ΑΠΟΤΥΠΩΣΗ ΚΑΙ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΗΣ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΗΣ ΕΚΘΕΣΗΣ ΣΕ ΗΛΕΚΤΡΟΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Γ. Γουρζουλίδης[1,3], Π. Τσαπρούνη[2], Ν. Σκαμνάκης[2], Χ. Τζουμανίκα[2], Ε. Καλαμπαλίκη[2], Η. Καραστέργιος[2], Α. Γιαλόφας[2], Α. Αχτύπης[1], Ι. Κωνσταντακόπουλος[1], Κ. Κάππας[3] και Ε. Καραμπέτσος[2]

[1]Τμήμα Βλαπτικών Παραγόντων, Δ/νση ΥΑΕ, Υπουργείο Εργασίας

[2]Γραφείο Μη-Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών, ΕΕΑΕ

[3]Εργαστήριο Ιατρικής Φυσικής, Ιατρική Σχολή, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

e-mail: ggourz@yahoo.com

Περίληψη

Σκοπός: Η έκθεση των εργαζομένων σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ) είναι ένα ζήτημα με έντονο επιστημονικό, κοινωνικό και οικονομικό ενδιαφέρον. Υπό το πρίσμα έντονων εξελίξεων των τελευταίων χρόνων προέκυψε η νέα σχετική Οδηγία 2013/35/ΕΕ, η μεταφορά της οποίας στο εθνικό δίκαιο θα γίνει μέχρι την 1 Ιουλίου 2016.

Μέθοδος: Το Υπουργείο Εργασίας, στο πλαίσιο των αρμοδιοτήτων του και προετοιμαζόμενο για την έγκαιρη εφαρμογή της Οδηγίας, εκπονεί πιλοτικό ερευνητικό πρόγραμμα διερεύνησης της επαγγελματικής έκθεσης σε ΗΜΠ σε συνεργασία με το Γραφείο Μη-Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας. Βρίσκονται σε εξέλιξη ή έχουν ολοκληρωθεί μετρήσεις σε ΔΕΗ, ΟΣΕ, νοσοκομεία με συστήματα Απεικόνισης Μαγνητικού Συντονισμού, ΟΛΠ και βιομηχανικούς χώρους.

Αποτελέσματα: Στην συντριπτική πλειοψηφία των μετρήσεων δεν διαπιστώθηκαν υπερβάσεις των τιμών έκθεσης που θέτει η Οδηγία, ενώ στις περισσότερες περιπτώσεις δεν υπερβαίνονται ούτε τα εθνικά όρια για το γενικό πληθυσμό. Οι λίγες περιπτώσεις υπερβάσεων είναι εξαιρετικά τοπικά εντοπισμένες και διαχειρίσιμες με τεχνικά και οργανωτικά μέτρα στη βάση των αρχών για την Υγεία & Ασφάλεια στην Εργασία.

Συζήτηση: Η παρουσιαζόμενη προσπάθεια δημιουργεί σημαντική γνώση για τη συνολική κατάσταση στην Ελλάδα και αποτελεί πυλώνα για τη διαχείριση των ΗΜΠ σε χώρους εργασίας στη χώρα μας αλλά και διεθνώς.

Λέξεις-Κλειδιά: *επαγγελματική έκθεση, ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ), υγεία & ασφάλεια στην εργασία (ΥΑΕ), οδηγία 2013/35/ΕΕ*

Abstract

Purpose: The exposure of workers to electromagnetic fields (EMF) reveals great scientific, social and economic interest. In the light of the recent years' intense progress, the new Directive 2013/35/EU was released. Its transposition into national law shall take place until the 1st of July 2016.

Method: The Ministry of Labor, that under its authority is the preparation for the timely implementation of the Directive, runs a pilot research program of occupational EMF

exposure in cooperation with the Non-Ionizing Radiation Office of the Greek Atomic Energy Commission. Measurements are completed in the Public Power Corporation S.A., the National Railway Organization, hospitals with Magnetic Resonance Imaging systems, the Piraeus Port Authority S.A. and industrial sites.

Results: The vast majority of the measurements do not exceed the limits set by the Directive; moreover in most of the cases do not even exceed the national limits for the general public. The very few overexposures are detected only locally and are manageable through technical and organizational measures on the basis of the principles of Occupational Health and Safety.

Discussion: The presented work creates important knowledge about the overall situation in Greece and is a millstone for the national and international management of occupational EMF exposure.

Keywords: occupational exposure, electromagnetic fields (EMF), occupational health & safety (OHS), Directive 2013/35/EU

1. Εισαγωγή

Η αντιμετώπιση της έκθεσης των εργαζομένων σε ηλεκτρομαγνητικά πεδία (ΗΜΠ) οδηγείται στη νομοθετική της ολοκλήρωση, καθώς μετά την έκδοση της σχετικής Οδηγίας 2013/35/ΕΕ ολοκληρώνεται μια μακροχρόνια περίοδος διεργασιών. Η πρώτη Ευρωπαϊκή νομοθετική απόπειρα έγινε το 2004 με την Οδηγία 2004/40/ΕΚ, στην επιστημονική βάση των κατευθυντήριων οδηγιών της Διεθνούς Επιτροπής για την Προστασία από τις Μη-Ιοντίζουσες Ακτινοβολίες (ICNIRP 1998). Ζητήματα όμως που ανέκυψαν κυρίως σχετικά με το στατικό μαγνητικό πεδίο της απεικόνισης μαγνητικού συντονισμού (ΑΜΣ), καθώς και πληθώρα νέων επιστημονικών δεδομένων, οδήγησαν σε διαδοχικές παρατάσεις εφαρμογής της Οδηγίας, αλλά και σε αναθεώρηση των ορίων της ICNIRP για την περιοχή συχνοτήτων 0-100 kHz (ICNIRP 2010). Μετά από επεξεργασία τεχνικών ομάδων και διαβούλευση με τους κοινωνικούς εταίρους προέκυψε η νέα Οδηγία και το χρονικό διάστημα των τριών ετών για την εναρμόνιση της με την εθνική νομοθεσία, αξιοποιήθηκε από το Υπουργείο Εργασίας για την αποτύπωση της επαγγελματικής έκθεσης σε ΗΜΠ. Πραγματοποιήθηκαν στοχευμένες μετρήσεις σε χώρους εργασίας όπου η έκθεση ενδέχεται να φτάσει σε σημαντικές τιμές. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν κυρίως από το Γραφείο Μη-Ιοντιζουσών Ακτινοβολιών της Ελληνικής Επιτροπής Ατομικής Ενέργειας (ΕΕΑΕ), που αποτελεί διαπιστευμένο εργαστήριο για τη διενέργεια μετρήσεων ΗΜΠ υψηλών και χαμηλών συχνοτήτων. Η όλη διαδικασία προσδιορίζει τελικά που η έκθεση απαιτεί τη λήψη των απαραίτητων μέτρων, αλλά παράλληλα αποσαφηνίζει και την πληθώρα των χώρων όπου δεν υπάρχει κανένας λόγος ανησυχίας (McColl et al. 2015).

Η εγγενής δυσκολία διαχείρισης των ΗΜΠ, οι ιδιαιτερότητες των χώρων εργασίας και ο κοινωνικός αντίκτυπος των ΗΜΠ, οδήγησαν την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στη σύνταξη εκτενών μη δεσμευτικών πρακτικών οδηγών ώστε να διευκολυνθεί η εφαρμογή της Οδηγίας (άρθρο 14). Καλύπτονται πολλά θέματα φτάνοντας μέχρι και τις διαδικασίες μέτρησης ή ακόμα και δοσιμετρίας, ενώ παρουσιάζονται χαρακτηριστικές μελέτες περιπτώσεων (χώροι γραφείων, NMR, ηλεκτρόλυση, διακρανική μαγνητική διέγερση, μαγνήτιση/απομαγνήτιση, επαγωγική θέρμανση, συγκόλληση μετάλλων, επαγωγικοί φούρνοι, RF πλάσμα, σταθμοί κεραιών, walkie-talkies, ραντάρ). Υπάρχει διαθέσιμη και ολιγοσέλιδη έκδοση για τις Μικρομεσαίες Επιχειρήσεις (ΜΜΕ).

2. Μεθοδολογία

2.1 Υγεία και Ασφάλεια στην Εργασία (ΥΑΕ)

Η ΥΑΕ αποτελεί έναν από τους πυλώνες του τομέα της εργασίας, καθώς η διαχείριση των ζητημάτων που θέτει οδηγεί σε ουσιαστική προστασία των ανθρώπων στο εργασιακό τους περιβάλλον αλλά και σε ανάπτυξη της χώρας, διότι οι συνθήκες ΥΑΕ συνδέονται άμεσα με την αποδοτικότητα των επιχειρήσεων. Σε κάθε περίπτωση, η μη εφαρμογή των γενικών αρχών της ΥΑΕ και των προβλέψεων της ισχύουσας νομοθεσίας συνεπάγεται μεγάλο κόστος για όλους, τους εργαζόμενους, τους εργοδότες, τα ασφαλιστικά ταμεία, τα ταμεία υγειονομικής περίθαλψης και την κοινωνία στο σύνολό της (Gourzoulidis et al. 2015). Ουσιαστικά εργαλεία, επεκτείνοντας τους υπάρχοντες θεσμούς του Τεχνικού Ασφάλειας, του Ιατρού Εργασίας και της Εκτίμησης Κινδύνων, που είναι κρίσιμο να εφαρμοστούν ώστε να ενεργοποιήσουν στην πράξη την ΥΑΕ είναι (European OSHA 2014):

- Μηχανισμός αναγνώρισης, αναγγελίας και καταγραφής των επαγγελματικών ασθενειών, εκτός του υπάρχοντος για την καταγραφή και τη διερεύνηση των ατυχημάτων.

- Ανεξάρτητος Φορέας Ασφάλισης Επαγγελματικού Κινδύνου.

- Επιστημονική υποστήριξη της ΥΑΕ με εξειδικευμένα εργαστήρια, στοχευμένες μετρήσεις και παρακολούθηση των αλλαγών στους χώρους εργασίας.

- Ενημέρωση, ευαισθητοποίηση και εκπαίδευση εργοδοτών και εργαζομένων.

- Ενσωμάτωση της ΥΑΕ στην εκπαίδευση, με δράσεις που ξεκινούν και από το σχολείο.

Η παρούσα εργασία κινείται στην κατεύθυνση των παραπάνω αξόνων, καθώς τονώνει την τεχνική πλευρά της ΥΑΕ με εξειδικευμένες καταγραφές, αλλά παράλληλα αναδεικνύει την ανάγκη για γενικότερες αλλαγές, όπως αυτές προδιαγράφονται από έγκριτους φορείς (OSHA). Υπάρχουν σημαντικές προσπάθειες οργάνωσης της επαγγελματικής έκθεσης σε ΗΜΠ, με έμφαση στην καταγραφή και αρχειοθέτηση της έκθεσης, αλλά και στην ενημέρωση εργοδοτών και εργαζομένων (Vila et al. 2015), καθώς η έκθεση σε ΗΜΠ δεν παρουσιάζει προσθετικότητα: αν κάποιος εξέρθει του ΗΜΠ δεν υπάρχει τρόπος να ανιχνευτεί η έκθεσή του (εκτός από την περίπτωση των εγκαυμάτων) (Οδηγός 2015).

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

Το εύρος συχνοτήτων (0-300GHz) καλύπτεται στην Οδηγία από ένα σύνθετο σύστημα διαχείρισης μετρούμενων (επίπεδα δράσης AL) και μη (οριακές τιμές έκθεσης ELV) «ορίων», αλλά και με επιπλέον εξειδίκευση όπως υψηλά, χαμηλά και όρια άκρων καθώς και ρεύματα επαφής και άκρων. Η περιοχή των «χαμηλών» συχνοτήτων (0-100kHz) εξετάζεται για προστασία από την ηλεκτροδιέγερση των νευρικών και μυϊκών ιστών, ενώ στις «υψηλές» συχνότητες (10MHz–300GHz) αντιμετωπίζονται τα θερμικά αποτελέσματα. Στην ενδιάμεση περιοχή (100kHz-10MHz) συνεξετάζονται οι δύο προσεγγίσεις. Οι παραπάνω επιπτώσεις χαρακτηρίζονται άμεσες (βιοφυσικές επιπτώσεις στο σώμα), ενώ αντιμετωπίζονται και οι έμμεσες, όπως η εκτόξευση αντικειμένων.

Τα AL είναι μετρούμενες τιμές και αποτελούν τη βάση σύγκρισης για τις μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν. Για τις χαμηλές συχνότητες διαχωρίζονται σε χαμηλά AL για συμμόρφωση προς τα ELV με αισθητηριακές επιπτώσεις και σε υψηλά AL για συμμόρφωση προς τα ELV με επιπτώσεις στην υγεία. Τα AL αποτελούν συνεπώς τα λειτουργικά όρια που καθορίζονται με σκοπό την απλοποίηση της διαδικασίας κατάδειξης

της συμμόρφωσης με τις σχετικές ELV (Οδηγία 2013). Τα AL δίνονται σε μορφή πινάκων ανά συχνότητα για το ηλεκτρικό πεδίο E σε V/m και το μαγνητικό πεδίο B σε T. Χαρακτηριστικές στιγμιαίες RMS τιμές για τα 50Hz είναι: χαμηλό AL(E)=10kV/m, υψηλό AL(E)=20kV/m, χαμηλό AL(B)=1000μT, υψηλό AL(B)=6000μT και AL(B) άκρων=18000μT. Παράλληλα απαιτείται συνυπολογισμός του αρμονικού περιεχομένου των σημάτων, συγκρίνοντας συνολικά με τα όρια κάθε συχνότητας (λόγος έκθεσης).

Οι τιμές των AL έχουν προκύψει μέσω μοντελοποίησης από τα ELV με κατάλληλους συντελεστές μετατροπής μεγάλου εύρους (ICNIRP 2010). Στις περιπτώσεις μάλιστα που η χρήση των AL δεν είναι δόκιμη λόγω ιδιαίτερα ανομοιόμορφου πεδίου, προτείνεται ο έλεγχος συμμόρφωσης προς τις ELV μέσω μοντελοποίησης (προσομοίωση σε H/Y) (Οδηγός 2015, Γουρζουλίδης κ.α. 1015).

Η Οδηγία παρέχει παρεκκλίσεις για την ΑΜΣ και τις ένοπλες δυνάμεις, ενώ δίνει και τη δυνατότητα παρέκκλισης για επιλεγμένες βιομηχανικές εφαρμογές. Στην περίπτωση της ΑΜΣ απαιτείται αυξημένη επίβλεψη της υγείας των εργαζομένων, ενώ για τις ένοπλες δυνάμεις θα εφαρμοστεί εξειδικευμένο πρότυπο του NATO (Οδηγία 2013).

2.3 Το Ερευνητικό πρόγραμμα

Οι χώροι εργασίες προσεγγίστηκαν με συντονισμένη διαδικασία και ανταλλαγή επίσημης αλληλογραφίας (Gourzoulidis et al. 2015). Χρησιμοποιήθηκαν τα όργανα μέτρησης ETM-1 Metrolab, Narda EFA-300 (5Hz-32kHz, 100nT-32mT), Narda SRM (27MHz-3GHz) και ο προσωπικός μετρητής EMDEX Lite (40-1kHz, 100nT-70μT). Στους χώρους εργασίας έγινε ενδελεχής έλεγχος για εύρεση των περιοχών με τις δυσμενέστερες εκθέσεις, αλλά και των χαρακτηριστικών εργασιακών θέσεων, σε συνεργασία με τους υπεύθυνους των χώρων. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν όταν ο φόρτος των συστημάτων ήταν χαρακτηριστικά μέγιστος. Η διευρυμένη αβεβαιότητα των μετρήσεων χαμηλών συχνοτήτων (επίπεδο εμπιστοσύνης 95%) υπολογίστηκε σε 5,5% για τις μετρήσεις της μαγνητικής επαγωγής και 6,3% για το ποσοστό των ορίων έκθεσης. Θα πρέπει να αναφερθεί εδώ ότι η υπολογισθείσα αβεβαιότητα σε κάθε μέτρηση παρουσιάζει μικρές αποκλίσεις, αλλά οι ανωτέρω τιμές είναι αρκετά αντιπροσωπευτικές.

2.4 Οι χώροι εργασίας

Χώροι με μετρητικό ενδιαφέρον είναι κυρίως κεραίες σταθμών βάσης, χώροι παραγωγής-μεταφοράς ηλεκτρικής ενέργειας, επαγωγικοί και διηλεκτρικοί κλίβανοι, βιομηχανικός μαγνητισμός/απομαγνητισμός και μικροκυματική ξήρανση, ηλεκτρόλυση, ηλεκτροκίνητες μεταφορές, συστήματα ραδιοτηλεοπτικών μεταδόσεων, ιατρικός εξοπλισμός (ΑΜΣ, διαθερμίες), ραντάρ (Οδηγός). Οι χώροι που επιλέχτηκαν καλύπτουν μεγάλο μέρος αυτών χωρίς ο κατάλογος να είναι εξαντλητικός, καθώς δεν κατέστη δυνατή η πρόσβαση σε όλους, ενώ στην Ελλάδα είναι περιορισμένες οι εγκαταστάσεις βαριάς βιομηχανίας.

3. Αποτελέσματα

3.1 Απεικόνιση Μαγνητικού Συντονισμού (ΑΜΣ)

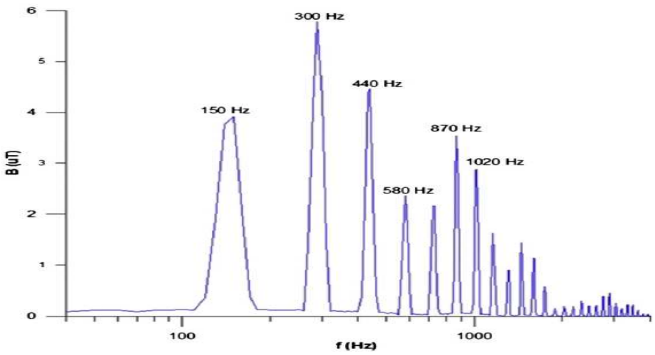
Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις όλων των πεδίων που εμφανίζονται κατά την εξέταση ΑΜΣ, δηλαδή του στατικού μαγνητικού πεδίου, του πεδίου χαμηλών συχνοτήτων που

σχετίζεται με τη λειτουργία των βαθμίδων και του πεδίου ραδιοσυχνοτήτων που σχετίζεται με τη βασική συχνότητα διέγερσης. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν στα συστήματα 1,5T και 3T του νοσοκομείου Υγεία και 1,5T του Αγίου Σάββα και του ΠΑΓΝΗ (Gourzoulidis et al. 2015). Παράλληλα προέκυψαν ενδιαφέρουσες αρμονικές στην περιοχή των ραδιοσυχνοτήτων (RF). Μια πρώτη εκτίμηση είναι ότι προέρχονται από τη δημιουργία στάσιμων κυμάτων εντός του κλωβού Faraday του χώρου εξέτασης (Βουδούρης 1968).

Πίνακας 1: Συγκεντρωτικά αποτελέσματα για ηλεκτρικά RF πεδία ($AL(E)_{RMS}$ = 61V/m και $AL(E)_{peak}$ = 1952V/m).

RMS τιμές Έντασης Ηλεκτρικού Πεδίου:	PEAK τιμές Έντασης Ηλεκτρικού Πεδίου:
0,3 – 2V/m, για 1,5T σύστημα 36V/m, για 3T σύστημα	1,8 – 10,4V/m, για 1,5T σύστημα 285 – 295V/m, για 3T σύστημα

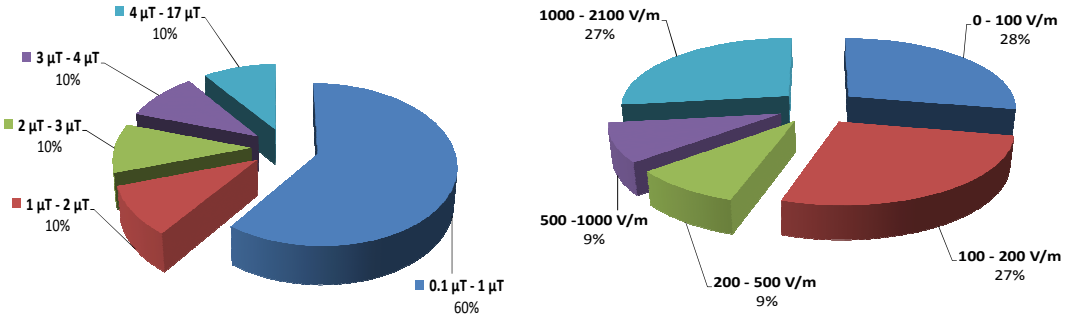
Για το ELF οι τιμές είναι 43-374μT με τοπικές υπερβάσεις πίσω από το bore και πλούσιο συχνοτικό περιεχόμενο (Gourzoulidis et al. 2015).



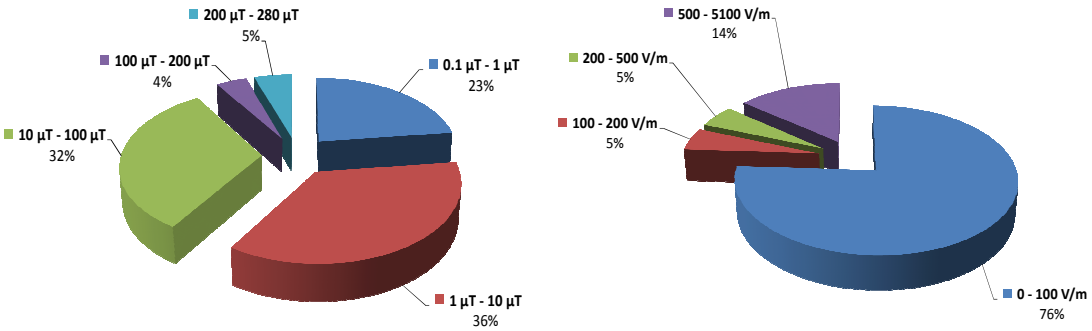
Σχήμα 1: ELF αρμονικές με κυρίαρχη αυτή των 300 Hz, αλλά και στα150, 440, 870, 1020, 580 Hz.

3.2 Σταθμοί παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και υποσταθμοί υψηλής τάσης (ΔΕΗ)

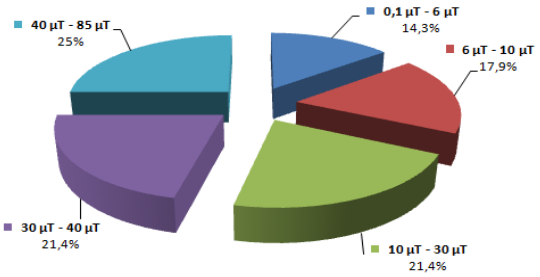
Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε τέσσερις ανοικτούς και κλειστούς υποσταθμούς υποβιβασμού τάσης (150-20kV), υδροηλεκτρικούς σταθμούς παραγωγής (Λούρος, Πουρνάρι I, II) και σε ατμοηλεκτρικό σταθμό παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας (Καρδιά Κοζάνης) (Karabetsos et al. 2015).



Σχήμα 2: Συγκεντρωτική κατανομή των τιμών των μαγνητικών (μT) και ηλεκτρικών (V/m) πεδίων υποσταθμών υψηλής τάσης (Χαμηλό AL(E) = 10kV/m και χαμηλό AL(B) = 1000μT).



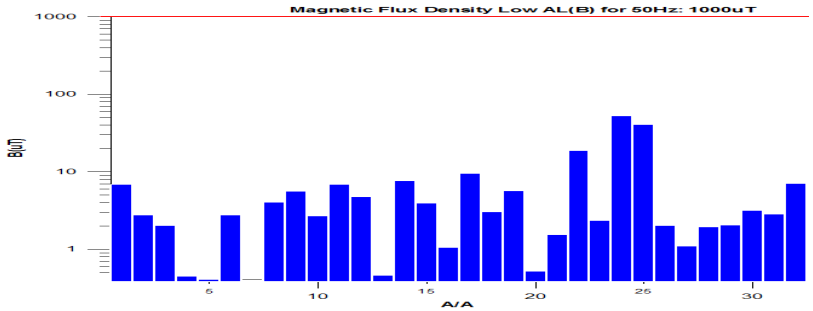
Σχήμα 3: Συγκεντρωτική κατανομή των τιμών των μαγνητικών (μT) και ηλεκτρικών (V/m) πεδίων υδροηλεκτρικών σταθμών παραγωγής.



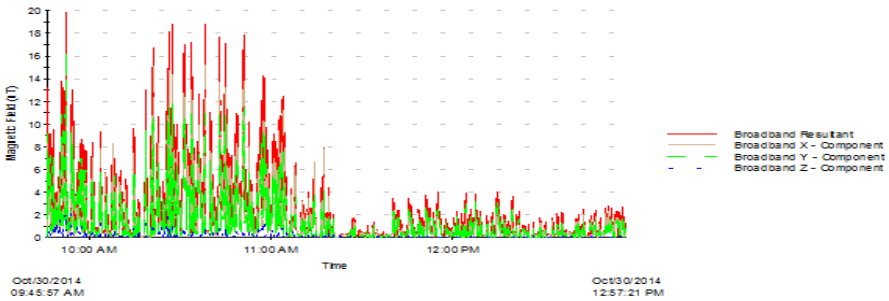
Σχήμα 4: Συγκεντρωτική κατανομή των τιμών των μαγνητικών πεδίων (μT) ατμοηλεκτρικού σταθμού παραγωγής.

3.3 Συστήματα ηλεκτροκίνησης (ΟΣΕ)

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε ηλεκτροδοτημένα τμήματα (20kV, 50Hz) του Ελληνικού δικτύου, στις γραμμές Αεροδρόμιο - Κιάτο και Δομοκός - Θεσσαλονίκη, εντός των αμαξοστοιχιών και σε διάφορες συνθήκες λειτουργίας (επιτάχυνση και επιβράδυνση).



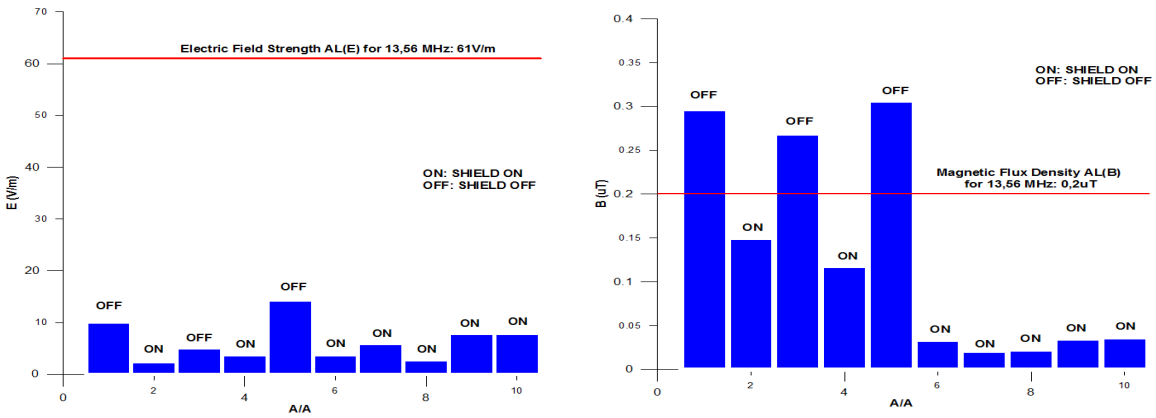
Σχήμα 5: Πυκνότητα της Μαγνητικής Ροής B, για διάφορες συνθήκες λειτουργίας της αμαξοστοιχίας Intercity. Τιμές στη θέση του συνοδηγού: 0,38 – 52,3μT.



Σχήμα 6: Χρονική κατανομή του B στη θέση του οδηγού της αμαξοστοιχίας Intercity.

3.4 Γεννήτρια RF πλάσματος

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις στο εργαστήριο μικροηλεκτρονικής του ΕΚΕΦΕ Δημόκριτος σε σύστημα γεννήτριας RF πλάσματος (13,56MHz - 1800W), με και χωρίς τα καλύμματα θωράκισης.

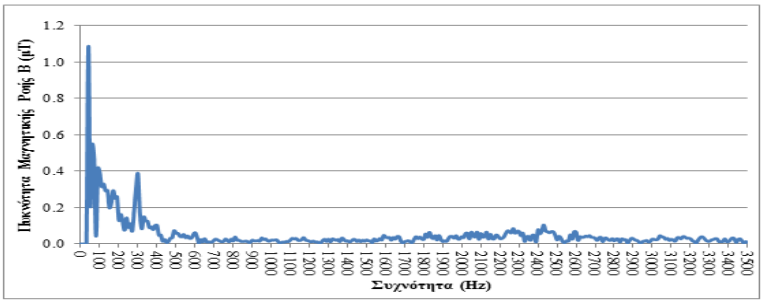


Σχήμα 7: Συγκεντρωτικά στοιχεία για τα ηλεκτρικά και μαγνητικά πεδία γύρω από τη γεννήτρια RF πλάσματος. Για τις περιπτώσεις χωρίς θωράκιση υπάρχει υπέρβαση του AL(B).

3.5 Βιομηχανικές εφαρμογές

3.5.1 Ηλεκτροσυγκόλληση

Πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις όσο πιο κοντά στο σώμα του εργαζόμενου ήταν πρακτικά εφικτό. Σύμφωνα με το εγχειρίδιο του οργάνου μέτρησης Narda EFA-300, για εξοπλισμό συγκολλήσεως (παλμικό πεδίο) η λήψη μετρήσεων σε Exposure STD mode είναι η ενδεδειγμένη. Κατά την εργασία συγκόλλησης (τύπου MIG) στο επιλεγμένο πόστο κόλλησης (380V, 27A), η έκθεση του εργαζόμενου ως ποσοστό επί του χαμηλού AL(B) ήταν 10,4%.

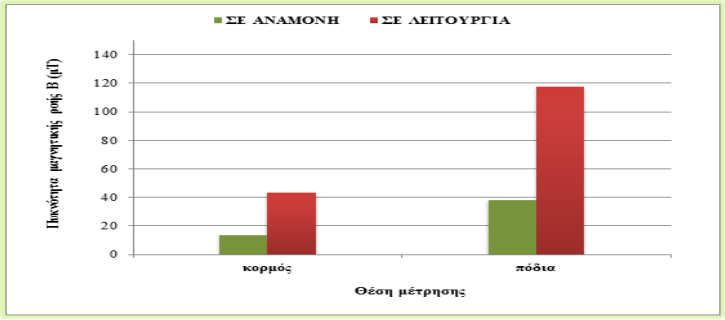


Σχήμα 8: Φασματική ανάλυση στην περιοχή συχνοτήτων 40Hz-3,5kHz μέσω γρήγορου μετασχηματισμού Fourier, στη θέση χειριστή συγκόλλησης τύπου MIG.

3.5.2 Επαγωγικοί Φούρνοι – JUNKER

Σειρά μετρήσεων πραγματοποιήθηκε σε λειτουργία και σε αναμονή λειτουργίας του εξοπλισμού, στο σημείο πάνω από το φρεάτιο εγκιβωτισμού των τροφοδοτικών καλωδίων

του επαγωγικού φούρνου και για το λόγο αυτό έγινε εκτίμηση της έκθεσης στο επίπεδο των ποδιών (43,4 – 118μT) και του κορμού (13,9 – 38,3μT).



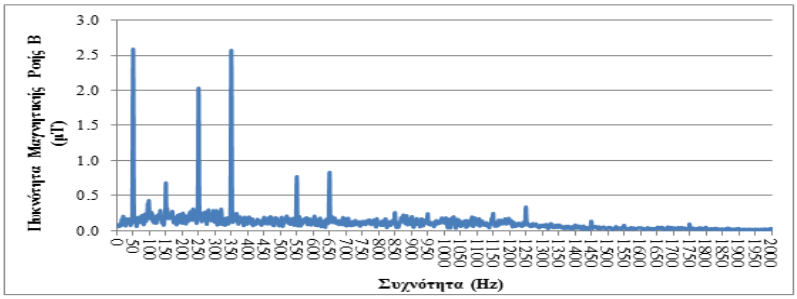
Σχήμα 9: Αποτελέσματα μετρήσεων της πυκνότητας μαγνητικής ροής B (μT), για διαφορετικές συνθήκες λειτουργίας και ύψη, στο περιβάλλον επαγωγικού φούρνου JUNKER.

3.6 Γερανογέφυρες (Οργανισμός Λιμένος Πειραιώς)

Στο χώρο των εγκαταστάσεων του ΟΛΠ, λειτουργούν γερανογέφυρες καθώς και οχήματα στοιβασίας μεταφοράς. Στη συντριπτική πλειοψηφία των μετρήσεων στις θέσεις εργασίας (χειριστές, ηλεκτρολόγοι, μηχανικοί βάρδιας) οι τιμές του B είναι: 0,03–0,12μT. Στο ηλεκτροστάσιο, στο μηχανοστάσιο και στον υποσταθμό της γερανογέφυρας τύπου PANAMAX, τοπικά μέγιστες τιμές για το B εντοπίζονται πλησίον του κινητήρα της γερανογέφυρας (507kW, 500V_{AC}, με δυνατότητα ρύθμισης στροφών μέσω της συχνότητας – inverter), σε μετασχηματιστές υποβιβασμού μέσης προς χαμηλή τάση, σε κύριους πίνακες παροχής χαμηλής τάσης και σε τροφοδοτικά καλώδια ισχύος, με τιμές στο εύρος 0,57–50,9μT. Η συνεκτίμηση των αποτελεσμάτων σε απόλυτες τιμές και ως ποσοστά % χαμηλού AL(B) προέκυψε ότι είναι επιβεβλημένη, λόγω της φύσης λειτουργίας του εξοπλισμού.

3.6.1 Μετρήσεις σε τυπικές συνθήκες λειτουργίας του εξοπλισμού

Πραγματοποιήθηκε σειρά μετρήσεων λαμβάνοντας υπόψη τις τυπικές συνθήκες λειτουργίας του εξοπλισμού. Οι τιμές του B στο μηχανοστάσιο της γερανογέφυρας, πλησίον των καλωδίων τροφοδοσίας του κινητήρα σε τυπικές συνθήκες λειτουργίας είναι: 10,2–50,9μT, με τις μεγαλύτερες εξ αυτών να καταγράφονται κατά τη γρήγορη ανύψωση φορτίου ως ποσοστό % επί του χαμηλού AL(B): 9,6% - 11,3%. Η φασματική ανάλυση (5Hz-2kHz) μέσω γρήγορου μετασχηματισμού Fourier παρουσιάζει πλούσιο αρμονικό περιεχόμενο (σχήμα 10).

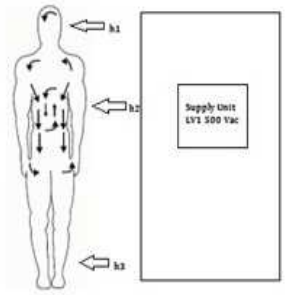


Σχήμα 10: Φασματική ανάλυση στην περιοχή συχνοτήτων 5Hz-2kHz, μέσω γρήγορου μετασχηματισμού Fourier, εντός μηχανοστασίου γερανογέφυρας PANAMAX.

3.6.2 Εκτίμηση της έκθεσης σε ολόκληρο το σώμα

Η εκτίμηση αυτή πραγματοποιήθηκε όπου αυτό επιβάλλεται από τη χωροταξία του υπό μέτρηση εξοπλισμού σε σχέση με το σώμα του εργαζόμενου. Στον πίνακα 2, παρουσιάζονται οι μετρήσεις που έγιναν εντός του χώρου του υποσταθμού της γερανογέφυρας, μπροστά από τον Πίνακα Παροχής LV1 ($500V_{AC}$):

Πίνακας 2: Μετρούμενη πυκνότητα μαγνητικής ροής B (μT) στο περιβάλλον πίνακα παροχής χαμηλής τάσης, στο ύψος του κεφαλιού, του κορμού και των ποδιών.



Περιγραφή θέσης	Πυκνότητα Μαγνητικής Ροής B (μT)
Στο ύψος του κεφαλιού h1	1,8
Στο ύψος του κορμού h2	1,4
Στο ύψος των ποδιών h3	3,9

4. Συμπεράσματα – Προτάσεις

Προκειμένου να γίνει ουσιαστική εκτίμηση κινδύνου στις θέσεις στις οποίες ενδέχεται να υπάρχει υψηλή έκθεση των εργαζομένων σε ΗΜΠ, είναι απαραίτητο να διεξάγονται αναλυτικές μετρήσεις των σχετικών ηλεκτρικών και μαγνητικών πεδίων. Σε σύνθετες εγκαταστάσεις, είναι απαραίτητο να λαμβάνονται υπόψη και οι μετρήσεις του ποσοστού έκθεσης σε συνδυασμό με τις μετρήσεις της απόλυτης τιμής του B (ή/και του E). Παράλληλα, είναι επίσης χρήσιμο να γίνεται και αρμονική ανάλυση του μετρούμενου πεδίου, καθώς αυτή καταδεικνύει την παρουσία αρμονικών συνιστωσών οι οποίες ευθύνονται για τις αυξημένες τιμές του μετρούμενου ποσοστού έκθεσης σε αυτές τις περιπτώσεις. Επίσης, σε ορισμένες εφαρμογές απαιτείται εκτίμηση έκθεσης σε ολόκληρο το σώμα, δεδομένου ότι τα όρια έκθεσης αφορούν τιμές για ολόσωμη έκθεση του εργαζόμενου, ενώ η εκτίμηση της έκθεσης πρέπει να γίνεται λαμβάνοντας υπόψη το είδος της εφαρμογής και τις συνθήκες λειτουργίας του εξοπλισμού, με χαρακτηριστικά παραδείγματα αυτά του ΟΛΠ και του ΟΣΕ.

Η επιλογή των χώρων συνάδει με αυτά που προτείνονται από τη βιβλιογραφία καθώς επιλέχτηκαν οι πιο χαρακτηριστικές περιπτώσεις. Τα αποτελέσματα ανέδειξαν ότι στην συντριπτική πλειοψηφία των περιπτώσεων, οι μετρούμενες τιμές είναι κάτω από τις τιμές ανάληψης δράσης της Οδηγίας, αλλά και κάτω από τα όρια του γενικού πληθυσμού. Οι ελάχιστες υψηλές τιμές είναι τοπικά εντοπισμένες και οι υπερβάσεις μπορούν να διαχειριστούν με σήμανση ή/και απαγόρευση πρόσβασης, τεχνικά και οργανωτικά μέτρα.

Η αυξημένη επίβλεψη της υγείας που απαιτείται για την ΑΜΣ μπορεί να καλυφθεί εν μέρει από τις διαθέσιμες μετρήσεις, οι οποίες μπορούν να αποτελέσουν σημαντικό στοιχείο και για την κατάρτιση της εκτίμησης κινδύνου. Σημαντική ώθηση σε αυτή την κατεύθυνση μπορεί να δώσει το σχετικό διαδικτυακό εργαλείο OiRA (Online Interactive Risk Assessment). Οι μετρήσεις σε χώρους ΑΜΣ μπορούν να βοηθήσουν και στην κατεύθυνση της προτεινόμενης ερευνητικής δράσης για την συστηματικότερη καταγραφή της επαγγελματικής έκθεσης, καθώς εκεί υπάρχει παρουσία πολλών διαφορετικών συχνοτήτων και διαμορφώσεων (SCENHIR 2015).

Ο ακριβής καθορισμός της έκθεσης των εργαζομένων που εκτίθεται σε σχετικά υψηλά πεδία, μπορεί να αποτελέσει τη βάση για την αξιολόγηση των ΗΜΠ σε βάθος χρόνου. Σε αυτή την κατεύθυνση, είναι σημαντικό να υπάρξει παρακολούθηση των χώρων που έχουν ήδη μετρηθεί. Τέλος, η Οδηγία ολοκληρώνει την αντιμετώπιση όλου του φάσματος των ΗΜΠ, δημιουργώντας ένα σημαντικό εργαλείο εκπαίδευσης για τις μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες γενικότερα. Καθώς το έλλειμμα της εκπαίδευσης στην ΥΑΕ είναι μεγάλο, μια οργανωμένη σχετική προσπάθεια για τα ΗΜΠ θα προσφέρει γενικότερη ώθηση στην ΥΑΕ. Συνολικά, η παρουσιαζόμενη προσπάθεια δημιουργεί μια σημαντική βάση δεδομένων της επαγγελματικής έκθεσης στην Ελλάδα και εκφράζει στην πράξη τη βούληση για ανάπτυξη της ΥΑΕ.

5. Βιβλιογραφία

Βουδούρης Γεώργιος Οδ. "Ηλεκτρομαγνητικά Αντηχεία", σελ 47, 1968, ΤΕΕ, Αθήνα.

Γουρζουλίδης Γ, Μέμος Γ κ.α.: "*Η ανάγκη για μοντελοποίηση των ΗΜΠ των συστημάτων ΑΜΣ και τα πρώτα βήματα*". 22° Συνέδριο Ακτινολογίας, 2015, Αθήνα.

Μη δεσμευτικός οδηγός ορθής πρακτικής για την εφαρμογή της οδηγίας 2013/35/ΕΕ, ΗΜΠ. Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2015. ISBN 978-92-79-45861-3, doi: 10.2767/74304.

Οδηγία 2013/35/ΕΕ, Επίσημη εφημερίδα της Ευρωπαϊκής Ένωσης, L 179/1, 29.6.2013.

European OSHA, https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/reports/estimating-the-costs-of-accidents-and-ill-health-at-work/view

European OSHA, https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/publications/reports/the-business-case-for-safety-and-health-cost-benefit-analyses-of-interventions-in-small-and-medium-sized-enterprises/view

Gourzoulidis G, Karabetsos E et al: "*Occupational EMF exposure in MRI systems. Preliminary results for the RF harmonic content*". Phys Medica: Eur J of Med Physics 31, 2015, 757-762.

Gourzoulidis G, Karabetsos E et al. "*The EMF environment of MRI systems. Occupational exposure assessment reveals RF harmonics*", IOP Publ. J. of Phys: Conference Series 637, 2015, 012009, doi:10.1088/1742-6596/637/1/012009.

ICNIRP Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz). Health Physics 1998; 74(4): 494-522.

ICNIRP factsheet on the guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1Hz-100kHz). Health Phys 2010; 99(6): 818-36.

Karabetsos E, Skamnakis N et al.: "*Characterization of occupational EMF exposure in hydroelectric power plants and high voltage substations*", Bul J of Pub Health, 2015, Supplement Vol.VII, 235-242, ISSN 1313-860X.

McColl Neil et al.: "*European Code against Cancer 4th Edition: Ionnising and non-ionising radiation and cancer*". Cancer Epidemiology 395, 2015, S93-S100.

Online Interactive Risk Assessment, www.oiraproject.eu

SCENIHR, http://ec.europa.eu/health/scientific_committees/emerging/docs/scenihr_o_041.pdf

Vila J et al.: "*A source-based Meas. Database for Occup Exp Assessment of EMF in the INTEROCC study: A Literature Rev*iew". Appr. Ann. Occup. Hyg, 2015, 1-21, doi: 10.1093/annhyg/mev076.