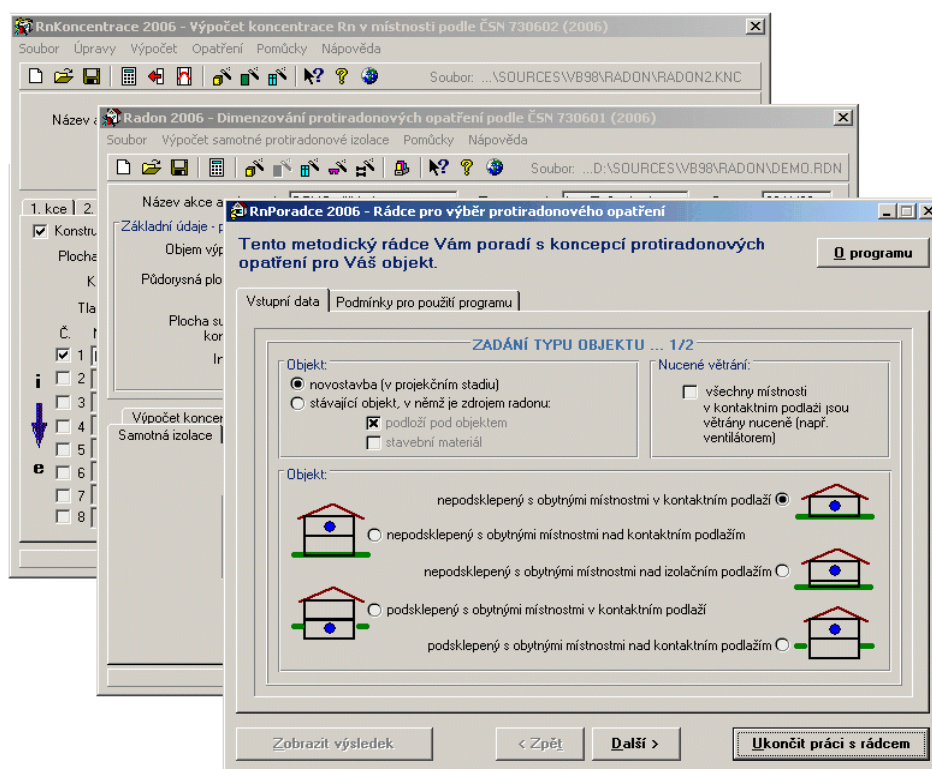


# RADON

## 2006



- Dimenzování protiradonových opatření podle normy ČSN 730601 (2006)
- Výpočet koncentrace radonu v místnosti podle normy ČSN 730602 (2006)
- Návrh opatření proti záření gama podle ČSN 730602
- Rádce pro výběr optimálního protiradonového opatření

# OBSAH

<b>1. ÚVOD</b>	<b>4</b>
<b>2. INSTALACE PROGRAMU</b>	<b>6</b>
A. INSTALACE NA SAMOSTATNÝ POČÍTAČ	6
B. SÍŤOVÁ INSTALACE	6
<b>3. PRACOVNÍ PROSTOR PROGRAMŮ</b>	<b>7</b>
A. SPUŠTĚNÍ PROGRAMŮ	7
B. OBRAZOVKA PROGRAMU A ÚLOHA	7
a. <i>Gama 2006</i>	7
b. <i>Radon 2006</i>	8
c. <i>RnKoncentrace 2006</i>	9
d. <i>RnPoradce 2006</i>	10
C. NÁPOVĚDA V PROGRAMECH	10
<b>4. PRÁCE S PROGRAMEM GAMA</b>	<b>11</b>
<b>5. PRÁCE S PROGRAMEM RADON</b>	<b>12</b>
A. ZALOŽENÍ NOVÉ ÚLOHY	12
B. OTEVŘENÍ JIŽ EXISTUJÍCÍ ÚLOHY	12
C. ULOŽENÍ ÚLOHY	12
D. ULOŽENÍ ÚLOHY POD JINÝM JMÉNEM	12
E. UKONČENÍ PRÁCE S PROGRAMEM	12
F. ZADÁVÁNÍ VSTUPNÍCH DAT	12
a. <i>Práce se vstupní položkou</i>	13
b. <i>Pomocné výpočty</i>	13
c. <i>Katalog protiradonových izolací</i>	14
G. VÝPOČET ÚLOHY	15
a. <i>Výpočet tloušťky protiradonové izolace</i>	15
b. <i>Výpočet koncentrace radonu v místnosti</i>	16
<b>6. PRÁCE S PROGRAMEM RNKONCENTRACE</b>	<b>17</b>
A. ZALOŽENÍ NOVÉ ÚLOHY	17
B. OTEVŘENÍ JIŽ EXISTUJÍCÍ ÚLOHY	17
C. ULOŽENÍ ÚLOHY	17
D. ULOŽENÍ ÚLOHY POD JINÝM JMÉNEM	17
E. UKONČENÍ PRÁCE S PROGRAMEM	17
F. ZADÁVÁNÍ VSTUPNÍCH DAT	17
a. <i>Práce se vstupní položkou</i>	18
b. <i>Pomocné výpočty</i>	18
c. <i>Katalog materiálů</i>	19
d. <i>Katalog protiradonových izolací</i>	20
G. VÝPOČET ÚLOHY	21
a. <i>Výpočet koncentrace radonu v místnosti</i>	21
b. <i>Výpočet rychlosti emise radonu z povrchu konstrukce</i>	22
c. <i>Výpočet rozložení koncentrací radonu v konstrukci</i>	22
H. PROTIRADONOVÁ OPATŘENÍ	23
<b>7. PRÁCE S PROGRAMEM RNPORADCE</b>	<b>24</b>
<b>8. ZÁKULISÍ PROGRAMŮ</b>	<b>26</b>
A. ZÁKULISÍ PROGRAMU RADON	26
a. <i>Základní údaje</i>	26
b. <i>Typ objektu</i>	27
c. <i>Návrh samotné protiradonové izolace</i>	27
d. <i>Kombinace protiradonové izolace s drenážním systémem</i>	28
e. <i>Kombinace protiradonové izolace s ventilační vrstvou</i>	28

i.	Nové stavby .....	29
ii.	Stávající stavby.....	29
f.	<i>Kombinace protiradonové izolace s izolačním podlažím .....</i>	<i>30</i>
i.	Nové stavby .....	30
ii.	Stávající stavby.....	32
g.	<i>Kombinace protiradonové izolace s kontaktním podlažím.....</i>	<i>32</i>
i.	Nové stavby .....	33
ii.	Stávající stavby.....	33
B.	ZÁKULISÍ PROGRAMU RNKONCENTRACE .....	34
a.	<i>Výpočet koncentrace radonu v místnosti.....</i>	<i>34</i>
b.	<i>Výpočet plošné rychlosti emise radonu .....</i>	<i>34</i>
i.	Jednovrstvá stejnorodá konstrukce .....	34
ii.	Vícevrstvá nestejnorodá konstrukce.....	35
iii.	Postup programu RnKoncentrace .....	36
c.	<i>Opatření snižující koncentraci radonu v místnosti .....</i>	<i>37</i>
i.	Odstranění materiálů o vysoké plošné rychlosti emise radonu .....	37
ii.	Snížení emise radonu úpravou povrchu konstrukce .....	37
iii.	Ventilační vrstva s protirad. izolací kolem konstrukcí o vysoké emisi radonu .....	37
iv.	Ventilační vrstva bez protirad. izolace kolem konstrukcí o vysoké emisi radonu .....	38
d.	<i>Opatření snižující dávkový příkon záření gama ve vzduchu.....</i>	<i>39</i>
<b>9.</b>	<b>VSTUPNÍ DATA, CHYBY A TIPY .....</b>	<b>40</b>
<b>10.</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>41</b>
A.	POSTUPY PRÁCE S PROGRAMEM RADON.....	41
B.	POSTUPY PRÁCE S PROGRAMEM RNKONCENTRACE .....	41
C.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	42
D.	SPOJENÍ NA FIRMU .....	42

*Součástí dodávky programového vybavení. Samostatně neprodejně.*

*Tato příručka nesmí být rozmnožována po částech, ani jako celek, ani převáděna do jakékoli jiné formy, a to pro jakékoli účely, bez výslovného písemného svolení výrobce.*

*Copyright © 2006, Zbyněk Svoboda & Martin Jiránek. Všechna práva vyhrazena.*

*Adresa výrobce: doc. Dr. Ing. Z. Svoboda, 5. května 3242, 272 01 Kladno, Česká republika*

*Balík programů Radon 2006 byl vytvořen v programovacím jazyce Microsoft Visual Basic 6.0.*

*Microsoft Visual Basic 6.0: © 1987-98, Microsoft Corporation. All rights reserved.*

*Část výpočtových modulů byla vytvořena v programovacím jazyce Borland Delphi 3.0.*

*Borland Delphi 3.0: © 1983-97, Borland International . All rights reserved.*

# ÚVOD

## Balík Radon

**Programový balík RADON 2006 umožňuje komplexní posouzení protiradonových opatření podle ČSN 730601 a ČSN 730602.**

Balík sestává z následujících programů:

### ■ Radon 2006

Tento program umožňuje výpočet potřebné tloušťky protiradonové izolace proti radonu z podloží, a to buď samotné, nebo v kombinaci s drenážní vrstvou, s ventilačním systémem či s izolačním podlažím. Výpočet je proveden podle ČSN 730601.

### ■ RnKoncentrace 2006

Tento program umožňuje výpočet plošné rychlosti emise radonu z vnitřního povrchu stavebních konstrukcí, které jsou zdrojem radonu. Umožňuje rovněž výpočet koncentrace radonu v místnosti podle ČSN 730602.

### ■ Gama 2006

Tento program umožňuje výpočet potřebné tloušťky stínícího materiálu k odstínění záření gama podle ČSN 730602.

### ■ RnPoradce 2006

Tento program usnadňuje výběr optimálního protiradonového opatření pro daný typ objektu.

Děkujeme Vám za zakoupení balíku **RADON 2006** a přejeme mnoho úspěchů při práci s programy.

## Popis programu

**RADON 2006** je původním programovým balíkem, který byl vytvořen doc. Dr. Ing. Zbyňkem Svobodou a doc. Ing. Martinem Jiránkem, CSc. v letech 1997-2006.

**NEPOSKYTUJTE** nikomu nelegální kopie - každý program je opatřen výrobním číslem a jménem oprávněného uživatele a je tedy snadno zjištělný jeho původ.

Požadavky pro instalaci a provoz programu jsou následující:

<b>Počítač</b>	IBM PC AT kompatibilní počítač s procesorem 80386 a vyšším, Microsoft Windows 95 v <u>české verzi</u> , mechanika 1,44“, resp. CD mechanika
<b>Místo na disku</b>	10,0 MB
<b>Paměť RAM</b>	minimálně 16 MB, optimálně 32 MB
<b>Monitor</b>	minimální rozlišení 640 x 480 bodů, optimální rozlišení 1024 x 768 bodů
<b>Ukazovací zařízení</b>	Dvoutlačítková myš Microsoft nebo kompatibilní. Myš je velmi doporučena, ale není nutná.
<b>Tiskárna</b>	Musí být nainstalována libovolná tiskárna.

## Manuál a jeho části:

Manuál je členěn do šesti částí.

V první části (**Instalace**) je popsána instalace programu na Vašem počítači, v druhé části (**Pracovní prostor**) je popsáno okno programu a jeho ovládací prvky, ve třetí části (**Práce s úlohou**) lze nalézt informace o zadání vstupních dat, o výpočtu a grafickém výstupu. Použité vztahy ve výpočtu naleznete ve čtvrté části (**Základní programy**), v páté části (**Praktické**

**tipy**) jsou uvedeny některé praktické pokyny pro přípravu vstupních dat a konečně v šesté části (**Přílohy**) lze nalézt doplňující informace.

#### **Nutné znalosti**

Pro práci s programem a manuálem je nutné ovládat základní principy práce se systémem Microsoft Windows. Doporučená je alespoň základní znalost problematiky protiradonových opatření.

---

#### **Upozornění**



Na webové stránce [WWW.KCAD.CZ](http://WWW.KCAD.CZ) jsou pro registrované uživatele pravidelně k dispozici ke stažení zdarma aktualizované verze katalogů stavebních materiálů a v některých případech i kompletní nové verze jednotlivých stavebně fyzikálních programů. Pokud chcete být informováni o novinkách, sledujte prosím tuto stránku.

## Kapitola

## 2.

# INSTALACE PROGRAMU

## A. Instalace na samostatný počítač

### Postup instalace z CD-ROM



1. Vložte CD-ROM do mechaniky.
2. Vyčkejte chvíli, než se objeví spouštěcí program.

---

Pokud se spouštěcí program sám neobjeví, můžete jej spustit tlačítkem **Start** a příkazem **Spustit**. Do příkazového řádky můžete poté napsat **X:CDSETUP** (X je označení CD-ROM mechaniky, např. E) a stisknout **OK**.

---

3. Vyberte si ze seznamu instalovatelných programů aplikaci **Radon 2006** a stiskněte tlačítko **Instalovat**.
4. Po zahájení instalace zadejte adresář, kam budete chtít program umístit

### Poznámky:

- Jména adresářů na cestě k programu mohou mít libovolný počet znaků.
- Adresář pro program nemusí na disku existovat. Pokud budete instalovat na svůj počítač více programů naší firmy, upozorňujeme, že každý z programů musí mít svůj vlastní adresář.

## B. Síťová instalace

### Postup instalace

1. Nainstalujte program na každou stanici v síti podle postupu uvedeného v kap.2.A.
2. Pokud budete chtít instalovat program jen na server, dodržujte následující postup:
  - a. Nainstalujte program do zvoleného adresáře na server podle postupu v kap. 2.A.
  - b. Nastavte práva pro běžné uživatele tak, aby mohli zapisovat do adresáře s nainstalovaným programem.
  - c. Knihovny DLL a OCX, které se nainstalovaly na server do podadresáře SYSTEM v adresáři Windows, musí být k dispozici i běžným uživatelům. Je tedy nutné buď tyto knihovny nainstalovat i do podadresáře SYSTEM na každou lokální stanici (to lze provést např. instalací programu na stanici a vymazáním adresáře s programem ze stanic), nebo umožnit stanicím přístup do podadresáře SYSTEM na serveru.

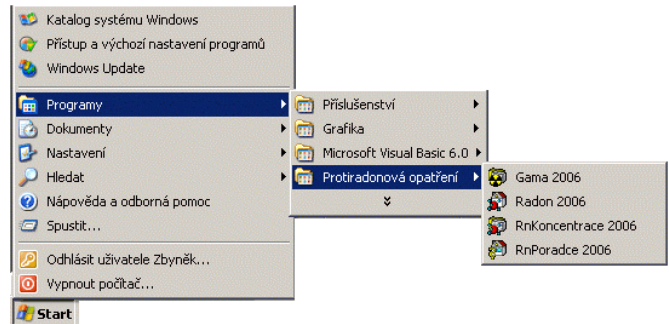
# PRACOVNÍ PROSTOR PROGRAMŮ

Tato část obsahuje základní informace o programech z balíku **RADON 2006**.

## A. Spuštění programů

Po skončení instalace se objeví v nabídce **Start** pod položkou **Programy** nová skupina **Protiradonová opatření**.

Spustit jednotlivé programy z balíku **RADON 2006** je možné klepnutím na jejich název.

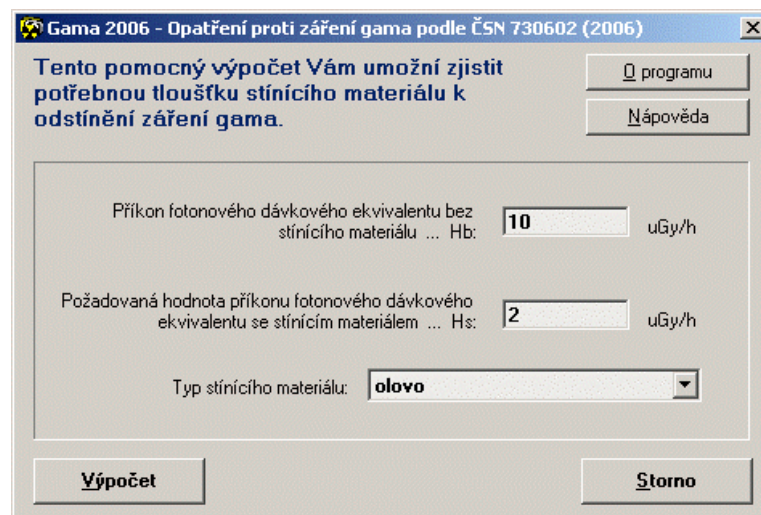


## B. Obrazovka programu a úloha

### a. Gama 2006

Po spuštění programu **Gama 2006** se objeví okénko programu s ovládacími tlačítky:

Obrazovka programu



Výsledky

Výsledek výpočtu je možné uložit do souboru s příponou **out**, který obsahuje komentář o výpočtu a lze ho tisknout a zpracovávat libovolným textovým editorem pro Windows.

Soubor se ukládá standardně do datového adresáře, pokud uživatel nestanoví jinak.

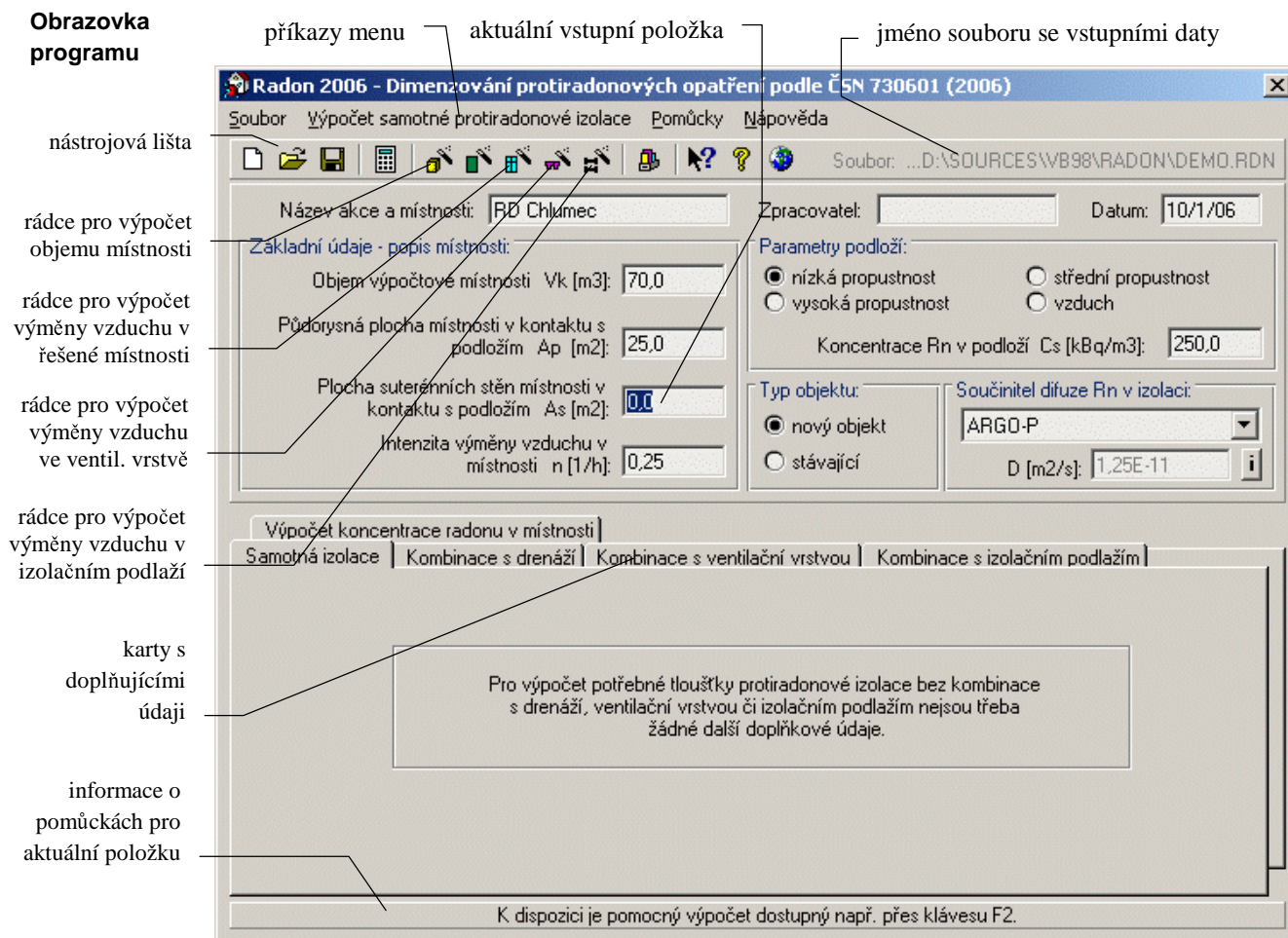
Datový adresář je na startu programu nastaven vždy na podadresář **DAT** adresáře, v němž jsou uloženy programy z balíku **RADON 2006**.

**Příklad**

*Adresář, v němž jsou uloženy programy z balíku RADON 2006, se jmenuje C:\RADON. Datový adresář bude na startu programu nastaven na C:\RADON\DAT.*

## b. Radon 2006

Po spuštění programu **Radon 2006** se objeví prázdné okénko programu s vodorovným menu a formulářem pro vstup dat.



### Úloha

Každý řešený problém (úloha) je kompletně charakterizován dvěma soubory, které popisují vstupní data pro daný problém a výsledky jeho výpočtového posouzení:

**FileName.rdn**, který obsahuje údaje charakterizující hodnocenou místnost.

**FileName.out**, který obsahuje výsledky výpočtu úlohy s komentářem a lze ho tisknout a zpracovávat libovolným textovým editorem pro Windows.

Oba soubory se bez výjimky ukládají do datového adresáře, pokud uživatel nestanoví jinak.



### c. RnKoncentrace 2006

Po spuštění programu **RnKoncentrace 2006** se objeví prázdné okénko programu s vodorovným menu a formulářem pro vstup dat.

**Obrazovka programu**

příkazy menu      aktuální vstupní položka      jméno souboru se vstupními daty

nástrojová lišta

rádce pro výpočet objemu místnosti

rádce pro výpočet plochy konstrukce

rádce pro výpočet výměny vzduchu v řešené místnosti

karty pro zadání skladeb konstrukcí

pomocný výpočet rychlosti emise pro jednovrstvé konstrukce

**RnKoncentrace 2006 - Výpočet koncentrace Rn v místnosti podle ČSN 730602 (2006)**

Soubor: ...EBNÍ FYZIKA\RADON\DAT\DEMO.KNC

Název akce a místnosti: RD Vysoká      Základní údaje - popis místnosti:  
 Zpracovatel:      Objem hodnocené místnosti V<sub>k</sub> [m<sup>3</sup>]: 150,0  
 Datum: 10/1/06      Intenzita výměny vzduchu n [1/h]: 0,25

1. kce | 2. kce | 3. kce | 4. kce | 5. kce | 6. kce | 7. kce | 8. kce | 9. kce | 10. kce |

Konstrukce je zdrojem radonu       Rychlost emise Rn je známa (resp. jde o jednoduchou jednovrstvou kci)

Plocha konstrukce: 10,00 m<sup>2</sup>      Plošná rychlost emise Rn: 0,00E+00 Bq/m<sup>2</sup>h  
 ... a na vnější straně: 0,0 Bq/m<sup>3</sup>  
 Tlak vzduchu na vnitřní straně kce: -4,0      ... a na vnější straně: 0,0 Pa

Č.	Název vrstvy	d [m]	k [m <sup>2</sup> ]	p [-]	De [m <sup>2</sup> /s]	B <sub>0</sub> [kg/m <sup>3</sup> ]	a <sub>0</sub> R <sub>a</sub> [Bq/kg]	f [-]
<input checked="" type="checkbox"/>	1 Škvárobeton	0,300	1,00E-14	0,25	1,00E-06	1850,0	3120	0,016
<input type="checkbox"/>	2	0,000	0,00E+00	0,0	0,00E+00	0,0	0	0,00
<input type="checkbox"/>	3	0,000	0,00E+00	0,0	0,00E+00	0,0	0	0,00
<input type="checkbox"/>	4	0,000	0,00E+00	0,0	0,00E+00	0,0	0	0,00
<input type="checkbox"/>	5	0,000	0,00E+00	0,0	0,00E+00	0,0	0	0,00
<input type="checkbox"/>	6	0,000	0,00E+00	0,0	0,00E+00	0,0	0	0,00
<input type="checkbox"/>	7	0,000	0,00E+00	0,0	0,00E+00	0,0	0	0,00
<input type="checkbox"/>	8	0,000	0,00E+00	0,0	0,00E+00	0,0	0	0,00

K dispozici je pomocný výpočet dostupný např. přes klávesu F2.

#### Úloha

Každý řešený problém (úloha) je kompletně charakterizován dvěma soubory, které popisují vstupní data pro daný problém a výsledky jeho výpočtového posouzení:

**FileName.knc**, který obsahuje údaje charakterizující hodnocenou místnost.

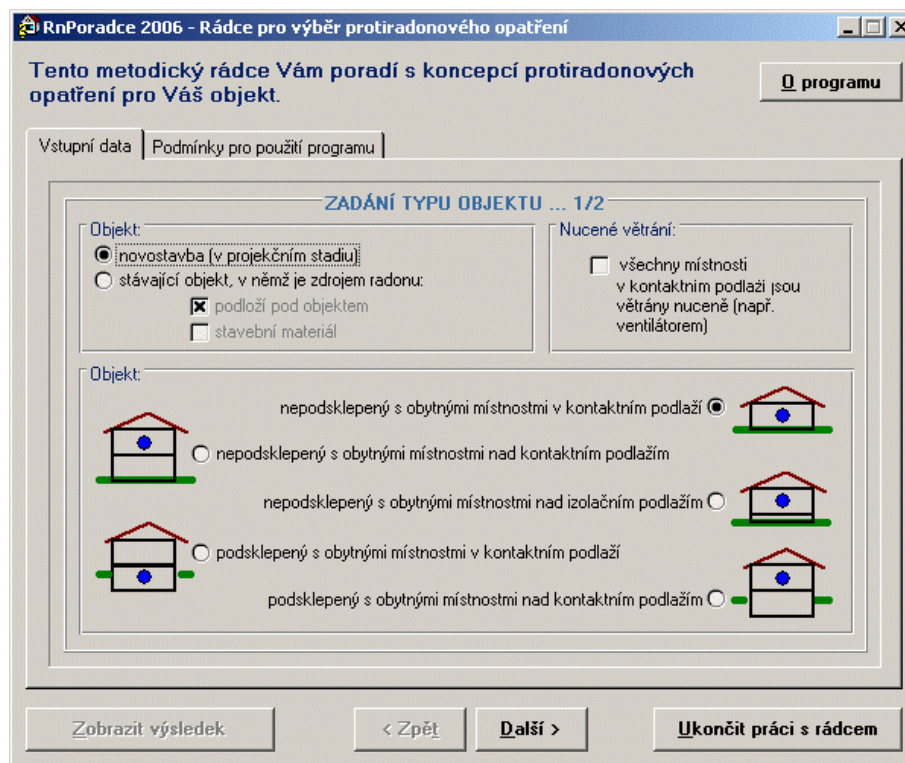
**FileName.out**, který obsahuje výsledky výpočtu úlohy s komentářem a lze ho tisknout a zpracovávat libovolným textovým editorem pro Windows.

Oba soubory se bez výjimky ukládají do datového adresáře, pokud uživatel nestanoví jinak.

## d. RnPoradce 2006

Obrazovka programu

Po spuštění programu **RnPoradce 2006** se objeví okénko programu s několika ovládacími tlačítky:



Výsledky

Výsledné optimální protiradonové opatření je možné uložit do souboru s příponou **.rdc**, který obsahuje komentář k opatřením a lze ho tisknout a zpracovávat libovolným textovým editorem pro Windows.

Soubor se ukládá do datového adresáře, pokud uživatel nestanoví jinak.

## C. Nápořveda v programech

Součástí balíku programů **RADON 2006** je kontextově citlivá nápořveda. Jedná se o výkonný nástroj umožňující nalézt okamžitě informace k prováděné činnosti.

Nápořveda používá standardního okénka pro nápořvedy MS Windows a podporuje všechny obvyklé funkce, jako např. vyvolání definic pojmů a provádění odskoků na odkazy.

Pro práci s nápořvedou je možné využít funkcí **Vyhledej** (hledá nápořvedu podle klíčových slov) a **Obsah** (zobrazí obsah nápořvedy), které můžete vyvolat rovnou z nabídky **Nápořveda**.

Nejobvyklejším způsobem vyvolání nápořvedy je však stisk tlačítka **F1** během práce s programem. Programy z balíku **RADON 2006** reagují na tento povel okamžitým vyvoláním nápořvedy k prováděné činnosti.

Informace o programu (výrobní číslo, oprávněný uživatel) najdete pod příkazem **O programu** v nabídce **Nápořveda**.



Všechny příkazy nabídek jsou přístupné jen tehdy, pokud to má smysl. Nemusíte se tedy obávat jejich nesprávného použití. A ještě jedna rada: pro rychlejší práci má řada nejpoužívanějších příkazů tzv. **klávesové zkratky**, které umožňují příkaz rychle provést bez jeho hledání v nabídce. Klávesové zkratky jsou uvedeny u položek v menu.

# PRÁCE S PROGRAMEM Gama

V této části můžete nalézt postup práce s programem **Gama**.

## Zaměření programu

Program **Gama** umožňuje vypočítat tloušťku vybraného stínícího materiálu, která zajistí požadované snížení příkonu fotonového dávkového ekvivalentu (dříve dávkového příkonu záření gama). Výpočet je proveden v souladu s ČSN 730602.

## Postup použití

Program obsahuje pouze tři zadávací okénka pro zadání příkonů fotonových dávkových ekvivalentů a pro výběr typu stínícího materiálu.

Mezi jednotlivými položkami na panelu se lze pohybovat pomocí:

- myši                      Ukažte myši na příslušnou položku (kurzor myši se změní ze šipky na svislou čáru) a stiskněte levé tlačítko.
- klávesy **Tab**        Proveďte se přesun na další položku v logické posloupnosti zadávání.

## Výsledek

Po zadání údajů pro daný typ objektu je možné stisknout tlačítko **Výpočet**. Toto tlačítko je přístupné až v okamžiku, kdy jsou všechny potřebné údaje zadány. Po stisku tohoto tlačítka se objeví jednoduchý editor s protokolem o výsledcích návrhu potřebné tloušťky stínícího materiálu.

Protokol o opatření je soubor ve formátu RTF (rich text format), který obsahuje českou diakritiku a lze jej načíst do libovolného textového editoru pro MS Windows.

## Práce s protokolem

Protokol o výpočtu lze v prohlížečím modulu upravovat pomocí příkazů v nabídce **Písmo** (změna typu písma), **Úpravy** (kopírování, mazání, vkládání) a **Soubor** (uložení změn, uložení pod jiným jménem, tisk, nastavení stránky a tiskárny).

Před použitím příkazu **Písmo** je nutné označit myší nebo klávesnicí část textu nebo celý text. Úprava písma se bude následně vztahovat jen na označený text.

## Tisk

Prohlížečící modul umožňuje před samotným tiskem jednak nastavit okraje pro tisk s pomocí příkazu **Nastavení stránky** v nabídce menu **Soubor**, a jednak nastavit parametry tiskárny s pomocí příkazu **Nastavení tiskárny** v nabídce menu **Soubor**.

Tisk dokumentu je možné provést příkazem **Tisk** v nabídce **Soubor**, nebo stiskem příslušné ikony na panelu nástrojů.

Tisk z prostředí prohlížečícího modulu je prováděn s pomocí knihovni funkce MS Visual Basicu 6.0 a je tudíž ovlivněn vzájemnou interakcí mezi ovládačem tiskárny a knihovny MS Visual Basicu. Kvalita tisku lze ovlivnit pouze tehdy, když to umožňuje ovládač tiskárny. Pokud nastanou s tiskem potíže nebo pokud budete chtít vyšší kvalitu tisku, využijte prosím skutečnosti, že lze protokol o výpočtu bez problémů načíst nebo přenést přes schránku do libovolného textového editoru a vytisknete protokol z něj.

Ukončit práci s prohlížečícím modulem můžete stiskem klávesy **Esc**, přes příkaz **Konec** v nabídce **Soubor**, nebo přes dvojnásobné klepnutí myší nad levým horním rohem okénka.

# PRÁCE S PROGRAMEM Radon

V této části můžete nalézt postup práce s programem **Radon**.

## A. Založení nové úlohy



Novou úlohu můžete vytvořit pomocí příkazu **Nová úloha** v nabídce **Soubor** nebo stiskem ikony se symbolem prázdného listu. Po výběru tohoto příkazu se všechny vstupní položky ve formuláři vyprázdní a vstupní formulář bude připraven pro zadání nových vstupních dat. Pokud předchozí data nebyla uložena, program Vás na tuto skutečnost upozorní a nabídne možnost uložení dat.

## B. Otevření již existující úlohy



Pokud chcete pracovat s již existující úlohou, vyberte příkaz **Otevřít úlohu** v nabídce **Soubor**, případně stiskněte ikonu se symbolem otevřené složky. Po výběru tohoto příkazu se objeví standardní dialogový box MS Windows pro načtení souboru, pomocí kterého můžete měnit adresáře a zvolit jméno požadované úlohy.

Po volbě úlohy se načtou vstupní data do jednotlivých položek ve vstupním formuláři.

## C. Uložení úlohy



Pokud chcete uložit vstupní data, zvolte příkaz **Uložit úlohu** v nabídce **Soubor** nebo stiskněte ikonu se symbolem diskety. Po jeho volbě se buď objeví standardní dialogový box MS Windows pro zadání jména a adresáře úlohy (pokud není jméno ještě známo), nebo se rovnou data uloží (pokud je již jméno úlohy známo).

## D. Uložení úlohy pod jiným jménem

Pokud chcete uložit úlohu pod jiným jménem, nebo do jiného adresáře, zvolte příkaz **Uložit jako** v nabídce **Soubor**. Po jeho volbě se objeví standardní dialogový box MS Windows pro uložení souboru a budete moci určit adresář a jméno úlohy.

## E. Ukončení práce s programem

Ukončit práci s programem můžete přes příkaz **Konec** v nabídce **Soubor**.

## F. Zadávání vstupních dat

Zadávání vstupních dat spočívá ve vyplnění potřebného počtu údajů do vstupního formuláře, který tvoří většinu plochy okénka programu **Radon**.

V horní části formuláře jsou umístěny údaje, které je nutné zadat pro všechny typy nabízených výpočtů.

Ve spodní části formuláře jsou umístěny čtyři karty s označením *Samotná izolace*, *Kombinace s drenáží*, *Kombinace s ventilační vrstvou* a *Kombinace s izolačním podlažím*. Každá karta odpovídá jednomu z nabízených typů výpočtu protiradonových opatření. Pro zvolený typ opatření je nutné vyplnit všechny doplňkové údaje dostupné na příslušné kartě.

Ve spodní části formuláře je umístěna ještě jedna karta s označením *Výpočet koncentrace radonu v místnosti*. S pomocí této karty lze spočítat výslednou koncentraci radonu v hodnocené místnosti při zvoleném typu a tloušťce protiradonové izolace.

## a. Práce se vstupní položkou

Vstupní data se zadávají do jednotlivých vstupních položek, které mohou sloužit buď pro vstup textů nebo pro vstup čísel. V druhém případě lze do položky zadat jen číslice, znaménko, symbol exponentu (e, E) a oddělovač desetinné části.



Pro právě zadávanou, tj. **aktuální položku** lze stiskem klávesy **F1** vyvolat nápovědu s podrobnějšími informacemi o veličině včetně odkazů na normu.

### Pohyb po formuláři

Mezi jednotlivými položkami se lze pohybovat pomocí:

myši	Ukažte myši na příslušnou položku (kurzor myši se změní ze šipky na svislou čáru) a stiskněte levé tlačítko.
klávesy <b>Tab</b>	Provede se přesun na další položku v logické posloupnosti zadávání.

### Úpravy

Při práci s položkou můžete dále využít funkce MS Windows pro kopírování (CTRL+C), vkládání (CTRL+V), vyjímání (CTRL+X) a návrat akce (ALT+BACKSPACE).

### Ukládání dat

Pokud se v tomto okamžiku začínáte ptát, jak se vstupní data ukládají, aby o ně člověk po dlouhé práci nepřišel, je ten pravý čas.

Jakmile chcete uložit vstupní data, která jste vytvořili, zvolte příkaz **Uložit úlohu** v nabídce **Soubor**, nebo stiskněte ikonu se symbolem diskety.

## b. Pomocné výpočty

### Pomocné výpočty

V programu jsou k dispozici pomocné výpočty, které usnadní uživatelům zjistit některé parametry potřebné pro výpočet. K dispozici je pomocný výpočet pro:

#### *Objem hodnocené místnosti*

Pomocný výpočet pro objem hodnocené místnosti je možné vyvolat buď stiskem ikony se symbolem kouzelnické hůlky a hranolu, a nebo přes položku **Pomocný výpočet** v nabídce **Pomůcky**.



#### *Plochu konstrukce*

Pomocný výpočet pro půdorysnou plochu místnosti a pro plochu suterénních stěn je možné vyvolat buď stiskem ikony se symbolem kouzelnické hůlky a obdélníku, a nebo přes položku **Pomocný výpočet** v nabídce **Pomůcky**.



#### *Násobnost výměny vzduchu v hodnocené místnosti*

Pomocný výpočet pro násobnost výměny vzduchu v hodnocené místnosti je možné vyvolat buď stiskem ikony se symbolem kouzelnické hůlky a okna, a nebo přes položku **Pomocný výpočet** v nabídce **Pomůcky**.



Násobnost výměny vzduchu se dále vypočte buď na základě vztahu (9) v čl. 7.3.10. v ČSN 060210:94 (pro přirozenou infiltraci spárami u oken), nebo na základě vztahu (7) v čl. 7.3.2. v ČSN 060210:94 (pro větrání ventilátorem). Typ větrání je možné nastavit na prvním panelu rádky.

Pokud je nastaveno přirozené větrání infiltrací, je třeba dále zadat lokalitu, polohu objektu, typ těsnosti spáry (velmi těsné spáry mají součinitel spárové provzdušnosti 0,00008, těsné spáry 0,00014 a netěsné spáry 0,00020 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.Pa<sup>-0,67</sup>) a délku spáry u jednotlivých typů oken. Pokud je nastaveno větrání nucené ventilátorem, je třeba dále zadat již jen výkon ventilátoru. Pokud budete chtít vypočtenou hodnotu násobnosti výměny vzduchu přenést do zadávacího formuláře, zvolte tlačítko **Použít**. V opačném případě stiskněte tlačítko **Storno**.



#### *Násobnost výměny vzduchu ve ventilační vrstvě*

Pomocný výpočet pro násobnost výměny vzduchu ve ventilační vrstvě je možné vyvolat buď stiskem ikony se symbolem kouzelnické hůlky a nopované folie, a nebo přes položku **Pomocný výpočet** v nabídce **Pomůcky**.

Způsob výpočtu násobnosti výměny vzduchu závisí na typu větrání ventilační vrstvy. Typ větrání je možné nastavit na prvním panelu rádce.

Pokud je nastaveno přirozené větrání, je třeba nejprve stanovit rychlost proudění vzduchu ve ventilační vrstvě. Tuto rychlost stanovuje rádce na základě vztahu v čl. A3.4 a) v ČSN 730540-4 z roku 1994. Rychlost podle tohoto vztahu závisí přímo úměrně na rychlosti větru v exteriéru (v rádci převzato podle lokality z Tab.E.6 v ČSN 730540-3:94), dále přímo úměrně na ploše vstupních otvorů do vrstvy a nepřímo úměrně na celkové ploše ventilační vrstvy:

$$c_v = 0,3 \cdot v \cdot A_1/A \quad [\text{m/s}].$$

Výsledná rychlost je v rádci oproti výše uvedenému vztahu ještě 10 x zmenšená (rezerva na bezpečnost výpočtu). Dále se již na základě této rychlosti a rozměrů ventilační vrstvy stanoví násobnost výměny vzduchu.

Pokud je nastaveno větrání nucené ventilátorem, je třeba dále zadat již jen výkon ventilátoru a výsledná násobnost výměny vzduchu je stanovena podle vztahu (7) v čl. 7.3.2. v ČSN 060210:94.

Pokud budete chtít vypočtenou hodnotu násobnosti výměny vzduchu přenést do zadávacího formuláře, zvolte tlačítko **Použít**. V opačném případě stiskněte tlačítko **Storno**.



#### *Násobnost výměny vzduchu v kontaktním podlaží*

Pomocný výpočet pro násobnost výměny vzduchu v kontaktním podlaží je možné vyvolat buď stiskem ikony se symbolem kouzelnické hůlky a podlaží, a nebo přes položku **Pomocný výpočet** v nabídce **Pomůcky**.

Způsob výpočtu závisí na typu větrání izolačního (kontaktního) podlaží. Typ větrání lze zadat na prvním panelu rádce.

Pokud je nastaveno přirozené větrání infiltrací spárami u oken, vypočte rádce násobnost výměny vzduchu na základě vztahu (9) v čl. 7.3.10. v ČSN 060210:94. V tomto případě je třeba vždy zadat lokalitu, polohu objektu, typ těsnosti spáry (velmi těsné spáry mají součinitel spárové provzdušnosti 0,00008, těsné spáry 0,00014 a netěsné spáry 0,00020  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ ) a délku spáry u jednotlivých typů oken.

Pokud je nastaveno nucené větrání ventilátorem, vypočte rádce násobnost výměny vzduchu na základě vztahu (7) v čl. 7.3.2. v ČSN 060210:94. V tomto případě je třeba dále zadat již jen výkon ventilátoru.

Pokud je nastaveno přirozené provětrávání otevřenými otvory, je třeba nejprve stanovit rychlost proudění vzduchu v izolačním podlaží. Tuto rychlost stanovuje rádce na základě vztahu v čl. A3.4 a) v ČSN 730540-4 z roku 1994. Rychlost podle tohoto vztahu závisí přímo úměrně na rychlosti větru v exteriéru (v rádci převzato podle lokality z Tab.E.6 v ČSN 730540-3:94), dále přímo úměrně na ploše vstupních otvorů do izolačního podlaží a nepřímo úměrně na celkové průřezové ploše izolačního podlaží:

$$c_v = 0,3 \cdot v \cdot A_1/A \quad [\text{m/s}].$$

Výsledná rychlost je v rádci oproti výše uvedenému vztahu ještě 10 x zmenšená (rezerva na bezpečnost výpočtu). Dále se již na základě této rychlosti a rozměrů izolačního podlaží stanoví násobnost výměny vzduchu.

Pokud budete chtít vypočtenou hodnotu násobnosti výměny vzduchu přenést do zadávacího formuláře, zvolte tlačítko **Použít**. V opačném případě stiskněte tlačítko **Storno**.

### **c. Katalog protiradonových izolací**

#### **Katalog izolací**

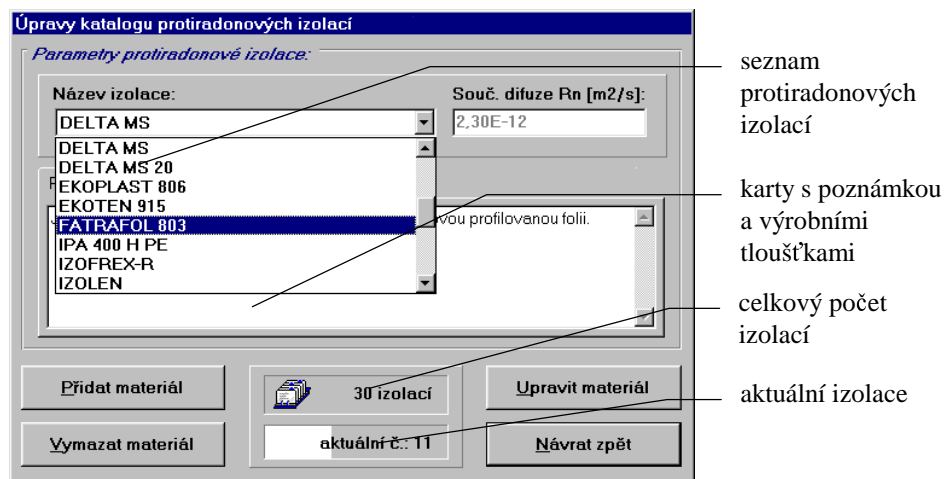
Katalog protiradonových izolací slouží jako nápověda při zadávání součinitele difuze radonu v protiradonové izolaci a v povrchové vrstvě v izolačním podlaží.

Jedná se o výkonnou databázi, která obsahuje několik desítek protiradonových izolací včetně jejich popisu a výrobních tlouštěk.



Katalog izolací je otevřeným systémem, který lze doplňovat a upravovat. Editování katalogu je umožněno s pomocí povelu **Úpravy katalogu materiálů** v položce **Pomůcky** nebo stiskem ikony se symbolem katalogu.

Po výběru tohoto povelu se objeví okénko katalogu s jednotlivými ovládacími prvky. S pomocí *seznamu protiradonových izolací* (vlevo nahoře) lze vybrat konkrétní izolaci, kterou je pak možné buď odstranit z katalogu (tlačítko **Vymazat materiál**), nebo libovolně upravit (tlačítko **Upravit materiál**). S pomocí tlačítka **Přidat materiál** je možné rozšířit katalog o další izolace.



Na kartách pod seznamem izolací lze doplnit jednak libovolnou poznámku vážící se k izolaci (např. informace o dodavateli a způsobech aplikace), jednak výrobní tloušťky izolace, s nimiž se pak dále počítá ve výpočtu.

## G. Výpočet úlohy

### a. Výpočet tloušťky protiradonové izolace

Možnost výpočtu konkrétního typu protiradonové izolace závisí na aktuální kartě ve spodní části okénka programu.

#### Typy výpočtu

Pokud budete chtít dimenzovat např. protiradonovou izolaci v kombinaci s drenážní vrstvou, musí být ve spodní části okénka programu nastavena karta s nadpisem **Kombinace s drenáží** jako aktuální (tj. horní).



Výpočet úlohy můžete vyvolat přes příkazy **Protiradonová izolace** (výpočet samotné protiradonové izolace), **Kombinace s drenáží** (výpočet protiradonové izolace kombinované s drenážním systémem), **Kombinace s ventilační vrstvou** (výpočet protiradonové izolace kombinované s ventilační vrstvou) a **Kombinace s izolačním podlažím** (výpočet protiradonové izolace kombinované s izolačním podlažím) v hlavním menu, nebo rychleji stiskem ikony se symbolem kalkulačky (vyvolá vždy aktuální výpočet).



Příkazy pro výpočet jsou přístupné jen tehdy, pokud jsou zadány všechny údaje potřebné pro daný typ výpočtu.

#### Protokol o výpočtu

Výsledkem výpočtu je protokol o výpočtu, který obsahuje:

1. rekapitulaci vstupních dat
2. potřebnou tloušťku zvolené protiradonové izolace.

Protokol o výpočtu je soubor ve formátu RTF (rich text format), který obsahuje českou diakritiku a lze jej načíst do libovolného textového editoru pro MS Windows.

<b>Prohlížeč modul</b>	Protokol o výpočtu je možné po ukončení výpočtu zobrazit v jednoduchém editoru - v tzv. prohlížečím modulu programu <b>Radon</b> .
<b>Práce s protokolem</b>	Protokol o výpočtu lze v prohlížečím modulu upravovat pomocí příkazů v nabídce <b>Písmo</b> (změna typu písma), <b>Úpravy</b> (kopírování, mazání, vkládání) a <b>Soubor</b> (uložení změn, uložení pod jiným jménem, tisk, nastavení stránky a tiskárny). Před použitím příkazu <b>Písmo</b> je nutné označit myší nebo klávesnicí část textu nebo celý text. Úprava písma se bude následně vztahovat jen na označený text.
<b>Tisk</b>	Prohlížeč modul umožňuje před samotným tiskem jednak nastavit okraje pro tisk s pomocí příkazu <b>Nastavení stránky</b> v nabídce menu <b>Soubor</b> , a jednak nastavit parametry tiskárny s pomocí příkazu <b>Nastavení tiskárny</b> v nabídce menu <b>Soubor</b> . Tisk dokumentu je možné provést příkazem <b>Tisk</b> v nabídce <b>Soubor</b> , nebo stiskem příslušné ikony na panelu nástrojů. Tisk z prostředí prohlížečeho modulu je prováděn s pomocí knihovni funkce MS Visual Basicu 6.0 a je tudíž ovlivněn vzájemnou interakcí mezi ovládačem tiskárny a knihovnamí MS Visual Basicu. Kvalita tisku lze ovlivnit pouze tehdy, když to umožňuje ovládač tiskárny. Pokud nastanou s tiskem potíže nebo pokud budete chtít vyšší kvalitu tisku, využijte prosím skutečnosti, že lze protokol o výpočtu bez problémů načíst nebo přenést přes schránku do libovolného textového editoru a vytisknete protokol z něj.  Ukončit práci s prohlížečím modulem můžete stiskem klávesy <b>Esc</b> , přes příkaz <b>Konec</b> v nabídce <b>Soubor</b> , nebo přes dvojnásobné klepnutí myší nad levým horním rohem okénka.

## b. Výpočet koncentrace radonu v místnosti

Pokud budete chtít vypočítat koncentraci radonu v místnosti způsobenou difuzí radonu z podlahy, je třeba nastavit jako aktuální kartu kartu s nadpisem **Výpočet koncentrace radonu v místnosti**.



Dále je třeba vyplnit všechny požadované údaje v horní části formuláře, zvolit tloušťku protiradonové izolace a zvolit typ protiradonových opatření.

Pokud zvolíte kombinaci protiradonové izolace s dalším opatřením (drenáž, ventilační vrstva, izolační podlaží), je nutné vyplnit ještě všechny požadované údaje na kartě s příslušnou kombinací.



Výpočet úlohy můžete vyvolat přes příkaz **Výpočet koncentrace radonu**, nebo rychleji stiskem ikony se symbolem kalkulačky.



Příkaz pro výpočet je přístupný jen tehdy, pokud jsou zadány všechny údaje potřebné pro daný typ výpočtu.

### Protokol o výpočtu

Výsledkem výpočtu je protokol o výpočtu, který obsahuje:

1. rekapitulaci vstupních dat
2. výslednou koncentraci radonu v hodnocené místnosti.

Protokol o výpočtu je soubor ve formátu RTF (rich text format), který obsahuje českou diakritiku a lze jej načíst do libovolného textového editoru pro MS Windows.

### Prohlížeč modul

Protokol o výpočtu je možné po ukončení výpočtu zobrazit v jednoduchém editoru - v tzv. prohlížečím modulu programu **Radon**.

Práce s tímto editorem byla popsána výše v kapitole 5. G. a.



## PRÁCE S PROGRAMEM RnKoncentrace

V této části můžete nalézt postup práce s programem **RnKoncentrace**.

### A. Založení nové úlohy



Novou úlohu můžete vytvořit pomocí příkazu **Nová úloha** v nabídce **Soubor** nebo stiskem ikony se symbolem prázdného listu. Po výběru tohoto příkazu se všechny vstupní položky ve formuláři vyprázdní a vstupní formulář bude připraven pro zadání nových vstupních dat. Pokud předchozí data nebyla uložena, program Vás na tuto skutečnost upozorní a nabídne možnost uložení dat.

### B. Otevření již existující úlohy



Pokud chcete pracovat s již existující úlohou, vyberte příkaz **Otevřít úlohu** v nabídce **Soubor**, případně stiskněte ikonu se symbolem otevřené složky. Po výběru tohoto příkazu se objeví standardní dialogový box MS Windows pro načtení souboru, pomocí kterého můžete měnit adresáře a zvolit jméno požadované úlohy. Po volbě úlohy se načtou vstupní data do jednotlivých položek ve vstupním formuláři.

### C. Uložení úlohy



Pokud chcete uložit vstupní data, zvolte příkaz **Uložit úlohu** v nabídce **Soubor** nebo stiskněte ikonu se symbolem diskety. Po jeho volbě se buď objeví standardní dialogový box MS Windows pro zadání jména a adresáře úlohy (pokud není jméno ještě známo), nebo se rovnou data uloží (pokud je již jméno úlohy známo).

### D. Uložení úlohy pod jiným jménem

Pokud chcete uložit úlohu pod jiným jménem, nebo do jiného adresáře, zvolte příkaz **Uložit jako** v nabídce **Soubor**. Po jeho volbě se objeví standardní dialogový box MS Windows pro uložení souboru a budete moci určit adresář a jméno úlohy.

### E. Ukončení práce s programem

Ukončit práci s programem můžete přes příkaz **Konec** v nabídce **Soubor**.

### F. Zadávání vstupních dat

Zadávání vstupních dat spočívá ve vyplnění potřebného počtu údajů do vstupního formuláře, který tvoří většinu plochy okénka programu **RnKoncentrace**.

**V horní části formuláře** jsou umístěny údaje, které slouží k popisu hodnocené místnosti.

**Ve spodní části formuláře** je umístěno deset karet s označením **1. Kce** až **10. Kce**. Na jednotlivé karty je možné zadat skladby konstrukcí, které jsou zdrojem radonu (vždy od interiéru, tj. od hodnocené místnosti). Součástí zadání jsou i okrajové podmínky, tedy koncentrace radonu v interiéru a v exteriéru a tlaky vzduchu v interiéru a v exteriéru. Zadávají se pouze konstrukce, které jsou zdrojem radonu. Pokud konstrukce neprodukuje radon, ponechte políčko **Konstrukce je zdrojem radonu** nezaškrtnuté.

## a. Práce se vstupní položkou

Vstupní data se zadávají do jednotlivých vstupních položek, které mohou sloužit buď pro vstup textů nebo pro vstup čísel. V druhém případě lze do položky zadat jen číslice, znaménko, symbol exponentu (e, E) a oddělovač desetinné části.



Pro právě zadávanou, tj. **aktuální položku** lze stiskem klávesy **F1** vyvolat nápovědu s podrobnějšími informacemi o veličině včetně odkazů na normu.

### Pohyb po formuláři

Mezi jednotlivými položkami se lze pohybovat pomocí:

myši                      Ukažte myši na příslušnou položku (kurzor myši se změní ze šipky na svislou čáru) a stiskněte levé tlačítko.

Klávesy **Tab**        Proveďte se přesun na další položku v logické posloupnosti zadávání.

### Úpravy

Při práci s položkou můžete dále využít funkce MS Windows pro kopírování (CTRL+C), vkládání (CTRL+V), vyjímání (CTRL+X) a návrat akce (ALT+BACKSPACE).

Pro práci se skladbou konstrukce jsou navíc k dispozici funkce **Vyjmout řádku** a **Vložit prázdnou řádku**, které lze najít v nabídce **Úpravy** hlavního menu programu. Funkce **Vyjmout řádku** umožňuje vymazat ze skladby konstrukce aktuální řádku (vrstvu). Funkce **Vložit prázdnou řádku** umožňuje vložit před či za aktuální řádku další prázdnou řádku.



Pokud provádíte výpočet s různými variantami skladby konstrukce, můžete s výhodou využít skutečnosti, že program počítá ve výpočtu jen s těmi vrstvami skladby konstrukce, které mají zaškrtnuté číslo vrstvy (políčko vlevo). Pokud není číslo vrstvy zaškrtnuté, program příslušnou vrstvu ignoruje.

### Ukládání dat

Jestliže se v tomto okamžiku začínáte ptát, jak se vstupní data ukládají, aby o ně člověk po dlouhé práci nepřišel, je ten pravý čas.

Jakmile chcete uložit vstupní data, která jste vytvořili, zvolte příkaz **Uložit úlohu** v nabídce **Soubor**, nebo stiskněte ikonu se symbolem diskety.

## b. Pomocné výpočty

### Pomocné výpočty

V programu jsou k dispozici pomocné výpočty, které usnadní uživatelům zjistit některé parametry potřebné pro výpočet. K dispozici je pomocný výpočet pro:

#### *Objem hodnocené místnosti*

Pomocný výpočet pro objem hodnocené místnosti je možné vyvolat buď stiskem ikony se symbolem kouzelnické hůlky a hranolu, a nebo přes položku **Pomocný výpočet** v nabídce **Pomůcky**.



#### *Násobnost výměny vzduchu v hodnocené místnosti*

Pomocný výpočet pro násobnost výměny vzduchu v hodnocené místnosti je možné vyvolat buď stiskem ikony se symbolem kouzelnické hůlky a okna, a nebo přes položku **Pomocný výpočet** v nabídce **Pomůcky**.



Násobnost výměny vzduchu se dále vypočte buď na základě vztahu (9) v čl. 7.3.10. v ČSN 060210:94 (pro přirozenou infiltraci spárami u oken), nebo na základě vztahu (7) v čl. 7.3.2. v ČSN 060210:94 (pro větrání ventilátorem). Typ větrání je možné nastavit na 1. panelu rádky.

Pokud je nastaveno přirozené větrání infiltrací, je třeba dále zadat lokalitu, polohu objektu, typ těsnosti spáry (velmi těsné spáry mají souč. spárové provzdušnosti 0,00008, těsné spáry 0,00014 a netěsné spáry 0,00020 m<sup>3</sup>.s<sup>-1</sup>.Pa<sup>-0,67</sup>) a délku spáry u jednotlivých typů oken.

Pokud je nastaveno větrání nucené ventilátorem, je třeba dále zadat již jen výkon ventilátoru.

Pokud budete chtít vypočtenou hodnotu násobnosti výměny vzduchu přenést do zadávacího formuláře, zvolte tlačítko **Použít**. V opačném případě stiskněte tlačítko **Storno**.



### Plocha konstrukce

Pomocný výpočet pro plochu právě zadávané konstrukce je možné vyvolat buď stiskem ikony se symbolem kouzelnické hůlky a obdélníku, a nebo přes položku **Pomocný výpočet** v nabídce **Pomůcky**.



### Násobnost výměny vzduchu ve ventilační vrstvě

Pomocný výpočet pro násobnost výměny vzduchu ve ventilační vrstvě je možné vyvolat stiskem ikony se symbolem kouzelnické hůlky a nopované folie při navrhování ventilační vrstvy s protiradonovou izolací u konstrukcí s vysokou rychlostí emise radonu.

Tento pomocný výpočet funguje v programu **RnKoncentrace** stejně jako v programu **Radon**. Podrobnější popis jeho principů lze najít v kapitole 5.F.b.

## c. Katalog materiálů

### Katalog materiálů

Katalog materiálů slouží jako nápověda při zadávání permeability, porozity a součinitele difuze radonu jednotlivých vrstev skladby konstrukce.

Katalog obsahuje základní stavební materiály a zeminy a lze jej libovolně upravovat a doplňovat.

Katalog materiálů lze vyvolat povelom **Katalog materiálů** v nabídce **Pomůcky** hlavního menu programu. Aktuální položka musí být buď název vrstvy, nebo permeabilita, porozita či součinitel difuze.

Po výběru povelu se objeví okénko katalogu s ovládacími prvky:

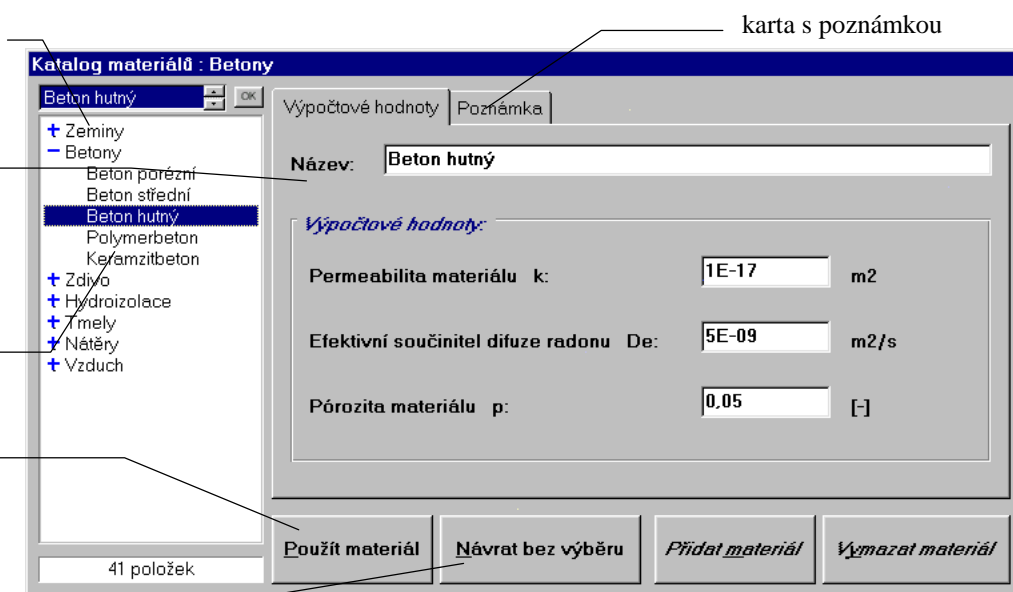
políčko pro rychlé vyhledávání

karta s výpočt. hodnotami

panel se seznamem kategorií materiálů

použít aktuální materiál

nepoužít materiál



karta s poznámkou

### Políčko pro rychlé vyhledávání

Políčko rychlého hledání v katalogu umožňuje prohledávání katalogu podle jména materiálu. Pokud budete chtít využít tuto funkci, ťukněte myší na okénko a začněte psát název materiálu. V okénku se postupně ukazují názvy, které odpovídají zadávaným počátečním písmenům. Jakmile se v okénku objeví hledaný materiál, stiskněte vpravo umístěné tlačítko **OK**. Následně se katalog prohledá a otevře se přesně na vybraném materiálu.

### Panel se seznamem kategorií materiálů

Panel se seznamem kategorií materiálů slouží k prohledávání katalogu materiálů. Mezi jednotlivými kategoriemi je možný **pohyb** pomocí šipek nahoru a dolů, kláves PgDn (o stránku dolů), PgUp (o stránku nahoru), CTRL+Home (na začátek) a CTRL+End (na konec). Samozřejmě je možné použít i levé tlačítko myši.

Pokud stisknete na jméne kategorie klávesu **Enter**, dojde k **otevření kategorie** a v panelu se objeví všechny stavební materiály, které jsou v kategorii obsaženy. Stejný efekt má dvojitý stisk levého tlačítka myši na jméne kategorie nebo jednoduchý stisk levého tlačítka myši na

znaménku plus vlevo u jména kategorie. **Zavření kategorie** je možné provést pomocí stejného postupu: klávesou **Enter** nebo dvojitým klepnutím myši na jméno kategorie, případně jednoduchým klepnutím myši na znaménku mínus vlevo u jména kategorie.

Mezi jednotlivými materiály se lze pohybovat pomocí stejného postupu jako mezi kategoriemi.

Jakmile vyberete v panelu kategorií nějaký materiál, automaticky se objeví jeho parametry a název na **kartách** v pravé části katalogu.

#### Karty

Dvě karty řazené za sebou obsahují ve vstupních položkách parametry zvoleného materiálu a lze mezi nimi přepínat pomocí záložek v horní části.

Parametry uvedené v jednotlivých vstupních položkách lze přímo na kartách upravovat; pohyb mezi položkami lze realizovat pomocí levého tlačítka myši, případně kláves **Enter** (na další položku), **Tab** (totéž) a **CTRL+šipka vlevo** (na předchozí položku).

#### První karta - Výp. hodnoty

První karta obsahuje výpočtové hodnoty pro daný materiál:

- výpočtovou hodnotu *permeability k*
- výpočtovou hodnotu *efektivního součinitele difuze radonu De*
- výpočtovou hodnotu *porozítu p*

#### Druhá karta - Poznámka

Druhá karta obsahuje textové pole, do kterého lze napsat libovolnou poznámku, vážící se k danému materiálu. Uživatel zde může nalézt např. informace o zdroji údajů uvedených v katalogu.

Dále katalog obsahuje čtyři tlačítka pro práci s katalogem materiálů.

#### Tlačítko Použít materiál

Po stisku tohoto tlačítka bude právě zobrazený materiál vložen do aktuální řádky na formuláři.

#### Tlačítko Návrat bez výběru

Po stisku tohoto tlačítka bude proveden návrat do prostředí formuláře bez vložení zobrazeného materiálu do aktuální řádky.

#### Tlačítko Přidat materiál

Po stisku tohoto tlačítka lze přidat do katalogu další materiál.

Nejprve se objeví okénko, pomocí kterého si uživatel vybere kategorii, do níž nový materiál zařadí (lze vybrat z existujících kategorií, nebo zadat úplně novou kategorii).

Dále uživatel vyplní vstupní položky na první, případně i druhé a třetí kartě.

Na závěr stiskne buď tlačítko **Uložit materiál** (materiál se zařadí do katalogu) nebo tlačítko **Neuložit** (materiál se nezařadí).

**Pozor:** Jméno materiálu může existovat v katalogu pouze jednou!

#### Tlačítko Vymazat materiál

Po stisku tohoto tlačítka je možné vymazat právě zobrazený materiál z katalogu.

## d. Katalog protiradonových izolací

#### Katalog izolací

Katalog protiradonových izolací slouží jako nápověda při zadávání součinitele difuze radonu jednotlivých vrstev skladby konstrukce.

Jedná se o výkonnou databázi, která obsahuje několik desítek protiradonových izolací včetně jejich popisu a výrobních tlouštěk.

Katalog izolací lze vyvolat povelom **Katalog izolací** v nabídce **Pomůcky** hlavního menu programu. Aktuální položka musí být součinitel difuze radonu vrstvy.

Po výběru povelu se objeví okénko katalogu s jednotlivými ovládacími prvky.

S pomocí *seznamu protiradonových izolací* (vlevo nahoře) lze vybrat konkrétní izolaci. Dále je pak možné buď vložit parametry aktuální izolace do formuláře (tlačítko **Použít izolaci**), nebo odstranit aktuální izolaci z katalogu (tlačítko **Vymazat materiál**), a nebo ji libovolně upravit (tlačítko **Upravit materiál**).

S pomocí tlačítka **Přidat materiál** je možné rozšířit katalog o další izolace.

Na kartách pod seznamem izolací lze doplnit jednak libovolnou poznámku vázící se k izolaci (např. informace o dodavateli a způsobech aplikace), jednak výrobní tloušťky izolace.

## G. Výpočet úlohy

K dispozici jsou celkem tři typy výpočtu - výpočet koncentrace radonu v hodnocené místnosti, výpočet plošné rychlosti emise radonu z vnitřního povrchu aktuální konstrukce a výpočet rozložení koncentrací radonu v aktuální konstrukci.



Příkazy pro výpočet jsou přístupné jen tehdy, pokud jsou zadány všechny údaje potřebné pro daný typ výpočtu.

### Poznámka

Výpočtový modul programu **RnKoncentrace** je jednodušší verzí výkonného programu pro řešení dvourozměrného šíření radonu difuzí a konvekcí. Obvykle nevede zjednodušení výpočtového modulu (omezení počtu neznámých, omezení počtu konečných prvků, omezení počtu materiálů) k výrazným potížím s přesností výsledků, nelze nicméně vyloučit, že v určitých případech nebude výpočet stabilní. Pokud dojde během výpočtu k chybě "*Matice není pozitivně definitní*", pokuste se změnit tloušťky jednotlivých vrstev hodnocené konstrukce, a to tak, aby vedle sebe nebyly vrstvy o příliš rozdílných tloušťkách. Vhodným opatřením tak může být například rozdělení mohutné vrstvy na více tenčích vrstev. Jestliže nepovedou vaše úpravy k výsledku, kontaktujte prosím výrobce programu. Vaše konstrukce bude zdarma vyhodnocena na výkonnějším originálním programu.

### a. Výpočet koncentrace radonu v místnosti



Tento výpočet lze vyvolat přes příkaz **Koncentrace Rn v místnosti** v nabídce **Výpočet** hlavního menu programu nebo stiskem ikony se symbolem kalkulačky.

Před výpočtem je nutné zadat základní údaje popisující místnost a údaje charakterizující skladbu a okrajové podmínky všech konstrukcí, které jsou zdrojem radonu.

### Protokol o výpočtu

Výsledkem výpočtu je protokol o výpočtu, který obsahuje:

1. rekapitulaci vstupních dat
2. plošné rychlosti emise radonu z vnitřního povrchu jednotlivých konstrukcí
3. výslednou koncentraci radonu v místnosti.

Protokol o výpočtu je soubor ve formátu RTF (rich text format), který obsahuje českou diakritiku a lze jej načíst do libovolného textového editoru pro MS Windows.

### Prohlížeč modulu

Protokol o výpočtu je možné po ukončení výpočtu zobrazit v jednoduchém editoru - v tzv. prohlížečím modulu programu **RnKoncentrace**.

**Práce s protokolem**

Protokol o výpočtu lze v prohlížečím modulu upravovat pomocí příkazů v nabídce **Písmo** (změna typu písma), **Úpravy** (kopírování, mazání, vkládání) a **Soubor** (uložení změn, uložení pod jiným jménem, tisk, nastavení stránky a tiskárny).

Před použitím příkazu **Písmo** je nutné označit myší nebo klávesnicí část textu nebo celý text. Úprava písma se bude následně vztahovat jen na označený text.

**Tisk**

Prohlížečící modul umožňuje před samotným tiskem jednak nastavit okraje pro tisk s pomocí příkazu **Nastavení stránky** v nabídce menu **Soubor**, a jednak nastavit parametry tiskárny s pomocí příkazu **Nastavení tiskárny** v nabídce menu **Soubor**.

Tisk dokumentu je možné provést příkazem **Tisk** v nabídce **Soubor**, nebo stiskem příslušné ikony na panelu nástrojů.

Tisk z prostředí prohlížečícího modulu je prováděn s pomocí knihovni funkce MS Visual Basicu 6.0 a je tudíž ovlivněn vzájemnou interakcí mezi ovládačem tiskárny a knihovny MS Visual Basicu. Kvalita tisku lze ovlivnit pouze tehdy, když to umožňuje ovládač tiskárny. Pokud nastanou s tiskem potíže nebo pokud budete chtít vyšší kvalitu tisku, využijte prosím skutečnosti, že lze protokol o výpočtu bez problémů načíst nebo přenést přes schránku do libovolného textového editoru a vytisknete protokol z něj.

Ukončit práci s prohlížečícím modulem můžete stiskem klávesy **Esc**, přes příkaz **Konec** v nabídce **Soubor**, nebo přes dvojnásobné klepnutí myší nad levým horním rohem okénka.

## b. Výpočet rychlosti emise radonu z povrchu konstrukce



Výpočet plošné rychlosti emise radonu z vnitřního povrchu aktuální konstrukce lze vyvolat povelom **Plošná rychlost emise Rn** v nabídce **Výpočet** hlavního menu programu nebo stiskem ikony se symbolem konstrukce a šipky.

Před výpočtem je nutné zadat na aktuální kartě ve spodní části okénka programu skladbu hodnocené konstrukce a okrajové podmínky.



Pokud je některá z vrstev konstrukce zdrojem radonu, je nutné vyplnit všechny její materiálové charakteristiky. Pokud vrstva není zdrojem radonu, můžete ponechat v položkách **Ro** (objemová hmotnost), **a,Ra** (hmotnostní aktivita Ra226) a **f** (součinitel emanace) nulovou hodnotu.

**Protokol o výpočtu**

Výsledkem výpočtu je protokol o výpočtu, který obsahuje:

1. rekapitulaci vstupních dat
2. plošnou rychlost emise radonu z vnitřního povrchu aktuální konstrukce (difuzní a konvektivní složky a součet)
3. koncentrace radonu v rámci skladby konstrukce.

**Prohlížečící modul**

Protokol o výpočtu je možné po ukončení výpočtu zobrazit v jednoduchém editoru - v tzv. prohlížečím modulu programu **RnKoncentrace**.

Práce s tímto editorem byla popsána výše v kapitole 6. G. a.

## c. Výpočet rozložení koncentrací radonu v konstrukci



Výpočet rozložení koncentrací radonu ve skladbě aktuální konstrukce lze vyvolat povelom **Rozložení koncentrací Rn** v nabídce **Výpočet** hlavního menu programu nebo stiskem ikony se symbolem konstrukce a křivky.

Před výpočtem je nutné zadat na aktuální kartě ve spodní části okénka programu skladbu hodnocené konstrukce a okrajové podmínky.



Pokud je některá z vrstev konstrukce zdrojem radonu, je nutné vyplnit všechny její materiálové charakteristiky. Pokud vrstva není zdrojem radonu, můžete ponechat v položkách **Ro** (objemová hmotnost), **a,Ra** (hmotnostní aktivita Ra226) a **f** (součinitel emanace) nulovou hodnotu.

**Grafický výstup**

Místo protokolu o výpočtu se v tomto případě zobrazí grafický výstup, na kterém je vidět schematicky skladba konstrukce (v měřítku tlouštěk vrstev) a graf koncentrací radonu.

V nabídce **Soubor** hlavního menu grafického modulu lze nalézt příkazy **Přenést do schránky** (přenesení grafického výstupu do schránky Windows, z níž lze graf dále vkládat do libovolné aplikace pracující s obrázky, např. do MS WORD), **Uložit do souboru** (uloží graf na disk do souboru typu BMP) a **Konec** (provede návrat do programu **RnKoncentrace**).

## H. Protiradonová opatření

Program **RnKoncentrace** nabízí celkem čtyři základní opatření proti radonu ze stavebních materiálů - odstranění konstrukcí, úpravu vnitřního povrchu konstrukcí, vytvoření ventilační vrstvy s protiradonovou izolací a vytvoření ventilační vrstvy bez protiradonové izolace kolem konstrukcí s vysokou emisí radonu.

Jednotlivá opatření lze nalézt v nabídce **Opatření** základního menu programu.

Po zvolení typu opatření se objeví stručný průvodce, který uživatele v postupných krocích provede způsobem, jakým se jednotlivá opatření realizují a výpočtově ověřují.

# PRÁCE S PROGRAMEM RnPoradce

V této části můžete nalézt postup práce s programem **RnPoradce**.

## Zaměření programu

Program **RnPoradce** byl vytvořen za účelem urychlení a usnadnění rozhodovacího procesu při výběru protiradonového opatření.

Uplatnění najde u:

- **investora** - který může porovnávat doporučená optimalizovaná opatření s opatřeními předkládanými dodavatelem, což může napomoci při jeho výběru,
- **projektanta** - kterému usnadní výběr optimální, tj. dostatečně účinné a zároveň ekonomické varianty protiradonového opatření,
- **měřičských firem** - kterým umožní poskytnout investorovi základní informace o rozsahu a druhu stavebních prací.

## Postup použití

Program obsahuje celkem sedm zadávacích panelů, mezi nimiž se lze pohybovat vpřed a vzad pomocí tlačítek **Další** a **Zpět**. Výchozím panelem je panel **Typ objektu**, z něhož vychází základní členění programu na nové a stávající objekty.

Součástí panelu **Typ objektu** je i zadání druhu objektu, kterých program rozlišuje celkem pět:

- neposklepený s obytnými místnostmi v kontaktním podlaží,
- neposklepený s obytnými místnostmi nad kontaktním podlažím,
- nepodsklepený na izolačním podlaží,
- posklepený s obytnými místnostmi v kontaktním podlaží,
- posklepený s obytnými místnostmi nad kontaktním podlažím.

Jsou-li jednotlivé části stavby tvořeny různými druhy objektů, mohou být opatření v jednotlivých částech různá, v závislosti na druhu objektu. V tomto případě se program **RnPoradce** použije zvlášť pro každou část stavby.



Zadávání vstupních dat spočívá v postupném vyplnění potřebných údajů do jednotlivých panelů rádce. Začít je nutné vždy s panelem č. 1 (**Typ objektu**) a poté pokračovat dále - program sám podle nastavení z prvního panelu nabízí panely další.

Program umožňuje vyplnit vždy pouze ty položky, které mají pro daný typ objektu smysl.

Vstupní data se zadávají do jednotlivých vstupních položek, které mohou sloužit buď pro vstup textů nebo pro vstup čísel. V druhém případě lze do položky zadat jen číslice, znaménko a oddělovač desetinné části.

## Pohyb po panelu

Mezi jednotlivými položkami na panelu se lze pohybovat pomocí:

- |                    |  |
|--------------------|--|
| myši               | Ukažte myši na příslušnou položku (kurzor myši se změní ze šipky na svislou čáru) a stiskněte levé tlačítko. |
| klávesy <b>Tab</b> | Provede se přesun na další položku v logické posloupnosti zadávání.  |

## Výsledek

Po zadání údajů pro daný typ objektu je možné stisknout tlačítko **Zobrazit výsledek**. Toto tlačítko je přístupné až v okamžiku, kdy jsou všechny potřebné údaje zadány.

Po stisku tohoto tlačítka se objeví jednoduchý editor s protokolem o optimálním protiradonovém opatření.

Protokol o opatření je soubor ve formátu RTF (rich text format), který obsahuje českou diakritiku a lze jej načíst do libovolného textového editoru pro MS Windows.



<b>Práce s protokolem</b>	<p>Protokol o opatření lze v prohlížečím modulu upravovat pomocí příkazů v nabídce <b>Písmo</b> (změna typu písma), <b>Úpravy</b> (kopírování, mazání, vkládání) a <b>Soubor</b> (uložení změn, uložení pod jiným jménem, tisk, nastavení stránky a tiskárny). Před použitím příkazu <b>Písmo</b> je nutné označit myší nebo klávesnicí část textu nebo celý text. Úprava písma se bude následně vztahovat jen na označený text.</p>
<b>Tisk</b>	<p>Prohlížečí modul umožňuje před samotným tiskem jednak nastavit okraje pro tisk s pomocí příkazu <b>Nastavení stránky</b> v nabídce menu <b>Soubor</b>, a jednak nastavit parametry tiskárny s pomocí příkazu <b>Nastavení tiskárny</b> v nabídce menu <b>Soubor</b>. Tisk dokumentu je možné provést příkazem <b>Tisk</b> v nabídce <b>Soubor</b>, nebo stiskem příslušné ikony na panelu nástrojů. Tisk z prostředí prohlížečího modulu je prováděn s pomocí knihovni funkce MS Visual Basicu 6.0 a je tudíž ovlivněn vzájemnou interakcí mezi ovládačem tiskárny a knihovnamí MS Visual Basicu. Kvalita tisku lze ovlivnit pouze tehdy, když to umožňuje ovládač tiskárny. Pokud nastanou s tiskem potíže nebo pokud budete chtít vyšší kvalitu tisku, využijte prosím skutečnosti, že lze protokol o výpočtu bez problémů načíst nebo přenést přes schránku do libovolného textového editoru a vytisknete protokol z něj.</p> <p>Ukončit práci s prohlížečím modulem můžete stiskem klávesy <b>Esc</b>, přes příkaz <b>Konec</b> v nabídce <b>Soubor</b>, nebo přes dvojnásobné klepnutí myší nad levým horním rohem okénka.</p>
<b>Principy práce programem</b>	<p><b>U nových staveb</b> se program řídí důsledně požadavky ČSN 73 0601 „Ochrana staveb proti radonu z podloží“. Uživatel je v této kategorii staveb dotázán pouze na výsledky zatřídění do kategorií radonového indexu stavby. Za koncentraci rozhodnou pro zatřídění (<math>C_s</math>) se dosazuje koncentrace, která rozhoduje o radonovém indexu stavby. Totéž se týká i propustnosti podloží.</p> <p><b>U stávajících staveb</b> program vychází z požadavků ČSN 73 0601 a ČSN 73 0602 a doplňuje je o zkušenosti z realizovaných objektů. Uživatel je v této kategorii staveb postupně dotazován na druh kontaktních konstrukcí, jejich stav, na propojení kontaktního podlaží s ostatními částmi stavby a na výsledky měření.</p> <p>V panelu <b>Druh kontaktních konstrukcí</b> nabízí program celkem čtyři jejich druhy (hliněná podlaha, dřevěná podlaha, suchá dlažba, betonová podlaha). Jsou-li v různých částech stavby různé druhy kontaktních konstrukcí, mohou být opatření v jednotlivých částech různá, v závislosti na druhu konstrukcí. V tomto případě se program <b>RnPoradce</b> použije zvlášť pro každou část stavby.</p> <p>V panelu <b>Výsledky měření</b> se zadává propustnost podloží a průměrné hodnoty OAR (objemové aktivity radonu) ve vybraných podlažích. Za hodnotu OAR lze tedy dosadit průměrnou hodnotu detektorů RamaRn v daném podlaží, nebo průměrnou hodnotu elektretových dozimetrů nebo průměrnou hodnotu stanovenou z nárůstových křivek. Liší-li se výrazně (více jak 3x) hodnoty OAR v některých částech stavby od hodnot zjištěných ve zbývajících částech a nejedná-li se o chybu měření, doporučuje se použít program <b>RnPoradce</b> zvlášť pro každou část stavby.</p> <p>Pokud je zdrojem radonu v objektu také (nebo pouze) stavební konstrukce, je nutné zadat rovněž příkon fotonového dávkového ekvivalentu a OAR v hodnocené místnosti.</p>

# ZÁKULISÍ PROGRAMŮ

V této části manuálu můžete nalézt základní informace o použitých vztazích v programovém balíku **RADON 2006**. Odkazy na prameny jsou uvedeny v části *Přílohy*.

## A. Zákulisí programu Radon

Program důsledně respektuje ustanovení ČSN 730601 "Ochrana staveb proti radonu z podlaží" (2006), v níž jsou podrobně popsány dílčí výpočetní postupy. Součástí normy jsou i pokyny pro navrhování a provádění jednotlivých typů protiradonových opatření.

V dalším textu jsou postupně popsány jednotlivé skupiny vstupních dat. Každá kapitola se týká jedné skupiny dat a je označena stejným nadpisem.

### a. Základní údaje

Ze základních vstupních údajů program vypočte maximální rychlost plošné emise radonu do vybrané výpočtové místnosti podle vztahu (1):

$$E_{mez} = \frac{C_{dif} \cdot V_k \cdot n}{A_p + A_s} \quad (\text{Bq/m}^2 \cdot \text{h}) \quad (1).$$

kde

**objem  
výpočtové  
místnosti**

$V_k$  ... **objem výpočtové místnosti**

Objem  $V_k$  je objem vzduchu ve výpočtové místnosti; počítá se ze světlých rozměrů místnosti. Za výpočtovou místnost se zvolí taková, jejíž alespoň jedna ohraničující konstrukce je v kontaktu s podlažím a pro kterou lze očekávat nejnižší  $E_{mez}$ . Jsou to místnosti, ve kterých je nejmenší poměr  $V_k/(A_p + A_s)$  nebo kde je nejmenší intenzita výměny vzduchu  $n$ .

Při navrhování protiradonové izolace do stropní konstrukce nad izolačním podlažím se vybere výpočtová místnost z místností nad izolačním podlažím.

**půdorysná  
plocha v  
kontaktu s  
podlažím**

$A_p$  ... **půdorysná plocha místnosti v kontaktu s podlažím**

Plocha  $A_p$  se počítá ze světlých rozměrů místnosti. Započítává se pouze ta podlahová plocha výpočtové místnosti, která spočívá přímo na podlaží.

Při navrhování protiradonové izolace do stropní konstrukce nad izolačním podlažím se započítává pouze ta podlahová plocha, která leží na stropní konstrukci nad izolačním podlažím.

**plocha stěn v  
kontaktu s  
podlažím**

$A_s$  ... **plocha suterénních stěn místnosti v kontaktu s podlažím**

Započítává se součet ploch všech stěn výpočtové místnosti v kontaktu s podlažím. Plochy se zjišťují ze světlých rozměrů výpočtové místnosti.

**Příklad.** Objekt ve svažitém terénu s rohovou výpočtovou místností o půdorysných rozměrech 4 x 5 m a světlé výšce 2,6 m. Upravený terén dosahuje na delší straně výšky 1,5 m nad úroveň podlahy a podél kratší stěny klesá až na úroveň podlahy.

$$A_s = 1,5 \times 5 + 0,5 \times 1,5 \times 4 = 10,5 \text{ m}^2.$$

Nemá-li výpočtová místnost stěny v kontaktu s podlažím (nepodsklepený objekt nebo objekt na izolačním podlaží), je  $A_s = 0$ .

**intenzita  
výměny**

$n$  ... **intenzita výměny vzduchu ve výpočtové místnosti**

Za  $n$  se dosazuje počet výměn vzduchu ve výpočtové místnosti za hodinu. Pro hygienickou výměnu vzduchu v místnosti je obvykle nutné dosáhnout hodnot cca 0,3 až 0,5  $\text{h}^{-1}$ .

## b. Typ objektu

Aby mohl být výpočet proveden, je třeba dále zadat typ objektu, podle kterého program na základě vyhlášky SÚJB 307/2002 Sb. rozhodne o hodnotě  $C_{dif}$  podle Tab. 1.

Typ objektu	$C_{dif}$ (Bq/m <sup>3</sup> )
nový	20
stávající	40

**Stávající stavba,  
nová stavba**

Za novou stavbu se považují stavby a přístavby s pobytovým prostorem, které podléhají kolaudačnímu řízení, ale na které ještě nebylo vydáno kolaudační rozhodnutí.

Za stávající stavbu se považují zkolaudované stavby s pobytovým prostorem a jejich změny vyjma nových přístaveb.

## c. Návrh samotné protiradonové izolace

Minimální tloušťku protiradonové izolace počítá program podle čl. 6.2.6 až 6.2.8 ČSN 730601, tj. tak, aby rychlost plošné emise radonu z povrchu navržené izolace  $E$  byla menší nebo rovna  $E_{mez}$ .

$$E = \alpha_1 \cdot l \cdot \lambda \cdot C_s \cdot \frac{1}{\sinh(d/l)} \quad (\text{Bq/m}^2 \cdot \text{h}) \quad (2).$$

Aby mohl být proveden výpočet, je třeba zadat následující údaje:

**Koncentrace  
radonu**

### Koncentrace radonu v podloží $C_s$

Hodnota  $C_s$  je koncentrace radonu v podloží rozhodná pro zařazení do kategorií radonového indexu stavby. Shoduje-li se radonový index stavby s radonovým indexem pozemku, dosadí se hodnota třetího kvartilu koncentrace radonu v podloží zjištěná při radonovém průzkumu pozemku. V opačném případě se dosadí hodnota koncentrace radonu v půdním vzduchu, na jejímž základě byl stanoven radonový index stavby, zpravidla koncentrace radonu v úrovni základové spáry.

Bude-li program přeneseně využit pro návrh izolace mezi dvěma objemy vzduchu (nad a pod izolací), je možno za  $C_s$  dosadit přímo koncentraci radonu ve vzduchu pod izolací. V tomto případě musí být za propustnost podloží zaškrtnuta kategorie "vzduch".

Při navrhování protiradonové izolace v kombinaci s ventilační vrstvou nebo izolačním podlažím do stávajících staveb není pro výpočet nutná znalost koncentrace radonu v podloží. V tomto případě zadejte  $C_s$  nulové.

**Propustnost  
podloží**

### Propustnost podloží

Směrodatná je propustnost rozhodná pro zařazení do kategorií radonového indexu stavby. Shoduje-li se radonový index stavby s radonovým indexem pozemku, dosadí se propustnost zjištěná při radonovém průzkumu pozemku. V opačném případě se dosadí propustnost, na jejímž základě byl stanoven radonový index stavby, zpravidla propustnost v úrovni základové spáry. Kategorie propustnosti se použije pro stanovení hodnoty součinitele  $\alpha_1$  podle následující tabulky:

**Tab. 2 Součinitel bezpečnosti  $\alpha_1$**

Propustnost zeminy	Samotná protiradonová izolace	Protiradonová izolace v kombinaci s odvětráním podloží a ventilační vrstvou	
		aktivní větrání	pasivní větrání
nízká	2,1	1,0	1,5
střední	3,0	1,0	2,0
vysoká	7,0	1,0	4,0
vzduch		1,0	

Kategorie propustnosti "vzduch" se zaškrtnou pouze v případě, kdy je program použit přeneseně pro návrh izolace, pod níž je volný objem vzduchu.

Při navrhování protiradonové izolace v kombinaci s izolačním podlažím do stávajících staveb není pro výpočet nutná znalost propustnosti podloží. V tomto případě zadejte kategorii "vzduch".

**Součinitel  
difuze radonu**

**Součinitel difuze radonu v izolaci D**

Pro výpočet se použije vyšší hodnota součinitele difuze D z hodnot stanovených pro homogenní materiál a pro spoj s připočtenou pravděpodobnou chybou. Takto upravené hodnoty součinitele difuze radonu v dosud proměřených izolacích je možno převzít z nabídky. Součinitel difuze radonu se proměřuje na katedře KPS stavební fakulty ČVUT v Praze, kde je také možné získat nejnovější hodnoty. Ze součinitele difuze program vypočte difuzní délku radonu v izolaci :

$$l = \sqrt{\frac{D \cdot 3600}{\lambda}} \quad (\text{m}) \quad (3)$$

kde  $\lambda$  je rozpadová konstanta radonu ( $0,00756 \text{ h}^{-1}$ ).

**Pozor:**

Čl. 5.5.1. v ČSN 730601 omezuje použití samotné protiradonové izolace koncentrací radonu v podloží rozhodnou pro stanovení radonového indexu stavby. Protiradonovou izolaci jako jediné protiradonové opatření lze podle tohoto článku použít, pokud koncentrace radonu v podloží  $C_s$  nepřesáhne:

- 200 kBq/m<sup>3</sup> pro zeminy s nízkou propustností
- 140 kBq/m<sup>3</sup> pro zeminy se střední propustností
- 60 kBq/m<sup>3</sup> pro zeminy s vysokou propustností.

Dojde-li k překročení těchto limitů, program minimální tloušťku sice vypočítá, ale upozorní vás na tuto skutečnost. Řešením je kombinace protiradonové izolace s ventilační vrstvou, drenáží, nebo izolačním podlažím.

### **d. Kombinace protiradonové izolace s drenážním systémem**

Ověření účinnosti drenážních systémů je v současné době předmětem zájmu řady výzkumných úkolů, jejichž výstupem je většinou koncentrace radonu pod objektem. Z tohoto důvodu lze do programu zadat koncentraci radonu v době činnosti drenážního systému  $C_{s1}$ . Upozorňujeme však, že nelze zadávat náhodné a dílčí hodnoty, ale dlouhodobé průměry. Návrh izolace se v tomto případě provede opět porovnáním vztahů (1) a (2). Do vztahu (2) program místo  $C_s$  dosadí zadanou hodnotu  $C_{s1}$  a  $\alpha_1$  uvažuje rovné 1.

**Poznámka**

Výpočet lze provést i rychleji bez zadávání doplňujících údajů, dosadíte-li místo  $C_s$  přímo změřenou hodnotu  $C_{s1}$  a zvolíte-li kategorii propustnosti zeminy „vzduch“.

Není-li známa koncentrace radonu v podloží v době činnosti drenážního systému, provede program výpočet se součinitelem bezpečnosti  $\alpha_1$  podle Tab. 2 v závislosti na způsobu větrání podloží a se zadanou koncentrací radonu v podloží  $C_s$ . Návrh izolace se pak provede opět porovnáním vztahů (1) a (2).

### **e. Kombinace protiradonové izolace s ventilační vrstvou**

Cílem výpočtu je navrhnout minimální tloušťku protiradonové izolace nad ventilační vrstvou. Program řeší ventilační vrstvu, která je součástí kontaktní konstrukce typu: zemina, stavební konstrukce 3. kategorie těsnosti, ventilační vrstva, protiradonová izolace, povrchová úprava. Aby mohl proběhnout výpočet kombinace protiradonové izolace s ventilační vrstvou je třeba nejprve dožadovat intenzitu výměny vzduchu ve ventilační vrstvě a její výšku.

**Intenzita  
výměny  
vzduchu**

**Intenzita výměny vzduchu ve ventilační vrstvě  $n_{VV}$**

Za  $n_{VV}$  se dosazuje počet výměn vzduchu ve ventilační vrstvě za hodinu stanovený na základě navrženého způsobu provětrávání ventilační vrstvy.

Intenzitu výměny vzduchu ve ventilační vrstvě lze obecně stanovit ze vztahu:

$$n_{VV} = \frac{Q_{ie}}{V_{VV}},$$

kde  $Q_{ie}$  je objemové množství větracího vzduchu pronikajícího do ventilační vrstvy z exteriéru nebo z interiéru ( $m^3/h$ ) a  $V_{vv}$  je objem vzduchu ve ventilační vrstvě ( $m^3$ ). Hodnota  $Q_{ie}$  je část z celkového objemového toku vzduchu odváděného z ventilační vrstvy  $Q_{vv}$ , který je definován jako

$$Q_{vv} \geq Q_{ie} + Q_p,$$

kde  $Q_p$  je objemové množství vzduchu pronikající do ventilační vrstvy z podloží ( $m^3/h$ ). Hodnotu  $Q_p$  lze u stávajících budov určit přibližně ze vztahu

$$Q_p = \frac{J_{vv}}{C_t},$$

kde  $J_{vv}$  je rychlost přísunu radonu do ventilační vrstvy ( $Bq/h$ ) a  $C_t$  je průměrná koncentrace radonu v trhlínách ( $Bq/m^3$ ). U novostaveb je nutné hodnotu  $Q_p$  odhadnout.

#### Výška ventilační vrstvy

##### Výška ventilační vrstvy $h_{vv}$

Dosazuje se světlá výška ventilační vrstvy, tj. jedná se o výšku vzduchové mezery.

Bude-li na konstrukci ventilační vrstvy použito nopovaných plastických fólií, je třeba výšku ventilační vrstvy  $h_{vv}$  snížit podle následujícího vztahu:

$$h_{vvs} = \frac{V_{vvs} \cdot h_{vv}}{V_{vv}} \quad (m) \quad (4).$$

kde  $V_{vv}$  je objem ventilační vrstvy bez uvážení vlivu nopů [ $m^3$ ],  $h_{vv}$  je výška ventilační vrstvy bez uvážení vlivu nopů [m],  $V_{vvs}$  je objem ventilační vrstvy s uvážením vlivu nopů [ $m^3$ ] a  $h_{vvs}$  je výška ventilační vrstvy s uvážením vlivu nopů [m].

#### i. Nové stavby

V případě nové stavby program v souladu s čl. 6.4.12 normy nejprve vypočítá koncentraci radonu ve vzduchové vrstvě  $C_{vv}$  podle vztahu:

$$C_{vv} = \beta_1 \cdot \frac{\alpha_1 \cdot C_s}{n_{vv} \cdot h_{vv}} \quad (Bq/m^3) \quad (5).$$

kde  $\beta_1$  je součinitel vyjadřující difuzní vlastnosti prostředí a je roven 0,002 m/h a  $\alpha_1$  je součinitel bezpečnosti stanovený podle Tab. 2 pro samotnou protiradonovou izolaci.

Návrh izolace se pak provede porovnáním vztahů (1) a (2). Do vztahu (2) program místo  $C_s$  dosadí vypočtenou hodnotu koncentrace radonu ve ventilační vrstvě  $C_{vv}$ . Součinitel bezpečnosti  $\alpha_1$  se v tomto kroku stanoví z Tab. 2 pro ventilační vrstvu v závislosti na způsobu jejího větrání.

#### ii. Stávající stavby

V případě stávajících staveb si program vyžádá další doplňující údaje, jimiž je změřená rychlost přísunu radonu do výpočtové místnosti  $J$ , podtlak ve ventilační vrstvě a v interiéru a rozsah aplikace ventilační vrstvy.

#### Podtlak ve ventil. vrstvě

##### Podtlak ve ventilační vrstvě

Podtlak ve ventilační vrstvě musí být zjištěn měřením. Jedná se o hodnotu v Pa stanovenou pro místo vstupních cest radonu z podloží.

#### Podtlak v interiéru

##### Podtlak v interiéru

Podtlak v interiéru musí být zjištěn měřením. Jedná se o hodnotu v Pa stanovenou pro původní neupravenou místnost během měření rychlosti přísunu radonu do místnosti.

#### Rychlost přísunu radonu

##### Rychlost přísunu radonu do místnosti $J$

Rychlost přísunu radonu do výpočtové místnosti  $J$  musí být zjištěna měřením. Hodnota  $J$  musí být převzata z protokolu radonové diagnostiky stávajícího objektu. POZOR:  $J$  se dosazuje v kBq/h!!!

#### Umístění ventilační vrstvy

##### Umístění ventilační vrstvy na stěně, podlaze nebo stěně a podlaze

Zaškrtnutí ventilační vrstvy současně "na stěně i v podlaze" je možné pouze tehdy, jsou-li výšky  $h_{vv}$  a intenzity provětrávání  $n_{vv}$  obou ventilačních vrstev shodné. Není-li tomu tak, musí být výpočet proveden zvlášť pro sténovou a podlahovou vrstvu.

Program v souladu s čl. 6.4.14 a 6.4.15 normy nejprve vypočítá koncentraci radonu ve ventilační vrstvě  $C_{vv}$  podle vztahu:

$$C_{vv} = \frac{J \frac{\Delta p_{vv}}{\Delta p}}{n_{vv} \cdot V_{vv}} \quad (\text{Bq/m}^3) \quad (6)$$

kde  $\Delta p_{vv}$  je podtlak ve ventilační vrstvě (Pa),  $\Delta p$  je podtlak v interiéru (Pa),  $J$  je rychlost přísunu radonu do místnosti (Bq/h),  $n_{vv}$  je násobnost výměny vzduchu ve ventilační vrstvě (1/h) a  $V_{vv}$  je objem ventilační vrstvy ( $\text{m}^3$ ).

Objem ventilační vrstvy  $V_{vv}$  je přitom z důvodu bezpečnosti návrhu určen jako nejmenší možný objem vzduchu ve ventilační vrstvě příslušící ploše kontaktní konstrukce v přímém styku se zemínou. Způsob stanovení  $V_{vv}$  v závislosti na rozsahu umístění ventilační vrstvy je zřejmý z Tab. 3:

ventilační vrstva	výpočet $V_{vv}$
jen v podlaze	$V_{vv}=A_p \cdot h_{vv}$
jen v suterénní stěně	$V_{vv}=A_s \cdot h_{vv}$
v podlaze i ve stěně	$V_{vv}=(A_s + A_p) \cdot h_{vv}$

Ze způsobu určení  $V_{vv}$  vyplývá, že zadávat ventilační vrstvu v podlaze i ve stěně má smysl jen tehdy, jde-li o podsklepený objekt, kde jsou hodnoty  $A_s$  i  $A_p$  nenulové.

Návrh izolace se provede porovnáním vztahů (1) a (2). Do vztahu (2) program místo  $C_s$  dosadí koncentraci radonu ve ventilační vrstvě  $C_{vv}$  a pro součinitel  $\alpha_1$  použije hodnotu z Tab. 2 v závislosti na způsobu větrání ventilační vrstvy.

## f. Kombinace protiradonové izolace s izolačním podlažím

Cílem výpočtu je navrhnout minimální tloušťku protiradonové izolace do stropní konstrukce nad izolačním podlažím.

### i. Nové stavby

Návrh izolačního podlaží do nové stavby vyžaduje tyto doplňující informace:

**Intenzita  
výměny  
vzduchu**

#### Intenzita výměny vzduchu v izolačním podlaží $n_{ip}$

Za  $n_{ip}$  se dosazuje počet výměn vzduchu v izolačním podlaží za hodinu stanovený na základě navrženého způsobu provětrávání izolačního podlaží.

Intenzitu výměny vzduchu v izolačním podlaží lze obecně stanovit ze vztahu:

$$n_{ip} = \frac{Q_{ie}}{V_{ip}},$$

kde  $Q_{ie}$  je objemové množství větracího vzduchu pronikajícího do izolačního podlaží z exteriéru nebo z interiéru ( $\text{m}^3/\text{h}$ ) a  $V_{ip}$  je objem vzduchu v izolačním podlaží ( $\text{m}^3$ ). Hodnota  $Q_{ie}$  je část z celkového objemového toku vzduchu odváděného z izolačního podlaží  $Q_{ip}$ , který je definován jako

$$Q_{ip} \geq Q_{ie} + Q_p,$$

kde  $Q_p$  je objemové množství vzduchu pronikající do izolačního podlaží z podlaží ( $\text{m}^3/\text{h}$ ). Hodnotu  $Q_p$  lze u stávajících budov určit přibližně ze vztahu

$$Q_p = \frac{J_{ip}}{C_t},$$

kde  $J_{ip}$  je rychlost přísunu radonu do izolačního podlaží (Bq/h) a  $C_t$  je průměrná koncentrace radonu v trhlínách ( $\text{Bq/m}^3$ ). U novostaveb je nutné hodnotu  $Q_p$  odhadnout.

**Výška  
izol.podlaží**

**Výška izolačního podlaží  $h_p$**

Dosazuje se světlá výška izolačního podlaží, tj. jedná se o výšku vzduchové mezery.

**Povrch zeminy****Povrch zeminy v izolačním podlaží neprodyšně upravený/neupravený**

Za neupravený povrch se považuje volný povrch zeminy a povrch, který umožňuje nekontrolovatelnou konvekci vzduchu, např. dlažby kladené volně do zeminy, písku, škváry, rozrušené nebo silně popraskané betony atd.

Za upravený povrch se považuje povrch překrytý izolačními pásy se svařenými spoji, nebo povrch opatřený kvalitními soudržnými betonovými nebo asfaltovými vrstvami. Podmínkou pro zaškrtnutí kategorie "upraveného" povrchu je znalost součinitele difuze radonu v neprodyšné úpravě.

**Návrh izolačního podlaží při neprodyšné povrchové úpravě zeminy**

V případě, že zvolíte upravený povrch zeminy je nutno ještě zadat tloušťku povrchové úpravy  $d_1$  a její součinitel difuze radonu  $D_1$ .

Program postupně počítá následující veličiny:

- difuzní délku radonu  $l_1$  v povrchové úpravě

$$l_1 = \sqrt{\frac{D_1 \cdot 3600}{\lambda}} \quad (\text{m}) \quad (7)$$

- rychlost plošné exhalace radonu z povrchové úpravy  $E_1$

$$E_1 = \alpha_1 \cdot l_1 \cdot \lambda \cdot C_s \cdot \frac{1}{\sinh\left(\frac{d_1}{l_1}\right)} \quad (\text{Bq/m}^2 \cdot \text{h}) \quad (8)$$

- koncentraci radonu v izolačním podlaží  $C_{ip}$  (podle čl. 6.5.12 normy)

$$C_{ip} = \frac{E_1 \cdot A}{n_{ip} \cdot V_{ip}} = \frac{E_1 \cdot A}{n_{ip} \cdot A \cdot h_{ip}} = \frac{E_1}{n_{ip} \cdot h_{ip}} \quad (\text{Bq/m}^3) \quad (9)$$

Za součinitel  $\alpha_1$  dosazuje program do vztahu (8) hodnotu z Tab. 2 pro samotnou protiradonovou izolaci.

Návrh protiradonové izolace se provede porovnáním vztahů (1) a (2). Do vztahu (2) program místo  $C_s$  dosadí koncentraci radonu v izolačním podlaží  $C_{ip}$  a za součinitel  $\alpha_1$  dosadí 1.

**Návrh izolačního podlaží při neupraveném povrchu zeminy**

V tomto případě program již bez dalších doplňujících údajů přímo podle čl. 6.5.13 normy vypočítá koncentraci radonu v izolačním podlaží.

$$C_{ip} = \lambda \cdot \frac{C_s}{n_{ip}} \quad (\text{Bq/m}^3) \quad (10)$$

Návrh izolace se provede porovnáním vztahů (1) a (2). Do vztahu (2) program místo  $C_s$  dosadí koncentraci radonu v izolačním podlaží  $C_{ip}$  a pro součinitel  $\alpha_1$  použije hodnotu 1.

**ii. Stávající stavby**

Úpravu izolačního podlaží ve stávající stavbě je možné provést jen na základě změřené koncentrace radonu v izolačním podlaží. Tuto hodnotu si proto program vyžádá. Upozorňujeme, že pro výpočet lze použít výsledky jen průkazných měření prováděných v souladu s Bezpečnostními návody SÚJB.

Návrh izolace se provede porovnáním vztahu (1) a (2). Do vztahu (2) program místo  $C_s$  dosadí změřenou a zadanou koncentraci radonu v izolačním podlaží  $C_{ip}$  a pro součinitel  $\alpha_1$  použije hodnotu 1.

**Poznámka**

V případě stávajících staveb lze výpočet provést i rychleji bez zadávání doplňujících údajů. V tomto případě dosadíte místo  $C_s$  změřené  $C_{ip}$  a zvolíte kategorii propustnosti zeminy „vzduch“.

**g. Kombinace protiradonové izolace s kontaktním podlažím**

Cílem výpočtu je navrhnout minimální tloušťku protiradonové izolace od stropní konstrukce nad kontaktním podlažím, které však musí být bez obytných místností. Protože se v



principu jedná o stejnou úlohu, jako při kombinaci s izolačním podlažím, lze pro výpočet využít doplňujících údajů pro izolační podlaží. Dosazované veličiny jsou shodné, dotýkají se však kontaktního podlaží.

### *i. Nové stavby*

Vzhledem k tomu, že kontaktní podlaží musí mít kontaktní konstrukce vždy minimálně v 2. kategorii těsnosti (tj. s izolací), je třeba zvolit variantu s upraveným povrchem zeminy.

V případě, že obvodové stěny kontaktního podlaží nejsou v kontaktu s podložím ( $A_s$  je nulové), je další výpočet zcela analogický s izolačním podlažím.

V případě, že obvodové stěny kontaktního podlaží jsou v kontaktu s podložím ( $A_s > 0$ ), vypočítá se koncentrace radonu v kontaktním podlaží podle vztahu:

$$C_{kp} = \frac{E \cdot (A_s + A_p)}{n_{kp} \cdot A_p \cdot h_{kp}} \quad (\text{Bq/m}^3) \quad (11).$$

Aby mohl být použit stejný výpočtový mechanismus jako pro izolační podlaží, je třeba místo světlé výšky  $h_{kp}$  zadat opravenou výšku:

$$h''_{kp} = h_{kp} \cdot \frac{A_p}{A_s + A_p} \quad (\text{m}) \quad (12).$$

Další výpočet je již analogický s izolačním podlažím.

Vyjde-li u nových staveb koncentrace radonu v kontaktním podlaží menší než dvojnásobek směrné hodnoty, tj.  $400 \text{ Bq/m}^3$ , není nutné podle čl. 6.6.3a normy do stropní konstrukce nad kontaktním podlažím navrhovat protiradonovou izolaci.

### *ii. Stávající stavby*

Úprava kontaktního podlaží ve stávající stavbě se provede shodně s izolačním podlažím ve stávající stavbě.

### ***Poznámka k vypočteným hodnotám:***

Pokud nebude zadání pro výpočet kompletní a přesto bude výpočet požadován, vytisknou se místo hodnot tloušťky protiradonové izolace otazníky.

Pokud vyjde tloušťka protiradonové izolace nulová znamená to, že izolaci není nutné dimenzovat z hlediska difuze radonu. Navrhne se jakákoli izolace zabraňující konvekci v minimální výrobní tloušťce.

## B. Zákulisí programu RnKoncentrace

### a. Výpočet koncentrace radonu v místnosti

Koncentrace radonu v místnosti

Z parametrů zadaných konstrukcí vypočte program přírůstek koncentrace radonu ve výpočtové místnosti způsobený exhalací ze stavebních materiálů podle vztahu:

$$C = \frac{\sum (E_a \cdot A)}{n \cdot V} \quad [\text{Bq/m}^3] \quad (1)$$

kde

plošná rychlost emise radonu

$E_a$  .... plošná rychlost emise radonu z konstrukce [Bq/(m<sup>2</sup>.h)]

Plošná rychlost emise radonu  $E_a$  se zjistí buď přímým měřením na konstrukci, nebo výpočtem na základě laboratorního rozboru vzorků odebraných z konstrukce, při kterém se stanovuje hmotnostní aktivita rádia-226 ( $a_{Ra}$ ) a koeficient emanace ( $f$ ) v odebraném stavebním materiálu. Množství vzorků od každého materiálu se stanoví v závislosti na rozsahu použití daného materiálu a na výsledcích radiační diagnostiky.

plocha konstrukce

$A$  .... plocha stavební konstrukce [m<sup>2</sup>]

Dosazuje se plocha jen takové konstrukce, která je charakterizovaná plošnou rychlostí emise radonu  $E_a$ .

intenzita výměny vzduchu

$n$  .... intenzita výměny vzduchu ve výpočtové místnosti [h<sup>-1</sup>]

Za hodnotu  $n$  se dosazuje počet výměn vzduchu ve výpočtové místnosti za hodinu.

Pro hygienickou výměnu vzduchu v místnosti je obvykle nutné dosáhnout hodnot cca 0,3 až 0,5 h<sup>-1</sup>. Pro stanovení intenzity výměny vzduchu v dané místnosti lze využít pomocný výpočet zohledňující infiltraci vzduchu spárami oken v závislosti na typu budovy, její poloze a nadmořské výšce.

objem místnosti

$V$  .... objem výpočtové místnosti [m<sup>3</sup>]

Objem  $V$  je objem vzduchu ve výpočtové místnosti - proto se počítá ze světlých rozměrů.

### b. Výpočet plošné rychlosti emise radonu

Výpočet rychlosti emise

Norma ČSN 730602 rozlišuje při výpočtu plošné rychlosti emise radonu mezi konstrukcemi jednovrstvými stejnorodými a mezi konstrukcemi vícevrstevnými a nestejnorodými.

#### i. Jednovrstvá stejnorodá konstrukce

Plošná rychlost emise radonu z povrchu jednovrstvé a stejnorodé konstrukce se podle ČSN 730602 vypočte ze vztahu:

$$E_a = a_{Ra} \cdot \rho \cdot f \cdot \lambda \cdot d_m \quad [\text{Bq/(m}^2 \cdot \text{h)}] \quad (2)$$

kde

hmotnostní aktivita Ra-226

$a_{Ra}$  ... hmotnostní aktivita Ra-226 ve stavebním materiálu [Bq/kg]

Hmotnostní aktivita se získá měřením na vzorcích o hmotnosti cca 1 kg odebraných z konstrukce. Měření je schopna provést každá laboratoř vlastní povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

koeficient emanace

$f$  ... koeficient emanace [-]

Koeficient emanace se získá měřením na vzorcích o hmotnosti cca 1 kg odebraných z konstrukce. Měření je schopna provést každá laboratoř vlastní povolení Státního úřadu pro jadernou bezpečnost.

objemová hmotnost

$\rho$  ... objemová hmotnost stavebního materiálu [kg/m<sup>3</sup>]

Hodnotu objemové hmotnosti je možno stanovit laboratorně (na stejných vzorcích určených pro změření hmotnostní aktivity a koeficientu emanace).

**tloušťka materiálu**

$d_m$  ... **tloušťka materiálu, z které proniká radon difúzí do interiéru [m]**  
U povrchových úprav (omítek, obkladů, dlažeb atd.) se za  $d_m$  dosazuje celá jejich tloušťka. U vnitřních stěn a stropů se ze  $d_m$  zadává polovina jejich tloušťky. U vnějších stěn se  $d_m$  volí v intervalu polovina tloušťky až celá tloušťka.

**přeměnová konstanta**

$\lambda$  ... **přeměnová konstanta radonu [0,00756 h<sup>-1</sup>]**

## ii. Vícevrstvá nestejnorodá konstrukce

Plošná rychlost emise radonu z povrchu vícevrstevných a nehomogenních konstrukcí se získá řešením parciální diferenciální rovnice transportu radonu ve stacionárním stavu:

**Parciální diferenciální rovnice**

$$D_e \left( \frac{\partial^2 C_s}{\partial x^2} \right) - \frac{1}{p} \left( u \frac{\partial C_s}{\partial x} \right) + G - \lambda C_s = 0, \quad (3)$$

kde  $C_s$  je koncentrace radonu ve vzduchu v pórech materiálu [Bq.m<sup>-3</sup>],  
 $D_e$  je efektivní součinitel difúze radonu v materiálu [m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>],  
 $u$  je známá rychlost proudění vzduchu v materiálu [m.s<sup>-1</sup>],  
 $p$  je porozita materiálu [-],  
 $\lambda$  je rozpadová konstanta radonu [2,1.10<sup>-6</sup> s<sup>-1</sup>],  
 $G$  je rychlost tvorby radonu v materiálu [Bq.m<sup>-3</sup>.s<sup>-1</sup>], definovaná vztahem

$$G = \frac{a_{Ra} \lambda \rho_s f}{p}, \quad (4)$$

kde  $\rho_s$  je objemová hmotnost materiálu [kg.m<sup>-3</sup>],  
 $a_{Ra}$  je hmotnostní aktivita rádia Ra<sup>226</sup> v materiálu [Bq.kg<sup>-1</sup>],  
 $f$  je součinitel emanace radonu materiálu [-].

**Okrajové podmínky**

Okrajové podmínky pro rovnici (3) se běžně zavádějí dvě, a to Dirichletova

$$C_s = \bar{C}_s, \quad (5)$$

kde  $\bar{C}_s$  je předepsaná koncentrace radonu ve vzduchu na hranici [Bq.m<sup>-3</sup>],  
a Newtonova

$$-D_e \frac{\partial C_s}{\partial n} + \frac{1}{p} v_n (C_s - \bar{C}_s) = q_c, \quad (6)$$

kde  $\frac{\partial C_s}{\partial n}$  je derivace ve směru vnější normály k hranici,  
 $\vec{n}$  je jednotkový vektor ve směru vnější normály k hranici,  
 $\vec{v}_n$  je rychlost proudění vzduchu v materiálu ve směru normály k hranici [m.s<sup>-1</sup>],  
 $\bar{C}_s$  je předepsaná koncentrace radonu v prostředí sousedícím s hranicí [Bq.m<sup>-3</sup>],  
 $\vec{q}_c$  je předepsaná hodnota hustoty toku radonu na hranici [Bq.m<sup>-2</sup>.s<sup>-1</sup>], definovaná jako

$$\vec{q}_c = \alpha_c (C_s - \bar{C}_s) \vec{n}, \quad (7)$$

kde  $\alpha_c$  je „součinitel přestupu“ radonu<sup>1</sup> [2,0.10<sup>-3</sup> m<sup>2</sup>.s<sup>-1</sup>].

<sup>1</sup> Hodnota  $\alpha_c$  není zavedenou veličinou v daném oboru. Veličina byla odvozena na základě zjevné analogie mezi šířením tepla a radonu ze vztahu  $\alpha_c = D_a / b$ , kde  $D_a$  je součinitel difúze radonu ve vzduchu a  $b$  je tloušťka mezní přestupové vrstvy (opět je použit termín z oboru tepelné techniky). Pro zjištění prakticky použitelné hodnoty  $\alpha_c$  byla volena tloušťka mezní vrstvy  $b = 10$  mm. Výsledky výpočtových analýz ukazují, že volba tloušťky mezní vrstvy v rozmezí 10 až 100 mm ovlivní výsledky analýzy jen nepatrně (odchylky v řádu desetin Bq.m<sup>-3</sup>).

**Metoda  
konečných  
prvků**

Parciální diferenciální rovnici (3) lze řešit libovolnou numerickou metodou. V programu **RnKoncentrace** byla použita metoda konečných prvků. Při aplikaci této metody přejde rovnice (3) a okrajové podmínky (5) a (6) na tvar:

$$(K_d + K_k + K_\lambda + K_\alpha)C = q_\alpha + q_G, \quad (8)$$

kde  $K_d$  je matice vodivosti,  
 $K_k$  je matice konvekce,  
 $K_\lambda$  je matice rozpadu radonu,  
 $K_\alpha$  je matice okrajových podmínek,  
 $q_\alpha$  je část vektoru zdrojů (vliv okrajové podmínky)  
 $q_G$  je část vektoru zdrojů (vliv produkce radonu).

Další postup numerického řešení rovnice (8) odpovídá v programu **RnKoncentrace pro Windows** standardní aplikaci MKP.

**Rozložení tlaků  
vzduchu**

Před samotným řešením rovnice (8) je však nejprve nutné vyřešit rozložení tlaků vzduchu v hodnocené konstrukci a stanovit rychlosti proudění vzduchu konstrukcí. Rozložení tlaků vzduchu v konstrukci se získá řešením Laplaceovy rovnice:

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( k \frac{\partial P}{\partial x} \right) = 0 \quad (9)$$

kde  $P$  je tlak vzduchu [Pa],  
 $k$  je permeabilita (plynoprůstnost) prostředí [m<sup>2</sup>].

Permeabilita vybraných materiálů je uvedena v nápovědě programu. Pro vzduchové vrstvy lze stanovit „ekvivalentní“ permeabilitu vzduchu  $k_a$ , kterou lze definovat

$$k_a = \frac{b^2}{3}, \quad (10)$$

kde  $b$  je polovina tloušťky vzduchové vrstvy kolmo na směr proudění [m].

**Rychlost  
proudění  
vzduchu**

Rychlost proudění vzduchu v konstrukci lze stanovit na základě výsledků řešení rovnice (9) s pomocí Darcyho zákona

$$u = -\frac{k}{\mu} \frac{\partial P}{\partial x}, \quad (11)$$

kde  $\mu$  je dynamická viskozita vzduchu v pórech [1,7 · 10<sup>-5</sup> kg·m<sup>-1</sup>·s<sup>-1</sup>].

**Plošná rychlost  
emise radonu**

Plošnou rychlost emise radonu lze po vyřešení rovnice (8) stanovit na základě vztahu: (12)

$$E = E_d + E_k,$$

kde  $E_d$  je difuzní složka rychlosti emise radonu [Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>],  
 $E_k$  je konvektivní složka rychlosti emise radonu [Bq·m<sup>-2</sup>·h<sup>-1</sup>].

Difuzní složku rychlosti emise radonu lze vyjádřit

$$E_d = -D_e \frac{\partial C_s}{\partial x} p \quad (13)$$

Konvektivní složku rychlosti emise radonu lze vyjádřit vztahem

$$E_k = u C_s \quad (14)$$

kde  $u$  je rychlost proudění vzduchu v materiálu [m·s<sup>-1</sup>].

**iii. Postup programu RnKoncentrace**

Program **RnKoncentrace** používá pro výpočet plošné rychlosti emise radonu postup založený na parciální diferenciální rovnici (3). Tento způsob výpočtu umožňuje zahrnout do transportních mechanismů nejen difuzi, ale i konvekci. Je tedy výrazně obecnější, než postup uvedený pro jednovrstvé konstrukce ve vztahu (2), a proto byl v programu použit nejen pro vícevrstvé, ale i pro jednovrstvé konstrukce.

### c. Opatření snižující koncentraci radonu v místnosti

V programu jsou podporována čtyři základní protiradonová opatření - odstranění materiálů s vysokou emisí radonu, úprava vnitřního povrchu konstrukcí s vysokou emisí radonu, vytvoření ventilační vrstvy s protiradonovou izolací kolem konstrukcí s vysokou emisí radonu a vytvoření ventilační vrstvy bez protiradonové izolace kolem konstrukcí s vysokou emisí radonu.

#### i. Odstranění materiálů o vysoké plošné rychlosti emise radonu

**Odstranění materiálů**

Účinnost odstranění celé konstrukce nebo její části na výslednou koncentraci radonu v interiéru lze ověřit změnou plochy odpovídající konstrukce. V případě částečného odstranění materiálů, se sníží plochu konstrukce o odstraněnou plochu. Byla-li konstrukce odstraněna zcela, její plocha se vynuluje.

#### ii. Snížení emise radonu úpravou povrchu konstrukce

**Povrchová úprava**

Vliv povrchové úpravy (např. speciálního nátěru, tapety atd.) na koncentraci radonu v posuzované místnosti lze zjistit tak, že se u upravené konstrukce změní původní plošná rychlost emise radonu ( $E_a$ ) za plošnou rychlost emise radonu z upravené konstrukce ( $E_u$ ). Tuto veličinu lze zjistit buď přímo měřením na konstrukci nebo výpočtem pro vícevrstvou konstrukci. Výpočet je možný pouze za předpokladu, že je znám součinitel difuze radonu v povrchové úpravě a její tloušťka.

V případě, že je upraven celý povrch konstrukce, zadá se jen nová skladba konstrukce s povrchovou úpravou a plocha konstrukce zůstane stejná.

Je-li upravena pouze část konstrukce, je nutné konstrukci rozdělit na dvě - na původní neupravenou a na novou upravenou - a obě konstrukce zadat do výpočtu. Jako plocha upravené konstrukce se zadá upravená plocha zmenšená o součin ( $r \cdot l$ ), jako plocha zbylé neupravené konstrukce se zadá neupravená plocha zvětšená o součin ( $r \cdot l$ ). Význam veličin  $r$  a  $l$  je následující:

**délka rozhraní**

$r$  ... **délka rozhraní mezi upravenou a neupravenou plochou [m]**

Základem je délka křivky, která tvoří rozhraní mezi upravenou a neupravenou plochou. Jedná se vlastně o obvod upravené plochy. Tato délka se dále modifikuje v závislosti na difuzních vlastnostech okolních materiálů. Lze zanedbat takové části křivky (obvodu), které sousedí s materiály, jenž difuzi radonu významně omezují (hutné betony, PVC, atd.).

**Příklad:** Necht' je neprodyšně upravena celá plocha cihelné stěny o délce  $l$  a výšce  $v$ . Na obou jejich koncích se napojují další stěny ze stejného materiálu, které však nejsou povrchově upraveny.

- |   |               |
|---|---------------|
| 1. strop nad i pod dřevěný ..               | $r = 2v + 2l$ |
| 2. strop dřevěný, podlaha beton + PVC ..... | $r = 2v + l$  |
| 3. strop nad i pod železobetonový .....     | $r = 2v$      |

**difuzní délka radonu**

$l$  ... **difuzní délka radonu v materiálu konstrukce [m].**

Výše uvedeným odečtením a přičtením součinu ( $r \cdot l$ ) je do výpočtu zanesena skutečnost, že na vzdálenost difuzní délky, která u porézních stavebních materiálů může činit až 1 m, je radon schopen „obejít“ těsnou povrchovou úpravu a exhalovat do interiéru těsně za ní.

#### iii. Ventilační vrstva s protirad. izolací kolem konstrukcí o vysoké emisí radonu

**Ventilační vrstva s izolací**

Cílem výpočtu je snížit plošnou rychlost emise radonu z konstrukce, která je významným zdrojem radonu. Proniká-li danou konstrukcí do interiéru i radon z podloží, postupuje se podle ČSN 73 0601, tj. provede se návrh tloušťky protiradonové izolace nad ventilační vrstvou. V případech, kdy jediným zdrojem radonu je pouze vlastní konstrukce, je třeba nejprve dožadit typ izolace nad ventilační vrstvou, její tloušťku, výšku ventilační vrstvy a intenzitu výměny vzduchu ve ventilační vrstvě.

**Koncentrace ve ventil. vrstvě**

Ze zadaných parametrů program nejprve vypočte koncentraci radonu ve ventilační vrstvě podle vztahu:

$$C_{vv} = \frac{\sum (E_a \cdot A)}{n_{vv} \cdot h_{vv} \cdot \sum A} \quad [\text{Bq}/\text{m}^3] \quad (15),$$

kde

$\Sigma$  ... součet přes konstrukce s ventilační vrstvou

$n_{vv}$  ... intenzita výměny vzduchu ve ventilační vrstvě [ $\text{h}^{-1}$ ]

Za  $n_{vv}$  se dosazuje počet výměn vzduchu ve ventilační vrstvě za hodinu stanovený na základě navrženého způsobu provětrávání ventilační vrstvy. K výpočtu výměny vzduchu lze použít pomocný výpočet.

$h_{vv}$  ... výška ventilační vrstvy [m]

Dosazuje se světlá výška ventilační vrstvy, tj. jedná se o výšku vzduchové mezery. Bude-li na konstrukci ventilační vrstvy použito nopovaných plastických fólií, je třeba výšku ventilační vrstvy snížit obdobně jako v programu Radon pro Windows.

#### Plošná rychlost emise

Dále program vypočítá plošnou rychlost emise radonu z povrchu izolace nad ventilační vrstvou  $E_{vv}$ :

$$E_{vv} = l_i \cdot \lambda \cdot C_{vv} \frac{1}{\sinh(d/l_i)} \quad [\text{Bq}/(\text{m}^2 \cdot \text{h})] \quad (16)$$

kde

$d$  ... tloušťka izolace nad ventilační vrstvou [m]

$l_i$  ... difuzní délka radonu v izolaci [m].

Původní plošnou rychlost emise radonu z konstrukce  $E_a$  program nyní nahradí plošnou emisí z povrchu izolace nad ventilační vrstvou  $E_{vv}$ . Nový výpočet koncentrace radonu ve výpočtové místnosti podle vztahu (1) bude již proveden s plošnou emisí  $E_{vv}$ .

#### iv. Ventilační vrstva bez protirad. izolace kolem konstrukcí o vysoké emisi radonu

#### Ventilační vrstva bez izolace

Cílem výpočtu je navrhnout intenzitu výměny vzduchu ve ventilační vrstvě tak, aby v ní nedošlo k překročení směrné hodnoty koncentrace radonu pro stávající stavby, tj.  $400 \text{ Bq}/\text{m}^3$ . Aby mohl výpočet proběhnout, je třeba zadat výšku ventilační vrstvy  $h_{vv}$ , popř. upravenou výšku  $h_{vvs}$  (viz výše).

Dalším parametrem, který je třeba doplnit, je rychlost přísunu radonu do místnosti  $J$  plochou konstrukce, kolem níž bude vytvořena ventilační vrstva. Způsob zadání tohoto parametru se liší podle toho, zda danou konstrukcí proniká i radon z podloží, či nikoliv.

V případě, že danou konstrukcí radon z podloží proniká, zjistí se rychlost přísunu radonu  $J$  měřením. Hodnota  $J$  se převezme z protokolu radonové diagnostiky objektu.

V případech, kdy jediným zdrojem radonu je pouze vlastní konstrukce, vypočítá program rychlost přísunu jako  $\Sigma(E_a \cdot A)$ .

Nejmenší intenzitu výměny vzduchu ve ventilační vrstvě určí program ze vztahu:

$$n_{vv} = \frac{J}{400 \cdot h_{vv} \cdot \sum A} \quad [\text{h}^{-1}] \quad (17)$$

#### Poznámka

Pokud jsou v místnosti další konstrukce, které produkují radon a přitom u nich není provedena ventilační vrstva, je nutné provést znovu výpočet koncentrace  $R_n$  v místnosti a ověřit tak dostatečnost provedených protiradonových opatření. V rámci tohoto výpočtu se zanedbají konstrukce s ventilační vrstvou s minimální násobností výměny vzduchu odpovídající výše uvedené hodnotě  $n_{vv}$ .

### d. Opatření snižující dávkový příkon záření gama ve vzduchu

**Snížení příkonu  
překrytím  
povrchu  
materiálů**

Nejprve je třeba určit a zadat požadované zeslabení příkonu fotonového dávkového ekvivalentu  $Z$ , které je definováno jako poměr příkonu fotonového dávkového ekvivalentu se stínícím materiálem k příkonu fotonového dávkového ekvivalentu bez stínícího materiálu:

$$Z = \frac{H_s}{H_b} \quad [-] \quad (18)$$

kde

$H_s$  ... **příkon foton. dávk. ekvivalentu se stínícím materiálem [ $\mu\text{Sv/h}$ ]**

Za  $H_s$  dosazujeme takovou hodnotu, na kterou chceme snížit příkon. Význam tedy mají hodnoty příkonu nižší než směrná hodnota, tj.  $1 \mu\text{Sv/h}$ .

$H_b$  ... **příkon foton. dávk. ekvivalentu bez stínícího materiálu [ $\mu\text{Sv/h}$ ]**

Hodnota  $H_b$  se zjistí z na základě podrobného proměření stavby.

Po zvolení druhu stínícího materiálu program vypočte jeho tloušťku  $d$  řešením přibližné funkce:

$$\ln(Z) = a + b \cdot d + c \cdot d^2$$

Program počítá s následujícími hodnotami koeficientů  $a$ ,  $b$ ,  $c$ :

<b>Materiál</b>	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>c</b>
olovo	-2,160070E-4	-5,205243E-2	0
železo	2,115020E-4	-3,074046E-2	0
baryt ( $\rho = 3200 \text{ kg/m}^3$ )	2,560428E-2	-1,241558E-2	0
baryt ( $\rho = 2700 \text{ kg/m}^3$ )	1,291821E-3	-7,897447E-3	-3,252572E-5
beton ( $\rho = 2200 \text{ kg/m}^3$ )	1,744412E-2	-7,659927E-3	-1,036206E-5
cihla ( $\rho = 1900 \text{ kg/m}^3$ )	0,0356051	-6,865894E-3	-2,597280E-6
cihla ( $\rho = 1600 \text{ kg/m}^3$ )	3,858976E-2	-5,125834E-3	-1,573838E-6

## VSTUPNÍ DATA, CHYBY A TIPY

V této části můžete nalézt poznámky k přípravě vstupních dat a praktické tipy.

### **Příprava vstupních dat pro program Radon**

Zadávání popisu hodnocené místnosti nevyžaduje žádnou zvláštní přípravu.

Nezbytné je mít k dispozici půdorys a řez hodnocenou místností a samozřejmě i posudek o stanovení radonového indexu pozemku a výsledky dalších doplňkových měření.

Za výpočtovou místnost se zvolí taková, jejíž alespoň jedna ohraničující konstrukce je v kontaktu s podlažím a pro kterou lze očekávat nejnižší  $E_{mez}$ .

Jsou to místnosti, ve kterých je nejmenší poměr  $V_k/(A_p + A_s)$  nebo kde je nejmenší intenzita výměny vzduchu  $n$ .

Při navrhování protiradonové izolace do stropní konstrukce nad izolačním podlažím se vybere výpočtová místnost z místností nad izolačním podlažím.

### **Příprava vstupních dat pro program RnKoncentrace**

Zadávání popisu hodnocené místnosti nevyžaduje žádnou zvláštní přípravu.

Nezbytné je mít k dispozici půdorys a řez hodnocenou místností a samozřejmě i výsledky doplňkových měření.

### **Odstranění běžných chyb**

#### **Násobení deseti při zadávání čísel**

Pokud se zadané číslo při každém opuštění vstupní položky zvětší desetkrát, ťukněte na tlačítko **Start**, na příkaz **Nastavení** a **Ovládací panely**. Poklepejte na ikonu **Místní nastavení** (symbol zeměkoule) a podívejte se na nastavení **Číslo**. Formát by měl být nastaven tak, aby oddělovač skupin číslic byla mezera a desetinný oddělovač čárka nebo tečka. Pokud tomu tak není, oba oddělovače nastavte podle výše uvedeného pravidla. Pokud tomu tak je, a přesto se násobení deseti objevuje, oddělovače nastavte znovu. Stiskněte tlačítko **OK**.



## PŘÍLOHY

V této části můžete nalézt stručné postupy práce s programem a seznam literatury.

### A. Postupy práce s programem Radon

Pro úplné začátečníky uvádíme stručné postupy práce.

Ještě než začnete, **důležité upozornění**. Program má pro Vás připravenou kontextovou nápovědu ke všem položkám menu a k většině dalších ovládacích prvků.

Pokud si nebudete jisti, co se od Vás očekává, stiskněte bez obav klávesu **F1**.

#### Práce s novou úlohou

1. Vyberete příkaz Nová úloha z položky Soubor hlavního horizontálního menu.
2. Vyplňte údaje v horní části vstupního formuláře
3. Uložte vytvořená data pomocí příkazu Uložit úlohu z nabídky Soubor.
4. Zadejte doplňující data v dolní části vstupního formuláře - podle typu požadovaného výpočtu.
5. Vyberte příkaz Protiradonová izolace, Kombinace s drenáží, Kombinace s ventilační vrstvou nebo Kombinace s izolačním podlažím v nabídce hlavního menu.
6. Prohlédněte si výsledky v prohlížečím modulu a případně je vytiskněte.
7. Opusťte prohlížeč modul stiskem klávesy Esc nebo výběrem příkazu Konec v položce Soubor hlavního menu.
8. Opakujte v libovolném pořadí některý z předchozích kroků.

#### Práce s již existující úlohou

1. Vyberete příkaz Otevřít úlohu z položky Soubor hlavního horizontálního menu.
2. Vyberte si v dialogovém boxu jméno úlohy, případně i adresáře.
3. Podívejte se na vstupní formulář a případně ho upravte.
4. Uložte změny pomocí příkazu Uložit úlohu v nabídce Soubor.
5. Vyberte příkaz Protiradonová izolace, Kombinace s drenáží, Kombinace s ventilační vrstvou nebo Kombinace s izolačním podlažím v nabídce hlavního menu.
6. Prohlédněte si výsledky v prohlížečím modulu a případně je vytiskněte.
7. Opusťte prohlížeč modul stiskem klávesy Esc nebo výběrem příkazu Konec v položce Soubor hlavního menu.
8. Opakujte v libovolném pořadí některý z předchozích kroků.

### B. Postupy práce s programem RnKoncentrace

Pro úplné začátečníky uvádíme stručné postupy práce.

Ještě než začnete, **důležité upozornění**. Program má pro Vás připravenou kontextovou nápovědu ke všem položkám menu a k většině dalších ovládacích prvků.

Pokud si nebudete jisti, co se od Vás očekává, stiskněte bez obav klávesu **F1**.

#### Práce s novou úlohou

1. Vyberete příkaz Nová úloha z položky Soubor hlavního horizontálního menu.
2. Vyplňte údaje v horní části vstupního formuláře
3. Uložte vytvořená data pomocí příkazu Uložit úlohu z nabídky Soubor.
4. Zadejte parametry všech konstrukcí, které produkují radon, na karty v dolní části vstupního formuláře
5. Vyberte příkaz Koncentrace radonu či Rychlost emise v nabídce Výpočet hlavního menu.
6. Prohlédněte si výsledky v prohlížečím modulu a případně je vytiskněte.
7. Opusťte prohlížeč modul stiskem klávesy Esc nebo výběrem příkazu Konec v

položce Soubor hlavního menu.

8. Pokud nebudou výsledky vyhovující, vyberte libovolné opatření z nabídky Opatření.
9. Opakujte v libovolném pořadí některý z předchozích kroků.

### **Práce s již existující úlohou**

1. Vyberete příkaz Otevřít úlohu z položky Soubor hlavního horizontálního menu.
2. Vyberte si v dialogovém boxu jméno úlohy, případně i adresáře.
3. Podívejte se na vstupní formulář a případně ho upravte.
4. Uložte změny pomocí příkazu Uložit úlohu v nabídce Soubor.
5. Vyberte příkaz Koncentrace radonu či Rychlost emise v nabídce Výpočet hlavního menu.
6. Prohlédněte si výsledky v prohlížečím modulu a případně je vytiskněte.
7. Opusťte prohlížeč modul stiskem klávesy Esc nebo výběrem příkazu Konec v položce Soubor hlavního menu.
8. Pokud nebudou výsledky vyhovující, vyberte libovolné opatření z nabídky Opatření.
9. Opakujte v libovolném pořadí některý z předchozích kroků.

## **C. Seznam použité literatury**

- [1] ČSN 730601 Ochrana staveb proti radonu z podloží, ČNI Praha 2006
- [2] ČSN 730602 Ochrana staveb proti radonu a gama záření ze stavebních materiálů, ČNI Praha 2006
- [3] ČSN 730540 Tepelná ochrana budov, ČNI Praha 1994
- [4] ČSN 060210 Výpočet tepelných ztrát budov, ČNI Praha 1994
- [5] **Jiránek, M.:** Problematika radonu v objektech pozemních staveb, KDP, FSv ČVUT, Praha 1994.
- [6] **Svoboda, Z.:** Numerické řešení kombinovaného přenosu látky difuzí a konvekcí, DDP, FSv ČVUT, Praha 1997.

## **D. Spojení na firmu**

Pokud budete potřebovat z jakýchkoli důvodů navázat spojení s výrobcem programu, použijte prosím následující kontakt:

**doc. Dr. Ing. Zbyněk Svoboda**

**5. května 3242**

**272 01 Kladno**

**tel./zázn./fax: 312 243 160**

**m. tel.: 606 227 420**

**e-mail: svoboda@kcad.cz**

**svoboda.zbynek@quick.cz**