

Rozdělení záření:

Ionizující záření
způsobuje ionizaci,
 $\lambda < 2500 \text{ \AA}$

Neionizující záření
ionizaci nezpůsobuje,
• $\lambda > 0,3 \text{ mm}$ nebo koherentní vlny)



Rozdělení záření:

Ionizující záření - α , β , γ

Kosmické záření
 Sluneční záření- UV,...
 Přírodní radioizotopy
 Urychlovače
 Jaderné zbraně, reaktory

IZ je takové záření, jehož kvanta mají natolik **vysokou energii**, že jsou schopny vyrážet elektrony z atomů a tím způsobovat **ionizaci v** látkovém prostředí.



Rozdělení záření:

Neionizující záření

Viditelné světlo
 UV, IR, Laser záření
 Radiové vlny, mikrovlny
 El. Pole
 Magnet. Pole
 el.mg. Pole
 Ss a st proudy



Účinky neionizujícího záření:

Tepelné

Vyvolané třením při pohybových jevech atomů, molekul i celých buněk

Netepelné

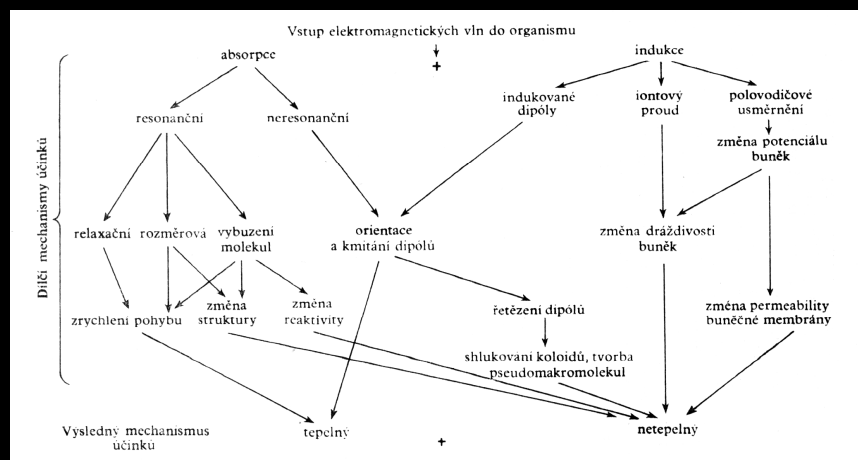
Specifické jevy ovlivňující funkci buněk (stav na membránách, metabolismus buněk ...)



Mechanismy účinků neionizujícího záření:

Absorpce - vede k tepelným jevům

Indukce - na vodivých drahách (cévy, nervové dráhy)





Řešení modelu, vliv oděvu:

Trojvrstva "kůže - tuk - sval"

•Tloušťky:

- kůže: 0,1 až 0,5 cm
- tuk: 0,6 až 1,95 cm
- sval: při tloušťce $> 23 \text{ cm} \rightarrow \infty$

•Rozložení energie:

- absorpce: 70 - 75 %
- interní odraz: 25 - 20 %
- odraz od kůže: při vf a vvf zanedbáváme

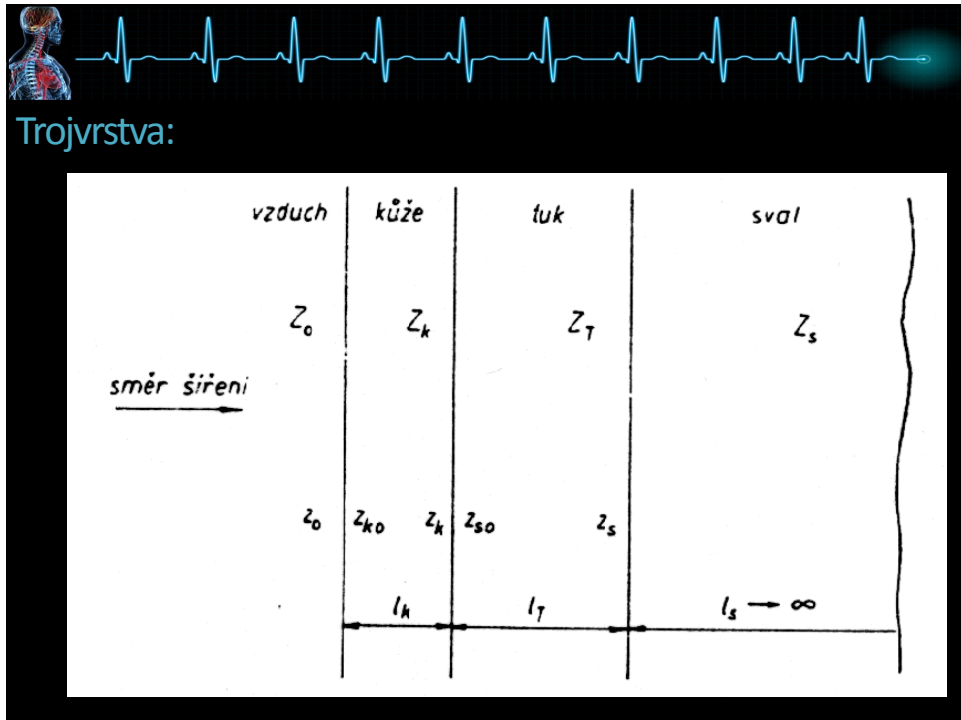


Trojvrstva:

•Zjednodušený model „svalovec“

(tloušťka svalů je 23 cm nebo ∞)

- Vliv oděvu - pokles dopadající energie až o 25%



The diagram illustrates the acoustic properties of different tissue layers. It is divided into four vertical sections representing different media: *vzduch* (air), *kůže* (skin), *tuk* (fat), and *sval* (muscle). The top row shows the characteristic acoustic impedance for each medium: Z_0 for air, Z_k for skin, Z_T for fat, and Z_s for muscle. An arrow labeled *směr šíření* (direction of propagation) points to the right. The bottom row shows the input impedance at the boundaries: Z_0 at the start of the air layer, Z_{k0} at the skin-air interface, Z_k at the skin-fat interface, Z_{s0} at the fat-skin interface, and Z_s at the skin-fat interface. The thicknesses of the layers are indicated at the bottom: l_k for skin, l_T for fat, and $l_s \rightarrow \infty$ for muscle.

Ochrana před účinky LASERU:

- Ochranné brýle- speciální pro lasery
- Difúzní plochy- zamezení odrazu paprsku



Ionizující záření- rozdělení:

Fotonové

- γ
- X

Korpuskulární

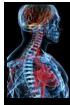
- α (jádra He)
- β
 - e^- (elektrony)
 - e^+ (pozitrony)

hadrony (p^+ , n)



Zdroje ionizujícího záření ve zdravotnictví:

- RTG - X
- Nukleární medicína – α , e^- , γ , e^+
- Radioterapie - β , γ , p^+



Obecné principy radiační ochrany:

Cílem ochrany je vyloučit organizačními a technickými opatřeními možnost ohrožení pracovníků i obyvatelstva účinky deterministického typu a snížit na přijatelnou úroveň riziko stochastických účinků. Přijatelnost ozáření lidí musí být doložena splněním tří **principů systému limitování dávek**:

1) Žádná činnost vedoucí k ozáření lidí se nesmí provozovat, pokud z ní neplyne dostatečný prospěch ozářeným jedincům nebo společnosti, aby se vyrovnala zdravotní újma způsobovaná ozářením (**princip zdůvodnění**).
2) V rámci určité činnosti musí být výše individuálních dávek, počet exponovaných osob a pravděpodobnost expozic (není-li jisté, že k nim dojde) udržovány tak nízké, jak lze rozumně dosáhnout s uvážením ekonomických a sociálních hledisek (**princip optimalizace**).

3) Expozice jednotlivců musí být podřízena dávkovým limitům, představujícím nepřekročitelný strop kontrolovatelné expozice (**princip nepřekročení limitů**).

Splnění požadavků na ochranu pracovníků se ověřuje **systémem monitorování**, který zahrnuje s použitím především radiometrických a dozimetrických postupů jednak monitorování pracovního prostředí a jednak monitorování samotných pracovníků. Systém **osobního monitorování** slouží k určení individuálního zevního i vnitřního ozáření jednotlivých osob.



Obecné principy radiační ochrany:

Základním legislativním rámcem pro práci s ionizujícím zářením je v současné době tzv. "**Atomový zákon**" (zákon č. 18/1997 o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření) a související normy a předpisy. Je to především vyhláška SÚJB č. 184/1997 - novelizována vyhláškou SÚJB č.307/2002 a nakonec vyhláškou SÚJB č.499/2005, dále vyhlášky SÚJB č. 146/1997 a SÚJB č. 214/1997. Atomový zákon stanovuje nejobecnější pravidla pro práci se zdroji ionizujícího záření, zejména jsou důležité cíle radiační ochrany – vyloučení deterministických účinků a omezení stochastických účinků na minimum, dále principy práce s IZ – zdůvodnění činností (riziko versus profit), optimalizace (ozáření lidí versus náklady na jeho zmenšení), limitování (přírodní zdroje, lékařské expozice...).



Obecné principy radiační ochrany:

- ČAS

CO NEJRYCHLEJI

lineární závislost (t)

- VZDÁLENOST

UTÍKAT

kvadratická závislost ($1/x^2$)

- STÍNĚNÍ

SE ZA NĚCO

exponenciální závislost ($1/a^x$)

SCHOVAT

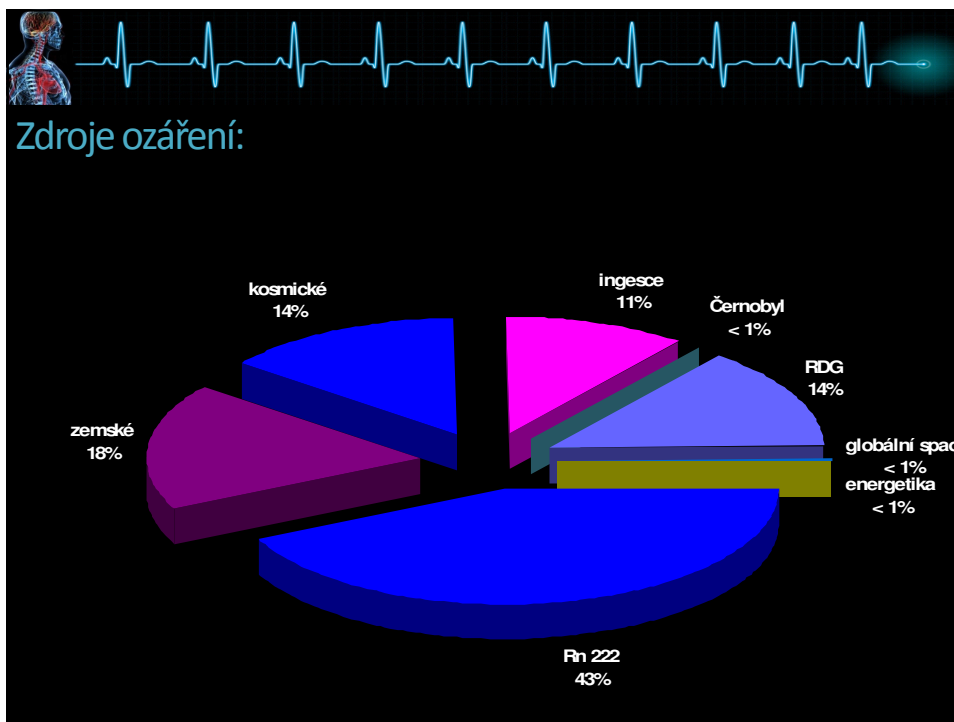


Obecné principy radiační ochrany:

ALARA: As Low As Reasonably Achievable:

dávka má být tak malá, jaké lze rozumně dosáhnout s požadovaným výsledkem:

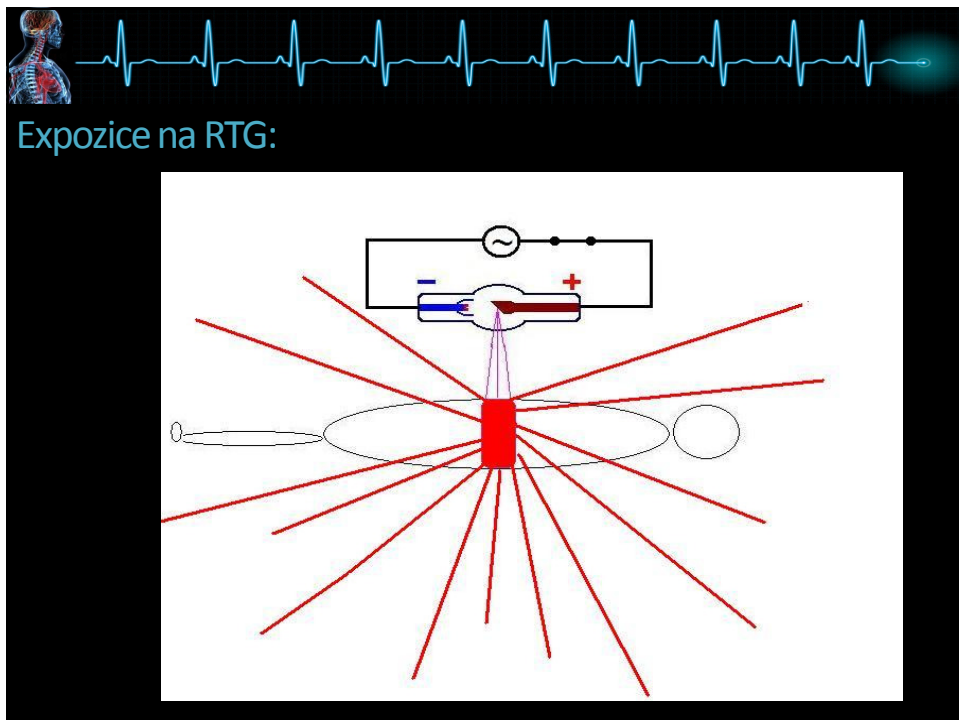
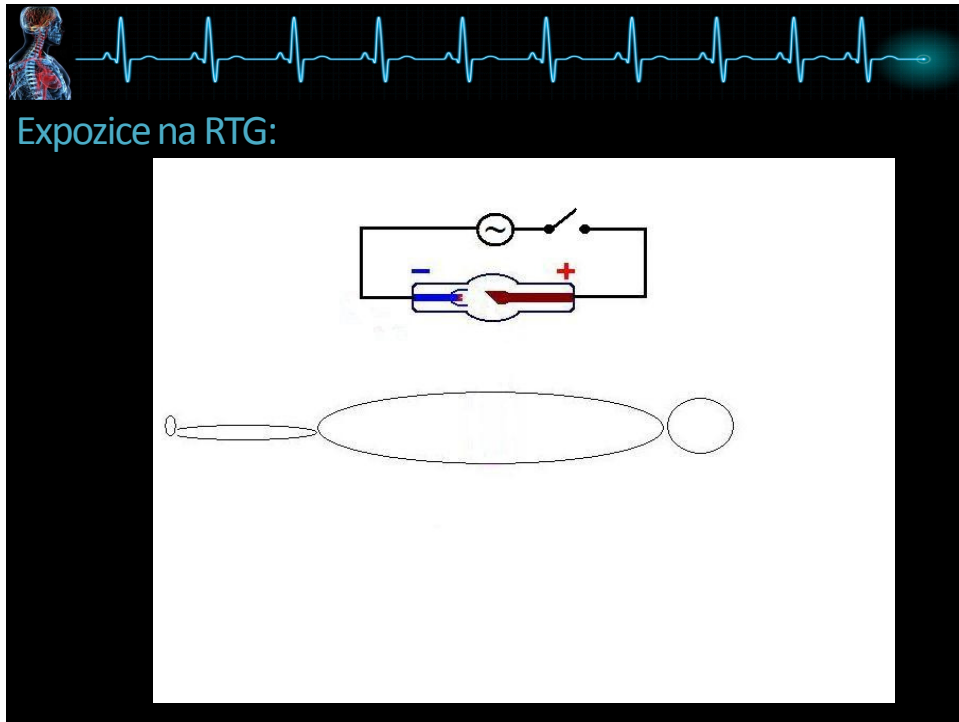
1. příliš vysoká dávka – zbytečně zatěžuje pacienta
2. dostačující dávka – pacient je minimálně zatížen a bylo dosaženo cíle (diagnostického nebo terapeutického) = **ALARA**
3. nedostatečná dávka – výkon je nutné opakovat a součet pak převyšuje dávku dostatečnou



Expozice na RTG:

- Primární svazek – ruce (minimalizujeme)
- **Sekundární záření**
(neužitečné záření, Comptonův rozptyl)

OZAŘUJE NÁS SNÍMKOVANÝ OBJEM !
(snímkovaná část pacienta a ozářené předměty)





Účinky ionizujícího záření:

Mechanismus působení ionizujícího záření

Účinek ionizujícího záření se na buněčné úrovni projeví klinicky jen při poškození makromolekuly DNA. Poškození bílkovin a enzymů může sice alterovat některé buněčné funkce, ale zřídka má závažné účinky pro makroorganismus, neboť buňka při intaktní genetické informaci v DNA většinou rychle obnoví porušenou funkci např. syntézou nových bílkovin. K poškození DNA ionizujícím zářením dochází jednak **přímo** – ionizací a excitací atomů těchto makromolekul, čímž dojde ke štěpení vazeb až rozlomení DNA, a jednak **nepřímo** – radiolýzou vody za vzniku reaktivních radikálů, které jsou vysoce aktivní a transformují tak množství organických látek.



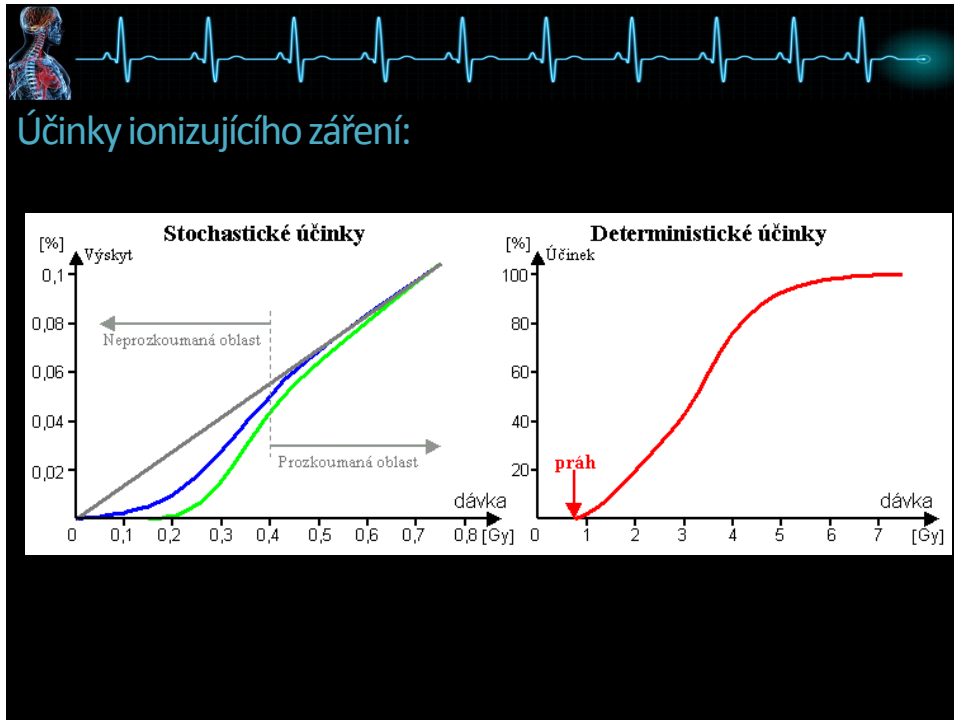
Účinky ionizujícího záření:

Stochastický účinek představuje pozdní, náhodný účinek záření. Je to účinek bezprahový; se stoupající dávkou neroste závažnost poškození, ale pravděpodobnost jeho výskytu. Buněčným podkladem stochastických účinků jsou **mutace** a maligní transformace jedné nebo několika buněk. Stochastické účinky nemají charakteristický klinický obraz.

Deterministické (nestochastické účinky) jsou oproti tomu nenáhodné a mají prahovou hodnotu (1–3 Gy); nad prahovou dávkou roste závažnost poškození přibližně lineárně. Vyvolávají charakteristický klinický obraz – např. akutní **nemoc z ozáření**, akutní lokální poškození, nenádorová pozdní poškození a poškození plodu v děloze.

Škodlivost záření závisí na tom, jaký orgán je ozářen. Podle toho se liší prahová dávka pro daný orgán.

Dále je nutno zmínit, že buňky jsou nepoměrně citlivější na účinky ionizujícího záření, pokud se v průběhu ozáření nacházejí ve stádiu dělení.



Radiační ochrana na NM:

Zdrojem ozáření je PACIENT s aplikovaným radiofarmakem

- Vnější ozáření – jako u RTG
- Vnitřní kontaminace
 - hrozí z požití či vdechnutí radioaktivní látky
 - radioaktivní jsou výměšky pacienta (moč, stolice, zvratky) a krev**



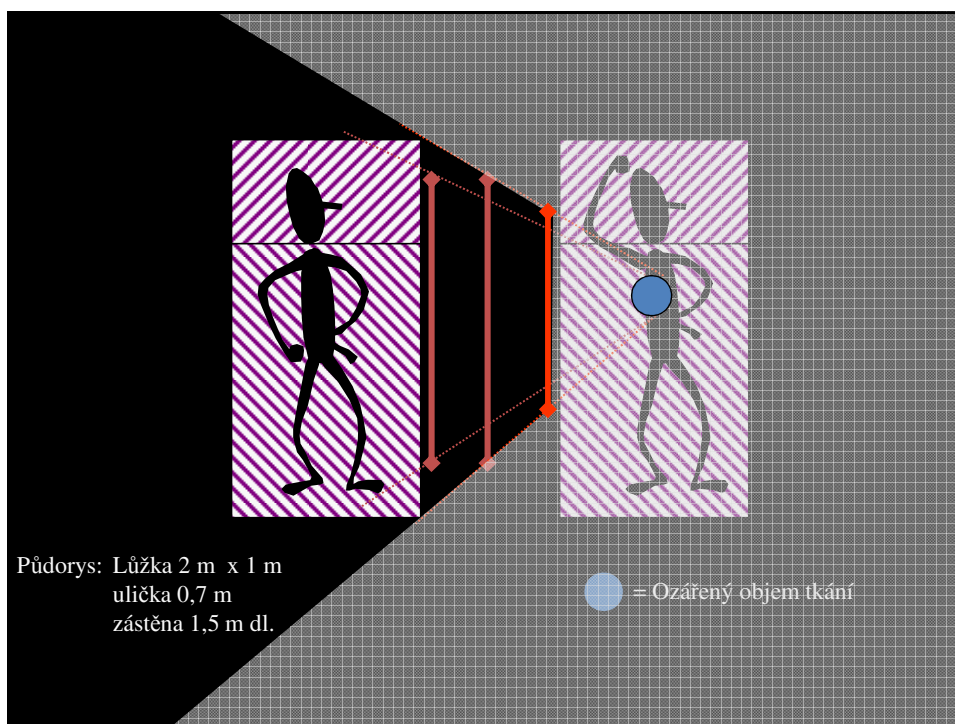
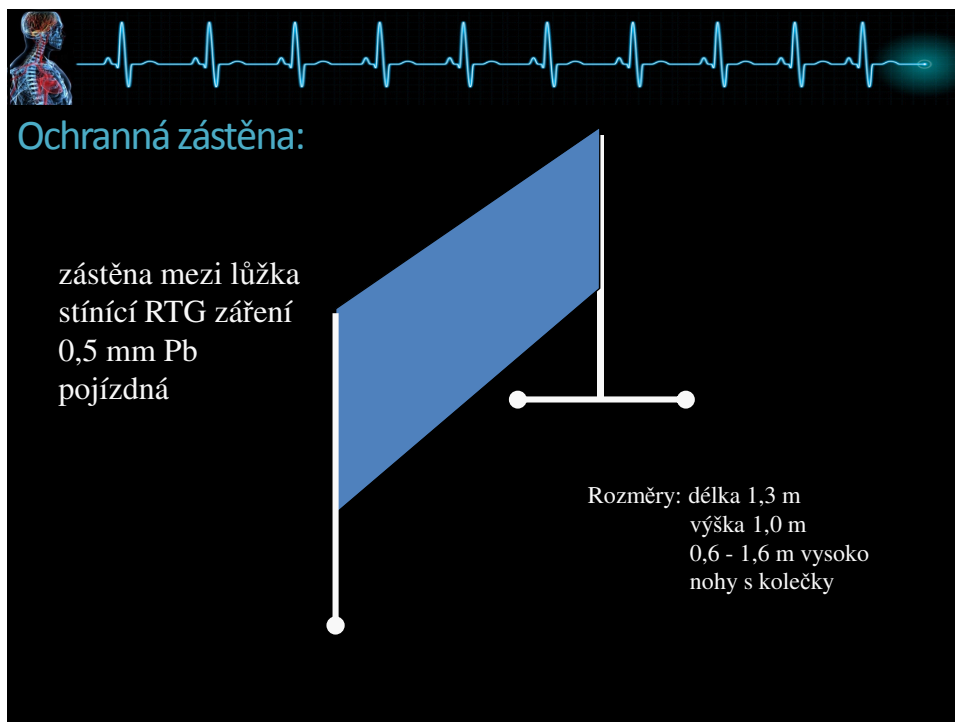
Radiační ochrana stíněním:

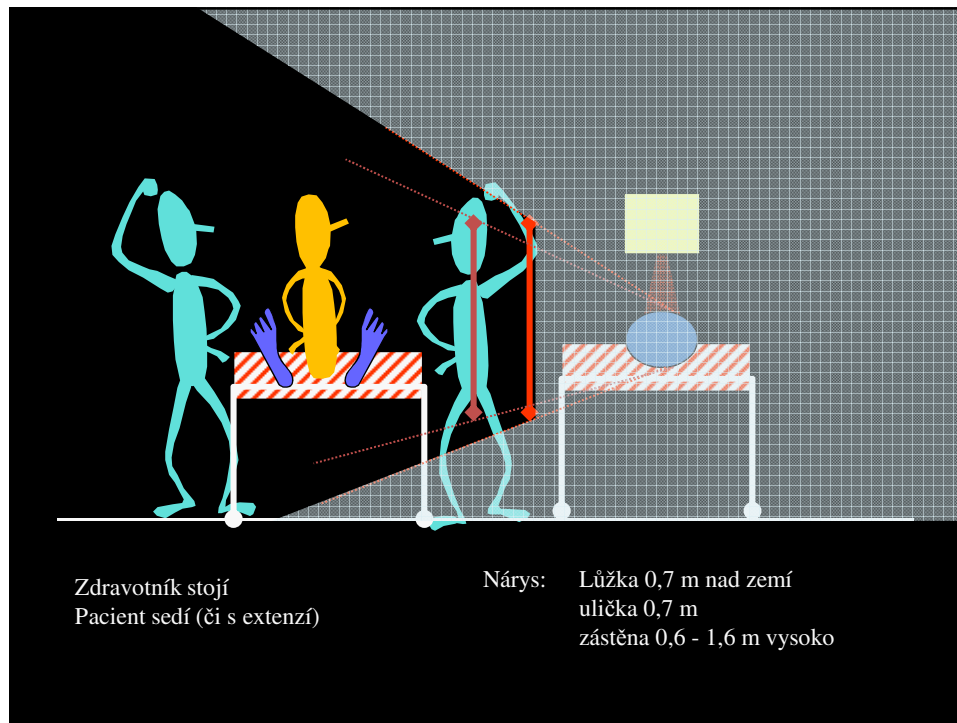

- Ochrannou zástěrou – „ta těžší víc chrání“
- Ochranným límcem
- Ochranou zástěnou – čím blíž objektu, tím větší stín
- Ochrannými rukavicemi
- Ochrannými brýlemi



Radiační ochrana RTG zástěrou:

U [kV]	50	75	100	150
ekvivalent Pb [mm]	koeficient zeslabení			
0,13	$2,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$2,5 \cdot 10^{-1}$	$4,0 \cdot 10^{-1}$
0,25	$3,5 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$1,0 \cdot 10^{-1}$	$2,0 \cdot 10^{-1}$
0,35	$5,0 \cdot 10^{-4}$	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$	$1,1 \cdot 10^{-1}$
0,40	$3,0 \cdot 10^{-4}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$	$4,5 \cdot 10^{-2}$	$8,0 \cdot 10^{-2}$
0,50	$1,0 \cdot 10^{-4}$	$7,0 \cdot 10^{-3}$	$3,0 \cdot 10^{-2}$	$5,5 \cdot 10^{-2}$
1		$5,0 \cdot 10^{-4}$	$5,0 \cdot 10^{-3}$	$1,0 \cdot 10^{-2}$



Limity:

Gray (značka Gy)

- je jednotka absorbované dávky záření v soustavě SI
- Jeden gray odpovídá energii záření jednoho joulu absorbované jedním kilogramem látky.
- je udávána v **joulech na kilogram ($\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$)**, příslušnou jednotkou je **gray (Gy)**

Sievert (zkratka Sv)

- je jednotkou ekvivalentní dávky ionizujícího záření (HT) případně dávkového kvivalentu (H).
- Dávka 1 Sv jakéhokoli záření má stejné biologické účinky jako dávka 1 Gy rentgenového nebo gama záření (pro které je radiační váhový faktor W_R stanoven 1; viz dále). Jednotka vyjadřuje podíl množství absorbované energie v určité hmotnosti a v závislosti na daném druhu ionizujícího záření. Tedy Joule/hmotnost (J/kg).

Ekvivalentní dávka se vypočítá jako součin $DT \times W_R$, kde D je střední absorbovaná dávka v tkáni nebo orgánu T a W_R je radiační váhový faktor (popřípadě jakostní činitel Q – pro dávkový ekvivalent – viz níže). Radiační váhový faktor W_R udává, kolikrát je daný druh záření biologicky účinnější než záření fotonové – X nebo gama a je různý pro jednotlivé druhy ionizujícího záření.

To znamená, že zohledňuje i rozdílnou biologickou účinnost jednotlivých druhů záření. Hodnota W_R je bezrozměrná - tedy nemá žádnou jednotku. Starší jednotkou ekvivalentní dávky / dávkového ekvivalentu byl rem, přičemž 1 rem = 0,01 Sv.



Limity:

- Občan
limit: 1 mSv/rok- směrná hodnota: 50 μ Sv/rok
- Radiační pracovník kategorie A
radiační zátěž > 6 mSv/rok
- Radiační pracovník kategorie B
radiační zátěž > 1 mSv/rok (< 6 mSv/rok)

Limit pro RP: 20 mSv/rok (100 mSv/5 let)

Směrná hodnota: 1 mSv/rok



Zdroje:

<http://astronuklfyzika.cz/RadOchrana.htm>

http://www.wikiskripta.eu/index.php/Ochrana_p%C5%99ed_ionizuj%C3%ADc%C3%ADm_z%C3%A1%C5%99en%C3%ADm

<http://www.cez.cz/edee/content/microsites/nuklearni/k22.htm>

Wikipedia

Publikace – medicínská biofyzika – Navrátil, Rozina

Prezentace p. Ing. Pokorného

