

**Státní úřad
pro jadernou bezpečnost**

radiační ochrana

**Doporučení
Stanovení radonového indexu pozemku
přímým měřením**

SÚJB
březen 2013

Předmluva

Státní úřad pro jadernou bezpečnost trvale věnuje velkou pozornost preventivní ochraně staveb proti radonu. Takový požadavek je obsažen i v návrhu nové evropské direktivy (Basic Safety Standard). Aby se vynaložené úsilí projevilo skutečně v kvalitě staveb z hlediska úrovně přírodního ozáření, musí mít na protiradonové prevenci zájem především sami stavebníci, profesionální přístup projektantů a měřících i realizačních firem by měl být samozřejmostí.

Ochrana staveb před pronikáním radonu z geologického podloží musí začít již v první fázi výstavby před jejich založením. Jen tak je možné zajistit, aby dokončená stavba splňovala legislativní požadavky na úroveň přírodního ozáření. Aby bylo možné zvolit optimální ochranu proti radonu, dostatečně účinnou, ale současně jednoduchou i cenově přijatelnou, v souladu s ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží, je třeba vycházet ze znalosti radonového rizika na konkrétním stavebním pozemku. Povinnost stanovit radonový index pozemku ukládá zákon č. 18/1997 Sb. (Atomový zákon), ve znění pozdějších předpisů, všem, kdo navrhuji umístění stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi nebo žádají o stavební povolení takové stavby. Tím je deklarován společenský zájem na tom, aby nově nevznikaly stavby, ve kterých jsou jejich obyvatelé vystaveni zbytečnému a nežádoucímu ozáření z přírodních zdrojů záření. Nejspolehlivější metodou stanovení radonového indexu pozemku je měření in situ. Projektant může totiž potřebovat nejen zatřídění pozemku do kategorie nízkého – středního – vysokého radonového indexu, ale také informace o objemové aktivitě radonu v půdním vzduchu a o složení/propustnosti geologického podloží. Teprve pokud nelze přímé měření na pozemku provést, je možné odhadnout radonový index alternativním postupem. Vždy je však třeba zohlednit všechny okolnosti, které by mohly výsledné zatřídění pozemku ovlivnit, a tím minimalizovat možnost podcenění rizika.

Nové Doporučení SÚJB vychází z dlouholetých výzkumů i praktických zkušeností a upřesňuje, resp. nahrazuje dosud používanou metodiku uvedenou v Doporučení SÚJB „Metodika pro stanovení radonového indexu pozemku“, březen 2004. Doporučení je doplněno o přílohy, které podávají další informace jak pro ty, kteří se s problematikou stanovení radonového indexu pozemku setkávají profesionálně (držitele povolení SÚJB pro stanovení radonového indexu pozemku podle § 9 odst. 1 písm. r) Atomového zákona, projektanty a pracovníky stavebních úřadů), tak pro stavebníky, kteří mají zájem na co nejkvalitnějším provedení stavby.

Bude – li toto Doporučení dodržováno, bude z pohledu Státního úřadu pro jadernou bezpečnost takový postup naplňovat požadavky radiační ochrany na prevenci proti radonu ve stavbách. Odborné připomínky k předkládanému Doporučení jsou vítány.

Zpracovatelem Doporučení je Státní úřad pro jadernou bezpečnost a kolektiv odborníků pod vedením firmy RADON v.o.s.

Ing. Karla Petrová
náměstkyně pro radiační ochranu

OBSAH

1.	ÚVOD.....	4
2.	TERMINOLOGIE	4
3.	LEGISLATIVA	6
4.	MĚŘENÍ OBJEMOVÉ AKTIVITY RADONU V PŮDNÍM VZDUCHU	6
4.1.	Počet a rozmístění odběrových bodů	7
4.2.	Metodika odběru vzorků půdního vzduchu.....	7
4.3.	Zpracování a prezentace souboru naměřených hodnot objemové aktivity radonu v půdním vzduchu	8
5.	PLYNOPROPUSTNOST ZEMIN	10
5.1.	Postupy stanovení plynopropustnosti zemin.....	10
5.1.1.	Přímé měření plynopropustnosti zemin	10
5.1.2.	Odborné posouzení plynopropustnosti zemin.....	11
5.2.	Prezentace výsledků a způsob klasifikace plynopropustnosti zemin	12
5.2.1.	Přímé měření plynopropustnosti zemin	12
5.2.2.	Odborné posouzení plynopropustnosti zemin.....	13
6.	STANOVENÍ RADONOVÉHO INDEXU POZEMKU	14
6.1.	Stanovení radonového indexu pozemku pomocí radonového potenciálu pozemku.....	14
6.2.	Stanovení radonového indexu pozemku pomocí numerických výsledků měření objemové aktivity radonu a plynopropustnosti zemin stanovené odborným posouzením.....	16
7.	DOPORUČENÁ LITERATURA	17

Přílohy:

Příloha č. 1	Využití informace o radonovém indexu pozemku
Příloha č. 2	Vzorový protokol
Příloha č. 3	Plynopropustnost zemin
Příloha č. 4	Nestandardní situace, věrohodnost stanovení radonového indexu pozemku
Příloha č. 5	Kontakty

1. Úvod

Česká republika má na svém území horniny různého původu, stáří a geochemického složení, vykazující globálně nadprůměrnou radioaktivitu. Rozsáhlá měření koncentrace radonu v půdním vzduchu a ve vnitřním ovzduší obytných domů, provedená v rámci Radonového programu ČR, potvrzují potřebu preventivní ochrany staveb proti pronikání radonu. Indikátorem míry rizika pronikání radonu z geologického podloží do stavby je radonový index pozemku.

Neobjektivnějším způsobem stanovení radonového indexu pozemku je měření a posouzení dvou základních parametrů základových zemin – objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin. Stanovené hodnoty těchto parametrů a zhodnocení strukturně-tektonických poměrů pozemku vedou ke klasifikaci radonového indexu pozemku s výslednou stupnicí radonový index pozemku nízký, střední, vysoký.

Radonový index pozemku je zásadním podkladem pro rozhodování o způsobu ochrany stavby a pro stanovení radonového indexu stavby, který vyjadřuje potřebnou konstrukční ochranu stavby v návaznosti na normu ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží. Podmínkou věrohodnosti stanovení radonového indexu pozemku přímým měřením je dodržení a pečlivé provedení postupů uvedených v této metodice. Předložená nová metodika „Stanovení radonového indexu pozemku přímým měřením“ je zpracována tak, aby logicky navázala na dřívější přístup z roku 2004.

2. Terminologie

Pro účely této metodiky se pod dále uvedenými pojmy rozumí:

Radon

Izotop radonu s hmotnostním číslem 222 – ^{222}Rn . Poločas přeměny radonu je 3,82 dne.

Thoron

Izotop radonu s hmotnostním číslem 220 – ^{220}Rn . Poločas přeměny thoronu je 55,6 sekund.

Objemová aktivita radonu

Počet přeměn izotopu ^{222}Rn za 1 sekundu v jednom krychlovém metru plynu (půdního vzduchu). Symbol veličiny je c_A , jednotkou je Bq/m^3 .

Radonový index pozemku (RI)

Indikátor popisující míru rizika migrace radonu z geologického podloží do stavby na daném pozemku. RI nabývá hodnot: nízký – střední – vysoký.

Radonový potenciál pozemku (RP)

Číselná hodnota vyjadřující radonový index pozemku. Je-li $\text{RP} < 10$, radonový index pozemku je nízký; je-li $10 \leq \text{RP} < 35$, radonový index pozemku je střední; je-li $\text{RP} \geq 35$, radonový index pozemku je vysoký. Radonový potenciál pozemku se určuje z numerických hodnot objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a numerických hodnot plynopropustnosti zemin.

Zemina

Pojem zahrnuje zeminy (tj. produkty větrání hornin, nezpevněné), půdy (tj. svrchní horizonty zvětrání hornin s organickou substancí), horniny skalního podkladu, pokud se vyskytují ve svrchních horizontech ovlivňujících stanovení radonového indexu pozemku, a antropogenní navážky, pokud se na pozemku vyskytují.

Půdní vzduch

Směs plynů obsažených v zeminách.

Plynopropustnost zemin

Reprezentativní parametr charakterizující možnost šíření radonu a jiných plynů v zeminách. Pro účely stanovení radonového indexu pozemku se určuje přímým měřením nebo odborným posouzením. Symbol veličiny je **k**, jednotkou (v případě přímého měření) je m^2 .

Popis zemin ve vertikálním profilu

Popis jednotlivých vrstev zemin dostatečně charakterizující jejich strukturně mechanické vlastnosti pro odborné posouzení jejich plynopropustnosti, s udáním jejich mocností a hloubek uložení pod povrchem terénu.

Třetí kvartil

75 % percentil souboru hodnot. Pro účely stanovení radonového indexu pozemku se hodnota třetího kvartilu souboru dat objemové aktivity radonu c_{A75} nebo plynopropustnosti k_{75} určí tak, že soubor dat o N hodnotách se seřadí vzestupně a pořadové číslo třetího kvartilu souboru N_{75} se stanoví výpočtem dle:

$$N_{75} = \text{CELÁ ČÁST } (0,75N + 0,25).$$

Hodnota třetího kvartilu souboru dat je hodnota ze vzestupně seřazeného souboru dat odpovídající tomuto pořadí.

Pozemek

Místně a plošně vymezené území, na kterém se stanovuje radonový index pozemku. Radonový index pozemku se stanovuje v situaci, kdy je známé umístění stavby, tj. i plocha zástavby (včetně rozsahu budoucího kontaktu stavby s geologickým podložím). Pozemky se pro účely této metodiky dělí podle velikosti plochy zástavby a počtu staveb, pro které se stanovení radonového indexu provádí, na

- a) pozemky s jednou malou stavbou (budoucí zastavěná plocha, tj. plocha kontaktu budoucí stavby s geologickým podložím $\leq 800 m^2$),
- b) pozemky s jednou velkou stavbou (budoucí zastavěná plocha, tj. plocha kontaktu budoucí stavby s geologickým podložím $> 800 m^2$),
- c) pozemky s více stavbami.

Sonda do zeminy (pro určení plynopropustnosti zemin)

Mělké vyhloubení do zemin za účelem posouzení zemin ve vertikálním profilu. Sondy do zeminy lze realizovat pedologickým vrtákem, různými ručními vrtacími soupravami či ručním hloubením. Sondy do zeminy pro určení plynopropustnosti zemin prováděné v rámci stanovení radonového indexu pozemku nespádají mezi technické práce ve smyslu vyhlášky č. 369/2004 Sb., o projektování, provádění a vyhodnocování geologických prací, oznamování rizikových geofaktorů a o postupu při výpočtu zásob výhradních ložisek, ve znění pozdějších předpisů, a nevztahují se tedy na ně příslušná pravidla.

3. Legislativa

Povinnost stanovení radonového indexu pozemku stanoví **zákon č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů (dále atomový zákon), v § 6 odst. 4.**

Ten, kdo navrhuje umístění stavby s obytnými nebo pobytovými místnostmi^{3a)}, je povinen zajistit stanovení radonového indexu pozemku a výsledky předložit stavebnímu úřadu. Ten, kdo ohlašuje nebo žádá o povolení provedení stavebních úprav pro změnu v užívání části stavby, která bude nově obsahovat obytné nebo pobytové místnosti, anebo oznamuje změnu v užívání stavby, která bude nově obsahovat obytné nebo pobytové místnosti, je povinen zajistit měření úrovně objemové aktivity radonu a výsledky předložit stavebnímu úřadu nebo autorizovanému inspektorovi. Pokud se taková stavba umísťuje nebo provádí na pozemku s vyšším než nízkým radonovým indexem, musí být stavba preventivně chráněna proti pronikání radonu z geologického podloží. Stanovení radonového indexu pozemku se nemusí provádět v tom případě, bude-li stavba umístěna v terénu tak, že všechny její obvodové konstrukce budou od podloží odděleny vzduchovou vrstvou, kterou může volně proudit vzduch. Prováděcí právní předpis stanoví postup pro stanovení radonového indexu pozemku.

Podle **§ 59 odst. 1 písm. e) vyhlášky č. 307/2002 Sb., ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.**, je měření a hodnocení ozáření z přírodních radionuklidů, včetně stanovení radonového indexu pozemku pro účely podle § 6 odst. 4 atomového zákona, službou významnou z hlediska radiační ochrany a k jejímu provádění je nutné podle § 9 odst. 1 písmeno r) atomového zákona povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost (dále SÚJB). Seznam subjektů s povolením SÚJB je zveřejněn na internetových stránkách SÚJB www.sujb.cz.

4. Měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu

Objemová aktivita radonu se určuje měřením radioaktivity vzorků půdního vzduchu odebraných v hloubce 0,8 m a v souladu s platnou normou ČSN ISO 31-9 se značí symbolem c_A . Udává se v jednotkách kBq/m^3 s přesností na jedno desetinné místo.

Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu se stanovuje jednorázovým odběrem vzorku půdního vzduchu a okamžitým měřením nebo pozdějším měřením v laboratoři, měřením radonu při kontinuálním čerpání půdního vzduchu nebo uložením detektorů radonu do zemin pro dlouhé expozice (měření okamžitá, kontinuální a integrální). Objemová aktivita radonu se měří převážně detekcí záření alfa pomocí ionizačních nebo scintilačních komor. Při jejich použití je nutné vždy kontrolovat pozadí komor. Cílem kontroly je zamezit použití komor kontaminovaných přeměnovými produkty radonu. Pozadí detekčních komor musí být nižší než 1/10 odezvy při měření vzorku půdního vzduchu. Minimální detekovatelná aktivita musí být menší než 1 kBq/m^3 .

Měřidla objemové aktivity radonu jsou stanovenými měřidly podle zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii, ve znění pozdějších předpisů, a prováděcích předpisů k tomuto zákonu. Ověřování měřidel provádí Autorizované metrologické středisko pro měřidla objemové aktivity radonu a ekvivalentní objemové aktivity radonu při Státním ústavu jaderné, chemické a biologické ochrany, v.v.i. v Kamenné.

^{3a)} Vyhláška č. [268/2009 Sb.](http://www.sujb.cz), o technických požadavcích na stavby.

Thorium přítomné v zeminách a horninách generuje thoron (^{220}Rn), zdroj záření alfa, jehož objemová aktivita v půdním vzduchu je stejného řádu jako objemová aktivita radonu. Poločas přeměny thoronu je velmi krátký – 55,6 s. Při stanovení objemové aktivity radonu provedeném v krátkém časovém intervalu po odběru vzorků půdního vzduchu je nezbytné použít postupy zpracování měřených veličin, které vliv thoronu na výsledné hodnoty objemové aktivity radonu vyloučují. Obvyklý postup vyloučení vlivu thoronu je časová prodleva mezi odběrem vzorku půdního vzduchu a začátkem měření, během které se thoron přemění.

4.1. Počet a rozmístění odběrových bodů

Vzhledem k nestejněměrné distribuci radonu v zeminách a častému výskytu lokálních odchylek objemové aktivity radonu v půdním vzduchu je pro stanovení radonového indexu pozemku nutný vyšší počet bodových měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a statistické vyhodnocení souboru dat.

Pro stanovení radonového indexu pozemku s jednou malou stavbou (zpravidla pro výstavbu jednotlivého samostatně stojícího rodinného domu či obdobně velkého objektu, pro přístavbu obdobného objektu či pro celkovou rekonstrukci spojenou se změnami v kontaktních konstrukcích) je minimální počet měřících bodů v ploše pozemku 15, odběrové body se rozmisťují v budoucí zastavěné ploše a nejbližším okolí stavby.

Při stanovení radonového indexu pozemku s jednou velkou stavbou se měření realizuje v síti 10×10 m. Odběrové body se situují v budoucí zastavěné ploše a nejbližším okolí budoucí stavby.

Při stanovení radonového indexu pozemku s více stavbami se měření realizuje v měřící síti 10×10 m, která musí pokrýt budoucí zastavěné plochy všech staveb a jejich nejbližší okolí. V návaznosti na hustotu zástavby se tak zpravidla jedná o jednu navazující síť měření. Při velké vzdálenosti jednotlivých staveb nebo skupin staveb je možné realizovat průzkum pro každou stavbu (skupinu staveb) samostatně v dílčí měřící síti 10×10 m pokrývající budoucí zastavěnou plochu a nejbližší okolí stavby (skupiny staveb), kdy dílčí měřící sítě nenavazují. I pro stanovení radonového indexu pozemku s více stavbami, resp. pro každou dílčí měřící síť je minimální počet měřících bodů 15.

V případě, že měřící síť nemůže být dodržena (odběrové body nemohou být situovány v předepsané síti vzhledem k výskytu zpevněných ploch či jim brání stávající zástavba ap.), průzkum se realizuje s odpovídajícím počtem odběrových bodů; jednotlivé odběrové body se přitom situují tak, aby co nejlépe umožnily popsat distribuci radonu v zájmovém území, např. při výskytu zpevněných ploch se pro posouzení bariérového efektu zpevnění část odběrů realizuje po odvrtní zpevnění, část mimo zpevnění; při průzkumech v blízkosti stávajících staveb (např. pro přístavby, rekonstrukce) se část odběrových bodů umísťuje ve vzdálenosti minimálně 10 m od stávajícího objektu (pokud to umožní aktuální situace).

4.2. Metodika odběru vzorků půdního vzduchu

Pro odběry vzorků půdního vzduchu se používají zpravidla malopřůměrové duté tyče s volným hrotem v kombinaci s velkoobjemovými vyplachovacími stříkačkami (Janette) či pumpami. Při odběrech vzorků půdního vzduchu musí být celý odběrový systém dokonale

těsný. Použití odběrových systémů, které nejsou dostatečně těsné nebo výkonem nedosahují potřebný podtlak pro odčerpání vzorku půdního vzduchu (např. odběrový balónek), může vést k podhodnocení skutečné hodnoty objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a není pro odběr vzorků povoleno.

Objem odběrového prostoru, který vzniká vyražením volného hrotu, musí být dostatečně velký, aby odběr vzorku umožnil. Minimální doporučený vnitřní povrch dutiny vytvořený pro odběr vzorku půdního vzduchu je stanoven na 940 mm^2 (odpovídá válci o průměru 10 mm a výšce 30 mm).

Odběr vzorků půdního vzduchu se provádí v hloubce 0,8 m pod povrchem terénu. V případech, kdy není možné odebrat vzorek půdního vzduchu pro stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v hloubce 0,8 m (extrémně nízká plynopropustnost, vysoká saturace odběrového horizontu vodou, skalní podklad při povrchu terénu), se postupuje následujícím způsobem.

Pokud je příčinou extrémně nízká plynopropustnost odběrového horizontu, je možné zvětšit odběrový prostor postupným zpětným povytahováním tyče, zpravidla o 10 – 15 cm. Pokud nedojde k uvolnění tyče v zemině a následnému přísávání atmosférického vzduchu, je možné zvětšit odběrový prostor povytahováním tyče až do úrovně 0,5 m pod povrchem terénu, při zachování dokonalé těsnosti systému.

Obdobný postup lze využít v případě vysoké saturace odběrového horizontu vodou, kdy je možno tento postup kombinovat s probubláváním vody půdním vzduchem. Obdobně pro případ, kdy vystupují svrchní horizonty skalního podkladu mělce k povrchu terénu a kdy není možné odběrové zařízení do požadované úrovně (tj. hloubky 0,8 m) umístit, je minimální hloubka pro měření objemové aktivity radonu stanovena na 0,5 m pod povrchem terénu.

V případě nutnosti je možné odběry opakovat, resp. jednotlivé odběrové body posunout proti základní síti $10 \times 10 \text{ m}$ (odběrové tyče se opakovaně zatloukají tak, aby odběry byly realizovány co nejhluběji). Všechny odchylky od standardní odběrové úrovně 0,8 m je nutno uvést v závěrečném protokolu včetně zdůvodnění. Posouzení vlivu těchto odchylek je odpovědností zpracovatele protokolu.

4.3. Zpracování a prezentace souboru naměřených hodnot objemové aktivity radonu v půdním vzduchu

Rozhodujícím parametrem pro charakterizaci souboru naměřených hodnot objemové aktivity radonu je třetí kvartil c_{A75} . Při výskytu lokálních anomálií objemové aktivity radonu překračujících trojnásobek třetího kvartilu – $3 \times c_{A75}$ je vstupní hodnotou pro výsledné hodnocení místo třetího kvartilu objemové aktivity radonu maximální hodnota objemové aktivity radonu. Naměřené hodnoty objemové aktivity radonu nižší než 1 kBq/m^3 se z hodnoceného souboru vyloučí. V posudku musí být uvedeny následující statistické parametry souboru naměřených hodnot: minimální hodnota, maximální hodnota, aritmetický průměr, medián a třetí kvartil.

Při hodnocení pozemků s jednou malou stavbou (15 odběrových bodů pro stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu) je posouzení celého souboru naměřených hodnot a zvážení významu případných lokálních anomálií objemové aktivity radonu v kompetenci zpracovatele posudku.

Při hodnocení pozemků s jednou velkou stavbou nebo pozemků s více stavbami (objemová aktivita radonu v půdním vzduchu stanovena v síti 10×10 m) je nutno rozhodnout (s využitím grafické prezentace hodnot objemové aktivity radonu v ploše), zda je plocha z hlediska plošné distribuce radonu natolik homogenní, že ji lze charakterizovat jedním radonovým indexem. Pokud hodnocený pozemek s jednou velkou stavbou nebo pozemek s více stavbami homogenní není, připadají v úvahu tři možnosti

- a) plocha se skládá z několika homogenních dílčích ploch,
- b) plochou prochází poruchové pásmo,
- c) na ploše se vyskytují lokální anomálie.

V případech a) a b) zpracovatel posudku rozdělí plochu podle grafické prezentace plošného rozšíření hodnot objemové aktivity radonu vizuálně do dostatečně homogenních dílčích ploch, které řeší odděleně. Výchozí podklad pro toto hodnocení tvoří naměřené hodnoty objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a jejich distribuce v ploše, uvažují se zároveň i případné změny plynopropustnosti zemin v ploše.

Při posuzování, zda je dílčí plocha dostatečně homogenní či nikoli, je kromě vizuálního hodnocení distribuce radonu v ploše u dostatečně velkých souborů (více než 50 hodnot) možno vycházet z vyhodnocení histogramů příslušných datových souborů. Jinou možností je využití grafického testu, který spočívá v tom, že hodnoty setříděné podle velikosti se zobrazí proti logitům relativního pořadí, tj.

$$\ln(r / (1 - r)), \text{ kde } r = i / (n + 1),$$

přičemž „ i “ je pořadí hodnoty v setříděných datech. Tento způsob umožňuje vizuálně posoudit, zda se jedná o unimodální či vícemodální vzorek. Jestliže se tvar závislosti blíží přímce, je rozdělení dat souboru normální, resp. lognormální. Je-li graf ve tvaru lomené přímky, je soubor vícemodální.

Pro hodnocení radonového indexu pozemku je rozhodujícím parametrem u homogenních ploch třetí kvartil celého souboru naměřených dat objemové aktivity radonu, u nehomogenních ploch největší z třetích kvartilů z dílčích ploch, které jsou pro daný pozemek, resp. danou stavbu relevantní.

V případě c) je rozhodující, jakou váhu přiřadí zpracovatel posudku lokálním anomáliím (vazba na geologické či negeologické faktory ovlivňující distribuci radonu v půdním vzduchu, zcela náhodný výskyt apod.), resp. jaké výsledky přinesly případné doplňující odběry a měření zahušťující základní odběrovou síť. Ve zdůvodněném případě mohou tyto anomálie ovlivnit celkové hodnocení a výsledné stanovení radonového indexu pozemku.

Při zpracování posudků pro pozemky s jednou velkou stavbou nebo pozemky s více stavbami musí být v posudku kromě statistických parametrů – minimální hodnota, maximální hodnota, aritmetický průměr, medián a třetí kvartil souboru dat objemové aktivity radonu v půdním vzduchu, uvedeny všechny naměřené hodnoty objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a grafická prezentace těchto hodnot (jejich situování v ploše), umožňující vizuální hodnocení plošné distribuce objemové aktivity radonu v půdním vzduchu.

5. Plynopropustnost zemin

Druhým parametrem rozhodným pro stanovení radonového indexu pozemku je plynopropustnost zemin. Prostředí s vyšší plynopropustností je z hlediska stanovení radonového indexu pozemku obecně více rizikové než méně plynopropustné prostředí, neboť možnost transportu půdního vzduchu a radonu do stavebního objektu se s rostoucí plynopropustností zvyšuje.

5.1. Postupy stanovení plynopropustnosti zemin

Pro stanovení plynopropustnosti zemin je pro účely stanovení radonového indexu pozemku možno využít postupy

- přímé měření plynopropustnosti zemin in situ,
- odborné posouzení plynopropustnosti zemin.

Plynopropustnost zemin se značí symbolem **k**. V případě přímého měření plynopropustnosti zemin in situ se udává v jednotkách m^2 a při zápisu hodnoty se pro tyto účely udává s přesností na jedno desetinné místo (např. $1,7 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$). V případě odborného posouzení plynopropustnosti zemin se plynopropustnost hodnotí v kategoriích nízká – střední – vysoká.

5.1.1. Přímé měření plynopropustnosti zemin

Přímým měřením in situ se stanovuje plynopropustnost zemin v hloubce 0,8 m pod povrchem terénu (resp. v hloubce odpovídající odběrům vzorků půdního vzduchu v případě, kdy vystupují svrchní horizonty skalního podkladu mělce k povrchu terénu a kdy není možné odběrové zařízení do požadované úrovně, tj. hloubky 0,8 m, umístit – viz kap. 4.2.).

Plynopropustnost hornin a zemin se vyjadřuje objemem plynu prošlým jednotkou plochy zeminy kolmé na směr pohybu plynu za jednotku času při definovaném tlaku plynu. Přístroje pro měření plynopropustnosti zemin pracují na principu měření průtoku vzduchu při jeho vysávání ze zeminy nebo při jeho vtlačení do zeminy za použití stálého a přesně definovaného tlakového rozdílu.

Při přímém měření plynopropustnosti se používají zpravidla shodné technické prostředky jako při odběrech vzorků půdního vzduchu (malopřůměrové duté zarážené tyče s volným hrotem). Vnitřní povrch dutiny, která vzniká vyražením volného hrotu, je pro každý měřicí systém přesně definován a odpovídá „geometrickému faktoru“ systému. Při přímém měření plynopropustnosti není dovoleno zvětšovat měřicí prostor v zemině. Pro přímé měření plynopropustnosti zemin je principiálně možné využít jakýkoli přístroj určený pro tento účel.

Vzhledem k problematickému stanovení tzv. „geometrického faktoru“ při tomto měření, opravám na volný průtok vzduchu tyčí a přístrojem, které jsou pro každý přístroj specifické, a vzhledem k tomu, že není zavedena kalibrace přístrojů a standardizace měření plynopropustnosti, je nutno hodnoty plynopropustnosti zemin měřené jinými přístroji než v ČR převážně užívaným plynopropustoměrem RADON-JOK na tento přístroj navázat.

Pro nízkou plynopropustnost se zavádí pomocná mezní hodnota $k = 5,2 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$. Pokud je plynopropustnost $k < 5,2 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$ (při měření plynopropustoměrem RADON-JOK odpovídá času měření delšímu než 1200 s) a plynopropustnost není z důvodu úspory času doměřena, uvede se v přehledu výsledků hodnota $k < 5,2 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$ a při statistickém vyhodnocení se používá hodnota této meze, tj. $k = 5,2 \cdot 10^{-14} \text{ m}^2$.

Obdobně, vzhledem k odporu proti volnému průtoku vzduchu tyčí a přístrojem, se zavádí pomocná mezní hodnota $k = 1,8 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$ pro vysokou plynopropustnost. Pokud je plynopropustnost $k > 1,8 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$ (při měření plynopropustoměrem RADON JOK odpovídá času měření kratšímu než 6 s) a plynopropustnost není přesně stanovena, uvede se v přehledu výsledků hodnota $k > 1,8 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$ a při statistickém vyhodnocení se používá hodnota této meze, tj. $k = 1,8 \cdot 10^{-11} \text{ m}^2$.

V případě přímého měření plynopropustnosti jsou požadavky na minimální počet měřících bodů a jejich umístění stejné jako u měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu. Zpravidla se realizuje přímé měření plynopropustnosti a odběr vzorku pro měření objemové aktivity radonu v totožném bodě/odběrovém prostoru (aby nebyla porušena geometrie odběrového prostoru, nejprve se stanovuje plynopropustnost zemin a následně se odebírá vzorek půdního vzduchu pro měření objemové aktivity radonu).

- Pro stanovení radonového indexu pozemku s jednou malou stavbou je minimální počet přímých měření plynopropustnosti v ploše pozemku 15.
- Při stanovení radonového indexu pozemku s jednou velkou stavbou a při stanovení radonového indexu pozemku s více stavbami se měření plynopropustnosti realizuje v měřické síti $10 \times 10 \text{ m}$.

Rozhodujícím parametrem souboru výsledků měření plynopropustnosti zemin pro stanovení radonového indexu pozemku je třetí kvartil (značen k_{75}). Použití třetího kvartilu snižuje vliv ojedinělých vysokých hodnot plynopropustnosti, které by mohly v některých případech způsobovat nadhodnocení radonového indexu pozemku.

V případě přímého měření plynopropustnosti zemin není pro stanovení radonového indexu pozemku nutný popis zemin ve vertikálním profilu, tj. realizace sond do zeminy. Pokud jsou k dispozici numerické výsledky přímých měření plynopropustnosti in situ $k \text{ (m}^2\text{)}$, používá se pro stanovení radonového indexu pozemku model RP - radonový potenciál pozemku (kap. 6.1.).

5.1.2. Odborné posouzení plynopropustnosti zemin

Odborné posouzení plynopropustnosti zemin předpokládá znalost základních principů pedogeneze, půdních vlastností a znaků půd a matečných hornin a orientaci v mapových a archivovaných podkladech. Podrobnosti k odbornému posouzení plynopropustnosti zemin jsou obsaženy v Příloze 3.

Odborné posouzení plynopropustnosti (klasifikace nízká – střední – vysoká) je založeno na popisu zemin ve vertikálním profilu do hloubky 1,0 m na základě sond do zeminy. Pokud vystupují svrchní horizonty skalního podkladu mělce k povrchu terénu či je obsah hrubé frakce v zeminách takový, že neumožňuje realizovat sondu do zeminy (pro určení plynopropustnosti) do hloubky 1,0 m, využívá se maximálně dosažitelná hloubka. Parametry, které se popisují, jsou: zrnitost zemin (podíl jednotlivých frakcí), barva zemin, mocnost

jednotlivých horizontů, případně zvláštní znaky (např. informace o tom, že se jedná o antropogenní navážku).

Při odborném posouzení plynopropustnosti zemin se současně provádí

- makroskopický popis vzorků odebraných z hloubky 0,8 m, včetně klasifikace plynopropustnosti (nízká – střední – vysoká). Při této klasifikaci se využívá odhadu obsahu jemné frakce „f“ v zeminách. Nízké plynopropustnosti odpovídá obsah jemné frakce $f > 65 \%$, střední plynopropustnosti odpovídá obsah jemné frakce f v mezích $15 \% < f \leq 65 \%$ a vysoké plynopropustnosti obsah jemné frakce $f \leq 15 \%$,
- subjektivní hodnocení odporu sání při každém odběru vzorku půdního vzduchu pro stanovení objemové aktivity radonu. Odhad převažující klasifikace plynopropustnosti (nízká – střední – vysoká) se provádí na základě posouzení odporu sání u každého z odběrů.

Klasifikace může být dále upravena v návaznosti na faktory ovlivňující výslednou plynopropustnost (podrobnosti jsou obsaženy v Příloze 3). Při odborném posouzení plynopropustnosti zemin a pro posouzení jejich vertikálních a horizontálních změn

- v případě hodnocení pozemků s jednou malou stavbou je nutno realizovat minimálně 2 sondy do zeminy,
- v případě hodnocení pozemků s jednou velkou stavbou nebo pozemků s více stavbami je nutno realizovat minimálně 2 sondy do zeminy + 1 sondu do zeminy na každých ukončených 30 odběrových bodů pro měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu.

Je-li na shodném pozemku realizován současně podrobný inženýrsko-geologický či hydrogeologický průzkum či byl tento průzkum realizován v minulosti a má-li zpracovatel radonového průzkumu podrobné údaje v dostatečném rozsahu z tohoto průzkumu k dispozici, není nutno provádět pro stanovení radonového indexu pozemku speciální sondy do zeminy pro určení plynopropustnosti. Pro odborné posouzení plynopropustnosti zemin se využijí podrobné údaje inženýrsko-geologického průzkumu.

Pokud se při stanovení plynopropustnosti zemin využívá odborné posouzení plynopropustnosti a kategorizace nízká – střední – vysoká, pak se pro stanovení radonového indexu pozemku používá klasifikační tabulka (kap. 6.2.).

5.2. Prezentace výsledků a způsob klasifikace plynopropustnosti zemin

5.2.1. Přímé měření plynopropustnosti zemin

Hodnocení plynopropustnosti pozemků s jednou malou stavbou (15 přímých měření plynopropustnosti zemin in situ) vychází z hodnoty třetího kvartilu (značena k_{75}) statistického souboru hodnot plynopropustnosti. Posouzení celého souboru zjištěných hodnot, zvážení významu případných lokálních maximálních a minimálních anomálií plynopropustnosti je v kompetenci zpracovatele posudku. V posudku musí být uvedeny alespoň následující statistické parametry souboru zjištěných hodnot: minimální hodnota, maximální hodnota, aritmetický průměr, medián a třetí kvartil.

Při hodnocení pozemků s jednou velkou stavbou nebo pozemků s více stavbami (plynopropustnost zemin je stanovena v síti 10×10 m) je nutno rozhodnout (s využitím grafické prezentace hodnot plynopropustnosti v ploše), zda je plocha natolik homogenní, že ji lze charakterizovat jednou hodnotou plynopropustnosti, tj. pro hodnocení lze využít obdobně hodnotu třetího kvartilu statistického souboru hodnot plynopropustnosti k_{75} .

Pokud hodnocený pozemek s jednou velkou stavbou nebo pozemek s více stavbami homogenní není, připadají v úvahu tři možnosti (zpravidla v návaznosti na geologické poměry)

- a) plocha se skládá z několika homogenních dílčích ploch,
- b) plochou prochází pásmo s odlišnou plynopropustností,
- c) na ploše se vyskytují lokální anomálie plynopropustnosti.

V případech a) a b) zpracovatel posudku rozdělí plochu pomocí grafické prezentace plošného rozložení hodnot plynopropustnosti vizuálně do dostatečně homogenních dílčích ploch, které řeší odděleně. Uvažuje zároveň i případné změny objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v ploše. Pro hodnocení je rozhodujícím parametrem třetí kvartil odpovídajícího datového souboru. U homogenních ploch třetí kvartil celého souboru, u nehomogenních ploch největší z třetích kvartilů z dílčích ploch, které jsou pro daný pozemek, resp. danou stavbu, relevantní.

V případě c) je rozhodující, jakou váhu přiřadí zpracovatel posudku lokálním anomáliím (vazba na geologické či negeologické faktory ovlivňující distribuci radonu v půdním vzduchu, zcela náhodný výskyt apod.). Ve zdůvodněném případě mohou tyto anomálie ovlivnit celkové hodnocení a výsledné stanovení radonového indexu pozemku.

Při zpracování posudků pro pozemky s jednou velkou stavbou nebo pro pozemky s více stavbami musí být v posudku kromě statistických parametrů: minimální hodnota, maximální hodnota, aritmetický průměr, medián a třetí kvartil uvedeny všechny zjištěné hodnoty plynopropustnosti zemin a grafická dokumentace jejich umístění (jejich situování v ploše), umožňující vizuální hodnocení plošné distribuce plynopropustnosti.

5.2.2. Odborné posouzení plynopropustnosti zemin

Při hodnocení pozemků s jednou malou stavbou (2 sondy do zeminy) je odborné posouzení plynopropustnosti zemin založeno na popisu zemin ve vertikálním profilu do hloubky minimálně 1,0 m, resp. do dosažitelné hloubky, na makroskopickém popisu vzorků a na subjektivním hodnocení odporu sání při odběrech vzorků půdního vzduchu pro stanovení objemové aktivity radonu. Výsledkem odborného posouzení plynopropustnosti zemin je klasifikace plynopropustnosti do jedné ze tříd: nízká – střední – vysoká, se zdůvodněním pomocí uvedených pravidel.

Při hodnocení pozemků s jednou velkou stavbou nebo pozemků s více stavbami je nutno pomocí sond do zeminy a popisů zemin ve vertikálním profilu rozhodnout, zda je plocha natolik homogenní, že ji lze charakterizovat jednou kategorií plynopropustnosti.

Pokud hodnocený pozemek s jednou velkou stavbou nebo pozemek s více stavbami homogenní není, připadají v úvahu tři možnosti (zpravidla v návaznosti na geologické poměry)

- a) plocha se skládá z několika homogenních dílčích ploch,
- b) plochou prochází pásmo s odlišnou plynopropustností,
- c) na ploše se vyskytují lokální anomálie plynopropustnosti.

Ve všech případech zpracovatel posudku rozdělí plochu vizuálně do dostatečně homogenních dílčích ploch, které řeší odděleně. Výchozí podklad pro toto hodnocení tvoří popisy zemin ve vertikálním profilu a horizontální změny, uvažují se zároveň i případné změny objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v ploše. Pro stanovení radonového indexu u nehomogenních ploch se použije největší z kategorií plynopropustnosti z dílčích ploch, které jsou pro daný pozemek, resp. danou stavbu relevantní.

V posudku o radonovém indexu pozemku musí být kromě výsledku odborného posouzení plynopropustnosti uvedeny i popisy zemin ve vertikálním profilu pro všechny realizované sondy do zeminy, makroskopický popis vzorků zeminy a subjektivní hodnocení odporu sání při odběru vzorků půdního vzduchu.

6. Stanovení radonového indexu pozemku

Stanovení radonového indexu pozemku vychází z hodnocení dvou vstupních parametrů, objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin. Kromě těchto parametrů mohou být pro celkové hodnocení podstatné též údaje o strukturně-geologické situaci pozemku (regionální geologická jednotka, hornina tvořící skalní podklad, tektonické linie a poruchová pásma, reliéf terénu, aj.) i další zjištěné skutečnosti (Příloha č. 4).

Postup stanovení radonového indexu pozemku závisí na typu vstupních dat. Pro numerické údaje o objemové aktivitě radonu v půdním vzduchu a numerické údaje o plynopropustnosti zemin se radonový index pozemku stanoví pomocí radonového potenciálu pozemku (kap. 6.1.). Pro numerické údaje o objemové aktivitě radonu v půdním vzduchu a kategorii plynopropustnosti zemin stanovenou odborným posouzením (nízká – střední – vysoká) se radonový index pozemku stanoví dle klasifikační tabulky (kap. 6.2.).

Posudek o stanovení radonového indexu pozemku musí obsahovat údaje požadované v příloze č. 15 k vyhlášce č. 307/2002 Sb., ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb. Doporučený obsah protokolu je obsažen v Příloze č. 2.

6.1. Stanovení radonového indexu pozemku pomocí radonového potenciálu pozemku

Model, který určuje radonový potenciál pozemku, vychází ze staršího (1994) klasifikačního schématu radonového indexu pozemku. Novelizovaná metodika z roku 2004 nahrazuje lomené hranice oddělující nízký a střední, resp. střední a vysoký radonový index pozemku hraničními přímkami a takto umožňuje citlivější posouzení hraničních případů.

Dvojici přímek ve tvaru písmene V, které vymezují střední radonový index, je možné definovat obecně. Jsou dány rovnicemi

$$-\log k = \alpha_1 \cdot c_A - (\alpha_1 \cdot c_{A0} + \log k_0),$$

$$-\log k = \alpha_2 \cdot c_A - (\alpha_2 \cdot c_{A0} + \log k_0),$$

kde α_1 a α_2 jsou směrnice těchto hraničních přímk a c_{A0} , $-\log k_0$ jsou souřadnice jejich průsečíku. Parametr RP je potom definován vztahem

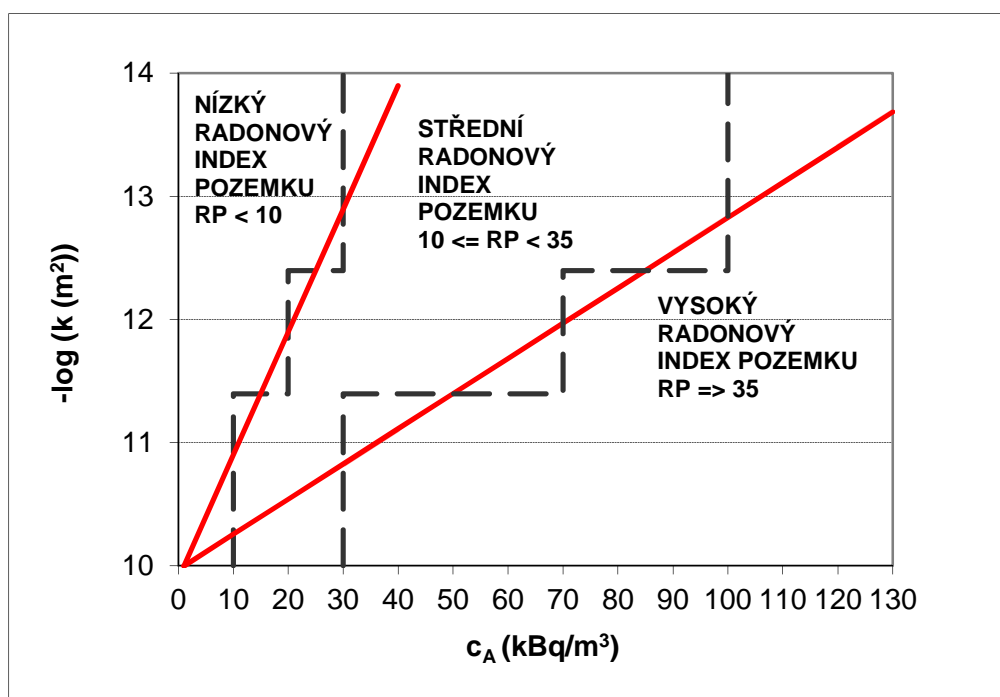
$$RP = (c_A - c_{A0}) / (-\log k + \log k_0). \quad (1)$$

Pro zachování návaznosti na dřívější metodiku klasifikace radonového rizika (1994) je optimální definovat rovnice hraničních přímk a parametr RP v následujícím tvaru

$$\begin{aligned} -\log k &= 1/10 \cdot c_A - (1/10 + \log 1E-10) = 0,1 c_A + 9,9 \\ -\log k &= 1/35 \cdot c_A - (1/35 + \log 1E-10) = 0,0286 c_A + 9,971 \\ RP &= (c_A - 1) / (-\log k - 10), \end{aligned} \quad (2)$$

kde $c_{A0} = 1 \text{ kBq/m}^3$ a $-\log k_0 = 10$ při $k_0 = 1E-10 \text{ m}^2$ jsou vhodně zvolené souřadnice průsečíku hraničních přímk se směrnici $\alpha_1 = 1/10 \text{ (kBq/m}^3)^{-1}$ a $\alpha_2 = 1/35 \text{ (kBq/m}^3)^{-1}$.

Grafické znázornění je uvedeno na Obrázku 1.



Obrázek 1 – Radonový potenciál pozemku (grafické znázornění)

Pro určení radonového potenciálu pozemku pomocí grafu na Obrázku 1 se využívá zpravidla hodnota třetího kvartilu (c_{A75}) statistického souboru hodnot objemové aktivity radonu a hodnota třetího kvartilu (k_{75}) statistického souboru hodnot plynopropustnosti zemin. Zpracovatel posudku může zvolit pro hodnocení ve zvláštním zdůvodněném případě i jiný statistický parametr (maximální hodnota objemové aktivity radonu), důvody jeho použití musí být v posudku uvedeny.

Výsledkem hodnocení je číselná hodnota radonového potenciálu pozemku podle rovnice (2), zaokrouhlená pro tyto účely na jedno desetinné místo, charakterizující jednoznačně radonový index pozemku a umožňující zároveň jeho slovní vyjádření:

„Je-li $RP < 10$, radonový index pozemku je nízký, je-li $10 \leq RP < 35$, radonový index pozemku je střední, je-li $35 \leq RP$, radonový index pozemku je vysoký.“

6.2. Stanovení radonového indexu pozemku pomocí numerických výsledků měření objemové aktivity radonu a plynopropustnosti zemin stanovené odborným posouzením

Jako rozhodující parametr pro hodnocení dle tabulky 1 se využívá zpravidla hodnota třetího kvartilu (c_{A75}) statistického souboru hodnot objemové aktivity radonu. Při hodnocení velkých ploch (kap. 4. 3.) se v případě homogenních ploch využívá zpravidla třetí kvartil celého statistického souboru hodnot, u nehomogenních ploch největší z třetích kvartilů z dílčích ploch, které jsou pro danou stavbu/zastavěnou plochu relevantní.

Zpracovatel posudku může zvolit pro hodnocení ve zvláštním zdůvodněném případě i jiný statistický parametr (maximální hodnota objemové aktivity radonu), důvody jeho použití musí být v posudku uvedeny.

Tabulka 1 – Stanovení radonového indexu pozemku podle objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin stanovené odborným posouzením

Radonový index pozemku	Objemová aktivita radonu v půdním vzduchu ($\text{kBq}\cdot\text{m}^{-3}$)		
<i>Nízký</i>	$c_A < 30$	$c_A < 20$	$c_A < 10$
<i>Střední</i>	$30 \leq c_A < 100$	$20 \leq c_A < 70$	$10 \leq c_A < 30$
<i>Vysoký</i>	$c_A \geq 100$	$c_A \geq 70$	$c_A \geq 30$
	<i>Nízká</i>	<i>Střední</i>	<i>Vysoká</i>
	Plynopropustnost zemin		

Výsledkem hodnocení je stanovení radonového indexu pozemku v kategoriích nízký – střední – vysoký.

7. Doporučená literatura

Souhrn nejdůležitějších legislativních a technických norem a metodik, které se týkají problematiky radonu v budovách v ČR:

- Zákon č. 18/1997 Sb., o mírovém využívání jaderné energie a ionizujícího záření (atomový zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška SÚJB č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění pozdějších předpisů
- Zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 268/2009 Sb., o technických požadavcích na stavby, ve znění pozdějších předpisů
- Vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb
- Vyhláška č. 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření
- Usnesení vlády ČR ze dne 4. května 2009 č. 594 ke Zprávě o plnění úkolů Radonového programu České republiky v období let 2000 až 2008 a o Radonovém programu České republiky na léta 2010 až 2019 – Akčním plánu
- Radonový program České republiky na léta 2010 až 2019 – Akční plán
- Doporučení „Metodika pro stanovení radonového indexu pozemku“, SÚJB, březen 2004
- ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží
- ČSN 73 0602 Ochrana staveb proti radonu a záření gama ze stavebních materiálů

Barnet I., Pacherová P., Neznal M., Neznal M. (2008): Radon in Geological Environment – Czech Experience, Czech Geological Survey Special Papers 19, 72 pages, Published by Czech Geological Survey, Prague. <http://www.geology.cz/spec-papers/obsah/no19>

Česká geologická služba – Radonové mapy: <http://www.geology.cz/extranet/vav/aplikovana-geologie/radon>

Matolín, M.: Stanovení radonového indexu pozemků. Technické texty kurzu pořádaného na Přírodovědecké fakultě Univerzity Karlovy v Praze, PřF UK v Praze, 2011, 159 stran.

Manová, M., Matolín M.: Radiometrická mapa České republiky 1:500 000. ČGÚ, Praha, 1995, 1-20.

Neznal M., Neznal M.: Ochrana staveb proti radonu, Grada Publishing, a.s., Praha, 2009, 104 stran.

Neznal M., Neznal M., Matolín M., Barnet I., (2000 - 2002): Vývoj geofyzikálních metod pro měření a hodnocení radonového rizika základových půd včetně vývoje testovacích referenčních ploch. Projekt č. R/2/2000, závěrečná zpráva (včetně 10 dílčích zpráv) zadavatel Státní úřad pro jadernou bezpečnost.

Neznal M., Neznal M., Matolín M., Barnet I., Mikšová J. (2004): The new method for assessing the radon risk of building sites, Czech Geological Survey Special Papers, Vol. 16, (48 pages), Published by Czech Geological Survey, Prague. <http://www.geology.cz/spec-papers/obsah/no16>

Sborníky Radon Investigation in CR / International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping. Edited by Ivan Barnet, Matěj Neznal, vydává Česká geologická služba a RADON v.o.s. pravidelně u příležitosti všech ročníků International Workshop on the Geological Aspects of Radon Risk Mapping

Příloha č. 1

Využití informace o radonovém indexu pozemku

1. Proč se radon měří

Radon je všudypřítomný přírodní radioaktivní plyn. Vzniká z uranu, jehož množství v zemské kůře je z pohledu historie lidstva neměnné, vyskytoval se v zemské atmosféře a také v lidských obydlích vždy a vždy se v nich vyskytovat bude. Je však třeba zabránit případům, aby se v nich hromadil v koncentracích, které mohou s vysokou pravděpodobností ohrožovat zdraví jejich obyvatel. K tomu může přispět nesprávně navržená nebo nedostatečná ochrana staveb, šetření energií, které má za následek nedostatečné větrání, utěšňování oken a stavebních konstrukcí, ale také zvyšující se doba pobytu uvnitř budov. Za kvalitu ovzduší ve stavbách jsou odpovědní jejich vlastníci a uživatelé, přímo souvisí s jejich chováním a zájmem o vlastní zdraví.

2. Informace pro stavebníka

Stavbu je třeba proti radonu chránit hned na počátku výstavby, jen tak je možné dosáhnout toho, aby vnitřní ovzduší hotové stavby splňovalo požadavky na zdravé bydlení.

1. Atomový zákon ukládá stavebníkovi povinnost zajistit stanovení radonového indexu pozemku a výsledek předložit stavebnímu úřadu. Radonový index pozemku je indikátor rizika pronikání radonu do stavby v daném místě. Vychází z něho ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží a je to základní údaj pro projektanta. Je v zájmu stavebníka zajistit, aby byl radonový index pozemku stanoven pečlivě. Nejspolehlivější metodou je přímé měření na pozemku postupem podle této metodiky. Osoby provádějící stanovení radonového indexu pozemku musí mít příslušné povolení, které vydává Státní úřad pro jadernou bezpečnost, a jejich seznam je uvedený na adrese www.sujb.cz. Snaha ušetřit na kvalitním měření může vést k tomu, že projektant bude vycházet z nesprávného hodnocení rizika a navrhne nedostatečnou ochranu. Pokud je první krok chybný, bude jeho náprava obtížná. Stanovení rizika jiným způsobem, např. z geologických map radonového indexu nebo podle sousedních pozemků, nemusí být dostatečně spolehlivé, hrozí nebezpečí podhodnocení rizika.

2. Posudek se stanoveným radonovým indexem pozemku předkládá stavebník stavebnímu úřadu. Důležité je předat ho rovněž projektantovi a výslovně požadovat, aby navrhnul preventivní protiradonová opatření podle ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží. Riziko pronikání radonu do stavby je třeba brát v úvahu také při návrhu zateplení stavby a způsobu a intenzity jejího větrání.

3. Aby splnila navržená opatření svůj účel, je v zájmu stavebníka ve fázi realizace stavby důsledně trvat na dodržování projektové dokumentace a na kvalitním provedení navržených opatření a zajistit kontrolu kvality prováděné práce - ať již vlastními silami nebo za pomoci nezávislých odborníků – dozoru apod.

4. Kontrolu provedených protiradonových opatření a kvality vnitřního ovzduší stavby je třeba provést měřením objemové aktivity radonu v dokončené stavbě. Nejobjektivnější je měření v užívané stavbě, protože výsledky odpovídají skutečným hodnotám v době pobytu osob. Při měření v neobývaných stavbách je potřeba takové podmínky alespoň částečně simulovat, protože koncentrace radonu v uzavřené nevětrané stavbě se může značně lišit od stavu při jejím užívání.

3. Informace pro projektanty

1. Způsob ochrany staveb proti radonu je detailně popsán v ČSN 73 0601. Vychází z identifikace rizika v místě stavby pomocí radonového indexu pozemku a radonového indexu stavby. Povinnost stanovení radonového indexu pozemku ukládá atomový zákon stavebníkovi, ale je to parametr důležitý zejména pro projektování ochrany stavby. Projektant by měl vycházet ze spolehlivého určení rizika a vyžadovat po stavebníkovi zajištění kvalitního měření, pokud takovou úlohu nepřevzme sám. Jen tak na sebe může vzít odpovědnost za správně navržená protiradonová opatření.

2. ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží reflektuje nové poznatky a mění některé v minulosti využívané postupy preventivní ochrany. Obsahuje poměrně významné změny, které ještě nebyly částí odborné veřejnosti dostatečně zaznamenány. Stále je možné se na stavbách setkat s postupy, které se považovaly za optimální před deseti lety, které však z dnešního pohledu neobstojí. Protiradonová opatření je třeba navrhovat pro každou stavbu individuálně a na základě současných poznatků a možností. Riziko pronikání radonu do stavby je třeba brát v úvahu také při návrhu zateplení stavby a způsobu a intenzity jejího větrání.

3. Návrh řešení ochrany stavby proti radonu je povinnou součástí dokumentace k žádosti o vydání územního rozhodnutí o umístění stavby (obsah a rozsah dokumentace stanovuje vyhláška č. 503/2006 Sb., o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření), resp. projektové dokumentace pro ohlášení stavby, k žádosti o stavební povolení a k oznámení stavby ve zkráceném stavebním řízení (obsah a rozsah žádosti stanovuje vyhláška č. 499/2006 Sb., o dokumentaci staveb). Zpracování dokumentace je podle zákona č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů (stavební zákon), vybranou činností ve výstavbě a musí být zpracována fyzickou osobou, která získala oprávnění k této činnosti podle autorizačního zákona.

4. Informace pro stavební úřady

1. Atomový zákon ukládá stavebníkovi povinnost zajistit stanovení radonového indexu pozemku a výsledek předložit stavebnímu úřadu. Nedá se však automaticky předpokládat, že každý individuální stavebník o takové povinnosti ví. Stavební úřad je se stavebníkem v přímém kontaktu, představuje odbornou a administrativní autoritu. Stavebník očekává, že mu budou na stavebním úřadu podány kompletní a věrohodné informace. Protože pracovníci stavebních úřadů mají všechny potřebné informace k dispozici a jejich odborná úroveň jim to umožňuje, měli by kromě jiného informovat stavebníka i o riziku z radonu a o požadavcích na preventivní opatření.

2. Návrh řešení ochrany stavby proti radonu je povinnou součástí dokumentace k žádosti o vydání územního rozhodnutí o umístění stavby, resp. projektové dokumentace pro ohlášení stavby, k žádosti o stavební povolení a k oznámení stavby ve zkráceném stavebním řízení. Stavební úřad by měl stavebníka upozornit, že existuje ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží a doporučit mu, aby požadoval v projektu dodržení normy.

3. Stavební úřad by měl doporučit, případně v odůvodněných případech v rámci svých kompetencí požadovat kontrolu účinnosti provedených protiradonových opatření měřeními objemové aktivity radonu ve vnitřním ovzduší objektu po dokončení výstavby. Stavebník tak může posoudit kvalitu provedení stavby a případně požadovat nápravu.

Příloha č. 2

Vzorový protokol

Náležitosti vzorového protokolu měření jsou uvedeny v Příloze č. 15 k vyhlášce č. 307/2002 Sb., o radiační ochraně, ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb.

V následujícím textu jsou tučně uvedeny legislativně určené náležitosti vzorového protokolu a kurzívou podrobnější specifikace.

1. Číslo protokolu

2. Identifikace držitele povolení k provádění činnosti (u fyzické osoby jméno, příjmení a trvalý pobyt nebo místo podnikání, u právnické osoby název nebo obchodní firmu a její sídlo), včetně čísla povolení a doby jeho platnosti.

3. Druh a předmět měření, specifikace metodiky použité při měření

Např.: Posudek je vyhotoven za účelem umístění stavby s pobytovým prostorem /specifikace konkrétní stavby/ a pro rozhodování o ochraně této stavby proti pronikání radonu z geologického podloží, podle § 6 odst. 4 zákona č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů.

Odkaz na metodiku – Doporučení. Rozvržení měřicích míst, jejich počet a síť měření.

4. Identifikace fyzické osoby, která provedla měření (jméno, příjmení a trvalý pobyt nebo místo podnikání)

Identifikace osoby, která přímo provedla měření na pozemku. Pokud se jedná o zaměstnance firmy, stačí uvést jméno.

5. Datum provedení měření

6. Identifikace objednatele měření (u fyzické osoby jméno, příjmení a trvalý pobyt nebo místo podnikání, u právnické osoby název nebo obchodní firmu a její sídlo)

7. Specifikace místa a podmínek měření

- *jednoznačná identifikace pozemku – obec, parcelní číslo pozemku, katastrální území, ulice apod., případně mapa/náčrtek s vyznačením situace pozemku; identifikace stavby, pro kterou se průzkum provádí – novostavba, přístavba, rekonstrukce ... rodinného domu, haly, mateřské školky ... apod.;*
- *povětrnostní podmínky v době měření na pozemku;*
- *regionálně geologický popis a geologickou charakteristiku zájmového území (popis: např. regionálně geologická jednotka, litologie geologického podloží, litologie pokryvných útvarů, navážky, znaky strukturně-geologické situace pozemku a blízkého okolí, znaky hydrogeologické, v případě převzetí údajů z geologické mapy s citací použitých pramenů, např. „Podle geologické mapy 1:50 000 území je tvořeno...“);*
- *popis situace pozemku (popis: svah/rovina, druh pozemku/louka/les/pole, stavby, studny, plánované umístění stavby);*

8. Popis vzorku, čas a místo odběru

9. Podrobná identifikace měřeného vzorku

- *Odběry vzorků půdního vzduchu: technika, objem, hloubka, příp. zdůvodnění jiných odběrových úrovní v návaznosti na metodiku,*
- *Odborné posouzení plynopropustnosti: počet sond do zeminy, počet odběrů vzorků zemin, situování sond do zeminy.*

10. Použité přístroje a pomůcky (datum posledního ověření, resp. kalibrace)

11. Části každého měření:

11. 1. název veličiny

11. 2. podmínky během měření

11. 3. záznam výsledků měření (počet provedených měření, použité veličiny a jednotky)

11. 4. výsledek měření, přesnost

Měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu:

- *název stanovované veličiny a jednotka, počet provedených měření;*
- *pro malé soubory měřených bodů (N = 15): statistické parametry: N, min., max., aritmetický průměr, medián, třetí kvartil c_{A75} , případné vyloučení hodnot $OAR < 1 \text{ kBq/m}^3$;*

- pro velké soubory měřených bodů ($N > 15$): tabulka s čísly odběrových míst, hloubek odběrů (m), OAR (kBq/m^3) + statistické parametry: N , min., max., aritmetický průměr, medián, třetí kvartil c_{A75} , grafická prezentace hodnot objemové aktivity radonu v ploše, případné vyloučení hodnot OAR $< 1 \text{ kBq/m}^3$;
- vyjádření k variabilitě hodnot, případně u větších ploch způsob řešení v návaznosti na metodiku (lokální anomálie, poruchové pásmo, rozdělení na dílčí plochy a statistické údaje dílčích souborů dle předešlého bodu).

Stanovení plynopropustnosti zemin:

- stanovovaná veličina a jednotka nebo třídy klasifikace nízká, střední, vysoká;
- pro přímá měření malých souborů ($N = 15$): statistické parametry: N , min., max., aritmetický průměr, medián, třetí kvartil k_{75} ,
- pro přímá měření velkých souborů ($N > 15$): tabulka s čísly odběrových míst, hloubkami měření (m), plynopropustnostmi k (m^2) + statistické parametry: N , min., max., aritmetický průměr, medián, třetí kvartil k_{75} , grafická prezentace hodnot plynopropustnosti v ploše.
- pro odborné posouzení plynopropustnosti zemin: popis sond do zeminy zahrnující popis jednotlivých horizontů zemin s intervaly vertikálního rozšíření (m), klasifikace jednotlivých vrstev zemin nebo odhad jemné frakce f v jednotlivých horizontech zemin, odpor sání pro jednotlivé odběry vzorků půdního vzduchu,
- vyjádření k variabilitě hodnot, případně u větších ploch způsob řešení v návaznosti na metodiku (lokální anomálie, poruchové pásmo, rozdělení na dílčí plochy a statistické údaje dílčích souborů dle předešlého bodu), případně vyjádření o vztahu mezi variabilitou hodnot OAR a plynopropustností/geologickou situací, jiné (v návaznosti na Přílohu č. 3 metodiky).

Další hodnocená kritéria

12. Souhrnný přehled výsledků jednotlivých částí měření

Způsob stanovení radonového indexu pozemku

- na základě přímých měření OAR v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin (graf Obr. 1 doporučené metodiky)
- na základě přímých měření OAR v půdním vzduchu a odborného posouzení plynopropustnosti zemin (Tab. 1 doporučené metodiky)

Výsledek stanovení radonového indexu pozemku

(Příklad: Pro novostavbu rodinného domu na pozemku p.č. k.ú.... byl podle naměřených hodnot a doporučené metodiky pro stanovení radonového indexu pozemku, ve smyslu zákona č. 18/1997 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a vyhlášky č. 307/2002 Sb., ve znění vyhlášky č. 499/2005 Sb., stanoven radonový index pozemku nízký/střední/vysoký.

Komentář zpracovatele

Komentář k jakýmkoli mimořádným situacím a zjištěním či k věrohodnosti stanovení (např. případné úpravy naměřených hodnot OAR odebraných z jiné hloubky, hodnocení podle maximální zjištěné hodnoty), zdůvodnění použití alternativních nebo upravených postupů apod.

13. Datum zpracování protokolu

14. Podpis osoby s příslušným oprávněním zvláštní odborné způsobilosti a statutárního orgánu držitele povolení.

Příloha č. 3

Plynopropustnost zemin

Plynopropustnost zemin se pro účely stanovení radonového indexu pozemku určuje přímým měřením pomocí plynopropustoměrů nebo odborným posouzením.

Přímé měření plynopropustnosti zemin

Plyny (radon) se v horninovém prostředí šíří difuzí a konvekcí. Pohyb plynů difuzí je podmíněn rozpínavostí plynů z míst o vyšší koncentraci plynů do míst o nižší koncentraci plynů. Šíření plynů difuzí je ovlivněno skladbou prostředí, ve kterém se plyny šíří. Skladbu prostředí vyjadřuje koeficient difuze D (m^2/s). Šíření plynů difuzí vyjadřuje Fickův zákon

$$j = -D \text{ grad } c,$$

kde j je vektor toku plynu a $\text{grad } c$ je vektor gradientu koncentrace plynu.

Šíření konvekcí je podmíněno tlakem nebo jiným dynamickým mechanismem. Pohyb kapalin v horninovém prostředí popisuje Darcyho zákon

$$Q = -k \cdot \text{grad } p / \mu,$$

kde Q je vektor rychlosti proudění kapaliny, $\text{grad } p$ je vektor gradientu tlaku působícího na kapalinu a μ je dynamická viskozita kapaliny. Koeficient k (m^2) je propustnost (permeabilita) horninového prostředí pro kapalinu. Použitím hodnoty dynamické viskozity μ pro plyn lze Darcyho zákon použít pro přibližné řešení úlohy o šíření plynů v horninovém prostředí. Ze známého (vyvolaného) tlaku p a měřené rychlosti toku plynu Q lze stanovit propustnost zemin k (m^2). Stanovení plynopropustnosti zemin k (m^2) přímým měřením pro stanovení radonového indexu pozemku vychází z uvedeného postupu.

Odborné posouzení plynopropustnosti zemin předpokládá základní geologické znalosti a znalosti o vzniku zemin, jejich popisu a kategorizaci. S ohledem na koncové využití radonového indexu pozemku pro stavebnictví je logické a optimální použití termínů, názvů zemin a kategorizace zemin používaných v inženýrské geologii a geotechnice. Názvy a popis zemin uvádí normy ČSN 72 1001 „Pojmenování a popis hornin v inženýrské geologii“ a ČSN 73 1001 „Základová půda pod plošnými základy“, která byla převedena do nové normy ČSN 73 6133 (2010). Klasifikace zemin v závislosti mj. na zrnitosti je řešena též normou ČSN EN 1997-2 EN (1997) a pojmenování a popis zemin normou ČSN EN ISO 14668-1 (2005). V praxi se stále běžně používají ČSN 72 1001 a ČSN (ČTN) 73 1001.

Základní klasifikace zemin v inženýrské geologii vychází z granulometrického složení zemin (dle velikosti zrn zeminy). Normy ČSN 72 1001 a ČSN 73 1001 klasifikují zeminy podle frakcí f – fine (jemnozrná, velikosti zrn menší než 0,06 mm), s – sandy (písčité, velikosti zrn v intervalu 0,06 – 2 mm) a g – gravel (šterkovitá, velikosti zrn v intervalu 2 – 60 mm). Podle procentuálního zastoupení jednotlivých zrnitostních frakcí zemin a jejich podílů jsou jemnozrné zeminy podle ČSN 73 1001 klasifikovány třídami F1 až F8, písčité zeminy třídami S1 až S5 a šterkovité zeminy třídami G1 až G5. Jednotlivým třídám jsou přiřazeny názvy zemin. Další posuzované parametry a vlastnosti zemin jsou mj. původ, barva, tvar zrn, petrografické složení, vlhkost, ulehlost a obsah organických látek. Norma uvádí tabulky tříd zemin a způsob popisu posuzovaných parametrů.

Odborné posouzení plynopropustnosti zemin pro stanovení radonového indexu pozemku je založeno na vlastním terénním průzkumu. Zakládá se na popisu a klasifikaci zemin ve vertikálním profilu pomocí sond do zeminy. Jak vyplývá z metodiky (kap. Terminologie), sondou do zeminy se pro účely odborného posouzení plynopropustnosti rozumí mělké vyhloubení do zemin zpravidla do hloubky 1,0 m. Sondou do zeminy lze realizovat

pedologickým vrtákem, různými ručními vrtacími soupravami či ručním hloubením (lze tak využít i různé ručně kopané sondy, výkopy apod.).

Pro odhad podílu jednotlivých frakcí v určité vrstvě zeminy se podle ČSN 72 001 a ČSN 73 1001 využívají následující velikosti zrn zeminy (mm) a pro popis odpovídající názvosloví:

< 0,002 mm	0,002 – 0,06 mm	0,06 – 2 mm	2 – 60 mm	60– 200 mm	> 200 mm
Jíl	Prach	Písek	Štěrk	Kameny	Balvany

Jemná (jemnozrná) frakce „f“ odpovídá názvosloví „jíl“ a „prach“, tj. velikosti zrn zeminy < 0,06 mm. Odhad obsahu jemné frakce „f“ je rozhodující pro základní posouzení plynopropustnosti zemin. Pro účely stanovení radonového indexu pozemku nízké plynopropustnosti odpovídá obsah jemné frakce $f > 65 \%$, střední plynopropustnosti odpovídá obsah jemné frakce f v mezích $15 \% < f \leq 65 \%$ a vysoké plynopropustnosti obsah jemné frakce $f \leq 15 \%$.

Vhodné je využívat i v geologii zavedeného označování zemin podle podílu jílu. Zeminy se označují za písčité (méně než 10 % jílu), hlinitopísčité (10 – 20 % jílu), písčitohlinité (20 – 30 % jílu), hlinité (30 – 45 % jílu), jílovitohlinité (45 – 60 % jílu), jílovité (60 – 75 % jílu) a jíly (více než 75 % jílu).

Při odborném posuzování plynopropustnosti zemin pomocí popisu vertikálního profilu je nutné vzít v úvahu také to, že pórovitost zeminy je dána podílem volných prostor v zemině a jejího objemu. Póry jsou vyplněny vodou a půdním plynem. Obecně platí, že zeminy s velkými zrny mají pórovitost velkou, avšak rovněž jílovité (velmi jemnozrné zeminy) mohou mít velký objem pórů. Plynopropustnost zásadně závisí na propojenosti pórů zeminy a přítomnosti vody, ale pórovitost a plynopropustnost nejsou na sobě zákonitě závislé, neboť např. jemnozrné sedimenty s vysokou pórovitostí mohou mít malou plynopropustnost.

Při odhadu jemné frakce „f“ v zeminách a odborném posuzování plynopropustnosti zemin je nutno věnovat pozornost i následujícím vlastnostem zemin, které mohou ovlivnit aktuální plynopropustnost (zvýšit oproti odvození z obsahu jemné frakce):

- nízká přirozená vlhkost, tj. nízký stupeň saturace a vysoká efektivní pórovitost - jelikož lze u zemin předpokládat, že se pórovitost ve standardních podmínkách nemění, snížení přirozené vlhkosti úzce koresponduje se zvýšením objemu vzduchu v pórech nezaplňených vodou, což může způsobit aktuální zvýšení plynopropustnosti;
- vysoká pórovitost, tj. nízká objemová hmotnost a ulehlost, resp. nakypření - pokud dojde např. k nakypření svrchních vrstev zemin orbou či jsou svrchní horizonty tvořené neulehlými navážkami, zvýší se pórovitost zemin, což může způsobit aktuální zvýšení plynopropustnosti;
- výskyt makrotrhlin a mikrotrhlin - pokud je např. území se svrchními horizonty tvořenými jemnozrnými zeminami dlouhodobě chráněno před atmosférickými srážkami – jako jsou původní zástavba, zpevněné plochy, nevyužívané skleníky apod., v zeminovém prostředí mohou vzniknout různé makrotrhliny a mikrotrhliny aktuálně zvyšující plynopropustnost;
- kumulace jemné frakce (např. výskyt jílovitých čoček) - pokud tvoří svrchní horizonty prostředí např. písčité vrstvy s jílovitými čočkami, obsah jemné frakce ve vzorcích může být poměrně vysoký (odpovídající homogennímu rozšíření jemnozrných částic), ale kumulace jemnozrných částic do čoček zvyšuje aktuální plynopropustnost (rozhoduje vyšší plynopropustnost písčitých poloh);
- vysoký obsah hrubé frakce (úlomků, valounků ap.), kdy zemina má charakter sutě s výplní - plynopropustnost může ovlivňovat pouze hrubá frakce a jemnozrná výplň nemusí mít jakýkoli vliv;
- porušení svrchních horizontů skalního podkladu (zvláště při výskytu v odběrovém horizontu), kdy poruchové zóny mohou zvýšit celkovou plynopropustnost;

- důsledky antropogenní činnosti (kromě zmíněné orby či výskytu neulehlých navážek se může jednat např. o výskyt různých propustnějších travivodů), které mohou být rozhodující pro výslednou plynopropustnost.

Vlastnosti zemin, které mohou ovlivnit – snížit aktuální plynopropustnost (oproti odvození z obsahu jemné frakce):

- vysoká přirozená vlhkost, tj. vysoký stupeň saturace a nízká efektivní pórovitost - zvýšení přirozené vlhkosti úzce koresponduje se snížením kapacity pórů nezaplňených vodou, tj. snížením objemu vzduchu v pórech, což může způsobit aktuální snížení plynopropustnosti;

- nízká pórovitost, tj. vysoká objemová hmotnost a ulehlost, resp. zhutnění - pokud dojde např. ke zhutnění svrchních vrstev zemin, ať již plánovitě s cílem zlepšit jejich mechanické parametry, či shodou okolností vlivem např. pojezdů těžké techniky, a sníží se pórovitost zemin, snižuje se současně i objem vzduchu v pórech, což může způsobit aktuální snížení plynopropustnosti;

- důsledky antropogenní činnosti (kromě zmíněného zhutnění svrchních poloh se může jednat např. o výskyt zpevněných ploch s dokonalým těsnícím efektem ap.), které mohou snížit celkovou plynopropustnost.

Zároveň je nutné posoudit vliv vrstevnatosti svrchních horizontů (zvláště v případě výskytu vrstev s rozdílnou plynopropustností či u pozemků ve svahu, kdy je vrstevnatost svrchních horizontů taková, že odběrový horizont tvoří více různě plynopropustných poloh) a důsledky této situace na aktuální plynopropustnost zemin (její zvýšení či snížení).

Nutnou součástí terénního průzkumu je subjektivní hodnocení odporu sání při každém odběru vzorku půdního vzduchu pro stanovení objemové aktivity radonu. Jedná se sice o subjektivní popis, nicméně na obdobném principu (při uvážení řádově nižších podtlaků) pracuje i propustoměr RADON-JOK, přiřazující objektivní číslo obdobnému odporu. Při dokonalé těsnosti odběrového systému narůstá zkušenost těch, kteří odebírají vzorky půdního vzduchu, v odhadu plynopropustnosti zemin podle odporu sání půdního vzduchu.

Odhad převažující klasifikace plynopropustnosti (nízká - střední - vysoká) se provádí na základě posouzení odporu sání u všech odběrů (tj. s využitím záznamů o subjektivním odhadu odporu sání půdního vzduchu v jednotlivých odběrových bodech). I v tomto případě lze uvážit pravidlo třetího kvartilu jako rozhodující „hodnoty“ (např. pokud během 15 odběrů vzorků půdního vzduchu odpovídá odpor sání při odběru v deseti případech střední plynopropustnosti a v pěti případech vysoké plynopropustnosti, při odborném posouzení plynopropustnosti této situaci odpovídá vysoká plynopropustnost). Na odporu sání při odběrech vzorků půdního vzduchu se zpravidla projeví vliv výše uvedených vlastností ovlivňujících aktuální plynopropustnost.

Pokud byl či je současně na shodném pozemku pro shodnou stavbu realizován podrobný inženýrsko-geologický, geologický či hydrogeologický průzkum, je samozřejmě možné využít při odborném posouzení plynopropustnosti zemin i údaje tohoto průzkumu. Pokud má zpracovatel stanovení radonového indexu pozemku podrobné údaje o vlastnostech zemin (viz výše) z tohoto průzkumu v dostatečném rozsahu k dispozici, není nutno provádět pro stanovení radonového indexu pozemku speciální sondy do zeminy a pro odborné posouzení plynopropustnosti zemin se využijí tyto podrobné převzaté údaje, doplněné o subjektivní hodnocení odporu sání při každém odběru vzorku půdního vzduchu pro stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu. Pokud nejsou podrobné údaje k dispozici v dostatečném rozsahu, postupuje se přiměřeně (např. při nedostatečném počtu sond v rámci geologického průzkumu se sondy do zemin provádí tak, aby celkový počet sond odpovídal pravidlům

v metodice). Posudek o stanovení radonového indexu pozemku (a tedy i část týkající se odborného posouzení plynopropustnosti) musí ovšem obsahovat všechny potřebné údaje.

Pro obecnou orientaci o horninách, zeminách a mocnosti pokryvů v regionu, kde je/bude prováděn průzkum pro stanovení radonového indexu pozemku, je možné použít geologické mapy horninových typů a mocnosti pokryvů. Tyto zdroje dat umožňují zpracovateli orientovat se v geologické stavbě širšího zájmového území a udělat si představu o tom, jaké zeminy při vlastním sondování může očekávat.

Údaje o kvartérním pokryvu a horninovém typu geologického podloží obsahují geologické mapy M 1:50 000, které vydává Česká geologická služba a které jsou dostupné tiskem v prodejně publikací ČGS a na mapovém serveru ČGS (www.geology.cz). Podrobnější údaje obsahují geologické mapy, inženýrsko-geologické mapy a geologické mapy odkryté M 1:25 000, které jsou zpracovány pouze pro určitá vybraná území. Mocnost kvartérního pokryvu a horninový typ geologického podloží z nejbližšího vrtu (nejbližších vrtů) lze rovněž vyhledat na internetových stránkách Státní geologické služby (Česká geologická služba + Geofond) na internetové adrese <http://www.geologickasluzba.cz/htm/geoinfo.htm>

V textu metodiky je zmiňován i pojem lokální anomálie plynopropustnosti (zvláště ve spojitosti s hodnocením plynopropustnosti u pozemků s jednou velkou stavbou nebo pozemků s více stavbami). Jedná se o vcelku výjimečné případy, kdy není možné z hlediska plynopropustnosti pozemek hodnotit ani jako homogenní, ani jej (zpravidla v návaznosti na geologické poměry) není možné rozdělit na několik homogenních dílčích ploch či specifikovat např. pásma s odlišnou plynopropustností (nad tektonickou poruchou apod.). Lokální anomálií plynopropustnosti zemin se rozumí taková situace, kdy plynopropustnost (ať měřená přímo, či odborně hodnocená) se v ojedinělém měřicím bodě (či omezené skupině měřicích bodů), resp. v ojedinělé sondě do zeminy výrazně liší od plynopropustnosti v ostatních bodech/sondách. Výrazně znamená v tomto případě rozdíl vysoká x nízká plynopropustnost zemin (tj. např. situace, kdy je téměř v celé ploše pozemku dokumentována přímým měřením či odborným posouzením nízká plynopropustnost zemin, ale při měření v ojedinělém bodě/bodech či při odborném posouzení plynopropustnosti v ojedinělé sondě do zeminy je zjištěna plynopropustnost vysoká).

Při hodnocení pozemků s jednou malou stavbou a odborném posouzení plynopropustnosti (kapitola 5.2.2.) je možné realizaci druhé sondy do zeminy vyloučit, pokud je první sondou do zeminy spolehlivě prokázán výskyt zemin s vysokou plynopropustností a subjektivní hodnocení odporu sání při všech odběrech vzorků půdního vzduchu odpovídá vysoké plynopropustnosti, resp. pokud je první sondou do zeminy spolehlivě prokázán výskyt zemin s nízkou plynopropustností a subjektivní hodnocení odporu sání při všech odběrech vzorků půdního vzduchu odpovídá nízké plynopropustnosti.

Odborné posouzení plynopropustnosti zemin vyžaduje znalosti v oborech geologie a inženýrské geologie a určitou praxi. Je vhodné, aby odborné posouzení plynopropustnosti zemin realizovaly osoby kvalifikované v uvedených oborech nebo organizace provádějící stanovení radonového indexu pozemku zajistila službu takové osoby. Další možností je při odborném posouzení plynopropustnosti zemin využívat rozbory a klasifikace vzorků zemin provedené akreditovanou laboratoří.

Příloha č. 4.

Nestandardní situace, věrohodnost stanovení radonového indexu pozemku

Hlubkový vývoj objemové aktivity radonu v půdním vzduchu

V metodice je zdůrazněna jak standardní odběrová úroveň 0,8 m pod povrchem terénu, tak jsou popsány i možnosti postupu v případech, kdy není možné odebrat vzorek půdního vzduchu pro stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v hloubce 0,8 m (extrémně nízká plynopropustnost, vysoká saturace odběrového horizontu vodou, skalní podklad při povrchu terénu). Pokud je příčinou extrémně nízká plynopropustnost odběrového horizontu či vysoká saturace zemin vodou, je za specifikovaných podmínek možné zvětšit odběrový prostor zpětným povytahováním tyče až do úrovně 0,5 m pod povrchem terénu. Obdobný přístup lze využít i v případě, kdy vystupují svrchní horizonty skalního podkladu mělce k povrchu terénu a kdy není možné odběrové zařízení do požadované hloubky 0,8 m umístit.

Vzhledem k analýze výsledků výzkumných úkolů týkajících se hloubkového vývoje objemové aktivity radonu metodika pro tyto případy nezavádí žádný koeficient, kterým by se hodnoty objemové aktivity radonu v hloubce např. 0,5 m násobily. Pokud výše uvedená situace při průzkumu nastane, metodika doporučuje odběry rozšířit na blízká místa, aby byly realizovány co nejhlouběji, a posouzení vlivu odchylek od standardní odběrové úrovně 0,8 m je odpovědností zpracovatele posudku. Vhodné je např. porovnat výsledky zjištěné v mělčích odběrových úrovních s výsledky zjištěnými ve standardní hloubce 0,8 m; resp. pro výsledné hodnocení mohou být v takovém případě rozhodující maximální zjištěné hodnoty (na rozdíl od standardně využívaného třetího kvartilu), což umožňuje i příslušná specifikace v kapitole 6. 1. a 6. 2. metodiky.

Ve výjimečných případech, pokud není možné odběry vzorků realizovat ani za pomoci výše uvedených pravidel, je možné využít jeden z následujících postupů:

1. Odběry vzorků pro stanovení objemové aktivity radonu v půdním vzduchu je možné provést v hloubce alespoň 0,3 m pod povrchem terénu (možné je využít i předvrtání neprostupných vrstev; samozřejmě při zachování zmíněné těsnosti systému) a pro další vyhodnocení se všechny takto měřené hodnoty objemové aktivity radonu v půdním vzduchu vynásobí koeficientem 2,0 (tj. např. pokud při odběru vzorku v úrovni 0,3 m je zjištěna objemová aktivita radonu $23,0 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$, pro hodnocení se použije hodnota $46,0 \text{ kBq}\cdot\text{m}^{-3}$). Nutnou podmínkou je zdůvodnění tohoto postupu v posudku.

Pozn.: Koeficient 2,0 byl určen na základě kontrolních měření hloubkového vývoje objemové aktivity radonu v půdním vzduchu na několika plochách s odlišnými geologickými poměry. Jelikož nebylo možné zcela postihnout různorodé geologické poměry, při vhodné příležitosti je doporučeno tento koeficient kontrolovat.

2. Gamaspektrometrické měření. Při velmi malé mocnosti zemin nebo při výchozech masivní horniny na povrch terénu je možné použít terénní gamaspektrometrické měření a stanovení hmotnostní koncentrace U, respektive Ra, v hornině, podle kterého se provede kvalifikovaný odhad objemové aktivity radonu v půdním vzduchu. Tento postup mohou využít pouze subjekty s dostupnou gamaspektrometrickou měřicí technikou a znalostí hodnocení výsledků.

3. Stanovení radonového rizika pozemku pomocí geologických map radonového indexu, dostupných na www.geology.cz. Geologické mapy nejsou dostatečně podrobné pro určení rizika pronikání radonu do stavby na konkrétním pozemku. Při jejich použití je třeba vzít v úvahu všechny dostupné související údaje a zvážit nebezpečí podhodnocení radonového rizika v souvislosti s možnými anomáliemi v blízkosti daného pozemku.

Poznámka:

Rychlost plošné exhalace radonu

Jelikož jsou časové variace rychlosti plošné exhalace radonu výrazně vyšší než časové variace objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v hloubce 0,8 m a není možné jakkoli rozumně zajistit reprodukovatelnost těchto měření, využití tohoto parametru bylo v metodice zcela vyloučeno (a to i pro situace viz výše, kdy není možné realizovat odběry vzorků pro měření objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v úrovni 0,8 m, resp. 0,5 m pod povrchem terénu).

Časové variace objemové aktivity radonu v půdním vzduchu

Z analýzy časových variací objemové aktivity radonu v půdním vzduchu vyplývá, že krátkodobé variace (v řádu dnů) a dlouhodobé variace (řádově měsíční, resp. např. zima x léto) jsou amplitudami (změnami) zcela obdobné a zároveň pro zvolené metodické postupy akceptovatelné. S ohledem na výsledky analýzy poměrů zimních a letních hodnot objemové aktivity radonu v půdním vzduchu, získaných z několikaletých opakovaných měření, bylo rozhodnuto nezavádět žádný sezónní korekční faktor na přepočet výsledků měření realizovaných v různých ročních obdobích. Jelikož byla prováděna výše uvedená měření i pod sněhovou pokrývkou, resp. při zmrzlých povrchových horizontech, a ani v těchto případech nebyl zaznamenán systematický nárůst hodnot objemové aktivity radonu v půdním vzduchu v hloubce 0,8 m, z metodického pohledu není důvod pro jakákoli omezení stanovení radonového indexu pozemku z důvodů meteorologických podmínek.

Časové změny objemové aktivity radonu v půdním vzduchu a plynopropustnosti zemin jsou s ohledem na teplotu a vlhkost zemin opačného charakteru a výslednou hodnotu radonového indexu pozemku neovlivní.

Plošná variabilita hodnot objemové aktivity radonu v půdním vzduchu

Opakovaně byl potvrzen význam existujících rozdílů v měřených hodnotách objemové aktivity radonu v půdním vzduchu na ploše. Metodicky je řešeno požadavkem na minimální velikost souboru měřených bodů (15 měřených bodů) nebo (a) podrobnou síť měření 10 x 10 m. Obvyklá variabilita hodnot objemové aktivity radonu v půdním vzduchu na malé ploše bývá v mezích 5 – 20 %. Statistické parametry souboru měření pak charakterizují danou plochu. Pozorované rozdíly v objemové aktivitě radonu (např. u sousedních pozemků, či při průzkumu pozemků s více stavbami) korespondují se změnami v geologických poměrech a při odborném posuzování jsou tak i zdůvodnitelné.

Pro výsledné hodnocení mohou být v odůvodněných případech rozhodující maximální zjištěné hodnoty (na rozdíl od standardně využívaného třetího kvartilu), což umožňuje i příslušná specifikace v kapitole 6. 1. a 6. 2. metodiky. V případě výskytu lokálních anomálií (kapitola 4. 3.) je využití maximálních hodnot povinné.

Příloha č. 5

Kontakty

Státní úřad pro jadernou bezpečnost

Ing. Eva Pravdová

Regionální centrum Hradec Králové, Piletická 57, 500 03 Hradec Králové 3
tel. 495 211 471, 498 652 707, mail eva.pravdova@sujb.cz

Ing. Jaroslav Slovák

Senovážné náměstí 9, 110 00 Praha 1
tel. 221 624 752, 226 514 752, mail jaroslav.slovak@sujb.cz

RNDr. Ivana Ženatá

Regionální centrum Ostrava, Syllabova 21, 703 00 Ostrava
tel. 596 782 934, 555 302 723, mail ivana.zenata@sujb.cz

Ing. Růžena Šináglová

Senovážné náměstí 9, 110 00 Praha 1
tel. 221 624 715, 226 514 715, mail ruzena.sinaglova@sujb.cz

Mgr. Marcela Trbolová – Berčíková

Regionální centrum Ústí nad Labem, Habrovice 52, 403 40 Ústí nad Labem
tel. 472 714 297, 417 662 720, mail marcela.bercikova@sujb.cz

Ing. Markéta Kupfová, CSc.

Regionální centrum Plzeň, Klatovská 200 f, 320 11 Plzeň
tel. 377 420 945, 378 402 718, mail marketa.kupfova@sujb.cz

Bc. Hana Jurkovská

Regionální centrum Brno, tř. Kpt. Jaroše 5, 602 00 Brno
tel. 515 902 781, 515 902 792, mail hana.jurkovska@sujb.cz

RNDr. Igor Kobzev

Regionální centrum České Budějovice, Schneiderova 32, pošt. schr. 10,
370 07 České Budějovice, tel. 386 105 223, 389 502 723, mail igor.kobzev@sujb.cz

Ing. Hana Procházková

Regionální centrum Hradec Králové, Piletická 57, 500 03 Hradec Králové 3
tel. 495 211 471, 498 652 705, mail hana.prochazkova@sujb.cz