

# Radiační ochrana pro začátečníky



USDOE

Veronika Olšovcová



1986

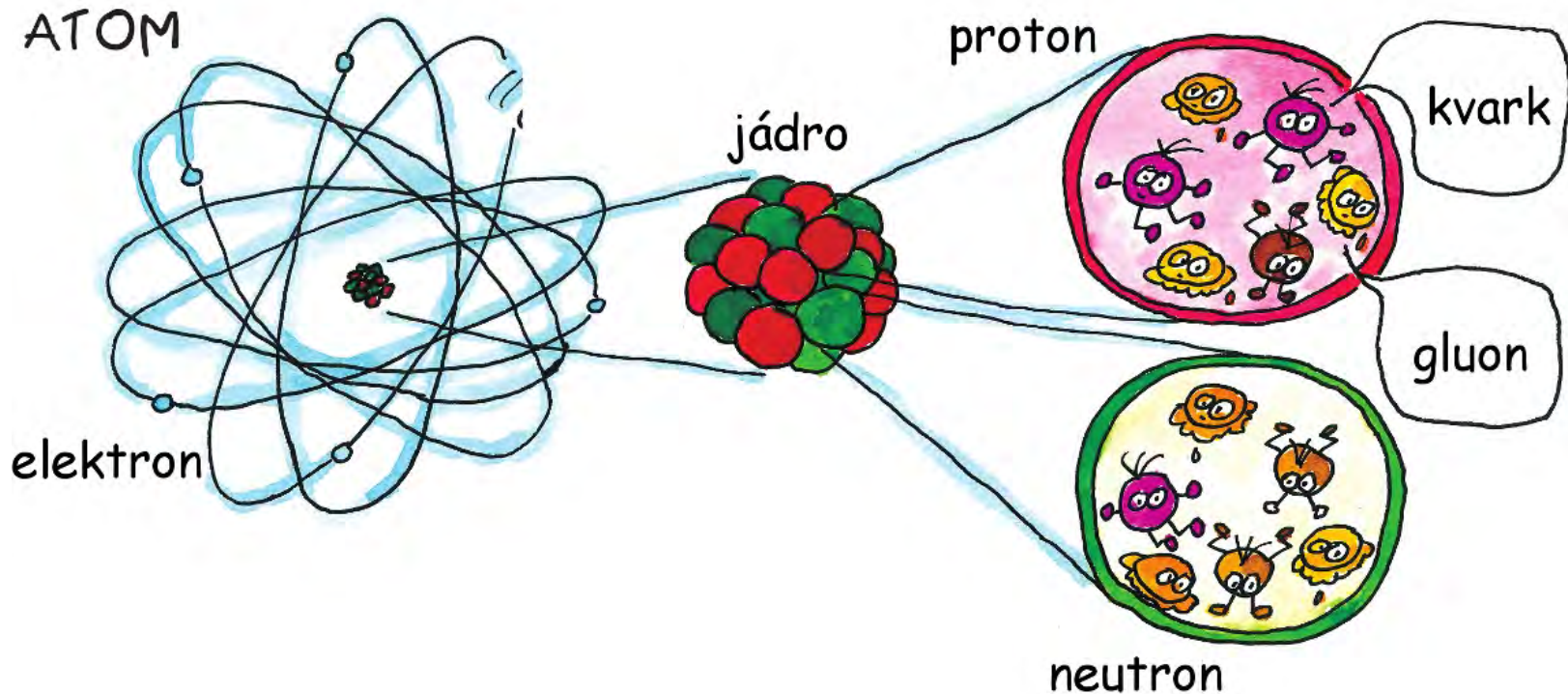


2011

# Obsah

- Základní pojmy
- Radioaktivita kolem nás – cesty ozáření
- Veličiny
- Biologické účinky
- Principy radiační ochrany
- Legislativa
- Příklady zdrojů

# Atom



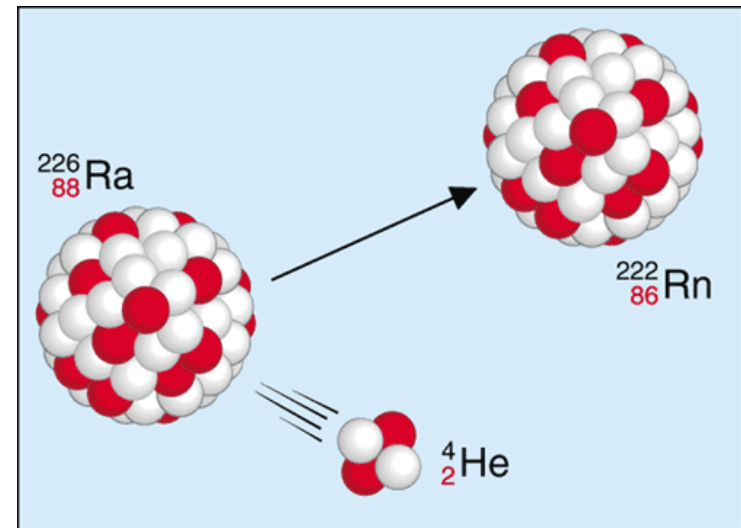
- protonové (atomové) číslo
  - počet p v jádře
- nukleonové číslo
  - počet p & n v jádře
- izotop
  - stejné atomové číslo
- nuklid
  - stejné nukleonové číslo

# Radioaktivita

- děj, kdy dochází k samovolné přeměně atomových jader
- provázeno uvolněním ionizujícího záření
- ionizující záření
  - záření, jehož kvanta mají energii postačující k ionizaci atomů ozářené látky ( $>5$  eV)
- Radionuklidy – zdroj různých druhů ionizujícího záření
  - alfa
  - beta
  - gama (fotony)
  - neutrony
  - protony

# Ionizující záření – záření ALFA

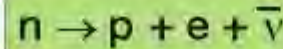
- kladně nabitě částice
- jádra  ${}^4_2\text{He}$
- u těžkých prvků
- silně ionizuje



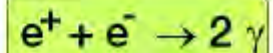
# Ionizující záření – záření BETA

- $\beta^-$  (elektrony)
  - vznik při přeměně neutronu na proton
- $\beta^+$  (pozitrony)
  - vznik při přeměně protonu na neutron
  - anihilace s  $e^-$
- pozitronová emisní tomografie

## Rozpad neutronu

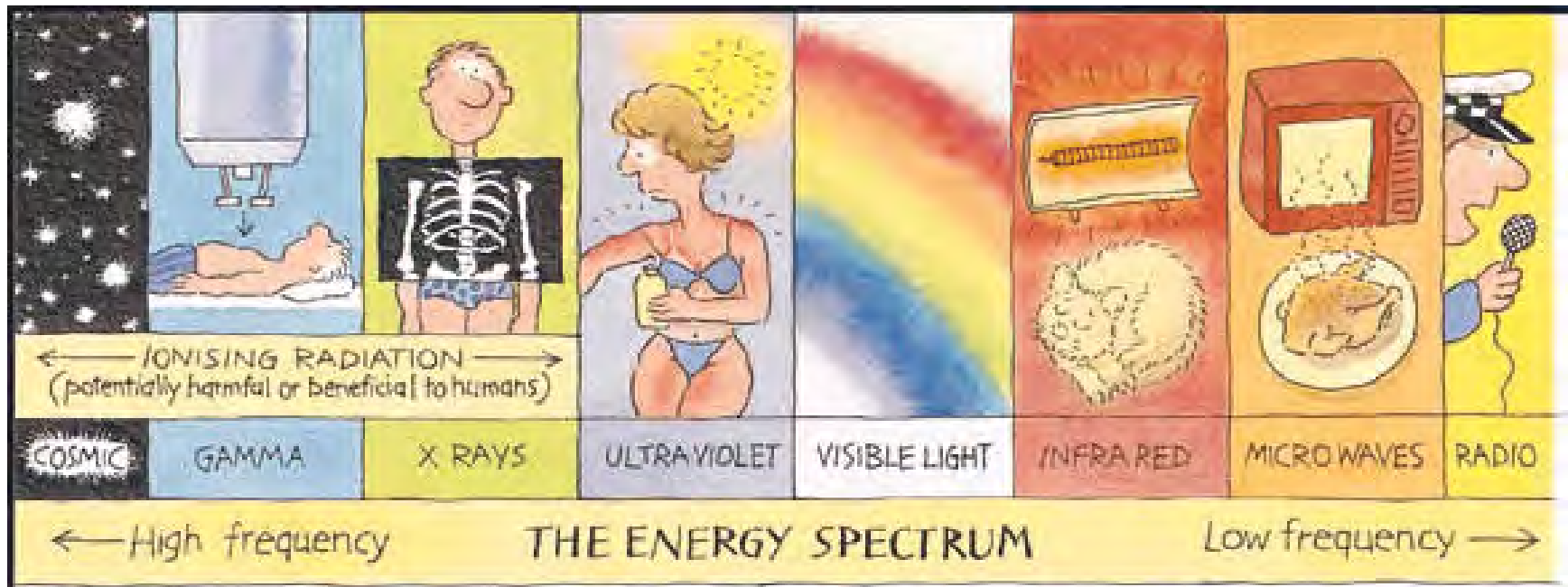


## Anihilace elektronu a pozitronu



# Ionizující záření – fotonové

- gama, rentgenové (X-ray)
- není pevná částice, ale elektromagnetické vlnění
- bez náboje, tj. nepřímo ionizující



ionizující



neionizující



# Ionizující záření – n & p

- Neutrony
  - bez náboje
  - BNCT



- Protony
  - v přírodě především z kosmického záření
  - dobře definovaný dosah závislý na energii -> PTC

# Radioaktivita kolem nás

- Potraviny
  - banány (K-40)
  - $\sim 0,1 \mu\text{Sv}$



- Cigaretový kouř
  - obsahuje Pb-210, Po-210
  - jedna cigareta
    - 16 mBq
    - $\sim 1$  rentgen hrudníku ( $20 \mu\text{Sv}$ )
  - nekuřák žijící s kuřákem  
 $\sim 12$  RTG hrudníku/rok



# Radioaktivita kolem nás



- Lidé
  - Spaní vedle jiné osoby
    - 50  $\mu\text{Sv}/\text{rok}$

- Kosmické záření
  - Evropa ~ 5  $\mu\text{Sv}/\text{hod letu}$



# Radioaktivita kolem nás



## Přírodní pozadí

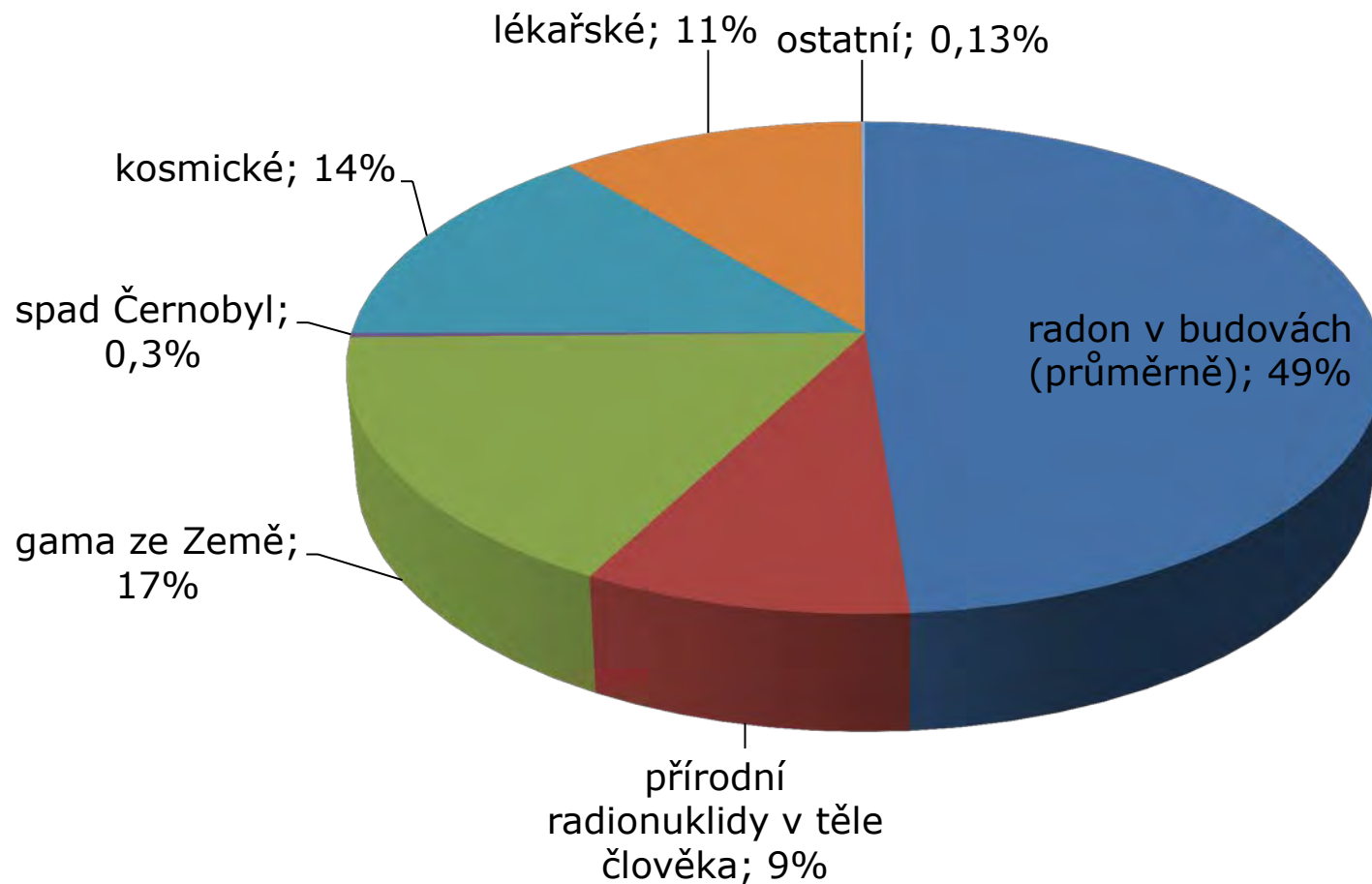
- Texas 0,3 mSv
- ČR 3 mSv
- Itálie 5 mSv
- Guaraparí (Brazílie) 175 mSv
- Ramsar (Irán) 400 mSv

Roční příspěvek (na okolí)  
od **elektrárny**

- jaderné <0,02 mSv
- tepelné <0,06 mSv

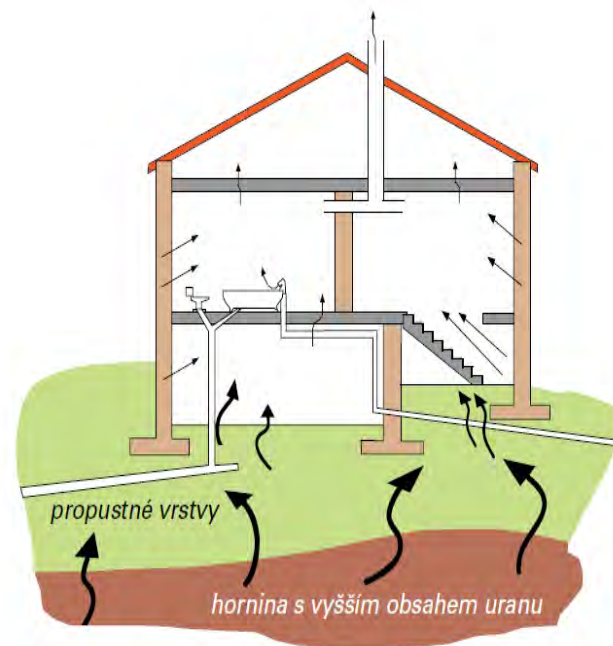


# Radioaktivita kolem nás

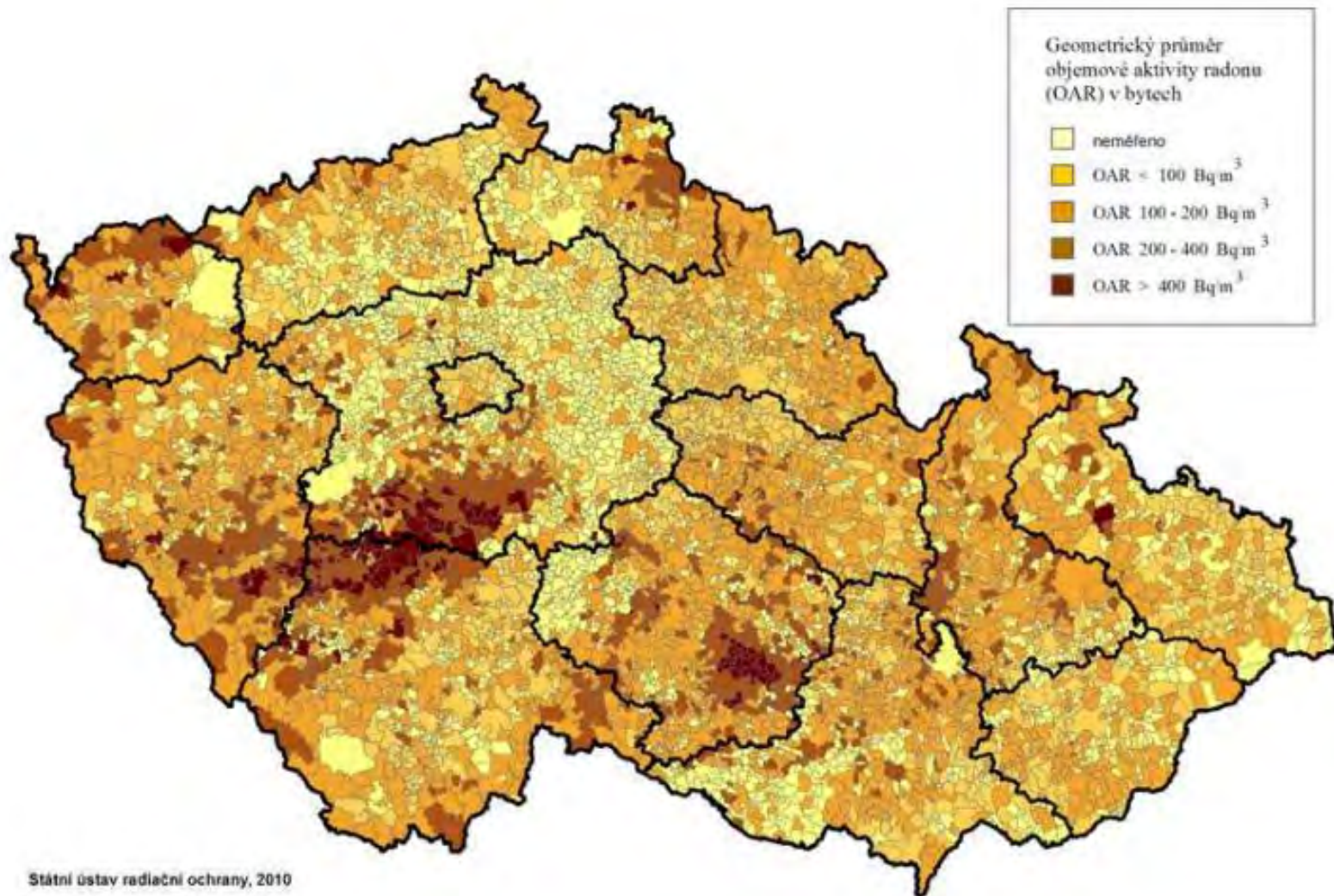


# Radon

- Kudy přichází do domu?
  - Podloží
    - Nejčastější zdroj
    - Měření radonového indexu pozemku
    - Protiradonová izolace
  - Stavební materiál
    - Měření nových materiálů
    - Domy START z kontaminovaného materiálu (popílek z tepelných elektráren)
  - Voda
- Průměr v ČR: 118 Bq/m<sup>3</sup>
- Směrná hodnota: 300 Bq/m<sup>3</sup>
- 1 m pod zemí: 10 000 – 1 000 000 Bq/m<sup>3</sup>
- Atmosféra: 5 – 10 Bq/m<sup>3</sup>
- ČR: cca 800 – 900 úmrtí na rakovinu (zhruba stejně jako dopravní nehody)

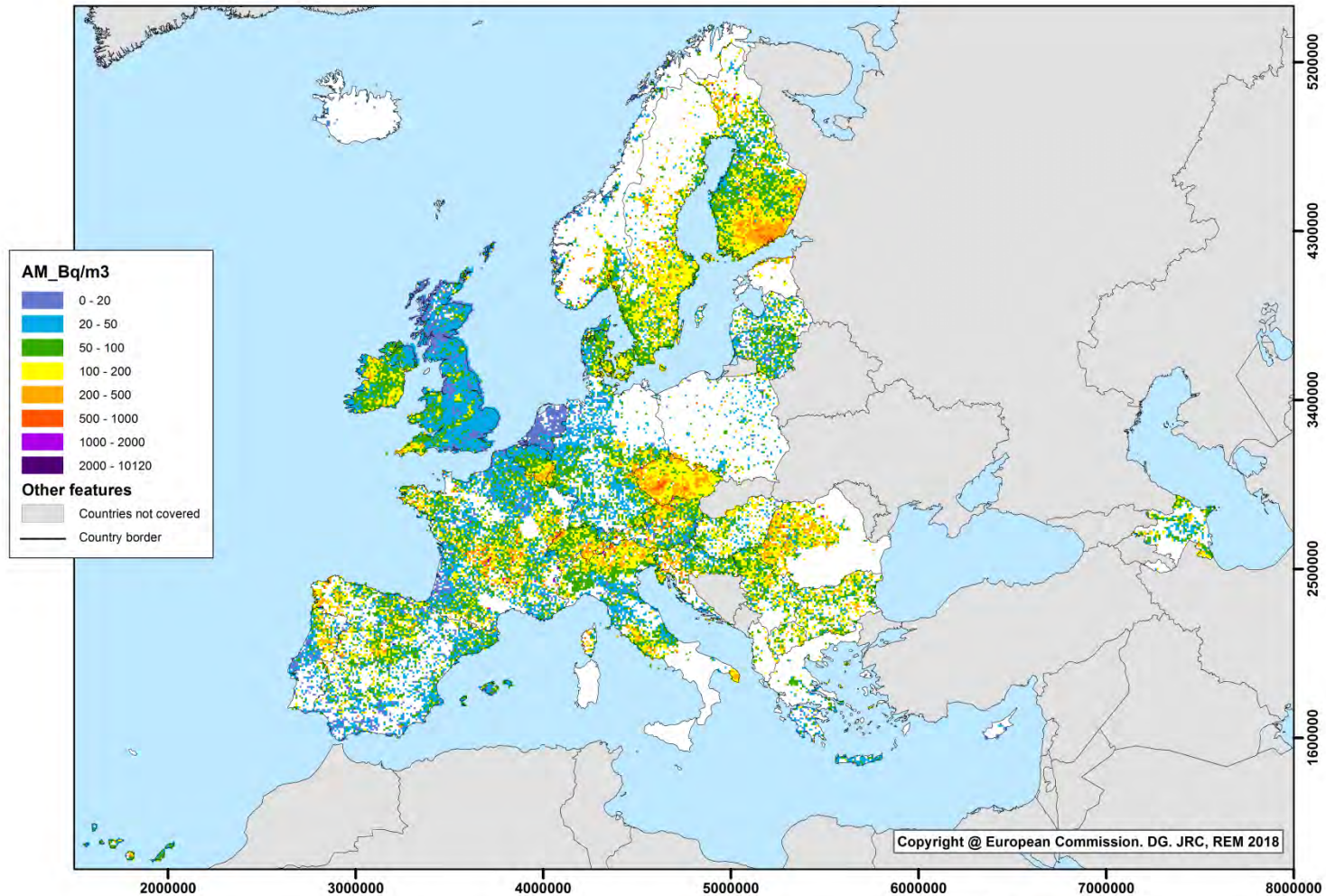


# Průměrná koncentrace radonu v domech



# Průměrná koncentrace radonu v domech

European Indoor Radon Map, March 2018



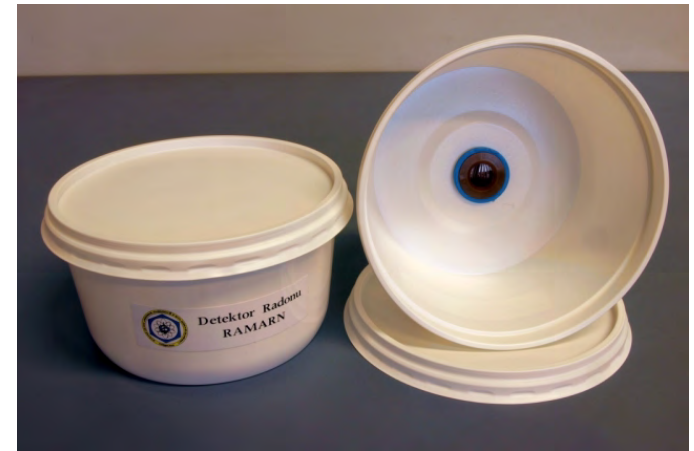
Arithmetic means over 10 km x 10 km cells of long-term radon concentration in ground-floor rooms. (The cell mean is neither an estimate of the population exposure, nor of the risk.)

Source:  
European Commission, Joint Research Centre (JRC),  
Directorate G - Nuclear Safety & Security, REM project

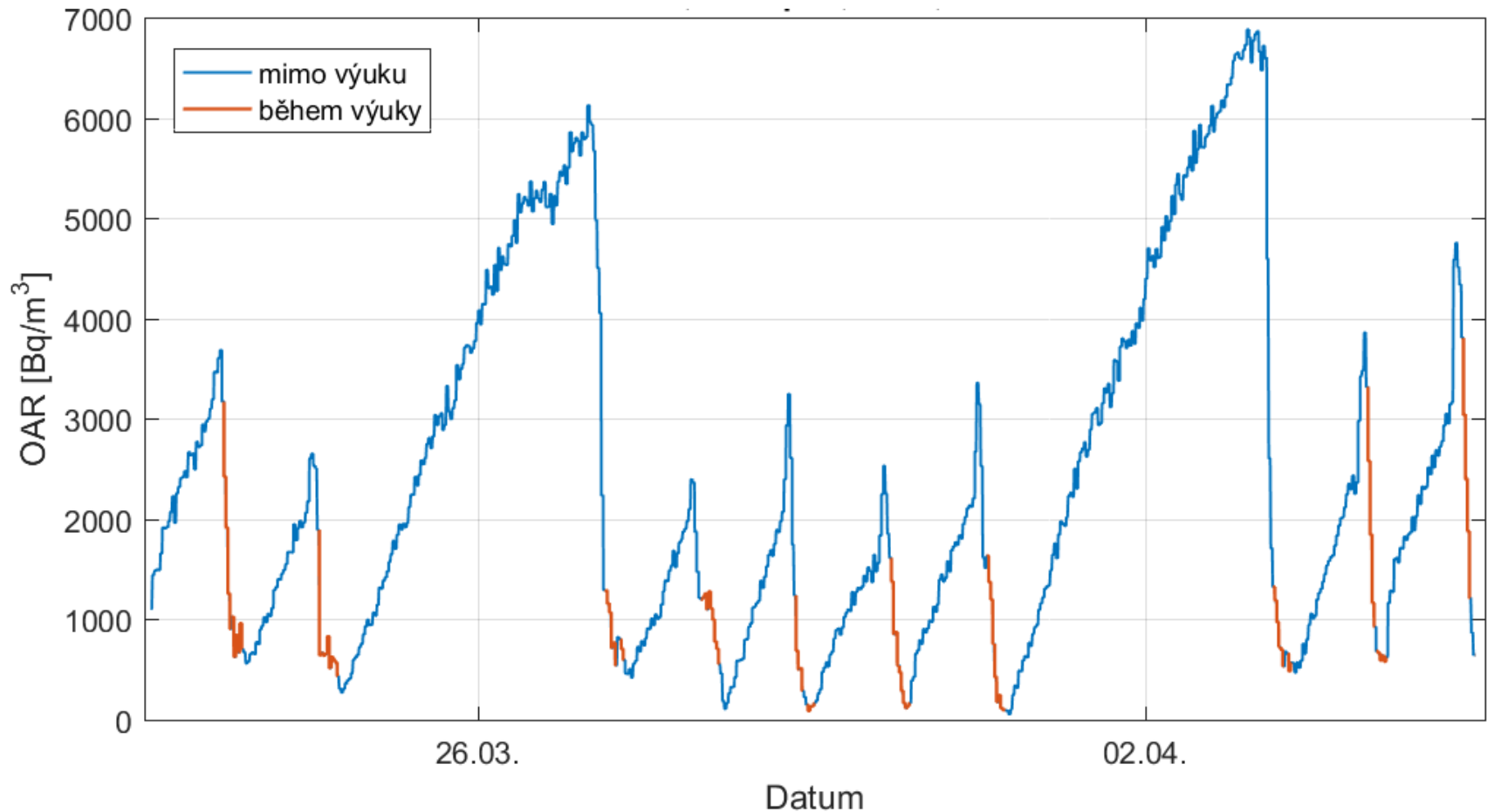


# Měření

- Roční měření
  - Stopové detektory (RAMARN)
  - Pokrývá sezónní změny
- Týdenní měření
  - Elektrety
  - Kontinuální monitory radonu



# Časový průběh koncentrace Rn: Větrejte!



# www.radonovyprogram.cz



## ÚVODNÍ STRANA ▾

14 KROKŮ PŘED  
VÝSTAVBOU NOVÉHO  
DOMU

PRODEJ A KOUPEJ DOMU,  
DOPORUČENÍ ÚŘADU

O RADONU ▾

MĚŘENÍ RADONU ▾

STÁVAJÍCÍ STAVBY ▾

NOVÉ STAVBY ▾

PROTIRADONOVÁ  
OZDRAVNÁ OPATŘENÍ A  
DOTACE

DOKUMENTY ▾

Anketa

Našli jste co jste potřebovali?

- Ano
- Ne? Co hledáte?

Radonová poradna

VEŘEJNOST

PROFESIONÁLOVÉ

VEŘEJNÉ INSTITUCE

MÉDIA

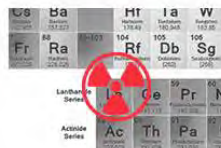
Hledat



## Bezplatné měření radonu

Nechte si změřit obsah radonu ve vašem domě či bytě, které zajišťuje Státní ústav radiální ochrany, v.v.i. Měření radonu pomocí stopových detektorů lze provést u již zkolaudovaných domů, k trvalému pobytu. Probíhá v délce až 12 měsíců. Další informace [www.radonovyprogram.cz/mereni-radonu/ve-stavbach/](http://www.radonovyprogram.cz/mereni-radonu/ve-stavbach/)

OBJEDNAT MĚŘENÍ



Co je radon



Zdravotní účinky



Měření radonu



Radon v ČR



Kontakty



Aktuality



# Veličiny

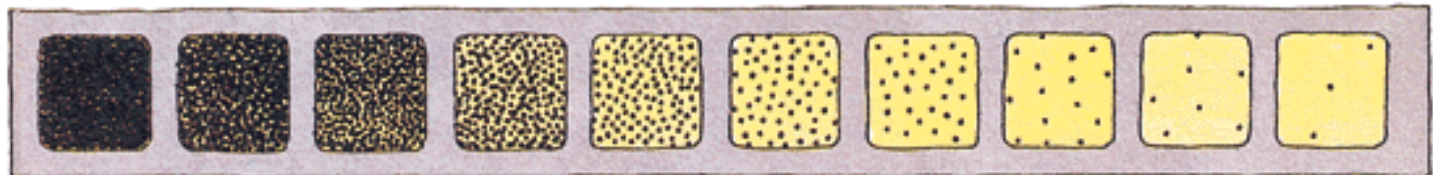
(ČSN ISO 80000-10)

- Charakterizující
  - Zdroj
  - Pole záření
  - Působení IZ na látku
- Používané v ochraně před IZ



# Veličiny - AKTIVITA

*Decay rate of radioactivity: After ten half lives, the level of radiation is reduced to one thousandth*



Time: One half life two three four five six seven eight nine



1Bq (Becquerel)

1Ci (Curie)

$1\text{Ci} = 3,7 \cdot 10^{10} \text{ Bq}$

# Veličiny – Působení IZ na látku



*Louis Harold Gray (1905-1965)*

- Absorbovaná dávka
  - jiný materiál, jiná dávka
  - jednotka: gray [J/kg]

## ■ Radiační ochrana:

- zohlednění biologického účinku na buňku
- jiný orgán, jiné záření, jiná dávka
- efektivní dávka, osobní dávkový ekvivalent
- jednotka: sievert [J/kg]



*Rolf Maxmilian Sievert (1896-1966)*

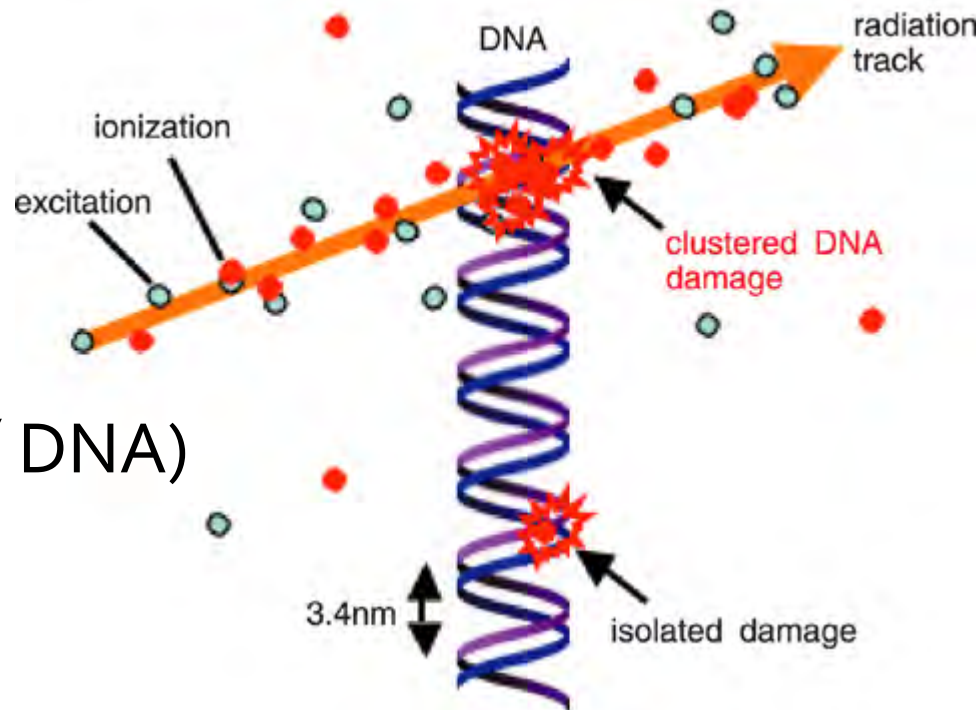
# Biologické účinky

- Absorpce energie – ionizace, excitace  
⇒ Poškození molekuly

- Účinky na buňku
  - letální (smrt)
  - subletální (poškození DNA)

Ví se, že se neví 😊

mnoho teorií, by-stander effect?



# Biologické účinky

- Radiosensitivita

- Sensitivní:

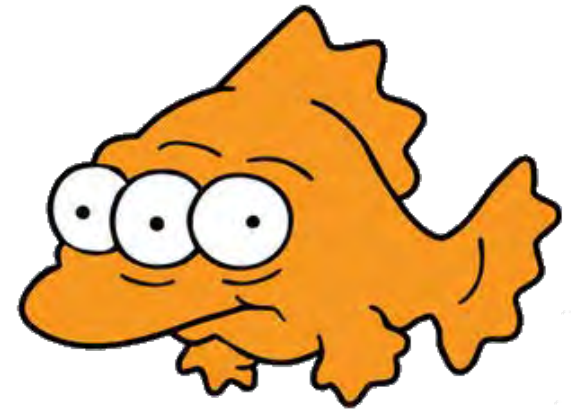
- lymfoidní orgány, červená kostní dřeň, výstelka střeva, kůže, oční čočka

- Rezistentní:

- nervová tkáň, svaly

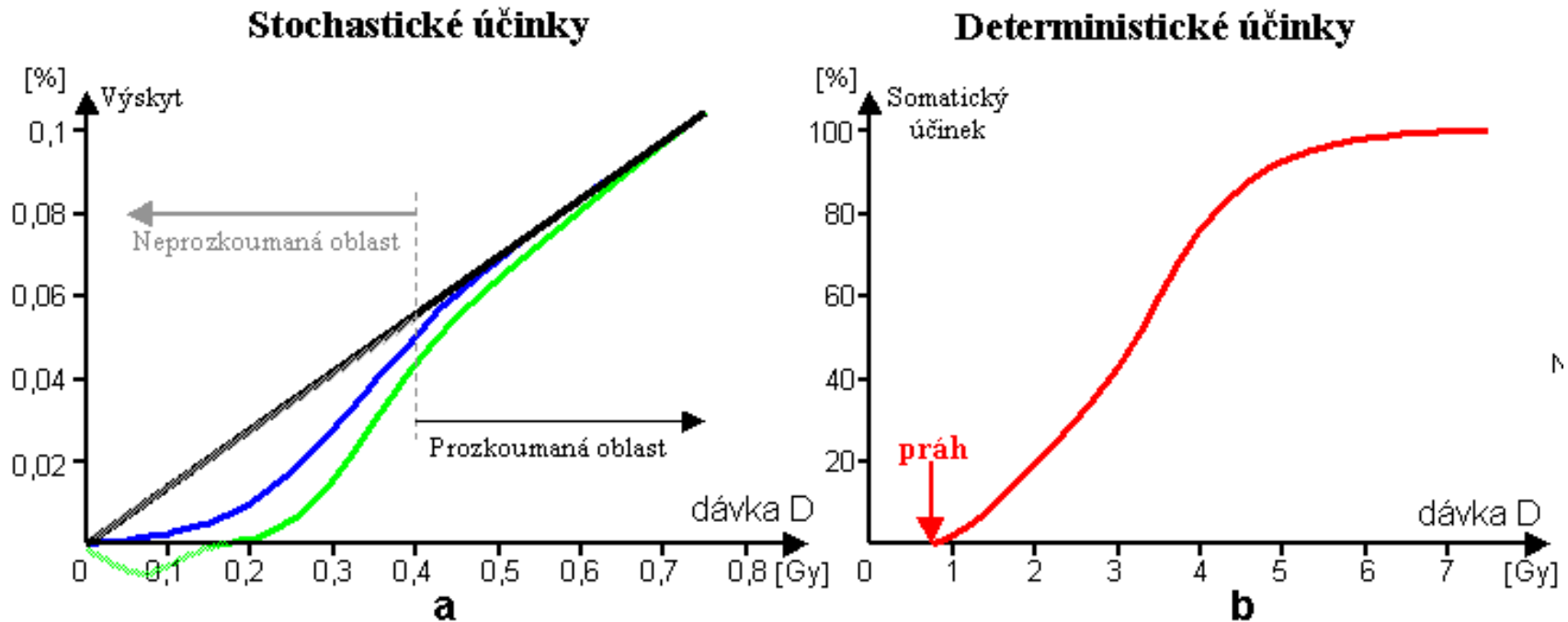
- Účinky:

- Stochastické x deterministické
- Somatické x genetické
- Akutní x chronické
- Časné x pozdní





# Stochastické x deterministické



- Bezprahové
- Klinicky neodlišitelné
- Rakovina

- Existence prahu
- Typické klinické příznaky
- Radiační dermatitida

# Biologické účinky

- Hormeze
  - Příznivý vliv malých dávek na organismus
  - Radiační lázně (pohybové ústrojí)

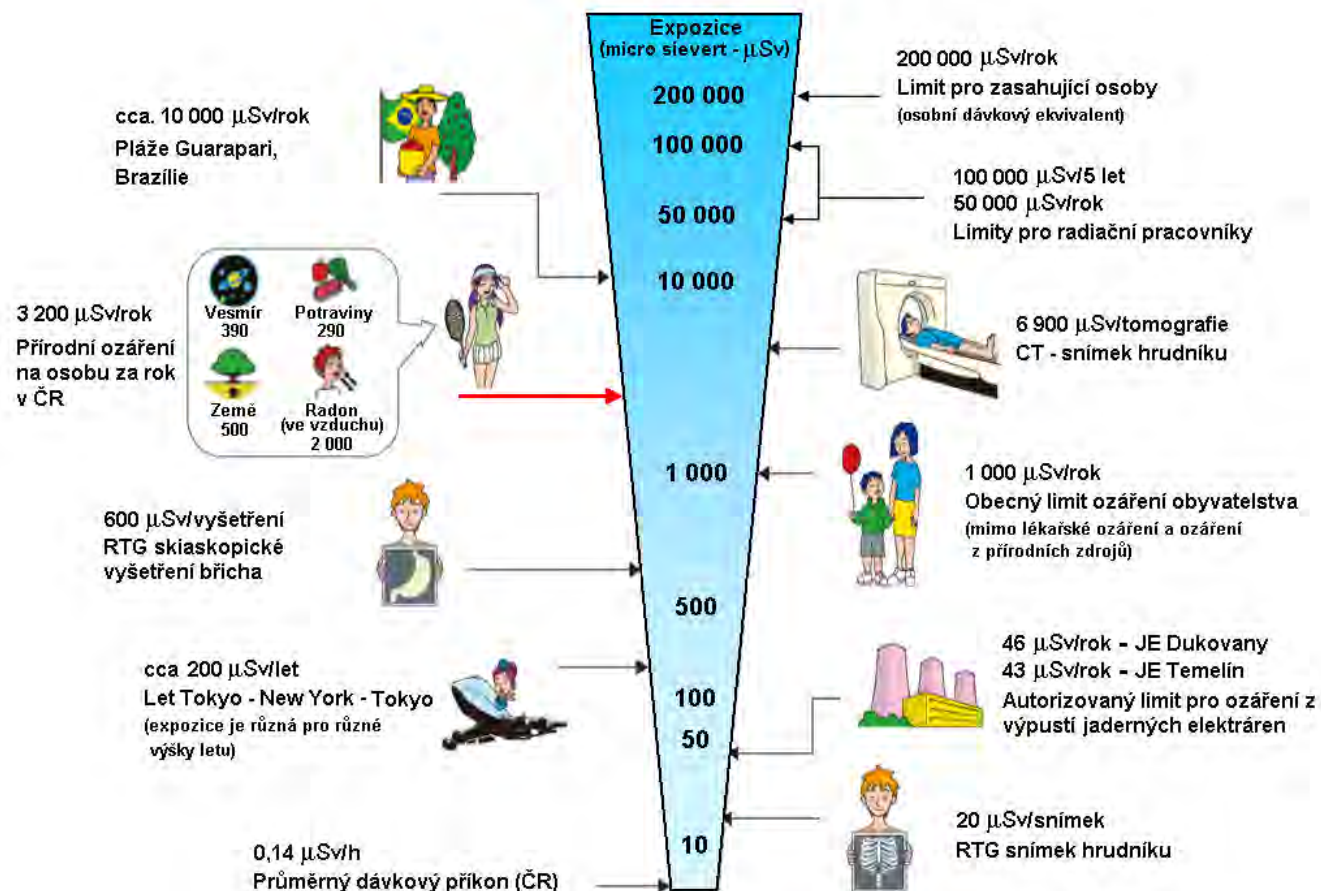


# Dávky: co je moc a co je málo?

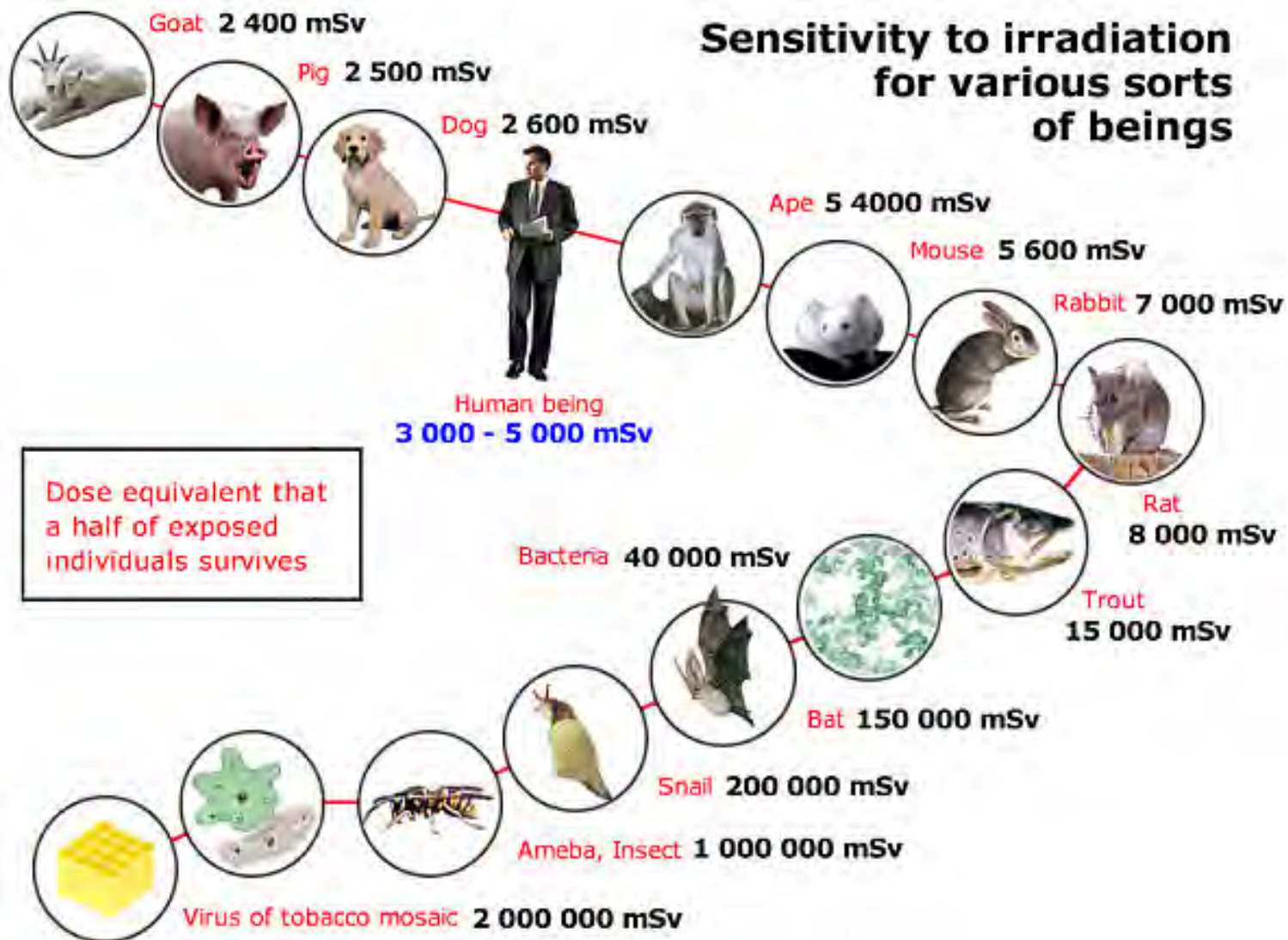
Příklady některých expozičních ionizujícímu záření  
včetně limitů platných v ČR

Jednotky :  $\mu\text{Sv}$

www.sujb.cz



# Citlivost organismů

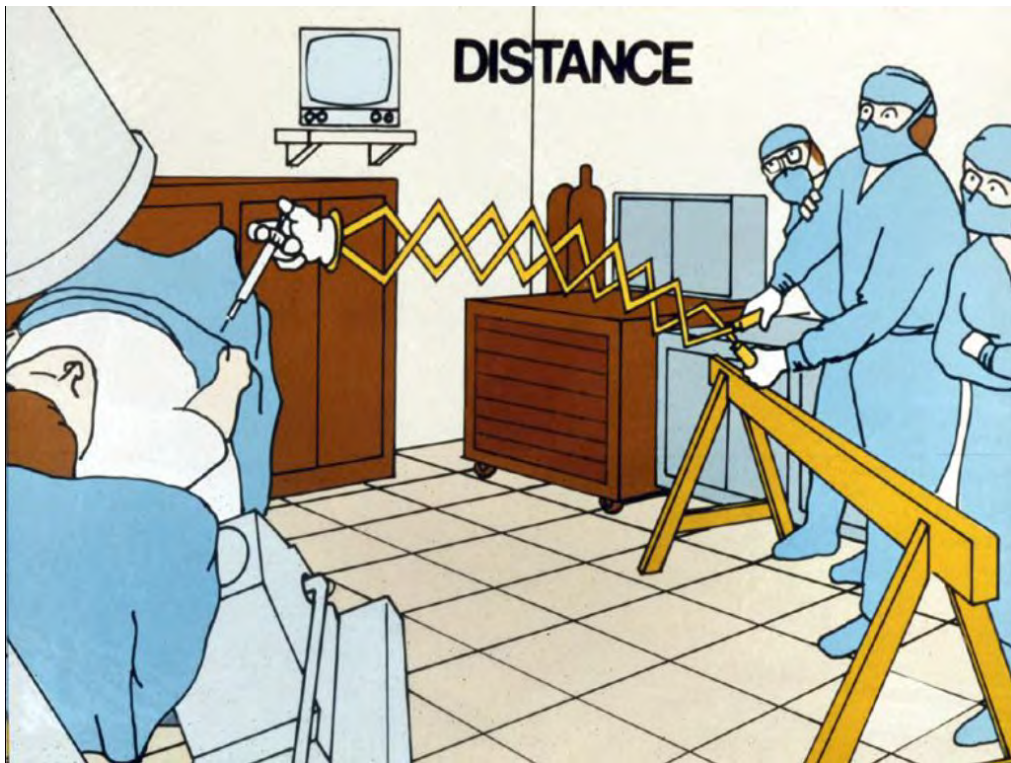


# Principy radiální ochrany

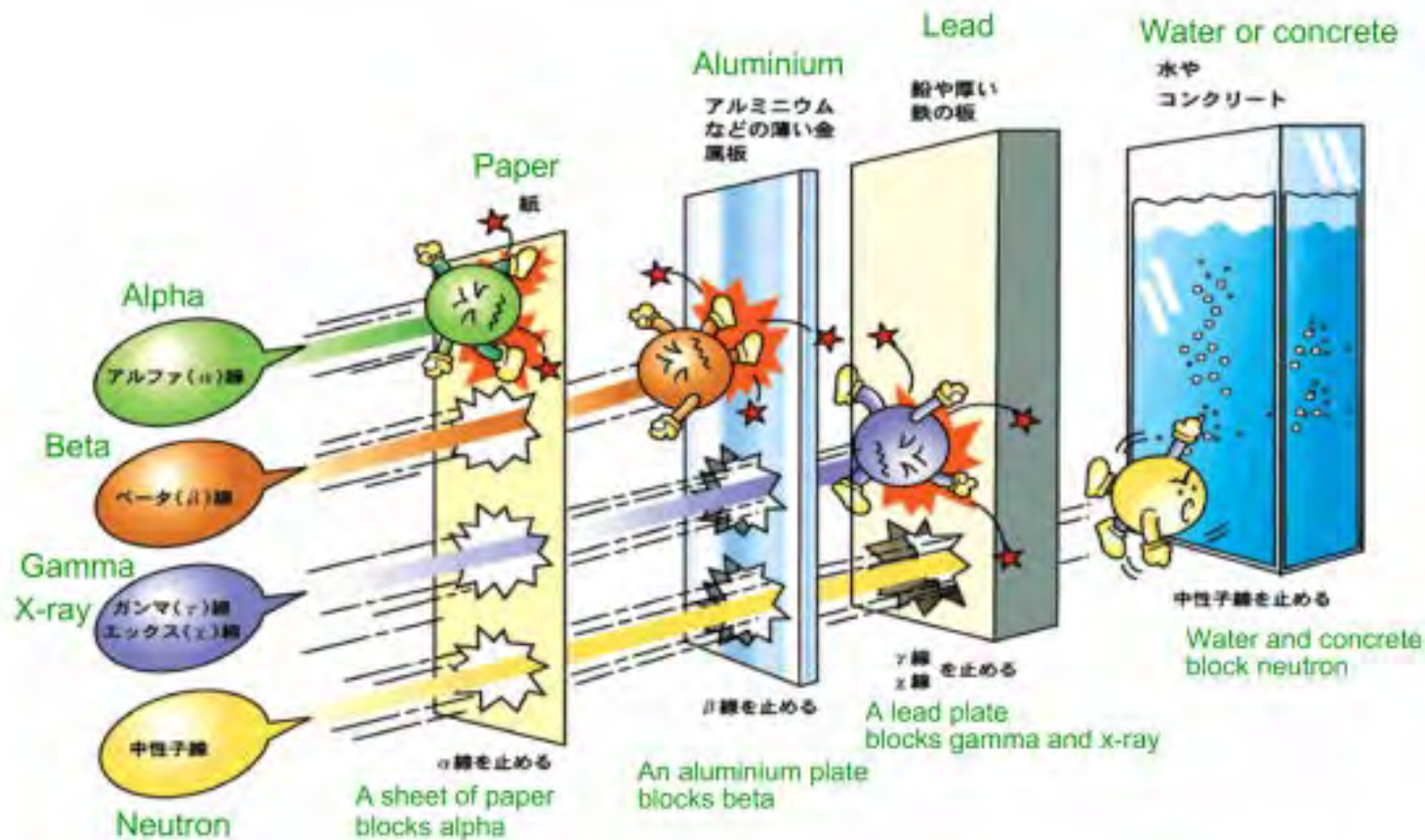
- Nikdy nelze „odstranit“ všechnu radiaci
- Uplatňované principy:
  - Zdůvodnění
    - Jakákoli změna více užitku než škody
  - Optimalizace
    - ALARA
  - Limitování dávek
    - nepřekračovat limity (v plánovaných expozičních situacích)

# Principy radiační ochrany

- Základní způsoby ochrany před zářením



# Principy radiální ochrany



# Legislativa

- 18/1997 Sb., 307/2002 Sb.
- 263/2016 Sb., 422/2016 Sb.
- Stanovení povinností pro VŠECHNY občany
  - Neprodleně hlásit
    - nález jaderného materiálu nebo zdroje IZ (i jen v případě podezření) – SUJB/PČR
    - vznik nehodové expoziční situace – SÚJB/PČR
    - skutečnost, která by mohla vést nebo vede k ozáření fyzické osoby ohrožující její zdraví nebo život - SÚJB



# Kategorizace pracovníků

- Radiční pracovník
  - = v rámci výkonu svého povolání vystaven IZ
  - Pravidelné školení
  - Pravidelné lékařské prohlídky
- Kategorie
  - A: efektivní dávka za rok  $> 6\text{mSv}$
  - B: všichni ostatní



RONALD REAGAN VISITING HANFORD - 1958

*no matter who you are...*

**ALWAYS  
WEAR YOUR  
BADGE  
AT WORK**



# Limity

Efektivní dávka	za rok
Radiační pracovníci	20 mSv
Obyvatelstvo	1 mSv
Příklad nové instalace:	
ELI design: pracovníci	1 mSv
ELI design: veřejnost	0,1 mSv

# Značení



# Sledované a Kontrolované pásmo

- Ucelená, jednoznačně určená část pracoviště
- Podle stupně nebezpečí
- Podléhá soustavnému dohledu
  - KP: regulovaný přístup
    - Poučené osoby, proškolené
    - Jen pracovníci kategorie A
    - Ochranné pomůcky
    - Osobní monitorování



# Kategorizace zdrojů

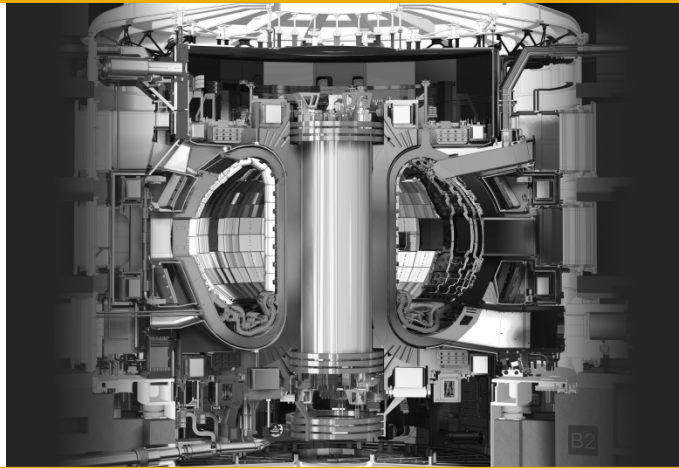
- podle míry ohrožení zdraví a životního prostředí
  - Nevýznamné
  - Drobné
  - Jednoduché
  - Významné
    - generátory pro radioterapii, defektoskopy, urychlovače částic
  - Velmi významné
    - jaderný reaktor



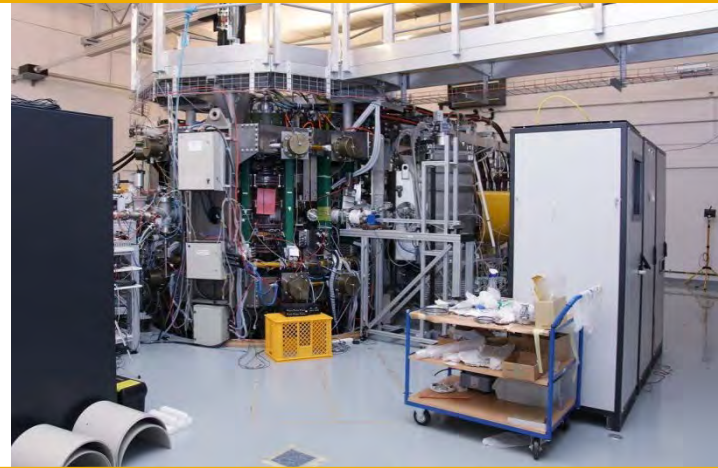
# Antropogenní zdroje

Energetika: fúze

ITER



COMPASS



Lékařství: terapie (Leksellův gama nůž)



diagnostika (CT skener)

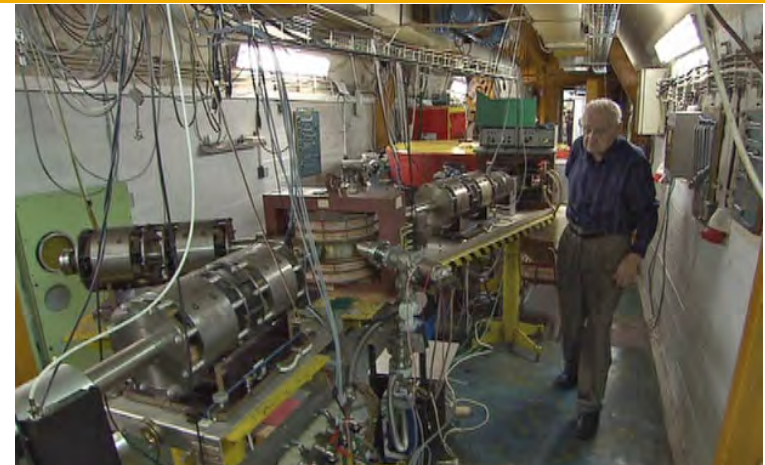


# Antropogenní zdroje

Primární výzkum: urychlovače

CERN

mikrotron Praha



Průmysl

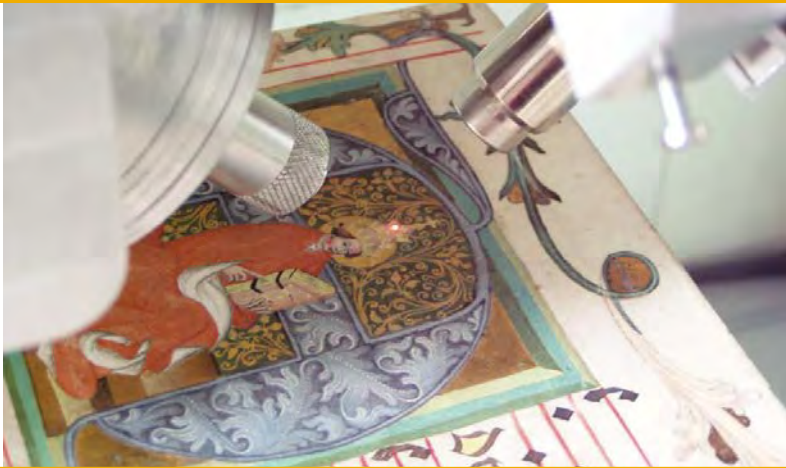
dektoskopie, kontrola výroby

Radiační poškození elektroniky



# Antropogenní zdroje

Archeologie: datování památek



Potravinářství



Sterilizace – obaly, zdravotnické prostředky



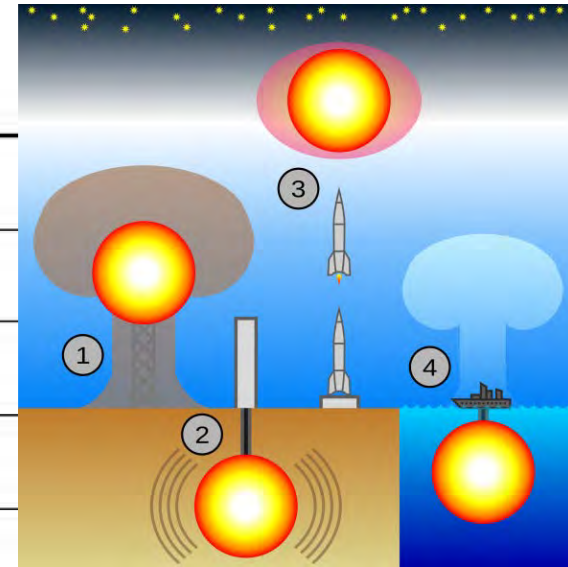
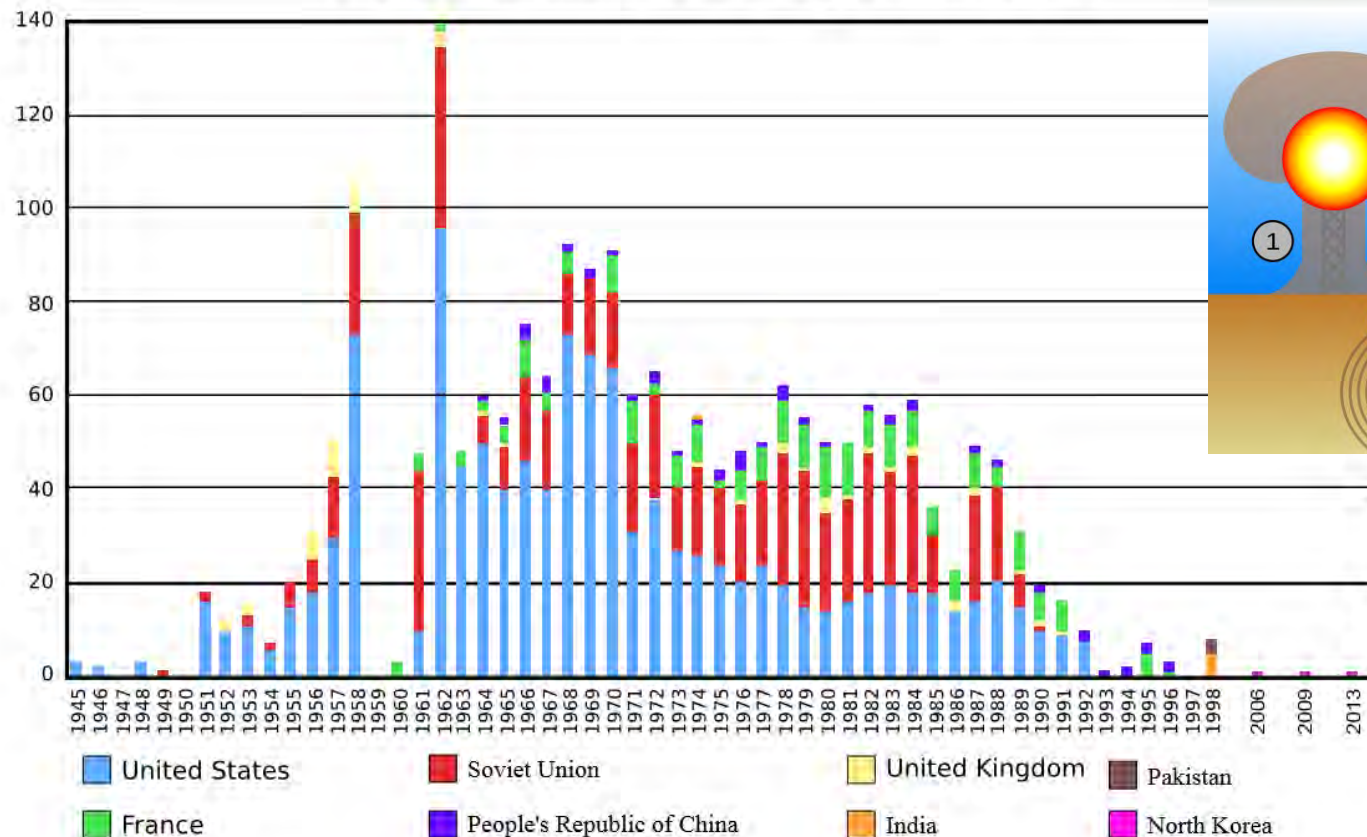
komáři v Africe



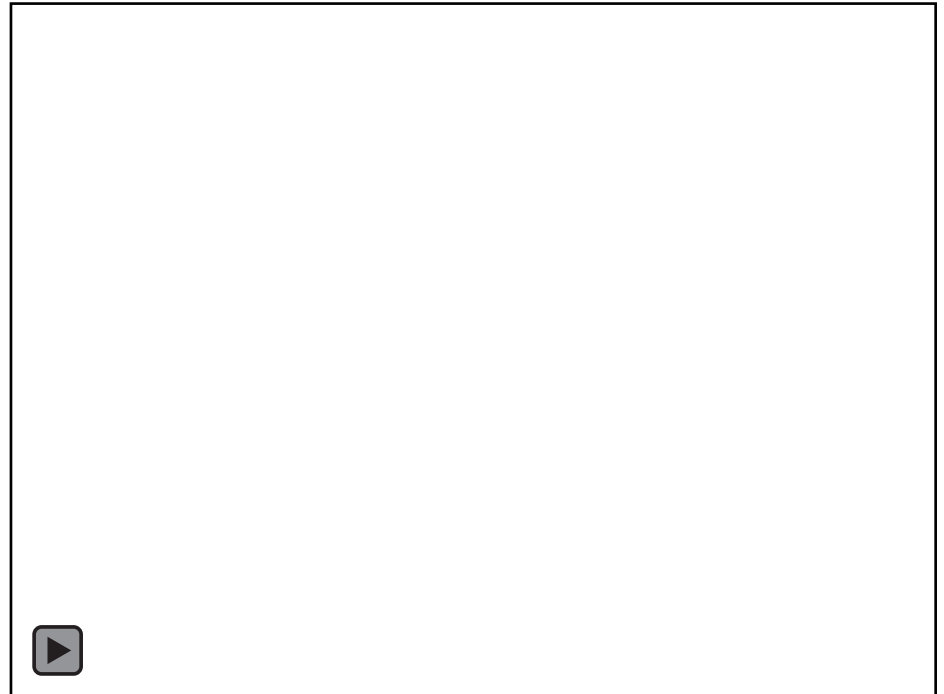
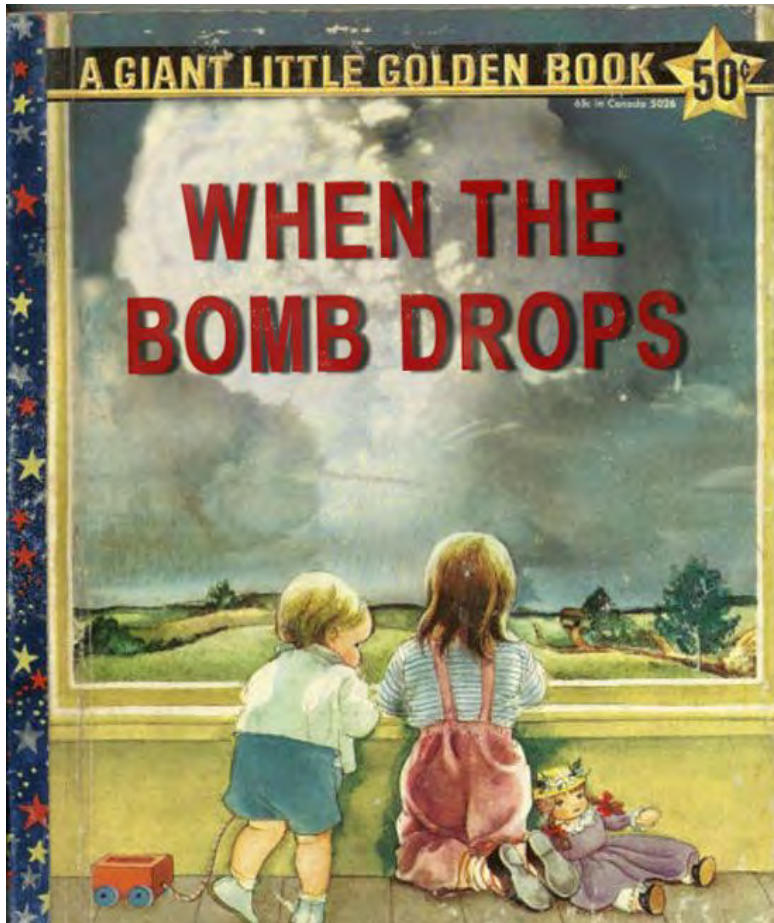


# Testy jaderných zbraní

Worldwide nuclear testing, 1945 - 2013



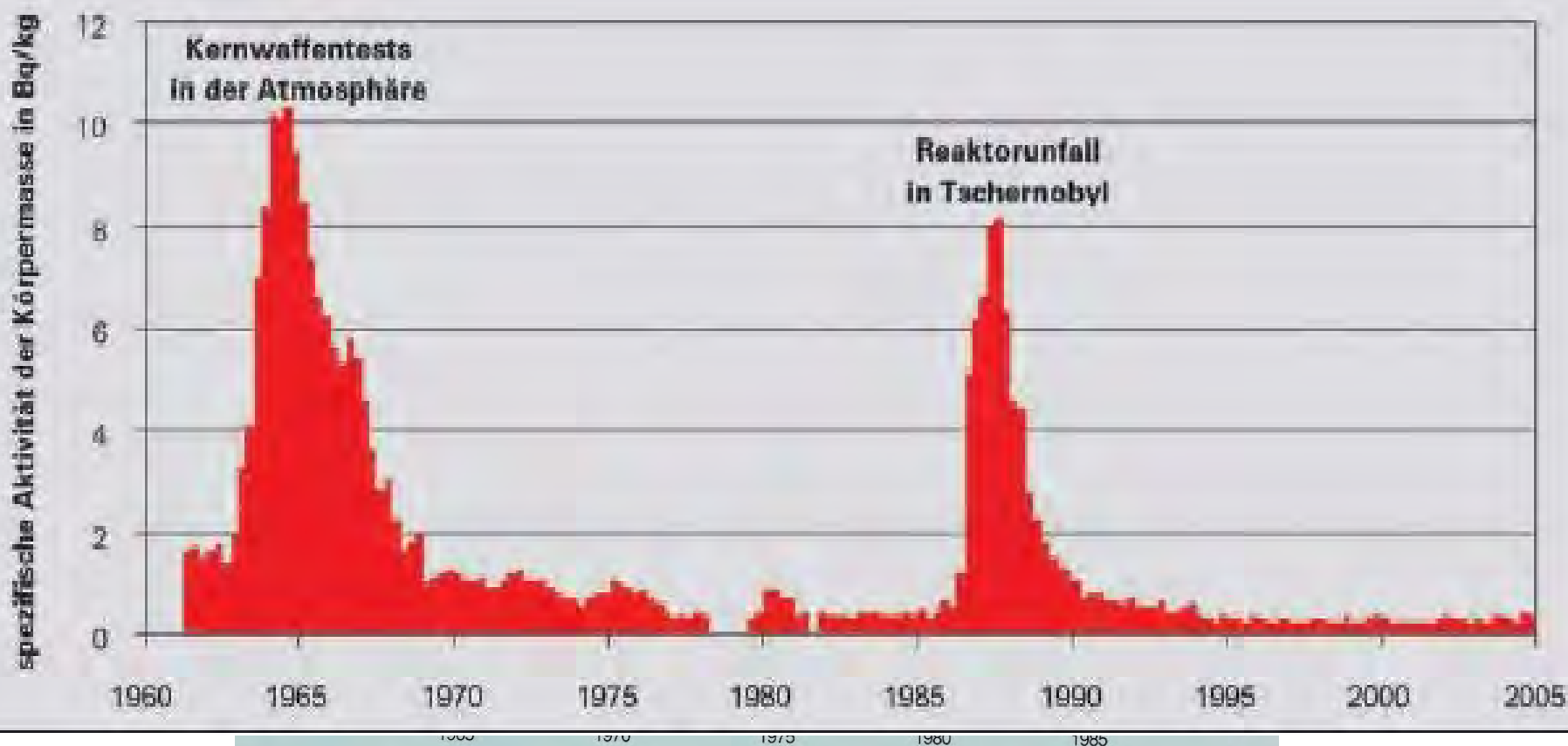
# Testy jaderných zbraní



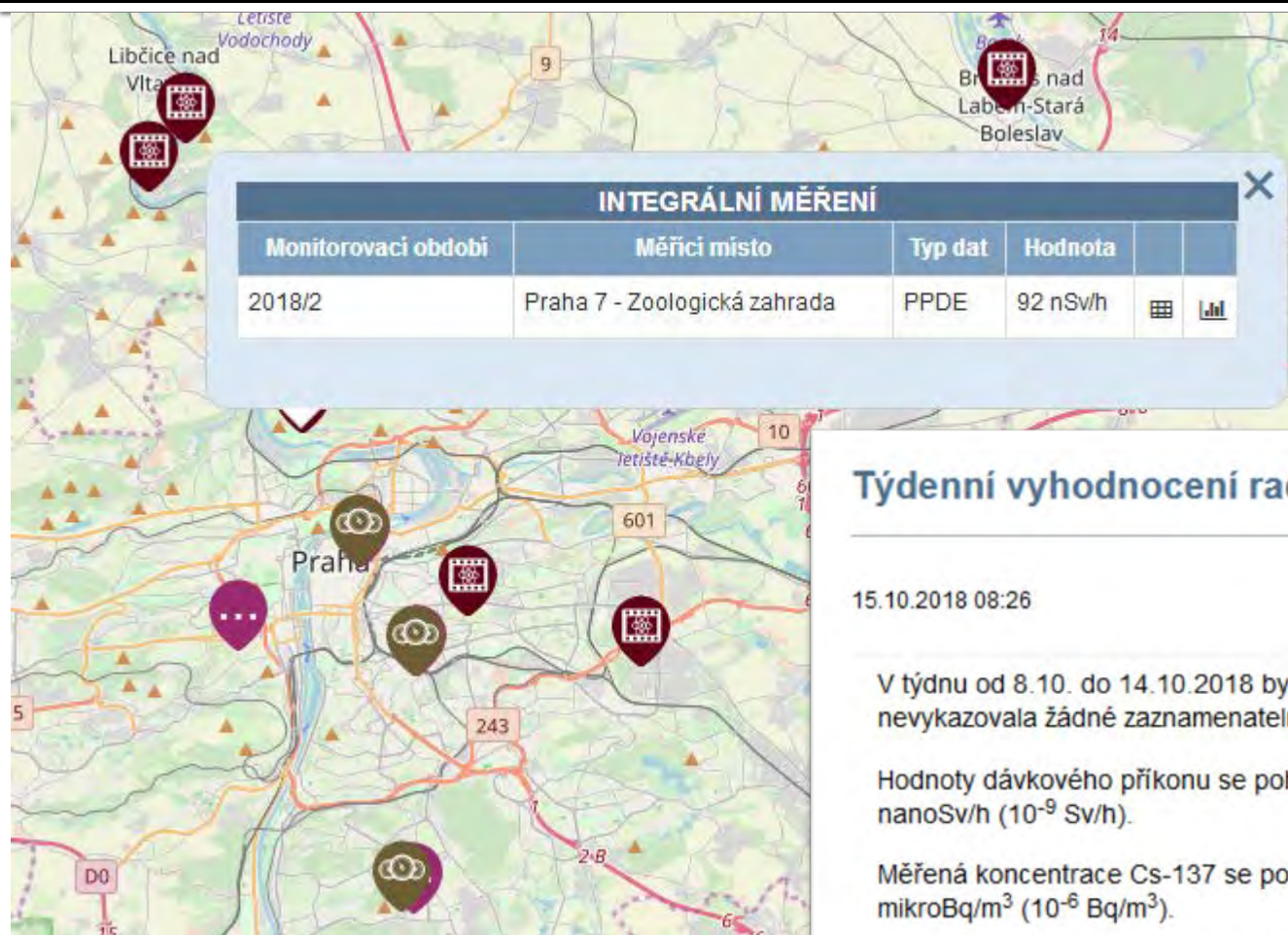
Isao Hashimoto: Nuclear Testing 1945-1998, 2003  
<https://www.youtube.com/watch?v=WAnqRQg-Wok>

# Aktivita akumulovaná z radioaktivního spadu v lidském těle v letech 1960 - 1990

Aktivita akumulovaná z radioaktivního spadu v lidském těle v letech 1960 - 1990



# MonRaS



## Týdenní vyhodnocení radiační situace na území ČR

15.10.2018 08:26

V týdnu od 8.10. do 14.10.2018 byla radiační situace na území ČR normální a nevykazovala žádné zaznamatelné odchylky od obvykle měřených hodnot.

Hodnoty dávkového příkonu se pohybovaly v obvyklém rozmezí 100 - 200 nanoSv/h ( $10^{-9}$  Sv/h).

Měřená koncentrace Cs-137 se pohybovala ve zlomcích nebo jednotkách mikroBq/m<sup>3</sup> ( $10^{-6}$  Bq/m<sup>3</sup>).

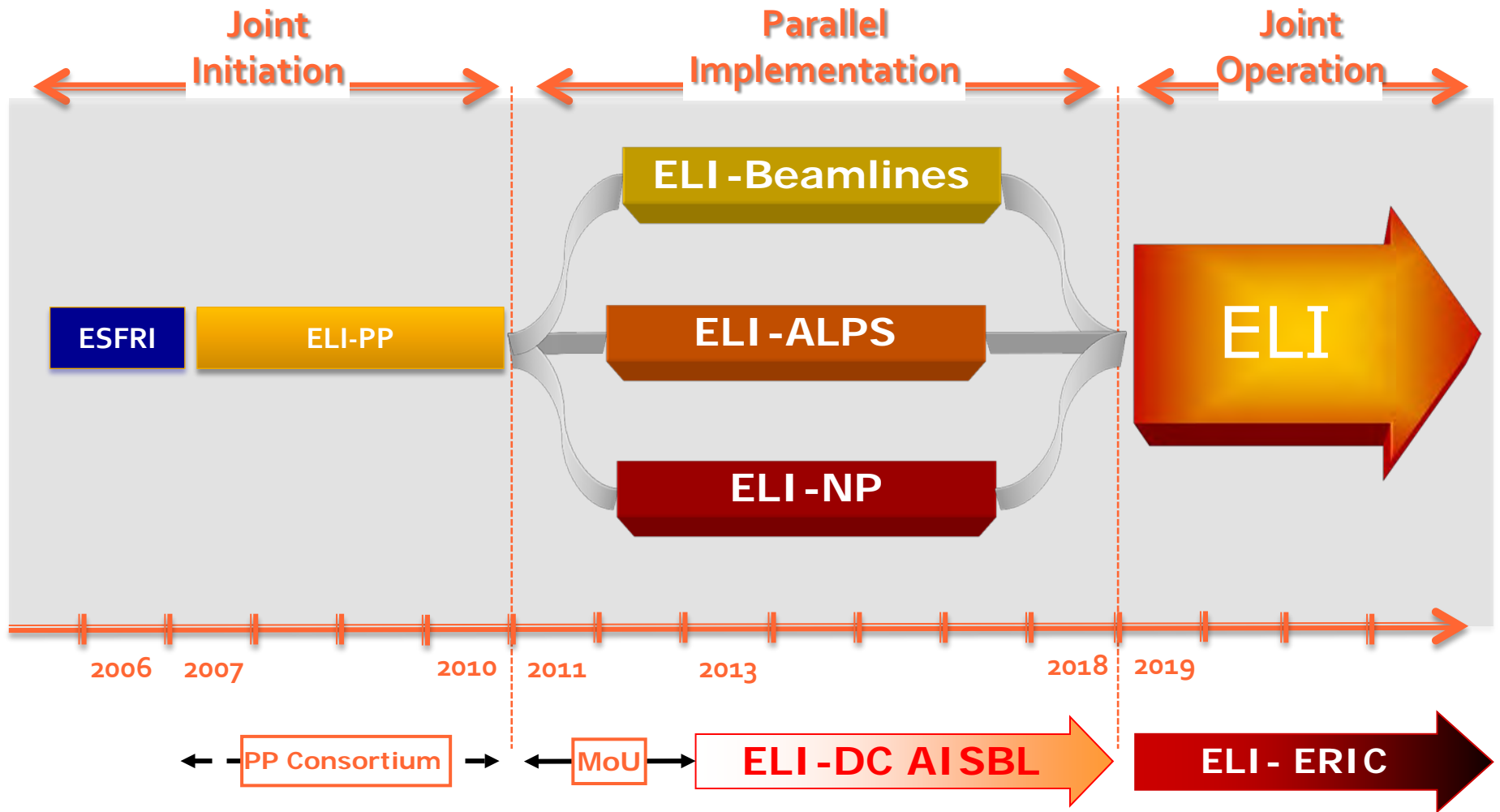
Jiné umělé radionuklidy nebyly v ovzduší detekovány.

**Informace o radiační situaci na území ČR bude aktualizovaná vždy v pondělí nebo dle aktuální potřeby.**

# ELI Beamlines



# ELI = Extreme Light Infrastructure



# ELI Beamlines

## Laser Building

Cryogenic systems, power supply cooling, auxiliary systems

## Support Rooms First Floor

L1 100 mJ / 1 kHz

L2 1 PW / 20 J / 10 Hz

L3 PW / 30 J / 10 Hz

L4 10 PW / 1.5 kJ

## Lasers Ground Floor

E1 Material & Bio-molecular Applications

E2 X-ray Sources

E3 Plasma Physics

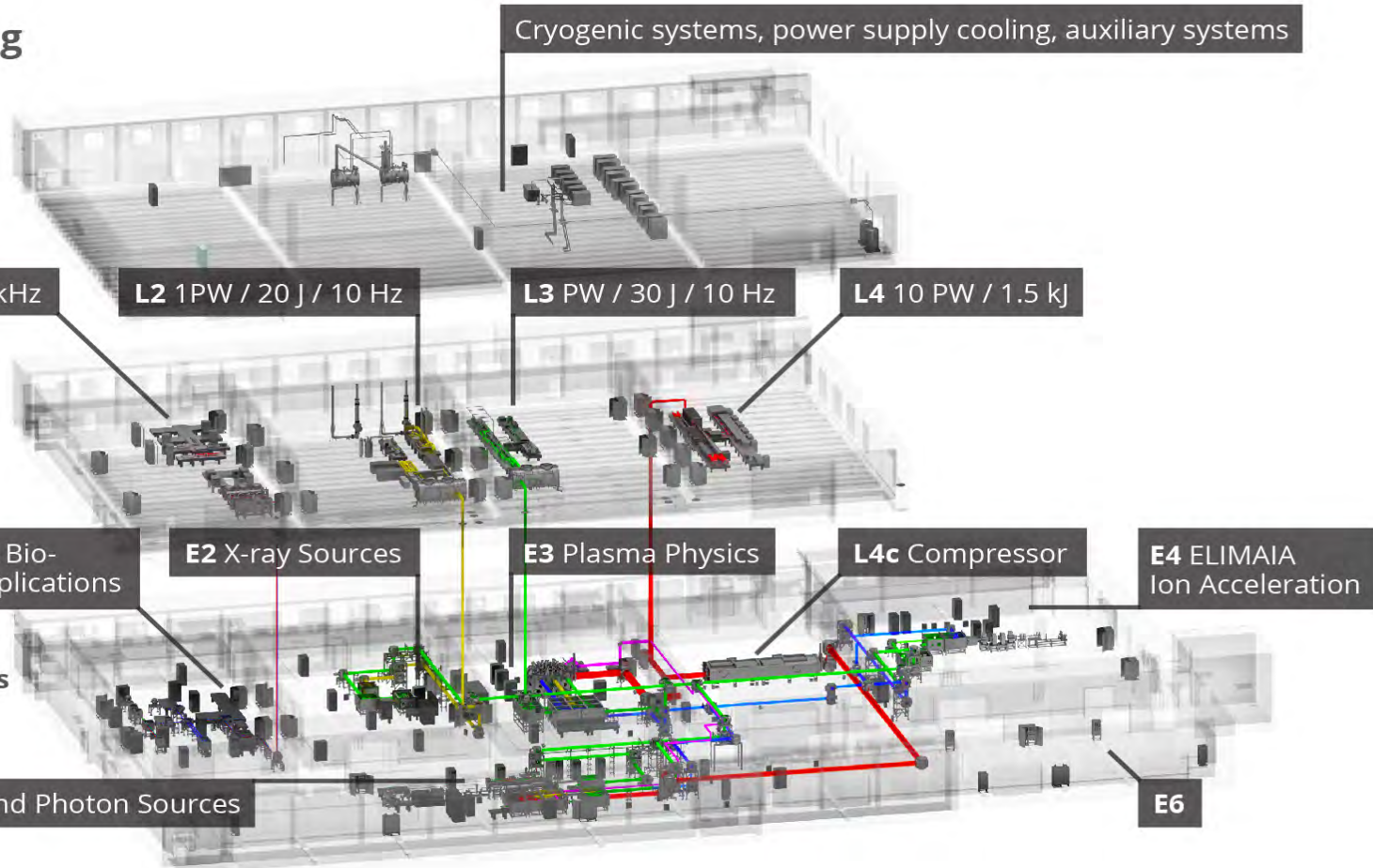
L4c Compressor

E4 ELIMAIA Ion Acceleration

## Experimental Halls Basement

E5 Electron and Photon Sources

E6

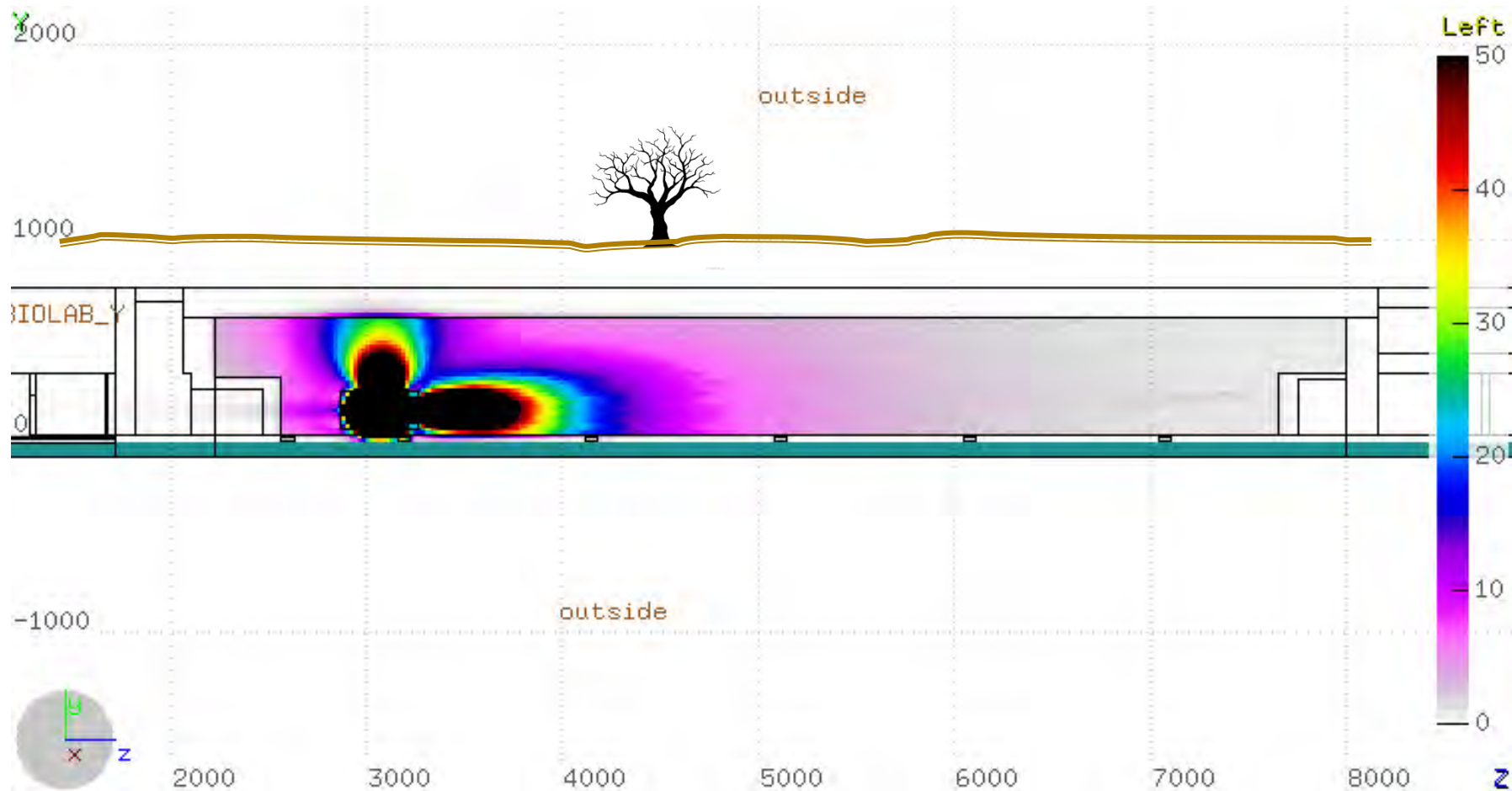


# ELI Beamlines: Zdroje

- Okamžité/mžítkové (prompt) záření
  - vznik interakcí laserového svazku s terčem
  - částečně absorbované stoperem svazku (dumpem)
- Zbytkové záření
  - aktivace materiálů, především (dumpů)
  - zanedbatelné dávkové příkony ve srovnání s primárním zdrojem



# Sumární dávka za rok provozu vertikální řez



# Srovnání rizik

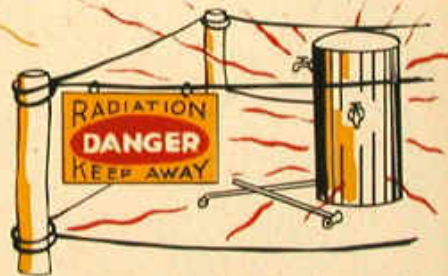
- Ozáření 1 mSv
- Vykouření 30 cigaret
- Ujetí 5000 km autem v běžném provozu

**Riziko je stejné**

**RADIATION**

Need Not Be

**FEARED**



*But it* **MUST**  
COMMAND YOUR  
**RESPECT.**

HEALTH PHYSICS *For Your Protection.*



# Zdroje obrázků

- Str. 1: <https://joantatley.files.wordpress.com/2014/09/explosion.jpg>
- Str. 2: [https://www.wired.com/images\\_blogs/wiredscience/2011/03/japan-earthquake-tsunami-fukushima-daiichi-march-14-2011-digitalglobe.jpg](https://www.wired.com/images_blogs/wiredscience/2011/03/japan-earthquake-tsunami-fukushima-daiichi-march-14-2011-digitalglobe.jpg)
- Str. 6: <http://www.qwertasip.estranky.cz/img/picture/196/alphazerfall.gif>
- Str. 7: [http://nc25.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/fkn/37\\_2.jpg](http://nc25.troja.mff.cuni.cz/dolejsi/fkn/37_2.jpg)
- Str 8, 21: Uranium information centre, Radiation and life, <http://www.michaelsharris.com/12ubio/text/energy/radiobiology.htm>
- Str 9: [www.ptc.cz](http://www.ptc.cz)
- Str. 10: Valentyn Volkov (<https://www.clickgratis.com.br/saude/alimentos-saudaveisque-devem-fazer-parte-do-dia-a-dia/>)  
<https://tocondonews.com/wp-content/uploads/2017/06/Discarded-Cigarette-Fire-2.jpg>
- Str. 11: nejstarší nalezený výskyt 21.9.2009: <https://www.nih.gov/news-events/nih-research-matters/gene-regulates-sleep-length>  
Jiří Šalamoun
- Str. 12: Michaele Pávová, <https://www.radio.cz/en/section/economic/business-news-2011-06-03>
- Str. 14, 18: Vojtěch Stránský,
- Str. 15, 17: [www.suro.cz](http://www.suro.cz)
- Str. 16: European Commission, Joint Research Centre, Radioactivity Environmental Monitoring, <https://remon.jrc.ec.europa.eu/About/Atlas-of-Natural-Radiation/Indoor-radon-AM/Indoor-radon-concentration>
- Str. 17: [www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz)
- Str. 20: [Pixwordsgame.com](http://Pixwordsgame.com)
- Str. 21: <http://www.sciencebuddies.org/blog/graphics/2015-STEM-activity-radioactive-element-half-life-coins.png>
- Str. 22: <https://thomaspjohnston.files.wordpress.com/2018/02/louis-harold-gray.jpg>
- Str 23 a 25: Vojtěch Ulmann: Biologické účinky ionizujícího záření, 5.2. Biologické účinky ionizujícího záření. <http://astronuklfyzika.cz/RadiacniOchrana.htm>
- Str. 24: Simpsons, nejstarší nalezná použítí na webu únor 2008
- Str. 26: Radium Palace\*\*\*\*, [www.laznejachymov.cz](http://www.laznejachymov.cz)
- Str. 27: [www.sujb.cz](http://www.sujb.cz)
- Str. 29: [http://www.energyweb.cz/web/rao/images/800\\_eng.jpg](http://www.energyweb.cz/web/rao/images/800_eng.jpg)
- Str. 30: Abel J. Gonzáles, Argentine Nuclear Regulatory Authority, Vienna 2014.
- Str. 31: posted by Daniel Garcia at <http://twitpic.com/4akbiz>
- Str. 33: Department of Energy (cca 1980), <https://www.orau.org/ptp/collection/hpposters/reagan.htm>
- Str. 37: Vladimír Renčín
- Str. 38: [http://1gr.cz/fotky/idnes/12/103/cl6/RAB46bdbb\\_gamanuiz.JPG](http://1gr.cz/fotky/idnes/12/103/cl6/RAB46bdbb_gamanuiz.JPG),  
[https://static.kupindoslike.com/ct-skener-picker-pq-6000\\_slika\\_XL\\_39575781.jpg](https://static.kupindoslike.com/ct-skener-picker-pq-6000_slika_XL_39575781.jpg), IPP CAS
- Str. 39: <https://3c1703fe8d.site.internapcdn.net/newman/gfx/news/hires/2015/554babea955c1.jpg>, [http://www.osel.cz/\\_popisky/134\\_/1344007564.jpg](http://www.osel.cz/_popisky/134_/1344007564.jpg),  
<http://mlab.ictp.it/uploads/NK/Oo/NK0oUN9RMTtPT7VVF7oXHQ/PF-dosimeter-200p.jpg>,  
[https://www.nasa.gov/mission\\_pages/station/research/experiments/Top%20View.jpg](https://www.nasa.gov/mission_pages/station/research/experiments/Top%20View.jpg)
- Str. 40: [www.eli-beams.eu](http://www.eli-beams.eu), [www.pexels.com/](http://www.pexels.com/), [ariesmedishop.cz](http://ariesmedishop.cz),  
[www.shutterstock.com](http://www.shutterstock.com)
- Str. 41: "Worldwide nuclear testing". Licensed under CC BY-SA 2.5 via Commons -  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Worldwide\\_nuclear\\_testing.svg#/media/File:Worldwide\\_nuclear\\_testing.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Worldwide_nuclear_testing.svg#/media/File:Worldwide_nuclear_testing.svg),  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Types\\_of\\_nuclear\\_testing.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Types_of_nuclear_testing.svg)
- Str 42: 15 inappropriate Children's books that haven't been banned!  
<https://m.thevintagenews.com/2015/05/22/15-inappropriate-childrens-books-that-havent-been-banned/2/>  
Isao Hashimoto, 2003 Nuclear Testing 1945-1998  
<https://www.youtube.com/watch?v=WAnqRQg-Wok>
- Str 43: autor a zdroj neznámý, staženo z presentace Doc. Ing. Petr Otčenášek, CSc.:  
Etika energetické vize, 23.2.2012  
JochensUhrentick posted 27.3.2011 on <http://uhrforum.de/erdbeben-in-japan-die-erde-schlaegt-mal-wieder-zurueck-t70567-17>
- Str. 45-49: ELI Beamlines
- Str . 51: Health Physics Poster from Oak Ridge National Laboratory (1947),  
<https://www.orau.org/ptp/collection/hpposters/hpposterrespect.htm>