

DOPORUČENÍ SÚJB

bezpečné využívání jaderné energie a ionizujícího záření

Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu

radiační ochrana

DR-RO-5.2(Rev. 0.0)

HISTORIE REVIZÍ

Revize č.	Účinnost od	Garant	Popis či komentář změny
0.0	1.11.2017	RNDr. Ženatá	Nově zpracované doporučení

Radiační ochrana

Doporučení MĚŘENÍ A HODNOŠENÍ OBSAHU PŘÍRODNÍH RADIONUKLIDŮ VE STAVEBNÍM MATERIÁLU

DR-RO-5.2(Rev. 0.0)

Vydal: Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Praha, listopad 2017

Č. j.: SÚJB/OS/18895/2017

Účelová publikace bez jazykové úpravy, připomínky směřujte na adresu:

pripominky_doporuceni@sujb.cz

Předmluva

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, stanoví v § 101 odst. 1 podmínky, za jakých může být stavební materiál dodáván na trh v ČR a v odstavci 2 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. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje. Důvodem uvedených ustanovení je regulovat ozáření obyvatel z přírodních zdrojů ionizujícího záření přítomných ve stavebních materiálech na úroveň optimalizovanou z hlediska radiační ochrany.

Doporučení „Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu“ uvádí postupy k provádění systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu a zásady postupu při překročení referenční úrovně a hodnoty indexu hmotnostní aktivity. Je zejména určeno pro držitele povolení k měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu 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.

Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu je podle § 9 odst. 2 písm. h) zákona č. 263/2016 Sb. zařazeno mezi služby významné z hlediska radiační ochrany, k jejichž provádění je třeba povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

Při zpracování tohoto Doporučení byly zohledněny zkušenosti pracovníků Státního úřadu pro jadernou bezpečnost a Státního ústavu radiační ochrany v.v.i. z kontrolní 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 březnu 2009 pod stejným názvem. Bylo zpracováno Státním ústavem radiační ochrany v.v.i. v úzké spolupráci se Státním úřadem pro jadernou bezpečnost v průběhu roku 2017. Připomínky uživatelů Doporučení k jeho obsahu jsou vítány.

Ing. Karla Petrová
ředitelka sekce radiační ochrany

Obsah

1. Úvod	6
2. Názvosloví a zkratky	6
2.1. Názvosloví.....	6
2.2. Zkratky	7
3. Legislativa	7
3.1. Atomový zákon	7
3.2. Prováděcí předpis	8
3.3. Komentář k požadavkům zákona a vyhlášky	10
4. Rozsah měření	13
5. Odběr a úprava vzorků	13
6. Měření vzorků	13
6.1. Postup měření	14
6.1.1. Metody měření	14
6.1.2. Zpracování výsledků	15
6.1.3. Výpočet indexu hmotnostní aktivity	15
6.1.4. Vyjadřování výsledků	16
6.2. Hodnocení výsledků	17
6.2.1. Index hmotnostní aktivity – příklady	17
6.3. Protokol o měření	19
7. Postup při překročení indexu hmotnostní aktivity $I = 1$ a referenční úrovně.....	20
7.1. Zásady postupu při překročení indexu hmotnostní aktivity $I = 1$	20
7.2. Stanovení efektivní dávky	21
7.3. Postup při překročení referenční úrovně, povolení k dodávání SM na trh	21
7.3.1. Postupy optimalizace.....	22
8. Související dokumenty, seznam příloh.....	22
8.1. Zákony a vyhlášky	22
8.2. Technické normy	23
8.3. Ostatní dokumenty	23
8.4. Seznam příloh.....	23
9. Přílohy	24
9.1. Příloha 1 Výpočetní postupy ve spektrometrii gama.....	24
9.1.1. Scintilační spektrometrie gama	24
9.1.2. Polovodičová spektrometrie gama	25
9.1.3. Podklady pro odhad nejistoty měření.....	28
9.2. Příloha 2 Výpočet efektivní dávky ze zevního ozáření	29
9.3. Příloha 3 Cost-benefit analýza	44
9.4. Příloha 4 Kontakt na inspektory SÚJB	50
9.5. Příloha 5 Informace pro objednatele měření.....	51
9.6. Příloha 6 Záznam o odběru vzorku (vzor)	52
9.7. Příloha 7 Evidenční list výrobce/dovozce stavebního materiálu	56
9.8. Příloha 8 Přírodní kámen a kamenivo vytěžené na území České republiky určené k použití pro stavební účely – specifikace druhů hornin uvedených v příloze č. 28 vyhlášky 58	

1. Úvod

Dokument stanoví postupy k provádění systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu a zásady postupu při překročení referenční úrovně a hodnoty indexu hmotnostní aktivity.

Je zejména určen pro držitele povolení k měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu a pro výrobce a dovozce stavebního materiálu.

Nahrazuje Doporučení SÚJB pro danou oblast činnosti vydané v březnu 2009 [O1].

V případech, kdy je stavební materiál vyráběn z radioaktivní látky s porušenou rovnováhou dlouhodobých přírodních radionuklidů uvolňované z pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu (pracoviště NORM), postupuje se podle Doporučení SÚJB k měření a hodnocení obsahu radionuklidů v radioaktivní látce uvolňované z pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření [O4].

2. Názvosloví a zkratky

2.1. Názvosloví

Dodávání na trh – uvedení výrobku na trh ve smyslu zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů [L3].

Dovozce stavebního materiálu – osoba, která dováží do ČR stavební materiál uvedený v příloze č. 28 vyhlášky ze zemí mimo EU (osoba, která pouze prodává stavební materiál v rámci EU je označována jako distributor).

Efektivní dávka – součet součinů tkáňových váhových faktorů a ekvivalentní dávky v ozářených tkáních nebo orgánech (§ 2 vyhlášky).

Index hmotnostní aktivity – ukazatel obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu (§ 102 odst. 3 vyhlášky).

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.

Nejmenší detekovatelná aktivita – aktivita, která s pravděpodobností větší než $(1-\beta)$ při daném měřicím uspořádání ještě způsobí počet impulzů větší, než odpovídá nejmenší významné aktivitě [N3].

Nejmenší významná aktivita – aktivita odpovídající nejmenšímu počtu impulzů, který ještě lze při daném měřicím uspořádání pokládat s pravděpodobností větší než $(1-\alpha)$ za hodnotu přesahující pozadí [N3].

Referenční úroveň – úroveň ozáření nebo rizika ozáření v existující expoziční situaci, kterou je nežádoucí překročit; snížením úrovně ozáření nebo rizika ozáření na referenční úroveň nelze mít optimalizaci za docílenou [L2].

Reprezentativní osoba – jednotlivec z obyvatelstva zastupující modelovou skupinu fyzických osob, které jsou z daného zdroje a danou cestou nejvíce ozařovány.

Stavební materiál – stavební výrobky a suroviny s očekávaným zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů, které jsou určeny k zabudování do staveb s obytnými nebo pobytovými místnostmi uvedené v příloze č. 28 vyhlášky [L2].

Stavební výrobek – výrobek určený výrobcem nebo dovozcem pro trvalé zabudování do staveb ve smyslu nařízení vlády č. 163/2002Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky [L4].

Úřad – Státní úřad pro jadernou bezpečnost.

Vyhláška – vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje [L2].

Výrobce stavebního materiálu – osoba, která na území ČR vyrábí stavební materiál uvedený v příloze č. 28 vyhlášky a uvádí jej na trh v ČR [L2].

Zákon – zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon [L1].

2.2. Zkratky

ČSN – Česká technická norma

MPO – Ministerstvo průmyslu a obchodu

NDA – nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita

RN – přírodní radionuklid

RÚ – referenční úroveň

SM – stavební materiál

SÚJB – Státní úřad pro jadernou bezpečnost, Úřad

3. Legislativa

3.1. Atomový zákon

Zákon v § 101 odst. 1 uvádí:

Stavební materiál nesmí být dodáván na trh v České republice, pokud by efektivní dávka reprezentativní osoby ze zevního ozáření záření gama při užívání budovy s obytnými nebo pobytovými místnostmi mohla překročit referenční úroveň a jeho dodávání na trh není povoleno Úřadem podle § 9 odst. 2 písm. j).

V § 101 odst. 2 zákona jsou pro výrobce a dovozce stavebního materiálu stanoveny povinnosti

- a) zajistit systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu,
- b) vést evidenci výsledků měření indexu hmotnostní aktivity a dalších údajů a oznamovat je Úřadu a
- c) při dodávání na trh poskytnout v případě překročení referenční úrovně veřejnosti informace o výsledcích systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu.

Ustanovení § 9 odst. 2 písm. j) zákona uvádí: Povolení Úřadu je nutné k dodávání stavebního materiálu na trh, překročí-li efektivní dávka reprezentativní osoby z užívání stavebního materiálu 1 mSv/rok ze zevního ozáření.

V § 101 odst. 3 zákona je uvedeno, kdy se systematické měření a hodnocení nemusí provádět. Odstavec zní: Pokud výrobce nebo dovozce stavebního materiálu na základě provedeného měření obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu zjistí, že ve stavebním materiálu není překročena referenční úroveň, nemusí provádět systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu, dokud nedojde ke změně, která by mohla obsah přírodních radionuklidů ovlivnit.

Povinnosti týkající se optimalizace radiační ochrany jsou uvedeny v § 66 zákona.

3.2. Prováděcí předpis

Požadavky zákona specifikuje prováděcí předpis - vyhláška [L2] v § 102 a § 103 a v příloze č. 28. Ustanovení § 102 vyhlášky uvádí:

(1) Výčet stavebních materiálů podle § 9 odst. 2 písm. j) zákona stanoví příloha č. 28 k této vyhlášce.

(2) Referenční úroveň pro stavební materiál je 1 mSv/rok pro efektivní dávku reprezentativní osoby ze zevního ozáření zářením gama při užívání stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi nezahrnující dávku obdrženu z ozáření z přírodního pozadí.

(3) Index hmotnostní aktivity I je bezrozměrná veličina určená vztahem

$$I = \frac{A_K}{3000} + \frac{A_{Ra}}{300} + \frac{A_{Th}}{200}$$

na základě hmotnostních aktivit vyjádřených v Bq.kg⁻¹ radionuklidů ⁴⁰K, ²²⁶Ra a ²²⁸Th.

(4) Hodnota indexu hmotnostní aktivity pro stavební materiál je 1. Při překročení této hodnoty se má referenční úroveň podle odstavce 2 za překročenou.

(5) Systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu musí být prováděno stanovením indexu hmotnostní aktivity

a) poprvé před uvedením stavebního materiálu na trh a

b) nejméně jednou za kalendářní rok.

(6) Efektivní dávka reprezentativní osoby z užívání stavebního materiálu ze zevního ozáření zářením gama musí být stanovena z výsledků měření hmotnostních aktivit ⁴⁰K, ²²⁶Ra a ²²⁸Th zjištěných podle odstavce 5 a hodnocena porovnáním s referenční úrovní podle odstavce 2.

(7) Je-li stavebním materiálem nebo jeho součástí radioaktivní látka s porušenou rovnováhou dlouhodobých přírodních radionuklidů uvolňovaná z pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu, stanovení indexu hmotnostní aktivity musí být nahrazeno měřením podle § 95 odst. 1 písm. b) zákona. Výsledky tohoto měření musí být hodnoceny porovnáním s referenční úrovní podle odstavce 2. Efektivní dávka reprezentativní osoby z užívání stavebního materiálu ze zevního ozáření zářením gama musí být stanovena z výsledků tohoto měření a hodnocena porovnáním s referenční úrovní podle odstavce 2.

V § 103 jsou uvedeny údaje vztahující se k ochraně před přírodními radionuklidy ve stavebním materiálu a jejich oznamování Úřadu:

(1) Evidence výsledků měření obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu a dalších údajů musí zahrnovat

- a) jméno, popřípadě jména, příjmení, datum narození a adresu místa pobytu, identifikační číslo, bylo-li přiděleno, fyzické osoby, která je výrobcem nebo dovozcem stavebního materiálu,
- b) název, sídlo nebo adresu umístění organizační složky na území České republiky, byla-li zřízena, identifikační číslo, bylo-li přiděleno, právnické osoby, která je výrobcem nebo dovozcem stavebního materiálu,
- c) označení nebo typ stavebního materiálu a surovin pro jeho výrobu a údaj o jejich původu,
- d) údaj o ročním objemu výroby nebo dovozu stavebního materiálu,
- e) údaj o původu dováženého stavebního materiálu,
- f) údaje charakterizující rozsah a způsob použití stavebního materiálu ve stavbách,
- g) údaj o místě, datu a způsobu odběru vzorků,
- h) protokoly s výsledky měření vzorků a
- i) evidenční číslo držitele povolení, který provádí měření.

(2) Údaje podle odstavce 1 musí být uchovávány nejméně po dobu 5 let od ukončení dodávání stavebního materiálu na trh v České republice.

(3) Údaje podle odstavce 1 musí být oznamovány Úřadu

- a) poprvé před dodáním stavebního materiálu na trh v České republice a
- b) v každém kalendářním roce.

(4) Údaje podle odstavce 1 písm. g) a h) lze Úřadu oznamovat prostřednictvím držitele povolení podle § 9 odst. 2 písm. h) bodu 6 atomového zákona.

(5) Údaj o ukončení dodávání stavebního materiálu na trh v České republice musí být oznamován Úřadu neprodleně.

V příloze č. 28 vyhlášky jsou výčtem uvedeny stavební materiály, jichž se systematické měření týká:

Stavebním materiálem podle § 9 odst. 2 písm. j) zákona je

1. přírodní kámen a kamenivo vytěžené na území České republiky určené k použití pro stavební účely včetně stavebních výrobků z nich, a to
 1. žula, granodiorit, syenit, pegmatit, aplit, žulový porfyr, syenitový porfyr, ryolit, žnělec, trachyt, andezit
 2. jíl, jílovec, pískovec, písek, šterkopísek, kaolín, černé a kamencové břidlice, tuf a
 3. ortorula, pararula, migmatit,
2. přírodní kámen a kamenivo dovezené ze státu, který není členským státem Evropské unie, a určené k použití pro stavební účely, včetně stavebních výrobků z nich,
3. umělé kamenivo, zejména agloporit, perlit, keramzit, geopolymery, a výrobky z něj,
4. pórobeton, škvárobeton, stavební výrobky z pórobetonu, stavební výrobky ze škvárobetonu,
5. popílek, škvára, struska, sádrovec vznikající v průmyslových procesech, kaly určené k použití pro stavební účely, materiály z pracovišť podle § 93 odst. 1 písm. b) zákona určené k použití pro stavební účely, stavební výrobky z nich v jiných bodech neuvedené, a

6. materiál z odvalů, a to rudních, uhelných a odvalů po těžbě hornin uvedených v bodě 1, a odkališť určený k použití pro stavební účely.

Podrobnosti k povinnostem týkajícím se optimalizace radiační ochrany podle § 66 zákona jsou uvedeny v § 7 a 8 a v příloze č. 4 vyhlášky.

3.3. Komentář k požadavkům zákona a vyhlášky

Cílem uvedených ustanovení zákona a vyhlášky je regulovat zevní ozáření gama přírodními radionuklidy ze stavebních materiálů, tj. ze stavebních výrobků a surovin s očekávaným zvýšeným obsahem RN určených k zabudování do staveb s obytnými a pobytovými místnostmi. Cílem není omezovat využití SM s vyšším obsahem RN, ale definovat, za jakých podmínek lze daný SM použít. Dodávání SM na trh je podle zákona řazeno mezi tzv. existující expoziční situace a z principů radiační ochrany se zde uplatňuje princip optimalizace.

Obsah zákona odpovídá požadavkům, které na dodávání stavebních materiálů na trh stanoví Směrnice Rady 2013/59/Euratom ze dne 5. prosince 2013, kterou se stanoví základní bezpečnostní standardy ochrany před nebezpečím vystavení ionizujícímu záření. Směrnice je závazná pro všechny členské státy EU.

Dovozcem SM je osoba, která dodává na trh SM ze „třetích zemí“, tj. ze zemí mimo EU. Pokud osoba pouze prodává (distribuuje) SM zakoupený jako SM v jiné zemi EU, je označována jako distributor a nevztahují se na ni v zákoně stanovené požadavky (jedná se o distribuci v rámci jednotného trhu EU, takže daný SM už musel být povolen k dodávání na trh v jiné zemi EU).

Výrobci/dovozci SM zajišťují systematické měření a hodnocení obsahu RN prostřednictvím laboratoří, jež jsou držiteli povolení SÚJB podle § 9 odst. 2 písm. h) bodu 6 zákona - měření a hodnocení obsahu RN ve SM. Pokud se však jedná o SM dle § 102 odst. 7 vyhlášky (materiál s porušenou rovnováhou dlouhodobých RN uvolňovaný z pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem RN), musí mít laboratoř k měření a hodnocení takového SM povolení SÚJB k vykonávání služeb významných z hlediska radiační ochrany podle § 9 odst. 2 písm. h) bodu 7 zákona. K provádění těchto služeb je vydáno samostatné Doporučení SÚJB [O4].

Povinnosti týkající se sledování a vyhodnocování obsahu RN se vztahují pouze k SM, jež jsou určeny pro stavby s obytnými a pobytovými místnostmi, a u nichž lze očekávat zvýšený obsah RN, tj. nevztahují se na materiály neuvedené v příloze č. 28 vyhlášky ani na SM určené výhradně pro „nepobytové“ stavby, např. pro stavby komunikací.

Obsah přílohy č. 28 vyhlášky vychází ze znalosti obsahu RN v geologickém podloží ČR a analýz obsahu RN ve SM, které byly vyráběny a dodávány na trh v ČR v průběhu řady předchozích let. Jsou v ní uvedeny pouze materiály, u nichž lze očekávat zvýšený obsah RN, jejichž použití ve stavbách s obytnými a pobytovými místnostmi by proto mohlo vést u reprezentativní osoby k překročení referenční úrovně (RÚ) pro efektivní dávku 1 mSv/rok ze záření gama. Ostatní SM nejsou regulovány a povinnosti stanovené zákonem se na ně nevztahují. V bodě 1 tabulka uvádí přímo výčet materiálů (přírodního kamene a kameniva) s možným vyšším obsahem RN, které se na území ČR mohou těžit [O5]; v bodě 2, který se týká dovozu ze zemí, které nejsou členskými zeměmi EU, specifikace uvedena není, neboť obsah RN v dováženém přírodním kameni a kamenivu nelze předjímat.

Stavebními výrobky z přírodního kamene a kameniva, z umělého kameniva, z popílku, škváry, strusky a sádrovce se rozumí stavební materiály, k jejichž výrobě byly uvedené materiály použity jako suroviny (např. beton s příměsí popílku, beton vyrobený z kameniva uvedeného v tabulce, cihla vyrobená z jílu).

Systematické měření (s výjimkou SM podle § 102 odst. 7 vyhlášky - materiál s porušenou rovnováhou dlouhodobých RN uvolňovaný z pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem RN) zahrnuje stanovení hmotnostní aktivity tří přírodních radionuklidů (^{40}K , ^{226}Ra a ^{228}Th) a s jejich pomocí vyčíslení indexu hmotnostní aktivity. Vypočtený index hmotnostní aktivity se následně porovnává s hodnotou indexu hmotnostní aktivity $I=1$.

Pokud tato hodnota není překročena, lze SM dodávat na trh bez omezení. V opačném případě se má RÚ 1 mSv/rok za překročenou. Protože hodnota $I = 1$ představuje konzervativní odhad efektivní dávky 1 mSv/rok, je v takovém případě následně nutné na základě podrobnějších informací o použití SM ve stavbě stanovit efektivní dávku reprezentativní osoby ze zevního záření gama při užívání stavby postavené z předmětného SM. Do výpočtu efektivní dávky ze SM se nezapočítává dávka z ozáření z přírodního pozadí. Nepřesáhne-li vypočtená efektivní dávka RÚ 1 mSv/rok, může být SM dodáván na trh bez omezení. Pokud efektivní dávka překročí RÚ 1 mSv/rok, je možné dodávat tento SM na trh pouze v případě, že k tomu SÚJB vydal povolení podle § 9 odst. 2 písm. j) zákona. V rámci řízení o vydání povolení SÚJB posuzuje dokumenty uvedené v příloze č. 1 bod 2 písm. e) zákona, které předloží výrobce/dovozce SM, a to vč. postupů optimalizace. SÚJB ve svém povolení stanoví podmínky, za nichž lze předmětný SM dodávat na trh. Výrobce/dovozce takového SM musí současně o obsahu RN ve SM informovat veřejnost.

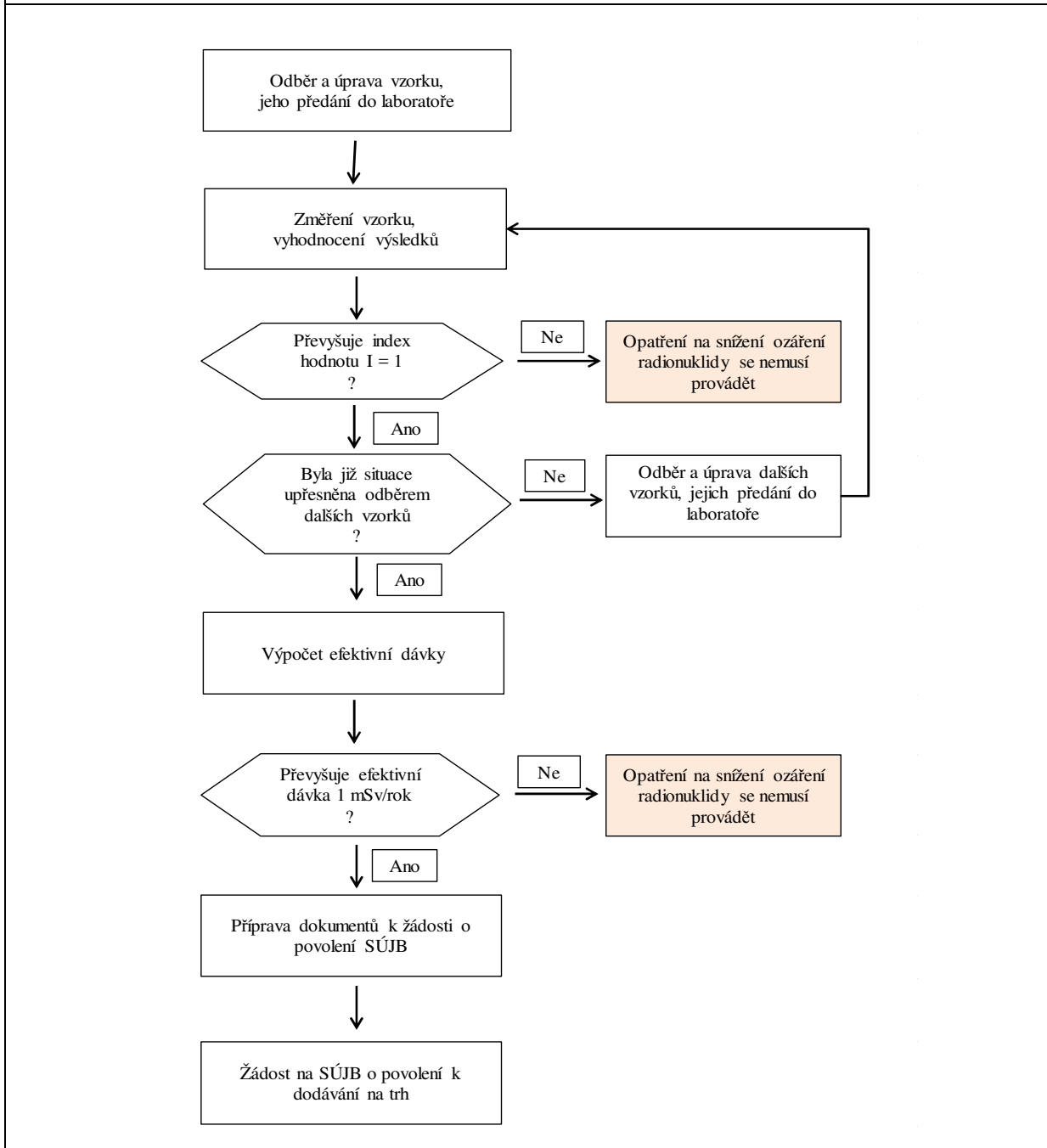
Suroviny - Výpočet efektivní dávky se neprovádí v případě, že SM je určen výhradně k použití jako vstupní surovina (např. popílek do betonu) pro výrobu jiného SM. V tomto případě výrobce/dovozce této suroviny prokazatelně předá informaci o stanoveném indexu hmotnostní aktivity svým odběratelům. Je-li stavebním materiálem nebo jeho součástí radioaktivní látka s porušenou rovnováhou dlouhodobých přírodních radionuklidů uvolňovaná z pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu, stanovení indexu hmotnostní aktivity musí být nahrazeno měřením podle § 95 odst. 1 písm. b) zákona. Odběratelé obsah RN ve vstupních surovinách posoudí jako celek tak, aby jimi vyráběný SM vyhověl požadavkům pro uvádění tohoto SM na trh.

Systematické měření a hodnocení musí být podle požadavků vyhlášky provedeno před uvedením SM na trh a následně nejméně jedenkrát ročně. Vzhledem k tomu, že za nepřekročení RÚ pro SM odpovídá výrobce/dovozce, je na něm, aby se případnými dalšími měřeními ujistil, že tento požadavek je pro každý SM jím dodávaný na trh naplňován trvale.

Pokud bylo předchozími měřeními pro určitý SM zjištěno, že index hmotnostní aktivity I je menší než 1, nemusí být systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve SM zajišťováno, dokud nedojde ke změně, která by mohla obsah přírodních radionuklidů ovlivnit (např. ke změně v receptuře stavebního materiálu, změně používaných surovin, jejich místem původu apod.). Protože tyto změny mohou ovlivnit obsah RN ve SM, je nezbytné vztáhnout shora uvedené zproštění ze systematického měření a hodnocení ke SM stejného složení. Z tohoto důvodu je třeba do odběrového listu vzorku SM uvádět název a místo původu všech surovin uvedených v příloze č. 28 vyhlášky použitých k výrobě vzorkovaného SM. Vzhledem k tomu, že index hmotnostní aktivity se používal k hodnocení obsahu RN i v období před 1.1.2017, mohou být v té době získané výsledky indexu použity při rozhodování výrobce/dovozce o neprovádění dalšího systematického měření a hodnocení obsahu RN ve SM po 1.1.2017.

Obecné rozhodovací schéma pro měření a hodnocení obsahu RN v SM je znázorněno na [obrázku 1](#).

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



4. Rozsah měření

Podle § 102 odst. 5 vyhlášky musí být systematické měření a hodnocení obsahu RN ve SM provedeno vždy před uvedením SM na trh a pak minimálně 1x za kalendářní rok. Systematické měření nemusí být prováděno, pokud není překročena RÚ efektivní dávky 1 mSv/rok.

Výrobci a dovozci SM zodpovídají za to, že obsah RN v jimi vyráběných nebo dovážených SM splňuje požadavky zákona [L1] a vyhlášky [L2].

Splnění požadavku nepřekročení RÚ je třeba přizpůsobit četnost měření obsahu RN i způsob odběru vzorků. Vzhledem k možné variabilitě obsahu RN v jednotlivých surovinách, nejistotám v odběru vzorku z hlediska jejich reprezentativnosti a nejistotám stanovení je vhodné systematické měření a hodnocení provádět také, pokud je hodnota efektivní dávky blízká RÚ efektivní dávky 1 mSv/rok. V některých případech je potřebné měření SM opakovat nebo zvolit vyšší četnost jeho měření (viz část 7).

5. Odběr a úprava vzorků

Vzorky SM pro systematické měření a hodnocení obsahu RN se odebírají u výrobců/dovozců ve stavu, v jakém jsou uváděny do oběhu. 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 laboratoře. Konkrétní postupy odběru vzorků a jejich následné úpravy pro měření se řídí v jednotlivých případech požadavky laboratoře. O každém odběru vzorku se provede záznam (Příloha 6) s vyznačením alespoň těchto údajů

- identifikace výrobce/dovozce (název, adresa, IČ)
- identifikace SM (název, bližší specifikace)
- určené použití SM
- druh SM
- suroviny použité k výrobě SM, pokud jsou uvedeny v příloze č. 28 vyhlášky, místo jejich původu a dodavatel
- datum výroby nebo dovozu vzorkovaného SM
- místo a datum odběru vzorku
- způsob odběru vzorku
- jméno, společnost a podpis odebírající osoby
- jméno, společnost a podpis další osoby přítomné u odběru (obvykle zástupce výrobce/dovozce SM)
- použitý způsob úpravy vzorku
- identifikace laboratoře
- datum předání vzorku do laboratoře

Záznam o odběru se předává spolu se vzorkem laboratoři, jeho kopie zůstává u výrobce/dovozce SM jako součást evidence o systematickém měření a hodnocení obsahu RN v SM.

6. Měření vzorků

Systematické měření a hodnocení obsahu RN v SM mohou provádět jenom laboratoře, které mají pro tuto činnost povolení SÚJB. Měření každého vzorku zahrnuje stanovení hmotnostních aktivit radionuklidů ^{40}K , ^{226}Ra a ^{228}Th a výpočet indexu hmotnostní aktivity. V případě, že se jedná o SM s porušenou radioaktivní rovnováhou pocházející z pracoviště s materiálem

se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu, je stanovení indexu hmotnostní aktivity nahrazeno stanovením hmotnostní aktivity jednotlivých RN podle Doporučení SÚJB [O4]; toto měření provádí držitel povolení k měření a hodnocení obsahu radionuklidů v radioaktivní látce uvolňované z pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření. V případě, že se těmito měřeními prokáže, že radioaktivní rovnováha není porušena, lze následující měření omezit pouze na stanovení indexu hmotnostní aktivity. Produkty spalování uhlí (popílek a škvára) a rovněž materiál z odvalů po těžbě a úpravě hornin prováděné mechanickým způsobem se pro účely těchto měření považují za materiály s neporušenou radioaktivní rovnováhou a hodnotí se na základě stanovení hmotnostních aktivit radionuklidů ^{40}K , ^{226}Ra a ^{228}Th a výpočtu indexu hmotnostní aktivity laboratoří s povolením k měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve SM.

Protože se prakticky ve všech přírodních materiálech izotopy uranu ^{238}U a ^{235}U nacházejí v přírodní izotopické směsi, lze u SM s neporušenou radioaktivní rovnováhou (v uranové řadě od ^{238}U až po ^{226}Ra) aktivitu ^{226}Ra stanovovat z píku vytvořeného vlastními fotony ^{226}Ra o energii 186 keV s odečtením příspěvku fotonů ^{235}U do tohoto píku.

Seznam držitelů povolení k měření a hodnocení obsahu RN v SM je uveden na internetových stránkách SÚJB www.sujb.cz v části „Radiální ochrana, subjekty s povolením/registrací k vybraným činnostem“.

Zařízení používaná pro uvedený účel jsou stanovenými měřidly ve smyslu zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii [L5, L6] a podléhají pravidelnému metrologickému ověřování. Laboratoř uchovává svědeční vzorky po dobu půl roku od data přijetí vzorku.

6.1. Postup měření

6.1.1. Metody měření

Ke stanovení obsahu RN v SM se používají metody scintilační nebo polovodičové spektrometrie záření gama. Pro měření SM nejsou v ČR k dispozici normalizované postupy. V případě polovodičové spektrometrie gama je možno vycházet z ČSN 75 7600 [N3] nebo ČSN ISO 10703 [N1], v případě scintilační spektrometrie z odborné literatury, například [O2], případně z návodů výrobce k používání měřících zařízení a vyhodnocovacích programů. Mnoho užitečných informací týkajících se polovodičové spektrometrie gama je uvedeno v ČSN IEC 1452 [N4].

Metody používané pro systematické měření musí být v přiměřeném rozsahu validovány [N2] včetně ověření správnosti měření formou mezilaboratorního porovnání a předloženy Úřadu k vyjádření v rámci povolovacího procesu. Požadavky na nejmenší detekovatelnou hmotnostní aktivitu (NDA) a nejistoty měření jsou uvedeny v [tabulce 1](#). Parametry měření musí být zvoleny tak, aby bylo dosaženo NDA menší než je uvedena v [tabulce 1](#), a aby při aktivitách vyšších než je čtyřnásobek NDA byla relativní nejistota stanovení menší než 10 %.

Postupy používané obvykle pro výpočty hmotnostní aktivity, nejmenší detekovatelné hmotnostní aktivity a nejistoty měření jsou uvedeny v [Příloze 1](#).

Tabulka 1 Požadavky na meze detekce a nejistoty měření

Měřený ukazatel	NDA	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

- NDA značí nejmenší detekovatelnou hmotnostní aktivitu stanovenou na hladině spolehlivosti 95 % (hladina významnosti 5%, tj. $\alpha = \beta = 0,05$).
- Nejistotou měření se rozumí relativní kombinovaná standardní nejistota u_r (%) při hodnotě hmotnostní aktivity rovné nebo vyšší než je čtyřnásobek v tabulce uvedené meze detekce.

6.1.2. Zpracování výsledků

Nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita každého z hodnocených RN se stanoví na hladině spolehlivosti 95 % (pro $\alpha = \beta = 0,05$) například postupem podle ČSN 75 7600 [N3], ČSN ISO 10703 [N1] nebo podle Přílohy 1.

Poznámka: ČSN ISO10703 [N1] uvádí složitější vztah pro stanovení NDA než je uveden v ČSN 75 7600 [N3]; ČSN ISO 10703 [N1] vychází mez detekce vyšší – bližší informace je uvedena v Příloze 1. Pro účely tohoto Doporučení stačí využívat způsob výpočtu uvedený v ČSN 75 7600 [N3].

Relativní kombinovaná standardní nejistota u_r (%) se vypočte na základě dílčích standardních relativních nejistot u_{ri} (%) spojených s provedením 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) s koeficientem rozšíření rovným 2 se vypočtou s použitím vztahů

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

Nejistota měření se nestanovuje v případech, kdy výsledek měření leží pod NDA.

6.1.3. Výpočet indexu hmotnostní aktivity

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

I index hmotnostní aktivity

I_{ND} nejmenší detekovatelná hodnota indexu hmotnostní aktivity

u_I standardní nejistota indexu hmotnostní aktivity

A_K hmotnostní aktivita ^{40}K (Bq/kg)

A_{Ra} hmotnostní aktivita ^{226}Ra (Bq/kg)

A_{Th} hmotnostní aktivita ^{228}Th (Bq/kg)

$A_{ND,K}$ nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita ^{40}K (Bq/kg)

$A_{ND,Ra}$ nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita ^{226}Ra (Bq/kg)

$A_{ND,Th}$ nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita ^{228}Th (Bq/kg)
 u_K kombinovaná standardní nejistota hmotnostní aktivity ^{40}K (Bq/kg)
 u_{Ra} kombinovaná standardní nejistota hmotnostní aktivity ^{226}Ra (Bq/kg)
 u_{Th} kombinovaná standardní nejistota hmotnostní aktivity ^{228}Th (Bq/kg)

Relativní standardní nejistota, rozšířená nejistota a relativní rozšířená nejistota indexu hmotnostní aktivity se vypočtou s použitím vztahů

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

kde

u_I standardní nejistota indexu hmotnostní aktivity
 u_{I_r} relativní standardní nejistota indexu hmotnostní aktivity (%)
 U_I rozšířená nejistota indexu hmotnostní aktivity (Bq/kg)
 U_{I_r} relativní rozšířená nejistota indexu hmotnostní aktivity (%)

Pokud aktivity všech tří RN leží pod NDA, stanoví se nejmenší detekovatelná hodnota I_{ND} dle vztahu (5). Pokud aktivita jednoho nebo dvou hodnocených RN je menší než NDA, vyčíslí se index hmotnostní aktivity dle vztahu (4), kde se za aktivitu dosadí konzervativně hodnota NDA a za její nejistotu do vztahu (6) hodnota $\frac{1}{2}$ NDA.

Hodnota I_{ND} by měla být vždy menší nebo rovna $I_{ND} = 0,15$ s příspěvkem jednotlivých RN menším nebo rovném 0,05 (získáno dosazením mezí detekce z tabulky 1 do vztahu (5)).

Běžně se vyskytující hodnoty aktivit a indexu hmotnostní aktivity ve stavebních materiálech lze nalézt v [O3].

6.1.4. Vyjadřování výsledků

Je-li hmotnostní aktivita vyšší než NDA, uvede se jako výsledek stanovení hmotnostní aktivity A (Bq/kg) a rozšířená nejistota U (Bq/kg) nebo relativní rozšířená nejistota U_r (%). Je-li hmotnostní aktivita nižší než NDA, uvede se jako výsledek stanovení vyjádření „nižší než NDA“ nebo „< NDA“, přičemž místo akronymu NDA se dosadí příslušná číselná hodnota a jednotka Bq/kg.

Nejistota a NDA se udávají nejvýše na 2 platná místa a aktivita se dle polohy platných míst nejistoty zaokrouhluje (např. $1557,6 \pm 131,5$ se zaokrouhlí na 1560 ± 130 nebo na 1560 ± 140 ; nejistotu je možno vždy zaokrouhlovat směrem nahoru). V průběhu výpočtu je vhodné pracovat s větším počtem platných míst, konečný výsledek se však zaokrouhlí výše uvedeným způsobem.

Výsledky výpočtu indexu hmotnostní aktivity se vyjadřují jako bezrozměrné číslo. Je-li index hmotnostní aktivity I nižší než nejmenší detekovatelná hodnota I_{ND} (tj. v případě, že všechny 3 aktivity leží pod NDA), uvede se jako výsledek stanovení „menší než I_{ND} “ nebo „< I_{ND} “, kde místo I_{ND} se dosadí příslušná číselná hodnota. V ostatních případech se uvede jako výsledek stanovení index hmotnostní aktivity I a rozšířená nejistota U_I (Bq/kg) nebo relativní rozšířená nejistota U_{I_r} (%).

V protokolu musí být uvedeno, že se jedná o rozšířenou nejistotu a hodnota koeficientu rozšíření $k = 2$.

6.2. Hodnocení výsledků

Výsledky systematického měření obsahu RN ve SM se hodnotí ve vztahu k indexu hmotnostní aktivity $I = I$, který byl zaveden pro účely měření. Hodnocení může být buď vloženo do protokolu o měření, například jako „odborné stanovisko“, nebo může být uvedeno v příloze k protokolu. Pokud se výsledek měření neliší od hodnoty indexu hmotnostní aktivity $I = I$ o více, než je jeho rozšířená nejistota, tato skutečnost se v hodnocení zohlední použitím formule „převyšuje/nepřevyšuje s výhradou nejistoty stanovení“. Formulace, které se používají při vyjadřování výsledků, jsou uvedeny v [tabulce 2](#). Za překročení indexu hmotnostní aktivity se považuje situace, kdy rozdíl vypočteného indexu hmotnostní aktivity a jeho rozšířené kombinované nejistoty stanovení je větší než 1 (řádek 4 „ $I - U_I > I$ “ z [tabulky 2](#)).

Tabulka 2 Formulace při vyjadřování výsledků

Výsledek stanovení		Formulace při vyjadřování výsledku
1	$(I + U_I) < I$	Index hmotnostní aktivity nepřevyšuje hodnotu $I = I$, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb. pro stavební materiály užívané pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.
2	$I < I < (I + U_I)$	Index hmotnostní aktivity nepřevyšuje s výhradou nejistoty stanovení hodnotu $I = I$, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb. pro stavební materiály užívané pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.
3	$(I - U_I) < I < I$	Index hmotnostní aktivity převyšuje s výhradou nejistoty stanovení hodnotu $I = I$, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb. pro stavební materiály užívané pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.
4	$I < (I - U_I)$	Index hmotnostní aktivity převyšuje hodnotu $I = I$, kterou stanoví vyhláška č. 422/2016 Sb. pro stavební materiály užívané pro stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi.

Poznámka: U_I je rozšířená nejistota stanovení indexu hmotnostní aktivity s koeficientem rozšíření rovném 2.

Přiřazení vzorkovaného SM k některému SM jmenovanému v tabulce Přílohy č. 28 vyhlášky je na zadavateli zkoušky; laboratoř nerozhoduje o tom, který SM dodaný vzorek představuje.

V případě hodnot indexu hmotnostní aktivity blízkých $I = I$, zvláště v případě (3) z [tabulky 2](#), kdy $(I - U_I) < I < I$, je vhodné pokusit se v laboratoři nastavit podmínky měření tak, aby se snížila nejistota stanovení.

6.2.1. Index hmotnostní aktivity – příklady

Z důvodu názornosti nebyly v některých případech hodnoty zaokrouhleny dle pravidel pro zaokrouhlování.

Příklad 1

Aktivity RN leží pod NDA; zde za NDA dosazeny hodnoty z tabulky 1.

$$A_{ND,K} = 150 \text{ Bq/kg} \quad A_{ND,Ra} = 15 \text{ Bq/kg} \quad A_{ND,Th} = 10 \text{ Bq/kg},$$

$$I_{ND} = 0,05 + 0,05 + 0,05 = 0,15$$

Komentář: Jedná se o nejvyšší hodnotu I_{ND} , tj. parametry měření musí být voleny tak, aby bylo dosaženo takovéto NDA nebo nižší.

Příklad 2

Aktivity RN jsou rovny čtyřnásobku NDA z tabulky 1 a kombinovaná standardní nejistota každého z nich je 10%.

$$A_K = (600 \pm 60) \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = (60 \pm 6) \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = (40 \pm 4) \text{ Bq/kg}$$

$$I = 0,20 + 0,20 + 0,20 = 0,60$$

$$u_I = 0,035 \quad u_{I_r} = 5,8 \% \quad U_I = 0,069 \quad U_{I_r} = 11,5 \%$$

Komentář: standardní nejistota u_{I_r} je výrazně pod 10 %, rozšířená nejistota U_{I_r} mírně nad 10 %.

Příklad 3

Aktivity RN jsou „těsně“ pod čtyřnásobkem NDA uvedených v tabulce 1 a kombinovaná standardní nejistota každého z nich je 30 %.

Pokud jsou aktivity pod hodnotou čtyřnásobku NDA uvedených v tabulce 1, není pro jejich standardní nejistotu předepisována konkrétní velikost, nicméně by měla být menší než 30 %. Zde dosazená aktivita je rovna 4-násobku NDA.

$$A_K = (600 \pm 180) \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = (60 \pm 18) \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = (40 \pm 12) \text{ Bq/kg}$$

$$I = 0,20 + 0,20 + 0,20 = 0,60$$

$$u_I = 0,104 \quad u_{I_r} = 17,3 \% \quad U_I = 0,208 \quad U_{I_r} = 34,6 \%$$

Komentář: I když jsou v tomto příkladu hodnota indexu i a rozšířená nejistota stanovení poměrně vysoké, je takováto přesnost ještě dostačující. Ve skutečnosti by se měla nejistota stanovení aktivity v blízkosti čtyřnásobku NDA blížit 10 % a výsledek výsledku uvedenému v příkladu 2.

Příklad 4

Aktivity RN jsou „těsně“ nad hranicí požadované NDA a kombinovaná standardní nejistota každého RN je 50 %. Zde dosazená aktivita je rovna NDA z tabulky 1.

$$A_K = (150 \pm 45) \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = (15 \pm 7,5) \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = (10 \pm 5) \text{ Bq/kg}$$

Pokud jsou aktivity blízké hodnotě NDA, měla by se kombinovaná standardní nejistota stanovení pohybovat kolem 30 %; zde byla zvolena konzervativní hodnota 50 %. Za aktivity byly dosazeny hodnoty NDA z tabulky 1.

$$I = 0,05 + 0,05 + 0,05 = 0,15$$

$$u_I = 0,043 \quad u_{I_r} = 28,9 \% \quad U_I = 0,087 \quad U_{I_r} = 57,7 \%$$

Komentář: I když je rozšířená nejistota stanovení indexu hmotnostní aktivity vysoká (58 %), vzhledem k jeho nízké hodnotě je takto spolehlivé stanovení dostačující. Při použití kombinované standardní nejistoty každého RN 30% je $U_{I_r} = 34,6 \%$.

Příklad 5

Aktivita jednoho RN je „těsně“ nad hranicí požadované NDA s kombinovanou standardní nejistotou 30 %, aktivita dalších 2 RN je pod NDA z tabulky 1.

Například zvolíme aktivitu ^{40}K „těsně“ nad hranicí požadované NDA (zde dosazená aktivita je rovna NDA z tabulky 1).

$$A_K = (150 \pm 45) \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} < 15 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} < 10 \text{ Bq/kg}$$

Použijí se vztahy (4), (6) a (7), kde za aktivitu R_a a T_h se dosadí hodnota NDA a za její nejistotu $\frac{1}{2}$ NDA.

$$I = 0,05 + 0,05 + 0,05 = 0,15$$

$$u_I = 0,038 \quad u_{I_r} = 25,6 \% \quad U_I = 0,077 \quad U_{I_r} = 51,2 \%$$

Komentář: I když je rozšířená nejistota stanovení vysoká (51 %), vzhledem k nízké hodnotě indexu hmotnostní aktivity je takto spolehlivé stanovení dostačující.

6.3. Protokol o měření

O měření každého vzorku vyhotoví laboratoř protokol, který splňuje náležitosti vzorového protokolu o měření uvedeného v příloze č. 19, bod 6.1.8. vyhlášky, s vyznačením alespoň následujících údajů

1. číslo protokolu,
2. identifikační údaje držitele povolení,
3. identifikační údaje objednatele měření,
4. identifikační údaje výrobce/dovozce stavebního materiálu,
5. specifikace metodiky použité k měření,
6. číslo vzorku, pod nímž je vzorek evidován v laboratoři,
7. údaje o vzorkovaném stavebním materiálu,
8. účel použití vzorkovaného stavebního materiálu,
9. datum výroby nebo dovozu vzorkovaného stavebního materiálu,
10. místo odběru vzorku,
11. datum odběru vzorku,
12. popis způsobu odběru vzorku,
13. identifikační údaje fyzické osoby, která vzorek odebrala,
14. informace o úpravě vzorku k měření mimo laboratoř,
15. seznam použitých přístrojů a pomůcek, u stanovených měřidel čísla ověřovacích listů a doba jejich platnosti,
16. identifikační údaje fyzické osoby, která měření provedla,
17. místo a datum provedení měření,
18. výsledky měření,
19. hodnocení výsledků měření,
20. v případě překročení hodnot uvedených v § 102 odst. 2 a 4 vyhlášky informace o dalším postupu,
21. datum vystavení protokolu,
22. podpis fyzické osoby s příslušným oprávněním zvláštní odborné způsobilosti, která zajišťuje plnění povinnosti při měření, a držitele povolení, jde-li o fyzickou osobu, nebo statutárního orgánu držitele povolení provádějícího měření, je-li právnickou osobou.

Hodnocení výsledků může být uvedeno v příloze k protokolu. Údaje podle bodů 8 až 14 není třeba uvádět, pokud přílohou protokolu je záznam o odběru vzorku.

Do protokolu se uvádí věta „Hodnocení bylo provedeno v souladu s Doporučením SÚJB „Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu“.

Pokud index hmotnostní aktivity převyšuje hodnotu $I = I$ (viz tabulka 2, hodnocení 4), přikládá se k protokolu podrobnější informace pro objednatele (vzor je uveden v [Příloze 5](#)).

Protokol o měření včetně příloh se zakládá u výrobce/dovozce SM jako součást evidence výsledků systematického měření a hodnocení obsahu RN v SM. Stejnopis protokolu včetně příloh archivuje laboratoř v listinné nebo elektronicky nezměnitelné podobě (například soubory typu pdf nebo naskenované dokumenty).

V souladu s ustanovením § 103 odst. 3 vyhlášky oznamuje výrobce nebo dovozce SM aktuální evidované údaje podle § 103 odst. 1 vyhlášky (jejich součástí je optimálně i protokol o měření či jeho kopie) poprvé před dodáním SM na trh v ČR a pak v každém kalendářním roce SÚJB. Po dohodě se zákazníkem může protokol o měření či jeho kopii odeslat SÚJB přímo laboratoř (týká se údajů o místě, datu a způsobu odběru vzorků a protokolů s výsledky měření vzorků dle § 103 odst. 1 písm. g) a h) vyhlášky).

7. Postup při překročení indexu hmotnostní aktivity $I = 1$ a referenční úrovně

Postup při řešení těchto situací zahrnuje obecně ověření nebo zpřesnění situace odběrem a měřením dalších vzorků, identifikaci suroviny odpovědné za zvýšený obsah RN, analýzu situace a návrh a realizaci opatření. Konkrétní postup by měl být vždy konzultován s inspektory SÚJB (Příloha 4).

Postupy při překročení indexu hmotnostní aktivity $I = 1$ nebo RÚ 1 mSv/rok se řídí dále uvedenými zásadami. Za řešení situace při překročení uvedených hodnot odpovídá výrobce/dovozce SM.

7.1. Zásady postupu při překročení indexu hmotnostní aktivity $I = 1$

Pokud není prokazatelně překročena hodnota $I = 1$ (výsledek měření nepřevyšuje hodnotu $I = 1$ o více než je jeho rozšířená nejistota, tj. z tabulky 2 řádky 1 až 3), radiační ochrana se považuje za optimalizovanou a SM lze dodávat na trh v ČR bez omezení.

Postup se použije v situacích, kdy ve vzorku odebraném pro potřeby systematického měření a hodnocení obsahu přírodních RN v SM uvedeném v tabulce přílohy č. 28 vyhlášky je index hmotnostní aktivity prokazatelně vyšší než $I = 1$ (výsledek měření převyšuje hodnotu $I = 1$ o více než je jeho rozšířená nejistota, tj. z tabulky 2 řádek 4, kdy $I - U_I > I$).

V takovém případě musí výrobce/dovozce neprodleně ověřit situaci odběrem dalších nejméně 3 vzorků a jejich měřením pokud možno s vyšší přesností. Počet odběrů a rozsah analýz, jakož i rozhodnutí o tom, zda je v SM překročena hodnota indexu hmotnostní aktivity $I = 1$, konzultuje výrobce/dovozce SM s inspektory SÚJB.

Při posuzování překročení hodnoty $I = 1$ je třeba zohlednit i možnou nehomogenitu obsahu RN ve vyráběném SM.

Pokud není těmito měřeními prokázáno překročení hodnoty $I = 1$ (výsledek měření nepřevyšuje hodnotu $I = 1$ o více než je jeho rozšířená nejistota), radiační ochrana se považuje za optimalizovanou a SM lze uvádět na trh v ČR do oběhu bez omezení.

I když je SM s hodnotou indexu hmotnostní aktivity blízkou $I = 1$ uvolněn pro trh v ČR, tak vzhledem k výše zmíněné možné variabilitě obsahu RN ve vyráběném SM a v některých případech nesnadno zajistitelné reprezentativnosti odběru je doporučeno zařadit i takovýto SM mezi materiály systematicky měřené a hodnocené.

Pokud se těmito měřeními prokazatelně překročení hodnoty $I = 1$ (výsledek měření převyšuje hodnotu $I = 1$ o více než je jeho rozšířená nejistota) potvrdí, musí být vypočtena efektivní dávka reprezentativní osoby ze zevního ozáření zářením gama při užívání budovy s obytnými nebo pobytovými místnostmi, v nichž by byl uvedený materiál použit.

Výpočet efektivní dávky se neprovádí v případě, že SM je určen výhradně k použití jako vstupní surovina (např. popílek do betonu) pro výrobu jiného SM. V tomto případě výrobce/dovozce této suroviny prokazatelně předá informaci o stanoveném indexu hmotnostní aktivity svým odběratelům. Je-li stavebním materiálem nebo jeho součástí radioaktivní látka s porušenou rovnováhou dlouhodobých přírodních radionuklidů uvolňovaná z pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu, stanovení indexu hmotnostní aktivity musí být nahrazeno měřením podle § 95 odst. 1 písm. b) zákona. Odběratelé obsah RN ve vstupních surovinách posoudí jako celek tak, aby jimi vyráběný SM vyhověl požadavkům pro uvádění tohoto SM na trh.

SM prokazatelně převyšující hodnotu $I = I$ lze bez dalšího šetření dodávat na trh pouze k použití jinému než ve stavbách s obytnými nebo pobytovými místnostmi.

O postupu při překročení hodnoty $I = I$ je objednatel informován laboratoří prostřednictvím informace podle [Přílohy 5](#).

7.2. Stanovení efektivní dávky

Efektivní dávka reprezentativní osoby ze zevního ozáření zářením gama při užívání budovy s obytnými nebo pobytovými místnostmi musí být stanovena v případě, kdy bylo potvrzeno prokazatelné překročení hodnoty $I = I$ (výsledek měření převyšuje hodnotu $I = I$ o více než je jeho rozšířená nejistota), s výjimkou SM používaných výhradně jako vstupní surovina pro výrobu jiného SM.

Efektivní dávka se vypočte na základě upřesňujících informací o použití SM ve stavbách s obytnými a pobytovými místnostmi. Důležité jsou následující informace:

- hustota materiálu,
- tloušťka vrstvy,
- počet stěn včetně podlahy a stropu, kde bude materiál využit (speciální odhad je prováděn při použití SM jako střešní krytiny),
- zda je SM zevnitř překryt další vrstvou jiného SM a charakteristiky této vrstvy jako v případě hodnoceného SM.

Hodnota indexu hmotnostní aktivity $I = I$ byla odvozena pro konzervativní odhad efektivní dávky 1 mSv/rok pro ozáření jedince v místnosti o rozměrech (d x š x v) 5m x 4m x 2,5m, síle stěn, podlahy i stropu 20 cm zhotovených ze SM o hustotě 2350 kg/m³ (SM podobný betonu) s homogenním rozložením aktivity ²²⁶Ra, ²²⁸Th a ⁴⁰K (Ra a Th v rovnováze se svými dceřnými produkty) při pobytu osoby v místnosti 7000 h/rok (19 h denně).

Výpočet efektivní dávky, není-li upřesněno jinak, se provádí pro modelovou místnost o výše uvedených rozměrech pomocí dat uvedených v [Příloze 2](#). Při odhadu efektivní dávky se nestanovuje její nejistota; vychází se z hodnot aktivit bez nejistot. Výpočet efektivní dávky musí být předán SÚJB spolu s výsledky stanovení obsahu RN v SM.

Pokud výsledná efektivní dávka nepřevyšuje RÚ 1 mSv/rok, SM je možno uvádět na trh v ČR k použití za podmínek, za kterých byla efektivní dávka stanovena, bez omezení. V opačném případě se postupuje podle [bodu 7.3](#).

7.3. Postup při překročení referenční úrovně, povolení k dodávání SM na trh

Postup se použije v situaci, kdy pro SM byla vypočtena efektivní dávka reprezentativní osoby ze zevního ozáření zářením gama při užívání budovy s obytnými nebo pobytovými místnostmi vyšší nebo rovna RÚ 1 mSv/rok. Za této situace nesmí být SM dodáván na trh, pokud nebylo k dodávání takového SM vydáno povolení SÚJB podle § 9 odst. 2 písm. j) zákona. Povolení se vydává výrobcí/dovozci SM na základě jeho žádosti postupem podle § 16 zákona. K žádosti přikládá žadatel dokumenty podle přílohy č. 1 bod 2 písm. j) zákona, a to:

- protokol s výsledky měření obsahu RN ve SM, údaje o původu surovin a o způsobu použití SM,
- odhad efektivní dávky reprezentativní osoby ze zevního ozáření zářením gama následkem užití stavebního materiálu ke stavbě budovy s obytnými a pobytovými místnostmi,

- odhad efektivní dávky reprezentativní osoby z emise radonu při užití SM ke stavbě budovy s obytnými a pobytovými místnostmi,
- soubor opatření, která snižují míru ozáření ze SM a
- podmínky pro dodávání stavebního materiálu na trh.

Součástí těchto dokumentů jsou i postupy optimalizace podle 7.3.1.

7.3.1. Postupy optimalizace

Povinnost optimalizovat radiační ochranu vyplývá z ustanovení § 66 odst. 1 a odst. 2 písm. c) zákona. Podrobnosti týkající se optimalizace jsou uvedeny v § 7 a 8 a v příloze č. 4 vyhlášky.

Optimalizace spočívá ve snížení ozáření z vyráběných či dovážených SM na optimalizovanou úroveň, tj. na úroveň, které lze rozumně dosáhnout při uvážení všech hospodářských a společenských hledisek. Proces optimalizace při dodávání SM na trh se zahajuje při překročení RÚ 1 mSv/rok. Při optimalizaci se uvažují všechna možná opatření, která sníží míru ozáření ze SM pod referenční úroveň, přičemž se, kromě zevního ozáření záření gama zohledňuje i inhalace radonu emitovaného ze SM. Pro každé opatření, které přichází v úvahu, se posuzují hospodářská a společenská hlediska, dostupnost, náklady a dopady opatření v souvislosti s velikostí opatření uspořené dávky. Součástí výběru opatření je i posouzení finančních nákladů na opatření ve vztahu k finančně vyjádřené zdravotní újmě spojené s užíváním SM (tzv. cost-benefit analýza), které je popsáno v [Příloze 3](#). Poté se vybere a provede opatření, pro něž platí, že svým způsobem provedení, rozsahem a dobou trvání přinese co největší čistý přínos. Pokud není v rámci optimalizace nalezeno žádné optimalizované opatření, které by snížilo ozáření pod efektivní dávku 1 mSv/rok, je nutno omezit užívání tohoto SM ve stavbách s obytnými a pobytovými místnostmi tak, aby RÚ nebyla překročena.

Za správné provedení optimalizace, za úplnost a správnost použitých vstupních údajů, za úplnost posuzovaných opatření a za případnou realizaci opatření odpovídá výrobce/dovozce SM.

SÚJB v rámci správního řízení o vydání povolení posoudí všechny předložené dokumenty a stanoví podmínky, za nichž je možno SM dodávat na trh.

Současně nesmí být opomenuta povinnost výrobce nebo dovozce poskytnout informace o výsledcích systematického měření a hodnocení obsahu RN veřejnosti.

8. Související dokumenty, seznam příloh

8.1. Zákony a vyhlášky

- [L1] Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon, ve znění pozdějších předpisů
- [L2] Vyhláška č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
- [L3] Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů
- [L4] Nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, ve znění pozdějších předpisů
- [L5] Zákon č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů
- [L6] Vyhláška 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 – Metoda spektrometrie 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. Kvalita vod – Stanovení radionuklidů – Obecná ustanovení. ČNI 2013
- [N4] ČSN IEC 1452. Přístroje jaderné techniky – Měření emisí gama záření radionuklidů – Kalibrace a užití germaniových spektrometrů

8.3. Ostatní dokumenty

- [O1] Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebních materiálech. Doporučení SÚJB, 2009
- [O2] Analýza možností použití scintilačního spektrometru pro měření přírodních radionuklidů pro potřeby dozoru nad PZZ v RC SÚJB. Státní ústav radiační ochrany, 2001
- [O3] Přírodní radionuklidy ve stavebních materiálech. Bezpečnost jaderné energie, 15, 2007, str. 80-85
- [O4] Měření a hodnocení obsahu radionuklidů v radioaktivní látce uvolňované z pracoviště s možností zvýšeného ozáření z přírodního zdroje záření, Doporučení SÚJB, 2017
- [O5] Expertní podklad Radioaktivita hornin na území ČR, přírodovědecká fakulta Univerzity Karlovy, 2017

8.4. Seznam příloh

Příloha 1: Výpočetní postupy ve spektrometrii gama

Příloha 2: Výpočet efektivní dávky ze zevního ozáření

Příloha 3: Cost-benefit analýza

Příloha 4: Kontakt na inspektory SÚJB

Příloha 5: Informace pro zákazníky

Příloha 6: Záznam o odběru vzorku (vzor)

Příloha 7: Evidenční list výrobce/dovozce stavebního materiálu (vzor)

Příloha 8: Přírodní kámen a kamenivo vytěžené na území České republiky určené k použití pro stavební účely – specifikace druhů hornin

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 RN oblast zájmu, do které tento RN (nebo krátkodobé produkty jeho přeměny za podmínek radioaktivní rovnováhy ve vzorku) významně přispívá. Při měření směsi přírodních RN 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 jednotlivých RN se vypočtou z naměřeného počtu impulsů od vzorku a počtu impulsů pozadí v jednotlivých oblastech zájmu s použitím vztahu

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

kde

A_n hmotnostní aktivita n -tého RN (Bq/kg), $n = 1, 2, 3$

m hmotnost měřeného vzorku (kg)

N_{vi} naměřený počet impulsů od vzorku v i -té oblasti zájmu

N_{pi} počet impulsů v pozadí v i -té oblasti zájmu

t_v doba měření vzorku (s)

t_p doba měření pozadí (s)

c_{ni} kalibrační koeficienty – stanoví se na základě výsledků měření 3 kalibračních vzorků o známé hmotnostní aktivitě ^{40}K , ^{226}Ra a ^{228}Th

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

$$u_n = \frac{1}{m} \cdot \sqrt{\sum_{i=1}^3 c_{ni}^2 \cdot \left(\frac{N_{vi}}{t_v^2} + \frac{N_{pi}}{t_p^2} \right)} \quad u_{rn} = \frac{100 \cdot u_n}{A_n} \quad (9)$$

Nejmenší detekovatelné hmotnostní aktivity $A_{ND,n}$ (Bq/kg) stanovené na hladině spolehlivosti 95 % ($\alpha = \beta = 0,05$) se pro jednotlivé RN vypočtou s použitím vztahu

$$A_{ND,n} = \frac{2 \cdot k}{m \cdot t_p \cdot \eta_{nm}} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot t_p^2}{t_v} \cdot \sum_{i \neq n} c_{ni} \cdot A_i + m^2 \cdot t_p^2 \cdot \sum_{i \neq n} c_{ni}^2 \cdot u_n^2 + N_{pn} \cdot \left(1 + \frac{t_p}{t_v} \right)} \quad (10a)$$

$$A_{ND,n} = \frac{3,29}{m \cdot t_p \cdot \eta_{nm}} \cdot \sqrt{\frac{m \cdot t_p^2}{t_v} \cdot \sum_{i \neq n} c_{ni} \cdot A_i + m^2 \cdot t_p^2 \cdot \sum_{i \neq n} c_{ni}^2 \cdot u_n^2 + N_{pn} \cdot \left(1 + \frac{t_p}{t_v} \right)} \quad (10b)$$

kde

η_{nm} účinnost detekce n -tého RN v jemu příslušné n -té oblasti zájmu

k kvantil normálního rozdělení (pro hladinu spolehlivosti 95% $k = 1,645$, $2k = 3,29$)

Informace lze nalézt v [O2].

9.1.2. Polovodičová spektrometrie gama

Nejmenší detekovatelná hmotnostní aktivita NDA se stanoví pro hladinu spolehlivosti 95 % ($\alpha = \beta = 0,05$) například postupem podle ČSN 75 7600 [N3] nebo podle této Přílohy.

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 RN (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), nejmenší významné plochy píku Pl_{NV} (imp/s) a s ní svázané nejmenší detekovatelné plochy píku Pl_{ND} (imp/s). Poznámka: plochou píku je zde míněna četnost impulsů v ploše píku.

Pro výpočet se použijí vztahy

$$Pl = \frac{1}{t_v} \cdot \left(N_A - N_B \cdot \frac{k_A}{k_B} - P_p \cdot \frac{t_v}{t_p} \right) \quad (11)$$

$$u_{Pl} = \frac{1}{t_v} \cdot \sqrt{N_A + N_B \cdot \left(\frac{k_A}{k_B} \right)^2 + \left(u_p \cdot \frac{t_v}{t_p} \right)^2} \quad (12)$$

$$Pl_{NV} = \frac{k}{t_v} \sqrt{N_B \cdot \frac{k_A}{k_B} \cdot \left(1 + \frac{k_A}{k_B} \right) + P_p \cdot \frac{t_v}{t_p} + \left(u_p \cdot \frac{t_v}{t_p} \right)^2} \quad (13)$$

$$Pl_{ND} = \frac{k^2}{t_v} + 2 \cdot Pl_{NV} \quad (14a)$$

Dosazením z (13) do (14a) a za kvantil $k = 1,645$ se získá

$$Pl_{ND} = \frac{2,71}{t_v} + \frac{3,29}{t_v} \sqrt{N_B \cdot \frac{k_A}{k_B} \cdot \left(1 + \frac{k_A}{k_B} \right) + P_p \cdot \frac{t_v}{t_p} + \left(u_p \cdot \frac{t_v}{t_p} \right)^2} \quad (14b)$$

kde

Pl plocha píku (v imp/s)

Pl_{NV} nejmenší významná plocha píku (v imp/s)

Pl_{ND} nejmenší detekovatelná plocha píku (v imp/s)

u_{Pl} standardní nejistota plochy píku Pl (v imp/s)

k kvantil normálního rozdělení (pro hladinu spolehlivosti 95% $k=1,645$, $k^2=2,71$, $2k=3,29$)

k_A počet kanálů v oblasti zájmu, ze kterých je stanovena plocha píku (tj. počet kanálů „pod píkem“, které celkem obsahují N_A impulsů)

k_B počet kanálů v oblasti zájmu, ze kterých je stanovena základna pod píkem (tj. počet kanálů na obou stranách píku, které celkem obsahují N_B impulsů)

N_A celkový počet impulsů v k_A kanálech, ze kterých je stanovena plocha píku (tj. impulsy náležející ploše píku a „comptonovskému“ pozadí pod píkem)

- N_B celkový počet impulsů v k_B kanálech, ze kterých je stanovena základna pod píkem (tj. celkový počet impulsů v okolí píku sloužícího pro odečet „comptonovského“ pozadí píku)
- P_p plocha píku ve spektru pozadí (získána z měření pozadí)
- u_p standardní nejistota plochy píku P_p ve spektru pozadí
- t_v délka měření vzorku (v sekundách)
- t_p délka měření pozadí (v sekundách)

Hmotnostní aktivita A (Bq/kg), nejmenší významná aktivita A_{NV} (Bq/kg) a nejmenší detekovatelná aktivita A_{ND} (Bq/kg) se vypočtou s použitím vztahů

$$A = \frac{Pl}{m \cdot \eta_p \cdot \gamma \cdot F_a \cdot F_c} \quad (15)$$

$$A_{NV} = \frac{Pl_{NV}}{m \cdot \eta_p \cdot \gamma \cdot F_a \cdot F_c} \quad (16)$$

$$A_{ND} = \frac{Pl_{ND}}{m \cdot \eta_p \cdot \gamma \cdot F_a \cdot F_c} \quad (17a)$$

$$A_{ND} = \frac{k^2}{t_v \cdot m \cdot \eta_p \cdot \gamma \cdot F_a \cdot F_c} + 2 \cdot A_{NV} \quad (17b)$$

kde

- A aktivita (v Bq/kg)
- A_{NV} nejmenší významná aktivita (v Bq/kg)
- A_{ND} nejmenší detekovatelná aktivita (v Bq/kg)
- m hmotnost měřeného vzorku (v kg)
- η_p fotopíková detekční účinnost (bezrozměrná)
- γ výtěžek fotonů dané energie na 1 přeměnu (bezrozměrný)
- F_c korekce na pravé koincidence (bezrozměrná)
- F_a korekce na samoabsorpci, tj. hustotu a prvkové složení vzorku (bezrozměrná)

Poznámky

- délka měření vzorku t_v ve vztazích (15) až (17a) je obsažena ve veličině plocha píku, která je vyjádřena v imp/s
- korekci F_a a F_c se v některých vztazích v literatuře násobí; potom je definována jako převrácená hodnota této
- délka měření pozadí musí být delší nebo stejná jako délka měření vzorku; při délce měření vzorku větší, než je délka měření pozadí, se významně zvyšuje nejistota stanovení.

Nejistota aktivity se vypočte dle vztahu pro šíření chyb, který má následující tvar

$$u_F = \sqrt{\sum_i \left(\frac{\partial F}{\partial x_i} \right)^2 u_{x_i}^2} \quad (18)$$

V závorce vystupují parciální derivace funkce F (aktivity) podle jednotlivých proměnných, u_{x_i} jsou nejistoty jednotlivých proměnných x_i . Aplikací na vztah (15) pro stanovení aktivity se získá vztah pro nejistotu stanovení aktivity u_A

$$u_A = A \cdot \sqrt{\left(\frac{u_{Pl}}{Pl} \right)^2 + \left(\frac{u_m}{m} \right)^2 + \left(\frac{u_\eta}{\eta} \right)^2 + \left(\frac{u_\gamma}{\gamma} \right)^2 + \left(\frac{u_{F_a}}{F_a} \right)^2 + \left(\frac{u_{F_c}}{F_c} \right)^2 + \left(\frac{u_R}{R} \right)^2} \quad (19)$$

kde

u_A	kombinovaná standardní nejistota stanovení aktivity (v Bq/kg)
u_{Pl}	standardní nejistota plochy píku Pl (v imp/s)
u_m	nejistota stanovení hmotnosti (v kg)
u_η	nejistota stanovení účinnosti (bezrozměrná)
u_γ	nejistota stanovení výtěžku fotonů dané energie na 1 přeměnu (bezrozměrná)
u_{Fa}	nejistota stanovení korekce na samoabsorpci, tj. hustotu a prvkové složení vzorku (bezrozměrná)
u_{Fc}	nejistota stanovení korekce na pravé koincidence (bezrozměrná)
u_R	další nejistoty stanovení, např. přípravy vzorků včetně umístění vzorku na detektor a homogenity vzorku při setřesení menších částic ke dnu nádoby apod. (bezrozměrná)

Poznámky

- Nejistotu stanovení korekce na samoabsorpci (resp. na pravé koincidence) je nutno zadat následovně: je-li např. korekce $F_a = 0,9$, tj. korekce je velikosti 10 %, a nejistota této 10ti procentní korekce je 20 % (ve významu kombinované standardní nejistoty korekce), znamená to, že se korekce pohybuje v intervalu od $(0,9 - 0,2 \times 0,1)$ do $(0,9 + 0,2 \times 0,1)$, tj. v intervalu od 0,88 do 0,92. Nejistota korekce u_{Fa} je tedy 0,02 a podíl $u_{Fa}/F_a = 0,02/0,9 = 0,022$, tj. relativní nejistota vzhledem k celku je přibližně 2,2 %. Podobně je nutno postupovat v případě korekce F_c .
- Pokud korekce F_a a F_c nejsou provedeny (ve vztahu (15) až (17) se položí $F_c = F_a = 1$), dosadí se místo jejich nejistot odhad velikosti této korekce. Byla-li by např. korekce F_a odhadnutá z předchozích zkušeností v rozmezí 0,95 - 1,05, tj. 5 %, dosadí se za podíl $u_{Fa}/F_a = 0,05$. Může se jednat např. o situaci, kdy vzorek má hustotu blízkou kalibrační hustotě a prvkové složení vzorku není přesně známo. Situace se liší od příkladu výše v tom, že v tomto případě není známo, zda korekce je větší nebo menší než 1.
- Může nastat i situace, kdy je možné provést korekci na hustotu, ale prvkové složení není známé. Pak se uplatní přístup popsany v obou výše uvedených příkladech současně – korekce na hustotu jako v 1. příkladu a korekce na prvkové složení jako v 2. příkladu a zavedou se 2 korekce ($F_{a'}$, $F_{a''}$), přičemž výsledná korekce je jejich součinem $F_a = F_{a'} \times F_{a''}$. Ve vztahu (19) se místo členu $(u_{Fa}/F_a)^2$ dosadí součet $(u_{Fa'}/F_{a'})^2 + (u_{Fa''}/F_{a''})^2$. Například při korekci na hustotu s $F_{a'} = 0,9$ a s $u_{Fa'} = 0,02$ a korekcí na neznalost prvkového složení 5% a tedy s $F_{a''} = 1$ a s $u_{Fa''} = 0,05$ vychází $F_a = 0,9 \times 1 = 0,9$ a $(u_{Fa}/F_a)^2 = (0,02/0,9)^2 + 0,05^2 = 0,00299$, tj. $u_{Fa}/F_a = 0,055$.

Vztah (19) lze přepsat pomocí relativních nejistot

$$u_{rA} = \sqrt{u_{rPl}^2 + u_{rm}^2 + u_{r\eta}^2 + u_{r\gamma}^2 + u_{rFa}^2 + u_{rFc}^2 + u_{rR}^2} \quad (20a)$$

kde

u_{rA}	relativní kombinovaná standardní nejistota aktivity (v %)
u_{ri}	relativní kombinované standardní nejistoty jednotlivých proměnných i (v %)

Speciálně příspěvek nejistoty stanovení plochy píku k celkové nejistotě stanovení je

$$u_{rPL} = \frac{u_{Pl}}{Pl} \cdot 100 \quad (20b)$$

Pokud se stanovuje aktivita daného RN z více píků, stanovuje se jako vážený průměr aktivit vypočtených z jednotlivých píků s provedenými korekcemi (F_a a F_c), kde vahou je druhá mocnina převrácené hodnoty kombinované standardní nejistoty.

$$A = \frac{\sum w_i A_i}{\sum w_i} \quad w_i = \frac{1}{u_i^2} \quad u_A = \frac{1}{\sqrt{\sum w_i}} \quad u_{rA} = \frac{u_A}{A} \cdot 100 \quad (21)$$

kde

w_i váha aktivity A_i (jednotka je $(\text{Bq/kg})^{-2}$; ve vztahu pro aktivitu se vykrátí)

A_i aktivita stanovená z píku příslušného i -té energii dle (15) (v Bq/kg)

u_i kombinovaná standardní nejistota příslušná k aktivitě A_i stanovená dle (19) (v Bq/kg)

Vztahy (21) se použijí i v případě, že se stanovuje výsledná aktivita ze 2 RN (např. v případě stanovení aktivity ^{226}Ra z aktivity ^{214}Pb a ^{214}Bi).

Rozšířená nejistota U (v Bq/kg) a relativní rozšířená nejistota U_r (%) se vypočtou s použitím vztahů (koeficient rozšíření = 2)

$$U = 2 \cdot u_A \quad U_r = 2 \cdot u_{rA} \quad (22)$$

Poznámka: ČSN ISO 10703 [N1] uvádí složitější vztah pro stanovení meze detekce (NDA), než je uveden v [N3]. Dle [N1] vychází mez detekce vyšší. Vztah (17) je v [N1] dělen faktorem $(1 - k^2 \cdot u_{rel}^2(w))$, kde $u_{rel}(w)$ je relativní nejistota výrazu w daného jako

$$w = \frac{1}{t_v \cdot m \cdot \eta_P \cdot \gamma \cdot F_a \cdot F_c}$$

Za předpokladu, že ve jmenovateli uvedených 6 proměnných má postupně nejistoty 0, 2, 5, 2, 5 a 5 %, vychází uvedený faktor 0,98 a tedy podíl takto spočtené NDA a NDA spočtené dle [N3] 1,02 (nejistoty se zadávají jako bezrozměrné, tj. např. místo 2% je nutno zadat 0,02). Rozdíl je tedy nepatrný. V případě, že např. nejistota korekce F_a je ale 30 % místo 5 %, bude poměr NDA již 1,35 a v případě, že bude 50 %, bude poměr NDA již 3,25.

Pro účely tohoto doporučení stačí využívat způsob výpočtu uvedený v [N3]. V [N4] je uvedeno mnoho užitečných informací týkajících se polovodičové spektrometrie gama.

9.1.3. Podklady pro odhad nejistoty měření

Kombinovaná standardní nejistota a rozšířená nejistota se stanoví na základě identifikace a kvantifikace jednotlivých zdrojů nejistot spojených s provedením metody. V tabulce 3 a 4 jsou uvedeny některé zdroje nejistot (které se obvykle uplatní při měření obsahu RN v SM), 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.

Tabulka 3 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 4 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 a způsobu získání závislosti účinnosti na energii	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 (12)	2 až 30
Výtěžek fotonů	z odborné literatury	0,5 až 2
Oprava na pravé koincidence	z nejistoty vstupních dat užitých při výpočtu korekce	0,1 až 2
Oprava na samoabsorpci	z nejistoty vstupních dat užitých při výpočtu korekce	0,1 až 5
Neprovedení korekce na pravé koincidence	expertní odhad	0 až 30
Neprovedení korekce na samoabsorpci	expertní odhad	0 až 20

Poznámky

- Neprovedení korekce na pravé koincidence vede většinou k podhodnocení aktivity v uvedeném rozsahu.
- Neprovedení korekce na samoabsorpci může pro energie fotonů nad 180 keV a materiály v rozmezí hustot $0,5 - 3 \text{ g/cm}^3$ způsobit odchylku od skutečné aktivity v rozsahu uvedeném v tabulce.
- Expertní odhad se provádí na základě zkušeností z předchozích analýz; měl by být „realisticky konzervativní“.

9.2. Příloha 2 Výpočet efektivní dávky ze zevního ozáření

Postup je určen pro odhad horní meze efektivní dávky záření gama ze SM. Použije se v situacích, kdy index hmotnostní aktivity převyšuje hodnotu $I = I$ (tabulka 2) a nejedná se o SM, který je výhradně určen jako surovina pro výrobu jiného SM. Postup je určen výhradně pro hodnocení SM ve vztahu k RÚ efektivní dávky 1 mSv/rok ze zevního ozáření zářením gama a nelze jej použít pro zpracování optimalizační studie (vychází z konzervativních předpokladů o použití SM ve stavbách a nezahrnuje odhad ozáření z radonu).

Pro potřeby tohoto postupu se SM člení podle předpokládaného způsobu a rozsahu jejich použití ve stavbách dle tabulky 5.

Tabulka 5 Členění stavebních materiálů do skupin podle předpokládaného způsobu a rozsahu jejich použití ve stavbách

	Popis materiálu	Příklad materiálu
A	Stavební materiály použitelné pro stavbu obytných nebo pobytových místností ve významném množství	beton, cihly, tvárnice, vnitřní omítky, obklady, dlažba
B	Ostatní stavební materiály použitelné uvnitř obytných nebo pobytových místností	šamotové cihly použitelné pro stavbu krbu
C	Stavební materiály použitelné pro stavbu budov s obytnými nebo pobytovými místnostmi ve významném množství, a to výhradně vně obytných a pobytových místností	materiály používané pro zakládání staveb, střešní krytina
D	Ostatní stavební materiály použitelné pro stavbu budov s obytnými nebo pobytovými místnostmi, a to výhradně vně obytných a pobytových místností	vnější omítky, vnější obklady, schodiště

Poznámky

- SM skupiny B: objem materiálu použitého v místnosti je vyjádřen v procentech objemu místnosti. Pro běžné obytné místnosti 1 % odpovídá $0,5 \text{ m}^3$ materiálu

- SM skupiny D: objem materiálu je vyjádřen v procentech celkového objemu obytných nebo pobytových místností ve stavbě. Pro běžné stavby s obytnými místnostmi 1 % odpovídá 1,5 m³ materiálu.

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

$$E = A_K \cdot F_K + A_{Ra} \cdot F_{Ra} + A_{Th} \cdot F_{Th} - F_P \quad (23)$$

kde

A_K hmotnostní aktivita ⁴⁰K v Bq/kg

A_{Ra} hmotnostní aktivita ²²⁶Ra v Bq/kg

A_{Th} hmotnostní aktivita ²²⁸Th v Bq/kg

F_i koeficienty pro jednotlivé RN a pozadí – viz tabulky

Hodnoty koeficientů F_K , F_{Ra} , F_{Th} a F_P jsou uvedeny pro jednotlivé druhy SM, jejich objemové hmotnosti (hustoty) a tloušťky resp. objemy v [tabulkách 6 až 10](#). Pro materiály typu **B**, **C** a **D** se klade koeficient $F_P = 0$. Příklady použití postupu jsou uvedeny dále.

Příklad 1

Materiál A – beton. Objemová hmotnost 2000 kg/m³, tloušťka 20 cm. Hmotnostní aktivita RN

$$A_K = 900 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 120 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 80 \text{ Bq/kg} \quad I = 1,10$$

Výpočet ([tabulka 6](#))

$$E = 900 \times 0,33 + 120 \times 3,71 + 80 \times 4,75 - 225 = 897 \mu\text{Sv/rok}$$

Příklad 2

Materiál A – cihla. Objemová hmotnost 1000 kg/m³, tloušťka 40 cm. Hmotnostní aktivita RN

$$A_K = 600 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 200 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 120 \text{ Bq/kg} \quad I = 1,47$$

Výpočet ([tabulka 6](#)):

$$E = 600 \times 0,32 + 200 \times 3,56 + 120 \times 4,55 - 225 = 1225 \mu\text{Sv/rok}$$

Příklad 3

Materiál A – dlažba. Objemová hmotnost 2000 kg/m³, tloušťka 5 cm. Hmotnostní aktivita RN

$$A_K = 1000 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 200 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 100 \text{ Bq/kg} \quad I = 1,50$$

Výpočet ([tabulka 6](#))

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

Příklad 4

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

$$A_K = 1200 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 120 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 90 \text{ Bq/kg} \quad I = 1,25$$

Výpočet ([tabulka 7](#))

Podíl materiálu v místnosti je 2% (viz poznámka pod [tabulkou 7](#) „objem materiálu použitého v místnosti je vyjádřen v procentech objemu místnosti. Pro běžné obytné místnosti 1 % odpovídá 0,5 m³ materiálu“)

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

Příklad 5

Materiál C – střešní krytina použitelná pro stavbu budov s obytnými nebo pobytovými místnostmi. Objemová hmotnost 1500 kg/m^3 , tloušťka 5 cm. Hmotnostní aktivita RN

$$A_K = 1200 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 120 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 100 \text{ Bq/kg} \quad I = 1,30$$

Výpočet (tabulka 8)

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

Příklad 6

Materiál D – obklad použitelný výhradně vně místností. Objemová hmotnost 2000 kg/m^3 , tloušťka 5 cm, plocha 100 m^2 , objem $100 \times 0,05 = 5,0 \text{ m}^3$, tj. 3,3 % objemu místností (viz poznámka pod tabulkou 9 „objem materiálu je vyjádřen v procentech celkového objemu obytných nebo pobytových místností ve stavbě. Pro běžné stavby s obytnými místnostmi 1 % odpovídá $1,5 \text{ m}^3$ materiálu). Hmotnostní aktivita RN

$$A_K = 1000 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 200 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 100 \text{ Bq/kg} \quad I = 1,50$$

Výpočet (tabulka 9) – koeficienty odečteny interpolací mezi 3 % a 4 % objemu materiálu

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

Tabulka 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)
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	F _P
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 6 Pokračování

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Tloušťka materiálu (cm)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			Pozadí (μSv/rok)
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	F _P
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 6 Pokračování

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Tloušťka materiálu (cm)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			Pozadí (μSv/rok)
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th	
		F _K	F _{Ra}	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 6 Pokračování

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Tloušťka materiálu (cm)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)			Pozadí (μSv/rok)
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ 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 7 Podklady pro odhad efektivní dávky – materiál B

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Objem materiálu *) (%)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th
		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 7 Pokračování

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Objem materiálu *) (%)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th
		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 8 Podklady pro odhad efektivní dávky – materiál C

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Tloušťka materiálu (cm)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th
		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 8 Pokračování

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Tloušťka materiálu (cm)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th
		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 8 Pokračování

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Tloušťka materiálu (cm)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th
		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 8 Pokračování

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Tloušťka materiálu (cm)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th
		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 9 Podklady pro odhad efektivní dávky – materiál D

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Objem materiálu *) (%)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th
		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 9 Pokračování

Objemová hmotnost (kg/m ³)	Objem materiálu *) (%)	Efektivní dávka (μSv/rok na Bq/kg)		
		⁴⁰ K	²²⁶ Ra	²²⁸ Th
		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 pobytových místností ve stavbě. Pro běžné stavby s obytnými místnostmi 1 % odpovídá 1,5 m³ materiálu

9.3. Příloha 3 Cost-benefit analýza

Cost-benefit analýza je součástí optimalizačních postupů, které se předkládají SÚJB jako příloha žádosti o vydání povolení k dodávání SM na trh. Provede se výběr možných opatření na snížení ozáření ze SM a odhad nákladů potřebných pro jejich realizaci. Zvažují se taková opatření, která umožní snížit obsah RN ve výrobku, například

- náhrada suroviny odpovědné za zvýšený obsah RN nebo změna jejího zastoupení ve výrobku,
- výběr (třídění) základní suroviny, pokud tato složka je odpovědná za zvýšený obsah RN ve výrobku, a pokud doplňujícím měřením byla zjištěna její nehomogenita,
- náhrada dováženého materiálu jiným dováženým materiálem téhož druhu s nižším obsahem RN,
- nebo opatření spočívající ve změně rozsahu a způsobu použití SM ve stavbě s obytnými a pobytovými místnostmi.

Za optimalizační opatření se nepovažuje zastavení výroby nebo dovozu SM nebo takové opatření, které by vedlo ke zhoršení užitných vlastností výrobku. Odhad nákladů na realizaci opatření se provede běžnými ekonomickými postupy a vyčíslí se v Kč na m³ 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 m³) vyrobeného nebo dovezeného SM se stanoví s použitím vztahu

$$P(\text{Kč}/\text{m}^3) = f_K \cdot \Delta A_K + f_{Th} \cdot \Delta A_{Th} + (f_{Ra} + f_{Rn} \cdot k_{Rn}) \cdot \Delta A_{Ra} \quad (24)$$

kde

P	hodnota přínosu opatření (Kč/m ³)
ΔA_K	očekávaná změna hmotnostní aktivity ⁴⁰ K ve výrobku (Bq/kg)
ΔA_{Th}	očekávaná změna hmotnostní aktivity ²²⁸ Th ve výrobku (Bq/kg)
ΔA_{Ra}	očekávaná změna hmotnostní aktivity ²²⁶ Ra ve výrobku (Bq/kg)
k_{Rn}	koeficient emanace radonu z výrobku (%)
f_K	přínos opatření ze snížení hmotnostní aktivity ⁴⁰ K (tabulka 11)
f_{Th}	přínos opatření ze snížení hmotnostní aktivity ²²⁸ Th (tabulka 11)
f_{Ra}	přínos opatření ze snížení hmotnostní aktivity ²²⁶ Ra (tabulka 11)
f_{Rn}	přínos opatření ze snížení emise radonu (tabulka 11)

Koeficient emanace radonu z výrobku k_{Rn} se stanoví měřením nebo se odečte z tabulky 10.

Pokud u všech uvažovaných opatření náklady převyšují očekávaný přínos P , opatření na snížení obsahu RN ve SM není odůvodněné ekonomickým finančním přínosem a neprovádí se.

Pokud u některých zvažovaných opatření náklady na jejich realizaci nepřevyšují reálný přínos P , opatření na snížení obsahu přírodních RN v SM je odůvodněné finančním 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.

Tabulka 10 Průměrné hodnoty koeficientu emanace radonu pro některé materiály [O3]

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 11 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 11 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	

Příklad 1

U betonu byl zjištěn obsah přírodních RN

$$A_K = 700 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 110 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 130 \text{ Bq/kg}$$

Materiál má objemovou hmotnost 2000 kg/m^3 , obvyklá tloušťka materiálu ve stavbě je 20 cm.

Index hmotnostní aktivity $I = 1,22$ a efektivní dávka $E = 1011 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$.

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 RN v kamenivu je

$$A_K = 800 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 120 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 160 \text{ Bq/kg}$$

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

$$A_K = 900 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 70 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 100 \text{ Bq/kg}$$

Výpočet obsahu přírodních radionuklidů v betonu po provedení opatření:

$$A_K = 700 + 0,6 \cdot (900 - 800) = 760 \text{ Bq/kg}$$

$$A_{Th} = 110 + 0,6 \cdot (70 - 120) = 80 \text{ Bq/kg}$$

$$A_{Ra} = 130 + 0,6 \cdot (100 - 160) = 94 \text{ Bq/kg}$$

$$I = 0,97 \quad \text{Efektivní dávka } E = 750 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$$

Načtení podkladů pro odhad přínosu z [tabulky 11](#) (pro objemovou hmotnost 2000 kg/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

$$P = 0,457 \cdot (700 - 760) + 6,61 \cdot (110 - 80) + (5,17 + 1,79 \cdot 11) \cdot (130 - 94)$$

$$P = -0,457 \cdot 60 + 6,61 \cdot 30 + 24,86 \cdot 36 = 1066 \text{ Kč/m}^3$$

Příklad 2

U cihelných výrobků byl zjištěn obsah přírodních RN

$$A_K = 600 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 120 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 160 \text{ Bq/kg}$$

a tomu odpovídající hodnota indexu hmotnostní aktivity $I = 1,33$ a efektivní dávka $1083 \text{ } \mu\text{Sv/rok}$. 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 RN v popílku je

$$A_K = 500 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 300 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 400 \text{ Bq/kg}$$

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

$$A_K = 400 \text{ Bq/kg} \quad A_{Th} = 80 \text{ Bq/kg} \quad A_{Ra} = 100 \text{ Bq/kg}$$

Výpočet obsahu přírodních RN ve výrobku po provedení opatření

$$A_K = 600 + 0,1 \cdot (400 - 500) = 590 \text{ Bq/kg}$$

$$A_{Th} = 120 + 0,1 \cdot (80 - 300) = 98 \text{ Bq/kg}$$

$$A_{Ra} = 160 + 0,1 \cdot (100 - 400) = 130 \text{ Bq/kg}$$

$$I = 1,12 \quad \text{Efektivní dávka } E = 873 \mu\text{Sv/rok}$$

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

$$P = 0,222 \cdot (600 - 590) + 3,20 \cdot (120 - 98) + (2,51 + 0,709 \cdot 2) \cdot (160 - 130)$$

$$P = 0,222 \cdot 10 + 3,20 \cdot 22 + 3,93 \cdot 30 = 190 \text{ Kč/m}^3$$

9.4. Příloha 4 Kontakt na inspektory SÚJB

Územní působnost (okres)	Kontaktní adresa, jméno inspektora	Kontakt
Ostrava-město, Frýdek-Místek, Karviná, Opava, Nový Jičín, Olomouc, Šumperk, Jeseník, Bruntál, Přerov, Vsetín	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, RNDr. Ivana Ženatá, vedoucí oddělení Syllabova 21, 703 00 Ostrava 3	555 302 723 ivana.zenata@sujb.cz
Hl.m.Praha, Benešov, Beroun, Kladno, Kolín, Kutná Hora, Mělník, Mladá Boleslav, Nymburk, Praha-východ, Praha-západ, Příbram, Rakovník	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Ing. Růžena Šinaglová Senovážné nám. 9, 110 00 Praha 1	221 624 715 ruzena.sinaglova@sujb.cz
České Budějovice, Český Krumlov, Jindřichův Hradec, Pelhřimov, Tábor, Písek, Strakonice, Prachatice	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Schneiderova 32, poštovní schránka 10, 370 07 České Budějovice	389 502 723 (dočasně zastupuje RNDr. Ivana Ženatá) 555 302 723 ivana.zenata@sujb.cz
Plzeň-město, Plzeň-sever, Plzeň-jih, Rokycany, Klatovy, Domažlice, Tachov, Cheb, Sokolov, Karlovy Vary	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Mgr. Marcela Velkoborská Klatovská třída 2739/200F 301 00 Plzeň	378 402 718 marcela.velkoborska@sujb.cz
Ústí nad Labem, Teplice, Most, Chomutov, Litoměřice, Děčín, Louny, Česká Lípa, Liberec, Jablonec	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Habrovice 52, 403 40 Ústí n. L.	417 662 720 (dočasně zastupuje RNDr. Ivana Ženatá) 555 302 723 ivana.zenata@sujb.cz
Semily, Trutnov, Jičín, Náchod, Hradec Králové, Pardubice, Rychnov nad Kněžnou, Chrudim, Havlíčkův Brod, Svitavy, Ústí nad Orlicí	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Ing. Hana Procházková Piletická 57, 500 03 Hradec Králové	498 652 705 hana.prochazkova@sujb.cz
Blansko, Brno-město, Brno-venkov, Vyškov, Prostějov, Kroměříž, Zlín, Břeclav, Hodonín, Uher. Hradiště, Jihlava, Třebíč, Znojmo, Žďár nad Sázavou	SÚJB, Oddělení přírodních zdrojů, Bc. Hana Jurkovská Třída kpt. Jaroše 5, 602 00 Brno	515 902 781 hana.jurkovska@sujb.cz

9.5. Příloha 5 Informace pro objednatele měření

Informace pro výrobce a dovozce stavebních materiálů s obsahem přírodních radionuklidů převyšujícím hodnotu 1 indexu hmotnostní aktivity I

Měřením bylo ve vzorku Vámi vyráběného nebo dováženého stavebního materiálu zjištěno překročení hodnoty indexu hmotnostní aktivity $I = 1$, což indikuje možnost překročení referenční úrovně pro efektivní dávku 1 mSv/rok. Tato situace vyžaduje řešení dle zásad uvedených v kapitole 7 Doporučení SÚJB „Měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu, 2017“, které je dostupné na internetové adrese www.sujb.cz v sekci Radiační ochrana/Dokumenty a publikace/Publikace SÚJB/vydáno v roce 2017.

Zákon č. 263/2016 Sb., atomový zákon v § 101 odst. 1 uvádí: Stavební materiál nesmí být dodáván na trh v České republice, pokud by efektivní dávka reprezentativní osoby ze zevního ozáření zářením gama při užívání budovy s obytnými nebo pobytovými místnostmi mohla překročit referenční úroveň a jeho dodávání na trh není povoleno Úřadem podle § 9 odst. 2 písm. j) atomového zákona. Je vaší povinností tento postup dodržet.

§102 odst. 2 vyhlášky č. 422/2016 Sb., o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje, zní: Referenční úroveň pro stavební materiál je 1 mSv za rok pro efektivní dávku reprezentativní osoby ze zevního ozáření zářením gama při užívání stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi nezahrnující dávku obdržanou z ozáření z přírodního pozadí.

§102 odst. 4 shora uvedené vyhlášky zní: Hodnota indexu hmotnostní aktivity pro stavební materiál je 1. Při překročení této hodnoty se má referenční úroveň podle odstavce (2) za překročenou.

V § 101 odst. 2 písm. c) atomového zákona je pro výrobce a dovozce stavebního materiálu uvedena povinnost poskytnout v případě překročení referenční úrovně veřejnosti informace o výsledcích systematického měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu.

9.6. Příloha 6 Záznam o odběru vzorku (vzor)

- vyráběného
- dováženého

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 (převzato z přílohy č. 28 vyhlášky č. 422/2016 Sb.)	<input type="checkbox"/> přírodní kámen a kamenivo vytěžené na území České republiky určené k použití pro stavební účely včetně stavebních výrobků z nich, a to <ul style="list-style-type: none"> ○ žula, granodiorit, syenit, pegmatit, aplit, žulový porfyr, syenitový porfyr, ryolit, znělec, trachyt, andezit ○ jíl, jílovec, pískovec, písek, štěrkopísek, kaolín, černé a kamencové břidlice tuf ○ ortorula, pararula, migmatit <input type="checkbox"/> umělé kamenivo, zejména agloporit, perlit, keramzit, geopolymery, a výrobky z něj <input type="checkbox"/> pórobeton, škvárobeton, stavební výrobky z pórobetonu, stavební výrobky ze škvárobetonu <input type="checkbox"/> popílek, škvára, struska, sádrovec vznikající v průmyslových procesech, kaly určené k použití pro stavební účely, materiály z pracovišť podle § 93 odst. 1 písm. b) (v AZ uvedeno chybně odkaz na §92 odst. 1 písm. b) a c)) atomového zákona určené k použití pro stavební účely, stavební výrobky z nich v jiných bodech neuvedené <input type="checkbox"/> materiál z odvalů, a to rudních, uhelných a odvalů po těžbě hornin uvedených v bodě 1, a odkališť určený k použití pro stavební účely <input type="checkbox"/> jiný (neuvedený v příloze č. 28 vyhlášky č. 422/2016 Sb.)
Určené použití materiálu	<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	

Suroviny použité k výrobě stavebního materiálu	<input type="checkbox"/> surovina 1, místo původu, dodavatel <input type="checkbox"/> surovina 2, místo původu, dodavatel Pozn. Uvádí se jen suroviny uvedené v příloze č. 28 vyhlášky č. 422/2016 Sb.
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 <input type="checkbox"/> jiný – uveďte
Použitý způsob úpravy vzorku	<input type="checkbox"/> drcení <input type="checkbox"/> sušení <input type="checkbox"/> homogenizace <input type="checkbox"/> jiný – uveďte
Identifikace odběratele (jméno, firma)	
Další osoba přítomná u odběru (jméno, firma)	
Identifikace laboratoře	
Datum předání vzorku do laboratoře	
Další údaje vztahující se k odběru a měření vzorku	
Podpis odebírající osoby	
Podpis další osoby přítomné u odběru	

Formulář záznamu o odběru vzorku ve formátu MS Word je k dispozici ke stažení na stránkách www.sujb.cz v sekci Přírodní zdroje/Informace pro výrobce a dovozce stavebního materiálu.

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

Identifikace dovozce (název, adresa)	
Identifikace materiálu (název, bližší specifikace, země původu)	
Druh materiálu (převzato z přílohy č. 28 vyhlášky č. 422/2016 Sb.)	<ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> přírodní kámen a kamenivo dovezené ze státu, který není členským státem Evropské unie, a určené k použití pro stavební účely, včetně stavebních výrobků z nich <input type="checkbox"/> umělé kamenivo, zejména agloporit, perlit, keramzit, geopolymer, a výrobky z něj <input type="checkbox"/> pórobeton, škvárobeton, stavební výrobky z pórobetonu, stavební výrobky ze škvárobetonu <input type="checkbox"/> popílek, škvára, struska, sádrovec vznikající v průmyslových procesech, kaly určené k použití pro stavební účely, materiály z pracovišť podle § 93 odst. 1 písm. b) (v AZ uvedeno chybně odkaz na §92 odst. 1 písm. b) a c)) atomového zákona určené k použití pro stavební účely, stavební výrobky z nich v jiných bodech neuvedené <input type="checkbox"/> materiál z odvalů, a to rudních, uhelných a odvalů po těžbě hornin uvedených v bodě 1, a odkališť určený k použití pro stavební účely <input type="checkbox"/> jiný (neuvedený v příloze č. 28 vyhlášky č. 422/2016 Sb.)
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 dovozu vzorkovaného materiálu	

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 laboratoře	
Datum předání vzorku do laboratoře	
Další údaje vztahující se k odběru a měření vzorku	
Podpis odebírající osoby	
Podpis další osoby přítomné u odběru	

Formulář záznamu o odběru vzorku ve formátu MS Word je k dispozici ke stažení na stránkách www.sujb.cz v sekci Přírodní zdroje/Informace pro výrobce a dovozce stavebního materiálu.

9.7. Příloha 7 Evidenční list výrobce/dovozce stavebního materiálu

Evidenční list

Výrobce/dovozce* stavebního materiálu

1. **Výrobce, dovozce** (*jméno/název, adresa sídla včetně PSČ, IČ*):

2. **Provozovna** (*název, adresa*):

3. **Stavební materiál (SM)**
 - a. označení nebo typ podle přílohy č. 28 vyhlášky č. 422/2016 Sb.:
 - b. název výrobku vč. typu nebo varianty podle certifikace (viz zákon č. 22/1997 Sb.):
 - c. údaj o původu v případě dováženého SM
 - d. roční objem výroby nebo dovozu:

4. **Rozsah a způsob použití SM ve stavbách** (*např. užití SM podle certifikace, viz zákon č. 22/1997 Sb.*):

5. **Suroviny pro výrobu SM a údaj o jejich původu** (*označení suroviny podle přílohy č. 28 vyhlášky č. 422/2016 Sb., dodavatel, místo původu*):

Prohlášení podle § 101 odst. 3 zákona č. 263/2016 Sb.:

(vyplní se v případě, že výrobce nebo dovozce SM na základě provedeného měření obsahu přírodních radionuklidů zjistil, že ve stavebním materiálu není překročena referenční úroveň 1 mSv/rok; v tomto případě nemusí být prováděno systematické měření a hodnocení obsahu přírodních radionuklidů ve stavebním materiálu, pokud nedojde ke změně, která by mohla obsah přírodních radionuklidů ovlivnit.)

Prohlašuji, že na základě provedeného měření obsahu přírodních radionuklidů

ve stavebním materiálu *(uvede se název výrobku podle bodu 3.b.)*

vyrobeném ze surovin *(uvedou se suroviny podle bodu 5.)*

bylo zjištěno, že není překročena hodnota referenční úrovně 1 mSv/rok stanovená v § 102 odst. 2 vyhlášky č. 422/2016 Sb., neboť obsah přírodních radionuklidů

nepřekračuje hodnotu $I = 1^*$ nebo

efektivní dávka nepřekračuje hodnotu 1 mSv/rok *(v případě $I > 1$, nutno doložit výpočtem efektivní dávky)*.*

.....
jméno/jména, funkce statutárního orgánu

.....
podpis/podpisy

**nehodící se neuvede*

Kontaktní údaje *(Na koho se obrátit v případě potřeby doplnění nebo upřesnění údajů.):*

Záznamy o vyplnění evidenčního listu:

Místo:

Datum:

Podpis, razítko

Tento evidenční list slouží ke každoročnímu oznamování údajů SÚJB podle § 100 odst. 2 písm. b) zákona č. 263/2016 Sb.

9.8. Příloha 8 Přírodní kámen a kamenivo vytěžené na území České republiky určené k použití pro stavební účely – specifikace druhů hornin uvedených v příloze č. 28 vyhlášky

1.1. Magmatická hornina		
	Druh horniny ¹⁾	Druh horniny ²⁾
Hlubinná	žula granodiorit syenit	žula (granit) granodiorit diorit syenit, durbachit, monzonit
Žilná	pegmatit aplit žulový porfyr syenitový porfyr	pegmatit aplit žulový porfyr (granitový porfyr) syenitový porfyr
Vulkanická	ryolit znělec trachyt andezit	ryolit znělec (fonolit) trachyt andezit
1.2. Sedimentární hornina		
	jíl jílovec pískovec písek štěrkopísek kaolín, černé a kamencové břidlice tuf	jíl jílovec jílovitá břidlice pískovec písek štěrkopísek kaolín černé a kamencové břidlice tuf a tufit
1.3 Metamorfovaná hornina		
	ortorula pararula migmatit	ortorula pararula migmatit

- 1) Horniny uvedené v bodě 1. přílohy č. 28 vyhlášky; jsou označeny pouze základním názvem horniny, česky a v jednotném čísle. Na všechny horniny zde uvedené **základním názvem a na tyto horniny s názvem doplněným dalšími přívlastky nebo kombinacemi** se vztahují povinnosti podle § 101 zákona, pokud se jedná o stavební výrobky a suroviny, které jsou určeny k zabudování do staveb s obytnými nebo pobytovými místnostmi.
- 2) K horninám uvedeným v bodě 1. přílohy č. 28 vyhlášky **jsou připojeny názvy blízkých druhů hornin**, na něž se, pokud se jedná o stavební výrobky a suroviny, které jsou určeny k zabudování do staveb s obytnými nebo pobytovými místnostmi, rovněž vztahují povinnosti podle § 101 zákona. Horniny jsou označeny česky a mezinárodním označením (v závorce) v jednotném čísle.