

INFORMACE NRL č. 9/2001
K nařízení vlády č. 480/2000 Sb.

1. Obecné poznámky

Od 1. ledna 2001 nabylo účinnosti nařízení vlády ze dne 22. listopadu č. 480/2000 Sb., o ochraně zdraví před neionizujícím zářením. (Sbírka zákonů, Česká republika, částka 139, str. 7582-7621.) Nařízení stanoví hygienické limity pro elektrická a magnetická pole a elektromagnetická záření s frekvencí od 0 Hz do $1,7 \cdot 10^{15}$ Hz, tedy od statických elektrických a magnetických polí až po krátkovlnný kraj ultrafialového záření. Základní údaje o směrnici ICNIRP, jejíž přípustné a referenční hodnoty nařízení vlády převzalo, jsme uvedli v informaci NRL č. 1/1999, kde jsme je současně srovnali i s poněkud starší evropskou přednormou ENV 50166/1995 vypracovanou organizací CENELEC.

V intervalu optických frekvencí (od 300 GHz do 1,7 PHz) zůstaly přípustné hodnoty stanovené v nařízení vlády č. 480/2000 Sb. pro laserové záření prakticky stejné, jaké byly ve směrnici ministerstva zdravotnictví č. 61 o hygienických zásadách pro práce s lasery (Hygienické předpisy svazek 53/1982). Nově obsahuje tato část vládního nařízení limity i pro nelaserové optické technologické zdroje. Ani ty se neliší od hodnot používaných k hygienickému hodnocení v ČR již dříve (v praxi hygienických stanic se v těchto případech vycházelo z přípustných hodnot doporučených ACGIH - American Conference of Governmental Industrial Hygienics - a ICNIRP).

V této informaci NRL č. 8 si všímáme podrobněji intervalu frekvencí od 0 Hz do 300 GHz, kde se nařízení vlády č. 480/2000 Sb. podstatně liší od dříve platné vyhlášky č. 408/90 Sb.

2. Interval frekvencí od 10 GHz do 300 GHz (vlnové délky od 3 cm do 1 mm)

V tomto frekvenčním intervalu (používají ho například mikrovlnné spoje základnových stanic, vysílače pro přenos dat a radarové vysílače) jsou nejvyšší přípustné hodnoty stanoveny pro hustotu zářivého toku (výkonovou hustotu), tedy pro veličinu použitou pro tento frekvenční interval i ve vyhlášce č. 408/90 Sb. Ta stanovila přípustné hodnoty dokonce i pro frekvence 300 GHz až 1 THz, které však podle přijaté konvence patří již do oblasti infračerveného záření. Podle nařízení vlády č. 480/2000 Sb. je nejvyšší přípustná hustota zářivého toku pro frekvenční interval od 10 GHz do 300 GHz nezávislá na frekvenci a pro dobu expozice delší než je doba středování je konstantní a rovná 50 W/m^2 pro zaměstnance a 10 W/m^2 pro ostatní osoby. Doba středování pro tento frekvenční interval s rostoucí frekvencí klesá. Podle vyhlášky č. 408/90 Sb. přípustná hodnota pro výkonovou hustotu klesala počínaje dobou expozice rovnou několika desítkám minut nepřímo úměrně době expozice v jednom dni (počítané v týdenním průměru) a pro trvalý pobyt obyvatelstva klesla v tomto frekvenčním pásmu na pět setin wattu na čtverečný metr. Trvalý pokles přípustné výkonové hustoty s rostoucí dobou expozice souvisel u vyhlášky č. 408/90 Sb. s tím, že expozice se stejně jako u ionizujícího záření posuzovala podle dávky (mW.h/cm^2). Taková koncepce předpokládá kumulativní (dlouhodobé) účinky expozice slabým elektrickým a magnetickým polím, které nebyly nikdy prokázány.

3. Interval frekvencí od 10 MHz do 10 GHz (vlnové délky od 30 m do 3 cm)

Do tohoto frekvenčního intervalu patří například vysílače základnových stanic pro mobilní telefony, mobilní telefony, vysílače televize, vysílače rozhlasu VKV/FM. Frekvence z tohoto

intervalu používá také řada zařízení, která nejsou určena k vysílání, mohou však vyzařovat do okolního prostoru elektromagnetická pole. Příkladem jsou zařízení pro vysokofrekvenční ohřev, pro sváření plastů, mikrovlnné trouby atd. Nejvyšší přípustné hodnoty jsou pro tento interval frekvencí v nařízení vlády č. 480/2000 Sb. stanoveny pro měrný výkon absorbovaný v tkáni těla (SAR) exponované osoby a nikoli pro veličiny charakterizující intenzitu elektrického pole, magnetickou indukci a hustotu zářivého toku. Nejvyšší měrný absorbovaný výkon přepočtený na celé tělo exponované osoby (0,4 W/kg pro zaměstnance a 0,08 W/kg pro ostatní osoby) nesmí být překročen v žádném šestiminutovém intervalu. Expozice libovolně delší než 6 minut se pokládá za expozici dlouhodobou a přípustná hodnota pro ni zůstává stejná jako pro šestiminutovou expozici. Slova “v žádném šestiminutovém intervalu” znamenají, že během celé doby expozice se nesmí vyskytnout ani jediný šestiminutový interval, v kterém by byla průměrná hodnota měrného výkonu, absorbovaného v těle, větší než stanovená nejvyšší přípustná hodnota. Je-li tedy měrný absorbovaný výkon v části šestiminutového intervalu vyšší, než uvedená hodnota, musí být v jiné části téhož intervalu nižší, nemá-li být překročena stanovená nejvyšší přípustná hodnota. Při expozici kratší než 6 minut se tedy přípustný měrný absorbovaný výkon zvyšuje, při extrémně krátké expozici však je omezen nejvyšší přípustnou hodnotou plošné hustoty energie dopadnuvšího záření (viz tabulku č. 2 přílohy č. 1 citovaného nařízení vlády). Je-li polí vystavena jen malá část těla, jsou nejvyšší přípustné hodnoty měrného absorbovaného výkonu pětadvacetinásobkem, pro kotníky a ruce dokonce padesátinásobkem hodnot pro expozici celého těla. Hodnotí se v tom případě měrný výkon absorbovaný v kterýchkoli deseti gramech exponované tkáně. Měrný absorbovaný výkon přepočtený na celé tělo nesmí ani v tomto případě překročit hodnotu stanovenou pro celé tělo. Lokální měrný absorbovaný výkon je rozhodující veličinou například při posuzování mobilních telefonů.

Volba šestiminutového časového intervalu pro výpočet časového průměru (středování), který se srovnává s nejvyšší přípustnou hodnotou, souvisí s rychlostí, s jakou se ustavuje nová teplota těla po začátku expozice osoby polí s intenzitou, která pak zůstává konstantní. Experimentováním s živými osobami se zjistilo, že přibližně po šesti minutách se teplota těla zvýšená přívodem energie od elektromagnetického pole již prakticky nemění. Při expozici kratší než šest minut se asymptotického zvýšení teploty nedosáhne a přípustná hodnota měrného absorbovaného výkonu je proto vyšší. Nejvyšší přípustný měrný absorbovaný výkon byl pro zaměstnance stanoven rovným jedné desetíně měrného absorbovaného výkonu, který tělo ohřeje o jeden stupeň celsia, pro ostatní osoby pak rovným jedné padesátině měrného absorbovaného výkonu, který tělo ohřeje o jeden stupeň celsia.

Měrný absorbovaný výkon v živé tkáni není přímo měřitelný, přesto je v mnoha případech dobře použitelný i v praxi. Kromě toho umožňuje posuzovat vliv vysokofrekvenčního elektromagnetického pole jednotně a nezávisle na technickém pokroku. Někdy je hodnocení expozice podle měrného absorbovaného výkonu dokonce jediné možné. Příkladem je mobilní telefon: při přiložení vysílajícího přístroje k uchu je nesporně překročena *referenční úroveň* pro intenzitu elektrického pole i pro hustotu zářivého toku, nejvyšší přípustná hodnota pro *lokální* měrný absorbovaný výkon (2 W/kg pro “ostatní osoby”, tj. pro obyvatelstvo), však *u testovaných přístrojů překročena není*.

Hodnocení expozice podle referenčních hodnot může vést k zbytečně přísným požadavkům, je-li exponovaná osoba v reaktivní zóně, tedy ve vzdálenosti od zdroje menší než polovina vlnové délky a – v případě, že rozměry antény jsou větší než vlnová délka – je-li blíže než $D^2/(4\lambda)$, kde D je největší rozměr antény a λ vlnová délka.

4. Frekvenční interval od 100 kHz až 10 MHz (vlnové délky 3 km až 30 m)

V tomto frekvenčním intervalu je pro zhodnocení expozice nutné posuzovat současně tepelné i netepelné účinky elektromagnetického pole. Pro *tepelné působení* platí i v tomto intervalu frekvencí stejná nejvyšší přípustná hodnota pro měrný absorbovaný výkon s dobou středování rovnou 6 minutám. *Netepelné působení* spočívá v dráždění tkáně (především nervových buněk) elektrickými proudy indukovanými v tkáni těla elektrickým nebo magnetickým polem a doba středování stanovená pro tento vliv je jedna sekunda. Tato dvě působení se hodnotí odděleně. Rozměry antény (nebo jiného zdroje) jsou při těchto frekvencích nejčastěji menší než vlnová délka. Zjištění intenzity elektrického pole a magnetické indukce a jejich srovnání s referenčními hodnotami s použitím vztahů uvedených v příloze č. 3 nařízení vlády je v těchto případech často jediným přístupným způsobem hodnocení expozice. Je-li pole silně nehomogenní (příkladem je magnetické a elektrické pole u stěn počítačových monitorů s vakuovou obrazovkou), je možné srovnávat s referenčními hodnotami průměrné hodnoty elektrického nebo magnetického pole *neporušeného přítomností osoby nebo osob v místě, kde by při expozici byla příslušná část těla. U netepelného působení se prostorové středování provádí především pro hlavu, šíjí a tu část trupu, kde je mícha, u tepelného působení se při středování postupuje obdobně jako u měrného absorbovaného výkonu. Na rozdíl od měrného absorbovaného výkonu a hustoty indukovaných proudů v těle se referenční hodnoty vztahují na vnější elektrická nebo magnetická pole a nejsou-li překročeny, nepřekročí jimi vyvolaná proudová hustota a ohřívání tkáně v těle exponované osoby nejvyšší přípustné hodnoty. V exponované tkáni má elektrické pole mnohem nižší intenzitu než elektrické pole nezatížené přítomností absorbující tkáně.*

Hodnocení s uvažováním obou mechanismů působení elektrického a magnetického pole na biologickou tkáň může být v některých případech složité. Přesný výpočet nebo měření jsou ovšem nutné jen tehdy, nezaručuje-li výsledek méně přesného výpočtu nebo měření, že v dané expoziční situaci nemohou být referenční hodnoty překročeny.

5. Interval frekvencí 0 Hz až 100 kHz

Vyhláška 408/90 Sb. zahrnovala frekvence od 60 kHz výš, takže pro větší část intervalu od 0 Hz do 100 kHz neměla před 1. lednem 2001 Česká republika závazný hygienický předpis. V tomto intervalu se hodnotí *jen netepelné působení, tedy hustota proudu indukovaného v různých částech těla elektrickým a magnetickým polem. Na rozdíl od tepelného působení, u kterého nejvyšší přípustná hodnota (měrný absorbovaný výkon) nezávisí na frekvenci, nejvyšší přípustná proudová hustota je na frekvenci silně závislá a má nejnižší hodnotu pro interval od 4 Hz do 1000 Hz. Pak s rostoucí frekvencí velmi rychle roste. Protože proud indukovaný elektrickým a magnetickým polem v těle je při jinak stejných podmínkách úměrný frekvenci, klesá pro nejnižší frekvence, počítaje v to okolí frekvence 50 Hz, referenční hodnota pro elektrické a magnetické pole velmi strmě až do frekvence blízké 1000 Hz, za kterou následuje poměrně široká oblast s konstantní referenční hodnotou. Ukončení poklesu referenčních hodnot s rostoucí frekvencí souvisí s tím, že při frekvenci vyšší než 1000 Hz mají proudy v těle slabší fyziologický účinek a nejvyšší přípustná hodnota pro proudovou hustotu proto s frekvencí roste. U frekvencí vyšších než 10 MHz se uplatňuje již jen tepelné působení.*

Doba středování je pro frekvenci mezi 1000 Hz a 100 kHz rovná jedné sekundě, při frekvenci nižší než 1000 Hz není středování přípustné. Toto pravidlo souvisí s charakterem působení nízkofrekvenčního elektrického proudu v těle, které spočívá v dráždění tkáně a má tedy téměř okamžitý účinek – na rozdíl od tepelného působení, které zvyšuje teplotu tělesné tkáně

poměrně pomalu. Nejvyšší přípustná hodnota proudové hustoty pro zaměstnance je stejná ve směrnici ICNIRP i v přednormě ENV 50166/65 CENELEC, pro obyvatelstvo (“ostatní osoby”) volil však ICNIRP hodnotu nižší (viz “Informaci NRL č. 1/1999”). Referenční hodnoty pro zaměstnance i pro obyvatelstvo stanovil ICNIRP v obou případech nižší než CENELEC s odůvodněním, že nejsou k dispozici dostatečné vědecké poznatky o dlouhodobém působení nízkofrekvenčních proudů v těle. Pro expozici trvající jen malou část dne bylo proto možné pro “ostatní osoby” referenční hodnoty zvýšit.

U pole s časovým průběhem silně odlišným od sinusového může být v tomto frekvenčním intervalu hodnocení expozice podle nejvyšších přípustných hodnot i podle referenčních hodnot obtížné. Konkrétní příklad je v “Informaci NRL č. 7”, kde se postupovalo podle směrnice ICNIRP (nařízení vlády č. 480/2000 Sb. tehdy ještě neexistovalo). Měřilo se sondou, která byla v dotyku se stěnou monitoru, čímž byla vytvořena rezerva v tom smyslu, že nebyl použit průměr přes prostor, kde se při expozici může nacházet exponovaná část těla. Nehomogenita pole v blízkosti stěn monitoru umožnila pak při hodnocení *tepelného* působení brát v úvahu jen *lokální* měrný absorbovaný výkon a ignorovat pokles referenční hodnoty pro magnetickou indukci u vyšších frekvencí, který zohledňuje již jen tepelné působení pole.

Silně nesinusový průběh magnetického pole se vyskytuje mimo jiné u zařízení pro magnetoterapii a u některých rámců na odhalování pronášených kovových předmětů. Avšak i v domácnostech a u spotřebičů zatěžujících energetickou síť krátkodobým odběrem proudu uvnitř jedné periody nebo zkreslujících nelineárně průběh proudu při magnetování součástí se železem (transformátorů, tlumivek) se může průběh elektrického proudu a tím pádem i magnetického pole, které generuje, značně lišit od sinusového. Všude, kde není jisté, že průběh měřeného pole je sinusový nebo aspoň sinusovému blízký, je proto žádoucí použít k hodnocení osciloskopický záznam nebo aspoň zařízení, které indikuje ve spektru měřeného signálu přítomnost vyšších harmonických složek.

6. K výpočtům a k měření

Referenční hodnoty pro vysokofrekvenční elektromagnetická pole stanovené v nařízení vlády č. 480/2000 Sb. jsou o jeden až o dva řády vyšší (ve výkonových jednotkách) než nejvyšší přípustné hodnoty, jak je stanovila vyhláška č. 408/90 Sb. *pro trvalý pobyt obyvatelstva a pro pobyt pracovníka v osmihodinové směně. (V “Informaci NRL č. 1” je tento rozdíl dobře patrný z obr. č. 5 a č. 6.) Z toho ihned vyplývá závěr, že “elektromagnetické pozadí”, jehož započtení se zpravidla požadovalo ve výpočtech pro “hygienické zprávy” o základnových stanicích pro mobilní telefony a požadovalo se jeho měření, bude nyní významné jen ve zcela výjimečných situacích. Při vyzařovaných vysokofrekvenčních výkonech nepřekračujících několik desítek wattů se omezení pobytu v blízkosti antény týká vzdáleností nepřekračujících i pro “ostatní osoby” několik metrů v ose maxima vyzařování. Také při umístování dvou základnových stanic na téže střeše nebo jejich dvou antén mířících do stejného směru nepřekročí rozměr oblasti s omezením vstupu pro “ostatní osoby” čtyři až pět metrů ve směru maxima vyzařování (přibližně vodorovně před anténami). Překračování referenčních hodnot pro “ostatní osoby” v bytech domů na druhé straně úzké ulice nebo pod střechou s anténami základnové stanice nepřichází v úvahu vůbec.*

Nařízení vlády č. 480/2000 Sb. připouští při zjišťování, zda nejsou při provozu zdroje neionizujícího záření překračovány nejvyšší přípustné hodnoty pro expozici osob, výpočet. Nepožaduje tedy striktně měření. Na bezpodmínečný požadavek měření, který vyplýval z § 5 odst. (2) písm. a) nyní již neplatné vyhlášky č. 408/90 Sb., “hřešili” mnozí autoři

“hygienických zpráv”. V jejich závěru zpravidla zdůraznili, že výpočet je přibližný a přítomnost případného “pozadí” se nebere v úvahu, takže výsledek je nutné ověřit měřením. Nepřesnost vlastního výpočtu (střední chybu nebo nejistotu) autoři “hygienických zpráv” zpravidla neuváděli vůbec. Výpočet, který by měl stačit bez měření k posouzení plnění požadavků nařízení vlády č. 480/2000 Sb., by ovšem musil být srozumitelný s jasně deklarovanými vstupními hodnotami, s jednoznačným závěrem s vymezením případných požadavků nutných ke splnění přípustných hodnot, s určením chyby výpočtu a s jejím srovnáním s přípustnou nepřesností stanovenou v odstavci 9 přílohy č. 3 citovaného nařízení vlády.

Je pravděpodobné, že i tehdy, kdy orgány státní správy nebudou požadovat měření, provozovatel zdroje neionizujícího záření bude sám pokládat za vhodné takové měření zajistit a mít pro případné budoucí spory k dispozici příslušný protokol. K vyhodnocení měření bude v tom případě nutné znát frekvenci zdroje (u základnových stanic například rozlišovat, zda se používá frekvence z pásma 900 MHz nebo z pásma 1800 MHz), protože referenční hodnoty závisejí v některých intervalech na frekvenci.

Velmi vážná potíž nastává při měření intenzity pole u vysílačů, které nevyzařují stále stejný vysokofrekvenční výkon. To právě je typické pro vysílače základnových stanic obsluhujících mobilní telefony, u kterých měření v době slabého provozu může vést k výsledkům i řádově nižším, než měření při plném vytížení stanice. Protože posuzovat je nutné výkon vyzařovaný během *kterýchkoli šesti minut*, tedy výkon, jehož průměr v intervalu kterýchkoli šesti minut byl za celou dobu provozu nejvyšší, může vést výsledek měření bez znalosti vytížení stanice v okamžiku měření ke značnému podhodnocení skutečné expoziční situace. Měření s “pamatováním maxim”, které umožňují některé spektrální analyzátoři, může naopak dávat průměrné hodnoty pro intenzitu elektromagnetického pole podstatně vyšší, než jsou skutečné, protože vysílače základnových stanic mění během krátkých časových intervalů automaticky frekvenci a v režimu pamatování maxim se pak jediný vysílač postupně registruje jako větší počet vysílačů pracujících na různých frekvencích. Protože je téměř nemožné zjistit, zda ta která anténa základnové stanice je v době měření napájena nejvyšším dosažitelným výkonem, je v tomto případě patrně nejspolehlivější zjistit maximální vysokofrekvenční výkon, který může být v posuzované stanici přiveden k jednotlivým anténám, a situaci pak posoudit výpočtem.

7. Poznámka k mezním referenčním hodnotám

Pro pole s frekvencí vyšší než 100 kHz zavádí nařízení vlády kromě referenčních hodnot pro trvalou expozici (delší než doba středování, tedy než šest minut pro frekvence od 100 kHz do 10 GHz a příslušně méně pro vyšší frekvence) ještě mezní referenční hodnoty pro krátkodobou expozici. Omezují hodnotu intenzity elektrického pole, magnetické indukce a hustoty zářivého toku při velmi krátké expozici (například při expozici krátkému vysokofrekvenčnímu impulsu).

Zpracovali: Luděk Pekárek