

Chemická kavárna

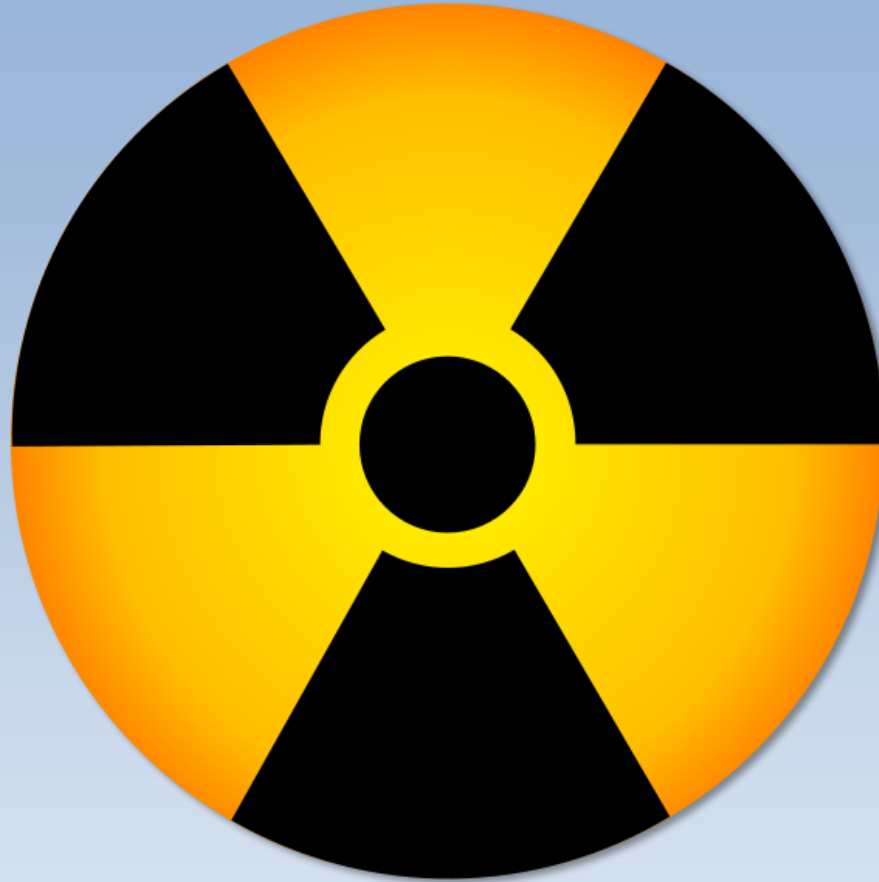
Je radioaktivita opravdu nebezpečná?

Mgr. Jiří Křivohlávek

Ústav chemie, Přírodovědecká fakulta Masarykovy univerzity, dohlížejí osoba nad radiační ochranou a vedoucí evidence jaderných materiálů na MU

14. 2. 2024 Univerzitní kampus Bohunice, B11/132

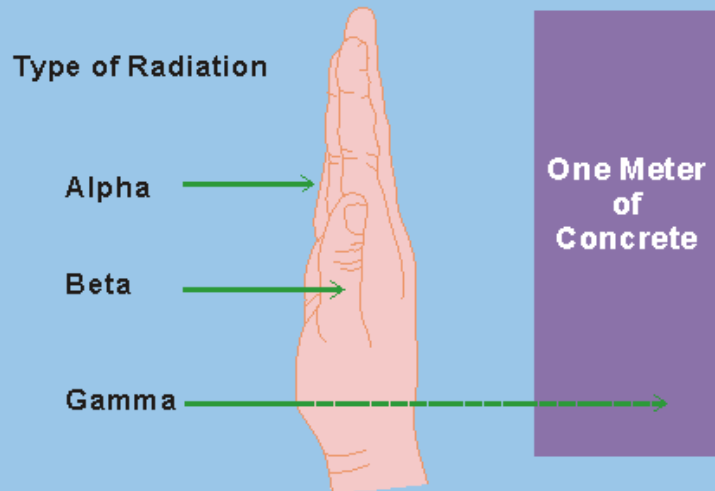
Je radioaktivita opravdu nebezpečná?



Mgr. Jiří Křivohlávek


Základní druhy ionizujícího záření


RELATIVE PENETRATING POWER OF ALPHA, BETA, AND GAMMA RADIATION

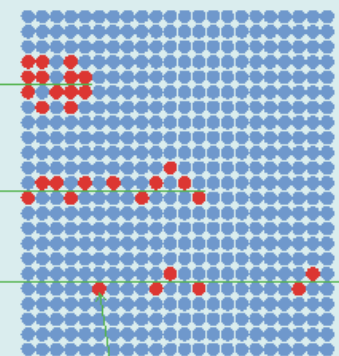


RADIATION PENETRATION IN TISSUES

Alpha Particle: 
Easily Stopped
Least Penetrating

Beta Particle: 
Very Much Smaller
More Penetrating

Gamma Ray and X-Rays: 
Pure Energy
with No Mass
Most Penetrating



Ionized

Základní pojmy

Ionizující záření:

Dávka záření:

Ekv., ef. dávka

Aktivita

záření, které je schopno ionizovat hmotu

1 Gy = energie 1 J absorbovaná v 1 kg látky

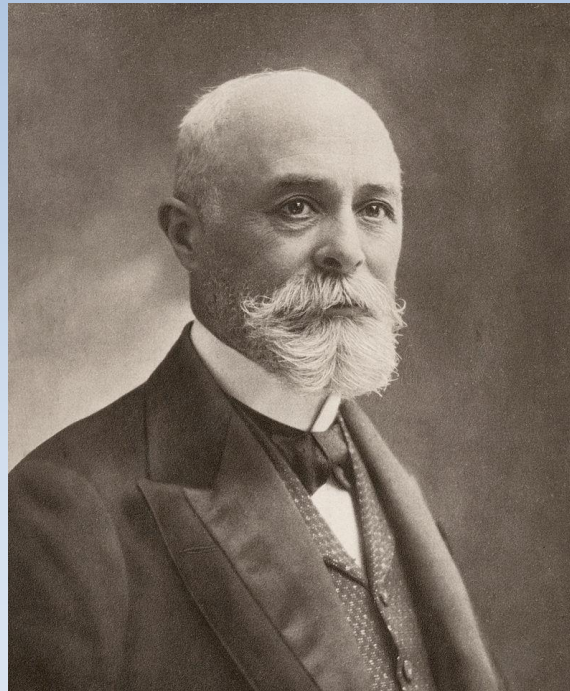
1 Sv = dávka zahrnující účinky různých druhů záření na různé tkáně

počet radioaktivních přeměn za 1 s [Bq]



Louis Harold Gray

10 November 1905 – 9 July 1965



Antoine Henri Becquerel

15 December 1852 – 25 August 1908



Rolf Maximilian Sievert

6 May 1896 – 3 October 1966

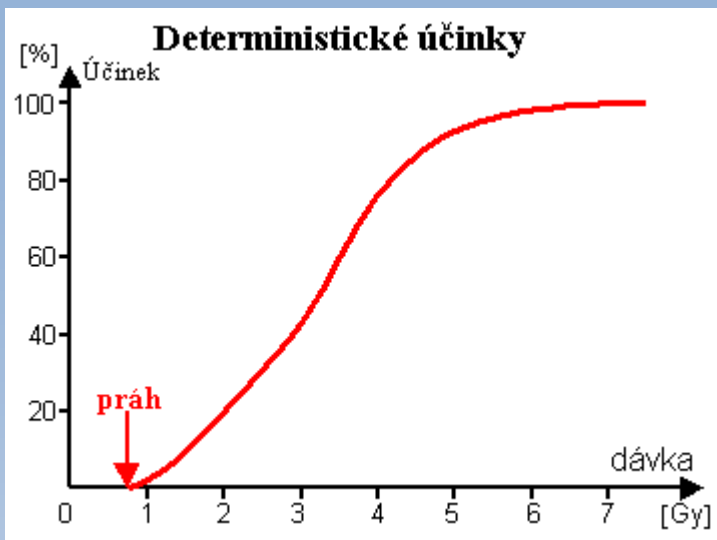
Závislost účinku na druhu záření a ozářené tkáni

Ekvivalentní dávka: $H_T = w_R D_{TR}$ [Sv]

Druh záření	w_R
gama, beta	1
záření α	20

Efektivní dávka: $E = \sum w_T H_T$ [Sv]

Tkáň, orgán	w_T
pohlavní buňky	0,20
červená kostní dřeň	0,12
tlusté střevo	0,12
plíce	0,12
žaludek	0,12
močový měchýř	0,05
mléčná žláza	0,05
játra	0,05
jícen	0,05
štítná žláza	0,05
kůže	0,01
povrchy kostí	0,01
ostatní orgány a tkáně	0,05

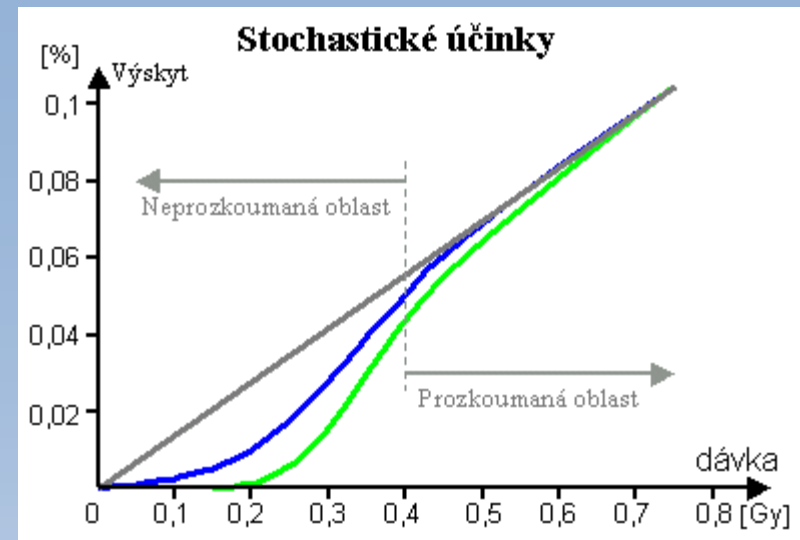


Pravděpodobnost úmrtí na nemoc z ozáření:

4 Sv	50 %
10 Sv	100 %

Epidemiologické studie

- u lidí ozářených při bombardování atomovými bombami dávkami menšími než 0,2 Gy nebyl pozorován vyšší výskyt leukémie,
- kanadské ženy vyšetřované pomocí RTG na tuberkulózu, dávky 0,15 – 0,25 Gy: nižší úmrtnost na rakovinu,
- Coloradská plošina, přirozené dávky záření 3x vyšší než USA průměr: úmrtnost na rakovinu o 15% menší.



Koeficient rizika úmrtí na stochastické účinky (SÚJB):

obyvatelstvo $0,05 \text{ Sv}^{-1}$
 pracovníci se zářením $0,04 \text{ Sv}^{-1}$

Deterministické účinky

- akutní nemoc z ozáření (2 Sv),
- radiační dermatitida (3 – 15 Sv),
- poškození plodu (100 – 250 mSv),
- poruchy plodnosti (3 Sv)
- zákal oční čočky (1,5 – 20 Sv)



Stochastické účinky

- nádorová onemocnění,
- genetické poškození další generace,

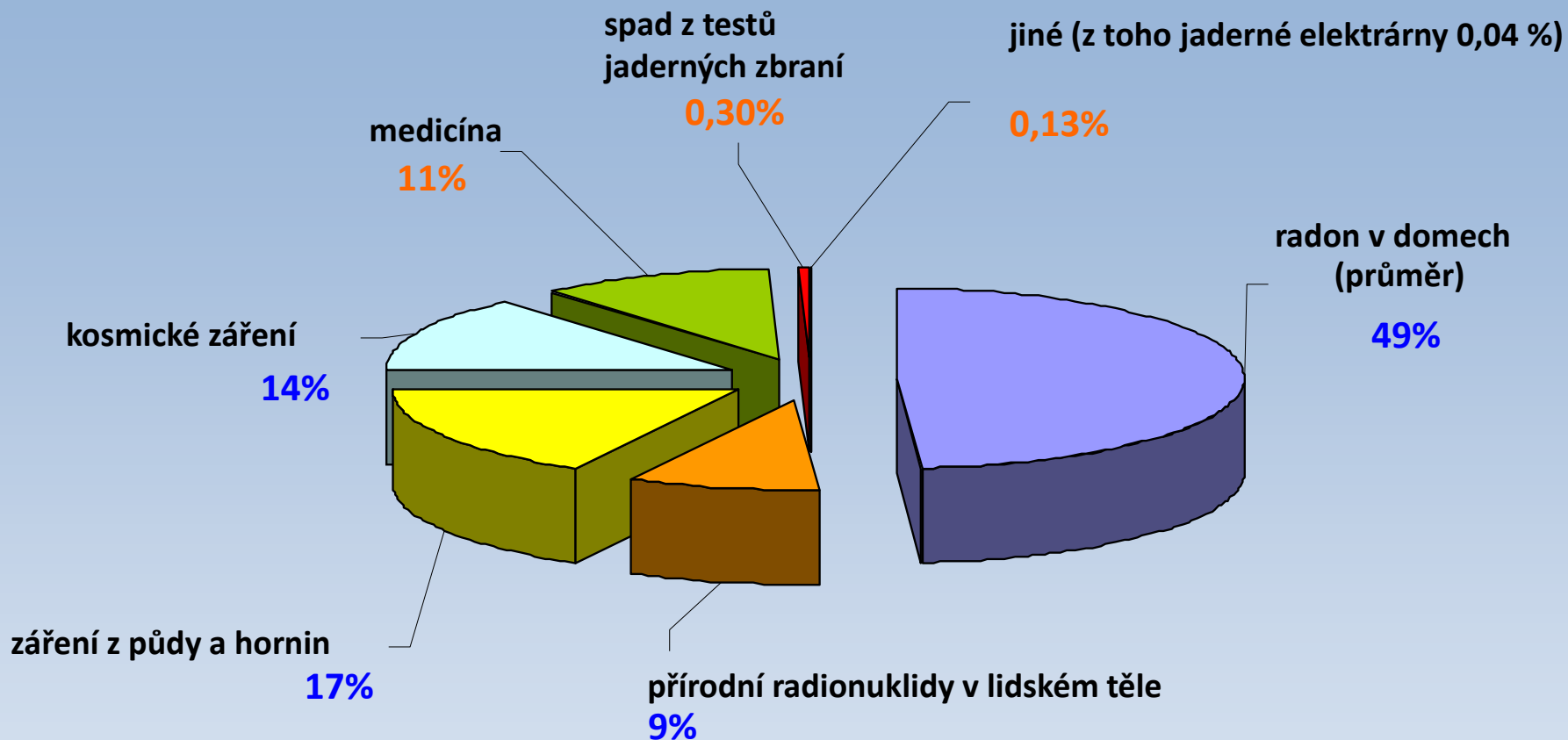
Ochranný efekt:

- leukocyty ozářeny nejprve dávkou 0,02 Gy a pak 0,15 Gy – poloviční výskyt chromozomových aberací než po samostatné dávce 0,15 Gy.

Hormeze – stimulující účinky malých dávek IZ

- vyšší metabolická aktivita bakterií,
- urychlení klíčení semen, vycházení, odnožování, růst, dřívější květenství, dozrávání,
- prodloužení života myši (celoživotně ozařovány 8 h denně dávkou 1 mGy),
- léčivé účinky radioaktivních koupelí (Jáchymov) – léčí se především revmatismus, degenerativní změny obratlů, inf. onemocnění nervového systému, poruchy vylučování k. močové, poruchy při vylučování žluči játry apod.

Umělé a přírodní zdroje IZ



- celkem 3,1 mSv / rok (v ČR)
- náhorní plošiny Iránu 250 mSv / rok
- písčité pláže v Brazílii 400 mSv / rok

Rentgenová diagnostika

Druh vyšetření	Ef. dávka [mSv]
Snímek plic	0,05
Páteř	1,8
Břicho	3 - 8
Urografie	2,1
Mamografie	0,5
Angiografie	3 - 9
CT hlava	1,1
CT tělo	9,2

Druh	Dávka [Gy]
Ovce	1,5 – 2,0
Člověk	2,5 – 3,5
Pes	2,5 – 3,0
Myši	5,5 – 12
Ptáci, hadi	8 – 12
Členovci	10 – 1000
Kvasinky	300 – 500
Rostliny	10 – 1500
Micrococcus radiodurens	10 000 / den

Radioizotopová diagnostika

Druh vyšetření	Ef. dávka [mSv]
Statická scintigrafie ledvin	1,5
Dynamická scintigrafie ledvin	2,2
Dynamická cholescintigrafie	2,3
Scintigrafie skeletu	3,4
Perfúzní scintigrafie plic	1,2
Scintigrafie štítné žlázy	2,2
Scintigrafie perfuze myokardu	7,5

LD₅₀ pro RTG a γ záření

Kosmogenní RN:

- vznikají jadernými reakcemi v atmosféře,
- nejvýznamnější je $^{14}\text{N}(n, p)^{14}\text{C}$,
- v atmosféře se ^{14}C rychle oxiduje na $^{14}\text{CO}_2$, dostává se do rostlin a živočichů (A = 2,5 kBq v lidském těle),
- tritium vzniká např. reakcí $^{14}\text{N}(n, t)^{12}\text{C}$, oxiduje se na H^3HO , aktivita u pólu 5 Bq/l, na rovníku 0,06 Bq/l, v ČR asi 0,6 Bq/l.

Přírodní radionuklidy s dlouhým poločasem rozpadu:

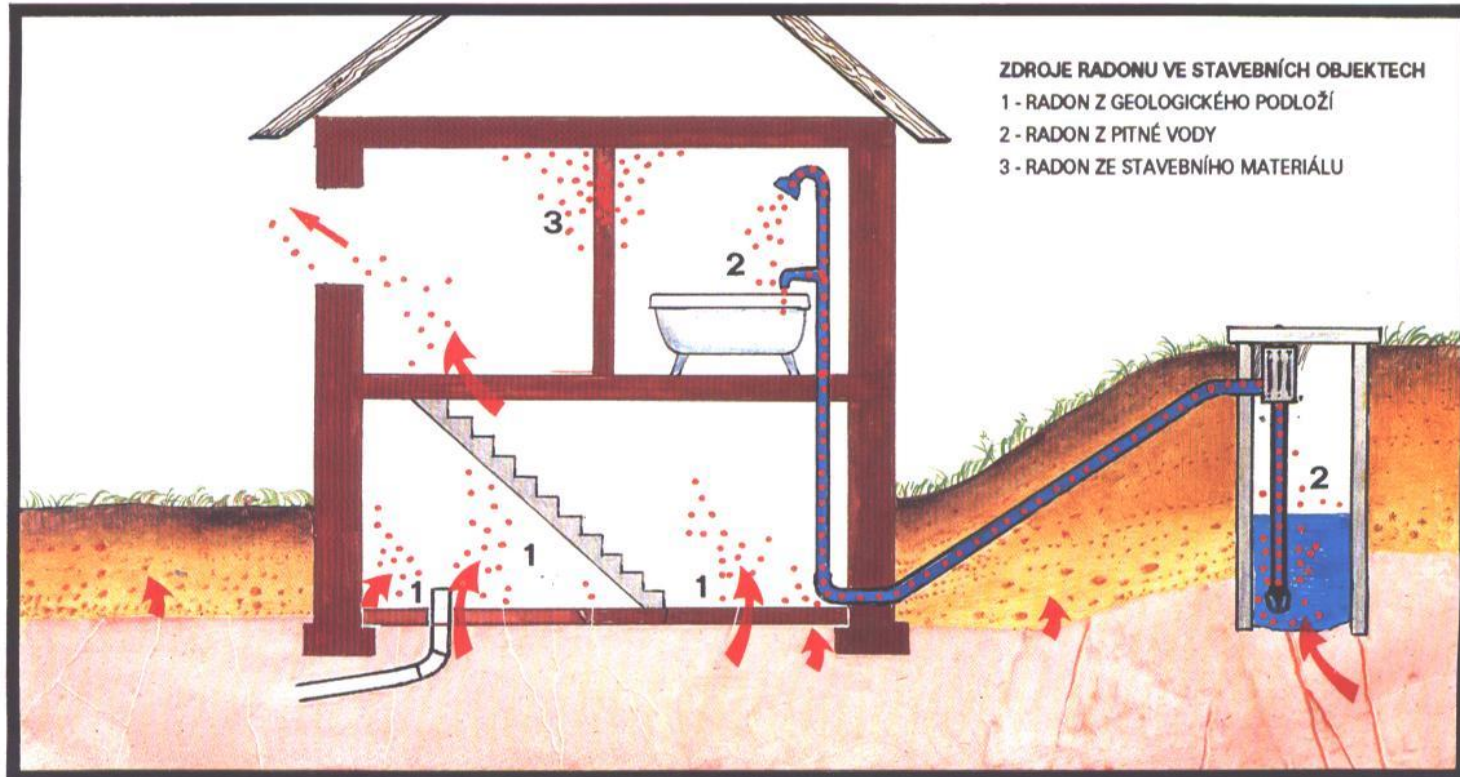
^{40}K

- průměrná měrná aktivita v horninách 313 Bq/kg,
- aktivita v zemské kůře je větší než všech přírodních radionuklidů dohromady,
- podílí se na zevním i vnitřním ozáření lidského organismu (součást těla 22 – 76 kBq/70kg, horniny, stavební materiály),
- aktivita v potravinách 20 – 240 Bq/kg.

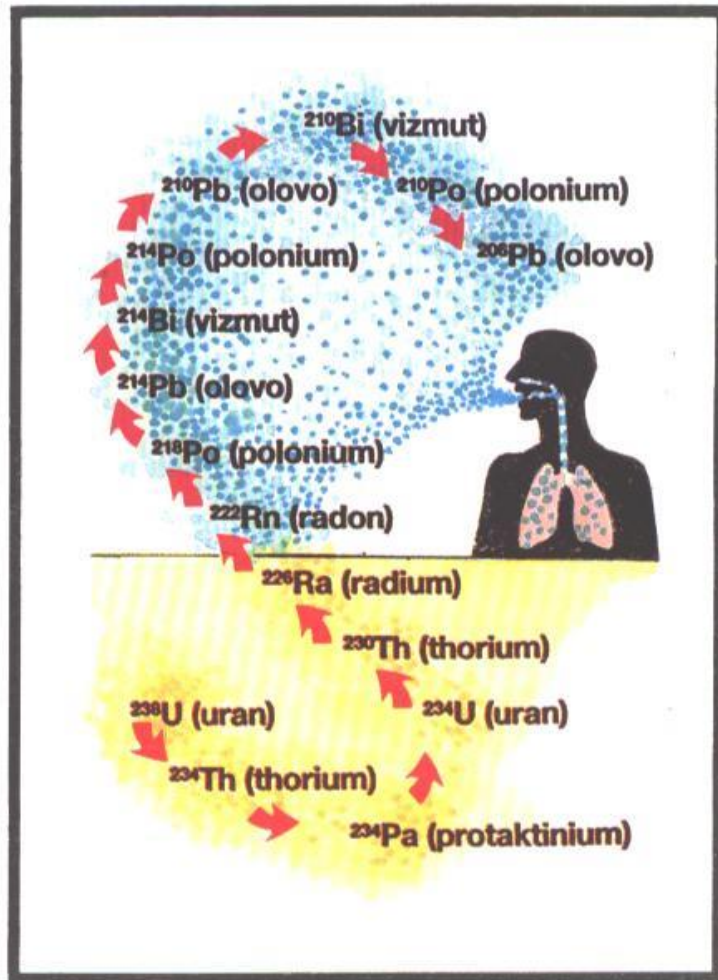
U a Th:

- aktivita v zemské kůře U 70 Bq/kg a Th 50 Bq/kg,
- důležité je i ^{226}Ra (je v rovnováze s ^{238}U), α rozpadem vzniká ^{222}Rn (riziko rakoviny plic), ^{226}Ra se po požití ukládá v kostech (homolog Ca) a ozařuje krvetvornou tkáň.

Radon

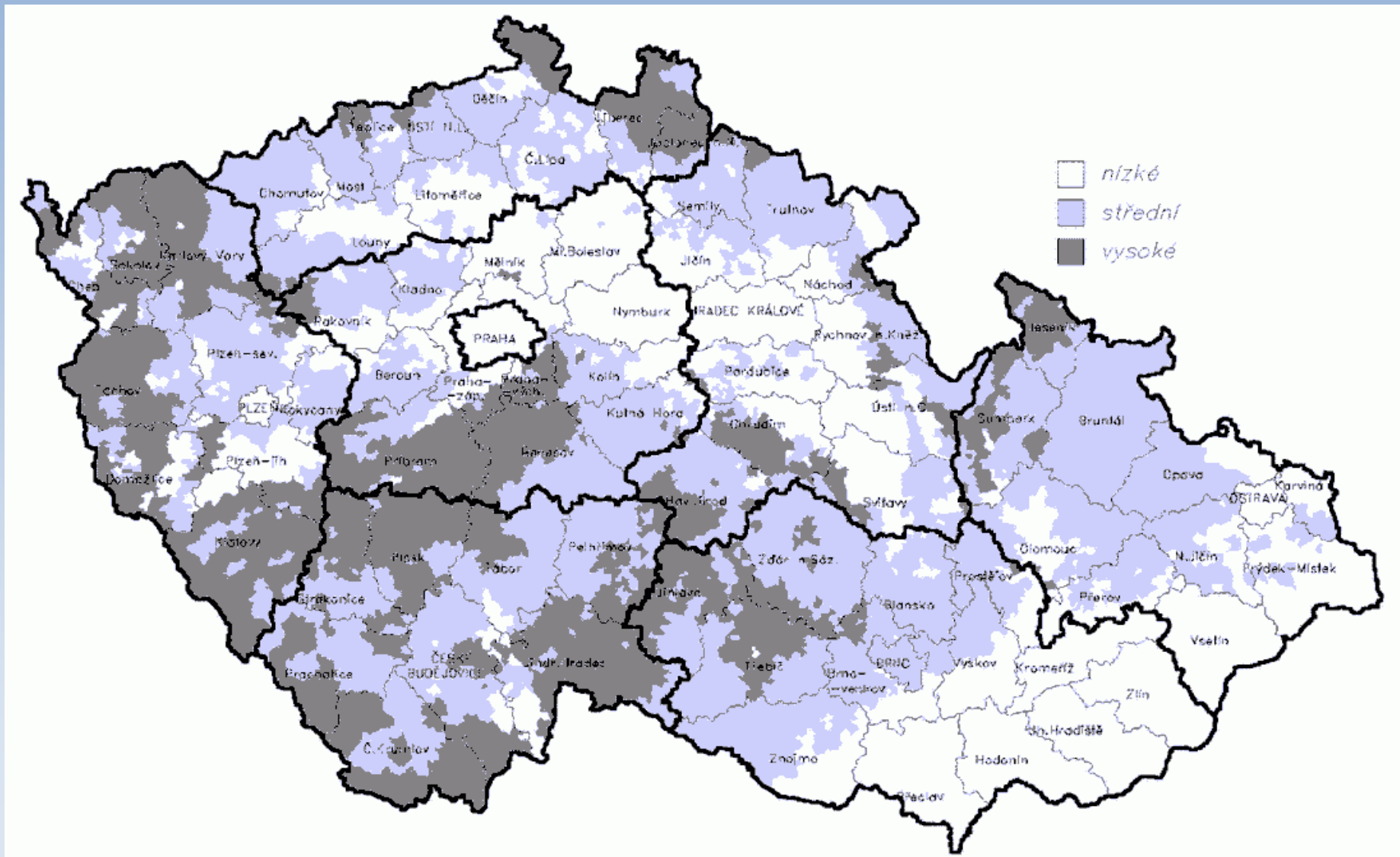


Průměrné měrné aktivity radonu v obytných budovách



země	A [Bq m^{-3}]
Německo	40
Finsko	64
Velká Británie	28
– Cornwall	390
– Devon	150
Švédsko	67
Holandsko	26
Švýcarsko	60
– jihovýchodní Alpy	255
– centrální Alpy	174
Česká republika	58
USA	65
Kanada	17
Austrálie	15

Radonový index v ČR



Nehody JE

MAAE (1991) hodnocení jaderných nehod

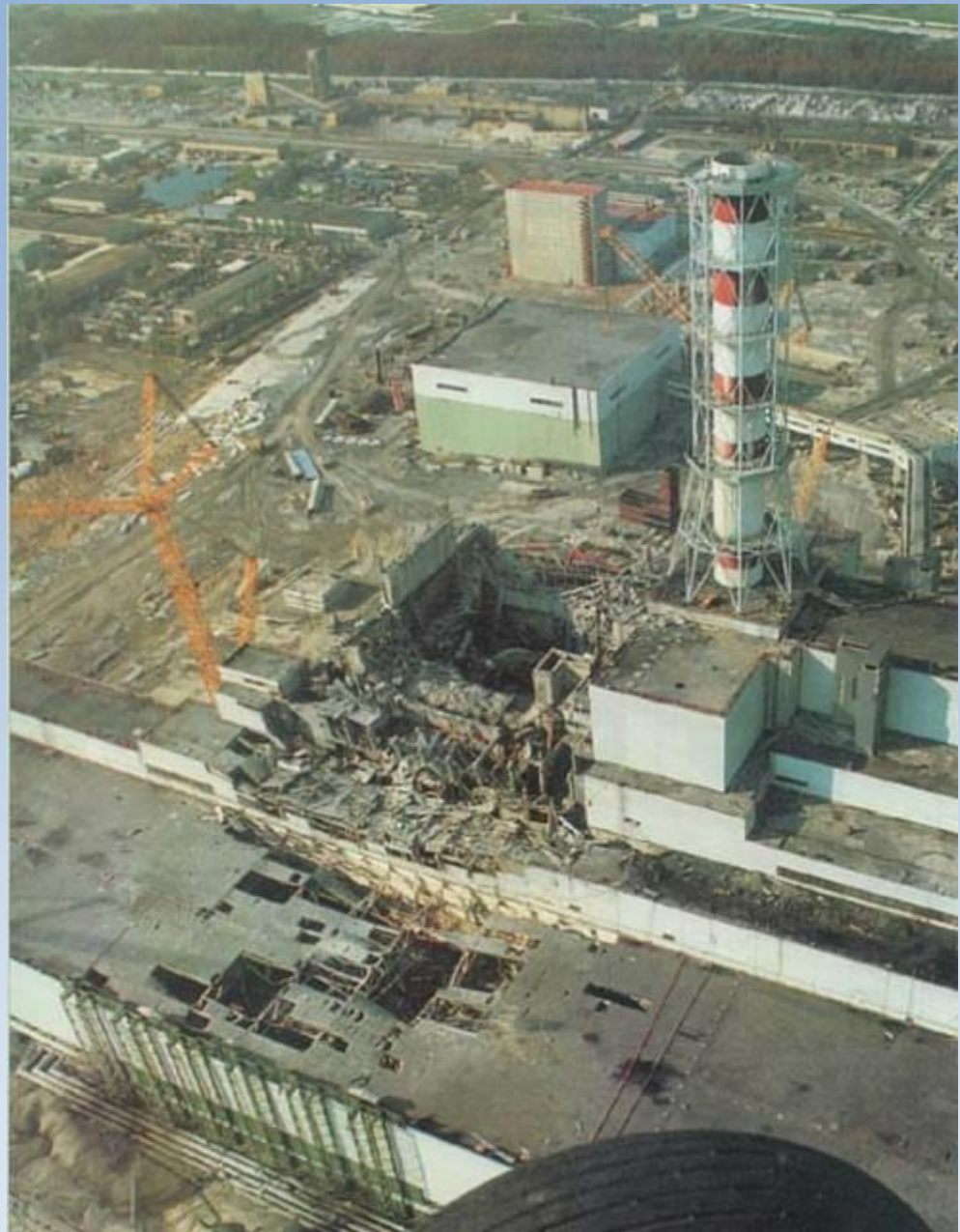
0. Událost pod stupnicí (Below scale)
1. Odchylka (Anomaly)
2. Porucha (Incident)
3. Vážná porucha (Serious accident)
4. Havárie s účinky v jaderném zařízení (Accident mainly in installation)
5. Havárie s účinky na okolí (Accident with off-site risks)
6. Závažná havárie (Serious accident)
7. Velká havárie (Major accident)

Největší havárie jaderných zařízení:

- Three Miles Island (5)
- Windscale (5)
- Fukušima (5 vs. 7)
- Kyštym (6)
- Černobyl (7)

Černobyl, SSSR, 1986

- v důsledku nevhodné manipulace se systémem reaktoru došlo k extrémnímu nárůstu výkonu a odpaření části chladicí vody (**1. výbuch**),
- voda reagovala se žhavým grafitem a došlo k tvorbě vodíku a dalšímu výbuchu (**2.**),
- z 237 osob se u 134 projevila akutní nemoc z ozáření, 28 zemřelo do 3 měsíců,
- WHO: na následky ozáření zemřelo cca **4000 lidí**. (**28 vs. 4000 vs. miliony**),
- někteří obyvatelé se vracejí do svých domovů (radiace poklesla) začíná podpora infrastruktury),
- v ČR průměrná dávka za 1. rok cca 0,3 mSv (přesto v důsledku **nejasných informací** bylo provedeno nadprůměrně vysoké množství potratů!).

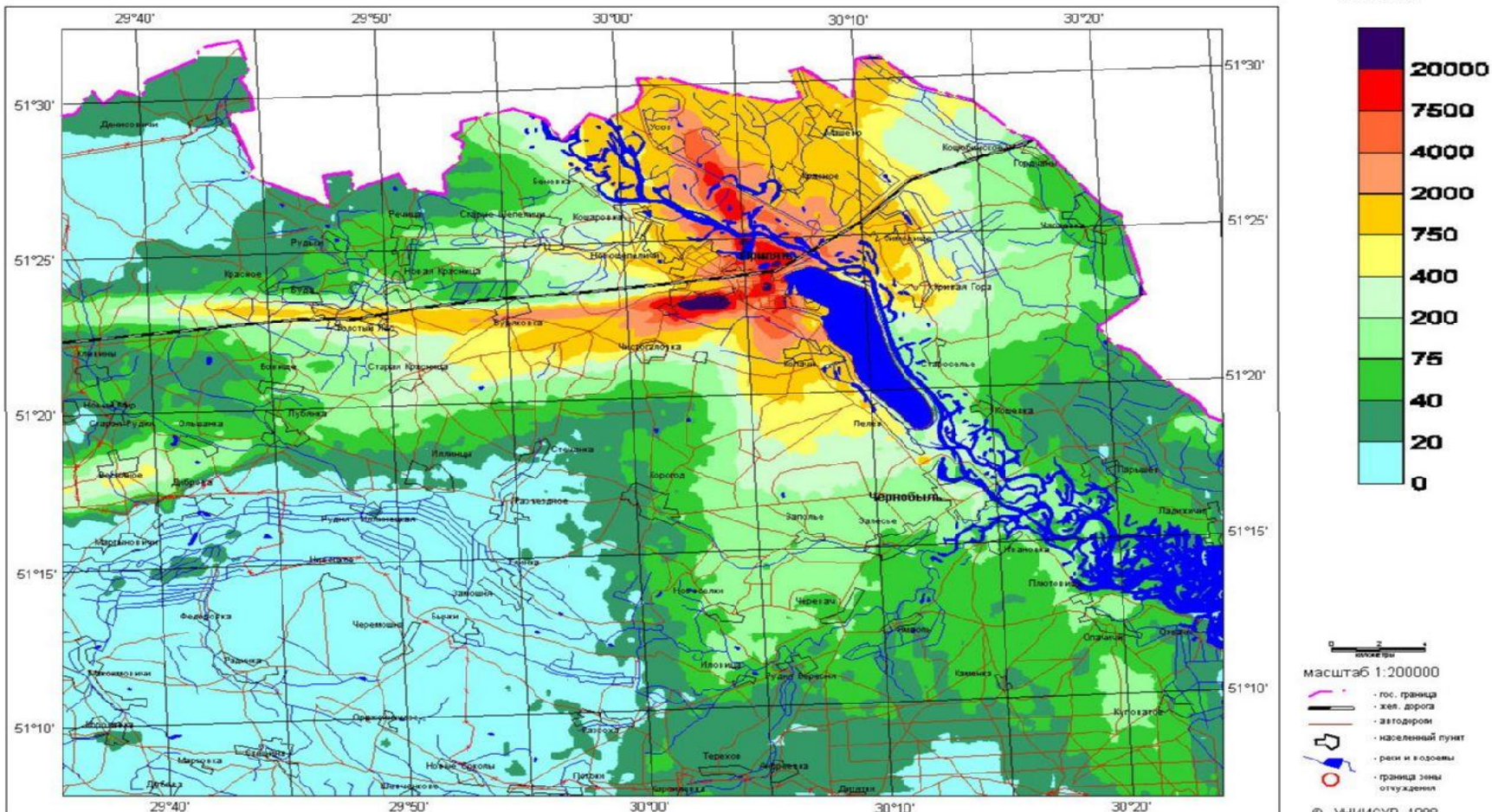


Radioaktivní mrak

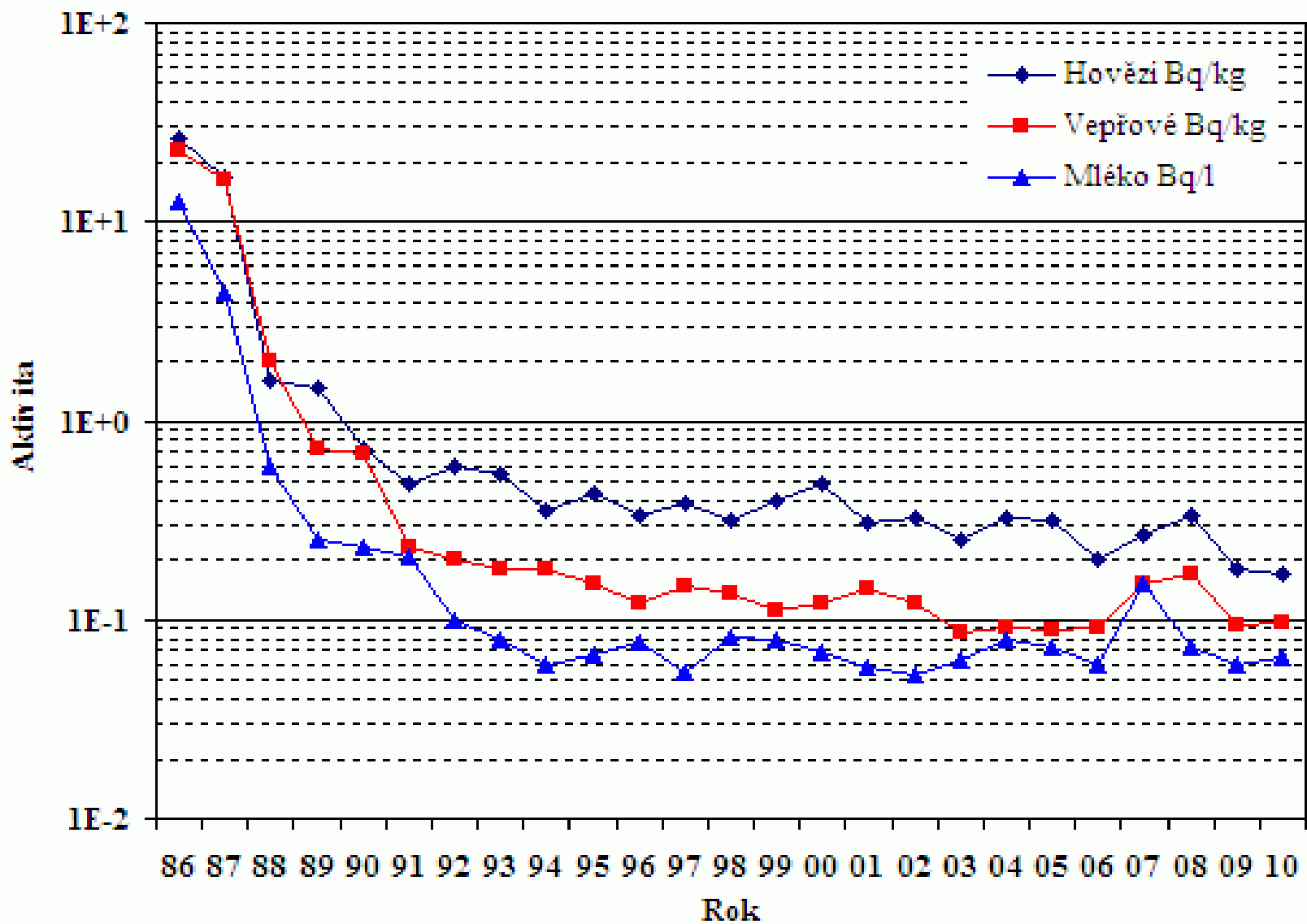
Карта плотности загрязнения стронцием-90 территории 30-км зоны ЧАЭС (по состоянию на 1997г.)

Copyright 2001, UIAR - public PRIPYAT.COM

кБк/кв. м



Průměrné roční hmotnostní aktivity ^{137}Cs ve vepřovém a hovězím mase a objemové aktivity ^{137}Cs v mléce od roku 1986 (vzorkování a měření SÚRO a RC SÚJB)



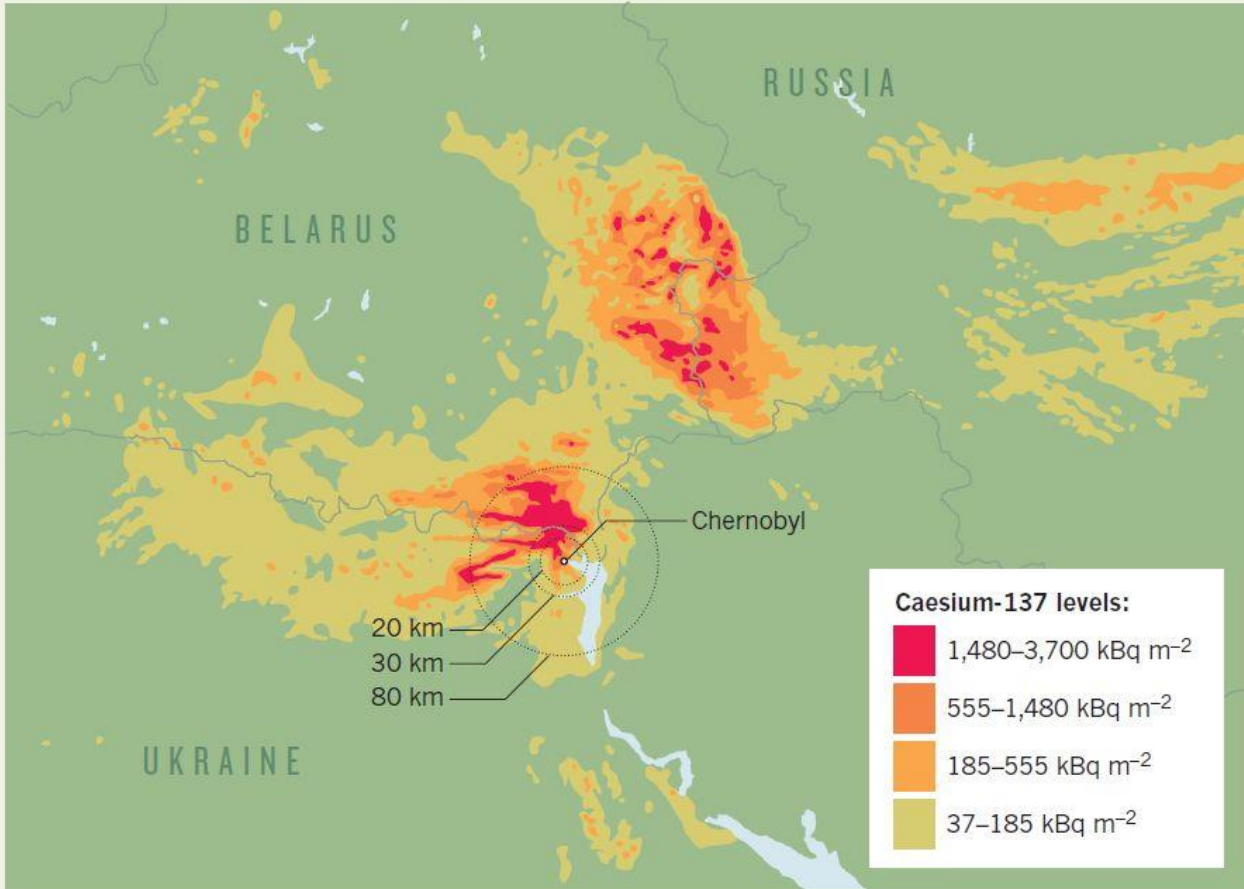
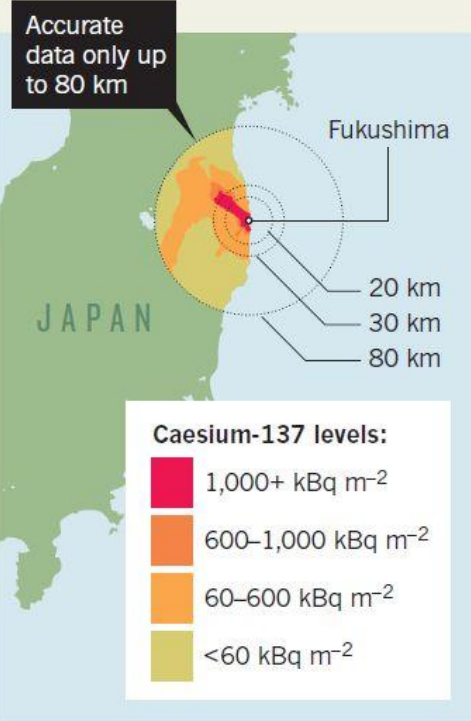
Fukušima (5 vs. 7) , Japonsko, 11.3.2011

- po zemětřesení (9,0 mag) a následné vlně tsunami nebyl dostatečně zajištěn přívod elektrické energie pro chladicí čerpadla,
- reaktory se začali přehřívat a došlo ke tvorbě vodíku a následnému výbuchu (několik),
- došlo k úniku především těkavých štěpných produktů do okolí,
- jednalo se především o ^{137}Cs , ^{131}I a ^{90}Sr ,
- problémy s chlazením trvaly několik měsíců,
- slabě zamořeno bylo území o rozloze stovek km^2 .



FALLOUT COMPARISONS

New data from Fukushima show caesium-137 levels approaching those of Chernobyl — but over a much smaller area.



↓ Total Fukushima caesium-137 release: 1.5×10^{16} Bq

Total Chernobyl caesium-137 release: 8.5×10^{16} Bq

Testy jaderných zbraní

Země, které se vzdaly vývoje jaderných zbraní

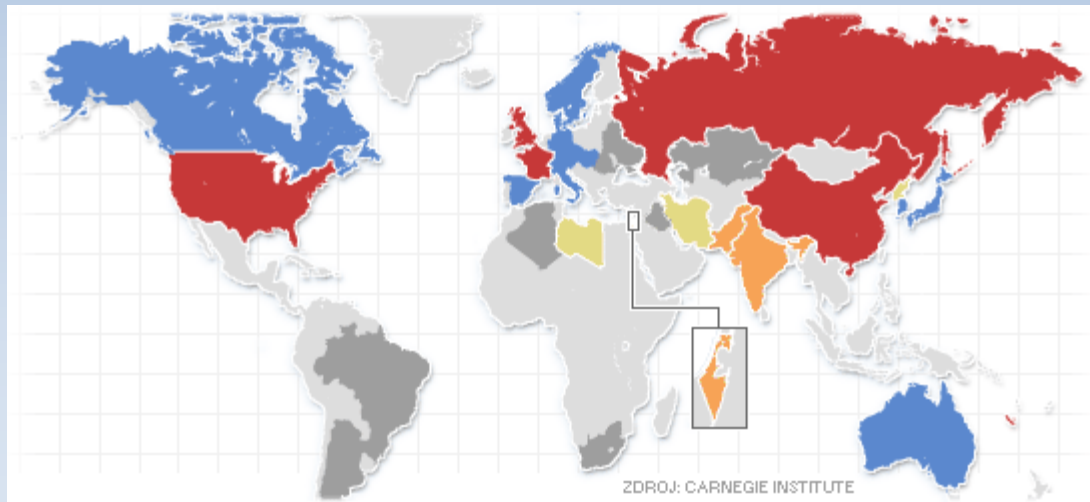
Austrálie, Česká republika, Dánsko, Finsko, Irsko, Itálie, Japonsko, Jižní Korea, Kanada, Maďarsko, Německo, Nizozemí, Norsko, Polsko, Rakousko, Slovensko, Španělsko, Švédsko.

Země, které měly jaderné zbraně

Alžírsko, Argentina, Bělorusko, Brazílie, Kazachstán, Irák, Jihoafrická republika, Libye, Rumunsko, Ukrajina.

Země disponující jadernými zbraněmi

USA, Rusko, Francie, UK, Čína, Severní Korea, Indie, Pákistán, Írán, Izrael.



- Země disponující nukleárními zbraněmi
- Země, které mají jaderný arzenál (nečlenové Smlouvy o nešíření jaderných zbraní)
- "Velmi rizikové" země
- Země, které upustily od vývoje jaderných zbraní
- Země, které v minulosti měly jaderné zbraně či jaderný program

Ostatní zdroje

Nehody se zdroji, otravy

- 13.9.1987, Goiânia, Brazílie, ukradený zdroj ^{137}Cs (93 g $^{137}\text{CsCl}$, 50 TBq, ve vzdálenosti 1 m byl dávkový příkon 3 Gy/hod) (na BÚ C03 100 TBq),
- 2 muži odvezli zařízení domů, kde ho částečně rozebrali,
- pokusili se také rozebrat kapsli (5 x 5 cm) s CsCl, po rozbití ozařovacího okénka je zaujalo tmavomodře světélkující CsCl, trochu vysypali a zkoušeli zapálit – mysleli si, že jde o střelný prach,
- zařízení poté odvezli do sběrný, kde si majitel všiml, že zařízení modře světélkuje (chtěl z něj vyrobit prsten pro svou ženu) pak pozval příbuzné a známe, aby se na tento úkaz podívali,
- jeden z účastníků si „onou záhadnou“ substancí udělal na břichu modře světélkující kříž a označil tak i několik domácích zvířat (několik jich později zemřelo),
- bratr majitele sběrný si CsCl odvezl domů, část vysypal doma na zem, kde si s ním hrála jeho 6 letá dcera, kterou fascinovalo jeho modré světlo, část prášku také snědla (1 GBq, dávka 6 Gy).

Zemřelí

Jméno	Věk	Dávka [Gy]	Poznámky
Leide das Neves Ferreira	6	6,0	Zemřela měsíc po incidentu, pohřbena byla v olověné rakvi a zalita betonem
Gabriela Maria Ferreira	38	5,5	Zemřela měsíc po incidentu, žena majitele sběrný
Israel Baptista dos Santos	22	4,5	Zemřel cca měsíc po incidentu, zaměstnanec majitele sběrný
Admilson Alves de Souza	18	5,3	Zemřel cca 3 týdny po incidentu, zaměstnanec majitele sběrný

Přeživší

Jméno	Věk	Dávka [Gy]	Poznámky
Devair Alves Ferreira	36	7,0	Majitel sběrný
Wagner Mota Pereira	19	-	
Maria Gabriela Abreu	57	4,3	Matka Gabriely
Geraldo Guilherme da Silva	21	3,0	
Ernesto Fabiano	-	4,5	Kladivem rozbil kontejner s CsCl
Edson Fabiano	42	5,3	Bratr Ernesta
Roberto dos Santos Alves	22	6,0	Amputováno pravé předloktí měsíc po nehodě
Ivo Alves Ferreira	40	-	Otec Leide, bratr majitele sběrný
Kardec Sebastião dos Santos	30	-	



- 2006, Londýn, Velká Británie, otrava Alexandera Litviněnka poloniem za cca 30 milionu eur (na černém trhu),
- 1.11.2006 hospitalizován a za 3 týdny zemřel,
- jako první zemřel na otravu poloniem asistent M. C.-Sklodowské.



Závěr:

- všeho moc škodí,
- špatné (nedostatečné) informace jsou leckdy horší, než radioaktivita,
- „Učit se, učit se, učit se.“



Děkuji Vám za pozornost