



# Podstawy oceny i ograniczania elektromagnetycznego oddziaływania infrastruktury elektroenergetycznej do ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym

## Program stosowania środków ochronnych. Metoda rekomendowana pomiaru pola elektromagnetycznego *in situ* – wymagania szczegółowe

Principles of assessing and mitigating the electromagnetic impact of the power infrastructure for charging electric vehicles

The programme of applying protection measures. The recommended method of making *in situ* measurements of the electromagnetic field – specific requirements

dr hab. inż. KRZYSZTOF GRYZ  
<https://orcid.org/0000-0001-5655-2187>  
e-mail: [krgr@ciop.pl](mailto:krgr@ciop.pl)

mgr inż. HUBERT ŚMIETANKA  
<https://orcid.org/0000-0003-1274-080X>

dr hab. inż. JOLANTA KARPOWICZ  
<https://orcid.org/0000-0003-2547-2728>

dr hab. inż. PATRYK ZRADZIŃSKI  
<https://orcid.org/0000-0001-8094-0761>

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy [KG, JK, PZ]<sup>1</sup>  
Central Institute for Labour Protection – National Research Institute, Warsaw, Poland

Instytut Energetyki – Instytut Badawczy [HŚ]<sup>2</sup>  
Institute of Power – Engineering Research Institute, Warsaw, Poland

<sup>1</sup> Opracowano i wydano na podstawie wyników V etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, finansowanego w zakresie zadań służb państwowych ze środków ministra właściwego ds. pracy. Zadanie nr 2.SP.08 pt. „Ocena oddziaływania na człowieka w środowisku pracy i życia emisji elektromagnetycznych, związanych z użytkowaniem pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym lub hybrydowym i wykorzystywanej przez nie infrastruktury technicznej”.

Koordinatorem programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

<sup>2</sup> Wykorzystano wyniki tematu statutowego EMS/1/STAT/2017 pt. „Analiza pracy źródła zasilania elektrycznego autobusu miejskiego” finansowanego z subwencji statutowych Instytutu Energetyki – Instytutu Badawczego.

## Streszczenie

Rozwój elektromobilności, czyli wykorzystania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym, a także infrastruktury technicznej zapewniającej energię do poruszania się takich pojazdów po drogach (stacji ładowania), wiąże się z emisją pola elektromagnetycznego (pola-EM). Zgodnie z wymaganiami prawa pracy, pole-EM jest oceniane i ograniczane w środowisku pracy ze względu na zagrożenia bezpieczeństwa i zdrowia, jakie mogą być związane ze skutkami ich bezpośredniego i pośredniego oddziaływania na człowieka i obiekty materialne podczas zróżnicowanych warunków użytkowania jego źródeł (obejmującego m.in. rutynową eksploatację, kontrolę i serwisowanie), (rozporządzenie ministra ds. pracy: DzU 2018, poz. 331 (t.j.)). Omówiono rodzaje typowych stacji ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym oraz charakterystykę pola-EM występującego w otoczeniu stacji podczas ich użytkowania. Z uwagi na rozpoznaną możliwość występowania w otoczeniu stacji ładowania pojazdów o napędzie elektrycznym pola-EM wymagającego oceny ze względu na wymagania prawa pracy, opracowano rekomendowaną metodę pomiaru parametrów pola-EM *in situ* w przestrzeni pracy podczas użytkowania tego rodzaju urządzeń, spełniającą wymagania prawa pracy (rozporządzenia ministra ds. pracy: DzU 2018, poz. 331 (t.j.) i poz. 1286). Zaprezentowano również kluczowe elementy programu stosowania środków ochronnych dotyczących ograniczania zagrożeń elektromagnetycznych podczas użytkowania infrastruktury elektroenergetycznej ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym, wymaganych do zapewnienia pracownikom bezpiecznych i higienicznych warunków pracy w otoczeniu takich źródeł pola-EM.

**Słowa kluczowe:** instalacje elektroenergetyczne, inżynieria środowiska, pojazdy elektryczne, pomiary pola elektromagnetycznego, metoda rekomendowana pomiaru pola elektromagnetycznego, środowisko pracy, bezpieczeństwo i higiena pracy, nauki o zdrowiu.

## Abstract

The development of e-mobility, electric vehicles and the technical infrastructure that provides energy to move vehicles on the roads (charging stations) has led to increased electromagnetic field (EMF) emissions. In accordance with the requirements set out by provisions of labour law, EMF emissions are assessed and must be limited in the work environment due to the health and safety hazards that are associated with the direct and indirect impact of EMF on humans and material objects during various conditions of using EMF sources (including routine operation, inspection and servicing) (Regulation of ministry of labour issues: J.L. 2018, item 331). The paper discusses typical charging stations for electric vehicles and the characteristic of the EMF present nearby during their use. Due to the recognised possibility of relatively significant EMF level near to charging stations, the recommended method of EMF parameters *in situ* measurements in the workplace while using this type of equipment was developed, meeting the labour law requirements (Regulations of ministry of labour issues: J.L. 2018, item 331 and 1286). The paper also presents the key elements of the programme of applying protective measures to reduce electromagnetic hazards while using electric power infrastructure for charging electric vehicles, which are required in order to provide workers with safe and hygienic working conditions in the vicinity of EMF sources.

**Keywords:** electric power installations, environmental engineering, electric vehicles, electromagnetic field measurements, recommended method of measurements of electromagnetic field, work environment, occupational health and safety, health sciences.

## WPROWADZENIE

Uregulowania prawne na poziomie europejskim dotyczące ograniczania emisji ditlenku węgla obejmują również pojazdy samochodowe (formalnie kodeks drogowy określa, że: „pojazd samochodowy” to pojazd silnikowy, którego konstrukcja umożliwia jazdę z prędkością przekraczającą 25 km/h (Ustawa... 1997). Planowany jest m.in. zakaz rejestracji od 2035 r. nowych samochodów spalinowych. Wspomniane wymogi administracyjne oraz rozwój

technologii napędu elektrycznego i magazynowania energii elektrycznej stymulują systematyczny wzrost liczby pojazdów samochodowych z napędem elektrycznym. W tabeli 1 scharakteryzowano pojazdy elektryczne ze względu na rodzaj stosowanego napędu. Pojazdy bez silników spalinowych, nie emitujące spalin do środowiska, są nazywane pojazdami zeroemisyjnymi.

Eksploatacja pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym lub hybrydowym wymaga

ładowania pokładowych źródeł energii elektrycznej (akumulatorów trakcyjnych lub tzw. superkondensatorów), najczęściej przewodowo. Alternatywna jest technologia ładowania bezprzewodowego (np. za pomocą układów indukcyjnych umieszczonych pod powierzchnią jezdni/podłogi na parkingach), ale nie stosowano jej dotychczas w Polsce.

Pojazdy elektryczne najczęściej wykorzystują akumulatory litowo-jonowe, obecnie z gęstością energii ok. 250 Wh/kg, co przy jej zużyciu na poziomie 250 Wh/km pozwala na oszacowanie masy

pakietu akumulatorów zapewniających zakładany zasięg przejazdu, który można pokonać bez koniecznego ładowania akumulatorów, na maksymalnie do ok. 400 km przy akceptowalnej masie 400 kg pakietu akumulatorów (Ufnalski 2020a; 2020b). Zasięg ten istotnie zależy od warunków panujących na drodze, średniej prędkości, z jaką porusza się pojazd, oraz stylu jazdy. Rozwijana obecnie technologia akumulatorów o stałym elektrolicie dąży do osiągnięcia gęstości energii do 500 Wh/kg (Ufnalski 2020a).

**Tabela 1.** Charakterystyka pojazdów o napędzie elektrycznym (Gryz i in. 2020; 2021; 2022)  
**Table 1.** The characteristic of electric vehicles (Gryz et al. 2020; 2021; 2022)

Rodzaj napędu	Stosowane oznaczenie w literaturze	Charakterystyka napędu	Liczba pojazdów zarejestrowanych w Polsce <sup>(1)</sup>
Całkowicie elektryczny	EV – <i>electric vehicle</i> BEV – <i>battery electric vehicle</i> PEV – <i>plug-in electric vehicle</i>	elektryczna jednostka napędowa jest zasilana z akumulatorów trakcyjnych ładowanych z zewnętrznych sieci elektroenergetycznych	– 28 tys. pojazdów osobowych – 2,6 tys. pojazdów dostawczych i ciężarowych – 790 autobusów
Hybrydowy	HEV – <i>hybrid electric vehicle</i>	konwencjonalna (spalinowa) oraz elektryczna jednostka napędowa, przełączalne automatycznie podczas jazdy, w których akumulatory zasilające silnik elektryczny ładowane są podczas wykorzystywania silnika spalinowego	450 tys. pojazdów osobowych i dostawczych
Hybrydowy z możliwością ładowania z sieci elektroenergetycznych	PHEV – <i>plug-in hybrid electric vehicle</i>	napęd jak w hybrydowym HEV, przy czym akumulatory zasilające silnik elektryczny ładowane są podczas wykorzystywania silnika spalinowego lub z zewnętrznych sieci elektroenergetycznych	28 tys. pojazdów osobowych
Hybrydowy z możliwością ładowania z dodatkowego silnika spalinowego	EREV – <i>extended range electric vehicle</i>	napęd jak w hybrydowym PHEV, ale akumulatory zasilające silnik elektryczny ładowane są podczas wykorzystywania dodatkowego silnika spalinowego	brak danych
Elektryczno-wodorowy	FCEV – <i>fuel cell electric vehicle</i>	elektryczna jednostka napędowa zasilana jest energią elektryczną wytwarzaną w ogniwach paliwowych wskutek reakcji chemicznej sprężonego wodoru (ze zbiornika w pojeździe) i tlenu z powietrza	120 pojazdów osobowych

<sup>(1)</sup> Według Polskiego Związku Przemysłu Motoryzacyjnego, stan na koniec października 2022 (PZPM 2022).

## INFRASTRUKTURA ELEKTROENERGETYCZNA ŁADOWANIA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH O NAPĘDZIE ELEKTRYCZNYM

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych wyróżnia (Ustawa... 2018; UDT 2022):

- punkt ładowania – jako urządzenie umożliwiające ładowanie pojedynczego pojazdu elektrycznego, pojazdu hybrydowego lub autobusu zeroemisyjnego oraz miejsce,

w którym wymienia się lub ładuje akumulator służący do napędzania tego pojazdu, przy czym rozróżnia się punkty ładowania o normalnej mocy (tzn. mniejszej lub równej 22 kW) oraz punkty ładowania o dużej mocy (powyżej 22 kW)

- stację ładowania – jako urządzenie budowlane obejmujące punkt ładowania o normalnej mocy lub punkt ładowania o dużej mocy, związane z obiektem budowlanym albo wolnostojący obiekt budowlany z zainstalowanym co najmniej jednym punktem ładowania o normalnej mocy lub punktem ładowania o dużej mocy, wyposażone w oprogramowanie umożliwiające świadczenie usług ładowania, wraz ze stanowiskiem postojowym oraz w przypadku, gdy stacja ładowania jest podłączona do elektroenergetycznej sieci dystrybucyjnej, wraz z instalacją prowadzącą od punktu ładowania do przyłącza elektroenergetycznego.

Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego szacował, że w październiku 2022 roku funkcjonowało w Polsce ok. 2490 stacji ładowania pojazdów (z czego 72% prądem przemiennym AC (*alternating current*), a 28% prądem stałym DC (*direct current*)) oraz ponad 4300 punktów ładowania (PZPM 2022).

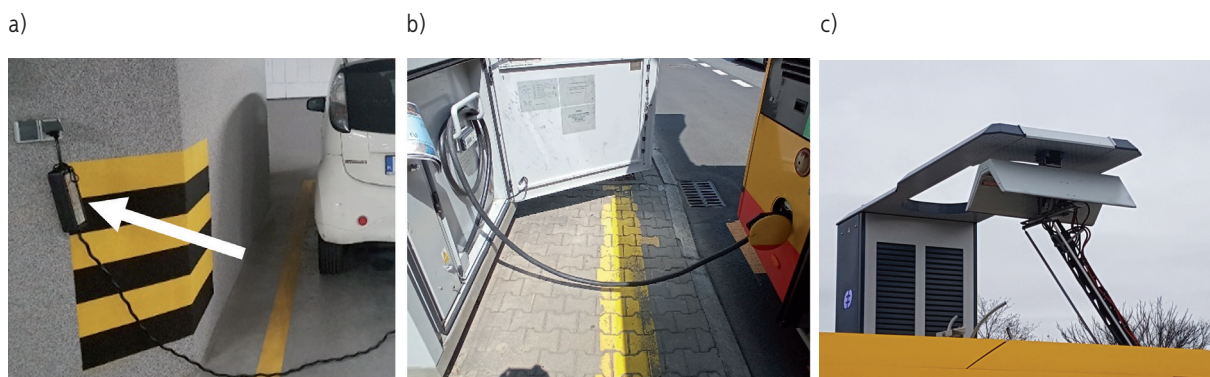
W piśmiennictwie anglojęzycznym terminy „punkt ładowania” i „stacja ładowania” traktowane są często jako synonimy, tzn. termin obejmujący: elektryczny punkt doładowania, ładowarkę EV, ładowarkę EVC (*EV charger*) oraz ładowarkę EVSE (*EV supply equipment*). Piśmiennictwo specjalistyczne podaje również inny, bardziej szczegółowy podział punktów i stacji ładowania ze względu na wielkość mocy ładowania, np.: małej mocy do 60 kW, średniej mocy do 200 kW, dużej mocy do 600 kW (PSPA 2018).

Rozwiązania konstrukcyjne ładowarek pojazdów samochodowych obejmują:

- ładowarki naścienne (*wallboxy*) – najczęściej jako punkty ładowania normalnej mocy pojedynczego pojazdu, lokalizowane np. w parkingach podziemnych
- stacje ładowania wolnostojące (kolumnowe) – w odróżnieniu od stacji naściennych, przeznaczone do ładowania większej liczby pojazdów elektrycznych, dużej mocy, lokalizowane w przestrzeni publicznej, np. parkingi, stacje benzynowe
- stacje ładowania pantografowe – dużej mocy, np. do ładowania autobusów, poprzez automatyczne połączenie instalacji na dachu pojazdu ze stacją ładowania za pomocą wysuwanego pantografu, lokalizowane np. na przystankach końcowych lub w zajezdniach (ryc. 1).

Technologie i systemy przewodowego ładowania samochodów elektrycznych zostały określone w wieloczęściowych normach PN-EN 61851 i PN-EN 62196, w których wyróżniono następujące tryby ładowania pojazdów:

- Mode 1 – ładowanie prądem AC (jednofazowym o napięciu do 250 V lub trójfazowym o napięciu do 480 V) przy natężeniu prądu do 16 A, z wykorzystaniem układu przetwornikowego AC/DC w pojeździe, służącym do doprowadzenia do akumulatorów prądu DC, bez systemów ochrony i sterowania procesem ładowania



**Rycina 1.** Ładowanie pojazdów o napędzie elektrycznym: a) przewodowe w trybie Mode 2 (strzałką oznaczono układ zabezpieczający w kablu połączeniowym); b) przewodowe w trybie Mode 4; c) pantografowe [zdjęcia: autorzy]

**Figure 1.** Charging electric vehicles: a) wired in Mode 2 (the arrow is marked with the safety system in the connection cable); b) wired in Mode 4; c) pantograph [photos: authors]

- Mode 2 – ładowanie prądem AC jak w trybie Mode 1, ale o natężeniu prądu do 32 A, z urządzeniem zabezpieczającym i sterującym wbudowanym w kabel (np. z funkcją wykrywania połączenia z pojazdem elektrycznym i analizy zapotrzebowania na moc ładowania, lub wykrywania i monitorowania połączenia uziemienia ochronnego, z zabezpieczeniem przed przetężeniem i przegrzaniem), (ryc. 1a)
- Mode 3 – ładowanie prądem AC (jednofazowym o napięciu do 250 V lub trójfazowym o napięciu do 480 V) przy natężeniu prądu do 250 A, z możliwością pracy w trybie Mode 2 (z ograniczeniem prądu do 32 A), z zaawansowanymi funkcjami sterującymi i zabezpieczającymi realizowanymi przez zewnętrzną ładowarkę
- Mode 4 – bezpośrednie ładowanie akumulatorów prądem DC o napięciu 600 V i natężeniu do 400 A, z pominięciem układu przetwornikowego AC/DC w pojeździe, z systemami zabezpieczającym i sterującym znajdującymi się w zewnętrznej ładowarce (ryc. 1b).

Aczkolwiek podczas ładowania pantografowego nie wykorzystuje się klasycznego połączenia pojazdu z ładowarką (kabel z wtykiem), to zasada działania takich ładowarek jest identyczna jak w przypadku ładowania przewodowego – przepływ prądu DC (jak w trybie Mode 4 ładowania przewodowego) w zamkniętym obwodzie elektrycznym na skutek różnicy potencjałów ładowarki i akumulatorów trakcyjnych (ryc. 1c).

Norma PN-EN IEC 61851-1 opisuje trzy rodzaje połączeń przewodowych do różnych trybów ładowania:

- przypadek A, w którym przewód jest częścią pojazdu, a można go odłączyć po stronie stacji ładującej
- przypadek B, w którym przewód można odłączyć na obu końcach (stosowany w trybie ładowania Mode 2 lub 3)
- przypadek C, w którym przewód jest na stałe podłączony do zewnętrznej stacji ładowania (stosowany tylko w trybie ładowania Mode 4).

Przewody połączeniowe do ładowania pojazdów samochodowych zależnie od ich producentów wyposażane są w różnego rodzaju złącza:

- do ładowania prądem AC:
  - typu 1 (o obciążalności do 16 A)
  - typu 2 (o obciążalności do 32 A)
- do ładowania prądem DC – CCS typu 1/Combo 1 (o obciążalności do 200 A) lub CCS typu 2/Combo 2 (o obciążalności do 500 A), CHaDeMO (o obciążalności do 125 A), BG/T DC oraz Tesla Charging Connector (o obciążalności do 100 A).

Ładowanie akumulatorów prądem o większym napięciu skraca czas ładowania. W zależności od pojemności akumulatorów, stanu ich rozładowania i dostępnej mocy ładowarki – ładowanie może zająć od kilkunastu godzin (w stacjach wolnoładujących AC o najniższych mocach 3,7 kW i prądzie 16 A) do kilkunastu minut (w stacjach ultraszybkich DC o mocy powyżej 100 kW i prądzie powyżej 200 A).

## CHARAKTERYSTYKA INFRASTRUKTURY ELEKTROENERGETYCZNEJ ŁADOWANIA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH O NAPĘDZIE ELEKTRYCZNYM JAKO ŹRÓDŁA POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO

Elementy stacji ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym, podobnie jak wszystkie urządzenia zasilane i przetwarzające energię elektryczną, emitują pole elektromagnetyczne (pole-EM).

Otoczenie stacji ładowania wykorzystywane przez pracujących (np. kierujących pojazdami samochodowymi o napędzie elektrycznym, osoby serwisujące stacje czy utrzymujące czystość w ich otoczeniu) należy traktować jako

przeźren pracy. Według wymagań prawa pracy określonych w rozporządzeniu ministra ds. pracy należy rozpoznać źródła pola-EM znajdujące się w przestrzeni pracy oraz poziom ekspozycji (DzU 2018, poz. 331 (t.j.)).

Nie rozpatruje się pola-EM jako czynnika szkodliwego dla zdrowia w przestrzeni pracy, jeśli ekspozycja wynika wyłącznie z oddziaływania pola-EM emitowanego przez sprzęt powszechnego użytku (o napięciu znamionowym zasilania nie przekraczającym 250 V – w przypadku sprzętu jednofazowego, lub 480 V – w przypadku sprzętu trójfazowego), przeznaczony do użytkowania w gospodarstwach domowych lub w warunkach podobnych, w szczególności w biurach, sklepach lub hotelach (DzU 2018, poz. 331 (t.j.), par. 5, ust. 2). Na tej podstawie przy analizie zagrożeń elektromagnetycznych związanych z użytkowaniem omawianych urządzeń punkty ładujące i ładowarki naścienne lokalizowane w tego typu miejscach (trybu Mode 1 lub Mode 2) można ocenić jako źródła ekspozycji pomijalnej na pole-EM (czyli nie rozpatrywać pola-EM w ich otoczeniu jako czynnika szkodliwego w przestrzeni pracy).

Biorąc pod uwagę budowę, przeznaczenie i parametry elektryczne stacji ładowania pracujących w trybie Mode 3 lub Mode 4, taką infrastrukturę elektroenergetyczną ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym można zaliczyć do wymienionej w rozporządzeniu (DzU 2018, poz. 331 (t.j.), zał. 1) grupy źródeł pola-EM: „systemy elektroenergetyczne i elektryczna instalacja zasilająca”. Z informacji

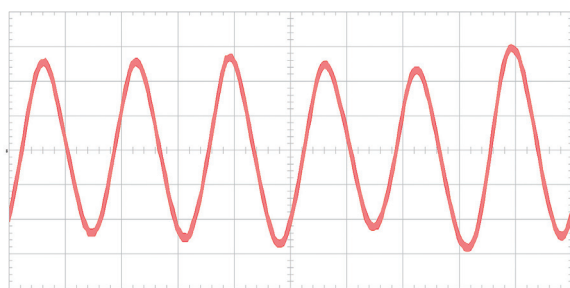
podanych w tym rozporządzeniu wynika, że przy źródłach z tej grupy nie można wykluczyć narażenia na pole-EM, szczególnie przy mniej typowych warunkach użytkowania.

Niezależnie od rozwiązania konstrukcyjnego i trybu ładowania, punkty ładowania i stacje ładujące podłączone są do sieci elektroenergetycznej 50 Hz: bezpośrednio do instalacji niskiego napięcia (nn), (w przypadku ładowarek pracujących w trybie Mode 1, 2 lub 3) bądź za pośrednictwem transformatora rozdzielczego do instalacji średniego napięcia (SN), np. 15 kV (w przypadku ładowarek pracujących w trybie Mode 4).

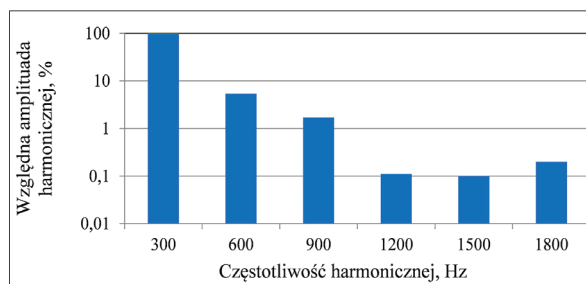
Elementy przewodowych stacji ładowania są pierwotnymi źródłami pola-EM (klasyfikacja i skróty według prawa pracy):

- pola magnetostatycznego (PMS) – podczas ładowania prądem DC
- pola *quasi*-statycznego (PQS) – najczęściej o dominujących częstotliwościach 50 Hz, z uwagi na zasilanie energią elektryczną o częstotliwości 50 Hz podczas ładowania prądem AC jednofazowym lub trójfazowym, natomiast 50 Hz i 300 Hz lub 300 Hz podczas ładowania prądem DC z uwagi na zasilanie stacji ładowania z instalacji AC/50 Hz trójfazowej oraz tętnienia prądu prostowanego DC (możliwe jest też występowanie innych składowych częstotliwościowych), (ryc. 2).

a)



b)



**Rycina 2.** Zmienność w czasie pola magnetycznego zarejestrowanego w otoczeniu przykładowej stacji ładującej akumulatory trakcyjne prądem prostowanym DC (a) i jego widmo amplitudowo-częstotliwościowe (b), (podstawa czasu: 2 ms/dz)

**Figure 2.** Waveform of the magnetic field recorded near an example charging station for traction batteries with DC rectified current (a) and its amplitude-frequency spectrum (b), (time base: 2 ms/div)

## EKSPOZYCJA NA POLE ELEKTROMAGNETYCZNE W OTOCZENIU INFRASTRUKTURY ŁADOWANIA POJAZDÓW

W tabeli 2 podano wybrane limity rozgraniczające przestrzeń pola-EM strefy bezpiecznej i strefy pośredniej (IPNp – Interwencyjne Poziomy Narażenia podstawowe) PMS i składowej magnetycznej PQS według wymagań prawa pracy w celu odniesienia do nich wyników badań pola-EM w otoczeniu stacji ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym podanych w tabeli 3 (DzU 2018, poz. 1286).

Tylko w przestrzeni pola-EM strefy bezpiecznej nie rozpatruje się zagrożeń elektromagnetycznych związanych ze skutkami oddziaływania pola-EM. W przestrzeni pola-EM strefy pośredniej możliwe jest wystąpienie pośrednich zagrożeń elektromagnetycznych dotyczących m.in.: zakłócenia działania urządzeń elektronicznych (w szczególności elektronicznego sprzętu medycznego i elektronicznych wyrobów medycznych przeznaczonych do wprowadzenia w całości lub w części do ludzkiego ciała, takich jak stymulatory serca, pompy insulinowe i inne aktywne implanty medyczne), spowodowane wrażliwością tych urządzeń na oddziaływanie pola-EM. W przestrzeni pola-EM strefy zagrożenia dodatkowo mogą wystąpić zagrożenia elektromagnetyczne związane z bezpośrednimi skutkami biofizycznymi oddziaływania pola-EM na organizm człowieka oraz gwałtownym przemieszczaniem się przedmiotów ferromagnetycznych w PMS.

Zestawione w tabeli 3 dane dotyczą składowej magnetycznej pola-EM – pola magnetycznego (pola-M). Pole elektryczne (pole-E) emitowane przez infrastrukturę ładowania z uwagi na stosowanie niskich napięć i metalowe obudowy tych urządzeń, pełniące funkcje ekranów elektromagnetycznych, jest mniej istotne z punktu widzenia kryteriów oceny ekspozycji. Pole-M małych częstotliwości (PQS), jakie występuje w otoczeniu instalacji elektroenergetycznych, jest przedmiotem badań również z uwagi na zaklasyfikowanie go przez Międzynarodową Agencję Badań nad Rakiem (IARC), agendę Światowej Organizacji Zdrowia (WHO), jako czynnika przypuszczalnie rakotwórczego dla ludzi – na podstawie wyników badań wskazujących wzrost zagrożenia zdrowia już przy stosunkowo słabej, ale wieloletniej ekspozycji (o średnim natężeniu pola-M przekraczającym ok. 0,3 A/m), (IARC 2002). Z uwagi na to, że technologia elektromobilności jest wprowadzana do powszechnego stosowania od niedawna, w literaturze są dostępne tylko nieliczne dane dotyczące parametrów poziomów ekspozycji na pole-EM podczas użytkowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym i wykorzystywanej przez nie infrastruktury ładowania pojazdów.

**Tabela 2.** Limity dotyczące oceny narażenia na pole magnetostatyczne i zmienne w czasie pole magnetyczne, według wymagań prawa pracy (DzU 2018, poz. 1286)

**Table 2.** Limits used when assessing a static magnetic field and time-varying magnetic field, as required by the labour law (J.L. 2018, item 1286)

Rodzaj pola-EM (częstotliwość)	Limity IPNp-H – dolna granica przestrzeni pola-EM strefy pośredniej <sup>(1)</sup>
	Natężenie pola magnetycznego $H, A/m$
PMS ( $f < 5 \text{ Hz}$ )	400
PQS ( $50 \leq f < 1000 \text{ Hz}$ )	$3000/f$
dla 50 Hz	60
dla 150 Hz	20
dla 300 Hz	10
dla 600 Hz	5
dla 900 Hz	3,3
( $1000 \leq f < 20\,000 \text{ Hz}$ )	3

<sup>(1)</sup> limit wyznaczający m.in. strefę ograniczonego dostępu ze względu na bezpieczeństwo użytkowników elektronicznych implantów medycznych.

Zaprezentowane w tabeli 3 dane wskazują, że podczas ładowania prądem DC PMS w otoczeniu stacji ładowania nie przekracza wartości 400 A/m, będącej odpowiednim dolnym limitem strefy pośredniej określonym przez prawo pracy (DzU 2018, poz. 1286). Natomiast wyniki tych badań wskazują na możliwość występowania w otoczeniu stacji ładowania PQS strefy pośredniej. Poziom emitowanego PMS i PQS jest proporcjonalny do natężenia prądu ładowania (zależne od stanu rozładowania akumulatorów w pojeździe) – w początkowej fazie jest on największy i maleje w trakcie cyklu ładowania wraz ze wzrostem stanu naładowania akumulatorów i ich napięcia. O charakterystyce emitowanego PQS decydują także cechy konstrukcyjne i parametry techniczne ładowarek, np. skuteczność filtrowania prądu prostowanego (jego tętnienia), co jest przyczyną występowania składowej AC, o przebiegu odbiegającym od sinusoidalnego, o różnej zawartości poszczególnych harmonicznnych.

Ponieważ limity narażenia na magnetyczne PQS są odwrotnie proporcjonalne do częstotliwości (tab. 2), składowe harmoniczne powyżej 50 Hz powinny być uwzględnione podczas jego oceny ze zwiększającą się proporcjonalnie do ich częstotliwości wagą. Zgodnie z wymaganiami określonymi w rozporządzeniu MRPiPS (załącznik 3, część III) w ocenie pola-EM w przestrzeni pracy mogą być pominięte składowe o natężeniach mniejszych od 30% dominującej składowej, jeżeli wartości odpowiednich dla nich limitów IPN są większe od 30% wartości limitów IPN dotyczących składowej dominującej (DzU 2018, poz. 331 (t.j.)). Dominująca w tym przypadku jest ta składowa częstotliwościowa PQS, której natężenie osiąga największą wartość względem wartości dotyczącego jej limitu IPN – w paśmie 50–1000 Hz będzie to składowa, dla której najwyższą wartość osiąga współczynnik  $K(f_i) = A_i \cdot f_i / 50$ , gdzie  $f_i$  jest częstotliwością składowej o amplitudzie  $A_i$ , wyrażoną w hercach, natomiast w paśmie częstotliwości 1000–10000 Hz będzie to składowa o najwyższej amplitudzie ( $A_i$ ), a współczynnik  $K(f_i)$  dla wszystkich składowych  $K(1000-10000) = A_i \cdot 20$ .

W celu zilustrowania wspomnianych zasad oceny złożonego pola-EM wybrano przykładowy przypadek PQS emitowanego przez instalację prądu prostowanego DC (dwupołówkowe prostowanie prądu trójfazowego AC/50 Hz), o względnym rozkładzie amplitud składowych harmonicznnych

( $A_{wi} = A_i / A_1$ ) odniesionych do amplitudy harmonicznnej podstawowej o częstotliwości  $f_1 = 300$  Hz:  $A_{w1} = 100\%$ ;  $A_{w2} = 60\%$  przy częstotliwości  $f_2 = 600$  Hz;  $A_{w4} = 5\%$  przy częstotliwości  $f_4 = 1200$  Hz;  $A_{w6} = 5\%$  przy częstotliwości  $f_6 = 1800$  Hz;  $A_{wx} < 1\%$  dla amplitud pozostałych harmonicznnych (ryc. 3). W rozpatrywanym przypadku współczynnik  $K(f_i)$  dla poszczególnych składowych przybiera wartości:  $K(300) = 6$ ;  $K(600) = 7,2$ ;  $K(1200) = 1$ ;  $K(1800) = 1$ . Dominująca jest więc składowa o częstotliwości 600 Hz. Ponadto poprawna ocena PQS powinna objąć wszystkie składowe o częstotliwości  $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_4$  i  $f_6$ , pomimo, że  $A_{w4}$  i  $A_{w6}$  są mniejsze od 30%, ale wartości IPN dla częstotliwości  $f_4$  i  $f_6$  wynoszą ok. 60% IPN składowej dominującej o częstotliwości  $f_2$ .

Typowo pomiary PQS wykonuje się miernikami o paśmie częstotliwości 50 Hz – 2 kHz (tzw. ELF), którego wskazanie (z niepewnością nie przekraczającą ok. 30%) można traktować jak pomiar dominującej składowej PQS. W analizowanym przypadku ocena wyniku takiego pomiaru w oparciu o IPN dotyczący PQS o częstotliwości 50 Hz skutkuje zaniżeniem oceny narażenia: 7,2-krotnie dla składowej o częstotliwości 600 Hz, a 6-krotnie dla składowej o częstotliwości 300 Hz (współczynnik  $N_i / N(50 \text{ Hz})$  na rycinie 3 – gdzie  $N(i) = A_i / IPN_i$  – ocena narażenia na podstawie amplitudy składowej o częstotliwości  $f_i$  i kryteriów oceny dotyczących PQS o częstotliwości  $f_i$ ;  $N(50 \text{ Hz})$  ocena narażenia na podstawie amplitudy  $A_i$ , wyników pomiaru ELF i kryteriów oceny dotyczących PQS o częstotliwości 50 Hz). Z kolei ocena wyniku pomiaru ELF w oparciu o IPN dotyczący PQS o częstotliwości 1000 Hz powoduje zawyżenie oceny ok. 3-krotnie dla składowej o częstotliwości 300 Hz i 1,7-krotnie dla składowej o częstotliwości 600 Hz (współczynnik  $N(i) / N(1000 \text{ Hz})$  na rycinie 3). W procesie oceny zagrożeń w środowisku pracy podczas wstępnego szacowania poziomu zagrożeń typowo stosuje się ocenę metodą rozpatrzenia najgorszego przypadku (w omawianej sytuacji – według najostrzejszych kryteriów na podstawie oceny wartości współczynnika  $N(i) / N(1000 \text{ Hz})$ ). Natomiast znaczne niedoszacowanie zagrożeń (na podstawie wartości współczynnika  $N(i) / N(50 \text{ Hz})$ ) jest niepoprawne.

Przy ocenie PQS emitowanego przez stację ładowania prądem prostowanym DC niezbędne jest zatem rozpoznanie i uwzględnienie jego składowych częstotliwościowych, a przy braku takich możliwości przeprowadzanie oceny ekspozycji tzw.



**Tabela 3.** Wyniki badań pola-EM w otoczeniu elementów stacji ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym  
**Table 3.** The results of the electromagnetic field research near charging stations of electric vehicles

Stacja/element stacji objęte badaniami	Prąd lub moc ładowania podczas pomiarów	Rodzaj mierzonego pola-EM		Rozpoznane składowe PQS	Zmierzony maksymalny poziom		Strefa ochronna pola-EM <sup>(2)</sup>	Źródło danych
		PMS	PQS		PMS, natężenie pola magnetycznego H	PQS, natężenie pola magnetycznego H <sup>(1)</sup>		
Kolumnowa stacja ładowania prądem DC, znamionowa moc wyjściowa 80 kW	DC 130 A	tak	selektywnie 50 Hz oraz szerokopasmowo <sup>(3)</sup> (5 Hz – 2 kHz bez 50 Hz)	50 i 300 Hz	<400 A/m – przy obudowie stacji i kablu, 50 A/m – 10 cm od obudowy stacji	8 A/m – 10 cm od obudowy stacji i kablu, dla obu rozpoznanych składowych (50 Hz i 300 Hz)	SB	badania własne – Gryz i in. 2021; 2022
Pantografowa stacja ładowania prądem DC, znamionowa moc wyjściowa 230 kW	DC 290 A	tak	selektywnie 50 Hz oraz szerokopasmowo (5 Hz – 2 kHz bez 50 Hz)	50 i 300 Hz	<400 A/m – przy obudowie stacji 60 A/m – 10 cm od obudowy stacji	8 A/m – 10 cm od obudowy stacji, dla obu rozpoznanych składowych (50 Hz i 300 Hz)	SB	
Kolumnowe stacje ładowania prądem DC, znamionowa moc wyjściowa 70–120 kW (20 szt.)	DC 123 A	tak	selektywnie 50 Hz oraz szerokopasmowo (5 Hz – 2 kHz bez 50 Hz)	50 i 300 Hz	<400 A/m – przy obudowie stacji i kablu	14 A/m – 10 cm od obudowy stacji i kablu, dla obu rozpoznanych składowych (50 Hz i 300 Hz)	SP	badania własne – Śmietanka i in. 2021
Pantografowa stacja ładowania prądem DC, 1 x 540 kW lub 2 x 270 kW	DC 120–900 A	tak	selektywnie 50 Hz oraz szerokopasmowo (5 Hz – 2 kHz bez 50 Hz)	50 i 300 Hz	450 A/m – przy obudowie ładowarki	5,4 A/m – 10 cm od obudowy ładowarki, dla obu rozpoznanych składowych (50 Hz i 300 Hz)	SB	
Ładowarka ruchoma (plug-in) ładowania prądem DC od 200 VDC do 800 VDC, moc maksymalna 45 kW (2 szt.)	DC 80 A	tak	selektywnie 50 Hz oraz szerokopasmowo (5 Hz – 2 kHz bez 50 Hz)	50 i 300 Hz	<400 A/m – bezpośrednio przy obudowie stacji i kablu	3,8 A/m – 10 cm od obudowy ładowarki i przy kablu, dla obu rozpoznanych składowych (50 Hz i 300 Hz)	SB	
5 kolumnowych stacji ładowania prądem DC, znamionowa moc wyjściowa 20–120 kW	DC 40–50 kW	bd. <sup>(4)</sup>	szerokopasmowo (25 Hz – 2 kHz)	50 Hz	bd.	– 105 A/m – 7,5 cm od obudowy stacji – 10 A/m – 20 cm od obudowy stacji	SP	Trentadue i in. 2020
– Transformator rozdzielczy 250 kVA (22/0,4 kV) – podziemne kable nn – łączące transformator ze stacją ładowania – kolumnowa stacja ładowania o mocy znamionowej 175 kW	DC 43 kW	bd.	szerokopasmowo (25 Hz – 2 kHz)	50 Hz	bd.	– 2,4 A/m – 100 cm od transformatora rozdzielczego – 3,2 A/m – 100 cm nad kablami nn – 0,3 A/m – 50 cm od obudowy stacji	SB	Marková i in. 2021

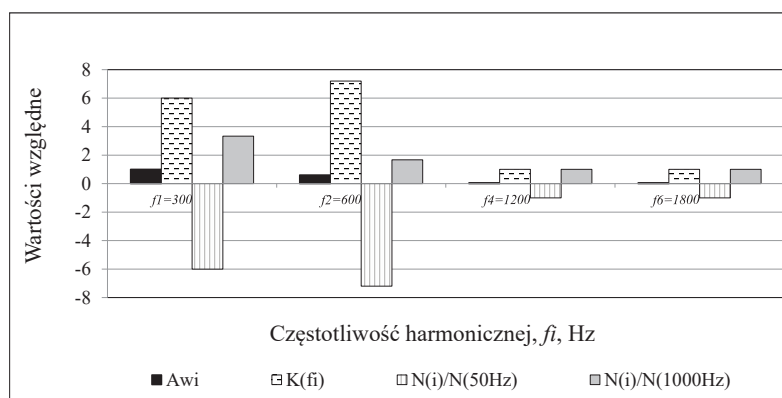
<sup>(1)</sup> wartość skuteczna RMS z uwagi na pomiar ciągłego w czasie PQS złożonego ze składowych sinusoidalnych jest zbliżona do wartości równoważnej dominującej składowej w mierzonej przebiegu (w granicach niepewności wymaganej przez prawo pracy).

<sup>(2)</sup> ocena najgorszego przypadku według wymagań prawa pracy dla największej rozpoznanej częstotliwości PQS.

<sup>(3)</sup> pomiar szerokopasmowy bez częstotliwości 50 Hz do oceny rozpoznanej składowej PQS o częstotliwości różnej od 50 Hz, np. 300 Hz.

<sup>(4)</sup> bd. – brak danych

Oznaczenia: PMS – pole magnetyczne, PQS – pole elektromagnetyczne quasi-stacyczne, SB – strefa bezpieczna, SP – strefa pośrednia.



**Rycina 3.** Przykładowe parametry charakteryzujące ocenę złożonego pola magnetycznego w otoczeniu instalacji prądu prostowanego DC: Awi – względna amplituda składowej harmonicznej  $A_i$  o częstotliwości  $f_i$  ( $A_{wi} = A_i/A_1$ ;  $f_1 = 300$  Hz);  $K(f_i) = A_i \cdot f_i/50$ ;  $N(i)$  – współczynnik oceny narażenia dla składowej harmonicznej  $A_i$  o częstotliwości  $f_i$  z wykorzystaniem wartości limitu IPNi dla częstotliwości  $f_i$  ( $N(i) = A_i/IPNi$ )

**Figure 3.** The example of parameters characterizing the evaluation of complex magnetic field in the vicinity of a DC rectified current instalation: Awi – relative amplitude of the harmonic component  $A_i$  with frequency  $f_i$  ( $A_{wi} = A_i/A_1$ ;  $f_1 = 300$  Hz);  $K(f_i) = A_i \cdot f_i/50$ ;  $N(i)$  – exposure coefficient for the harmonic component  $A_i$  at frequency  $f_i$  with respect to the IPNi for frequency  $f_i$  ( $N(i) = A_i/IPNi$ )

najgorszego przypadku – tzn. z wykorzystaniem limitów dotyczących PQS o częstotliwości 1000–10 000 Hz (Karpowicz, Gryz 2001). Podkreślenia wymaga, że potraktowanie pola-EM w otoczeniu takiej stacji jako PMS lub PQS/50 Hz prowadzi do błędnej oceny narażenia i nie rozpoznania występującej w środowisku pracy prze-

strzeni pola-EM strefy pośredniej, mimo że amplitudy składowych o wyższych częstotliwościach nie przekraczają kilku procent natężenia PMS i są mniejsze od składowej PQS/50 Hz. Ze względu na omówione różnice wartości IPN to właśnie składowe PQS o wyższych częstotliwościach decydują o wynikach oceny poziomu narażenia.

## ANALIZA ROZKŁADU PRZESTRZENNEGO POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO W OTOCZENIU ELEMENTÓW INFRASTRUKTURY ŁADOWANIA POJAZDÓW

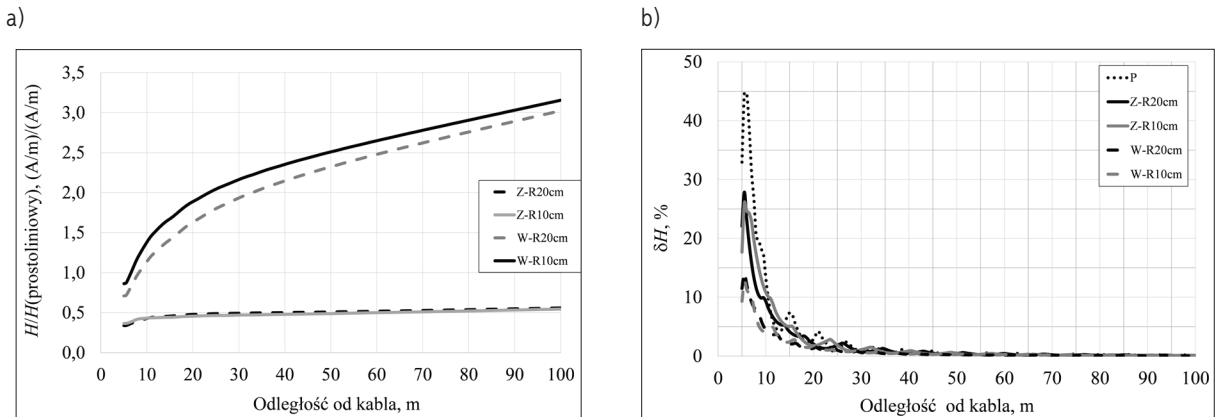
W celu określenia zależności poziomu emitowanego pola-EM od warunków użytkowania elementów infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych przeprowadzono symulacje numeryczne z wykorzystaniem programu CST STUDIO SUITE 2022 z pakietem Low Frequency – Time Domain (Magneto-Quasistatic, MQS), opartym na technice całek brzegowych (FIT).

Obliczenia dotyczyły rozkładów pola-M PQS przy kablu z prądem o natężeniu 1A łączącym stację z ładowanym pojazdem elektrycznym, ułożonym w zróżnicowany sposób – odwzorowywano rzeczywiste sytuacje podczas korzystania z punktów lub stacji ładowania. Zastosowano metodę skalowania częstotliwości (obliczenia dla częstotliwości 5 MHz i odniesienie uzyskanych wyników do częstotliwości 50 Hz).

Na rycinie 4a przedstawiono wyniki obliczeń rozkładu natężenia pola-M (wartości natężenia

pola-M uśrednione przestrzennie jak w objętości sondy izotropowej o średnicy 10 cm – zgodnie z wymaganiami rozporządzenia MRPiPS dotyczącymi oceny pola-EM w przestrzeni pracy (DzU 2018, poz. 331 (t.j.), zał. 3, cz. 3) i właściwościami typowej aparatury pomiarowej (Bieńkowski i in. 2016)), wyznaczone wzdłuż linii prostopadłej do kabla, na zewnątrz i wewnątrz kabla ułożonego w łuk o promieniu 10 lub 20 cm, i unormowane do wartości natężenia pola w analogicznej odległości od odcinka prostoliniowego kabla. Na rycinie 4b przedstawiono zależność błędu związanego z uśrednianiem wyniku pomiaru natężenia pola-M sondą o średnicy 10 cm w stosunku do pomiaru punktowego, zlokalizowanego w punkcie centralnym położenia sondy objętościowej.

Z zaprezentowanych danych wynikają dwa praktyczne wnioski, wykorzystane przy opracowywaniu



**Rycina 4.** Rozkład pola magnetycznego w otoczeniu kabla ułożonego w zróżnicowany sposób (wartości natężenia pola magnetycznego,  $H$ , unormowane do wartości w analogicznej odległości od kabla wyprostowanego), (a) oraz błąd pomiaru natężenia pola magnetycznego sondą 10-centymetrową w stosunku do pomiaru punktowego (b); P – kabel wyprostowany; Z – na zewnątrz kabla wygiętego; W – wewnątrz kabla wygiętego; R10cm – promień zagięcia 10 cm; R20cm – promień zagięcia 20 cm

**Figure 4.** The spatial distribution of the magnetic field near the cable under various arrangements (magnetic field strength values,  $H$ , normalised to the values at the same distance from the straight cable), (a), and the error of measuring the magnetic field strength with a 10-cm-probe in relation to point measurements (b), P – straight cable; Z – outside the bent cable; W – inside the bent cable; R10cm – bend radius 10 cm; R20cm – bend radius 20 cm

rekomendowanej metody pomiaru parametrów pola-EM *in situ* w przestrzeni pracy stacji ładowania pojazdów o napędzie elektrycznym:

- przy stosowaniu zasady oceny najgorszego przypadku ekspozycji pomiary rozkładu pola-M PQS w otoczeniu kabli należy wykonywać wewnątrz łuku kabla (wzdłuż osi symetrii)

- błąd pomiaru rozkładu przestrzennego pola-M PQS w odległościach 10 cm i większych wewnątrz łuku kabla o promieniu 10 lub 20 cm przy uśrednianiu wyniku pomiaru w przestrzeni w kształcie sześciangu o długości krawędzi 10 cm w stosunku do pomiaru punktowego nie przekracza 5%.

## PODSUMOWANIE

Cyklicznie aktualizowane dane dotyczące rozwoju elektromobilności wskazują na zwiększającą się systematycznie liczbę pojazdów samochodowych osobowych oraz autobusów i samochodów dostawczych o napędzie całkowicie elektrycznym lub hybrydowym. Na przykład, porównanie danych Polskiego Związku Przemysłu Motoryzacyjnego o zarejestrowanych w kraju w październiku 2021 r. i październiku 2022 r. pojazdach samochodowych w grupie elektrycznych samochodów osobowych (EV i PHEV – obejmującej m.in. samochody użytkowane przez pracowników, np. samochody służbowe, taksówki) wskazuje na zwiększenie ich liczby o ok. 71%, elektrycznych pojazdów dostawczych i ciężarowych (EV) o ok. 86%, autobusów elektrycznych (EV) o ok. 33%, hybrydowych samochodów osobowych i dostawczych (HEV) o ok. 36%, a osobowych samochodów elektryczno-

-wodorowych (FCEV) o ok. 90%. Upowszechnienie stosowania tego rodzaju pojazdów i infrastruktury technicznej do ładowania źródeł energii elektrycznej zlokalizowanych w pojazdach powoduje zwiększenie liczby źródeł pola-EM w środowisku.

Z uwagi na różnego rodzaju rozwiązania konstrukcyjne ładowarek pojazdów samochodowych oraz parametry prądu elektrycznego podczas ładowania emitowane jest złożone pole-EM o różnych poziomach. Dane literaturowe oraz badania własne wskazują na zróżnicowane poziomy ekspozycji w otoczeniu stacji ładowania – od ekspozycji pomijalnej do narażenia kontrolowanego (na pole-EM stref ochronnych), według wymagań prawa pracy.

Wyniki badań epidemiologicznych wskazują, że pole-EM może negatywnie oddziaływać na zdrowie ludzi, w stopniu uzależnionym m.in. od jego częstotliwości, poziomu narażenia i indywidualnej

wrażliwości narażonych osób, a także powodować zakłócenia funkcjonowania aparatury elektronicznej (w tym aktywnych implantów medycznych). Dlatego też rozwój nowych technologii transportowych i związane z tym zwiększenie liczby źródeł pola-EM w środowisku pracy wymaga monitorowania środowiska elektromagnetycznego podczas użytkowania tych źródeł oraz w przypadku koniecznym opracowania i wdrożenia programu stosowania odpowiednich środków ochronnych według wymagań prawa pracy dotyczących pracujących.

W załączniku 1 przedstawiono kluczowe elementy programu stosowania środków ochronnych

ze względu na ograniczanie zagrożeń elektromagnetycznych podczas użytkowania infrastruktury elektroenergetycznej ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym, a w załączniku 2 spełniającą wymagania prawa pracy rekomendowaną metodę pomiaru parametrów pola-EM *in situ* w przestrzeni pracy podczas użytkowania tego rodzaju urządzeń. Metoda została opracowana na podstawie rozpoznania charakterystyki infrastruktury elektroenergetycznej ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym i parametrów ekspozycji na pole-EM w otoczeniu jej elementów oraz zwalidowana w praktycznym zastosowaniu.

## PIŚMIENNICTWO

Bieńkowski P., Karpowicz J., Kieliszek J. (2016). Przegląd miar skutków narażenia na zmienne w czasie pole elektromagnetyczne i właściwości metrologicznych mierników, istotnych podczas oceny narażenia w środowisku pracy. *Podst. Met. Ocen. Srod. Pr.* 4(90), 37–70.

Gryz K., Karpowicz J., Zradziński P. i in. (2020). Ekspozycja na pole elektromagnetyczne podczas użytkowania pojazdów samochodowych z napędem elektrycznym lub hybrydowym. *Bezp. Pr.* 12, 18–21.

Gryz K., Karpowicz J., Zradziński P. (2021). Oddziaływanie pojazdów elektrycznych na środowisko elektromagnetyczne. [W:] Aktualny stan prawny ochrony przed promieniowaniem jonizującym i polami elektromagnetycznymi 0-300 GHz w Polsce. [Red.] M. Zmysłony, E.M. Nowosielska. WAT, Warszawa, 117–128.

Gryz K., Karpowicz J., Zradziński P. (2022). Complex electromagnetic issues associated with the use of electric vehicles in urban transportation. *Sensors* 22, 1719.

IARC, International Agency for Research on Cancer (2002). Non-ionizing radiation. Part 1: Static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. IARC Monographs 80. IARC Press, Lyon.

Karpowicz J., Gryz K. (2001). Specyfika pomiarów i oceny wolnozmennych pól magnetycznych w środowisku pracy. *Podst. Metod. Ocen. Srod. Pr.* 2(28), 239–249.

Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym. *DzU* 1997, nr 98, poz. 602 ze zm.

Marková I., Oravec M., Osvaldová L.M. i in. (2021). Magnetic fields of devices during electric vehicle charging: a Slovak case study. *Symmetry* 13, 1979.

PN-EN 61851-1:2019-10 System przewodowego ładowania pojazdów elektrycznych – Część 1: Wymagania ogólne.

PN-EN 62196-1:2015-05 Wtyczki, gniazda wtyczkowe, złącza pojazdowe i wtyki pojazdowe – Przewodowe ładowanie pojazdów elektrycznych – Część 1: Wymagania ogólne.

PSPA, Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych (2018). Elektromobilność w transporcie publicznym. Praktyczne aspekty wdrażania. Polski Fundusz Rozwoju, Warszawa.

PZPM, Polski Związek Przemysłu Motoryzacyjnego (2022). Liczniki elektromobilności, lipiec 2022, <https://www.pzpm.org.pl/pl/Rynek-motoryzacyjny/Licznik-elektromobilnosci/Listopad-2022> [dostęp: 20.12.2022].

Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pola elektromagnetyczne. *DzU* 2018, poz. 331 (t.j.).

Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. Załącznik 2. Część E „Pole elektromagnetyczne”. *DzU* 2018, poz. 1286.

Trentadue G., Pinto R., Salvetti M. i in. (2020). Assessment of low-frequency magnetic fields emitted by DC fast charging columns. *Bioelectromagnetics* 41(4), 308–317.

Ufnalski B. (2020a). Elektromobilność – niszowa alternatywa czy docelowy kierunek motoryzacji? (część 1). *Inż. Elektr.* 2, 1–10. [www.iel.pl/IE-02/elektromobilnosc.pdf](http://www.iel.pl/IE-02/elektromobilnosc.pdf) [dostęp: 20.12.2022].

Ufnalski B. (2020b). Elektromobilność – niszowa alternatywa czy docelowy kierunek motoryzacji? (część 2). *Inż. Elektr.* 3, 26–37. [www.iel.pl/IE-03/elektromobilnosc.pdf](http://www.iel.pl/IE-03/elektromobilnosc.pdf) [dostęp: 20.12.2022].

UDT, Urząd Dozoru Technicznego (2022). Stacje i punkty ładowania pojazdów elektrycznych. Poradnik UDT dla operatorów i użytkowników – zalecane praktyki.

Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych. *DzU* 2018, poz. 317 ze zm.

### Adres do korespondencji/Contact details:

dr hab. inż. KRZYSZTOF GRYZ

e-mail: [krgrzy@ciop.pl](mailto:krgrzy@ciop.pl)

Centralny Instytut Ochrony Pracy –

Państwowy Instytut Badawczy

ul. Czerniakowska 16, 00-701 Warszawa

POLAND

PROGRAM STOSOWANIA ŚRODKÓW OCHRONNYCH ZE WZGLĘDU  
NA OGRANICZANIE ZAGROŻEŃ ELEKTROMAGNETYCZNYCH  
PODCZAS UŻYTKOWANIA INFRASTRUKTURY ELEKTROENERGETYCZNEJ  
ŁADOWANIA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH O NAPĘDZIE ELEKTRYCZNYM /  
THE PROGRAM OF APPLYING PROTECTIVE MEASURES  
TO REDUCE ELECTROMAGNETIC HAZARDS WHILE USING  
ELECTRIC POWER INFRASTRUCTURE FOR CHARGING ELECTRIC VEHICLES

Wzory znaków drogowych informacyjnych oznaczających punkty ładowania pojazdów elektrycznych zamieszczono w rozporządzeniu Ministrów Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych

i Administracji z dnia 12 października 2021 r. zmieniającym rozporządzenie w sprawie znaków i sygnałów drogowych (DzU 2021, poz. 2065):



D-23b – stacja paliwowa z punktem ładowania pojazdów elektrycznych



D-23c – punkt ładowania pojazdów elektrycznych

1. W odniesieniu do stacji ładowania pojazdów o napędzie elektrycznym obowiązują wymagania rozporządzenia Ministra Energii z dnia 26 czerwca 2019 r. w sprawie wymagań technicznych dla stacji i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego (DzU 2019, poz. 1316) będącego aktem wykonawczym do ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (DzU 2018, poz. 317). Rozporządzenie określa m.in. wymagania techniczne dotyczące bezpieczeństwa użytkowania, naprawy i modernizacji wszystkich stacji i punktów ładowania, głównie ze względu na zapewnienie ochrony przeciwporażeniowej oraz przed uszkodzeniami mechanicznymi.

2. Wymagania rozporządzenia nie obejmują specyficznych działań dotyczących zapobiegania zagrożeniom, które wynikają z odpowiednich przepisów prawa pracy, określonych w rozporządzeniu Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie

bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pola elektromagnetyczne (t.j. DzU 2018, poz. 331)

3. Według wymagań prawa pracy w przypadku możliwości oddziaływania pola elektromagnetycznego (**poła-EM**) stref ochronnych na pracujących lub osoby potencjalnie narażone użytkownik źródła poła-EM jest zobowiązany opracować i wprowadzić w życie Program Stosowania Środków Ochronnych (**Program SSO**), (DzU 2018, poz. 331).

4. Program SSO powinien uwzględnić działania dostosowane do rozpoznanych zagrożeń elektromagnetycznych w przestrzeni pracy i ich poziomu, podejmowane w celu zapobiegania możliwości przekroczenia limitów GPO oraz wystąpienia zagrożeń elektromagnetycznych związanych z:

- bezpośrednimi skutkami oddziaływania poła-EM na organizm człowieka (tj. skutkami indukowania w organizmie poła-EM)

- pośrednimi skutkami oddziaływania pola-EM na inne obiekty (np. zakłócenie działania urządzeń elektrycznych i elektronicznych, w szczególności aktywnych implantów medycznych, spowodowane wrażliwością urządzeń na oddziaływanie pola-EM).

Limity GPO określono następująco:

**Graniczne Poziomy Oddziaływania (GPO)**, rozumiane jako limity dotyczące wybranych miar zagrożeń elektromagnetycznych, związanych ze skutkami oddziaływania bezpośredniego pola-EM na ludzi, w szczególności skutkami oddziaływania termicznego lub pobudzeniem elektrycznym tkanek (DzU 2018, poz. 331).

5. Przed opracowaniem programu SSO dotyczącego przestrzeni pracy w otoczeniu infrastruktury elektroenergetycznej ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym niezbędne są działania obejmujące:

a) rozpoznanie stacji ładowania jako źródła pola-EM, np. na podstawie parametrów technicznych urządzeń podanych przez producenta w dokumentacji technicznej urządzenia, recenzowanych publikowanych danych itp. (DzU 2018, poz. 331, par. 5; zał. 3, cz. I)

b) rozpoznanie poziomów emitowanego pola-EM, np. na podstawie danych podanych w dokumentacji technicznej urządzenia, dostępnych na podstawie wymagań określonych w odrębnych przepisach, a w razie niedostatecznych danych na podstawie pomiarów (DzU 2018, poz. 331, par. 5)

c) przeprowadzenie rozpoznania i oceny zagrożeń elektromagnetycznych przy uwzględnieniu zróżnicowanych skutków oddziaływania pola-EM oraz grup narażonych na podstawie wyników rozpoznania (pkt. b) poziomów emitowanego pola-EM (DzU 2018, poz. 331, par. 5 i 6; zał. 3, cz. I).

Wyróżniono zróżnicowane grupy narażonych (DzU 2018, poz. 33):

**pracujący** – osoba wykonująca prace przy użytkowaniu źródła pola-EM: pracownik, osoba fizyczna wykonująca te prace na innej podstawie niż stosunek pracy albo osoba prowadząca na własny rachunek działalność gospodarczą

**osoba potencjalnie narażona** – każda osoba mająca dostęp do miejsca narażenia, mimo że nie wykonuje prac przy użytkowaniu źródła pola-EM

**osoba szczególnie chroniona** – osoba, która podlega ograniczeniom dotyczącym przebywania w polu-EM stref ochronnych: kobieta w ciąży, młodociany, użytkownik aktywnych lub pasywnych implantów medycznych, osoba, u której stwierdzono przeciwwskazania do wykonywania pracy w warunkach narażenia.

6. Przy stwierdzeniu możliwości oddziaływania pola-EM stref ochronnych na pracujących opracowany Program SSO powinien zawierać kluczowe elementy zestawione w tabeli 1 (DzU 2018, poz. 331, par. 10).

7. Na podstawie przedstawionych wcześniej informacji dotyczących charakterystyki infrastruktury elektroenergetycznej ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym i poziomów ekspozycji **opracowanie Programu SSO można ograniczyć do stacji ładowania pracujących w trybie Mode 3 i Mode 4** – ze względu na emitowane pole-EM *quasi*-statyczne (możliwość występowania przestrzeni pola-EM strefy pośredniej).

#### AKTY PRAWNE WYMIENIONE W ZAŁĄCZNIKU

Rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pola elektromagnetyczne. DzU 2018, poz. 331 (t.j.).

Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych. DzU 2018, poz. 317 ze zm.

Rozporządzenie Ministra Energii z dnia 26 czerwca 2019 r. w sprawie wymagań technicznych dla stacji ładowania i punktów ładowania stanowiących element infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego. DzU 2019, poz. 1316.

Rozporządzenie Ministrów Infrastruktury oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 12 października 2021 r. zmieniające rozporządzenie w sprawie znaków i sygnałów drogowych. DzU 2021, poz. 2065.

**Tabela 1.** Kluczowe elementy Programu Stosowania Środków Ochronnych przed zagrożeniami elektromagnetycznymi podczas użytkowania infrastruktury elektroenergetycznej ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym

**Table 1.** Essential elements of the programme of applying protective measures against electromagnetic hazards while using the power infrastructure for charging electric vehicles

Etap użytkowania	Działanie
Projektowanie, wprowadzanie do użytkowania	<ul style="list-style-type: none"> <li>– określenie wymagań dla projektantów, konstruktorów i dostawców, dotyczących minimalizacji emitowanego przez stację ładowania pola-EM i narażenia pracujących w jej otoczeniu</li> <li>– lokalizacja stacji ładowania w takim miejscu, aby nie występowało oddziaływanie pola-EM stref ochronnych na pracujących, którzy jej bezpośrednio nie użytkują</li> <li>– zaprojektowanie miejsc pracy i rozmieszczenie stanowisk pracy tak, aby nie znajdowały się w otoczeniu stacji ładowania w przestrzeni pola-EM stref ochronnych (DzU 2018, poz. 331, załącznik 3, część I)</li> </ul>
Użytkowanie [wg DzU 2018, poz. 331]	<ul style="list-style-type: none"> <li>– oznakowanie stacji ładowania jako źródła pola-EM (DzU 2018, poz. 331, par. 10, ust. 3; załącznik 3, część I)</li> <li>– wyznaczenie zasięgów pola-EM stref ochronnych (DzU 2018, poz. 331, par. 7)</li> <li>– oznakowanie zasięgów pola-EM stref ochronnych (DzU 2018, poz. 331, par. 10, ust. 3; załącznik 3, część I)</li> <li>– oznakowanie rodzajów zagrożeń elektromagnetycznych (np. możliwości niekorzystnego oddziaływania na aktywne implanty medyczne i ograniczenia dostępu dotyczące użytkowników takich urządzeń), (DzU 2018, poz. 331, par. 10 ust. 3; załącznik 3, część I) U w a g a 1: do oznakowania można użyć tablic informacyjnych lub znaków graficznych (np. określonych w normach PN-T-06260:1974 lub PN-EN ISO 7010:2012) U w a g a 2: jeżeli z powodu innych zagrożeń dostęp do stacji ładowania lub miejsc narażenia na pole-EM jest odpowiednio ograniczony za pomocą środków technicznych, a pracujący lub osoby potencjalnie narażone zostali poinformowani o zagrożeniach elektromagnetycznych, nie są wymagane znaki i ograniczenie dostępu specyficzne dla pola-EM (np. bariery chroniące przed najechaniem na stację przez pojazd samochodowy zabezpieczając także przed dostępem do przestrzeni pola-EM)</li> <li>– informowanie o zagrożeniach elektromagnetycznych w przestrzeni pracy w otoczeniu stacji ładowania przebywających tam pracujących i osoby potencjalnie narażone (DzU 2018, poz. 331, par. 12)</li> <li>– informowanie pracujących o wynikach okresowych pomiarów lub oceny pola-EM emitowanego przez stację ładowania i zagrożeń elektromagnetycznych oraz zasięgach ich oddziaływania (DzU 2018, poz. 331, par. 12; DzU 2011, poz. 166, par. 172)</li> <li>– określenie zasad wykonywania pracy w otoczeniu stacji ładowania, celem ograniczenia narażenia na pole-EM i poinformowanie o nich pracujących, np. podczas ładowania ograniczanie przebywania w otoczeniu stacji lub w pojeździe w pobliżu instalacji zasilającej akumulatory (DzU 2018, poz. 331, par. 10, ust. 3)</li> <li>– uwzględnienie charakteru i poziomu narażenia na pole-EM emitowane przez stację ładowania w skierowaniu pracujących w jej otoczeniu na profilaktyczne badania lekarskie oraz dostosowanie do tych okoliczności zakresu badań wstępnych i okresowych w ramach świadczonych usług z zakresu medycyny pracy (DzU 2018, poz. 331, par. 13; załącznik 3, część I)</li> <li>– przestrzeganie instrukcji producentów sprzętu, w szczególności w zakresie bezpiecznego użytkowania, zapobiegające powstawaniu szkodliwych emisji pola-EM lub nadmiernych poziomów narażenia (DzU 2018, poz. 331, par. 10)</li> <li>– prowadzenie okresowej oceny zagrożeń elektromagnetycznych rozpoznanych w otoczeniu stacji ładowania (DzU 2018, poz. 331, par. 8; załącznik 3, część I)</li> </ul>





METODA REKOMENDOWANA POMIARU *IN SITU* PARAMETRÓW  
POLA ELEKTROMAGNETYCZNEGO CHARAKTERYZUJĄCYCH NARAŻENIE W PRZESTRZENI PRACY  
PODCZAS UŻYTKOWANIA STACJI ŁADOWANIA POJAZDÓW SAMOCHODOWYCH  
O NAPĘDZIE ELEKTRYCZNYM – WYMAGANIA SZCZEGÓŁOWE /  
THE RECOMMENDED METHOD OF MAKING *IN SITU* MEASUREMENTS OF THE PARAMETERS  
CHARACTERIZING EXPOSURE TO ELECTROMAGNETIC FIELD IN THE WORKSPACE  
WHEN USING ELECTRIC VEHICLES CHARGING STATIONS – SPECIFIC REQUIREMENTS

### 1. Cel stosowania metody

Pomiary określone niniejszą metodą wykonuje się w zakresie koniecznym do scharakteryzowania parametrów narażenia na pole elektromagnetyczne (**pole-EM**) w przestrzeni pracy podczas użytkowania stacji (lub punktów ładowania) pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym (**SPE**) celem realizacji wymagań dotyczących ochrony przed bezpośrednimi lub pośrednimi zagrożeniami elektromagnetycznymi w środowisku pracy, określonych przez następujące przepisy (lub przepisy je zastępujące):

- rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 29 czerwca 2016 r. w sprawie bezpieczeństwa i higieny pracy przy pracach związanych z narażeniem na pole-EM (t.j. DzU 2018, poz. 331), cytowane dalej jako **R-BHP-EM**
- rozporządzenie Ministra Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej z dnia 12 czerwca 2018 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU 2018, poz. 1286), cytowane dalej jako **R-NDN-EM**
- rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (DzU 2011, poz. 166),
- rozporządzenie Ministra Zdrowia i Opieki Społecznej w sprawie przeprowadzania badań lekarskich pracowników, zakresu profilaktycznej opieki zdrowotnej nad pracownikami oraz orzeczeń lekarskich wydawanych do celów przewidzianych w Kodeksie pracy (t.j. DzU 2016, poz. 2067, zm. DzU 2020, poz. 2131),

- rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 19 kwietnia 2017 r. w sprawie wykazu prac uciążliwych, niebezpiecznych lub szkodliwych dla zdrowia kobiet w ciąży i kobiet karmiących dziecko piersią (DzU 2017, poz. 796),
- rozporządzenie Rady Ministrów w sprawie wykazu prac wzbronionych młodocianym i warunków ich zatrudniania przy niektórych z tych prac (DzU 2016, poz. 1509).

W metodzie określono szczegółowe wymagania w zakresie: przygotowania, przeprowadzenia i udokumentowania wyników pomiaru pola-EM w przestrzeni pracy podczas użytkowania SPE w zakresie koniecznym do poprawnej realizacji wymienionych wymagań prawnych.

### 2. Definicje i oznaczenia

Następujące terminy przyjęto zgodnie z ich określeniami w R-BHP-EM: pole elektromagnetyczne, pole *quasi*-statyczne, pole bliskie, pole niezaburzone, przestrzeń obsługi, przestrzeń pracy, powierzchnia dostępu, pion pomiarowy, punkt pomiarowy, narażenie, narażenie ogólne, narażenie miejscowe, narażenie *quasi*-stacjonarne, limity IPN, limity GPO, odporność elektromagnetyczna, pole-EM stref ochronnych, pracujący, osoba potencjalnie narażona, użytkowanie, użytkownik, pierwotne źródło pola-EM, wtórne źródło pola-EM.

Przyjęto również następujące oznaczenia:

- pole-EM – pole elektromagnetyczne
- pole-E – pole elektryczne
- pole-M – pole magnetyczne
- SPE – stacja (lub punkt) ładowania pojazdów samochodowych o napędzie elektrycznym
- PMS – pole magnetostacyjne
- PQS – pole *quasi*-statyczne
- IPN – Interwencyjny Poziom Narażenia

### 3. Zakres stosowania metody

Metoda ma zastosowanie do pomiaru parametrów pola-EM charakteryzujących ekspozycję lub narażenie kontrolowane pracujących lub osób potencjalnie narażonych podczas użytkowania SPE, z uwzględnieniem zróżnicowanych warunków ich użytkowania. Przeprowadzone rozpoznanie parametrów technicznych SPE oraz wyników badań pola-EM emitowanego przez SPE wskazuje, że przy tego typu źródłach pola-EM nie występuje narażenie niebezpieczne podczas ich użytkowania.

Ze względu na parametry elektryczne i sposób użytkowania SPE można zaliczyć do typowych źródeł pola-EM wymienionych w załączniku 1 w R-BHP-EM, w pozycji 2. tabeli: systemy elektroenergetyczne i elektryczna instalacja zasilająca.

Metoda nie uwzględnia pomiaru parametrów pola-EM wewnątrz pojazdów ładowanych z SPE.

Niniejsza metoda pomiaru stosowana jest do następujących SPE<sup>1</sup> [**Uwaga 1**]<sup>2</sup>:

- przewodowych, wolnostojących, dużej mocy (powyżej 22 kW)
- pantografowych, dużej mocy (powyżej 22 kW).

Pole-EM w środowisku pracy jest charakteryzowane przez:

- natężenie pola-E (oznaczone  $E$  i wyrażone w V/m),
- natężenie pola-M (oznaczone  $H$  i wyrażone w A/m),
- zmienność w czasie (częstotliwość  $f$  wyrażona w Hz i kształt przebiegu/widmo częstotliwości).

W zależności od wykorzystywanego trybu ładowania SPE emitują:

- pole-EM magnetostaticzne (**PMS**) podczas ładowania prądem prostowanym DC
- pole-EM *quasi*-statyczne (**PQS**) zmienne w czasie:
  - a) sinusoidalnie, najczęściej o dominujących częstotliwościach 50 Hz z uwagi na zasilanie energią elektryczną o częstotliwości 50 Hz podczas ładowania prądem AC,
  - b) niesinusoidalne, najczęściej o dominujących częstotliwościach 50 Hz i 300 Hz (z możliwością emisji wyższych harmonicznych) podczas ładowania prądem DC z uwagi na zasilanie stacji ładowania z instalacji AC/50 Hz oraz tętnienia prądu prostowanego DC.

Zakres wykonywanych pomiarów pola-EM zależy od wykorzystywanego przez SPE trybu ładowania (tab. 1).

### 4. Pomiary pola-EM

#### 4.1. Przygotowanie do pomiarów pola-EM przez użytkownika

##### 4.1.1. Rozpoznanie źródeł pola-EM w przestrzeni pracy lub poza nią

Miejsce, warunki wykonania i zakres pomiarów pola-EM w przestrzeni pracy użytkownik SPE określa na podstawie wyników przeprowadzonego

**Tabela 1.** Zakres pomiarów pola-EM w zależności od trybu ładowania w ocenianej stacji ładowania

**Table 1.** The scope of electromagnetic field measurements depending on the charging mode used by evaluated charging station

Tryb ładowania	Zakres pomiarów
Mode 1 (ładowanie prądem AC o natężeniu do 16 A)	pomiary nie są wymagane
Mode 2 (ładowanie prądem AC o natężeniu do 32 A)	uzasadnienie: SPE spełniają kryteria R-BHP-EM (par. 5, ust. 2, pkt 2) pozwalające na przyjęcie założenia, że nie są one źródłami pola-EM w rozumieniu wymagań prawa pracy
Mode 3 (ładowanie prądem AC o natężeniu powyżej 32 A)	pomiary PQS
Mode 4 (ładowanie prądem DC o natężeniu powyżej 32 A)	pomiary PMS i PQS

<sup>2</sup> wg ustawy z dnia 11 stycznia 2018 roku o elektromobilności i paliwach alternatywnych. DzU 2018, poz. 317 ze zm.

<sup>3</sup> uwagi metodyczne dotyczące tekstu załącznika podano w tabeli 4.

i udokumentowanego rozpoznania pierwotnych i wtórnych źródeł pola-EM, znajdujących się w przestrzeni pracy lub poza nią, a także charakterystyki pola-EM oraz poziomu ekspozycji pracujących i osób potencjalnie narażonych w przestrzeni pracy [zgodnie z R-BHP-EM: ust. 5.1], [Uwaga 2].

W odniesieniu do SPE rozpoznanie obejmuje co najmniej: rodzaj urządzenia emitującego pole-EM będące źródłem narażenia stanowiącego przedmiot oceny, charakterystykę zmienności w czasie emitowanego przez nie pola-EM oraz zróżnicowanie warunków i zakresu użytkowania tego urządzenia (np. rodzaju trybu ładowania i zakresu zmienności prądu obciążenia) i przestrzeni pracy w jego otoczeniu.

W odniesieniu do oceny narażenia na pole-EM emitowane podczas użytkowania SPE stosuje się następujące założenia:

- jako pierwotne źródła pola-EM należy rozpoznać elementy SPE (kolumny zasilające, kable elektryczne instalacji zasilających ładowane pojazdy),
- w otoczeniu elementów SPE nie występują wtórne źródła pola-EM w rozumieniu wymagań prawa pracy,
- w otoczeniu elementów SPE występuje pole-E o natężeniu  $E < IP_{Np-E}$  (strefy bezpiecznej).

#### 4.1.2. Miejsce pomiaru pola-EM

Na podstawie działań wg punktu 4.1.1 użytkownik wskazuje miejsca w przestrzeni pracy oraz pracujących i osoby potencjalnie narażone, których może dotyczyć oddziaływanie pola-EM stref ochronnych przy SPE. Miejsca te powinny zostać objęte pomiarami natężenia pola-EM celem udokumentowania parametrów narażenia na pole-EM źródeł pierwotnych. Ze względu na użytkowanie SPE rozpoznanie powinno dotyczyć przestrzeni w otoczeniu elementów SPE do odległości co najmniej 2 m od ich powierzchni.

#### 4.1.3. Warunki wykonania pomiarów

Użytkownik SPE przekazuje wykonawcy pomiarów udokumentowane wyniki rozpoznania przeprowadzonego wg punktów 4.1.1 i 4.1.2, konieczne do przygotowania pomiarów pola-EM o zakresie odpowiednim do realizacji wymagań prawa pracy (R-BHP-EM i R-NDN-EM).

Dane te stanowią podstawę do wybrania m.in.: warunków pracy SPE podczas pomiarów, parametrów stosowanej aparatury pomiarowej i loka-

lizacji punktów pomiarowych. Na tej podstawie określa się: warunki dostępności niezbędnych danych technicznych dotyczących SPE i obiektów technicznych zlokalizowanych w przestrzeni pracy objętej planowanymi badaniami, termin planowanych badań i warunki obsługi przez przedstawicieli użytkownika SPE oraz innych źródeł pola-EM (np. stacji transformatorowych zasilających SPE w energię elektryczną, urządzeń łączności bezprzewodowej do przesyłania danych dotyczących płatności za ładowanie), a także parametry pracy tych źródeł podczas pomiarów – z zachowaniem wymagań określonych w punktach 4.2–4.4.

Przed przystąpieniem do badań należy uzyskać od przedstawicieli użytkownika (np. od obsługi badanej SPE) informacje o parametrach pracy SPE. Uzyskane dane należy udokumentować w sprawozdaniu.

Ze względu na użytkowanie SPE w otwartym terenie dla zapewnienia poprawnej pracy aparatury pomiarowej pomiary należy wykonywać w warunkach środowiskowych spełniających następujące wymagania: temperatura powietrza powyżej 0 °C; wilgotność względna powietrza nie więcej niż 75%, brak opadów atmosferycznych. Warunki te powinny być kontrolowane podczas pomiarów i udokumentowane w sprawozdaniu.

#### 4.1.4. Zapewnienie bezpieczeństwa i kompetencji podczas pomiarów

Realizując wymagania R-BHP-EM w stosunku do zapewnienia bezpieczeństwa podczas użytkowania źródeł pola-EM, użytkownik jest obowiązany dostarczyć osobom wykonującym pomiary pola-EM wszelkich niezbędnych informacji z zakresu bezpieczeństwa i higieny pracy, które dotyczą przestrzeni pracy, gdzie planowane są pomiary pola-EM. Ponieważ prace podczas pomiarów pola-EM w przestrzeni pracy zaliczono do użytkowania źródła pola-EM, w trakcie wykonywania pomiarów należy zapewnić spełnienie wszystkich wymagań prawa pracy dotyczących ochrony przed skutkami oddziaływania pola-EM.

Uwzględniając rozpoznane i uzgodnione warunki wykonania pomiarów (zgodnie z wymaganiami określonymi w punkcie 4.1.3), pomiary pola-EM w przestrzeni pracy przy SPE wykonują osoby:

- o odpowiednich, udokumentowanych kompetencjach w zakresie pomiaru pola-EM w przestrzeni pracy, obejmujących pole-EM emitowane przez SPE

i rozpoznane w przestrzeni pracy inne źródła,

- u których w wyniku okresowych profilaktycznych badań lekarskich potwierdzono brak przeciwwskazań zdrowotnych do przebywania w polu-EM stref ochronnych,
- które mają udokumentowane inne istotne kompetencje lub cechy, zapewniające bezpieczne wykonanie pomiaru pola-EM w specyficznych warunkach rozpoznanych w przestrzeni pracy objętej planowanymi pomiarami (m.in. ze względu na: bezpieczeństwo przeciwporażeniowe, inne zagrożenia środowiskowe w przestrzeni pracy czy zachowanie szczególnych warunków poufności).

#### 4.2. Miary narażenia na pole-EM

Zakres pomiarów powinien umożliwiać scharakteryzowanie pola-EM w przestrzeni pracy, uwzględniając (zgodnie z R-BHP-EM: zał. 3, cz. III, pkt 4) zróżnicowane podczas użytkowania SPE parametry pola-M na podstawie wykonanych z zastosowaniem

metod i aparatury pomiarowej wyników badań umożliwiającymi:

- ocenę wartości równoważnej natężenia pola-M w dziedzinie czasu, niezależnie od rozpoznanych charakterystyk zmienności pola-EM [Uwaga 3],
- określenie w otoczeniu SPE odpowiednio dokładnie zasięgów pola-M stref ochronnych celem opracowania i wdrożenia Programu Stosowania Środków Ochronnych,
- określenie w otoczeniu SPE odpowiednio dokładnie rozkładu przestrzennego miejscowych wartości natężenia niezaburzonego pola-M w punktach pomiarowych w celu oceny poziomu narażenia miejscowego (głowy, tułowia i kończyn) oraz oceny narażeń quasi-stacjonarnych i tymczasowości narażenia na pole-EM [Uwaga 4].

Zasięgi pola-M stref ochronnych określa się w odniesieniu do limitów IPN (zgodnie z R-NDN-EM). W tabeli 2 przedstawiono wszystkie limity IPN dotyczące PMS i typowego zakresu częstotliwości PQS emitowanych podczas użytkowania SPE.

**Tabela 2.** Limity narażenia w przestrzeni pracy na pole-M o częstotliwościach z zakresu emitowanego przez typowe stacje ładowania (Rozporządzenie MRPiPS, DzU 2018, poz. 1286)

**Table 2.** Limits of exposure in the work environment to a magnetic field with frequencies in the range emitted by typical charging station (Journal of Laws 2018, item 1286)

Limity narażenia na pole-EM	Natężenie pola-M, $H$ , w A/m		
	PMS ( $f < 5$ Hz)	PQS ( $50 \leq f < 1000$ Hz)	PQS ( $1000 \leq f < 10\,000$ Hz)
	Wartości Interwencyjnych Poziomów Narażenia (IPN) dotyczących pola-EM o częstotliwości z zakresu (0 ÷ 20 000) Hz		
IPNk-H	$H = 800\,000$	$H = 400\,000/f$	$H = 400$
PPSN: $H \geq \text{IPNog-H}$	$H \geq 320\,000$	$H \geq 160\,000/f$	$H \geq 160$
PPSZ: $\text{IPNod-H} \leq H < \text{IPNog-H}$	$2400 \leq H < 320\,000$	$27\,000/f \leq H < 160\,000/f$	$27 \leq H < 160$
PPSP: $\text{IPNp-H} \leq H < \text{IPNod-H}$	$400 \leq H < 2400$	$3000/f \leq H < 27\,000/f$	$3 \leq H < 27$
PPSB: $H < \text{IPNp-H}$	$H < 400$	$H < 3000/f$	$H < 3$
Limit bazowy: $\text{IPNob-H}$	$H = 160\,000$	$H = 80\,000/f$	$H = 80$
Parametry metrologiczne aparatury pomiarowej	Zakres pracy aparatury pomiarowej		
Minimalna czułość aparatury pomiarowej	$H = 0,2$	$H = 3$	$H = 1$
Sugerowany dynamiczny zakres pomiarowy aparatury pomiarowej	$400 \leq H < 320\,000$	$1,5 \leq H < 3200$	$0,5 \leq H < 160$

W przestrzeni pracy wyróżnia się przestrzeń pola-EM stref ochronnych, w której wyróżnia się:

- przestrzeń **pola-EM strefy niebezpiecznej (PPSN)** – w której przebywanie w ramach codziennej praktyki jest zabronione
- przestrzeń **pola-EM strefy zagrożenia (PPSZ)** – w której przebywanie jest dopuszczalne pod warunkiem, że stosowane są środki ochronne określone ze względu na rozpoznane zagrożenia elektromagnetycznych, wynikające z **bezpośrednich lub pośrednich skutków oddziaływania pola-EM**
- przestrzeń **pola-EM strefy pośredniej (PPSP)** – w której przebywanie jest dopuszczalne pod warunkiem, że stosowane są środki ochronne dostosowane do rozpoznanych zagrożeń elektromagnetycznych wynikających z **pośrednich skutków oddziaływania pola-EM**
- przestrzeń **pola-EM strefy bezpiecznej (PPSB)** – przestrzeń poza strefami ochronnymi, dla której nie określono warunków ograniczających ekspozycję. W ogólności, do limitów IPN określonych w R-NDN-EM i oznaczających wartości równoważne (WR) natężenia pola-M ( $H$ ) odnoszące się do przedziału czasu  $T = 1/f$  zastosowano oznaczenia:

- IPNog-H – limit operacyjny górny, rozumiany jako poziom  $H$ , określający górny limit pola-EM strefy zagrożenia,
- IPNod-H – limit operacyjny dolny, rozumiany jako poziom  $H$ , określający dolny limit pola-EM strefy zagrożenia,
- IPNp-H – limit pomocniczy, rozumiany jako poziom  $H$ , określający dolny limit pola-EM strefy pośredniej,
- IPNk-H – limit miejscowy, rozumiany jako poziom  $H$ , określający limit miejscowego narażenia kończyn.

#### 4.3. Zakres oceny narażenia na pole-EM

- 1) Ocena narażenia na pole-EM podczas użytkowania SPE jest dostosowywana, zgodnie z wymaganiami określonymi w R-BHP-EM (zał. 3, cz. III, pkt 3), do wyników rozpoznania dotyczących [**Uwaga 5**]:
  - a) charakterystyki przestrzeni pracy i urządzeń, jakie są tam eksploatowane – wg punktu 4.1.2,
  - b) pierwotnych źródeł pola-EM w przestrzeni pracy, o której mowa w podpunkcie a lub poza nią – wg punktu 4.1.1,
  - c) zakresu użytkowania źródeł pola-EM i przestrzeni pracy, o których mowa w podpunktach a i b, uwzględniając w szczególności nastawy parametrów prądu ładowania pojazdu, czynności wykonywane w przestrzeni pracy (podczas ładowania),
  - d) przestrzeni obsługi określonej zgodnie z wymaganiami zawartymi w rozporządzeniu R-BHP-EM i o ile występuje, również rodzaju wykonywanej w niej pracy (podczas ładowania),
  - e) rodzaju i częstotliwości pola-EM (ze względu na pomiary pola-EM w przestrzeni pracy rozpoznanie to obejmuje częstotliwość pola-EM z rozdzielczością nie gorszą niż  $\pm 10\%$ ).
- 2) Pomiary powinny być wykonane przy możliwie maksymalnym natężeniu prądu ładowania, przy którym występuje najsilniejsze pole-EM (np. w początkowej fazie ładowania, przy rozładowanych akumulatorach). Warunki wykonywania pomiarów dotyczące poziomu prądu ładowania i sposób ich monitorowania dokumentuje się w sprawozdaniu z badań [**Uwaga 6**].
- 3) W przypadku braku możliwości udokumentowania rozpoznania charakterystyki pola-EM oraz braku możliwości wyznaczania wartości równoważnej natężenia pola-M PQS ocena narażenia na pole-EM może być przeprowadzona na podstawie wyników pomiarów wartości skutecznej przy zastosowaniu zasady domniemanego najgorszego przypadku, tzn. przyjmuje się domyślnie natężenie prądu 10% natężenia maksymalnego oraz limity IPN dla częstotliwości 1000 Hz.
- 4) Rozpoznane w przestrzeni pracy miejsca, do których podczas pomiarów dostęp

jest zabroniony lub niemożliwy bez użycia sprzętu technicznego, wyłącza się z oceny narażenia na pole-EM. Zakres i uzasadnienie takich wyłączeń dokumentuje się w sprawozdaniu z badań.

#### 4.4. Aparatura pomiarowa – wymagania ogólne dotyczące pomiaru pola-EM podczas użytkowania SPE

Pomiary natężenia pola-M związane z oceną narażenia podczas użytkowania SPE wykonuje się aparaturą pomiarową umożliwiającą spełnienie ogólnych wymagań dotyczących miar narażenia, (zgodnie z R-BHP-EM: zał. 3, cz. III). Aparatura pomiarowa powinna umożliwiać pomiar [**Uwaga 7**]:

- 1) natężenia PMS i pola-M PQS (przy częstotliwości co najmniej 50–10 000 Hz),
- 2) wartości równoważnej (WR) natężenia pola-M PQS w dziedzinie czasu (zgodnie z R-NDN-EM),
- 3) w zakresie dynamiki odpowiednim do oceny poziomu ekspozycji pomijalnej i narażenia kontrolowanego na pole-EM o częstotliwości, jak określono w (1), tj. co najmniej w zakresie określonym w tabeli 2,
- 4) rozkładu przestrzennego poziomu miejscowych wartości natężenia pola-M, tj. uśrednionych w przestrzeni o kształcie sześciangu i długości krawędzi 10 cm, której środek reprezentuje położenie referencyjnej bezkierunkowej sondy niezaburzonego pola-EM bliskiego,
- 5) którego wynik co najmniej w 90% jest skutkiem oddziaływania pola-EM na sondę pomiarową, tj. pomiar z sondą pomiarową o możliwych do zdefiniowania podczas pomiarów lokalizacji i wymiarach, umożliwiającą ocenę miejscowych wartości natężenia pola-M, jak określono w (4),
- 6) przy którym pośrednie oddziaływanie pola-EM (tj. niezwiązane z jego oddziaływaniem na sondę pomiarową) ma pomijalny wpływ na wynik pomiaru (tzn. odporność elektromagnetyczna aparatury pomiarowej jest odpowiednia co najmniej na tyle, aby ograniczyć zakłócające wyniki pomiaru skutki pośredniego oddziaływania pola-EM na inne niż sonda elementy zestawu pomiarowego),
- 7) w razie wykorzystywania do pomiarów aparatury wyposażonej w sondę pomiarową o wymiarach różnych od określonych

w (4), konieczne jest wprowadzenie odpowiednich strategii pomiarów lub współczynników korekcyjnych dostosowanych do parametrów rozkładu przestrzennego mierzonego pola-EM celem określenia miejscowych wartości natężenia pola-M zgodnie ze wspomnianymi wymaganiami.

#### 4.5. Wykonanie pomiarów

##### 4.5.1. Przygotowanie aparatury pomiarowej

Wykonanie pomiarów poprzedzają następujące czynności, o ile mają zastosowanie w odniesieniu do właściwości konstrukcyjnych i użytkowych stosowanej aparatury pomiarowej: zestawienie układu pomiarowego i sprawdzenie jego stanu technicznego – w szczególności stanu układu zasilania, ustawienie wielkości mierzonej i pomiarowego pasma częstotliwości, test sprawności układu pomiarowego za pomocą zewnętrznego źródła pola-EM.

##### 4.5.2. Wyznaczenie zasięgów pola-EM stref ochronnych

Przeprowadzone rozpoznanie parametrów technicznych SPE oraz wyników badań pola-M emitowanego przez SPE wskazuje na możliwość występowania w przestrzeni pracy pola-M strefy pośredniej. Wyznaczenie zasięgów pola-EM tej strefy ochronnej powinno obejmować ustalone warunki użytkowania SPE i przestrzeni pracy, a także złożone oddziaływanie wielu źródeł pola-EM (wielu SPE pracujących jednocześnie), o ile występują. Pomiary należy poprzedzić rozpoznanie lokalizacji pierwotnych źródeł pola-EM oraz ich powierzchni dostępu.

Pole-EM stref ochronnych (zgodnie z R-BHP-EM) określane jest w danym miejscu na podstawie maksymalnych miejscowych wartości natężenia pola-M, zmierzonych w pionach pomiarowych zlokalizowanych od poziomu terenu do wysokości co najmniej 2 m oraz odpowiednich dla częstotliwości pola-EM limitów IPN (tab. 2).

Zasięg pola-EM stref ochronnych przy SPE wyznacza się na podstawie wyników pomiaru miejscowych wartości natężenia pola-M reprezentujących wartości równoważne natężenia pola-M, odniesionych do limitów IPNp określonych dla pola-M o rozpoznanej częstotliwości.

Do pomiaru pola-EM przy SPE jako powierzchnię dostępu pierwotnego źródła pola-EM

przyjmuje się powierzchnię obudowy SPE i kabla zasilającego ładowany pojazd samochodowy.

Pomiary należy rozpocząć od określenia poziomu pola-EM przy powierzchni dostępu (tj. powierzchni obudowy SPE i kabla), (zgodnie z R-BHP-EM).

Pomiary przy metalowych powierzchniach obudów SPE należy wykonywać następująco:

- 1) wzdłuż powierzchni dostępu zidentyfikować miejsce, w którym występuje wartość maksymalna natężenia pola-M (o ile nie przekracza zakresu pomiarowego miernika dopuszcza się w tym przypadku przemieszczanie sondy w styczności z powierzchnią dostępu, ponieważ celem takiego rozpoznania jest zidentyfikowanie miejsca, gdzie występuje maksymalne natężenie pola, a nie pomiar jego wartości),
- 2) w miejscu, gdzie zidentyfikowano maksimum, należy wykonać pomiar w odległości środka sondy 10 cm od powierzchni, a następnie w odległości 20 cm w tym samym kierunku,
- 3) kolejne punkty pomiarowe należy wybrać wzdłuż tego samego kierunku, co 20 cm, aż do rozpoznania odległości, w jakiej występuje pole-EM strefy bezpiecznej ( $H < IPNp-H$ ).

Pomiary przy powierzchni kabla zasilającego ładowany pojazd samochodowy należy wykonać w odległości środka sondy 10 cm od powierzchni kabla ułożonego w łuk o promieniu 20 cm, wzdłuż osi symetrii do środka łuku, a następnie w odległości 20 cm i kolejno co 20 cm, aż do rozpoznania odległości, w jakiej występuje pole-EM strefy bezpiecznej ( $H < IPNp-H$ ), jednocześnie przy zachowaniu minimalnej odległości 1 m od obudowy SPE. Jeżeli kabel zasilający ładowany pojazd jest spiralny, to dopuszcza się pomiary przy jego innym ułożeniu (udokumentowanym w sprawozdaniu).

Za wartość natężenia pola-M bezpośrednio przy elementach SPE należy przyjąć wartość:  $H = 3H1 - 2H2$ , wyznaczoną na podstawie miejscowych wartości  $H1$  i  $H2$ , określonych na podstawie pomiarów przy odległości środka referencyjnej sondy od obiektu odpowiednio: 10 i 20 cm.

Za zasięg przestrzeni pola-EM stref ochronnych należy przyjmować odległości miejscowych wartości natężenia pola-M od powierzchni elementów SPE, w których wyniki pomiarów w pionach pomiarowych są mniejsze od limitów IPN pola-M.

W przypadku SPE ładujących prądem prostowanym DC za zasięg pola-EM poszczególnych stref ochronnych należy przyjąć większy z rozpoznanych zasięgów pola-M PMS i PQS.

#### 4.6. Niepewność pomiarów

Do wykazania wymaganej (zgodnie z R-BHP-EM) dokładności pomiarów pola-EM [Uwaga 8] w przestrzeni pracy konieczne jest przeprowadzenie analizy niepewności dla wykorzystywanej metody i wyposażenia pomiarowego, uwzględniającej m.in. charakterystyki metrologiczne aparatury pomiarowej (częstotliwościowe i dynamiczne oraz odporność elektromagnetyczną) oraz ograniczenia wynikające z różnic parametrów aparatury w stosunku do wymagań prawa pracy dotyczących ocenianych parametrów pola-EM w dziedzinie: częstotliwości, czasu i przestrzeni (takich jak: wielkość sondy pomiarowej w stosunku do zgodnych z R-BHP-EM wymiarów sondy referencyjnej i jej rzeczywistą izotropowość lub czułość miernika na inny parametr przebiegu niesinusoidalnego niż wartość równoważna), powtarzalność lokalizacji punktów pomiarowych, niepewność wzorcowania miernika [Uwaga 9].

### 5. Dokumentowanie wyników pomiarów

#### 5.1. Zapisy z badań

Zapisy dokumentujące pomiary pola-EM w przestrzeni pracy należy sporządzać w taki sposób, aby umożliwiały powtórzenie badania w warunkach, w jakich zrealizowano je pierwotnie, na potrzeby oceny: zastosowanych środków ochronnych, aktualności rozpoznania źródeł pola-EM w przestrzeni pracy i aktualności wyników oceny narażenia oraz rozpoznania czynników wpływających na niepewność tej oceny narażenia.

W zapisach należy dokumentować miejscowe wartości natężenia pola-M (na podstawie wykonanego pomiaru lub przeprowadzonego rozpoznania, że  $H < IPN_p-H$ ), powiązane jednoznacznie z ich lokalizacją oraz warunkami użytkowania SPE (obejmującymi co najmniej: tryb pracy i parametry prądu ładowania lub mocy ładowania). Lokalizację ponumerowanych punktów pomiarowych dokumentuje się np. przez opis w tabeli z wynikami pomiarów identyfikujący kierunki pomiarowe i odległości od powierzchni obudowy lub odległości od powierzchni kabla zasilającego pojazd samochodowy.

#### 5.2. Sprawozdanie z pomiarów

Wyniki pomiarów pola-EM przy SPE dokumentuje się w postaci sprawozdania, które powinno zawierać co najmniej:

- 1) identyfikację metody przeprowadzonego pomiaru,
- 2) charakterystykę przestrzeni pracy i przestrzeni obsługi, których dotyczy badanie i warunki użytkowania SPE, którym odpowiadają charakterystyki pola-EM – w szczególności przez określenie trybu pracy i parametrów prądu ładowania,
- 3) charakterystykę rozpoznanych parametrów pracy SPE podczas wykonywania pomiarów wpływających na wynik oceny narażenia, tzn. natężenie prądu ładowania i/lub informacja względna w odniesieniu do prądu maksymalnego, widmo amplitudowo-częstotliwościowe emitowanego pola-EM,
- 4) zestawienie wyników pomiarów (lub rozpoznania) obejmujące:
  - a) wyniki zaprezentowane w zestawieniach tabelarycznych lub opisowych, z danymi charakteryzującymi lokalizację punktów pomiarowych (np. ponumerowane punkty, wymiary prezentowanej przestrzeni, opis odległości),
  - b) zmierzone oraz przeliczone dla najgorszego przypadku, przy uwzględnieniu maksymalnego prądu ładowania i największej częstotliwości dominującej mierzonego pola-EM (poprzez wprowadzenie odpowiednich poprawek), wartości natężenia pola-M w przestrzeni pola-EM stref ochronnych (bądź określenia, że  $H < IPN_p-H$ ),
  - c) wyniki powiązane jednoznacznie z lokalizacją punktów pomiarowych w przestrzeni obsługi i przestrzeni pracy, w odniesieniu do powierzchni obudowy SPE i kabla zasilającego pojazd samochodowy,
  - d) wyniki podane z odpowiednią do zastosowanej metody badań precyzją, co najwyżej 2 miejsc znaczących, bez zakresu ich niepewności,
- 5) zestawienie rozpoznanych zasięgów pola-EM stref ochronnych powiązane z warunkami użytkowania SPE (uwzględniające ww. poprawki pomiarowe dla najgorszego przypadku narażenia), np. w zestawieniu tabelarycznym

lub opisowym – w odniesieniu do zasięgów stref wyznaczonych w stosunku do powierzchni obudowy SPE i kabla zasilającego pojazd samochodowy,

- 6) ograniczenia dotyczące reprezentatywności wyników pomiarów prezentowanych w sprawozdaniu, wynikające w szczególności z: niepełnego rozpoznania źródeł pola-EM w przestrzeni pracy i parametrów tego pola, zróżnicowanego zakresu użytkowania,

właściwości metrologicznych użytej aparatury pomiarowej, rozbieżności wcześniejszego rozpoznania i rozpoznania podczas pomiarów,

- 7) identyfikację wykorzystanego wyposażenia pomiarowego i aktualnego statusu jego kontroli metrologicznej, wykonawcę pomiarów i datę wykonania pomiarów.

Przykładowe zestawienie wyników pomiarów pola-EM w otoczeniu SPE podano w tabeli 3.

**Tabela 3.** Wyniki pomiarów pola magnetycznego w przestrzeni pracy w otoczeniu stacji ładowania (przykładowe zestawienie)

**Table 3.** Measurement results of the magnetic field in the workspace near to charging stations (an example presentation)

Miejsce pomiaru w otoczeniu elementów SPE	Natężenie pola magnetycznego, $H$ [A/m]				Pole-EM strefy	Uwagi
	wartości RMS zmierzone przy prądzie ładowania $I_{pom} \dots A$		wartości WR odnoszące się do maksymalnego prądu ładowania			
	PMS	PQS	PMS	PQS		
Natężenie prądu ładowania podczas pomiarów: $I_{pom}$ [A] lub $I_{pom}$ [% $I_{max}$ ]	.....		Współczynnik zwiększenia zmierzonych wartości $H$ ze względu na $I_{pom}/I_{max}$		Współczynnik zwiększenia zmierzonych wartości $H$ (RMS) w odniesieniu do wartości równoważonych (WR)	
Natężenie maksymalnego prądu ładowania $I_{max}$ [A]	.....		.....		.....	
Częstotliwość PQS odpowiadająca wybranym limitom IPN [Hz]			.....			
<b>Limit IPN wyznaczający zasięg pola-EM strefy ochronnej (dotyczące częstotliwości: ..... )</b>			<b>Zasięg przestrzeni pola-EM stref ochronnych [cm] wyznaczonej w otoczeniu .....</b>			
<b>Przestrzeń pola-EM strefy zagrożenia</b> natężenie pola- $M > IPN_{od-H} = \dots\dots\dots A/m$						
<b>Przestrzeń pola-EM strefy pośredniej</b> natężenie pola- $M > IPN_{p-H} = \dots\dots\dots A/m$						
Przykładowo, PQS o częstotliwości 1000 Hz dotyczą: $IPN_{od-H} = 27 A/m$ i $IPN_{p-H} = 3 A/m$						



**Tabela 4.** Zestawienie uwag metodycznych przywołanych w opisie „Metody rekomendowanej pomiaru *in situ* parametrów pola elektromagnetycznego charakteryzujących narażenie w przestrzeni pracy podczas użytkowania stacji ładowania ...”

**Table 4.** Summary of methodological notes referred to in description of “The recommended method of making *in situ* measurements of electromagnetic field characterizing exposure in the workspace when using electric vehicles charging stations ...”

#	Uwagi metodyczne
1	W przypadku lokalizacji w przestrzeni pracy w otoczeniu SPE zasilających ją stacji transformatorowych nn lub SN pomiary emitowanego przez te obiekty pola-EM wykonuje się według metody rekomendowanej „Narażenie na pole elektromagnetyczne w przestrzeni pracy podczas użytkowania systemów elektroenergetycznych i elektrycznych instalacji zasilających prądu przemiennego w energetyce. Metoda pomiaru pola elektromagnetycznego <i>in situ</i> – wymagania szczegółowe”, Szuba M., Hasiec I., Papliński P. Śmietanka H., Zajdler K., Zmysłony M., Karpowicz J., Gryz K., <i>Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, 2016, nr 4 (90), 91–150.</i>
2	Rozpoznanie źródeł pola-EM przez użytkownika dotyczy (zgodnie z R-BHP-EM: ust. 5.1): a) parametrów technicznych źródła pola-EM określonych przez producenta w instrukcji eksploatacji lub innej dokumentacji technicznej, b) środków ochronnych zastosowanych w celu ograniczania emisji ze źródła pola-EM stanowiących jego stałe wyposażenie, w szczególności: blokad, obudów, osłon lub ekranów, c) poziomu emisji ze źródła pola-EM do środowiska lub poziomu pola-EM w jego otoczeniu, dostępnych na podstawie wymagań określonych w odrębnych przepisach, w recenzowanych publikowanych danych itp. d) charakterystyki ekspozycji na pole-EM, w szczególności przedstawionych w załączniku 1 do R-BHP-EM, e) zakresu użytkowania źródła pola-EM oraz wpływu wykonywanych prac na poziom emisji lub poziom ekspozycji.  W razie braku wystarczających danych do pełnego rozpoznania źródeł pola-EM użytkownik przekazuje dostępne informacje wykonawcy pomiarów, który rozpoznaje źródła pola-EM podczas przygotowania do pomiarów pola-EM (np. podczas wizji lokalnej przestrzeni pracy) oraz dostępnymi metodami pomiarowymi. W sprawozdaniu z pomiarów dokumentuje się sposób i zakres przeprowadzenia rozpoznania, o którym mowa, jego wyniki oraz stwierdzone ograniczenia reprezentatywności wyników pomiarów wynikające z braku odpowiedniej dokumentacji.  Warunki wykonania planowanych pomiarów pola-EM powinny zapewnić reprezentatywność wyników ze względu na ocenę pola-EM w zróżnicowanych warunkach użytkowania pierwotnych źródeł pola-EM. W przypadku niedostatecznie dokładnego rozpoznania parametrów technicznych źródeł pola-EM rozpoznanego w przestrzeni pracy objętej planowanymi badaniami, uniemożliwiającego wykonanie pomiarów zgodnie z przeznaczeniem (tj. do realizacji wymagań prawa pracy) lub istotnie wpływającego na niepewność wyników planowanych badań, wykonawca pomiarów powinien poinformować użytkownika o ograniczeniach z tym związanych (dotyczących reprezentatywności wyniku pomiaru do zamierzonego zastosowania w ocenie pola-EM), a w przypadku akceptacji tych ograniczeń w sprawozdaniu z pomiarów przedstawić informacje o zakresie niedostępnych danych lub ograniczonego zakresu pomiarów i ich przyczynach.
3	Wartość równoważna (WR) – wartość stanowiąca ok. 35% różnicy między maksymalną a minimalną wartością chwilową natężenia pola-M w ciągu określonego przedziału czasu ( $T$ ) (zgodnie z R-NDN-EM: ust. 5).
4	Punkt pomiarowy – punkt w przestrzeni pracy reprezentujący rozkład przestrzenny poziomu miejscowych wartości natężenia pola-E lub pola-M, uśrednionego w przestrzeni o kształcie sześciangu i długości krawędzi 10 cm, której środek reprezentuje położenie referencyjnej bezkierunkowej sondy niezaburzonego pola-EM bliskiego (zgodnie z R-BHP-EM: zał. 3, pkt 1.2).
5	W przypadku ujawnienia podczas pomiarów rozbieżności między stanem faktycznym a przekazanymi wykonawcy pomiarów udokumentowanymi wynikami rozpoznania użytkownik powinien zostać o nich poinformowany, a charakterystyka rozbieżności i ich wpływ na reprezentatywność wyników pomiarów pola-EM powinny zostać udokumentowane w sprawozdaniu z pomiarów (np. w przypadku ujawnienia nierozpoznanych wcześniej źródeł pola-EM w przestrzeni pracy objętej pomiarami lub innego niż wcześniej rozpoznano charakteru ich zmienności w czasie).
6	Udokumentowanie metodami pomiarowymi rozpoznania charakterystyki ocenianego pola-EM w dziedzinie czasu (ze względu na zależność prądu ładowania od stanu rozładowanych akumulatorów) i częstotliwości (ze względu na harmoniczne), niezależnie od wcześniejszego rozpoznania innymi metodami (zgodnie z R-BHP-EM). Należy uwzględnić właściwości i charakterystyki metrologiczne stosowanej aparatury pomiarowej (np. odpowiednie współczynniki korekcyjne), umożliwiające podczas pomiaru pola-EM niesinusoidalnego wyznaczenie wartości równoważnych natężenia pola-M PQS, np. na podstawie pomiaru wartości skutecznej.
7	Pomiar należy wykonywać aparaturą pomiarową, wzorcowaną okresowo w zakresie odpowiednim do rozpoznanego w przestrzeni pracy pola-EM, pod względem: częstotliwości, dynamiki i modulacji pola-EM wykorzystanego podczas wzorcowania. Aparatura pomiarowa powinna również podlegać sprawdzeniom charakterystyk metrologicznych – w szczególności w zakresie odporności elektromagnetycznej, zgodnie z wymaganiami dotyczącymi jakości pomiarów (zgodnie z R-BHP-EM: zał. 3, cz. III). Ponadto, w okresie między wzorcowaniami aparatura powinna przechodzić bieżące testy sprawności celem podtrzymania zaufania do statusu jej parametrów metrologicznych, np. poprzez monitorowanie wyników pomiarów w polu-EM wybranego źródła.
8	Za wartość miejscowego natężenia pola-E i pola-M ze względu na powiązanie środków ochronnych z rozpoznanymi zasięgami pola-EM stref ochronnych przyjmuje się wynik jego oceny (bez jego niepewności) pod warunkiem zastosowania procedur oceny, dla których naukowo sprawdzono i zwalidowano doświadczalnie oraz udokumentowano niepewność standardową wyników nie gorszą od $\pm 30\%$ (zgodnie z R-BHP-EM: zał. 3, cz. I).
9	Potencjał techniczny i umiejętności konieczne do realizacji pomiarów w granicach niepewności wyznaczonej na podstawie analizy czynników wpływających (odzwierciedlonej w budżecie niepewności tych pomiarów) powinny zostać potwierdzone przez wyniki udziału w odpowiednich badaniach biegłości (PT). Rekomendowane jest uczestniczenie w tym celu w ogólnie dostępnych badaniach biegłości, realizowanych zgodnie z wymaganiami określonymi w normie ISO/IEC 17043, dla których wartość przypisana jest wyznaczana przez odpowiednie badania z udziałem ekspertów, niezależnie od wyników uzyskiwanych przez indywidualnych uczestników badań, a wyniki są oceniane z wykorzystaniem miar <i>z-score</i> lub <i>zeta-score</i> (zgodnie z zaleceniami normy ISO 13528:2015).

