

## Životní prostředí v ČR

### Pro všeobecné lékařství

Doc. MUDr. Jan Šimůnek, CSc., Doc. Ing. Martin Krsek, CSc.

Ústav ochrany a podpory zdraví

13. dubna 2018

## Vymezení problému

### Zohlednění výuky v prvním ročníku

- Ekologická problematika jaderné energie
  - Jaderné havárie a jejich dopad na populaci Střední Evropy
    - Jaslovské Bohunice
    - Černobyl – probírali jsme
    - Fukušima
    - další
  - Temelín a jeho dopad na zdraví populace
- Problematika hluku

## Stupně havárií

- 0 – odchylka
- 1 – anomálie
- 2 – nehoda
- 3 – vážná nehoda
- 4 – havárie bez vážnějšího rizika
- 5 – havárie s rizikem vně zařízení
- 6 – těžká havárie
- 7 – velmi těžká havárie

## Projektová havárie

Projektová havárie je taková, na jejíž zvládnutí je jaderné zařízení konstruováno.

## Jaslovské Bohunice 1 (blok A1)



## Jaslovské Bohunice 2

### Situace

- Dvě elektrárny, dvě koncepce
- A1 původní československá koncepce, těžkovodní, chlazený CO<sub>2</sub>
  - velmi technicky propracovaná
  - umožňovala např. měnit palivo za chodu reaktoru
  - náročná na obsluhu
- V1 klasická podle sovětského vzoru (VVR) – moderátorové tyče, lehká voda v primárním okruhu

## Jaslovské Bohunice 3

### Nehoda

Nehody byly dvě:

1. 5. 1. 1976 Došlo vadou těsnění k úniku CO<sub>2</sub> z reaktoru. Nehodu omezila obsluha zavážecího přístroje jeho použitím jako ucpávky. Při nehodě zahynuli dva pracovníci elektrárny, ne na radioaktivitu, ale udušením (byli pod reaktorem). Havárie byla na stupni 3.
2. 22. 2. 1977 Praskl sáček se silikagelem, zajišťujícím suchost palivového článku. Nebyly z článku odstraněny všechny částičky silikagelu před vložením do reaktoru, tam horkem nabobtnaly a deformovaly palivový článek, došlo k dehermetizaci paliva a reaktor musel být odstaven pro silnou kontaminaci primárního okruhu a je v režimu likvidace. Havárie byla na stupni 4

## Černobyl

Jen připomenutí látky z prvního ročníku. Dopad na zdraví obyvatel střední Evropy, přestože šlo o havárii stupně 7, byl relativně malý.

## Fukušima I 1.

Jaderná elektrárna v Japonsku, na břehu moře. Došlo k nadprojektové havárii vlivem zemětřesení a následné vlny tsunami 11. 3. 2011. V té době tři reaktory byly plánovaně odstavené a tři pracovaly.

Reaktory nebyly tsunami poškozeny, odstavily se, ale byly špatně nastaveny priority (mimo elektrárnu) a elektrárna nedostala palivo pro agregáty.

Po dojití zásoby paliva v elektrárně přestalo fungovat chlazení jaderných reaktorů a ty se přehřály zbytkovou radiací, vytavily a dehermetizovaly.

Havárie postihla okolí elektrárny, došlo k evakuaci přilehlých území a je hodnocena stupněm 7.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

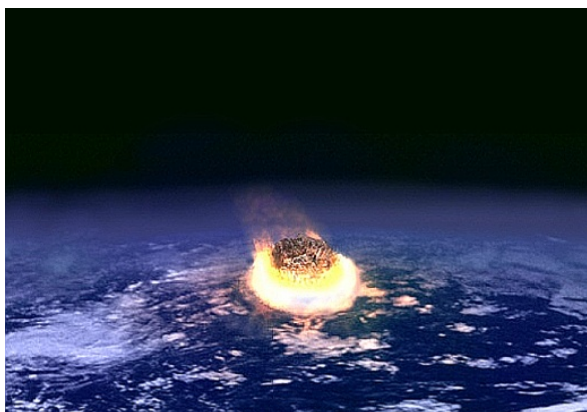
## Fukušima I 1.

Havárie se stala "ikonickou" pro ekologisty a odpůrce jaderné energie, nicméně...

- Havárii nezavinila konstrukce reaktorů, ani nebyly poškozeny, ale vina leží na organizátorech záchranných prací po tsunami, kteří do elektrárny nedodali motorovou naftu
- Pokud by došlo k tsunami, která by zaplavila jaderné reaktory ve Střední Evropě, měli bychom jiné starosti než radioaktivitu z nich

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Opravdu velké tsunami



## Sledování vlivu Temelína na zdraví

Srovnávací oblasti

### Venkovské oblasti

Okolí Temelína je srovnáváno s venkovskými lokalitami v okolí měst Písek a České Budějovice.

Navíc je okolí rozděleno na bližší a vzdálenější oblast (podle toho, zda je JETE v dohledu z dané lokality),

### Městské oblasti

Nejbližší větší město, České Budějovice, je srovnáváno s Hradcem Králové a Olomoucí (hlavně případné psychogenní účinky).

### Další dělení

Kontrolní a vzdálenější exponované oblasti jsou dále děleny na okresy.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Data a jejich zpracování

### Původ dat

Český statistický úřad.

### Co se sleduje - zdraví

- Celková úmrtnost
- Úmrtnost na kardiovaskulární choroby
- Úmrtnost na zhoubné nádory
- Celková úmrtnost v produktivním věku
- Úmrtnost na kardiovaskulární choroby v produktivním věku
- Úmrtnost na nádory v produktivním věku
- Tzv. „ztracená léta“
- Výskyt samovolných potratů
- Počet dětí s porodní hmotností pod 2 500g

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

Ukazatele jsou věkově standardizované a zvláště se hodnotí muži a ženy. Navíc se počítají tříleté klouzavé průměry pro vyhlazení nahodilých výkyvů.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Věková standardizace

Představuje přepočtení naměřené úmrtnosti na takovou, jaká by byla při definovaném standardním věkovém složení (nejčastěji poměr věkových skupin stejný, jako je v celém státě).

Účelem věkové standardizace je eliminace toho, že lidé vyššího věku jsou častěji nemocní a častěji i umírají, a tím zabránit tomu, aby se uplatnil rozdílný podíl mladých a starých lidí mezi vyšetřovanými populacemi.

### S trochou zjednodušení:

Postavíme-li ve městě velký domov pro seniory, do něhož budou přicházet klienti ze širšího okolí, ovlivní se tím hrubá úmrtnost, ale věkově standardizovaná úmrtnost by se měla změnit málo, v ideálním případě vůbec ne.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Ztracená léta

Číselný ukazatel, průměrující léta (zemřelých) která zbývala do věku „kterého by se měl dožít každý“ (nejčastěji věk odchodu do důchodu)

### Například

Jestliže je věk odchodu do důchodu 65 let, pak:

- Osoby zemřelé ve věku 65 let a vyšším jsou počítány jako nula
- Osoba zemřelá ve 64 letech se počítá jako 1
- Osoba zemřelá v 55 letech se počítá jako 10

atd.

Součet je dělen počtem osob, zemřelých v daném roce.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Data a jejich zpracování

### Co se sleduje - sociodemografická charakteristika populací ve sledovaných lokalitách

Existující rozdíly ve věkové struktuře a zastoupení pohlaví, příjmech, typech bydlení a mnoha podobných ukazatelích mohou identifikovat rozdíly, které nevyvolala elektrárna, ale právě rozdíly v těchto charakteristikách.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Proč byla brána data z ČSÚ?

Záruka stejné metodiky sběru dat, chránící před arteficiálními rozdíly, danými různou pravděpodobností záchytu onemocnění v různých lokalitách. Takto bylo např. nadhodnoceno působení jaderného bombardování na zdraví populace Hirošimy a Nagasaki, protože obyvatelé těchto měst a jejich okolí byli vyšetřováni mnohem pečlivěji než zbytek japonské populace a část pozorovaných rozdílů vznikla touto cestou.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Co se obecně ví

### Leukémie

U jaderných elektráren byl popsán vyšší výskyt leukémií, hlavně u dětí. Výskyt není vyvolán radiací, ale příchodem velkého množství lidí ze vzdálených lokalit a vzájemnými atakami virů, které vyvolávají jen banální akutní onemocnění, ale jsou současně onkogenní. Není to vázáno jen na stavby JE, ale ty jsou zpravidla rizikovější, protože jde o velmi velké stavby, na nichž se střídá více zcela odlišných profesí (od pracovníků hrubé stavby až po personál běžící elektrárny) a ve velkých počtech.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Co bylo nalezeno

### Lepší zdraví v okolí JETE

Tento jev zcela jistě není způsoben přímým kladným vlivem JETE na zdraví, ale patrně se jedná o socioekonomické vlivy, jako je zaměstnanost, platové poměry, ekonomická síla početných pracovníků JETE k nákupu zboží a služeb v okolí.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Co bylo nalezeno

### Některé negativní trendy zdravotních ukazatelů

Tyto trendy jsou založeny na porovnávání let 2000 až 2016. Jsou ale srovnatelné u exponovaných i kontrolních oblastí.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Kuriozita

Bylo spočteno, že pokud by všichni pražané pili celoročně a jenom vodu z Vltavy, přímo, bez jakékoli úpravy, zemřel by v Praze jeden člověk ročně na dlouhodobé následky vypité radiace.

Pokud voda projde standardní vodárenskou úpravou, byl by to jeden člověk za několik let.

V realu většina pražanů vodu z Vltavy nepije, ani vodárensky upravenou, a nebylo tomu tak ani ve středověku (studny v areálech domů a využití vody z přítoků Vltavy).

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Rizika záření

### Hlavní argument ekologů

Ve skutečnosti existují i problémy spojené s těžbou a zpracováním nukleárního paliva a s ukládáním.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Benefity

### Stálý zdroj

Jaderná elektrárna je nezávislá na počasí a denní době. Tuto vlastnost postrádají všechny „ekologické“ a „alternativní“ zdroje. I vodní elektrárny může vyřadit dlouhodobé sucho, nebo nás postavit před dilema, zda vyrábět „ekologickou“ elektřinu nebo vodu udržovat pro potřeby závlahy a vodní dopravy.

### Vedlejší efekty

Vyhořelé palivo obsahuje řadu prvků kritických pro moderní technologie, např. lanthanoidy, které jsou nezbytné pro LED, které jsou opět nezbytné pro optoelektroniku. V současné době se lanthanoidy těží jen v Číně. Existence lanthanoidů ve vyhořelém palivu je důležitým faktorem, limitujícím požadavky Číny na jejich cenu, lidská práva apod.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Záření – rozdělení a základní pojmy

### Podle typu částic

**korpuskulární** jedná se o proud částic o definované hmotnosti a rychlosti

**elektromagnetické** jedná se o proud fotonů, popsatelných jako elektromagnetické záření určité vlnové délky a intenzity

### Podle působení na hmotu

**ionizující** vytváří v ozařované hmotě elektricky nabitě částice – ionty

**neionizující** elektricky nabitě částice nejsou vytvářeny

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Typy záření

### Typy ionizujícího záření

Mezi ionizující typy záření patří záření částicová (alespoň běžné typy, jako jsou proudy jader hélia ( $\alpha$  záření), elektronů ( $\beta$  záření), pozitronů ( $\beta^+$  záření), neutronů, protonů atd.) a elektromagnetická záření s vlnovou délkou kratší než má ultrafialové světlo.

### Typy neionizujícího záření

Mezi neionizující záření patří elektromagnetická záření o vyšší vlnové délce a některé typy méně obvyklých částic (např. neutrina)

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Neionizující záření

### UV záření

Rozlišujeme UV-A (320 – 400 nm), UV-B (280 – 320 nm) a UV-C (pod 280 nm). UV záření lze považovat za dolní hranici (vzhledem k vlnové délce) neionizujícího záření, protože při vyšších intenzitách už jeho vlivem nastává tvorba  $O_3$  ve vzduchu a volných radikálů v některých materiálech. UV-C (které se kolem nás vyskytuje pouze výjimečně) se dá považovat už za velice slabě ionizující.

### Zdroje UV záření

- předměty zahřáté na vysokou teplotu, např. elektrický oblouk, Slunce.
- různé typy výbojek, LED (pro blízké UVA)

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Účinky UV záření

- baktericidní účinky
- tvoří z cholesterolu kolujícího v krvi provitamin D
- příznivý vliv na některé kožní infekce i některá neinfekční onemocnění kůže (např. lupénka)
- iritace kůže až zánět a nekróza (důsledek – pigmentace dle fototypu)
- rakovina kůže – melanom + karcinomy
- poškození spojivky a sítnice

Na produkci vitamínu D plně postačuje denně cca 1 hodina v lehkém oděvu v polostínu zejména v jižnějších zemích v časném dopoledni nebo pozdním odpoledni, vyšší expozice žádný další pozitivní efekt nepřináší.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Komentář

Epidemiologové nedoporučují spoléhat na baktericidní a virucidní účinky germicidních zářivek a berou je jako doplňkové opatření. Jakékoli zrnko prachu totiž vytváří stín, v němž je doba přežití bakterií a dalších mikrobů mnohonásobně delší než v okolí (a doba přežití může být i delší než doba chodu germicidní lampy, tedy doba, kdy na pracovišti nejsou lidé). Proto by mělo toto ozařování být použito až po perfektním úklidu.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Viditelné světlo

- Má rozmezí vlnových délek přibližně 400 – 760 nm.
- Citlivost zrakových receptorů vůči světlu na krátkovlnném konci spektra velice strmě klesá, na dlouhovlnném je pokles pozvolný.
- Osoby adaptované na tmu byly s to detekovat záření o vlnové délce přes 1000 nm.
- Zdrojem mohou být zahřáté předměty (spojité spektrum, charakterizované stupni Kelvina) i výbojky a LED (čárové spektrum, deformuje vnímání barev).

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Viditelné světlo

### Význam 1

- Viditelné světlo se účastní vidění.
- Osvětlení se měří v luxech (intenzita světla dopadajícího na osvětlenou plochu)
- Hygienické normy zohledňují:
  - zrakovou náročnost prováděné činnosti
  - oslnění, popř. střídání světla a tmy (především pokud pracovníci musejí přecházet z jednoho místa na druhé)
  - některé práce je nutno provádět po několik desítek minut trvající adaptací na tmu
  - speciální normy pro práci s lasery

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Viditelné světlo

### Význam 2

- U zářivek, výbojek a LED existuje stroboskopický efekt
- Barva světla má význam pro psychickou pohodu, barevné řešení interiéru pro využití světla, na intenzitě přirozeného osvětlení se podílí i tvar okén
- Intenzivní viditelné světlo vyvolává na kůži fotodermatitidu a může přispívat i k zánětu spojivky (tzv. „sněžná slepota“ při dlouhodobém pobytu bez ochrany v krajně zapadané sněhem; na ní se ovšem spolupodílí i UV záření).
- Společně s IR zářením se podílí na vzniku úžehu (viz dále).

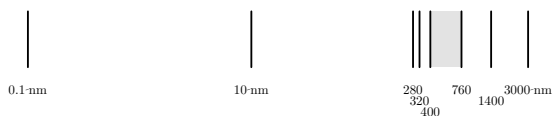
◀ ▶ ↺ ↻ 🔍 🗨

## Infračervené záření

Opět rozeznáváme pásma IR-A (760 – 1400 nm), IR-B (1400 – 3000 nm) a IR-C (nad 3000 nm)

Pozor: Rozložení je symetrické kolem viditelného světla. Je to tedy seřazeno podle vlnové délky následovně: UVC – UVB – UVA – viditelné světlo – IRA – IRB – IRC.

Jeho zdrojem jsou zahřáté předměty, IR-A a IR-B jsou složkou slunečního záření, dopadajícího na povrch Země, IR LED jsou často v ovladačích domácí elektroniky



## Infračervené záření

Účinek na zdraví

- Při vysokých intenzitách tepelný efekt až akutní popáleniny
- Zákaly oční čočky. Vyskytoval se především u pracovníků, vystavených sálání z pecí nebo horkého materiálu *sklářská katarakta*.
- Úžeh vzniká celkovým přehřátím organismu viditelným i IR zářením. Podílí rovněž teplota vzduchu, relativní vlhkost a proudění vzduchu, tedy celý tzv. *termický komplex*. Vzniká celkové přehřátí organismu, doprovázené nevolností a zvracením.
- Úpal je zapříčiněn především přehřátím hlavy, přičemž dlouhovlnná složka IR-B může pronikat skrze povrchové struktury a dráždit mozkové obaly. Příznaky jsou podobné úžehu, více v popředí je však nevolnost a silné bolesti hlavy.

## Infračervené záření

Účinek na zdraví

- Oba stavy mohou u disponovaných jedinců vyvolat epileptické nebo epileptiformní křeče. Prevencí obou:
  - vyhýbání se otevřenému prostranství na slunci
  - dostatečný pitný režim,
  - prevencí úpalu pak navíc dbání o nošení pokrývky hlavy
  - je nutno zvláště hlídat děti s epilepsií, chorobami ledvin a kardiovaskulárního systému, cukrovkáře apod.!
- Chronické vlivy IR záření: Byly diskutovány možné vlivy extrémně dlouhých expozic stále stejných míst na kůži, nicméně riziko nádorů apod. je velice nízké.

## Záření o vyšších vlnových délkách

- Mikrovlny a vlny používané v radiokomunikacích, mají účinky především tepelné (ohřev pokrmů v mikrovlnné troubě).
- Diskuse o negativním zdravotním účinku
  - riziko některých zhoubných nádorů mozku
  - ohřev a krvácení mozkové tkáně při intenzivní expozici
- Příznivé účinky:
  - nejšetnější možný ohřev potravy
  - dostupnost rychlé pomoci při úrazech a v nemoci
- Vyšší výskyt nádorů kolem vedení VN a VVN byly vysvětleny elektrostatickým koncentrováním iontů, nesouvisí s mikrovlnami

## Komentář

Krvácení a ohřev mozku byly pozorovány na potkanech, kterým byl mobilní telefon připevněn k hlavě. Člověk má mozek dál od umístění tohoto přístroje a průtok krve (odvádí teplo) je v lidském mozku mnohem vyšší.

## Ionizující záření

Patří mezi ně:

- elektromagnetické záření s vlnovou délkou kratší než UV-C,
  - rentgenové záření
  - $\gamma$  záření
  - kosmické záření
- záření  $\alpha$  (jádra atomů helia)
- záření  $\beta$  (proud elektronů, popř. jako  $\beta^+$  proud pozitronů)
- neutronové záření

Některá částicová záření neionizují, např. neutrina, která volně bez interakce projdou hmotou celé planety, jiná jsou vysoce exotická.

## Pronikavost záření

Aby záření uškodilo, musí:

- Proniknout do živé tkáně
- Tam alespoň částečně interagovat se hmotou a předat jí svou energii (nebo její část)

## Pronikavost záření – typy

### Málo pronikavé typy záření

Z neznámějších záření  $\alpha$ .

Zastaví je jakákoli pevná hmota, i list papíru, i mrtvé buňky na povrchu kůže. Uplatní se jen za specifických okolností.

### Vysoce pronikavá záření

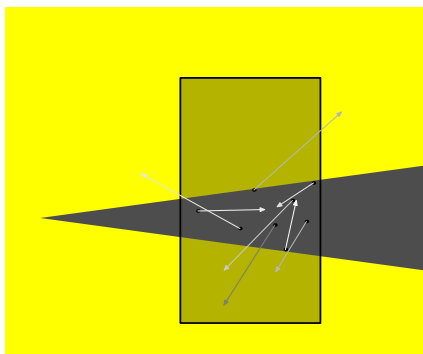
Extrémem jsou neutrina.

Projdou hmotou, aniž by s ní interagovaly = nijak neuškodí.

### Pronikavost „mezi“

Právě tato záření předávají svou energii živé hmotě a jsou zdrojem rizika. Jsou i zdrojem druhotných fotonů (Comptonův jev) ještě lépe zachytitelných ve tkáni.

## Comptonův jev



V ozařovaném materiálu vznikají sekundární fotony v náhodných místech a s náhodnou (ale vždy nižší než fotony ozařující materiál) energií

## Komentář

Comptonův jev ohrožuje tedy i pracovníky, kteří jsou mimo hlavní paprsek ionizujícího záření, např. doprovod nesvéprávného pacienta u RTG zařízení. Kvůli rozptýlení tohoto ozáření na mnoho lidí, doprovázení dětské a mentálně postižené pacienty při pořizování RTG snímků buď rodinní příslušníci nebo personál oddělení, na němž leží (vyjma těhotných žen).

Ionizace vzduchu může vést i k ohrožení vdechováním iontů. Z tohoto důvodu jsou rentgeny a podobná zařízení vybaveny silným odvětráváním.

## Zdroje ionizujícího záření

Přirozené zdroje ionizujícího záření

- Slunce a další podobné astronomické objekty
- Sekundární záření z Van Allenových pásů
- Exotické vesmírné objekty ( $\gamma$  záblesky apod.)
- Radioizotopy
  - Izotopy těžkých prvků na konci periodické soustavy (a další radioizotopy s extrémně dlouhým poločasem rozpadu) – pozůstatky výbuchu supernovy před vznikem sluneční soustavy
  - Izotopy průběžně vznikající ve vysokých vrstvách atmosféry vlivem záření z vesmíru, např.  $^{14}\text{C}$ ,  $^{40}\text{K}$ .

## Zdroje ionizujícího záření

Umělé zdroje ionizujícího záření

- Uměle nakoncentrované přírodní radioizotopy
- Uměle vytvořené radioizotopy
- RTG zařízení
- Další technická zařízení, částicové urychlovače apod.
- $\gamma$ -lasery

## Charakteristika radioizotopů

### Poločas rozpadu

je doba, za níž se rozpadne polovina atomů příslušného radioizotopu.

### Aktivita

plyne z poločasu rozpadu atomů příslušného izotopu a jejich množství obsaženém ve sledovaném materiálu. Vyjadřuje se jednotkou Becquerel [Bq], což je jeden rozpad za sekundu. Nejčastěji se však pracuje s *měrnou aktivitou*, která se vztahuje ke hmotnosti, popř. objemu (tedy  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ,  $\text{Bq}\cdot\text{l}^{-1}$  (v případě některých kapalin) nebo  $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  (v případě některých plynů, včetně vzduchu)).

## Komentář

Pokud se pracuje (včetně zdravotnických pracovišť) s radioizotopy a krátkém poločasu rozpadu (hodiny), jsou jimi kontaminované předměty uloženy na pracovišti po předepsanou dobu (dny, ukládacím místům se říká „vymírací komory“) a poté likvidovány jako běžný nebo biologický odpad. Moč a faeces pacientů, kteří dostali injekce takovýchto radioizotopů jsou ze speciálních WC pouštěny skrze smyčku, v níž je tok odpadu tak pomalý, že izotopy stačí vymřít, a poté jdou do normální kanalizace.

V případě dlouhožijících radioizotopů se odpad musí skladovat odděleně a odváží se do speciálních úložišť. To by se týkalo i moče a stolice pacientů, kteří byli (např. při nehodě) takovýmito izotopy kontaminováni.

## Měření ionizujícího záření

Průběžně

Dopady částic (ale i fotonů o dostatečné energii) je možno měřit různými typy čidel. Velmi známý je *Geiger-Müllerův počítač*, jehož čidlo je tvořeno trubicí s velmi zředěným plynem, jehož vodivost se průletem částice ionizujícího záření na okamžik změní, což navazující elektronické obvody převedou „klasicky“ do charakteristického cvakání ve sluchátkách nebo reproduktorku, modernější pak počítají průlety částic a vztahují je k časové ose. Z principu není podobnými měřidly možné zjišťovat částice s velmi malou pronikavostí (především  $\alpha$ ), protože ty nemohou proletět stěnou trubice.

## Měření ionizujícího záření

Dozimetrie 1

### Filmové dozimetrie

Výbava pracovníků radiologických a RTG pracovišť, nošené na hrudníku. Jde o kousek speciálního fotografického filmu v obalu nepropouštějícím viditelné světlo. Části filmu jsou ještě překryty destičkami z kovu. Po expozici (týdny až měsíce, pokud nedojde např. k nehodě) je film vyvolán a vyhodnoceno zčernání fotografické emulze. Ze zčernání ploch krytých různě stínícími materiály je možno odhadnout pronikavost záření, jemuž byl pracovník vystaven, a z tohoto údaje dávkový ekvivalent pro hluboké tkáně.



## Stochastické účinky

Vznikají náhodně, jejich intenzita není závislá na dávce; na dávce je závislá pravděpodobnost, že účinky nastanou.

- nádory u ozářených a jejich potomstva (prakticky se zohledňují dvě následující generace)
- vrozené vývojové vady u potomstva ozářených (opět ve více generacích).
- praktickým projevem může být porucha plodnosti

Horní mez stochastických účinků je dána nástupem nestochastických účinků. Pod touto mezí byla experimentálně prokázána lineární závislost mezi dávkou (dávkovým ekvivalentem) a jejími následky. Dolní mez je dána přirozenou radioaktivitou prostředí.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Hormeze

Znamená zvýšení vitality po malých dávkách záření (totéž i pro některé zdraví škodlivé chemikálie). Byla prokázána u bakterií, jednobuněčných eukaryotů, rostlin a některých nižších živočichů. U vyšších živočichů prokázána nebyla, ač se po ní pátralo pokusy dnes z etických důvodů nepřijatelnými (40. a 50. léta min. stol.).

### Lineární model

Zatím všeobecně přijímaný, umožňuje odhad poškození zdraví i při nerovnoměrném ozáření populace.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Radiační zátěž populace

Zdroje radiační zátěže se liší podle životních podmínek populace. Pro naši populaci (tu část, která nemá profesionální expozici ionizujícím záření) platí, že přibližně třetina celoročního dávkového ekvivalentu je realizována z radonu, o další třetinu se dělí záření z okolí (radioizotopy ve stavebních materiálech, vzduchu, půdě apod.) a radioizotopy z našeho vlastního organismu (včetně zmiňovaného  $C^{14}$ ), o zbylou pak kosmické záření a umělé zdroje.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Komentář

Snažíme se snižovat zátěž populace vyšetřovacími metodami náhradou metod s ionizujícím zářením jinými zobrazovacími metodami, případně náhradou rentgenování vyšetřením pomocí ionizujícího záření (představuje výrazně nižší zátěž). Chráníme okolí pracoviště (barytové omítky a betony – s obsahem síranu barnatého, olovené plechy, zástěry z olovnaté gumy a okna z olovnatého skla, je nutno hlídat stěny při stavebních pracech – všechny průrazy by měly být lomené, aby nebyl prostor pro přímé prozáření ven).

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Komentář

Naprostá většina profesionálů se „vejde“ do limitu pro neprofesionální populaci, naprostá většina zbytku nedosáhne limitu pro profesionály. Ten bývá překročen prakticky jen při nehodách apod. Signalizuje-li dozimetr přiblížení se k limitu, je pracovník do konce roku přeložen na práci bez radiační zátěže. To samé se dělá s pracovníci, které otěhotní.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Radon

### Zdroje

Izotopy rádia v uranové rudě. Pro uvolnění je nutno jejich rozptýlení v pórézní nebo krystalické hornině.

### Charakteristika

Izotopy radonu mají poločas rozpadu od několika hodin do několika dní. Rozpadají se  $\alpha$  rozpadem, vzniká z nich izotop s velmi krátkým poločasem rozpadu a následně opět  $\alpha$  rozpadem izotop stabilnější. Z atomu radonu tedy, když se začne rozpadat, vyjdou dvě částice  $\alpha$ .

### Nebezpečnost

Hlavně výskyt ve vdechovaném vzduchu, jako inertní plyn se nechytá do filtrů. Vyvolává rakovinu plic.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Radon – rizika pro populaci

### Výrony radonu z podlaží

Velmi významné tehdy, jestliže jdou do nitra budov. Dochází k nejvyšším známým koncentracím radonu.

### Výrony ze stavebního materiálu

Jen některé typy škvár kontaminovaných uranovou rudou.

### Voda, plyn

Jen v případě kontaminace podzemních zdrojů.

### Měření

Měří se aktivita vzduchu v  $Bq \cdot m^{-3}$ , protože Rn má více izotopů o různé aktivitě, tak jeho obsah (chemicky) riziko necharakterizuje.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Radon – redukce rizika

- Izolace budov
- Radonové studny
- Sledování Rn ve stavebních materiálech
- Sledování Rn v podzemních vodách
- Šarže zemního plynu s vyšším obsahem Rn jdou do průmyslových kotelen a vytopen

Podmínkou redukce rizika je jeho správná detekce.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍



## Komentář

Radonová studna je jáma s propustnými stěnami. Radon do ní nateče, protože je těžší než vzduch a je průběžně odčerpáván a rozptylován do zevního vzduchu. Sníží se hladina radonu v půdě a ten poté přestane pronikat do budov v okolí.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Další preventabilní zdroje

### Záření z Van Allenových pásů

Dávkový ekvivalent roste s nadmořskou výškou a se vzdáleností od rovníku.

### Černobylské skvrny

Dodnes nebyla zveřejněna mapa černobylských skvrn, kde je vyšší kontaminace izotopů Sr a Cs, které mají vysokou afinitu k organismům.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Umělé zdroje

Hlavním zdrojem je RTG vyšetření, prevencí je náhrada za jiné typy vyšetření a technická opatření, aby při vyšetření byl pacient ozářen co nejméně.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Problematika radiofobie

Do značné míry je dána smyslovou nejistotou záření. Mnohdy vyvolávána záměrně z politických důvodů (Temelín). Někdy jsou vyvolávány fámy na základě jiných účinků než záření (např. projevy toxicity uranu). Mnohdy vzniká jako reakce na zatajování a desinformace z oficiálních zdrojů (Černobyl). Někdy se za „radiofobii“ označují zcela oprávněné obavy, např. z rizika útoku teroristů na sklad jaderného odpadu, opět z politických důvodů.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Smog

### Definice:

„smoke“ + „fog“ = „smog“

### Typy smogu

**londýnský** =  $\text{SO}_2$ , saze, další redukcující látky, voda, sůl, oxidací vzniká  $\text{H}_2\text{SO}_4$

- člověkem ovlivněné zdroje: spalování uhlí
- přírodní zdroje: mořská mlha

**losangeleský** =  $\text{O}_3$  + oxidy dusíku

- člověkem ovlivněné zdroje: spalovací motory
- přírodní zdroje: vysoká intenzita a dlouhá doba expozice slunečního UV záření

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Londýnský smog



Příklad londýnského smogu

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Losangeleský smog

### Město v USA ve smogu LA typu



◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Smog v ČR

### Letní smog

Letní smog v oblastech s vysokou dopravní zátěží je blízký smogu losangeleského typu, tj. převládají oxidující chemikálie.

### Zimní smog

Zimní smog a zejména v oblastech s vysokým podílem výroby spalující uhlí a v období inverze se blíží typu londýnskému, s převahou redukcujících chemických látek.

### Poznámka

Oba „naše“ smogy nedosahují tak extrémních hodnot, protože nemáme moře ani pouště.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Dopad na zdraví

V období kulminace smogu byla pozorována zvýšená úmrtnost. Další studie prokázaly, že

- umíraly zdravotně stigmatizované osoby, jejichž úmrtnost se po ukončení smogové situace výrazně snížila
- je zpochybnitelná statistická významnost daného nárůstu (zdůvodněno vysoce odbornou matematikou, specializovanou na statistiku časových řad)

Nicméně lze tento problém uzavřít tím, že původní studie, zohledňující pouhou hrubou úmrtnost během smogových situací, riziko smogu nadhodnocovaly.

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Faktory poškozující zdraví

### Přehled

- Fyzikální
  - Hluk (a vibrace)
  - Záření
  - Další
- Chemické
  - Z hlediska individua
  - Z hlediska prostředí a jeho vlivů na zdraví
- Biologické
- Psychosociální

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Co je to hluk

### Fyzikální definice

Chvění vzduchu, případně jiného média, které se může přenést na sluchový aparát člověka = **zvuk**

### Vznik

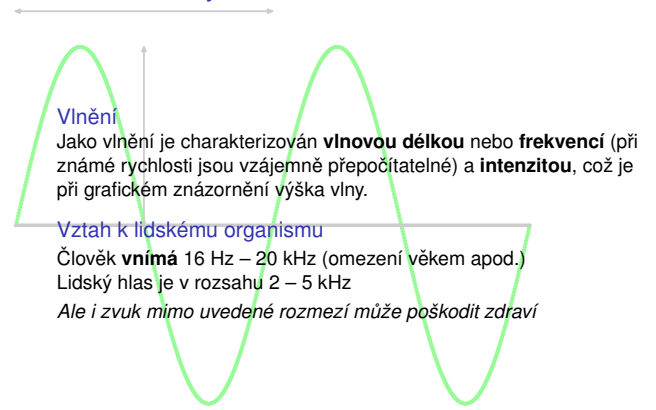
Chvěním pevných těles + přenosem na další média

### Oprava na subjektivitu

**Hluk** je zvuk, který je vnímán negativně; poškozuje zdraví (to druhé nemusí 100% platit)

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Fyzikální charakteristika



◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Měření intenzity hluku

- Primárně se jedná o **tlak** zvukových vln na předměty
- Měří se v decibelech, existují i další (ne běžné) jednotky, které zohledňují různou citlivost ucha pro různé vlnové délky
- Lze měřit **aktuální hladinu** hluku (hlukoměr) a lze měřit **vážený průměr** (hlukoměr + hlukový dozimetr), na ten jsou stavěny normy

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Příklady intenzity

- kapající voda 10 dB
- lidský hlas 40 – 50 dB
- limit pracovní prostředí 85 dB
- školní tělocvična 90 – 100 dB
- techno hudba 110 dB
- letecké motory 130 dB
- práh bolesti 150 dB

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Typy podle trvání

- ustálený
- proměnlivý
- pulsní

### Proč rozlišujeme

Ochrana vnitřního ucha reflexním napětím MUSCULUS STAPEDIUS, MUSCULUS TENSOR TYMPANI

**funguje** hluk ustálený, ne příliš rychle proměnlivý

**selhává** hluk pulsní, proměnlivý s prudkými skoky

Důsledek selhání: Vysoké energie se dostanou do vnitřního ucha ⇒ poškození smyslových buněk

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Účinky

### Fyziologické

- pozadí (bylo prokázáno, že 0 vede ke stresu)
- informační, komunikační

### Škodlivé

- Obtěžování, rušení (mírnější intenzity, více závisí na charakteru činnosti), narušování komunikace
- Poškození zprostředkované sluchovým ústrojím – různá psychosomatická a neurotická poškození.
- Poškození sluchového ústrojí (akutní – akutrauma, poškození středního ucha + bubínku; chronické – poškození smyslových buněk)
- Poškození jiných tkání (u velmi vysokých intenzit)

◀ ▶ ↺ ↻ 🔍

## Poškození sluchu

- Na hraně poškození, v některých případech může vadit: Vlna o vyšší intenzitě zabrání vnímání následujících o nižší intenzitě (úroveň zlomků sekund)
  - Může zakrýt výstražné akustické signály
  - Využití – ztrátové zvukové formáty typu mp3
- Ohlušení – posun zvukového prahu na desítky minut až hodin
- Akutrauma – překročila se fyzická odolnost ucha, především středního
- Chronické nevratné poškození sluchu – dlouhodobé působení vysokých intenzit (měsíce až léta, velmi vysoké interindividuální rozdíly): Cílovou tkání je smyslový epitel ve vnitřním uchu



## Celkové účinky na nervovou soustavu

### Může vyvolat

- psychický stres** (obecně)
- neurotické projevy** zejména poruchy spánku, pocit napětí, poruchy soustředění
- neurózy** pestrá psychická a somatická symptomatologie

### Může zhoršit, vyvolat krizi

- psychózy** obecně zhoršuje průběh
- epilepsie** může vyvolat akutní záchvat



## Vztah k úrazům

### Úrazy

Sluchového ústrojí – přímo vyvolává

Ostatní – zvyšuje riziko úrazu různými mechanismy, od snižování schopnosti soustředění až po maskování výstražných signálů a blokování schopnosti je postřehnout (ztráty sluchu).



## Vztah k psychosomatickým chorobám

### Kardiovaskulární nemoci

Především zhoršuje hypertenzi a ischemickou chorobu srdeční, přeneseně i další.

### Nemoci GIT

Především příspěvek k rozvoji vředové choroby žaludku a dvanáctníku, ale i dalším chronickým onemocněním této soustavy.

### Diabetes mellitus

Zhoršuje průběh obou hlavních typů cukrovky „hýbe“ s potřebou inzulínu, a to oběma směry.

### Psoriasis

Zhoršuje průběh lupénky i dalších systémových onemocnění.

**Zhoršuje průběh všech závažných chronických chorob.**



## Vliv na vývoj plodu

### Poškození plodu

- Rodí se s nižší porodní hmotností (rizika)
- Může dojít k předčasnému porodu (rizika)
- Může mít už z prenatálního období poškozený sluch, především vnitřní ucho



## Hygienické limity

Pracovní prostředí

### Základní hodnota

75 dB

### Korekce podle délky expozice

až + 20 dB

### Korekce podle psychické náročnosti práce

-40 až + 10 dB

### Korekce podle ochranných pomůcek

- Kolik pomůcka hluku ubere, o tolik lze korigovat k vyšším hodnotám
- Účinky pomůcek se částečně sčítají
- Při vysokých hodnotách je nutno chránit nejen zvukovod, ale i kost skalní nebo celou lebku



## Hygienické limity

Životní prostředí

### Podle charakteru prostředí

Základní limity jsou stanoveny podle charakteru zástavby – prostředí (např. obytná zóna, průmyslová a nákupní zóna, rekreační oblast apod.)

### Korekce podle denní doby

V noci je prováděna korekce směrem k nižším hodnotám.

### Zdroj problémů a konverzí

Hudba, zejména v nočních hodinách.



## Protihluková opatření 1

### Technická

- Snižit produkci hluku ve zdroji, tento odstranit, přesunout
- Snižit vedení hluku od zdroje do prostředí

### Organizační

(především průmyslová sféra)

- zkrátit expozici hluku
- zabránit zbytečným expozicím



