ELEKTROMAGNETICKÉ POLIA: SÚČASNÉ A BUDÚCE VÝZVY PRE BEZPEČNOSŤ A OCHRANU ZDRAVIA PRI PRÁCI

Úvod

Elektromagnetické polia (ďalej len „EMP“) bez zápachu, nepočuteľné a neviditeľné, ktoré produkujú mobilné telefóny, rádiové antény, wi-fi smerovače, elektrické vedenia atď., sú v modernej spoločnosti všadeprítomné. Počet a rozmanitosť zdrojov v domácnostiach, na verejných miestach a pracoviskách sa len zvyšuje. V posledných rokoch sa všade objavujú nové technológie založené na EMP, ako napríklad nová generácia technológií mobilných telefónov (piata generácia, známa aj ako 5G), bezdrôtový prenos energie a niekoľko lekárskych aplikácií. Bezdrôtový technologický pokrok sa považuje za kľúčovú hnaciu silu digitalizácie práce[1] a programu Priemysel 5.0 (EK, 2022). Tieto pokroky majú vplyv na mnohé oblasti relevantné pre budúcnosť práce[2], ako je internet vecí (IoT), hybridná práca a virtuálne pracovné prostredia. Zohrávajú kľúčovú úlohu aj pri autonómnom riadení vozidiel, bezpilotných vzdušných prostriedkoch, senzoroch a vyspelej robotike. Vzhľadom na všadeprítomnosť zdrojov EMP je však diskusia o nich čoraz dôležitejšou oblasťou záujmu tak vo vedeckých kruhoch, ako aj medzi širokou verejnosťou. Navyše vzhľadom na ich rýchle zavádzanie a zvýšené využívanie v pracovnom prostredí Európska komisia (EK) nedávno zdôraznila dôležitosť analýzy expozície zamestnancov EMP, ako aj možných nepriaznivých účinkov EMP na zdravie (EK, 2021).

Cieľom tohto dokumentu je identifikovať nový a budúci vývoj aplikácií EMP na pracovisku a ich potenciálne dôsledky na bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci (BOZP). Snahou je poukázať aj na medzery vo vedomostiach týkajúcich sa (bezpečných) úrovní expozície. Dokument obsahuje aj odporúčania pre zamestnancov a zamestnávateľov, odborníkov v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia a tvorcov politík, ako minimalizovať riziká súvisiace s expozíciou EMP. Informácie o nepriamych rizikách a prínosoch v oblasti bezpečnosti a ochrany zdravia pri práci v súvislosti s aplikáciami relevantnými pre budúcnosť práce využívajúcej EMP možno nájsť v príslušných publikáciách agentúry EU-OSHA[1, 2].

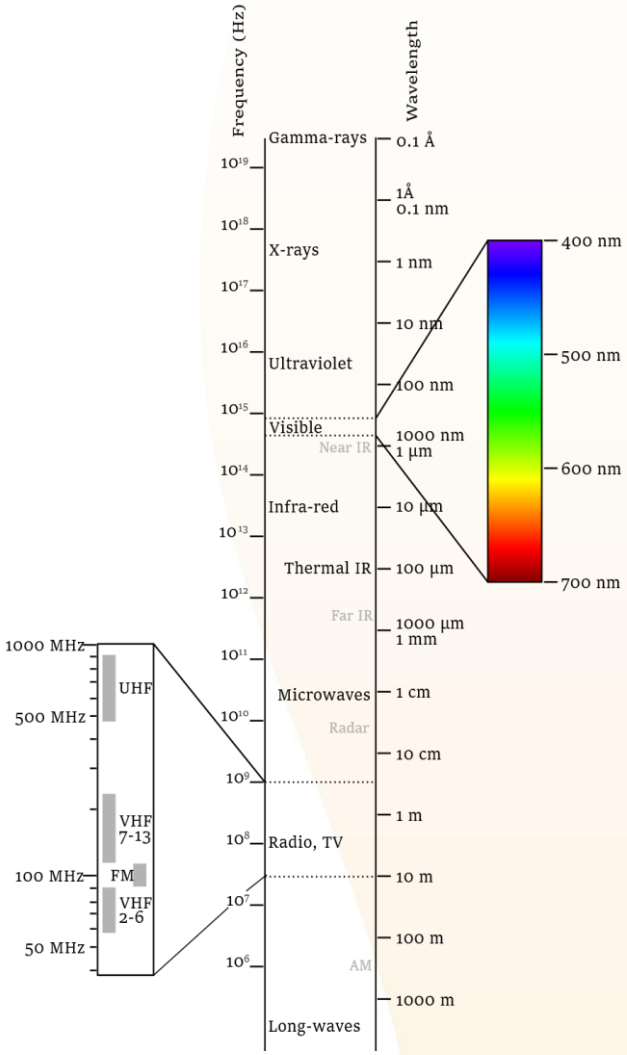
Čo sú elektromagnetické polia?

Elektromagnetické polia (EMP) vznikajú pohybom elektrických nábojov a šíria sa ako kombinácia kmitajúcich elektrických a magnetických vĺn rýchlosťou svetla. Elektrické pole vzniká v dôsledku síl, ktorými na seba pôsobia nabité častice, zatiaľ čo pohybujúce sa náboje (elektrické prúdy) vytvárajú magnetické pole. EMP majú rôznu frekvenciu a vlnovú dĺžku, charakteristiky signálu a intenzitu. Frekvencia, meraná v hertzoch (Hz), sa vzťahuje na počet kmitov, ktoré vlna vykoná za sekundu. Vlnová dĺžka, meraná v metroch (m), je vzdialenosť medzi dvoma vrcholmi vlny. Charakteristiky signálu sa vzťahujú napr. na nepretržité sínusové alebo pulzné EMP. Intenzita je energia vlny, ktorá súvisí s amplitúdou (výškou vrcholu) vlny. Úroveň expozície je intenzita dopadajúcej vlny na miesto tela, pričom sa zvyčajne časovo, objemovo a/alebo priestorovo váži (priemeruje) za stanovené obdobie, plochu a/alebo objem. Táto úroveň sa vyjadruje ako hustota výkonu (vo wattoch na štvorcový meter) alebo ako intenzita elektrického poľa (vo voltoch na meter). Frekvencia a vlnová dĺžka sú nepriamo úmerné (obrázok 1): vlnovú dĺžku (v metroch) možno vypočítať vydelením rýchlosti svetla (30 miliónov metrov za sekundu vo vákuu) frekvenciou (v hertzoch, Hz). Treba poznamenať, že elektrické a magnetické pole sú zvyčajne spojené vo vzdialenostiach väčších ako 10 vlnových dĺžok od zdroja; táto oblasť sa označuje ako vzdialené pole.

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

[2] Pozri diskusné dokumenty agentúry EU-OSHA, ktoré sa zaoberajú témami súvisiacimi s budúcnosťou práce, na adrese: 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

Obrázok 1: Elektromagnetické spektrum



Rozsah extrémne nízkych frekvencií a časť rozsahu stredných frekvencií (1 Hz – 100 kHz) nie sú v tomto grafe zahrnuté.

Zoznam skratiek: MHz = megahertz, pričom Hz je jednotka frekvencie, ktorá udáva počet kmitov/sínusových vĺn za sekundu; UHF = ultravysoká frekvencia, VHF = veľmi vysoká frekvencia; AM = modulovaná amplitúda; FM = modulovaná frekvencia; IR = infračervené; m = meter, cm = centimeter; mm = milimeter; µm = mikrometer, nm = nanometer, Å = angstrom = 0,1 nm.

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

Existujú prirodzene sa vyskytujúce aj človekom vytvorené zdroje EMP. Vo všeobecnosti možno povedať, že umelé zdroje emitujú EMP, ktoré sú upravené tak, aby prenášali buď informácie, alebo energiu. Praktické využitie týchto polí je však rovnako široké ako ich frekvenčný rozsah: od extrémne nízkych frekvencií (t. j. frekvencie od 1 Hz do 300 Hz), vznikajúce pri výrobe elektriny, cez stredné frekvencie (t. j. frekvencie v rozsahu od 300 Hz do 10 MHz, pričom 1 MHz = 10^6 Hz; obrázok 1), až po rádiové frekvencie (RF, t. j. frekvencie od 10 MHz do 300 GHz, pričom 1 GHz = 10^9 Hz; pozri obrázok 1), ktoré sa používajú napr. v radarových a mobilných komunikačných systémoch.

Treba zdôrazniť, že tento dokument sa zaoberá iba EMP s frekvenciami do niekoľkých terahertzov (pričom 1 THz = 10^{12} Hz; obrázok 1), tzv. rádiovými vlnami (ITU, 2020), ktoré sa nachádzajú pod oblasťou viditeľného svetla a v rámci časti spektra, ktoré sa považuje za neionizujúce, napr. vlny, ktoré nemajú dostatočnú energiu na odstránenie pevne viazaných elektrónov z atómov alebo molekúl (čo

môže viesť k poškodeniu molekúl a účinkom na zdravie). Z toho vyplýva, že okrem infračerveného a viditeľného svetla sa tu nezohľadňujú iné známe časti elektromagnetického spektra, ako je UV žiarenie, röntgenové lúče a gama žiarenie.

Najnovší vývoj v oblasti EMP na pracovisku

Mobilné komunikačné siete

Piata generácia telekomunikačných sietí (5G) funguje na predtým nevyužívaných frekvenciách, z ktorých niektoré sú výrazne vyššie ako frekvencie používané v predchádzajúcich generáciách [až do 71 GHz (1 GHz = 10^9 Hz), obrázok 1]. Zavádzajú sa technologické vylepšenia, ktoré umožňujú obsluhovať viac používateľov súčasne z tej istej základňovej stanice. Uskutočňuje sa to rozdelením prenášanej energie v priestore a jej sústredením na používateľov v podobe lúča. Vo väčšine európskych krajín už regulačné orgány pridelili a vydražili nové frekvencie.

Celosvetové zavádzanie sietí 5G sa stretlo s obavami verejnosti, pokiaľ ide o podozrenia na zdravotné riziká v dôsledku predpokladaného zvýšenia celkovej expozície EMP a používania vyšších frekvencií (ktorých možné biologické účinky ešte neboli dôkladne preskúmané), ako aj s dezinformáciami a dokonca vandalizmom proti infraštruktúre (ITU, 2021). Hoci zavedenie sietí 5G by mohlo skutočne zvýšiť celkovú expozíciu EMP, podľa očakávaní táto situácia potrvá dovtedy, kým budú v prevádzke siete predchádzajúcej generácie (SCHEER, 2023a). S cieľom zmierniť obavy verejnosti týkajúce sa 5G a monitorovať skutočný vplyv na celkovú expozíciu RF EMP sa z programu EÚ Horizont financovali štyri medzinárodné štúdie zamerané na posúdenie vplyvu zavádzania 5G na zdravie a životné prostredie, a to aj v pracovnom prostredí[3]. Tieto projekty sa začali v roku 2022 a dokončia sa v rokoch 2025 až 2027.

Pri vyšších frekvenciách je na zachovanie vysokokvalitného bezdrôtového spojenia potrebný rastúci počet základňových staníc. Preto sa používajú základňové stanice malých bunkových sietí umiestnené na stromoch, pouličných svetlách alebo budovách vzdialených len niekoľko stoviek metrov (SCHEER, 2023a). Malé bunkové siete sa čoraz viac používajú aj v súkromných/podnikových sieťach[4] a zavádzajú sa vo veľkých továrňach, výrobných halách, letiskách/prístavoch, univerzitných areáloch atď.

Kombinácia techník prenosu, vyšších frekvencií a súbežného zahusťovania siete 5G umožňuje bezdrôtovú komunikáciu s (veľmi) vysokou dátovou priepustnosťou a (ultra)nízkym oneskorením, čo z nej robí kľúčovú hnaciu silu digitalizácie práce a mnohých budúcich pracovných aplikácií. Očakáva sa však, že technologické inovácie, ktoré zavádza 5G, sa naplno prejavia až v ďalšej generácii 6G, ktorej uvedenie na trh je naplánované na rok 2030. V rámci vlajkového projektu EÚ Hexa-X[5] sa dokonca predpokladá, že 6G sa stane všeobecne použiteľnou technológiou (general-purpose technology, GPT), a nie iba podpornou technológiou. Má umožniť napríklad (plne imerzívnu) teleprezenciu, ako je metaverzum; vytváranie digitálnych dvojčiat vo veľkom rozsahu [t. j. kontrolné panely v reálnom čase a virtuálne modely zariadení a (výrobných) prevádzok]; elektronické zdravotníctvo pre všetkých; kolaboratívne roboty (t. j. roboty podporujúce ľudí pri ich úlohách); ako aj plnú integráciu internetu vecí (IoT) s množstvom snímačov na tele aj mimo tela. To znamená, že sa očakáva, že 6G bude mať ďalekosiahly vplyv na spoločenskú a priemyselnú transformáciu (Priemysel 5.0). Na tento účel bude 6G využívať časti rádiofrekvenčného spektra, ktoré sú oveľa vyššie ako tie, ktoré využíva alebo bude využívať 5G (> 100 GHz), čo nielenže umožní ultravysokú priepustnosť, ale aj lokalizáciu a snímanie na úrovni centimetrov.

Energetická transformácia

Prebiehajúca energetická transformácia na obnoviteľné zdroje energie si vyžaduje rozšírenie a modernizáciu elektrizačnej sústavy (napr. zavedenie vedení vysokého napätia a invertorových staníc), ako aj lepšie monitorovanie okamžitej spotreby energie na individuálnej úrovni (napr. prostredníctvom bezdrôtovej siete snímačov nazývaných inteligentné meradlá). Riziká expozície zamestnancov (napr. stavbárov, elektrikárov a údržbárov) a zamestnancov zapojených do vývoja a údržby novej (energetickej) infraštruktúry s potenciálne vysokou expozíciou v dôsledku vysokých prúdov sú dobre známe a zdá sa, že zamestnanci v elektrárňach dostatočne poznajú riziká a spôsoby,

[3] Pozri: https://www.emf-health-cluster.eu/
[4] Súkromné/podnikové 5G siete nie sú verejne prístupné a sú veľmi bezpečné.
[5] Pozri: https://hexa-x.eu/. Európska komisia spustila viacero vlajkových iniciatív s cieľom riešiť hlavné výzvy v oblasti vedy a techniky a podporovať inovácie v EÚ: https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/activities/flagships

ako sa chrániť (Stege a kol., 2020). Hoci subdodávatelia v elektrárňach si nemusia v plnej miere uvedomovať riziká, odborníci v oblasti bezpečnosti, ochrany zdravia a životného prostredia ich budú môcť poučiť. Okrem toho inteligentné meradlá vo všeobecnosti len málo prispievajú k celkovej expozícii RF EMP v dôsledku ich slabého prenosu a špecifických umiestnení (Aerts a kol., 2019). A napokon (priemyselné) vykurovacie aplikácie čoraz viac prechádzajú z uhľovodíkových palív na elektrickú indukciu, čo vedie k zdrojom magnetického poľa s nižšími frekvenciami, ktoré môžu mať potenciálne vysokú intenzitu, ale možno ich udržiavať výrazne pod limitnými hodnotami expozície (EK, 2015a, b).

Bezdrôtový prenos energie

Bezdrôtový prenos energie sa stal vedúcou technológiou na nabíjanie osobných zariadení (napr. smartfónov a notebookov, ale aj elektrického náradia) a skúma sa alebo zavádza aj v prípade zdravotníckych pomôcok (napr. kardiostimulátorov), elektrických vozidiel, bezpilotných vzdušných prostriedkov a iných priemyselných autonómnych vozidiel/robotov. Bezdrôtový prenos energie buď využíva cielené rádiofrekvenčné EMP (lúče) alebo používa indukčné alebo rezonančné technológie, ktoré emitujú EMP s frekvenciami od 10 kHz do 50 MHz (ETSI, 2019). V prvom prípade energia prenášaná vzduchom umožňuje nepretržitú prevádzku zariadení a strojov, robotov a bezpilotných vzdušných prostriedkov. V pracovnom prostredí sa bezdrôtový prenos energie využíva hlavne v odvetví údržby a opráv, vo výrobnom priemysle, v odvetví dopravy a logistiky a vo všetkých odvetviach s pracovnými miestami využívajúcimi (mobilnú) robotiku. Aj bezdrôtové nabíjanie vozidiel sa bude zavádzať vo väčšom rozsahu jeho integráciou do (cestnej) infraštruktúry. Rôzne vozidlá, ako sú osobné automobily, autobusy a nákladné vozidlá, sa už nabíjajú indukčnými nabíjačkami[6] na parkoviskách a autobusových zastávkach. Navyše v (blízkej) budúcnosti budú do ciest integrované indukčné nabíjačky, ktoré budú nepretržite nabíjať vozidlá počas jazdy. Nedávne štúdie – hoci neboli vykonané v pracovnom prostredí – naznačujú, že expozícia systémom bezdrôtového prenosu energie v blízkosti je nižšia ako limitné hodnoty expozície (Stam, 2022). Zvýšenie výkonu systémov v budúcnosti, napríklad na nabíjanie veľkých elektrických vozidiel, by však mohlo viesť k zvýšenej expozícii, najmä v pracovnom prostredí.

Zdravotná starostlivosť

V zdravotníctve sa využívanie EMP postupne vyvíja smerom k presnejším a výkonnejším metódam, ktoré často používajú vyššie frekvencie, cielené lúče a/alebo vyšší výkon sústredený do malej oblasti. Nový vývoj v oblasti diagnostických nástrojov zahŕňa magnetické zobrazovanie častíc (5 – 50 kHz) (Billings a kol., 2021), ktoré by mohlo výrazne zvýšiť expozíciu zdravotníckych pracovníkov, radar na povrchové zobrazovanie (1 – 60 GHz) (de Waard-Schalkx a kol., 2015) a monitorovanie vitálnych funkcií (do 120 GHz) (Cardillo a Caddemi, 2020) a terahertzové frekvencie na zobrazovanie, spektroskopiu a liečbu (Amini a kol., 2021). Okrem toho by riziká pre zdravotníckych pracovníkov mohli predstavovať nové kozmetické ošetrenia využívajúce pulzné nízkofrekvenčné (15 Hz) EMP alebo rádiofrekvenčné EMP (27 MHz – 5,8 GHz) (Stam, 2022).

Bezpečnosť

Terahertzové a milimetrové vlnové frekvencie sa používajú aj v bezpečnostných a skenovacích aplikáciách, ako sú skenery tela na letiskách, poštové skenery a nedeštruktívne testovanie. Tieto aplikácie sa môžu výrazne líšiť intenzitou: zatiaľ čo úrovne poľa v skeneroch tela sú obmedzené na intenzity pod limitnými hodnotami expozície v dôsledku expozície širokej verejnosti, lekárske a priemyselné aplikácie môžu používať vyššie intenzity a mali by ich používať dobre vyškolení pracovníci.

Dôsledky EMP na bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci

Nepriaznivé účinky expozície EMP na zdravie, jej regulácia a príslušné právne predpisy

Už sa uskutočnil rozsiahly výskum vplyvu EMP na zdravie, ale usmernenia týkajúce sa expozície sa zameriavajú hlavne na akútne, krátkodobé účinky. Tieto účinky závisia od frekvencie EMP, ich intenzity a trvania expozície. Účinky expozície EMP s nízkou frekvenciou presahujúcej limitné hodnoty expozície

[6] Indukčné nabíjačky prenášajú energiu bezdrôtovo prostredníctvom elektromagnetickej indukcie. Táto metóda sa vo veľkej miere uplatňuje aj v domácich spotrebičoch, ako sú elektrické zubné kefky a bezdrôtové nabíjacie podložky pre smartfóny.

pri práci zahŕňajú napr. vnímanie povrchového elektrického náboja, priamu stimuláciu nervového a svalového tkaniva a indukciu fosfénov sietnice (t. j. falošné záblesky svetla). Pri vyšších frekvenciách (100 kHz – 300 GHz, obrázok 1) sa účinky nervovej stimulácie a zmeny priepustnosti bunkových membrán (pri veľmi vysokých úrovniach expozície) znižujú, pričom môže dôjsť k miestnemu zvýšeniu teploty alebo zvýšeniu teploty telesného jadra a vyvolaniu tzv. tepelných účinkov. Okrem toho je známe, že EMP môžu mať aj nepriame účinky, ktoré môžu spôsobiť bezpečnostné riziká, ako sú kontaktné prúdy, iskrové výboje a elektromagnetické rušenie lekárskych implantátov alebo ich zahrievanie.

Všetky tieto účinky sú dobre známe a tvoria základ pre súčasné usmernenia týkajúce sa expozície, ktoré vypracovali medzinárodné orgány, ako je Medzinárodná komisia pre ochranu pred neionizujúcim žiarením (ICNIRP), ktorá zhromaždila vedecké dôkazy o nepriaznivých účinkoch na zdravie v dôsledku expozície EMP v troch publikáciách: jedna sa týka statických magnetických polí (ICNIRP, 2009), druhá nízkofrekvenčného rozsahu (t. j. od 1 Hz do 10 MHz) (ICNIRP, 2010), v rámci ktorého by sa magnetické a elektrické polia mali posudzovať samostatne, keďže nie sú spojené v jednom elektromagnetickom poli, ako je to vo vzdialenom poli, keďže pracovníci prevádzkujú zdroje EMP väčšinou v kratšej vzdialenosti ako vo vzdialenom poli, a tretia sa týka rozsahu medzi 100 kHz a 300 GHz (ICNIRP, 2020). Na základe týchto vedeckých dôkazov komisia ICNIRP stanovila limitné hodnoty expozície nazývané aj základné obmedzenia, ako aj referenčné úrovne. Referenčné úrovne sú odvodené od základných obmedzení a poskytujú rovnocennú úroveň ochrany, ale ich posudzovanie na pracoviskách je omnoho jednoduchšie. Upozorňujeme, že limitné hodnoty expozície sú vymedzené podľa frekvencie (pásma) a komisia ICNIRP vymedzila metódu váženia pre súčasnú expozíciu z viacerých zdrojov na určitom mieste v tom istom alebo inom frekvenčnom pásme. S cieľom zohľadniť vedeckú neistotu (vrátane variability tepelnej fyziológie v celej populácii a v úrovniach fyzickej aktivity a environmentálnych podmienkach) sa na základné obmedzenia najprv uplatnili dodatočné redukčné faktory, ktoré sú (päťkrát) menšie v prípade expozície pri práci ako v prípade širokej verejnosti, keďže široká verejnosť sa považuje za variabilnejšiu, pokiaľ ide o vek a zdravotný stav, pričom nepozná potenciálne riziká alebo nemá možnosť ich kontrolovať (ICNIRP, 2020). Dodržiavanie referenčných úrovní komisie ICNIRP a/alebo základných obmedzení sa považuje za dostatočné na ochranu pred identifikovanými nepriaznivými účinkami na zdravie.

Okrem toho sa usmernenia a právne predpisy EÚ týkajúce sa expozície EMP zakladajú na usmerneniach komisie ICNIRP a pozostávajú z odporúčania Európskej rady 1999/519/ES z roku 1999 o vystavení širokej verejnosti elektromagnetickým poliam a smernice 2013/35/EÚ z roku 2013 o vystavení pracovníkov EMP, ktorá sa od roku 2017 uplatňuje vo všetkých členských štátoch s určitými vnútroštátnymi odchýlkami.

Vo viacerých štúdiách (napr. Rijs a Stam, 2019) sa skúmali možné prepojenia medzi dlhodobou expozíciou EMP a rôznymi zdravotnými problémami vrátane rakoviny, reprodukčných problémov, oneskoreného vývoja a neurodegeneratívnych porúch. Napriek rozsiahlemu výskumu však vedecké dôkazy zostávajú nejednoznačné. Niektoré štúdie naznačujú určitú súvislosť, ale bez preukázania príčinnej závislosti, napríklad vzťahu medzi dávkou a účinkom, zatiaľ čo v ďalších štúdiách sa nezistila žiadna významná súvislosť (ICNIRP, 2020).

Expozícia EMP na pracovisku

Európska komisia poskytla rozsiahle informácie s cieľom pomôcť zamestnávateľom pochopiť, čo musia robiť, aby dosiahli súlad so smernicou 2013/35/EÚ, a to v troch nezáväzných praktických príručkách (EK, 2015a; 2015b; 2015c), so zameraním na pracovné prostredie s potenciálne vysokou intenzitou EMP. Okrem toho existuje niekoľko matíc zdrojov a pracovnej expozície, ktoré slúžia ako referenčné údaje (Vila a kol., 2017; Migault a kol., 2019). Nový vývoj v oblasti využívania EMP opísaný v predchádzajúcom texte však môže viesť k dodatočnej, zvýšenej alebo zmenenej expozícii EMP na pracovisku, a to najmä týmto spôsobom:

- Zahusťovanie mobilnej telefónnej siete (t. j. väčší počet antén základňových staníc na jednotku plochy) má za následok, že čoraz viac ľudí pracuje bližšie k telekomunikačným anténam ako predtým, najmä ak sú zavedené základňové stanice s malými bunkovými sieťami. Platí to vo všeobecnosti (napr. pre pokrývačov a elektrikárov), ale najmä pre pracoviská s vlastnými bezdrôtovými sieťami (t. j. súkromné/podnikové mobilné, wi-fi siete a/alebo siete snímačov), najmä ak sa na týchto pracoviskách zvyšuje počet (osobných) bezdrôtových zariadení a snímačov. Snímače umiestnené na tele (napr. pre osobné zdravie na monitorovanie expozície) by však mohli zvýšiť lokálnu expozíciu pracovníka elektromagnetickým poliam (t. j.

obmedzenú na oblasť tela, kde je snímač umiestnený). Očakáva sa, že tieto technologické inovácie sa budú uplatňovať plošne a nebudú sa obmedzovať na konkrétne odvetvia.

- Rastúca prítomnosť (rozsiahlych) systémov na bezdrôtový prenos energie by mohla zvýšiť expozíciu EMP pri frekvenciách závislých od technológie (pozri oddiel 3) v odvetviach dopravy a logistiky (napr. v autobusovej doprave a preprave nákladnými vozidlami). Platí to aj pre pracoviská, kde sa osobné nástroje a roboty/bezpilotné vzdušné prostriedky bezdrôtovo nabíjajú na platformách podobných, ale väčších ako sú platformy používané pre mobilné telefóny, namiesto používania nabíjania cez konektory.
- Elektrifikácia by mohla zvýšiť expozíciu nízkofrekvenčným magnetickým poliam (z vysokonapäťových elektrických vedení, meničov a procesu priemyselného vykurovania, ako je indukčný ohrev) (SCHEER, 2023b).
- Keďže množstvo aplikácií EMP v zdravotníctve sa zvyšuje, viac zdravotníckeho personálu (vrátane netechnického personálu) by mohlo byť vystavených EMP v širokom spektre frekvencií (Stam a Yamaguchi-Sekino, 2017; Turuban, 2023).
- Používanie čoraz vyšších frekvencií (nielen v mobilných sieťach, ale aj v lekárskych aplikáciách a skeneroch tela) by mohlo viesť k zvýšeniu lokalizovaných, ale povrchových expozícií, ktorých riziká ešte nie sú jasné.

Prevencia rizík v oblasti BOZP súvisiacich s EMP

Podľa smernice EÚ 2013/35/EÚ sú zamestnávatelia povinní posúdiť všetky riziká vyplývajúce z expozície elektromagnetickým poliam na pracovisku a zaviesť primerané preventívne opatrenia. Musia najmä zabezpečiť dodržiavanie limitných úrovní stanovených v smernici. V prvom rade sa vychádza z ľahko dostupných informácií, ako sú technické špecifikácie poskytnuté výrobcom (napr. či konkrétne zariadenie spĺňa požiadavky príslušných právnych predpisov EÚ, v ktorých sa môžu stanovovať prísnejšie bezpečnostné úrovne než v smernici 2013/35/EÚ), matice expozície pri zdroji a/alebo v práci (Vila a kol., 2017; Migault a kol., 2019), prieskumné štúdie a/alebo praktické príručky uverejnené EÚ, vnútroštátnymi inštitúciami a normalizačnými orgánmi. Napríklad dokumenty (EK, 2015a; 2015b) obsahujú zoznamy zariadení a pracovísk, ktoré si potenciálne vyžadujú **osobitné posúdenie rizika**. Poskytujú aj usmernenia, pokiaľ ide o potrebu vykonávať posúdenie rizík spojených s EMP v prípade osobitne ohrozených zamestnancov, ako sú zamestnanci s aktívnymi zdravotníckymi pomôckami vrátane kardiostimulátorov (Modenese a Gobba, 2021). Tieto informácie však zatiaľ nemusia byť postačujúce na posúdenie, či budú pri nových aplikáciách EMP dodržané limitné hodnoty expozície a či budú splnené požiadavky na ochranu zdravia a bezpečnosti pri práci. V takom prípade by sa mali vykonať merania *in situ* alebo dozimetrické výpočty a mali by sa porovnať so zákonnými limitnými hodnotami, pričom by sa mali zohľadniť všetky neistoty, ktoré sú s nimi spojené.

V prípade prekročenia limitných hodnôt je nutné prijať ochranné a preventívne opatrenia [príklady možno nájsť v (EK, 2015a; 2015b)]. Keďže intenzita EMP sa rýchlo znižuje so zvyšujúcou sa vzdialenosťou od zdroja, najúčinnejším opatrením na zníženie expozície je zvýšenie vzdialenosti medzi zdrojom a zamestnancom. Môžu sa na to využiť technické a organizačné opatrenia, ako sú zábrany, značenie a pracovné pokyny. Tienenie je účinné v prípade všetkých foriem EMP okrem nízkofrekvenčných magnetických polí. Informácie o znižovaní expozície EMP sú uvedené aj v usmerneniach Európskej komisie (EK, 2015a), vrátane opatrení týkajúcich sa projektovania pracovísk a ustanovení týkajúcich sa pracovných zariadení a metód. Napríklad cievky, transformátory a bezdrôtové nabíjacie platformy by mali byť štandardne bezpečné, ak sú umiestnené v dostatočnej vzdialenosti od pracovísk. Nemalo by byť možné stáť priamo pred vysielacími anténami.

Nedostatky, potreby, priority a odporúčania týkajúce sa EMP a BOZP

Vedecký výskum

Vo všeobecnosti chýbajú štúdie o účinkoch na zdravie a intenzite expozície EMP pri:

1. frekvenciách používaných v nových technológiách pre mobilnú komunikáciu (t. j. medzi 6 a 300 GHz);
2. stredných frekvenciách používaných pri bezdrôtovom prenose energie;

3. frekvenciách (sub-)THz používaných v nových zobrazovacích a skenovacích technológiách (a ktoré sa majú používať so 6G). Najväčšie medzery vo výskume sa týkajú:
    a. úrovní expozície, najmä v povolaniach využívajúcich zariadenia vytvárajúce potenciálne silné magnetické, elektrické alebo elektromagnetické polia (Turuban, 2023);
    b. potenciálnych účinkov na zdravie (v dôsledku mechanizmov potenciálnej biologickej interakcie) (Jeschke, 2022);
    c. dlhodobej kumulatívnej expozície EMP v pracovnom prostredí (Hansson Mild, 2023) a
    d. najrelevantnejšej metriky expozície (Turuban, 2023).

Navyše zdravotné a zmyslové účinky spôsobené expozíciou EMP sa môžu medzi pracovníkmi výrazne líšiť. Expozíciu EMP ovplyvňujú rôzne osobné a environmentálne faktory, medzi ktoré patria:

- osobné charakteristiky: anatómia, telesné vlastnosti vrátane implantátov alebo piercingov a užívanie liekov;
- držanie tela pri práci: poloha a pohyb tela počas práce;
- pracovné prostredie:
    - stavebné materiály: betón môže zmierniť a čiastočne chrániť pred RF EMP cez oceľové pletivo, zatiaľ čo drevo pôsobí ako tienidlo;
    - používanie nástrojov: úroveň expozície môže ovplyvniť manipulácia s nástrojmi alebo ich používanie (Jeschke, 2023).

Táto variabilita v rámci zamestnancov aj medzi nimi vyvoláva značnú neistotu v súčasných štúdiách posudzovania expozície a maticiach expozície, v ktorých sa využívajú tieto údaje (Turuban, 2023).

Preto sú potrebné návrhy štúdií využívajúcich realistické scenáre expozície na pracovisku [napr. vysoké vrcholové expozície, po ktorých nasledujú obdobia bez expozície (Hansson Mild, 2023) alebo expozície v blízkosti limitných úrovní počas ôsmich alebo viac hodín (Jeschke, 2022)] a/alebo v ktorých sa zhromaždia podrobné opisné údaje o:

(a) typických kritériách týkajúcich sa povolania, ako sú anatómia pracovníka, pracovné polohy a postoje, fyzická aktivita, náročné prostredie a manipulácia s nástrojmi, najmä tými, ktoré emitujú EMP (Jeschke, 2022);

(b) charakteristikách emitovaných EMP [napr. frekvencia a modulácia zdrojov na pracovisku (Jeschke, 2022)];

(c) potenciálnej expozícii počas trvania pracovného života (Hansson Mild, 2023) a

(d) vplyvoch na zdravie iných ako sú už známe (napr. v dôsledku tepelných účinkov RF EMP) (Jeschke, 2022).

Tieto typy štúdií by výrazne zlepšili vedecké chápanie úrovní a trvania expozície EMP v rôznych pracovných prostrediach a mohli by sa použiť ako presnejší východiskový bod pre epidemiologické štúdie o účinkoch na zdravie v dôsledku expozície EMP, v ktorých sa v súčasnosti sotva zohľadňuje expozícia pri práci. Potrebné sú však dlhodobé individuálne údaje o úrovniach expozície pri práci v kombinácii s inými (relevantnými) environmentálnymi/pracovnými expozíciami (napr. prostredníctvom sietí snímačov v rámci internetu vecí) s cieľom hľadať spolupôsobiace faktory alebo determinanty (Stam a Rijs, 2019; Hansson Mild a kol., 2023). Vhodné nízkonákladové meracie prístroje na zber týchto údajov však (často) ešte nie sú k dispozícii a bude potrebné ich vyvinúť, a najmä distribuovať medzi osoby s (vysokou) expozíciou.

Politika EÚ

Keďže komisia ICNIRP vydala v roku 2020 nové usmernenia, na ktoré sa už odkazuje vo viacerých technických normách (napr. IEC 62232:2023 a IEC TR 63377:2022), a smernica 2013/35/EÚ stále vychádza z usmernení z rokov 1998, 2009 a 2010, právna situácia predstavuje výzvu. Vedecký výbor pre zdravotné, environmentálne a vznikajúce riziká (SCHEER) sa preto nedávno „kladne vyjadril k potrebe technickej revízie príloh k odporúčaniu Rady 1999/519/ES a k smernici 2013/35/EÚ, pokiaľ

ide o rádiofrekvenčné elektromagnetické polia (100 kHz až 300 GHz)“ (SCHEER, 2023a). V porovnaní s usmerneniami z roku 1998 usmernenia z roku 2020 totiž obsahujú aj úpravy týkajúce sa expozície novým zdrojom EMP, ako je telekomunikačná sieť 5G, na základe krátkych, lokalizovaných expozícií pri vyšších frekvenciách (do 300 GHz). Je zrejmé, že zavedenie nových technológií využívajúcich EMP zvyšuje zložitosť posudzovania expozície EMP na pracovisku, čo si od odborníkov v oblasti bezpečnosti, ochrany zdravia a životného prostredia vyžaduje čoraz podrobnejšie poznatky o metódach merania a modelovania (Jeschke, 2022; Stam, 2022).

Pre spoľahlivé posúdenie rizík v oblasti BOZP sú preto nevyhnutné praktické aspekty týkajúce sa posudzovania expozície EMP na pracovisku, pokiaľ ide o dĺžky expozície počas pracovného času v priebehu desaťročí (Jeschke a kol., 2022). Tieto aspekty sa ešte musia vypracovať spolu s príslušnými meracími zariadeniami a mohli by sa riešiť v aktualizovaných verziách dokumentov EK (EK, 2015a; 2015b; 2015c) alebo sa uvádzať v príslušných technických normách.

Na záver je dôležité poznamenať, že hoci sa v ICNIRP (2020) zdôrazňuje význam „zmyslovej a behaviorálnej kapacity“ zamestnancov „uvedomovať si potenciálne riziká RF EMP a uplatňovať vhodné opatrenia na zmiernenie škôd“, Jeschke a kol. (2022) správne poukazujú na to, že v rámcovej smernici EÚ z roku 1989 (89/391/EHS) sa „uprednostňujú kolektívne technické a organizačné ochranné opatrenia pred osobnými (individuálnymi) ochrannými opatreniami“. Z hľadiska BOZP je však vykonávanie (individuálnych) posúdení rizík v prípade osobitne ohrozených zamestnancov povinné. Preto sú potrebné primerané usmernenia, ktoré by sa mohli ľahko rozšíriť na všetkých zamestnancov.

Zamestnávatelia, zamestnanci a odborníci v oblasti BOZP

Napriek dostupnosti matíc expozície a praktických príručiek o expozícii EMP v pracovnom prostredí (vrátane opatrení na zníženie expozície) sú vedomosti pracovníkov o zdrojoch EMP a expozíciách v pracovnom prostredí „zvyčajne nízke“ (Turuban, 2023). Okrem toho ich pracovníci nemusia vnímať ako nebezpečné, a preto nemusia venovať potrebnú pozornosť prevencii, prípadne môžu dokonca vnímať preventívne opatrenia ako zaťažujúce (Stege, 2022). S cieľom účinnejšie informovať zamestnávateľov, zamestnancov a odborníkov v oblasti BOZP by zamestnávateľ mohol poskytnúť snímače merajúce expozíciu EMP (Bhatt a kol., 2022), ktoré by zamestnanci nosili alebo by boli nainštalované v prostrediach s vysokou intenzitou EMP. Tieto nositeľné zariadenia poskytnú včasné varovanie, ako aj údaje potrebné na vedecké štúdie o expozícii EMP pri práci a možných účinkoch na zdravie (pozri 5.1). Medzi špecifické cieľové skupiny na monitorovanie nositeľnými snímačmi patria zamestnanci, ktorí aktívne používajú zdroje EMP (napr. fyzioterapeuti a personál kontroly bezpečnosti), alebo tí, ktorí pracujú v blízkosti zdrojov EMP, ako sú elektrikári. Do tejto skupiny však patria aj zamestnanci, ktorí sa môžu nevedomky priblížiť k aktívnym zdrojom EMP, nevediac o potenciálnych rizikách, ako sú zdravotné sestry alebo personál údržby a upratovania. V dôsledku zavádzania súkromných sietí 5G a systémov bezdrôtového prenosu energie sa táto druhá skupina stáva čoraz významnejšou.

Hoci sa pri hodnotení EMP v rámci BOZP vo veľkej miere využívajú merania *in situ*, ak existuje dôvod predpokladať prekročenie limitných hodnôt, na potvrdenie dodržiavania limitných hodnôt expozície sa vyžaduje simulácia a číselné vymedzenie, čo je pre odborníkov v oblasti BOZP veľmi náročné z dôvodu súvisiacich nákladov a požadovaných odborných znalostí (Jeschke, 2022). Preto existuje dopyt po jednoduchých pravidlách, ktoré umožňujú rýchly výpočet na zabezpečenie dodržiavania limitných hodnôt. Niektoré krajiny už takéto usmernenia vypracovali; pozri napr. Bolte a Pruppers (2006).

Záverečné poznámky

V tomto dokumente je poskytovaný komplexný prehľad dôsledkov nových aplikácií EMP v oblasti BOZP, pričom sa zdôrazňuje všadeprítomnosť EMP v modernom pracovnom prostredí v dôsledku technologického pokroku, ktorý z nich robí kľúčovú hnaciu silu digitalizácie práce a programu Priemysel 5.0 (vrátane pokročilej automatizácie, robotiky, virtualizácie, práce na diaľku, riadiacich miestností atď.).

Posúdenie rizík expozície EMP je veľmi zložité z dôvodu rozličných zdrojov, pokiaľ ide o frekvenciu, intenzitu a používanie, najmä v pracovnom prostredí, ako aj rôznorodosti súvisiacich nepriaznivých účinkov na zdravie. Navyše, hoci sú akútne účinky silnej expozície EMP pri v súčasnosti používaných frekvenciách dobre známe, v prípade dlhodobých účinkov expozícií na nízkej úrovni a budúceho využívania čoraz vyšších frekvencií pretrvávajú rozpory a medzery. Regulačné normy a (praktické) usmernenia zamerané na ochranu zamestnancov sa preto musia neustále aktualizovať na základe

aktuálneho výskumu. Na tento účel sa dôrazne odporúča dlhodobé monitorovanie úrovní expozície EMP na pracovisku, v príslušných frekvenčných pásmach, pomocou pevných aj nositeľných snímačov a v kombinácii s parametrami týkajúcimi sa zdravia zamestnancov.

Stručne povedané, vyžaduje sa multidisciplinárny prístup k posudzovaniu expozície EMP a predchádzaniu rizikám, ktorý zahŕňa výskum zameraný na konkrétne povolania, priebežné prispôsobovanie politiky a účinnú komunikáciu medzi zainteresovanými stranami v oblasti BOZP s cieľom zaistiť bezpečnosť a ochranu zdravia pracovníkov v čoraz viac bezdrôtovo prepojenom a napájanom prostredí.

Poďakovanie

Ďakujeme Rianne Stam (Holandský národný inštitút pre verejné zdravie a životné prostredie – RIVM), Stefanii Marassi (právo, THUAS) a Emanuelle Brun a Annick Starren (EU-OSHA) za kritické preskúmanie a podnetné diskusie.

Odkazy

Amini, T., Jahangiri, F., Ameri, Z. a 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: Aktualizácia. *Physical and Engineering Sciences in Medicine*, 45(3), s. 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 (jún 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. a 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. a Caddemi, A. (2020). A review on biomedical MIMO radars for vital sign detection and human localization. *Electronics, 9(9)*, článok 9.

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

EU-OSHA – Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci. (2023). *Policy brief: Smart digital monitoring systems for occupational safety and health: opportunities and challenges.* https://osha.europa.eu/en/publications/smart-digital-monitoring-systems-occupational-safety-and-health-opportunities-and-challenges

Európska komisia (EK). (2021). *Oznámenie Komisie Európskemu parlamentu, Rade, Európskemu hospodárskemu a sociálnemu výboru a Výboru regiónov – Strategický rámec EÚ v oblasti ochrany zdravia a bezpečnosti pri práci na obdobie 2021 – 2027 – Bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci v meniacom sa svete práce.* COM(2021) 323 final. Prevzaté z: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX%3A52021DC0323

Generálne riaditeľstvo Európskej komisie pre zamestnanosť, sociálne záležitosti a začlenenie. (2015a). *Nezáväzná príručka osvedčených postupov na vykonávanie smernice 2013/35/EÚ o elektromagnetických poliach. Zväzok 1, Praktická príručka.* Brusel, Belgicko.

Generálne riaditeľstvo Európskej komisie pre zamestnanosť, sociálne záležitosti a začlenenie. (2015b). *Nezáväzná príručka osvedčených postupov na vykonávanie smernice 2013/35/EÚ o elektromagnetických poliach. Zväzok 2, Prípadové štúdie.* Brusel, Belgicko.

Generálne riaditeľstvo Európskej komisie pre zamestnanosť, sociálne záležitosti a začlenenie. (2015c). *Nezáväzná príručka osvedčených postupov na vykonávanie smernice 2013/35/EÚ o elektromagnetických poliach. Zväzok 3, Príručka pre malé a stredné podniky.* Brusel, Belgicko.

Európska komisia (EK) (2022). *Industry 5.0: A Transformative Vision for Europe - ESIR Policy Brief No. 3* (Priemysel 5.0: Transformačná vízia pre Európu – politický prehľad skupiny ESIR č. 3). Úrad pre publikácie Európskej únie, ISBN 978-92-76-43352-1.

Európsky inštitút pre telekomunikačné normy (ETSI). (2019). *ETSI TR 103 493 V1.1.1.: System Reference document (SRdoc); Wireless Power Transmission (WPT) systems operating below 30 Mhz* [Systémový referenčný dokument (SRDoc); Systémy bezdrôtového prenosu energie (WPT) s frekvenciou do 30 MHz]. Sophia Antipolis Cedex, Francúzsko.

Hansson Mild K., Mattsson M.O., Jeschke P., Israel M., Ivanova M. a 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), s. 6552.

Medzinárodná telekomunikačná únia (ITU). (2020). *Radio Regulations Articles: Edition of 2020* (Články Rádiokomunikačného poriadku: vydanie z roku 2020).

Medzinárodná telekomunikačná únia (ITU). (2021). *Executive report ITU regional assessment for Europe on EMF exposure limits and risk communication challenges* (Súhrnná správa Regionálne hodnotenie ITU pre Európu týkajúce sa limitných hodnôt expozície EMP a výziev v oblasti oznamovania rizík).

Jeschke, P., Alteköster, C., Hansson Mild, K., Israel, M., Ivanova, M., Schiessl, K., Shalamanova, T., Soyka, F., Stam, R. a 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*, s. 10.

Migault, L., Bowman, J. D., Kromhout, H., Figuerola, J., Baldi, I., Bouvier, G., Turner, M. C., Cardis, E. a 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), s. 1013 – 1028.

Modenese, A. 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), s. 1730.

Rijs KJ a Stam R. (2019). *Onderzoek naar mogelijke langetermijneffecten van elektromagnetische velden op de gezondheid van werknemers – update 2019* (Výskum možných dlhodobých účinkov elektromagnetických polí na zdravie pracovníkov – aktualizácia 2019). *RIVM Report* 2019-0010. Bilthoven: RIVM.

Vedecký výbor pre zdravotné, environmentálne a vznikajúce riziká (SCHEER). (2023 a). *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)* [Stanovisko k potrebe revízie príloh k odporúčaniu Rady 1999/519/ES a k smernici 2013/35/EÚ s ohľadom na najnovšie dostupné vedecké dôkazy týkajúce sa rádiových frekvencií (100 kHz – 300 GHz)].

Vedecký výbor pre zdravotné, environmentálne a vznikajúce riziká (SCHEER). (2023b). *Potential health effects of exposure to electromagnetic fields (EMF): 14 Update with regard to frequencies between 1Hz and 100 kHz* [Možné zdravotné účinky vystavenia elektromagnetickým poliam (EMP): 14 Aktualizácia týkajúca sa frekvencií od 1 Hz do 100 kHz].

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

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

Stam, R. (2022), *Bronnen van blootstelling van werknemers aan elektromagnetische velden: Nieuwe ontwikkelingen* (Zdroje expozície zamestnancov elektromagnetickým poliam: Nové vývojové trendy). *RIVM-briefrapport 2022-0109*. Bilthoven: RIVM.

Stege, T. A. M., Bolte, J. F. B., Claassen, L. a 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), s. 1650 – 1660.

Stege, T. A. M. (2022). *Development of risk communication tools for occupational exposures.* (dizertačná práca) Amsterdam Free University (VU) a National Institute for Public Health and the Environment of the Netherlands (RIVM), Holandsko, poradcovia D.R.M. Timmermans, L. Claassen, J.F.B. Bolte, ISBN 978-94-6421-796-4. Prevzaté z: 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. a 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. a 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), s. 398 – 408.

Autori: Sam Aerts, John Bolte.

Výskumná skupina Smart Sensor Systems, Fakulta technológií, inovácií a spoločnosti, Univerzita aplikovaných vied v Haagu (THUAS), Holandsko.

Riadenie projektu: Annick Starren, Emmanuelle Brun – Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci, (EU-OSHA).

Vypracovanie tohto diskusného dokumentu zadala agentúra EU-OSHA. Za obsah vrátane všetkých vyjadrených stanovísk a/alebo záverov zodpovedajú samotní autori a nemusia nevyhnutne odrážať stanoviská agentúry EU-OSHA.

Agentúra EU-OSHA ani žiadna osoba konajúca v mene agentúry nie je zodpovedná za prípadné použitie týchto informácií.

© Európska agentúra pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci, 2026

Reprodukcia je povolená len s uvedením zdroja.

Na akékoľvek použitie alebo reprodukciu fotografií alebo iného materiálu, na ktorý sa nevzťahujú autorské práva Európskej agentúry pre bezpečnosť a ochranu zdravia pri práci, je potrebné povolenie priamo od držiteľov autorských práv.