



PŘÍRODNÍ RADIOAKTIVITA A STAVEBNICTVÍ

RNDr. Karel Uvíra

2012
Opava

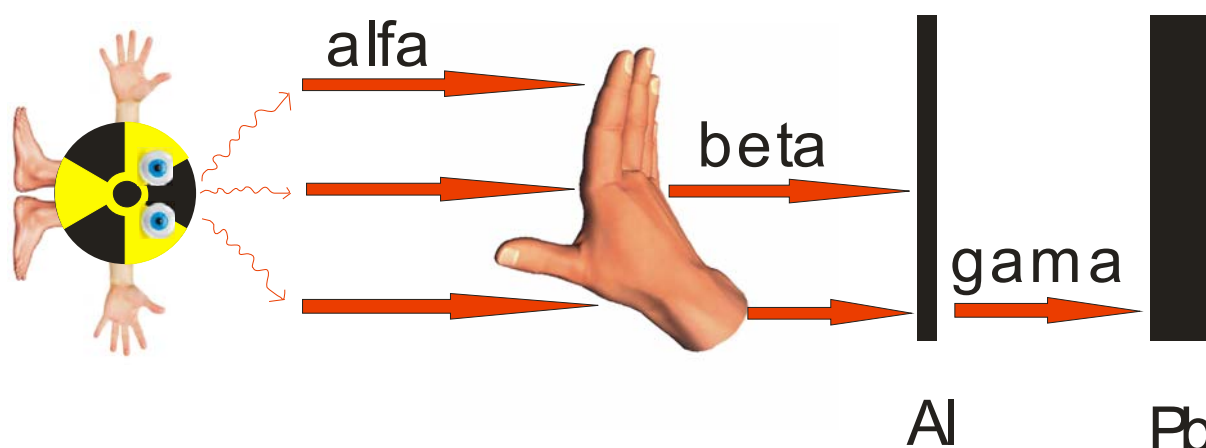
Tato příručka vznikla za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

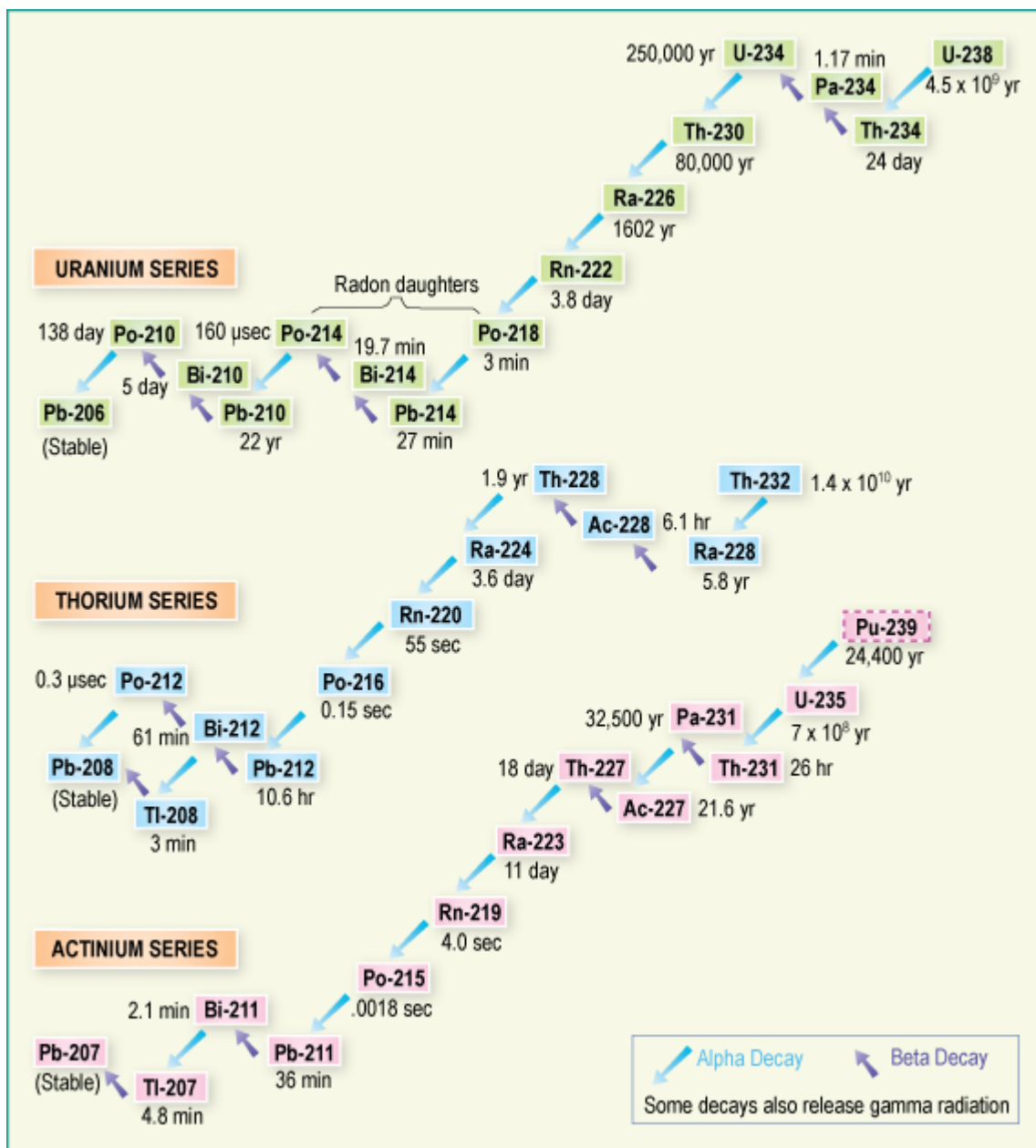
Přírodní radioaktivita a stavebnictví

Přírodní (přirozená) radioaktivita je jev, kdy dochází k samovolné přeměně nestabilních jader na jiná jádra. Tento proces se označuje jako radioaktivní rozpad nebo přeměna a látky, které se takto mění jsou radionuklidy. Kromě přírodních radionuklidů jsou rovněž i umělé, které vznikají např. v jaderných reaktorech (řetězová reakce), transmutací nebo v urychlovačích částic. Rozpadová řada (též přeměnová řada nebo radioaktivní řada) popisuje postupný radioaktivní rozpad nestabilních jader těžkých prvků. Rozpad v těchto řadách probíhá vždy vyzařováním částic alfa (jader helia) nebo beta (elektronů). S výjimkou neptuniové řady začínají všechny základní řady relativně stabilním, v přírodě se běžně vyskytujícím izotopem (ze skupiny aktinoidů), s poločasem rozpadu nad půl miliardy let. Na konci každé rozpadové řady je stabilní izotop. Alfa, beta a gama záření má různou schopnost pronikat hmotou. Nejkratší dosah má alfa záření, které lze zastavit listem papíru; gama záření má vysokou pronikavost a lze je zeslabit materiály s vysokou hustotou (např. olovo).



Obr.1 Pronikání záření hmotou

- Uranová, začínající uranem ^{238}U a končící olovem ^{206}Pb
- Aktinuranová, začínající uranem ^{235}U a končící olovem ^{207}Pb
- Thoriová, začínající thoriem ^{232}Th a končící olovem ^{208}Pb
- Neptuniová, (umělá) začínající neptuniem ^{237}Np a končící bismutem ^{209}Bi



Obr.2 Radioaktivní rozpadové řady

Poznatky o radioaktivních rozpadech a poločasu rozpadu využívá např. [radiokarbonová metoda datování](#) v [archeologii](#). Těla lidí, zvířat i rostlin obsahují [uhlík](#) v izotopech ^{12}C ^{13}C ^{14}C , z čehož poslední uhlík je radioaktivní. Pokud je organismus naživu, poměr mezi izotopy je stálý. Rozpadající se ^{14}C se [metabolickými](#) procesy doplňuje z atmosféry, kde neustále vzniká působením [kosmického záření](#). Když organismus uhynie, přestane si vyměňovat uhlík s okolím a poměr se začne měnit, takže z tohoto poměru lze určit stáří archeologického nálezu.

Radioaktivní přeměna je doprovázená emisí jaderného záření. Jedná se o rychlé nabitě částice nebo krátkovlnné elektromagnetické záření, označované jako gama záření. Podle způsobu radioaktivní přeměny a druhu emitovaného záření rozlišujeme radioaktivitu alfa a beta. Alfa záření je proud heliových jader ^4He . Při alfa rozpadu má následující izotop menší hmotnostní číslo o 4. Beta záření je vlastně proud elektronů (hmotnostní číslo je stejné, ale atomové číslo se zmenší o 1). Gama záření je elektromagnetické záření s krátkou vlnovou délkou (jevy – fotoefekt, Comptonův rozptyl, tvorba párů).

Zákon radioaktivního rozpadu

Vlastnosti radioaktivního rozpadu lze zkoumat pomocí [statistických](#) metod.

Předpokládejme, že za [časový](#) interval dt dojde k rozpadu dn [atomů](#) radioaktivní látky. Počet rozpadlých atomů dn je úměrný počtu částic v daném časovém okamžiku, který označíme n . Tuto úměru lze vyjádřit vztahem

$$-dn = \lambda \cdot n \cdot dt$$

kde λ je tzv. **rozpadová konstanta**, která charakterizuje předpokládanou [rychlost](#) rozpadu [radionuklidu](#). Znaménko - souvisí s tím, že s rostoucím časem dochází k poklesu okamžitého počtu částic.

[Integrací](#) předchozího vztahu můžeme počet částic v čase t vyjádřit jako

$$n = n^0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

kde n^0 představuje počet částic v čase $t = 0$. Tento vztah se označuje jako **zákon radioaktivního rozpadu**.

Pro praktické využití je vhodnější využít úměry mezi počtem částic a jejich celkovou [hmotností](#), tzn. hmotností radioaktivního vzorku m . Předchozí vztah pak můžeme přepsat ve tvaru

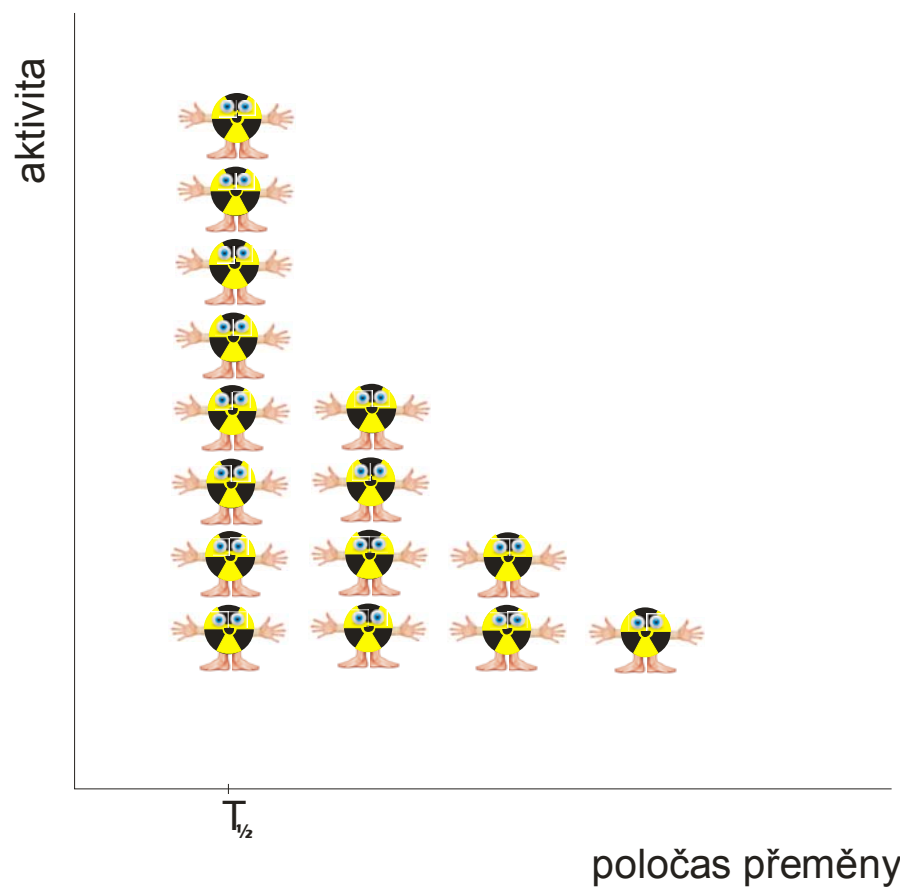
$$m = m^0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

kde m^0 je počáteční hmotnost radioaktivního vzorku a m je jeho hmotnost v čase t .

Poločas rozpadu

Doba, za kterou dojde k rozpadu poloviny z původního počtu atomů radionuklidu, se označuje jako **poločas rozpadu** T . Počet částic po uplynutí této doby je $n = n^0/2$, čímž dostaneme pro poločas rozpadu vztah

$$T = \ln 2 / \lambda = 0,693 / \lambda$$



Obr.3 Poločas přeměny

Aktivita (radioaktivita)

Rychlost radioaktivní přeměny charakterizuje **aktivita (radioaktivita) A**, kterou se definuje vztahem

$$A = dn/dt$$

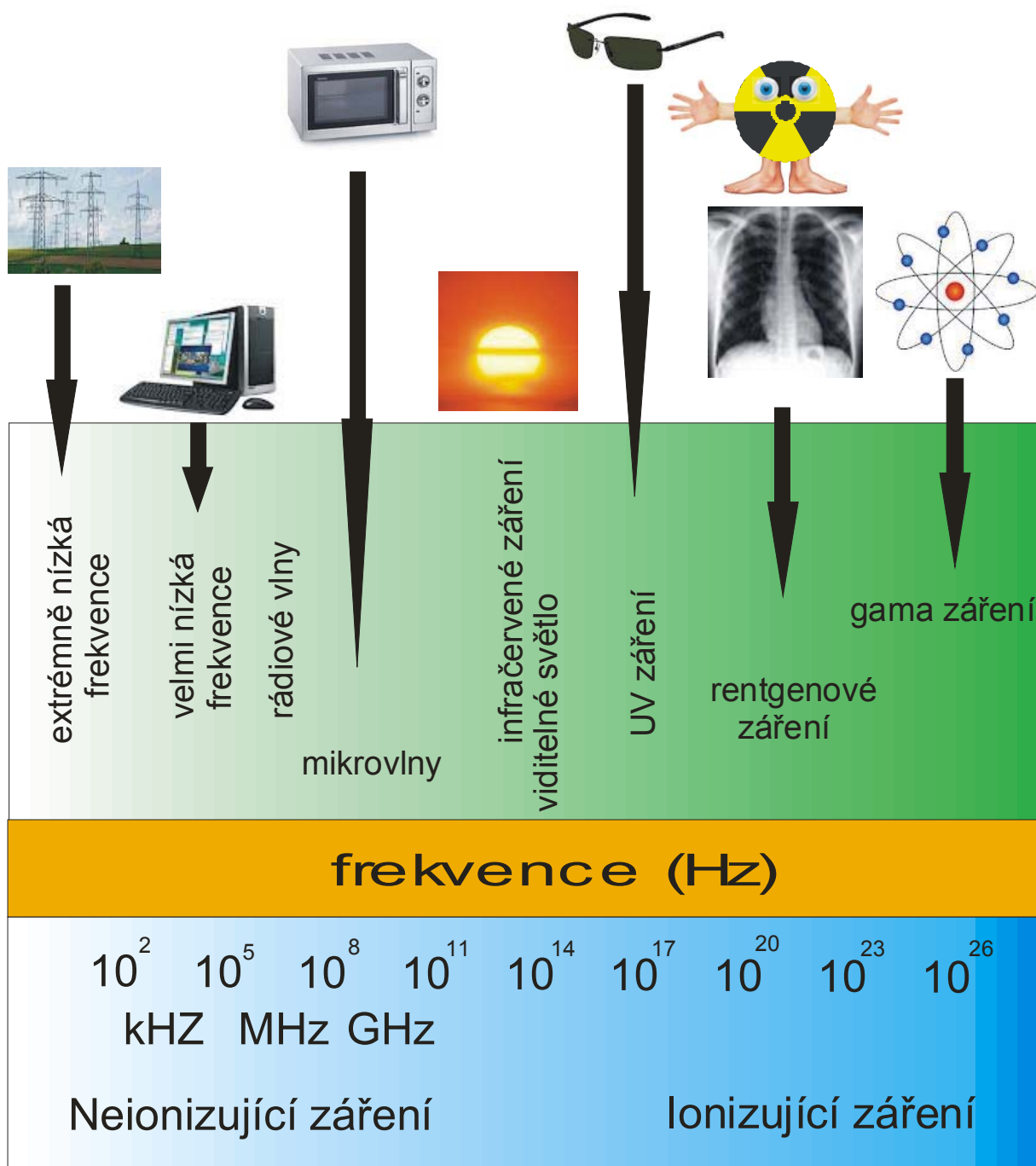
Dosazením z předchozích vztahů dostaneme

$$A = \lambda \cdot n = \lambda \cdot n^0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = A_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t}$$

kde A_0 označuje aktivitu v počátečním čase a A je aktivita v čase t . Aktivita, tedy rychlost rozpadu, klesá s časem.

Jednotkou aktivity je [becquerel](#) (Bq).

Při průchodu hmotou má ionizující záření schopnost ionizovat a vytvářet z elektroneutrálních atomů elektricky nabitě částice – tuto schopnost má alfa, beta i gama záření. Při ionizaci prostředí (ozáření člověka) dochází k poškození jeho zdraví. Z tohoto hlediska je při vnitřním ozáření zvláště významné alfa záření, které v důsledku vysoké hustoty ionizace předává svoji energii na krátké dráze – ozařování plicních buněk. Naopak při zevním ozáření je alfa záření takřka bezvýznamné – pár cm vzduchu zabraňuje dalšímu pronikání. Naopak gama záření je velmi pronikavé a může se dostávat na velké vzdálenosti a to i v těžkých materiálech.



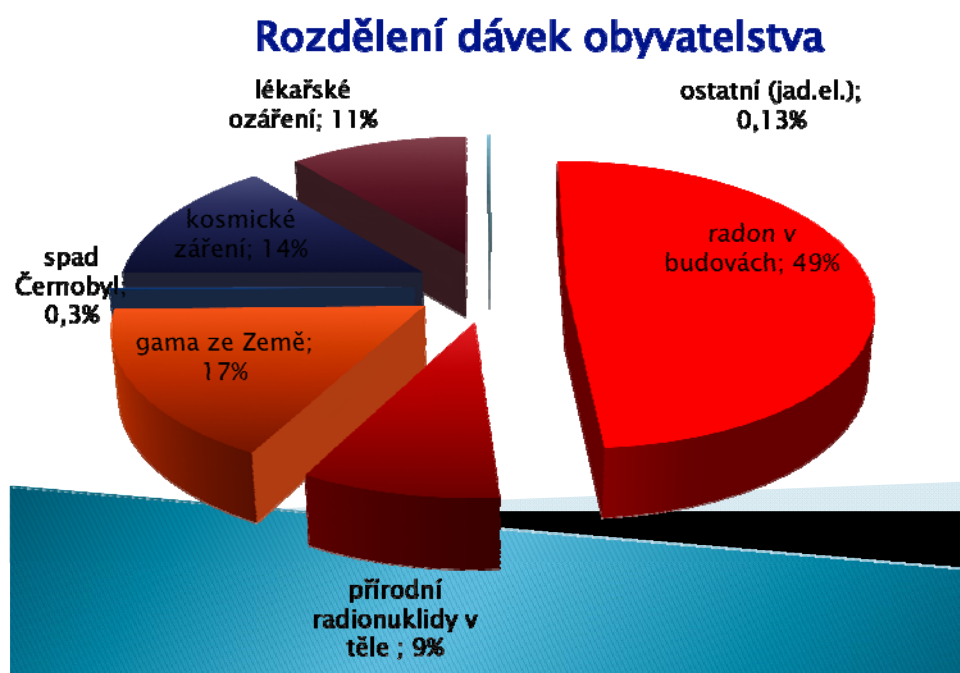
Obr.4 Rozsah ionizujícího a neionizujícího záření

Rozdělení přírodní radioaktivity

Přírodní ozáření je způsobeno dvěma odlišnými zdroji:

1. kosmické záření – dopadá z vesmíru na Zem a ozařuje člověka (závislost na nadmořské výšce a poloze na Zemi)

2. přírodní radionuklidy – terestrální radionuklidy (radionuklidy z rozpadových řad; původní radionuklidy s dlouhým poločasem rozpadu, které vznikly v raných stádiích vesmíru).



Obr.5 Rozdělení dávek obyvatelstva v ČR

Nejvýznamnější složkou je radon v budovách a proto je v rámci radioaktivní ochrany věnována radonu ^{222}Rn velká pozornost. Radon je součástí uranové řady a vzniká rozpadem z radia ^{226}Ra . Je to bezbarvý [plyn](#), bez chuti a zápachu, nereaktivní. Vzniká jako produkt radioaktivního rozpadu [radia](#) a [uranu](#) a díky své nestálosti postupně zaniká dalším radioaktivním rozpadem. Radon je velmi dobře rozpustný ve vodě (okolo 51 % svého objemu) a ještě lépe se rozpouští v nepolárních organických rozpouštědlech. Radon je možno při velmi nízkých teplotách zachytit na [aktivní uhlí](#).

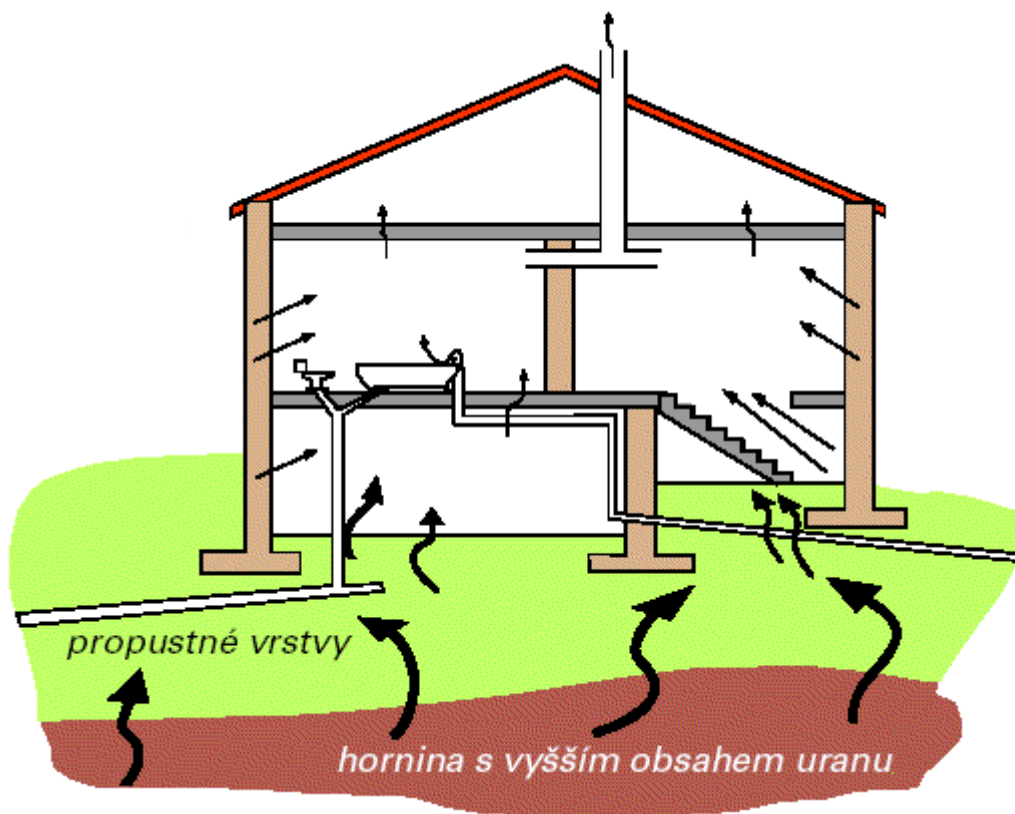
Radon stejně jako i ostatní vzácné plyny má velmi nízký [elektrický odpor](#) a tudíž vede velmi dobře [elektrický proud](#). Toho by se dalo využívat při výrobě osvětlovací techniky, ale je velmi [radioaktivní](#), a proto to není možné. Radon ve výbojce vydává jasně bílé světlo.

Radon byl objeven roku [1900 Friedrichem Ernestem Dornem](#) při zkoumání radioaktivního rozpadu [radia](#) a byl pojmenován jako radiová emanace. [William Ramsay](#) charakterizoval radiovou emanci jejím spektrem roku [1910](#), určil její [hustotu](#) a z ní i [atomovou hmotnost](#) a navrhl pro ni název svítící – niton **Nt**. Později se jméno prvku ještě několikrát změnilo až byl nakonec přijat návrh na jméno radon a toto označení se používá od roku [1923](#).

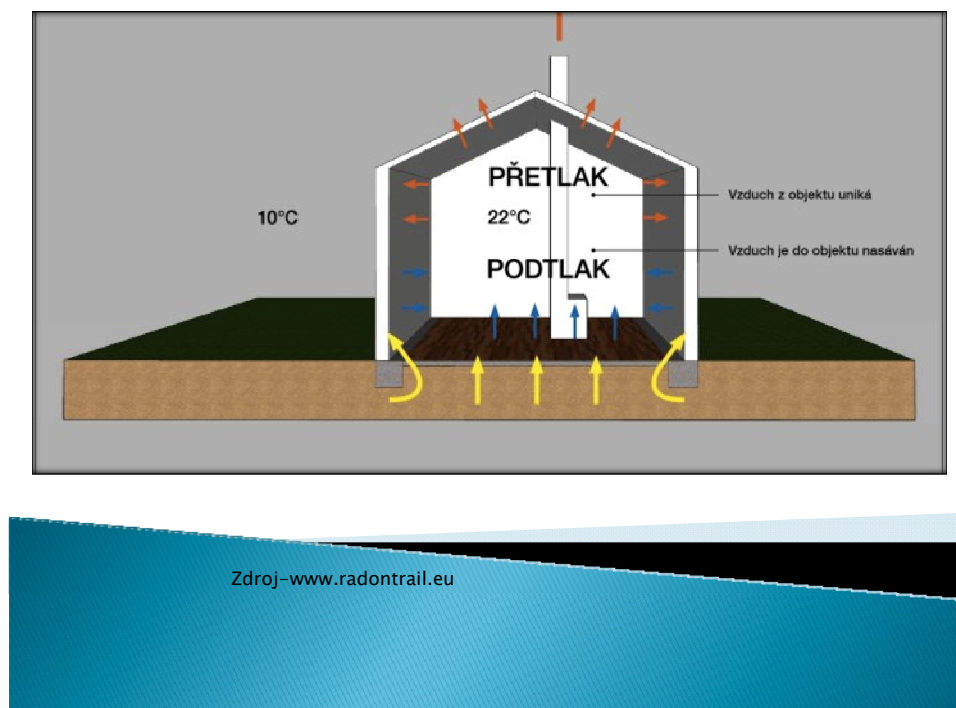
Koncentrace radonu v zemské atmosféře jsou nesmírně nízké, prakticky na hranici detekce těch nejcitlivějších analytických metod. Mohou se však vyskytnout oblasti, kde jsou koncentrace zvýšené. Je to například Guarapari v Brazílii, Kerala v Indii nebo Ramsar v Iránu – je to způsobeno monazitovými písky nebo horninami s vysokým obsahem Ra.

Oproti tomu koncentrace v půdě (přípovrchové vrstvě zemské kůry) jsou mnohem vyšší. Radon se horninovým prostředím pohybuje difúzí nebo konvekcí z hlubších partií a uniká do atmosféry. Rovněž se rozpouští ve vodách a s tou se dostává na povrch.

V objektech, kde se radon dostává různými netěsnostmi atd. jsou koncentrace na úrovni desítek až stovek Bq (v půdách je to o řád výše – 10 až 100 kBq; v atmosféře v jednotkách Bq).



Obr.6 Pronikání radonu do objektu



Obr.7 Vliv počasí na pronikání radonu do objektu

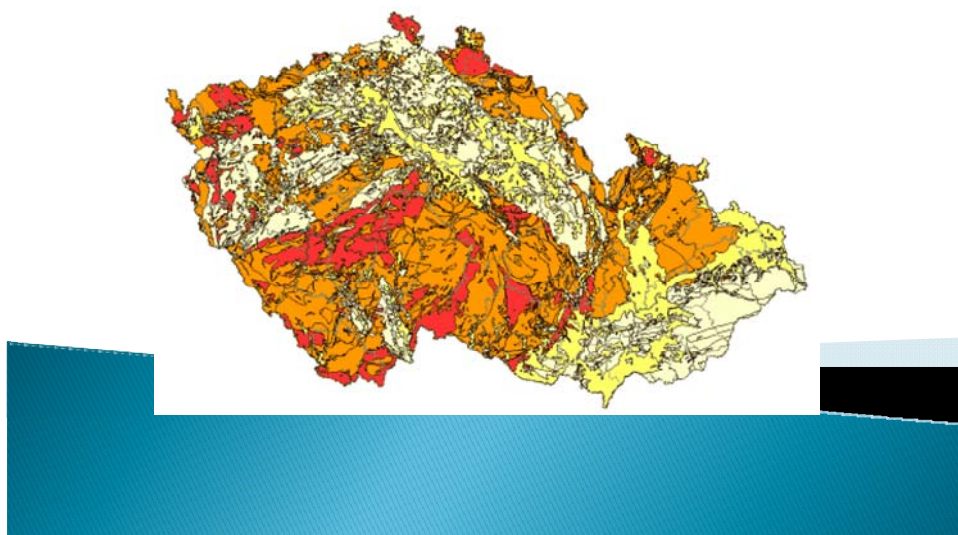
Zvýšený výskyt radonu v určité lokalitě s sebou přináší nárůst nebezpečí výskytu [rakoviny](#) plic. Přitom nebezpečné nejsou ani tak samotné izotopy radonu, ale produkty jeho přeměny, zejména krátkodobé. Jak radon, tak i produkty jeho přeměny [polonium](#) 218Po a 214Po emitují při své radioaktivní přeměně částice [alfa](#). Ty díky své vysoké ionizační schopnosti mohou způsobit porušení [DNA](#). Špatná [reparace](#) DNA pak může zapříčinit nekontrolovatelné množení buněk – rakovinu.

Produkty vzniklé rozpadem radonových atomů jsou na rozdíl od radonu kovy a po svém vzniku tvoří buď shluky s [aerosolovými](#) částicemi nebo např. s vodní párou. Takto vázané produkty přeměny radonu mohou být při vdechnutí zachyceny v dýchacím ústrojí a volně se přeměnit.

Pokud je základová část obytného domu špatně provedená (špatná izolace základů, popraskaná podlaha, prkenná podlaha bez izolace, špatně utěsněné prostupy inženýrských sítí), může docházet k nasávání radonu do vnitřního prostředí objektu. Děje se tak pomocí tzv. komínového efektu. Rozdíl teplot v objektu a pod ním způsobí podtlak v objektu a radon je tak spolu s dalšími plyny aktivně nasáván. Dalším možným zdrojem radonu je stavební materiál. Některé škvárobetonové tvárnice pocházející z rynholecké škváry obsahují vysoké aktivity radia. V současné době je radioaktivita všech stavebních materiálů dodávaných na český trh pod kontrolou Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

Česká republika se díky geologické stavbě řadí k zemím s vyšší průměrnou koncentrací radonu v bytech.

Radonová mapa ČR (mapa radonového indexu pozemku)



Geologická radonová mapa. In: ČESKÁ GEOLOGICKÁ SPOLEČNOST. *Mapy radonového indexu* [online]. [cit. 2012-12-21]. Dostupné z: <http://mapy.geology.cz/radon/>

Obr.8 Radonová mapa ČR



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Tuto příručku vytvořil RNDr. Karel Uvíra, SEZIT PLUS s.r.o., Dolní Benešov, pro Střední průmyslovou školu stavební, Opava, příspěvková organizace, v rámci projektu Operačního programu Vzdělávání pro konkurenceschopnost.



STAVEBNICTVÍ 21

Název projektu: „Stavebnictví 21“

Registrační číslo projektu: CZ.1.07/1.1.24/01.0110

Vytvořeno za finanční podpory Evropského sociálního fondu a rozpočtu České republiky.



Uvedená práce (dílo) podléhá licenci Creative Commons
Uveďte autora-Nevyužívejte dílo komerčně-Zachovejte licenci 3.0 Česko

rok vydání: 2012

místo vydání: Opava

vydala: Střední průmyslová škola stavební, Opava, příspěvková organizace

Tato publikace neprošla jazykovou úpravou.