

## LIMITY GRANICZNYCH POZIOMÓW ODDZIAŁYWANIA POLA-EM

1. Ustala się limity miar oddziaływania bezpośredniego pola-EM, jako limity Granicznych Poziomów Oddziaływania, zwane dalej „limity GPO”, obowiązujące łącznie i określone w:

- 1) tabeli 1 dla miar bezpośrednich skutków biofizycznych: termicznych i pozatermicznych;
- 2) tabeli 2 dla prądu końcowego: indukowanego i kontaktowego.

2. Limity GPO dotyczą natychmiastowych i ostrych, określonych na podstawie względów biofizycznych i biologicznych, bezpośrednich skutków biofizycznych oddziaływania pola-EM na organizm człowieka.

3. Limity GPO określone w tabelach 1 i 2 nie są parametrami środowiska pracy i nie podlegają pomiarom wykonywanym w trybie określonym w rozporządzeniu Ministra Zdrowia z dnia 2 lutego 2011 r. w sprawie badań i pomiarów czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy (Dz. U. poz. 166).

4. Limity GPO określono jako:

- 1) GPO<sub>g</sub> – górne GPO, po przekroczeniu których występują niekorzystne skutki dla zdrowia, takie jak ogrzanie tkanek lub pobudzenie tkanki nerwowej i mięśniowej;
- 2) GPO<sub>d</sub> – dolne GPO, po przekroczeniu których występują przejściowe zakłócenia percepcji zmysłowej lub niewielkie zmiany funkcji mózgu;
- 3) GPO<sub>u</sub> – uzupełniające GPO, dotyczące prądu końcowego.

5. Do limitów GPO, określonych w tabelach 1 i 2, zastosowano oznaczenia:

- H – natężenie pola-M indukowanego w organizmie, wyrażane w megaamperach na metr [MA/m], dotyczące oddziaływania ogólnego PMS, obejmującego całe ciało;
- Hk – natężenie pola-M indukowanego w organizmie, wyrażane w megaamperach na metr [MA/m], dotyczące oddziaływania miejscowego PMS obejmującego kończyny;
- Ew – natężenie pola-E indukowanego w organizmie, wyrażane w woltach na metr [V/m];
- SA – energia pochłonięta w tkance biologicznej o masie jednostkowej, wyrażana w milidżulach na kilogram [mJ/kg], dotycząca wrażeń słuchowych spowodowanych narażeniem głowy na modulowane PMF;
- SAR<sub>cc</sub> – szybkość pochłaniania właściwego energii, wyrażana w watach na kg [W/kg], dotycząca skutków termicznych narażenia w całym ciele;
- SAR<sub>gt</sub> – szybkość pochłaniania właściwego energii, wyrażana w watach na kg [W/kg], dotycząca miejscowych skutków termicznych narażenia w głowie i tułowiu;
- SAR<sub>k</sub> – szybkość pochłaniania właściwego energii, wyrażana w watach na kg [W/kg], dotycząca miejscowych skutków termicznych narażenia w kończynach;
- Es – natężenie pola-E padającego na powierzchnię ciała, wyrażane w woltach na metr [V/m], dotyczące powierzchniowych skutków termicznych oddziaływania PMF;
- I<sub>kk</sub> – natężenie prądu końcowego kontaktowego, przepływającego w kończynach w wyniku dotknięcia obiektu w polu-EM, wyrażane w miliamperach [mA];
- I<sub>ki</sub> – natężenie prądu końcowego indukowanego, powstającego na skutek indukcji prądu pojemnościowego bezpośrednio w organizmie, wyrażane w miliamperach [mA].

6. W dziedzinie czasu limity GPO dotyczą zróżnicowanych miar narażenia, określonych jako:

- 1) wartość szczytowa (P) – maksymalna wartość chwilowa wybranego parametru charakteryzującego oddziaływanie pola-EM w określonym miejscu, w ciągu określonego przedziału czasu (T),
- 2) wartość skuteczna (RMS) – wartość wybranego parametru charakteryzującego oddziaływanie pola-EM w określonym miejscu definiowana zgodnie z uśrednioną w czasie zależnością całkową, reprezentującą ekwiwalent ciepła wydzielonego podczas przepływu prądu, wyrażana liczbowo zależnością:

$$X_{\text{RMS}} = \sqrt{\frac{1}{T_{\text{RMS}}} \int_0^{T_{\text{RMS}}} x^2(t) dt}$$

gdzie:

- $x(t)$  — wartość chwilowa wybranego parametru charakteryzującego pole-EM w rozpatrywanym momencie czasu  $t$ ,
- $T_{\text{RMS}}$  — przedział czasu, w którym obliczana jest wartość skuteczna; jeżeli  $T_{\text{RMS}} = 1/f$ , to jest to okres zmian w czasie wartości chwilowej wybranego parametru. Dla pól harmonicznnych wartość RMS równa jest wartości P podzielonej przez  $\sqrt{2}$

- 3) wartość średnia (SR) - wartość wybranego parametru charakteryzującego oddziaływanie pola-EM w określonym miejscu, wyrażana liczbowo zależnością:

$$X_{\text{SR}} = \frac{1}{T_{\text{SR}}} \int_0^{T_{\text{SR}}} x(t) dt$$

gdzie:

- $x(t)$  — wartość chwilowa wybranego parametru charakteryzującego pole-EM w rozpatrywanym momencie czasu  $t$ ,
- $T_{\text{SR}}$  — przedział czasu, w którym obliczana jest wartość średnia; jeżeli  $T_{\text{SR}} = 1/f$ , to jest to okres zmian w czasie wartości chwilowej wybranego parametru.



11	$6 \times 10^9 \leq f < 300 \times 10^9$	—	—	—	—	—	—	—	—	140
----	--	---	---	---	---	---	---	---	---	-----

#### Objaśnienia do tabeli 1:

- 1) Wartości GPO dotyczące maksymalnej w przestrzeni wartości natężenia PMS, o częstotliwości  $f=(0-1)$  Hz, wyrażonej jako wartość szczytowa (P) w dziedzinie czasu określono jako:
- GPOd-H – dolne GPO dotyczące normalnych warunków pracy, związane są z ograniczaniem zawrotów głowy i innych skutków fizjologicznych zaburzeń ludzkiego narządu równowagi, wynikających głównie z ruchu ciała człowieka w PMS. Limit ten dotyczy również maksymalnej zmiany natężenia PMS,  $\Delta H$ , w dowolnym okresie T=3 sekundy podczas ruchu ciała człowieka w PMS lub wartości międzyszczytowej H(PP) zmiennego w czasie PMS; alternatywnie stosuje się: GPOd-H=1,6 MA/m i GPOd-B=2 T.
  - GPOd-Hk – dolne GPO dotyczące miejscowego oddziaływania PMS na kończyny podczas normalnych warunków pracy; alternatywnie stosuje się: GPOd-Hk=1,6 MA/m i GPOd-Bk=2 T.
  - GPOg-H – górne GPO dotyczące kontrolowanych warunków pracy, mają tymczasowe zastosowanie podczas dnia pracy, jeżeli jest to uzasadnione stosowaną praktyką lub technologią, pod warunkiem że zostały wdrożone odpowiednie środki ochrony, takie jak: poinformowanie, przeszkolenie i instruktaż oraz organizacja miejsca i sposobu pracy zapewnijająca ograniczenie ruchu pracującego lub osoby potencjalnie narażonej; alternatywnie stosuje się: GPOg-H=6,4 MA/m i GPOg-B=8 T.
  - d) podczas oddziaływania PMS o częstotliwości:  $f < 5$  Hz, powstającego wskutek ruchu pracującego lub osoby potencjalnie narażonej w otoczeniu źródła PMS, należy zapewnić, aby szczytowa wartość pochodnej natężenia PMS względem czasu nie przekraczała wartości:  $dH/dt < 2,16$  (MA/m/s) (ekwiwalentnie:  $dB/dt < 2,7$  T/s).
- 2) Wartości GPO dotyczące maksymalnej wartości natężenia Ew indukowanego w organizmie pola-E wskutek oddziaływania pola-EM o częstotliwości  $0 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \times 10^6$  Hz, wyrażonej jako wartość szczytowa (P) w dziedzinie czasu określono jako:
- GPOd-Ew – dolne GPO dotyczące indukowanego pola-E dotyczą wartości maksymalnych w przestrzeni w głowie narażonej osoby. Wartości GPOd są związane z ograniczaniem skutków oddziaływania pola-E na ośrodkowy układ nerwowy w głowie, takich jak wrażenia wzrokowe w siankowce i niewielkie przejściowe zmiany pewnych funkcji mózgu.
  - GPOg-Ew – górne GPO dotyczące indukowanego pola-E dotyczą wartości maksymalnych w przestrzeni w całym ciele narażonej osoby. Wartości GPOg są związane z ograniczeniem pobudzenia elektrycznego wszystkich tkanek obwodowego i ośrodkowego układu nerwowego w organizmie, w tym w głowie.
  - w przypadku pół nieharmonicznych ocena GPO jest oparta na metodzie ważonej wartości szczytowej (filtracja w dziedzinie czasu), albo równorzędnej procedurze naukowo sprawdzonej i zwalidowanej.
- 3) Wartości GPO dotyczące wartości energii pochłoniętej w organizmie przez tkankę o masie jednostkowej wskutek oddziaływania pola-EM o częstotliwości  $0,1 \times 10^6 \text{ Hz} \leq f \leq 6 \times 10^9$  Hz, wyrażonej jako SAR uśredniony w ciele i w okresie  $T_{\text{SAR}}$  – dowolne 6 minut:
- GPOg-SAR<sub>cc</sub> – górne GPO związane z ograniczeniem miejscowego stresu cieplnego całego ciała.
  - GPOg-SAR<sub>gt</sub> – górne GPO związane z ograniczeniem miejscowego stresu cieplnego w głowie i tułowiu.
  - GPOg-SAR<sub>k</sub> – górne GPO związane z ograniczeniem miejscowego stresu cieplnego w kończynach.
  - wartość SAR uśredniona względem całego ciała lub części ciała jest to szybkość, z jaką energia jest pochłaniana w organizmie przez tkankę o masie jednostkowej, będąca miarą niekorzystnych skutków termicznych oddziaływania PWCZ lub PMF. Oprócz uśrednionej względem całego ciała wartości SAR, konieczne jest wykorzystanie miejscowych wartości SAR do oceny i ograniczania nadmiernego nagromadzenia energii w niewielkich częściach ciała, wynikającego ze szczególnych warunków oddziaływania pola-EM, w szczególności oddziaływania na człowieka PWCZ emitowanego przez zgrzewarki dielektryczne lub anteny.
  - miejscowy SAR jest uśredniany w dowolnych 10 g zwartej tkanki, stanowiąc masę zwartej tkanki o jednorodnych w przybliżeniu właściwościach dielektrycznych. W dozymetrii obliczeniowej „masa zwartej tkanki” może być reprezentowana prostym modelem geometrycznym kłanek, jak np. szcician lub kula, i wykorzystana do oszacowania poziomu oddziaływania bezpośredniego PWCZ lub PMF podczas oceny maksymalnej wartości SAR. Wielkość taka nie jest adekwatna przy bezpośrednich pomiarach fizycznych.

- 4) Wartości GPO dotyczące miejscowej wartości energii pochłoniętej SA w niewielkiej masie tkanki w głowie wskutek oddziaływania PMF o częstotliwości  $0,3 \times 10^9 \text{ Hz} \leq f \leq 6 \times 10^9 \text{ Hz}$  określono jako:
- GPO d-SA – dołne GPO dotyczące energii pochłoniętej w organizmie przez tkankę o masie jednostkowej. Wartości GPO są związane z ograniczaniem wrażeń słuchowych spowodowanych narażeniem głowy na modułowane PMF,
  - masa tkanki, w której uśredniana jest miejscowa wartość SA, wynosi 10 g,
  - Wartości GPO dotyczące wartości natężenia pola-E padającego na powierzchnię ciała wskutek narażenia na PMF o częstotliwości  $6 \times 10^9 \text{ Hz} \leq f \leq 300 \times 10^9 \text{ Hz}$  określono jako:
    - GPO g-Es – górne GPO dotyczące ograniczania oddziaływania pola-E padającego na powierzchnię ciała,
    - natężenie pola Es uśrednia się na dowolnych  $20 \text{ cm}^2$  narażonej powierzchni. Maksymalna w przestrzeni wartość natężenia pola-E uśrednionego na  $1 \text{ cm}^2$  nie powinna czterystu-krotnie przekroczyć wartości GPOg-Es,
    - aby skompensować zmniejszanie się głębokości wnikania PMF wraz ze wzrostem częstotliwości, podczas oceny natężenie pola Es o częstotliwości  $6 \times 10^9 \text{ Hz} \leq f \leq 10 \times 10^9 \text{ Hz}$  przyjmuje się:  $T_{\text{RMS}} = \text{dowolne}$  6 minut, a dla częstotliwości  $f > 10 \times 10^9 \text{ Hz}$  przyjmuje się  $T_{\text{RMS}} = \text{dowolne}$  (50/f) minut (gdzie f jest częstotliwością w Hz podzieloną przez  $10^9$ ),
    - alternatywną miarą dla GPOg-Es jest gęstość mocy padającego PMF, dla której wartość GPO wynosi  $50 \text{ W/m}^2$ . Maksymalna w przestrzeni wartość gęstości mocy uśrednionej na  $1 \text{ cm}^2$  nie powinna dwudziesto-krotnie przekroczyć wartości  $50 \text{ W/m}^2$ .

**TABELA 2. LIMITY GRANICZNYCH POZIOMÓW ODDZIAŁYWANIA DLA PRĄDU KOŃCZYNOWEGO KONTAKTOWEGO ORAZ INDUKOWANEGO**

Lp.	Częstotliwość	Limit GPOu jako:	
	$f$	GPOu-I <sub>kk</sub> <sup>1),3),5)</sup>	GPOu-I <sub>ki</sub> <sup>2),4)</sup>
	Hz	mA (RMS)	mA (RMS)
	-1-	-2-	-3-
1	$1 \leq f < 2,5 \times 10^3$	1,0	—
2	$2,5 \times 10^3 \leq f < 100 \times 10^3$	$0,4 \times f \times 10^{-3}$	
3	$100 \times 10^3 \leq f < 10 \times 10^6$	40	
4	$10 \times 10^6 \leq f < 110 \times 10^6$	40	100

Objaśnienia do tabeli 2:

- <sup>1)</sup> GPOu-I<sub>kk</sub> – wartości natężenia kończynowego prądu kontaktowego stanu ustalonego w kończynie górnej.
- <sup>2)</sup> GPOu-I<sub>ki</sub> – wartości natężenia indukowanego prądu kończynowego w dowolnej kończynie.
- <sup>3)</sup> Prąd kontaktowy stanu ustalonego występuje w dowolnej kończynie, gdy ciało ma ciągłą styczność z obiektem w polu-EM i podczas jego oceny przyjmuje się  $T_{RMS}=1/f$ . W chwili dotykania do obiektu może nastąpić wyładowanie iskrowe, któremu towarzyszą prądy stanu przejściowego.
- <sup>4)</sup> Podczas oceny zagrożeń wynikających ze skutków termicznych oddziaływania kończynowego prądu indukowanego (I<sub>ki</sub>) przyjmuje się:  $T_{RMS}$ =dowolne 6 minut.
- <sup>5)</sup> Wartości natężenia kończynowego prądu kontaktowego (I<sub>kk</sub>) nie dotyczą oceny zagrożenia wynikającego z zapłonu atmosfer wybuchowych w rozumieniu § 4 ust. 4 pkt 2 rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 8 lipca 2010 r. w sprawie minimalnych wymagań, dotyczących bezpieczeństwa i higieny pracy, związanych z możliwością wystąpienia w miejscu pracy atmosfery wybuchowej (Dz. U. poz. 931).