ELEKTROMAGNĒTISKIE LAUKI: PAŠREIZĒJĀS UN NĀKOTNES PROBLĒMAS DARBA AIZSARDZĪBAS JOMĀ

Ievads

Mobilie tālruņi, radioantenas, Wi-Fi maršrutētāji, elektrolīnijas un citas ierīces emitē nedzirdamus un neredzamus elektromagnētiskos laukus bez smaržas, un mūsdienu sabiedrībā tie ir visur. Avotu skaits un daudzveidība mājokļos, sabiedriskās vietās un darbavietās tikai pieaug. Pēdējos gados plaši izplatītas ir kļuvušas jaunas tehnoloģijas, kuru pamatā ir elektromagnētiskie lauki (EML), piemēram, jaunās paaudzes mobilo tālruņu tehnoloģijas (piektā paaudze, ko dēvē arī par 5G), bezvadu elektroenerģijas pārnese un dažādi šo tehnoloģiju izmantošanas veidi medicīnā. Faktiski bezvadu tehnoloģiju sasniegumi tiek uzskatīti par svarīgiem darba digitalizācijas[1] un "Rūpniecības 5.0" virzītājspēkiem (EK, 2022). Šie sasniegumi ietekmē daudzas jomas, kas saistītas ar darba nākotni[2], piemēram, lietu internetu (*IoT*), hibrīddarbu un virtuālā darba vides. Tiem ir arī būtiska loma autonomā transportlīdzekļu kustībā, bezpilota lidaparātos, sensoros un progresīvajā robotikā. EML avotu izplatības dēļ diskusija par EML ir kļuvusi arvien plašāka gan zinātnieku aprindās, gan sabiedrībā kopumā. Turklāt, ņemot vērā šo tehnoloģiju straujo ieviešanu un pieaugošo izmantošanu darba vidē, Eiropas Komisija (EK) nesen uzsvēra, cik svarīgi ir analizēt EML ietekmi uz darbiniekiem, kā arī EML iedarbības iespējamo nelabvēlīgo ietekmi uz veselību (EK, 2021).

Šī dokumenta mērķis ir apzināt jaunas un nākotnes iespējas izmantot EML tehnoloģijas darbā, kā arī to iespējamo ietekmi uz darba aizsardzību (DA). Tāpat šī dokumenta mērķis ir arī uzsvērt zināšanu trūkumu par (drošiem) iedarbības līmeņiem. Turklāt dokumentā ir sniegti ieteikumi darbiniekiem un darba devējiem, veselības un drošības speciālistiem un politikas veidotājiem, lai samazinātu ar EML iedarbību saistītos riskus. Attiecībā uz informāciju par netiešajiem darba aizsardzības riskiem un ieguvumiem, ko rada EML izmantošana, kas attiecas uz darba nākotni, ir sniegtas atsauces uz attiecīgajām *EU-OSHA* publikācijām[1,2].

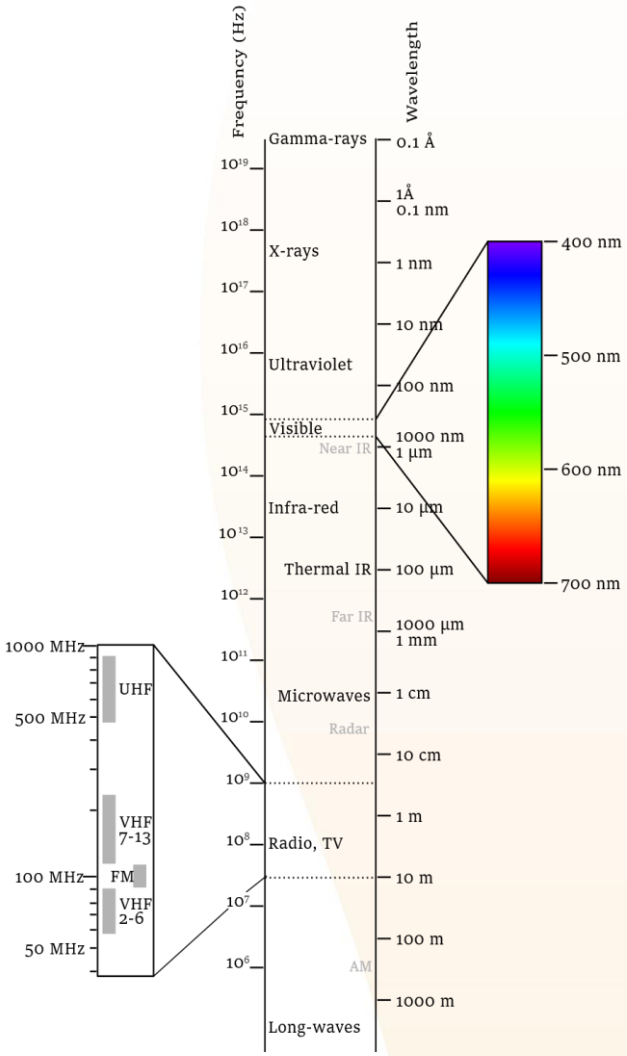
Kas ir elektromagnētiskie lauki?

Būtībā elektromagnētiskos laukus (EML) ģenerē kustīgi elektriskie lādiņi kopā ar elektrisko un magnētisko viļņu oscilācijām gaismas ātrumā. Elektrisko lauku rada spēki, ar ko uzlādētās daļiņas iedarbojas cita pret citu, savukārt magnētisko lauku rada kustīgie lādiņi (elektriskā strāva). EML raksturo to frekvence, viļņa garums, signāla raksturlielumi un intensitāte. Frekvence, ko mēra hercos (Hz), attiecas uz ciklu skaitu, ko vilnis veic sekundē. Viļņu garums, ko mēra metros (m), ir attālums starp divām viļņa smailēm. Signāla raksturlielumi attiecas, piemēram, uz nepārtrauktiem sinusoidāliem vai pulsējošiem EML. Intensitāte ir viļņa enerģija, kas korelē ar viļņa amplitūdu (smailes augstumu). Iedarbības līmenis ir incidenta viļņa intensitāte ķermeņa atrašanās vietā, parasti laikā, tilpumā un/vai telpiski svērtā (vidējā) intensitāte noteiktā laikposmā, virsmā un/vai tilpumā. Šo līmeni mēra pēc jaudas blīvuma (vatos uz kvadrātmetru) vai elektriskā lauka intensitātes (voltos uz metru). Frekvence un viļņu garums ir savstarpēji saistīti (1. attēls): viļņu garumu (metros) var aprēķināt, dalot gaismas ātrumu (30 miljoni metru sekundē vakuumā) ar frekvenci (hercos, Hz). Jāņem vērā, ka elektrisko un magnētisko lauku parasti savieno attālumos, kas pārsniedz 10 viļņu garumus no avota; šo reģionu sauc par tālo lauku.

[1] Skatīt: https://osha.europa.eu/en/themes/digitalisation-work

[2] Sk. *EU-OSHA* diskusiju dokumentus par ar darba nākotni saistītām tēmām: https://osha.europa.eu/en/publications?f%5B0%5D=facet_tags%3A51&f%5B1%5D=publication_type%3A9&search_api_fulltext=&search_api_language_1%5B0%5D=en&sort_by=field_publication_date

1. attēls: Elektromagnētiskais spektrs



Šajā attēlā nav iekļauts ārkārtīgi zemas frekvences (*ELF*) diapazons un daļa no starpfrekvences (*IF*) diapazona (1 Hz–100 kHz).

Saīsinājumu saraksts MHz = megahercs ar Hz kā frekvences vienību, kas norāda ciklu/sinusa viļņu skaitu sekundē; *UHF* = īpaši augsta frekvence, *VHF* = ļoti augsta frekvence; *AM* = modulēta amplitūda; *FM* = modulēta frekvence; *IR* = infrasarkanā; m = metrs, cm = centimetrs; mm = milimetrs; µm = mikrometrs, nm = nanometrs, Å = angstroms = 0,1 nm.

Avots: Wikimedia Commons [Creative Commons Attribution-ShareAlike 2.5 Generic license]

Pastāv gan dabā sastopami, gan cilvēka radīti EML avoti. Vispārīgi runājot, cilvēka radītie avoti izstaro EML, ar kuriem veiktas manipulācijas, lai pārraidītu informāciju vai enerģiju. Tomēr praktiskie lietojumi ir tikpat plaši kā šo lauku frekvence: no ārkārtīgi zemām frekvencēm (*ELF*, t. i., frekvences no 1 Hz līdz 300 Hz), kas raksturīgas elektroenerģijas ražošanā, līdz starpfrekvencēm (*IF*, t. i., frekvences no 300 Hz līdz 10 MHz, ar 1 MHz = 10^6 Hz; 1. attēls) līdz radiofrekvencēm (*RF*, t. i., frekvences no 10 MHz līdz 300 GHz, ar 1 GHz = 10^9 Hz; 1. attēls), ko izmanto radaros un mobilo sakaru tīklos.

Ir svarīgi atzīmēt, ka šajā dokumentā ir aplūkoti tikai tie EML, kuru frekvences nepārsniedz dažus terahercus (1 THz = 10^{12} Hz, 1. attēls), tā sauktie radioviļņi (ITU, 2020), kas atrodas zem redzamās gaismas spektra un ietilpst spektra daļā, kuru uzskata par nejonizējošo, piemēram, tie ir viļņi, kuriem trūkst enerģijas, lai atdalītu cieši saistītos elektronus no atomiem vai molekulām (kas var izraisīt molekulārus bojājumus un radīt ietekmi uz veselību). Tas nozīmē, ka papildus infrasarkanajai un redzamajai gaismai šeit netiek ņemtas vērā citas labi zināmas elektromagnētiskā spektra daļas, piemēram, UV starojums, rentgenstari un gamma stari.

Jaunākā informācija par EML darba vietās

Mobilo sakaru tīkli

Piektās paaudzes telekomunikāciju tīkli (5G) darbojas iepriekš neizmantotās frekvencēs, no kurām dažas ir ievērojami augstākas nekā iepriekšējās paaudzēs izmantotās frekvences (līdz 71 GHz (1 GHz = 10^9 Hz), 1. attēls). Šīs tehnoloģijas priekšrocība ir tāda, ka viena bāzes stacija tagad vienlaikus spēj apkalpot lielāku lietotāju skaitu. To panāk, dalot telpā pārraidīto enerģiju un to koncentrējot pret lietotājiem vērstu staru veidā. Lielākajā daļā Eiropas valstu regulatori tagad ir piešķīruši un izsolījuši jaunās frekvences.

5G tīklu vispārēja izvēršana saskārās ar sabiedrības bažām par iespējamiem veselības riskiem, ko rada pieņēmums par kopējās EML iedarbības pieaugumu un lielāku frekvenču izmantošanu (kuru iespējamā bioloģiskā ietekme vēl nav rūpīgi izpētīta), kā arī ar maldinošu informāciju un pat vandālisma aktiem, kas vērsti pret infrastruktūru (ITU, 2021. gads). Lai gan 5G tīklu izmantošanas sākšana tiešām varētu palielināt kopējo EML iedarbību, paredzams, ka šī situācija turpināsies tik ilgi, kamēr darbosies iepriekšējās paaudzes tīkli (SCHEER, 2023a). Lai mazinātu sabiedrības bažas par 5G un uzraudzītu šī tīkla faktisko ietekmi uz kopējo RF-EML iedarbību, ES pamatprogramma "Apvārsnis" ir finansējusi četrus starptautiskus pētījumus, kuru mērķis ir novērtēt 5G ieviešanas ietekmi uz veselību un vidi arī darba vidēs[3]. Šie projekti sākās 2022. gadā un beigsies laikposmā no 2025. līdz 2027. gadam.

Augstākās frekvencēs ir nepieciešams arvien vairāk bāzes staciju, lai uzturētu augstas kvalitātes bezvadu savienojumus. Tāpēc tiek izmantotas mazo šūnu bāzes stacijas, kas izvietotas tikai dažu simtu metru attālumā uz kokiem, ielu apgaismojuma stabiem vai ēkām (SCHEER, 2023a). Mazo šūnu stacijas arvien vairāk tiek izmantotas arī privātos/uzņēmumu tīklos[4] un izvietotas lielās rūpnīcās, ražotņu telpās, lidostās un ostās, kempingos utt.

5 G tīkla pārraides metožu, augstāku frekvenču un vienlaicīgas tīklu pārklāšanās kombinācija nodrošina bezvadu sakarus ar (ļoti) lielu datu caurlaidspēju un (īpaši) zemu latentumu, kas padara šo tīklu par būtisku darba digitalizācijas un daudzu nākotnes lietojumu ikdienas darbā virzītājspēku. Tomēr paredzams, ka tehnoloģiskās inovācijas, ko ievieš 5G tīkls, tiks pilnībā īstenotas tikai nākamajā 6G paaudzē, un paredzams, ka šis projekts tiks sākts 2030. gadā. ES pamatprojektā Hexa-X[5] pat tiek prognozēts, ka 6G kļūs par vispārējas nozīmes tehnoloģiju (*GPT*), nevis vienkārši par pamattehnoloģiju, nodrošinot maksimālu teleklātbūtni, piemēram, metaversu; milzīga apjoma mērķsadarbību (t. i., reāllaika infopaneļi un virtuālie ierīču un (ražošanas) iekārtu modeļi); e-veselība visiem; koboti (t. i., roboti, kas atbalsta cilvēkus viņu uzdevumu veikšanā); kā arī lietu interneta pilnīga integrācija ar ļoti daudziem sensoriem uz ķermeņa un apkārtējā vidē. Tas nozīmē, ka paredzams, ka 6G būs tālejoša ietekme uz sabiedrības un rūpniecības pārmaiņām (rūpniecība 5.0). Šim nolūkam 6G izmantos radiofrekvenču spektra daļas, kas ievērojami pārsniedz to, ko izmanto vai izmantos 5G tīkls (> 100 GHz), kas ne tikai nodrošina īpaši augstu caurlaidspēju, bet arī ļauj lokalizēt un sajust centimetru līmenī.

Pāreja enerģētikā

Lai īstenotu notiekošo enerģētikas nozares pāreju uz atjaunīgiem avotiem, ir nepieciešama elektroenerģijas tīkla paplašināšana un modernizācija (piemēram, augstsprieguma līniju un zemsprieguma staciju izvēršana), kā arī uzlabota momentānā enerģijas patēriņa uzraudzība individuālā līmenī (piemēram, izmantojot sensoru bezvadu tīklu, ko sauc par viedajām mērierīcēm). Iedarbības riski darba ņēmējiem (piemēram, celtniekiem, elektriķiem un apkopes mehāniķiem) un darba ņēmējiem, kas iesaistīti jaunas (enerģētikas) infrastruktūras būvniecībā un uzturēšanā, ar potenciāli augstu iedarbību augstas strāvas dēļ, ir labi zināmi, un spēkstaciju darbinieki kopumā labi apzinās riskus un to, kā sevi aizsargāt (Stege et al., 2020), lai gan apakšuzņēmēji spēkstacijās, iespējams, ne vienmēr pilnībā apzinās, ka par veselību, drošību un vidi (*HSE*) atbildīgie darbinieki spēj tiem sniegt visu nepieciešamo informāciju. Turklāt viedās mērierīces parasti maz ietekmē kopējo RF-EML iedarbību, jo to pārraides ir retas un to atrašanās vietas ir specifiskas (Aerts et al., 2019). Visbeidzot, (rūpnieciskās) apkures risinājumi aizvien vairāk pāriet no ogļūdeņražu kurināmā uz elektrisko indukciju, kā rezultātā rodas

[3] Skatīt: https://www.emf-health-cluster.eu/
[4] Privātie/uzņēmumu 5G tīkli nav publiski pieejami un ir ļoti droši.
[5] Sk.: https://hexa-x.eu/. Eiropas Komisija ir sākusi vairākas pamatiniciatīvas, lai risinātu galvenās zinātnes un tehnoloģiju problēmas un veicinātu inovāciju izstrādi ES: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/flagships

zemas frekvences magnētiskā lauka avoti, kam, iespējams, ir augsta intensitāte, bet ko mēs spējam iegrožot līdz ievērojami zemākām frekvencēm, salīdzinot ar iedarbības robežvērtībām (EK, 2015a, b).

Bezvadu elektroenerģijas pārnese

Bezvadu elektroenerģijas pārnese (*WPT*) ir kļuvusi par vadošo tehnoloģiju personīgo ierīču (piemēram, viedtālruņu un klēpjdatoru, kā arī elektroinstrumentu) uzlādei, un tā tiek pētīta vai ieviesta arī medicīnisko ierīču jomā (piemēram, elektrokardiostimulatoriem), elektriskajiem transportlīdzekļiem, droniem un citiem autonomiem rūpnieciskiem transportlīdzekļiem / robotiem. *WPT* izmanto fokusētu radiofrekvenču EML (stari), vai induktīvās vai rezonanses tehnoloģijas, kas izstaro EML frekvencēs no 10 kHz līdz 50 MHz (ETSI, 2019). Pirmajā gadījumā savienojums "pa gaisu" ļauj nepārtraukti darboties ierīcēm un mehānismiem, robotiem un droniem. Darba vidē *WPT* galvenokārt izmanto tehniskās apkopes un remonta nozarēs, ražošanas nozarē, transporta un loģistikas nozarē un visās nozarēs ar darbvietām, kurās izmanto (mobilo) robotiku. Bezvadu transportlīdzekļu uzlāde tiks ieviesta arī plašākā mērogā, integrējot to (ceļmalu) infrastruktūrā. Piemēram, dažādi transportlīdzekļi, to vidū automašīnas, autobusi un kravas auto, jau tiek uzlādēti, izmantojot cilpas[6] stāvvietās un autobusu pieturvietās. Turklāt tuvākajā nākotnē uzlādes cilpas tiks iebūvētas ceļos, lai pastāvīgi uzlādētu transportlīdzekļus kustībā. Neseni pētījumi (tiesa gan, tie netika veikti darba vidēs) liecina, ka tuvumā esošo *WPT* sistēmu iedarbība ir zemāka par iedarbības robežvērtībām (Stam, 2022). Tomēr nākotnē sistēmu jaudas pieaugums, piemēram, lielu elektrisko transportlīdzekļu uzlādei, varētu palielināt iedarbību, it īpaši darba vidēs.

Veselības aprūpe

Veselības aprūpē EML pielietojumi attīstās, sniedzot arvien precīzākas un jaudīgākas metodes, kurās bieži izmanto augstākas frekvences, koncentrētus starus un/vai lielāku (lokalizēto) jaudu. Diagnostikas instrumentu pasaules jaunumi ietver magnētisko daļiņu attēlveidošanu (5–50 kHz) (Billings et al., 2021), kas varētu ievērojami palielināt medicīnas darbinieku saskarsmi ar starojumu, radaru virspusējo attēlveidošanu (1–60 GHz) (de Waard-Schalkx et al., 2015) un vitāli svarīgu pazīmju uzraudzību (līdz 120 GHz) (Cardillo un Caddemi, 2020), un terahercu frekvences attēlveidošanai, spektroskopijai un ārstēšanai (Amini et al., 2021). Turklāt jaunas kosmētiskās terapijas, kurās izmanto pulsējošu zemu frekvenci (15 Hz) vai radiofrekvenču EML (27 MHz – 5,8 GHz), arī varētu radīt riskus medicīnas nozares darbiniekiem (Stam, 2022).

Drošība

Terahercu un milimetru viļņu frekvences izmanto arī drošības un skenēšanas pielietojumos, piemēram, pilna ķermeņa skeneros lidostās, pasta sūtījumu skeneros un neiznīcinošās testēšanas pārbaudēs. Šo lietojumu intensitāte var ievērojami atšķirties: lai gan drošības skeneru lauka līmeņi ir ierobežoti līdz intensitātei, kas ir zemāka par iedarbības robežvērtībām ietekmes uz plašāku sabiedrību dēļ, medicīniskiem un rūpnieciskiem lietojumiem var būt augstāka intensitāte, un tie būtu jāizmanto labi apmācītiem darbiniekiem.

EML ietekme uz darba drošību un veselības aizsardzību

EML iedarbības nelabvēlīgā ietekme uz veselību, tās regulējums un tiesību akti

Ir veikti plaši pētījumi par EML ietekmi uz veselību, bet iedarbības vadlīnijas galvenokārt ir vērstas uz akūtu īstermiņa ietekmi. Šī ietekme ir atkarīga no EML frekvences, intensitātes un iedarbības ilguma. Piemēram, zemas frekvences EML iedarbības ietekme, kas pārsniedz *OSH* noteiktās iedarbības robežvērtības, ietver virsmas elektriskā lādiņa uztveri, nervu un muskuļu audu tiešu stimulēšanu un tīklenes fosfēnu (t. i., viltus gaismas impulsu) inducēšanu. Augstākās frekvencēs (100 kHz – 300 GHz, 1. attēls) samazinās ietekme uz nervu stimulāciju un šūnu membrānu caurlaidību (ļoti augstā ekspozīcijas līmenī), iespējams, paaugstinoties lokālajai un ķermeņa kopējai iekšējai temperatūrai un izraisot tā saukto termisko ietekmi. Turklāt ir zināms, ka EML var radīt arī netiešu ietekmi, kas var radīt drošības riskus, piemēram, kontaktstrāvas, dzirksteļizlādi un elektromagnētiskos traucējumus medicīniskajos implantos vai uzkarsēt tos.

[6] Uzlādes cilpas pārvada enerģiju bez vadiem, izmantojot elektromagnētisko indukciju. Šo metodi plaši izmanto arī mājsaimniecības ierīcēs, piemēram, elektriskajās zobu birstēs un bezvadu uzlādes spilventiņos viedtālruņiem.

Šī iedarbība ir labi izprasta un veido pamatu pašreizējām iedarbības vadlīnijām, ko izstrādājušas starptautiskas iestādes, piemēram, Starptautiskā komisija aizsardzībai pret nejonizējošo starojumu (*ICNIRP*), kura trīs publikācijās ir apkopojusi zinātniskos pierādījumus par EML iedarbības nelabvēlīgo ietekmi uz veselību: pirmā par statiskajiem magnētiskajiem laukiem (*ICNIRP*, 2009), otrā par zemas frekvences diapazonu (t. i., no 1 Hz līdz 10 MHz) (*ICNIRP*, 2010), kurā magnētiskie un elektriskie lauki būtu jāaplūko atsevišķi, jo tie nav apvienoti vienā elektromagnētiskajā laukā, kā tas ir tālākajā laukā, jo darbinieki izmanto EML avotus, kas lielākoties vēl neatrodas tālākajā laukā, un trešā par diapazonu no 100 kHz līdz 300 GHz (*ICNIRP*, 2020). Pamatojoties uz šiem zinātniskajiem pierādījumiem, *ICNIRP* ir noteikusi iedarbības robežvērtības, kas zināmas kā pamata ierobežojumi un robežlīmeņi. Robežlīmeņi izriet no pamata ierobežojumiem un nodrošina līdzvērtīgu aizsardzības līmeni, bet tos ir daudz vieglāk novērtēt darba vietās. Ņemiet vērā, ka iedarbības robežvērtības ir noteiktas katrai frekvencei (joslai), un *ICNIRP* ir noteikta svēruma metode vairāku avotu vienlaicīgai iedarbībai noteiktā vietā vienā vai vairākās frekvenču joslās. Lai ņemtu vērā zinātnisko nenoteiktību (arī termiskās fizioloģijas mainīgumu visā populācijā un fiziskās aktivitātes līmeņu un vides apstākļu atšķirības), pamata ierobežojumiem vispirms tiek piemēroti papildu samazināšanas faktori, kas arodekspozīcijas gadījumā ir (piecas reizes) mazāki nekā plašākai sabiedrībai, jo plašāka sabiedrība tiek uzskatīta kā daudzveidīgāka vecuma un veselības stāvokļa ziņā, kā arī neapzinās vai nespēj kontrolēt iespējamos riskus (ICNIRP, 2020). Tiek uzskatīts, ka atbilstība *ICNIRP* robežlīmeņiem un/vai pamata ierobežojumiem ir pietiekama, lai aizsargātu darbiniekus pret konstatēto nelabvēlīgo ietekmi uz veselību.

Turklāt ES norādījumi un tiesību akti par EML iedarbību ir balstīti uz *ICNIRP* vadlīnijām, un tie ietver 1999. gada Eiropadomes Ieteikumu 1999/519/EK par EML iedarbību uz plašu sabiedrību un 2013. gada Direktīvu 2013/35/ES par arodekspozīciju, kas visās dalībvalstīs ir ieviesta kopš 2017. gada ar dažām atšķirībām valstu līmenī.

Vairākos pētījumos (piemēram, *Rijs* un *Stam*, 2019) ir pētīta iespējamā saikne starp ilgtermiņa EML iedarbību un dažādām veselības problēmām, to vidū vēzi, reproduktīvās sistēmas problēmām, attīstības kavējumiem un neirodeģeneratīviem traucējumiem. Tomēr, neraugoties uz plašajiem pētījumiem, zinātniskie pierādījumi joprojām ir nepārliecinoši, un daži pētījumi norāda uz iespējamo saistību, bet zinātniski pierādītas cēloņsakarības, piemēram, devas un reakcijas sakarības, netika atklātas (*ICNIRP*, 2020).

EML iedarbība darbavietā

Eiropas Komisija trijās nesaistošās praktiskās rokasgrāmatās (EK, 2015a; 2015b; 2015c) ir sniegusi plašu informāciju, lai palīdzētu darba devējiem izprast, kas tiem jādara, lai izpildītu Direktīvas 2013/35/ES prasības, galveno uzmanību pievēršot darba videi ar potenciāli augstas intensitātes EML. Turklāt atsaucei ir pieejamas vairākas EML avota un iedarbības darba vietā matricas (*Vila et al.*, 2017; *Migault et al.*, 2019). Tomēr iepriekš aprakstītie jaunie EML lietojumu veidi varētu radīt papildu, palielinātu vai atšķirīgu EML iedarbību darba vidē, kā aprakstīts tālāk.

- Mobilo tālruņu tīkla piesātinājuma rezultātā (t. i., vairāk bāzes stacijas antenu uz virsmas laukumu) pieaug to cilvēku skaits, kuri strādā tuvāk telekomunikāciju antenām nekā iepriekš, it īpaši ja tiek izvietotas mazo šūnu bāzes stacijas. Tas skar kopumā plašu cilvēku loku (piemēram, jumiķi un elektriķi), bet it īpaši tas skar darba vietas ar saviem bezvadu tīkliem (t. i., privātiem/uzņēmuma mobilo tālruņu, *Wi-Fi* un/vai sensoru tīkliem), it sevišķi tad, ja šajās darbavietās palielinās (personīgo) bezvadu ierīču un sensoru skaits. Uz ķermeņa esošie sensori (piemēram, iedarbības uzraudzībai saistībā ar personīgo veselību) varētu palielināt darbinieku pakļaušanu EML iedarbībai lokalizētā veidā (t. i., tikai tajā ķermeņa daļā, uz kuras tiek uzlikts sensors). Paredzams, ka šīs tehnoloģiskās inovācijas būs plaši izplatītas un nebūs ierobežotas tikai vienā konkrētā nozarē.
- Liela mēroga *WPT* sistēmu pieaugošā klātbūtne varētu palielināt EML iedarbību no tehnoloģijām atkarīgās frekvencēs (sk. 3. iedaļu) transporta un loģistikas nozarēs (piemēram, autobusos un kravas automašīnās). Tas attiecas arī uz darbavietām, kurās personīgie instrumenti un roboti/bezpilota lidaparāti tiek uzlādēti bezvadu platformās, kas līdzinās mobilajiem tālruņiem izmantotajām, bet ir lielākas par tām, nevis izmantojot lādēšanu no kontaktligzdas.
- Elektrifikācija varētu palielināt zemas frekvences magnētisko lauku iedarbību (no augstsprieguma elektrolīnijām, invertoriem un rūpnieciskās siltumapgādes procesiem, piemēram, indukcijas apkures) (SCHEER, 2023b).

- Tā kā EML lietojumu skaits medicīnas nozarē pieaug, arvien vairāk medicīnas darbinieku (arī netehniskais personāls) varētu tikt pakļauti EML iedarbībai dažādās frekvencēs (*Stam* un *Jamaguchi-Sekino*, 2017; *Turuban*, 2023).
- Arvien augstāku frekvenču izmantošana (ne tikai mobilo tālruņu tīklos, bet arī medicīniskās un drošības skenēšanas iekārtās) varētu palielināt gan lokalizētu, gan arī virspusēju iedarbību, kuras radītie riski vēl nav skaidri.

Ar EML saistīto darba aizsardzības risku novēršana

Saskaņā ar ES Direktīvu 2013/35/ES darba devējiem ir pienākums novērtēt visus riskus, ko rada EML iedarbība darbavietā, un ieviest atbilstošus novēršanas pasākumus. Direktīva nosaka darba devējiem par pienākumu nodrošināt atbilstību Direktīvā noteiktajiem robežlīmeņiem. Pirmkārt, tas tiek darīts, pamatojoties uz viegli pieejamu informāciju: ražotāja kopīgotām specifikācijām (piemēram, vai konkrētais lietojums atbilst attiecīgo ES tiesību aktu prasībām, kuros var būt noteikti striktāki drošības līmeņi nekā Direktīvā 2013/35/ES), avota un/vai arodekspozīcijas matricām (*Vila et al*., 2017; *Migault et al*., 2019), pārskatīšanas pētījumiem un/vai praktiskiem norādījumiem, ko publicējusi ES, valstu iestādes un standartizācijas struktūras. Piemēram, dokumentos (EK, 2015a; 2015b) ir ietverts to iekārtu un darbavietu saraksts, kurām var būt nepieciešami **īpaši riska novērtējumi**. Tajos ir sniegti arī norādījumi par nepieciešamību veikt EML riska novērtējumu darbiniekiem, kuri ir pakļauti īpašiem riskiem, piemēram, darbiniekiem, kas ikdienā strādā ar aktīvām medicīniskām ierīcēm, to vidū elektrokardiostimulatoriem (*Modenose* un *Gobba*, 2021). Tomēr šī informācija vēl var nebūt pietiekama, lai novērtētu, vai tiks nodrošināta atbilstība iedarbības robežvērtībām jaunajiem EML lietojumiem un ar tiem saistītajiem darba aizsardzības riskiem. Šādos gadījumos būtu jāveic *in situ* mērījumi vai dozimetriskie aprēķini un jāsalīdzina ar tiesību aktos noteiktajām robežvērtībām, ņemot vērā visas tiem piemītošās nenoteiktības.

Ja robežlīmeņi tiek pārsniegti, jāveic aizsardzības un preventīvie pasākumi (piemēri atrodami (EK, 2015a; 2015b)). Tā kā EML intensitāte strauji samazinās, palielinoties attālumam no avota, visefektīvākais iedarbības samazināšanas pasākums ir palielināt attālumu starp avotu un darbinieku. To var panākt ar tehniskiem un organizatoriskiem pasākumiem, piemēram, barjerām, zīmēm un norādījumiem darba veikšanai. Turklāt ekranēšana ir efektīva visu veidu elektromagnētiskajiem laukiem, izņemot zemas frekvences magnētiskos laukus. Informācija par EML iedarbības samazināšanu ir sniegta arī EK norādījumos (EK, 2015a), tajā skaitā darbstaciju projektēšanas pasākumos un noteikumos, kas attiecas uz darba aprīkojumu un metodēm. Piemēram, vadu tinumiem, transformatoriem un bezvadu uzlādes platformām, ja tās tiek turētas drošā attālumā no darbstacijām, jābūt drošām. Nedrīkst būt iespējai stāvēt tieši raidošo antenu priekšā.

Nepilnības, vajadzības, prioritātes un ieteikumi saistībā ar EML un darba aizsardzību

Zinātniskā pētniecība

Kopumā trūkst pētījumu par EML ietekmi uz veselību un iedarbības intensitāti:

1. frekvences, ko izmanto jaunajās mobilo sakaru tehnoloģijās (t. i., diapazonā no 6 līdz 300 GHz);
2. starpfrekvences, ko izmanto bezvadu elektroenerģijas pārvadei;
3. subterahercu un terahercu frekvences, ko izmanto jaunās attēlveidošanas un skenēšanas tehnoloģijās (un paredzamais lietojums ar 6G). Lielākie trūkumi pētniecībā ir saistīti ar šādiem aspektiem:
    a. iedarbības līmeņi, it īpaši darbavietās, kurās izmanto aprīkojumu, kas rada potenciāli spēcīgus magnētiskos, elektriskos vai elektromagnētiskos laukus (*Turuban*, 2023);
    b. iespējamā ietekme uz veselību (iespējamie bioloģiskās mijiedarbības mehānismi) (*Jeschke*, 2022);
    c. ilgtermiņa kumulatīvā EML iedarbība darba vidē (*Hansson Mild*, 2023); un
    d. visbūtiskākais iedarbības rādītājs (*Turuban*, 2023).

Turklāt EML iedarbības radītā ietekme uz veselību un maņu orgāniem dažādiem darbiniekiem var ievērojami atšķirties. EML iedarbību ietekmē dažādi personīgie un vides faktori, tajā skaitā:

- personiskās īpašības: anatomija, ķermeņa īpašības, tostarp implanti vai pīrsingi un medikamentu lietošana);
- darba poza: ķermeņa poza un kustība darba laikā;
- darba vide:
    - būvmateriāli: betons var mazināt un daļēji pasargāt pret RF-EML starojumu ar dzelzs stiegrojuma palīdzību, savukārt koksne nodrošina ekranēšanu;
    - instrumentu izmantošana: darbs ar instrumentiem vai to izmantošana (*Jeschke*, 2023) var ietekmēt iedarbības līmeņus.

Šī mainība gan darbinieku ķermeņos, gan darba apstākļos rada būtisku nenoteiktību pašreizējos iedarbības novērtējuma pētījumos un iedarbības matricās, kurās tiek izmantoti pētījumu dati (*Turuban*, 2023).

Tāpēc ir jāizstrādā pētījumu plāni, kuros izmantoti reālistiski iedarbības scenāriji darbavietās (piemēram, augsta maksimālā iedarbība, kam seko periodi bez iedarbības (*Hansson Mild*, 2023), vai iedarbība, kas ir tuvu robežvērtību līmeņiem astoņu stundu vai ilgākā laikā (*Jeschke*, 2022)), un/vai pētījumi, kuros apkopoti detalizēti, aprakstoši dati par:

(a) tipiskiem darba drošības kritērijiem, piemēram, darba ņēmēja anatomija, darba pozīcijas un pozas, fiziskā aktivitāte, skarba vide un darbs ar instrumentiem, it īpaši tiem, kas izstaro EML (*Jeschke*, 2022);

(b) EML emisiju raksturlielumi (piemēram, avotu darba vietā frekvence un modulācija (*Jeschke*, 2022));

(c) iespējamā iedarbība darbinieka darba mūža garumā (*Hansson Mild*, 2023); un

(d) veselības rezultāti, kas vēl nav zināmi (piemēram, RF-EML termiskās ietekmes dēļ) (*Jeschke*, 2022).

Šāda veida pētījumi ievērojami uzlabotu zinātnisko izpratni par EML iedarbības līmeņiem un ilgumu dažādās darba vidēs, un tos varētu izmantot kā precīzāku sākumpunktu epidemioloģiskiem pētījumiem par EML iedarbības ietekmi uz veselību, kuros pašlaik gandrīz netiek ņemta vērā arodekspozīcija. Tomēr ir vajadzīgi ilgtermiņa individuālie dati par arodekspozīcijas līmeņiem apvienojumā ar citu (būtisku) vidisko/arodekspozīciju (piemēram, izmantojot lietu interneta sensoru tīklus), lai meklētu līdzfaktorus vai noteicošos faktorus (*Stam* un *RIJS*, 2019; *Hansson Mild et al.*, 2023). Diemžēl atbilstošas, lētas mērierīces šo datu iegūšanai bieži vien vēl nav pieejamas, un tās būs jāizstrādā un jāizplata starp personām, kas pakļautas augstai iedarbībai.

ES politika

Kopš *ICNIRP* 2020. gadā izdeva jaunas pamatnostādnes, uz kurām jau ir atsauces vairākos tehniskajos standartos (piemēram, I*EC 62232:2023* un *IEC TR 63377:2022*), bet Direktīva 2013/35/ES joprojām balstās uz 1998., 2009. un 2010. gadā izdotajām pamatnostādnēm, juridiskā situācija ir kļuvusi sarežģīta. Tāpēc Veselības, vides un jauno risku zinātniskā komiteja (*SCHEER*) nesen "sniedza pozitīvu atzinumu par nepieciešamību tehniski pārskatīt Padomes Ieteikuma 1999/519/EK un Direktīvas 2013/35/ES pielikumus attiecībā uz radiofrekvenču elektromagnētisko lauku (100 kHz līdz 300 GHz)" (*SCHEER*, 2023a). Patiešām, salīdzinājumā ar 1998. gada pamatnostādnēm 2020. gada pamatnostādnēs ir ietverti arī pielāgojumi, kas attiecas uz iedarbību, kas rodas no jauniem EML avotiem, piemēram, 5G telekomunikācijām, pamatojoties uz īsu, lokalizētu iedarbību augstākās frekvencēs (līdz 300 GHz). Ir skaidrs, ka jaunu EML tehnoloģiju ieviešana padara EML iedarbības darbavietā novērtēšanu sarežģītāku, tāpēc veselības aprūpes nozares darbiniekiem ir nepieciešamas arvien plašākas zināšanas par magnētiskā lauka mērīšanas un modelēšanas metodēm (*Jeschke*, 2022; *Stam*, 2022).

Tāpēc praktiski apsvērumi, kas ir būtiski, novērtējot EML iedarbību darbavietā attiecībā uz iedarbības ilgumu darba stundās desmitiem gadu garumā, ir svarīgi uzticamai darba drošības risku novērtēšanas praksei (*Jeschke et al*., 2022). Minētie apsvērumi kopā ar atbilstošām mērierīcēm vēl ir jāizstrādā, un

tos varētu ņemt vērā EK literatūras atjauninātajās versijās (EK, 2015a; 2015b; 2015c) vai iekļaut attiecīgajos tehniskajos standartos.

Visbeidzot, ir svarīgi atzīmēt, ka, lai gan *ICNIRP* (2020) ir teikts, ka darbinieku "sensorās un uzvedības spējas" ir svarīgas, lai "apzinātos iespējamos RF-EML riskus un izmantotu atbilstošus kaitējuma mazināšanas pasākumus", *Jeschke et al*. (2022) pamatoti norādīts, ka ES 1989. gada pamatdirektīvā (89/391/EEK) "prioritāte ir kolektīviem tehniskiem un organizatoriskiem aizsardzības pasākumiem, nevis individuāliem aizsardzības pasākumiem". Tomēr attiecībā uz darba aizsardzību, individuālo riska novērtējumu veikšana darbiniekiem, kuri pakļauti īpašam riskam, ir obligāta. Tāpēc ir nepieciešamas atbilstošas vadlīnijas, kuras varētu viegli piemērot visiem darbiniekiem.

Darba devēji, darbinieki un darba drošības speciālisti

Neraugoties uz to, ka ir pieejamas iedarbības matricas un praktiski norādījumi attiecībā uz EML iedarbību darba vidē (tajā skaitā iedarbības samazināšanas pasākumi), darbinieku zināšanas par EML avotiem un to iedarbību darba vietā "parasti ir mazas" (*Turuban*, 2023). Turklāt darbinieki EML starojumu ne vienmēr uztver kā bīstamu, tāpēc var netikt pievērsta atbilstoša uzmanība starojuma ierobežošanai un novēršanai, reizēm uztverot šos pasākumus par apgrūtinošiem (*Stege*, 2022). Lai efektīvāk informētu darba devējus, darbiniekus un darba drošības speciālistus, darba devējiem jānodrošina sensori, ar kuriem mēra EML iedarbību (*Bhatt et al.*, 2022), lai darba ņēmēji tos valkātu vai uzstādītu šos sensorus augstas intensitātes EML vidē. Šīs valkājamās ierīces nodrošinās agru brīdināšanu, kā arī datus, kas nepieciešami zinātniskiem pētījumiem par EML arodekspozīciju un iespējamo ietekmi uz veselību (sk. 5.1. punktu). Īpašas mērķgrupas uzraudzībai ar valkājamiem sensoriem ir darbinieki, kas aktīvi izmanto EML avotus (piemēram, fizioterapeiti un drošības dienestu personāls), vai darbinieki, kas strādā to tuvumā, piemēram, elektriķi. Vēl svarīgāk ir tas, ka šīs grupas ietver darbiniekus, kuri var neapzināti atrasties aktīvo EML avotu tuvumā, nezinot iespējamos riskus, piemēram, medmāsas vai apkopes un tīrīšanas personāls. Pēdējā grupa kļūst arvien nozīmīgāka, jo aizvien plašāk tiek ieviesti privāti 5G tīkli un *WPT* sistēmas.

Lai gan *in situ* mērījumi tiek plaši izmantoti darba drošības elektromagnētisko lauku novērtējumā, ja ir iemesls pieņemt, ka tiek pārsniegti robežlīmeņi, ir nepieciešama simulācija un skaitliska analīze, lai noteiktu atbilstību iedarbības robežvērtībām, kas, kā pierādīts, darba drošības speciālistiem ir ļoti sarežģīti izdarāms ar to saistīto izmaksu un nepieciešamo speciālo zināšanu dēļ (*Jeschke*, 2022). Tāpēc ir vajadzīgi īpaši noteikumi, kas ļauj veikt ātrus aprēķinus, lai nodrošinātu atbilstību robežvērtībām. Vairākas valstis jau ir izstrādājušas šādas pamatnostādnes, sk., piemēram, *Bolte* un *Pruppers* (2006).

Noslēguma piezīmes

Šajā dokumentā ir sniegts visaptverošs pārskats par EML jauno tehnoloģiju un lietojumu ietekmi uz darba drošību, uzsverot EML klātesamību visur modernajā darba vidē tehnoloģisko sasniegumu dēļ, kas tos padara par svarīgiem darba digitalizācijas un "Rūpniecības 5.0" virzītājspēkiem (tajā skaitā progresīvu automatizāciju, robotiku, attēlveidošanu, attālinātu darbu, vadības telpas utt.).

EML iedarbības risku novērtēšana ir ļoti sarežģīta, ņemot vērā avotu daudzveidību frekvences, intensitātes un izmantošanas ziņā, it īpaši darba vidē, kā arī ar to saistīto dažādo nelabvēlīgo ietekmi uz veselību. Turklāt, lai gan augsta līmeņa EML iedarbības akūtā ietekme pašlaik izmantotajām frekvencēm ir labi zināma, joprojām pastāv domstarpības un zināšanu nepilnības attiecībā uz zema līmeņa iedarbības ilgtermiņa ietekmi un arvien augstāku frekvenču izmantošanu nākotnē. Tāpēc normatīvie standarti un (praktiskās) pamatnostādnes, kuru mērķis ir aizsargāt darbiniekus, ir pastāvīgi jāatjaunina, pamatojoties uz jaunākajiem pētījumiem. Šajā nolūkā ir ļoti ieteicams ilgtermiņā uzraudzīt EML iedarbības līmeni darbavietā attiecīgajās frekvenču joslās, izmantojot gan fiksētus, gan valkājamus sensorus kopā ar darbinieku veselības parametriem.

Kopumā ir vajadzīga multidisciplināra pieeja EML iedarbības novērtēšanai un risku novēršanai, kas ietver ar profesiju saistītus pētījumus, pastāvīgu politikas pielāgošanu un efektīvu saziņu starp darba aizsardzībā ieinteresētajām pusēm, lai nodrošinātu darbinieku veselību un drošību arvien ciešāk savienotā un elektrificētā vidē.

Pateicības

Mēs pateicamies Riānei Stamai (Rianne Stam, Nīderlandes Sabiedrības veselības un vides valsts institūts – RIVM), Stefānijai Marasi (Stefania Marassi (jurisprudence, THUAS) un Emanuelai Brunai (Emanuelle Brun) un Annikai Starenai (Annick Starren, *EU-OSHA*) par kritisku pārskatu un auglīgām diskusijām.

Atsauces

Amini, T., Jahangiri, F., Ameri, Z., & Hemmatian, M. A. (2021). A review of feasible applications of THz waves in medical diagnostics and treatments. *Journal of Lasers in Medical Sciences*, *12*, e92.

Bhatt CR, Henderson S, Brzozek C, Benke G. (2022) Instruments to measure environmental and personal radiofrequency-electromagnetic field exposures: An update. *Physical and Engineering Sciences in Medicine*, 45(3), 687-704. https://link.springer.com/article/10.1007/s13246-022-01146-y

Bolte, J.F.B. & Pruppers, M.J.M., 2006. Electromagnetic fields in the working environment (June 2006). *SZW-report RIVM-nr 610015001*, Ministry of Social Affairs and Employment (SZW) / National Institute for Public Health and the Environment (RIVM). https://www.rivm.nl/bibliotheek/rapporten/610015001.pdf

Billings, C., Langley, M., Warrington, G., Mashali, F. & Johnson, J. A. (2021). Magnetic particle imaging: Current and future applications, magnetic nanoparticle synthesis methods and safety measures. *International Journal of Molecular Sciences, 22*.

Cardillo, E., & Caddemi, A. (2020). A review on biomedical MIMO radars for vital sign detection and human localization. *Electronics, 9(9)*, Article 9.

De Waard-Schalkx, I., Stam, R., van der Schaaf, M. & Bijwaard, H. (2015). Recent developments in medical techniques involving ionising or non-ionising radiation: Update 2014. *RIVM Report 2014-0070*, Bilthoven, National Institute for Public Health and the Environment.

EU-OSHA Eiropas Darba drošības un veselības aizsardzības aģentūra (2023). *Politikas kopsavilkums: Viedas digitālās uzraudzības sistēmas darba aizsardzībai: iespējas un problēmas* https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-opportunities-and-challenges

Eiropas Komisija (EK). (2021). *Komisijas paziņojums Eiropas Parlamentam, Padomei, Eiropas Ekonomikas un sociālo lietu komitejai un Reģionu komitejai "ES stratēģiskais satvars par drošību un veselības aizsardzību darbā 2021.–2027. gadam. Darba aizsardzība mainīgā darba pasaulē".* COM(2021) 323 final. Iegūts no vietnes https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52021DC0323

Eiropas Komisijas (EK) Nodarbinātības, sociālo lietu un iekļautības ģenerāldirektorāts. (2015a). *Nesaistoša labas prakses rokasgrāmata Direktīvas 2013/35/ES par elektromagnētiskajiem laukiem īstenošanai. 1. sējums, praktiskā rokasgrāmata.* Brisele, Beļģija

Eiropas Komisijas (EK) Nodarbinātības, sociālo lietu un iekļautības ģenerāldirektorāts. (2015b). *Nesaistoša labas prakses rokasgrāmata Direktīvas 2013/35/ES par elektromagnētiskajiem laukiem īstenošanai. 2. sējums, gadījumu izpēte.* Brisele, Beļģija

Eiropas Komisijas (EK) Nodarbinātības, sociālo lietu un iekļautības ģenerāldirektorāts. (2015c). *Nesaistoša labas prakses rokasgrāmata Direktīvas 2013/35/ES par elektromagnētiskajiem laukiem īstenošanai. 3. sējums, rokasgrāmata MVU.* Brisele, Beļģija

Eiropas Komisija (EK) (2022), Rūpniecība 5.0: Transformatīvs redzējums Eiropai — ESIR politikas kopsavilkums Nr. 3. Eiropas Savienības Publikāciju birojs, ISBN 978-92-76-43352-1.

Eiropas Telekomunikāciju standartu institūts (ETSI). (2019). *ETSI TR 103 493 V1.1.1.: System Reference document (SRdoc); Wireless Power Transmission (WPT) systems operating below 30 MHz.* Sophia Antipolis Cedex, France.

Hansson Mild K, Mattsson MO, Jeschke P, Israel M, Ivanova M, & Shalamanova T. (2023). *Occupational exposure to electromagnetic fields–Different from general public exposure and laboratory studies. International Journal of Environmental Research and Public Health*. 20(16), 6552.

International Telecommunication Union (ITU). (2020). *Radio Regulations Articles: Edition of 2020.*

International Telecommunication Union (ITU). (2021). *Executive report ITU regional assessment for Europe on EMF exposure limits and risk communication challenges.*

Jeschke, P., Alteköster, C., Hansson Mild, K., Israel, M., Ivanova, M., Schiessl, K., Shalamanova, T., Soyka, F., Stam, R., & Wilén, J. (2022). Protection of workers exposed to radiofrequency electromagnetic fields: A perspective on open questions in the context of the new ICNIRP 2020 guidelines. *Frontiers in Public Health*, 10.

Migault, L., Bowman, J. D., Kromhout, H., Figuerola, J., Baldi, I., Bouvier, G., Turner, M. C., Cardis, E., & Vila, J. (2019). Development of a job-exposure matrix for assessment of occupational exposure to high-frequency electromagnetic fields (3 kHz–300 GHz). *Annals of Work Exposures and Health*, 63(9), 1013–1028.

Modenese, A., & Gobba, F. (2021). Occupational exposure to electromagnetic fields and health surveillance according to the European Directive 2013/35/EU. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 1730.

Rijs KJ & Stam R. (2019). Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers – update 2019 [Research into possible long-term effects of electromagnetic fields on the health of workers – update 2019]. *RIVM Report* 2019-0010. Bilthoven: RIVM.

Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (SCHEER). (2023a). *Opinion on the need of a revision of the annexes in the Council Recommendation 1999/519/EC and Directive 2013/35/EU, in view of the latest scientific evidence available with regard to radiofrequency (100kHz - 300GHz)*.

Scientific Committee on Health, Environmental and Emerging Risks (SCHEER). (2023b). *Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF): 14 Update with regard to frequencies between 1Hz and 100 kHz.*

Stam, R., & Yamaguchi-Sekino, S. (2018). Occupational exposure to electromagnetic fields from medical sources. *Industrial Health*, *56*(2), 96–105. https://doi.org/10/g8hwgs

Stam, R. (2021). Occupational exposure to radiofrequency electromagnetic fields. *Industrial Health*, *60*(3), 201–215.

Stam, R. (2022) Bronnen van blootstelling van werknemers aan elektromagnetische velden: Nieuwe ontwikkelingen [Sources of worker exposure to electromagnetic fields: New developments]. *RIVM-briefrapport 2022-0109*. Bilthoven: RIVM.

Stege, T. A. M., Bolte, J. F. B., Claassen, L., & Timmermans, D. R. M. (2020). Electromagnetic field exposure in power plants: A qualitative assessment of work safety perceptions among employees. *Journal of Risk Research, 23*(12), 1650–1660.

Stege, T. A. M. (2022). *Development of risk communication tools for occupational exposures.* (PhD disertācija) Amsterdamas Brīvā universitāte (VU) un Nīderlandes Valsts sabiedrības veselības un vides institūts (RIVM), Nīderlande, konsultanti D.R.M. Timmermans, L. Claassen, J.F.B. Bolte, ISBN 978-94-6421-796-4. Izgūts no: https://research.vu.nl/en/publications/development-of-risk-communication-tools-for-occupational-exposure

Turuban, M., Kromhout, H., Vila, J., Vallbona-Vistós, M., Baldi, I., & Turner, M. C. (2023). Personal exposure to radiofrequency electromagnetic fields in various occupations in Spain and France. *Environment International, 180*, 108156.

Vila, J., Bowman, J. D., Figuerola, J., Moriña, D., Kincl, L., Richardson, L., & Cardis, E. (2017). Development of a source-exposure matrix for occupational exposure assessment of electromagnetic fields in the INTEROCC study. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology, 27*(4), 398–408. lpp.

Autori: Sam Aerts, John Bolte.

Viedās sensoru sistēmas (Smart Sensor Systems) pētniecības grupa, Hāgas Lietišķo zinātņu universitātes (THUAS) Tehnoloģiju, inovācijas un sabiedrības fakultāte, Nīderlande.

Projekta vadība: Annick Starren, Emmanuelle Brun, Eiropas Darba drošības un veselības aizsardzības aģentūra (EU-OSHA).

Šo diskusiju dokumentu pasūtīja EU-OSHA. Tā saturs, arī tajā paustie viedokļi un/vai secinājumi, ir tikai autora(-u) viedokļi un/vai secinājumi un ne vienmēr atspoguļo EU-OSHA uzskatus.

Ne EU-OSHA, ne kāda cita persona, kas rīkojas aģentūras vārdā, neatbild par turpmāk minētās informācijas iespējamu izmantošanu.

© Eiropas Darba drošības un veselības aizsardzības aģentūra, 2026.

Pārpublicēšana ir atļauta, ja tiek norādīts avots.

Lai varētu izmantot vai reproducēt fotoattēlus vai citus materiālus, uz ko Eiropas Darba drošības un veselības aizsardzības aģentūrai nav autortiesību, atļauja ir jāprasa tieši autortiesību turētājiem.