

# OPATŘENÍ PROTI RADONU

pro novostavby



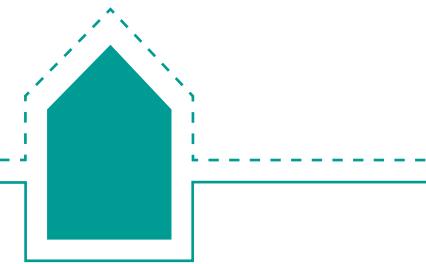
MARTIN JIRÁNEK

SÚJB



# OPATŘENÍ PROTI RADONU

pro novostavby



MARTIN JIRÁNEK

STÁTNÍ ÚŘAD PRO JADERNOU BEZPEČNOST  
STAVEBNÍ FAKULTA ČVUT V PRAZE  
2017

SÚJB

ČVUT  
ČESKÉ VYSOKÉ  
UCENNÍ TECHNICKÉ  
V PRAZE

Publikace je určena zejména pro investory, kteří plánují výstavbu vlastního bydlení. Uvádí základní informace o radonu a o způsobu ochrany budoucí stavby před tímto radioaktivním plynem pocházejícím z podloží. Vysvětluje, jaká koncentrace radonu v domě je přijatelná a jaké cesty vedou k jejímu zajištění. Investora provede všemi fázemi výstavby, od přípravy projektu, přes realizaci až po závěrečné měření prokazující skutečnou koncentraci radonu v domě. Velká pozornost je věnována volbě protiradonového opatření v závislosti na typu domu, způsobu větrání a dalších skutečnostech, které ovlivňují úroveň koncentrace radonu. Nedílnou součástí je i návod, co a jak v průběhu stavby kontrolovat, aby výsledek byl uspokojivý. Základní typy protiradonových opatření jsou podrobně popsány a znázorněny na obrázcích a detailech. Publikace je tak vhodná i pro architekty, projektanty a dodavatele staveb pro individuální bydlení.

Vše, co je v knize uvedeno, bylo autorem napsáno v upřímné snaze zprostředkovat čtenářům přístupnou formou co nejlepší informace.  
Z jejich praktického uplatnění nevyplývají pro autora ani vydavatele žádné právní důsledky.

Recenze: Ing. Veronika Kačmaříková, Ph.D., Mgr. Marcela Berčíková

Ilustrace © Ing. Milena Honzíková, Jana Soprová  
© Martin Jiránek, 2017

## OBSAH

### **1 Proč je důležité mít v domě nízkou koncentraci radonu** 4

Co je radon

Negativní vliv radonu na zdraví

Které stavby je třeba chránit proti radonu

### **2 Jakou koncentraci radonu v domě požadovat** 4

Legislativní požadavky

Přijatelná úroveň

### **3 Jak postupovat v jednotlivých fázích výstavby** 4

Příprava stavby, podklady k projektu

Projekt domu

Realizace protiradonových opatření

Kontrola úrovně koncentrace radonu v dokončeném domě

### **4 Principy ochrany staveb proti radonu z podloží** 6

Parametry ovlivňující volbu protiradonového opatření

Zásady ochrany jednotlivých typů staveb

Pamatujte

### **5 Podrobnosti návrhu nejčastějších typů protiradonových opatření** 8

Protiradonová izolace

Odvětrání podloží

Odvětrané ventilační vrstvy v kontaktní konstrukci

Správné větrání – základ každého protiradonového opatření

### **6 Ochrana proti radonu v kostce** 14

Seznam úkonů, na které byste neměli zapomenout

### **7 Další informace** 15

## 1 PROČ JE DŮLEŽITÉ MÍT V DOMĚ NÍZKOU KONCENTRACI RADONU

### Co je radon

Radon vzniká radioaktivní přeměnou uranu obsaženého v zemské kůře. Je to přírodní radioaktivní plyn, který je bez barvy, chuti i zápachu, takže ho nelze vnímat lidskými smysly. Typické koncentrace radonu v půdním vzduchu, jehož je běžnou součástí, se na území ČR pohybují v rozsahu 10 000 až 100 000 Bq/m<sup>3</sup>. Z povrchu země se radon uvolňuje do venkovní atmosféry, kde v důsledku naředění jeho koncentrace klesá na pouhé jednotky až desítky Bq/m<sup>3</sup>. Proniká ale i do domů, v nichž dosahuje koncentrací v závislosti na technickém stavu domu od desítek do tisíců Bq/m<sup>3</sup>.

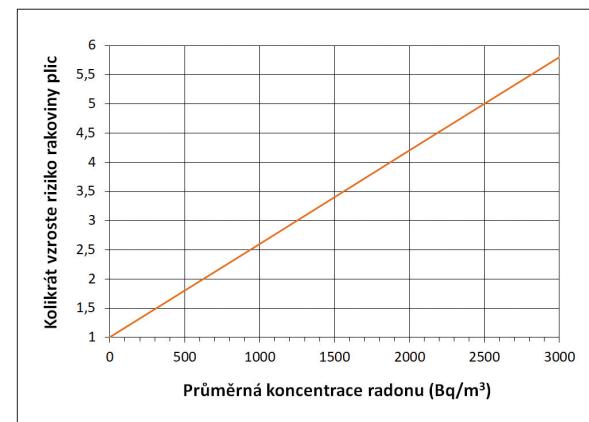
### Negativní vliv radonu na zdraví

Radon, jakožto radioaktivní plyn, se samovolně přeměňuje na atomy pevných prvků – <sup>218</sup>Po, <sup>214</sup>Pb, <sup>214</sup>Bi a <sup>214</sup>Po, které se po vdechnutí usazují v průduškách a plicích a způsobují svojí vlastní radioaktivní přeměnou jejich ozáření. Toto ozáření je podle Světové zdravotnické organizace (WHO) považováno hned po kouření za druhou nejvýznamnější příčinu vzniku rakoviny plic. Odhaduje se, že způsobuje celosvětově 10–15 % ze všech rakovin plic (v ČR radon ročně zodpovídá za cca 900 případů z 6 000 rakovin plic v daném roce vzniklých). K vyvolání nemoci nedochází okamžitě, ale až po 10–30 letech pobytu v prostředí se zvýšenou koncentrací radonu. Epidemiologické studie ukázaly, že riziko vzniku rakoviny plic od radonu roste úmerně s rostoucí koncentrací radonu (**Obr. 1.1**).

### Které stavby je třeba chránit proti radonu

Proti pronikání radonu z podloží musí být chráněny všechny stavby s obytnými nebo pobytovými prostory. Jsou-li součástí těchto staveb nepobytové části (garáže, dílny atd.), které jsou dispozičně propojeny s obytnou částí, vztahuje se ochrana i na

ně. Samostatně stojící garáže, kůlny, technické místnosti a domácí dílny nemusí být opatřeny protiradonovou ochranou, protože neslouží k dlouhodobějšímu pobytu osob.



Obr. 1.1 – Vzrůst rizika rakoviny plic v závislosti na koncentraci radonu

## 2 JAKOU KONCENTRACI RADONU V DOMĚ POŽADOVAT

### Legislativní požadavky

Podle atomového zákona č. 263/2016 Sb. a prováděcí vyhlášky č. 422/2016 Sb. by průměrná koncentrace radonu v obytných a pobytových místnostech stanovená při intenzitě větrání odpovídající běžnému užívání neměla překročit referenční úroveň 300 Bq/m<sup>3</sup>. Význam referenční úrovni a její použití v praxi nemusí být zejména laické veřejnosti vždy zcela jasný. Lze však zjednodušeně konstatovat, že pokud je tato hodnota dodržena, je úroveň ozáření společensky přijatelná a bezpečná. Pokud je překročena, neznamená to, že jsou bezprostředně ohroženy životy a zdraví osob žijících v domě s takovou koncentrací radonu, ale mělo by být snahou vlastníka domu

snížit koncentraci radonu pomocí dostupných a finančně přijatelných opatření pod referenční úroveň nebo se k ní co nejvíce přiblížit. Nicméně i v případě, že není stanovená referenční úroveň překročena, je vhodné přemýšlet o možných a finančně přijatelných opatřeních, která by velikost ozáření dále snížila. Tento přístup je základním principem radiační ochrany a nazývá se princip optimalizace.

### Přijatelná úroveň

Na základě mnohaletých zkušeností lze požadovat, aby průměrná koncentrace radonu v novém domě neprekročila 100 až 150 Bq/m<sup>3</sup>. Je to hodnota dosažitelná standardními typy protiradonových opatření ve všech běžných typech domů sloužících k bydlení. Zároveň je to hodnota, která představuje určitý kompromis mezi ušetřenou dávkou, složitostí opatření a pořizovacími náklady na opatření. Na druhé straně vzhledem k obecně vyšší radioaktivitě hornin v ČR, kdy se silikátové stavební materiály (kámen, beton, cihly, keramika atd.) stávají vedle podloží dalším přidruženým zdrojem radonu, je nereálné požadovat, aby v interiéru stavby byla koncentrace radonu nižší než 50 Bq/m<sup>3</sup>.

## 3 JAK POSTUPOVAT V JEDNOTLIVÝCH FÁZÍCH VÝSTAVBY

### Příprava stavby, podklady k projektu

Na stavební parcele nechte nejprve vždy stanovit tzv. radonový index pozemku. Tuto povinnost vám ukládá § 98 atomového zákona č. 263/2016 Sb. Stanovení objednejte u firem vlastnících k této činnosti povolení od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost. Jejich seznam je k dispozici například na internetové adrese [www.sujb.cz](http://www.sujb.cz). Radonový index pozemku musí být změřen přímo na dané parcele, nelze ho určit z žádných map. Na základě změřené koncentrace radonu v půdním vzduchu (u rodinných domů se koncentrace stanovují v 15 bodech)

a propustnosti podloží se základové půdy zatřídí do tří kategorií radonového indexu pozemku podle **Tab. 3.1**. Čím vyšší je koncentrace radonu v podloží a čím jsou půdní vrstvy propustnější, tím vyšší je radonový index pozemku.

Ochrana proti radonu se navrhujeme ve všech kategoriích radonového indexu pozemku. Výsledky jeho stanovení proto předejte projektantovi nebo architektovi vašeho domu, aby na jejich základě mohl navrhnut účinnou ochranu. Zprávu o radonovém průzkumu pozemku tak musíte mít k dispozici nejdříve v době zpracování projektové dokumentace.

### Projekt domu

Na projektantovi požadujete, aby protiradonová opatření vypracoval podle ČSN 73 0601 tak, aby koncentrace radonu v žádné z obytných nebo pobytových místností nepřekročila výši požadovanou hodnotu zvolenou v rozmezí 100 až 150 Bq/m<sup>3</sup>. Můžete ho informovat, že kromě výše uvedené normy je detailní popis všech typů protiradonových opatření včetně příkladů řešení k dispozici v publikaci Radon – stavební souvislosti I a II, která je bezplatně ke stažení na [www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz). Základní a nejdůležitější informace obsahuje i tato brožura. Netroufne-li si i přesto váš projektant na návrh opatření, požádejte ho, aby řešení objednal u specialisty.

### Realizace protiradonových opatření

Ve smlouvě se zhotovitelem stavby sjednejte, že protiradonová opatření budou realizována podle ČSN 73 0601. Dále s ním smluvně dohodněte, že koncentrace radonu v dokončené stavbě nepřekročí za běžného užívání výši zvolenou úroveň v rozmezí od 100 Bq/m<sup>3</sup> do 150 Bq/m<sup>3</sup>. Smlouva by měla obsahovat i sankce pro případ, že výsledná hodnota bude vyšší (například ve formě povinnosti zhotovitele sjednat nápravu na vlastní náklady nebo uhradit penále ve výši nákladů na snížení koncentrace radonu).

V průběhu výstavby vašeho domu pravidelně kontrolujte kvalitu instalace všech důležitých součástí protiradonového opatření. Obecně se kontroluje zejména to, zda realizované řešení včetně použitých materiálů odpovídá projektu. Podrobný obsah kontrol je pro každé opatření uveden v dalších kapitolách. Kontrolu můžete provádět buď osobně, nebo pomocí vámí najaté osoby, tzv. dozoru investora, která má patřičné vzdělání a zkušenosti v oboru. Je dobré se zhotovitelem stavby předem smluvně dohodnout, v kterých fázích výstavby si přejete provést kontrolu. Tím se vyhnete tomu, že to, co mělo být zkontrolováno, je již zakryto další konstrukcí.



**Obr. 3.1 – Příklady detektorů radonu – zleva:** elektrey pro stanovení průměrné koncentrace radonu za období jednoho týdne, stopový detektor RamaRn pro určení průměrné koncentrace za období až jednoho roku a kontinuální monitor Radim 3 pro zaznamenání časového průběhu koncentrace radonu.

**Tab. 3.1 – Kategorie radonového indexu pozemku**

| Radonový index         | Koncentrace radonu v podloží $C_s$ (kBq/m <sup>3</sup> ) |                    |                    |
|------------------------|--|--------------------|--------------------|
| vysoký                 | $C_s \geq 100$   | $C_s \geq 70$      | $C_s \geq 30$      |
| střední                | $30 \leq C_s < 100$                                      | $20 \leq C_s < 70$ | $10 \leq C_s < 30$ |
| nízký                  | $C_s < 30$   | $C_s < 20$         | $C_s < 10$         |
| Plynopropustnost zemin | nízká  | střední            | vysoká             |

### Kontrola úrovně koncentrace radonu v dokončeném domě

O tom, zda je dům dobře chráněn proti radonu, se přesvědčíte jedině měřením koncentrace radonu v jednotlivých místnostech dokončeného domu. Takovéto měření provádí celá řada subjektů. Vyberejte takové firmy, které k dané činnosti vlastní povolení od Státního úřadu pro jadernou bezpečnost, což je zárukou, že firma má odborné znalosti a technické vybavení pro správné provedení měření. Seznam držitelů tohoto povolení je k dispozici na webových stránkách [www.sujb.cz](http://www.sujb.cz) nebo [www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz).

Měření musí probíhat podle určitých pravidel, protože se koncentrace radonu v budovách mění v průběhu roku i během jediného dne tak, jak se mění podtlak v domě, ventilační podmínky a způsob užívání. Měří se proto po delší dobu a pokud možno za podmínek běžného užívání. Minimální akceptovatelná délka měření je jeden týden. Abyste se vyhnuli podhodnocení skutečného stavu, objednávejte takto krátké měření jen v topné sezóně, tj. od září do května.

Ukáze-li se, že se koncentrace radonu ve všech obytných a pobytových místnostech domu pohybuje pod požadovanou úrovni, je velmi pravděpodobné, že je protiradonová ochrana funkční. Abyste měli jistotu, že je opatření dlouhodobě spolehlivé, můžete si objednat roční měření stopovými detektory RamaRn (**Obr. 3.1**), nebo si můžete pořídit jednoduché detektory radonu určené pro laické použití.

## 4 PRINCIPY OCHRANY STAVEB PROTI RADONU Z PODLOŽÍ

### Parametry ovlivňující volbu protiradonového opatření

Způsob ochrany nové stavby závisí na následujících parametrech:

- koncentraci radonu v podloží pod domem a propustnosti podloží. Tyto parametry určí projektant mimo jiné na základě informací z radonového průzkumu pozemku;
- umístění obytných a pobytových místností. Domy s obytnými místnostmi v podlažích, které mají kontakt s podložím, vyžadují vyšší stupeň ochrany než domy, jejichž pobytové místnosti jsou od podloží odděleny sklepem nebo technickým podlažím;
- způsobu ventilace domu. Domy přirozeně větrané vyžadují vyšší stupeň ochrany než domy s nucenou ventilací obytného prostoru. Jsou-li všechny obytné a pobytové místnosti kontaktního podlaží nuceně větrány, lze protiradonovou izolaci v kontaktní konstrukci nahradit hydroizolací;
- přítomnosti uměle vytvořené vysoce propustné vrstvy pod domem. Takováto vrstva, ať už je vytvořena z klasického kameniva, nebo různých tepelněizolačních materiálů, zvyšuje schopnost transportu radonu a zároveň slouží jako jeho zásobník. Propustná vrstva pod domem se musí vždy odvětrat do exteriéru;
- přítomnosti podlahového topení v podlaze na terénu. Podlahové topení zvyšuje zhruba dvakrát teplotní diferenci mezi interiérem a podložím, což má za následek, že případnými netěsnostmi v kontaktní konstrukci proniká do domu přibližně dvojnásobné množství půdního vzduchu.

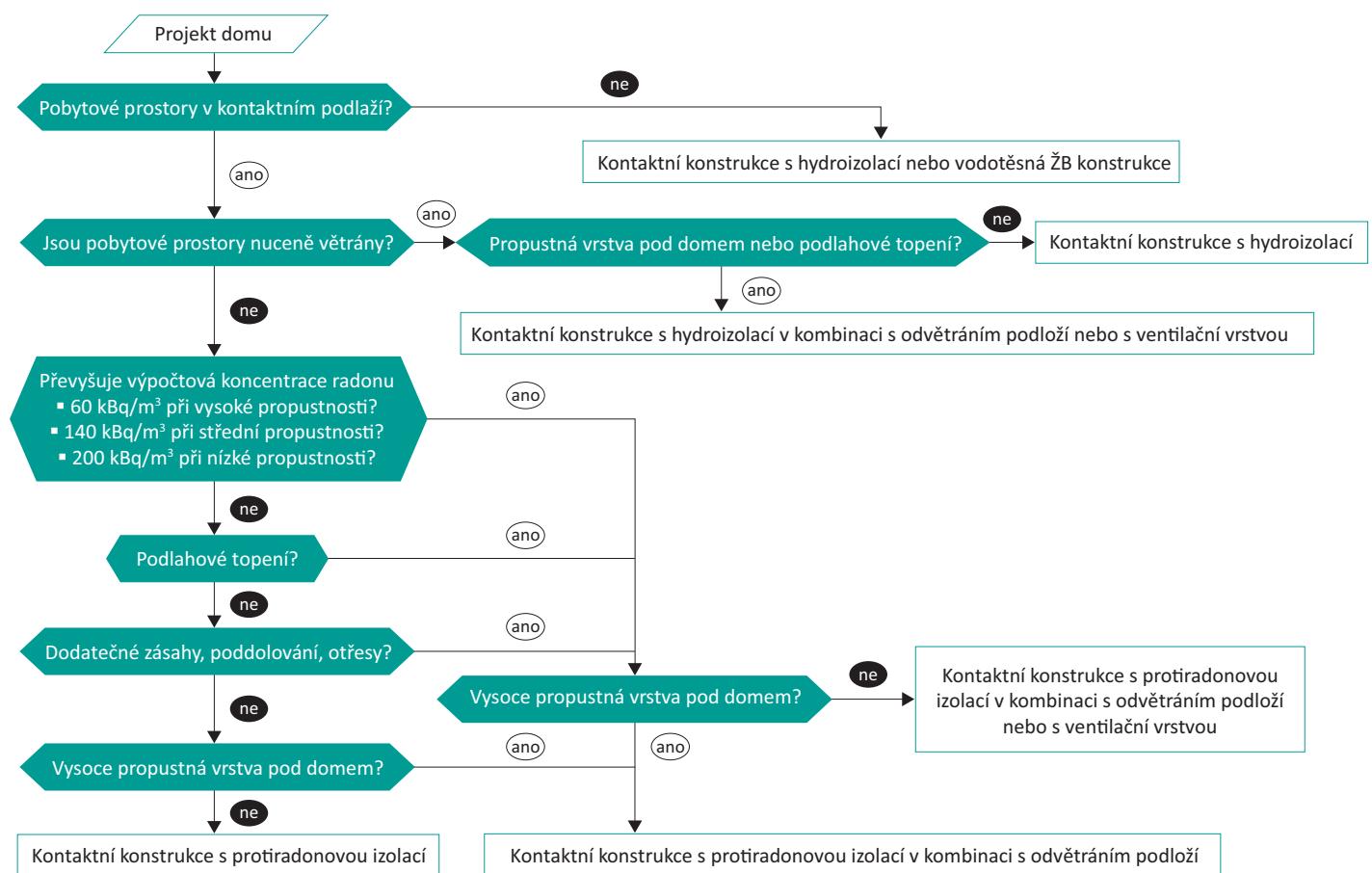
Hydroizolace nebo protiradonová izolace v podlaze s podlahovým topením musí být proto provedena v kombinaci buď s odvětráním podloží, nebo s odvětranou ventilační vrstvou;

- výskytu takových skutečností jakými jsou očekávané dodatečné zásahy do protiradonové izolace (dodatečné prostupy), pohyby v podloží vyvolané například otěsy od

dopravy, budoucí výstavba dotýkající se konstrukce domu, například u řadových a terasových domů atd. Ve všech těchto případech se z bezpečnostních důvodů doporučuje provést povlakovou izolaci v kombinaci s odvětráním podloží, nebo s odvětranou ventilační vrstvou.

Proces volby protiradonového opatření je znázorněn schématem na **Obr. 4.1**.

**Obr. 4.1 – Výběr protiradonového opatření v nových stavbách**



## Zásady ochrany jednotlivých typů staveb

| Stavby s přirozeně větranými obytnými místnostmi v kontaktním podlaží |  |
|---|--|
|   | <p>Základní ochranu tvoří protiradonová izolace s těsně provedenými spoji a prostupy. Je-li pod domem vytvořena vrstva o vysoké propustnosti, musí být protiradonová izolace provedena v kombinaci s odvětráním podloží.</p> <p>Je-li v podlaze na terénu podlahové topení, nebo výpočtová koncentrace radonu v podloží přesahuje:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 60 kBq/m<sup>3</sup> pro vysoko propustné zeminy,</li> <li>■ 140 kBq/m<sup>3</sup> pro středně propustné zeminy,</li> <li>■ 200 kBq/m<sup>3</sup> pro zeminy s nízkou propustností,</li> </ul> <p>musí se protiradonová izolace provést v kombinaci s odvětráním podloží, nebo s odvětranou ventilační vrstvou v kontaktní konstrukci.</p> |
| Stavby s nuceně větranými obytnými místnostmi v kontaktním podlaží    |  |
|   | <p>Základní ochranu tvoří celistvá hydroizolace s těsně provedenými spoji a prostupy. Je-li pod domem vytvořena vrstva o vysoké propustnosti, musí se navíc provést odvětrání podloží.</p> <p>Je-li v podlaze na terénu podlahové topení, musí se navíc provést odvětrání podloží, nebo odvětranou ventilační vrstvu v kontaktní konstrukci.</p>   |
| Stavby bez obytných místností v kontaktním podlaží                    |  |
|   | <p>Základní ochranu tvoří celistvá hydroizolace s těsně provedenými spoji a prostupy. Alternativně může být kontaktní konstrukce řešena jako vodotěsná železobetonová konstrukce (bílá vana). Vyžadováno je však současné splnění následujících podmínek:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ ve všech místech kontaktního podlaží musí být zajištěna spolehlivá výměna vzduchu během celého roku,</li> <li>■ stropní konstrukci nad kontaktním podlažím nedochází k proudění vzduchu, prostupy jsou utěsněny,</li> <li>■ vstupy do kontaktních podlaží z ostatních podlaží jsou opatřeny dveřmi v těsném provedení a s automatickým zavíráním.</li> </ul>  |
| Stavby na izolačním podlaží   |  |
|   | <p>Základem ochrany je spolehlivá ventilace izolačního podlaží v průběhu celého roku. Pro zvýšení účinnosti lze do stropní konstrukce nad izolačním podlažím vložit celistvou hydroizolaci s těsně provedenými spoji a prostupy.</p>   |

## Pamatujte

- Proti radonu musí být chráněny všechny stavby, i ty na nízkém radonovém indexu pozemku.
- Základem ochrany je vždy těsné provedení konstrukcí ve styku s podložím prostřednictvím celistvé a souvislé hydroizolace nebo protiradonové izolace.
- Máte-li pod stavbou propustnou vrstvu ze štěrku nebo tepelněizolačního materiálu, musíte tuto vrstvu vždy (ve všech kategoriích radonového indexu pozemku) odvětrat pomocí větracího systému podloží.
- Máte-li v podlaze na terénu podlahové topení, nestačí k ochraně proti radonu jen protiradonová izolace. Navíc musíte vždy (ve všech kategoriích radonového indexu pozemku) instalovat buď odvětrání podloží, nebo odvětranou ventilační vrstvu v kontaktní konstrukci.
- K zajištění nízké koncentrace radonu a obecně dobré kvality vnitřního vzduchu přispívá dostatečné větrání obytných místností o intenzitě alespoň 0,3 h<sup>-1</sup>. Vybaťte dům spolehlivým větracím systémem.
- Ani ten nejdokonalejší větrací systém nemusí být schopen sám o sobě vždy a za všech okolností zajistit v domě koncentraci radonu na požadované hodnotě. Vždy je třeba kontaktní konstrukci opatřit celistvou povlakovou izolací s těsnými spoji a prostupy.
- V novém domě nikdy nerealizujte vlhké neizolované sklípky na zeleninu, ovoce nebo víno, protože by byly významným zdrojem radonu. Takovéto sklípky je vhodné provádět jako samostatné objekty oddělené od domu a s vlastním větráním a vchodem. Vede-li do nich vchod přímo z domu, musí být v těsném provedení.

- O účinnosti protiradonových opatření se lze přesvědčit jenom měřením v dokončeném domě. Měření objednávejte u firem nezávislých na projektantovi a dodavateli domu.
- Informace v této příručce vycházejí z nejnovějších poznatků v praxi dlouhodobě ověřených. Nedejte na zaručené rady, které říkají, že se to má dělat jinak.

Všechny důležité skutečnosti, které by neměly být opomenuty, a kritická místa ve stavbě, která musí být vyřešena a zkonzetrována, jsou přehledně zobrazena na **Obr. 4.2**.

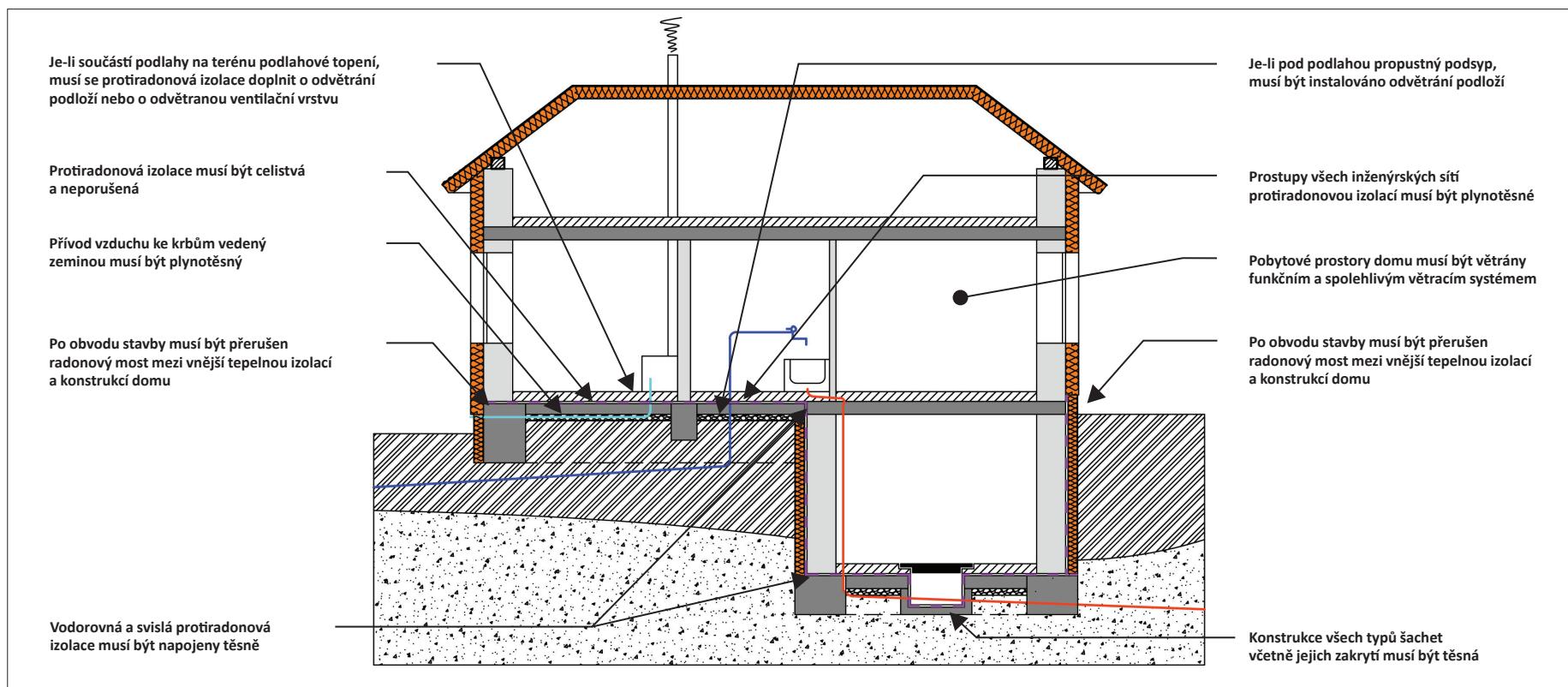
## 5 PODROBNOSTI NÁVRHU NEJČASTĚJŠÍCH TYPŮ PROTIRADONOVÝCH OPATŘENÍ

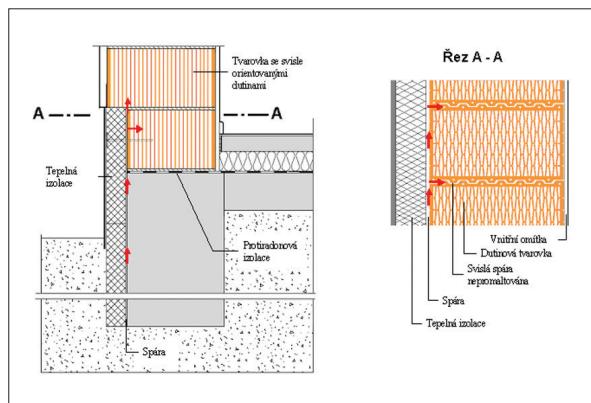
### Protiradonová izolace

Základem každé ochrany je souvislá a celistvá hydroizolace nebo protiradonová izolace. Jako izolační materiál musí být použit jen vysoce kvalitní výrobek, jehož životnost se shoduje s předpokládanou životností stavby. Podle ČSN 73 0601 nesmí být na protiradonovou izolaci použity nopové (profilované) fólie, jejichž spoje se špatně těsní, a asfaltové pásky s vložkou

z kovové fólie, které nemají prakticky žádnou tažnost. Izolační materiál musí mít stanovenou součinitel difuze radonu, na jehož základě projektant vypočítá potřebnou tloušťku (počet vrstev) izolace.

Obr. 4.2 – Přehled kritických míst, kterým je třeba věnovat pozornost





Obr. 5.1 – Příklad radonového mostu, kdy radon proniká z podloží spárou mezi tepelnou izolací a obvodovým základovým pasem do dutin v obvodové stěně

Protiradonová izolace slouží k ochraně domů s přirozeně větranými obytnými místnostmi v kontaktním podlaží. Jako samostatné opatření ji lze použít jen tehdy, není-li pod domem vytvořena vrstva o vysoké propustnosti, není-li v podlaze na terénu podlahové topení a nepřesahuje-li výpočtová koncentrace radonu v podloží:

- 60 kBq/m<sup>3</sup> ve vysoce propustných zeminách,
- 140 kBq/m<sup>3</sup> ve středně propustných zeminách,
- 200 kBq/m<sup>3</sup> v zeminách o nízké propustnosti.

V ostatních případech se musí protiradonová izolace provést v kombinaci s odvětráním podloží, nebo s odvětranou ventilační vrstvou v kontaktní konstrukci. Oblast aplikace protiradonové izolace je přehledně ukázána na Obr. 4.1 a popsána v kapitole Zásady ochrany jednotlivých typů staveb.

O účinnosti izolace rozhoduje zejména kvalita spojů jednotlivých pásů nebo fólií a těsnost prostupů instalacích vedení izolačním povlakem. Izolace musí probíhat bez přerušení

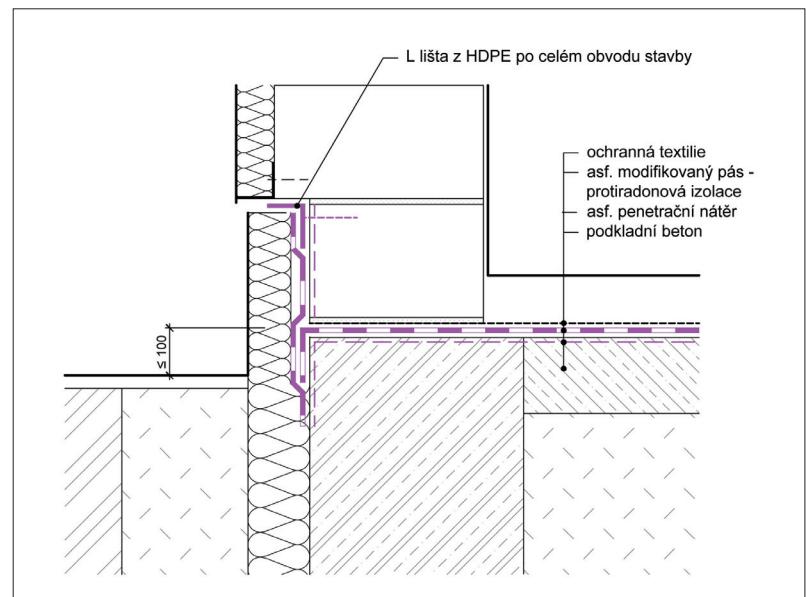
pod příčkami i nosnými stěnami, kolem všech revizních a instalacích šachet, topních kanálů atd. Správně provedená protiradonová izolace musí eliminovat i tzv. radonové mosty, kterými radon proniká z podloží spárou mezi deskami tepelné izolace a obvodovým základovým pasem do vzduchových dutin v obvodových stěnách (Obr. 5.1). Radonové mosty se mohou vyskytovat zejména u staveb s obvodovými stěnami z tvarovek se svisle orientovanými dutinami a u lehkých sendvičových konstrukcí na bázi dřeva nebo oceli. Takovéto stěny se pak stávají zdrojem radonu v domě. Možný způsob přerušení tohoto radonového mostu přináší detail na Obr. 5.2.

**Tip.** Podrobnosti k návrhu a provádění protiradonové izolace včetně výpočtu její minimální tloušťky a řešení detailů najdete v příručce Radon – stavební souvislosti I, sešit I, která je zdarma k dispozici na [www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz).

Položená izolace musí být chráněna proti poškození vhodným způsobem, např. překrytím ochrannou textilií o gramáži alespoň 600 g/m<sup>2</sup>, deskami z plastů, vrstvou prostého betonu o tl. 50 mm atd.

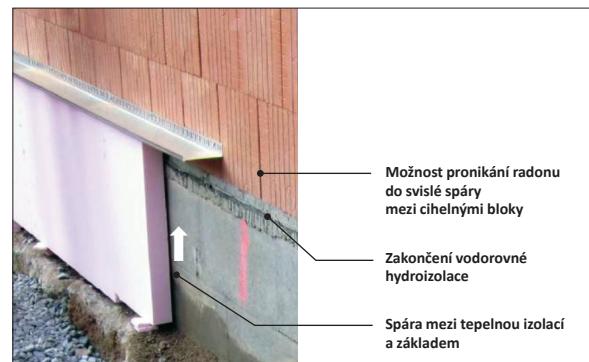
Pokládku protiradonové izolace svěřte pouze odborné firmě se zkušenými a proškolenými pracovníky vybavenými potřebnou technikou. Průběh izolačních prací pravidelně kontrolujte a fotograficky dokumentujte. Zaměřte se zejména na:

- ověření, že je použit izolační materiál předepsaný projektem co do typu, tloušťky a počtu vrstev;
- ověření, že izolační materiál má stanoven součinitel difuze radonu;
- kontrolu těsnosti spojů a prostupů (všechny utěsněné prostupy vyfotěte). Zvláštní pozornost je třeba věnovat kontrole prostupů elektroinstalace a potrubí od tepelného čerpadla;

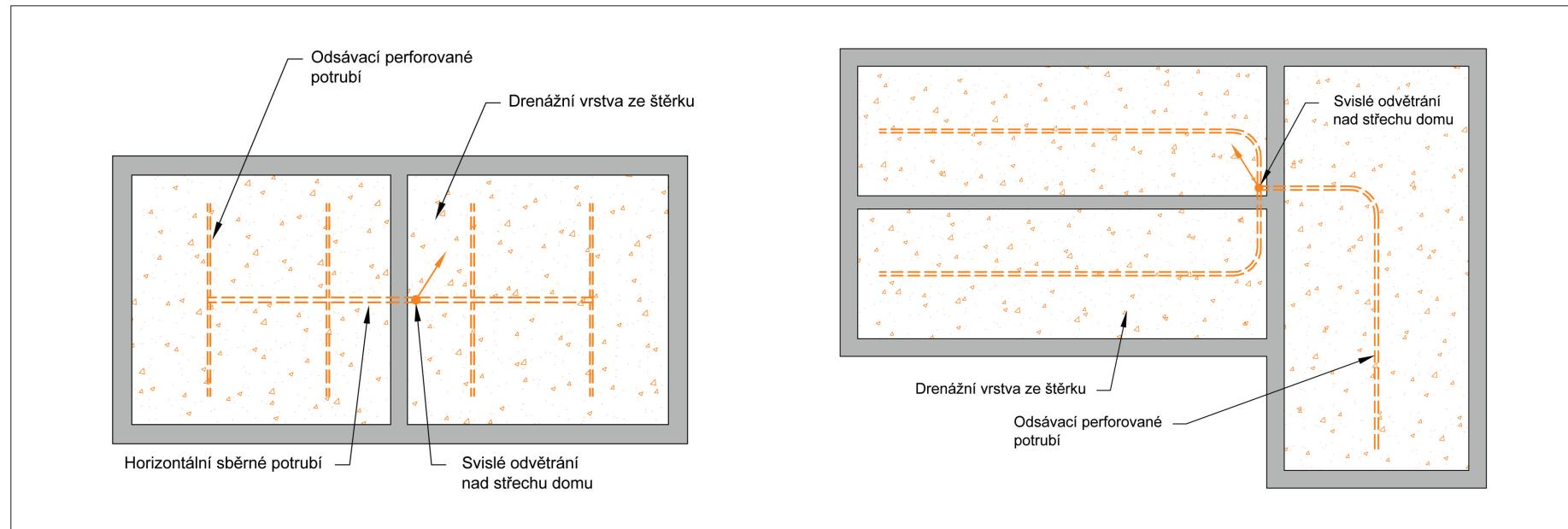


- kontrolu eliminace radonových mostů (detail soklu s ukončenou protiradonovou izolací a napojením na tepelnou izolaci fasády vyfotěte, Obr. 5.3).

Obr. 5.2 – Příklad přerušení radonového mostu



Obr. 5.3 – Příklad chybného řešení soklu s nepřerušeným radonovým mostem



**Obr. 5.4 – Varinty geometrického uspořádání perforovaného odsávacího potrubí ve štěrkové vrstvě pod podlahou nové stavby**

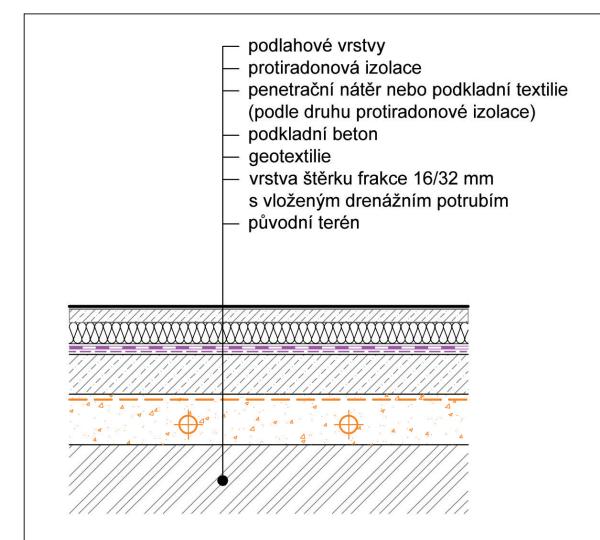
### Odvětrání podloží

Účelem odvětrání podloží je obrátit tlakové poměry, tj. vytvořit podtlak v zemině vůči tlaku vzduchu v interiéru a tím snížit příspun radonu do domu. Dopravným účinkem je snížení koncentrace radonu a vlhkosti v podloží pod domem. Odvětrání podloží se navrhuje jako doplňkové opatření k hydroizolaci nebo protiradonové izolaci.

Podloží se nejčastěji větrá pomocí flexibilních plastových perforovaných trub o průměru od 60 do 100 mm, které se ukládají do souvislé drenážní vrstvy o nejmenší tloušťce 150 mm, vytvořené z vhodného kameniva, zpravidla frakce 16/32 mm. Perforované potrubí se přednostně osazuje v geometrických tvarech podle (Obr. 5.4), bez přisávacích otvorů umístěných v obvodových stěnách domu. Platí zde tato pravidla:

- odsávací potrubí musí být zavedeno do každé sekce ohrazené základovými pasy;
- vzájemná vzdálenost rovnoběžně umístěných drenážních trub by neměla být menší než 2,0 m a větší než 4,0 m;
- vzdálenost odsávacího potrubí od souběžně probíhajícího obvodového základového pasu musí být větší než 0,5 m;
- nikdy neklademe odsávací potrubí z jedné strany domu na druhou s odvětráním do obvodových stěn. Takovéto uspořádání nemá dostatečnou účinnost.

**Pozor.** Průduchy v obvodových stěnách či soklech, sloužící k dodávce vnějšího vzduchu do podloží, se nerealizují, neboť přispívají k výraznému ochlazování stavebních konstrukcí a ke ztrátě podtlaku.



**Obr. 5.5 – Skladba podlahy s odvětráním podloží**

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). Typická skladba nové podlahy je patrná na **Obr. 5.5**.

Půdní vzduch se z drenážního potrubí odvádí téměř vždy prostřednictvím stoupacího potrubí o průměru 125 až 150 mm ústícího do vnějšího prostředí nejčastěji nad střechou domu. U nových staveb se primárně volí pasivní odvětrání. Výhodou systémů se stoupacím potrubím je, že je lze kdykoliv v budoucnosti při zjištění nedostatečné účinnosti velmi jednoduše přeměnit na systémy aktivní tak, že se na stoupací potrubí osadí ventilátor. Použít lze buď střešní ventilátor (instaluje se na konec stoupacího potrubí – **Obr. 5.6**) nebo potrubní ventilátor, který může být osazen například v půdním prostoru. Používejte zásadně radiální ventilátory, které jsou schopny vytvořit podtlak kolem 200 Pa a mají příkon do 80 W. Výkon ventilátoru se seřídí v závislosti na změřené rychlosti poklesu, resp. nárůstu koncentrace radonu v dokončeném domě po zapnutí, resp. vypnutí ventilátoru. Alternativně může být k ovládání ventilátoru použito kontinuální čidlo koncentrace radonu.

V prostoru možné budoucí instalace ventilátoru se doporučuje připravit samostatně jištěnou elektrickou přípojku.

**Tip.** Podrobnosti k návrhu a instalaci systémů odvětrávajících podloží najdete v příručce Radon – stavební souvislosti I, sešit P. Varianty osazení ventilátoru přibližuje sešit SRNA. Celá příručka je zdarma k dispozici na [www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz).

Průběh montážních prací pravidelně kontrolujte a fotograficky dokumentujte. Zaměřte se zejména na:

- ověření, že geometrický tvar odvětrávacího potrubí a jeho průměr odpovídá projektu (rozložení trub ve štěrkovém loži vyfotěte);

- kontrolu napojení jednotlivých větví odvětrávacího potrubí na potrubí stoupací;
- kontrolu zakrytí štěrkové vrstvy s vloženým odsávacím potrubím vhodným materiálem (geotextilií, lepenkou atd.) chránícím drenážní vrstvu proti penetraci betonu;
- kontrolu těsnosti prostupu odvětrávacího stoupacího potrubí protiradonovou izolací.

#### Odvětrané ventilační vrstvy v kontaktní konstrukci

Ventilačními vrstvami se nazývají vodorovné nebo svislé vzduchové mezery vytvořené v podlahách nebo suterénních stěnách, které jsou v kontaktu s podložím. Ventilační vrstvy se navrhují jako doplňkové opatření k hydroizolaci nebo protiradonové izolaci a mohou být umístěny pod izolačním povlakem nebo nad ním. V každém případě je smyslem tohoto opatření snížení přísnu radonu do interiéru domu vytvořením podtlaku ve ventilační vrstvě.

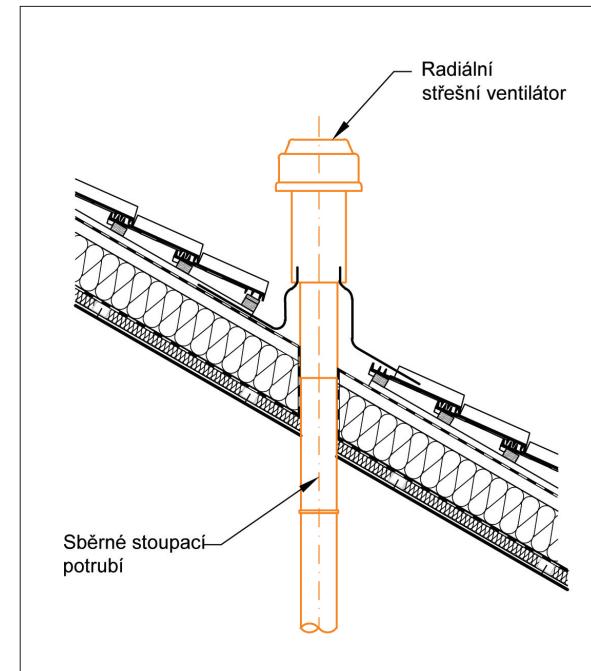
Konstrukce ventilačních vrstev bývá nejčastěji tvorena plastovými nopovanými fóliemi, plastovými tvarovkami, vlnitými deskami atd. Vzduchová mezera pod izolačním povlakem (**Obr. 5.7**) nesnižuje jen koncentraci radonu v podloží, ale zároveň odvádí i vlhkost z podloží. Výhodou takového vzduchového mezera je, že nevyžaduje těsné napojení na ohraňující základové konstrukce, protože souvislý izolační povlak procházející všemi konstrukcemi je nad ní. Ventilační vrstva nad povlakovou izolací (**Obr. 5.8**) musí být těsně napojena na ohraňující stěnové konstrukce. Pro dosažení co možná nejmenší tloušťky podlahy se pro tyto účely hodí nopové fólie. Takováto vzduchová mezera funguje pouze jako pojistka pro odvod radonu, který prošel netěsnostmi v protiradonovou izolaci.

**Pozor.** Nopová fólie použitá ke konstrukci ventilační vrstvy nemůže být nikdy považována za protiradonovou izolaci.

Důvodem je skutečnost, že není v reálných stavebních podmínkách možné garantovat vzduchotěsnost spojů mezi nopovanými fóliemi.

Pokud se nopová fólie pokládá přímo na hladkou protiradonovou izolaci, nesmí dojít k perforaci této izolace montážními hřebeny ani vlastními nopy (například v důsledku jejich zatlačení do izolace).

Vzduch se z mezery odvádí většinou opět pomocí stoupacího potrubí o průměru 125 až 150 mm, ústícího nad střechou objektu. I zde platí, že odvětrání jen do obvodových stěn je nepřípustné. U nových staveb se primárně volí pasivní systémy, které by ale měly být navrženy tak, aby mohly být kdykoliv v budoucnosti při zjištění nedostatečné účinnosti přeměněny



Obr. 5.6 – Příklad osazení radiálního střešního ventilátoru na konci stoupacího potrubí

na aktivní. Zejména nopové fólie vzhledem k malé výšce a množství vřazených odporů v podobě nopů budou vyžadovat aktivní odvětrání. Osazení ventilátoru a nastavení jeho výkonu se provede obdobně jako při větrání podloží.

**Pozor.** Při pasivním odvodu vzduchu nelze v žádném případě ventilační vrstvu větrat vzduchem z interiéru! Realizace přisávacích průduchů v obvodových stěnách se nedoporučuje, protože přispívají k výraznému ochlazování stavebních konstrukcí a ke ztrátě podtlaku.

**Tip.** Podrobnosti k návrhu a instalaci ventilačních vrstev najdete v příručce Radon – stavební souvislosti I, sešit M. Varianty osazení ventilátoru přibližuje sešit SRNA. Celá příručka je zdarma k dispozici na [www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz).

Průběh montážních prací pravidelně kontrolujte a fotograficky dokumentujte. Zaměřte se zejména na:

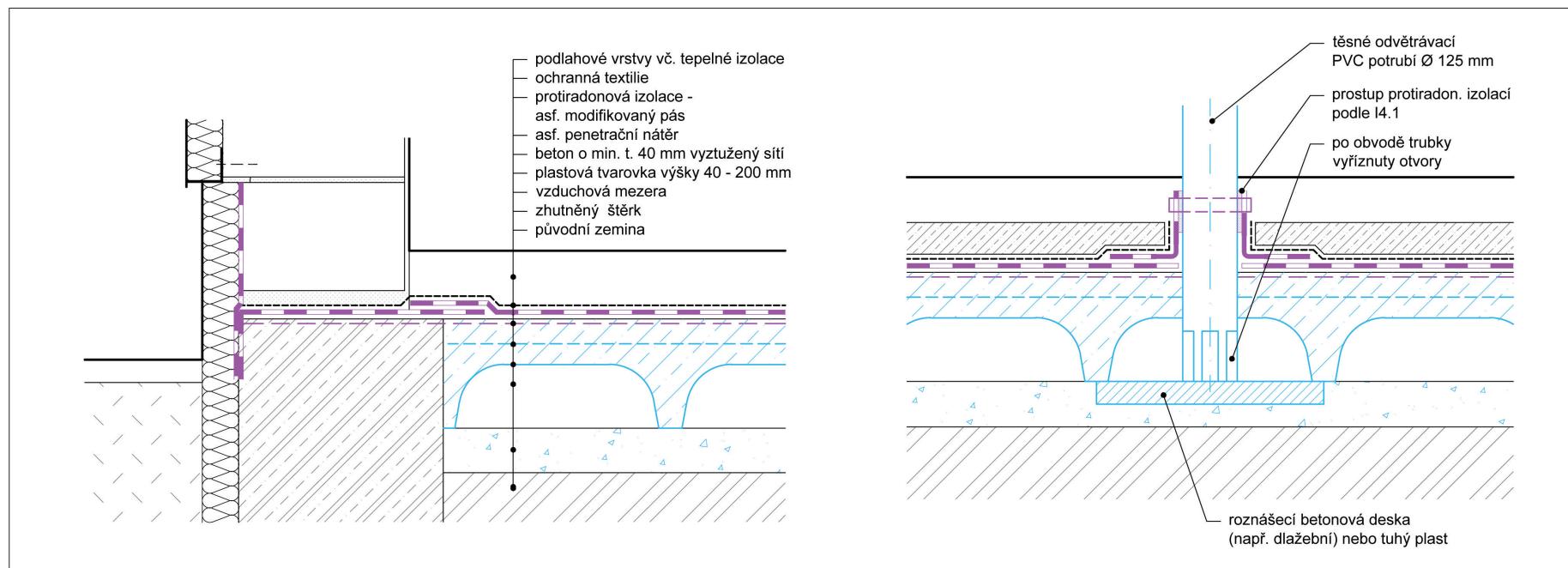
- ověření, že ventilační vrstva je spojita v celé navržené ploše a že vzduch může proudit mezi jednotlivými sekciemi odpovídajícími zpravidla jednotlivým místnostem (celou konstrukci ventilační vrstvy – vyskládané tvarovky nebo položenou nopovanou fólií vyfotěte);
- kontrolu těsnosti napojení ventilační vrstvy na ohraničující konstrukce (u vrstvy nad izolačním povlakem);
- kontrolu způsobu odvětrání;
- kontrolu těsnosti prostupu odvětrávacího stoupacího

potrubí protiradonovou izolací (u vrstvy pod izolačním povlakem).

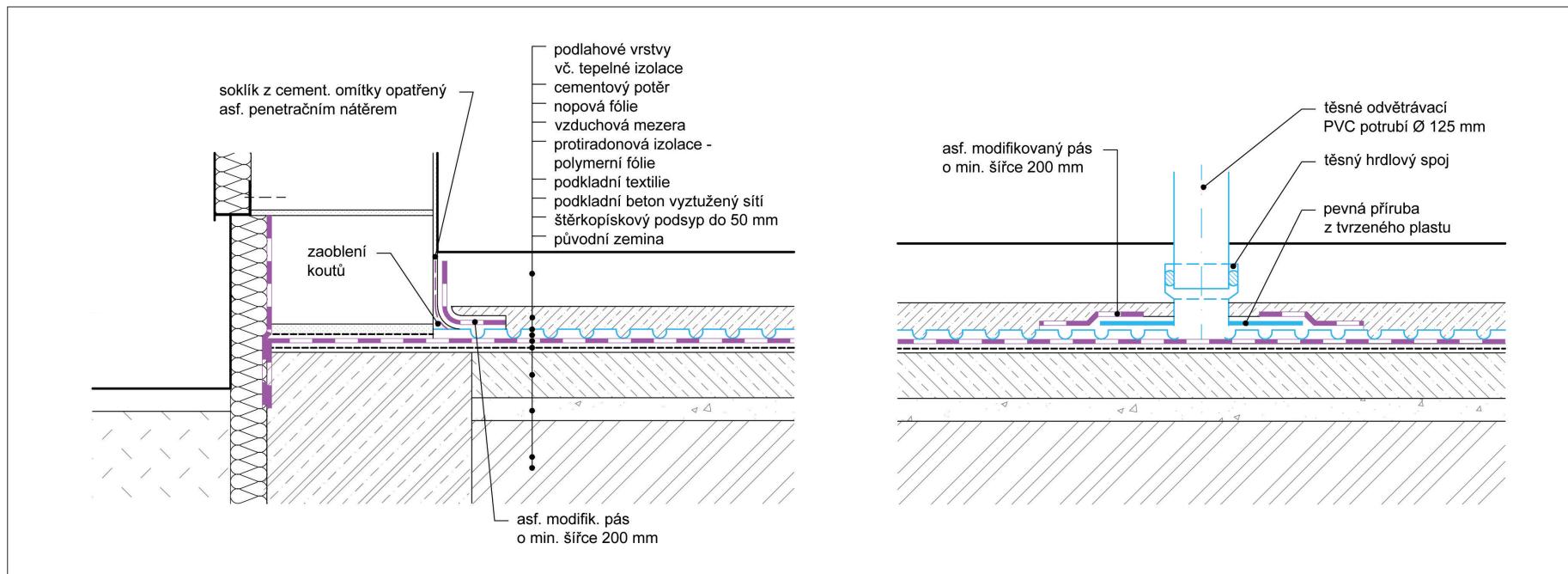
### Správné větrání – základ každého protiradonového opatření

Současný trend minimalizovat energetickou náročnost staveb způsobil, že těsnost obálky budovy včetně oken výrazně vzrostla. V důsledku toho klesla intenzita větrání, což je stále častější příčinou zvýšených koncentrací radonu ve stavbách.

V současné době nestačí spoléhat na přirozené větrání netěsnostmi okenními spárami, protože u moderních oken k žádné infiltraci vzduchu nedochází. Je-li navíc takovýto dům vybaven nuceným odtahem vzduchu z kuchyně a hygienického zázemí,



Obr. 5.7 – Příklad ventilační vrstvy vytvořené z plastových tvarovek pod povlakovou izolací. Odvětrání je řešeno stoupacím potrubím.



Obr. 5.8 – Příklad ventilační vrstvy vytvořené z nopované fólie nad protiradonovou izolací včetně těsného napojení na stěnu. Odvětrání je řešeno stoupacím potrubím.

vzniká v domě podtlak, který zvyšuje přísun radonu z podloží. Dostatečnou intenzitu větrání nelze zajistit pravidelným otevíráním oken!

Požadujete proto po architektovi nebo projektantovi instalaci funkčního větracího systému, mezi které můžeme počítat nucené podtlakové nebo hybridní větrání kombinované s přívodem vzduchu větracími štěrbinami, lokální větrání s rekuperací tepla a centrální větrání s rekuperací tepla. Pro snížení koncentrace radonu je třeba, aby větrací systémy byly buď rovnotlaké, nebo v domě vytvářely mírný přetlak.

Ani systémy nucené ventilace vnitřního vzduchu nemohou být považovány za opatření univerzální, které vždy a za všechn okolností dokáže samo o sobě zajistit koncentraci radonu pod

požadovanou hodnotou. Při netěsné kontaktní konstrukci by to totiž mohlo využadovat poměrně značné intenzity větrání, které by byly spojeny s velkými tepelnými ztrátami. Proto je velmi důležité, aby i domy, které jsou vybaveny nucenou ventilací, měly dostatečně těsnou kontaktní konstrukci s těsnými prostupy všech instalací. Místo protiradonové izolace stačí ale použít standardní hydroizolaci.

Pamatujte, že s čím větším množstvím oběhového vzduchu vzduchotechnický systém pracuje, tím méně bude snižovat koncentraci radonu. S oběhovým vzduchem se totiž radon vrátí zpět do větraného prostoru. Další negativní laliv na účinnost snížení koncentrace radonu mohou mít v systémech se zpětným získáváním tepla entalpicke výměnky, které rovněž propouštějí radon z odváděného vzduchu do přiváděného vzduchu. A ko-

nečně, jsou-li k předeřevu přiváděného vzduchu použity zemní výměníky tepla, musí být provedeny těsně, aby v nich nedocházelo k obohacování přiváděného vzduchu radonem z podloží.

Nucené větrací systémy mohou být spínány podle aktuální koncentrace radonu v zájmovém prostoru. K tomu slouží systémy pro měření a regulaci koncentrace radonu, jako např. Tera (Tesla a.s. Praha), která je založena na bezdrátové komunikaci mezi měřícími sondami radonu, centrální jednotkou a ventilačním systémem.

**Tip.** Další podrobnosti o návrhu větracích systémů jakožto protiradonovém opatření jsou uvedeny v příručce Radon – stavební souvislosti II, sešit V, která je zdarma k dispozici na [www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz).

## 6 OCHRANA PROTI RADONU V KOSTCE

Abyste při ochraně domu proti radonu na nic důležitého nezapomněli, můžete si v následujícím seznamu úkonů jednotlivé položky po jejich splnění odškrťávat.

### Seznam úkonů, na které byste neměli zapomenout

1. Nechat stanovit radonový index pozemku.
2. Protokol o stanovení radonového indexu pozemku předat architektovi nebo projektantovi.
3. S architektem nebo projektantem a následně i s dodavatelem smluvně dohodnout, že ochrana domu proti radonu bude vypracována a realizována podle ČSN 73 0601 tak, aby koncentrace radonu v domě nepřekročila společně odsouhlasenou úroveň zvolenou v rozmezí 100 až 150 kBq/m<sup>3</sup>. Na splnění této podmínky navázat vyplacení části ceny.
4. Základem ochrany proti radonu je vždy celistvě a souvisle provedená hydroizolace nebo protiradonová izolace s těsnými spoji a prostupy.
5. Je-li výpočtová koncentrace radonu v podloží vyšší než 60 kBq/m<sup>3</sup> pro vysoce propustné zeminy, 140 kBq/m<sup>3</sup> pro středně propustné zeminy nebo 200 kBq/m<sup>3</sup> pro zeminy s nízkou propustností, přesvědčte se, že je protiradonová izolace provedena s větracím systémem podloží nebo s odvětranou ventilační vrstvou.
6. Je-li pod podlahou nejnižšího obytného podlaží umístěn plynopropustný materiál (štěrkopísek, štěrk, tepelněizolační násyp atd.), přesvědčte se, že je tato vrstva odvětrána prostřednictvím větracího systému podloží (ve všech kategoriích radonového indexu).
7. Máte-li v podlaze na terénu podlahové topení, přesvědčte se, že současně s protiradonovou izolací je instalováno i odvětrání podloží, nebo odvětraná ventilační vrstva v kontaktní konstrukci (ve všech kategoriích radonového indexu).
8. Přesvědčte se, že přívod vzduchu vedený v zemině pod podlahou ke krbům, krbovým kamnům a jiným spotřebičům spotřebovávajícím vzduch z interiéru je proveden z těsného potrubí.
9. Vyvarujte se všech netěsností v kontaktní konstrukci jako jsou trativody, vsakovací jímky, studánky, mokré sklípky na zeleninu nebo víno atd.
10. V průběhu pokládky protiradonové izolace zkонтrolujte:
  - název, popřípadě typ a tloušťku protiradonové izolace (musí se shodovat s projektem);
  - celistvost a neporušenost protiradonové izolace včetně těsnosti spojů;
  - těsnost všech prostupů protiradonovou izolací (voda, plyn, kanalizace, elektro – i prostor mezi průchodkou a jednotlivými kably, tepelné čerpadlo – velmi vysoké riziko pronikání vysokých koncentrací radonu, potrubí od zemního výměníku atd.);
  - těsnost napojení svislé a vodorovné protiradonové izolace;
  - celistvost protiradonové izolace kolem všech instalacích a revizních šachet.
11. Před instalací perimetrové tepelné izolace zkonztróluje, zda je po obvodu stavby eliminován radonový most.
12. Zkontrolujte, zda jsou všechny poklopy nad revizními a instalacemi šachtami těsné.
13. Požadujte instalaci funkčního větracího systému ve všech pobytových prostorách domu (nelze spoléhat na pouhé větrání okny).
14. V dokončeném domě nechte stanovit koncentraci radonu ve všech pobytových prostorách a porovnejte ji s požadavkem na nepřekročení předem dohodnuté úrovně.

## 7 DALŠÍ INFORMACE

[www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz), [www.sujb.cz](http://www.sujb.cz), [www.suro.cz](http://www.suro.cz)

- aktuální legislativa, měření radonu, seznam subjektů s povolením SÚJB k měření radonu, pravidla poskytování státního příspěvku na realizaci protiradonových opatření, Radonový program ČR, zdravotní účinky radonu, radonová poradna, aktuální informace, kontakty na odpovědné osoby

[http://mapy.geology.cz/komplexni\\_radonova\\_informace/](http://mapy.geology.cz/komplexni_radonova_informace/).

- mapy s informacemi o složení geologického podloží, radonovém indexu pozemku a výsledcích měření OAR v objektech

Jiránek M., Honzíková M.: Radon – stavební souvislosti I. ČVUT v Praze, 2012

Jiránek M., Honzíková M.: Radon – stavební souvislosti II. ČVUT v Praze, 2013

- podrobné postupy navrhování a provádění jednotlivých opatření proti radonu a záření gama – obrázky, výkresy, detaily, výpočty; oba díly publikace jsou ke stažení na [www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz)

**ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží. UNMZ 2006**

**ČSN 73 0602 Ochrana staveb proti radonu a záření gama ze stavebních materiálů. UNMZ 2006**

- normové požadavky na návrh a realizaci opatření proti radonu a záření gama

Jiránek M.: Opatření proti radonu vhodná ke svépomocné realizaci ve stávajících budovách. SÚJB, 2015

- popis jednodušších opatření ke snížení koncentrace radonu, které jsou realizovatelné svépomocí; publikace je ke stažení na [www.radonovyprogram.cz](http://www.radonovyprogram.cz)

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

- podrobné informace o měřicích technikách vhodných pro nové i stávající stavby, základní informace o protiradonových opatřeních

**prof. Ing. Martin Jiránek, CSc.**

**OPATŘENÍ PROTI RADONU** pro novostavby

Pro Státní úřad pro jadernou bezpečnost vypracovala Fakulta stavební ČVUT v Praze,

Katedra konstrukcí pozemních staveb, Thákurova 7, 166 29 Praha 6

Grafická úprava Michaela Kubátová Petrová

Vydání první, 15 stran

© 2017