

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra konstrukcí pozemních staveb

Thákurova 7, 166 29 Praha 6

METODIKA PRO OPTIMALIZACI PROTIRADONOVÝCH OPATŘENÍ

Objednatel : **ČR – Státní úřad pro jadernou bezpečnost**
Senovážné náměstí 9
110 01 Praha 1

Vypracoval : **prof. Ing. Martin Jiránek, CSc.**
Fakulta stavební ČVUT
Katedra Konstrukcí pozemních staveb
Thákurova 7
166 29 Praha 6

Datum : **27.října 2021**

OBSAH

1 ÚČEL METODIKY	3
2 SPECIFIKACE METODICKÉHO POSTUPU	3
3 TERMÍNY, DEFINICE A ZNAČKY	3
4 VŠEOBECNĚ	4
5 NÁKLADY NA OPATŘENÍ	5
6 HODNOTA ZDRAVOTNÍHO BENEFITU	8
7 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA OPATŘENÍ S HODNOTOU ZDRAVOTNÍHO BENEFITU	11
8 VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍHO OPATŘENÍ	11
9 KONTROLA SPLNĚNÍ CÍLŮ OPTIMALIZACE	12
10 SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVNÍ A NORMOVÉ PŘEDPISY	13

1 ÚČEL METODIKY

Metodika slouží k porovnání různých typů opatření proti radonu nebo gama záření ze stavebních materiálů a k výběru takového, které způsobem provedení, rozsahem a dobou trvání přinese co největší čistý přínos. Metodika je použitelná pro jakýkoliv typ stavby (bytová, školská, pracoviště, stavby pro poskytování zdravotnických a sociálních služeb atd.) a jakoukoliv koncentraci radonu nebo příkon prostorového dávkového ekvivalentu. Metodika může být použita i pro určitá pracoviště s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu.

2 SPECIFIKACE METODICKÉHO POSTUPU

U plánovaných staveb je metodika založena na principu porovnání nákladů na pořízení a provoz jednotlivých ochranných opatření po celou dobu předpokládaného užívání stavby. Za nejvhodnější se považuje opatření, které je nejméně finančně nákladné.

U stávajících staveb spočívá princip metodiky v porovnání dlouhodobých nákladů na jednotlivá opatření s finančním ohodnocením jejich zdravotního benefitu. Přípustné je pouze takové opatření, pro které finanční ohodnocení ušetřené kolektivní efektivní dávky převyší v době předpokládaného užívání stavby veškeré náklady spojené s pořízením a provozem ochranného opatření. Z přípustných opatření lze dle metodiky na základě hodnotících kritérií vybírat opatření podle nejvyššího čistého přínosu, nejvyšší ušetřené kolektivní efektivní dávky, nejnižší celkové ceny, nejnižší ceny za ušetřený manmSv, nejkratší doby návratnosti nebo nejnižších pořizovacích nákladů. Důležitost jednotlivých upřesňujících kritérií lze vyjádřit váhovým podílem od 0 do 100 %.

3 TERMÍNY, DEFINICE A ZNAČKY

Pro účely této metodiky platí termíny a definice podle ČSN 73 0601:2019, ČSN 73 0602:2019 a dále uvedené termíny a definice.

3.1 Doba užívání stavby t_{uz} [rok] – předpokládaná doba budoucího užívání stavby po instalaci ochranného opatření

3.2 Celkové náklady na opatření N_{tuz} náklady na pořízení a provozování opatření za celou dobu užívání stavby včetně nákladů na eliminaci negativních projevů opatření

3.3 Ušetřená kolektivní efektivní dávka K_{tuz} [manmSv] – součet ušetřených kolektivních efektivních dávek od snížení koncentrace radonu $K_{Rn,tuz}$ a od snížení příkonu prostorového dávkového ekvivalentu $K_{Gama,tuz}$; počítá se za celou dobu užívání stavby t_{uz}

3.4 Hodnota zdravotního benefitu $F_{BEN,tuz}$ [Kč] – finanční ohodnocení ušetřené kolektivní efektivní dávky za celou dobu užívání stavby

3.5 Doba návratnosti t_{optim} [rok] – časový interval měřený od instalace opatření do okamžiku, v němž se celkové náklady na opatření právě rovnají hodnotě zdravotního benefitu $N_t = F_{BEN,t}$

3.6 Čistý přínos opatření P [Kč] – kladný rozdíl mezi hodnotou zdravotního benefitu a celkovými náklady na opatření

$$P = F_{BEN,tuz} - N_{tuz} \quad (1)$$

3.7 Cena ušetřeného manmSv N_K [Kč/manmSv] – celkové náklady na opatření vztažené na ušetřenou kolektivní efektivní dávku podle vztahu

$$N_K = \frac{N_{tuz}}{K_{Rn,tuz} + K_{Gama,tuz}} \quad [\text{Kč/manmSv}] \quad (2)$$

kde je

$K_{Rn,tuz}$ ušetřená kolektivní efektivní dávka od snížení koncentrace radonu za celou dobu užívání stavby t_{uz} [manmSv]

$K_{Gama,tuz}$ ušetřená kolektivní efektivní dávka od snížení příkonu prostorového dávkového ekvivalentu za celou dobu užívání stavby t_{uz} [manmSv]

3.8 Optimalizované opatření – opatření, jehož hodnota zdravotního benefitu překročí v době užívání stavby celkové náklady na pořízení a provoz opatření

3.9 Nejvhodnější opatření – optimalizované opatření s nejvyšším součtem vážených bodů ze všech hodnotících kritérií

3.10 Nová stavba – nově projektovaná nebo stavěná stavba včetně přístaveb

3.11 Stávající stavba – dokončená nebo užívaná stavba a jejich změny vyjma přístaveb

4 VŠEOBECNĚ

4.1 Cílem optimalizace je vybrat pro danou stavbu nejvhodnější opatření ke snížení koncentrace radonu nebo příkonu prostorového dávkového ekvivalentu. U nových staveb je nejvhodnějším opatřením takové, které má nejnižší celkové náklady. U stávajících staveb je nejvhodnějším opatřením takové, které má na konci užívání stavby nejvyšší čistý přínos.

4.2 U nových staveb se vhodná opatření pro optimalizační analýzu vyberou v souladu s ČSN 73 0601:2019 na základě radonového indexu stavby, návrhové hodnoty koncentrace radonu ve stavbě, návrhové intenzity větrání, typu stavby a přítomnosti rizikových faktorů (podlahové topení, propustný podsyp).

4.3 U stávajících staveb se vhodná opatření pro optimalizační analýzu vyberou v souladu s ČSN 73 0601:2019 a ČSN 73 0602:2019 na základě návrhové hodnoty koncentrace radonu ve stavbě, návrhové intenzity větrání, návrhového příkonu prostorového dávkového ekvivalentu, výsledků diagnostických měření, účinnosti jednotlivých opatření a stavebnětechnického stavu stavby.

4.4 Pro optimalizační analýzu se vybírají pouze taková opatření, která mají současně všechny následující vlastnosti:

- jejich účinnost dokáže zajistit pokles koncentrace radonu nebo příkonu prostorového dávkového ekvivalentu na návrhovou hodnotu;
- jsou v dané stavbě realizovatelná;
- nemohou zhoršit stavebně technický stav stavby;
- jsou navržena podle ČSN 73 0601:2019 a ČSN 73 0602:2019;
- majitel stavby s nimi souhlasí.

4.5 U nových staveb se optimalizační analýza provádí na základě stanovení doby užívání stavby a celkových nákladů na pořízení a provoz každého opatření majícího vlastnosti podle 4.4.

4.6 U stávajících staveb se optimalizační analýza provádí na základě stanovení doby užívání stavby, celkových nákladů na pořízení a provoz každého opatření majícího vlastnosti podle 4.4. a hodnoty ušetřené kolektivní efektivní dávky za dobu užívání stavby.

4.7 Doba užívání stavby t_{uz} se stanoví jako nejkratší doba z následujících možností:

- Předpokládaná zbytková životnost stavby (uplatní se zejména u starších staveb v horším technickém stavu);
- Životnost uvažovaného protiradonového opatření nebo opatření ke snížení příkonu prostorového dávkového ekvivalentu (o životnosti opatření rozhodují zejména jeho strojní a elektrické části, jako jsou například ventilátory, turbíny, rekuperační výměníky a systémy řízení a regulace. Jejich životnost se zpravidla pohybuje kolem 10 až 15 let, ale může být prodloužena jejich výměnou. Náklady na výměnu musí být zahrnuty do nákladů na servis a údržbu.);
- 30 let. V průměru každých 30 let dochází k většímu zásahu do konstrukce objektů v důsledku jejich modernizace. Významně se například mění těsnost obálky budovy, způsob vytápění a větrání atd. Skutečné hodnoty všech vstupních parametrů, na nichž je výpočet optimalizace založen, se tak budou po 30 letech významně lišit od hodnot, s kterými byl proveden výpočet. Nemá proto smysl uvažovat delší časové období než je 30 let.

5 NÁKLADY NA OPATŘENÍ

5.1 Celkové náklady na opatření jsou součtem jednorázových investičních nákladů a pravidelně se opakujících nákladů na provoz a údržbu a popřípadě i na pokrytí tepelných ztrát objektu nebo eliminaci jiných negativních dopadů, jsou-li jejich provozem vyvolány. Náklady na ochranná opatření jsou funkcí času t a stanoví se podle vztahu (3). Celkové náklady na opatření N_{tuz} za celou dobu užívání stavby se stanoví podle vztahu (3) pro $t = t_{uz}$.

$$N_t = IN + N_s \cdot \frac{(1+r_s)^t - 1}{r_s} + N_e \cdot \frac{(1+r_e)^t - 1}{r_e} + N_Q \cdot \frac{(1+r_Q)^t - 1}{r_Q} \quad [\text{Kč}] \quad (3)$$

kde je

- N_t celkové náklady v roce t [Kč];
 IN investiční náklady [Kč];
 N_s roční náklady na servis a údržbu [Kč/rok];
 r_s průměrný roční růst nákladů na servis a údržbu [-];
 N_e roční náklady na provozní energie [Kč/rok];
 r_e průměrný roční růst nákladů na provozní energie [-];
 N_Q roční náklady pokrývající tepelné ztráty větráním [Kč/rok];
 r_Q průměrný roční růst nákladů na pokrytí tepelných ztrát větráním [-];
 t čas [rok].

5.2 Investiční náklady jsou součtem nákladů na následující činnosti:

- a) průzkum in situ (například prohlídka stávajícího stavu objektu, zaměření objektu atd.);
- b) doplňková diagnostická měření (měření koncentrace radonu, intenzity větrání a příkonu prostorového dávkového ekvivalentu jakožto vstupní podklad pro vypracování projektu ochranných opatření);
- c) projekt ochranných opatření;
- d) dodávka a montáž opatření;
- e) kontrolní a popřípadě i mezioperační měření (měření po zakončení určité fáze realizace ochranného opatření a po dokončení celého opatření k prokázání funkčnosti opatření);
- f) regulace aktivních prvků (nastavení výkonu a provozního režimu ventilátorů atd.).

5.3 Roční náklady na servis a údržbu zahrnují náklady, které se opakují v pravidelných ročních intervalech, jako jsou náklady na výměnu filtrů ve vzduchotechnických zařízeních nebo náklady na čištění vzduchovodů. Dále se sem započítávají náklady, které se vynakládají nepravidelně, jednou za několik let. Jedná se například o revize, servisní prohlídky, ale i případnou výměnu ventilátorů, se kterou je třeba počítat zpravidla jednou za 10 let. Výši těchto nepravidelných nákladů je třeba dopředu odhadnout a zahrnout do výpočtu v podobě ročních plateb. Tak například ventilátor o ceně 9000,- Kč vyměňovaný jednou za 10 let se zohlední roční částkou 900,- Kč ročně.

5.4 Průměrný roční růst nákladů na servis a údržbu se uvažuje průměrnou hodnotou ročního růstu cen servisních prací a cen náhradních dílů (filtry, ventilátory atd.). Doporučuje se dosazovat dlouhodobý průměr za období, které svou délkou odpovídá předpokládané době užívání ozdravené stavby, nebo alespoň za období 10 let.

5.5 Roční náklady na provozní energie jsou ve většině případů náklady pokrývající spotřebu elektrické energie nutné k provozu ventilátorů. Stálé měsíční platby se nezahrnují, protože jsou placeny i bez ohledu na existenci ochranného opatření.

5.6 Průměrný roční růst nákladů na provozní energie se uvažuje průměrnou hodnotou ročního růstu ceny elektrické energie. Doporučuje se dosazovat dlouhodobý průměr za období, které svou délkou odpovídá předpokládané době užívání ozdravené stavby, nebo alespoň za období 10 let. Vždy se vychází z cen konkrétního dodavatele elektřiny.

5.7 Roční náklady pokrývající tepelné ztráty větráním se vypočítají podle vztahu (4).

$$N_Q = C_Q \cdot 2,778 \cdot 10^{-7} \cdot (1 - \eta) \cdot Q \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_{m=1}^9 24 \cdot d_m (\theta_i - \theta_{me}) \quad [\text{Kč/rok}] \quad (4)$$

kde je

- C_Q cena tepla podle druhu paliva [Kč/kWh]
 η účinnost zařízení pro zpětné získávání tepla [-]
 Q množství větracího vzduchu [m³/h]
 ρ_a hustota vzduchu [1,230 kg/m³]
 c_a měrná tepelná kapacita vzduchu [1005 J/kg.K]

- d_m počet dní v příslušném topném měsíci
 m počet topných měsíců (od září do května)
 θ_{me} průměrná teplota venkovního vzduchu v příslušném měsíci [K]
 θ_i teplota vzduchu v interiéru [K] (uvažuje se hodnotou pro $\theta_i = 20$ °C)
 $2,778 \cdot 10^{-7}$ převod Joulů na kWh

Poznámky:

- 1) Účinnost rekuperace se zadává podle typu rekuperačního výměníku v závislosti na množství větracího vzduchu.
- 2) Cenu tepla podle typu paliva a průměrné venkovní teploty vzduchu v lokalitě posuzované stavby lze nalézt například na www.tzb-info.cz.
- 3) Předpokládá se, že ztráty tepla jsou pokryty zvýšeným výkonem stávajícího topného systému. U systémů, kde palivem je zemní plyn nebo elektřina se cena za spotřebovanou energii stanoví bez stálé měsíční platby (ta by byla placena i bez ochranného opatření).
- 4) U ochranných opatření navržených za účelem zvýšení intenzity větrání v obytném prostoru, se množství větracího vzduchu Q zajišťující, že koncentrace radonu v interiéru stavby klesne pod návrhovou hodnotu C_{nh} , stanoví ze vztahu (5):

$$Q = \frac{C_{max}}{C_{nh}} \cdot n_m \cdot V \quad [\text{m}^3/\text{h}] \quad (5)$$

kde je

- C_{max} maximální hodnota koncentrace radonu změřená v obytném prostoru stavby [Bq/m³];
 C_{nh} návrhová hodnota koncentrace radonu [Bq/m³];
 n_m intenzita větrání v době měření C_{max} [h⁻¹];
 V objem větraného prostoru [m³].

- 5) U ochranných opatření, která nejsou přímo navržena ke zvyšování intenzity větrání obytného prostoru, ale tuto intenzitu zvyšují v důsledku své jiné ochranné činnosti, se množství větracího vzduchu Q určí individuálním postupem na základě vhodně zvolených doplňkových měření, například tlakových rozdílů, rychlostí proudění vzduchu atd. Příkladem takovýchto opatření je aktivní odvětrání podlaží, odvětrání izolačního podlaží nebo odvětrání vzduchových mezer ve stavebních konstrukcích – všechna tato opatření mohou v důsledku netěsností ve stavebních konstrukcích zvýšit intenzitu větrání přilehlého obytného prostoru.

5.8 Průměrný roční růst nákladů na pokrytí tepelných ztrát větráním se uvažuje průměrnou hodnotou ročního růstu ceny tepla podle druhu paliva použitého na krytí tepelných ztrát. Doporučuje se dosazovat dlouhodobý průměr za období, které svou délkou odpovídá předpokládané době užívání ozdravené stavby, nebo alespoň za období 10 let. Vždy se vychází z cen konkrétního dodavatele paliva.

6 HODNOTA ZDRAVOTNÍHO BENEFITU

6.1 Hodnota zdravotního benefitu se stanoví samostatně pro každé opatření mající vlastnosti podle 4.4.

6.2 Hodnota zdravotního benefitu $F_{BEN,t}$ se stanoví jako součin ušetřené kolektivní efektivní dávky v čase t a finančního ekvivalentu připadajícího na jeden ušetřený manmSv podle vztahu (6).

$$F_{BEN,t} = f_{ekv} \cdot (K_{Rn,t} + K_{Gama,t}) \quad (6)$$

kde je

f_{ekv} finanční ekvivalent připadající na jeden ušetřený manmSv; $f_{ekv} = 500$ Kč/manmSv;

$K_{Rn,t}$ ušetřená kolektivní efektivní dávka v čase t od snížení koncentrace radonu z hodnoty C_m na hodnotu C_{nh} [manmSv];

$K_{Gama,t}$ ušetřená kolektivní efektivní dávka v čase t od snížení příkonu prostorového dávkového ekvivalentu z hodnoty H_m na hodnotu H_{nh} [manmSv];

6.3 Ušetřená kolektivní efektivní dávka v čase t od snížení koncentrace radonu $K_{Rn,t}$ se stanoví podle vztahu (7).

$$K_{Rn,t} = t \cdot h_p \cdot \sum n_{Rn} t_{h,Rn} \cdot (C_m - C_{nh}) \quad (7)$$

kde je

h_p dávkový konverzní faktor [$h_p = 6,7 \cdot 10^{-6}$ mSv/Bqm⁻³h pro stavby určené k bydlení a běžná pracoviště; $h_p = 13,0 \cdot 10^{-6}$ mSv/Bqm⁻³h pro pracoviště se zvýšenou fyzickou aktivitou a v jeskyních];

$t_{h,Rn}$ čas strávený jednou osobou v koncentraci radonu C_m za rok [hod/osoba, rok];

n_{Rn} počet osob pobývajících v koncentraci radonu C_m po dobu $t_{h,Rn}$;

C_m koncentrace radonu ve stavbě stanovená podle 6.10 [Bq/m³];

C_{nh} návrhová hodnota koncentrace radonu [Bq/m³];

t počet let strávených v koncentraci radonu C_m [rok].

6.4 Ušetřená kolektivní efektivní dávka v čase t od snížení příkonu prostorového dávkového ekvivalentu $K_{Gama,t}$ se stanoví podle vztahu (8).

$$K_{Gama,t} = t \cdot \sum n_G t_{h,G} \cdot (H_m - H_{nh}) \cdot 10^{-3} \quad (8)$$

kde je

$t_{h,G}$ doba vystavení jedné osoby příkonu H_m za rok [hod/osoba, rok];

n_G počet osob vystavených příkonu H_m po dobu $t_{h,G}$;

H_m příkon prostorového dávkového ekvivalentu ve stavbě stanovený podle 6.12 [μSv/h];

H_{nh} návrhová hodnota příkonu prostorového dávkového ekvivalentu [μSv/h];

t počet let vystavení příkonu H_m [rok].

6.5 Za celou dobu užívání stavby se hodnota zdravotního benefitu $F_{BEN,tuz}$, ušetřená kolektivní efektivní dávka od snížení koncentrace radonu $K_{Rn,tuz}$ a ušetřená kolektivní efektivní dávka od snížení příkonu prostorového dávkového ekvivalentu $K_{Gama,tuz}$ stanoví podle vztahů (6), (7) a (8) pro $t = t_{uz}$.

6.6 Počty osob n_{Rn} a n_G se stanoví podle typu stavby. U bytových staveb se náklady na opatření i hodnota jejich zdravotního benefitu počítají vždy na jeden byt. Proto u těchto staveb hodnoty n_{Rn} a n_G vyjadřují počet osob připadajících na jeden byt, který se stanoví takto:

1. Počet obytných místností (místnosti o podlahové ploše alespoň 8 m^2 včetně kuchyně) se vynásobí 0,7 (počtem osob statisticky připadajících na jednu obytnou místnost).
2. Podlahová plocha obytných místností se vydělí 30 (obytnou plochou statisticky připadající na 1 osobu).

Výsledky se zaokrouhlí na jedno desetinné místo a za výsledný počet uživatelů bytu se použije větší z obou hodnot.

6.7 U jiných než bytových staveb se počty osob n_{Rn} a n_G stanoví podle následujících pravidel, která platí současně:

1. Je-li zdrojem radonu podloží, započítávají se jen osoby v pobytových prostorech všech kontaktních podlaží.
2. Jsou-li zdrojem radonu nebo zvýšeného příkonu prostorového dávkového ekvivalentu stavební materiály, započítávají se jen osoby v pobytových prostorech ohraničených stavebními konstrukcemi s vyšším obsahem přírodních radionuklidů.
3. Na pracovištích s materiálem se zvýšeným obsahem přírodního radionuklidu se započítávají jen osoby v prostorech, kde se s tímto materiálem pracuje.
4. Započítávají se jen osoby v místnostech, kde je potřeba provést optimalizaci ochranných opatření, tj., kde jsou překročeny referenční úrovně, nebo se hodnoty posuzovaných veličin k referenčním úrovním blíží (objekty mohou být půdorysně rozsáhlé, a proto nemá smysl počítat osoby v místnostech, kde není důvod k optimalizaci).
5. V jednotlivých místnostech je možné započítat jen tolik osob, kolik je pro daný účel místnosti schváleno pracovními předpisy nebo kolaudačním rozhodnutím (například 1 osoba v jednomístné kanceláři, 2 osoby v dvoulůžkovém hotelovém nebo nemocničním pokoji, 20 žáků ve třídě vyprojektované pro 20 žáků, i kdyby jich tam momentálně bylo 25 atd.).

6.8 Časy strávené jednou osobou $t_{h,Rn}$ a $t_{h,G}$ expozicí koncentraci radonu C_m , respektive expozicí příkonu H_m se stanoví podle typu stavby. U bytových staveb se vždy uvažují hodnotou 7000 hodin na osobu ročně. Na pracovištích s 8hodinovou pracovní dobou se uvažují hodnotou 2000 hodin na osobu ročně. U ostatních staveb (školy, ubytovací zařízení atd.) se tyto hodnoty stanoví individuálně podle způsobu využití jako dlouhodobý průměr pro jednotlivé místnosti pobytového prostoru.

6.9 Vyskytuje-li se v jiných než bytových stavbách několik navzájem různých skupin osob s různými časy $t_{h,Rn}$ nebo $t_{h,G}$ a exponovaných odlišným koncentracím radonu C_m nebo odlišným příkonům H_m , stanoví se ušetřená kolektivní efektivní dávka jako součet dílčích dávek vypočtených pro každou skupinu zvlášť. Proto Σ ve vztazích (7) a (8) reprezentují tolik součtů kolik je odlišně exponovaných skupin osob.

6.10 Koncentrace radonu v obytném prostoru stavby před realizací opatření C_m se stanoví pomocí průkazného měření prováděného podle Doporučení SÚJB metrologicky ověřenými měřidly a subjekty vlastníci k dané činnosti povolení SÚJB. Protože se koncentrace radonu mezi jednotlivými místnostmi obytného prostoru mohou výrazně lišit, stanoví se výsledná koncentrace radonu před opatřením C_m jako vážený průměr podle:

- 1) Podlahových ploch jednotlivých místností obytného prostoru (použije se vždy u bytů v rodinných a bytových domech a tam, kde je velký rozdíl v koncentracích mezi místnostmi o významně odlišných plochách);
- 2) Počtu osob v jednotlivých místnostech obytného prostoru (použije se tam, kde je velký rozdíl v koncentracích mezi místnostmi o významně odlišném počtu osob);
- 3) Času stráveného osobami v jednotlivých místnostech obytného prostoru (použije se tam, kde je velký rozdíl v koncentracích mezi místnostmi, v nichž se osoby vyskytují po významně odlišnou dobu).

Typ váženého průměru se v každém konkrétním případě zvolí tak, aby co nejvěrohodněji zobrazoval expozici osob v posuzovaném objektu.

6.11 Návrhová koncentrace radonu C_{nh} je hodnota koncentrace radonu, která má být v posuzované stavbě po realizaci protiradonových opatření dosažena. Musí být zvolena zejména s ohledem na účinnost opatření vhodných do dané stavby a v souladu s principy ALARA, výsledky diagnostických měření, stavebnětechnického průzkumu.

6.12 Příkon prostorového dávkového ekvivalentu v obytném prostoru stavby před realizací opatření H_m se stanoví pomocí průkazného měření prováděného podle Doporučení SÚJB metrologicky ověřenými měřidly a subjekty vlastníci k dané činnosti povolení SÚJB. Protože se příkony mezi jednotlivými místnostmi obytného prostoru mohou výrazně lišit, stanoví se výsledný příkon prostorového dávkového ekvivalentu před opatřením H_m jako vážený průměr podle:

- 1) Podlahových ploch jednotlivých místností obytného prostoru (použije se tam, kde zdroj zvýšeného příkonu prostorového dávkového ekvivalentu je rozptýlen po ploše místností a kde je zároveň velký rozdíl v příkonech mezi jednotlivými místnostmi);
- 2) Počtu osob v jednotlivých místnostech obytného prostoru (použije se tam, kde je velký rozdíl v příkonech mezi místnostmi o významně odlišném počtu osob);
- 3) Času stráveného osobami v jednotlivých místnostech obytného prostoru (použije se vždy u bytů v rodinných a bytových domech a tam, kde je velký rozdíl v příkonech mezi místnostmi, v nichž se osoby vyskytují po významně odlišnou dobu).

Typ váženého průměru se v každém konkrétním případě zvolí tak, aby co nejvěrohodněji zobrazoval expozici osob v posuzovaném objektu.

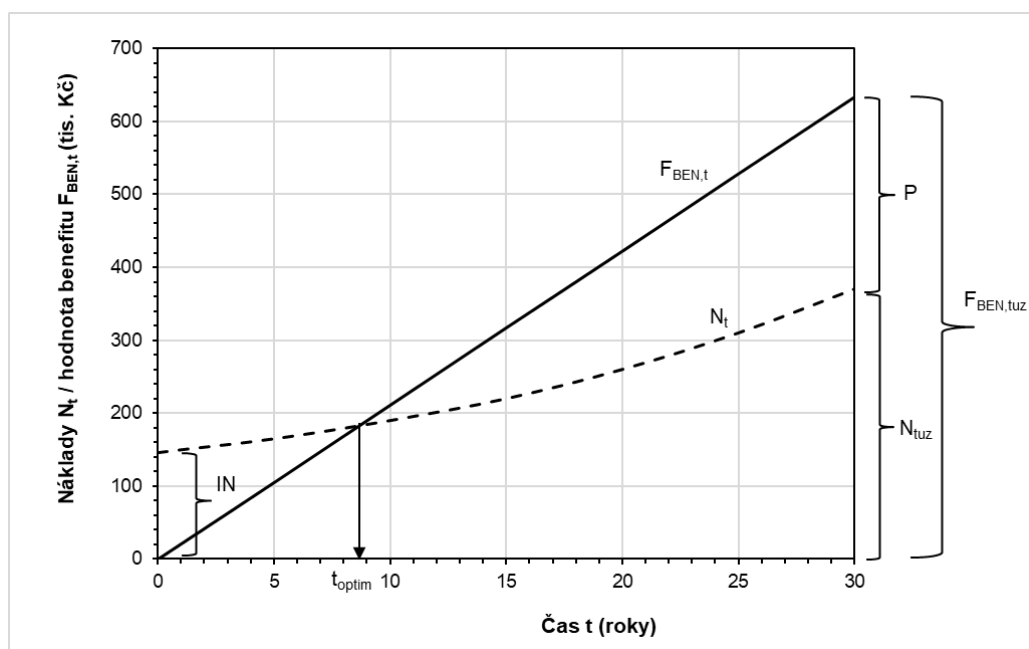
6.13 Návrhový příkon prostorového dávkového ekvivalentu H_{nh} je hodnota příkonu, která má být v posuzované stavbě po realizaci ochranných opatření dosažena. Musí být zvolena zejména s ohledem na účinnost opatření vhodných do dané stavby a v souladu s principy ALARA, výsledky diagnostických měření, stavebnětechnického průzkumu.

7 POROVNÁNÍ NÁKLADŮ NA OPATŘENÍ S HODNOTOU ZDRAVOTNÍHO BENEFITU

7.1 Porovnání nákladů na opatření s hodnotou zdravotního benefitu se provádí graficky. Pro každé opatření se do jednoho grafu s časem t na vodorovné ose vynese časový vývoj nákladů na opatření i finanční ohodnocení ušetřené kolektivní efektivní dávky. Jestliže má opatření nulové investiční náklady, začíná křivka nákladů N_t v počátku souřadného systému. V opačném případě začíná v bodě $[0, IN]$. Příмка zobrazující hodnotu benefitu $F_{BEN,t}$ začíná vždy v počátku souřadného systému (Obr. 1).

7.2 Jestliže v době kratší než je celková doba užívání stavby t_{uz} převýší hodnota benefitu náklady na opatření, tedy $F_{BEN,t} > N_t$, považuje se opatření za optimalizované. Jen z optimalizovaných opatření lze vybírat nejvhodnější opatření. Opatření, jehož hodnota benefitu nepřevýší náklady, by nemělo být realizováno.

7.3 Uplynutím doby návratnosti t_{optim} , což je časový okamžik, v němž se náklady na opatření rovnají hodnotě zdravotního benefitu, začne opatření produkovat čistý přínos P .



Obr. 1 – Příklad časového průběhu nákladů na opatření N_t a hodnoty zdravotního benefitu $F_{BEN,t}$ s vyznačeným čistým přínosem opatření P , dobou návratnosti t_{optim} , celkovými náklady na opatření za celou dobu užívání stavby N_{tuz} a celkovou hodnotou zdravotního benefitu za celou dobu užívání stavby $F_{BEN,tuz}$

8 VÝBĚR NEJVHODNĚJŠÍHO OPATŘENÍ

8.1 Nejvhodnější opatření se vybírá ze všech optimalizovaných opatření (viz 7.2) na základě následujících hodnotících kritérií:

- 1) čistý přínos P ;
- 2) ušetřená kolektivní efektivní dávka $K_{Rn,tuz} + K_{Gama,tuz}$;
- 3) celkové náklady na opatření N_{tuz} ;

- 4) cena za ušetřený manmSv N_K ;
- 5) doba návratnosti t_{optim} ;
- 6) investiční náklady IN ;
- 7) celkové roční provozní náklady $N_s + N_e + N_Q$.

8.2 Důležitost jednotlivých hodnotících kritérií se vyjádří váhovým podílem od 0 do 100 %. Hodnoty váhových podílů stanoví pro každé kritérium zadavatel optimalizační analýzy. Doporučuje se, aby nenulovou váhu obdržela alespoň dvě hodnotící kritéria, z nichž jedno je čistý přínos P , nebo cena za ušetřený manmSv N_K .

8.3 Nejvhodnější opatření se vybere následujícím postupem:

- 1) pro každé posuzované opatření se stanoví hodnoty hodnotících kritérií;
- 2) hodnoty hodnotících kritérií se převedou na body v rozmezí od 0 do 10 bodů s tím, že 10 bodů obdrží nejlepší výsledek ze všech opatření a 0 bodů nejhorší výsledek ze všech opatření. Mezilehlé výsledky obdrží body na základě lineární interpolace;
- 3) body v jednotlivých hodnotících kritériích se vynásobením váhami přemění na vážené body;
- 4) každé opatření je charakterizováno součtem vážených bodů;
- 5) nejvhodnějším opatřením je opatření s nejvyšším součtem vážených bodů.

8.4 Protokol o optimalizační analýze musí obsahovat hodnoty všech vstupních parametrů pro návrh jednotlivých opatření, přehled opatření neoptimalizovaných a u všech opatření optimalizovaných hodnoty všech hodnotících kritérií, součet vážených bodů a výsledné pořadí opatření.

9 KONTROLA SPLNĚNÍ CÍLŮ OPTIMALIZACE

9.1 V provozně a funkčně dokončené stavbě se měřením ověří, zda po realizaci nejvhodnějšího opatření došlo k naplnění cílů optimalizace, tzn. zda při návrhové intenzitě větrání není překročena návrhová koncentrace radonu. Ověření se provede průkazným měřením koncentrace radonu za současného měření intenzity větrání v jednotlivých místnostech pobytového prostoru. Vyhodnocení výsledků měření se provede podle článků 8.4 až 8.7 v ČSN 73 0601:2019.

9.2 Dosažená úroveň optimalizace ochrany proti radonu se vyjádří prostřednictvím radonového štítku budovy, který se vystaví v souladu s Přílohou C v ČSN 73 0601:2019.

7 SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVNÍ A NORMOVÉ PŘEDPISY

1. Vyhláška 422/2016 Sb. o radiační ochraně a zabezpečení radionuklidového zdroje
2. Atomový zákon 263/2016 Sb.
3. ČSN 73 0601 Ochrana staveb proti radonu z podloží. ČAS 2019
4. ČSN 73 0602 Ochrana staveb proti radonu a záření gama ze stavebních materiálů. ČAS 2019
5. <https://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii>