A2)·

ii) αποτρέπονται η υπερβολική εκκένωση σπινθήρων και τα ρεύματα επαφής (παράρτημα II, πίνακας B3) μέσω συγκεκριμένων μέτρων προστασίας, ως ορίζεται στο άρθρο 5 παράγραφος 6*· και

iii) έχουν ενημερωθεί οι εργαζόμενοι σχετικά με τις καταστάσεις που αναφέρονται στο άρθρο 6 στοιχείο στ**).

β) τα χαμηλά AL για τα μαγνητικά πεδία (παράρτημα II, πίνακας B2), όπου αιτιολογείται λόγω πρακτικής ή διαδικασίας, επίσης στο κεφάλι και τον κορμό, κατά τη διάρκεια της βάρδιας, υπό την προϋπόθεση ότι είτε δεν παρατηρείται υπέρβαση των ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις (παράρτημα II, πίνακας A3)· είτε

i) η υπέρβαση των ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις είναι μόνον προσωρινή·

ii) δεν παρατηρείται υπέρβαση των ELV με επιπτώσεις στην υγεία (παράρτημα II, πίνακας A2)·

iii) πραγματοποιούνται ενέργειες σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 9***, όπου υπάρχουν παροδικά συμπτώματα βάσει του στοιχείου α) της εν λόγω παραγράφου· και

iv) έχουν ενημερωθεί οι εργαζόμενοι σχετικά με τις καταστάσεις που αναφέρονται στο άρθρο 6 στοιχείο στ).

4. Με την επιφύλαξη των παραγράφων 2 και 3, η έκθεση μπορεί να υπερβαίνει:

α) τις ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις (παράρτημα II, πίνακας A1) κατά τη διάρκεια της βάρδιας, όπου αιτιολογείται από την πρακτική ή τη διαδικασία, υπό την προϋπόθεση ότι:

i) η υπέρβαση είναι μόνον προσωρινή·

ii) δεν παρατηρείται υπέρβαση των ELV με επιπτώσεις στην υγεία (παράρτημα II, πίνακας A1)·

iii) έχουν ληφθεί ειδικά προστατευτικά μέτρα σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 7****.

iv) πραγματοποιούνται ενέργειες σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 9, όπου υπάρχουν παροδικά συμπτώματα βάσει του στοιχείου β) της εν λόγω παραγράφου· και

ν) έχουν ενημερωθεί οι εργαζόμενοι σχετικά με τις καταστάσεις που αναφέρονται στο άρθρο 6 στοιχείο στ)·

β) τις ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις (παράρτημα II, πίνακας A3) κατά τη διάρκεια της βάρδιας, όπου αιτιολογείται από την πρακτική ή τη διαδικασία, υπό την προϋπόθεση ότι:

i) η υπέρβαση είναι μόνον προσωρινή·

ii) δεν παρατηρείται υπέρβαση των ELV με επιπτώσεις στην υγεία (παράρτημα II, πίνακας A2).

iii) πραγματοποιούνται ενέργειες σύμφωνα με το άρθρο 5 παράγραφος 9, όπου υπάρχουν παροδικά συμπτώματα βάσει του στοιχείου α) της εν λόγω παραγράφου· και

iv) έχουν ενημερωθεί οι εργαζόμενοι σχετικά με τις καταστάσεις που αναφέρονται στο άρθρο 6 στοιχείο στ).

18. ΥΠΟΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ

* Άρθρο 5 παράγραφος 6: Σε περίπτωση εφαρμογής του άρθρου 3 παράγραφος 3 στοιχείο α), λαμβάνονται ειδικά μέτρα προστασίας, όπως η κατάρτιση των εργαζομένων σύμφωνα με το άρθρο 6 και αξιοποίηση τεχνικών μέσων και μέτρων ατομικής προστασίας, π.χ. γείωση αντικειμένων εργασίας, σύνδεση των αντικειμένων εργασίας στους εργαζομένους (ισοδυναμική σύνδεση) και, όπου απαιτείται και σύμφωνα με το άρθρο 4 παράγραφος 1 στοιχείο α) της οδηγίας 89/656/ΕΟΚ του Συμβουλίου, της 30ής Νοεμβρίου 1989, σχετικά με τις ελάχιστες προδιαγραφές ασφάλειας και υγείας για τη χρήση από τους εργαζομένους εξοπλισμών ατομικής προστασίας κατά την εργασία (τρίτη ειδική οδηγία κατά την έννοια του άρθρου 16 παράγραφος 1 της οδηγίας 89/391/ΕΟΚ) (2), χρήση μονωτικών υποδημάτων, γαντιών και προστατευτικής ενδυμασίας.

** Άρθρο 6 στοιχείο στ): την πιθανότητα παροδικών συμπτωμάτων και αισθημάτων που σχετίζονται με τις επιπτώσεις στο κεντρικό ή στο περιφερικό νευρικό σύστημα·

*** Άρθρο 5 παράγραφος 9: Σε περίπτωση εφαρμογής του άρθρου 3 παράγραφοι 3 και 4 και σε περίπτωση που ο εργαζόμενος αναφέρει εμφάνιση των παροδικών συμπτωμάτων, ο εργοδότης επικαιροποιεί, όπου απαιτείται, την εκτίμηση κινδύνων και τα μέτρα πρόληψης. Τα παροδικά συμπτώματα μπορεί να περιλαμβάνουν:

α) αισθητηριακές αντιλήψεις και επιπτώσεις στη λειτουργία του κεντρικού νευρικού συστήματος στο κεφάλι από χρονικούς μεταβαλλόμενα μαγνητικά πεδία· και

β) επιπτώσεις στατικών μαγνητικών πεδίων, όπως ίλιγγος και ναυτία.

**** Άρθρο 5 παράγραφος 7: Σε περίπτωση εφαρμογής του άρθρου 3 παράγραφος 4 στοιχείο α), λαμβάνονται ειδικά μέτρα προστασίας, όπως ο έλεγχος των κινήσεων.

19. ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II

Πίνακας A2

ELV με επιπτώσεις στην υγεία για ένταση εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου από 1 Hz έως 10 MHz

Περιοχή συχνοτήτων	ELV με επιπτώσεις στην υγεία
$1 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$1,1 \text{ Vm}^{-1}$ (τιμή κορυφής)
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$3,8 \times 10^{-4} f \text{ Vm}^{-1}$ (τιμή κορυφής)

Σημείωση A2-1: f είναι η συχνότητα εκφρασμένη σε Hertz (Hz)

Σημείωση A2-2: Όσον αφορά τα εσωτερικά ηλεκτρικά πεδία, οι ELV με επιπτώσεις στην υγεία είναι χωρικές μέγιστες τιμές σε ολόκληρο το σώμα του εκτεθειμένου υποκειμένου.

Σημείωση A2-3: Οι ELV είναι χρονικές μέγιστες τιμές που ισούνται προς τις RMS τιμές επί την τετραγωνική ρίζα του 2 προκειμένου για ημιτονοειδή πεδία. Στην περίπτωση μη ημιτονοειδών πεδίων, η εκτίμηση της έκθεσης, η οποία διεξάγεται βάσει του άρθρου 4, θα βασίζεται στη μέθοδο της σταθμισμένης μέγιστης τιμής (στάθμιση στο πεδίο του χρόνου) η οποία εξηγείται στους πρακτικούς οδηγούς που αναφέρονται στο άρθρο 14, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν και άλλες επιστημονικώς αποδεδειγμένες και επικυρωμένες διαδικασίες αξιολόγησης έκθεσης, υπό την προϋπόθεση ότι καταλήγουν κατά προσέγγιση σε ισοδύναμα και συγκρίσιμα αποτελέσματα.

ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις για ένταση εσωτερικού ηλεκτρικού πεδίου από 1Hz έως 400Hz. Οι ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις (πίνακας A3) σχετίζονται με τις επιπτώσεις του ηλεκτρικού πεδίου στο κεντρικό νευρικό σύστημα στην κεφαλή, ήτοι φωτοψίες του αμφιβληστροειδούς και περιορισμένης μορφής παροδικές αλλαγές σε ορισμένες εγκεφαλικές λειτουργίες.

Πίνακας Β1

AL για την έκθεση σε ηλεκτρικά πεδία από 1 Hz έως 10 MHz

Περιοχή συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών AL (E)[V m^{-1}] (RMS)	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου υψηλών AL (E)[V m^{-1}] (RMS)
$1 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^4$	$2,0 \times 10^4$
$25 \leq f < 50 \text{ Hz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$2,0 \times 10^4$
$50 \text{ Hz} \leq f < 1,64 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$1,0 \times 10^6/f$
Περιοχή συχνοτήτων	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου χαμηλών AL (E)[V m^{-1}] (RMS)	Ένταση ηλεκτρικού πεδίου υψηλών AL (E)[V m^{-1}] (RMS)
$1,64 \leq f < 3 \text{ kHz}$	$5,0 \times 10^5/f$	$6,1 \times 10^2$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,7 \times 10^2$	$6,1 \times 10^2$

Σημείωση B1-1: f είναι η συχνότητα εκφρασμένη σε Hertz (Hz)

Σημείωση B1-2: Τα χαμηλά AL (E) και τα υψηλά AL (E) είναι οι RMS τιμές της έντασης ηλεκτρικού πεδίου, οι οποίες ισούνται προς τις μέγιστες τιμές διαιρεμένες διά της τετραγωνικής ρίζας του 2, για την περίπτωση των ημιτονοειδών πεδίων. Στην περίπτωση μη ημιτονοειδών πεδίων, η αξιολόγηση της έκθεσης, η οποία διεξάγεται βάσει του άρθρου 4, θα βασίζεται στη μέθοδο της σταθμισμένης μέγιστης τιμής (στάθμιση στο πεδίο του χρόνου) η οποία εξηγείται στους πρακτικούς οδηγούς που αναφέρονται στο άρθρο 14, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν και άλλες επιστημονικώς αποδεδειγμένες και επικυρωμένες διαδικασίες αξιολόγησης έκθεσης, υπό την προϋπόθεση ότι καταλήγουν κατά προσέγγιση σε ισοδύναμα και συγκρίσιμα αποτελέσματα.

Σημείωση B1-3: Τα AL αντιπροσωπεύουν τις μέγιστες υπολογιζόμενες ή μετρούμενες τιμές στη θέση του σώματος του εργαζομένου. Αυτό συνεπάγεται μια συντηρητική εκτίμηση της έκθεσης και αυτόματη συμμόρφωση προς τις ELV σε όλες τις συνθήκες ανομοιομόρφης έκθεσης. Για την απλούστευση της αξιολόγησης της συμ-μόρφωσης προς τις ELV, σύμφωνα με το άρθρο 4, σε ειδικές ανομοιομόρφες συνθήκες, θα οριστούν στους πρακτικούς οδηγούς που αναφέρονται στο άρθρο 14 κριτήρια για το χωρικό μέσο όρο των μετρούμενων πεδίων βάσει καθορισμένης δοσιμετρίας. Στην περίπτωση μιας πολύ εντοπισμένης πηγής που απέχει λίγα εκατοστά από το σώμα, το επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο καθορίζεται δοσιμετρικά ανά περίπτωση.

Επίπεδα δράσης (AL) όσον αφορά την έκθεση σε μαγνητικά πεδία

Τα χαμηλά AL (πίνακας B2) αφορούν συχνότητες κάτω των 400Hz και προκύπτουν από τις ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις (πίνακας A3) ενώ παράλληλα αφορούν και τα επίπεδα δράσης για συχνότητες άνω των 400Hz που προκύπτουν από τις ELV με επιπτώσεις στην υγεία για τα εσωτερικά ηλεκτρικά πεδία (πίνακας A2).

Τα υψηλά AL (πίνακας B2) προκύπτουν από τις ELV με επιπτώσεις στην υγεία για το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο που σχετίζεται με ηλεκτρική διέγερση των περιφερειακών και αυτόνομων νευρικών ιστών στην κεφαλή και στον κορμό (πίνακας A2). Η συμμόρφωση προς τα υψηλά AL διασφαλίζει τη μη υπέρβαση των ELV με επιπτώσεις στην υγεία, αλλά είναι πιθανές οι φωτοψίες του αμφιβληστροειδούς και οι περιορισμένης μορφής παροδικές αλλαγές στην εγκεφαλική δραστηριότητα, εφόσον η έκθεση της κεφαλής υπερβαίνει τα χαμηλά AL για εκθέσεις άνω των 400 Hz. Στην περίπτωση αυτή, εφαρμόζεται το άρθρο 5 παράγραφος 6.

Τα AL για την έκθεση των άκρων προκύπτουν από τις ELV με επιπτώσεις στην υγεία για το εσωτερικό ηλεκτρικό πεδίο που σχετίζεται με ηλεκτρική διέγερση των ιστών των άκρων, λαμβάνοντας υπόψη ότι το μαγνητικό πεδίο συζεύγνυται ασθενέστερα με τα άκρα απ' ό,τι με το σύνολο του σώματος.

Πίνακας B2
AL για την έκθεση σε μαγνητικά πεδία από 1 Hz έως 10 MHz

Περιοχή συχνότητων	πυκνότητα μαγνητικής ροής χαμηλών AL(B)[μT] (RMS)	πυκνότητα μαγνητικής ροής υψηλών AL(B)[μT] (RMS)	πυκνότητα μαγνητικής ροής AL για την έκθεση των άκρων σε τοπικό μαγνητικό πεδίο [μT] (RMS)
$1 \leq f < 8 \text{ Hz}$	$2,0 \times 10^5/f^2$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$8 \leq f < 25 \text{ Hz}$	$2,5 \times 10^4/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$25 \leq f < 300 \text{ Hz}$	$1,0 \times 10^3$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$300 \text{ Hz} \leq f < 3 \text{ kHz}$	$3,0 \times 10^5/f$	$3,0 \times 10^5/f$	$9,0 \times 10^5/f$
$3 \text{ kHz} \leq f \leq 10 \text{ MHz}$	$1,0 \times 10^2$	$1,0 \times 10^2$	$3,0 \times 10^2$

Σημείωση B2-1: f είναι η συχνότητα εκφρασμένη σε Hertz (Hz)

Σημείωση B2-2: Τα χαμηλά AL και τα υψηλά AL είναι οι RMS τιμές οι οποίες ισούνται προς τις μέγιστες τιμές διαιρεμένες διά της τετραγωνικής ρίζας του 2 προκειμένου για ημιτονοειδή πεδία. Στην περίπτωση μη ημιτονοειδών πεδίων, η αξιολόγηση της έκθεσης, η οποία διεξάγεται βάσει του άρθρου 4, βασίζεται στη μέθοδο της σταθμισμένης μέγιστης τιμής (στάθμιση στο πεδίο του χρόνου) η οποία εξηγείται στους πρακτικούς οδηγούς που αναφέρονται στο άρθρο 14, αλλά μπορούν να εφαρμοστούν και άλλες επιστημονικώς αποδεδειγμένες και επικυρωμένες διαδικασίες αξιολόγησης έκθεσης, υπό την προϋπόθεση ότι καταλήγουν κατά προσέγγιση σε ισοδύναμα και συγκρίσιμα αποτελέσματα.

EL L 179/14 Επίσημη Εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης 29.6.2013

Σημείωση B2-3: Τα AL για έκθεση σε μαγνητικά πεδία αντιπροσωπεύουν μέγιστες τιμές στη θέση του σώματος του εργαζομένου. Αυτό συνεπάγεται μια συντηρητική εκτίμηση της έκθεσης και αυτόματη συμμόρφωση προς τις ELV σε όλες τις συνθήκες ανομοιόμορφης έκθεσης. Για την απλούστευση της

αξιολόγησης της συμ-μόρφωσης προς τις ELV, σύμφωνα με το άρθρο 4, σε ειδικές ανομοιομορφες συνθήκες, θα οριστούν στους πρακτικούς οδηγούς που αναφέρονται στο άρθρο 14 κριτήρια για το χωρικό μέσο όρο των μετρούμενων πεδίων βάσει καθορισμένης δοσιμετρίας. Στην περίπτωση μιας πολύ εντοπισμένης πηγής που απέχει λίγα εκατοστά από το σώμα, το επαγόμενο ηλεκτρικό πεδίο καθορίζεται δοσιμετρικά ανά περίπτωση.