Doc. ing. Martin JIRÁNEK, CSc.
FSV ČVUT, Praha

Principy ochrany nových staveb proti radonu z podloží

Principles of Protection of new Buildings against Radon from the Soil

Recenzent
Ing. Ivana Fojtíková

Článek přibližuje zásady návrhu protiradonové ochrany nových staveb v závislosti na radonovém indexu stavby. Podrobněji jsou popsány požadavky na protiradonovou izolaci, odvětrání podloží, odvětrání vzduchových mezer v kontaktních konstrukcích i nucené větrání vnitřního prostoru.
Klíčová slova: *radon, protiradonová izolace, větrání podloží, větrání interiéru*

Basic principles how to design radon preventive measures in dependence on the radon index of the building are presented. In more detail requirements for radon-proof membranes, sub-slab ventilation, air gap ventilation and indoor air ventilation are described.
Key words: *radon, radon-proof membrane, sub-slab ventilation, indoor air ventilation*

1. PRINCIPY OCHRANY

Při stavbě nového domu musí stavebník předložit stavebnímu úřadu protokol o stanovení **radonového indexu stavebního pozemku**. Tento index může být nízký, střední nebo vysoký podle toho, jaká koncentrace radonu v podloží a propustnost zemin byla na pozemku změřena. Klasifikaci stanovuje celá řada firem vlastnících povolení od SÚJB, jejichž seznam lze nalézt na stránkách www.sujb.cz.

Ochrana domu se navrhuje podle ČSN 73 0601 (2006). Projektant na základě znalosti radonového indexu pozemku a informací o stavbě (způsob založení, osazení domu v terénu, přítomnost štěrkového podsypu, atd.), stanoví tzv. **radonový index stavby**, který rovněž nabývá hodnot nízký, střední a vysoký. Právě tento radonový index stavby pak rozhoduje o způsobu ochrany proti radonu z podloží.

V současnosti jsou k dispozici technická řešení, která dokáží účinně chránit jakékoliv typy staveb i při umístění na pozemku s velmi vysokou koncentrací radonu. Důležitou podmínkou však je včasné zapracování protiradonové ochrany do projektu domu. Jedině tak se předejde komplikacím při výstavbě domu a ušetří se nemalé finanční prostředky. Dodatečná instalace protiradonových opatření do hotového domu totiž vyžaduje náklady v řádu desítek až stovek tisíc korun.

Při **nízkém radonovém indexu stavby** se za dostatečnou ochranu proti radonu považuje provedení všech kontaktních konstrukcí s celistvou povlakovou hydroizolací s vodotěsnými spoji a prostupy. Je-li **radonový index stavby střední**, je základní ochranou protiradonová izolace. Ta může být nahrazena hydroizolací, pokud:

a) všechny pobytové prostory v kontaktních podlažích jsou nuceně větrány;
b) se v kontaktních podlažích stavby nenachází pobytové prostory a jsou současně splněny podmínky:
   1. ve všech místech kontaktního podlaží je zajištěna spolehlivá výměna vzduchu
   2. stropní konstrukce nad kontaktním podlažím omezuje proudění vzduchu a prostupy touto konstrukcí jsou těsné
   3. vstupy do kontaktních podlaží z ostatních podlaží jsou opatřeny těsnými dveřmi s automatickým zavíráním

Při **vysokém radonovém indexu stavby** se za dostatečnou ochranu považuje provedení všech kontaktních konstrukcí s protiradonovou izolací, pokud koncentrace radonu v podloží rozhodná pro stanovení radonového indexu stavby nepřesáhne:

- 200 kBq/m^3 pro nízkopropustné podloží
- 140 kBq/m^3 pro středněpropustné podloží
- 60 kBq/m^3 pro vysokopropustné podloží

Jestliže jsou výše uvedené hodnoty překročeny, nebo je pod stavbou vytvořena drenážní vrstva o vysoké propustnosti, případně, jestli je součástí kontaktní konstrukce podlahové vytápění, musí být protiradonová izolace kombinována s větracím systémem podloží nebo s ventilační vrstvou v kontaktní konstrukci. Důvodem je zabezpečení větších nároků na spolehlivost. Pokud je stavba vybavena nuceným větráním nebo se v jejich kontaktních podlažích nenachází pobytové prostory, mohou být kontaktní konstrukce provedeny jen s hydroizolací jako při středním radonovém indexu stavby.

2. PROTIRADONOVÁ IZOLACE

Protiradonová izolace je základní ochranou nových staveb při vyšším než nízkém radonovém indexu stavby. Mohou na ni být v souladu s ČSN 730601 (2006) použity jen takové hydroizolační materiály, které splňují následující požadavky:

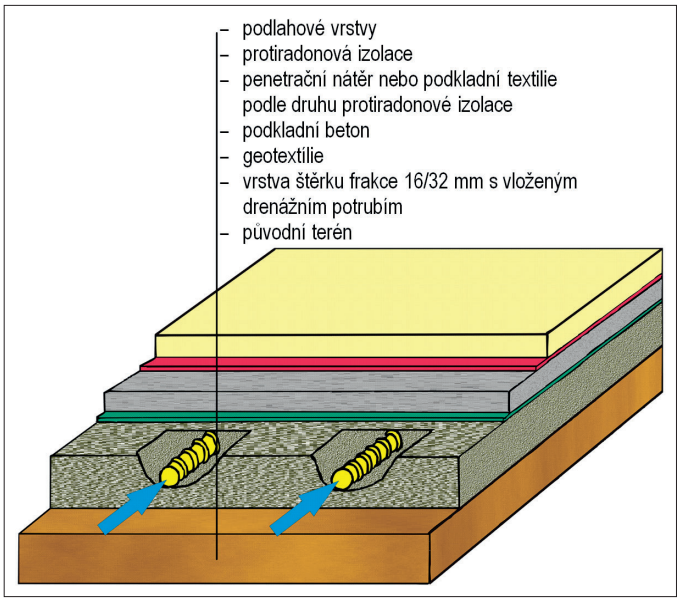
a) mají stanoven součinitel difúze radonu vlastního izolačního materiálu
b) mají stanoven způsob provedení spoje s uvedeným součinitelem difúze radonu
c) trvanlivost odpovídá předpokládané životnosti stavby
d) odolávají veškerému v úvahu přicházejícímu koroznímu namáhání

Protiradonová izolace může být tvořena asfaltovými pásy, syntetickými fóliemi, stěrkami různého chemického složení atd. Výjimkou jsou asfaltové pásy s kovovými výztužnými vložkami, které nesmí být použity jako jediný materiál protiradonové izolace, protože kovová fólie je vysoce náchylná k poškození. Z důvodu obecně velmi špatné těsnosti spojů nesmí být na protiradonovou izolaci použity ani plastové profilované (nopované) fólie.

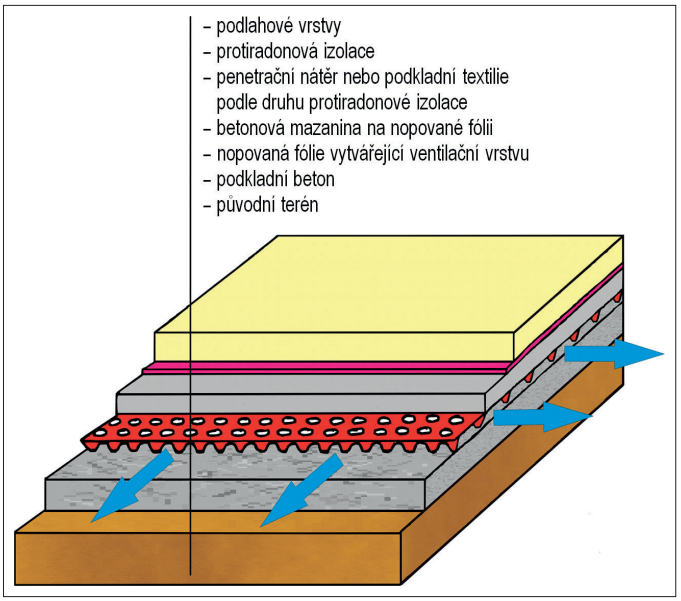
Minimální tloušťka protiradonové izolace se v každém konkrétním případě stanoví výpočtem podle ČSN 73 0601 [1] v závislosti na velikosti kontaktní plochy, násobnosti výměny vzduchu, koncentraci radonu v podloží a součiniteli difúze radonu v protiradonové izolaci [3].

3. KOMBINACE PROTIRADONOVÉ IZOLACE S ODVĚTRÁNÍM PODLOŽÍ

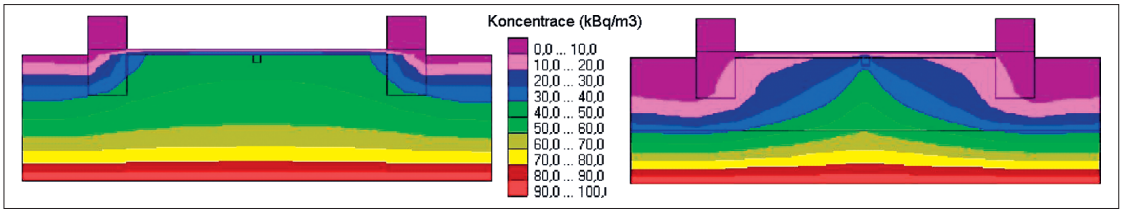
U nových staveb jsou větrací systémy podloží nejčastěji tvořeny soustavou perforovaných drenážních trub (plastových, keramických, kameninových



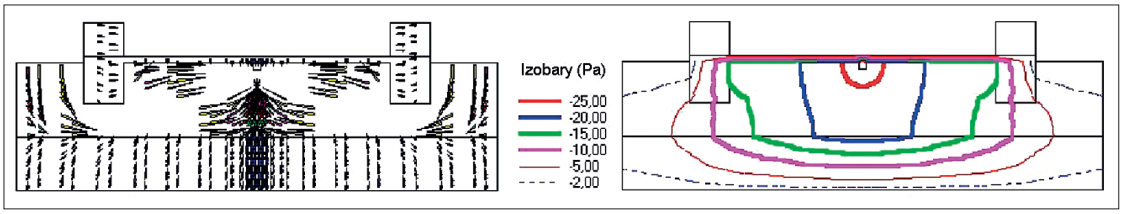
Obr. 1 Skladba podlahy s odvětráním podloží



Obr. 4 Varianty skladby podlahy s ventilační vrstvou



Obr. 2 Rozložení koncentrace radonu pod domem není-li podloží větráno (vlevo) a při odvětrání podloží (vpravo)



Obr. 3 Proudění vzduchu a rozložení tlaků v podloží pod domem při větrání podtlakem –30 Pa má-li vrchní vrstva podloží vysokou propustnost a spodní vrstva propustnost nízkou (stejný příklad jako na obr. 3 vpravo)

atd.), které se ukládají do souvislé drenážní vrstvy o nejmenší tloušťce 150 mm vytvořené z vhodného kameniva zpravidla frakce 16/32 (obr. 2). Proti penetraci betonu při betonáži podkladní betonové desky musí být drenážní vrstva na povrchu chráněna (např. geotextilií, fólií, lepenkou, tepelně izolačními deskami nebo jiným vhodným materiálem). Vzájemná vzdálenost rovnoběžně umístěných drenážních trub by neměla být menší než 2,0 m a větší než 4,0 m. Průměry koncových trub se volí v rozmezí 60 až 100 mm, sběrné potrubí se navrhuje s průměrem 100 až 150 mm. Vzdálenost perforovaných trub od obvodových stěn je limitována možností promrzání základové půdy, což je třeba vždy v konkrétním případě posoudit.

U nových staveb se půdní vzduch z drenážního potrubí odvádí nejčastěji pasivně prostřednictvím stoupacího potrubí o průměru 125 až 200 mm ústícího do vnějšího prostředí nad střechou domu. Odvětrání jen do obvodových stěn je nepřípustné. Účinnost pasivního odvětrání lze v případě potřeby zvýšit osazením ventilační turbíny nebo ventilátoru na konec stoupacího potrubí.

Účelem odvětrání podloží je snížit koncentraci radonu pod domem a zejména obrátit tlakové poměry, tj. vytvořit podtlak v zemině vůči tlaku vzduchu v interiéru. Návrh odvětrání podloží lze vypracovat i na základě numerického řešení zohledňujícího konkrétní podmínky v podloží a geometrii trubního systému (obr. 1 a 2).

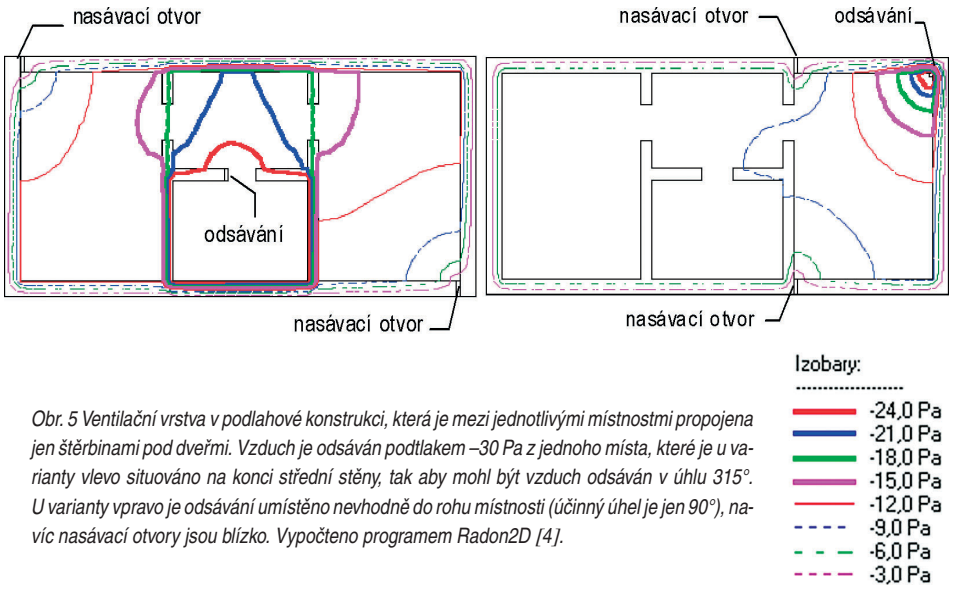
4. KOMBINACE PROTIRADONOVÉ IZOLACE S VENTILAČNÍ VRSTVOU

Podlahová ventilační vrstva, která se nejčastěji zřizuje pod protiradonovou izolací (obr. 3), může být vytvořena plastovými nopovanými fóliemi, plastovými tvarovkami, vlnitými cementovými deskami atd. Vzduch se z mezery odvádí pasivně nebo aktivně, nejlépe opět nad střechu objektu. I zde platí, že odvětrání jen do obvodových stěn je nepřípustné.

Vzduchová mezera slouží ke snížení koncentrace radonu a k vytvoření podtlaku pod protiradonovou izolací. Teoretické rozložení tlaku vzduchu ve ventilační vrstvě lze řešit s použitím Laplaceovy rovnice v prostředí 2D nebo 3D. Chceme-li z jednoho odsávacího místa odvětrat ventilační vrstvu v několika místnostech, musí se odsávání napojit na vzduchovou mezeru v podlaze, nejlépe ve středu půdorysu (obr. 4). Odsávání z rohu je nejméně účinné. Čím více má ventilační vrstva přisávacích otvorů a čím blíže jsou odsávacímu místu, tím je pokles tlaku větší.

5. OBJEKTY S NUCENÝM VĚTRÁNÍM VNITŘNÍHO PROSTORU

Současné moderní nízkoenergetické a pasivní domy bývají vybaveny nuceným větráním s rekuperací tepla. Vzduchotechnické systémy jsou v těchto případech primárně dimenzovány a řízeny podle vývinu vlhkosti, popřípadě oxidu uhličitého CO_2. Lze je však také použít pro snížení koncentrace radonu v domě. S tím počítá i ČSN 73 0601, která jak již bylo výše uvedeno, umožňuje v domech, kde jsou všechny pobytové prostory v kontaktním podlaží nuceně větrány, nahradit protiradonovou izolaci běž-



Obr. 5 Ventilační vrstva v podlahové konstrukci, která je mezi jednotlivými místnostmi propojena jen štěrbinami pod dveřmi. Vzduch je odsáván podtlakem –30 Pa z jednoho místa, které je u varianty vlevo situováno na konci střední stěny, tak aby mohl být vzduch odsáván v úhlu 315°. U varianty vpravo je odsávání umístěno nevhodně do rohu místnosti (účinný úhel je jen 90°), navíc nasávací otvory jsou blízko. Vypočteno programem Radon2D [4].

nou hydroizolací bez posouzení její minimální tloušťky zabraňující pronikání radonu.

Zkušenosti z řady realizovaných staveb však ukazují, že není dobré ponechat vyřešení radonu jen na vzduchotechnických systémech. Nemusí to být totiž energeticky vůbec efektivní. Kdybychom si řekli, že v dokončeném objektu nejprve změříme koncentraci radonu a podle ní nastavíme větrací systém, například podle vztahu (1), mohlo by to vést k poměrně vysokým násobnostem výměny vzduchu:

$$n_i \approx \frac{C_i \cdot n_{mi}}{C_{sh}} \qquad [h^{-1}] \qquad (1)$$

kde C_i je koncentrace radonu změřená v i-té místnosti při vypnuté vzduchotechnice [Bq/m^3], n_{mi} je intenzita výměny vzduchu v době měření C_i, [h^{-1}], n_i je intenzita výměny vzduchu, kterou má zajistit nucené větrání [h^{-1}], aby v místnosti nebyla překročena směrná hodnota koncentrace radonu C_{sh} = 200 Bq/m^3.

Problém je totiž v tom, že pozornost se věnuje zejména vzduchotěsnosti nadzemních částí staveb. Vzduchotěsnost konstrukcí, které jsou ve styku se zeminou, se mnohdy opomíjí. A tak i na podložích se středním radonovým indexem pozemku můžeme nalézt novostavby, v nichž koncentrace radonu přesahuje i 1000 Bq/m^3. Příčiny objasňuje vztah (2), podle něhož je koncentrace radonu v interiéru přímo úměrná množství půdního vzduchu pronikajícího do domu a koncentraci radonu v něm a nepřímo úměrná intenzitě výměny vzduchu:

$$n_i \approx \frac{C_s \cdot Q}{n_i \cdot V_i} \qquad [Bq/m^3] \qquad (2)$$

kde C_i je koncentrace radonu v i-té místnosti [Bq/m^3], n_i je intenzita výměny vzduchu v i-té místnosti [h^{-1}], V_i je objem vzduchu v tomto prostoru [h^{-1}], C_s je koncentrace radonu v půdním vzduchu [Bq/m^3] a Q je objemový tok půdního vzduchu do místnosti [m^3/h].

Uvědomíme-li si, že koncentrace radonu v půdním vzduchu pod domem se běžně pohybují v řádu jednotek až desítek kBq/m^3, pak při obecně nízké intenzitě výměny vzduchu n_i, stačí k překročení směrné hodnoty 200 Bq/m^3, aby se do místnosti přisouvalo z podloží i méně než 0,1 m^3/h. Toto množství při běžných podtlacích 1 až 3 Pa, které se při podlaze kontaktních podlaží běžně vyskytují, není vůbec nereálné.

Pro praktické nastavení vzduchotechnických systémů vyplývají z výše uvedeného následující závěry. Kdyby snížení koncentrace radonu vyžadovalo takové zvýšení intenzity výměny vzduchu, že by to z energetického hlediska již nebylo efektivní, je možné se pokusit nastavit vzduchotechnický systém tak, aby v interiéru vytvářel mírný přetlak oproti tlaku vzduchu v podloží. Tím se výrazně sníží množství přisouvaného půdního vzduchu. Vždy však bude záležet na poměrech vzduchotěsnosti spodní a vrchní stavby.

V mnohých případech bude pravděpodobně nejefektivnější kombinace nuceného větrání interiéru s podtlakovým odvětráním podloží. Při vzájemné dohodě příslušných specialistů mohou oba systémy i spolupracovat. Nesmíme totiž zapomenout, že je-li v domě instalováno i podlahové vytápění, pak tam stejně odvětrání podloží být musí, neboť zapnuté podlahové vytápění zvyšuje podtlak v domě, a tím i přísun radonu do domu.

Kontakt na autora: jiranek@fsv.cvut.cz

Poděkování
Článek vznikl za podpory výzkumného záměru MSM 6840770005.

Použité zdroje:

[1] ČSN 73 0601 (2006) Ochrana staveb proti radonu z podloží. ČNI, Praha, 2006
[2] Jiránek M., Dům bez radonu. Vydavatelství ERA, Brno, 2001
[3] Jiránek M., Přehled izolací proti radonu na českém trhu. In.: Materiály pro stavbu 6/2006, pp. 30–32
[4] Software Radon2D pro Windows. Firma Svoboda, Kladno 2000
[5] Jiránek M., Spolehlivost a optimalizace protiradonových opatření. In: Bezpečnost jaderné energie 15(53), 2007 č.3/4, pp.102–108, ISSN 1210–7085 ■

Jemný kapsový filtr od firmy Unifil – ISH/Aircontec 2009

S použitím materiálu Synawave vyvinula nizozemská firma Unifil AG jemný kapsový filtr, který podle zpřísněných podmínek předpisu VA101–01 švýcarské odborné společnosti SWKI vykazuje nízkou tlakovou ztrátu a prodlouženou životnost. Synawave je filtrační materiál ze syntetických vláken (neobsahuje skleněná vlákna) určený pro třídy filtrů F6 až F9 (podle EN 779). Díky zvlněnému filtračnímu materiálu je aktivní filtrační plocha zdvojnásobená a tím se na polovinu snižuje filtrační rychlost. Toto vede k pozvolnějšímu nárůstu tlakové ztráty během provozu, neboť částečky prachu se zachytávají na dvojnásobné ploše. U tohoto materiálu se dosahují vysoké hodnoty účinnosti filtrace i ve vybitém stavu (materiál nenese elektrostatický náboj).

Projmutý tvar kapes brání před kontaktem s vlhkým vnitřním povrchem filtračního zařízení a zajišťuje jednoduchou a rychlou montáž. Vnitřní rozteče zajišťují při průtoku vzduchu optimální kónický tvar kapes a rovnoměrné využití filtrační plochy. Zvlněný filtrační materiál vede k tomu, že kapsový filtr má vysokou vlastní stabilitu (z hlediska tvaru). Díky vláknům, která brání porušení vrstvy, nedochází u filtračního materiálu k uvolňování vláken nebo materiálu filtru.

Zdroj CCI 2009 *(J. Hemerka)*