

# Přírodní radioaktivita zdiva a jeho komponent

*Natural Radioactivity of Masonry and its Components*

Antonín Komínek

Jsou uvedeny výsledky měření přírodní radioaktivity stavebních látek a jejich surovin za uplynulých 15 let, dále je hodnocen jejich vliv ve zdivu budov na radiační zátěž obyvatel České republiky a jsou srovnány naměřené hodnoty hmotnostních aktivit přírodních radionuklidů, kriteria, normy a vyhlášky v České republice a v zahraničí.

*Results of measurement of natural radioactivity in building materials and their components carried out over the period of last 15 years are shown. Its portion in masonry and influence on the radiation burden of the population in the Czech Republic is estimated. The measured data of specific activities of natural radionuclides, their criteria and the related standards and regulations effective in the Czech Republic and abroad are compared.*

Mezi sledované vlastnosti zdiva a jeho složek patří také přírodní radioaktivita. Předmětem zájmu se stala zejména v sedmdesátých letech, kdy byly potvrzeny škodlivé účinky krátkodobých produktů přeměny radonu  $^{222}\text{Rn}$  [1,2,3]. Jedněmi z prvních autorů potvrzujících závislost vzniku rakoviny plic na radiační zátěži, působené krátkodobými produkty přeměny radonu u horníků uranových dolů v Jáchymově, byli čeští hygienici Švec, Plaček, později Kunc a Horáček, na něž se zahraniční literatura často odvolává. Jako nemoc horníků ze Schneebergu a Jáchymova byla pod názvem Bergskrankheit známa celá staletí, aniž by byla odhalena její příčina. První popis rakoviny plic po pitvě jáchymovského horníka uveřejnil lékař Agricola již v roce 1539. Po objevu radioaktivity v roce 1896 Becquerel a radonu v roce 1900 Dornem, vyslovil P. Ludewig a S. Lorensener v roce 1924 předpoklad, že radon může být příčinou zmíněné rakoviny plic. Zasaženým orgánem mohou být zřejmě jen plíce, u dalších orgánů se souvislost nepodařila prokázat (např. pro vznik leukemie). Mezi první vědce měřící krátkodobé produkty přeměny radonu v ovzduší dolů patřil i náš Běhounek (Jáchymov 1923) a již v roce 1957 uváděl jejich souvislost se vznikem plicního karcinomu. Dobrá úroveň znalostí o zhubném účinku přírodní radioaktivity u nás je spojena s velkým počtem obětí mezi jáchymovskými horníky, a to jak v době těžby stříbra před 400 lety, tak v době zpracovávání Ra a uranových barviv na začátku tohoto století a následně i těžby uranu v letech padesátých. O radioaktivitě některých stavebních látek se vědělo krátce po Becquerelově objevu – v roce 1903 (radioaktivita cihly – White, Anglie). Později byla jedna z částí přírodní radioaktivity, označovaná zkratkou TENR (technology enhanced natural radioactivity), díky neznalosti a nekázní zbytečně vnešena do zdiva obytných místností, především při technologickém zpracování odpadů fosilních paliv na stavební látky. Avšak i některá přírodní kameniva a následně betony mohou radiační zátěž v budovách značně zvýšit. Podstatné jsou pro ni především hlavní komponenty zdiva, jelikož radiační zátěž obyvatel je určena nejen koncentrací Ra ve stavební látce, ale i celkovou její hmotností ve zdivu, resp. ve stěnách, stropěch a podlahách, tedy sumární aktivitou stavebního pláště místnosti. Radiační zátěž více nebo méně ovlivňuje výběr surovin, technologie výroby stavebních hmot, projekt budovy a technologie stavební výroby.

## Radioaktivita stavebních látek

Suroviny pro výrobu stavebních látek jsou tvořeny převážně horninami lithosféry, která v menší nebo větší míře obsahuje prvky s přírodními radionuklidy. Jde především o řadu uran – radiovou a thoriovou, případně i draslík  $^{40}\text{K}$ , méně významné je např. rubidium  $^{87}\text{Rb}$ , aktiniová řada aj. Nepodstatné jsou většinou i obsahy umělých radionuklidů např. cesia  $^{134}\text{Cs}$  a  $^{137}\text{Cs}$ , vznikajícího v životním prostředí po použití nukleárních zbraní a havárií atomových reaktorů. Ve zvýšené míře se někdy radioaktivní Cs objeví v popelech po spálení filtrů motorových vozidel. V průmyslu stavebních hmot a ve stavební výrobě způsobují problémy spíše sekundární suroviny vznikající jako produkt po spalování paliv (strusky, škváry a popílky) nebo po těžbě některých minerálů a kovů (odpady, hlušiny a odvaly při výrobě fosfátů, fluoroapatitů, illmenitu, uranu a dalších kovových rud [4,5]).

## Provázanost zdrojů radioaktivity v prostředí budov

Mezi zdroje radioaktivní zátěže obyvatel v budově nepatří jen stavební látky samy (působící na organismus jednak zářením gama, jednak zářením alfa), ale i pitná a užitková voda [6], venkovní ovzduší i plynná a pevná paliva, uvolňující do vnitřního ovzduší radon, dále i záření gama ze Země a záření kosmické. Řádově nejvyšší vliv má však radon proudící a difundující do budov z podloží stavby.

## Některé pojmy z oboru radiační hygieny

Pro pochopení problematiky a stávajících předpisů je nezbytné znát základní veličiny a jednotky [4,7], jako jsou

- hmotnostní (měrná) aktivita  $^{226}\text{Ra}$  (případně,  $^{40}\text{K}$ ,  $^{226}\text{Ra}$ ,  $^{232}\text{Th}$  a  $^{238}\text{U}$ ):  $a_{\text{Ra}}$ ,  $a_{\text{Th}}$ ,  $a_{\text{K}}$ ,  $a_{\text{U}}$  počet přeměn daného radionuklidu v 1 kg látky za vteřinu [ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ],
- ekvivalentní měrná aktivita  $^{226}\text{Ra}$ :  $a_{\text{ekv}}$  aktivita, která z hlediska účinku záření gama má stejný účinek, jaký má počet přeměn  $^{226}\text{Ra}$  [ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ], po přepočtu z ostatních radionuklidů:

$$a_{\text{ekv}} = 0,086 \cdot a_{\text{K}} + a_{\text{Ra}} + 1,26 \cdot a_{\text{Th}}$$

- objemová aktivita  $^{222}\text{Rn}$  OAR: počet přeměn radonu v 1  $\text{m}^3$  vzduchu za vteřinu [ $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
  - ekvivalentní objemová aktivita  $^{222}\text{Rn}$ : EOAR pomyslná aktivita radonu v rovnováze s krátkodobými produkty své přeměny o stejné latentní energii jako má daná směs jeho krátkodobých produktů přeměny [ $\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ ]
- Jak záření gama tak záření alfa způsobují radiační zátěž.
- roční příkon efektivní dávky v budově celková radiační zátěž  $H_c$  [ $\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ]

$$H_c = H_\gamma + H_\alpha$$

- příkon efektivní dávky ze záření gama podle Mustonena  $H_\gamma$  [ $\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ]

**Tab. 1** – Průměrné hmotnostní aktivity  $^{226}\text{Ra}$  [ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] u surovin k výrobě stavebních látek / *Mean specific activities of  $^{226}\text{Ra}$  [ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] in raw materials used for building materials*

Materiál	Průměrné hodnoty	
	$^{226}\text{Ra}$	rozmezí $^{226}\text{Ra}$
kaolín	51	12–168
bentonit	117	13–359
písky	22	6–168
štěrky	20	7–58
cihlařské hlíny	47	23–126
vápenec	9	6–73
čedič	30	6–83
granodiorit	98	88–188
granit	115	89–257
durbachit	256	220–292
keramické jíly	72	62–223
sádrovec	19	6–31
diabas	5	–
břidlice	81	12–147
diorit	38	33–42
dolomit	13	6–26
granulit	98	6–36
hadec	5	3–6
keratofyr	63	59–67
křemelina	31	14–52
křemenec	93	6–331
lupek	173	80–247
mastek	28	22–32
melafyr	20	17–23
porfyr	50	16–98
opuka	12	10–15
rohovec	30	22–35
rula	56	30–104
syenit	93	69–340
žnělec	105	51–158
živec	17	5–63
ultrabazické vyvřeliny	12	–
bazické vyvřeliny	3	–

$$H_{\gamma} = 0,0306 \cdot a_K + 0,922 \cdot a_{\text{Ra}} + 1,1 \cdot a_{\text{Th}}$$

– část zátěže způsobená radonem (zářením alfa) v ovzduší budovy – příkon efektivní dávky  $H_{\gamma}$

$$H_{\alpha} = v^{-1} \cdot F_{\text{Rn}} \cdot V^{-1} \cdot \lambda_{\text{Rn}} \cdot C_{\text{Rn}} \cdot \Sigma (a_{\text{Ra}} \cdot k_{\text{em}} \cdot M),$$

kde  $M$  je hmotnost daného materiálu ve vnitřní polovině stěn, podlah a stropů [kg],

$v$  – výměna vzduchu, část objemu vzduchu místnosti vyměněná za hodinu (minimálně se uvažuje  $0,3 \text{ h}^{-1}$ , menší výměna je pro pobyt osob nehygienická i z jiných hledisek) [ $\text{h}^{-1}$ ]

$V$  – objem místnosti [ $\text{m}^3$ ],

$F_{\text{Rn}}$  – faktor nerovnováhy krátkodobých produktů radonu, konvenčně  $\text{EOAR}/\text{OAR}=0,5$ ,

$C_{\text{Rn}}$  – převodní faktor objemové aktivity na roční dávkový ekvivalent  $0,06 [\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}/\text{Bq}\cdot\text{m}^{-3}]$ ,

$k_{\text{em}}$  – emanační koeficient udávající množství radonu uvolněného k množství radonu vzniklého v látce [-],

$\lambda_{\text{Rn}}$  – přeměnová konstanta radonu, [ $\text{h}^{-1}$ ],

$a_{\text{Ra}}$  – hmotnostní aktivita  $^{226}\text{Ra}$  ve stavebních látkách a surovinách pro jejich výrobu [ $\text{Bq}/\text{kg}$ ].

Hmotnostní aktivity  $^{226}\text{Ra}$ , jako nejdůležitější komponenty pro tvorbu radiační zátěže, byly sledovány orgány hygienické služby (IHE Praha, KHS nyní SÚRO) již na počátku osmdesátých let. Ve stavebnictví vytvořená databáze Rasta (radioaktivita ve stavebnictví), zahrnující měření asi 11 institucí, ale čerpající převážně z analýz Výzkumného ústavu stavebních hmot v Brně (1983-94) [5,8,9], doplněná Ing. Jaroslavem Vlčkem ze SÚRO Hradec Králové o jeho početná měření za léta 1980-96 (viz zpracování pro některé stavební látky v tab. 2), poskytla v ČR neobvykle rozsáhlou databázi přibližně 20 000 měřených vzorků ve srovnání s publikovanými 11 000 výsledky z celého ostatního světa.

Zahraniční údaje týkající se nejsledovanějších materiálů cihel a betonů, které z hlediska častého použití a hmotnosti ve stěnách a stropích místností mají řádově větší vliv než ostatní, překvapivě vykazují často vyšší hodnoty, než u nás. Vyjímkou je ovšem v minulosti vyráběný poříčský pórobeton a ryncholecký škvárobeton. S nimi se mohla, rovněž v minulosti, srovnávat co do radioaktivity jen floridská sádra, švédské břidlicové pórobetonu, chemické sádrovce dovážené z některých lokalit do Anglie, Polska a neúspěšně nabízené z Rakouska i do ČR.

## Hygienické předpisy, směrnice a normy

Mezi první státy, které se zabývaly otázkou regulace radioaktivity stavebních surovin patří Švédsko (Hultquist 1956) a Maďarsko (Galambos 1956). V roce 1962 vyšla maďarská norma EVM 26, v roce 1971 Krišukova klasická práce komplexně a teoreticky zpracovávající danou problematiku, jen povšechně však obsaženou v pozdější normě NRB SSSR 75, ale důkladněji rozpracovanou v roce 1979 v doporučeních OECD, Vesinet – Paris, o rok později pak v polské směrnici No 234 Vytýčnyje badania promienotvorczy naturalnej surowcow i materialow budowljanych ve Varšavě a ve švédské normě Swensk Byggnorm SBN 80. Po delší pauze se v roce 1988 objevuje rakouská Östereichische Vornorm 5200 S a normy o betonu v Holandsku z let 1990 – Normen voor Beton, s- Gravenhage 1990, Normstelling Ioniserende Straling voor Bouwproducten s-Gravenhage 1990. Americké předpisy zahrnují větší část států USA a týkají se radonu v ovzduší budov, nikoliv stavebních látek. Nověji o legislativu usiluje i Finsko.

## Naše předpisy

K odstranění negativních vlivů objektivně daných přírodou a zvyšovaných neznalostí i nedbalostí vydávaly orgány naší hygienické služby příkazy k zastavení nebo změně výroby. Zvláště nepříjemná byla situace s používáním písků odpadajících z výroby barviv, Ra a U v Jáchymově, elektrárenské škváry v Rynholci a popílku k výrobě pórobetonu z elektrárny v Poříčí u Trutnova. V roce 1987 vyšly u nás metodické pokyny MZd 12/87 a MSv ČR 2/6221/87Kl o stavebních látkách, následované 11. února 1991 vyhláškou 76/91 Sb. MZd ČR o požadavcích na snižování ozáření z radonu a dalších přírodních radionuklidů a 26. 4. 1992 k ní vysvětlující komentář MZd ČR HEM-344-26. 4. 1992.

Vyhláška 76/91 Sb. požadovala v podstatě toto:

Stavební materiály, jejichž hmotnostní aktivita  $^{226}\text{Ra}$  byla větší než  $120 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  a které obsahovaly přírodní radionuklidy v takovém množství, že záření gama z nich mohlo ve vzdálenosti  $1 \text{ m}$  od povrchu stavby vést k příkonu fotonového dávkového ekvivalentu většímu než  $0,7 \mu\text{Sv}\cdot\text{h}^{-1}$  bylo možno použít jen se souhlasem krajského hygienika. V pobytové místnosti

**Tab. 2 – Průměrná hmotnostní aktivita  $^{226}\text{Ra}$  [ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] a koeficient emanace [%] ve stavebních látkách / Mean specific activities of  $^{226}\text{Ra}$  and emanation coefficient [%] in building materials:**

Materiál	RN	aritm.průměr	geom.průměr	st.g.odch.	minimum	maximum
agloporit	$^{226}\text{Ra}$	134.0	133.0	1.10	95.0	204.0
	$k_{em}$	0.8	0.6	2.08	0.1	1.4
beton	$^{226}\text{Ra}$	34.0	29.0	1.78	1.0	331.0
	$k_{em}$	16.8	12.8	2.23	1.6	48.5
cement	$^{226}\text{Ra}$	49.0	44.0	1.59	3.0	125.0
	$k_{em}$	2.8	1.7	3.25	0.2	8.2
cihla	$^{226}\text{Ra}$	48.0	45.0	1.52	5.0	188.0
	$k_{em}$	2.9	1.5	3.10	0.4	12.0
dlažba	$^{226}\text{Ra}$	44.0	36.0	1.97	10.0	128.0
	$k_{em}$	6.5	3.4	4.03	0.6	17.1
pórobeton z Třebovic	$^{226}\text{Ra}$	87.0	85.0	1.22	26.0	230.0
	$k_{em}$	10.5	9.9	1.45	3.3	18.7
škvárobeton Rynholec	$^{226}\text{Ra}$	252.0	109.0	2.69	17.0	4,452.0
	$k_{em}$	–	–	–	–	6.6
vápno	$^{226}\text{Ra}$	15.0	11.0	2.34	1.0	81.0
	$k_{em}$	–	–	–	–	4.8

neměla být u nové zástavby ekvivalentní objemová aktivita radonu v průměru za rok vyšší než  $100 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$  a u staré zástavby vyšší než  $200 \text{ Bq}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Při měření se mělo postupovat podle metod stanovených státními normami a pokud takové normy nebyly vydány, podle metod schválených hlavním hygienikem ČR. Dále prokazování požadavků mělo být založeno na metodách statistické přejímky provedením takového souboru měření, aby sledované veličiny s 90% spolehlivostí nepřekročily stanovené mezní hodnoty.

## Nová vyhláška

Novelizace staré vyhlášky byla provedena v souvislosti s platností nového atomového zákona č. 18/97 Sb. o využívání jaderné energie a ionizujícího záření ze dne 24. 1. 1997 a s platností od 1. 7. 1997. Nová vyhláška byla vydána Státním úřadem pro jadernou bezpečnost 24. 7. 1997 ve Sbírce zákonů č. 184/97 částka 66. s názvem „O požadavcích na zajištění radiační ochrany“. V ní jsou diferenciovány některé nově zavedené směrné a nepřekročitelné – limitní hodnoty pro vyjmenované skupiny stavebních materiálů, a to jak výrobků stavebního průmyslu, tak i některých surovin. Tak směrná hodnota hmotnostní aktivity  $^{226}\text{Ra}$  pro stavby s pobytovým prostorem u některých staviv, jako jsou výrobky z betonu, sádry a cementu, cement, sádra, vápno, písek, štěrk, jíly a jiné kamenivo – je  $80 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  místo původních  $120 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  (ve vyhl. 76/91 Sb.), ale pro stavby s nepobytovým prostorem zase až  $300 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  mimo stavební kámen a výrobky z něj, které jsou ohraničeny dokonce hodnotou  $500 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ . Zatímco směrné hodnoty slouží k rozhodování o opatřeních, vedoucích k snížení přírodního ozáření a záleží na dalších okolnostech, je-li jejich překročení únosné či ne, limitní hodnoty předpokládají vyloučení těchto materiálů pro dané účely. Limitní hodnoty hmotnostní aktivity  $^{226}\text{Ra}$  pro stavby s pobytovým prostorem jsou u stavebního kamene, výrobků z něj, keramických obkládaček a dlaždic  $200 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ; u písků, štěrků, jílu, cihel a jiných výrobků z pálené hlíny pro stavební účely, cementu, vápna, sádry, výrobků z betonu, ze sádry, z pórobetonu  $150 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  a pro stavby

s nepobytovým prostorem dokonce  $1000 \text{ Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$   $^{226}\text{Ra}$ , jak je uvedeno ve vyhlášce 184/97 Sb. [13] v příloze č. 11 v tabulce 2.

Ve vyhlášce je také zahrnuta povinnost výrobců zajistit měření hmotnostní aktivity  $^{226}\text{Ra}$  svého výrobku sloužícího k výstavbě pobytového prostoru u základních materiálů zdiva zhruba  $1\times$  za tři měsíce a u ostatních stavebních materiálů jednou za rok. (Viz [13] tabulky z přílohy č. 11.)

## Opatření proti vlivu přírodní radioaktivity v budovách

Mezi opatření proti radioaktivitě v budovách patří náročné asanační práce na stávajícím stavebním díle. Spočívají jednak ve výměnách části aktivnějšího zdiva, jejich odstínění betonem, železným nebo olověným pláštěm proti záření gama a jednak v omezení difuze radonu ze zdiva do ovzduší místnosti speciálními nátěry či tapetami. Účelněji lze problém řešit i zavedením zvýšené výměny vzduchu spojené s rekuperací tepla ve vzduchotechnickém zařízení. Lepší a ekonomičtější výsledky lze přirozeně dosáhnout při znalosti situace před započítáním stavby, kdy lze protiradonová opatření zahrnout do projektu stavby. Ta jsou popsána v ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží z roku 1995 a ČSN 73 0602 o ochraně staveb proti radonu a záření gama ze stavebních materiálů. V projektu lze zahrnout výběr nejvhodnějších stavebních materiálů, navrhnout izolace a jejich ochranné konstrukce dostatečně těsné proti pronikání radonu z podloží, lze dosáhnout optimálního větrání pobytového prostoru nebo podvětrání kontaktní konstrukce objektu s podložím (vzduchovou drenáž), omezit proudění vzduchu z kontaktního podlaží do pobytového prostoru ap.

## Radiační zátěž ze stavebních látek

Na obě podstatné složky záření, ovlivňující efektivní dávku obyvatel (radiační zátěž) v budovách, totiž složku ze záření gama stěn, podlah a stropů a složku ze záření alfa krátkodobých produktů radonu ale částečně i thoronu v ovzduší, má vliv více faktorů, jako jsou hmotnostní aktivita  $^{226}\text{Ra}$ , emanační

**Tab. 3** – Srovnání průměrné hmotnostní aktivity  $^{226}\text{Ra}$  [ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] u nás a v zahraničí / Comparison of  $^{226}\text{Ra}$  specific activities [ $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$ ] in Czech Republic and abroad

Stát	Materiál				
	beton	cihla	pórobeton	cement	sádra
Česká republika	34	48	76	49	7
Slovensko	47	-	57	47	-
Polsko	15	46	10;35	31	15
Německo	31	46;74	15	24	8;18
Rakousko	28	38	-	27	-
Maďarsko	13	52;56	36	36	6
Rumunsko	106	-	-	30	-
Rusko (SSSR)	27;33	37	80	30;44	-
Anglie	18	52	-	22	22
Dánsko	16	42	67	20	10
Norsko	28	63	-	30	11
Finsko	43	80	-	80	7
Belgie	31	34	-	47	10
Holandsko	14	39	21	82;87	5
Španělsko	-	34	-	-	3

**Tab. 4** – Radiační zátěž  $H_c$  [ $\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ] / Radiation burden of building materials  $H_c$  [ $\text{mSv}\cdot\text{a}^{-1}$ ]

Stavební látka	zátěž od gama	zátěž od alfa	celková zátěž	zkrácení života
cihly – ČR	0,41	0,41	0,55	1,2 dne
pórobeton – ČR	0,32	0,30	0,62	1,3 dne
beton – ČR	0,27	0,48	0,75	1,6 dne
stavební látky – ČR	0,32	0,53	0,85	1,8 dne
stavební látky – svět	0,39	0,67	1,06	2,1 dne

koeficient, hmotnost stavebního materiálu v plášti místnosti a koeficient větrání. Proto někdy stavební látka o vysoké hmotnostní aktivitě nezpůsobí podstatnou radiační zátěž v budově. Např. barvivo obkládačky, jehož hmota se dá v místnosti počítat na gramy, o hmotnostní aktivitě  $^{226}\text{Ra}$  přes 5 000  $\text{Bq}\cdot\text{kg}^{-1}$  nezpůsobí prakticky žádné zvýšení radiační zátěže. V tab. 4 je mimo vypočtený efektivní dávkový ekvivalent působený v místnosti 4 × 5 × 2,7 m uvedeno i odpovídající zkrácení života.

## Závěr

Kontrola surovin pro výrobu stavebních látek i jich samotných podle vydané vyhlášky Státního úřadu pro jadernou bezpečnost 184/97 Sb. z 24. 7. 1997 zajišťuje v dostatečné míře radikální snížení radiační zátěže obyvatel z tohoto zdroje. Ve stavební výrobě má obdobnou funkci ČSN 73 0601 z roku 1995 – Ochrana stavby před vlivem radonu z podloží a ČSN 73 0602 Ochrana

staveb proti radonu a záření gama ze stavebních materiálů, jejíž vyjití se očekává začátkem roku 1998. Za těchto okolností lze podle předběžných odhadů pracovníka odboru přírodního záření ze Státního úřadu pro jadernou bezpečnost Dr. Josefa Thomase předpokládat, že i při omylech způsobených neznalostí a nedbalostí v předešlých letech se do deseti let zlikvidují stávající případy s vyššími koncentracemi radonu v místnostech budov. Protiradonová opatření si za uplynulých 6 let vyžádala částku asi 920 milionů Kč. V roce 1997 se počítá se 120 miliony Kč.

Je nesporné, že český postup zahrnující průzkum podloží a sledování radioaktivity stavebních látek, případně vody, zlepšší během několika desetiletí situaci s radiační zátěží obyvatel a přispěje tak k prodloužení jejich průměrného věku.

## Literatura

- [1] Lundin F. E., Wagoner J. K., Archer V. E.: *Radon Daughter Exposure and Respiratory Cancer Quantitative and Temp. Aspects*, National Institute for Occupational Safety, USA 1971
- [2] Ševc J., Plaček V.: *Radiation Induced Lung Cancer*, VI. konf. radiační hygieny, ČSSR 1973
- [3] Snish J. O.: The Approach to Radon Problems in Non-Uranium Mines in Sweden. In: *Proceedings of III, International Congress of IRPA*, US Atomic Commission rep., p 900-11 4.
- [4] *Radiological Implication of Natural Radioactivity in Building Materials*, Rep. Nuclear Energy Agency of OECD, Paris 1979
- [5] Komínek Ant.: Přírodní radioaktivita stavebních hmot, *Stav. výzkum* 2 (1986) str. 24
- [6] Vlček J.: Zjišťování a hodnocení obsahu radonu ve vodě, *Sborník konference Radonový program ČR*, Jihlava 1994 str. 142 - 148
- [7] Klener V. aj.: *Hygiena záření*, Avicenum Praha 1987.
- [8] Thomas J., Komínek A.: Radioaktivita českých a moravských stavebních materiálů, *Sborník konference Radonový program ČR*, Jihlava 1994, str.77 -85
- [9] Komínek A.: Radioaktivita silikátů a životního prostředí, *Sborník VIII. Silichem*, Žilina, 1990 str. 25
- [10] Zákon č. 18 ze dne 24. 1. 1997 s platností od 1. 7. 1997 o mírovém využití jaderné energie a ionizujícího záření a o změně a doplnění některých zákonů, částka 5, str. 82-106
- [11] Metodický pokyn ministerstva stavebnictví ČSR k regulaci radioaktivity stavebních látek č.j. OTPS 2/6221/87/K1. *Zpravodaj MSv ČSR 1998*, částka 2, str. 12 - 13
- [12] Vyhláška ministerstva zdravotnictví ČSR č. 76/91 o požadavcích na snižování ozáření z radonu a dalších přírodních radionuklidů ze dne 11. 2. 1991 *Sbírka zákonů č. 76*, částka 16, str. 365 - 366
- [13] Vyhláška č. 184 Státního úřadu pro jadernou bezpečnost ze dne 24. 7. 1997 o požadavcích na zajištění radiační ochrany, *Sbírka zákonů č. 184/1997*, částka 66, str. 3962 - 4096

RNDr. Antonín Komínek, Ludmily Konečné 5, 639 00 Brno

## PŘED dvěma tisíci LETY...

ŘÍM, IMPERIUM ROMANUM – VEŘEJNÉ PŘEDPISY NEPŘIPOUŠTĚJÍ, ABY SE ZDI HRANIČÍCÍ S CIZÍM A VEŘEJNÝM POZEMKEM STAVĚLY SILNĚJŠÍ NEŽ  $1\frac{1}{2}$  STOPY. OSTATNÍ STĚNY SE VŠAK PROVÁDĚJÍ VE STEJNÉ TLOUŠŤCE, ABY SE PROSTORY NEZUŽOVALY. STĚNY Z PÁLENÝCH CIHEL OVŠEM, NEJSOU-LI SILNĚ ASPOŇ DVĚ NEBO TŘI DÉLKY CIHLY, NEMOHOU PŘI SVĚ TLOUŠŤCE  $1\frac{1}{2}$  STOPY UNĚST VÍCE NEŽ JEDNO POSCHODÍ. PŘI DNEŠNÍM VELIKÉM VÝZNAMU HLAVNÍHO MĚSTA A PŘI JEHO NESMÍRNĚ LIDNATOSTI JE VŠAK NUTNO OPATŘIT NESČETNÉ MNOŽSTVÍ BYTŮ. PONĚVADŽ STAVITELSKÝ PROSTOR V PŘÍZEMÍ NEMŮŽE POSKYTNOUT TAKOVÉMU MNOŽSTVÍ LIDÍ UBYTOVACÍ MOŽNOSTI, VYNUŠILA SI VĚC SAMA, ABY SE HLEDALA ODPOMOC VE VÝŠE BUDOVY. PROTO VYSOKÉ STAVBY, KTERÉ BYLY POSTAVENY S KAMENNÝMI SLOUPY, SE ZDMI Z PÁLENÝCH CIHEL, SE STĚNAMI Z KUSOVÉHO KAMENE A PŘEPAŽENY MNOHA STROPY, UMOŽŇUJÍ ZŘÍZOVAT MÍSTNOSTI S NEJVVYŠÍ ÚČELNOSTÍ V HOŘEJŠÍCH POSCHODÍCH DO VELIKÉ VÝŠE. TÍM, ŽE PLOCHA MĚSTA JE ZMNOHONÁSOBENA DO VÝŠE ZŘÍZOVÁNÍM DOMOVNÍCH PATER, DOSTÁVA SE ŘÍMSKÉMU LIDU BEZ OBTÍŽÍ VÝTEČNÝCH BYTŮ.

(VITRUVIUS: DE ARCHITECTURA LIBRI DECEM, KNIHA II., KAPITOLA VIII. ŘÍM, IMPERIUM ROMANUM, CCA 20 PŘ. KR.)

MILÍK TICHÝ

