

Základní principy radiační ochrany

národní legislativa:

zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření

vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně

mezinárodní doporučení: ICRP 60/1990 a BASIC SAFETY STANDARDS for protection against ionizing radiation and for the safety of radiation sources, Series No. 115, IAEA1994.

V souvislosti s ozářením rozdělujeme (lidské) činnosti na:

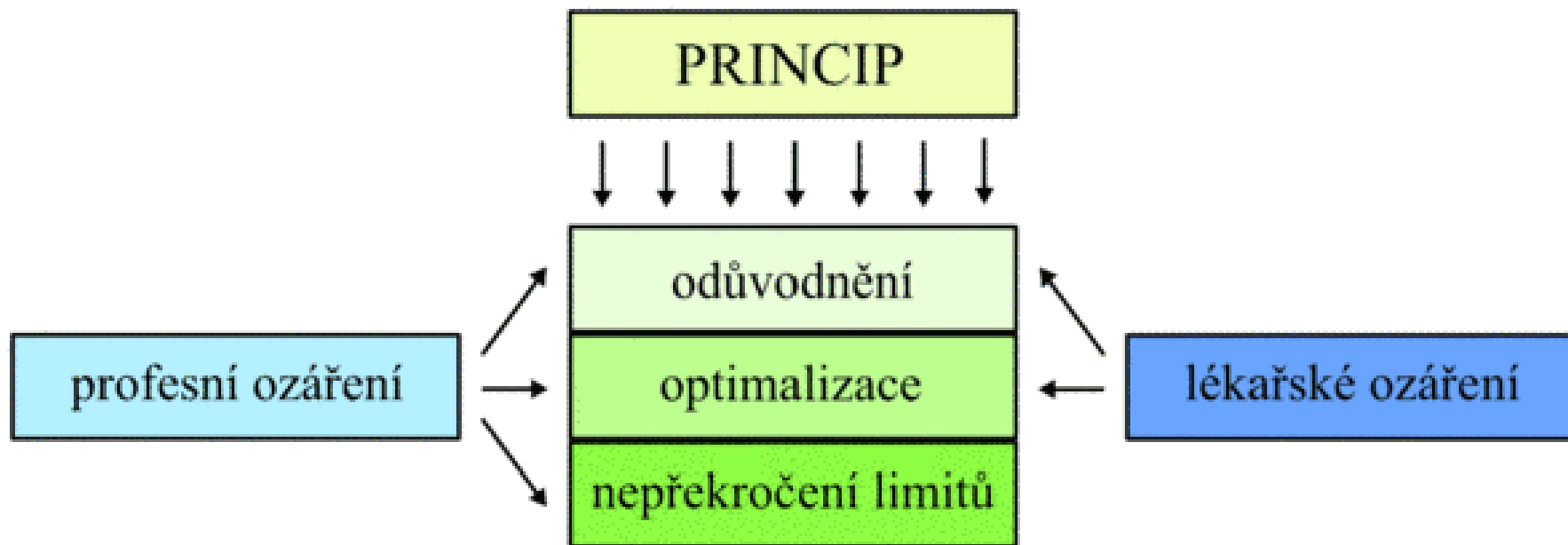
činnosti-aktivity vedoucí ke zvýšení celkového ozáření zaváděním nových zdrojů záření nebo jejich souborů, zaváděním nových nebo změnou stávajících expozičních cest z existujících zdrojů nebo zvyšováním počtu ozařovaných osob (činnosti, *practices*),

činnosti-aktivity vedoucí ke snížení celkového ozáření odstraňováním stávajících zdrojů záření nebo jejich souborů, ovlivňováním nebo změnou stávajících expozičních cest z existujících zdrojů nebo snižováním počtu ozařovaných osob (zásahy, *interventions*).

Typy ozáření:

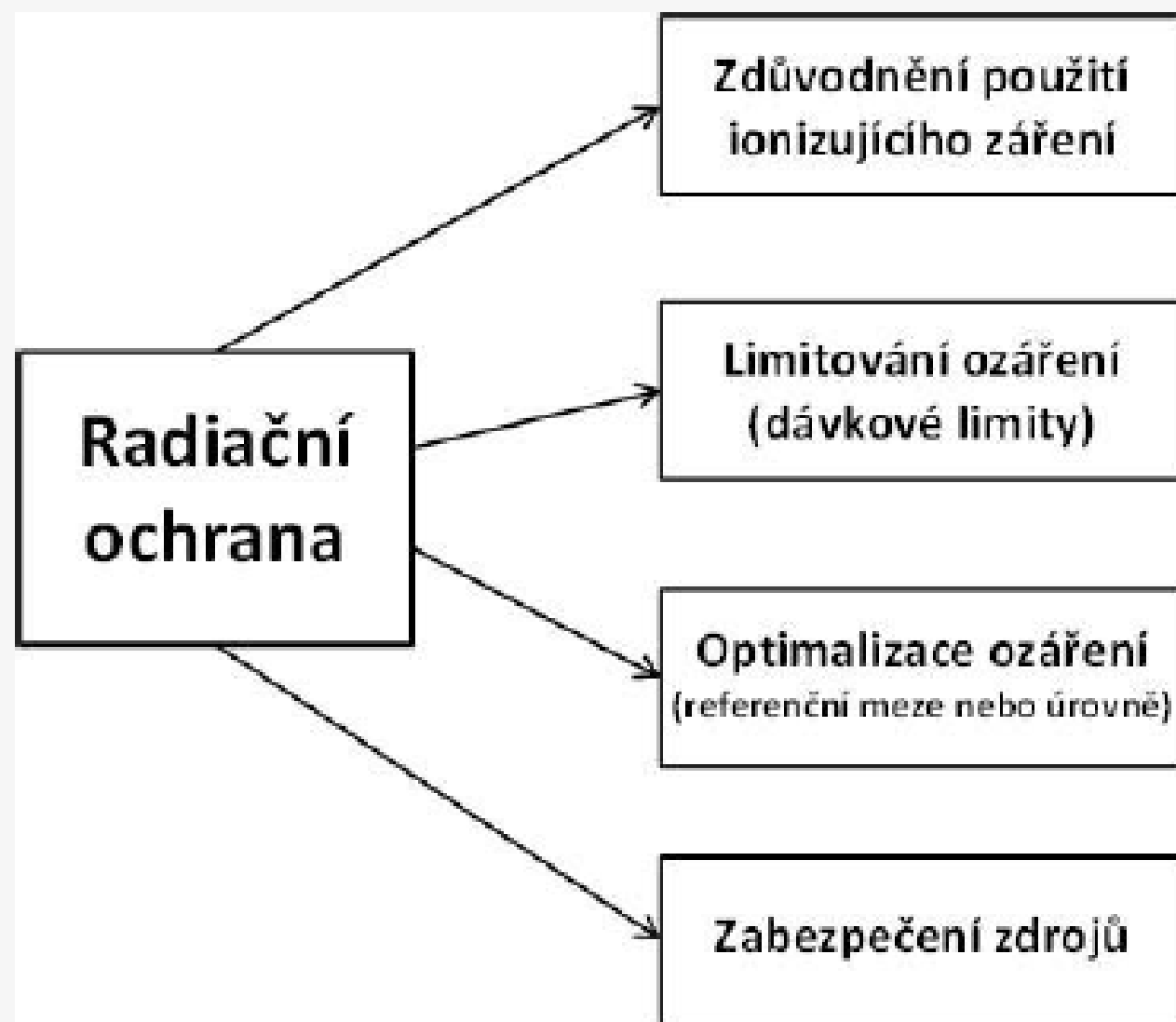
1. **Profesní ozáření** (profesionální expozice, *occupational exposure*), osoby vystavené profesnímu ozáření = *radiační pracovníci* - kategorie A a B):
Pracovníky kategorie A jsou radiační pracovníci, kteří by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávku vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny; ostatní radiační pracovníci jsou pracovníky kategorie B.,
2. **Lékařské ozáření** (*medical exposure*) je vystavení pacientů ionizujícímu záření jako součást lékařské diagnostiky nebo léčení na nich prováděných
3. **Ozáření obyvatelstva** (*public exposure*): ozáření člena veřejnosti z radiačních zdrojů s vyloučením profesionálního a lékařského ozáření a ozáření z přírodních zdrojů záření (mimo přírodní zdroje, které jsou vědomě a záměrně využívány, a přírodní zdroje, které se vyskytují na pracovištích se zdroji ionizujícího záření, na nichž není možné ozáření z těchto zdrojů zanedbat).

Principy radiční ochrany



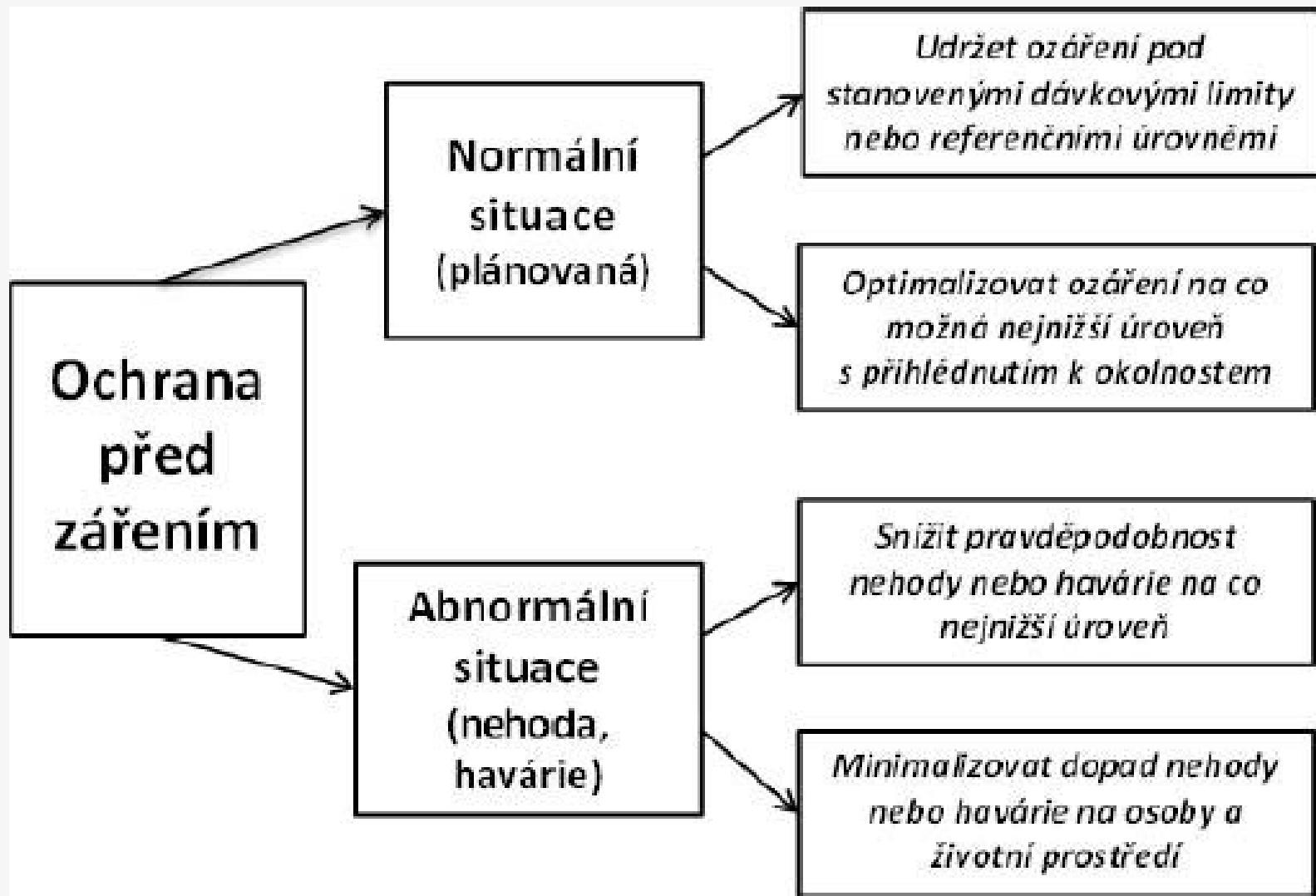
Zatímco profesionální expozice je regulována všemi třemi principy, při lékařském ozáření jsou platné pouze první dva – **lékařské ozáření nepodléhá limitům**.

Je to z toho důvodu, že pacient je sám nositelem přínosu vyšetření – limity by mohly znamenat, že lékař bude omezován při získávání diagnostických informací, které potřebuje ke stanovení diagnózy a volbě dalšího postupu vyšetřování nebo léčby.



Principy radiální ochrany

Cíle radiační ochrany



CÍL RADIAČNÍ OCHRANY

Vyloučit deterministické účinky záření a riziko stochastických účinků udržovat na rozumně přijatelné úrovni.

Tohoto cíle je dosahováno uplatněním následujících **principů** (pro *practices*):

1. **Zdůvodnění činnosti** (*justification of a practice*): Každý, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření nebo zásahy k omezení přírodního ozáření nebo ozáření v důsledku radiačních nehod, musí dbát na to, aby toto jeho jednání bylo odůvodněno přínosem, který vyváží rizika, která při těchto činnostech vznikají nebo mohou vzniknout.
2. **Optimalizace ochrany** (*optimisation of protection*): Každý, kdo využívá jadernou energii nebo provádí činnosti vedoucí k ozáření nebo provádí zásahy k omezení přírodního ozáření nebo ozáření v důsledku radiačních nehod, je povinen dodržovat takovou úroveň jaderné bezpečnosti, radiační ochrany, fyzické ochrany a havarijní připravenosti, aby riziko ohrožení života, zdraví osob a životního prostředí bylo tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout při uvážení hospodářských a společenských hledisek.
3. **Limitování ozáření**: Každý, kdo provádí činnosti vedoucí k ozáření, je povinen omezovat ozáření osob tak, aby celkové ozáření způsobené možnou kombinací ozáření z činností vedoucích k ozáření nepřesáhlo v součtu stanovené limity.
4. **Zajištění bezpečnosti zdrojů**: Bezpečnostní kultura musí usměrňovat přístupy a chování při používání zdrojů. Ochrana a bezpečnost zdrojů má být zajištěna řádným řízením, dobrou technikou, systémem zabezpečení jakosti a výcvikem a vzděláváním personálu.

A/ Odůvodňování radiačních činností § 5/307

1. Všechny nové kategorie nebo druhy radiačních činností musí být před svým prvním zavedením do praxe nebo prvním povolením odůvodněny z hlediska svých hospodářských, společenských nebo jiných přínosů v porovnání se zdravotní újmou, kterou by mohly způsobit.
2. Odůvodnění existujících kategorií nebo druhů činností vedoucích k ozáření musí být přehodnoceno, jsou-li získány nové a významné poznatky o jejich následcích.

Odůvodnění lékařského ozáření § 60/307

1. Lékařské ozáření jednotlivých osob se odůvodňuje očekávaným individuálním zdravotním prospěchem pacienta.
2. V případě preventivní péče, včetně vyhledávacích vyšetření, je lékařské ozáření možné uskutečnit, pouze pokud je zdůvodněno očekávaným přínosem pro jedince, u něhož bude nemoc odkryta, s uvážením možnosti léčebného ovlivnění nemoci.
3. V některých případech může být důvodem vyhledávacích vyšetření ochrana skupin obyvatelstva.

Do procesu odůvodnění lékařského ozáření musí být v souladu s principy klinické odpovědnosti zapojen jak **indikující lékař**, tak **aplikující odborník**, kteří

1. vždy vezmou v úvahu účinky, přínosy a rizika dostupných jiných metod, které vedou k témuž cíli, avšak nezahrnují ozáření ionizujícím zářením
2. před každým použitím zdroje ionizujícího záření k lékařskému ozáření zjistí u pacienta předchozí významné aplikace radionuklidů a ionizujícího záření, které by mohly mít význam pro uvažované vyšetřování nebo léčbu
3. u žen v reprodukčním věku zjistí možnost těhotenství nebo kojení dítěte a všechny tyto údaje zaznamenají do zdravotnické dokumentace pacienta
 - u těhotných žen provedou vyšetření spojené s ozářením pouze v neodkladných případech nebo z důvodů porodnické indikace; přitom je nezbytné vždy zvlášť pozorně zvažovat nutnost získání požadované informace s pomocí použití zdrojů ionizujícího záření a volit jen takovou techniku, která zajistí maximální ochranu plodu;
 - u kojících žen musí být při nukleárně-medicínském vyšetření věnována obdobná pozornost odůvodnění a posouzení jeho naléhavosti.

DIAGNOSTICKÁ RADIOLOGIE

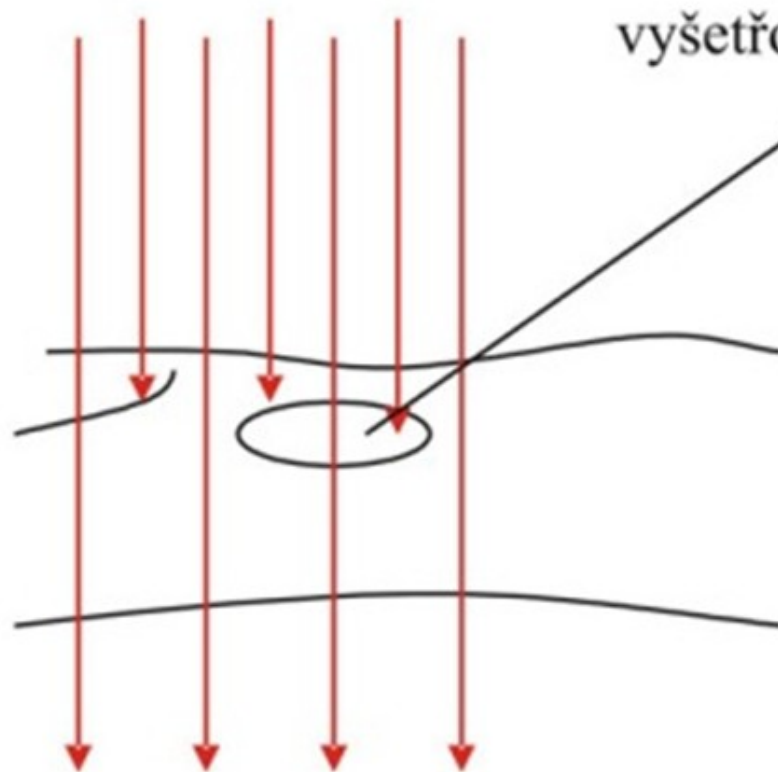
<u>IONIZUJÍCÍ (RTG) ZÁŘENÍ</u>	KONVENČNÍ - snímky, skiaskopie, kontrastní vyšetření
	VÝPOČETNÍ TOMOGRAFIE (CT)
	ANGIOGRAFIE (AG)
<u>NEIONIZUJÍCÍ ZÁŘENÍ</u>	ULTRAZVUK (SONOGRAFIE, USG) mechanická energie
	MAGNETICKÁ REZONANCE (MR) energie magnetických polí

ZOBRAZOVÁNÍ

v radiodiagnostice
rtg., CT

v nukleární medicíně
scintigrafie

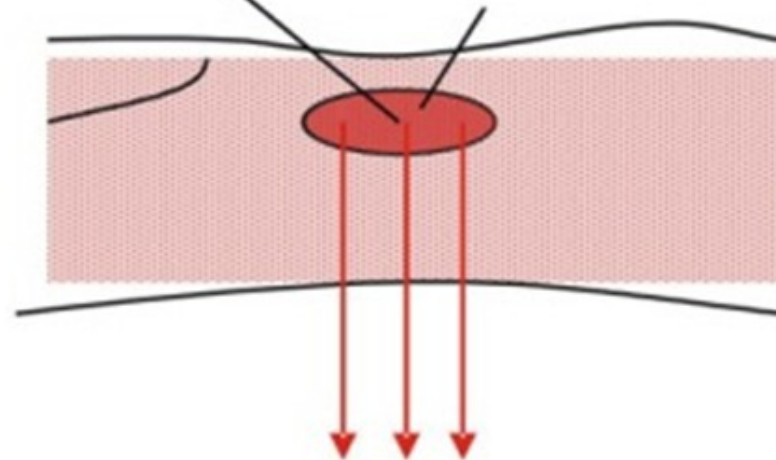
zdroj rentgenového záření



film
detektory

vyšetřovaný objekt

zdroj záření
gama



detektory
scintilační kamera

B/ Optimalizace radiační ochrany § 17/307

1/ Optimalizace radiační ochrany se provádí

- a) **před zahájením činnosti** vedoucí k ozáření posouzením a porovnáním variant řešení radiační ochrany, které při zamýšlené činnosti přicházejí v úvahu, a posouzením nutných nákladů na příslušná ochranná opatření, posouzením kolektivních dávek a dávek u příslušných kritických skupin obyvatel,
- b) **při vykonávání činnosti** vedoucí k ozáření pravidelným rozbořem obdržných dávek ve vztahu k prováděným úkonům, uvážením možných dalších opatření k zajištění radiační ochrany a porovnáním s obdobnými již provozovanými a přitom společensky přijatelnými činnostmi,
- c) **před zahájením zásahu** k odvrácení nebo snížení ozáření posouzením možných variant a volbou takové, která svým způsobem provedení, rozsahem a dobou trvání přinese co největší čistý přínos,
- d) **při uskutečňování zásahu** rozbořem obdržných dávek ve vztahu k prováděným opatřením a uvážením změny zvolených opatření a postupů.

2/ V rámci optimalizace radiační ochrany mají být všechna ozáření plánována a udržována na co nejnižší rozumně dosažitelné úrovni se zohledněním hospodářských a společenských faktorů.

- Varianty radiační ochrany posuzované v rámci optimalizace radiační ochrany **nesmí vést k ozáření, které by převyšovalo limity ozáření** nebo optimalizační meze, pokud jsou pro daný případ stanoveny.
- Při stanovování optimalizačních mezí pro jednotlivou činnost vedoucí k ozáření nebo jednotlivý zdroj ionizujícího záření SÚJB **zohlední dosavadní zkušenosti** s podobnými činnostmi a zdroji tak, aby úroveň radiační ochrany nebyla nižší, než bylo již dosaženo v praxi, a uváží také možný vliv jiných činností a zdrojů tak, aby celkově nehrozilo překročení limitů ozáření.

3/ Při optimalizaci radiační ochrany se zpravidla **porovnávají náklady** na různá opatření ke zvýšení radiační ochrany, jako je přemístění osob nebo vybudování dodatečných bariér, s finančním ohodnocením očekávaného snížení ozáření.

Rozumně dosažitelná úroveň radiační ochrany se považuje za prokázanou a opatření nemusí být provedeno, pokud by náklady byly vyšší než přínos opatření a nevyžaduje-li provedení opatření zvláštní společenské podmínky.

Přínos opatření se při tomto postupu vyčíslí tak, že snížení kolektivní efektivní dávky u posuzované skupiny osob se násobí součinitelem:

- a) 0,5 mil. Kč/Sv pro radiační činnosti, kdy průměrná efektivní dávka u jednotlivce nepřesáhne jednu desetinu příslušných limitů ozáření,
- b) 1 mil. Kč/Sv pro radiační činnosti, kdy průměrná efektivní dávka u jednotlivce přesáhne jednu desetinu, ale nikoliv tři desetiny příslušných limitů ozáření,
- c) 2,5 mil. Kč/Sv pro radiační činnosti, kdy průměrná efektivní dávka u jednotlivce přesáhne tři desetiny příslušných limitů ozáření,
- d) 1 mil. Kč/Sv pro lékařské ozáření,
- e) 0,5 mil. Kč/Sv pro ozáření z přírodních zdrojů ionizujícího záření, které nejsou záměrně využívány,
- f) 2,5 mil. Kč/Sv pro havarijní ozáření.

4/ Rozumně dosažitelná úroveň radiační ochrany se považuje za dostatečně prokázanou také v těch případech, kdy z dané radiační činnosti ani za předvídatelných odchylek od běžného provozu:

- roční **efektivní dávka** u žádného z **radiačních pracovníků nepřekročí 1 mSv**
- roční efektivní dávka u žádné **jiné osoby nepřekročí 50 μ Sv**
- pro pracoviště IV. kategorie kolektivní efektivní dávka nepřekročí 1 Sv.

5/ Optimalizační mezí pro **provoz jaderně energetických zařízení je:**

- **kolektivní efektivní dávka 4 Sv za kalendářní rok na každý instalovaný GW výkonu** vztažená na ozáření všech radiačních pracovníků, pro které je podle programu monitorování prováděno osobní monitorování.

Optimalizace radiační ochrany při lékařském ozáření § 62/307

Optimalizace radiační ochrany při lékařském ozáření se dosahuje zejména zavedením systému jakosti. **Cílem optimalizace je:**

- a) při radiodiagnostickém vyšetření **správné použití zobrazovací metody** tak, aby dávky ve tkáních byly co nejnižší, aniž by se tím omezilo získání nezbytných radiodiagnostických informací,
- b) při nukleárně-medicínském vyšetření **aplikace pouze nezbytného množství radioaktivní látky** požadované čistoty a aktivity, které zaručuje dostatečnou diagnostickou informaci při co nejnižší zátěži pacienta,
- c) při radioterapeutických výkonech **ozáření cílového objemu**, na který je léčba zářením zaměřena, v rozsahu nezbytném k dosažení požadovaného účinku, přičemž ozáření ostatních tkání má být tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout bez omezení léčby.

Diagnostické referenční úrovně jsou **úrovněmi dávek**, popřípadě úrovněmi aplikované aktivity používané při diagnostických postupech v rámci lékařského ozáření, **jejichž překročení se** při vyšetření dospělého pacienta o hmotnosti 70 kg při použití standardních postupů a správné praxe **neočekává**.

Soustavné překračování diagnostických referenčních úrovní v rutinní klinické praxi vyžaduje, aby zdravotnické zařízení prošetřilo podmínky lékařského ozáření, a v případě, že radiační ochrana není optimalizována, provedlo nápravu.

Diagnostické referenční úrovně pro skiagrafická vyšetření

Vyšetření	Projekce	Vstupní povrchová kerma Ke* (vztažena na 1 snímek) [mGy]
Bederní páteř	AP - projekce předozadní	10
	LAT - projekce boční	30
	LSJ - projekce na lumbosakrální přechod	40
Břicho, intravenosní urografie a cholecystografie	AP - projekce předozadní	10
Pánev	AP - projekce předozadní	10
Kyčelní kloub	AP - projekce předozadní	10
Hrudník	PA - projekce zadopřední	0,4
	LAT - projekce boční	1,5
Hrudní páteř	AP - projekce předozadní	7
	LAT - projekce boční	20
Lebka	PA - projekce zadopřední	5
	LAT - projekce boční	3
Zuby	intraorální snímek	5

Diagnostické referenční úrovně pro vyšetření výpočetní tomografií

Wyšetření	Vážený kermový index výpočetní tomografie (na jedno tomografické vyšetření) [mGy]
Hlava	60
Bederní páteř	35
Břicho	35

Diagnostické referenční úrovně pro skiaskopická vyšetření

Pracovní režim	Vstupní kermový příkon [mGy/min]
Normální	25
Vysoký výkon	100

Organizační opatření k ochraně před IZ při lékařském ozáření

mohou značně pomoci k redukci všech dávek záření, a to :

- správným indikováním rtg. vyšetření,
- zamezením duplicitních vyšetření,
- poskytování kompletní dokumentace i z dřívějších vyšetření,
- dokonalou výukou rentgenových pracovníků,
- náležitým vybavením rentgenových pracovišť po všech stránkách, aby každé rtg. vyšetření bylo provedeno napoprvé naprosto kvalitně a odborně,
- zavedením zdravotní knížky, kde by byly registrovány rentgenové výkony a mohla se tak stanovit zátěž vyšetřovaného během celého života.

Radiační ochrana zdravotnických pracovníků

1. Nukleární medicína

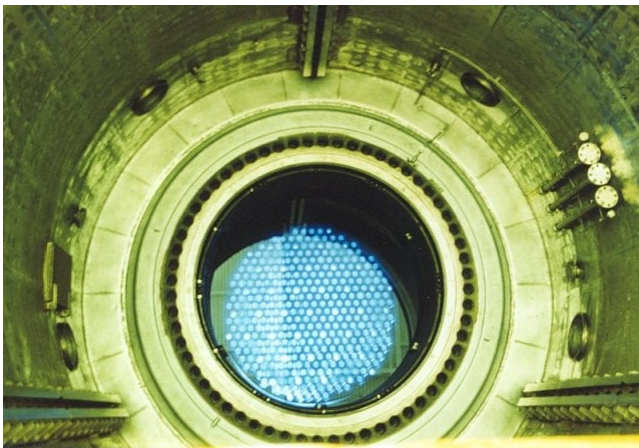
- externí záření je emitováno jak radionuklidovými zdroji - radiofarmaky, tak i pacienty, v jejichž těle jsou přítomna radiofarmaka aplikovaná pro diagnostické a terapeutické účely.
- k základním zdrojům radiační zátěže pracovníků v nukleární medicíně náleží **práce s radiofarmaky** spočívající v přípravě těchto látek pro aplikace pacientům, **vlastní aplikace** a **samotní pacienti**, kteří mají radiofarmaka v těle pro účely diagnostiky a léčby.

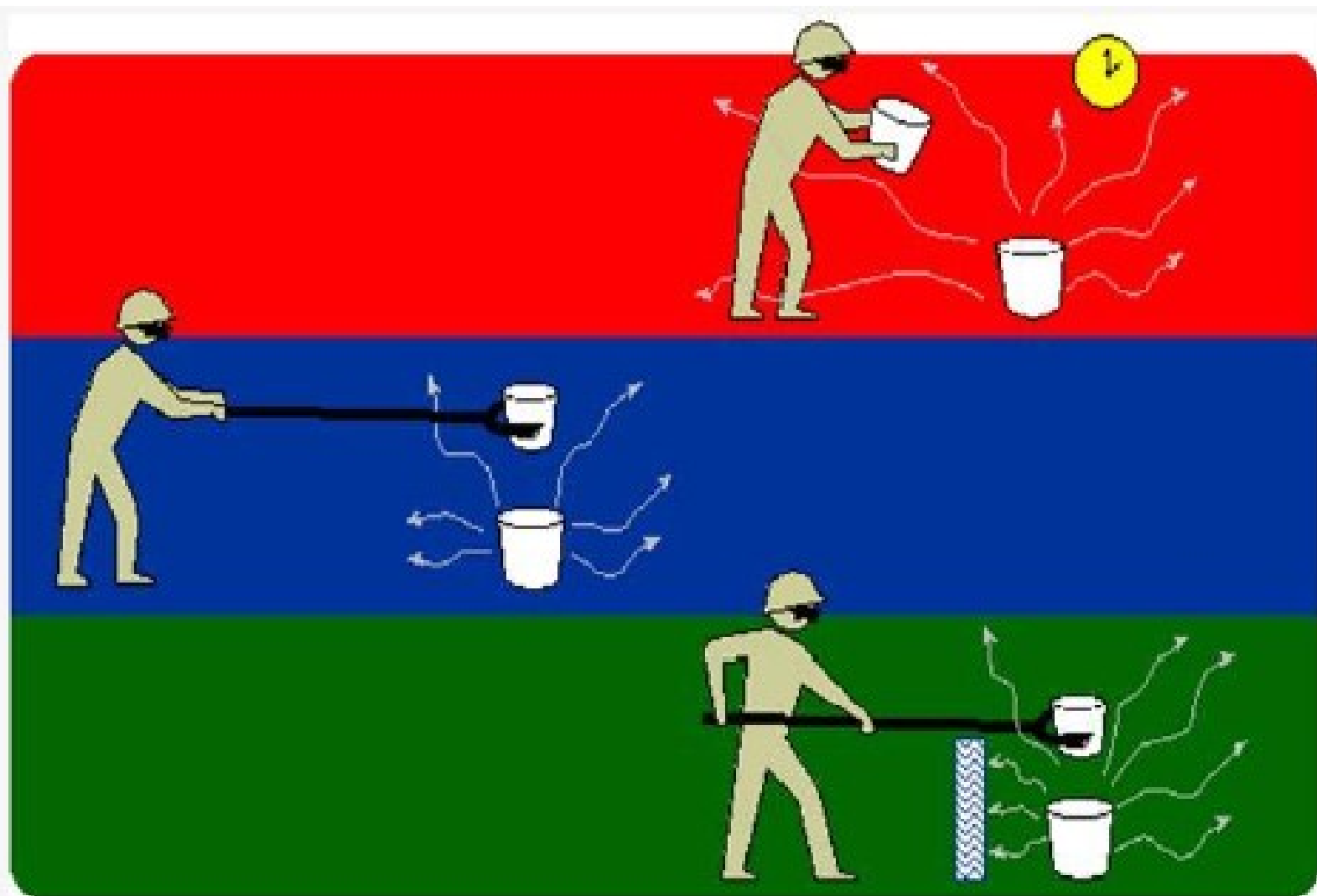
2. Radiodiagnostika a radioterapie

- pracovníci jsou ohrožováni jen **externím zářením**.

Ochrana před zářením

- **Vzdálenost** - intenzita ionizujícího záření ubývá se čtvercem vzdálenosti, tj. po 10 m je 100x nižší, po 100 m je 10000x nižší, po 1 km je milionkrát nižší atd.
- **Čas** - čím kratší ozáření, tím menší je kumulovaná dávka
- **Stínění** - podle druhu záření: alfa záření odstíní pokožka, oděv, papír, beta záření např. hliníkový plech, gama záření beton, vrstva vody, zeminy, neutronové záření voda, polystyrén, parafín





Ochrana před vnějším ozářením pomocí vzdálenosti, času a stínění

Způsoby radiační ochrany pracovníků v nukleární medicíně

V radiační ochraně pracovníků v nukleární medicíně, tak jako v jiných oblastech aplikací ionizujícího záření se využívá třech **fyzikálních metod: ochrany časem, vzdáleností a stíněním.**

1. Ochrana časem

- dávka pracovníka je tím větší, čím déle pobývá v blízkosti zdroje záření nebo pacienta, v jehož těle se nachází radiofarmakum. Doba pobytu může být jen nezbytně nutná – je třeba volit kompromis s požadavkem na přípravu pacienta a zajištění potřebné péče.
- **Snižování času** potřebného pro manipulaci s radiofarmaky závisí na kvalifikaci a dovednosti pracovníků. Kriticky nemocní a nespolupracující pacienti vyžadují více času např. pro jejich správné umístování pod vyšetřovacím přístrojem.
- metoda ochrany časem zahrnuje též **střídání pracovníků**, zvláště na nejvíce exponovaných místech. Střídání pracovníků je na menších pracovištích ztěžováno relativně malým počtem osob se stejnou kvalifikací; typické je to po řadu let v ČR u profesní skupiny radiofarmaceutů.

2. Ochrana vzdáleností

- jelikož dávka resp. **dávkový příkon klesá s druhou mocninou vzdálenosti od zdroje**, prodlévání v co největší vzdálenosti od zdroje je nutností, ovšem nesmí to opět být na úkor provedení přípravy pacienta a dohledu nad ním při vyšetření.
- na **ochranu vzdáleností** by mělo být pamatováno již při projektování pracoviště nebo při jeho rekonstrukci. Oddělení nukleární medicíny umístovaná dříve často z ekonomických a dalších důvodů v malých prostorách jsou v tomto smyslu méně výhodná než moderní stavby s velkými laboratořemi a vyšetřovny.
- I při prostorových omezeních se doporučuje, aby pracovník pobýval ve vzdálenosti **1 – 2 m od pacienta**.
- Nepohybliví a nespolupracující pacienti však někdy vyžadují přítomnost pracovníka v těsné blízkosti.

3. Ochrana stíněním

- je velmi účinná, i když má, ve srovnání s metodami ochrany časem a stíněním, často nevýhodu, že může být finančně velmi nákladná – to někdy vyžaduje optimalizaci.
- dalším důvodem je skutečnost, že stínící pomůcky někdy ztěžují práci a působí tedy z hlediska radiační ochrany kontraproduktivně; jsou situace, že odstínění nelze použít vůbec.
- posouzení účinnosti ochranných opatření ve srovnání s finančními náklady patří k nesnadným úkolům radiační ochrany.
- nejvhodnějším materiálem pro odstínění **záření gama** je **olovo** pro jeho snadnou zpracovatelnost, dostupnost a cenu,
- **pro pozitronové radionuklidy** emitující anihilační záření s energií 511 keV je vhodnější **wolfram**, který má větší hustotu a tím i větší absorpční schopnost než olovo. Nevýhodou wolframových stínění je jejich vyšší hmotnost a cena.

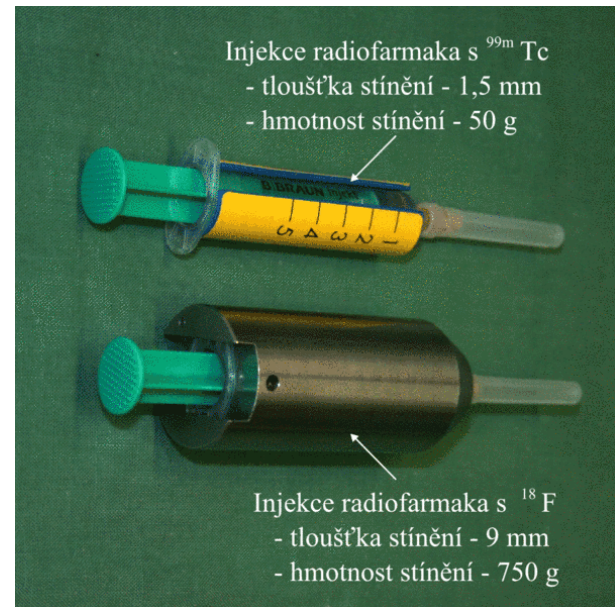
Některé ochranné pomůcky a opatření

Pinzety (peány)

slouží pro ochranu rukou na základě zvětšení vzdálenosti ruky od lahvičky s radiofarmakem. Používání pinzet (peánů) pro uchopení lahviček s radiofarmakem redukuje dávku na ruce na základě větší vzdálenosti přibližně o dva řády.

Kryty na injekční stříkačky

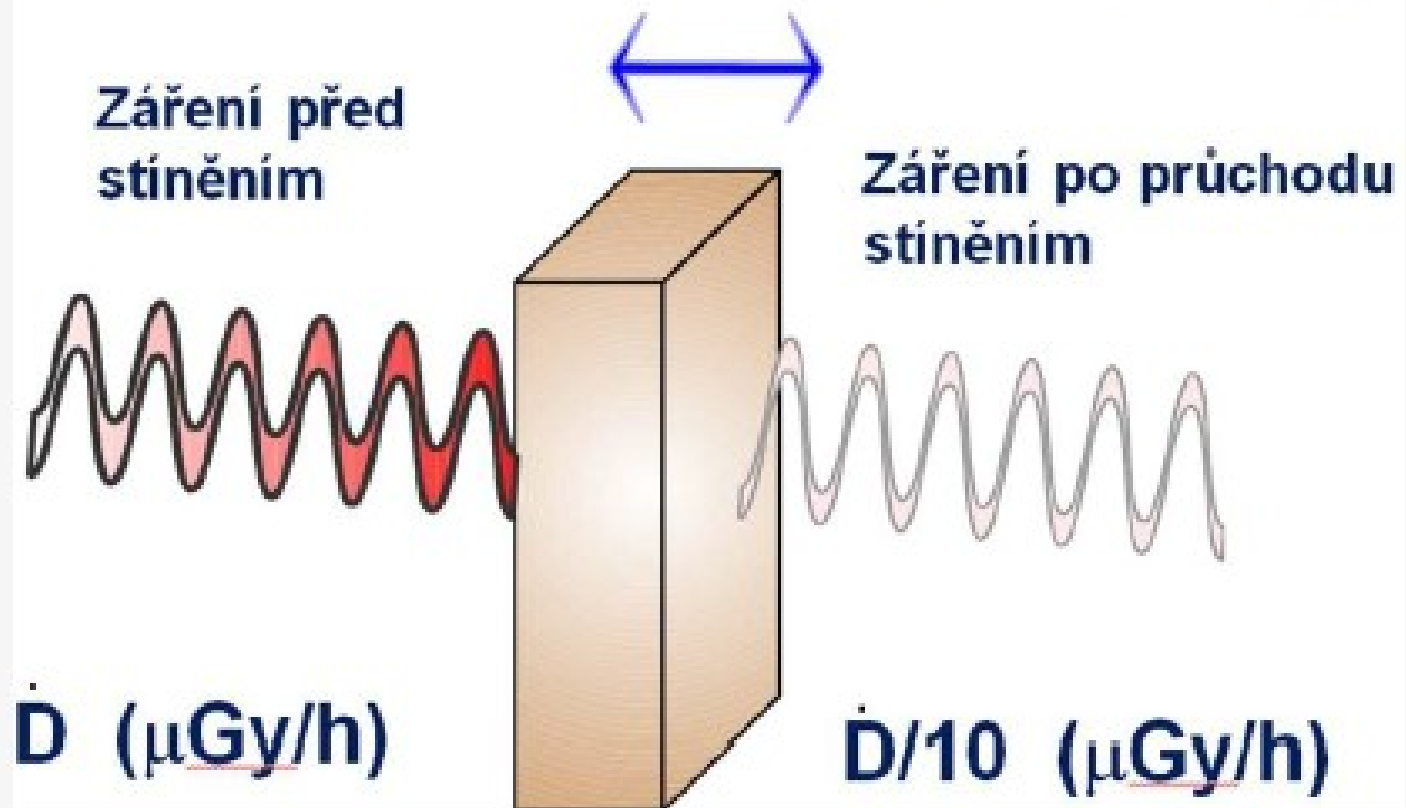
využívající stínícího materiálu pro ochranu rukou při injekci radiofarmak



Ochranné gumové zástěry a oděvy pro ambulantní pracovníky.

zástěry s ekvivalentem Pb 0,5 mm

Tloušťka stínění odpovídající $T_{1/10}$



**Ochrana před vnějším zářením stíněním o
tloušťce odpovídající $T_{1/10}$**

Postupy při lékařském ozáření § 63/307

1. Pro všechny standardní typy lékařského ozáření musí být vypracován písemný postup (**standard**), jehož dodržování jednotlivými radiologickými pracovišti je posuzováno klinickým auditem. Součástí postupu musí být způsob stanovení a hodnocení dávek pacientů.
2. Při lékařském ozáření musí být přijaty všechny rozumné kroky ke snížení pravděpodobnosti vzniku nehody nebo aplikace neplánované dávky pacientovi.

Požadavky na vybavení pracoviště § 64/307

1. Nová rentgenová zařízení musí být vybavena, je-li to možné, přidruženým zařízením a příslušenstvím, která poskytnou kvantitativní informaci o ozáření, jemuž je vystavena vyšetřovaná osoba. Skiaskopie bez zesilovače obrazu se nesmí používat.
2. Nová terapeutická radiologická zařízení se nesmějí používat bez odpovídajícího dozimetrického vybavení pro testování vlastností zdrojů ionizujícího záření a bez simulátoru pro radionuklidové ozařovače a lineární urychlovače a bez odpovídajícího rentgenového zařízení pro brachyterapii.
3. Zdravotnické pracoviště, na kterém se provádí lékařské ozáření, musí být vybaveno osobními ochrannými prostředky a pomůckami pro radiační ochranu všech pracovníků, osob podstupujících lékařské ozáření i osob dobrovolně o ně pečujících. Osobní ochranné prostředky a pomůcky se používají v rozsahu odpovídajícímu charakteru vyšetření.

Léčebné aplikace radionuklidů § 65/307

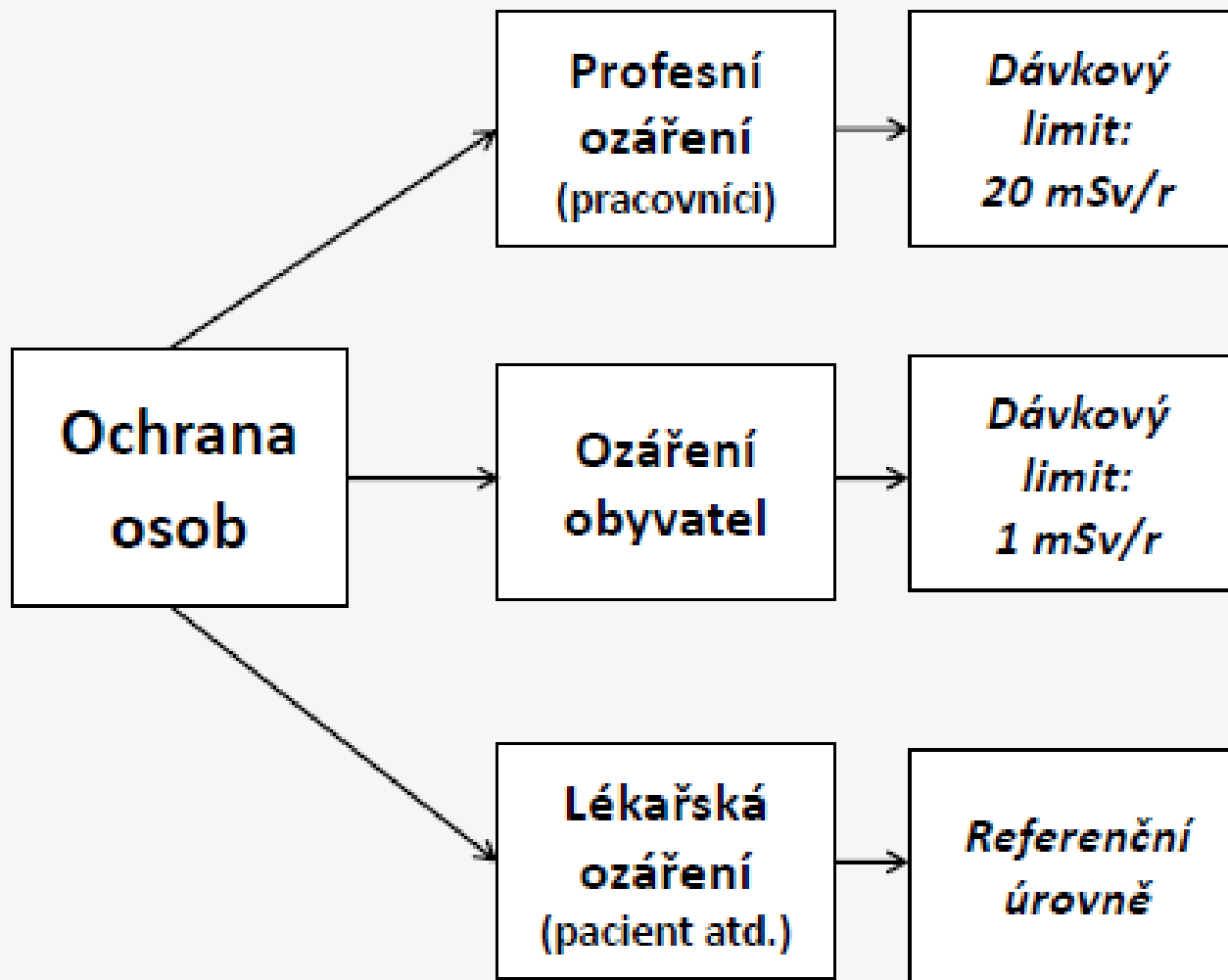
- 1. Léčebné aplikace radionuklidů**, které jsou otevřenými zářiči, se provádějí jen v **lůžkových částech zdravotnických zařízení**, speciálně upravených a vybavených tak, aby splňovaly požadavky na pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči. Přitom musí být zajištěno, aby pacienti nepoužívali vlastní prádlo a při propuštění pacientů i všechny předměty osobní potřeby byly zkontrolovány z hlediska možného znečištění radionuklidy, a případně dekontaminovány nebo odstraněny jako předměty znečištěné radionuklidy nebo radioaktivní odpady.
- 2. Ambulantní léčebné aplikace radionuklidů** se mohou uskutečňovat, jen pokud tak stanoví v podmínkách příslušného **povolení SÚJB**, například při paliativní léčbě kostních metastáz. Ambulantní léčebné aplikace radionuklidů nejsou přípustné u inkontinentních pacientů nebo u pacientů neschopných dodržovat základní hygienická pravidla.
- 3. Propouštění pacientů** do domácí péče po léčebné aplikaci radionuklidů se usměrňuje tak, aby **nebyly překročeny limity ozáření**. Tyto limity se vztahují také na usměrňování ozáření pro návštěvníky pacientů po léčebné aplikaci radionuklidů. Údaje se zaznamenávají do zdravotnické dokumentace pacienta. V případě, že pacient podstupuje léčbu radionuklidy, poskytne držitel povolení pacientovi nebo jeho zákonnému zástupci před opuštěním zdravotnického zařízení písemnou informaci o rizicích ionizujícího záření a písemné pokyny, jak omezit dávky u osob, které přicházejí s pacientem do styku, na tak nízkou úroveň, jak lze rozumně dosáhnout. V případě, že by se ozáření osob v domácnosti mohlo blížit hodnotám obecných limitů, je třeba poskytnout písemné pokyny i pacientům, kteří podstupují vyšetření radionuklidy.

Požadavky na pracovníky § 66/307

1. Při radioterapeutických činnostech musí úzce spolupracovat **radiologický fyzik** s příslušnou specializovanou způsobilostí. Pro ostatní radiologické činnosti musí být k dispozici radiologický fyzik s příslušnou specializovanou způsobilostí, který v případě potřeby poskytuje konzultace o optimalizaci, včetně dozimetrie pacienta, zabezpečování jakosti, včetně operativního řízení jakosti, v případě nutnosti poradenství v záležitostech týkajících se radiační ochrany při lékařském ozáření.
2. Radiologický fyzik je při výkonu své činnosti zodpovědný za provádění fyzikálních a dozimetrických činností nezbytných pro přesnou a **bezpečnou aplikaci** ionizujícího záření v klinické praxi a za posouzení fyzikálních a dozimetrických aspektů při zavádění nového radiologického zařízení nebo nových fyzikálních metod do klinické praxe. Zodpovídá také za zavedení a hodnocení **systemu jakosti** v oblasti své působnosti, zejména za zajištění a hodnocení výsledků zkoušek zdrojů ionizujícího záření a za řízení zkoušek zdrojů ionizujícího záření a dalších zdravotnických prostředků, které mohou ovlivnit ozáření pacientů nebo jiných osob podstupujících lékařské ozáření, a za aplikaci a optimalizaci radiační ochrany v klinické praxi zdravotnického zařízení.
3. Držitel povolení zajišťuje **výcvik aplikujících odborníků**, odborně způsobilých zdravotnických pracovníků a radiologických fyziků, kteří se podílejí na ozáření dětí, na ozáření, která jsou součástí vyhledávacích programů, a na ozáření, která jsou spojena s vysokými dávkami pacientům, zejména při radioterapii, intervenční radiologii a počítačové tomografii.

Další podmínky pro lékařské ozáření § 67/307

- 1. Radiační ochrana osob**, které vědomě a z vlastní vůle pomáhají osobám podstupujícím lékařské ozáření, musí být **optimalizována**, přičemž ozáření těchto osob se omezuje. Tyto osoby musí být starší 18 let a prokazatelně poučeny o rizicích plynoucích z ozáření, přičemž svůj souhlas s takovým ozářením musí písemně potvrdit.
2. Lékařská ozáření bez klinické indikace, například pro pojišťovací nebo právní účely, se provádí pouze pomocí zavedených klinických postupů.
3. Držitel povolení zajišťuje vhodný **výběr zdravotnických prostředků a volbu postupů**, které jsou určeny pro lékařské ozáření dětí, dále ozáření, která jsou součástí vyhledávacích vyšetření, a ozáření spojená s vysokými dávkami u pacientů při radioterapii, intervenční radiologii a počítačové tomografii. U těchto činností se věnuje zvýšená pozornost hodnocení ozáření pacientů nebo jiných osob podstupujících lékařské ozáření.
4. U každého lékařského ozáření se **zaznamenávají veličiny a parametry** umožňující stanovení dávky u každé vyšetřované nebo léčené osoby pro konkrétní zvolený radiologický postup.
- 5. Provozovatel** zdravotnického zařízení **oznamuje SÚJB** na vyžádání **údaje**, které slouží ke stanovení distribuce dávek u obyvatelstva.



Radiační ochrana osob podle jednotlivých kategorií ozáření (expozič)

C/ Systém limitů pro omezování ozáření

(vyhláška č. 307/2002Sb., 18 až 22)

- Systém je zajištěn stanovením limitů ozáření, odvozených limitů a autorizovaných limitů

Limity ozáření

- jsou závaznými kvantitativními ukazateli pro celkové ozáření z radiačních činností, jejichž překročení není ve stanovených případech přípustné
- dělí se na limity :
 - 1. obecné**
 - 2. limity pro radiační pracovníky**
 - 3. limity pro učně a studenty**

Obecné limity

- vztahují se na **celkové ozáření** z radiačních činností = činností při využívání umělých i přírodních zdrojů záření, nevztahují se na profesní, lékařské a havarijní ozáření.

Limity pro radiační pracovníky

- vztahují se na **profesní ozáření**, tj. na ozáření, kterému jsou vystaveni v přímém vztahu k vykonávané práci radiační pracovníci.
- vztahují se na součet dávek ze všech cest ozáření a při všech pracovních činnostech, které radiační pracovník vykonává u jednoho nebo souběžně u více držitelů povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření, nebo které vykonává také jako samostatný držitel povolení k nakládání se zdroji ionizujícího záření.

Limity pro učně a studenty

- jsou pro **osoby mladší než 16 let** stejné jako limity obecné a pro osoby starší, než 18 let stejné jako limity pro radiační pracovníky.
- vztahují se na ozáření, kterému jsou vědomě, dobrovolně a po poučení o rizicích s tím spojených vystaveny osoby po dobu své specializované přípravy na výkon povolání se zdroji ionizujícího záření.

Limity ozáření

limitovaná veličina	obecný limit	limit pro radiační pracovníky	limit pro učně a studenty
součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření	1 mSv/rok	100 mSv/5 roků 50 mSv/rok	6 mSv/rok
ekvivalentní dávka v oční čočce	15 mSv/rok	150 mSv/rok	50 mSv/rok
průměr. ekvivalentní dávka v 1cm ² kůže	50 mSv/rok	500 mSv/rok	150 mSv/rok
ekvivalentní dávka v prstech až předloktí a v chodidlech až po kotníky	-	500 mSv/rok	150 mSv/rok

Odvozené limity jsou pomocnými kvantitativními ukazateli, vyjádřenými v měřitelných veličinách a sloužícími ve vybraných případech k prokazování, že limity pro radiační pracovníky nebyly překročeny:

ozáření	limitovaná veličina	odvozený limit
zevní	H _p (0,07) – osob. dávk. ekv. v hloubce 0,07 mm	500 mSv/rok
	H _p (10) - osob. dávk. ekv. v hloubce 10 mm	20 mSv/rok
vnitřní	příjem radionuklidů požitím	podíl 20 mSv a konverzního faktoru h _{ing} pro příjem daného radionuklidu požitím
	příjem radionuklidů vdechnutím	podíl 20 mSv a konverzního faktoru h _{inh} pro příjem daného radionuklidu vdechnutím
ozáření produkty přeměny radonu	roční příjem ekvivalentní aktivity radonu	3 MBq
	latentní energie produktů přeměny radonu	17 mJ
	expozice produktům radonu	2,5 MBq.h.m ⁻³
	celoroční průměrná ekvivalentní objemová aktivita radonu	1260 Bq.m ⁻³
ozáření směsí dlouhodobých radionuklidů emitujících záření alfa uran-radiové řady	příjem vdechnutím za kalendářní rok	1850 Bq

Pro současné zevní a vnitřní ozáření musí platit:

$$H_p(0,07) \leq 500 \text{ mSv a } H_p(10) + \sum h_{j,\text{inh}} I_{j,\text{inh}} + \sum h_{j,\text{ing}} I_{j,\text{ing}} \leq 20 \text{ mSv,}$$

$I_{j,\text{inh}}$, popř. $I_{j,\text{ing}}$ je roční příjem jednotlivého radionuklidu vdechnutím, popř. požitím,

$h_{j,\text{inh}}$, popř. $h_{j,\text{ing}}$ je konverzní faktor pro příjem jednotlivého radionuklidu vdechnutím, popř. požitím

Autorizovanými limity jsou závazné kvantitativní ukazatele stanovené v příslušném povolení pro jednotlivou radiační činnost nebo jednotlivý zdroj ionizujícího záření (zpravidla jako výsledek optimalizace radiační ochrany).

Úkol	Doporučená úroveň (jedná se o externí ozáření v důsledku pronikavého záření; ozáření od méně pronikavého záření a od příjmu se minimalizuje pomocí vhodných ochranných prostředků)
Akce na záchranu života	Desetinásobek maximálního ročního dávkového limitu pro pracovníka, tj. $H_p(10) < 500 \text{ mSv}$
Akce zaměřena na zabránění deterministických zdravotních účinků a akce na zabránění katastrofálních důsledků	Desetinásobek maximálního ročního dávkového limitu pro pracovníka, tj. $H_p(10) < 500 \text{ mSv}$
Akce na odvrácení velké kolektivní dávky	Dvojnásobek maximálního ročního dávkového limitu pro pracovníka, tj. $H_p(10) < 100 \text{ mSv}$

Doporučované úrovně pro omezení ozáření v případě mimořádných situací

Evidence osobních dávek u držitelů povolení § 84 /307

1. Držitel povolení vede k **evidenci osobních dávek pracovníků kategorie A** tyto doklady a údaje:

- a) jméno, příjmení, místo a datum narození,
- b) rodné číslo, pokud bylo přiděleno a nositel rodného čísla k jeho využití udělil písemný souhlas podle zvláštního právního předpisu,
- c) osobní dávky a další údaje k charakterizaci ozáření stanovené SÚJB v podmínkách povolení nebo schválené SÚJB jako součást programu monitorování.

2. Doklady a údaje se vedou po celou dobu trvání pracovní činnosti zahrnující ozáření ionizujícím zářením a dále až do doby, kdy osoba dosáhne nebo by dosáhla 75 let věku, v každém případě však alespoň po dobu **30 let po ukončení pracovní činnosti**, během které byl pracovník vystaven ionizujícímu záření.

3. Provozovatel kontrolovaného pásma vede přehled o všech **osobách jiných** než pracovníků kategorie A které do kontrolovaného pásma vstoupily, době pobytu těchto osob v něm a odhad efektivní dávky pro tyto osoby. Tyto údaje se uchovávají po dobu **10 let**.

4. Osobní dávky z **výjimečných a z havarijních ozáření** se zaznamenávají **odděleně**.

5. **Držitel povolení oznamuje SÚJB** do státního systému evidence ozáření radiačních pracovníků buď přímo nebo prostřednictvím osoby, která mu osobní dozimetrii provádí“

- a) **osobní údaje** o každém pracovníkovi kategorie A a údaje charakterizující jeho očekávané ozáření v rozsahu a formě stanovené SÚJB do 1 měsíce od nástupu do zaměstnání a při každé změně těchto údajů,
- b) **údaje o osobních dávkách** všech svých pracovníků kategorie A do 2 měsíců po ukončení monitorovacího období,
- c) **roční přehled osobních dávek** všech svých pracovníků kategorie A do konce dubna běžného roku za rok předcházející,
- d) **efektivní dávky ze zevního ozáření převyšující 20 mSv nebo ekvivalentní dávky ze zevního ozáření převyšující 150 mSv**, spolu s vyhodnocením příčin takové situace a přijatými závěry, neprodleně po jejich zjištění,
- e) **úvazek efektivní dávky z vnitřního ozáření převyšující 6 mSv**, spolu s vyhodnocením příčin takové situace a přijatými závěry, neprodleně po jejich zjištění.

Evidence ostatních veličin, parametrů a skutečností důležitých z hlediska radiační ochrany § 86/307

1. Doklady o závěrech **preventivních lékařských prohlídek** k ověření zdravotní způsobilosti pracovníků kategorie A se uchovávají až do doby, kdy osoba dosáhla nebo by dosáhla 75 let věku, nejméně však po dobu **30 let po ukončení pracovní činnosti**, během které byl pracovník vystaven ionizujícímu záření.
2. **Ostatní veličiny**, parametry a skutečnosti důležité z hlediska radiační ochrany, včetně záznamů o uvádění radionuklidů do životního prostředí, metodik pro monitorování a výsledků monitorování jiných než osobních dávek, se uchovávají po dobu nejméně **10 let**.

Omezování ozáření ve zvláštních případech § 23/307

- 1. Ozáření osob**, které dobrovolně mimo rámec svých pracovních povinností vyplývajících z výkonu povolání nebo pracovního poměru **pečují o pacienty vystavené lékařskému ozáření** nebo tyto pacienty navštěvují nebo žijí v jedné domácnosti s pacienty, kteří byli po aplikaci radionuklidů propuštěni ze zdravotnického zařízení, se **omezuje** tak, aby v součtu za kalendářní rok nepřesáhlo 1 mSv u osob mladších 18 let a 5 mSv u ostatních osob.
- 2. Ozáření plodu** u těhotných žen pracujících na pracovištích I. až IV. kategorie se neprodleně poté, co žena těhotenství oznámí zaměstnavateli, **omezí** úpravou podmínek práce tak, aby bylo nepravděpodobné, že součet efektivních dávek ze zevního ozáření a úvazků efektivních dávek z vnitřního ozáření plodu alespoň po zbývající dobu těhotenství překročí 1 mSv.
- 3. Ozáření kojence** příjmem radionuklidů z kontaminovaného mateřského mléka se neprodleně poté, co žena pracující na pracovišti I. až IV. kategorie oznámí zaměstnavateli, že kojí dítě, **omezí** úpravou podmínek práce kojící ženy a jejím vyřazením z práce v kontrolovaném pásmu pracovišť s otevřenými radionuklidovými zářiči.

4. Ozáření radiačních **pracovníků při jednorázových**, krátkodobých nebo jiných výjimečných pracích se zdroji ionizujícího záření omezených pouze na malý počet osob a na vymezené prostory, kromě prací při radiačních nehodách nebo radiačních mimořádných situacích, se **omezuje** tak, aby efektivní dávka z opakovaných výjimečných ozáření nepřekročila 500 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků.
5. Tato **výjimečná ozáření** se mohou uskutečnit jen v rozsahu a za podmínek uvedených v povolení k takovému způsobu nakládání se zdroji ionizujícího záření.
6. Výjimečné ozáření může podstoupit jen **pracovník kategorie A** dobrovolně a po předchozím prokazatelném poučení o rizicích s tím spojených.
7. Toto **výjimečné ozáření není přípustné u osob mladších 18 let, u učňů a studentů, u těhotných a kojících žen** ani u osob, u nichž by efektivní dávka obdržená při zásazích v případě radiační nehody překročila 500 mSv za 5 za sebou jdoucích kalendářních roků.

D/ Obecné podmínky bezpečného provozu

Bezpečnost provozu zdrojů ionizujícího záření a pracovišť s nimi, a radiační ochrana pracovníků se zajišťuje vždy

- a) **odůvodněním radiační činnosti a optimalizací radiační ochrany** pro všechny pracovní podmínky, zahrnujícím předchozí ocenění charakteru a rozsahu možného ohrožení zdraví radiačních pracovníků, rizik spojených s připravovanou radiační činností a pravidelným přehodnocováním podle zkušeností z provozu,
- b) **zavedením systému jakosti** v souladu s požadavky stanovenými prováděcím právním předpisem,
- c) **klasifikací používaných zdrojů ionizujícího záření, kategorizací pracovišť a kategorizací radiačních pracovníků,**
- d) **informováním pracovníků o riziku** jejich práce a zajištěním systému jejich vzdělávání a ověřování jejich způsobilosti podle významu jimi vykonávané práce,

- e) **vymezováním sledovaných a kontrolovaných pásem** se zřetelem na odhad očekávaného ozáření při běžném provozu a pravděpodobnost a rozsah potenciálního ozáření,
- f) prováděním regulačních opatření a **monitorováním pracovních podmínek a popřípadě i osobním monitorováním**,
- g) **lékařským dohledem** nad radiačními pracovníky,
- h) **zabezpečením soustavného dohledu** nad radiační ochranou,
- i) **vybavením pracoviště** přístroji, zařízeními a pomůckami v množství a kvalitě dostatečné k zabezpečení všech měření uvedených v programu monitorování, ve vnitřním havarijním plánu, v programu zabezpečování jakosti a k zabezpečení všech měření prováděných v rámci zkoušek provozní stálosti, případně v podmínkách povolení k nakládání stanovených SÚJB, a jejich udržování v řádném technickém stavu,
- j) vybavením radiačních pracovníků **osobními ochrannými pracovními prostředky**

Vyhláška č.307/2002 Sb.

Upravuje:

- a) podrobnosti ke způsobu a rozsahu **zajištění radiační ochrany** při práci na pracovištích, kde se vykonávají radiační činnosti, včetně podrobností pro vymezení, označování a oznamování nebo schvalování sledovaných nebo kontrolovaných pásem na těchto pracovištích,
- b) podrobnosti k **vykonávání činností** v souvislosti s výkonem práce, které jsou spojeny **se zvýšenou přítomností přírodních radionuklidů** nebo se zvýšeným vlivem kosmického záření a vedou nebo by mohly vést k významnému zvýšení ozáření fyzických osob tím, že stanoví dotčená pracoviště a osoby, rozsah měření a směrné hodnoty pro zásahy ke snížení zvýšeného ozáření z přírodních zdrojů,
- c) podrobnosti o pravidlech pro **přípravu a provádění zásahů k odvrácení nebo snížení ozáření** a stanoví směrné hodnoty pro tyto zásahy,
- d) **zprošťovací úrovně, uvolňovací úrovně, limity ozáření, optimalizační meze, mezní hodnoty** obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech a vodách a nejvyšší přípustné úrovně radioaktivní kontaminace potravin,
- e) podrobnosti ke **klasifikaci zdrojů ionizujícího záření a kategorizaci radiačních pracovníků a pracovišť**, kde se vykonávají radiační činnosti,
- f) technické a organizační požadavky, postupy a směrné hodnoty k prokázání **optimalizace radiační ochrany**,

- g) **rozsah a způsob nakládání se zdroji ionizujícího záření, nakládání s radioaktivními odpady a uvádění radionuklidů do životního prostředí**, k nimž je třeba povolení, a upravuje podrobnosti pro zajištění radiační ochrany při těchto radiačních činnostech,
- h) **podmínky lékařského ozáření**, diagnostické referenční úrovně a pravidla pro ozáření fyzických osob dobrovolně pomáhajících osobám podstupujícím lékařské ozáření,
- i) stanoví **technické a organizační podmínky bezpečného provozu zdrojů ionizujícího záření** a pracovišť s nimi, včetně vysokoaktivních a opuštěných zářičů
- j) vymezuje veličiny, parametry a skutečnosti důležité z hlediska radiační ochrany, stanoví rozsah jejich sledování, měření, hodnocení, ověřování, zaznamenávání, evidence a způsob předávání údajů Státnímu úřadu pro jadernou bezpečnost.
- Tato vyhláška se nevztahuje na ozáření z přírodního pozadí, to je na radionuklidy obsažené přirozeně v lidském těle, na kosmické záření, které je běžné na zemském povrchu, nebo na záření způsobené radionuklidy přítomnými v lidskou činností neporušené zemské kůře a na jiná ozáření z přírodních zdrojů ionizujícího záření nemodifikovaná lidskou činností.

Základní pojmy

Pro účely této vyhlášky se rozumí

- **1) aplikujícím odborníkem** - lékař, zubní lékař nebo jiný zdravotnický pracovník, který v rozsahu své kvalifikace dané zákonem č. 95/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání odborné způsobilosti a specializované způsobilosti k výkonu zdravotnického povolání lékaře, zubního lékaře a farmaceuta, ve znění zákona č. 125/2005 Sb. má klinickou odpovědnost za lékařské ozáření,
- **2) generátorem záření** - zařízení nebo přístroj vysílající ionizující záření, jehož součásti pracují při rozdílu potenciálu vyšším než 5 kV, zejména rentgenová zařízení a urychlovače částic,
- **3) indikujícím lékařem** - lékař indikující lékařské ozáření podle vyhlášky č. 424/2004 Sb., kterou se stanoví činnosti zdravotnických pracovníků a jiných odborných pracovníků,
- **4) klinickou odpovědností** - klinická odpovědnost za lékařské ozáření ve smyslu vyhlášky č. 424/2004 Sb.,
- **5) klinickým auditem** - systematické ověřování a hodnocení lékařských radiologických postupů za účelem zlepšení kvality a výsledků péče o pacienta, přičemž radiologické činnosti, postupy a výsledky jsou srovnávány se zveřejněnými lékařskými radiologickými postupy,

- **6) kosmickým zářením** - ionizující záření kosmického původu,
- **7) lékařským dohledem** - sledování zdravotní způsobilosti a vývoje zdravotního stavu u pracovníků kategorie A z hledisek případných vlivů ionizujícího záření na jejich zdraví vykonávané v rámci závodní preventivní péče,
- **8) monitorováním** - cílené měření veličin charakterizujících ozáření, pole záření nebo radionuklidy a hodnocení výsledků těchto měření pro účely usměrňování ozáření,
- **9) oprávněnou dozimetrickou službou** - osoba, která provádí na vlastní odpovědnost odečet nebo výklad hodnot registrovaných osobními dozimetry nebo jiná hodnocení vnějšího ozáření nebo která provádí měření radioaktivity v lidském těle nebo v biologických vzorcích nebo hodnocení vnitřního ozáření, které dovolí určit roční efektivní dávku nebo její úvazek, a která je držitelem povolení,
- **10) oprávněným lékařem** - lékař zdravotnického zařízení, které poskytuje zaměstnavateli závodní preventivní péči pro pracovníky kategorie A,
- **11) osobními dávkami** - souhrnné označení pro veličiny charakterizující míru zevního i vnitřního ozáření jednotlivé osoby, zejména efektivní dávku, úvazek efektivní dávky a ekvivalentní dávky v jednotlivých orgánech nebo tkáních; osobní dávky se měří osobními dozimetry,

- **12) otevřeným radionuklidovým zářičem** - radionuklidový zářič, který není uzavřeným radionuklidovým zářičem,
- **13) pracovištěm s otevřenými zářiči** - pracoviště, kde je nakládáno s otevřenými radionuklidovými zářiči,
- **14) pracovním místem** - část pracoviště jednoznačně charakterizovaná svými ochrannými (izolačními, ventilačními a stínícími) vlastnostmi, vymezená prostorově nebo technologicky (pracovní stůl, aplikační nebo vyšetřovací box, digestoř, hermetizovaná podtlaková skříň ap.), kde mohou být prováděny samostatné práce se zdroji ionizujícího záření; v jedné místnosti může být více pracovních míst, pokud každé tvoří z hlediska organizace práce samostatný celek,
- **15) přírodním zdrojem ionizujícího záření** - zdroj ionizujícího záření pozemského nebo kosmického původu,
- **16) radioaktivní kontaminací** - znečištění jakéhokoli materiálu či jeho povrchu, prostředí nebo osoby radioaktivní látkou; pokud jde o lidské tělo, zahrnuje jak zevní kontaminaci kůže, tak vnitřní kontaminaci bez ohledu na cestu příjmu,

- **17) radiologickým fyzikem** - zdravotnický pracovník s odbornou způsobilostí k výkonu povolání radiologického fyzika podle *zákona č. 96/2004 Sb., o podmínkách získávání a uznávání způsobilosti k výkonu nelékařských zdravotnických povolání a k výkonu činností souvisejících s poskytováním zdravotní péče a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o nelékařských zdravotnických povoláních)*, ve znění *zákona č. 125/2005 Sb.*
- **18) radiologickým zařízením** - zdravotnický prostředek (podle *zákona č. 123/2000 Sb., o zdravotnických prostředcích a o změně některých souvisejících zákonů*) používaný k vyšetřování nebo léčbě v nukleární medicíně, radioterapii nebo radiodiagnostice, který je zároveň zdrojem ionizujícího záření nebo který může ovlivnit ozáření pacientů nebo jiných osob podstupujících lékařské ozáření,
- **19) radiologickými postupy** - jakékoli postupy týkající se lékařského ozáření v nukleární medicíně, radioterapii nebo radiodiagnostice,
- **20) radionuklidem** - druh atomů, které mají stejný počet protonů, stejný počet neutronů, stejný energetický stav a které podléhají samovolné změně ve složení nebo stavu atomových jader,

- **21) radionuklidovým zářičem** - zdroj ionizujícího záření obsahující radioaktivní látky,,
- **22) radiodiagnostickým** - vztahujícím se k radiodiagnostice v nukleární medicíně in vivo, lékařské diagnostické radiologii a stomatologické diagnostické radiologii,
- **22) radioterapeutickým** - vztahujícím se k radioterapii, včetně nukleární medicíny pro terapeutické účely,
- **23) urychlovačem částic** - generátor záření o energii vyšší než 1 MeV, ve kterém jsou urychlovány částice,
- **24) umělým zdrojem ionizujícího záření** - zdroj ionizujícího záření jiný než přírodní zdroj ionizujícího záření,
- **25) uzavřeným radionuklidovým zářičem** - radionuklidový zářič, jehož úprava, například zapouzdřením nebo ochranným překryvem, zabezpečuje zkouškami ověřenou těsnost a vylučuje tak, za předvídatelných podmínek použití a opotřebování, únik radionuklidů ze zářiče,
- **26) vnitřním ozářením** - ozáření osoby ionizujícím zářením z radionuklidů vyskytujících se v těle této osoby, zpravidla jako důsledek příjmu radionuklidů požitím nebo vdechnutím

- **27) výpustí** - kapalná nebo plynná látka vypouštěná do životního prostředí, která obsahuje radionuklidy v množství nepřevyšujícím uvolňovací úroveň nebo vypouštěná do životního prostředí za podmínek uvedených v povolení k uvádění radionuklidů do životního prostředí,
- **28) zevním ozářením** - ozáření osoby ionizujícím zářením ze zdrojů ionizujícího záření, které se nacházejí mimo ni,
- **29) zneškodňováním radioaktivních odpadů** - umístění radioaktivních odpadů na úložiště nebo na určité místo bez úmyslu je znovu použít; zneškodňování zahrnuje rovněž oprávněné uvolnění radioaktivního odpadu přímo do životního prostředí a jeho následný rozptyl.
- **30) nevyužívaným zdrojem** - zdroj ionizujícího záření, který se již k činnosti, pro niž bylo Úřadem vydáno povolení podle § 9 odst. 1 písm. i) zákona, nevyužívá a jehož další využití k této činnosti se nepředpokládá,
- **31) uznaným skladem** - pracoviště oprávněné SÚJB ke shromažďování nebo dlouhodobému skladování radionuklidových zářičů, popřípadě k jejich přepracování

Kritéria pro klasifikaci zdrojů

- § 4/307
- Zdroje ionizujícího záření se podle vzestupného ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením klasifikují jako **nevýznamné, drobné, jednoduché, významné a velmi významné**, a to na základě:
 - a) příkonu dávkového ekvivalentu,
 - b) technické úpravy a způsobu provedení,
 - c) aktivity a hmotnostní aktivity radionuklidových zářičů, zpravidla ve vztahu ke zprošťovacím úrovním,
 - d) možnosti úniku radionuklidů z radionuklidových zářičů,
 - e) možnosti vzniku radioaktivních odpadů a náročnosti jejich zneškodnění,
 - f) typického způsobu nakládání a související míry možného ozáření,
 - g) potenciálního ohrožení plynoucího z předvídatelných poruch a odchylek od běžného provozu, neoprávněného použití, nebo nesprávného použití
 - h) rizika vzniku radiační nehody nebo havárie, závažnosti následků takové události a možnosti zásahů.

Významné zdroje

- a) generátor záření určený k radioterapii nebo radiodiagnostice v humánní medicíně, kromě kostních denzitometrů, kabinových rentgenových zařízení a zubních rentgenových zařízení,
- b) urychlovač částic, u něhož s ohledem na typický způsob nakládání s ním, související míru možného ozáření a potenciální riziko plynoucí z předvídatelných poruch a odchylek od běžného provozu bylo toto zařazení potvrzeno v rámci typového schvalování,
- c) zdroj ionizujícího záření určený k radioterapii protony, neutrony a jinými těžkými částicemi,
- d) zařízení obsahující uzavřené radionuklidové zářiče určené k radioterapii, včetně brachyterapie,
- e) radionuklidový ozařovač pro ozařování potravin a surovin nebo jiný stacionární průmyslový ozařovač,
- f) mobilní defektoskop s uzavřenými radionuklidovými zářiči,

Velmi významné zdroje

- a/jaderný reaktor.

Kritéria pro kategorizaci pracovišť

Pracoviště, kde se vykonávají radiační činnosti, se kromě pracovišť, kde se používají výhradně nevýznamné nebo typově schválené drobné zdroje ionizujícího záření, kategorizují vzestupně podle ohrožení zdraví a životního prostředí ionizujícím zářením na pracoviště **I., II., III. a IV. kategorie** na základě:

- a) klasifikace zdrojů ionizujícího záření, o nichž se předpokládá, že se s nimi bude na pracovišti nakládat,
- b) očekávaného běžného provozu pracoviště a související míry možného ozáření pracovníků a obyvatelstva,
- c) zaměření radiační činnosti a náročnosti na zajištění radiační ochrany a jakosti při této činnosti,
- d) vybavení a zajištění pracoviště pro bezpečnou práci se zdroji ionizujícího záření, zejména ochrannými pomůckami, izolačními a stínícími zařízeními, provedením ventilace a kanalizace,
- e) možnosti radioaktivní kontaminace pracoviště nebo jeho okolí radionuklidy,
- f) možnosti vzniku radioaktivních odpadů a náročnosti jejich zneškodnění,
- g) potenciálního ohrožení plynoucího z předvídatelných poruch a odchylek od běžného provozu,
- h) rizika vzniku radiační nehody nebo havárie, závažnosti následků takové události a možnosti zásahů.

Pracoviště I. kategorie

- a) pracoviště s drobnými typově neschválenými zdroji ionizujícího záření,
- b) pracoviště s kostním denzitometrem,
- c) pracoviště s veterinárním, zubním nebo kabinovým rentgenovým zařízením,
- d) pracoviště s indikačním nebo měřicím zařízením obsahujícím uzavřený radionuklidový zářič, na nichž charakter radiační činnosti nevyžaduje vymezení kontrolovaného pásma
- e) pracoviště s technickým rentgenovým zařízením, na němž charakter radiační činnosti nevyžaduje vymezení kontrolovaného pásma,
- f) pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči, pokud vybavení izolačními a ventilačními zařízeními a úroveň provedení kanalizace splňuje příslušné minimální požadavky

Pracoviště II. kategorie

- a) pracoviště s jednoduchým zdrojem ionizujícího záření, které není pracovištěm I. kategorie,
- b) pracoviště s rentgenovým zařízením určeným k radiodiagnostice nebo radioterapii, kromě kostních denzitometrů, kabinových a zubních rentgenových zařízení a kromě veterinárních rentgenových zařízení,
- c) pracoviště s mobilním defektoskopem s uzavřeným radionuklidovým zářičem,
- d) pracoviště s mobilním ozařovačem s uzavřeným radionuklidovým zářičem,
- e) pracoviště s indikačními nebo měřicími zařízeními obsahujícími uzavřené radionuklidové zářiče, na nichž charakter radiační činnosti vyžaduje vymezení kontrolovaného pásma,
- f) pracoviště s technickými rentgenovými zařízeními, na nichž charakter radiační činnosti vyžaduje vymezení kontrolovaného pásma,
- g) pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči, pokud vybavení izolačními a ventilačními zařízeními a úroveň provedení kanalizace splňuje příslušné minimální požadavky
- h) pracoviště s kompaktním mimotělním ozařovačem krve s uzavřeným radionuklidovým zářičem.

Pracoviště III. Kategorie

- a) pracoviště s urychlovačem částic,
- b) pracoviště se zařízením obsahujícím uzavřený radionuklidový zářič určené k radioterapii, včetně brachyterapie, klasifikovaným jako významný zdroj,
- c) uznaný sklad,
- d) pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči, pokud vybavení izolačními a ventilačními zařízeními a úroveň provedení kanalizace splňuje příslušné minimální požadavky
- e) pracoviště se stacionárním průmyslovým ozařovačem určeným k ozařování potravin a surovin, předmětů běžného užívání nebo jiných materiálů,
- f) pracoviště pro těžbu a zpracování uranové rudy zahrnující těžbu, úpravu, nakládání s koncentrátem, provoz dekontaminačních stanic, shromažďování produktů hornické činnosti na odvalech a v kalových polích.

Pracoviště IV. kategorie

- a) jaderné zařízení
- b) úložiště radioaktivních odpadů
- c) pracoviště s otevřenými radionuklidovými zářiči, které s ohledem na vysoké aktivity zpracovávají současně na jednom pracovním místě, na typický způsob provozu pracoviště a související míru možného ozáření a potenciální riziko plynoucí z předvídatelných odchylek od běžného provozu, z nehod nebo havárií nelze zařadit do nižší kategorie,
- d) sklad vyhořelého nebo ozářeného jaderného paliva.

Kategorizace radiačních pracovníků § 16/307

1. Pro účely monitorování a lékařského dohledu se radiační pracovníci podle ohrožení zdraví ionizujícím zářením zařazují do kategorie A nebo B na základě očekávaného ozáření za běžného provozu a při předvídatelných poruchách a odchylkách od běžného provozu, s výjimkou ozáření v důsledku radiační nehody nebo havárie.
2. **Pracovníky kategorie A jsou radiační pracovníci, kteří by mohli obdržet efektivní dávku vyšší než 6 mSv ročně nebo ekvivalentní dávku vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny**

Sledované pásmo § 29/307

1. Sledované pásmo se vymezuje všude tam, kde se očekává, že efektivní dávka by mohla být vyšší než 1 mSv ročně nebo ekvivalentní dávka by mohla být vyšší než jedna desetina limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny.
2. Sledované pásmo se zpravidla vymezuje na všech pracovištích I. až IV. Kategorie.
3. Sledované pásmo se vymezuje jako ucelená a jednoznačně určená část pracoviště, zpravidla stavebně oddělená. Na vchodech nebo ohrazení se sledované pásmo označuje upozorněním "Sledované pásmo se zdroji ionizujícího záření", případně i znakem radiačního nebezpečí a údaji o charakteru zdrojů a rizik s nimi spojených.
4. Ve sledovaném pásmu se zajišťuje pouze monitorování pracoviště, pokud není v programu monitorování stanoveno jinak.
5. Provozovatel sledovaného pásma neprodleně oznámí SÚJB každé pracoviště, na němž sledované pásmo vymezil, včetně popisu očekávané radiační činnosti a zdrojů ionizujícího záření, které mají být používány. Provozovatel sledovaného pásma také neprodleně oznámí SÚJB, dojde-li ke změnám vymezení sledovaného pásma nebo k jeho zrušení.

Kontrolované pásmo § 30/307

Kontrolované pásmo se vymezuje všude tam, kde by efektivní dávka mohla být vyšší než 6 mSv ročně nebo kde by ekvivalentní dávka mohla být vyšší než tři desetiny limitu ozáření pro oční čočku, kůži a končetiny.

1. Kontrolované pásmo se vymezení tam, kde se očekává, že
 - a) příkon dávkového ekvivalentu ze zevního ozáření na pracovním místě bude v průměru za rok při běžném provozu zdroje záření vyšší než 2,5 $\mu\text{Sv/h}$,
 - b) součet součinů objemových aktivit jednotlivých radionuklidů v ovzduší na pracovišti a konverzních faktorů h_{inh} pro příjem vdechnutím radiačním pracovníkem podle přílohy č. 3 bude v průměru za rok větší než 2,5 $\mu\text{Sv} \cdot \text{m}^{-3}$,
 - c) radioaktivní kontaminace povrchů na pracovních místech bude vyšší než směrné hodnoty povrchové aktivity pro radioaktivní kontaminaci povrchů v kontrolovaném pásmu pracovišť s otevřenými zářiči

2. Kontrolované pásmo se vymezuje jako ucelená a jednoznačně určená část pracoviště, zpravidla stavebně oddělená, a s takovým zajištěním, aby do ní nemohly vstoupit nepovolané osoby. Na vchodech nebo ohraničení se kontrolované pásmo označuje znakem radiačního nebezpečí a upozorněním "Kontrolované pásmo se zdroji ionizujícího záření, vstup nepovolaným osobám zakázán", případně i údaji o charakteru zdrojů a rizik s nimi spojených.

3. Do kontrolovaného pásma mohou vstupovat jen osoby poučené o tom, jak se tam mají chovat, aby neohrozily zdraví své ani zdraví ostatních osob. U radiačních pracovníků se takové poučení uskutečňuje v rámci jejich přípravy prokazatelným způsobem a nejméně jednou ročně.

4. Do kontrolovaného pásma nesmí vstupovat těhotné ženy a osoby mladší 18 let, kromě pacientů, kteří se na těchto pracovištích mají podrobit lékařskému ozáření, a kromě osob, které na těchto pracovištích pracují nebo se připravují na výkon povolání se zdroji ionizujícího záření.

5. K výkonu práce v kontrolovaných pásmech se zařazují jen pracovníci kategorie A. Ostatní osoby mohou v kontrolovaném pásmu pracovat nebo pobývat jen v případě, že provozovatel kontrolovaného pásma zajistí takové podmínky, že jejich ozáření nepřekročí obecné limity.

6. Pro pobyt v kontrolovaném pásmu se každý vybavuje ochrannými pracovními pomůckami přiměřenými způsobu své činnosti nebo důvodům svého pobytu v tomto pásmu.

7. Pro pobyt radiačních pracovníků v kontrolovaném pásmu se zajišťuje osobní monitorování v rozsahu stanoveném v programu monitorování. Všichni pracovníci kategorie A musí být vybaveni osobními dozimetry. Jestliže příkon dávkového ekvivalentu v kontrolovaném pásmu může překročit 1 mSv/h, musí být radiační pracovníci vstupující do kontrolovaného pásma vybaveni rovněž operativními (signálními, přímoodečítacími nebo jinými v programu monitorování schválenými) osobními dozimetry; tato ustanovení se na pracovištích III. a IV. kategorie vztahují na každou osobu, kromě osob, které vstupují do kontrolovaného pásma zdravotnického pracoviště, aby se tam podrobily léčení nebo vyšetření s použitím zdrojů ionizujícího záření.

8. V kontrolovaném pásmu pracovišť IV. kategorie a v kontrolovaném pásmu pracovišť s otevřenými radionuklidovými zářiči III. kategorie a II. kategorie, pokud není v podmínkách povolení stanoveno jinak, se pracuje po převléknutí a při výstupu z nich se provádí kontrola radioaktivní kontaminace, v případě potřeby i osobní očista.

Uvolňovací úrovně

Uvádět do životního prostředí bez předchozího povolení SÚJB lze materiály, látky a předměty obsahující radionuklidy nebo jimi kontaminované za podmínek, že

a) při vypouštění odpadních vod do povrchových vod v žádném metru krychlovém vypouštěné vody není součet součinů průměrných objemových aktivit jednotlivých vypouštěných radionuklidů a maximálních konverzních faktorů h_{ing} pro příjem těchto radionuklidů požitím dospělým jednotlivcem z obyvatelstva větší než $10^{-4} \text{ Sv}\cdot\text{m}^{-3}$,

b) při vypouštění odpadních vod do kanalizace pro veřejnou potřebu v žádném metru krychlovém vypouštěné vody není součet součinů průměrných objemových aktivit jednotlivých vypouštěných radionuklidů a maximálních konverzních faktorů h_{ing} pro příjem těchto radionuklidů požitím dospělým jednotlivcem z obyvatelstva větší než $10^{-2} \text{ Sv}\cdot\text{m}^{-3}$, pokud není kanalizačním řádem stanoveno jinak,

c) při vypouštění do ovzduší v žádném metru krychlovém vypouštěné plynné látky není součet součinů průměrných objemových aktivit jednotlivých vypouštěných radionuklidů a konverzních faktorů h_{inh} pro příjem těchto radionuklidů vdechováním dospělým jednotlivcem z obyvatelstva větší než $10^{-7} \text{ Sv}\cdot\text{m}^{-3}$,

Náležitosti programu monitorování § 73/307

Program monitorování má podle způsobu a rozsahu nakládání se zdroji ionizujícího záření nebo s radioaktivními odpady zpravidla tyto části:

- a) monitorování pracoviště,
- b) osobní monitorování,
- c) monitorování výpustí,
- d) monitorování okolí

Program monitorování musí zahrnovat monitorování pro běžný provoz, pro předvídatelné odchylky od běžného provozu i pro případy radiačních nehod a radiačních havárií

- a) vymezení veličin, které budou monitorovány, způsob, rozsah a frekvence měření,
- b) návody na vyhodnocování výsledků měření,
- c) hodnoty referenčních úrovní a přehled příslušných opatření při jejich překročení,
- d) specifikaci metod měření,
- e) specifikaci používaných typů měřicích přístrojů a pomůcek a jejich parametrů.

Referenční úrovně § 75/307

V programu monitorování se vymezují referenční úrovně, což jsou hodnoty nebo kritéria rozhodné pro určité předem stanovené postupy nebo opatření.

1. Referenční úrovně, při jejichž překročení je třeba údaj zaznamenávat a evidovat, se označují jako záznamové úrovně. Záznamové úrovně oddělují hodnoty zasluhující pozornost od hodnot bezvýznamných. **Záznamové úrovně** se zpravidla stanovují jako odpovídající jedné desetině limitů a metody monitorování se volí tak, aby nejmenší detekovatelná hodnota měřené veličiny radiační ochrany byla menší než takto stanovená záznamová úroveň.
2. Referenční úrovně, jejichž překročení je podnětem k následnému šetření o příčinách a možných důsledcích zjištěného výkyvu sledované veličiny radiační ochrany, se označují jako vyšetřovací úrovně. **Vyšetřovací úrovně** se zpravidla stanovují jako odpovídající třem desetinám limitů ozáření nebo jako horní mez obvykle se vyskytujících hodnot.
3. Referenční úrovně, jejichž překročení je podnětem k zahájení nebo zavedení opatření ke změně zjištěného výkyvu sledované veličiny radiační ochrany, se označují jako **zásahové úrovně**. U zásahových úrovní vymezených v programu monitorování se uvádí také přesně, o jaký zásah se jedná a jakým postupem se o něm rozhoduje. Pro jednotlivou měřenou veličinu nebo parametr může být stanoveno i několik na sebe navazujících zásahových úrovní, odpovídajících navazujícím zásahům postupně významnějším podle toho, jak roste význam zjištěného výkyvu sledované veličiny.

Monitorování pracoviště § 76/307

1. Monitorování pracoviště se uskutečňuje sledováním, měřením, hodnocením a zaznamenáváním veličin a parametrů charakterizujících pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů na pracovišti, zejména příkonů dávkového ekvivalentu na pracovišti, objemových aktivit v ovzduší pracoviště a plošných aktivit na pracovišti. Zavádí se na všech pracovištích I. až IV. kategorie kromě pracovišť I. kategorie, kde se používají výhradně drobné zdroje ionizujícího záření.
2. Při zahájení prací a při změnách v pracovních postupech nebo při změnách způsobu radiační ochrany se ověřuje účinnost radiační ochrany před zevním i vnitřním ozářením podrobným měřením příkonu dávkového ekvivalentu, objemových aktivit a dalších veličin u zdrojů ionizujícího záření, míst práce s nimi a v místech možného pobytu pracovníků.
3. Monitorování radioaktivní kontaminace se volí na pracovištích s otevřenými zářiči tak, aby umožnilo signalizovat provozní odchylky od běžného provozu, nedostatečnou funkci nebo selhání bariér bránících rozptylu radioaktivních látek.
4. Pravidelné monitorování ovzduší soustavným měřením objemových aktivit radionuklidů v ovzduší se vždy zavádí na pracovních místech IV. kategorie a těch pracovištích s otevřenými zářiči III. kategorie, u nichž je to vyžadováno SÚJB v podmínkách povolení.

Monitorování osobní § 77/307

1. Osobní monitorování slouží k určení osobních dávek sledováním, měřením a hodnocením individuálního zevního i vnitřního ozáření jednotlivých osob zpravidla osobními dozimetry.
2. Osobní monitorování osobními dozimetry se zajišťuje pro všechny pracovníky kategorie A a pro osoby, které podle vnitřního havarijního plánu na pracovišti zasahují při radiačních nehodách nebo při živelních pohromách, pokud není stanoveno jinak v podmínkách povolení nebo schváleném programu monitorování. Pro pracovníky kategorie A je kontrolní období pro vyhodnocování osobního dozimetru 1 měsíc. Vyhodnocování osobních dozimetrů provádí oprávněná dozimetrická služba.
3. Osobní dozimetr se nosí na přední levé straně hrudníku ("referenční místo"), pokud není v programu monitorování stanoveno jinak. Při používání ochranné stínicí zástěry se nosí vně zástěry. V případě překročení vyšetřovací úrovně stanovené ve schváleném programu monitorování se osobní dávkový ekvivalent naměřený vně zástěry sníží o hodnotu odpovídající zeslabení v zástěře. Když dozimetr umístěný na referenčním místě nedovoluje odhad efektivní dávky a ekvivalentní dávky v orgánech a tkáních, pro které jsou stanoveny limity, je pracovník vybaven dalším dozimetrem, který svými vlastnostmi nebo umístěním takový odhad umožní.

4. Osobní dozimetr musí měřit všechny druhy záření podílející se na zevním ozáření pracovníka při nakládání se zdroji ionizujícího záření. Když tuto podmínku nesplní jeden dozimetr, pracovník se vybavuje dalšími dozimetry, pokud není v programu monitorování povolen jiný způsob monitorování.
5. Na pracovištích, kde nelze vyloučit radiační nehodu v důsledku jednorázového zevního ozáření, jsou radiační pracovníci vybavováni operativními dozimetry, které překročení nastavené úrovně jsou schopny přímo signalizovat. Může-li zdroj ionizujícího záření způsobit jednorázovým ozářením překročení pětinasobku limitů pro radiační pracovníky, musí monitorování umožnit stanovení dávek a jejich distribuce v těle pracovníků včetně rekonstrukce nehody.
6. Na pracovištích, kde může dojít k vnitřnímu ozáření pracovníků, se příjmy radionuklidů, popřípadě úvazky efektivní dávky od vnitřního ozáření jednotlivých pracovníků zjišťují zpravidla měřením aktivity radionuklidů v těle pracovníka nebo v jeho exkretech a převádí se na příjem pomocí modelů dýchacího traktu, zažívacího traktu a kinetiky příslušných prvků. Při práci s otevřenými radionuklidovými zářiči je měření aktivity radionuklidů v těle pracovníka nebo v jeho exkretech požadováno na pracovištích IV. kategorie vždy a na pracovištích III. kategorie, je-li tak stanoveno v programu monitorování.

7. V případě podezření, že došlo k neplánovanému jednorázovému ozáření pracovníka, provádí se okamžitě vyhodnocení osobních dozimetrů a dozimetrické hodnocení dané události.
8. Radiačním pracovníkům musí zaměstnavatel zajistit, aby měli na požádání přístup k výsledkům svého osobního monitorování včetně výsledků měření, na jejichž základě byly odhadnuty dávky, nebo k odhadům jejich dávek provedených na základě monitorování pracoviště.

Osobní dozimetry



Operativní dozimetry



Monitorování výpustí § 78/307

1. Monitorování výpustí a jiných cest uvolňování radioaktivních látek do životního prostředí se uskutečňuje sledováním, měřením, zaznamenáváním a hodnocením veličin a parametrů charakterizujících uvolňované látky, zejména jejich celkovou, hmotnostní nebo objemovou aktivitu. Zavádí se na všech pracovištích, kde dochází ke zneškodňování látek znečištěných radionuklidy jejich řízeným uvolňováním nebo kde existuje možnost úniku závažného množství radionuklidů do okolí. Slouží ke kontrole dodržování povolených výpustí nebo podmínek povolení a k včasnému zjištění a zhodnocení případných úniků a jejich důsledků na obyvatelstvo v okolí pracoviště a na životní prostředí.
2. Monitorování výpustí a jiných cest uvolňování radioaktivních látek do životního prostředí z pracovišť IV. kategorie a z těch pracovišť III. kategorie, u nichž je to vyžadováno SÚJB v podmínkách povolení, zahrnuje jak soustavné bilanční měření všech radionuklidů, které se nezanedbatelně podílejí na ozáření obyvatelstva, tak i nepřetržité měření reprezentativních radionuklidů, které je schopné rychle signalizovat odchylky od běžného provozu. Existuje-li možnost nepřípustných úniků radionuklidů do ovzduší, zajišťuje se také soustavné monitorování všech potenciálních cest těchto úniků.

Monitorování okolí pracoviště § 79/307

1. Monitorování okolí pracoviště se uskutečňuje sledováním, měřením, hodnocením a zaznamenáváním veličin a parametrů charakterizujících pole ionizujícího záření a výskyt radionuklidů v okolí pracoviště, zejména dávkových příkonů, aktivit, objemových aktivit a hmotnostních aktivit. Zavádí se na všech pracovištích IV. kategorie a na těch pracovištích III. kategorie, u nichž je to vyžadováno SÚJB v podmínkách povolení, kde existuje možnost úniku závažného množství radionuklidů do okolí. Slouží ke kontrole dodržování povolených výpustí a k včasnému zjištění a zhodnocení případných úniků a jejich důsledků na obyvatelstvo v okolí pracoviště a na životní prostředí a za běžného provozu slouží pro potvrzování bezpečnosti provozu ve vztahu k okolí.
2. Monitorování okolí se zabezpečuje sítí předem vybraných pozorovacích bodů a tras, v nichž se na základě měření dávkových ekvivalentů od zevního ozáření a na základě odběrů vzorků a stanovení obsahu radionuklidů v ovzduší, vodotečích a ve vybraných složkách životního prostředí a v potravinách vypočítává velikost a rozložení efektivních dávek a jejich úvazků.
3. Monitorování okolí pracoviště se zahajuje 1 až 2 roky před jejich uvedením do provozu. Cílem tohoto předprovozního monitorování je jak získání podkladů o původním stavu okolí budoucího zdroje, tak předprovozní ověření programu monitorování. Rozsah a obsah předprovozního monitorování je součástí předprovozní bezpečnostní zprávy.
4. Monitorování uskutečňované v rámci celostátní radiační monitorovací sítě upravuje *vyhláška č. 319/2002 Sb., o funkci a organizaci celostátní radiační monitorovací sítě a nařízení vlády č. 11/1999 Sb., o zóně havarijního plánování*

Co se sleduje ve vzorcích životního prostředí (např. v okolí jaderných zařízení)

Dávkové příkony gama

Kvalitativní a kvantitativní stanovení radionuklidů:

- Vzduch ^{131}J , ^{134}Cs , ^{137}Cs
- Voda ^3H , ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{131}J , ^{134}Cs , ^{137}Cs
- Mléko ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{131}J , ^{134}Cs , ^{137}Cs
- Maso ^{134}Cs , ^{137}Cs
- Ostatní potraviny ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs
- Vegetace ^{89}Sr , ^{90}Sr , ^{95}Zr , ^{95}Nb , ^{103}Ru , ^{131}J , ^{134}Cs , ^{137}Cs ,
 ^{141}Ce , ^{144}Ce
- Půda ^{90}Sr , ^{134}Cs , ^{137}Cs , ^{238}Pu , $^{239+240}\text{Pu}$, ^{241}Am , ^{242}Cm

Více než 50 % kolektivního dávkového úvazku je z globálního rozptýlení
 ^{14}C , ^{85}Kr , ^3H