

OCHRANA STAVEB PROTI RADONU

MATĚJ NEZNAL, MARTIN NEZNAL

- PROTIRADONOVÁ OPATŘENÍ
- PRINCIPY OCHRANY PROTI RADONU
- STÁTNÍ PŘÍSPĚVEK NA REALIZACI

Upozornění pro čtenáře a uživatele této knihy

Všechna práva vyhrazena. Žádná část této tištěné či elektronické knihy nesmí být reprodukována a šířena v papírové, elektronické či jiné podobě bez předchozího písemného souhlasu nakladatele. Neoprávněné užití této knihy bude **trestně stíháno**.

Používání elektronické verze knihy je umožněno jen osobě, která ji legálně nabyla a jen pro její osobní a vnitřní potřeby v rozsahu stanoveném autorským zákonem. Elektronická kniha je datový soubor, který lze užívat pouze v takové formě, v jaké jej lze stáhnout s portálu. Jakékoliv neoprávněné užití elektronické knihy nebo její části, spočívající např. v kopírování, úpravách, prodeji, pronajímání, půjčování, sdělování veřejnosti nebo jakémkoliv druhu obchodování nebo neobchodního šíření je zakázáno! Zejména je zakázána jakákoliv konverze datového souboru nebo extrakce části nebo celého textu, umístování textu na servery, ze kterých je možno tento soubor dále stahovat, přitom není rozhodující, kdo takovéto sdílení umožnil. Je zakázáno sdělování údajů o uživatelském účtu jiným osobám, zasahování do technických prostředků, které chrání elektronickou knihu, případně omezují rozsah jejího užití. Uživatel také není oprávněn jakkoliv testovat, zkoušet či obcházet technické zabezpečení elektronické knihy.



Ochrana staveb proti radonu

*Knihu věnujeme Jardovi Šmardovi.
Bez něj by to všechno nezačalo.*

Autoři

Matěj Neznal, Martin Neznal

Ochrana staveb proti radonu

Vydala Grada Publishing, a.s.
U Průhonu 22, Praha 7
obchod@grada.cz, www.grada.cz
tel.: +420 220 386 401, fax: +420 220 386 400
jako svou XXXX. publikaci

Odpovědná redaktorka Jitka Hrubá
Sazba Vladimír Velička
Fotografie na obálce z archivu autora
Obrázky v knize z archivu autora
Počet stran 104
První vydání, Praha 2009
Vytiskly Tiskárny Havlíčkův Brod, a. s.
Husova ulice 1881, Havlíčkův Brod

© Grada Publishing, a.s., 2009
Cover Design © Grada Publishing, a.s., 2009

*Názvy produktů, firem apod. použité v knize mohou být ochrannými známkami
nebo registrovanými ochrannými známkami příslušných vlastníků.*

ISBN 978-80-XXX-XXXX-X
ISBN 978-80-247-6164-0 (elektronická verze ve formátu PDF)
© Grada Publishing, a.s. 2012

Obsah

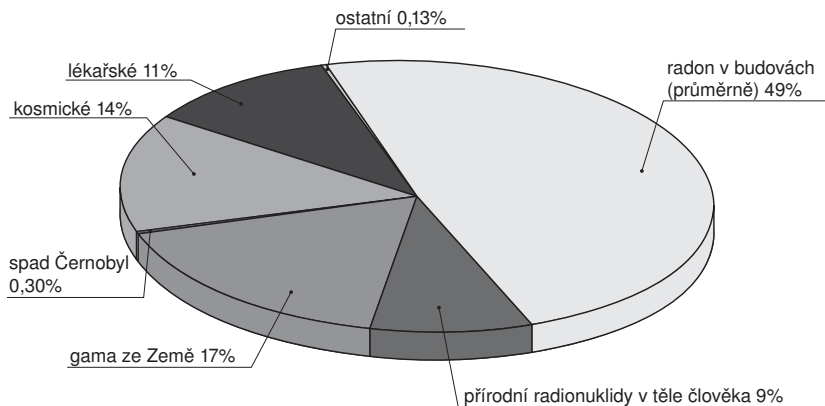
1 Radon a jeho zdravotní rizika.....	7
1.1 Zdroje radonu v domech	14
2 Přístup k ochraně proti radonu.....	17
2.1 Radonový program, legislativa, metodiky, normy	17
2.2 Nová výstavba, legislativní souvislosti	23
2.3 Stávající objekty, legislativní souvislosti	25
2.4 Srovnání přístupů k řešení radonové problematiky v ČR a ve světě	28
3 Radon a nová výstavba	34
3.1 Stanovení radonového indexu pozemku.....	34
3.2 Obsah posudku o stanovení radonového indexu pozemku	45
3.3 Podklady pro návrh preventivních opatření, radonový index stavby	47
3.4 Výskyt jednotlivých kategorií radonového indexu, mapové údaje	49
4 Protiradonová opatření u nových staveb.....	53
4.1 Výběr vhodných preventivních opatření.....	53
4.2 Navrhování preventivních opatření.....	55
4.3 Kvalitní a důsledné provedení protiradonových opatření při výstavbě	62
4.4 Kontrolní měření ve vnitřním ovzduší objektu.....	65
4.5 Příčiny selhání preventivní ochrany, příklady z praxe.....	70

5 Stávající stavby	84
5.1 Měření	84
5.2 Principy ochrany před radonem	91
5.3 Státní příspěvek na realizaci protiradonových opatření	96
Závěr	99
Literatura	100
Rejstřík	103

1 Radon a jeho zdravotní rizika

Rizika patří k životu. Aby člověk přežil, musí nebezpečí, která ho ohrožují, správně hodnotit a přiměřeně se proti nim bránit. Závažnost, kterou lidé jednotlivým rizikovým faktorům přisuzují, bývá ovšem často v rozporu se závěry vědeckých studií a statistických ročenek. Důvodů je mnoho. Když závažnost jednotlivých rizik hodnotíme, nebereme v úvahu pouze odborné názory, jsme ovlivňováni osobními i historickými zkušenostmi, míněním přátel a sousedů, médií, různými pověrami a mýty. To vede k řadě paradoxů. Ocitneme-li se za bouřky ve volné přírodě, pocítujeme obvykle tíseň, zatímco za volantem se za normálních okolností cítíme zcela bezpečně. Přitom riziko úrazu bleskem je poměrně malé, ale řízení motorového vozidla bezpochyby patří k nejnebezpečnějším činnostem, které běžný smrtelník vykonává.

S podobným paradoxem je spojeno hodnocení nebezpečnosti ozáření člověka ionizujícím zářením. Ničivý účinek jaderných zbraní a havárie jaderných reaktorů způsobily, že slovo radioaktivita vyvolává v lidech zpravidla obavy z umělých zdrojů záření. I média věnují těmto zdrojům největší pozornost. Termíny jako jaderná energetika, úložiště radioaktivních odpadů, Temelín či Černobyl využítá v titulcích článků či ve zpravodajských relacích vyvolávají pozornost a často neopodstatněný strach z neznámého. Z porovnání příspěvků, jakými se různé zdroje záření podílejí na celkovém ozáření populace (*obr. 1*), ovšem jednoznačně vyplývá, že bychom měli své závěry přehodnotit a obavy přeměřovat. Největší podíl na celkovém ozáření populace mají přírodní, nikoliv umělé zdroje. A mezi přírodními zdroji je nejzávažnější radon a jeho krátkodobé produkty přeměny, které vdechujeme se vzduchem po celý život, ve zcela běžném prostředí: doma nebo v práci. Koláčový graf na

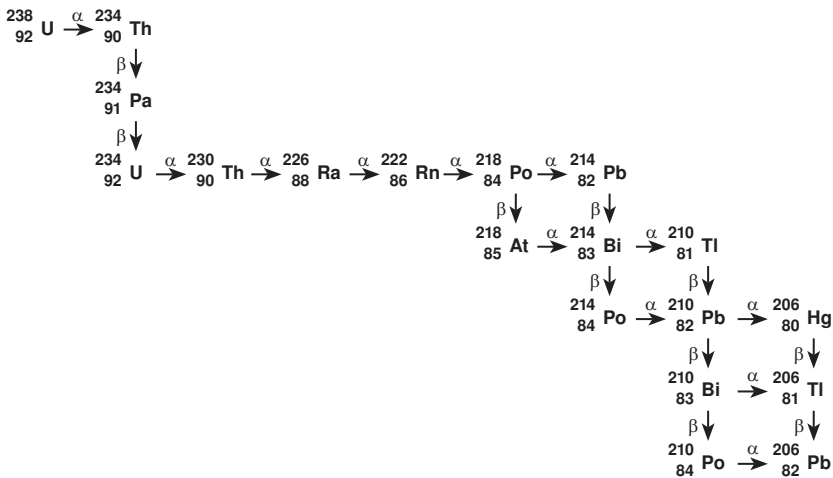


Obr. 1 Rozdělení dávek obyvatelstvu (Státní ústav radiační ochrany, www.suro.cz)

obrázku 1 mimochodem přináší ještě jeden důležitý poznatek – ani mezi umělými zdroji není jaderná energetika nejzávažnější. Největší díl ozáření způsobeného zdroji, které vytvořil člověk, je spojen s ozářením lékařským. Tedy s rentgenovými vyšetřeními, s použitím radioaktivních izotopů v diagnostice a s terapeutickým ozařováním. Radon je přírodní radioaktivní plyn, bez barvy a bez zápachu, chemicky netečný. Vzniká postupnou radioaktivní přeměnou uranu (izotop ^{238}U) obsaženého v zemské kůře a také ve všech přírodních materiálech. Schéma tzv. uran-radiové přeměnové řady uvádí *obrázek 2*. Poločas přeměny uranu je velmi dlouhý, téměř 4,5 miliardy let, z pohledu lidského věku se tedy jeho množství na Zemi prakticky nemění (poločas přeměny je definován jako doba, za kterou se přemění polovina původního množství daného radionuklidu). Příмым předchůdcem radonu je radium (^{226}Ra), s poločasem přeměny 1600 let. Plynný radon se potom s poločasem 3,82 dne přeměňuje na tzv. krátkodobé přeměnové produkty radonu – opět pevné izotopy polonia, olova a bizmutu (^{218}Po , ^{214}Pb , ^{214}Bi a ^{214}Po). Jak vyplývá z názvu, tyto izotopy existují jen krátce, jejich poločasy přeměny se pohybují od zlomku sekundy po desítky minut. Na konci přeměnové řady se nachází stabilní izotop olova ^{206}Pb .

Uvedené fyzikální vlastnosti radonu a jeho krátkodobých produktů přeměny předurčují jak jejich výskyt, tak i negativní účinky na zdraví člověka. Protože je radon plyn, snadno ze zemské kůry na rozdíl od radia a uranu uvolňuje do atmosféry, jednak difuzí, jednak prouděním podél geologických poruch, zlomů, puklin a netěsností. Jeho doba života je dostatečně dlouhá na to, aby urazil poměrně dlouhou vzdálenost. Jako plyn se ve volném ovzduší rychle rozptýluje: koncentrace ve volném ovzduší jsou obvykle tisícinásobně až stotisícinásobně nižší než v zemské kůře. Může se ale hromadit v uzavřených prostorech, tedy například v budovách. Výsledná koncentrace radonu v domě závisí na dvou faktorech – na množství radonu, které do objektu proniká z podloží, a na ventilaci, tedy na způsobu, jakým se dům větrá. Koncentrace radonu ve vnitřním prostředí budov se mohou pohybovat – a také se skutečně pohybují – ve velmi širokém rozpětí. Od hodnot velmi nízkých, srovnatelných s koncentracemi ve volném ovzduší, až po hodnoty extrémně vysoké, srovnatelné s koncentracemi v zemské kůře.

Protože radon vzniká z uranu, jehož zásoby jsou z pohledu historie lidstva neměnné, vyskytoval se v zemské atmosféře a také v lidských obydlích vždy a vždy se v nich vyskytovat bude. Nemalou roli ale



Obr. 2 Schéma uran-radiové přeměnové řady

hrají změny životního stylu, spjaté s moderní dobou. Šetření energií má za následek méně časté větrání, utěšňování oken a stavebních konstrukcí a přispívá k nárůstu koncentrací radonu i jiných škodlivin ve vnitřním prostředí. Také doba, kterou strávíme uvnitř budov, se prodlužuje.

Příčinou zdravotních důsledků není vdechování samotného radonu, ale vdechování jeho krátkodobých produktů přeměny. Jak již bylo uvedeno, jde o pevné izotopy kovů, které po svém vzniku zůstávají ve vzduchu buď ve formě volných iontů, nebo vázané na povrchu aerosolových částic. Po vdechnutí se zachycují v průduškách a v plicích a rychle se přeměňují. Při přeměnách vyzařují záření, které poškozuje tkáň. Radon tedy působí jako nosič – přenáší radioaktivitu ze zemské kůry do atmosféry a do dýchacího ústrojí člověka.

Ozáření průdušek a plic částicemi alfa emitovanými při přeměnách krátkodobých produktů radonu je považováno za jednu z příčin vzniku rakoviny plic. Podobně jako u kouření se jedná o dlouhodobou záležitost, ke vzniku nádoru dochází až po několika letech či desítkách let pobytu v prostředí se zvýšenou koncentrací radonu, resp. jeho krátkodobých produktů přeměny. A podobně jako u kouření je rozvoj choroby u jedince v podstatě náhodný – ne každý onemocní, ale riziko vzniku onemocnění se vlivem působení negativního faktoru významně zvyšuje. Obecně platí, že riziko vzniku plicní rakoviny je tím vyšší, čím vyšší byla koncentrace radonu a čím déle jí byl člověk vystaven.

Z historického pohledu je zajímavé, že první zmínky o škodlivých účincích radonu pocházejí již z konce středověku. Alchymista, astrolog a lékař Paracelsus popsal specifickou „hornickou nemoc“, kterou pozoroval u horníků v krušnohorských stříbrných dolech v Jáchymově a ve Schneebergu. Příznaky i průběh nemoci se lišily od příznaků a průběhu tehdy známých souchotin. Jako rakovina plic byla ovšem diagnostikována až v 19. století. Objev příčiny vzniku nemoci – vdechování krátkodobých produktů přeměny radonu a jejich usazování na povrchu dýchacích cest – potom přišel až v roce 1952, kdy ji nezávisle na sobě nezávisle popsali W. F. Bale (USA) a F. Běhounek (ČSR). Objev vedl k úsilí snížit výskyt rakoviny plic

u horníků z uranových dolů a ke snaze toto profesionální zdravotní riziko kvantifikovat – nalézt vztah mezi mírou ozáření plic a vznikem nádorového onemocnění. Za tím účelem byla provedena řada tzv. epidemiologických studií, v nichž se dlouhodobě sledoval postupný nárůst plicních rakovin u vybraných skupin horníků, a odhadovala míra rizika. U nás tyto studie organizoval J. Ševc.

I další vývoj byl postupný. První informace o tom, že problém radonu se může týkat nejen pracovního prostředí v dolech, ale také ovzduší v budovách, pochází z roku 1956 ze Švédska (B. Hultkvist). V sedmdesátých letech byla prokázána závažnost problematiky radonu v domech v řadě dalších zemí. Začínají se řešit související teoretické i praktické problémy a pozornost věnovaná ozáření z radonu roste. V jednotlivých státech se připravují národní protiradonové programy, zpracovávají se další epidemiologické studie, zaměřené již nikoliv jenom na horníky, ale také na běžné skupiny obyvatelstva. V současné době se považuje za prokázané, že ozáření z radonu a jeho krátkodobých produktů přeměny je druhou nejdůležitější příčinou vzniku rakoviny plic, u nekuřáků potom příčinou nejčastější. Tento závěr potvrzují výsledky studií provedených v řadě oblastí – v Severní Americe (Krewski, 2006, 2005), v Evropě (Darby, 2005, 2006) i v Číně (Lubin, 2004).

Pro pochopení číselných údajů, které se k problematice radonu vztahují, považujeme za nezbytné podrobněji uvést nejdůležitější veličiny a jednotky, používané v oblasti jaderné fyziky a radiační ochrany. Pro naše účely postačí dvě.

První veličina je fyzikální a popisuje množství radioaktivního izotopu (radionuklidu). Nazývá se aktivita, její jednotkou je becquerel (Bq). Aktivita udává počet přeměn, k nimž dojde v daném množství radionuklidu za jednotku času. Vztáhneme-li aktivitu k jednotce objemu nebo hmotnosti určitého materiálu, dostaneme objemovou nebo hmotnostní aktivitu, zjednodušeně koncentraci. Pro termín objemová aktivita radonu se často používá zkratka OAR. Jestliže tvrdíme, že v domě je objemová aktivita radonu ve vzduchu rovná 100 Bq/m³ (becquerelů na metr krychlový), znamená to, že v jednom krychlovém metru vzduchu proběhne za sekundu průměrně jedno sto

radioaktivních přeměn atomů radonu. Protože oblast koncentrací v radonové problematice pokrývá několik řádů, používají se i klasické násobky výchozích jednotek – nejpoužívanější je kilobecquerel (kBq; $1 \text{ kBq} = 1000 \text{ Bq}$). Výše uvedené poznatky o koncentracích radonu v zemské kůře, v budovách a ve volném ovzduší převedené do řeči čísel lze shrnout následovně. Typické hodnoty objemové aktivity radonu v půdním vzduchu, tedy ve vzduchu, který vyplňuje volný prostor mezi jednotlivými částicemi půdy, se pohybují v řádu jednotek až stovek Bq/m^3 , typické hodnoty objemové aktivity radonu ve volném vzduchu jsou podstatně nižší, řádově jednotky, maximálně desítky Bq/m^3 za nepříznivých rozptylových podmínek. Ve vnitřním prostředí budov lze běžně naměřit desítky až stovky Bq/m^3 , v extrémních případech ovšem i tisíce až desetitisíce Bq/m^3 , tj. hodnoty srovnatelné s hodnotami objemové aktivity radonu v půdním vzduchu.

Druhou veličinou je veličina definovaná speciálně pro oblast radiační ochrany, tzv. efektivní dávka. Tato veličina umožňuje srovnávat negativní účinky různých druhů záření na lidské zdraví. Při jejím stanovení se vychází z množství energie ionizujícího záření absorbované v tkáni. Dále se ovšem bere v úvahu skutečnost, že účinek různých druhů záření na lidský organismus není stejně závažný a že různé tkáně a orgány v lidském těle nejsou na ozáření stejně citlivé. Vyjadřuje se v sievertech (Sv), v praxi se nejčastěji používá jednotka milisievert (mSv; $1 \text{ Sv} = 1000 \text{ mSv}$).

Závažnost zdravotních rizik spojených s inhalací radonu a jeho krátkodobých produktů přeměny ve vnitřním prostředí budov v České republice můžeme ilustrovat pomocí následujících údajů. V současnosti se tomuto faktoru na základě výsledků epidemiologických studií připisuje 900 případů úmrtí na rakovinu plic ročně, což je asi 16 % všech úmrtí na uvedené onemocnění. Výsledky studií také umožňují porovnat rizika spojená s radonem a s kouřením (*tab. 1*). Jestliže vyjádříme spontánní riziko vzniku rakoviny plic u nekuřáka číslem 1, je příslušné spontánní riziko u kuřáka, který kouří 20 cigaret denně, rovné číslu 16. Jestliže bude nekuřák dlouhodobě vystaven expozici 1000 Bq/m^3 – v ČR nijak výjimečná situace – od-

povídá přídatné riziko incidence plicní rakoviny číslu 8,3. Pokud se v téže situaci ocitne kuřák, naroste přídatné riziko na číslo 27. Podle tohoto srovnání se jedinec, který žije v prostředí s hodnotami objemové aktivity radonu ve vzduchu na úrovni 1000 Bq/m^3 , vystavuje stejnému riziku, jako kdyby vykouřil 5 až 10 cigaret denně.

Tab. 1 Porovnání násobku rizika z kouření a expozice radonu
(RADON bulletin, Státní ústav radiační ochrany, 11/2008)

	Spontánní riziko	Přídatné riziko v důsledku expozice 1000 Bq/m^3
Nekuřáci	1	8,3
Kuřáci (20 cigaret/den)	16	27

Ozáření populace způsobené radonem je velmi nerovnoměrné, některé skupiny obyvatelstva jsou ozařovány dávkami, které až stonásobně převyšují světový průměr. Česká republika má vzhledem k poměrně vysokému obsahu radia ^{226}Ra v horninách „nevhodné“ geologické poměry. Průměrné hodnoty objemové aktivity radonu v domech a bytech jsou tak jedny z nejvyšších v Evropě. Odhaduje se například, že směrná hodnota průměrné objemové aktivity radonu 400 Bq/m^3 je v České republice překročena ve více než 60 000 budovách, zejména v rodinných domech. Lidé, kteří bydlí v takových budovách, obdrží za rok efektivní dávku větší než 6,8 mSv. V České republice lze ovšem nalézt i objekty s extrémně vysokými hodnotami objemové aktivity radonu – kolem $20\,000 \text{ Bq/m}^3$. Odpovídající efektivní dávka obyvatel potom dosahuje 340 mSv. Pro srovnání – roční limit pro pracovníky se zařazením, například pro horníky v uranových dolech, který nesmí být překročen, činí 20 mSv. Vrátime-li se k úvodu této kapitoly – k porovnání podílu přírodních a umělých zdrojů na ozáření populace, potom je vhodné zdůraznit, že průměrná roční efektivní dávka obyvatel České republiky způsobená rentgenovým vyšetřením se přibližně rovná 0,7 mSv. A hrozivý Černobyl? Průměrná roční efektivní dávka způsobená černobylskou havárií se v prvním roce po nehodě, kdy byly účinky největší, odhaduje v naší zemi na 0,4 mSv.

Oproti zakořeněným představám mají největší podíl na celkovém ozáření populace přírodní, nikoliv umělé zdroje záření. Mezi přírodními zdroji je nejzávažnější radon a jeho krátkodobé produkty přeměny, které se vzduchem vdechujeme po celý život, ve zcela běžném prostředí, doma nebo v práci. V současnosti se předpokládá, že v důsledku ozáření plic zářením vznikajícím při přeměnách krátkodobých produktů přeměny radonu ročně v České republice zemře 900 osob na rakovinu plic.

1.1 Zdroje radonu v domech

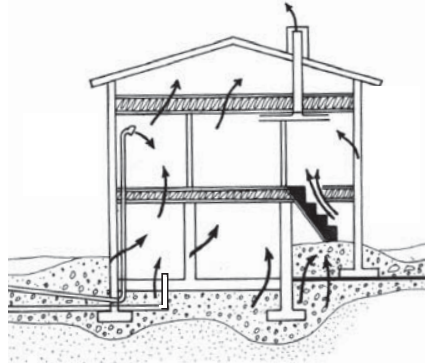
Nejvýznamnějším zdrojem radonu v budovách je podloží, půdní vzduch kontaminovaný radonem, který ze zemin a hornin v podloží stavby proniká do vnitřního ovzduší objektu. Transport radonu do budov umožňují zejména lokální poruchy: netěsnosti kolem prostupů instalačních vedení, trhliny a praskliny v podlahách a suterénních stěnách, trhliny v hydroizolaci nebo netěsné spoje, netěsné revizní, vodoměrné a jiné šachty či trativody bez zápachové uzavírky a vsakovací jímky. Ideálním transportním prostředím pro radon jsou samozřejmě také popraskané a drolicí se betonové podlahy bez hydroizolace, suchá dlažba kladená přímo do zeminy, nebo prkenné podlahy na propustném podsypu. Výsledná koncentrace radonu v budově ale závisí i na dalších faktorech, nejen na existenci transportních cest. Na prvním místě je nutné uvážit mohutnost zdroje – jaké množství radonu v podloží domu vzniká, a jaké množství „volného“ půdního vzduchu je k dispozici. Větší problémy s radonem můžeme očekávat v oblastech, kde je skalní podloží tvořeno granity s vysokým obsahem radia. Naopak menší na křídových sedimentech, které se vyznačují nižším obsahem přírodních radionuklidů. Riziková je vysoká propustnost prostředí – například šterky nebo hrubozrnné písky v podloží domu, přítomnost geologických poruch, apod. Jestliže dům naproti tomu stojí na málo propustných jílech, riziko se snižuje, protože se snižuje množství půdního vzduchu,

který může do domu infiltrovat. Dalším důležitým faktorem je již zmíněná ventilace.

Vedle podlahy mohou být příčinou zvýšených koncentrací radonu v domech také použité stavební materiály nebo dodávaná voda z podzemních zdrojů. Problém stavebních materiálů je spíše historický. V současné době podléhají všechny vyráběné a dodávané stavební materiály přísné kontrole, která vychází z legislativních norem a která je řízena Státním úřadem pro jadernou bezpečnost. Ve starších domech ale není možné tento zdroj radonu a priori vyloučit. Materiály s vysokým obsahem radia – odpady z těžby a zpracování rud – byly například použity při výstavbě řady domů v Jáchymově. Dalšími rizikovými materiály jsou stavební prvky, jejichž podstatnou příměs tvořily produkty spalování uhlí. Po spálení se totiž veškeré přírodní radionuklidy obsažené v uhlí koncentrují v pevných produktech spalování – v popílku a ve škváře. Jako příklad lze uvést panely z rynholeckého škvárobetonu, ze kterých se v sedmdesátých a osmdesátých letech stavěly domy typu START, nebo tvárnice z poříčského plynosilikátu.

Třetím potenciálním zdrojem radonu v domech je dodávaná podzemní voda. Dosavadní zkušenosti ukazují, že se jedná o zdroj nejméně významný. Obsahuje-li přiváděná voda vysoké koncentrace radonu, může přispívat k nárůstu objemových aktivit radonu v ovzduší místností, v nichž se ve větší míře spotřebovává – v kuchyních, koupelnách, či prádelnách. Zdroje podzemní vody pro hromadné zásobování podléhají v současnosti dozoru Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

Zdroje radonu a nejčastější vstupní cesty přehledně znázorňuje obrázek 3.



Obr. 3 Zdroje radonu v domech

Existují tři potenciální zdroje radonu v budovách: půdní vzduch pronikající do objektu z podloží, použité stavební materiály a dodávaná voda. Podloží budov je jednoznačně zdrojem nejvýznamnějším. Použité stavební materiály nelze jako důležitý zdroj radonu vyloučit u starších staveb. V posledních zhruba 20 letech podléhají všechny vyráběné a dodávané stavební materiály kontrole Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, stejně jako voda z podzemních zdrojů, která se používá pro hromadné zásobování obyvatelstva pitnou vodou.

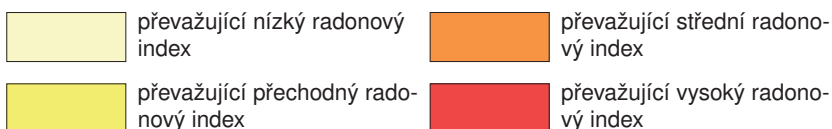
2 Přístup k ochraně proti radonu

2.1 Radonový program, legislativa, metodiky, normy

Český radonový program má dva základní cíle. Prvním cílem je vyhledat co možná největší počet starších budov s vyššími koncentracemi radonu a vhodnými opatřeními tyto koncentrace snížit na přijatelnou úroveň. Druhým cílem je zajistit, aby nové stavby byly proti radonu dostatečně chráněny již při výstavbě.

K naplnění prvního cíle slouží již řadu let prováděný vyhledávací průzkum ve starší zástavbě, který vychází z prognózních map radonového indexu v M 1 : 50 000, vypracovaných Českou geologickou službou (*obr. 4*). Prognózní mapy, které nahradily dříve využívané Odvozené mapy radonového rizika v M 1 : 200 000 (*obr. 5*), vycházejí z geologických podkladů a z výsledků terénních měření. Poskytují základní informaci o rizikovitosti jednotlivých oblastí na území České republiky a umožňují soustředit vyhledávací průzkum do míst, kde lze očekávat největší výskyt budov s vysokými hodnotami objemové aktivity radonu. Vyhledávací průzkum doplňuje systematické poskytování státních příspěvků na ozdravná opatření v bytech a rodinných domech, v nichž byly překročeny legislativně určené směrné hodnoty.

K naplnění druhého cíle slouží regulace výstavby nových budov. Jelikož je významná část radonového programu – rozsáhlý vyhledávací průzkum, ozdravná opatření ve vybraných rodinných domech, bytech, školách a obdobných zařízeních, proces odradonování zdrojů podzemní vody pro hromadné zásobování, výzkum a vývoj – hraze-



Obr. 4 Výřez z Mapy radonového indexu z geologického podloží v M 1: 50 000; Český geologický ústav, www.geology.cz

na ze státního rozpočtu, vyžaduje se u nových staveb preventivní ochrana proti pronikání radonu z podloží.

První legislativní úprava řešení radonové problematiky v České republice pochází z roku 1991. Tehdy byla vydána *vyhláška ministerstva zdravotnictví č. 76/1991 Sb., o požadavcích na omezování ozáření z radonu a dalších přírodních radionuklidů*. Vyhláška zdůraznila význam preventivní ochrany u nově stavěných objektů a umožnila řešení ozdravných opatření ve starších domech za pomoci finančního příspěvku státu. Vydání vyhlášky umožnilo skutečný start českého radonového programu. Od roku 1991 také probíhá zmíněné cílené

vyhledávání objektů s nevyhovujícími hodnotami objemové aktivity radonu v ovzduší.

První roky realizace programu přinesly řadu nových zkušeností, jednak z praxe, jednak z výzkumu, který paralelně probíhal a probíhá. Tyto zkušenosti se promítají do metodik měření a doporučených postupů, jimiž se zajišťuje preventivní ochrana nových staveb i ozdravení starších domů. Samozřejmě se promítají také do legislativy. V roce 1995 bylo řešení radonové problematiky převedeno z kompetence Ministerstva zdravotnictví ČR do kompetence Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (SÚJB). V gesci Státního



Obr. 5 Výřez z Odvozené mapy radonového rizika ČR v M 1 : 200 000 (symbol 1 odpovídá převažujícímu výskytu nízkého radonového rizika, symbol 2 převažujícímu výskytu středního radonového rizika, symbol 3 převažujícímu výskytu vysokého radonového rizika, vyšrafovaná část výskytu anomálních hodnot); ÚÚG 1990

úřadu pro jadernou bezpečnost a jeho výzkumné instituce (Státní ústav radiační ochrany v Praze) je od té doby zejména řízení programu, legislativa, dozor, fyzika a metody měření, epidemiologie. Protože jde o mezioborový problém, na řešení programu dále spolupracují další rezorty – Ministerstvo pro místní rozvoj ČR (pozemní stavitelství, krajské úřady, stavební úřady), Ministerstvo životního prostředí ČR (Česká geologická služba) a university, zejména České vysoké učení technické (Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Fakulta stavební) a Univerzita Karlova (Přírodovědecká fakulta). Aktuální legislativní rámec řešení radonové problematiky nyní tvoří příslušné paragrafy tzv. atomového zákona, tj. *zákona č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření, ve znění pozdějších předpisů*. Podrobnější požadavky vymezuje prováděcí vyhláška – *vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.*

Z legislativy například vyplývá povinnost výrobců a dovozců stavebních materiálů zajistit systematické měření obsahu radia ^{226}Ra ve vyráběných a dovážených stavebních materiálech, vést evidenci o výsledcích měření a oznamovat je SÚJB. Podobně jsou dodavatelé vody do veřejných vodovodů povinni zajistit pravidelně měření obsahu přírodních radionuklidů v dodávané vodě a výsledky evidovat a posílat na vědomí SÚJB. Legislativní pravidla předepisují poměrně přísné směrné a limitní hodnoty a pravidelnou kontrolní činnost. Touto cestou se podařilo do budoucna do značné míry eliminovat dva ze tří zdrojů radonu v ovzduší staveb – stavební materiály a zdroje pitné vody se zvýšeným obsahem přírodních radionuklidů. Riziková může být pouze jednorázová výroba stavebních materiálů (samovýroba z popílků nebo škváry neznámého původu), případně individuální zdroje pitné vody (soukromé studny).

Nejvýznamnější zdroj radonu, tedy radon pronikající z podlahy do ovzduší objektu, tímto způsobem odstranit nelze. Geologické prostředí se vyznačuje značnou nehomogenitou. Hodnoty objemové aktivity radonu v půdním vzduchu se mohou výrazně měnit v návaznosti na měnící se geologické poměry již ve vzdálenosti několika metrů. Radonový potenciál území je tak geograficky velmi