

ENERGETICKÁ A FINANČNÍ NÁROČNOST BUDOVY S NÍZKOU SPOTŘEBOU ENERGIE

Michal KRAUS, Darja KUBEČKOVÁ
VSB - Technical University of Ostrava, Ostrava

1. Úvod

Energeticky efektivní budovy jsou charakteristické svou velmi nízkou, v některých případech až nulovou, spotřebou energie. Minimalizování spotřeby energie s využitím obnovitelných zdrojů se kromě pozitivního vlivu na životní prostředí a úsporou neobnovitelných zdrojů také promítne ve snížení provozních nákladů objektu. I přes snížené provozní náklady energeticky efektivních budov, oproti běžné výstavbě, může nevhodná volba použitého paliva a technického zařízení výrazně ovlivnit náklady na provoz objektu a vliv na životní prostředí.

Vyhodnocení variant vlivu na životní prostředí je dle TNI 73 0329 [2] vyjádřeno celkovou spotřebou primární energie a produkcí emisí CO₂. Navíc jsou zohledněny investiční a provozní náklady posuzovaných variant. Simulace je provedena na již zrealizovaném energeticky efektivním objektu.

2. Posuzovaný objekt

Zvolený energeticky efektivní objekt je lokalizován v chráněné krajinné oblasti na úpatí Beskyd. Rodinný dům je navržen v souladu s principy místní venkovské architektury při volbě konstrukcí a technologií splňující zásady trvale udržitelné a energeticky úsporné výstavby.

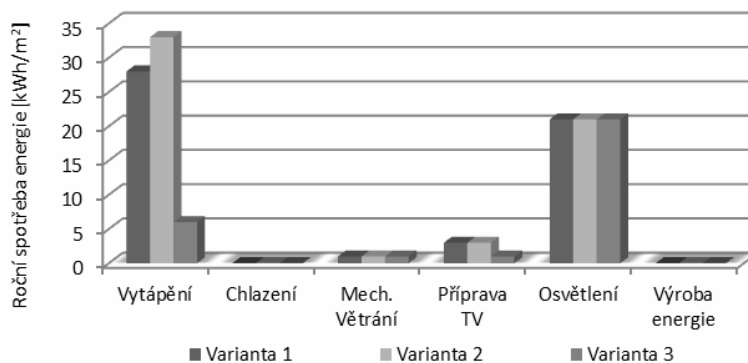
Objekt novostavby je navržen jako samostatně stojící, nepodsklepený, dvoupodlažní objekt vhodný pro čtyřčlennou rodinu. K tvarově jednoduché hmotě podélného kvádry zakončeného sedlovou střechou je přičleněn blok zastřešeného garážového stání. Hlavní nosná konstrukce je tvořena z dřevěných hranolů s klasickou roztečí 625 mm. Ztužující funkci plní zavětrovací hranoly a OSB deska. Nosná svislá i střešní konstrukce je vyplněna stříkanou izolační pěnou Icynene. Pro výplně otvorů zahrnující okna, domovní a posuvné dveře je využito díky svým vynikajícím tepelně izolačním vlastnostem Topline Plus systém od výrobce Veka.

3. Navržená technická zařízení objektu

Přirozené větrání se v posuzovaném objektu uvažuje v minimální míře. Splnění hygienických podmínek na výměnu vzduchu zajišťuje systém mechanického větrání se zpětným získáváním tepla s účinností 90 %. Systém zpětného získávání tepla značně snižuje tepelné ztráty větráním. Díky instalované rekuperační jednotce předá teplý odpadní

vzduch většinu své tepelné energie čerstvému přiváděnému vzduchu. V objektu je navržena nízkoteplotní topná soustava ve formě podlahového vytápění. Jako zdroj pro vytápění a přípravu teplé vody jsou posuzovány 3 varianty:

- vytápění nízkoteplotním plynovým kotlem a ohřev vody elektrickou spirálou + solar,
- vytápění a příprava teplé vody pomocí kotle na dřevěné pelety + solar,
- vytápění a příprava teplé vody pomocí tepelného čerpadla + solar.



Obr. 1 Celková roční spotřeba energie budovy, [kWh/m²] [6]

Fig. 1 The total annual energy consumption of the building

Tab. 1. Výhody a nevýhody posuzovaných zdrojů energie pro provoz objektu [3]

Zdroj	Výhody	Nevýhody
Kotel na zemní plyn	- Nepřetržitá dodávka - Snadná regulace - Nízké emise	- Dostupný plynovodní řád - Nutnost pravidelných revizí - Vysoké výkony kotlů na trhu - Provozní náklady
Kotel na dřevěné pelety	- Obnovitelný zdroj energie - Využití odpadních surovin - Nízké provozní náklady - Snadná regulace	- Výhřevnost (vlhkost) - Nutné skladovací prostory
Tepelné čerpadlo (voda – voda)	- Automatická obsluha - Nízké provozní náklady	- Pořizovací náklady - Technologická náročnost - Vydutnost podzemní vody

Ve všech variantách se pro přípravu teplé vody uvažuje kombinace zvoleného zdroje se solárními kolektory umístěnými na jižně orientované střeše pod úhlem 40°. Navržená plocha solárně – termických kolektorů je 4 m² s účinností 53 %.

V prvním variantě je pro vytápění objektu zvolen nízkoteplotní plynový kotel o účinnosti 95 %. Nízkoteplotní kotel je navržen pro provoz se suchými spaliny. Přičemž nízkoteplotní kotel může pracovat s teplotami vstupní vody do kotle až 30 °C. Na rozdíl od klasických topných systémů, které vyžadují teplotu vstupní vody cca 60 – 70 °C. Nízkoteplotní kotel se automaticky přizpůsobuje aktuální venkovní teplotě, čímž značně snižuje tepelné ztráty povrchem a spaliny. Pro přípravu teplé vody je uvažována kombinace solární energie a elektrického dohřevu. Nerezový solární bojler o objemu 200

litřů je napojen na solární panely umístěné na střeše objektu a zároveň má v sobě zabudovanou elektrickou topnou spirálu pro ohřev vody elektrickou energií.

Ve druhé variantě je jako zdroj vytápění i pro přípravu teplé vody zvolen automatický kotel na dřevěné pelety s účinností 80 %. Automatický kotel na dřevěné pelety je ideální pro vytápění budov s nízkou energetickou ztrátou. Díky zásobníku paliva se šnekovým podavačem může kotel pracovat i v automatickém režimu několik dní.

Pro třetí a zároveň poslední posuzovanou variantu je pro přípravu teplé vody a vytápění navrženo tepelné čerpadlo typu voda – voda. Pro využití typu voda - voda je nutné předpokládat existenci přírodního zdroje podzemní vody. Tepelné čerpadlo typu voda – voda patří mezi nejúčinnější, neboť teplota podzemní vody neklesne pod 10 ° C. V případě dobré kvality podzemní vody bez chemických a mechanických nečistot není nutné používat teplotnosnou kapalinu, ale vodu z vrtu přímo zavést do tepelného čerpadla. V tepelném čerpadle se podzemní voda ochlazuje asi o 4°C a poté se vrací do zvláštního vrtu, tzv. vsakovací studny.

4. Vyhodnocení

Energetické vyhodnocení objektu včetně variant zdrojů energie je provedeno v souladu s TNI 73 0329 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy [2]. Dle TNI 73 0329 se hodnotí celá řada faktorů a souborů veličin, které jsou uvedeny v předmětném ustanovení v tabulce č. 9. Hodnocení dle TNI 73 0329 je v souladu s ČSN 73 0540 – 2 [4]. Pro stanovení třídy objektu a označení rodinného domu jako nízkoenergetický, popř. energeticky pasivní, jsou hodnoceny požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla budovy, měrnou potřebu tepla na vytápění a měrnou spotřebu primární energie.

5. Tepelně – technické parametry obálky budovy

TNI 73 0329 požaduje pro splnění klasifikace energeticky pasivního nebo nízkoenergetického domu dosažení menšího, popř. stejného, průměrného součinitele prostupu tepla než definované maximální limity:

- pro nízkoenergetický rodinný dům $U_{em,max} = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$,
- pro energeticky pasivní rodinný dům $U_{em,max} = 0,22 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Výsledný vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla není závislý na volbě energetického zdroje a je pro všechny posuzované varianty totožný. Vypočtený průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} 0,27 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ splňuje požadavek na nízkoenergetický dům.

Měrná potřeba tepla na vytápění [$\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$] charakterizuje tepelně izolační vlastnosti objektu bez ohledu na účinnost systému vytápění a jeho zdroje. Nízkoenergetické domy mají hodnotu měrné potřeby tepla na vytápění menší než $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Pro pasivní domy je měrná potřeba tepla na vytápění stanovena TNI 73 0329 maximální hodnotou $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Měrná potřeba tepla na vytápění posuzovaného objektu je stanovena pomocí softwarového nástroje ENERGIE [6] na hodnotu $24 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ a splňuje požadavek nízkoenergetického standardu.

Vyhodnocení tepelně – technických parametrů obálky budovy posuzovaného energeticky efektivního objektu prokázalo, že posuzovaný rodinný dům dle TNI 73 0329 splňuje požadavky nízkoenergetického domu. Z výstupů softwarové podpory Stavební fyzika [6] lze vyvodit doporučení pro dosažení podmínek energeticky pasivního domu. Pro snížení průměrného součinitele prostupu tepla obálky budovy a zároveň měrné potřeby

tepla na vytápění se doporučuje snížit plochu okenních otvorů a snížit součinitel prostupu tepla střešního pláště U [$W/(m^2.K)$].

6. Potřeba primární energie a produkce emisí CO_2

Vyhodnocením potřeby primární energie a produkce emisí skleníkových plynů se hodnotí dopad na životní prostředí. Primární energií se rozumí energie z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů, která neprošla žádným procesem přeměny nebo transformace. Pro energeticky pasivní dům je stanovena maximální roční potřeba primární energie 60 kWh/m² na vytápění, ohřev teplé vody, provozní energii na ventilátory a čerpadla a domácí elektrické spotřebiče. Do primární energie je započtena efektivita výroby, spotřeba neobnovitelných zdrojů při výrobě energie a ztráta při distribuci. S potřebou primární energie z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů úzce souvisí i zátěž na životní prostředí způsobená produkcí skleníkových plynů, zejména CO_2 . Primární energie a emise CO_2 nezahrnují v souladu s TNI 73 0329 energii na osvětlení.

Tab. 2. Celková roční spotřeba primární energie a celkové roční emise CO_2 [1]

	Varianta 1	Varianta 2	Varianta 3
Celková roční spotřeba primární energie [kWh/m ²]	45,000	13,000	24,000
Celkové roční emise CO_2 [t]	1,389	0,568	0,741

Díky pokrytí potřeby pro přípravu teplé vody z více než 50 % solární energií a zároveň spotřeby primární energie menší než 30 kWh/m² za rok (při využití kotle na dřevěné pelety nebo tepelného čerpadla typu voda – voda) je možné označit objekty dle TNI 73 0329 jako významně redukující potřebu neobnovitelných zdrojů.

7. Investiční a provozní náklady

Běžný potencionální majitel energeticky efektivní budovy se více než na vliv na životní prostředí a snížení energetické náročnosti orientuje na finanční náročnost na provoz a návratnost investice. Zvyšování cen za energie je současným a trvalým trendem dnešní společnosti.

Obrázek 2 znázorňuje roční náklady na provoz energetických systémů pro vytápění a přípravu teplé vody pro posuzované varianty v období 15 let. Propočtení vychází z průměrných cen energií z dubna 2012 [5]. Meziroční nárůst cen energií je uvažován optimisticky na 5 %. Graf také znázorňuje investiční náklady na nákup potřebného energetického systému. Průniky kumulovaných nákladů jednotlivých variant definují čas návratnosti investice.

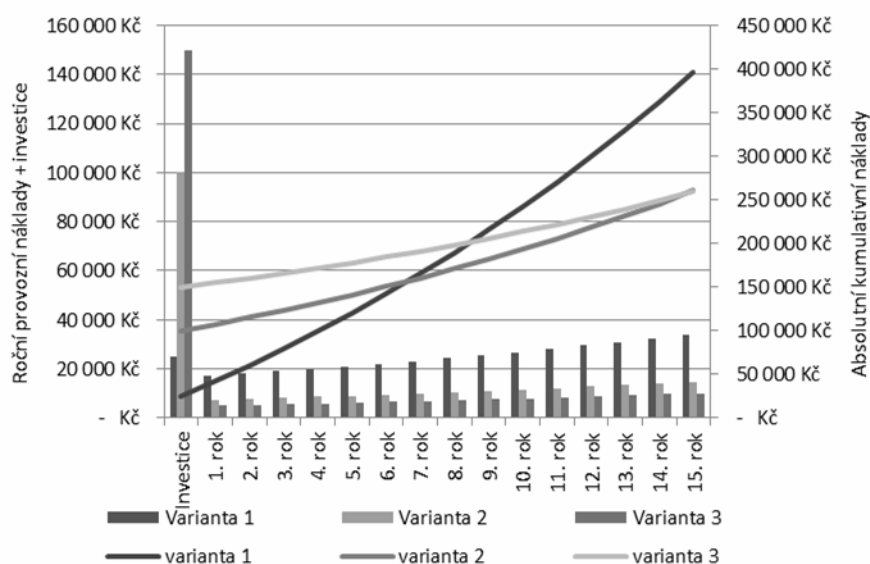
Při pořízení dosud převládající kombinace zdrojů, plynového kotle s nádrží pro přípravu teplé vody s elektrickou spirálou, i přes velmi nízké pořizovací náklady na zařízení se po sledovaném časovém horizontu 15 let dostaneme téměř k dvojnásobku absolutních kumulovaných nákladů než při pořízení kotle na dřevěné pelety nebo tepelného čerpadla.

I přes značně sníženou potřebu tepla na vytápění se veškeré náklady na pořízení zdrojů, vytápění a přípravu teplé vody za 15 let překročí 400 000 Kč.

Při volbě zdroje na dřevěné pelety nebo vytápění a přípravy teplé vody pomocí tepelného čerpadla přesahují celkové náklady na provoz za 15 let i s vlivem počáteční

investice 250 000 Kč. Což představuje snížení nákladů téměř o 40 %. Při pořízení kotle na dřevěné pelety, který má nejnižší potřebu primární energie a produkci emisí oxidu uhličitého je návratnost ve srovnání s plynovým kotlem a elektrickým ohřevem teplé vody 7 let. Při pořízení tepelného čerpadla, které je cenově nejnáročnější na pořízení, je návratnost v porovnání s variantou 1 téměř 9 let. Varianta 1 je tedy z ekonomického hlediska nevýhodná a pro posuzovaný objekt zcela nevyhovující.

Naopak při porovnání ekonomické přínosnosti kotle na dřevěné pelety a tepelného čerpadla, jsou absolutní kumulované náklady za 15 let téměř totožné. Návratnost investice pořízení tepelného čerpadla namísto kotle na dřevěné pelety je 14 let. Podle sklonu křivek je možné potvrdit, že náklady na provoz objektu s tepelným čerpadlem neporostou pravděpodobně tak rychle, jako náklady na provoz s kotlem na dřevěné pelety.



Obr. 2 Simulovaný vývoj provozních nákladů a absolutních kumulativních nákladů
Fig. 2 The trend of operating costs and absolute cumulative cost

8. Potřeba primární energie a produkce emisí CO₂

Vyhodnocením potřeby primární energie a produkce emisí skleníkových plynů se hodnotí dopad na životní prostředí. Primární energii se rozumí energie z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů, která neprošla žádným procesem přeměny nebo transformace. Pro energeticky pasivní dům je stanovena maximální roční potřeba primární energie 60 kWh/m² na vytápění, ohřev teplé vody, provozní energii na ventilátory a čerpadla a domácí elektrické spotřebiče. Do primární energie je započtena efektivita výroby, spotřeba neobnovitelných zdrojů při výrobě energie a ztráta při distribuci. S potřebou primární energie z obnovitelných a neobnovitelných zdrojů úzce souvisí i zátěž na životní prostředí způsobená produkcí skleníkových plynů, zejména CO₂. Primární energie a emise CO₂ nezahrnují v souladu s TNI 73 0329 energii na osvětlení.

9. Závěr

Při celkovém porovnání je varianta s kotlem na dřevěné pelety z hlediska emisí oxidu uhličitého i potřeby primární energie nejvýhodnější. Pořízení tepelného čerpadla má větší dopad na emise CO₂ a spotřebu primární energie, nicméně v posuzovaném simulovaném příkladu vychází z ekonomického hlediska nejlépe.

Z provedeného vyhodnocení lze potvrdit, že výběr energetického zdroje vykazuje značně variabilní zátěž na životní prostředí a na výši provozních nákladů, a to i za předpokladu kvalitně provedené obálky budovy s výbornými tepelně – technickými parametry.

Poděkování

Prezentované výsledky byly získány za podpory Operačního programu Vzdělání pro konkurenceschopnost, v rámci činnosti projektu Tvorba a internacionalizace špičkových vědeckých týmů a zvyšování jejich excelence na Fakultě stavební VŠB – TU Ostrava.

Literatura

- [1] Kraus M.: Energetická efektivita budov: Energetická balance energeticky efektivního objektu, semestrální práce, Ostrava, 2012, p. 1-37.
- [2] TNI 73 0329, Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění - Rodinné domy, Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, Praha, 2010, p. 1-16.
- [3] Hazucha J.: Pasivní domy, Úsporné zdroje energie, Centrum pasivního domu, Brno, 2010, p. 1-6, dostupné z: http://www.pasivnidomy.cz/data/09_Zdroje_energie.pdf
- [4] ČSN 73 0540-2, Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky, Český normalizační institut, Praha, 2011, p. 1-56.
- [5] TZB-info, Porovnání nákladů na vytápění podle druhu paliva [online]. 2012 [cit. 2012-09-08], dostupné z: <http://www.tzb-info.cz>
- [6] Svoboda Software – Stavební Tepelná Technika: ENERGIE.

ENERGY AND FINANCIAL PERFORMANCE OF LOW-ENERGY BUILDING

Summary

This paper deals with the comparison of energy sources for heating and domestic hot water in the selected energy-efficient house. The evaluation is focused on the primary energy consumption and CO₂ emissions, compared with the investment and operating costs. The three variants of energy sources for heating and domestic hot water are assessed gas-boiler in combination with electrical energy, wood pellet boiler and heat pump.