

**Státní úřad
pro jadernou bezpečnost**

radiační ochrana

DOPORUČENÍ

**Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve
stavebních materiálech**

SÚJB
březen 2009

Předmluva

Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a zdrojů ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů stanoví v § 6 odst. 6 výrobcům a dovozcům stavebních materiálů povinnosti týkající se systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve vyráběných či dovážených stavebních materiálech. Podrobnosti k naplnění uvedených povinností stanoví vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. Důvodem uvedených ustanovení je regulovat ozáření jedinců z obyvatelstva z přírodních zdrojů ionizujícího záření přítomných ve stavebních materiálech na úroveň optimalizovanou z hlediska radiační ochrany.

Měření obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech je dle § 9 odst. 1 písm. r) zákona č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, zařazeno mezi služby významné z hlediska radiační ochrany, k jejichž provádění je třeba povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

Doporučení „Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů“ uvádí postupy k provádění systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech a zásady postupu při překročení směrných a mezních hodnot obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech. Je zejména určeno pro držitele povolení k měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech a pro výrobce a dovozce stavebních materiálů. Bude – li jimi toto Doporučení používáno a dodržováno, bude Státní úřad pro jadernou bezpečnost při své kontrolní činnosti považovat tuto jejich praxi za naplňující požadavky radiační ochrany.

Při zpracování tohoto Doporučení byly zohledněny zkušenosti pracovníků Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a Státního ústavu radiační ochrany z kontrolní a měřicí činnosti u výrobců a dovozců stavebních materiálů a rovněž připomínky vznesené ze strany držitelů povolení k provádění služeb - měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech. Toto doporučení nahrazuje doporučení SÚJB pro danou oblast činnosti vydané v září 1998 - „Metodiky měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavbách, na stavebních pozemcích a ve stavebních materiálech a vodě“ v části věnované stavebním materiálům a dodatek č. 2 k tomuto doporučení vydaný v květnu 2005. Bylo zpracováno Státním ústavem radiační ochrany v úzké spolupráci se Státním úřadem pro jadernou bezpečnost v průběhu roku 2008. Připomínky uživatelů Doporučení k jeho obsahu jsou vítány.

Ing. Karla Petrová
náměstkyně pro radiační ochranu

Obsah

1. Úvod	4
2. Názvosloví a zkratky	4
2.1. Názvosloví	4
2.2. Zkratky	4
3. Legislativa	5
3.1. Atomový zákon	5
3.2. Prováděcí předpis	5
3.3. Poznámky a komentáře	7
4. Rozsah měření	9
5. Odběr a úprava vzorků	9
6. Měření vzorků	9
6.1. Postup měření	10
6.1.1. Metody měření	10
6.1.2. Zpracování výsledků	10
6.1.3. Výpočet indexu	11
6.1.4. Vyjadřování výsledků	11
6.2. Hodnocení výsledků	11
6.2.1. Index hmotnostní aktivity	12
6.2.2. Hmotnostní aktivita ^{226}Ra	13
6.3. Protokol o měření	14
7. Postup při překročení směrné nebo mezní hodnoty	15
7.1. Zásady postupu při překročení mezní hodnoty	15
7.2. Zásady postupu při překročení směrné hodnoty	15
7.2.1. Optimalizace radiační ochrany	15
7.2.2. Postup	16
8. Související dokumenty, seznam příloh	16
8.1. Zákony a vyhlášky	16
8.2. Technické normy	17
8.3. Ostatní dokumenty	17
8.4. Seznam příloh	17
9. Přílohy	18
9.1. Příloha 1: Výpočetní postupy ve spektrometrii gama	18
9.1.1. Scintilační spektrometrie gama	18
9.1.2. Polovodičová spektrometrie gama	18
9.1.3. Podklady pro odhad nejistoty měření	19
9.2. Příloha 2: Výpočet efektivní dávky ze zevního ozáření	21
9.3. Příloha 3: Optimalizační postupy	39
9.4. Příloha 4: Kontakt na inspektory SÚJB	44
9.5. Příloha 5: Informace pro objednatele měření	45
9.6. Příloha 6: Záznam o odběru vzorku (vzor)	46

1. Úvod

Dokument stanoví postupy k provádění systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech a zásady postupu při překročení směrných a mezních hodnot. Je zejména určen pro držitele povolení k měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu a pro výrobce a dovozce stavebních materiálů. Nahrazuje doporučení SÚJB pro danou oblast činnosti vydané v září 1998 [O1] a dodatek č. 2 k tomuto doporučení vydaný v květnu 2005 [O2].

2. Názvosloví a zkratky

2.1. Názvosloví

Index hmotnostní aktivity – ukazatel obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu (§3 písm. h vyhlášky) ; postup stanovení je popsán v části 6

Měřicí laboratoř – osoba, která provádí systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu a je držitelem povolení k této činnosti vydaného Státním úřadem pro jadernou bezpečnost

Stavební materiály – stavební výrobky a suroviny uvedené v tabulce č. 1 (§ 96, odst. 1 vyhlášky)

Stavební výrobek – výrobek určený výrobcem nebo dovozcem pro trvalé zabudování do staveb ve smyslu nařízení vlády č. 163/2002 Sb. [L5]

Uvedení do oběhu – uvedení výrobku na trh ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů [L4]

Vyhláška – vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů [L2, L3]

Zákon – zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů [L1]

2.2. Zkratky

ČSN – Česká technická norma

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost

3. Legislativa

3.1. Atomový zákon

Požadavky na měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu jsou stanoveny v § 6 odst. (6) zákona č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů [L1]:

Výrobci a dovozci stavebních materiálů jsou povinni zajistit systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů a v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem vést o výsledcích evidenci a oznamovat tyto údaje Úřadu. Výsledky měření jsou povinni výrobci a dovozci na vyžádání poskytnout veřejnosti. Stavební materiály se nesmí uvádět do oběhu, pokud

1. obsah přírodních radionuklidů překročí mezní hodnoty stanovené prováděcím právním předpisem, nebo
2. obsah přírodních radionuklidů překročí směrné hodnoty stanovené prováděcím právním předpisem, s výjimkou případů, kdy náklady spojené se zásahem ke snížení obsahu radionuklidů by byly prokazatelně vyšší než rizika zdravotní újmy.

3.2. Prováděcí předpis

Požadavky atomového zákona specifikuje prováděcí předpis - vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb. [L2], o radiační ochraně, ve znění vyhlášky SÚJB č. 499/2005 Sb. [L3] v § 96 a v příloze č. 10. Ustanovení prováděcího předpisu vztahující se k systematickému měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech jsou pro potřeby tohoto doporučení shrnuta v následujících tabulkách č. 1 a č. 2 a v podrobnostech k těmto tabulkám.

Tabulka č. 1

Mezní hodnoty obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu [L3]

stavební materiál	hmotnostní aktivita ^{226}Ra (Bq/kg)	
	použití pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi	použití výhradně pro stavby jiné než s obytnými nebo pobytovými místnostmi
cihly a jiné stavební výrobky z pálené hlíny	150	500
stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna		
stavební výrobky z pórobetonu a škvárobetonu		
stavební kámen	300	1000
stavební výrobky z přírodního a umělého kamene, umělé kamenivo		
keramické obkladačky a dlaždice		
písek, štěrk, kamenivo a jíly		
popílek, škvára, struska, sádrovec vznikající v průmyslových procesech, hlušina a kaly pro stavební účely, stavební výrobky z nich jinde neuvedené		
materiály z odvalů, výsypek a odkališť pro stavební účely kromě radiačních činností		
cement, vápno, sádra		

(obsah podle tabulky č. 1 přílohy č. 10 vyhlášky)

Tabulka č. 2**Směrné hodnoty obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu [L3]**

stavební materiál	index hmotnostní aktivity
stavební materiály určené ke stavbě zdí, stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi, zejména zdící prvky, prefabrikované výrobky, tvárnice, cihly, beton, sádrokarton	0,5
ostatní stavební materiály určené k použití ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi	1
stavební materiály určené k použití jinému než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi, veškeré stavební materiály určené výhradně k použití jako surovina pro výrobu stavebních materiálů	2

(obsah podle tabulky č. 2 přílohy č. 10 vyhlášky)

Podrobnosti k tabulce č. 2:

- Při překročení směrné hodnoty se stavební materiály, které jsou určeny k přímému zabudování do staveb, mohou uvádět do oběhu jenom ve zdůvodněných případech, kdy náklady spojené se zásahem ke snížení obsahu radionuklidů, zejména změnou surovin nebo jejich původu, tříděním surovin, změnou technologie nebo jiným vhodným zásahem, by byly prokazatelně vyšší než rizika zdravotní újmy.
- Pokud jsou stavební materiály s překročenou směrnou hodnotou určeny výhradně k použití jako surovina pro výrobu jiných stavebních materiálů, nevyžaduje se provedení jiných zásahů, než je prokazatelné informování odběratele o obsahu přírodních radionuklidů v předmětném stavebním materiálu. V tomto případě se náklady na zásah nezohledňují.

Tabulka č. 3**Rozsah rozborů obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu [L3]**

stavební materiál	četnost rozborů
stavební materiály určené ke stavbě zdí, stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi (zejména zdící prvky, prefabrikované výrobky, tvárnice, cihly, beton, sádrokarton)	jednou za rok
ostatní stavební materiály určené k použití ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi	jednou za dva roky
stavební materiály určené k použití jinému než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi	jednou za pět let

(obsah podle tabulky č. 3 přílohy č. 10 vyhlášky)

Podrobnosti k tabulce č. 3:

- Za systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech se považuje změření hmotnostních aktivit ^{226}Ra , ^{228}Th a ^{40}K , provedené při prvním uvedení stavebního materiálu do oběhu, další měření v četnosti podle tabulky č. 3 a porovnání výsledků těchto měření s příslušnými mezními a směrnými hodnotami.

3.3. Poznámky a komentáře

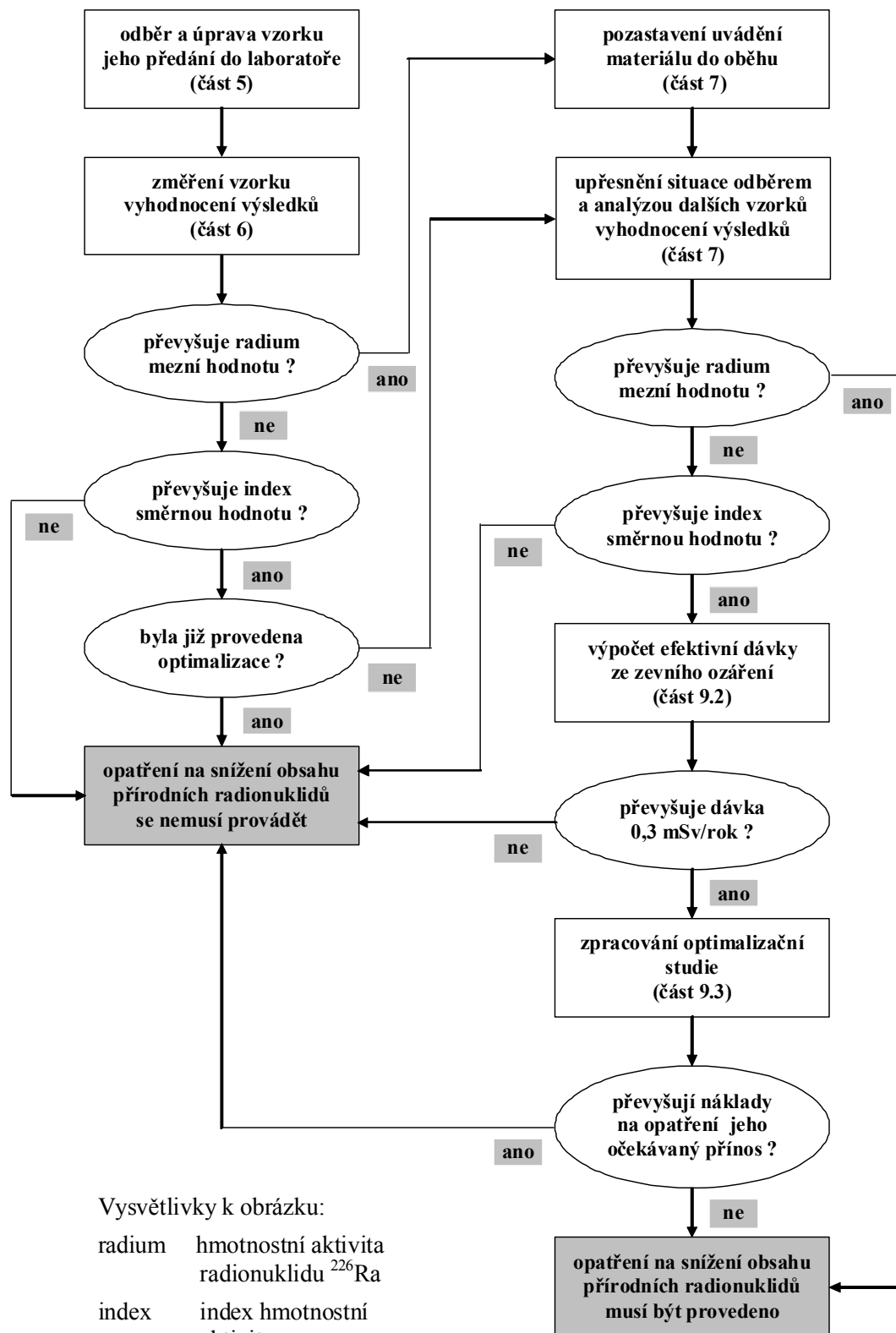
Cílem uvedených ustanovení zákona je regulovat přírodní ozáření ze stavebních materiálů.

Výrobci a dovozci stavebních materiálů zajišťují systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů prostřednictvím měřících laboratoří, jež jsou držiteli povolení SÚJB dle § 9 odst. 1 písm. r) zákona v rozsahu dle § 59 odst. 1 písm. f) – měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech pro účely podle § 6 odst. 6 zákona.

Směrné a mezní hodnoty obsahu přírodních radionuklidů stanovené vyhláškou se vztahují na stavební materiály v tom stavu, v jakém jsou uváděny do oběhu.

Obecné schéma systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech je znázorněno na obrázku č. 1. K jednotlivým činnostem jsou ve schématu v závorce uvedeny odkazy na příslušnou část doporučení, která se k dané problematice vztahuje.

Obrázek č. 1 :
Rozhodovací schéma pro měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu



4. Rozsah měření

Výrobci a dovozci stavebních materiálů zodpovídají za to, že obsah přírodních radionuklidů v jimi vyráběných nebo dovážených stavebních materiálech splňuje požadavky zákona [L1]. Splnění této podmínky především s ohledem na vstupní suroviny je třeba přizpůsobit četnost měření obsahu radionuklidů i způsob odběru vzorků. Systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech v rozsahu podle vyhlášky [L2, L3] znamená minimální povinnou četnost měření, jehož výsledky je třeba dokládat SÚJB.

Systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů se vztahuje na materiály nebo skupiny materiálů uvedené v tabulce č. 1. Pokud výrobce nebo dovozce uvádí do oběhu více druhů výrobků s obdobným složením (k jejich výrobě se používají stejné suroviny a se stejným zastoupením ve výrobku), postačí měřit obsah přírodních radionuklidů jenom u jednoho z nich. Četnost systematického měření je stanovena v závislosti na způsobu použití materiálu 1 x za rok až 1 x za 5 let (tabulka č. 3). V některých případech je potřebné měření stavebního materiálu opakovat nebo zvolit vyšší četnost jeho měření (viz část 7).

5. Odběr a úprava vzorků

Vzorky stavebního materiálu pro systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů se odebírají u výrobců a dovozců ve stavu, v jakém jsou uváděny do oběhu (viz 3.3). Pokud se v rámci přípravy vzorku k měření provádí jeho sušení, je třeba tuto skutečnost uvést v protokolu o měření a zohlednit při hodnocení výsledků. Odběr vzorků provádí zpravidla pověřený pracovník výrobce, dovozce nebo měřicí laboratoře. Konkrétní postupy odběru vzorků a jejich následné úpravy pro měření se řídí v jednotlivých případech požadavky měřicí laboratoře. O každém odběru vzorku se provede záznam (Příloha 6) s vyznačením alespoň těchto údajů:

- identifikace výrobce nebo dovozce (název, adresa)
- identifikace stavebního materiálu (název, bližší specifikace)
- určené použití materiálu (podrobněji viz vzor záznamu o odběru)
- datum výroby nebo dovozu vzorkovaného materiálu
- místo a datum odběru vzorku
- způsob odběru vzorku
- jméno, firma a podpis odebírající osoby
- jméno, firma a podpis další osoby přítomné u odběru (obvykle zástupce výrobce nebo dovozce stavebního materiálu)
- použitý způsob úpravy vzorku
- identifikace měřicí laboratoře
- datum předání vzorku do laboratoře

Záznam o odběru se předává spolu se vzorkem měřicí laboratoři, jeho kopie zůstává u výrobce nebo dovozce materiálu jako součást evidence o systematickém měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu.

6. Měření vzorků

Systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu mohou provádět jenom měřicí laboratoře, které mají pro tuto činnost povolení Státního úřadu

pro jadernou bezpečnost. Jejich seznam je uveden na internetových stránkách www.sujb.cz. Měření každého ze vzorků zahrnuje stanovení hmotnostních aktivit radionuklidů ^{40}K , ^{226}Ra a ^{228}Th a výpočet indexu hmotnostní aktivity. Měřicí zařízení používaná pro uvedený účel jsou stanovenými měřidly ve smyslu zákona č. 505/1990 Sb., ve znění pozdějších předpisů, [L6, L7] a podléhají pravidelnému metrologickému ověřování.

6.1. Postup měření

6.1.1. Metody měření.

Ke stanovení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu se používají metody scintilační nebo polovodičové spektrometrie záření gama. Pro měření stavebních materiálů nejsou v ČR k dispozici normalizované postupy. V případě polovodičové spektrometrie gama je možno vycházet z ČSN ISO 10703 [N1], v případě scintilační spektrometrie z odborné literatury [O5], případně z návodů výrobce k používání měřicích zařízení a vyhodnocovacích programů. Metody používané pro systematické měření musí být v přiměřeném rozsahu validovány [N2, O3] včetně ověření správnosti měření formou mezilaboratorního porovnání a předloženy Úřadu k vyjádření v rámci povolovacího procesu. Požadavky na meze detekce a nejistoty používaných měřicích metod jsou uvedeny v tabulce č. 4. Postupy používané obvykle pro výpočty hmotnostní aktivity, nejmenší detekovatelné hmotnostní aktivity a nejistoty měření jsou uvedeny v Příloze 1.

Tabulka č. 4

Požadavky na meze detekce a nejistoty měření:

měřený ukazatel	mez detekce	nejistota měření
hmotnostní aktivita ^{40}K	< 150 Bq/kg	< 10 %
hmotnostní aktivita ^{226}Ra	< 15 Bq/kg	< 10 %
hmotnostní aktivita ^{228}Th	< 10 Bq/kg	< 10 %

Poznámky k tabulce č. 4:

- Mezi detekce se rozumí nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita a_{ND} stanovená na hladině významnosti 95 % ($\alpha = \beta = 0,05$).
- Nejistotou se rozumí relativní kombinovaná standardní nejistota u_r (%) při hodnotě hmotnostní aktivity rovné nebo vyšší než je trojnásobek v tabulce uvedené meze detekce.

6.1.2. Zpracování výsledků

Nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita a_{ND} se stanoví na hladině významnosti 95 % (pro $\alpha = \beta = 0,05$) například postupem podle ČSN 75 7600 [N3] nebo podle Přílohy 1.

Relativní kombinovaná standardní nejistota u_r (%) se vypočte na základě dílčích standardních nejistot u_{ri} (%) spojených s provedením měřicí metody (Příloha 1) s použitím vztahu:

$$u_r = \sqrt{\sum_i u_{ri}^2} \quad (1)$$

Kombinovaná standardní nejistota u (Bq/kg) se vypočte z hmotnostní aktivity radionuklidu a (Bq/kg) a relativní standardní nejistoty u_r s použitím vztahu:

$$u = \frac{u_r \cdot a}{100} \quad (2)$$

Relativní rozšířená nejistota U_r (%) a rozšířená nejistota U (Bq/kg) se vypočtou s použitím vztahů:

$$U_r = 2 \cdot u_r \quad U = 2 \cdot u \quad (3)$$

Nejistotu měření není třeba vyhodnocovat v případech, kdy výsledek měření leží pod mezí detekce, tj. když je splněna podmínka: $a < a_{ND}$.

6.1.3. Výpočet indexu

Index hmotnostní aktivity I , jeho nejmenší detekovatelná hodnota I_{ND} a standardní nejistota u_I se vypočtou s použitím vztahů:

$$I = \frac{a_K}{3000} + \frac{a_{Ra}}{300} + \frac{a_{Th}}{200} \quad (4)$$

$$I_{ND} = \frac{a_{ND,K}}{3000} + \frac{a_{ND,Ra}}{300} + \frac{a_{ND,Th}}{200} \quad (5)$$

$$u_I = \sqrt{\left(\frac{u_K}{3000}\right)^2 + \left(\frac{u_{Ra}}{300}\right)^2 + \left(\frac{u_{Th}}{200}\right)^2} \quad (6)$$

kde značí:

a_K	hmotnostní aktivitu radionuklidu ^{40}K (Bq/kg)
a_{Ra}	hmotnostní aktivitu radionuklidu ^{226}Ra (Bq/kg)
a_{Th}	hmotnostní aktivitu radionuklidu ^{228}Th (Bq/kg)
$a_{ND,K}$	nejmenší detekovatelnou hmotnostní aktivitu radionuklidu ^{40}K (Bq/kg)
$a_{ND,Ra}$	nejmenší detekovatelnou hmotnostní aktivitu radionuklidu ^{226}Ra (Bq/kg)
$a_{ND,Th}$	nejmenší detekovatelnou hmotnostní aktivitu radionuklidu ^{228}Th (Bq/kg)
u_K	kombinovanou standardní nejistotu hmotnostní aktivity ^{40}K (Bq/kg)
u_{Ra}	kombinovanou standardní nejistotu hmotnostní aktivity ^{226}Ra (Bq/kg)
u_{Th}	kombinovanou standardní nejistotu hmotnostní aktivity ^{228}Th (Bq/kg)

Relativní standardní nejistota u_{Ir} (%), rozšířená relativní nejistota U_{Ir} (%) a rozšířená nejistota U_I indexu hmotnostní aktivity se vypočtou s použitím vztahů:

$$u_{Ir} = 100 \cdot \frac{u_I}{I} \quad U_{Ir} = 2 \cdot u_{Ir} \quad U_I = 2 \cdot u_I \quad (7)$$

Nejistotu není třeba vyhodnocovat v případech, kdy výsledek výpočtu indexu hmotnostní aktivity leží pod mezí detekce, tj. když je splněna podmínka: $I < I_{ND}$.

6.1.4. Vyjadřování výsledků

Výsledky měření hmotnostních aktivit se vyjadřují v becquerelech na kilogram (Bq/kg). Je-li hmotnostní aktivita a nižší než nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita a_{ND} , uvede se jako výsledek stanovení „nižší než a_{ND} “ nebo „ $< a_{ND}$ “. V ostatních případech se uvede jako výsledek stanovení hmotnostní aktivity a a rozšířená nejistota U nebo relativní rozšířená nejistota U_r (%).

Výsledky výpočtu indexu hmotnostní aktivity se vyjadřují jako bezrozměrné číslo. Je-li index hmotnostní aktivity I nižší než nejmenší detekovatelná hodnota I_{ND} , uvede se jako výsledek stanovení „nižší než I_{ND} “ nebo „ $< I_{ND}$ “. V ostatních případech se uvede jako výsledek stanovení indexu hmotnostní aktivity I a rozšířená nejistota U_I nebo relativní rozšířená nejistota U_{Ir} (%).

6.2. Hodnocení výsledků

Výsledky systematického měření obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu se hodnotí ve vztahu ke směrné hodnotě indexu hmotnostní aktivity (tabulka č. 2) a k mezní hodnotě hmotnostní aktivity radionuklidu ^{226}Ra (tabulka č. 1). Hodnocení může být buď vloženo do protokolu o měření, například jako „odborné stanovisko“, nebo může být uvedeno

v příloze k protokolu. Pokud výsledek měření se neliší od směrné nebo mezní hodnoty o více, než je rozšířená nejistota, je vhodné tuto skutečnost v hodnocení zohlednit, například použitím formulace „převyšuje/nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření“.

6.2.1. Index hmotnostní aktivity

Výsledky stanovení indexu hmotnostní aktivity se hodnotí porovnáním se směrnou hodnotou uvedenou pro jednotlivé druhy stavebních materiálů v tabulce č. 2. Hodnocení se uvádí vždy.

Příklad 1:

<i>index hmotnostní aktivity</i>	<i>rozšířená nejistota U_I</i>	<i>příklady hodnocení pro cihly určené ke stavbě zdí ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi</i>
0,350	$\pm 0,015$	<i>Index hmotnostní aktivity nepřevyšuje směrnou hodnotu $I = 0,5$, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiály určené ke stavbě zdí, stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>
0,480	$\pm 0,025$	<i>Index hmotnostní aktivity nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření směrnou hodnotu $I = 0,5$, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiály určené ke stavbě zdí, stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>
0,510	$\pm 0,025$	<i>Index hmotnostní aktivity převyšuje s výhradou nejistoty měření směrnou hodnotu $I = 0,5$, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiály určené ke stavbě zdí, stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>
0,650	$\pm 0,035$	<i>Index hmotnostní aktivity převyšuje směrnou hodnotu $I = 0,5$, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiály určené ke stavbě zdí, stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>

Pokud posuzovaný stavební materiál patří z hlediska použití do více skupin podle tabulky č. 2 nebo pokud není přesně známo jeho použití ve stavbách, uvede se hodnocení pro všechny skupiny materiálů.

Příklad 2:

<i>index hmotnostní aktivity</i>	<i>rozšířená nejistota U_I</i>	<i>příklad hodnocení pro beton s neznámým použitím</i>
0,650	$\pm 0,035$	<i>Index hmotnostní aktivity převyšuje směrnou hodnotu $I = 0,5$, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiály určené ke stavbě zdí, stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>
		<i>Index hmotnostní aktivity nepřevyšuje směrnou hodnotu $I = 1$, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro ostatní stavební materiály určené k použití ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>
		<i>Index hmotnostní aktivity nepřevyšuje směrnou hodnotu $I = 2$, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiály určené k použití jinému než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>

6.2.2. Hmotnostní aktivita ^{226}Ra

Výsledky měření hmotnostní aktivity radionuklidu ^{226}Ra se hodnotí porovnáním s mezními hodnotami uvedenými pro jednotlivé druhy stavebních materiálů v tabulce č. 1. Hodnocení se uvádí vždy.

Příklad 3:

<i>výsledek měření (Bq/kg)</i>	<i>rozšířená nejistota (Bq/kg)</i>	<i>příklady hodnocení pro beton určený k použití pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi</i>
45	$\pm 4,1$	<i>Hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra nepřevyšuje mezní hodnotu 150 Bq/kg, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiál (stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna) používaný pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>
135	± 25	<i>Hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra nepřevyšuje s výhradou nejistoty měření mezní hodnotu 150 Bq/kg, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiál (stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna) používaný pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>
165	± 28	<i>Hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra převyšuje s výhradou nejistoty měření mezní hodnotu 150 Bq/kg, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiál (stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna) používaný pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>
220	± 35	<i>Hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra převyšuje mezní hodnotu 150 Bq/kg, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiál (stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna) používaný pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>

Pokud posuzovaný stavební materiál je používán pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi a současně pro stavby bez těchto místností nebo pokud není přesně známo jeho použití, uvede se hodnocení pro obě varianty.

Příklad 4:

<i>výsledek měření (Bq/kg)</i>	<i>rozšířená nejistota (Bq/kg)</i>	<i>příklady hodnocení pro beton s neznámým použitím</i>
50	± 10	<i>Hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra nepřevyšuje mezní hodnotu 150 Bq/kg, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiál (stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna) používaný pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i> <i>Hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra nepřevyšuje mezní hodnotu 500 Bq/kg, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiál (stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna) používaný výhradně pro stavby jiné než s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i>
180	± 20	<i>Hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra převyšuje mezní hodnotu 150 Bq/kg, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiál (stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna) používaný pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.</i> <i>Hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra nepřevyšuje mezní hodnotu 500 Bq/kg, kterou stanoví vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů, pro stavební materiál (stavební výrobky z betonu, sádry, cementu</i>

a vápna) používaný výhradně pro stavby jiné než s obytnými nebo pobytovými místnostmi.

6.3. Protokol o měření

O měření každého ze vzorků vyhotoví měřící laboratoř protokol, který splňuje náležitosti vzorového protokolu o měření uvedeného v příloze 15 vyhlášky, s vyznačením alespoň těchto údajů:

- a) číslo protokolu
- b) identifikace měřící laboratoře
- c) číslo jednací a datum vystavení povolení SÚJB
- d) druh a předmět měření
- e) identifikace objednatele měření
- f) identifikace výrobce nebo dovozce stavebního materiálu
- g) evidenční číslo vzorku
- h) identifikace stavebního materiálu (název, bližší specifikace)
- i) určené použití stavebního materiálu:
- j) datum výroby nebo dovozu vzorkovaného materiálu
- k) místo odběru vzorku včetně bližšího určení, datum odběru vzorku
- l) způsob odběru vzorku (například bodový odběr, směsný vzorek)
- m) kdo vzorek odebral (jméno, firma)
- n) informace o případné úpravě vzorku k měření mimo měřící laboratoř
- o) použitá metoda měření a měřící zařízení
- p) u stanovených měřidel datum platnosti jejich ověření
- q) jméno osoby, která měření provedla
- r) místo a datum provedení měření
- s) výsledky měření
- t) hodnocení výsledků
- u) datum vystavení protokolu
- v) podpis osoby se zvláštní odbornou způsobilostí
- w) podpis statutárního orgánu držitele povolení

Hodnocení výsledků může být uvedeno v příloze k protokolu. Údaje podle písm. i) až n) není třeba uvádět, pokud přílohou protokolu je záznam o odběru vzorku. Pokud index hmotnostní aktivity převyšuje směrnou hodnotu nebo pokud hmotnostní aktivita ²²⁶Ra převyšuje mezní hodnotu, doporučuje se přiložit k protokolu podrobnější informaci pro objednatele (vzor je uveden v Příloze 5).

Protokol o měření včetně příloh se zakládá u výrobce nebo dovozce stavebního materiálu jako součást evidence výsledků systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu. Stejnopis protokolu včetně příloh archivuje měřící laboratoř v listinné nebo elektronicky neměnné podobě (například soubory typu pdf nebo naskenované dokumenty).

V souladu s ustanovením § 96 odst. 6 vyhlášky oznamuje výrobce nebo dovozce stavebního materiálu aktuální evidované údaje dle § 96 odst. 5 vyhlášky (jejich součástí je optimálně i protokol o měření či jeho kopie) do 1 měsíce od obdržení výsledků měření SÚJB. Po dohodě se zákazníkem může protokol o měření či jeho kopii odeslat SÚJB přímo měřící laboratoř.

7. Postup při překročení směrné nebo mezní hodnoty

Postup při řešení těchto situací zahrnuje obecně: Ověření nebo zpřesnění situace odběrem a měřením dalších vzorků, identifikaci suroviny odpovědné za zvýšený obsah přírodních radionuklidů, analýzu situace, návrh a realizaci opatření. Konkrétní postup řešení uvedených situací by měl být vždy konzultován s inspektory SÚJB (Příloha 4). Postupy při překročení směrné nebo mezní hodnoty se řídí dále uvedenými zásadami. Za řešení situace při překročení směrné nebo mezní hodnoty odpovídá výrobce nebo dovozce stavebního materiálu.

7.1. Zásady postupu při překročení mezní hodnoty

Postup se použije v situacích, kdy hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra ve vzorku odebraném pro potřeby systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu prokazatelně převyšuje mezní hodnotu uvedenou v tabulce č. 1 (výsledek měření převyšuje mezní hodnotu o více než je jeho rozšířená nejistota) nebo v situacích, kdy překročení mezní hodnoty ve vzorku nelze spolehlivě vyloučit (výsledek měření se liší od mezní hodnoty o méně než je jeho rozšířená nejistota).

Je-li prokazatelně zjištěno překročení mezní hodnoty uvedené v tabulce č. 1, musí výrobce nebo dovozce okamžitě zastavit uvádění stavebního materiálu do oběhu, ověřit situaci odběrem a měřením dalších vzorků a pokud se překročení mezní hodnoty potvrdí, provést opatření ve výrobě nebo dovozu tak, aby byla snížena hmotnostní aktivita ^{226}Ra spolehlivě pod mezní hodnotu (viz ustanovení § 6 odst. 6 bodu 1 zákona). Počet odběrů a rozsah analýz, jakož i rozhodnutí o tom, zda je ve stavebním materiálu překročena mezní hodnota, konzultuje výrobce nebo dovozce stavebního materiálu s inspektory SÚJB.

Nelze-li spolehlivě vyloučit překročení mezní hodnoty uvedené v tabulce č. 1 (výsledek měření se liší od mezní hodnoty o méně než je jeho rozšířená nejistota), musí výrobce nebo dovozce neprodleně ověřit situaci odběrem dalších vzorků a jejich měřením pokud možno s vyšší přesností. Pokud je těmito měřeními prokázáno překročení mezní hodnoty, provádí se opatření ve výrobě nebo dovozu tak, aby byla snížena hmotnostní aktivita ^{226}Ra spolehlivě pod mezní hodnotu (viz ustanovení § 6 odst. 6 bodu 1 zákona). Počet odběrů a rozsah analýz, jakož i rozhodnutí o tom, zda je ve stavebním materiálu překročena mezní hodnota, konzultuje výrobce nebo dovozce stavebního materiálu s inspektory SÚJB.

Materiál převyšující mezní hodnotu stanovenou pro použití výhradně pro stavby bez obytných nebo pobytových místností nelze v žádném případě uvádět do oběhu. Materiál převyšující mezní hodnotu stanovenou pro použití pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi lze uvádět do oběhu k použití jenom pro stavby jiné než s obytnými nebo pobytovými místnostmi.

Při posuzování překročení mezní hodnoty je třeba zohlednit i možnou nehomogenitu obsahu přírodních radionuklidů ve vyráběném stavebním materiálu.

7.2. Zásady postupu při překročení směrné hodnoty

7.2.1. Optimalizace radiační ochrany

Podle zákona (viz část 3.1, bod 2 tohoto doporučení) stavební materiály, jejichž obsah přírodních radionuklidů překročí směrné hodnoty, se nesmí uvádět do oběhu, s výjimkou případů, kdy náklady spojené se zásahem ke snížení obsahu radionuklidů by byly prokazatelně vyšší než rizika zdravotní újmy. Důvodem tohoto požadavku zákona je povinnost výrobce či dovozce stavebního materiálu optimalizovat radiační ochranu, tj. snížit ozáření z vyráběných či dovážených stavebních materiálů na co nejnižší dosažitelnou úroveň se zohledněním hospodářských a společenských faktorů (viz § 4 odst. 4 zákona a § 17 vyhlášky). Za správné pro-

vedení optimalizace radiační ochrany, tj. za porovnání nákladů na zásahy (opatření) ke snížení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu se snížením rizika zdravotní újmy, za úplnost a správnost použitých vstupních údajů, za úplnost posuzovaných opatření a za případnou realizaci opatření odpovídá výrobce nebo dovozce. Dále uvedený postup slouží jako doklad naplnění uvedené podmínky zákona pro uvádění stavebního materiálu s překročenou směrnou hodnotou do oběhu. Současně nesmí být opomenuta povinnost výrobce nebo dovozce (viz část 3.1 tohoto doporučení) poskytnout výsledky měření obsahu přírodních radionuklidů na vyžádání veřejnosti.

7.2.2. Postup

Postup se použije v situacích, kdy index hmotnostní aktivity ve vzorku odebraném pro potřeby systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu prokazatelně převyšuje směrnou hodnotu uvedenou v tabulce č. 2 (výsledek stanovení indexu hmotnostní aktivity převyšuje směrnou hodnotu o více než je jeho rozšířená nejistota) a kdy současně hmotnostní aktivita ^{226}Ra ve vzorku nepřevyšuje mezní hodnotu uvedenou v tabulce č. 1.

V tomto případě zajistí výrobce nebo dovozce odběr a měření dalších nejméně 3 vzorků materiálu. Počet odběrů a rozhodnutí o tom, zda je ve stavebním materiálu překročena směrná hodnota, konzultuje výrobce nebo dovozce stavebního materiálu s inspektory SÚJB. Při posuzování překročení směrné hodnoty je třeba zohlednit i možnou nehomogenitu obsahu přírodních radionuklidů ve vyráběném stavebním materiálu.

Pokud se překročení směrné hodnoty potvrdí, provede se výpočet efektivní dávky ze zevního ozáření radionuklidy přítomnými ve stavebním materiálu postupem podle Přílohy 2. Pokud výsledná efektivní dávka nepřevyšuje úroveň 0,3 mSv/rok, situace se pokládá z hlediska radiační ochrany za optimalizovanou a opatření na snížení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu není třeba provádět.

Je-li výsledek výpočtu efektivní dávky větší než 0,3 mSv/rok, postupuje výrobce nebo dovozce podle zásad pro optimalizaci radiační ochrany uvedených v Příloze 3, tj. zajistí zpracování optimalizační studie, v níž zhodnotí ozáření osob z používání stavebního materiálu, posoudí možná opatření ke snížení hmotnostní aktivity přírodních radionuklidů a náklady potřebné na jejich realizaci. Výsledek výpočtu efektivní dávky ze zevního ozáření i optimalizační studii předkládá výrobce nebo dovozce SÚJB..

Postup podle části 7.2.2 se použije při prvním zjištění překročení směrné hodnoty; při dalších zjištěních se provádí jenom v situacích, kdy výsledky výpočtu indexu hmotnostní aktivity převyšují významně (o více než 20 %) předcházející výsledky.

Postup podle části 7.2.2 se neprovádí, pokud jsou stavební materiály s překročenou směrnou hodnotou určeny výhradně k použití jako surovina pro výrobu jiných stavebních materiálů. V tomto případě se v souladu s ustanovením § 96 odst. 2 vyhlášky pouze prokazatelně informuje odběratel tohoto stavebního materiálu o obsahu přírodních radionuklidů.

8. Související dokumenty, seznam příloh

8.1. Zákony a vyhlášky

- [L1] Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon) a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- [L2] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně

- [L3] Vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 499/2005 Sb., kterou se mění vyhláška Státního úřadu pro jadernou bezpečnost č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně
- [L4] Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- [L5] Nařízení vlády č. 163/2002 Sb. ze dne 6. března 2002, kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky
- [L6] Zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů
- [L6] Vyhláška MPO č. 345/2002 Sb., kterou se stanoví měřidla k povinnému ověřování a měřidla podléhající schválení typu, ve znění pozdějších předpisů

8.2. Technické normy

- [N1] ČSN ISO 10703. Jakost vod – Stanovení objemové aktivity radionuklidů spektrometrií záření gama s vysokým rozlišením. ČNI 2008
- [N2] ČSN EN ISO/IEC 17025. Posuzování shody – Všeobecné požadavky na způsobilost zkušebních a kalibračních laboratoří. ČNI 2005
- [N3] ČSN 75 7600. Jakost vod – Stanovení radionuklidů – Všeobecná ustanovení. ČNI 2003

8.3. Ostatní dokumenty

- [O1] Zásady pro systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech. Doporučení SÚJB 1998
- [O2] Dodatek č. 2 k doporučení SÚJB [O1]. SÚJB 2005
- [O3] Kvalimetrie 9. Vhodnost analytických metod pro daný účel. Laboratorní příručka pro validaci metod a související činnosti. Eurachem – ČR 1999
- [O4] Kvalimetrie 11. Stanovení nejistoty analytického měření. Pokyn Eurachem/CITAC. Eurachem – ČR 2001
- [O5] Analýza možností použití scintilačního spektrometru pro měření přírodních radionuklidů pro potřeby dozoru nad PZZ v RC SÚJB. Státní ústav radiační ochrany, 2001
- [O6] Přírodní radionuklidy ve stavebních materiálech. Bezpečnost jaderné energie, 15, 2007, str. 80 - 85

8.4. Seznam příloh

- Příloha 1: Výpočetní postupy ve spektrometrii gama
- Příloha 2: Výpočet efektivní dávky ze zevního ozáření
- Příloha 3: Optimalizační postupy
- Příloha 4: Kontakt na inspektory SÚJB
- Příloha 5: Informace pro zákazníky
- Příloha 6: Záznam o odběru vzorku (vzor)

9. Přílohy

9.1. Příloha 1: Výpočetní postupy ve spektrometrii gama

9.1.1. Scintilační spektrometrie gama

Měření hmotnostních aktivit radionuklidů ^{40}K , ^{226}Ra a ^{228}Th scintilačním spektrometrem záření gama vychází obvykle z následujícího postupu: Ve spektru se vyznačí pro každý ze tří měřených radionuklidů oblast zájmu do které tento radionuklid (nebo krátkodobé produkty jeho přeměny za podmínek radioaktivní rovnováhy ve vzorku) významně přispívá. Při měření směsi přírodních radionuklidů se využívají obvykle oblasti odpovídající úplné absorpci fotonů s energií 1461 keV pro ^{40}K , 352 keV nebo 1764 keV pro ^{226}Ra a 238 keV nebo 2614 keV pro ^{228}Th .

Hmotnostní aktivity a_k (Bq/kg) jednotlivých radionuklidů se vypočtou z naměřeného počtu impulsů od vzorku N_{vi} a počtu impulsů pozadí N_{pi} v jednotlivých oblastech zájmu s použitím vztahu:

$$a_k = \frac{1}{m} \cdot \sum_{i=1}^3 c_{ki} \cdot \left(\frac{N_{vi}}{t_v} - \frac{N_{pi}}{t_p} \right) \quad (8)$$

kde značí m (kg) hmotnost měřeného vzorku, t_v (s) dobu měření vzorku a t_p (s) dobu měření pozadí. Kalibrační koeficienty c_{ki} se stanoví na základě výsledků měření tří kalibračních vzorků o známé hmotnostní aktivitě radionuklidů ^{40}K , ^{226}Ra a ^{228}Th .

Standardní nejistoty u_k (Bq/kg) a relativní standardní nejistoty u_{rk} (%) spojené s měřením počtu impulsů od vzorku a s měřením počtu impulsů pozadí se pro jednotlivé radionuklidy vypočtou s použitím vztahů:

$$u_k = \frac{1}{m} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^3 c_{ki}^2 \cdot \left(\frac{N_{vi}}{t_v^2} + \frac{N_{pi}}{t_p^2} \right)} \quad u_{rk} = \frac{100 \cdot u_k}{a_k} \quad (9)$$

Nejmenší detekovatelné hmotnostní aktivity $a_{ND,k}$ (Bq/kg) stanovené na hladině významnosti 95 % ($\alpha = \beta = 0,05$) se pro jednotlivé radionuklidy vypočtou s použitím vztahu:

$$a_{ND,k} = \frac{3,29}{m \cdot t_p \cdot \eta_{kk}} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot t_p^2}{t_v} \cdot \sum_{i \neq k} c_{ki} \cdot a_i + m^2 \cdot t_p^2 \cdot \sum_{i \neq k} c_{ki}^2 \cdot u_k^2 + N_{pk} \cdot \left(1 + \frac{t_p}{t_v} \right)} \quad (10)$$

kde značí η_{kk} účinnost detekce k-tého radionuklidu v jemu příslušné k-té oblasti zájmu.

9.1.2. Polovodičová spektrometrie gama

Měření hmotnostních aktivit radionuklidů ^{40}K , ^{226}Ra a ^{228}Th spektrometrem s detektorem HPGe vychází obvykle z následujícího postupu: Ve spektru se vyznačí a analyzují oblasti zájmu, které odpovídají úplné absorpci významnějších energií záření gama stanovovaných radionuklidů (nebo krátkodobých produktů jejich přeměny za podmínek radioaktivní rovnováhy ve vzorku). Analýza oblasti zájmu zahrnuje stanovení plochy píku Pl (imp/s), standardní nejistoty u_{Pl} (imp/s) a nejmenší detekovatelné plochy Pl_{ND} (imp/s). Pro výpočet se použijí vztahy:

$$Pl = \frac{1}{t_v} \cdot \left(N_A - N_B \cdot \frac{k_A}{k_B} - P_p \cdot \frac{t_v}{t_p} \right) \quad u_{Pl} = \frac{1}{t_v} \cdot \sqrt{N_A + N_B \cdot \frac{k_A^2}{k_B^2} + \left(u_p \cdot \frac{t_v}{t_p} \right)^2} \quad (11)$$

$$Pl_{ND} = \frac{2,71}{t_v} + \frac{3,29}{t_v} \cdot \sqrt{N_B \cdot \frac{k_A}{k_B} \cdot \left(1 + \frac{k_A}{k_B}\right) + P_p \cdot \frac{t_v}{t_p} + \left(u_p \cdot \frac{t_v}{t_p}\right)^2} \quad (12)$$

kde značí:

k_A	počet kanálů v oblasti zájmu, ze kterých je stanovena plocha píku
k_B	počet kanálů v oblasti zájmu, ze kterých je stanovena základna pod píkem
N_A	celkový počet impulsů v kanálech, ze kterých je stanovena plocha píku
N_B	celkový počet impulsů v kanálech, ze kterých je stanovena základna pod píkem
P_p	plochu píku ve spektru pozadí
u_p	standardní nejistotu plochy píku ve spektru pozadí
t_v	dobu měření vzorku vyjádřenou v sekundách
t_p	dobu měření pozadí vyjádřenou v sekundách

Hmotnostní aktivita a (Bq/kg) a nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita a_{ND} (Bq/kg) se vypočtou s použitím vztahů:

$$a = \frac{10^4 \cdot Pl \cdot F_a \cdot F_c}{m \cdot \eta_p \cdot \gamma} \quad a_{ND} = \frac{10^4 \cdot Pl_{ND} \cdot F_a \cdot F_c}{m \cdot \eta_p \cdot \gamma} \quad (13)$$

kde značí:

m	hmotnost měřeného vzorku vyjádřenou v kg
η_p	fotopíkovou detekční účinnost vyjádřenou v procentech
γ	výtěžek fotonů gama na 100 přeměn radionuklidu
F_c	opravný faktor na skutečné koincidence
F_a	opravný faktor na samoabsorpci

Standardní nejistota u (Bq/kg) a relativní standardní nejistota u_r (%) spojené se stanovením plochy píku ve spektru vzorku a ve spektru pozadí se vypočtou s použitím vztahů:

$$u_r = 100 \cdot \frac{u_{Pl}}{Pl} \quad u = a \cdot \frac{u_{Pl}}{Pl} \quad (14)$$

9.1.3. Podklady pro odhad nejistoty měření

Kombinovaná standardní nejistota a rozšířená nejistota se stanoví s použitím vztahů (1) až (3) uvedených v části 6.1.2 na základě identifikace a kvantifikace jednotlivých zdrojů nejistot spojených s provedením měřicí metody. V tabulce č. 4 a č. 5 jsou uvedeny některé zdroje nejistot, které se obvykle uplatní při měření obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu, způsoby jejich stanovení a obvyklé hodnoty relativní standardní nejistoty u_{ri} vyjádřené v %. Je třeba zdůraznit, že uvedený výčet nemusí být úplný a v tabulkách uvedené obvyklé hodnoty nemusí odpovídat skutečným hodnotám v praxi té které laboratoře. Při odhadu nejistot by laboratoř měla vycházet vždy z rozboru provedeného pro konkrétní metodu stanovení a pro konkrétní způsob jejího provedení [O4].

Tabulka č. 4**Podklady pro odhad relativní standardní nejistoty – scintilační spektrometrie**

zdroj nejistoty	způsob stanovení	obvyklá nejistota u_{ri} (%)
aktivita kalibračních vzorků	z certifikátu etalonu	1 až 2
kalibrace spektrometru	z výsledků analýzy kalibračních spekter	2 až 5
příprava vzorků pro měření	opakovanou zkouškou	2 až 5
stanovení hmotnosti vzorku	z kalibračního listu vah	0,2 až 2
měření vzorku a pozadí	ze vztahu (9)	2 až 30
samoabsorpce ve vzorku	experimentálně	1 až 10

Tabulka č. 5**Podklady pro odhad relativní standardní nejistoty – polovodičová spektrometrie**

zdroj nejistoty	způsob stanovení	obvyklá nejistota u_{ri} (%)
aktivita kalibračních vzorků	z certifikátu	1 až 2
kalibrace spektrometru	z výsledků analýzy kalibračních spekter	2 až 5
příprava vzorků pro měření	opakovanou zkouškou	2 až 5
stanovení hmotnosti vzorku	z kalibračního listu vah	0,2 až 2
měření vzorku a pozadí	ze vztahu (14)	2 až 30
výtěžek fotonů	z odborné literatury	0,5 až 2
oprava na skutečné koincidence	z nejistoty vstupních dat	0,1 až 2
oprava na samoabsorpci	z nejistoty vstupních dat	0,1 až 5

9.2. Příloha 2: Výpočet efektivní dávky ze zevního ozáření

Postup je určen pro odhad horní meze efektivní dávky záření gama ze stavebních materiálů. Použije se v situacích, kdy index hmotnostní aktivity převyšuje směrnou hodnotu (tabulka č. 2) a kdy současně hmotnostní aktivita Ra-226 nepřevyšuje mezní hodnotu (tabulka č. 1). Postup je určen výhradně pro hodnocení stavebních materiálů ve vztahu k hodnotě efektivní dávky 300 $\mu\text{Sv}/\text{rok}$ (0,3 mSv/rok) ze zevního ozáření a nelze použít pro zpracování optimalizační studie (vychází z konzervativních předpokladů o použití materiálů ve stavbách, nezahrnuje odhad ozáření z radonu).

Pro potřeby tohoto postupu se stavební materiály člení podle předpokládaného způsobu a rozsahu jejich použití ve stavbách takto:

A	materiály použitelné pro stavbu obytných nebo pobytových místností ve významném množství	například: beton, cihly, tvárnice, vnitřní omítky, obklady, dlažba
B	ostatní stavební materiály použitelné uvnitř obytných nebo pobytových místností	
C	materiály použitelné pro stavbu budov s obytnými nebo pobytovými místnostmi ve významném množství, a to výhradně vně obytných a pobytových místností	například: materiály používané pro zakládání staveb, střešní krytina
D	ostatní materiály použitelné pro stavbu budov s obytnými nebo pobytovými místnostmi, a to výhradně vně obytných a pobytových místností	například: vnější omítky, vnější obklady, schodiště
E	materiály, použitelné výhradně pro stavby bez obytných a pobytových místností	například materiály pro stavbu silnic, železnic

Efektivní dávka záření gama ze stavebního materiálu E vyjádřená v jednotkách $\mu\text{Sv}/\text{rok}$ se vypočte s použitím vztahu:

$$E = a_K \cdot F_K + a_{Ra} \cdot F_{Ra} + a_{Th} \cdot F_{Th} - F_P \quad (15)$$

kde značí:

- a_K hmotnostní aktivitu radionuklidu K-40 v materiálu, v jednotkách Bq/kg
- a_{Ra} hmotnostní aktivitu radionuklidu Ra-226 v materiálu, v jednotkách Bq/kg
- a_{Th} hmotnostní aktivitu radionuklidu Th-228 v materiálu, v jednotkách Bq/kg

Hodnoty koeficientů F_K , F_{Ra} , F_{Th} a F_P jsou uvedeny pro jednotlivé druhy materiálů, jejich objemové hmotnosti a tloušťky resp. objemy v tabulkách č. 6 až č. 10. Pro materiály typu B, C a D se bere koeficient $F_P = 0$. Příklady použití postupu jsou uvedeny dále.

Příklad 5:

Materiál A – beton použitelný pro stavbu obytných nebo pobytových místností. Objemová hmotnost 2000 kg/m^3 , tloušťka 20 cm. Hmotnostní aktivita radionuklidů:

$$\text{K-40: } 600 \text{ Bq/kg} \quad \text{Ra-226: } 60 \text{ Bq/kg} \quad \text{Th-228: } 40 \text{ Bq/kg} \quad \text{index: } 0,60$$

Výpočet (tabulka 6):

$$E = 600 \times 0,33 + 60 \times 3,71 + 40 \times 4,75 - 225 = 386 \text{ } \mu\text{Sv}/\text{rok}$$

Příklad 6:

Materiál A – cihla použitelná pro stavbu obytných nebo pobytových místností. Objemová hmotnost 1000 kg/m^3 , tloušťka 40 cm. Hmotnostní aktivita radionuklidů:

$$\text{K-40: } 600 \text{ Bq/kg} \quad \text{Ra-226: } 40 \text{ Bq/kg} \quad \text{Th-228: } 40 \text{ Bq/kg} \quad \text{index: } 0,53$$

Výpočet (tabulka 6):

$$E = 600 \times 0,32 + 40 \times 3,56 + 40 \times 4,55 - 225 = 291 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$$

Příklad 7:

Materiál A – pórobeton použitelný pro stavbu obytných nebo pobytových místností. Objemová hmotnost 500 kg/m³, tloušťka 40 cm. Hmotnostní aktivita radionuklidů:

$$\text{K-40: } 400 \text{ Bq/kg} \quad \text{Ra-226: } 80 \text{ Bq/kg} \quad \text{Th-228: } 60 \text{ Bq/kg} \quad \text{index: } 0,70$$

Výpočet (tabulka 6):

$$E = 400 \times 0,21 + 80 \times 2,42 + 60 \times 3,05 - 185 = 276 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$$

Příklad 8:

Materiál A – dlažba použitelná uvnitř obytných nebo pobytových místností. Objemová hmotnost 2000 kg/m³, tloušťka 5 cm. Hmotnostní aktivita radionuklidů:

$$\text{K-40: } 1000 \text{ Bq/kg} \quad \text{Ra-226: } 200 \text{ Bq/kg} \quad \text{Th-228: } 100 \text{ Bq/kg} \quad \text{index: } 1,50$$

Výpočet (tabulka 6):

$$E = 1000 \times 0,13 + 200 \times 1,55 + 100 \times 1,95 - 133 = 502 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$$

Příklad 9:

Materiál B – Šamotové cihly použitelné pro stavbu krbů v obytných nebo pobytových místnostech. Objemová hmotnost 1500 kg/m³, tloušťka 5 cm. Průměrný objem materiálu v místnosti 1 m³, hmotnostní aktivita radionuklidů:

$$\text{K-40: } 1200 \text{ Bq/kg} \quad \text{Ra-226: } 120 \text{ Bq/kg} \quad \text{Th-228: } 90 \text{ Bq/kg} \quad \text{index: } 1,25$$

Výpočet (tabulka 7):

$$\text{podíl materiálu v místnosti: } 1,0 : 0,5 = 2 \%$$

$$E = 1200 \times 0,022 + 120 \times 0,26 + 90 \times 0,32 = 86 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$$

Příklad 10:

Materiál C – střešní krytina použitelná pro stavbu budov s obytnými nebo pobytovými místnostmi. Objemová hmotnost 1500 kg/m³, tloušťka 5 cm. Hmotnostní aktivita radionuklidů:

$$\text{K-40: } 1200 \text{ Bq/kg} \quad \text{Ra-226: } 120 \text{ Bq/kg} \quad \text{Th-228: } 100 \text{ Bq/kg} \quad \text{index: } 1,30$$

Výpočet (tabulka 8):

$$E = 1200 \times 0,027 + 120 \times 0,33 + 100 \times 0,41 = 113 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$$

Příklad 11:

Materiál D – obklad použitelný ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi, a to výhradně vně těchto místností. Objemová hmotnost 2000 kg/m³, tloušťka 5 cm, plocha 100 m², objem 100 x 0,05 = 5,0 m³, tj. 3,3 % objemu místností. Hmotnostní aktivita radionuklidů:

$$\text{K-40: } 1000 \text{ Bq/kg} \quad \text{Ra-226: } 200 \text{ Bq/kg} \quad \text{Th-228: } 100 \text{ Bq/kg} \quad \text{index: } 1,50$$

Výpočet (tabulka 9):

$$E = 1000 \times 0,037 + 200 \times 0,45 + 100 \times 0,56 = 183 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$$

Příklad 12:

Materiál E – kamenivo použitelné výhradně pro stavby bez obytných nebo pobytových místností. Objemová hmotnost 2000 kg/m³, tloušťka 20 cm. Hmotnostní aktivita radionuklidů:

$$\text{K-40: } 1000 \text{ Bq/kg} \quad \text{Ra-226: } 800 \text{ Bq/kg} \quad \text{Th-228: } 200 \text{ Bq/kg} \quad \text{index: } 4,00$$

Výpočet (tabulka 10):

$$E = 1000 \times 0,056 + 800 \times 0,62 + 200 \times 0,81 - 64 = 650 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$$

Tabulka č. 6: Podklady pro odhad efektivní dávky – materiál A

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			pozadí (μSv/rok)
		K-40 F _K	Ra-226 F _{Ra}	Th-228 F _{Th}	
200	1	0.003	0.035	0.043	5
	2	0.006	0.069	0.086	9
	3	0.009	0.10	0.13	13
	4	0.012	0.14	0.17	18
	5	0.014	0.17	0.21	22
	6	0.017	0.20	0.25	26
	7	0.020	0.24	0.30	30
	8	0.023	0.27	0.34	33
	10	0.028	0.33	0.42	41
	12	0.033	0.40	0.49	48
	15	0.041	0.49	0.61	57
	20	0.053	0.63	0.79	72
	25	0.065	0.77	0.97	85
	30	0.076	0.90	1.13	97
	35	0.086	1.02	1.28	107
	40	0.096	1.14	1.43	116
	45	0.10	1.25	1.57	125
	50	0.11	1.35	1.70	133
55	0.12	1.45	1.82	140	
60	0.13	1.54	1.93	147	
500	1	0.007	0.087	0.11	11
	2	0.015	0.17	0.22	22
	3	0.022	0.26	0.32	32
	4	0.029	0.34	0.42	41
	5	0.036	0.42	0.53	49
	6	0.042	0.50	0.63	57
	7	0.049	0.58	0.73	65
	8	0.055	0.66	0.83	72
	10	0.068	0.81	1.02	85
	12	0.080	0.95	1.20	97
	15	0.097	1.16	1.46	112
	20	0.12	1.48	1.86	133
	25	0.15	1.76	2.21	150
	30	0.17	2.01	2.53	164
	35	0.19	2.22	2.81	175
	40	0.21	2.42	3.05	185
	45	0.22	2.59	3.27	193
	50	0.24	2.73	3.46	200
55	0.25	2.86	3.63	206	
60	0.26	2.98	3.78	211	

Tabulka č. 6: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			pozadí (μSv/rok)
		K-40 F _K	Ra-226 F _{Ra}	Th-228 F _{Th}	
1000	1	0.015	0.17	0.22	22
	2	0.029	0.34	0.43	41
	3	0.043	0.51	0.64	57
	4	0.056	0.67	0.84	72
	5	0.069	0.82	1.03	85
	6	0.082	0.97	1.22	97
	7	0.094	1.12	1.41	107
	8	0.11	1.26	1.58	116
	10	0.13	1.52	1.92	133
	12	0.15	1.77	2.23	147
	15	0.18	2.10	2.64	164
	20	0.22	2.55	3.22	185
	25	0.25	2.91	3.68	200
	30	0.28	3.18	4.04	211
	35	0.30	3.40	4.33	219
	40	0.32	3.56	4.55	225
	45	0.33	3.69	4.73	230
	50	0.34	3.79	4.87	233
55	0.35	3.87	4.98	236	
60	0.35	3.93	5.07	238	
1500	1	0.022	0.26	0.32	32
	2	0.043	0.51	0.64	57
	3	0.063	0.75	0.94	79
	4	0.082	0.98	1.23	97
	5	0.10	1.20	1.51	112
	6	0.12	1.41	1.77	125
	7	0.13	1.61	2.02	137
	8	0.15	1.79	2.26	147
	10	0.18	2.13	2.68	164
	12	0.21	2.42	3.06	177
	15	0.24	2.79	3.54	193
	20	0.28	3.26	4.14	211
	25	0.32	3.58	4.57	223
	30	0.34	3.80	4.87	230
	35	0.35	3.95	5.08	235
	40	0.37	4.05	5.23	238
	45	0.37	4.12	5.33	240
	50	0.38	4.17	5.41	242
55	0.38	4.20	5.46	243	
60	0.39	4.22	5.50	243	

Tabulka č. 6: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			pozadí (μSv/rok)
		K-40 F _K	Ra-226 F _{Ra}	Th-228 F _{Th}	F _P
2000	1	0.029	0.34	0.43	41
	2	0.056	0.67	0.84	72
	3	0.082	0.98	1.24	97
	4	0.11	1.28	1.61	116
	5	0.13	1.55	1.95	133
	6	0.15	1.80	2.27	147
	7	0.17	2.04	2.57	158
	8	0.19	2.25	2.84	168
	10	0.22	2.62	3.32	185
	12	0.25	2.93	3.72	197
	15	0.29	3.30	4.20	211
	20	0.33	3.71	4.75	225
	25	0.36	3.96	5.10	233
	30	0.37	4.11	5.31	238
	35	0.38	4.21	5.45	241
	40	0.39	4.26	5.54	242
	45	0.39	4.30	5.60	243
	50	0.39	4.32	5.64	244
55	0.40	4.33	5.66	244	
60	0.40	4.34	5.68	245	
2500	1	0.036	0.43	0.53	49
	2	0.069	0.83	1.04	85
	3	0.10	1.21	1.52	112
	4	0.13	1.56	1.96	133
	5	0.16	1.87	2.36	150
	6	0.18	2.16	2.72	164
	7	0.20	2.41	3.05	175
	8	0.22	2.64	3.34	185
	10	0.26	3.03	3.84	200
	12	0.29	3.33	4.23	211
	15	0.32	3.66	4.68	223
	20	0.36	4.00	5.15	233
	25	0.38	4.18	5.41	239
	30	0.39	4.28	5.56	242
	35	0.40	4.34	5.65	243
	40	0.40	4.36	5.70	244
	45	0.40	4.38	5.73	244
	50	0.40	4.39	5.75	245
55	0.40	4.39	5.76	245	
60	0.40	4.40	5.77	245	

Tabulka č. 6: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			pozadí (μSv/rok)
		K-40 F _K	Ra-226 F _{Ra}	Th-228 F _{Th}	F _P
3000	1	0.043	0.51	0.64	57
	2	0.082	0.99	1.24	97
	3	0.12	1.43	1.79	125
	4	0.15	1.82	2.29	147
	5	0.18	2.17	2.73	164
	6	0.21	2.47	3.12	177
	7	0.23	2.74	3.47	188
	8	0.25	2.97	3.77	197
	10	0.29	3.35	4.26	211
	12	0.32	3.63	4.63	221
	15	0.35	3.92	5.03	230
	20	0.38	4.19	5.41	238
	25	0.39	4.32	5.61	242
	30	0.40	4.38	5.71	243
	35	0.40	4.41	5.76	244
	40	0.40	4.42	5.79	245
	45	0.40	4.43	5.81	245
	50	0.41	4.43	5.82	245
55	0.41	4.43	5.82	245	
60	0.41	4.43	5.82	245	

Tabulka č. 7: Podklady pro odhad efektivní dávky – materiál B

objemová hmotnost (kg/m ³)	objem materiálu* (%)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		K-40	Ra-226	Th-228
		F _K	F _{Ra}	F _{Th}
200	1	0.001	0.017	0.022
	2	0.003	0.035	0.043
	3	0.004	0.052	0.065
	4	0.006	0.069	0.086
	5	0.007	0.086	0.11
	6	0.009	0.10	0.13
	7	0.010	0.12	0.15
	8	0.012	0.14	0.17
	9	0.013	0.15	0.19
	10	0.014	0.17	0.21
500	1	0.004	0.043	0.054
	2	0.007	0.087	0.11
	3	0.011	0.13	0.16
	4	0.015	0.17	0.21
	5	0.018	0.21	0.27
	6	0.022	0.26	0.32
	7	0.025	0.30	0.37
	8	0.029	0.34	0.42
	9	0.032	0.38	0.48
	10	0.035	0.42	0.53
1000	1	0.007	0.087	0.11
	2	0.015	0.17	0.22
	3	0.022	0.26	0.32
	4	0.029	0.34	0.43
	5	0.036	0.42	0.53
	6	0.043	0.51	0.63
	7	0.049	0.59	0.74
	8	0.056	0.67	0.84
	9	0.063	0.75	0.93
	10	0.069	0.82	1.03
1500	1	0.011	0.13	0.16
	2	0.022	0.26	0.32
	3	0.032	0.38	0.48
	4	0.043	0.51	0.64
	5	0.053	0.63	0.79
	6	0.063	0.75	0.94
	7	0.073	0.87	1.09
	8	0.082	0.98	1.23
	9	0.091	1.09	1.37
	10	0.10	1.20	1.51

Tabulka č. 7: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	objem materiálu* (%)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		K-40	Ra-226	Th-228
		F _K	F _{Ra}	F _{Th}
2000	1	0.015	0.17	0.22
	2	0.029	0.34	0.43
	3	0.043	0.51	0.64
	4	0.056	0.67	0.84
	5	0.070	0.83	1.04
	6	0.082	0.98	1.23
	7	0.095	1.13	1.42
	8	0.11	1.28	1.60
	9	0.12	1.41	1.78
	10	0.13	1.55	1.95
2500	1	0.018	0.22	0.27
	2	0.036	0.43	0.53
	3	0.053	0.63	0.79
	4	0.070	0.83	1.04
	5	0.086	1.02	1.28
	6	0.10	1.21	1.52
	7	0.12	1.38	1.74
	8	0.13	1.55	1.95
	9	0.14	1.71	2.16
	10	0.16	1.87	2.35
3000	1	0.022	0.26	0.32
	2	0.043	0.51	0.64
	3	0.063	0.75	0.94
	4	0.082	0.99	1.24
	5	0.10	1.21	1.52
	6	0.12	1.42	1.79
	7	0.14	1.62	2.04
	8	0.15	1.81	2.28
	9	0.17	1.99	2.51
	10	0.18	2.16	2.72

*Poznámka: objem materiálu použitého v místnosti je vyjádřen v procentech objemu místnosti. Pro běžné obytné místnosti 1 % odpovídá 0,5 m³ materiálu

Tabulka č. 8: Podklady pro odhad efektivní dávky – materiál C

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		K-40	Ra-226	Th-228
		F _K	F _{Ra}	F _{Th}
200	1	0.001	0.010	0.012
	2	0.002	0.019	0.024
	3	0.002	0.028	0.036
	4	0.003	0.038	0.047
	5	0.004	0.047	0.059
	6	0.005	0.056	0.070
	7	0.005	0.065	0.081
	8	0.006	0.074	0.092
	10	0.008	0.091	0.11
	12	0.009	0.11	0.14
	15	0.011	0.13	0.17
	20	0.015	0.17	0.22
	25	0.018	0.21	0.26
	30	0.021	0.25	0.31
	35	0.023	0.28	0.35
	40	0.026	0.31	0.39
	45	0.028	0.34	0.43
	50	0.031	0.37	0.46
55	0.033	0.39	0.49	
60	0.035	0.42	0.52	
500	1	0.002	0.024	0.030
	2	0.004	0.047	0.059
	3	0.006	0.071	0.088
	4	0.008	0.093	0.12
	5	0.010	0.12	0.15
	6	0.012	0.14	0.17
	7	0.013	0.16	0.20
	8	0.015	0.18	0.23
	10	0.019	0.22	0.28
	12	0.022	0.26	0.33
	15	0.027	0.32	0.40
	20	0.034	0.40	0.50
	25	0.040	0.48	0.60
	30	0.046	0.54	0.68
	35	0.051	0.60	0.75
	40	0.055	0.65	0.82
	45	0.059	0.69	0.87
	50	0.063	0.73	0.92
55	0.066	0.76	0.97	
60	0.069	0.79	1.00	

Tabulka č. 8: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		K-40	Ra-226	Th-228
		F _K	F _{Ra}	F _{Th}
1000	1	0.004	0.048	0.060
	2	0.008	0.094	0.12
	3	0.012	0.14	0.17
	4	0.015	0.18	0.23
	5	0.019	0.23	0.28
	6	0.022	0.27	0.34
	7	0.026	0.31	0.38
	8	0.029	0.34	0.43
	10	0.035	0.41	0.52
	12	0.040	0.48	0.60
	15	0.048	0.57	0.71
	20	0.058	0.68	0.86
	25	0.067	0.77	0.98
	30	0.074	0.84	1.07
	35	0.079	0.89	1.14
	40	0.083	0.93	1.20
	45	0.086	0.97	1.24
	50	0.089	0.99	1.27
	55	0.091	1.01	1.30
	60	0.092	1.02	1.32
1500	1	0.006	0.071	0.089
	2	0.012	0.14	0.18
	3	0.017	0.21	0.26
	4	0.022	0.27	0.34
	5	0.027	0.33	0.41
	6	0.032	0.38	0.48
	7	0.037	0.44	0.55
	8	0.041	0.49	0.61
	10	0.049	0.57	0.72
	12	0.055	0.65	0.82
	15	0.064	0.75	0.94
	20	0.075	0.86	1.10
	25	0.083	0.94	1.20
	30	0.089	0.99	1.27
	35	0.092	1.03	1.32
	40	0.095	1.05	1.36
	45	0.097	1.06	1.38
	50	0.098	1.08	1.40
	55	0.099	1.08	1.41
	60	0.100	1.09	1.42

Tabulka č. 8: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		K-40	Ra-226	Th-228
		F _K	F _{Ra}	F _{Th}
2000	1	0.008	0.094	0.12
	2	0.015	0.18	0.23
	3	0.023	0.27	0.34
	4	0.029	0.35	0.44
	5	0.035	0.42	0.53
	6	0.041	0.49	0.62
	7	0.046	0.55	0.69
	8	0.051	0.61	0.77
	10	0.060	0.70	0.89
	12	0.067	0.78	0.99
	15	0.076	0.87	1.11
	20	0.086	0.97	1.24
	25	0.093	1.03	1.33
	30	0.096	1.06	1.38
	35	0.099	1.08	1.41
	40	0.10	1.10	1.43
	45	0.10	1.10	1.44
	50	0.10	1.11	1.45
	55	0.10	1.11	1.45
	60	0.10	1.11	1.46
2500	1	0.010	0.12	0.15
	2	0.019	0.23	0.29
	3	0.028	0.33	0.42
	4	0.035	0.42	0.53
	5	0.043	0.51	0.64
	6	0.049	0.58	0.74
	7	0.055	0.65	0.82
	8	0.060	0.71	0.90
	10	0.069	0.80	1.02
	12	0.077	0.88	1.12
	15	0.085	0.96	1.23
	20	0.093	1.04	1.34
	25	0.098	1.08	1.40
	30	0.10	1.10	1.43
	35	0.10	1.11	1.45
	40	0.10	1.12	1.46
	45	0.10	1.12	1.47
	50	0.10	1.12	1.47
	55	0.10	1.13	1.48
	60	0.10	1.13	1.48

Tabulka č. 8: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		K-40	Ra-226	Th-228
		F _K	F _{Ra}	F _{Th}
3000	1	0.012	0.14	0.18
	2	0.023	0.27	0.34
	3	0.032	0.39	0.49
	4	0.041	0.49	0.62
	5	0.049	0.59	0.74
	6	0.056	0.66	0.84
	7	0.063	0.73	0.93
	8	0.068	0.79	1.00
	10	0.077	0.88	1.13
	12	0.084	0.95	1.22
	15	0.091	1.02	1.31
	20	0.098	1.08	1.40
	25	0.10	1.11	1.44
	30	0.10	1.12	1.47
	35	0.10	1.13	1.48
	40	0.10	1.13	1.48
	45	0.10	1.13	1.49
	50	0.10	1.13	1.49
55	0.10	1.13	1.49	
60	0.10	1.13	1.49	

Tabulka č. 9: Podklady pro odhad efektivní dávky – materiál D

objemová hmotnost (kg/m ³)	objem materiálu* (%)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		K-40	Ra-226	Th-228
		F _K	F _{Ra}	F _{Th}
200	1	0.001	0.016	0.019
	2	0.003	0.031	0.038
	3	0.004	0.046	0.057
	4	0.005	0.060	0.076
	5	0.006	0.075	0.094
	6	0.008	0.089	0.11
	7	0.009	0.10	0.13
	8	0.010	0.12	0.15
	9	0.011	0.13	0.16
	10	0.012	0.14	0.18
500	1	0.003	0.039	0.048
	2	0.006	0.076	0.096
	3	0.010	0.11	0.14
	4	0.013	0.15	0.19
	5	0.015	0.18	0.23
	6	0.018	0.22	0.27
	7	0.021	0.25	0.31
	8	0.023	0.28	0.35
	9	0.026	0.31	0.39
	10	0.028	0.34	0.42
1000	1	0.006	0.077	0.096
	2	0.013	0.15	0.19
	3	0.018	0.22	0.28
	4	0.024	0.29	0.36
	5	0.029	0.35	0.44
	6	0.034	0.40	0.51
	7	0.039	0.46	0.58
	8	0.043	0.51	0.64
	9	0.047	0.55	0.70
	10	0.050	0.59	0.75
1500	1	0.010	0.11	0.14
	2	0.019	0.22	0.28
	3	0.027	0.32	0.40
	4	0.034	0.41	0.52
	5	0.041	0.49	0.62
	6	0.047	0.56	0.71
	7	0.053	0.62	0.79
	8	0.058	0.68	0.86
	9	0.063	0.73	0.92
	10	0.067	0.77	0.98

Tabulka č. 9: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	objem materiálu* (%)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		K-40	Ra-226	Th-228
		F _K	F _{Ra}	F _{Th}
2000	1	0.013	0.15	0.19
	2	0.024	0.29	0.36
	3	0.034	0.41	0.52
	4	0.044	0.52	0.65
	5	0.052	0.61	0.77
	6	0.059	0.69	0.87
	7	0.065	0.75	0.95
	8	0.070	0.80	1.02
	9	0.074	0.85	1.08
	10	0.078	0.89	1.13
2500	1	0.016	0.19	0.24
	2	0.030	0.35	0.45
	3	0.042	0.50	0.63
	4	0.052	0.61	0.77
	5	0.061	0.71	0.90
	6	0.068	0.79	1.00
	7	0.074	0.85	1.08
	8	0.079	0.89	1.14
	9	0.083	0.93	1.19
	10	0.086	0.96	1.23
3000	1	0.019	0.22	0.28
	2	0.035	0.42	0.52
	3	0.048	0.57	0.72
	4	0.059	0.69	0.88
	5	0.068	0.79	1.00
	6	0.075	0.86	1.10
	7	0.081	0.92	1.17
	8	0.085	0.96	1.23
	9	0.088	0.99	1.27
	10	0.091	1.01	1.31

*Poznámka: objem materiálu je vyjádřen v procentech celkového objemu obytných nebo obytných místností ve stavbě. Pro běžné stavby s obytnými místnostmi 1 % odpovídá 1,5 m³ materiálu

Tabulka č. 10: Podklady pro odhad efektivní dávky – materiál E

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			pozadí (μSv/rok)
		K-40 F _K	Ra-226 F _{Ra}	Th-228 F _{Th}	F _P
200	1	0.002	0.022	0.028	1
	2	0.003	0.039	0.050	3
	3	0.005	0.055	0.069	4
	4	0.006	0.068	0.086	5
	5	0.007	0.081	0.10	6
	6	0.008	0.093	0.12	7
	7	0.009	0.10	0.13	8
	8	0.010	0.12	0.15	10
	10	0.012	0.14	0.17	12
	12	0.013	0.15	0.20	14
	15	0.015	0.18	0.23	16
	20	0.019	0.22	0.28	21
	25	0.022	0.25	0.32	24
	30	0.024	0.28	0.36	28
	35	0.026	0.31	0.39	31
	40	0.029	0.33	0.42	33
	45	0.031	0.35	0.45	36
	50	0.032	0.37	0.47	38
55	0.034	0.39	0.50	40	
60	0.036	0.41	0.52	42	
500	1	0.004	0.048	0.061	3
	2	0.007	0.083	0.10	6
	3	0.009	0.11	0.14	9
	4	0.012	0.14	0.17	12
	5	0.014	0.16	0.20	14
	6	0.016	0.18	0.23	16
	7	0.017	0.20	0.26	19
	8	0.019	0.22	0.28	21
	10	0.022	0.25	0.32	24
	12	0.024	0.28	0.36	28
	15	0.028	0.32	0.41	32
	20	0.033	0.38	0.48	38
	25	0.037	0.42	0.54	43
	30	0.040	0.45	0.58	47
	35	0.043	0.48	0.62	50
	40	0.045	0.51	0.65	53
	45	0.047	0.53	0.68	55
	50	0.049	0.55	0.70	57
55	0.050	0.56	0.72	59	
60	0.051	0.57	0.74	60	

Tabulka č. 10: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			pozadí (μSv/rok)
		K-40 F _K	Ra-226 F _{Ra}	Th-228 F _{Th}	
1000	1	0.007	0.084	0.11	6
	2	0.012	0.14	0.18	12
	3	0.016	0.19	0.23	16
	4	0.019	0.22	0.28	21
	5	0.022	0.26	0.33	24
	6	0.025	0.29	0.37	28
	7	0.027	0.31	0.40	31
	8	0.029	0.34	0.43	33
	10	0.033	0.38	0.49	38
	12	0.036	0.42	0.53	42
	15	0.040	0.46	0.59	47
	20	0.045	0.51	0.66	53
	25	0.049	0.55	0.71	57
	30	0.052	0.58	0.75	60
	35	0.054	0.60	0.78	63
	40	0.055	0.61	0.80	64
	45	0.056	0.63	0.81	66
	50	0.057	0.63	0.83	67
55	0.058	0.64	0.83	67	
60	0.059	0.64	0.84	68	
1500	1	0.010	0.11	0.14	9
	2	0.016	0.19	0.24	16
	3	0.021	0.24	0.31	22
	4	0.025	0.29	0.37	28
	5	0.028	0.33	0.42	32
	6	0.031	0.36	0.46	36
	7	0.034	0.39	0.50	39
	8	0.036	0.42	0.54	42
	10	0.040	0.46	0.59	47
	12	0.043	0.50	0.64	51
	15	0.047	0.54	0.69	55
	20	0.052	0.58	0.75	60
	25	0.055	0.61	0.79	64
	30	0.057	0.63	0.82	66
	35	0.058	0.64	0.84	67
	40	0.059	0.65	0.85	68
	45	0.059	0.65	0.86	69
	50	0.060	0.66	0.86	69
55	0.060	0.66	0.87	69	
60	0.060	0.66	0.87	70	

Tabulka č. 10: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			pozadí (μSv/rok)
		K-40 F _K	Ra-226 F _{Ra}	Th-228 F _{Th}	F _P
2000	1	0.012	0.14	0.18	12
	2	0.019	0.23	0.29	21
	3	0.025	0.29	0.37	28
	4	0.029	0.34	0.44	33
	5	0.033	0.39	0.49	38
	6	0.036	0.42	0.54	42
	7	0.039	0.45	0.58	45
	8	0.042	0.48	0.61	48
	10	0.045	0.52	0.67	53
	12	0.049	0.55	0.71	56
	15	0.052	0.59	0.76	60
	20	0.056	0.62	0.81	64
	25	0.058	0.64	0.83	67
	30	0.059	0.65	0.85	68
	35	0.060	0.66	0.86	69
	40	0.060	0.66	0.87	69
	45	0.060	0.66	0.87	70
	50	0.061	0.67	0.88	70
55	0.061	0.67	0.88	70	
60	0.061	0.67	0.88	70	
2500	1	0.014	0.17	0.21	14
	2	0.022	0.26	0.33	24
	3	0.028	0.33	0.42	32
	4	0.033	0.39	0.49	38
	5	0.037	0.43	0.55	43
	6	0.040	0.47	0.60	47
	7	0.043	0.50	0.64	50
	8	0.046	0.52	0.67	53
	10	0.049	0.56	0.72	57
	12	0.052	0.59	0.76	60
	15	0.055	0.62	0.80	64
	20	0.058	0.64	0.84	67
	25	0.059	0.66	0.86	68
	30	0.060	0.66	0.87	69
	35	0.060	0.67	0.88	69
	40	0.061	0.67	0.88	70
	45	0.061	0.67	0.88	70
	50	0.061	0.67	0.88	70
55	0.061	0.67	0.88	70	
60	0.061	0.67	0.88	70	

Tabulka č. 10: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			pozadí (μSv/rok)
		K-40 F _K	Ra-226 F _{Ra}	Th-228 F _{Th}	F _P
3000	1	0.016	0.19	0.24	16
	2	0.025	0.29	0.37	28
	3	0.031	0.37	0.47	36
	4	0.037	0.42	0.54	42
	5	0.041	0.47	0.60	47
	6	0.044	0.50	0.65	51
	7	0.047	0.53	0.69	54
	8	0.049	0.56	0.72	56
	10	0.052	0.59	0.76	60
	12	0.055	0.61	0.80	63
	15	0.057	0.64	0.83	66
	20	0.059	0.66	0.86	68
	25	0.060	0.67	0.87	69
	30	0.061	0.67	0.88	70
	35	0.061	0.67	0.88	70
	40	0.061	0.67	0.88	70
	45	0.061	0.67	0.89	70
	50	0.061	0.67	0.89	70
55	0.061	0.67	0.89	70	
60	0.061	0.67	0.89	70	

9.3. Příloha 3: Optimalizační postupy

Dále uvedené postupy jsou určeny pro rozhodování o opatřeních na snížení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu – zda je takové opatření nezbytné ve smyslu požadavků zákona (viz část 3.1, bod 2 a část 7.2.1 tohoto doporučení) a kterou variantu zvolit jako optimální z hlediska radiační ochrany. Použijí se v situacích, kdy index hmotnostní aktivity převyšuje směrnou hodnotu (tabulka č. 2), současně efektivní dávka ze zevního ozáření stanovená postupem podle Přílohy 2 převyšuje úroveň 0,3 mSv/rok a kdy současně hmotnostní aktivita radionuklidu ^{226}Ra nepřevyšuje mezní hodnotu (tabulka č. 1). Jsou založeny na porovnání očekávaných nákladů na realizaci opatření a jejich přínosu spojeného se snížením rizika z radionuklidů přítomných ve stavebním materiálu.

Provede se výběr možných opatření na snížení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu a odhad nákladů potřebných pro jejich realizaci. Zvažují se taková opatření, která umožní snížit obsah přírodních radionuklidů ve výrobku, například:

- náhrada suroviny odpovědné za zvýšený obsah přírodních radionuklidů nebo změna jejího zastoupení ve výrobku
- výběr (třídění) základní suroviny, pokud tato složka je odpovědná za zvýšený obsah přírodních radionuklidů ve výrobku a pokud doplňujícím měřením byla zjištěna její nehomogenita
- náhrada dováženého materiálu jiným dováženým materiálem téhož druhu s nižším obsahem přírodních radionuklidů

Za optimalizační opatření se nepovažuje zastavení výroby nebo dovozu stavebního materiálu nebo takové opatření, které by vedlo ke zhoršení užitných vlastností výrobku. Odhad nákladů se provede běžnými ekonomickými postupy a vyčíslí se v Kč na m^3 vyrobeného nebo dovezeného materiálu. Do nákladů je třeba zahrnout všechny položky, které jsou nezbytné pro realizaci daného opatření.

Pro každé z možných opatření se odhadne očekávaný přínos z jeho případné realizace. Hodnota přínosu opatření P (v Kč na m^3 vyrobeného nebo dovezeného stavebního materiálu) se stanoví s použitím vztahu:

$$P (\text{Kč}/\text{m}^3) = f_K \cdot \Delta a_K + f_{\text{Th}} \cdot \Delta a_{\text{Th}} + (f_{\text{Ra}} + f_{\text{Rn}} \cdot k_{\text{Rn}}) \cdot \Delta a_{\text{Ra}} \quad (16)$$

kde značí	Δa_K	očekávanou změnu hmotnostní aktivity K-40 ve výrobku (Bq/kg)
	Δa_{Th}	očekávanou změnu hmotnostní aktivity Th-228 ve výrobku (Bq/kg)
	Δa_{Ra}	očekávanou změnu hmotnostní aktivity Ra-226 ve výrobku (Bq/kg)
	k_{Rn}	koeficient emanace radonu z výrobku (%)
	f_K	přínos opatření ze snížení hmotnostní aktivity K-40 (tabulka č. 12)
	f_{Th}	přínos opatření ze snížení hmotnostní aktivity Th-228 (tabulka č. 12)
	f_{Ra}	přínos opatření ze snížení hmotnostní aktivity Ra-226 (tabulka č. 12)
	f_{Rn}	přínos opatření ze snížení emise radonu (tabulka č. 12)

Poznámka 1: Hodnoty přínosu opatření uvedené v tabulce č. 12 byly odvozeny pro materiály používané ke stavbě obytných místností (např. zdivo, vnitřní obklady, dlažba nebo omítky). Pokud materiál je používán pro jiné účely (vně obytných místností, ve stavbách bez obytných místností), bude použití hodnot podle této tabulky nadhodnocovat skutečný přínos opatření. V těchto případech je třeba postupovat podle konkrétní situace – provést výpočet kolektivní efektivní dávky pro dané použití stavebního materiálu a odhadnout přínos spojený s možným snížením obsahu přírodních radionuklidů.

Poznámka 2: Koeficient emanace radonu z výrobku k_{Rn} se stanoví měřením nebo se odečte z tabulky č. 11.

Pokud u všech uvažovaných opatření náklady převyšují očekávaný přínos **P**, opatření na snížení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu není odůvodněné čistým přínosem a nemusí se provádět.

Pokud u některých zvažovaných opatření náklady na jejich realizaci nepřevyšují reálný přínos **P**, opatření na snížení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu je odůvodněné čistým přínosem a musí být realizováno. Pokud je ve výběru více takových opatření, zvolí se jako optimální (z hlediska radiační ochrany) takové, pro které je rozdíl očekávaného přínosu a nákladů největší.

Příklad 13:

U betonu používaného pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi byl zjištěn obsah přírodních radionuklidů:

$$a_K = 350 \text{ Bq/kg} \quad a_{Th} = 50 \text{ Bq/kg} \quad a_{Ra} = 65 \text{ Bq/kg}$$

a tomu odpovídající hodnota indexu hmotnostní aktivity $I = 0,58$. Materiál má objemovou hmotnost 2000 kg/m^3 , obvyklá tloušťka materiálu ve stavbě je 20 cm.

Doplňujícím měřením byl stanoven koeficient emanace radonu z materiálu $k_{Rn} = 11 \%$ a jako složka odpovědná za zvýšenou radioaktivitu betonu bylo identifikováno používané kamenivo. Hmotnostní podíl kameniva v betonu činí 60 % a obsah přírodních radionuklidů v kamenivu je:

$$a_K = 450 \text{ Bq/kg} \quad a_{Th} = 60 \text{ Bq/kg} \quad a_{Ra} = 80 \text{ Bq/kg}$$

Uvažované opatření: Pro výrobu betonu použít kamenivo z jiného zdroje, které pro daný účel vyhovuje a má obsah přírodních radionuklidů:

$$a_K = 500 \text{ Bq/kg} \quad a_{Th} = 35 \text{ Bq/kg} \quad a_{Ra} = 38 \text{ Bq/kg}$$

Výpočet obsahu přírodních radionuklidů v betonu po provedení opatření:

$$a_K = 350 + 0,6 \cdot (500 - 450) = 380 \text{ Bq/kg}$$

$$a_{Th} = 50 + 0,6 \cdot (35 - 60) = 35 \text{ Bq/kg}$$

$$a_{Ra} = 65 + 0,6 \cdot (38 - 80) = 40 \text{ Bq/kg}$$

Načtení podkladů pro odhad přínosu z tabulky č. 12 (pro objemovou hmotnost 2000 kg na m^3 a pro tloušťku materiálu 20 cm):

$$f_K = 0,457 \quad f_{Th} = 6,61 \quad f_{Ra} = 5,17 \quad f_{Rn} = 1,79$$

Odhad přínosu uvažovaného opatření:

$$P = 0,457 \cdot (350 - 380) + 6,61 \cdot (50 - 35) + (5,17 + 1,79 \cdot 11) \cdot (65 - 40)$$

$$P = -0,457 \cdot 30 + 6,61 \cdot 15 + 24,86 \cdot 25 = 707 \text{ Kč/m}^3$$

Příklad 14:

U cihelných výrobků používaných pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi byl zjištěn obsah přírodních radionuklidů:

$$a_K = 600 \text{ Bq/kg} \quad a_{Th} = 60 \text{ Bq/kg} \quad a_{Ra} = 80 \text{ Bq/kg}$$

a tomu odpovídající hodnota indexu hmotnostní aktivity $I = 0,77$. Materiál má objemovou hmotnost 1000 kg/m^3 , obvyklá tloušťka materiálu ve stavbě je 40 cm.

Doplňujícím měřením byl stanoven koeficient emanace radonu z materiálu $k_{Rn} = 2 \%$ a jako složka odpovědná za zvýšenou radioaktivitu výrobku byl identifikován používaný popílek. Hmotnostní podíl popílku ve výrobku činí 10 % a obsah přírodních radionuklidů v popílku je:

$$a_K = 450 \text{ Bq/kg} \quad a_{Th} = 200 \text{ Bq/kg} \quad a_{Ra} = 300 \text{ Bq/kg}$$

Uvažované opatření: Pro výrobu cihel použít popílek z jiného zdroje, který pro daný účel vyhovuje a má obsah přírodních radionuklidů:

$$a_K = 400 \text{ Bq/kg} \quad a_{Th} = 80 \text{ Bq/kg} \quad a_{Ra} = 100 \text{ Bq/kg}$$

Výpočet obsahu přírodních radionuklidů ve výrobku po provedení opatření:

$$a_K = 600 + 0,1 \cdot (400 - 450) = 595 \text{ Bq/kg}$$

$$a_{Th} = 60 + 0,1 \cdot (80 - 200) = 48 \text{ Bq/kg}$$

$$a_{Ra} = 80 + 0,1 \cdot (100 - 300) = 60 \text{ Bq/kg}$$

Načtení podkladů pro odhad přínosu z tabulky č. 12 (pro objemovou hmotnost 1000 kg na m³ a pro tloušťku materiálu 40 cm):

$$f_K = 0,222 \quad f_{Th} = 3,20 \quad f_{Ra} = 2,51 \quad f_{Rn} = 0,709$$

Odhad přínosu uvažovaného opatření:

$$P = 0,222 \cdot (600 - 595) + 3,20 \cdot (60 - 48) + (2,51 + 0,709 \cdot 2) \cdot (80 - 60)$$

$$P = 0,222 \cdot 5 + 3,20 \cdot 12 + 3,93 \cdot 20 = 118 \text{ Kč/m}^3$$

Tabulka č. 11:

Průměrné hodnoty koeficientu emanace pro některé materiály [O6]

stavební materiál	koeficient emanace (%)
stavební kámen	10,9
cihly	1,5
beton	22,5
pórobeton	26,0
škvárobeton	5,7
malty	13,2
omítky	6,6
písek	14,5
popílek, škvára	2,0

Tabulka č. 12: Podklady pro odhad přínosu opatření

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	přínos opatření (Kč/m ³ na Bq/kg)			
		f _K	f _{Th}	f _{Ra}	f _{Rn}
200	1	0,081	1,19	0,954	0,197
	10	0,078	1,15	0,922	0,192
	20	0,074	1,11	0,882	0,179
	30	0,070	1,05	0,837	0,161
	40	0,067	0,996	0,794	0,142
	50	0,063	0,946	0,753	0,124
	60	0,060	0,898	0,714	0,109
500	1	0,202	2,99	2,39	0,492
	10	0,187	2,82	2,25	0,480
	20	0,171	2,60	2,07	0,446
	30	0,158	2,36	1,87	0,402
	40	0,144	2,14	1,69	0,354
	50	0,132	1,94	1,53	0,311
	60	0,121	1,76	1,39	0,273
1000	1	0,402	5,98	4,78	0,984
	5	0,350	4,74	3,88	0,978
	10	0,355	5,33	4,24	0,959
	15	0,328	4,90	3,89	0,930
	20	0,304	4,50	3,56	0,893
	25	0,279	4,11	3,24	0,849
	30	0,260	3,79	2,99	0,803
	35	0,240	3,48	2,74	0,756
	40	0,222	3,20	2,51	0,709
	45	0,206	2,96	2,31	0,664
	50	0,191	2,74	2,14	0,622
	55	0,178	2,55	1,98	0,582
	60	0,166	2,37	1,84	0,546
1500	1	0,602	8,93	7,13	1,48
	5	0,460	7,17	5,69	1,47
	10	0,501	7,48	5,94	1,44
	15	0,446	6,59	5,21	1,40
	20	0,396	5,77	4,54	1,34
	25	0,350	5,07	3,97	1,27
	30	0,319	4,60	3,59	1,20
	35	0,286	4,11	3,20	1,13
	40	0,258	3,70	2,87	1,06
	45	0,235	3,35	2,59	0,996
	50	0,214	3,06	2,36	0,932
	55	0,196	2,81	2,16	0,873
	60	0,181	2,59	1,99	0,818

Tabulka č. 12: pokračování

objemová hmotnost (kg/m ³)	tloušťka materiálu (cm)	přínos opatření (Kč/m ³ na Bq/kg)			
		f _K	f _{Th}	f _{Ra}	f _{Rn}
2000	1	0,798	11,9	9,53	1,97
	5	0,643	9,07	7,42	1,96
	10	0,625	9,28	7,35	1,92
	15	0,535	7,82	6,16	1,86
	20	0,457	6,61	5,17	1,79
	25	0,392	5,64	4,39	1,70
	30	0,352	5,05	3,92	1,61
	35	0,310	4,44	3,43	1,51
	40	0,276	3,94	3,04	1,42
	45	0,247	3,54	2,72	1,33
	50	0,224	3,20	2,46	1,24
	55	0,204	2,92	2,24	1,16
60	0,187	2,69	2,06	1,09	
2500	1	1,01	14,8	11,9	2,46
	5	0,736	11,1	8,68	2,44
	10	0,731	10,8	8,50	2,40
	15	0,603	8,73	6,84	2,33
	20	0,499	7,16	5,57	2,23
	25	0,418	5,99	4,63	2,12
	30	0,371	5,31	4,10	2,01
	35	0,323	4,62	3,56	1,89
	40	0,284	4,08	3,13	1,77
	45	0,254	3,64	2,79	1,66
	50	0,229	3,29	2,52	1,55
	55	0,208	2,99	2,29	1,46
60	0,191	2,74	2,10	1,36	
3000	1	1,19	17,7	14,1	2,95
	5	0,809	13,1	10,1	2,93
	10	0,819	12,0	9,42	2,88
	15	0,652	9,39	7,32	2,79
	20	0,526	7,53	5,84	2,68
	25	0,434	6,20	4,78	2,55
	30	0,382	5,48	4,21	2,41
	35	0,330	4,74	3,63	2,27
	40	0,289	4,16	3,19	2,13
	45	0,258	3,71	2,84	1,99
	50	0,232	3,34	2,55	1,86
	55	0,211	3,04	2,32	1,75
60	0,193	2,79	2,13	1,64	

9.4. Příloha 4: Kontakt na inspektory SÚJB

územní působnost (okres)	sídlo, adresa	telefon
Ostrava-město, Frýdek-Místek, Karviná, Opava, Nový Jičín, Olomouc, Šumperk, Jeseník, Bruntál, Přerov, Vsetín	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Syllabova 21, 703 00 Ostrava 3	596782934
hl.m.Praha, Benešov, Beroun, Kladno, Kolín, Kutná Hora, Mělník, Mladá Boleslav, Nymburk, Praha-východ, Praha-západ, Příbram, Rakovník	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Senovážné nám. 9, 110 00 Praha 1	221 624 111
České Budějovice, Český Krumlov, Jindřichův Hradec, Pelhřimov, Tábor, Písek, Strakonice, Prachatice	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, poštovní schránka 10, 370 07 České Budějovice	389502711
Plzeň-město, Plzeň-sever, Plzeň-jih, Rokycany, Klatovy, Domažlice, Tachov, Karlovy Vary, Cheb, Sokolov	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Klatovská 200f, 320 11 Plzeň	378402715
Ústí nad Labem, Teplice, Most, Chomutov, Litoměřice, Děčín, Louny, Česká Lípa, Liberec, Jablonec	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Habrovice 52, 403 40 Ústí n. L.	417662711
Semily, Trutnov, Jičín, Náchod, Hradec Králové, Rychnov nad Kněžnou, Pardubice, Chrudim, Havlíčkův Brod, Svitavy, Ústí nad Orlicí	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Piletice 57, 500 03 Hradec Králové	495211471
Blansko, Brno-město, Brno-venkov, Vyškov, Prostějov, Kroměříž, Zlín, Břeclav, Hodonín, Uher. Hradiště, Jihlava, Třebíč, Žďár nad Sázavou, Znojmo	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Tř. kpt. Jaroše 5, 602 00 Brno	515902771

9.5. Příloha 5: Informace pro objednatele měření

Informace pro výrobce a dovozce stavebních materiálů s obsahem přírodních radionuklidů převyšujícím směrnou nebo mezní hodnotu

Požadavky na měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu jsou stanoveny v § 6 odst. 6 zákona č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů takto:

Výrobci a dovozci stavebních materiálů jsou povinni zajistit systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů a v rozsahu stanoveném prováděcím právním předpisem vést o výsledcích evidenci a oznamovat tyto údaje Úřadu. Výsledky měření jsou povinni výrobci a dovozci na vyžádání poskytnout veřejnosti. Stavební materiál se nesmí uvádět do oběhu, pokud

1. obsah přírodních radionuklidů překročí mezní hodnoty stanovené prováděcím právním předpisem, nebo
2. obsah přírodních radionuklidů překročí směrné hodnoty stanovené prováděcím právním předpisem, s výjimkou případů, kdy náklady spojené se zásahem ke snížení obsahu radionuklidů by byly prokazatelně vyšší než rizika zdravotní újmy.

Směrné a mezní hodnoty obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech stanoví prováděcí předpis - vyhláška č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů v § 96 a v tabulkách č. 1, 2 a 3 přílohy č. 10.

Podrobnosti k provádění systematického měření a hodnocení a zásady postupu v případě překročení směrné nebo mezní hodnoty jsou uvedeny v Doporučení SÚJB Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech, 2009, které je dostupné na internetové adrese www.sujb.cz v sekci Radiační ochrana/Dokumenty a publikace/Publikace SÚJB/vydáno v roce 2009.

Měřením bylo ve vzorku Vámi vyráběného nebo dováženého stavebního materiálu zjištěno překročení směrné nebo mezní hodnoty. Tato situace vyžaduje řešení dle zásad uvedených v kapitole 7. Postup při překročení směrné nebo mezní hodnoty shora uvedeného Doporučení SÚJB.

9.6. Příloha 6: Záznam o odběru vzorku (vzor)

Formulář záznamu o odběru vzorku ve formátu MS Word je k dispozici ke stažení na stránkách www.sujb.cz v sekci Dokumenty a publikace/Publikace SÚJB (www.sujb.cz/docs/odber_SM.doc)

Záznam o odběru vzorku vyráběného stavebního materiálu pro potřeby systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů

identifikace výrobce (název, adresa)	
identifikace materiálu (název, bližší specifikace)	
druh materiálu	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> cihly a jiné stavební výrobky z pálené hlíny<input type="checkbox"/> stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna<input type="checkbox"/> stavební výrobky z pórobetonu a škvárobetonu<input type="checkbox"/> stavební kámen<input type="checkbox"/> stavební výrobky z přírodního a umělého kamene,<input type="checkbox"/> umělé kamenivo<input type="checkbox"/> keramické obkladačky a dlaždice<input type="checkbox"/> písek, štěrk, kamenivo a jíly<input type="checkbox"/> popílek, škvára, struska, sádrovec vznikající v průmyslových procesech, hlušina a kaly pro stavební účely, stavební výrobky z nich jinde neuvedené<input type="checkbox"/> materiály z odvalů, výsypek a odkališť pro stavební účely kromě radiačních činností<input type="checkbox"/> cement, vápno, sádra
určené použití materiálu	<ul style="list-style-type: none"><input type="checkbox"/> stavba zdí stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi<input type="checkbox"/> ostatní použití ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi<input type="checkbox"/> použití jiné než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi<input type="checkbox"/> použití výhradně jako surovina pro výrobu stavebních materiálů
datum nebo období výroby	

vzorkovaného materiálu	
------------------------	--

místo a datum odběru vzorku	
způsob odběru vzorku	<input type="checkbox"/> jednorázový (bodový) odběr <input type="checkbox"/> směsný vzorek z denní výroby <input type="checkbox"/> směsný vzorek za delší období
kdo vzorek odebral (jméno, firma)	
další osoba přítomná u odběru (jméno firma)	
použitý způsob úpravy vzorku	<input type="checkbox"/> drcení <input type="checkbox"/> sušení <input type="checkbox"/> homogenizace <input type="checkbox"/> jiný – uveďte
identifikace měřící laboratoře	
datum předání vzorku do laboratoře	
další údaje vztahující se k odběru a měření vzorku	
podpis odebírající osoby	
podpis další osoby přítomné u odběru	

Záznam o odběru vzorku dováženého stavebního materiálu pro potřeby systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů

<p>identifikace dovozce (název, adresa)</p>	
<p>identifikace materiálu (název, bližší specifikace, země původu)</p>	
<p>druh materiálu</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> cihly a jiné stavební výrobky z pálené hlíny <input type="checkbox"/> stavební výrobky z betonu, sádry, cementu a vápna <input type="checkbox"/> stavební výrobky z pórobetonu a škvárobetonu <input type="checkbox"/> stavební kámen <input type="checkbox"/> stavební výrobky z přírodního a umělého kamene, <input type="checkbox"/> umělé kamenivo <input type="checkbox"/> keramické obkladačky a dlaždice <input type="checkbox"/> písek, štěrk, kamenivo a jíly <input type="checkbox"/> popílek, škvára, struska, sádrovec vznikající v průmyslových procesech, hlušina a kaly pro stavební účely, stavební výrobky z nich jinde neuvedené <input type="checkbox"/> materiály z odvalů, výsypek a odkališť pro stavební účely kromě radiačních činností <input type="checkbox"/> cement, vápno, sádra
<p>určené použití materiálu</p>	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> stavba zdí stropů a podlah ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi <input type="checkbox"/> ostatní použití ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi <input type="checkbox"/> použití jiné než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi <input type="checkbox"/> použití výhradně jako surovina pro výrobu stavebních materiálů
<p>datum nebo období dovozu vzorkovaného materiálu</p>	

místo a datum odběru vzorku	
způsob odběru vzorku	<input type="checkbox"/> jednorázový (bodový) odběr <input type="checkbox"/> směsný vzorek z jednoho dovozu <input type="checkbox"/> směsný vzorek z více dovozů
kdo vzorek odebral (jméno, firma)	
další osoba přítomná u odběru (jméno firma)	
použitý způsob úpravy vzorku	<input type="checkbox"/> drcení <input type="checkbox"/> sušení <input type="checkbox"/> homogenizace <input type="checkbox"/> jiný – uveďte
identifikace měřící laboratoře	
datum předání vzorku do laboratoře	
další údaje vztahující se k odběru a měření vzorku	
podpis odebírající osoby	
podpis další osoby přítomné u odběru	