

5.1.2 Opatření zajišťující potřebnou výměnu vzduchu

Výše uvedená potřebná množství větracího vzduchu budou do objektu dodávána přirozeným způsobem větracím systémem AERECO. Přívod vzduchu u tohoto systému zajišťují větrací štěrbin EFR s pětipolohovou manuální regulací, které se osazují do oken v obytných místnostech. Každou větrací šterbinou EFR může být při tlakovém rozdílu 10 Pa dodáváno v závislosti na regulační pozici od 6 m³/h po 35 m³/h venkovního vzduchu. Odvod vzduchu obstarávají z koupelen a WC odsávací mřížky BXC napojené vzduchotechnickým potrubím na ventilátor, který zároveň zajišťuje potřebný tlakový rozdíl umožňující nasávání venkovního vzduchu. Větrací systém je rozdělen do třech samostatných sekcí – 1.NP, část 2.NP využívaná hasiči a 2.NP – byt.

Systém v 1.NP. Větrací štěrbin EFR jsou osazeny po jedné do oken v denní místnosti, dispečinku a kanceláři velitele a po dvou do posilovny. Celkem 5 štěrbin je schopno dodávat od 30 m³/h po 175 m³/h venkovního vzduchu, což odpovídá výše vypočítanému množství pro 1.NP. Odvod vzduchu zajišťují 3 odsávací mřížky umístěné do posilovny, koupelny a WC a na ně napojený ventilátor V4A, který s příkonem 12 – 22 W je schopen odsávat až 210 m³/h.

Systém v části 2.NP využívaného hasiči. Větrací štěrbin EFR jsou osazeny po jedné do oken v kuchyni, ložnici a jídelny. Celkem 3 štěrbin jsou schopny dodávat od 18 m³/h po 105 m³/h venkovního vzduchu, což s dostatečnou rezervou odpovídá polovině z výše vypočítaného množství pro 2.NP (hasiči využívají cca polovinu 2.NP). Odvod vzduchu zajišťují 3 odsávací mřížky umístěné do obou místností WC a do jídelny a na ně napojený ventilátor V4A.

Cena za instalaci výše popsaného systému do 1.NP a části 2.NP využívaného hasiči nabídnutá firmou Bristec cz s.r.o. je 41 tis. Kč bez DPH. K této ceně by bylo nutné připočítat náklady za dopravu ve výši 7,- Kč/km. Podrobná nabídka je doložena v Příloze 1.

Byt v 2.NP. Zde jsou navrženy dva způsoby řešení. Buď jen instalace čtyř přívodních štěrbin EFR do oken v obytných místnostech za cenu 2640,- Kč bez DPH nebo navíc s dvěma odsávacími mřížkami a ventilátorem V2A s příkonem 6 až 13 W

za cenu 14 080,- Kč bez DPH. K těmto cenám by se musely opět připočítat náklady za dopravu ve výši 7,- Kč/km. Podrobný rozpočet je doložen v Příloze 2.

5.1.3 Roční náklady vyvolané zvýšenou výměnou vzduchu

Roční náklady N_r vyvolané provozem opatření zvyšujícího výměnu vzduchu v objektu HZS lze stanovit podle vztahu (3) jako součet nákladů za spotřebovanou elektrickou energii N_e pro provoz ventilátorů a nákladů pokrývajících tepelné ztráty zvýšeným větráním N_Q .

$$N_r = N_e + N_Q \quad [\text{Kč}] \quad (3)$$

Cena spotřebované elektrické energie N_e je dána součinem spotřebované energie v kWh a cenou za 1 kWh (bez stálé měsíční platby, která by byla placena i bez ohledu na instalované opatření). Instalovaný maximální příkon 57 W (2 ventilátory V4A + ventilátor V2A = 2 x 22 W + 13 W) představuje při nepřetržitém provozu všech tří ventilátorů na maximální výkon roční spotřebu elektrické energie 500 kWh, což si při sazbě 4,75 Kč/kWh vyžádá náklady ve výši 2 375,- Kč.

Roční náklady pokrývající tepelné ztráty větráním N_Q se stanoví v závislosti na druhu paliva podle vztahu:

$$N_Q = C_Q \cdot Q_{\text{VET},r} \quad [\text{Kč}] \quad (4)$$

kde C_Q je cena tepla podle druhu paliva [Kč/kWh] a $Q_{\text{VET},r}$ je roční ztráta tepla větráním podle vztahu (5) [kWh]. Ztráta tepla vyvolaná dodáváním objemového množství vzduchu Q_i odpovídá teplu, které potřebujeme tomuto vzduchu dodat, abychom ho ohřáli z venkovní teploty t_e na teplotu vnitřní t_i :

$$Q_{\text{VET},r} = 2,778 \cdot 10^{-7} \cdot Q_i \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot \sum_{m=1}^9 24 \cdot d_m \cdot (\theta_i - \theta_{me}) \quad [\text{kWh}] \quad (5)$$

kde $Q_{\text{VET},r}$ je roční ztráta tepla větráním [kWh], $2,778 \cdot 10^{-7}$ je přepočet Joulů na kWh, ρ_a je hustota vzduchu [$1,230 \text{ kg/m}^3$], c_a je měrná tepelná kapacita vzduchu [1005 J/kg.K], d_m je počet dní v příslušném topném měsíci, m je počet topných měsíců (od září do května), θ_{me} je průměrná teplota venkovního vzduchu v příslušném měsíci [K] a θ_i je teplota vzduchu v interiéru [K] (uvažuje se hodnotou pro $\theta_i = 20 \text{ °C}$). Průměrné teploty venkovního vzduchu v topných měsících, s kterými bylo uvažováno ve výpočtu podle vztahu (5) jsou uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3. Průměrné venkovní teploty pro Beroun (zdroj: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/26-prumerne-venkovni-teploty-v-otopnem-obdobi-pro-vybrane-lokality>)

Měsíc	9	10	11	12	1	2	3	4	5
Beroun	13,5	8,2	3,4	-0,1	-1,4	-0,1	3,7	7,9	13,5

Roční náklady pokrývající tepelné ztráty větráním N_Q stanovené podle vztahů (4) a (5) jsou v závislosti na objemovém množství větracího vzduchu Q_i shrnuty v Tab. 4. Při výpočtu bylo předpokládáno, že tepelné ztráty větráním budou kryty

zvýšeným výkonem stávajícího otopného systému, tzn. že jako palivo byl uvažován zemní plyn s $C_Q = 1,68$ Kč/kWh.

Tab. 4. Roční náklady pokrývající tepelné ztráty větráním

Q_t [m ³ /h]	$Q_{VET,r}$ [kWh]	N_Q [Kč]
28 (2.NP, dolní odhad)	923	1 551,-
39 (1.NP, dolní odhad)	1281	2 152,-
121 (2.NP, horní odhad)	3954	6 643,-
167 (1.NP, horní odhad)	5488	9 220,-

Sečteme-li náklady z Tab. 4 pro 1.NP a 2.NP (samostatně pro dolní odhad a horní odhad), získáme rozmezí, v němž se budou pohybovat skutečné roční náklady pokrývající tepelné ztráty celé budovy zvýšeným větráním. Tento interval je 3 703,- Kč až 15 863,- Kč. Vzhledem k tomu, že ve výpočtech byly použity nejvyšší změřené hodnoty intenzity výměny vzduchu n_{mib} , je velmi pravděpodobné, že se skutečné náklady budou držet v dolní polovině uvedeného intervalu.

Celkové roční náklady vyvolané provozem opatření jsou tedy podle vztahu (3) součtem částky 2 375,- Kč za odebranou elektřinu a částky v intervalu 3 703,- až 15 863,- Kč za pokrytí tepelných ztrát.

5.2. Ochrana objektu proti gama záření

Zdrojem zvýšeného příkonu fotonového dávkového ekvivalentu jsou škvárobetonové bloky použité na konstrukci nosných obvodových i vnitřních stěn objektu. Odstranění tohoto materiálu z konstrukce budovy by bylo z ekonomického hlediska neefektivní a z hlediska zdravotního přínosu nezdůvodnitelné. Jediné technické řešení, které přichází v úvahu, je snížení příkonu překrytím povrchu stěn látkami, které dávkový příkon účinně snižují. Mezi takové materiály patří těžké barytové omítky, přízdívky z plných cihel či obklady sádrokartonovými deskami s přidávkou barytu. Účinnost jednotlivých stínících materiálů je možné odhadnout podle údajů v Tab. 5, která pro různé stínící materiály uvádí závislost zeslabení (poměr příkonu se stínícím materiálem k příkonu bez něho) na tloušťce materiálu.

Kdybychom chtěli snížit dávkový příkon k blízkosti směrné hodnoty platné pro novostavby, tj. k $0,5 \mu\text{Sv/h}$ (obdobně jako v případě OAR, kdy jsme snižovali k hodnotě 200 Bq/m^3), znamenalo by to vyžadovat zeslabení alespoň $0,5$ tam, kde dávkový příkon převyšuje hodnotu $0,82 \mu\text{Sv/h}$ a zeslabení cca $0,6$ v místech s dávkovým příkonem od $0,6$ do $0,81 \mu\text{Sv/h}$.

Rozsah použití stínění je vyznačen v půdorysech jednotlivých podlaží. Stíněním o zeslabení $0,6$ navrhuji obložit stěny o celkové ploše 18 m^2 a stíněním o zeslabení $0,5$ stěny o ploše 80 m^2 .

Jak vyplývá z Tab. 5 závisí tloušťka stínícího materiálu především na jeho objemové hmotnosti. V následujících odstavcích jsou proto rozebrány jednotlivé materiálové varianty stínění.

Tab. 5. Závislost zeslabení na tloušťce stínícího materiálu (ČSN 73 0602)

Stínící materiál	Tloušťka stínícího materiálu [mm] pro uvedená zeslabení								
	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
olovo	2,0	4,3	6,9	9,8	13,3	17,6	23,1	30,9	44,2
železo	3,4	7,3	11,6	16,6	22,6	29,8	39,2	52,4	74,9
baryt ($\rho = 3\ 200\ \text{kg/m}^3$)	11	20	31	43	58	76	99	132	188
baryt ($\rho = 2\ 700\ \text{kg/m}^3$)	13	26	39	53	69	86	106	145	210
beton ($\rho = 2\ 200\ \text{kg/m}^3$)	16	30	46	64	83	107	135	172	231
cihla plná ($\rho = 1\ 900\ \text{kg/m}^3$)	20	37	56	77	102	132	170	221	305
cihla plná ($\rho = 1\ 600\ \text{kg/m}^3$)	28	50	75	104	137	177	227	295	406

Barytové omítky. Pro zeslabení 0,5 by bylo nutné provést barytovou omítku s objemovou hmotností kolem $3000\ \text{kg/m}^3$ v tloušťce alespoň 6 cm. Zeslabení 0,6 by vyžadovalo tloušťku barytové omítky alespoň 5 cm. Omítat se musí po vrstvách o tloušťce 1 cm. Mezi omítáním jednotlivých vrstev je třeba vyčkat alespoň 24 hodin. Omítku doporučuji kotvit ke stěně kari sítí umístěnou do středu tloušťky barytové omítky (po aplikaci prvních dvou vrstev omítky). Výhodou omítky je, že její hmotnost je z větší části přenesena stěnou, na kterou je aplikována, tzn. že nepůsobí celou svou hmotností na stropní konstrukci (doporučuji ji od podlahy oddělit páskem polystyrenu). Její použití je tedy výhodné pro 2.NP.

Barytové omítky se dodávají jako suché maltové směsi v pytlích po 40 kg. Na $1\ \text{m}^2$ omítky při tloušťce 2 cm je potřeba cca 60 kg maltové směsi. Omítka o tloušťce 5 cm, resp. 6 cm si tedy vyžádá 150 kg, resp. 180 kg směsi. Cena 1 pytle se pohybuje od 868,- Kč (Rosomac s.r.o. Brno) po 1382,- Kč (Hasit Velké Hydčice). V nejlevnějším případě by materiál na $1\ \text{m}^2$ omítky o tl. 5 cm vyšel na 3 255,- Kč a při tloušťce 6 cm na 3 906,- Kč. K uvedeným cenám by bylo nutné připočítat DPH a cenu za práci, která vzhledem k pracnosti nebude zanedbatelná.

Cihelné přízdivky. Abychom efektivně splnili tloušťky zdiva odpovídající uvažovaným hodnotám zeslabení podle Tab. 5, navrhuji pro jednotlivá zeslabení použít rozdílné zdící prvky. Pro zeslabení 0,5 se jako výhodné jeví použití vápenopískových cihel SENDWIX 5DF-P o rozměrech $290 \times 240 \times 113\ \text{mm}$ a objemové hmotnosti $1\ 810\ \text{kg/m}^3$. Přízdivka z těchto cihel o tloušťce 113 mm odpovídá velmi dobře požadovanému zeslabení. Na $1\ \text{m}^2$ zdiva je potřeba 15 ks cihel, takže při ceně 30,80 Kč za cihlu vyjde $1\ \text{m}^2$ přízdivky na 462,- Kč (včetně DPH). K této ceně by bylo nutné připočítat náklady na zdící maltu a omítku a provedení.

Pro zeslabení 0,6 by měla postačit přízdivka o tloušťce 65 mm z cihel plných o rozměrech $290 \times 140 \times 65\ \text{mm}$ a objemové hmotnosti $1\ 900\ \text{kg/m}^3$. Tloušťka příčky je sice nepatrně menší než požaduje Tab. 5, ale bude-li vyžděna na cementovou maltu a připočteme-li omítku a cca 10 mm cementové malty mezi stěnou a přízdivkou, měl by být výsledek dostatečný. Na $1\ \text{m}^2$ zdiva je potřeba 23 ks cihel, takže při ceně 7,50 Kč za cihlu vyjde $1\ \text{m}^2$ přízdivky na 173,- Kč (včetně DPH).

K této ceně by bylo nutné opět připočítat náklady na zděcí maltu a omítku a provedení.

Alternativně je možno použít i jiné zděcí prvky obdobných vlastností. Například jak vápenopísková cihla, tak klasická cihla plná může být nahrazena plnou cihlou z pálené hlíny typu NF-2,0 o rozměrech 240 x 115 x 71 mm a objemové hmotnosti 1 880 kg/m³. Pro zeslabení 0,5 by se použila v tloušťce 115 mm a pro zeslabení 0,6 v tloušťce 71 mm. Cena této cihly je cca 6,90 Kč včetně DPH.

Účinnost přizdivek lze ověřit vyskládáním cihel na sucho a následným změřením dávkového příkonu záření gama.

Obklad sádrokartonovými deskami Knauf Safeboard. Desky se vyrábějí o standardních rozměrech 2500 x 625 x 12,5 mm. Pro zvýšení jejich objemové hmotnosti je do sádry přidáván síran barnatý. Výsledná objemová hmotnost 1416 kg/m³ je však ve srovnání s výše uvedenými stínícími materiály velmi nízká. Sám výrobce udává, že jedna deska odpovídá maximálně 0,75 mm olova. Podle Tab. 5 by námi uvažovaná zeslabení vyžadovala tloušťku olověného plechu v rozmezí 9,8 až 13,3 mm. V našem případě by se tedy obklad musel skládat z více než 10 desek. Při ceně 830,- Kč za 1 m² desky bez DPH je zřejmé, že by se jednalo o nejdražší variantu stínění. Toto řešení se tedy nejvíce jako vhodné a nedoporučuji ho.