



World Health
Organization

Slovakia



ÚRAD
VEREJNÉHO
ZDRAVOTNÍCTVA
SLOVENSKEJ
REPUBLIKY

VPLYV KOMBINÁCIE PRÍRODNÉHO RADÓNU A FAJČENIA NA ZDRAVIE JEDINCA

1. KONFERENCIA

RADÓN V SLOVENSKEJ REPUBLIKE

29.-30. MÁJ 2023

SLIMÁKOVÁ JANA

ODBOR RADIÁCNEJ OCHRANY



OBSAH PREZENTÁCIE

I. RADÓN A FAJČENIE

II. ŠTATISTICKÉ ÚDAJE O VÝSKYTE RAKOVINY PLŮC

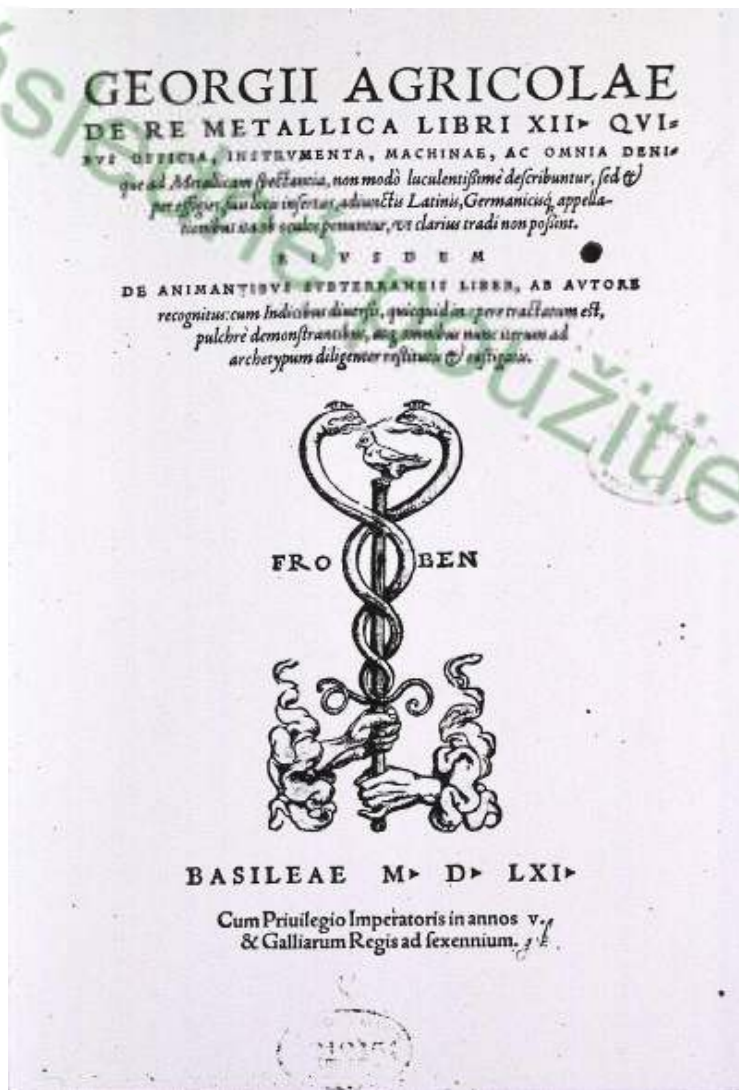
III. GENOTOXICITA RADÓNU

IV. ŠTÚDIUM KARCINOGENITY RADÓNU

**V. PRÍSTUP NA HODNOTENIE ZDRAVOTNÝCH RIZIK
OŽIARENIA RADÓNOM**

VI. ZHRNUTIE

so súhlasom autorov



Vo svojej učebnici baníctva z roku 1556 De Re Metallica Gregorius Agricola opísal chorobu chradnutia baníkov v Erzgebirge (Krušné hory) v Nemecku, ktoré „požierajú pľúca ...



RADÓN A FAJČENIE

- rakovina pľúc je druhým najčastejším typom nádoru na svete a je hlavnou príčinou úmrtí na rakovinu¹
- radón je 2. najčastejšou príčinou vzniku rakoviny pľúc, hneď po fajčení¹,
- rizikové faktory:
 - a. environmentálne karcinogény: Rn v interiéri, znečistenie ovzdušia, As, Cr, Ni, Cd, Be, SiO₂, azbest a nafta²
 - b. chronický lokálny zápal³
 - c. nízka spotreba čerstvého ovocia a zeleniny⁴
 - d. multifaktoriálna dedičnosť
- v priebehu štúdií vyšlo najavo, že spoločné pôsobenie radónu a fajčenia zosilňuje škodlivé účinky na zdravie,
- jedným z uznávaných programov boja proti rakoviny je Európsky kódex proti rakovine⁵ - uvádza 12 spôsobov, ako je možné znížiť riziko rakoviny.

EUROPEAN CODE AGAINST CANCER

12 ways to reduce your cancer risk

1. Do not smoke. Do not use any form of tobacco.
2. Make your home smoke-free. Support smoke-free policies in your workplace.
3. Take action to be a healthy body weight.
4. Be physically active in everyday life. Limit the time you spend sitting.
5. Have a healthy diet:
 - eat plenty of whole grains, pulses, vegetables and fruits;
 - limit high-calorie foods (foods high in sugar or fat) and avoid sugary drinks;
 - avoid processed meat; limit red meat and foods high in salt.
6. If you drink alcohol of any type, limit your intake. Not drinking alcohol is better for cancer prevention.
7. Avoid too much sun, especially for children. Use sun protection. Do not use sunbeds.
8. In the workplace, protect yourself against cancer-causing substances by following health and safety instructions.
9. Find out if you are exposed to radiation from naturally high radon levels in your home. Take action to reduce high radon levels.
10. For women:
 - breastfeeding reduces the mother's cancer risk; if you can, breastfeed your baby;
 - hormone replacement therapy (HRT) increases the risk of certain cancers. Limit use of HRT.
11. Ensure your children take part in vaccination programmes for:
 - hepatitis B (for newborns);
 - human papillomavirus (HPV) (for girls).
12. Take part in organised cancer screening programmes for:
 - bowel cancer (men and women);
 - breast cancer (women);
 - cervical cancer (women).

The European Code Against Cancer focuses on actions that individual citizens can take to help prevent cancer. Successful cancer prevention requires these individual actions to be supported by governmental policies and actions.

¹ Ferlay J et al. (2019) Estimating the Global Cancer Incidence and Mortality in 2018: GLOBOCAN Sources and Methods. Int. J. Cancer 2019, 144, 1941–1953.

² IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans (2012) Arsenic, Metals, Fibres, and Dusts. IARC Monogr. Eval. Carcinog. Risks Hum. 2012, 100, 11–465.

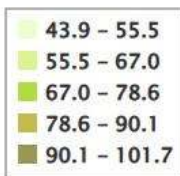
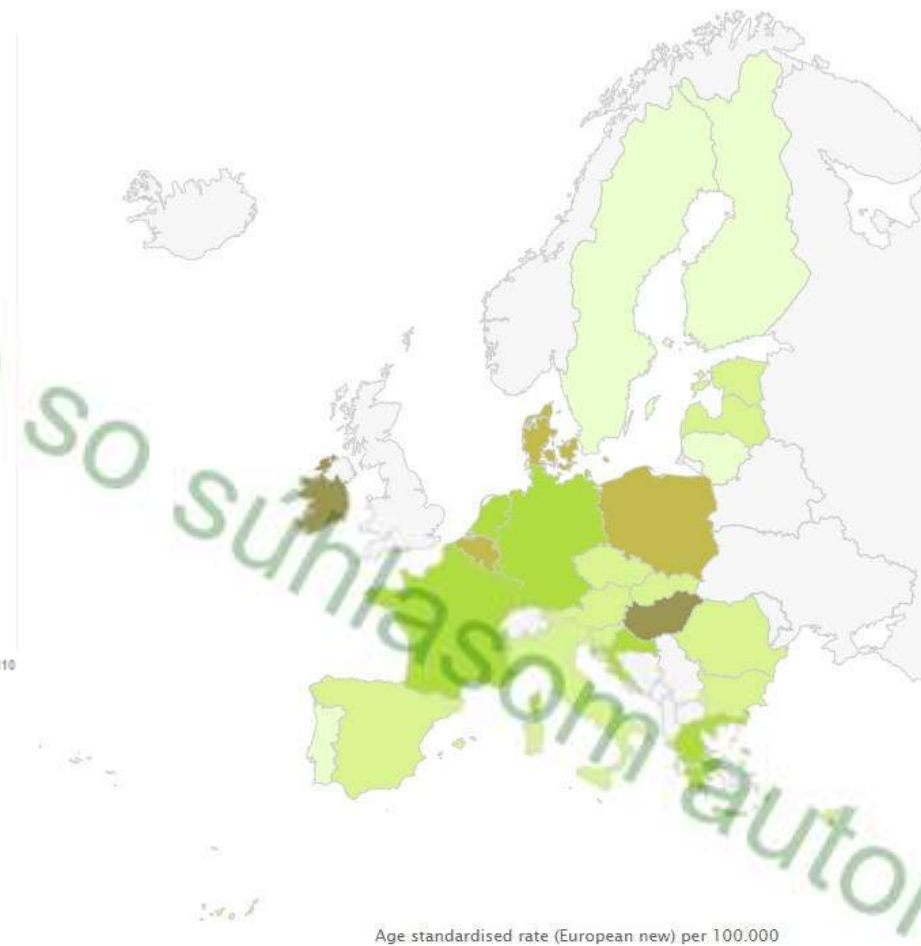
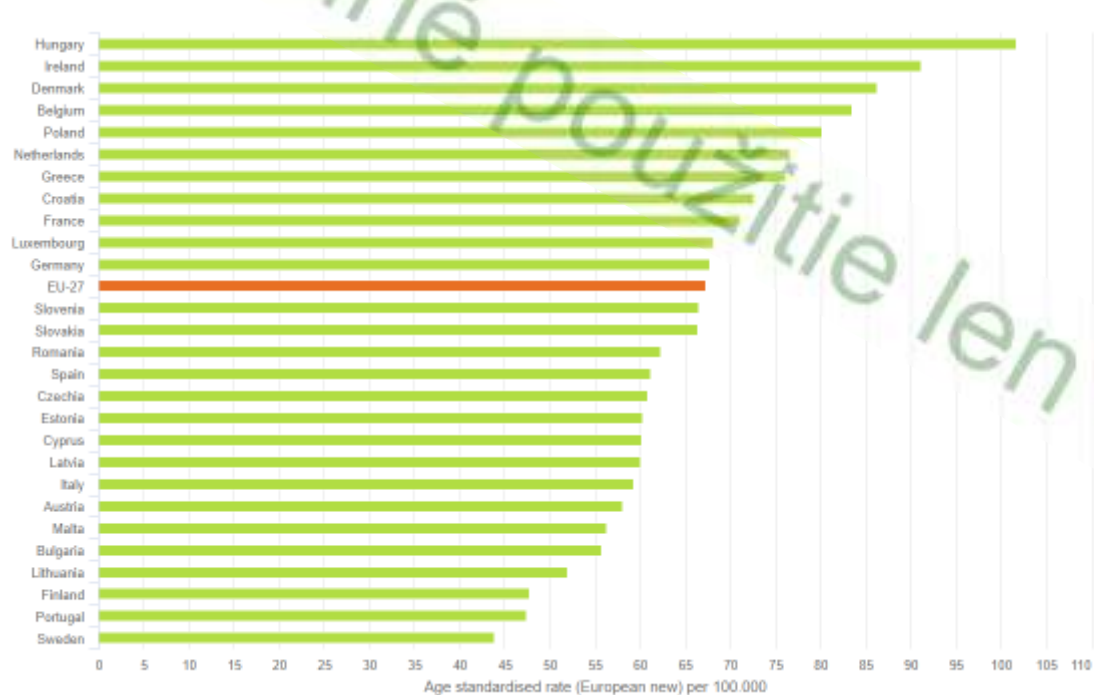
³ Brenner D.R. et al. (2012) Previous Lung Diseases and Lung Cancer Risk: A Pooled Analysis From the International Lung Cancer Consortium. Am. J. Epidemiol. 2012, 176, 573–585.

⁴ Miller A.B et al. (2004) Fruits and vegetables and lung cancer: Findings from the European prospective investigation into cancer and nutrition. Int. J. Cancer 2004, 108, 269–276.

⁵ WHO (2009) Handbook on Indoor Radon: A Public Health Perspective; World Health Organization: Geneva, Switzerland, 2009.



ODHADY VÝSKYTU RAKOVINY PLŮC A ÚMRTNOSTI V ROKU 2020 PODĽA EUROPEAN CANCER INFORMATION SYSTEM (ECIS)



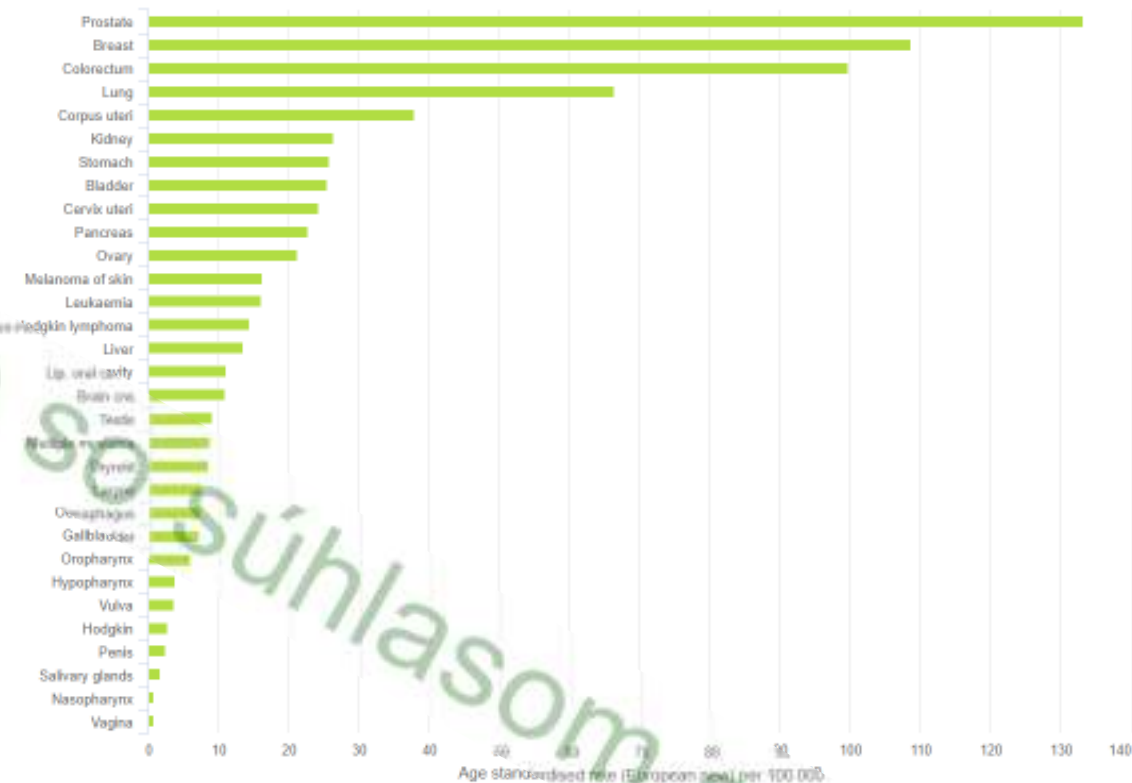
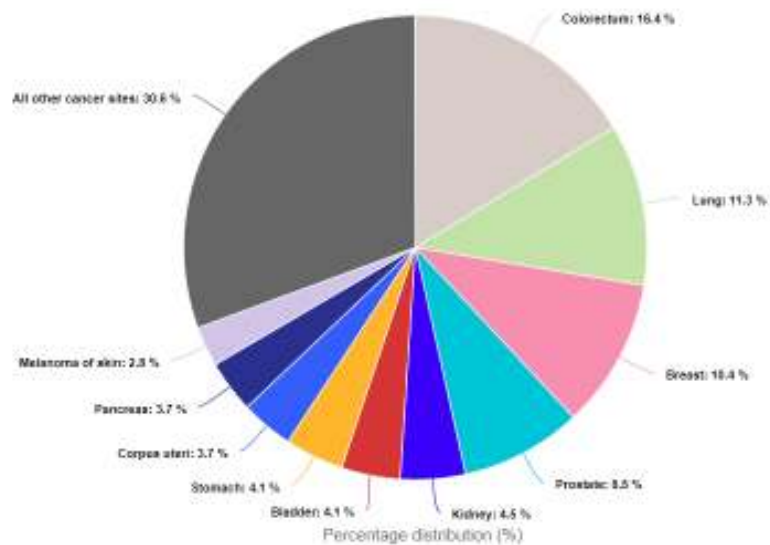
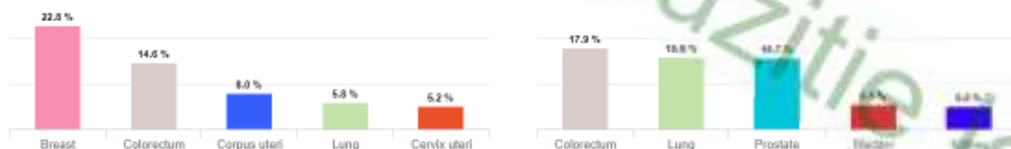
Age standardised rate (European new) per 100,000

ODHADY VÝSKYTU RAKOVINY A ÚMRTNOSTI V ROKU 2020 V SLOVENSKEJ REPUBLIKE PODĽA (ECIS)

13 509 new cases

15 971 new cases

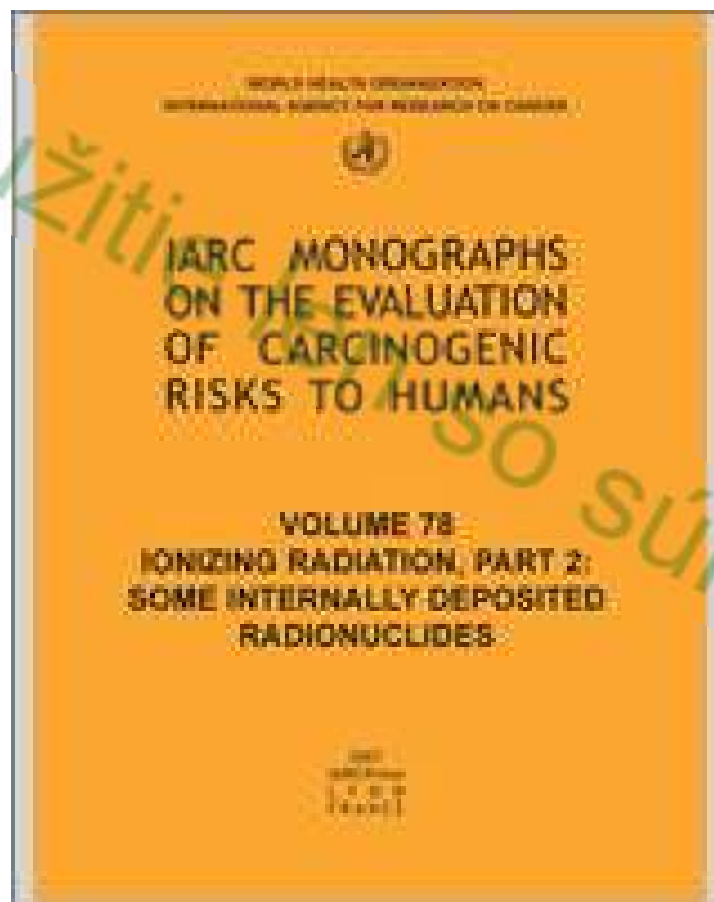
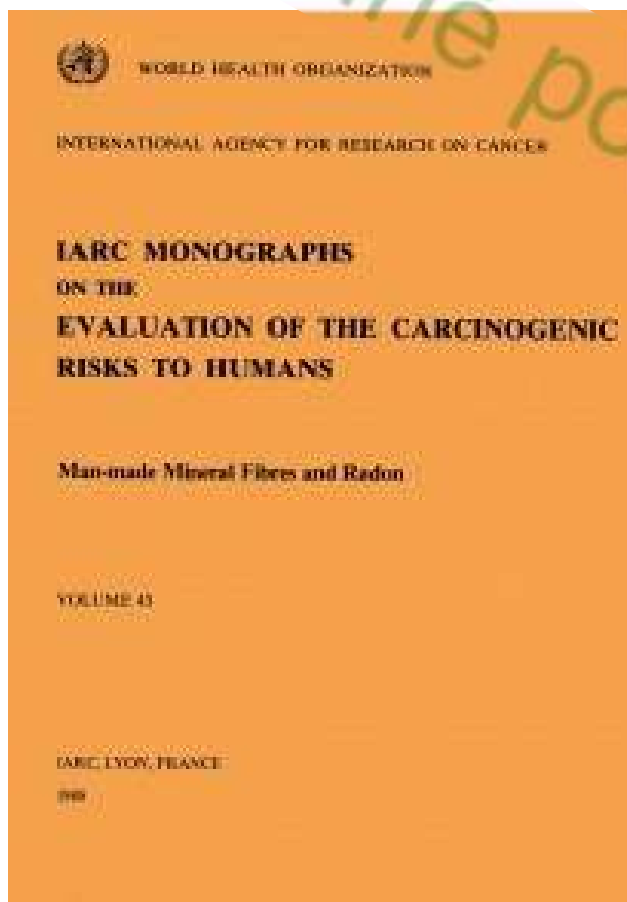
Most common cancers



autorov



RADÓN JE PRÍČINOU RAKOVINY PLŮC



Lung Cancer Risk From Residential Radon: Meta-analysis of Eight Epidemiologic Studies

Jay H. Lubin, John D. Boice, Jr.*

Background: Studies of underground miners exposed to radon and its decay products have found that exposure increases risk of lung cancer. Consequently, when radon was found to accumulate in homes, there was concern about the public health impact from exposure to a known carcinogen. Estimates on the basis of studies of underground miners suggest that indoor radon may account for 6000-36000 lung cancer deaths each year in the United States. Because of differences between working in underground mines and living in homes, estimates are subject to major uncertainties. Numerous case-control studies were launched to assess directly the lung cancer risk from indoor radon. Some studies report positive or weakly positive findings, while others report an increased risk. Thus, the potential hazard from indoor radon remains uncovered only indirectly through miner studies, experimental animal studies, and cellular studies. **Purpose:** To provide more information on the risk of lung cancer from indoor radon, we conducted a meta-analysis of all case-control studies that included at least 200 case subjects each and that used long-term indoor radon measurements. **Methods:** Eight studies were available and included a total of 4263 lung cancer case subjects and 6612 control subjects. From the published results of each study, confounder-adjusted relative risk (RR) estimates and 95% confidence intervals (CI) for categories of radon concentration were obtained, and weighted linear regression analyses were performed. **Results:** The combined trend in the RR was significantly different from zero (two-sided $P = .03$), and an estimated RR of 0.14 (95% CI = 1.0-1.2) at 150 Bq/m³ was found. An influence analysis indicated that no single study dominated the combined results. The exposure-response trend was similar to model-based extrapolations from miners and to RR's computed directly from miners with low cumulative exposures. However, there were significant differences in percent of the defined exposure interval covered by radon measurements, mean duration of residence per subject, and other factors. **Conclusions:** These analyses are valuable for identifying differences among studies and for summarizing results, but they should be interpreted cautiously when reported RR's are low as with indoor radon exposure, when there is study heterogeneity and when there is the potential for confounding and exposure misclassification. Nonetheless, the results of this meta-analysis suggest that the risk from indoor radon is not likely to be markedly greater than that predicted from miners and indicate that the negative exposure response reported in some ecological studies is likely due to model misspecification or un-

controlled confounding and can be rejected. **Implications:** Until ongoing case-control studies of indoor radon are completed and the data are pooled and analyzed, the studies of underground miners remain the best source of data to use to assess risk from indoor radon. This meta-analysis provides support for their general validity. [J Natl Cancer Inst 1997; 89:89-97]

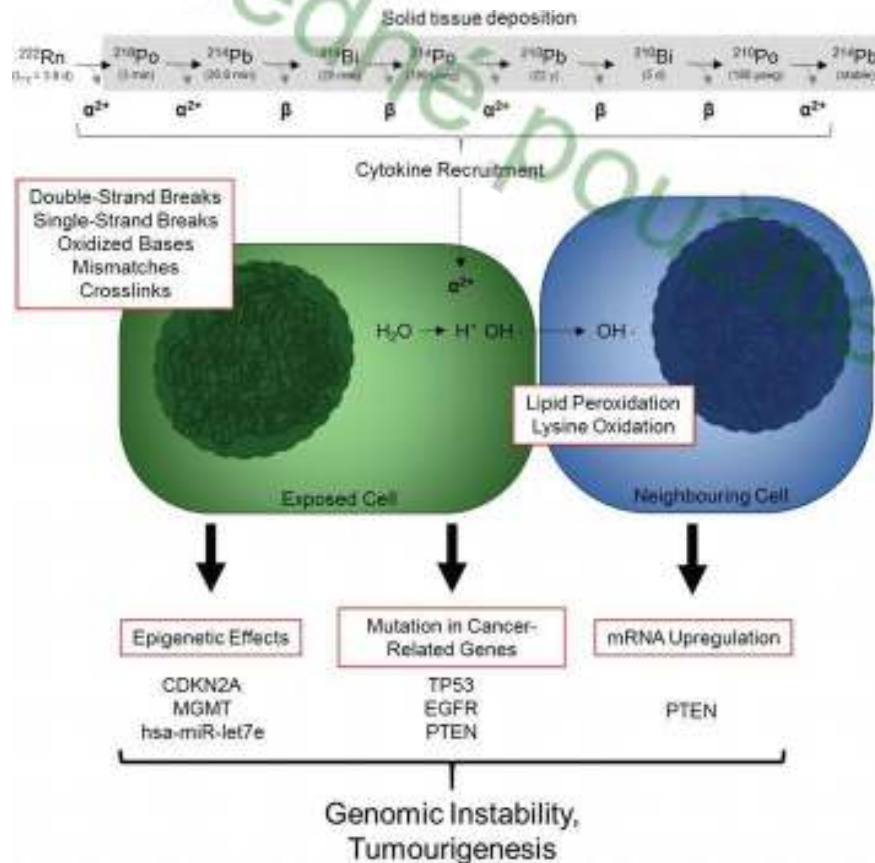
Eleven comprehensive studies of underground miners exposed to radioactive radon gas and its alpha-particle emitting decay products all found that exposure increases the risk of dying of lung cancer [reviewed in (1)]. As a consequence, when it was found that radon could accumulate in homes, albeit at concentrations usually much lower than in mines, there was concern about a possible significant public health hazard from exposure to a known human carcinogen (2).

With the use of miner-based risk models and after adjustment for effects of exposure in mines as compared with homes (3), indoor radon may account for 6000-36000 lung cancer deaths each year in the United States (4). Because of the major differences between working in underground mines and living in homes, some have questioned the validity of extrapolating risks from male miners to home residents, particularly to females and to children, and have taken issue with current estimates of radon-attributable lung cancer (5,6). Miners experienced higher exposure rates and were frequently exposed to other potential lung carcinogens and lung irritants, such as arsenic and silica. In addition, a high proportion of miners were smokers.

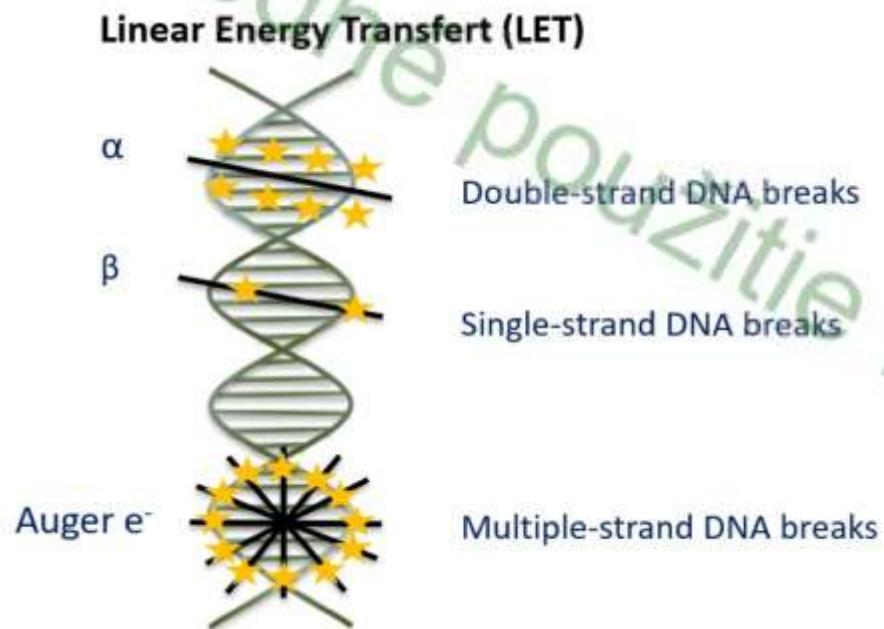
To address concerns about extrapolating risk from miners, numerous epidemiologic case-control studies were launched in the past decade to assess directly lung cancer risk from indoor radon. Major studies have now been published (7-15), and results seemingly are equivocal (16,17). Some studies (7,8,14) report positive or weakly positive findings, while others (6,11,12,15) report no increased risk, even at the highest indoor radon level. A pooled analysis of three studies with nearly 3000 lung cancer cases estimated no trend overall. The estimated relative risk (RR) for long-term residence in a home with a radon concentration of 150 Bq/m³ was 1.0 (95% confidence interval [CI] = 0.8-1.3) (18). Thus, the question concerning whether indoor radon poses a significant health hazard, particularly for

*Present address: U.S. Environmental and Occupational Health Program, Division of Public Health and Toxicology, National Cancer Institute, Bethesda, Md. U.S. Department of Health and Human Services, Bethesda, Md. (J.H.L.).
*Present address: U.S. Environmental and Occupational Health Program, Division of Public Health and Toxicology, National Cancer Institute, Bethesda, Md. (J.D.B.).

GENOTOXICITA RADÓNU



- genotoxicita radónu je výsledkom emisie alfa častíc
- vytvorené iónové páry reagujú s vodou za vzniku voľných radikálov, ktoré sú príčinou vzniku **molekulárnych aberácií, jednovláknových alebo dvojláknových prerušení DNA, poškodeniu bázy, chromozomálnym aberáciám a deléciám**
- **reakcie okolitých buniek**, ktoré neboli priamo zasiahnuté alfa časticami
- oxid dusnatý (NO) – zodpovedný za **smrť buniek**
- oxid dusitý (N_2O_3) - nitrozácia aminoskupín báz DNA - **zosieťovanie a alkylácia DNA**
- cyklooxygenáza 2 (COX-2)

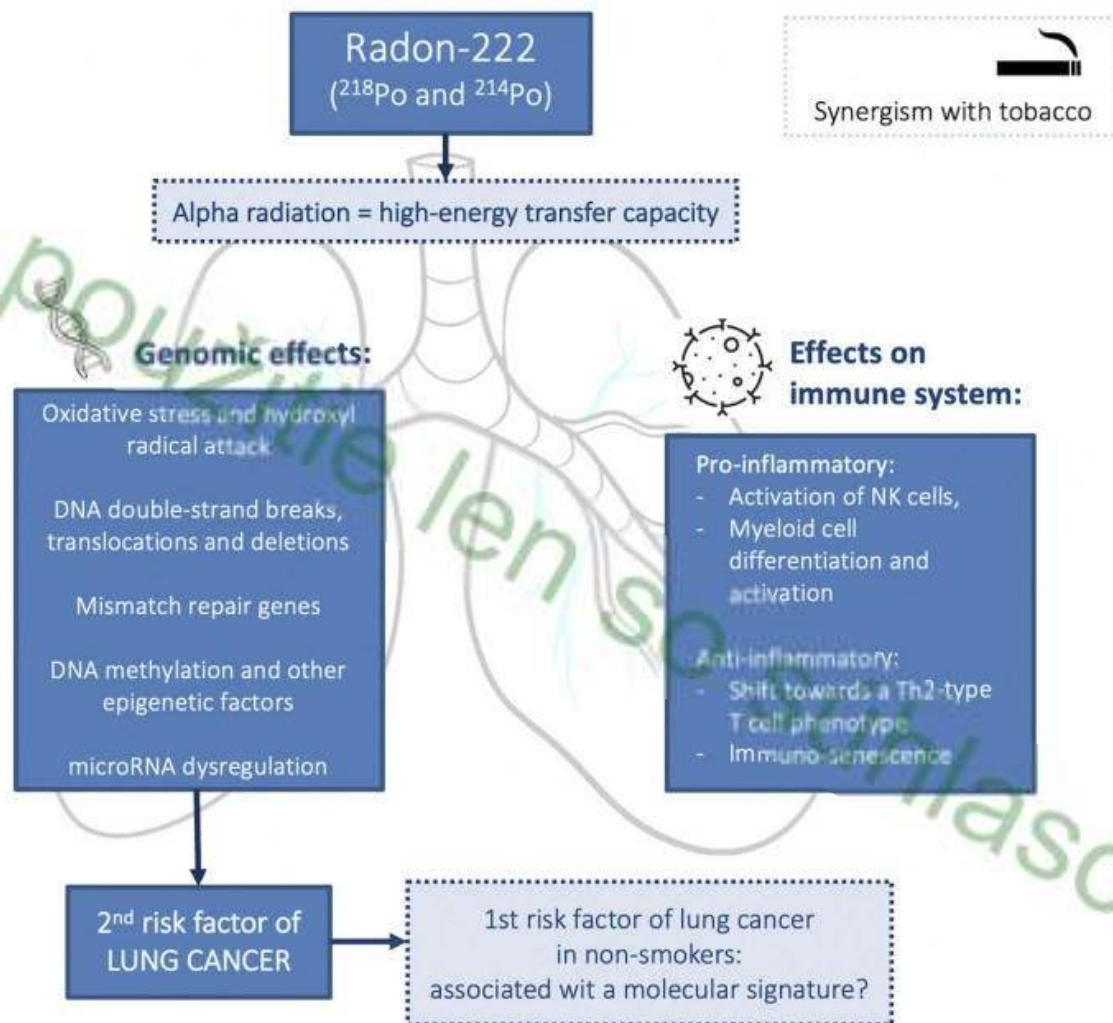


Prevzaté: EAU 2020: Radioligand Therapy in Metastatic Castration-Resistant Prostate Cancer: Current and Future Radioligands (Ligands and Emitters) (urotoday.com)

- ľahká interakcia alfa častice s DNA v oblasti bronchiálneho epitelu
- **zhubné nádory pľúc sú najčastejším typom rakoviny vyvolanej ožiarením radónom**
- výskyt ≥ 2 lézií a ≥ 1 rôznych typov v rámci 1–2 špirálových závitov DNA
- pacienti pozitívni na preskupenie v géne kódujúcom kinázu anaplastického lymfómu (ALK) majú dvojnásobné zvýšenie objemovej aktivity radónu v domácnostiach ako pacienti bez týchto preskupení
- zmeny génovej expresie a apoptotických porúch môže v skutočnosti pochádzať z buniek susediacich s tými, ktoré sú ožiarené



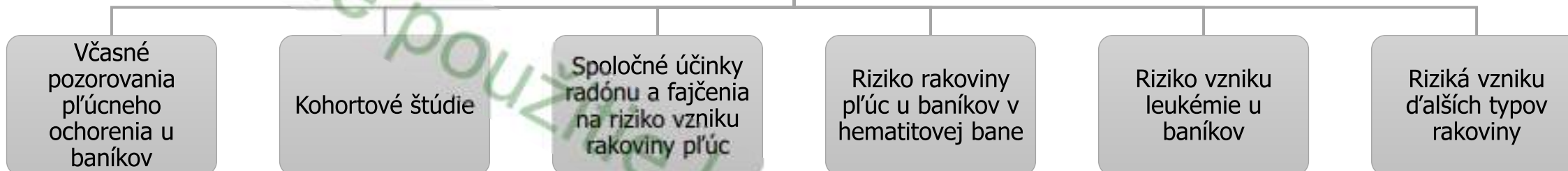
Následné polygenické onemocnění
len s masom autorov



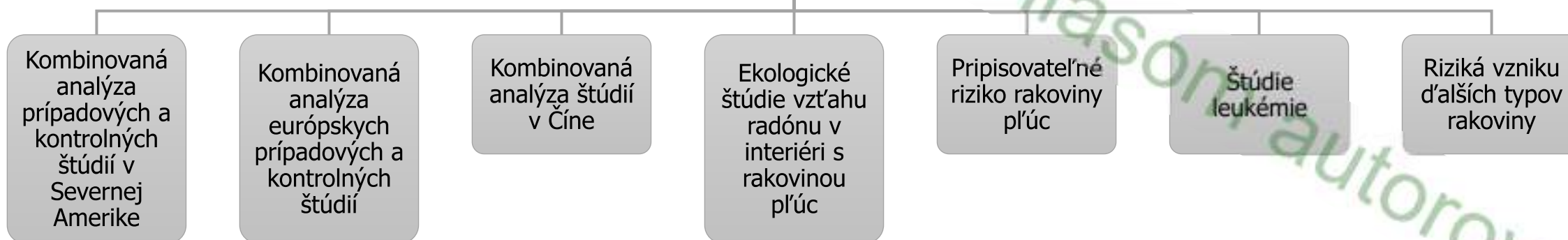
ŠTÚDIUM VPLYVU RADÓNU NA ZDRAVIE



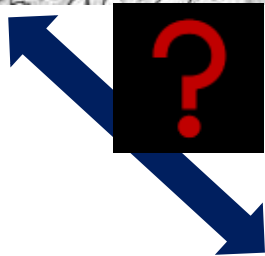
Štúdie z pracovísk podzemných baní



Štúdie radónu v pobytovom priestore



JE MOŽNÉ RADÓNOVÉ RIZIKO Z BANÍ VZŤAHOVAŤ AJ NA POBYTOVÉ PRIESTORY?



- väčšina baníkov bola ožiarená radónom, ktoré bolo na priemer mnohokrát väčšie ako u ľudí vo väčšine domácností
- riziko vzniku rakoviny pľúc sa lineárne zvyšuje so zvyšujúcou sa expozíciou
- existujúce biologické dôkazy navyše naznačujú že akákoľvek ožiarenie radónom, dokonca aj veľmi nízke, môže predstavovať určité riziko
- väčšina baníkov v štúdiách sú fajčari a vdychujú všetok prach a iné znečisťujúce látky v baniach
- baníci boli takmer všetci muži
- **sťažený odhad radónového rizika nefajčiarov v domácnostiach pomocou dôkazov od baníkov**

PRÍSTUP NA HODNOTENIE ZDRAVOTNÝCH RIZÍK OŽIARENIA RADÓNOM V USA

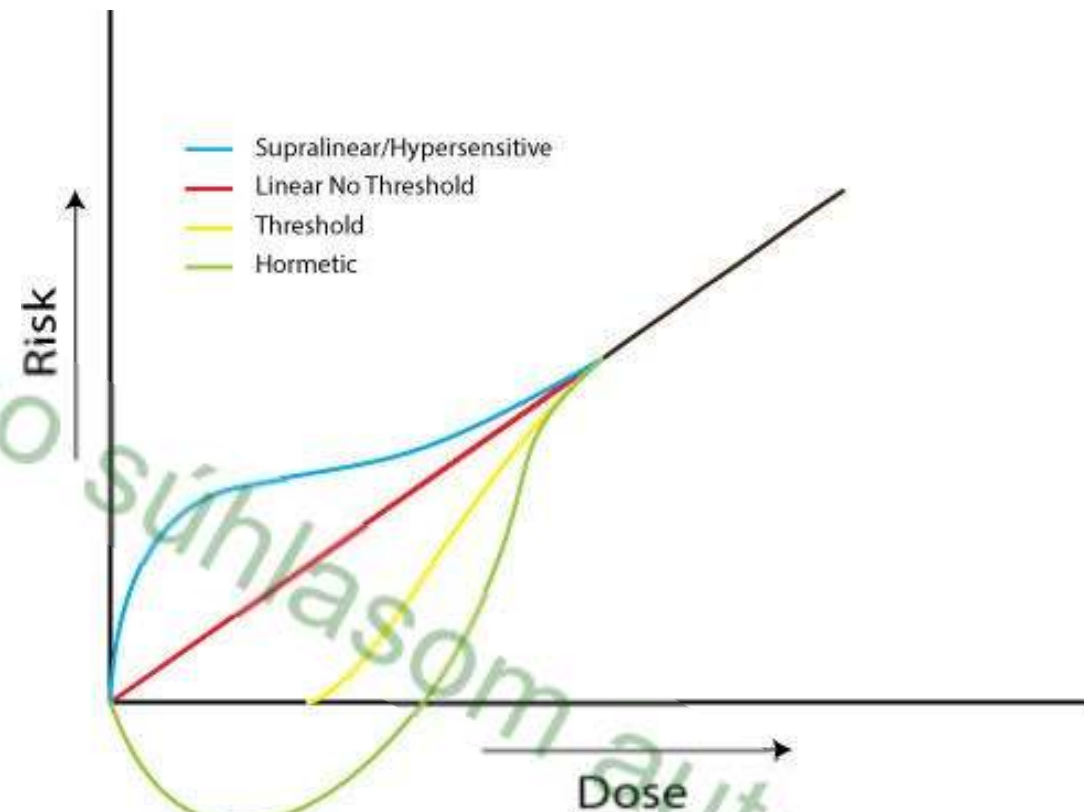


- v roku 1995 zomrelo asi 157 400 ľudí na rakovinu pľúc
- z 95 400 mužov, ktorí zomreli na rakovinu pľúc, asi 95 % z nich boli pravdepodobne niekedy fajčiari
- zo 62 000 žien asi 90 % boli pravdepodobne niekedy fajčiarky
- približne 11 000 úmrtí bolo u ľudí, ktorí nikdy nefajčili
- 2 100 alebo 2 900 úmrtí na rakovinu pľúc spôsobených ožiarením radónom u nefajčiarov
- 15 400 alebo 21 800 úmrtí pripisovaných ožiarením radónu v kombinácii s fajčením
- **odhady sú spojené s neistotou**

MECHANIZMUS VZNIKU RAKOVUNY PLŮC VYVOLANÝ OŽIARENÍM RADÓNOM



- molekulárne, bunkové, živočíšne a humánne štúdie
- **radiačná karcinogenéza** je komplexný viacstupňový proces ovplyvnený inými činiteľmi a genetickými faktormi
- epidemiologické údaje použité na vývoj a kvantifikáciu empirického modelu – vzťah medzi ožiarением a rizikom vzniku rakoviny pľúc
- **lineárny bezprahový vzťah medzi rizikom vzniku rakoviny pľúc a ožiarением radónom**



Prevzaté: IJMS | Free Full-Text | The Cellular and Molecular Carcinogenic Effects of Radon Exposure: A Review (mdpi.com)



MODEL RELATÍVNEHO RIZIKA

- empirická analýza epidemiologických údajov:
 - údaje z epidemiologických štúdií baníkov (Colorado, Nové Mexiko, Francúzsko, Austrália, Česká republika, Port Radium, Beaverlodge a Ontáriu v Kanade, Švédsko, Čína, Kanada)
 - údaje z prípadových štúdií radónu v interiéri v kombinácií s rakovinou pľúc vo všeobecnej populácii
- **model relatívneho rizika** - ožiarenie radónom má multiplikačný účinok na vznik rakoviny pľúc
- **nadmerné relatívne riziko (ERR)** - multiplikačný prírastok nadmerného rizika ochorenia vyplývajúceho z ožiarenia:

$$EPR = \beta(w_{5-14} + \theta_{15-24}w_{15-24} + \theta_{25+}w_{25+})\Phi_{age}\gamma_z$$

model ožiarenie-vek-koncentrácia

model ožiarenie-vek-trvanie

HODNOTENIE RIZIKA



Dozimetria dcérskych produktov radónu v pľúcach

- faktor K (porovnávacie dávky pre pľúcne bunky v domácnostiach a baniach pre rovnakú dávku) - K približne 1 pre mužov, ženy a deti (vo veku 10 rokov); mierne nad K = 1 pre dojčatá (vek 1); K = 1

Kombinovaný účinok fajčenia a radónu

- multiplikatívny vzťah

Extrapolácia rizík pri vyšších ožiareníach k nižším ožiareniam

- lineárny-bezprahový vzťah

Riziká pre ženy

- vplyv pôsobenia radónu na vznik rakoviny pľúc u žien sa môže líšiť od účinkov pôsobiacich u mužov

Riziká spojené s ožiarením v detstve

- faktor K = 1 pre deti vo veku 10 rokov
- faktor K = 1,08 pre dojčatá

Radónové riziko v bytovom priestore

- populačné pripisovateľné riziko (AR) - ukazuje, akej veľkej časti záťaže spôsobenej rakovinou pľúc by sa teoreticky dalo zabrániť, ak by ožiarenie radónom sa znížilo na úroveň pozadia radónu vo vonkajšom ovzduší
- relatívne riziko (LRR) - ukazovateľ vystihujúci vzťah medzi expozíciou a zdravotným následkom



TABLE ES-1 Estimated lifetime relative risk (LRR) of lung cancer for lifetime indoor exposure to radon^a

Exposure ^b					Exposure-age-concentration model				Exposure-age-duration model			
					Male		Female		Male		Female	
WLM/y	Jhm ⁻³ /y	Bqm ⁻³	pCiL ⁻¹	WL	Ever-smoker	Never-smoker	Ever-smoker	Never-smoker	Ever-smoker	Never-smoker	Ever-smoker	Never-smoker
0.10	0.00035	25	0.7	0.003	1.081	1.194	1.089	1.206	1.054	1.130	1.059	1.137
0.19	0.00067	50	1.4	0.005	1.161	1.388	1.177	1.411	1.108	1.259	1.118	1.274
0.39	0.00137	100	2.7	0.011	1.318	1.775	1.352	1.571	1.214	1.410	1.226	1.447
0.58	0.00203	150	4.1	0.016	1.471	2.159	1.525	1.771	1.257	1.510	1.278	1.517
0.78	0.00273	200	5.4	0.022	1.619	2.542	1.694	1.931	1.300	1.601	1.330	1.617
1.56	0.00546	400	10.8	0.043	2.174	4.057	2.349	2.611	1.401	2.001	1.431	2.017
3.12	0.01092	800	21.6	0.086	3.120	7.008	3.549	3.922	1.501	2.201	1.531	2.217

^aBased on a submultiplicative relationship between tobacco-smoking and radon.

^bExposures are represented by concentrations in becquerels per cubic meter (Bqm⁻³), picocuries per liter (pCiL⁻¹), and Working Level Months per year (WLM/y). For definitions of these terms, see the Glossary at the end of this report.

TABLE ES-2 Estimated attributable risk (AR^a) for lung-cancer death from domestic exposure to radon using 1985-89 U.S. population mortality rates based on selected risk models

Model	Population	Ever-smokers ^b	Never-smokers ^b
Males			
Committee's preferred models			
Exposure-age-concentration	0.141	0.125	0.258
Exposure-age-duration	0.099	0.087	0.189
Other Models			
CRR ^c (<0.175 Jhm ⁻³ ; <50 WLM)	0.109	0.096	0.209
BEIR IV	0.082	0.071	0.158
Females			
Committee's preferred models			
Exposure-age-concentration	0.153	0.137	0.269
Exposure-age-duration	0.108	0.096	0.197
Other Models			
CRR ^c (<0.175 Jhm ⁻³ ; <50 WLM)	0.114	0.101	0.209
BEIR IV	0.087	0.077	0.163

^aAR = the risk of lung cancer death attributed to radon in populations exposed to radon divided by the total risk of lung cancer death in a population.

^bBased on a submultiplicative relationship between tobacco-smoking and radon.

^cCRR = constant relative risk.



TABLE ES-3 Distribution of attributable risks for U.S. males from indoor residential radon exposure under BEIR VI models

Exposure Range (Bqm ⁻³)	% of Homes in Range	Exposure-age-concentration model			Exposure-age-duration model		
		Contribution to AR			Contribution to AR		
		Actual	%	Cumulative %	Actual	%	Cumulative %
0- 25	49.9	0.018	12.8	12.8	0.013	12.8	12.8
26- 50	23.4	0.026	18.5	31.3	0.018	18.4	31.2
51- 75	10.4	0.020	14.2	45.5	0.014	14.2	45.4
76-100	5.4	0.015	10.5	56.0	0.010	10.5	55.9
101-150	5.2	0.020	19.9	69.9	0.004	13.9	69.8
151-200	2.4	0.013	9.2	79.1	0.009	9.2	79.0
201-300	1.8	0.014	9.6	88.7	0.010	9.7	88.7
301-400	0.7	0.007	5.2	93.9	0.005	5.3	94.0
401-600	0.4	0.006	4.5	98.4	0.005	4.6	98.6
601+	0.4	0.002	1.5	99.9	0.001	1.6	100.2
Total	100.0	0.141	100.0		0.099	100.0	

TABLE ES-4 Estimated number of lung cancer deaths for the U.S. for 1995 attributable to indoor residential radon progeny exposure

Population	Number of lung-cancer deaths	Lung-cancer deaths attributable to Rn progeny exposure (No.)	
		Exposure-age-concentration model	Exposure-age-duration model
Males^a			
Total	95,400	12,500 ^b	8,800 ^b
Ever-smokers	90,600	11,300	7,900
Never-smokers	4,800	1,200	900
Females^a			
Total	62,000	9,300	6,600
Ever-smokers	55,800	7,600	5,400
Never-smokers	6,200	1,700	1,200
Males and Females			
Total	157,400	21,800	15,400
Ever-smokers	146,400	18,900	13,300
Never-smokers	11,000	2,900	2,100

^aAssuming 95% of all lung cancers among males occurs among ever-smokers; 90% of lung cancers among females occurs among ever-smokers.

^bEstimates based on applying a smoking adjustment to the risk models, multiplying the baseline estimated attributable risk per exposure by 0.9 for ever-smokers and by 2.0 for never-smokers, implying a submultiplicative relationship between radon-progeny exposure and smoking.



NEISTOTY PRI HODNOTENÍ RIZIKA

1. Zdroje neistoty vyplývajúce z modelu vzťahu rizika rakoviny pľúc k ožiareniu

A. Neistoty v odhadoch parametrov odvodených z údajov baníkov

1. Odchýlka vzorkovania v údajoch baníkov
2. Chyby a obmedzenia v údajoch baníkov
 - a) Chyby v údajoch o účinkoch na zdravie vrátane vitálneho stavu a informácií o príčine smrti
 - b) Chyby v údajoch o ožiarení radónom a jeho dcérskych produktov vrátane odhadov kumulatívnej dávky, miery ožiarenia a trvanie
 - c) Obmedzenia údajov o iných ožiareniach vrátane údajov o fajčení

B. Neistoty pri aplikácii modelu ožiarenia a odozvy rakoviny pľúc

1. Tvar funkcie odozvy ožiarenia/rýchlosti ožiarenia pre odhady pri meniacich sa hodnotách ožiarenia a miery ožiarenia
2. Časové vyjadrenie rizík
3. Závislosť rizík od pohlavia
4. Závislosť rizík od veku pri ožiarení
5. Riziká závislosti od fajčenia

2. Zdroje neistoty vyplývajúce z rozdielov v dozimetrii dcérskych produktov radónu v baniach a v pobytových priestoroch

3. Zdroje neistoty vyplývajúce z odhadu rozdelenia ožiarenia pre model distribúcie ožiarenia obyvateľstva

1. Odhad priemernej koncentrácie radónu
2. Odhad faktora priemernej obsadenosti

4. Zdroje neistoty v demografických údajoch používaných na výpočet celoživotného rizika



ŠTÚDIUM KARCIHOGENITY RADÓNU-222 VYUŽITÍM EXPERIMENTÁLNYCH ZVIERAT

- potvrdený prekursor rakoviny dýchacieho traktu u potkanov⁶
- epidermoidný karcinóm pľúc, bronchioalveolárny karcinóm a skvamózny karcinóm nosnej sliznice u psov inhaláciou⁷
- vyššie dávky predikujú riziko vzniku rakoviny so zvyšujúcou sa dobou ožiarenia ²²²Rn a jeho dcérskych produktov u potkanov (neboli vystavení tabakovému dymu), naopak nižšie dávky znižujú riziko vzniku rakoviny aj pri dlhšej dobe ožarovania^{8,9}
- všetky študované rádionuklidy emitujúce α -častice (²¹⁰Po, ²²²Rn, ²²⁶Ra, ²²⁸Th, ²³²Th, ²³³U, ²³⁷Np, ²³⁹Pu, ²⁴¹Am a ²⁴²Cm) sú **jednoznačne karcinogénne** pre pokusné zvieratá¹⁰

⁶ Perraud R et al. (1972) Experimental bronchopulmonary cancer induced by radon inhalation in rats. Comparison with the histological aspects of human cancers. J Fr Med Chir Thorac. 1972;26:25-41.

⁷ Cross FT et al. (1982) Carcinogenic effects of radon daughters, uranium ore dust and cigarette smoke in beagle dogs. Health Phys. 1982;42:33-52.

⁸ Monchaux G, Morlier JP. (2002) Influence of exposure rate on radon-induced lung cancer in rats. J Radiol Prot. 2002;22 3A:A81-A87.

⁹ Collier CG et al. (2005) Carcinogenicity of radon/radon decay product inhalation in rats—effect of dose, dose rate and unattached fraction. Int J Radiat Biol. 2005;81:631-647

¹⁰ IARC (2001). Ionizing radiation, Part 2: some internally deposited radionuclides. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum. 2001;78:1-559.

RADÓN, TABAK A INÉ KARCINOGENY



- potvrdený synergizmus kombinovaného účinku radónu a tabakového dymu:^{11,12}
20 až 25-krát vyššie riziko úmrtia na rakovinu pľúc u fajčiarov vystavených ožiareniu radónom nad 200 Bq/m³
- synergizmus medzi ožiarovaním radónu vo vnútornom prostredí a tabakovým dymom¹³:
0,29 (95 % CI, 0,03–1,24)
- pravdepodobnosť rizika vzniku rakoviny pľúc u fajčiarov vystavených ožiareniu radónom pod 37 Bq/m³:^{14,15}
20,16 (95 % CI, 3,4–118,6)
- azbest a arzén posilňujú vznik radónového karcinómu (genetické zmeny a epigenetické účinky)
- častice znečistenia v ovzduší – vektor prenosu radónu¹⁶

¹¹ Lorenzo-González M et al. (2019). Radon Exposure: A Major Cause of Lung Cancer. Expert Rev. Respir. Med. 2019, 13, 839–850.

¹² Park E.J et al. (2020) Residential Radon Exposure and Cigarette Smoking in Association with Lung Cancer: A Matched Case-Control Study in Korea. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 2946.

¹³ Lagarde F et al. (2001) Residential Radon and Lung Cancer among Never-Smokers in Sweden. Epidemiology 2001, 12, 396–404.

¹⁴ Park EJ et al. (2020) Residential Radon Exposure and Cigarette Smoking in Association with Lung Cancer: A Matched Case-Control Study in Korea. Int. J. Environ. Res. Public Health 2020, 17, 2946.

¹⁵ Environmental Protection Agency (EPA) (2021) The National Radon Action Plan-A Strategy for Saving Lives; Environmental Protection Agency (EPA): Washington, DC, USA, 2021.

¹⁶ Blomberg et al. (2019). Effect Modification of Ambient Particle Mortality by Radon: A Time Series Analysis in 108 U.S. Cities. J. Air Waste Manag. Assoc. 2019, 69, 266–276.



RADÓNOVÉ RIZIKO PRI FAJČENÍ

Koncentrácia radónu (mBq/dm ³)	Ak by 1 000 ľudí, ktorí fajčili, bolo vystavených tejto úrovni počas života*...	Riziko rakoviny z ožiarenia radónom je v porovnaní s**...	ČO ROBIŤ: Prestať fajčiť a...
740	Asi 260 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom utopenia 250-krát vyššie	Fix your home
370	Asi 150 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom úmrtia pri domácom požiari 200-krát vyššie	Fix your home
296	Asi 120 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom úmrtia pri páde 30-krát vyššie	Fix your home
148	Asi 62 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom úmrtia pri autonehode 5-krát vyššie	Fix your home
74	Asi 32 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom úmrtia na otravu 6-krát vyššie	Zvážiť fixing medzi 0,074 a 0,148 Bq/dm ³
48	Asi 20 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	(Priemerná objemová koncentrácia radónu vo vnútri)	(Znížiť koncentráciu radónu pod 0,074 Bq/dm ³ je ťažké.)
15		(Priemerná objemová koncentrácia radónu v ovzduší)	

Poznámka: Ak je osoba bývalý fajčiar, riziko môže byť nižšie.

* Celoživotné riziko úmrtí na rakovinu pľúc z hodnotenia rizika radónu v domácnostiach EPA (EPA 402-R-03-003).

** Porovnávacie údaje vypočítané s použitím správ Národného centra pre prevenciu a kontrolu úrazov z rokov 1999-2001.



RADÓNOVÉ RIZIKO BEZ FAJČENIA

Koncentrácia radónu (Bq/dm ³)	Ak by 1 000 ľudí, ktorí fajčili, bolo vystavených tejto úrovni počas života*...	Riziko rakoviny z ožiarenia radónom je v porovnaní s**...	ČO ROBIŤ:
740	Asi 36 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom utopenia 35-krát vyššie	Fix your home
370	Asi 18 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom úmrtia pri domácom požiari 20-krát vyššie	Fix your home
296	Asi 15 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom úmrtia pri páde 4-krát vyššie	Fix your home
148	Asi 7 ľudí by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom úmrtia pri autonehode	Fix your home
74	Asi 4 ľudia by mohlo dostať rakovinu pľúc	rizikom úmrtia na otravu	Zvážiť fixing medzi 0,074 a 0,148 Bq/dm ³
48	Asi 2 ľudia by mohlo dostať rakovinu pľúc	(Priemerná objemová koncentrácia radónu vo vnútri)	(Znížiť koncentráciu radónu pod 0,074 Bq/dm ³ je ťažké.)
15		(Priemerná objemová koncentrácia radónu v ovzduší)	

Poznámka: Ak osoba začne fajčiť, riziko môže byť vyššie.

* Celoživotné riziko úmrtí na rakovinu pľúc z hodnotenia rizika radónu v domácnostiach EPA (EPA 402-R-03-003).

** Porovnávacie údaje vypočítané s použitím správ Národného centra pre prevenciu a kontrolu úrazov z rokov 1999-2001.



ZHRNUTIE

- dôkazy o **karcinogenite radónu-222** a produktov jeho premeny
- radón-222 a produkty jeho premeny spôsobujú **vznik rakoviny pľúc**
- pozitívna **súvislosť medzi ožiarением radónom a leukémiou**
- dôkazy o **karcinogenite podzemnej ťažby hematitu s ožiarением radónom**
- podzemná ťažba hematitu s ožiarением radónom spôsobuje **vznik rakoviny pľúc**
- dostatok dôkazov o **karcinogenite** ^{210}Po , ^{222}Rn , ^{226}Ra , ^{228}Th , ^{230}Th , ^{232}Th , ^{233}U , ^{234}U , ^{235}U , ^{238}U , ^{237}Np , ^{238}Pu , ^{239}Pu , ^{241}Am , ^{242}Cm , ^{249}Cf , ^{252}Cf na pokusných zvieratách

- tvorba sekundárnej ionizácie a lokalizovaného poškodenia biologických molekúl, vrátane DNA spôsobené α -časticami emitovanými rádionuklidmi
- zlomy dvojvláknovej DNA, chromozomálne aberácie, génové mutácie a transformácia buniek
- podobné dávky α -častíc emitovanými počas premeny rôznych rádionuklidov do rovnakých tkanív – napríklad pľúcnych buniek alebo povrchov kostí – spôsobujú rovnaké typy nenádorových účinkov a rakoviny

- **radón-222** a jeho produkty premeny sú pre človeka **karcinogénne** (skupina 1)
- **podzemná ťažba hematitu** s ožiarением radónom je pre človeka **karcinogénna** (skupina 1)
- **inkorporované rádionuklidy**, ktoré emitujú α -častice, sú pre ľudí **karcinogénne** (skupina 1)

Rozšíriť poznatky o mechanizmy poškodzovania buniek; potenciálne dlhodobých zdravotných následkov; vzťahy radónu s rakovinou pľúc, ...

Podpora radónových politík a stratégií v oblasti prevencie rakoviny.



ÚRAD
VEREJNÉHO
ZDRAVOTNÍCTVA
SLOVENSKEJ
REPUBLIKY

ĎAKUJEM ZA POZORNOSŤ

Následné použitie len so súhlasom autorov