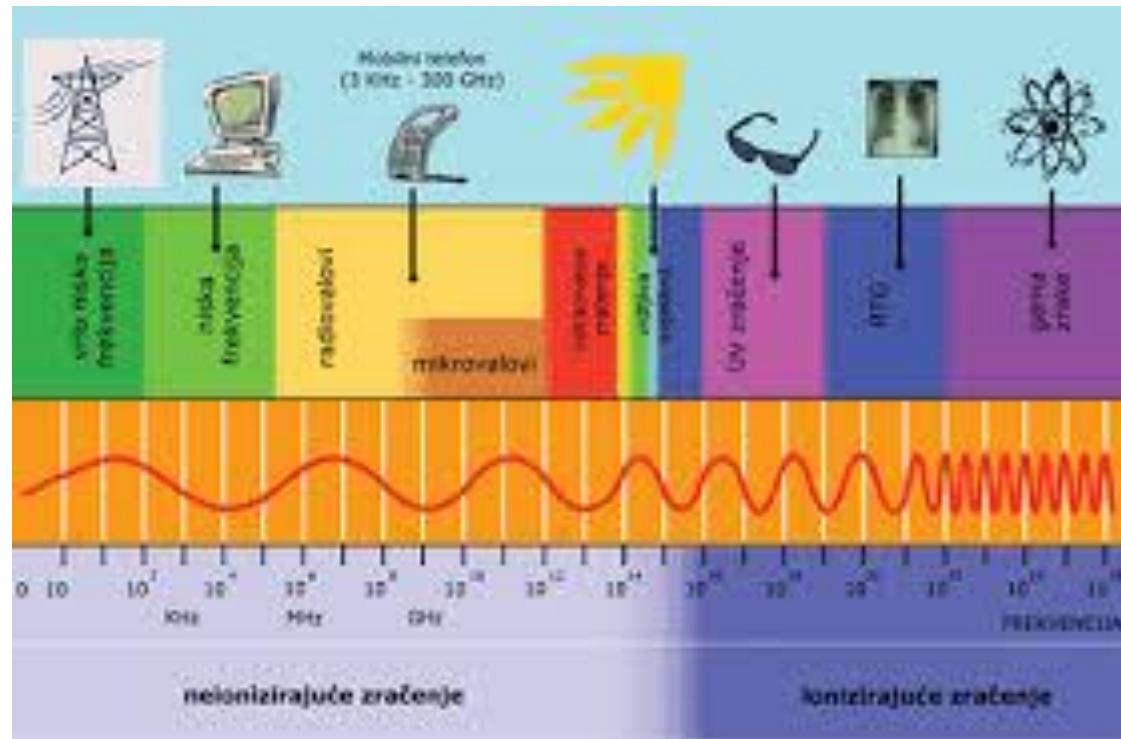


RADIJACIJSKI SINDROM

Sastanak podružnice 17.12. Pula
mr.sc.Milan Horvat,dipl.ing.med.biokem.
Poliklinika Dr. Jerković
V.Gortana 25 POREČ

Vrste zračenja



Izvor "Ionizirajuće zračenje u biosferi", Mile Dželalija, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, 2011. lit. (5)



Mjerne jedinice zračenja lit. (6)

- Aktivnost radioaktivnog uzorka mjeri se u bekerelima (Bq). Aktivnost od 1 Bq znači jedan raspad atomske jezgre u sekundi. Kako su aktivnosti uzoraka često vrlo velike u upotrebi je i veća jedinica, kiri (Ci). 1 Ci iznosi $3,7 \cdot 10^{10}$ Bq.
- Da bi se mjerila energija, koju putem zračenja apsorbira određena tvar, koristi se jedinica grej (Gy). Omjer te energije i mase tijela koje ju apsorbira zove se apsorbirana doza. Ako se energija od 1 J apsorbira u 1 kg tvari govorimo o apsorbiranoj dozi od 1 Gy. Ovako definirana doza ne govori ništa o biološkim učincima apsorbiranog zračenja. Svaka vrsta zračenja (α , β , γ) ima drugačiji utjecaj na žive stanice, koji se opisuje **faktorom Q**. Zato se definira ekvivalentna doza, koju dobijemo tako da apsorbiranu dozu pomnožimo faktorom Q. Jedinica za ekvivalentnu dozu je sievert (Sv).



Osnovne razine ozračenosti lit. (5)

- Koliko smo ozračeni?
- Od zračenja se nikamo ne možemo sakriti. Stoga svaki čovjek prima godišnju ekvivalentnu dozu zračenja od približno 3,5 mSv. To je prosječna doza, a sastoji se od sljedećih doprinosa:
 - Udisanje radona - 2 mSv
 - Ostali radionuklidi uneseni u tijelo - 0,39 mSv
 - Zemljino zračenje - 0,28 mSv
 - Kozmičko zračenje - 0,28 mSv
 - Tako ispada da je ukupna doza od prirodnih izvora 3 mSv, a ukupna doza od umjetnih izvora 0,5 mSv. Ukupna doza od umjetnih izvora proračunata je prema prosječnoj izloženosti medicinskom zračenju, korištenju raznih aparata, te doprinosu od testiranja nuklearnog oružja i rada nuklearnih elektrana. Najveći doprinos od umjetnih izvora daje medicinsko zračenje.



Prosječna doza koju primi stanovništvo u pojedinim dijelovima [Hrvatske](#) od vanjskog ozračivanja:

[Osijek](#) (najviše): 1,30 mSv/godina lit. (5)

[Zagreb](#): 1,14 mSv/godina

[Varaždin](#): 1,10 mSv/godina

[Rabac](#) (najmanje): 0,66 mSv/godina

prosjek: oko 1,00 mSv/godina

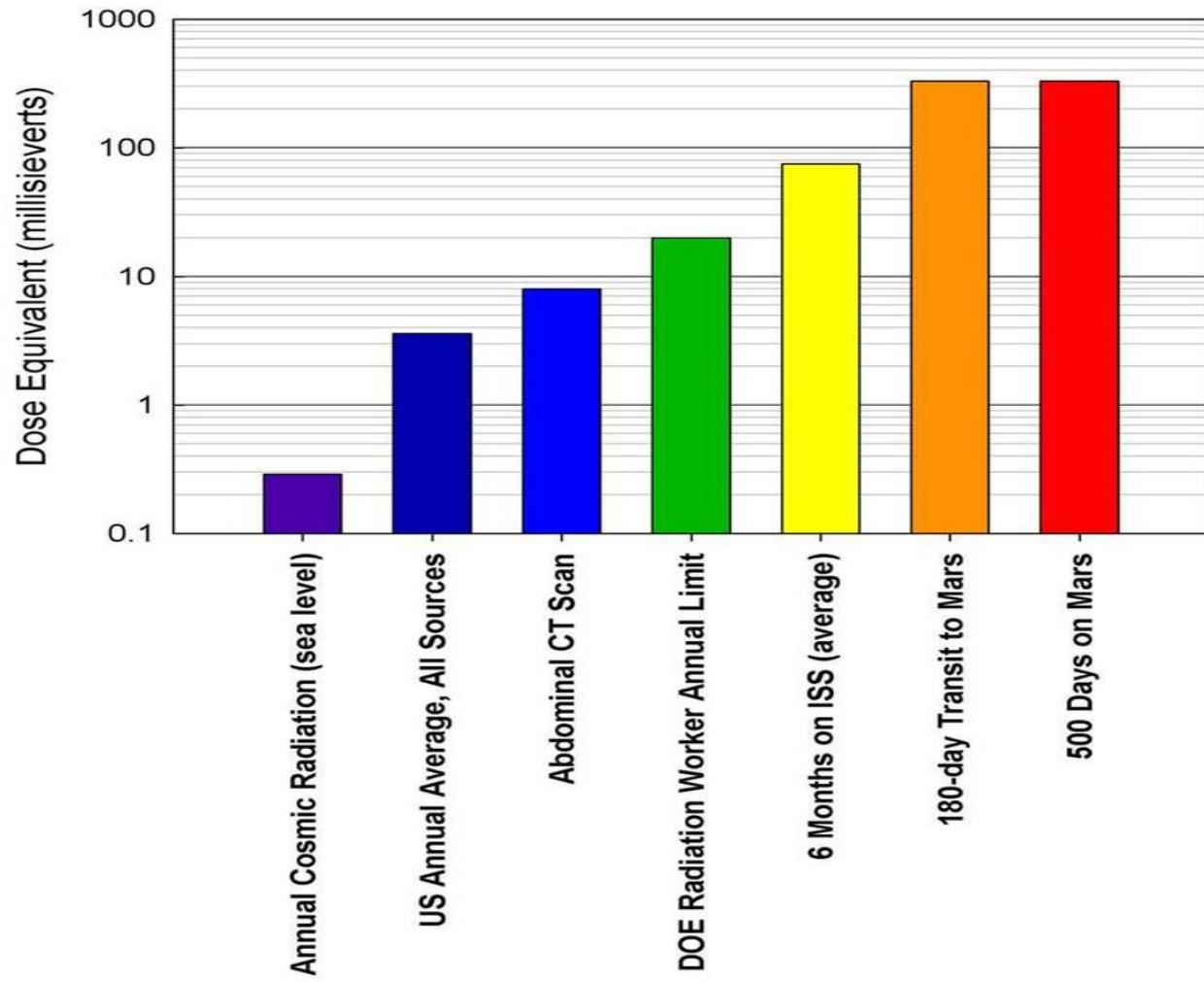
Statistički (ekstrapolaciom) je izračunato da će od milijun ljudi koji prime dodatnu dozu zračenja od 1 mSv njih 50 zbog toga umrijeti od raka.

Jedan sat leta u [zrakoplovu](#), gdje je intenzitet kozmičkog zračenja mnogo veći zbog tanjeg atmosferskog štita no na površini mora, ozrači putnika približno četiri puta više nego cijela nuklearna industrija u godinu dana

- **Primjeri jednostrukih ekvivalentnih doza** lit. (5)
- zubna radiografija: 0,005 mSv
- prosječna ekvivaletna doza unutar 16 km udaljenosti od nesreće na otoku Tri milje: 0,08 mSv za vrijeme nesreće
- mamografija – jednostruko izlaganje (srednja ekvivalentna doza): 2 mSv
- mamografija – cjelokupno izlaganje (s promjenjivom ekvivalentnom dozom): 2 mSv
- računalna tomografija mozga ili CT mozga: 0,8 do 5 mSv
- računalna tomografija prsnog koša ili CT prsnog koša: 6 do 18 mSv
- rendgensko proučavanje probavnih organa: 14 mSv
- preporuka Međunarodnog povjereništva za radiološku zaštitu (engl. International Commission on Radiological Protection) kao granica za dobrovoljno sudjelovanje u nuklearnim nesrećama: 500 mSv
- preporuka Međunarodnog povjereništva za radiološku zaštitu (engl. International Commission on Radiological Protection) kao granica prilikom spašavanja preživjelih i teško nastrandalih: 1000 mSv = 1 Sv



Skala primljenih doza zračenja u različitim situacijama lit. (17)



Godišnja ekvivalentna doza lit. (6)

- **Primjeri ekvivalentnih doza primljenih u jednoj godini:**
- najveća dozvoljena ekvivalentna doza za javnost stvorena bilo kakvom ljudskom aktivnošću: 1 mSv/godinu
- ekvivalentna doza za stanovanje u blizini nuklearnih elektrana: 0,0001–0,01 mSv/godinu
- ekvivalentna doza za stanovanje u blizini termoelektrana na ugljen: 0,0003 mSv/godinu
- ekvivalentna doza zbog kozmičkog zračenja (s površine Zemlje): 0,28 mSv/godinu
- ekvivalentna doza zbog prirodne radioaktivnosti (kalij-40, ugljik-14) ljudskog tijela: 0,40 mSv/godinu
- prosječna pojedinačna ekvivalentna doza zbog pozadinskog zračenja: 2 mSv/godinu (1,5 mSv/godinu u Australiji, 3 mSv/godinu u SAD i Zagreb 1,14 mSv/godina)
- ekvivalentna doza zbog atmosferskog utjecaja (uglavnom radon): 2 mSv/godinu
- ukupna ekvivalentna doza u SAD: 6,2 mSv/godinu
- let zrakoplovom na liniji New York-Tokio (za posadu): 9 mSv/godinu
- trenutna prosječna ekvivalentna doza za radnike u nuklearnim elektranama: 20 mSv/godinu
- prosječna ekvivalentna doza zbog pozadinskog zračenja u nekim dijelovima Irana, Indije i Europe: 50 mSv/godinu
- ekvivalentna doza zbog pušenja 30 cigaretu na dan: 60 do 160 mSv/godinu
- prosječna ekvivalentna doza u gradu Ramsaru (Iran): 260 mSv/g

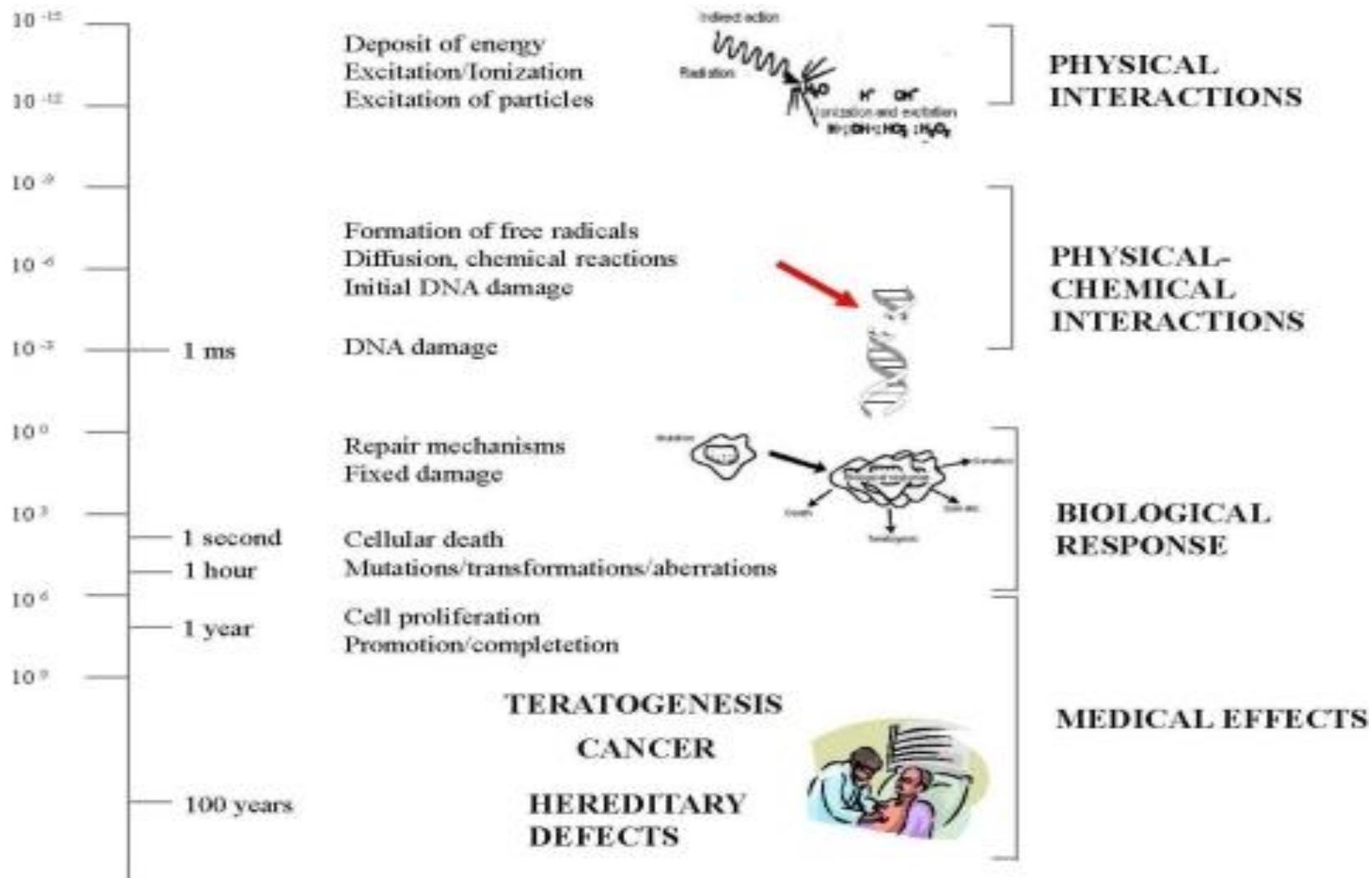


JEDNODNEVNE EKVIVALENTNE DOZE lit. (6)

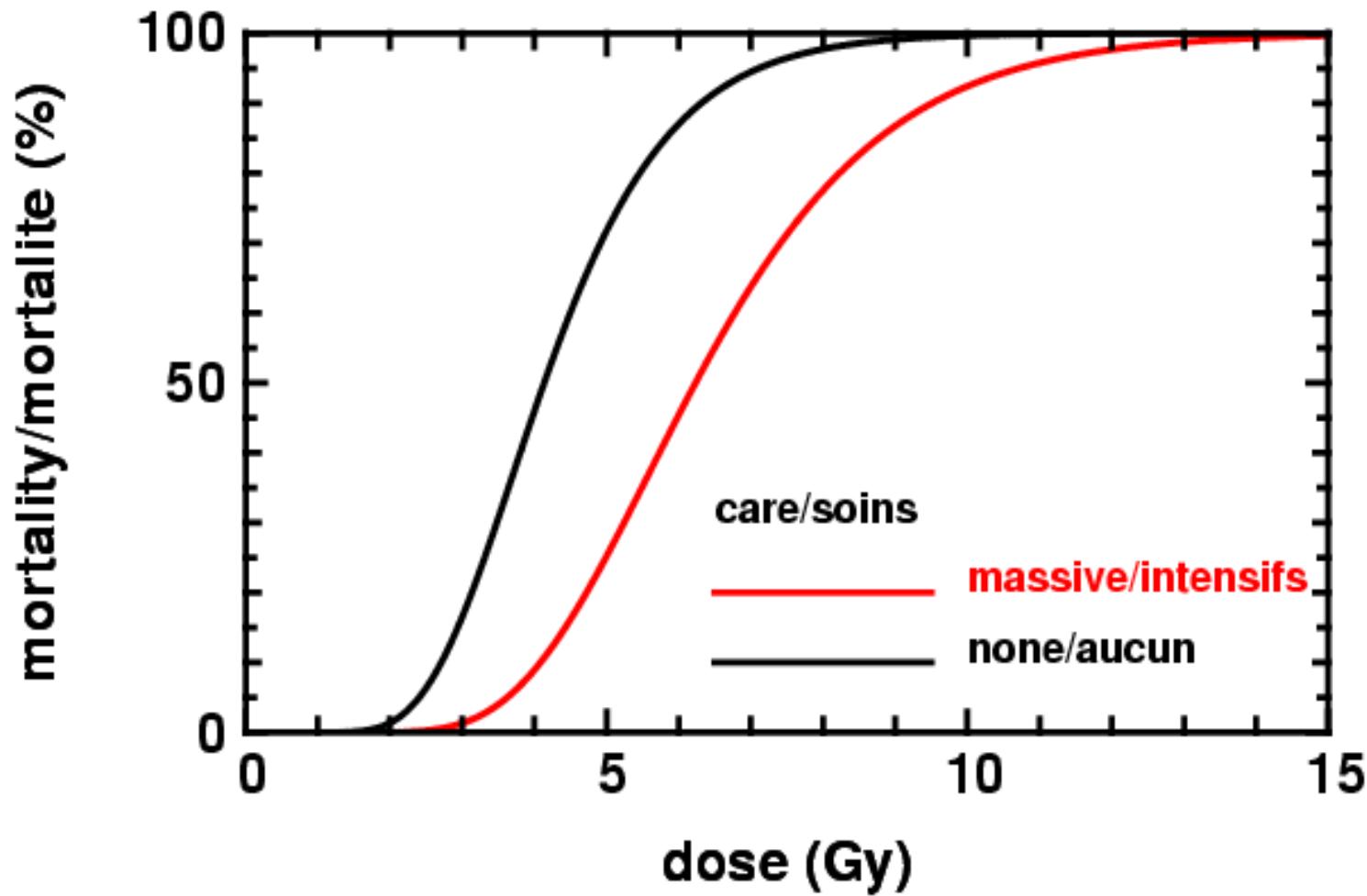
- 0 do 0,25 Sv: nema simptoma;
- 0,25 do 1 Sv: neki ljudi osjete mučninu i gubitak apetita; nastaju ostećenja koštane srži, limfnih čvorova i slezene;
- 1 do 3 Sv: srednja do teška mučnina, gubitak apetita, zaraze (infekcije); teža ostećenja koštane srži, limfnih čvorova i slezene; oporavak nije siguran
- 3 do 6 Sv: teška mučnina, gubitak apetita, unutarnja krvarenja, zaraze (infekcije), proljevi, ljuštenje kože, sterilnost i smrt ako se ne liječi;
- 6 do 10 Sv: svi gornji simptomi i dodatno ostećenje središnjeg živčanog sustava; najvjerojatnija smrt;
- iznad 10 Sv: oduzetost (paraliza) i smrt



Djelovanje zračenja na živu materiju lit. (10)

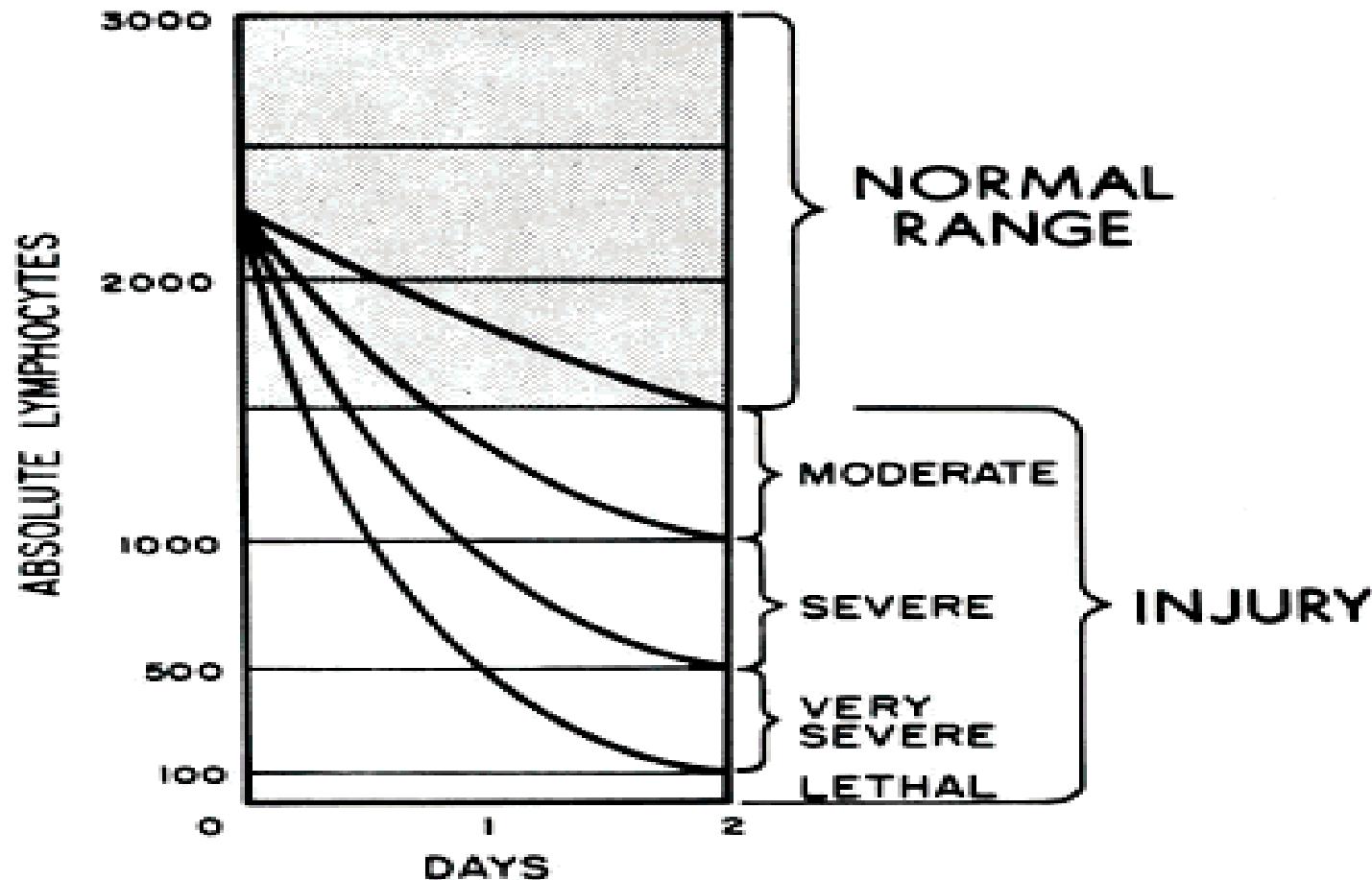


Ovisnost mortaliteta o dozi zračenja lit. (16)

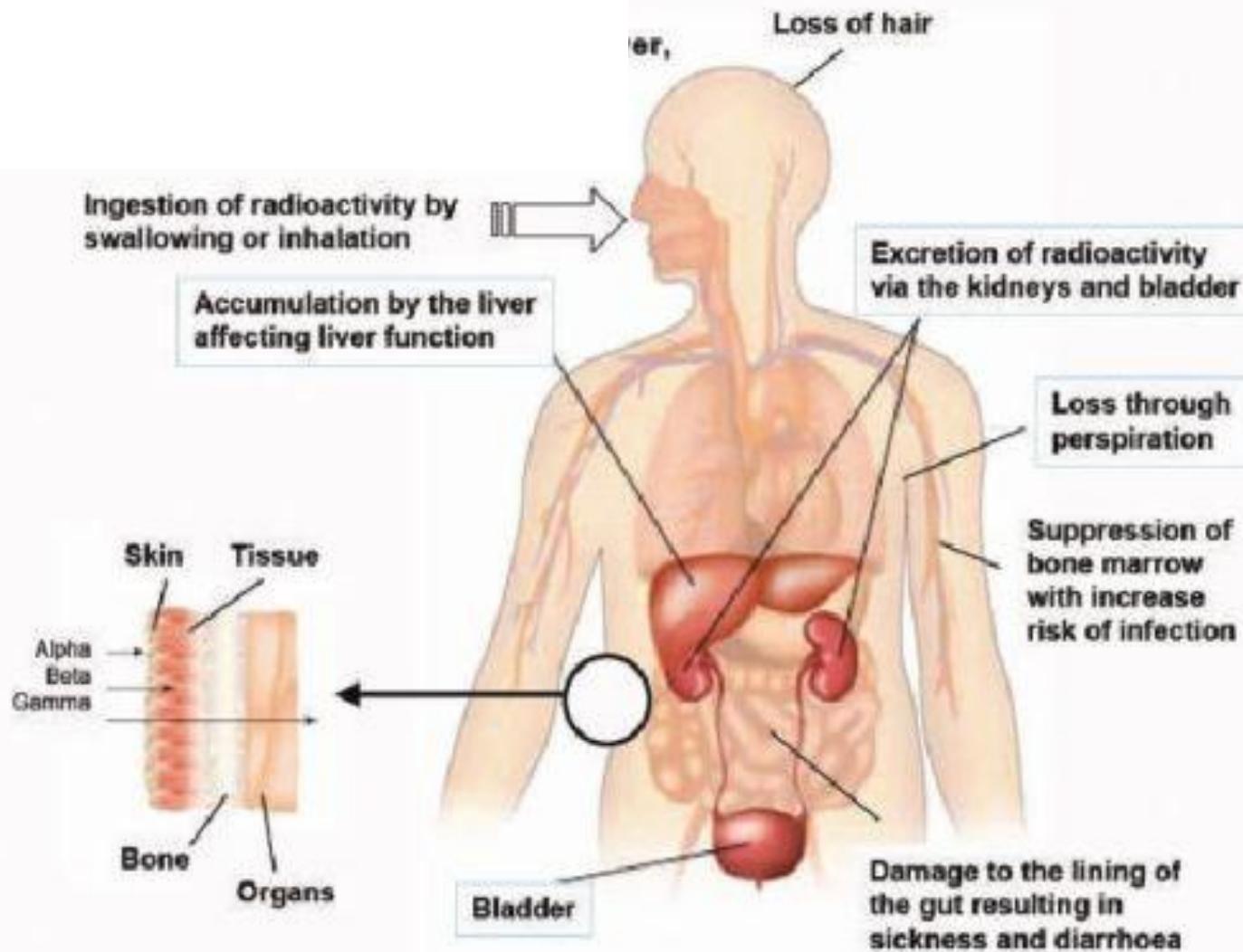


*Andrews Lymphocyte Nomogram
za procjenu stupnja ozračenosti*

lit. (17)



Metabolički put Po-210 nakon peroralnog unošenja lit. (18)



CASE LITVINENKO (lit.11.) : For several days after 1 November 2006, Litvinenko experienced severe [diarrhea](#) and vomiting. At one point, he could not walk without assistance. As the pain intensified, Litvinenko asked his wife to call an ambulance for assistance.[\[13\]](#) For several weeks, Litvinenko's condition worsened as doctors searched for the cause of the illness. Surrounded by friends, Litvinenko began to become physically weak, and spent periods unconscious. A photograph was taken of Litvinenko on his deathbed and released to the public. "I want the world to see what they did to me,"

The symptoms seen in Litvinenko appeared consistent with an administered activity of approximately 2 [GBq](#) (50 mCi) which corresponds to about 10 [micrograms](#) of ^{210}Po . That is 200 times the [median lethal dose](#) of around 238 μCi or 50 nanograms in the case of ingestion. lit. (8)



NUKLEARNI INCIDENTI lit. (3)

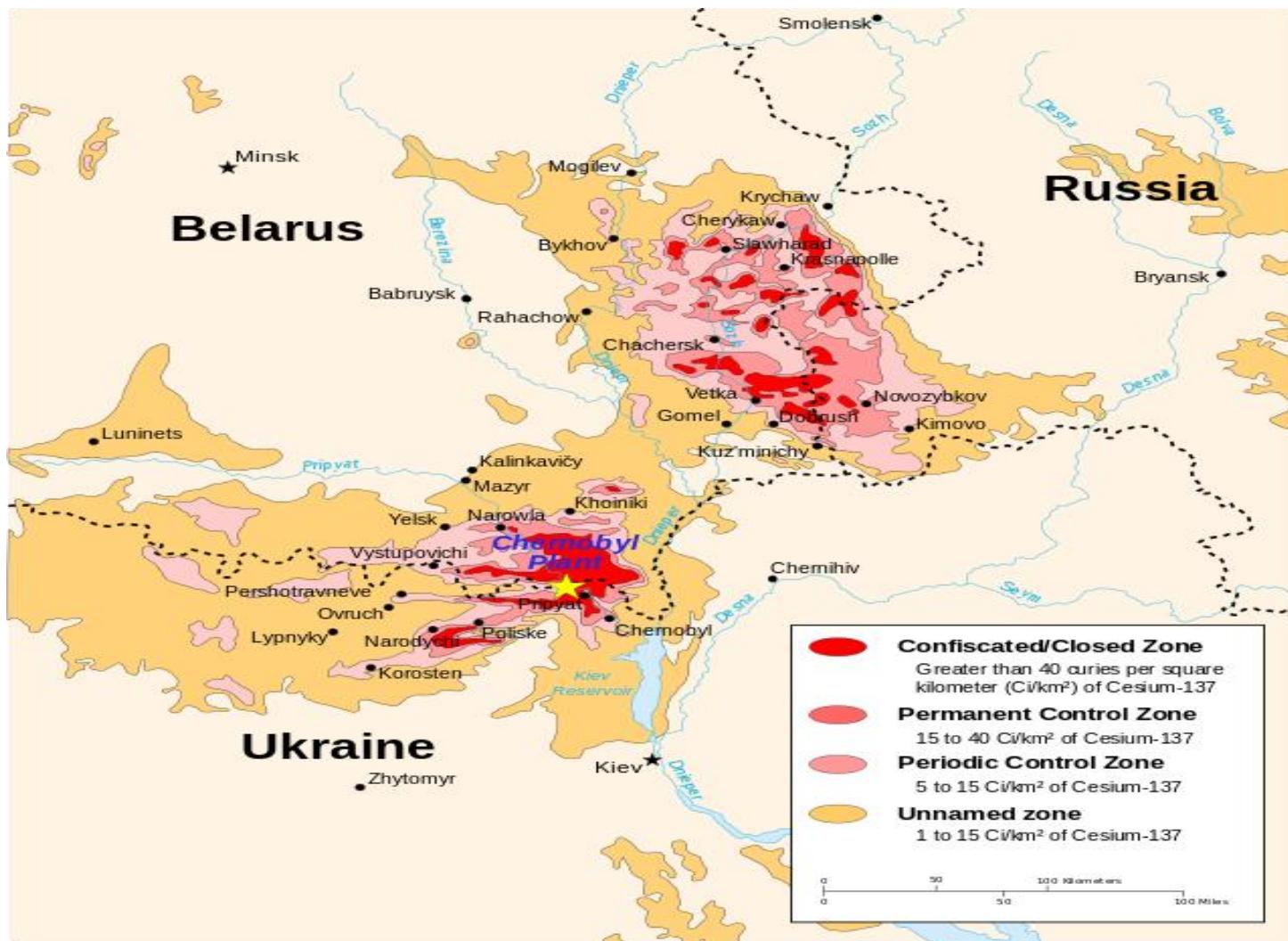
Year	Type	ARS fatalities	ARS survivors	Location
1945	<u>criticality</u>	1	0	<u>Los Alamos, New Mexico, United States</u>
1946	<u>criticality</u>	1	2	Los Alamos, New Mexico, United States
1957	<u>alleged crime</u>	0	1	Frankfurt, <u>West Germany</u>
1958	<u>criticality</u>	1	0	Los Alamos, New Mexico, United States
1961	reactor	8	many	<u>North Atlantic</u> , near Southern <u>Greenland</u>
1961	<u>criticality</u>	2	0	<u>NRTS</u> , near <u>Idaho Falls, Idaho</u> , United States
1962	<u>orphan source</u>	4	?	<u>Mexico City, Mexico</u>
1968	reactor	9	40	near <u>Gremikha Bay</u> , Russia
1985	reactor	10	49	<u>Chazhma Bay</u> naval facility near <u>Vladivostok, USSR</u>

1986	reactor	1985	28	206 - 209	Chernobyl Nuclear Power Plant, Ukrainian SSR
1987	orphan source	1984	4	?	Goiânia, Brazil
1990	radiotherapy	1985	11	?	Zaragoza, Spain
1996	radiotherapy	1984	7 to 20	46	San José, Costa Rica
1999	criticality	1985	2	?	Tōkai, Ibaraki, Japan
2000	orphan source	1984	3	7	Samut Prakan Province, Thailand
2000	radiotherapy	1985	3 to 7	?	Panama City, Panama
2006	crime	1984	1	0	London, United Kingdom
2010	orphan source	1985	1	7	Mayapuri, India

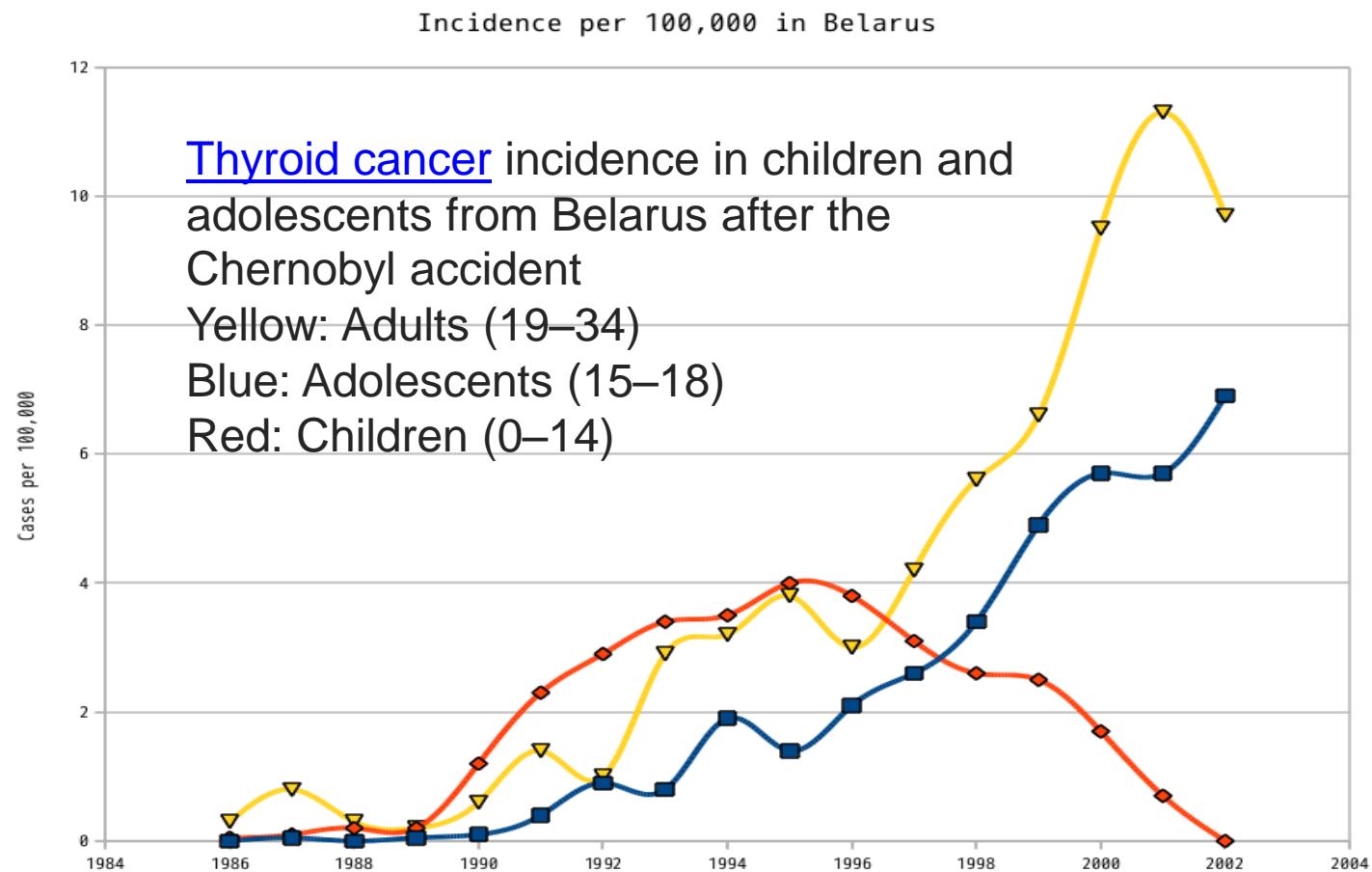
Međunarodna skala nuklearnih događaja (INES) lit. (14)

Akcident	7	Akcident širokih razmara najopasniji Černobilski, 1986 (10^{18} Bq)
	6	Ozbiljan akcident Majak, 1957 (749 PBq)
	5	Akcident sa rizikom van mesta događaja (Windscale, 1957, Tri Milje, 1979)
	4	Akcident bez rizika van mesta događaja (Buenos Ajres , 1983)
Incident	3	Ozbiljan incident (mali uticaj van mesta, Selfild, 2005)
	2	Incident
	1	Anomalija u toku autorizovanog radnog režima
	0	Devijacija bez značaja za sigurnost

Područja kontaminirana radionuklidima nakon Černobilske katastrofe

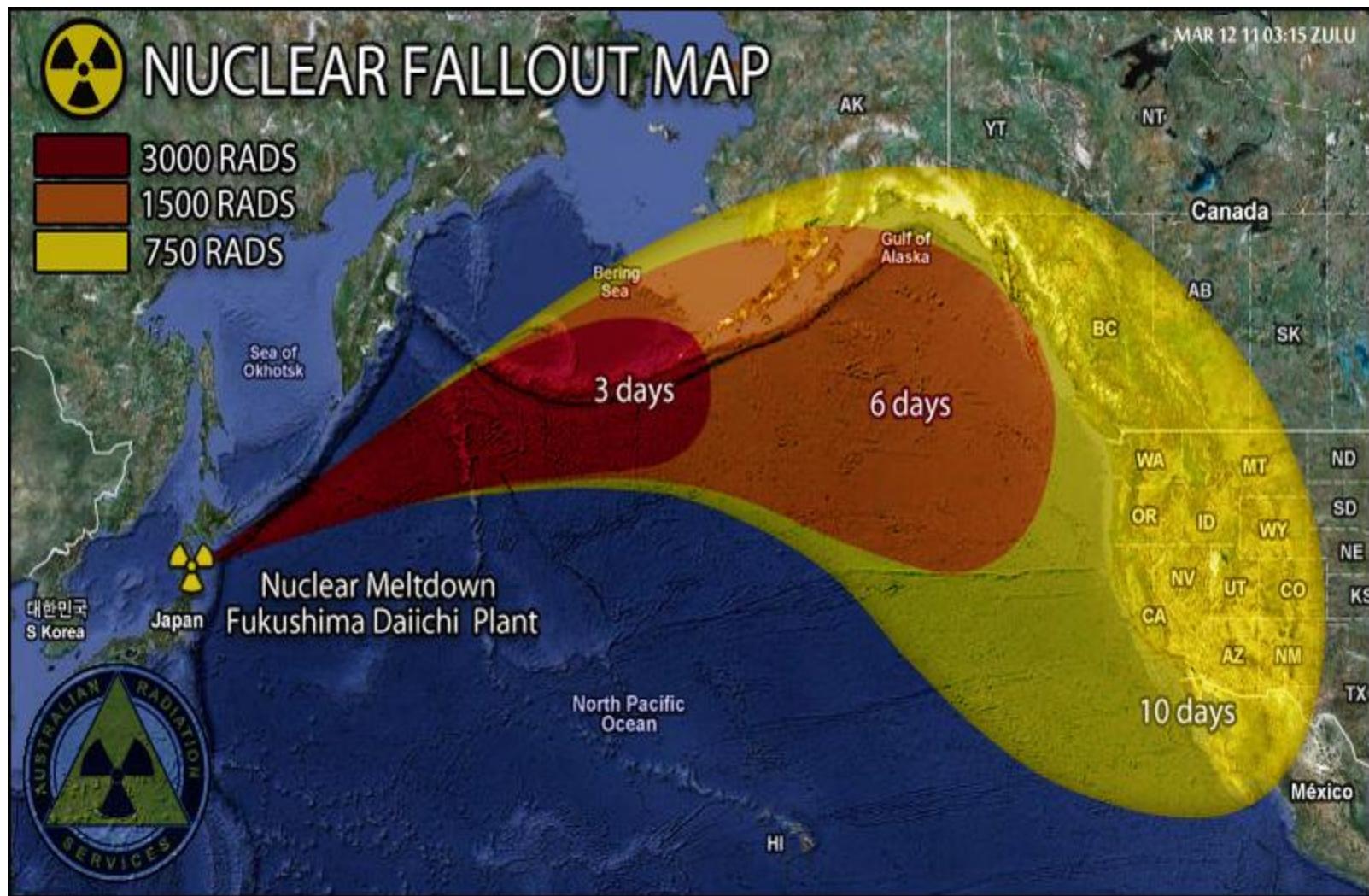


Incidencija raka štitnjače u Bjelorusiji nakon Černobilske katastrofe



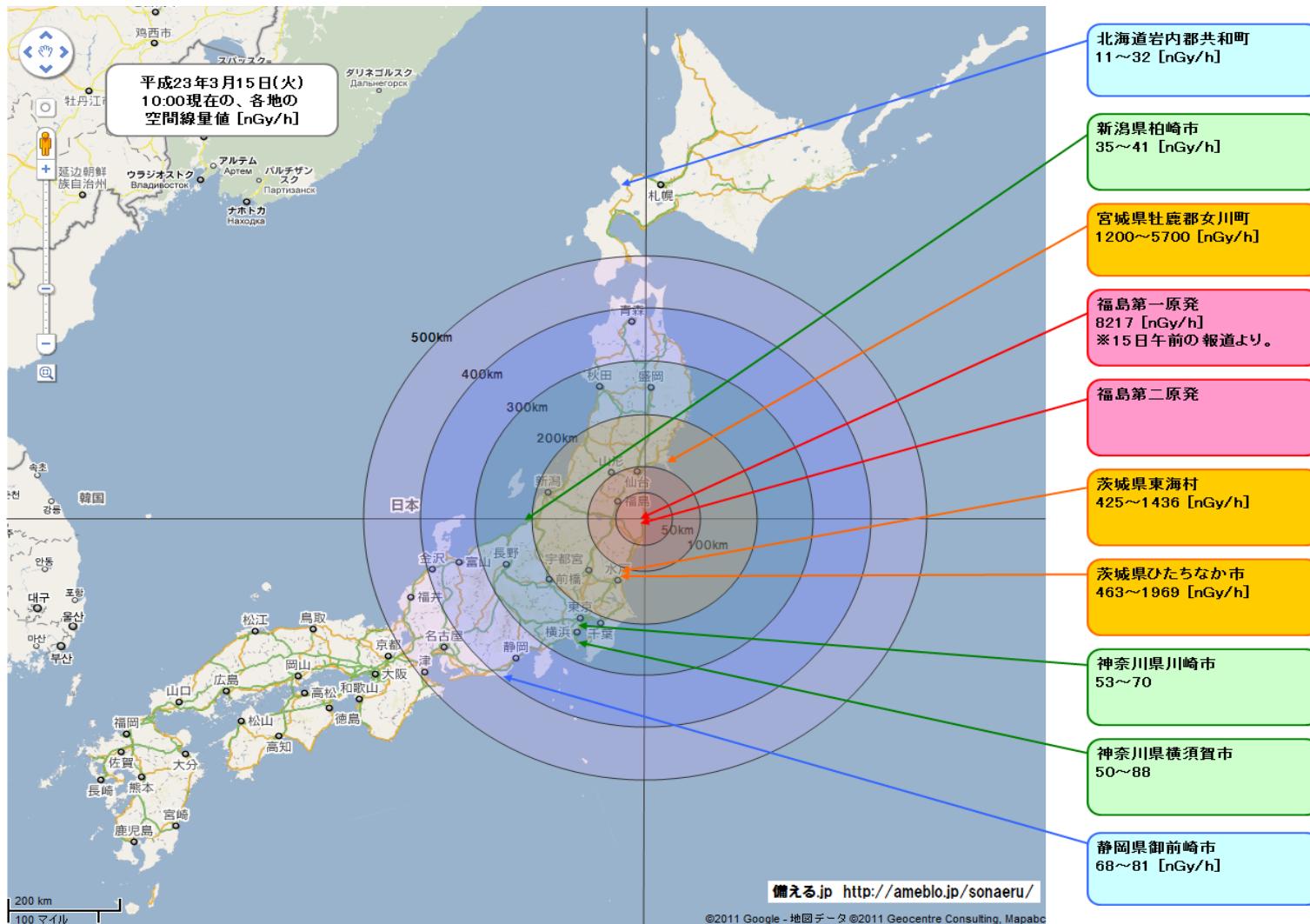
Lit . (12)

Širenje radioaktivnog oblaka nakon nesreće u Fukushima lit. (13)



Zone ozračenosti nakon nesreće u Fukushima

lit. (12)



Vojna djelovanja po nuklearnim postrojenjima

- September 1980, Iran bombed the [Al Tuwaitha nuclear complex](#) in Iraq, in [Operation Scorch Sword](#), which was a surprise IRIAF ([Islamic Republic of Iran Air Force](#)) [airstrike](#) carried out on 30 September 1980, that damaged an almost complete [nuclear reactor](#) 17 km south-east of [Baghdad, Iraq](#).
- In June 1981, an Israeli air strike completely destroyed Iraq's [Osirak nuclear research facility](#).
- Between 1984 and 1987, Iraq bombed Iran's [Bushehr nuclear plant](#) six times.
- In 1991, the U.S. bombed three nuclear reactors and an enrichment pilot facility in Iraq.
- In 1991, Iraq launched Scud missiles at Israel's [Dimona nuclear power plant](#).
- In September 2007, Israel bombed a [Syrian reactor](#) under construction.

Izvor :

Cordesman, Anthony H. *Iraq and the War of Sanctions: Conventional Threats and Weapons of Mass Destruction*. Praeger, 2009. p. 605.

Literatura

- [1] "Od rude do žutog kolača", Nuklearna elektrana Krško, 2011.
 - [2] "4.1 FIZIKA NEK-a - Fisija", Nuklearna elektrana Krško, e-škola, 2011.
 - [3] "Uvod u nuklearnu energetiku", Prof. dr. sc. Danilo Feretić, 2011.
 - [4] "Povijest fizike", Ivan Supek, 2011.
 - [5] "Ionizirajuće zračenje u biosferi", Mile Dželalija, Kemijsko-tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, 2011.
 - [6] "Jedinica radioaktivnosti", www.radiobiologija.cef.unizg.hr, 2011.
 - [7] "Astronomija gama-zraka", www.freewebs.com, 2011.
- Woodside, Gayle (1997). Environmental, Safety, and Health Engineering*
(8) Grierson, Jamie. "[Litvinenko inquiry: Russia involved in spy's death, Scotland Yard says](#)". *The Guardian*. Retrieved 2015-08-03.
(9) James G. (2006). *OSHA: Stallcup's High-voltage Telecommunications*
Jones & Bartlett Learning. p. 133. [ISBN 076374347X](#).
- (10) European Centre of Technological Safety. "[Interaction of Radiation with Matter](#)" (PDF). *Radiation Hazard*. Retrieved 5
- (11) November 2012. "[Litvinenko inquiry told Dmitry Kovtun planned to lure him to 'finish him off'](#)". *The Guardian*. July 24, 2015. Retrieved August 3, 2015.

- (12) "Belarus radioactivity and thyroid cancer" by User:ceiocaciaca - Demidchik YE, Demidchik EP, Saenko VA, et al, 2007 Childhood thyroid cancer in Belarus. International Congress Series 1299: 32-38. , Cardis E, Howe G, Ron E, et al, 2006 Cancer consequences of the Chernobyl accident: 20 years on. J Radiol Prot 26: 127-140.
- (13) Phillip Lipsky, Kenji Kushida, and Trevor Incerti. 2013. "[The Fukushima Disaster and Japan's Nuclear Plant Vulnerability in Comparative Perspective](#)." *Environmental Science and Technology* 47 (May), 6082-6088.
- (14) [\[1\]](#) "INES Ijestvica", Državni Zavod za Radiološku i Nuklearnu Sigurnost, www.dzns.hr, 2012
- (15) Charles Hodgman, Ed. (1961). *CRC Handbook of Chemistry and Physics*, 44th Ed. USA: Chemical Rubber Co. p. 2850.
- [\[16\]](#) Questions and Answers about Biological Effects and Potential Hazards of Radiofrequency Electromagnetic Fields. OET [Office of Engineering and Technology](#) BULLETIN 56 Fourth Edition August 1999.
- [\[17\]](#) ["Fundamental Quantities and Units for Ionizing Radiation \(ICRU Report 85\)"](#). *Journal of the ICRU* **11** (1). 2011. From Andrews GA, Auxier JA, (18) Lushbaugh CC. *The Importance of Dosimetry to the Medical Management of Persons Exposed to High Levels of Radiation*. In *Personal Dosimetry for Radiation Accidents*. Vienna : International Atomic Energy Agency; 1965.
- (18). Harrison J, Leggett R, Lloyd D, Phipps A, Scott B. Polonium-210 as a Poison. J Radiol Prot 2007; 27:17-40.