

Nejvyšší přípustné hodnoty a referenční hodnoty

1. Nejvyšší přípustné hodnoty pro modifikovanou proudovou hustotu indukovanou v centrálním nervovém systému elektrickým a/nebo magnetickým polem s frekvencí f v intervalu od 0 Hz do 10 MHz jsou stanoveny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1

Modifikovaná indukovaná proudová hustota J_{mod}^* – nejvyšší přípustné hodnoty			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	J_{mod} [$A \cdot m^{-2}$]	frekvence f [Hz]	J_{mod} [$A \cdot m^{-2}$]
300 - 10^7	$\sqrt{2} \cdot 0.01^a$	0 - 10^7	pětkrát nižší než nejvyšší přípustná hodnota pro zaměstnance

^{a)} Maximum absolutní hodnoty modifikované proudové hustoty v centrálním nervovém systému nesmí v žádném časovém okamžiku překročit nejvyšší přípustnou hodnotu; v ostatních částech trupu nesmí modifikovaná proudová hustota překročit pětinasobek nejvyšší přípustné hodnoty uvedené v tabulce č. 1 pokud je frekvence vyšší než 1 Hz.

* Modifikovaná proudová hustota J_{mod} je definována jako proudová hustota, tj. proud tekoucí kolmo k rovinné ploše s obsahem 100 mm^2 dělený obsahem této plochy, která je modifikována filtrem s frekvenční charakteristikou $\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{\beta + j2\pi f}{4\beta + j2\pi f} \cdot \frac{\alpha}{\alpha + j2\pi f}$, kde $\alpha = 2000\pi \text{ s}^{-1}$, $\beta = 7 \text{ s}^{-1}$ a j je imaginární jednotka, tedy $j = \sqrt{-1}$.

2. Nejvyšší přípustné hodnoty měrného absorbovaného výkonu (SAR) jsou stanoveny v tabulce č. 2. Tyto nejvyšší přípustné hodnoty se vztahují na celkovou absorpci všech přítomných složek elektromagnetického pole v tkáních těla v intervalu frekvencí od 100 kHz do 10 GHz.

Tabulka č. 2

Měrný absorbovaný výkon (SAR) ^{b)} - nejvyšší přípustné hodnoty			
Platí pro frekvence od 100000 Hz do 10^{10} Hz	Měrný absorbovaný výkon - SAR - průměrovaný přes kterýkoli šestiminutový interval a celé tělo	SAR průměrovaný přes kterýkoli šestiminutový interval a pro kterýchkoli 10 g ^{a)} tkáně s výjimkou rukou, zápěstí, chodidel a kotníků	SAR průměrovaný přes kterýkoli šestiminutový interval a pro kterýchkoli 10 g ^{a)} tkáně rukou, zápěstí, chodidel a kotníků
zaměstnanci	0,4 W/kg	10 W/kg	20 W/kg
ostatní osoby	0,08 W/kg	2 W/kg	4 W/kg

- a) 10 g tkáně uvedené v tabulce č. 2 je třeba volit ve tvaru krychle, nikoli jako plochý útvar na povrchu těla.
- b) Pro expozici osob pulsům kratším než 30 μs při frekvenci 300 MHz až 10 GHz se doporučuje zavést dodatečné omezení 10 mJ/kg průměrovaných pro 10 g tkáně pro měrnou absorbovanou energii.

Doba průměrování pro měrný absorbovaný výkon je 6 minut. Při krátkodobé expozici (kratší než 6 minut) není tedy nejvyšší přípustná hodnota měrného absorbovaného výkonu překročena, je-li pro zaměstnance splněna nerovnost

$$\sum_i (SAR_i \cdot t_i) \leq 2,4 \text{ W} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1}$$

a pro ostatní osoby nerovnost

$$\sum_i (SAR_i \cdot t_i) \leq 0,48 \text{ W} \cdot \text{min} \cdot \text{kg}^{-1} .$$

SAR_i je měrný absorbovaný výkon při i -té expozici ve $\text{W} \cdot \text{kg}^{-1}$ a t_i je doba trvání i -té expozice v minutách.

3. Nejvyšší přípustné hodnoty pro hustotu zářivého toku elektromagnetické vlny z intervalu frekvencí od 10 GHz do 300 GHz, dopadající na tělo nebo na jeho část, jsou stanoveny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3

Hustota zářivého toku S^* – nejvyšší přípustné hodnoty			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	S [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]	frekvence f [Hz]	S [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$]
$> 10^{10} - 3 \cdot 10^{11}$	50	$> 10^{10} - 3 \cdot 10^{11}$	10

Doba průměrování pro frekvence 10 GHz až 300 GHz je $T_{st} = 1,92 \cdot 10^{11} / f^{1,05}$; f je v hertzech, T_{st} v minutách. S je průměrná hodnota hustoty zářivého toku dopadajícího na plochu rovnou 20 cm^2 kterékoli části těla exponované fyzické osoby. Maximální průměrná hodnota S vztážená na 1 cm^2 exponovaného povrchu nesmí při tom překročit dvacetinásobek hodnot uvedených v tabulce č. 3.

4. Referenční úrovně pro intenzitu elektrického a magnetického pole (magnetickou indukci) a pro hustotu zářivého toku, případně pro hustotu zářivé energie, uvedené v tabulkách 4 až 9, platí pro pole neporušené přítomností osob v posuzovaném prostoru. Je-li pole prostorově silně nehomogenní, srovnává se s referenční úrovní buď intenzita pole průměrovaná přes oblast odpovídající poloze páteře nebo průměrovaná přes oblast odpovídající poloze hlavy exponované fyzické osoby, nebo se pro srovnání s referenční úrovní bere hodnota v geometrickém středu této oblasti. Nepřekročení referenční hodnoty kontaktního proudu se zjistí buď přímým měřením kontaktního proudu u příslušné fyzické osoby nebo měřením proudu rezistorem napodobujícím impedanci lidského těla.

Pokud není výslovně uvedeno jinak, jsou stanovené referenční úrovně v efektivních hodnotách příslušných veličin.

Tabulka č. 4

Referenční úrovně intenzity elektrického pole E – nepřetržitá expozice			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	E [V.m ⁻¹]	frekvence f [Hz]	E [V.m ⁻¹]
< 1	– a)	< 1	– a)
1 – 8	20000	1 – 8	10000
8 – 25	20000	8 – 25	10000
25 – 820	$5 \cdot 10^5 / f$	25 – 800	$2,5 \cdot 10^5 / f$
50	10000	50	5000
820 – $3 \cdot 10^3$	610	800 – $3 \cdot 10^3$	$2,5 \cdot 10^5 / f$
$3 \cdot 10^3$ – $65 \cdot 10^3$	610	$3 \cdot 10^3$ – $150 \cdot 10^3$	87
$65 \cdot 10^3$ – 10^6	610	$150 \cdot 10^3$ – 10^6	87
10^6 – 10^7	$610 \cdot 10^6 / f$	10^6 – 10^7	$87 \cdot 10^3 / f^{0,5}$
10^7 – $4 \cdot 10^8$	61	10^7 – $4 \cdot 10^8$	28
$4 \cdot 10^8$ – $2 \cdot 10^9$	$3 \cdot 10^{-3} \cdot f^{0,5}$	$4 \cdot 10^8$ – $2 \cdot 10^9$	$1,375 \cdot 10^{-3} \cdot f^{0,5}$
$2 \cdot 10^9$ – $3 \cdot 10^{11}$	137	$2 \cdot 10^9$ – $3 \cdot 10^{11}$	61

a) referenční úroveň pro statické elektrické pole není zavedena; při pobytu v silném statickém elektrickém poli je však třeba snížit vliv nepříjemného pocitu způsobeného elektrickým nábojem indukovaným na povrchu těla a zabránit sršení výbojů z povrchu těla.

Je-li současně přítomné i pole magnetické, je pro srovnání s referenční hodnotou nutné použít vztahy uvedené v bodu 5.

Tabulka č. 5

Referenční úrovně pro magnetickou indukci B – nepřetržitá expozice			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	B [T]	frekvence f [Hz]	B [T]
< 1	0,28 *	< 1	0,056 *
1 – 8	$0,2 / f^2$	1 – 8	$0,04 / f^2$
8 – 25	$0,025 / f$	8 – 25	$0,005 / f$
25 – 820	$25 \cdot 10^{-3} / f$	25 – 800	$0,005 / f$
50	$500 \cdot 10^{-6}$	50	$100 \cdot 10^{-6}$
820 – $3 \cdot 10^3$	$30,7 \cdot 10^{-6}$	800 – $3 \cdot 10^3$	$6,25 \cdot 10^{-6}$
$3 \cdot 10^3$ – $65 \cdot 10^3$	$30,7 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^3$ – $150 \cdot 10^3$	$6,25 \cdot 10^{-6}$
$65 \cdot 10^3$ – 10^6	$2 / f$	$150 \cdot 10^3$ – 10^6	$0,92 / f$
10^6 – 10^7	$2 / f$	10^6 – 10^7	$0,92 / f$
10^7 – $4 \cdot 10^8$	$0,2 \cdot 10^{-6}$	10^7 – $4 \cdot 10^8$	$0,092 \cdot 10^{-6}$
$4 \cdot 10^8$ – $2 \cdot 10^9$	$10^{-11} \cdot f^{0,5}$	$4 \cdot 10^8$ – $2 \cdot 10^9$	$4,6 \cdot 10^{-12} \cdot f^{0,5}$
$2 \cdot 10^9$ – $3 \cdot 10^{11}$	$0,45 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^9$ – $3 \cdot 10^{11}$	$0,20 \cdot 10^{-6}$

* amplituda

Při expozici jen rukou nebo nohou je přípustné referenční hodnoty zvýšit nepřímo úměrně poměru lineárního rozměru exponované části těla k lineárnímu rozměru trupu.

Je-li současně přítomné i pole elektrické, je pro srovnání s referenční hodnotou nutné použít vztahy uvedené v bodu 5.

Tabulka č. 6

Referenční úrovně pro hustotu zářivého toku* S – nepřetržitá expozice			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
Frekvence f [Hz]	S [$W \cdot m^{-2}$]	frekvence f [Hz]	S [$W \cdot m^{-2}$]
10^7 – $4 \cdot 10^8$	10	10^7 – $4 \cdot 10^8$	2
$4 \cdot 10^8$ – $2 \cdot 10^9$	$f / 4 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^8$ – $2 \cdot 10^9$	$f / 2 \cdot 10^8$
$2 \cdot 10^9$ – $3 \cdot 10^{11}$	50 **	$2 \cdot 10^9$ – $3 \cdot 10^{11}$	10 **

* Tato veličina je použitelná jen pro postupnou vlnu. V reaktivní zóně zdroje je nutné použít referenční úrovně pro E a B uvedené v tabulkách č. 1 a 2.

** V intervalu frekvencí od hodnoty 10 GHz do hodnoty 300 GHz je hustota zářivého toku nejvyšší přípustnou hodnotou. Doba průměrování pro frekvence 10 GHz až 300 GHz je $T_s = 1,92 \cdot 10^{11} / f^{1,05}$; f je v hertzech, doba průměrování v minutách.

5. Expozice polím s několika frekvencemi

Pro posouzení expoziční situace podle zjištěných referenčních úrovní při působení elektrického a/nebo magnetického pole s více různými frekvence se uvažuje odděleně přímá

stimulace, která se uplatňuje v intervalu frekvencí od 0 Hz do 10 MHz, a tepelné působení pole, které se uplatňuje v intervalu frekvencí od 100 kHz do 300 GHz.

Elektrická stimulace vyvolaná hustotou indukovaného elektrického proudu v tkáni nepřekračuje referenční hodnoty, splňují-li zjištěné úrovně polí nerovnosti:

$$\sum_{1 \text{ Hz}}^{1 \text{ MHz}} \frac{E_i}{E_{L,i}} + \sum_{f > 1 \text{ MHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{E_i}{a} \leq 1$$

a

$$\sum_{1 \text{ Hz}}^{65 \text{ kHz}} \frac{B_j}{B_{L,j}} + \sum_{f > 65 \text{ kHz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{B_j}{b} \leq 1 .$$

E_i označuje intenzitu elektrického pole s frekvencí i ,

$E_{L,i}$ – referenční úroveň intenzity elektrického pole pro i -tou frekvenci,

B_j – magnetickou indukci s frekvencí j ,

$B_{L,j}$ – referenční hodnotu magnetické indukce pro j -tou frekvenci,

$a = 610 \text{ V/m}$ pro expozici zaměstnance a 87 V/m pro expozici ostatních osob,

$b = 30,7 \cdot 10^{-6} \text{ tesla}$ pro expozici zaměstnance a $6,25 \cdot 10^{-6} \text{ tesla}$ pro expozici ostatních osob.

(Konstantní hodnoty a a b jsou v tomto případě použity i pro frekvence vyšší než 65 kHz resp. 1 MHz, protože součet se týká hustot indukovaných proudů a nezahrnuje tepelné působení pole.)

Tepelné působení, které se uplatňuje při frekvencích vyšších než 100 kHz, nepřekračuje přípustnou hodnotu, jsou-li splněny nerovnosti:

$$\sum_{100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{E_i}{c} \right)^2 + \sum_{f > 1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{E_i}{E_{L,i}} \right)^2 \leq 1$$

a

$$\sum_{100 \text{ kHz}}^{1 \text{ MHz}} \left(\frac{B_j}{d} \right)^2 + \sum_{f > 1 \text{ MHz}}^{300 \text{ GHz}} \left(\frac{B_j}{B_{L,j}} \right)^2 \leq 1 .$$

$c = 610 \cdot 10^6 / f \text{ V/m}$ pro expozici zaměstnance a $87 \cdot 10^3 / f^{0,5} \text{ V/m}$ pro expozici ostatních osob, a

$d = 2 / f \text{ tesla}$ pro expozici zaměstnance a $0,92 / f \text{ tesla}$ pro expozici ostatních osob.

Frekvence f je v hertzech.

6. Krátkodobá expozice

Tepelné působení expozice elektrickému a magnetickému poli kratší než je doba určená pro průměrování, případně série krátkodobých expozic působících v době kratší než je doba určená pro průměrování, nepřekračuje referenční hodnotu, jestliže doby expozice t_i a zjištěné úrovně polí E_i a B_i z intervalu frekvencí od 100 kHz do 10 GHz splňují nerovnosti

$$\sum_i \left(E_i^2 \cdot t_i \right) \leq \left(6 \cdot E_{L,i}^2 \right) \text{ v jednotkách } (\text{V} \cdot \text{m}^{-1})^2 \cdot \text{min}.$$

a

$$\sum_i (B_i^2 \cdot t_i) \leq (6 \cdot B_{L,i}^2) \text{ v jednotkách } T^2 \cdot \text{min. (T = tesla),}$$

případně splňuje-li hustota zářivého toku téhož intervalu frekvencí nerovnost

$$\sum_i (S_i \cdot t_i) \leq (6 \cdot S_{L,i}) \text{ v jednotkách } W \cdot m^{-2} \cdot \text{min.}$$

t_i je doba i -té expozice v minutách.

Použitými symboly byly označeny:

E_i – intenzita elektrického pole během i -té expozice v jednotkách $V \cdot m^{-1}$,

B_i – magnetická indukce během i -té expozice v jednotkách tesla (T),

S_i – hustota zářivého toku během i -té expozice v jednotkách $W \cdot m^{-2}$,

$E_{L,i}$, $B_{L,i}$, $S_{L,i}$ – referenční úrovně intenzity elektrického pole, magnetické indukce a hustoty zářivého toku pro nepřetržitou expozici uvedené v tabulkách č. 1, 2 a 3.

Pro frekvence vyšší než 10 GHz se pro hodnocení krátkodobé expozice použije doba průměrování T_{st} uvedená pod tabulkou č. 6.

Okamžité hodnoty polí a zářivých toků však nesmějí překročit mezní referenční úrovně uvedené v tabulkách č. 7, 8 a 9.

Tabulka č. 7

Mezní referenční intenzita elektrického pole E_{mez} (amplituda)			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	E [$V \cdot m^{-1}$]	frekvence f [Hz]	E [$V \cdot m^{-1}$]
10^5	915	10^5	130
$10^5 - 10^6$	$0,438 \cdot f^{0,67}$	$10^5 - 10^6$	$0,0605 \cdot f^{0,67}$
10^6	4226	10^6	603
$10^6 - 10^7$	$4,3514 \cdot 10^5 / f^{0,335}$	$10^6 - 10^7$	$56,03 \cdot f^{0,17}$
10^7	1952	10^7	896
$10^7 - 4 \cdot 10^8$	1952	$10^7 - 4 \cdot 10^8$	896
$4 \cdot 10^8$	1952	$4 \cdot 10^8$	896
$4 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^9$	$0,098 \cdot f^{1/2}$	$4 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^9$	$0,0448 \cdot f^{1/2}$
$2 \cdot 10^9$	4384	$2 \cdot 10^9$	1952
$2 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{11}$	4384	$2 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{11}$	1952

Tabulka č. 8

Mezní referenční hodnota magnetické indukce B_{mez} (amplituda)			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	B [T]	frekvence f [Hz]	B [T]
10^5	$30 \cdot 10^{-6}$	10^5	$9,375 \cdot 10^{-6}$
$10^5 - 10^6$	$1,427 \cdot 10^{-3} / f^{0,335}$	$10^5 - 10^6$	$0,1619 \cdot 10^{-3} / f^{0,247}$
10^6	$1,385 \cdot 10^{-5}$	10^6	$5,3 \cdot 10^{-6}$
$10^6 - 10^7$	$0,001427 / f^{0,335}$	$10^6 - 10^7$	$0,1619 \cdot 10^{-3} / f^{0,247}$
10^7	$6,4 \cdot 10^{-6}$	10^7	$3 \cdot 10^{-6}$
$10^7 - 4 \cdot 10^8$	$6,4 \cdot 10^{-6}$	$10^7 - 4 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{-6}$
$4 \cdot 10^8$	$6,4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^8$	$3 \cdot 10^{-6}$
$4 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^9$	$3,2 \cdot 10^{-10} f^{1/2}$	$4 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^9$	$1,5 \cdot 10^{-10} \cdot f^{1/2}$
$2 \cdot 10^9$	$14,4 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^9$	$6,4 \cdot 10^{-6}$
$2 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{11}$	$14,4 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{11}$	$6,4 \cdot 10^{-6}$

Tabulka č. 9

Mezní referenční hustota zářivého toku * S_{mez} (amplituda)			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	S [W.m ⁻²]	frekvence f [Hz]	S [W.m ⁻²]
$10^7 - 4 \cdot 10^8$	10000	$10^7 - 4 \cdot 10^8$	2000
$4 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^9$	$25 \cdot 10^{-6} f$	$4 \cdot 10^8 - 2 \cdot 10^9$	$5 \cdot 10^{-6} \cdot f$
$2 \cdot 10^9$	50000	$2 \cdot 10^9$	10000
$2 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{11}$	50000	$2 \cdot 10^9 - 3 \cdot 10^{11}$	10000

* Tato veličina je použitelná jen pro postupnou vlnu. V indukční zóně zdroje je třeba použít mezní referenční úrovně pro E a B uvedené v tabulkách č. 4 a 5.

7. Mezní referenční úrovně pro expozici polím s několika frekvencemi

Při expozici polím s více frekvencemi musí okamžité hodnoty intenzity elektrického pole E_i , magnetické indukce B_i a hustoty zářivého toku S_i splňovat pro všechna i nerovnosti

$$\sum_i E_i / E_{mez} \leq 1 \quad \text{a} \quad \sum_j B_j / B_{mez} \leq 1, \text{ případně}$$

$$\sum_i S_i / S_{mez} \leq 1.$$

E_{mez} , B_{mez} a S_{mez} jsou mezní referenční úrovně uvedené v tabulkách č. 7, 8 a 9.

8. Referenční úrovně pro efektivní hodnotu kontaktního proudu s frekvencí f , vznikajícího při dotyku fyzické osoby s elektricky vodivým předmětem, přičemž buď předmět nebo fyzická osoba se nacházejí v elektrickém poli nebo v časově proměnném magnetickém poli, jsou stanoveny v tabulce č. 10.

Tabulka č.10

Kontaktní proud I – referenční úrovně			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	proud I [A]	frekvence f [Hz]	proud I [A]
< 2500	0,001	< 2500	0,0005
2500 – 10^5	$4 \cdot 10^{-7} \cdot f$	2500 – 10^5	$2 \cdot 10^{-7} \cdot f$
$10^5 – 1,1 \cdot 10^8$	0,04	$10^5 – 1,1 \cdot 10^8$	0,02

9. Indukovaný proud

Tabulka č.11

Referenční úrovně pro indukovaný proud i^*			
Zaměstnanci		Ostatní osoby	
frekvence f [Hz]	indukovaný proud i [A]	frekvence f [Hz]	indukovaný proud i [A]
$10^7 – 1,1 \cdot 10^8$	0,1	$10^7 – 1,1 \cdot 10^8$	0,045

* proud tekoucí kteroukoli končetinou

10. Nepřesnost zjištěných hodnot, způsobená nepřesností výpočtu, přibližností teoretického modelu nebo nepřesností měření použitým přístrojem a podmínkami měření se pro srovnání s nejvyššími přípustnými hodnotami nebo s referenčními úrovněmi započte takto:

10.1 Je-li střední relativní chyba výpočtu nebo měření příslušné veličiny menší než 1 dB (tj. přibližně 25 % u výkonových veličin a 12,5 % u ostatních), pokládá se nejvyšší přípustná hodnota nebo referenční úroveň za dodrženu, je-li vypočtená nebo naměřená hodnota rovna nejvyšší přípustné hodnotě nebo referenční úrovni, nebo je-li nižší.

10.2 Je-li střední relativní chyba zjišťované veličiny větší než 1 dB, pokládá se nejvyšší přípustná hodnota nebo referenční úroveň za splněnou, je-li vypočtená nebo změřená hodnota příslušné veličiny nižší než její nejvyšší přípustná hodnota nebo referenční úroveň aspoň o tolik decibelů, o kolik decibelů přesahuje střední relativní chyba 1 dB. Stejně pravidlo platí, je-li pro zjištění, zda nejsou překročeny nejvyšší přípustné hodnoty nebo referenční úrovně, nutné použít kombinace dvou nebo více zjištěných hodnot podle vztahů uvedených v této příloze.

11. Upozornění: při dodržení stanovených referenčních úrovní nelze vyloučit ovlivnění některých elektronických zařízení implantovaných do těla, například kardiostimulátorů, protéz obsahujících feromagnetické materiály a podobně.

Příloha č. 2 k nařízení vlády č. 1/2008 Sb.

**Nejvyšší přípustné hodnoty expozice zaměstnanců a ostatních osob
ultrafialovému, viditelnému a infračervenému záření
nelaserových technologických zdrojů**

Biofyzikálně významné hodnoty expozice optickému záření je možno stanovit pomocí níže uvedených vzorců. Výběr vzorců závisí na rozsahu záření vyzářovaného zdrojem a výsledky je třeba porovnat s odpovídajícími nejvyššími přípustnými hodnotami expozice uvedenými v tabulce 1.

Označení a) až o) odkazuje na odpovídající řádky tabulky 1.

$$(a) H_{\text{eff}} = \int_0^t \int_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{eff}} \text{ platí pouze v rozsahu 180 nm až 400 nm})$$

$$(b) H_{\text{UVA}} = \int_0^t \int_{\lambda=315 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{UVA}} \text{ platí pouze v rozsahu 315 nm až 400 nm})$$

$$(c), (d) L_B(t) = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} L_{\lambda}(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (L_B \text{ platí pouze v rozsahu 300 nm až 700 nm})$$

$$(e), (f) E_B(t) = \int_{\lambda=300 \text{ nm}}^{\lambda=700 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot d\lambda \quad (E_B \text{ platí pouze v rozsahu 300 nm až 700 nm})$$

$$(g) \text{ až } (l) L_R(t) = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda, t) \cdot R(\lambda) \cdot d\lambda \quad (\text{Příslušné hodnoty } \lambda_1 \text{ a } \lambda_2 \text{ jsou uvedeny v tabulce 1})$$

$$(m), (n) E_{\text{IR}}(t) = \int_{\lambda=780 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \quad (E_{\text{IR}} \text{ platí pouze v rozsahu 780 nm až 3000 nm})$$

$$(o) H_{\text{kůžce}} = \int_0^t \int_{\lambda=380 \text{ nm}}^{\lambda=3000 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot d\lambda \cdot dt \quad (H_{\text{kůžce}} \text{ platí pouze v rozsahu 380 nm až 3000 nm})$$

Pro účely této směrnice lze výše uvedené vzorce nahradit následujícími výrazy s použitím nespojitých hodnot stanovených v následujících tabulkách:

$$(a) E_{\text{eff}}(t) = \sum_{\lambda=180 \text{ nm}}^{\lambda=400 \text{ nm}} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot S(\lambda) \cdot \Delta\lambda \quad a \quad H_{\text{eff}} = \sum_{\tau=0}^{\tau=t} E_{\text{eff}}(\tau) \cdot \Delta\tau$$

$$(b) E_{UVA}(t) = \sum_{\lambda=315nm}^{\lambda=400nm} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot \Delta\lambda$$

$$a \quad H_{UVA} = \sum_{\tau=0}^{\tau=t} E_{UVA}(\tau) \cdot \Delta\tau$$

$$(c), (d) L_B(t) = \sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} L_{\lambda}(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$(e), (f) E_B(t) = \sum_{\lambda=300nm}^{\lambda=700nm} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot B(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

$$(g) \text{ až } (l) L_R(t) = \sum_{\lambda_1}^{\lambda_2} L_{\lambda}(\lambda, t) \cdot R(\lambda) \cdot \Delta\lambda$$

(Příslušné hodnoty λ_1 a λ_2 jsou uvedeny

v tabulce 1

$$(m), (n) E_{IR}(t) = \sum_{\lambda=780nm}^{\lambda=3000nm} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot \Delta\lambda$$

$$(o) E_{kůže}(t) = \sum_{\lambda=380nm}^{\lambda=3000nm} E_{\lambda}(\lambda, t) \cdot \Delta\lambda$$

$$a \quad H_{kůže} = \sum_{\tau=0}^{\tau=t} E_{kůže}(\tau) \cdot \Delta\tau$$

Použité veličiny

$E_{\lambda}(\lambda, t)$ *spektrální hustota zářivého toku*: zářivý tok na jednotku plochy kolmou ke směru šíření a na zvolený interval vlnové délky, vyjádřený ve wattech na metr čtvereční na nanometr ($W \cdot m^{-2} \cdot nm^{-1}$),

$E_{eff}(t)$ *efektivní hustota zářivého toku v rozsahu UV*: vypočtená hustota zářivého toku v rozsahu vlnových délek ultrafialového záření 180 nm až 400 nm spektrálně vážená koeficientem $S(\lambda)$, vyjádřená ve wattech na metr čtvereční ($W \cdot m^{-2}$),

H *expozice záření*: integrál hustoty zářivého toku v čase, vyjádřený v joulech na metr čtvereční ($J \cdot m^{-2}$),

H_{eff} *efektivní expozice záření*: expozice záření spektrálně vážená koeficientem $S(\lambda)$, vyjádřená v joulech na metr čtvereční ($J \cdot m^{-2}$),

$E_{UVA}(t)$ *celková hustota zářivého toku pro UVA*: vypočtená hustota zářivého toku v rozsahu vlnových délek UVA 315 nm až 400 nm, vyjádřená ve wattech na metr čtvereční ($W \cdot m^{-2}$),

H_{UVA} *expozice záření*, integrál nebo součet hustoty zářivého toku přes čas a vlnovou délku ve vlnovém rozsahu UVA 315 nm až 400 nm, vyjádřený v joulech na metr čtvereční ($J \cdot m^{-2}$),

$S(\lambda)$ *spektrální váhový koeficient* zohledňující závislost účinků UV záření na oči a kůži na vlnové délce,

- $L_{\lambda}(\lambda, t)$ *spektrální zář zdroje*, vyjádřená ve wattech na metr čtvereční na steradián na nanometr ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1} \cdot \text{nm}^{-1}$),
- $R(\lambda)$ *spektrální váhový koeficient* zohledňující závislost tepelného poškození oka způsobeného viditelným nebo infračerveným zářením na vlnové délce,
- $L_R(t)$ *efektivní zář (tepelné poškození)*: vypočtená zář spektrálně vážená koeficientem $R(\lambda)$, vyjádřená ve wattech na metr čtvereční na steradián ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$),
- $B(\lambda)$ *spektrální váhový koeficient* zohledňující závislost fotochemického poškození oka způsobeného zářením modrého světla na vlnové délce,
- $L_B(t)$ *efektivní zář pro modré světlo*: vypočtená zář spektrálně vážená koeficientem $B(\lambda)$, vyjádřená ve wattech na metr čtvereční na steradián ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{sr}^{-1}$),
- $E_B(t)$ *efektivní hustota zářivého toku v rozsahu modrého světla*: vypočtená hustota zářivého toku v rozsahu vlnových délek ultrafialového záření 300 nm až 700 nm spektrálně vážená koeficientem $B(\lambda)$, vyjádřená ve wattech na metr čtvereční ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$),
- $E_{IR}(t)$ *celková hustota zářivého toku pro tepelné poškození*: vypočtená hustota zářivého toku v rozsahu vlnových délek infračerveného záření 780 nm až 3 000 nm, vyjádřená ve wattech na metr čtvereční ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$),
- $E_{kůže}(t)$ *celková hustota zářivého toku pro viditelné záření, záření IRA a IRB*: vypočtená hustota zářivého toku v rozsahu vlnových délek viditelného a infračerveného záření 380 nm až 3 000 nm, vyjádřená ve wattech na metr čtvereční ($\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$),
- $H_{kůže}$ *expozice záření*, integrál nebo součet hustoty zářivého toku přes čas a vlnovou délku ve vlnovém rozsahu viditelného a infračerveného záření 380 nm až 3 000 nm, vyjádřený v joulech na metr čtvereční ($\text{J} \cdot \text{m}^{-2}$),
- α *zorný úhel*: zorný úhel zdroje, skutečného nebo virtuálního, vytvářejícího nejmenší možný obraz na sítnici, viděného z určitého bodu v prostoru, vyjádřený v miliradiánech (mrad).

Tabulka č. 1 Nejvyšší přípustné hodnoty expozice pro nekoherentní optické záření

Index	Vlnová délka [nm]	Nejvyšší přípustná hodnota	Jednotky	Poznámka	Část těla	Riziko
a.	180 - 400 (UVA, UVB a UVC)	$H_{eff} = 30$ denní hodnota 8 hodin	$[\text{J} \cdot \text{m}^{-2}]$		oko rohovka spojivka čočka kůže	fotokeratitida zánět spojivek vznik očního zákalu erytém elastóza rakovina kůže
b.	315 - 400 (UVA)	$H_{UVA} = 10^4$ denní hodnota 8 hodin	$[\text{J} \cdot \text{m}^{-2}]$		oko - čočka	vznik očního zákalu

Index	Vlnová délka [nm]	Nejvyšší přípustná hodnota	Jednotky	Poznámka	Část těla	Riziko
c.	300 – 700 (modré světlo) viz poznámka 1	$L_B = \frac{10^6}{t}$ pro $t \leq 10\ 000$ s	L_B : [W.m ⁻² .sr ⁻¹] t: [s]	Pro $\alpha \geq 11$ mrad $L_{B,j}$ časově střední hodnota z $L_B(t)$	oko - sítnice	fotoretinitida, zánět sítnice vlivem intenzivního světla
d.	300 - 700 (modré světlo) viz poznámka 1	$L_B = 100$ pro $t > 10\ 000$ s	[W.m ⁻² .sr ⁻¹]			
e.	300 - 700 (modré světlo) viz poznámka 1	$E_B = \frac{100}{t}$ pro $t \leq 10\ 000$ s	E_B : [W.m ⁻²] t: [s]	pro $\alpha < 11$ mrad viz poznámka 2		
f.	300 - 700 (modré světlo) viz poznámka 1	$E_B = 0,01$ t > 10 000 s	[W.m ⁻²]	$E_{B,j}$ časově střední hodnota z $E_B(t)$		
g.	380 - 1 400 (viditelné a IRA)	$L_R = \frac{2,8 \cdot 10^7}{C_\alpha}$ Pro $t > 10$ s	[W.m ⁻² .sr ⁻¹]	$C_\alpha = 1,7$ pro $\alpha \leq 1,7$ mrad $C_\alpha = \alpha$ pro $1,7 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ pro $\alpha > 100$ mrad	oko - sítnice	popálení sítnice
h.	380 - 1 400 (viditelné a IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ Pro $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L_R : [W.m ⁻² .sr ⁻¹] t: [s]			
i.	380 - 1 400 (viditelné a IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ Pro $t < 10 \mu\text{s}$	[W.m ⁻² .sr ⁻¹]	$\lambda_1 = 380$ nm; $\lambda_2 = 1400$ nm		
j.	780 - 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{6 \cdot 10^6}{C_\alpha}$ pro $t > 10$ s	[W.m ⁻² .sr ⁻¹]	$C_\alpha = 11$ pro $\alpha \leq 11$ mrad	oko - sítnice	popálení sítnice
k.	780 - 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{5 \cdot 10^7}{C_\alpha t^{0,25}}$ pro $10 \mu\text{s} \leq t \leq 10$ s	L_R : [W.m ⁻² .sr ⁻¹] t: [s]	$C_\alpha = \alpha$ pro $11 \leq \alpha \leq 100$ mrad $C_\alpha = 100$ pro $\alpha > 100$ mrad		
l.	780 - 1 400 (IRA)	$L_R = \frac{8,89 \cdot 10^8}{C_\alpha}$ pro $t < 10 \mu\text{s}$	[W.m ⁻² .sr ⁻¹]	(zorné pole pro měření: 11 mrad) $\lambda_1 = 780$ nm; $\lambda_2 = 1\ 400$ nm $L_{R,j}$ časově střední hodnota z $L_R(t)$		
m.	780 - 3 000 (IRA a IRB)	$E_{IR} = 18\ 000 t^{-0,75}$ pro $t \leq 1\ 000$ s	E: [W.m ⁻²] t: [s]	$E_{IR,j}$ časově střední hodnota z $E_{IR}(t)$	oko - rohovka čočka	popálení rohovky vznik očního zákalu
n.	780 - 3 000 (IRA a IRB)	$E_{IR} = 100$ pro $t > 1\ 000$ s	[W.m ⁻²]			
o.	380 - 3 000 (viditelné, IRA a IRB)	$H_{kúže} = 20\ 000 t^{0,25}$ pro $t < 10$ s	H: [J.m ⁻²] t: [s]		kůže	popálení

Poznámka 1: Rozsah 300 nm až 700 nm zahrnuje část UVB, celé UVA a většinu viditelného záření; související rizika se však běžně označují jako rizika „modrého světla“, které zahrnuje rozsah přibližně 400 nm až 490 nm.

Poznámka 2: V případě pevné fixace velmi malých zdrojů se zorným úhlem < 11 mrad může být $L_B(t)$ převedeno na $E_B(t)$. To zpravidla platí pro oftalmologické přístroje nebo stabilizované oko během narkózy. Maximální doba „upřeného pohledu“ na zdroj se vypočte podle vzorce: $t_{max} = 100 / E_B(t)$, kde $E_B(t)$ je vyjádřeno ve $W m^{-2}$.

Tabulka č. 2 $S(\lambda)$ [bezrozměrný], 180 nm až 400 nm

λ [nm]	$S(\lambda)$	λ [nm]	$S(\lambda)$	λ [nm]	$S(\lambda)$	λ [nm]	$S(\lambda)$	λ [nm]	$S(\lambda)$
180	0,0120	228	0,1737	276	0,9434	324	0,000520	372	0,000086
181	0,0126	229	0,1819	277	0,9272	325	0,000500	373	0,000083
182	0,0132	230	0,1900	278	0,9112	326	0,000479	374	0,000080
183	0,0138	231	0,1995	279	0,8954	327	0,000459	375	0,000077
184	0,0144	232	0,2089	280	0,8800	328	0,000440	376	0,000074
185	0,0151	233	0,2188	281	0,8568	329	0,000425	377	0,000072
186	0,0158	234	0,2292	282	0,8342	330	0,000410	378	0,000069
187	0,0166	235	0,2400	283	0,8122	331	0,000396	379	0,000066
188	0,0173	236	0,2510	284	0,7908	332	0,000383	380	0,000064
189	0,0181	237	0,2624	285	0,7700	333	0,000370	381	0,000062
190	0,0190	238	0,2744	286	0,7420	334	0,000355	382	0,000059
191	0,0199	239	0,2869	287	0,7151	335	0,000340	383	0,000057
192	0,0208	240	0,3000	288	0,6891	336	0,000327	384	0,000055
193	0,0218	241	0,3111	289	0,6641	337	0,000315	385	0,000053
194	0,0228	242	0,3227	290	0,6400	338	0,000303	386	0,000051
195	0,0239	243	0,3347	291	0,6186	339	0,000291	387	0,000049
196	0,0250	244	0,3471	292	0,5980	340	0,000280	388	0,000047
197	0,0262	245	0,3600	293	0,5780	341	0,000271	389	0,000046
198	0,0274	246	0,3730	294	0,5587	342	0,000263	390	0,000044
199	0,0287	247	0,3865	295	0,5400	343	0,000255	391	0,000042
200	0,0300	248	0,4005	296	0,4984	344	0,000248	392	0,000041
201	0,0334	249	0,4150	297	0,4600	345	0,000240	393	0,000039
202	0,0371	250	0,4300	298	0,3989	346	0,000231	394	0,000037
203	0,0412	251	0,4465	299	0,3459	347	0,000223	395	0,000036
204	0,0459	252	0,4637	300	0,3000	348	0,000215	396	0,000035
205	0,0510	253	0,4815	301	0,2210	349	0,000207	397	0,000033
206	0,0551	254	0,5000	302	0,1629	350	0,000200	398	0,000032
207	0,0595	255	0,5200	303	0,1200	351	0,000191	399	0,000031
208	0,0643	256	0,5437	304	0,0849	352	0,000183	400	0,000030
209	0,0694	257	0,5685	305	0,0600	353	0,000175		
210	0,0750	258	0,5945	306	0,0454	354	0,000167		
211	0,0786	259	0,6216	307	0,0344	355	0,000160		
212	0,0824	260	0,6500	308	0,0260	356	0,000153		
213	0,0864	261	0,6792	309	0,0197	357	0,000147		
214	0,0906	262	0,7098	310	0,0150	358	0,000141		
215	0,0950	263	0,7417	311	0,0111	359	0,000136		
216	0,0995	264	0,7751	312	0,0081	360	0,000130		
217	0,1043	265	0,8100	313	0,0060	361	0,000126		
218	0,1093	266	0,8449	314	0,0042	362	0,000122		
219	0,1145	267	0,8812	315	0,0030	363	0,000118		
220	0,1200	268	0,9192	316	0,0024	364	0,000114		
221	0,1257	269	0,9587	317	0,0020	365	0,000110		
222	0,1316	270	1,0000	318	0,0016	366	0,000106		
223	0,1378	271	0,9919	319	0,0012	367	0,000103		
224	0,1444	272	0,9838	320	0,0010	368	0,000099		
225	0,1500	273	0,9758	321	0,000819	369	0,000096		
226	0,1583	274	0,9679	322	0,000670	370	0,000093		
227	0,1658	275	0,9600	323	0,000540	371	0,000090		

Tabulka č. 3 B (λ), R (λ) [bezrozměrný]

λ [nm]	B (λ)	R (λ)
$300 \leq \lambda < 380$	0,01	—
380	0,01	0,1
385	0,013	0,13
390	0,025	0,25
395	0,05	0,5
400	0,1	1
405	0,2	2
410	0,4	4
415	0,8	8
420	0,9	9
425	0,95	9,5
430	0,98	9,8
435	1	10
440	1	10
445	0,97	9,7
450	0,94	9,4
455	0,9	9
460	0,8	8
465	0,7	7
470	0,62	6,2
475	0,55	5,5
480	0,45	4,5
485	0,32	3,2
490	0,22	2,2
495	0,16	1,6
500	0,1	1
$500 < \lambda \leq 600$	$10^{0,02 \cdot (450 - \lambda)}$	1
$600 < \lambda \leq 700$	0,001	1
$700 < \lambda \leq 1050$	—	$10^{0,002 \cdot (700 - \lambda)}$
$1050 < \lambda \leq 1150$	—	0,2
$1150 < \lambda \leq 1200$	—	$0,2 \cdot 10^{0,02 \cdot (1150 - \lambda)}$
$1200 < \lambda \leq 1400$	—	0,02

Nejvyšší přípustné hodnoty záření laserů

1. Nejvyšší přípustné hodnoty expozice záření laserů

Nejvyšší přípustné hodnoty expozice záření laserů pro přímý pohled do svazku nebo do svazku zrcadlově odraženého jsou upraveny v tabulce č. 1, pro pohled na difúzní rozptylující plochu ozářenou laserem v tabulce č. 2. Tabulka č. 3 upravuje nejvyšší přípustné hodnoty hustot zářivého toku, případně hustot zářivé energie pro působení laserového záření na kůži. Korekční faktory C_1 až C_5 a kritické doby T_1 a T_2 použité v tabulkách č. 1 až 3 jsou vyjádřeny vzorci v tabulkách č. 4 a 5. Kritické doby T_1 a T_2 určují, podle kterého vztahu je třeba přípustnou hodnotu záření stanovit.

2. Korekce pro opakovanou expozici

Každé ze tří následujících pravidel se použije pro všechny expozice vyskytující se u opakovaně pulzujících nebo skenujících laserových systémů.

2.1. Expozice kterémukoli jednotlivému pulsu ve sledu pulsů nesmí překročit nejvyšší přípustnou hodnotu expozice pro jeden pulz s dobou trvání uvedeného pulsu.

2.2. Expozice kterékoli skupině pulsů (nebo podskupině pulsů ve sledu) o době T nesmí překročit nejvyšší přípustnou hodnotu expozice pro čas t .

2.3. Expozice kterémukoli jednotlivému pulsu v rámci skupiny pulsů nesmí překročit nejvyšší přípustnou hodnotu expozice pro jeden pulz násobenou faktorem kumulativní tepelné korekce $C_p = N^{-0,25}$, kde N se rovná počtu pulsů. Toto pravidlo platí pouze pro nejvyšší přípustné hodnoty expozice na ochranu před tepelným poškozením, kde se všechny pulsy vyzářené za dobu kratší než T_{\min} považují za jeden pulz. Hodnota T_{\min} je definována v tabulce č. 7.

3. Svazek záření laseru, který je z úrovně oka pozorovatele viděn pod úhlem větším, než je úhel α_{\min} vyjádřený vzorcem v tabulce č. 6, se pokládá za záření plošného zdroje. Nejvyšší přípustné hodnoty záření takového zdroje jsou dány přípustnými hodnotami uvedenými v tabulkách č. 1 až 3, které se dále korigují násobením bezrozměrným faktorem C_E :

$$C_E = \alpha / \alpha_{\min} \text{ pro } \alpha_{\min} < \alpha \leq 0,1 \text{ rad}$$

$$C_E = \alpha^2 / (\alpha_{\min} \cdot \alpha_{\max}) \text{ pro } \alpha > \alpha_{\max}; \alpha_{\max} = 0,1 \text{ rad};$$

α je v radiánech

Tabulka č. 1 Nejvyšší přípustná hodnota expozice při přímém působení laserového záření na rohovku oka (přímý pohled do svazku)

Doba expozice t [s]	$< 10^{-9}$	10^{-9} až 10^{-7}	10^{-7} až $1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ až $5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$ až 10	10 až 10^3	10^3 až 10^4	10^4 až $3 \cdot 10^4$	
Vlnová délka λ [nm]	30 J.m ⁻²								
180 až 302,5	30 J.m ⁻²								
302,5 až 315	$3 \cdot 10^{10}$ W.m ⁻²	$C_1 \text{ J.m}^{-2}$	$C_2 \text{ J.m}^{-2}$		$t \geq T_1$	$C_2 \text{ J.m}^{-2}$			
315 až 400		$C_1 \text{ J.m}^{-2}$						10^4 J.m^{-2}	10 W.m^{-2}
400 až 550				$18 \cdot t^{0,75} \text{ J.m}^{-2}$	100 J.m^{-2}	10^2 J.m^{-2}	10^2 W.m^{-2}		
550 až 700	$5 \cdot 10^6 \text{ W.m}^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3} \text{ J.m}^{-2}$		$18 \cdot t^{0,75} \text{ J.m}^{-2}$	$10^2 \cdot C_3$	J.m^{-2}	$10^2 \cdot C_3$	W.m^{-2}	
				$t < T_2$					
700 až 1050	$5 \cdot 10^6 \cdot C_4$ W.m ⁻²	$5 \cdot 10^{-3} \cdot C_4 \text{ J.m}^{-2}$		$18 \cdot C_4 \cdot t^{0,75} \text{ J.m}^{-2}$				$3,2 \cdot C_4 \text{ W.m}^{-2}$	
1050 až 1400	$5 \cdot 10^7 \text{ W.m}^{-2}$	$5 \cdot 10^{-2} \text{ J.m}^{-2}$		$90 \cdot t^{0,75} \text{ J.m}^{-2}$				16 W.m^{-2}	
1400 až 10 ⁶	10^{11} W.m^{-2}	100 J.m^{-2}	$5600 \cdot t^{0,25} \text{ J.m}^{-2}$					1000 W.m^{-2}	

Tabulka č. 2 - Nejvyšší přípustné ozáření rohovky oka při pozorování plošného laserového zdroje nebo laserového svazku po difúzním odrazu

Doba expozice t [s]	$< 10^{-9}$	10^{-9} až 10^{-7}	10^{-7} až 10	10 až 10^3	10^3 až 10^4	10^4 až $3 \cdot 10^4$
Vlnová délka λ [nm]	$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					
200 až 302,5	$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$					
302,5 až 315	$3 \cdot 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ $t > T_1$	$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$		
315 až 400		$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$ $t \leq T_1$		$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$		$10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
400 až 550		$10^3 \cdot t^{0,33} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$		$2,1 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$		$21 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
550 až 700	$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$			$2,1 \cdot C_3 \cdot 10^5 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$ $t > T_2$		$21 \cdot C_3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
700 až 1050	$10^{11} \cdot C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$10^5 \cdot C_4 \cdot t^{0,33} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$		$3,8 \cdot 10^4 \cdot C_4 t^{0,75} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$		$6,4 \cdot 10^3 \cdot C_4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
1050 až 1400	$5 \cdot 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$	$5 \cdot 10^5 \cdot t^{0,33} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$		$1,9 \cdot 10^5 \cdot t^{0,75} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$		$3,2 \cdot 10^4 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{sr}^{-1}$
1400 až 10^6	$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 \cdot t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$		

Tabulka č. 3 - Nejvyšší přípustné ozáření při expozici laserového záření na kůži

Vlnová délka λ [nm]	Doba expozice t [s]	$< 10^{-9}$	10^{-9} až 10^{-7}	10^{-7} až 10	10 až 10^3	10^3 až $3 \cdot 10^4$
200 až 302,5				$30 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$		
302,5 až 315	$3 \cdot 10^{10} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$t < T_1$	$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$t > T_1$	$C_2 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$C_2 \cdot 10^{-3} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
315 až 400			$C_1 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$		$10^4 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$
400 až 1400	$2 \cdot 10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$200 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$11 \cdot 10^3 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$		$2000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	
1400 až 10^6	$10^{11} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	$100 \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$	$5600 t^{0,25} \text{ J} \cdot \text{m}^{-2}$		$1000 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$	

Tabulka č. 4

Parametr	Vlnová délka λ [nm]	
	od	do
$C_1 = 5,6 \cdot 10^3 \cdot t^{0,25}$	302,5	400
$T_1 = 10^{0,8(\lambda - 295)} \cdot 10^{-15} \text{ s}$	302,5	315
$C_2 = 10^{0,2(\lambda - 295)}$	302,5	315
$T_2 = 10 \cdot 10^{0,02(\lambda - 550)} \text{ s}$	550	700
$C_3 = 10^{0,015(\lambda - 550)}$	550	700
$C_4 = 10^{(\lambda - 700) / 500}$	700	1050

Tabulka č. 5

Parametr	Opakovací frekvence impulzů N
$C_5 = N^{-0,5}$	$N = 1 \text{ s}^{-1}$ až 278 s^{-1}
$C_5 = 0,06$	$N > 278 \text{ s}^{-1}$

Tabulka č. 6

Parametr	Doba expozice t [s]
$\alpha_{\min} = 8,5 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$	$t < 10^{-9}$
$\alpha_{\min} = 0,25 \cdot 10^{-3} \cdot t^{-0,17} \text{ rad}$	$10^{-9} \leq t < 18 \cdot 10^{-6}$
$\alpha_{\min} = 15 \cdot 10^{-3} \cdot t^{0,21} \text{ rad}$	$18 \cdot 10^{-6} \leq t < 10$
$\alpha_{\min} = 24,3 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$	$t \geq 10$

Poznámka: pro $\lambda > 1050 \text{ nm}$ a $t < 50 \cdot 10^{-6} \text{ s}$ je nutné korigovat vztah pro α_{\min} násobením faktorem 1,4 a použít tedy vzorec $\alpha_{\min} = 0,25 \cdot 1,4 \cdot 10^{-3} \cdot t^{-0,17} \text{ rad}$.

Tabulka č. 7

Spektrální rozsah [nm]	T_{\min} [s]
$315 < \lambda \leq 400$	10^{-9}
$400 < \lambda \leq 1\,050$	$18 \cdot 10^{-6}$
$1\,050 < \lambda \leq 1\,400$	$50 \cdot 10^{-6}$
$1\,400 < \lambda \leq 1\,500$	10^{-3}
$1\,500 < \lambda \leq 1\,800$	10
$1\,800 < \lambda \leq 2\,600$	10^{-3}
$2\,600 < \lambda \leq 10^6$	10^{-7}

Tabulka č. 8 Limity přístupné emise pro laserová zařízení třídy I

Délka vyzá- řování t [s]	10^{-9} až 10^{-7}	10^{-7} až 10^{-6}	10^{-6} až $1,8 \cdot 10^{-5}$	$1,8 \cdot 10^{-5}$ až $5 \cdot 10^{-5}$	$5 \cdot 10^{-5}$ až 10	10 až 10^3	10^3 až 10^4	10^4 až $3 \cdot 10^4$
Vlnová délka λ [nm]	$2,4 \cdot 10^{-5}$ J							
180 až 302,5	$7,9 \cdot 10^{-7} C_2 J$ $t > T_1$							
302,5 až 315	$2,4 \cdot 10^4$ W							
315 až 400	$7,9 \cdot 10^{-7} C_1 J$ $t < T_1$							
400 až 550	$2 \cdot 10^{-7}$ J	$2 \cdot 10^{-7}$ J	$7,9 \cdot 10^{-7} C_1 J$	$7 \cdot 10^{-4} t^{0,75}$ J	$7,9 \cdot 10^{-3}$ J	$3,9 \cdot 10^{-3}$ $2,1 \cdot 10^5 J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$3,9 \cdot 10^{-3}$ $21 W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$7,9 \cdot 10^{-6}$ W $3,9 \cdot 10^{-7}$ W
550 až 700	200 W	$2 \cdot 10^{-7}$ J	$7 \cdot 10^{-4} t^{0,75} J (t < T_2)$	$7 \cdot 10^{-4} t^{0,75} J (t < T_2)$	$3,9 \cdot 10^3 C_3 J (t > T_2)$	$3,9 \cdot 10^3 C_3 J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} (t > T_2)$	$3,9 \cdot 10^3 C_3 J (t > T_2)$	$3,9 \cdot 10^{-7} C_3 W$
700 až 1050	$10^{11} W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$10^5 t^{0,33} J \cdot m^2 \cdot sr^{-1}$	$10^5 t^{0,33} J \cdot m^2 \cdot sr^{-1}$	$7 \cdot 10^{-4} t^{0,75} J (t < T_2)$	$3,9 \cdot 10^4 t^{0,75} J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} (t < T_2)$	$3,9 \cdot 10^5 C_3 J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1} (t > T_2)$	$1,2 \cdot 10^{-4} C_4 W$	$21 C_3 W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
1050 až 1400	200 $C_4 W$ $10^{11} C_4$ $W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$2 \cdot 10^{-7} C_4 J$	$10^5 t^{0,33} C_4 J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$7 \cdot 10^{-4} t^{0,75} C_4 J$	$3,9 \cdot 10^4 t^{0,75} C_4 J$	$3,9 \cdot 10^5 t^{0,75} C_4 J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$6,4 \cdot 10^3 C_4 W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$21 C_3 W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$
1400 až 1530	$2 \cdot 10^3 W$	$2 \cdot 10^{-6} J$	$5 \cdot 10^5 t^{0,33} J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$3,5 \cdot 10^{-3} t^{0,75} J$	$6 \cdot 10^{-4} W$	$6 \cdot 10^{-4} W$	$6 \cdot 10^{-4} W$	$6 \cdot 10^{-4} W$
1530 až 1550	$5 \cdot 10^{11} W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$8 \cdot 10^{-5} J$	$4,4 \cdot 10^{-3} t^{0,25} J$	$1,9 \cdot 10^5 t^{0,75} J \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$8 \cdot 10^{-3} J$	$3,2 \cdot 10^4 W \cdot m^{-2} \cdot sr^{-1}$	$8 \cdot 10^{-4} W$	$8 \cdot 10^{-4} W$
1550 až 10^5	$8 \cdot 10^{-5} J$	$8 \cdot 10^{-5} J$	$4,4 \cdot 10^{-3} t^{0,25} J$	$4,4 \cdot 10^{-3} t^{0,25} J$	$8 \cdot 10^{-5} J$	$8 \cdot 10^{-5} J$	$8 \cdot 10^{-4} W$	$8 \cdot 10^{-4} W$
10^5 až 10^6	$10^7 W$	$10^{-2} J$	$0,56 t^{0,25} J$	$0,56 t^{0,25} J$	$10^{-2} J$	$0,1 W$	$0,1 W$	$0,1 W$

Tabulka č. 9 Limity přístupné emise pro laserová zařízení třídy II

Vlnová délka λ [nm]	Délka vyzařování t [s]	Limit přístupné emise
400 až 700	$t < 0,25$	stejně jako pro třídu I
	$t \geq 0,25$	10^{-3} W

Tabulka č. 11 Limity přístupné emise pro laserová zařízení třídy IIIb

Délka vyzařování t [s] Vlnová délka [nm]	$< 10^{-9}$	10^{-9} až 0,25	0,25 až $3 \cdot 10^4$
180 až 302,5	$3,8 \cdot 10^5$ W	$3,8 \cdot 10^{-4}$ J	$1,5 \cdot 10^{-3}$ W
302,5 až 315	$1,25 \cdot 10^4 C_2$ W	$1,25 \cdot 10^{-5} C_2$ J	$5 \cdot 10^{-5} C_2$ W
315 až 400	$1,25 \cdot 10^8$ W	0,125 J	0,5 W
400 až 700	$3,14 \cdot 10^{11}$ W.m ⁻²	$3,14 \cdot 10^5 t^{0,33}$ J.m ⁻² a $< 10^3$ J.m ⁻²	0,5 W
700 až 1050	$3,14 \cdot 10^{11} C_4$ W.m ⁻²	$3,14 \cdot 10^5 C_4 t^{0,33}$ J.m ⁻² a $< 10^5$ J.m ⁻²	0,5 W
1050 až 1400	$1,57 \cdot 10^{12}$ W.m ⁻²	$1,57 \cdot 10^6 t^{0,33}$ J.m ⁻² a $< 10^5$ J.m ⁻²	0,5 W
1400 až 10^6	10^{14} W.m ⁻²	10^5 J.m ⁻²	0,5 W