



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV STAVEBNÍ EKONOMIKY A ŘÍZENÍ

INSTITUTE OF STRUCTURAL ECONOMICS AND MANAGEMENT

NÁKLADY NA VÝSTAVBU PASIVNÍCH DOMŮ

PASSIVE HOUSES AND THEIR COSTS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Zuzana Davidková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. GABRIELA KOCOURKOVÁ,
Ph.D.

BRNO 2021



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

| | |
|--------------------------------|---|
| Studijní program | B3607 Stavební inženýrství |
| Typ studijního programu | Bakalářský studijní program s prezenční formou studia |
| Studijní obor | 3607R038 Management stavebnictví |
| Pracoviště | Ústav stavební ekonomiky a řízení |

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

| | |
|------------------------|------------------------------------|
| Student | Zuzana Davidková |
| Název | Náklady na výstavbu pasivních domů |
| Vedoucí práce | Ing. Gabriela Kocourková, Ph.D. |
| Datum zadání | 30. 11. 2020 |
| Datum odevzdání | 28. 5. 2021 |

V Brně dne 30. 11. 2020

doc. Ing. Jana Korytářová, Ph.D.
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Miroslav Bajer, CSc.
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

FRIDRICH, Jaroslav, Jana KORYTÁROVÁ a Bohumil PUCHÝŘ. Ekonomika investic. Brno: Cerm, 2002. ISBN 80-214-2089-8.

FOTR, Jiří a Ivan SOUČEK. Investiční rozhodování a řízení projektů. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2011. Expert (Grada Publishing). ISBN 978-80-247-3293-0.

MARKOVÁ, Leonora. Ceny ve stavebnictví, studijní opora VUT FAST v Brně 2006

ŠÁLA, Jiří a MACHATKA, Miroslav. Zateplování v praxi: provádění vnějších kontaktních zateplovacích systémů. 1. vyd. Praha: Grada, 2002, 105 s. ISBN 80-247-0224-x.

ČSN 730540-2/2002 - Energetický štítek budov

Pasivní domy 2012, Sborník z konference Pasivní domy 2012 Centrum pasivních domů, Brno 2012, ISBN 978-80-904739-2-

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Cílem práce je charakteristika specifik pasivních domů a zhodnocení jejich výhod oproti vyšším nákladům spojených s jejich výstavbou.

1. Charakteristika pasivních domů.
2. Tvorba cen ve stavebnictví.
3. Energetická náročnost budov.
4. Návrh a kalkulace vícenákladů konkrétního pasivního domu.
5. Zhodnocení vícenákladů a posouzení jejich doby návratnosti.

Požadovaným výstupem je analýza a posouzení nákladů na výstavbu a provoz pasivních domů.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část závěrečné práce zpracovaná podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (povinná součást závěrečné práce).
2. Přílohy textové části závěrečné práce zpracované podle platné Směrnice VUT "Úprava, odevzdávání, a zveřejňování závěrečných prací" a platné Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání a zveřejňování závěrečných prací na FAST VUT" (nepovinná součást závěrečné práce v případě, že přílohy nejsou součástí textové části závěrečné práce, ale textovou část doplňují).

Ing. Gabriela Kocourková, Ph.D.
Vedoucí bakalářské práce

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá náklady na výstavbu a provoz pasivního domu. Porovnává náklady na výstavbu a provoz s dispozičně totožnou stavbou v běžném standardu a zjišťuje dobu návratnosti investice. Jsou definovány pojmy jako pasivní dům, energetická náročnost budov, tepelné ztráty a tepelné zisky. Dále jsou rozvedeny tvorby cen ve stavebnictví, kalkulace nákladů či rozpočtové ukazatele. Cílem práce je vyčíslení vyšších investičních nákladů pasivní budovy, její úspora ve fázi provozní a vyhodnocení doby návratnosti investice.

Klíčová slova

Pasivní dům, energetická náročnost budov, náklady na výstavbu, náklady na provoz, doba návratnosti investice

Abstract

The bachelor thesis is about the costs of construction and operation of a passive house. It compares the costs of construction and operation with a dispositionally identical building in the existing standard and determines the payback period of the investment. Terms such as passive house, energy performance of buildings, heat losses and heat gains are defined. Then the creation of prices in construction, cost calculations or budget indicators are elaborated. The aim of the bachelor thesis is to quantify the higher investment costs of a passive building, its savings in the operational phase and evaluation of the payback period of the investment.

Keywords

Passive house, energy performance of buildings, costs of construction, costs of operation, payback period of the investment

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Zuzana Davidková *Náklady na výstavbu pasivních domů*. Brno, 2021. 62 s., 12 s. příl.
Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav stavební ekonomiky a řízení. Vedoucí práce Ing. Gabriela Kocourková, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ O PŮVODNOSTI ZÁVĚREČNÉ PRÁCE

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem *Náklady na výstavbu pasivních domů* zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2021

Zuzana Davidková
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych poděkovat vedoucí bakalářské práce Ing. Gabriele Kocourkové, Ph.D. za užitečné rady, odborné vedení a příjemný přístup, Mgr. Pavlu Poštulkovi za opravu pravopisných a gramatických chyb a své rodině a příteli za podporu a trpělivost při studiu.

Obsah

| | | |
|-------|---|----|
| 1 | Úvod..... | 11 |
| 2 | Pasivní domy..... | 12 |
| 2.1 | Historie | 12 |
| 2.2 | Základní informace | 12 |
| 2.3 | Ideální pasivní dům | 13 |
| 2.3.1 | Pozemek, postavení vůči světovým stranám, vnitřní dispozice | 14 |
| 2.3.2 | Objemový faktor budovy | 15 |
| 2.4 | Vícenáklady na výstavbu | 17 |
| 2.4.1 | Tepelná izolace | 17 |
| 2.4.2 | Tepelně technické vlastnosti výplní otvorů..... | 17 |
| 2.4.3 | Vzduchotechnika a rekuperace vzduchu..... | 19 |
| 2.4.4 | Předokenní stínění | 19 |
| 2.4.5 | Náročnější projektová dokumentace..... | 20 |
| 2.4.6 | Neprůvzdušnost obálky budovy a Blower-door test | 21 |
| 2.5 | Dotace | 21 |
| 3 | Energetická náročnost budov | 23 |
| 3.1 | Tepelné ztráty..... | 23 |
| 3.1.1 | Přepoččet tepelných ztrát z W/K na Wh/rok..... | 25 |
| 3.2 | Tepelné zisky..... | 25 |
| 3.2.1 | Solární zisky | 25 |
| 3.2.2 | Vnitřní zisky – lidé..... | 25 |
| 3.2.3 | Vnitřní zisky – technologie a osvětlení | 26 |
| 3.3 | Průkaz energetické náročnosti budovy | 26 |
| 3.3.1 | Součinitel prostupu tepla obálkou budovy..... | 26 |
| 3.3.2 | Celková dodaná energie..... | 27 |
| 3.3.3 | Neobnovitelná primární energie..... | 27 |
| 4 | Tvorba cen ve stavebnictví..... | 28 |
| 4.1 | Metody tvorby ceny | 28 |
| 4.1.1 | Nákladově orientovaná tvorba ceny..... | 28 |
| 4.1.2 | Poptávkově orientovaná tvorba ceny | 28 |
| 4.1.3 | Tvorba ceny podle konkurence | 28 |
| 4.2 | Kalkulace ceny ve stavebnictví | 28 |
| 4.2.1 | Náklady a jejich dělení pro potřeby kalkulací | 29 |
| 4.2.2 | Způsoby rozpočítání nepřímých nákladů | 29 |
| 4.3 | Rozpočet stavby | 30 |
| 4.3.1 | Rozpočtové ukazatele | 30 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.4 | Cena projektové a inženýrské činnosti..... | 31 |
| 5 | Ukazatele ekonomické efektivity investic..... | 32 |
| 5.1 | Čistá současná hodnota | 32 |
| 5.2 | Vnitřní výnosové procento | 32 |
| 5.3 | Doba návratnosti investice..... | 33 |
| 5.4 | Index rentability | 33 |
| 5.5 | Náklady životního cyklu | 33 |
| 6 | Charakteristika posuzovaných budov | 34 |
| 6.1 | Tepelné ztráty..... | 35 |
| 6.1.1 | Budova A – klasifikační třída C (úsporná)..... | 35 |
| 6.1.2 | Budova B – klasifikační třída A (mimořádně úsporná)..... | 37 |
| 6.2 | Tepelné zisky..... | 39 |
| 6.3 | Potřeba energie na vytápění..... | 39 |
| 7 | Rozdílné investiční náklady hodnocených staveb | 40 |
| 7.1 | Tepelná izolace | 40 |
| 7.2 | Systém nuceného větrání | 40 |
| 7.3 | Sádkartonové podhledy | 41 |
| 7.4 | Keramické tvarovky | 41 |
| 7.5 | Schody | 41 |
| 7.6 | Výplně otvorů | 42 |
| 7.7 | Předokenní stínění | 42 |
| 7.8 | Tepelné čerpadlo..... | 43 |
| 7.9 | Ostatní vícenáklady | 44 |
| 7.9.1 | Náročnější projektová dokumentace..... | 44 |
| 7.9.2 | Blower-door test | 44 |
| 7.9.3 | Rezerva..... | 45 |
| 7.10 | Dotace..... | 45 |
| 7.11 | Celkové pořizovací vícenáklady..... | 46 |
| 8 | Provozní náklady hodnocených budov | 47 |
| 8.1 | Náklady na osvětlení a elektrospotřebiče..... | 47 |
| 8.2 | Náklady na ohřev vody | 47 |
| 8.2.1 | Varianta A – běžný dům s elektrokotlem..... | 47 |
| 8.2.2 | Varianta B – běžný dům s kondenzačním plynovým kotlem | 48 |
| 8.3 | Náklady na vytápění | 48 |
| 8.3.1 | Varianta A – běžný dům s elektrokotlem..... | 49 |
| 8.3.2 | Varianta B – běžný dům s kondenzačním plynovým kotlem | 49 |
| 8.4 | Pravidelné platby za energii..... | 50 |
| 8.5 | Celkové provozní náklady budov | 50 |

| | | |
|----|---|----|
| 9 | Návratnost vícenákladů pasivní stavby | 51 |
| 10 | Závěr | 54 |
| 11 | Seznam zdrojů | 55 |
| 12 | Seznam použitých zkratk | 58 |
| 13 | Seznam obrázků | 59 |
| 14 | Seznam tabulek | 60 |
| 15 | Seznam grafů | 61 |
| 16 | Seznam příloh | 62 |

1 Úvod

V červnu minulého roku nabyla platnosti Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, která zpřísňuje požadavky na nové objekty i rekonstrukce. Od 1. 1. 2022 se nároky na budovy ještě zvýší. Tato vyhláška spolu s dalšími českými i evropskými směrnici a normami si klade za cíl nejen snížit potřebu energie na provoz objektu, ale také omezit využití neobnovitelných zdrojů a přejít alespoň částečně na zdroje obnovitelné.

Pasivní budovy neboli objekty s mimořádně nízkou potřebou energie se tedy v průběhu let mají stát běžným standardem. Řada stavebníků se pro toto řešení již rozhodla, a to nejen kvůli šetrnosti k planetě, zdravějšímu vnitřnímu prostředí, ale také pro úsporu finančních prostředků na provoz. Je známo, že pořizovací cena je vyšší, ale nelze však jednoznačně odpovědět, o kolik se bude lišit. S tím je spojená také otázka návratnosti investice. Záleží jednak na velikosti dané budovy a také na schopnostech projektanta vytvářet chytrá řešení.

Cílem této bakalářské práce je porovnat rozdílné investiční náklady a náklady na provoz dvou dispozičně stejných budov, kde první z nich bude zařazena do klasifikační třídy C a druhá do klasifikační třídy A. Výstupem pak bude analýza a posouzení nákladů na výstavbu a provoz pasivního domu.

V teoretické části bude popsán pasivní dům jako celek – od základních informací přes vícenáklady na výstavbu až po možnost čerpání dotací. Dále budou také řešeny výpočty pro posouzení energetické náročnosti budov. V dalších kapitolách bude popsána metodika tvorby cen ve stavebnictví a v neposlední řadě také ekonomické ukazatele efektivnosti investic.

Praktická část se zaměří na vypočet tepelných ztrát a zisků dle navržených konstrukcí. Dále bude vyhledávat rozdíly v nákladech, které jsou zapříčiněny dosažením požadovaných hodnot pro pasivní dům. Vlivem rozdílně navržených tepelně-technických parametrů budov, a v případě pasivního domu také využití obnovitelné energie, budou vyčísleny také provozní náklady. V závěrečné části budou veškeré náklady porovnány a bude posuzována doba návratnosti investice na pasivní budovu.

2 Pasivní domy

2.1 Historie

S otázkou radikálního snížení energie přišli vědci již v 70. letech minulého století, a to v důsledku prvních ropných krizí. Stavebnictví jako jeden z největších spotřebitelů muselo také nalézt své řešení. Největší tlak byl vyvíjen v USA, proto právě z této země přišly první nízkoenergetické pokusy, které bohužel byly natolik technicky náročné, že se nemohly stát běžným standardem. Až v Evropě v roce 1991 byl Dr. W. Feistem v německém Darmstadtu postaven první opravdu pasivní dům, který splňoval veškeré parametry i bez větších potíží při výstavbě [1].

V České republice se začala úspora energií v budovách řešit až s příchodem demokracie. Prvním objektem, který měl ověřené parametry a dá se tedy s jistotou považovat za dům energetické třídy A, je rodinný dům v Rychnově u Jablonce nad Nisou, postavený v roce 2005 [2].

V dubnu stejného roku bylo založeno Centrum pasivního domu. Tato organizace je tady stále i po patnácti letech pro stavebníky, kteří chtějí stavět a žít v lepším vnitřním prostředí a chtějí ušetřit nejen své peníze, ale také naši planetu. Kromě individuálního poradenství se zaměřují i na vzdělání a pravidelně pořádají webináře a semináře. Jen v roce 2019 jich uspořádali celkem 14, mimo to se podíleli také na 2 celostátních Dnech pasivních domů a zúčastnili se dvou veletrhů, kde poukazují na výhody objektů s nízkou potřebou energie [3].

2.2 Základní informace

Pasivní dům je budova, která je navržena a postavena tak, aby její energetická náročnost byla maximálně 15 kWh na 1 m² podlahové plochy. Ostatní energii čerpá z tzv. pasivních zdrojů a vzhledem k dobrým tepelně technickým parametrům umí udržet teplo uvnitř budovy a pracovat s ním. Pasivními zisky se rozumí teplo ze slunečního svitu, a také teplo vyzařující z člověka a ze spotřebičů. U tohoto typu stavby tato energie z běžného užívání postačí pro tepelnou pohodu po téměř celý rok.

Dalším důležitým parametrem je neprůvzdušnost obálky budovy n_{50} , která udává výměnu vzduchu přes netěsná místa obálky budovy. Tato hodnota musí být menší než 0,6⁻¹/hod. V praxi to znamená, že při tlakové zkoušce se uzavřou veškeré otvory, následně se vyvodí přetlak či podtlak 50 Pa a sleduje se únik vzduchu z objektu. Tento únik nesmí být větší než 60 % objemu vnitřního vzduchu budovy za 60 minut. Je to proto, aby stavba zbytečně nepropouštěla teplo ven a tím nezvyšovala potřebu tepla k vytápění [4].

Poslední sledovanou veličinou je celková potřeba primární energie, která nesmí přesahovat 120 kWh/(m²a). Do této energie spadá nejen veškerý provoz objektu přes vytápění, chlazení, přípravu teplé vody či užívání domácích spotřebičů, ale také energie, která je potřeba pro zpracování primární suroviny a její dodání do objektu. Pro každý druh energonositele je určen konverzní faktor, kterým je potřeba vypočítané množství energie vynásobit a zohlednit tím obnovitelnost či neobnovitelnost zdroje a také množství energie ztracené při výrobě a dodávce. Proto u pasivních domů jsou často navrhovány zdroje tepla, které využívají obnovitelných zdrojů energie, jako jsou tepelná čerpadla, kotel na pelety, solární tepelná soustava spolu s plynovým kondenzačním kotlem nebo plynový kondenzační kotel samostatně [5].

Tabulka 1 - Faktory primární energie z neobnovitelných zdrojů energie [6]

| Energonositel | Faktor primární energie z neobnovitelných zdrojů energie [-] |
|---|--|
| Zemní plyn | 1,0 |
| Tuhá fosilní paliva | 1,0 |
| Propan-butan/LPG | 1,2 |
| Topný olej | 1,2 |
| Elektřina | 2,6 |
| Dřevěné peletky | 0,2 |
| Kusové dřevo, dřevní štěpka | 0,1 |
| Energie okolního prostředí (elektřina a teplo) | 0,0 |
| Elektřina – dodávka mimo budovu | -2,6 |
| Teplo – dodávka mimo budovu | -1,3 |
| Účinná soustava zásobování tepelnou energií s vyšším než 80% podílem obnovitelných zdrojů energie | 0,2 |
| Účinná soustava zásobování tepelnou energií s 80% a nižším podílem obnovitelných zdrojů energie | 0,9 |
| Ostatní soustavy zásobování tepelnou energií | 1,3 |
| Ostatní neuvedené energonositele | 1,2 |
| Odpadní teplo z technologie | 0,0 |

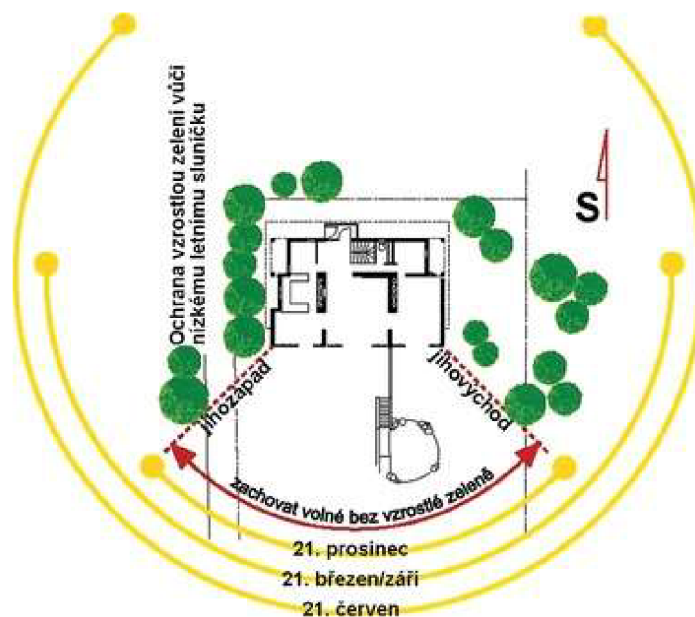
2.3 Ideální pasivní dům

Aby tato koncepce fungovala, tak jak má a zbytečně se investorům neprodražovala, je vhodné se zamyslet nad několika důležitými faktory. Správný návrh budovy hraje velmi důležitou roli, protože právě on zaručí ideální pasivní zisky s téměř nulovými ztrátami.

2.3.1 Pozemek, postavení vůči světovým stranám, vnitřní dispozice

Ideálním místem pro stavbu je jižní svah, který chrání objekt před severním studeným větrem. Je jasné, že tohoto nelze vždy docílit, ale je možné učinit opatření, které bude působit stejně – například garáž ze severní strany budovy, případně zalesnění severní části pozemku. Vše záleží také na tom, kde se pozemek vyskytuje a jaké má klimatické podmínky daná oblast. Výběr vhodného pozemku a umístění objektu na něm má až 40% vliv na celkovou energetickou bilanci [7].

Postavení vůči světovým stranám by mělo reflektovat to, že severní strana domu by měla být co nejvíce krytá, protože z této strany nelze získat téměř žádné pasivní zisky. Zatímco jih je pravým opakem, protože sluneční svit je zde v každém ročním období, mělo by být snahou udržet jižní část pozemku otevřenou, aby nic nebránilo prostupu tepla do interiéru. Z tohoto důvodu jsou i okna primárně umísťována na jih a ze severu je snaha okna neosazovat [8].



Obrázek 1 - Ideální umístění domu na pozemku [8]

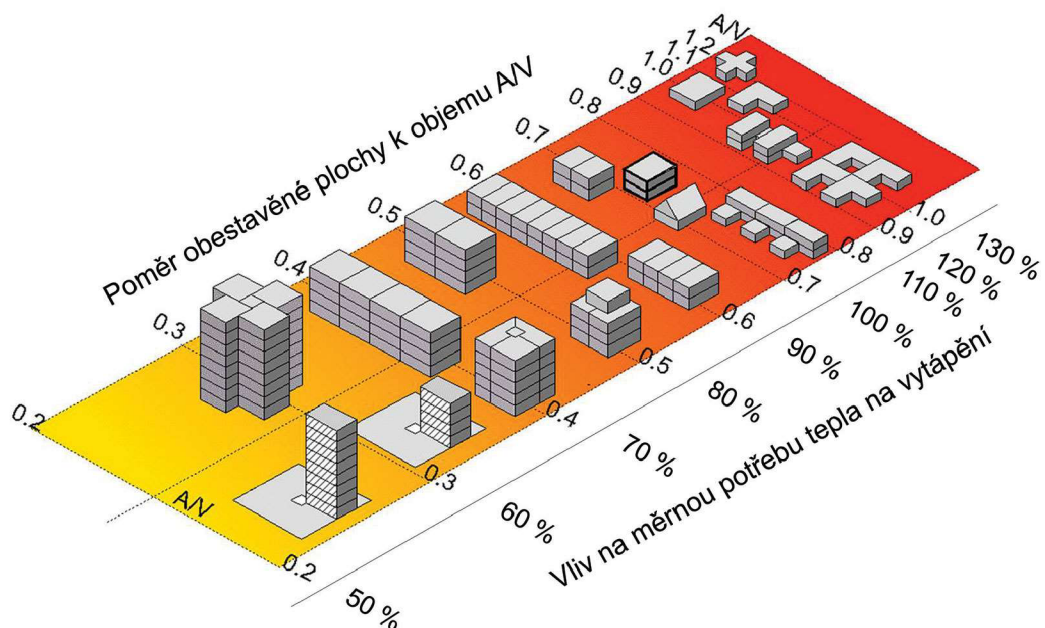
S tímto souvisí i vnitřní dispozice, kterou ale často respektují i domy s běžnou spotřebou energií. Je to tím, že oslunění místností a jejich výhřev slunečními paprsky utváří nejen psychickou, ale i teplotní pohodu ve vnitřním prostředí. Drtivá většina lidí preferuje teplejší obývací pokoj a chladnější ložnici nežli naopak. Proto místnosti, které se běžně před den obývají, se směřují na jih, například obývací nebo dětské pokoje, a místnosti, které neslouží ke shlukování osob, jako například koupelna, toaleta, schodiště a chodby,

se přesouvají do chladnější a méně osvětlené severní části domu. Na východ se hodí obrátit ložnici, aby se obyvatelům domu lépe vstávalo a usínalo [8].

Ideálním řešením je tedy pozemek se vstupem a garáží ze severní strany, aby nic nebránilo velkému prosklenému obývacímu pokoji ze strany jižní.

2.3.2 Objemový faktor budovy

Objemovým faktorem rozumíme podíl celkové ochlazované plochy A ku celkovému vnitřnímu objemu budovy. Snahou je docílit co nejmenší plochy A a zároveň co největšího objemu V . Ideálním tělesem by tedy byla koule, která je ale z architektonického hlediska tím nejsložitějším a nejdražším možným řešením. Aby se stavba příliš neprodrazovala, ale zároveň měla poměr těchto dvou hodnot přívětivý, používá se nejčastěji tvaru kvádru [7].

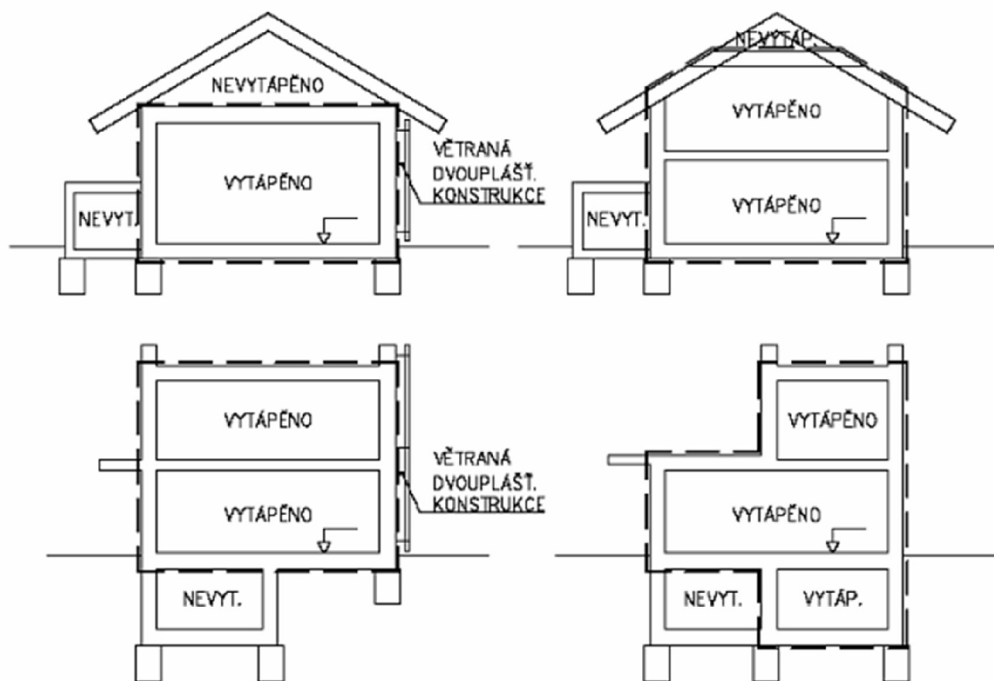


Obrázek 2 - Objemový faktor budovy [7]

Jak ukazuje obrázek 2, kompaktní vícepodlažní domy vycházejí vždy v tomto porovnání lépe než bungalovy s pestřejším půdorysem. Čím je stavba geometricky složitější, tím je i náročnější odhalit a omezit tepelné mosty, které zvyšují energetickou náročnost budovy. Rodinný dům ve tvaru kvádru je zhruba na úrovni $A/V = 0,7$. Dům se sedlovou střechou si vede o něco málo lépe, ale bungalov se nachází až u hodnoty 1,0 – 1,1. Pasivní objekt lze samozřejmě realizovat i s vyšším objemovým faktorem, nicméně aby

bylo tohoto standardu skutečně dosaženo, je potřeba počítat s citelným zvýšením pořizovacích nákladů.

Ráda bych se ještě pozastavila nad samotným výpočtem a tím, co všechno spadá do objemu V a co nikoliv. Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov říká že, obálka budovy je: „soubor všech teplosměnných konstrukcí na hranici ucelené části budovy, které jsou vystaveny přilehlému prostředí, jež tvoří venkovní vzduch, přilehlá zemina, vnitřní vzduch v přilehlém nevytápěném prostoru nebo sousední budově nebo sousední zóně budovy nespádající do ucelené části budovy“ [6]. Tuto složitě popsanou skutečnost v jednoduchosti popisuje obrázek 3.



Obrázek 3 - Obálka budovy [9]

Do výpočtu objemu objektu se tedy nezahrnují nevytápěné části jako například nevytápěné sklepy, garáže, balkóny, půdy, a proto je potřeba je nezapočítávat do ochlazované plochy A. S veškerými místnostmi sousedícími s nevytápěnými prostory se musí počítat jako s těmi, které jsou na styku s exteriérem, a řádně je zateplit.

2.4 Vícenáklady na výstavbu

2.4.1 Tepelná izolace

Tepelná izolace a její větší tloušťka je pro širokou veřejnost nejznámějším faktem o pasivních stavbách. Jsou to materiály s nízkým součinitelem tepelné vodivosti, který udává rychlost prostupu teplého vzduchu do interiéru či z exteriéru a přispívají tím ke zvýšení tepelné pohody. Při vyšších vstupních nákladech jsme schopni snížit náklady na chod budovy, jako je vytápění či chlazení, a postupně investici získat zpět v uspořené měsíčních poplatcích [10].

Na trhu existuje nespočet druhů tepelných izolací, které se liší materiálem, prostupem tepla i možným použitím. Já se však zastavím pouze u těch nejdostupnějších a nejpoužívanějších:

- Expandovaný polystyren EPS je díky nízké ceně jednou z nejpoužívanějších izolací. Lze použít na zateplení fasády či jako kročejovou izolaci, je ale potřeba myslet na to, že nesmí být dlouhodobě vystaven vlhkosti. Šedá varianta má díky přídavku uhlíkových nanočástic lepší tepelněizolační vlastnosti až o 20 %, je však oproti bílému polystyrenu dražší.
- Extrudovaný polystyren XPS má oproti EPS větší pevnost, lze použít i na více namáhaná místa (střešní parkoviště, průmyslové podlahy). Zároveň je také nenasákavý, proto se používá ve vlhkém prostředí, jako je spodní část stavby (zateplení základů či soklů). Je nutné jej chránit před UV zářením.
- Minerální a skelná vlna je oblíbená pro izolaci střech kvůli své požární odolnosti a paropropustnosti, díky které může budova dýchat a tím odvádět přebytečnou vlhkost. Používá se také u difúzně otevřených konstrukcí, jako jsou například dřevostavby.
- Pěnové sklo se u pasivních domů často používá k zateplení spodní stavby. Díky rozprostření pod celou budovou nedává možnost vzniku tepelných mostů [10].

2.4.2 Tepelně technické vlastnosti výplní otvorů

Výplně otvorů, jako jsou okna a dveře, jsou pro stavebníky velkým oříškem, protože na trhu je široké spektrum možností. Je nutno podotknout, že není důležitý materiál, protože jak dřevo, tak plast či hliník umí dosáhnout požadovaného součinitele prostupu tepla – u oken maximálně 0,8 W/m²K, u dveří 0,9 W/m²K [11].

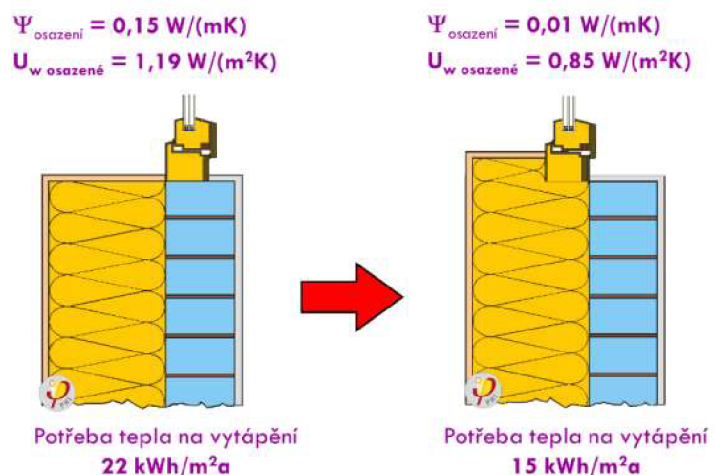
Důležitější je myslet již při návrhu na jejich rozmístění. Jak je popsáno v *Kapitole 2.3.1 Pozemek, postavení vůči světovým stranám, vnitřní dispozice* z jihu lze načerpat solární zisky, ze severní strany se lze dočkat pouze úniku tepla. To je důvod, proč se na jih

osazují velká okna, která by však neměla přesahovat více než 1/4 – 1/6 podlahové plochy místnosti, aby nedocházelo k přehřívání. Na sever by projektant měl navrhnout pouze malá okna, v nejlepším případě žádná [8].

Součinitel prostupu tepla se počítá pro výplň otvoru jako celek. Ve většině případů se u oken dosahuje nižších hodnot izolačním trojsklem a snižuje se plocha rámu, který nižších těchto hodnot hůře dosáhne. Rám se tedy schválně vyrábí s co nejmenší výškou, ale co největší šířkou a se speciálními těsněními například u okapnice. Také je možnost skrytého kování, které nedeformuje těsnicí profil.

Dále je nutné sledovat třeba také třídu průvzdušnosti, prostup světla a solární zisky, které zajistí více tepla v interiéru bez nutnosti více přitápět. U dveří se posuzují stejné parametry, i když by se mohlo zdát, že to není tak důležité, protože dveře bývají většinou v domě jen jedny nebo dvoje. Ani toto se však nevyplatí podcenit [12].

Nemálo důležité je také správné osazení výplní otvorů. V dnešní době se u pasivních staveb používá předsazení oken, kdy rám je celý obalený do izolantu a eliminace tepelných mostů je větší než při částečném osazení v izolantu. Rozdíl lze vidět na obrázku níže [7].



Obrázek 4 - Vliv osazení okna na tepelné ztráty objektu [13]

Závěrem se hodí podotknout, že si stavebník za lepší okna připlatí, ale cenu lze snížit využitím fixních oken, která bývají až o 1/3 levnější. U pasivních domů totiž okno není prostředkem k větrání, to za ně vyřeší rekuperace vzduchu. Doporučuje se v každé místnosti ponechat alespoň jedno otevíravé, další již mohou být fixní bez možnosti otevření [12].

2.4.3 Vzduchotechnika a rekuperace vzduchu

Vzhledem k potřebě omezit tepelné ztráty budovy se přihlíželo také na to, že větrání je nezpochybnitelně velkou součástí těchto ztrát. Pro jejich snížení byla vyvinuta rekuperační jednotka, která si spolu se vzduchotechnikou dává za cíl větrat průběžně a zároveň předávat čerstvému vzduchu teplo ze vzduchu odpadního. Tím se snižují náklady na vytápění v topném období až o 80 % a zároveň je v domě stále obměňován vzduch i bez průvanu, který by vytvářelo větrání přímé. Další výhodou je také snížení prašnosti a přebytečné vlhkosti v objektu, což svědčí zejména alergikům.

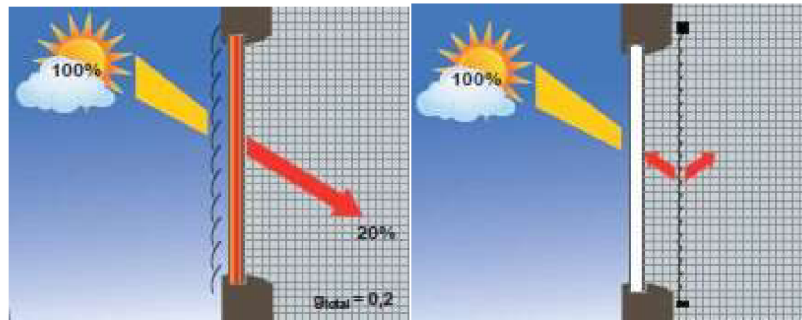
Rekuperační jednotka se posuzuje dle její účinnosti zpětného získávání tepla. Nulovou účinnost lze přirovnat k otevřenému oknu, zatímco stoprocentní účinnost by znamenala obměnu vzduchu bez tepelných ztrát, což není technicky možné. Rekuperaci lze nejčastěji poříditi s účinností od 30 do 90 %, kdy účinnost nad 60 % se bere jako dobrá, nad 80 % špičková. Pro pasivní domy je podmínkou účinnost minimálně 75 % [14].

Rekuperační jednotka může v horkých dnech sloužit také jako pasivní klimatizace, kdy chladný vnitřní vzduch ochlazuje přiváděný venkovní vzduch.

Aby vše fungovalo, tak jak má, je důležité mít správně navedenou vzduchotechniku. Ta má odebírat odpadní teplo z místností, jako je kuchyň, koupelna či WC, a čerstvý vzduch přivádět do obývacích či dětských pokojů a ložnic. Potrubí lze vést buďto v podhledech, nebo v podlaze, jen je potřeba počítat s výškou rozvodů, která se u kruhových rozvodů pohybuje nejčastěji kolem 100 mm. Dále je také nutné uvážit to, že jednotlivá vedení se často neobejdou bez křížení, proto je lepší pro jistotu uvažovat větší prostor, aby nedošlo ke komplikacím [14].

2.4.4 Předokenní stínění

Žaluzie či rolety zamezují přístupu slunečních paprsků a tím napomáhají k tomu, aby se interiér v letních dnech nepřehřival. Vnitřní clona sice naoko zabraňuje přímému slunečnímu svitu, ale teplo již tak efektivně nezadržuje. Daleko účinnější je v tomto směru stínění předokenní, které lze na budovách vidět čím dál tím častěji, a pro nízkoenergetické stavby jsou vlastně nutností. Navíc některé druhy mají také nemalé protihlukové vlastnosti, což se o těch vnitřních říci nedá.



Obrázek 5 - Rozdíl propustnosti tepla vnitřními a vnějšími žaluziemi [15]

Rozdíl lze vidět na obrázku – u vnitřních žaluzií teplo se zastaví mezi oknem a clonou, kde se část dostane do místnosti a část se odrazí zpátky ke sklu, které se spolu se stíněním zahřívá, a tím zvyšuje teplotu v interiéru. Předokenní varianta sice funguje na stejném principu ale s rozdílem, že právě ono teplo mezi lamelami a výplní okenního otvoru je ochlazováno přirozenou cirkulací vzduchu ve venkovním prostředí. Při správném výběru lze zamezit prostupu do interiéru až 80 % slunečního tepla. Vše ale záleží na typu, jeho barvě a vzdálenosti od okna [15].

Co se týká ceny, tak ta záleží nejen na druhu stínění, ale také na barvě, druhu lamel či ovládání. Nejlevněji však mimo vnitřní žaluzie vychází venkovní hliníková roleta spolu s venkovními žaluziemi, o něco dražší je pak hliníková roleta se speciálními lamelami, a ještě více si stavebník připlatí za screenovou roletu. Vůbec největší pořizovací náklad je u bezpečnostní rolety, která má vlastnosti totožné s tou hliníkovou, ale navíc je lépe připravena pro případné nedovolené vniknutí cizí osobou [16].

Při výběru je dobré myslet i na komfort ovládání. Mechanické ovládání, jako je klika či šňůra, je sice nejlevnější, ale pro velká okna se nedoporučuje. Využití tohoto systému je schůdnou variantou tam, kde není možné zapojit elektroinstalaci. Pohodlnější variantou je elektromotor, kde k zastínění či vytáhnutí žaluzií stačí pouze stisk tlačítka na zdi či ovladači. Zájem je však také o stínění ovládané změnami počasí. Čidla reagují nejen na sluneční záření, ale také na vítr či déšť a chrání sebe samy proti poškozením silným větrem či kroupami vytažením nahoru. Zvláštní kapitolou je pojem Smart Home, kde obyvatelé umí jedním kliknutím na svém smartphonu dát povel k zatažení či pootočení lamel, nebo třeba nastavit pohyb stínící techniky na určitý čas [17].

2.4.5 Náročnější projektová dokumentace

Tento vícenásobný náklad se odvíjí od toho, že projektant nemůže pouze zhmotnit představy investora na papír, ale musí také vyhovět všem normám a kritériím pro pasivní stavby. Je nutné co nejvíce zoptimalizovat objemový faktor budovy, orientace ke světovým stranám a s tím související vnitřní dispozici. Celkově pak optimalizovat budovu, aby měla

co nejméně ztrát a co nejvíce pasivních zisků. Kromě běžných studií a projektové dokumentace je potřeba zpracovat i další posudky a konstrukční detaily týkající se převážně tepelně-technických vlastností, rekuperace vzduchu a využití obnovitelných zdrojů pro vytápění či ohřev teplé vody [2].

2.4.6 Neprůvzdušnost obálky budovy a Blower-door test

Pasivní stavba musí splňovat požadavky také na neprůvzdušnost, což znamená, že musí co nejvíce těsnit. Toto se ověřuje Blower-door testem, jehož průběh je již popsán v *Kapitole 2.1 Základní informace*.

Tato zkouška však navyšuje náklady na pořízení stavby. Ještě více však pokud se ji stavebník rozhodne provést dvakrát – jednou při dokončení hrubé stavby, aby případné netěsnosti ještě mohl opravit, a podruhé při dokončení stavby, aby dokázal splnění požadavků [2].

2.5 Dotace

Celý svět se snaží snížit uhlíkovou stopu, a proto nejen Česká republika podporuje výstavbu úsporných domů. Obecně je známo, že tyto objekty mívají o zhruba 10 % dražší pořizovací náklady, ale při využití dotací poskytovaných Ministerstvem životního prostředí se lze dostat téměř na cenu běžného domu bez speciálních tepelně technických opatření [18].

Nová zelená úsporám je program, o který se stará primárně Státní fond životního prostředí ČR, a právě ten dodává zájemcům veškeré informace a hodnotí jejich žádosti. Na výstavbu či nákup rodinného domu do 350 m² vytápěné plochy v nízkoenergetickém či pasivním standardu se vztahuje oblast podpory B.

Tento program se dále rozpadá na 3 podoblasti, které se liší maximálními hodnotami, které je nutno dodržet pro získání dotace. Jedná se o měrnou roční potřebu tepla na vytápění, měrnou neobnovitelnou primární energii, součinitelem prostupu tepla jednotlivými konstrukcemi na systémové hranici, průměrným součinitelem prostupu tepla obálkou budovy a průvzdušností obálky budovy. Dále je stanovena nejvyšší denní teplota vzduchu přes letní měsíce bez použití chladícího zařízení. Podmínkou k získání financí je mimo jiné také řízené větrání se zpětným získáváním tepla a protokol o měření průvzdušnosti obálky budovy. Výše podpory je 150 000 Kč, 350 000 Kč, nebo dokonce 450 000 Kč, a to v závislosti na splnění výše uvedených kritérií. Při splnění veškerých podmínek uvedených v Závazných pokynech pro žadatele RD a dodání potřebných stvrzujících dokumentů je tato částka jednorázově vyplacena bez ohledu na to, kolik reálně investor do opatření proti úniku tepla vložil [19].

Spolu s uvedenou dotací na dům samotný je vhodné nezapomenout si zažádat také o podporu na tzv. blower door test a zajištění technického dozoru. Změřit průvzdušnost

obálky je pro výše uvedený státní příspěvek potřeba a tento takéž jednorázový příspěvek ve výši 35 000 Kč povětšinou vystačí na pokrytí tohoto testu.

Dále je také možné získat částku 800 Kč na 1 m² zelené střechy, případně 5 000 Kč na jeden decentrální systém při využití tepla z odpadních vod v maximální výši 15 000 Kč na jeden rodinný dům. Pokud by investor použil na svou stavbu materiály s vydaným environmentálním prohlášením typu III., vyplatí se mu prostudovat takéž podmínky pro získání dotace také na tuto záležitost [19].

3 Energetická náročnost budov

V minulém roce vyšla vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov, která nahrazuje vyhlášku č. 78/2013 Sb. Vyhláška nově více hledí na neobnovitelnou primární energii a s tím související přísnější faktory pro výpočet celkové potřeby primární energie, upravuje protokol a průkaz energetické náročnosti budovy a reflektuje nové evropské normy z hlediska energetického hodnocení budov [6].

Vzhledem k tomu, že tento obor je velmi obsáhlý, používá nemálo speciálních programů, bude se tato bakalářská práce zabývat pouze tím, co je pro předběžný návrh a rozpočet pasivního domu nejdůležitější. Složité konstrukční detaily je nutné navrhnout a poté počítačově vymodelovat, což řeší odborný pracovník s dlouholetými zkušenostmi.

3.1 Tepelné ztráty

Tepelné ztráty vyjadřují množství úniku tepla přes konstrukci do chladnějších prostorů a exteriéru či přímým větráním k obnovení vzduchu v místnosti. K posouzení jejich výše se používá tepelný odpor konstrukce, ze kterého se poté vypočítá součinitel prostupu tepla. Součinitel prostupu tepla vynásobený plochou konstrukce a redukčním činitelem již vypovídá o tepelné ztrátě konstrukce.

Tepelný odpor R – vyjadřuje schopnost materiálu izolovat, tudíž nedovolit teplu projít materiálem a způsobit tepelnou ztrátu – čím větší je tepelný odpor, tím menší budou tepelné ztráty [20].

$$R = \frac{d}{\lambda} \quad [m^2 * K/W] \quad (1)$$

– d je tloušťka materiálu

– λ je výpočtová tepelná vodivost

Součinitel prostupu tepla U – převrácená hodnota tepelného odporu, vyjadřuje propustnost tepla materiálem – čím menší je součinitel tepelné vodivosti, tím menší budou tepelné ztráty [20].

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T} \quad [W * m^{-2} * K^{-1}] \quad (2)$$

– R_{se} je odpor tepla na straně vnější

– R_{si} je odpor tepla na straně vnitřní

– R_T je odpor tepla celé konstrukce

Hodnota odporu závisí mimo vnější a vnitřní stranu také na tom, jakým směrem se teplo snaží projít konstrukcí. Protože i v bytě lze pocítit, že teplý vzduch se drží u stropu

a chladný u země, prostup konstrukcí nahoru je pro teplo jednodušší než dolů, což ukazuje i následující tabulka vyjadřující odpor přestupu tepla v závislosti na směru prostupu konstrukcí [21].

Tabulka 2 - Hodnoty odporu v závislosti na směru prostupu konstrukcí [21]

| Odpor při přestupu tepla | Směr tepelného toku | | |
|--------------------------|---------------------|-----------|------|
| | nahoru | vodorovně | dolů |
| R _{si} | 0,10 | 0,13 | 0,17 |
| R _{se} | 0,04 | 0,04 | 0,04 |

Tepelnou ztrátu u některých konstrukcí ovlivňuje také redukční činitel teploty b . Pro jeho posouzení se používá výpočtová vnitřní teplota $\theta_{int,i}$, jejíž výše je určena dle způsobu využití prostoru, a také výpočtová venkovní teplota θ_e , jejíž výše je určena dle nadmořské výšky. Třetí položkou, která vstupuje do této rovnice, je teplota v nevytápěném prostoru $\theta_{u(z)}$, která svou výší mění redukční činitel. Pokud se jedná o konstrukci sousedící s exteriérem, hodnota redukčního činitele je 1, pokud však konstrukce sousedí se zemí, či například nevytápěnou garáží, redukční činitel mění svou hodnotu. Všechny tyto tři hodnoty potřebné pro výpočet jsou dohledatelné v ČSN EN 12831-1 [22].

$$b = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{u(z)}}{\theta_{int,i} - \theta_e} \quad [-] \quad (3)$$

Tepelná ztráta konstrukcí se tedy dá vyjádřit takto:

$$H_T = U * A * b \quad [W * K^{-1}] \quad (4)$$

Mimo samotné konstrukce se uvažuje také ztráty infilrací neboli netěsnostmi v obálce budovy, kdy se pouze vynásobí celková plocha obálky budovy spolu se zvýšením součinitele prostupu tepla o vliv tepelných vazeb mezi konstrukcemi dle uvažované neprůvzdušnosti budovy. Tyto hodnoty lze najít i s popisem v ČSN 73 0540-4 Tepelná ochrana budovy – Část 4: Výpočtové metody [20].

Poslední složkou, která má vliv na tepelné ztráty budovy, je větrání – ať už přímé nebo nepřímé. Tu lze podle ČSN EN 12831 stanovit takto:

$$H_V = 0,34 * V' \quad (5)$$

Objemový tok vzduchu V' lze určit jako součin objemu vzduchu v budově V_i , průměrné intenzity výměny vzduchu n_m a tzv. neúčinností zpětného získávání tepla ($1 - \text{účinnost zpětného získání tepla}$), pokud je v budově navrženo. Objem vzduchu uvnitř budovy norma zjednodušeně uvažuje jako 80 % celkového objemu budovy, což ale u rodinných staveb není pravdou – častěji v důsledku zateplení se objem vnitřního vzduchu

u rodinných domů podílí spíše 65 – 70 % [22]. Proto je lepší provést přesný výpočet. Co se týká intenzity výměny vzduchu, tu určuje norma ČSN 73 0331-1 zvlášť pro různé druhy zón [23].

Pokud se tento výpočet provede pro celou obálku budovy, hovoří se o předběžném výpočtu tepelných ztrát. Ten však není tak přesný, a proto se využívá výpočtu podrobného pro každou místnost zvlášť, kdy se poté sečtou všechny tepelné ztráty, případně zisky místností, a získá se tím již přesnější pohled na celkové tepelné ztráty budovy.

Pro potřeby protokolu o energetické náročnosti budov se stanoví průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} jako podíl celkových tepelných ztrát a plochy obálky budovy, který se poté posuzuje s referenční budovou a na základě posudku je budova zařazena do příslušné klasifikační třídy [6].

3.1.1 Přepočet tepelných ztrát z W/K na Wh/rok

Tepelná ztráta v W/K lze převést vynásobením počtu dní v hodinách spolu s rozdílem návrhové vnitřní teploty a průměrné venkovní teploty dle daného měsíce. Průměrnou venkovní teplotu dle nadmořské výška lze nalézt v ČSN 73 0540-3.

3.2 Tepelné zisky

3.2.1 Solární zisky

Výpočet solárních zisků je uveden v normě ČSN EN ISO 52016-1. Pomocí vzorce je zapsán jako:

$$Q_{H;sol;wi} = g_{gl;wi;H;m} * A_{wi} * (1 - F_{fr;wi}) * F_{sh;obst;wi;m} * H_{sol;wi;m} - Q_{sky;wi;m} \left[\frac{Wh}{\text{uvažované čas. období}} \right] \quad (6)$$

Jednotlivou výši veličin, jako je činitel prostupu solární energie průsvitných prvků g , redukční činitel stínění vnějšími překážkami F_{sh} či výpočet dodatečného tepelného toku vlivem sálání k obloze Q_{sky} , lze nalézt v téže normě. Dávka měsíčního slunečního ozáření H_{sol} je dle orientace prosklených ploch vyčíslena v normě ČSN 73 0331-1 [24][23].

3.2.2 Vnitřní zisky – lidé

Vnitřní zisky od lidí jsou násobkem měrných tepelných zisků od osob, časového podílu přítomnosti osob, podlahové plochy a počtu hodin za uvažované časové období (měsíc, rok). Tyto zisky jsou již vyčísleny v Wh/časové období. Návrhové hodnoty uvádí norma ČSN 73 0331-1 [23].

3.2.3 Vnitřní zisky – technologie a osvětlení

Vnitřní tepelné zisky z technologií lze odvodit stejně jako zisky od lidí, jen se místo měrných tepelných zisků osob použijí zisky z vybavení a místo časového podílu přítomnosti osob, časový podíl doby provozu vybavení.

Výpočet zisků z osvětlení počítá s účinností přeměny tepelných zisků vynásobených spotřebou elektřiny na osvětlení spolu s podlahovou plochou. Tato hodnota vynásobená tisícem udává tepelné zisky za jeden rok.

Jednotlivé návrhové hodnoty jsou opět uvedeny v normě ČSN 73 0331-1 [23].

3.3 Průkaz energetické náročnosti budovy

Energetický štítek obálky budovy spolu s protokolem o energetické náročnosti budovy tvoří celek nazývaný průkaz energetické náročnosti budovy, zkráceně PENB. Je to dokument, který potvrzuje, že stavba splňuje tepelně technické požadavky na výstavbu, a udává, do jaké třídy energetické náročnosti se řadí. Povinnost vypracování je od roku 2016 povinná pro všechny stavebníky, prodejce i pronajímatele nemovitostí včetně bytových jednotek. Cena se pohybuje u rodinných domů kolem 5 000 Kč, dle velikosti budovy a samozřejmě dle ceny zpracovatele [18].

V České republice řadíme budovy do šesti klasifikačních tříd. Ve výpočtech uvažujeme vždy hodnocenou budovu a budovu referenční, která je svou velikostí a dispozicí stejná jako hodnocená, jen pro výpočet používáme momentálně platné hodnoty. Budovu lze schválit ve stavebním řízení tehdy, kdy hodnocená budova je minimálně srovnatelná s referenční, což v této době znamená, že musí spadat nejhůře do třídy C, ve které se nachází hodnoty pro referenční budovu. Hodnotí se celková dodaná energie, neobnovitelná primární energie a součinitel prostupu tepla obálkou budovy. Veškeré potřebné koeficienty pro výpočet a také vzor samotného průkazu lze nalézt ve vyhlášce č. 264/2020 Sb. a požadované a doporučené hodnoty pro součinitele prostupu tepla pro jednotlivé konstrukce jsou uvedeny v ČSN 73 0540-2:2011 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky [6][11].

3.3.1 Součinitel prostupu tepla obálkou budovy

Výpočet součinitele prostupu tepla byl již popsán v předchozí kapitole 3.1 *Tepelné ztráty*. V PENB se však posuzuje průměrná hodnota tohoto parametru.

Na základě vypočítaných tepelných ztrát obálkou budovy a přičtením tepelných ztrát netěsnostmi budovy se vypočítá váženým aritmetickým průměrem průměrný součinitel prostupu tepla, který se poté porovná s referenční budovou a zatřídí se do klasifikační třídy. Celkově si budova nesmí vést hůře než referenční budova spadající do třídy C [6].

3.3.2 Celková dodaná energie

Celková dodaná energie je součet všech energií, které jsou potřeba pro chod budovy. Započítává se do nich například elektřina či energie obsažená v pevných palivech. Dodaná energie se dělí podle účelu, na který je použita. PENB rozlišuje energii potřebnou k vytápění, chlazení, větrání, úpravě vlhkosti, ohřev teplé vody a osvětlení. Vytápění, ohřev teplé vody a osvětlení se posuzuje vždy, ostatní posudky závisí na tom, zda je objekt vybaven danou jednotkou [6].

Energie potřebná k vytápění – je dána tepelnými ztrátami vypočtenými dle jednotlivých součinitelů prostupu tepla a velikostí posuzovaných ploch. Zohledňuje se průměrná venkovní teplota a počet dní otopného období v dané lokalitě. Důležitým parametrem je účinnost navrženého zdroje, jeho výkon a příkon.

Energie potřebná k chlazení – stanoví se obdobně jako energie potřebná k vytápění.

Energie potřebná k ohřevu teplé vody – závisí na návrhové teplotě teplé vody ve zdroji přípravy, na teplotě vody dodávané k ohřevu, objemu zásobníku teplé vody a potřebě teplé vody, která se odhaduje dle počtu osob a průměrné potřeby teplé vody na osobu. Důležitým parametrem je účinnost navrženého zdroje, jeho výkon a příkon.

Energie potřebná k osvětlení – stanoví se dle příkonu instalovaného osvětlení, odhadu doby provozu bez denního světla a také dle využitelnosti místností.

Energie potřebná k větrání a úpravě vlhkosti – u těchto jednotek záleží pouze na účinnosti, výkonu a příkonu zdroje [6][23].

3.3.3 Neobnovitelná primární energie

Vyhláška č. 264/2020 Sb. popisuje neobnovitelnou primární energií jako: „*energii, která neprošla žádným procesem přeměny*“ [6].

Vypočtená energie potřebná pro chod budovy se vynásobí koeficientem dle navrženého zdroje. Čím více daný zdroj negativně ovlivňuje životní prostředí, tím je koeficient vyšší a řadí budovu do horší klasifikační třídy. I tady je potřeba se dostat alespoň na hodnotu referenční budovy, která se vyskytuje v klasifikační třídě C [6].

4 Tvorba cen ve stavebnictví

4.1 Metody tvorby ceny

Tvorba ceny je jedním z čtyř hlavních nástrojů marketingového mixu a je velmi těžké odhadnout, kolik jsou lidé schopni a ochotni zaplatit. Existuje mnoho způsobů tvorby ceny. Žádná z nich není dobrá ani špatná, avšak ideálem je nedržet se pouze jedné z nich [25].

4.1.1 Nákladově orientovaná tvorba ceny

Nákladem se rozumí spotřeba veškerých zdrojů, které do podniku vstupují za účelem tvorby zisku. Za zdroje se považuje materiál, energie, finance, informace a lidé [25].

Nákladově orientovaná tvorba ceny spočívá právě ve vyčíslení veškerých nákladů podniku, ke kterým se přidá podnikem stanovené procento zisku. Ve firmách se proto používá nejčastěji. Metoda zajistí pokrytí nákladů a v případě dostatečného množství zakázek také zisk, ale nehledí na ceny konkurence, ani na schopnost či ochotu zákazníka zaplatit stanovenou cenu. To může vést k příliš vysoké ceně, a tím právě k nedostatku zakázek. Je nutné pokrýt veškeré náklady, ale při zjištění, že kalkulovaná cena by byla příliš vysoká, zvážit, zda není možné některé z nich snížit, a tím se přiblížit k cenám konkurenčních podniků [26].

4.1.2 Poptávkově orientovaná tvorba ceny

Poptávkově orientovaná tvorba ceny vychází z odhadů poptávky při určité ceně výrobku či služby. Odhady se tvoří na základě dotazníků, analýzami dat z minulých let či testováním trhu. Metoda nebere v potaz náklady, pouze porovnává nejziskovější variantu ve smyslu prodaného množství ku výši marže [26].

4.1.3 Tvorba ceny podle konkurence

Tato metoda spočívá v obhlídce trhu a napodobení ceny dle konkurence. Nicméně konkurenční firmy mohou mít nižší náklady, a proto se může stát, že pokud se bude podnik řídit pouze touto metodou, dostane se do ztráty. Proto je dobré sledovat ceny konkurence, ale striktně se jich nedržet [26].

4.2 Kalkulace ceny ve stavebnictví

Kalkulace slouží pro výpočet nákladů na měrnou jednotku, a tím pomáhají určit minimální cenu pro zákazníka. Často se také používá jako podklad pro analýzy spotřeby podniku.

4.2.1 Náklady a jejich dělení pro potřeby kalkulací

Pro účely kalkulací je potřeba náklady rozdělit na náklady:

- přímé – lze je přesně vyčíslit na měrnou jednotku,
- nepřímé – nelze je přesně vyčíslit na měrnou jednotku.

Náklady přímé se dále dělí dle druhu na náklady na:

- materiál – veškeré náklady na materiál, jeho dopravu, energie,
- mzdy – náklady na mzdy výrobních pracovníků,
- stroje – náklady na opotřebení strojů a jejich provozní náklady (palivo, mazivo),
- ostatní přímé náklady – nejčastěji náklady na sociální a zdravotní pojištění výrobních pracovníků.

Náklady nepřímé lze nazvat také režii podniku. Řadí se mezi ně náklady na chod podniku jako takového, bez kterého by nebylo možné podnik řídit.

- Režie výrobní – například ochranné pracovní pomůcky, firemní automobily pro výrobní pracovníky, údržba strojů, řízení kvality a další,
- Režie správní – například náklady na nevýrobní pracovníky, administrativu, sídlo společnosti, firemní automobily nevýrobních pracovníků a další [27].

4.2.2 Způsoby rozpočítání nepřímých nákladů

Režijní náklady je potřeba rozpočítat na měrnou jednotku a rozprostřít je do celkového objemu produkce. Pro toto rozdělení se v dnešní době používají tři metody – kalkulace přírážková, kalkulace s poměrovými čísly a kalkulace dělením prostá, která je z těchto tří nejméně používaná [25].

Kalkulace přírážková se používá ve výroбах, kde lze náklady rozdělit na přímé a nepřímé. Výroba může být nehomogenní, nicméně musí mít společné režijní náklady. Jejich rozdělení se provádí na základě poměru mezi celkovými náklady a rozvrhovou základnou, kterou si podnik určuje v závislosti na konkrétních podmínkách. Ta by měla mít stálou a stabilní souvislost s nepřímými náklady, zároveň by měla být dostatečně velká, aby se nevyskytovala chyba, která by zapříčinila nerozdělení kompletní výše nákladů mezi měrné jednotky. Základem je také to, aby se dalo jednoduše zjistit to, co všechno rozvrhová základna obsahuje a z čeho se tedy přírážka počítá, jestli to jsou přímé zpracovací náklady, přímý materiál, mzdy nebo přímé mzdy s ostatními přímými

náklady. Problém nastává u složitějších provozů, protože náročnost evidence je vysoká a stává se nespolehlivou.

$$Sazba nepřímých nákladů v \% = \frac{\text{celkové náklady}}{\text{rozvrhová základna}} * 100 \quad (7)$$

Kalkulace dělením prostá nalezne místo tam, kde se vyrábí více odlišných výrobků, které mají rozdílné nároky na výrobu. Určí se poměr mezi jednotlivými druhy a pomocí nich se rozprostřou nepřímé náklady. Ty se potom rozdělí dle odhadu produkce na kalkulační jednici. Poměrná část režii se určuje dle potřeb podniku, a to například dle náročnosti výroby či kvality. Subjektivní odhad, který u této kalkulační metody hraje důležitou roli, nemusí být úplně správný, což je nevýhodou této metody.

Kalkulace dělením prostá lze použít pouze tam, kde se vyrábí pouze jeden jediný výrobek či služba. Je jednoduchá a přesná, ale protože málokterá firma se zaměří pouze na produkci jednoho konkrétního výrobku, je tato metoda nejméně používaná [25].

4.3 Rozpočet stavby

Investor chce vždy vědět, kolik peněžních prostředků bude muset pro svůj záměr uvolnit. Pokud bude chtít stavět novou budovu, jedná se o pořizovací cenu stavby, která zahrnuje celkové náklady na výstavbu. Výši celkového investičního nákladu a výši nákladů na jednotlivé položky obsahuje rozpočet. Pokud by však investor kupoval již stojící objekt, jednalo by se o reprodukční cenu stavby, která se zjišťuje odborným odhadem.

Pro vypracování rozpočtu je potřeba vypracovaný projekt. Čím více je projekt propracován, i co se týká výpisu prvků konkrétního typu či výrobce, tím lepší přehled o budoucích nákladech poskytuje. U dražších položek s rozdílnými cenami dle jejich druhu může nespecifikování v rozpočtu stavebníka přivést do situace, že jeho peněžní prostředky nebudou dostatečné a později bude muset šetřit na jiných částech stavby [25].

Podklady pro ceny jednotlivých položek rozpočtáři čerpají z databází RTS či ÚRS. Pokud má však stavebník speciální přání, je potřeba poptat konkrétní firmu a cenu převzít od ní, aby rozpočet co nejvíce odpovídal navrhované skutečnosti.

Je potřeba myslet také na přípravné a geodetické práce, náklady na zařízení staveniště a další náklady, které jsou se stavbou spojené. Tyto náklady se označují jako vedlejší [25].

4.3.1 Rozpočtové ukazatele

Pro zjednodušení odhadu ceny stavebního objektu lze využít také rozpočtové ukazatele, které jsou odborně vypočítány na základě ceny již postavených objektů. Lze je najít

například v databázi RTS či ÚRS a vztahují se na měrnou jednotku a určují její průměrnou cenu. Mohou být účelové, kdy měrnou jednotkou je například jedna bytová jednotka, nebo technické, kdy měrnou jednotkou bývá m^3 obestavěného prostoru či m^2 zastavěné plochy.

Obestavěným prostorem se rozumí celkový objem objektu a započítávají se do něj základy, spodní část objektu (suterén), vrchní část objektu a zastřešení. Zastavěná plocha vymezuje plochu objektu včetně svislých konstrukcí. Vynásobením počtu měrných jednotek s ukazateli se zjistí odhadovaná cena objektu bez vedlejších nákladů, které se poté dopočítávají procentní sazbou ze základních rozpočtových nákladů [25].

4.4 Cena projektové a inženýrské činnosti

Odhad ceny projektových a inženýrských prací se stanoví dle jejich rozsahu procentuálním vyjádřením z ceny základních rozpočtových nákladů. Jejich výši lze odvodit z odborných ústavů, které jejich výši zkoumají a mění dle zjištění nových poznatků. Český svaz stavebních inženýrů vydává výkonový a honorářový řád, Sdružení Unika vydává každoročně Sazebník pro navrhování nabídkových cen projektových prací a inženýrské činnosti a Metodický postup pro navrhování nabídkových cen kompletační činnosti ve výstavbě. Ceny uváděné těmito institucemi jsou však pouze orientační, vždy záleží na složitosti návrhu a konkrétním dodavateli [25].

5 Ukazatele ekonomické efektivity investic

5.1 Čistá současná hodnota

Tento ukazatel hodnotí cashflow projektu v jednotlivých letech a zohledňuje znehodnocení peněžních prostředků během let. Investice je výhodná, pokud investiční náklady jsou menší než současná hodnota předpokládaného cashflow projektu.

Samotný výpočet lze rozdělit na 2 části. Jako první se určí současná hodnota PV, která je sumou čistého cashflow v jednotlivých letech podělená diskontním faktorem, který převádí peněžní prostředky v budoucnosti na hodnotu, kterou teoreticky mají dnes. Stačí pouze odhadnout procentuální výši znehodnocení a určit počet let, které se budou sledovat. Vzorec je možno vyjádřit takto:

$$PV = \sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i} \quad (8)$$

- NCF_i je čistý cashflow v jednotlivých letech
- r je procentuální sazba znehodnocení
- i je počet sledovaných let.

Druhou částí je už pouze odečtení současné hodnoty od investičního nákladu, čímž se zajistí konečná čistá současná hodnota NPV [28].

$$NPV = PV - IN \quad (9)$$

5.2 Vnitřní výnosové procento

Tento ukazatel poměrně dost souvisí s čistou současnou hodnotou, protože udává, při které diskontní sazbě by čistá současná hodnota byla rovna 0. To znamená, že procentuálně vyjadřuje množství výnosů, které jsou potřebné na to, aby se investice dostala alespoň na bod zlomu a nebyla ztrátová. Lze ji vyjádřit jako:

$$NPV = 0 \quad (10)$$

U projektů, jejichž životnost přesáhne tři roky, je potřeba výpočet provádět lineární interpolací ať už početně, nebo graficky.

Existují však situace, kdy není možné ukazatel vyčíslit. Jedním z problémů může být situace, kdy se projekt chová nekonvenčně, což znamená, že cashflow se mění z kladných hodnot na záporné a naopak v rámci sledovaného časového období. Dalším problémem je moment, kdy je potřeba porovnat 2 různé projekty o jiné délce hodnocených období a rozdílných investičních nákladech [28].

5.3 Doba návratnosti investice

Výpočtem doby návratnosti investice lze zjistit, za jak dlouhou dobu výnosy investice pokryjí její náklady. Pokud by šlo o projekt, kdy jsou výnosy v průběhu let konstantní, lze pouze podělit investiční náklad ročním cashflow. Nicméně toto se nestává tak často, a proto se mnohem častěji využívá následujícího vztahu i s přihlédnutím k znehodnocení peněz diskontním faktorem:

$$\sum_{i=0}^k \frac{NCF_i = IN_i}{(1+r)^i} = \sum_{i=k}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i} \quad (11)$$

Určí se cashflow v jednotlivých letech a tyto hodnoty se vynásobí diskontním faktorem. Poté stačí tyto hodnoty sečíst v kumulované roční cashflow a sledovat, ve kterém roce dosáhne tato hodnota hodnoty investičních nákladů.

Nevýhodou této metody je to, že vůbec nezohledňuje peněžní toky, které nastanou po době návratnosti. Proto se tento ukazatel používá pouze jako doplňkový k ostatním ukazatelům [28].

5.4 Index rentability

Výpočtem indexu rentability se zjišťuje výše diskontovaného cashflow na jednotku diskontovaného investičního nákladu. Pokud je index větší než 1, investice je efektivní. Výpočet lze zapsat pomocí dvou následujících vzorců [28].

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{NCF_i}{(1+r)^i}}{IC_0} \quad (12)$$

$$PI = \frac{NPV}{IC_0} + 1 \quad (13)$$

5.5 Náklady životního cyklu

Ukazatel nákladů životního cyklu se zabývá pouze náklady, ať už se jedná o pořizovací náklady, či náklady na provoz. Vůbec nezohledňuje jakýkoliv zisk či užitek, a proto se používá tam, kde tyto výstupy nelze přesně určit. Používá se u analýzy minimalizace nákladů a při výpočtu se kumulují náklady za jednotlivé roky, které se upravují diskontním faktorem. [25]

Zápis vzorce pro výpočet vypadá takto:

$$LCC = \sum_{i=0}^n \frac{C_i}{(1+r)^i} \quad (14)$$

6 Charakteristika posuzovaných budov

Pro hodnocení byly vybrány dvě téměř identické budovy, kdy dispozice zůstává zachována i včetně vnitřních rozměrů místností, materiál pro výstavbu je taktéž stejný. Rozdílem je tedy vyšší míra zateplení pasivní budovy, návrh vzduchotechniky s rekuperací vzduchu, náročnější projektová dokumentace a Blower-door test. U pasivního standardu se uvažuje s žaluziemi předokenními, u běžné výstavby s vnitřními. Osazení na pozemku zůstává taktéž stejné.

Hodnocené objekty jsou vchodem směřované na jih, a to z toho důvodu, že na této straně budovy se nachází nejvíce prosklené plochy. Půdorysně se jedná o dva vůči sobě posunuté obdélníky, kdy jeden z nich je navržen jako přízemní, druhý jako dvoupatrový. Jedná se o 4+kk, kdy kuchyňský kout je umístěn spolu s jídelnou a obývací částí v jedné velké místnosti o velikosti téměř 55 m². Koupelny jsou navrženy dvě, v každém patře jedna, a navíc jedno samostatné WC. Celková podlahová plocha činí 163,34 m². Zjednodušené půdorysy obou staveb včetně řezů jsou přiloženy v příloze.

Co se týká použitých materiálů, základové pasy jsou navrženy ze železobetonu, pro obvodové stěny jsou použity keramické tvarovky Porotherm T 38 Profi, stropy jsou systémové Porotherm. Střecha na obou částech budovy je plochá s nízkou atikou. Rámy výplní otvorů jsou uvažovány plastové.

Návrhová vnitřní teplota v budově je navržena na 20 °C a výpočtová venkovní teplota je navržena na -15 °C, což odpovídá hodnotě pro město Opava. Teplota zeminy v místě styku s konstrukcí je uvažována +5 °C. Průměrná roční teplota byla vypočítána na základě návrhové teploty vzduchu dle normy ČSN 73 0331-1 na 8,5 °C.



Obrázek 6 - 3D model budovy [zdroj autor]

6.1 Tepelné ztráty

6.1.1 Budova A – klasifikační třída C (úsporná)

U budovy A byly navrženy následující skladby jednotlivých konstrukcí:

Tabulka 3 - Skladby konstrukcí včetně jejich tepelné vodivosti budovy A
[zdroj autor dle hodnot udávaných výrobcem]

| Konstrukce | Materiál | tloušťka [m] | λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹] |
|---------------------------------|------------------------------------|--------------|--|
| SOB – Stěna obvodová | Porotherm 38 T Profi včetně omítky | 0,380 | 0,068 |
| STR – Střecha plochá | <i>Hydroizolace (2 vrstvy)</i> | <i>0,008</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Cementový potěr | 0,050 | 1,270 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Polystyren EPS 100 | 0,220 | 0,037 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Strop Miako | 0,250 | 0,862 |
| | Omítka štuková | 0,010 | 0,880 |
| PDL(vp) – Podlaha nad výklenkem | <i>Povrchová úprava</i> | <i>0,012</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Cementový potěr | 0,058 | 1,270 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Kročejova izolace – Rockwool | 0,100 | 0,039 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Strop Miako | 0,250 | 0,862 |
| | Fasádní polystyren EPS 100F | 0,080 | 0,037 |
| Tepelně izolační omítka | 0,030 | 0,100 | |
| PDL(z) – Podlaha na terénu | <i>Povrchová úprava</i> | <i>0,012</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Cementový potěr | 0,058 | 1,270 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Polystyren EPS 100 | 0,100 | 0,037 |
| | <i>Hydroizolace (2 vrstvy)</i> | <i>0,008</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Základová deska | 0,150 | 1,740 |

Dále byly vypočítány plochy konstrukcí, součinitelé prostupu tepla a korekční součinitelé a po dosazení taktéž měrné tepelné ztráty jednotlivých konstrukcí. Byly připočteny i ztráty na netěsnosti obálky budovy, kde z důvodu typu stavby je součinitel prostupu tepla uvažován jako 0,02 Wm⁻²K⁻¹. Po posouzení budova splnila požadavky a byla zařazena do klasifikační třídy C dle Vyhlášky č. 264/2020 Sb.

Tabulka 4 - Prostup tepla obálkou budovy A a její zařazení do klasifikační třídy
[zdroj autor]

| Konstrukce | Plocha [m ²] | Korekční součinitel b [-] | Hodnocená budova | | Referenční budova | |
|--|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| | | | U [Wm ⁻² K ⁻¹] | H _T [WK ⁻¹] | U [Wm ⁻² K ⁻¹] | H _T [WK ⁻¹] |
| SOB – Stěna obvodová | 226,16 | 1 | 0,17 | 38,45 | 0,21 | 47,49 |
| STR – Střecha plochá | 133,11 | 1 | 0,16 | 21,30 | 0,17 | 22,63 |
| PDL(vp) – Podlaha nad výklenkem | 2,16 | 1 | 0,18 | 0,39 | 0,17 | 0,37 |
| PDL(z) – Podlaha na terénu | 130,95 | 0,43 | 0,33 | 18,58 | 0,32 | 18,02 |
| D – Vstupní dveře | 2,75 | 1 | 1,10 | 3,03 | 1,19 | 3,27 |
| O – Okna | 38,50 | 1 | 1,10 | 42,35 | 1,05 | 40,43 |
| Ztráta prostupem obálky budovy bez infiltrace | - | - | - | 124,10 | - | 132,21 |
| Přirážka na tepelné vazby | 533,63 | - | 0,02 | 10,67 | 0,02 | 10,67 |
| Celková ztráta prostupem obálky budovy | | | - | 134,77 | - | 142,88 |
| Průměrný součinitel prostupu tepla U_{em} | | | 0,25 | | 0,27 | |
| Klasifikační ukazatel ER pro U_{em} | | | 0,94 | | | |
| Splnění požadavku pro U_{em} | | | Ano, požadavek splněn | | | |
| Zařazení do klasifikační třídy | | | C – úsporná | | | |

Pro potřeby určení celkových ztrát tepla bylo potřeba vyčíslit také ztráty způsobené přímým větráním, jejichž vyčíslení lze vidět v následující tabulce.

Tabulka 5 – Tepelné ztráty větráním budovy A [zdroj autor]

| Větrání | Objem vzduchu v budově [m ³] | Hygienické požadavky | | H _v [WK ⁻¹] |
|---------|--|----------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| | | n (h ⁻¹) | V _{min} (m ³ /h) | |
| | 424,46 | 0,3 | 127,34 | 43,29 |

6.1.2 Budova B – klasifikační třída A (mimořádně úsporná)

U budovy B byly navrženy následující skladby jednotlivých konstrukcí:

Tabulka 6 - Skladby konstrukcí včetně jejich tepelné vodivosti budovy B
[zdroj autor dle hodnot udávaných výrobcem]

| Konstrukce | Materiál | tloušťka [m] | λ [Wm ⁻¹ K ⁻¹] |
|---------------------------------|------------------------------------|--------------|--|
| SOB – Stěna obvodová | Porotherm 38 T Profi včetně omítky | 0,380 | 0,068 |
| | Fasádní polystyren EPS 100F | 0,150 | 0,037 |
| STR – Střecha plochá | <i>Hydroizolace (2 vrstvy)</i> | <i>0,008</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Cementový potěr | 0,050 | 1,270 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Polystyren EPS 100 | 0,400 | 0,037 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Strop Miako | 0,250 | 0,862 |
| | Sádrokartonový podhled | 0,200 | 0,880 |
| PDL(vp) – Podlaha nad výklenkem | <i>Povrchová úprava</i> | <i>0,012</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Cementový potěr | 0,058 | 1,270 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Kročejova izolace – Rockwool | 0,050 | 0,039 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Strop Miako | 0,250 | 0,862 |
| | Fasádní polystyren EPS 100F | 0,180 | 0,037 |
| | Tepelně izolační omítky | 0,030 | 0,100 |
| PDL(z) – Podlaha na terénu | <i>Povrchová úprava</i> | <i>0,012</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Cementový potěr | 0,058 | 1,270 |
| | <i>PE fólie</i> | <i>0,001</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Polystyren EPS 100 | 0,250 | 0,037 |
| | <i>Hydroizolace (2 vrstvy)</i> | <i>0,008</i> | <i>zanedbatelné</i> |
| | Základová deska | 0,150 | 1,740 |

Dále bylo postupováno stejně jako u budovy A, tzn. výpočtem celkové ztráty obálkou budovy, kde byla uvažována nižší přírážka na tepelné vazby, a to z toho důvodu, že pro pasivní dům bude zpracována projektová dokumentace, která bude tepelné mosty lépe ošetřovat. Dále bylo provedeno zařazení do klasifikační třídy. Výsledné hodnoty lze nalézt v následující tabulce.

Tabulka 7 - Prostup tepla obálkou budovy B a její zařazení do klasifikační třídy
[zdroj autor]

| Konstrukce | Plocha [m ²] | Korekční součinitel b [-] | Hodnocená budova | | Referenční budova | |
|--|--------------------------|---------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------|
| | | | U [Wm ⁻² K ⁻¹] | H _T [WK ⁻¹] | U [Wm ⁻² K ⁻¹] | H _T [WK ⁻¹] |
| SOB – Stěna obvodová | 273,86 | 1 | 0,10 | 27,39 | 0,21 | 49,46 |
| STR – Střeška plochá | 140,82 | 1 | 0,09 | 12,67 | 0,17 | 23,5 |
| PDL(vp) – Podlaha nad výklenkem | 2,63 | 1 | 0,14 | 0,37 | 0,17 | 0,42 |
| PDL(z) – Podlaha na terénu | 138,19 | 0,43 | 0,14 | 8,32 | 0,32 | 18,68 |
| D – Vstupní dveře | 2,75 | 1 | 0,70 | 1,93 | 1,19 | 3,18 |
| O – Okna | 38,13 | 1 | 0,70 | 26,69 | 1,05 | 40,05 |
| Ztráta prostupem obálky budovy bez infiltrace | - | - | - | 77,37 | - | 135,29 |
| Přirážka na tepelné vazby | 552,801 | - | 0,01 | 5,96 | 0,02 | 11,06 |
| Celková ztráta prostupem obálky budovy | | | - | 83,33 | - | 146,35 |
| Průměrný součinitel prostupu tepla U _{em} | | | 0,14 | | 0,26 | |
| Klasifikační ukazatel ER pro U _{em} | | | 0,53 | | | |
| Splnění požadavku pro U_{em} | | | Ano, požadavek splněn | | | |
| Zařazení do klasifikační třídy | | | A – úsporná | | | |

Budova B byla dle vyhlášky č. 264/2020 Sb. zařazena do klasifikační třídy A, což po splnění dalších požadavků může být považováno za pasivní dům.

Co se týká větrání, pro pasivní standard je potřeba navrhnout i systém nuceného větrání, tudíž se ztráty větráním sníží o účinnost této jednotky. V této bakalářské práci je navržen protiproudý výměník s účinností 0,85 pro objem vzduchu do 600 m³/h. Tím se ztráty podstatně sníží oproti běžné budově, a to konkrétně o 36,80 W/K⁻¹.

Tabulka 8 - Tepelné ztráty větráním budovy B [zdroj autor]

| Větrání | Objem vzduchu v budově [m ³] | Hygienické požadavky | | Účinnost zpětného získávání tepla η _{H,hr} | H _v [WK ⁻¹] |
|---------|--|----------------------|--------------------------------------|---|------------------------------------|
| | | n (h ⁻¹) | V _{min} (m ³ /h) | | |
| | 424,46 | 0,3 | 127,34 | 0,85 | 6,49 |

6.2 Tepelné zisky

Tepelné zisky pro obě budovy jsou téměř shodné. Solární se zmenší o 0,03 MWh/rok, a to díky prosklené ploše vchodu, která se zmenšila kvůli přidané tepelné izolaci. Jejich výše je uvedena v následující tabulce:

Tabulka 9 - Využitelné vnitřní zisky obou hodnocených budov [zdroj autor]

| Využitelné vnitřní zisky | | Budova A | Budova B |
|---|----------------|-------------|-------------|
| Solární zisky | MWh/rok | 4,12 | 4,09 |
| Vnitřní zisky – lidé | | 1,50 | 1,50 |
| Vnitřní zisky – osvětlení a technologie | | 1,00 | 1,00 |
| Celkem | MWh/rok | 6,62 | 6,59 |

6.3 Potřeba energie na vytápění

Vypočítané tepelné ztráty obou budov v W/K byly přepočítány na MWh/rok, aby bylo možné určit celkovou energii na vytápění a také měrnou roční potřebu tepla. Tyto hodnoty jsou však sníženy o tepelné zisky budov. Jak lze vidět v následující tabulce, tepelné ztráty pasivního domu jsou na pětinové hodnotě oproti běžné stavbě.

Tabulka 10 - Potřeba energie na vytápění obou hodnocených budov [zdroj autor]

| Ztráty energie | | Budova A | Budova B |
|---|-----------------------------|--------------|--------------|
| Prostup tepla obálkou budovy | MWh/rok | 12,52 | 7,81 |
| Větrání | | 4,25 | 0,64 |
| Netěsnosti – infiltrace | | 1,05 | 0,58 |
| Celkem | MWh/rok | 17,82 | 9,03 |
| Využitelné zisky energie pro režim vytápění | | Budova A | Budova B |
| Solární zisky | MWh/rok | 4,12 | 4,09 |
| Vnitřní zisky – lidé | | 1,50 | 1,50 |
| Vnitřní zisky – osvětlení a technologie | | 1,00 | 1,00 |
| Celkem | MWh/rok | 6,62 | 6,59 |
| Potřeba energie na vytápění | MWh/rok | 11,20 | 2,44 |
| Měrná roční potřeba tepla | kWh/(m²a) | 65,94 | 14,34 |

Pasivní stavba musí dodržet další pravidlo, a tím je výše měrné roční potřeby tepla na m² podlahové plochy, která nesmí překročit 15 kWh/(m²a). I toto pravidlo budova B splňuje.

Veškeré výpočty byly provedeny dle vzorců v *Kapitole 3 – Energetické ztráty budov*.

7 Rozdílné investiční náklady hodnocených staveb

Pro odhad ceny staveb bude použito rozpočtového ukazatele dle databáze RTS, který udává cenu za m³ obestavěného prostoru 6 595 Kč pro novostavby domů rodinných jednobytových, zděných. Po vynásobení 657,22 m³ bude odhad ceny zaokrouhlen na celé tisíce koruny nahoru. Investiční náklad bude tedy 4 350 000 Kč. Vzhledem k tomu, že budovy jsou téměř identické, není potřeba porovnávat celý položkový rozpočet, ale pouze náklady, které se u staveb liší či jsou navíc.

7.1 Tepelná izolace

Na základě skladeb konstrukcí obou hodnocených budov byla vyčíslena tloušťka tepelné izolace, která je pro dodržení pasivního standardu nutná přidat k izolaci pro běžnou budovu. V následující tabulce jsou tyto hodnoty vyčísleny a na základě průměru ze zjištěných cen u prodejců DEK a.s., CENTRUM-ZATEPLENÍ s.r.o. a BAUSHOP s.r.o. také oceněny. Cena montáže KZS byla převzata z databáze RTS a upravena tak, aby nebyla započítána cena omítky jakožto nákladu, který vznikne i na stavbě běžné. U ostatních zateplených konstrukcí montáž není vícenákladem, protože bude probíhat na obou budovách pouze v jiných tloušťkách.

Tabulka 11 - Vícenáklady na tepelnou izolaci [zdroj autor]

| Konstrukce | Plocha konstrukce [m ²] | Přidaná izolace [mm] | Cena za m ² [Kč] | Cena celkem |
|--|-------------------------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------|
| SOB – Stěna obvodová – materiál | 273,86 | 150 | 314 | 86 071 Kč |
| SOB – Stěna obvodová – montáž | 273,86 | - | 605 | 165 685 Kč |
| STR – Střecha plochá | 140,82 | 180 | 384 | 54 110 Kč |
| PDL(vp) – Podlaha nad výklenkem | 2,63 | 100 | 210 | 551 Kč |
| PDL(z) – Podlaha na terénu | 138,19 | 150 | 320 | 44 250 Kč |
| Vícenáklad za tepelnou izolaci celkem | | | | 350 667 Kč |

7.2 Systém nuceného větrání

Ceny vzduchotechniky a jednotky zpětného získávání tepla včetně montáže se pohybují mezi 100 000 Kč a 200 000 Kč. Záleží nejen na ploše bytu, ale velkou část ceny ovlivňuje rekuperační jednotka samotná a její parametry, jako je účinnost či vzduchový výkon.

Pro tuto bakalářskou práci bylo pro určení ceny využito kalkulaček na webových stránkách thermwet.cz, rekuperace-lindab.cz a martinek-rekuperace.cz. Průměr cen stanovených dle m² podlahové plochy a výběru rekuperační jednotky s nejvyšší účinností byl téměř 178 000 Kč, což bude uvažováno jako vícenáklad na pasivní stavbu.

7.3 Sádrokartonové podhledy

Sádrokartonové podhledy budou vícenákladem pasivního domu, a to z důvodu, že právě v nich bude vedena rekuperace vzduchu. Jedná se celkem o 163,34 m² plochy. Cena za 1 m² se dle RTS databáze pohybuje kolem 800 Kč včetně veškerého materiálu. To by znamenalo vícenáklad ve výši necelých 131 000 Kč. Nicméně díky sádrokartonovým podhledům nebude potřeba realizovat štukovou omítku stropů, která by dle databáze RTS měla stát 567 Kč/m², tedy 92 615 Kč za celý objekt. Celkový vícenáklad je tedy 38 385 Kč.

7.4 Keramické tvarovky

Kvůli navýšení tepelné izolace v podlaze i ve střeše a také díky sádrokartonovým podhledům pro vedení vzduchotechniky je nutné zvýšit budovu o tři keramické tvarovky výšky 250 mm, aby byla splněna světlá výška místností. Jedná se o jednu tvarovku v 1NP a dvě ve 2NP. V níže uvedené tabulce lze vidět počet kusů, které je nutné oproti běžné stavbě přikoupit, cenu za m² materiálu, montáže a cenu celkovou.

Tabulka 12 - Vícenáklad na keramické tvarovky [zdroj autor]

| Typ keramické tvarovky | Plocha konstrukce [m ²] | Cena za m ² – materiál [Kč] | Cena za m ² – montáž [Kč] | Cena celkem |
|---|-------------------------------------|--|--------------------------------------|-------------------|
| Porotherm 38 T Profi | 35,36 | 2960 | 230 | 112 798 Kč |
| Porotherm 24 Profi | 3,22 | 1520 | 161 | 5 413 Kč |
| Porotherm 11,5 Profi | 3,78 | 589 | 132 | 2 725 Kč |
| Vícenáklad za keramické tvarovky | | | | 120 937 Kč |

Cena za materiál byla vypočítána jako průměr z cen běžných, tj. beze slevy nabízených prodejci DEK a.s., Stavebniny JANÍK a.s. a IZOMAT stavebniny s.r.o. Tito prodejci nabízejí v ceně také maltu pro tenké spáry v množství potřebném pro daný počet kusů. Cena montáže je pak převzata z databáze RTS.

7.5 Schody

Taktéž z důvodu zvýšení stavby je potřeba před vchodové dveře zřídit navíc jeden schod a na schodišti vnitřním vedoucím do 2NP taktéž.

V programu BUILDpower S byla zpracována kalkulace na tyto dva schodišťové stupně včetně výztuže KARI sítí a zřízení i odstranění bednění ve výši 3242,37 Kč bez DPH. Konečná částka pro stavebníka po započítání 15 % DPH je tedy po zaokrouhlení na celé koruny 3729 Kč. Jednotlivé částky jsou uvedeny v tabulce 13 níže.

Tabulka 13 - Rozpočtová cena na dva schodišťové stupně [zdroj autor]

| P.č. | Číslo položky | Název položky | MJ | Množství | Cena / MJ | Celkem | Cen. soustava / platnost |
|---------------|---------------|---|----|----------|-----------|-----------------|--------------------------|
| Díl: 4 | | Vodorovné konstrukce | | | | 3 242,37 | |
| 1 | 430321314R00 | Beton schodišťových konstrukcí železový C 20/25 | m3 | 0,51260 | 4 270,00 | 2 188,80 | RTS 21/ I |
| | | Schod - exteriér : 0,53*0,32*2,6 | | 0,44096 | | | |
| | | Schod - interiér : (0,174*0,27/2+0,15*0,321)*1 | | 0,07164 | | | |
| 2 | 430362021R00 | Výztuž schodišťových konstrukcí sítí Kari | t | 0,00676 | 36 370,00 | 245,86 | RTS 21/ I |
| | | Schod - exteriér : (2,6*0,53*2)*2,02/1000 | | 0,00557 | | | |
| | | Schod - interiér : (1*0,27+1*0,321)*2,02/1000 | | 0,00119 | | | |
| 3 | 434351141R00 | Bednění stupňů přímočarých - zřízení | m2 | 0,59000 | 1 263,00 | 745,17 | RTS 21/ I |
| | | Schod - exteriér : 2,6*0,16 | | 0,41600 | | | |
| | | Schod - interiér : 1*0,174 | | 0,17400 | | | |
| 4 | 434351142R00 | Bednění stupňů přímočarých - odstranění | m2 | 0,59000 | 106,00 | 62,54 | RTS 21/ I |
| | | Odkaz na mn. položky pořadí 3 : 0,59000 | | 0,59000 | | | |

Zpracováno programem BUILDpower S, © RTS, a.s.

Stránka 1 z 1

7.6 Výplně otvorů

Cena výplní otvorů byla poptána u firmy Vekra, kde byly naceněny 2 varianty. A to varianta A – všechna potřebná okna otevíravá a sklopná, velké prosklené plochy fixní, vše ve variantě Premium EVO s dvojskly ($U_g = 1,1$). Varianta B počítá s možným omezením otevíravosti oken v pasivní stavbě, tudíž byla některá křídla oken navržena jako fixní. Co se týká provedení, tady byla zachována varianta Premium EVO, nicméně s izolačními trojskly ($U_g=0,7$). Vstupní dveře jakožto součást prosklené plochy v zádveřích jsou také součástí cenové nabídky a je to jediný otvor, který má v návrhu pískovaná skla. Ostatní jsou čírá. Nákrasy jednotlivých kusů jsou součástí přílohy.

Varianta A pro běžný dům by stavebníka stála 315 703 Kč, varianta B s menším prostupem tepla vychází pouze o 8 752 Kč více, tedy na 324 455 Kč včetně montáže a standardního kování. Tento nízký cenový rozdíl mezi výplněmi s tak rozdílnými vlastnostmi je dán tím, že při návrhu pasivního domu byl brán zřetel na to, že není potřeba každé okno otevírat. Cena fixního okna u tohoto výrobce je zhruba o 36 % nižší, kdežto nárůst ceny za izolační trojsklo je kolem 8 %.

Pro účely této bakalářské práce se tedy bude uvažovat vícenáklad ve výši 8 752 Kč, protože u pasivních domů se díky náročnější a dražší projektové dokumentaci počítá s tím, že otevíravost oken bude řešena úsporněji.

7.7 Předokenní stínění

Předokenní stínění je jednou z velmi sporných vícenákladů, protože mnoho stavebníků tento typ stínění používá i do domů běžných. Nicméně pro pasivní dům je to takřka potřeba, a proto je i tato investice jedním z posuzovaných parametrů.

Pro potřeby budovy A byly navrženy žaluzie horizontální vnitřní do všech otvorů s výškou 1250 mm a pro tzv. francouzská okna (výška 2500 mm) byly navrženy žaluzie vertikální vnitřní s uchycením do stropu. Nezastíněno zůstalo okno v technické místnosti, kde se to nejeví jako potřebné, a dále potom celý prosklený otvor vstupních dveří, a to z důvodu návrhu pískovaného skla. U budovy B byly navrženy venkovní horizontální žaluzie do všech otvorů, které byly osazovány žaluziemi i v předchozím případě. U oken šířky 750 mm bylo navrženo ovládání klikou, u ostatních otvorů jsou již přidané motorky s ovladačem na stěně místnosti.

Ceny jednotlivých variant byly určeny dle kalkulačky na internetových stránkách prodejce Žaluzie24.eu, kde se cena kalkuluje před očima jejich zákazníka dle zadaných parametrů.

- Varianta A – 13 024 Kč
- Varianta B – 107 005 Kč + montáž 1850 Kč/kus (22 200 Kč)

Důležitou roli u této položky hraje také vlastní montáž. U žaluzií vnitřních se často předpokládá, že díky jednoduché instalaci si je zákazníci namontují sami. Zatímco u venkovních žaluzií se toto nedoporučuje. Vícenásledem tudíž není samotný rozdíl ceny mezi variantou A a B, ale také montáž, která je u exteriérového stínění navíc. Celkem to tedy vychází na 116 181 Kč.

7.8 Tepelné čerpadlo

Pasivní dům musí disponovat obnovitelným zdrojem energie, aby bylo splněno kritérium měrné neobnovitelné primární energie v celkové výši maximálně 60 kWh/m²*rok. Pro dosažení tohoto limitu se nejčastěji využívá solárních panelů či tepelného čerpadla. Tato bakalářská práce uvažuje využití právě tepelného čerpadla země/voda, které bude sloužit k vytápění a ohřevu teplé vody.

Cenu tepelných čerpadel výrobci na svých webových stránkách povětšinou neuvádějí, cenu kalkulují až po obdržení poptávky. Proto se bude pracovat s ukázkovou verzí firmy IVT Tepelná čerpadla s.r.o., kde firma porovnává pořizovací náklady jednotlivých druhů tepelných čerpadel spolu s pořizovacími náklady na elektrokotel s krbovou vložkou a kondenzačním plynovým kotlem.

| | Tepelné čerp. země/voda | Tepelné čerp. vzduch/voda | Elektrokotel a krbová vložka | Kondenzační plynový kotel |
|--|----------------------------|------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| Hlavní zdroj tepla | 190 000,- | 185 000,- | 20 000,- | 40 000,- |
| Zásobník teplé vody | V ceně | V ceně | 10 000,- | 15 000,- |
| Montáž, revize plynu a elektro | 28 000,- | 29 000,- | 12 000,- | 16 000,- |
| Plošný kolektor | 36 000,- | - | - | - |
| Plynofikace pozemku a domu, projekt plynu | - | - | - | 40 000,- |
| Odkouření kotle nebo komín | - | - | 30 000,- | 30 000,- |
| Krbová vložka, připojení na topení | - | - | 60 000,- | - |
| Celkem | 254 000,- | 214 000,- | 132 000,- | 141 000,- |

Obrázek 7 - Porovnání pořizovacích nákladů zdroje tepla [29]

Pořizovací náklad na tepelné čerpadlo bude snížen o průměr ceny elektrokotle a plynového kondenzačního kotle. Průměr těchto dvou hodnot je zvolen z důvodu porovnání provozních nákladů pro obě tyto varianty vytápění v běžné výstavbě. Vícenáklad tedy bude 117 500 Kč.

7.9 Ostatní vícenáklady

7.9.1 Náročnější projektová dokumentace

Tento vícenáklad nelze zcela přesně vyčíslit, protože projektová dokumentace je velmi neodhadnutelnou položkou, a to z důvodu různých velikostí budov a složitosti řešení. Samozřejmě každý projektant si své práce a svého času váží jinak, což se také odráží v ceně. Pro tuto bakalářskou práci byly vzaty v potaz částky, které na svém webu prezentuje G-SERVIS. Částka za individuální projekt rodinného domu je uvedena ve výši od 74 900 Kč, taktéž individuální projekt ale v pasivním standardu začíná na částce 90 000 Kč. Dá se tedy říct, že vícenáklad na projekt bude zhruba 15 000 Kč.

7.9.2 Blower-door test

Po průzkumu trhu bylo zjištěno, že průměrná cena těchto služeb se pohybuje od 5 000 Kč včetně DPH za jedno měření. Některé společnosti nabízejí 2 zkoušky za výhodnější cenu, případně za příplatek také odhalení netěsností, které se pohybuje od 450 Kč za hodinu. Záleží také na tom, v jaké vzdálenosti od stavby se firma nachází, protože konečnou částku navyšuje také doprava.

Vzhledem k tomu, že nelze odhadnout čas, který bude potřeba pro odhalení netěsností, bude se pro úvahy této bakalářské práce uvažovat suma, kterou stavebník může dostat

zpět na dotacích, tudíž 35 000 Kč. Tato částka by měla být dostačující na dvě měření i spolu s nalezením a utěsněním míst, která by zhoršovala neprůvzdušnost budovy.

7.9.3 Rezerva

Rezerva je jistě součástí každé výstavby, nicméně nelze popsat veškeré vícenáklady, které spolu se změnou z domu běžného na dům pasivní souvisí. Může se například jednat o 0,5 m² nášlapné podlahové vrstvy či 0,8 m² exteriérových dlaždic navíc, díky přidaným schodům nebo také třeba o 25 cm delší vodovodní či kanalizační potrubí kvůli větší výšce domu. Proto na pokrytí těchto malých, často neviditelných částek bude vyčleněno 25 000 Kč.

7.10 Dotace

Protože bylo návrhem dosaženo hodnot, které jsou pro dotační řízení závazné, je možné uvažovat s dotací v podoblasti podpory B.2 ve výši 450 000 Kč. Posuzované hodnoty jsou následující:

- měrná roční potřeba tepla na vytápění $\leq 15 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$
- měrná neobnovitelná primární energie $\leq 60 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{rok}$
- průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy $\leq 0,22 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
- průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby $\leq 0,6$
- nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období $\leq 27 \text{ }^\circ\text{C}$
- povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla.

Hodnota měrné neobnovitelné primární energie nebyla v této bakalářské práci ověřována, nicméně díky uvažovanému tepelnému čerpadlu pro topení a ohřev teplé vody bude této hodnoty jistě dosaženo.

Druhou posuzovanou veličinou, která nebyla početně vyčíslena, je nejvyšší denní teplota vzduchu v místnosti v letním období. Předpokládá se, že díky vnějšímu stínění zabraňujícímu průchodu tepla do interiéru a využití rekuperační jednotky jako pasivní klimatizace by k takto vysoké teplotě nemělo ani přes horké letní dny dojít.

Zároveň také bude uplatněna dotace ve výši 35 000 Kč na odborný posudek a měření průvzdušnosti obálky budovy.

7.11 Celkové pořizovací vícenáklady

V následující tabulce jsou vyčísleny celkové pořizovací vícenáklady na pasivní budovu se zohledněním dotací poskytnutými Státním fondem životního prostředí ČR.

Tabulka 14 - Celkové pořizovací vícenáklady s ohledem na výši dotací [zdroj autor]

| Druh | Název | Částka |
|--------------------------------------|---|-------------------|
| Vícenáklad | Tepelná izolace | 350 667 Kč |
| | Sytém nuceného větrání | 178 000 Kč |
| | Sádrokartonové podhledy | 38 385 Kč |
| | Keramické tvarovky | 120 937 Kč |
| | Schody | 3 729 Kč |
| | Výplně otvorů | 8 752 Kč |
| | Předokenní stínění | 116 181 Kč |
| | Tepelné čerpadlo | 117 500 Kč |
| | Náročnější projektová dokumentace | 15 000 Kč |
| | Blower-door test | 35 000 Kč |
| | Rezerva | 25 000 Kč |
| Dotace | Výstavba nového RD s velmi nízkou energetickou náročností | -450 000 Kč |
| | Odborný posudek a měření průvzdušnosti obálky budovy | -35 000 Kč |
| Pořizovací vícenáklady celkem | | 524 151 Kč |

Pokud by byla uvažována pořizovací cena domu ve výši 4 350 000 Kč dle cenového ukazatele RTS, navýšení o 524 151 Kč znamená prodražení pasivní budovy o 12 % oproti stavbě běžné. To odpovídá obecně známému faktu, že investiční náklad pasivního standardu je zhruba o 10 % vyšší než budova v klasifikační třídě C.

8 Provozní náklady hodnocených budov

8.1 Náklady na osvětlení a elektrospotřebiče

U obou hodnocených budov je využito úsporného osvětlení i spotřebičů. Pro běžný provoz domácnosti bez zahrnutí nákladů na vytápění a ohřev teplé vody je možné uvažovat přibližnou spotřebu 2800 – 3200 kWh/rok dle počtu spotřebičů a jejich využití [30]. Vzhledem k tomu, že tyto náklady jsou uvažovány jako totožné, nebudou zahrnuty do dalších výpočtů.

8.2 Náklady na ohřev vody

U obou budov je uvažováno s čtyřmi členy domácnosti, kde každý z nich využije denně 50 l teplé vody, tzn. celkově 200 l/den a 73 000 l/rok. Hustota vody je 997 kg/m³, což znamená, že bude použito 72 781 kg vody za rok. Voda bude ohřívána o 45 °C, její měrná kapacita je 4180 J/kg*K. Vynásobením těchto tří hodnot (hmotnosti, rozdílu teplot a měrné kapacity vody) a převodem J na Wh je celková potřeba tepla vypočítána na 3803 kWh/rok.

U budovy A budou porovnávány náklady na ohřev teplé vody elektrokotlem s účinností 95 % (varianta A) a kondenzačním plynovým kotlem s účinností 89 % (varianta B). Tyto 2 varianty byly vybrány, protože bývají mezi investory oblíbenými díky jednoduchému ovládání, malé potřebě prostoru a nenáročnosti údržby. Vzhledem k navrženému tepelnému čerpadlu země/voda v budově B bude pro obě varianty využito právě tohoto zdroje s topným faktorem 4.

Pro výpočet bylo použito kalkulačky na webu firmy GAS KOMPLET s.r.o., kde byly upraveny ceny dle aktuálních ceníků E.ON Česká republika, s.r.o., a zadána výše uvedená spotřeba tepla na ohřev teplé vody.

8.2.1 Varianta A – běžný dům s elektrokotlem

V následující tabulce lze vidět provozní náklady na TUV bez zahrnutí pravidelných plateb za energii.

Tabulka 15 - Ohřev teplé vody – varianta A [zdroj autor]

| Budova | Potřeba teplé vody/rok [m ³] | Cena za ohřev m ³ vody [Kč] | Cena celkem/rok |
|---|--|--|-----------------|
| Budova A – elektrokotel (účinnost 95 %) | 73 | 143,01 | 10 440 Kč |
| Budova B – tepelné čerpadlo (COP 4) | 73 | 33,96 | 2 479 Kč |
| Úspora budovy B na ohřev TUV | | | 7 961 Kč |

Protože je potřeba do budov dodat stejné množství teplé vody, úspora budovy B spočívá pouze v samotném zdroji tepla. Tepelné čerpadlo je schopno přeměnit dodanou energii (elektřinu) na několiknásobek, v tomto případě zhruba o čtyřnásobek (topný faktor 4). Proto má oproti elektrokotli čtvrtinové náklady na provoz. S tepelným čerpadlem by tedy v tomto případě byla roční úspora na ohřevu teplé vody 7961 Kč.

8.2.2 Varianta B – běžný dům s kondenzačním plynovým kotlem

V následující tabulce jsou opět porovnány náklady na provoz tepelného čerpadla pro ohřev teplé vody, avšak v této variantě bude porovnáváno s provozními náklady kondenzačního plynového kotle umístěného v budově běžného standardu.

Tabulka 16 - Ohřev teplé vody – varianta B [zdroj autor]

| Budova | Potřeba teplé vody/rok [m ³] | Cena za ohřev m ³ vody [Kč] | Cena celkem/rok |
|--|--|--|-----------------|
| Budova A – plynový kondenzační kotel (účinnost 89 %) | 73 | 100,81 | 7 359 Kč |
| Budova B – tepelné čerpadlo (COP 4) | 73 | 33,96 | 2 479 Kč |
| Úspora budovy B na ohřev TUV | | | 4 880 Kč |

U tohoto typu ohřevu teplé vody lze vidět nižší provozní náklady budovy A, než tomu bylo v předchozím případě. Je to dáno tím, že je známo, že elektřina je všeobecně nejdražším řešením. Nicméně často se stává, že plynovodní přípojka není pro danou oblast k dispozici a přes vysoké provozní náklady investoři volí právě elektřinu. Ohřev teplé vody či topení zemním plynem je však stále jedno z nejlevnějších řešení mimo biomasu.

8.3 Náklady na vytápění

Vytápění bude řešeno podlahovým topením v obou budovách a budou opět posuzovány 2 varianty, stejně jako u ohřevu teplé vody. Je to z toho důvodu, že z finančního hlediska je lepší využívat v domě pouze jeden zdroj tepla dimenzovaný tak, aby zvládl pokrýt jak ohřev TUV, tak vytápění.

Kalkulačka na webu firmy GAS KOMPLET s.r.o. byla použita i v tomto případě, kdy ceny byly zaktualizovány dle platných ceníků E.ON Česká republika, s.r.o. a spotřeba tepla na vytápění byla upravena dle výsledných výpočtů v kapitole 6.3 *Potřeba energie na vytápění*.

8.3.1 Varianta A – běžný dům s elektrokotlem

Tabulka 17 - Vytápění – varianta A [zdroj autor]

| Budova | Potřeba energie na vytápění [MWh/rok] | Cena za MWh [Kč] | Cena celkem/rok |
|---|---------------------------------------|------------------|------------------|
| Budova A – elektrokotel (účinnost 95 %) | 11,20 | 2745,27 | 30 747 Kč |
| Budova B – tepelné čerpadlo (COP 4) | 2,44 | 652,05 | 1 591 Kč |
| Úspora budovy B na vytápění | | | 29 156 Kč |

Jak lze vidět v tabulce 17, zde se úspora pasivní budovy velmi navyšuje. Jde primárně o to, že pro vytápění běžné výstavby je využito elektrokotle, což je provozně jedna z nejdražších variant. Zároveň ale cenový rozdíl tvoří odlišné tepelné ztráty jednotlivých budov.

Pokud by investor trval na vytápění elektřinou, dal by se provozní náklad snížit například vhodně dimenzovaným fotovoltaickým systémem, který by část nákladů na vytápění pokryl. Na to se samozřejmě vážou investiční náklady na solární panely, které dle E.ON Česká republika, s.r.o. bývají kolem 200 000 Kč již po odečtení dotace, pokud by stavebník využil varianty s fyzickou baterií, která slouží pro úschovu energie.

8.3.2 Varianta B – běžný dům s kondenzačním plynovým kotlem

V tabulce 18 lze porovnat cenu za vytápění plynovým kondenzačním kotlem v budově A a tepelným čerpadlem v budově B.

Tabulka 18 - Vytápění – varianta B [zdroj autor]

| Budova | Potřeba energie na vytápění [MWh/rok] | Cena za MWh [Kč] | Cena celkem/rok |
|--|---------------------------------------|------------------|------------------|
| Budova A – plynový kondenzační kotel (účinnost 89 %) | 11,20 | 1935,09 | 21 673 Kč |
| Budova B – tepelné čerpadlo (COP 4) | 2,44 | 652,05 | 1 591 Kč |
| Úspora budovy B na vytápění | | | 20 082 Kč |

Jak lze vidět, rozdíl v ceně plynového vytápění oproti tepelnému čerpadlu je pořád dosti vysoký, nicméně oproti ceně elektrického vytápění je již výhodnějším. Je zřejmé, že tepelné čerpadlo pořád vychází nejlépe, nicméně je potřeba nezapomínat na velký rozdíl jednotlivých tepelně-technických parametrů obou budov.

8.4 Pravidelné platby za energie

Je důležité ještě zmínit pravidelné platby, které se u různých zdrojů energie liší, a její výše závisí taktéž na odběru energie stavebníkem, případně na počtu jističů. Níže lze vidět vyčísleny tyto provozní náklady pro zemní plyn a elektřinu na provoz elektrokotle i tepelného čerpadla dle jednotlivých variant.

Tabulka 19 - Pravidelné měsíční splátky za energie [zdroj autor]

| Budova | Varianta | Paušál | Stálý plat/měsíc | Stálý plat celkem |
|----------|----------|------------------------|------------------|-------------------|
| Budova A | A | jistič 3x20 A – 3x25 A | 409 Kč | 4 906 Kč |
| | B | plyn do 15kWh | 379 Kč | 4 548 Kč |
| Budova B | A + B | jistič 3x20 A – 3x25 A | 379 Kč | 4 548 Kč |

Plyn sice v tomto porovnání vychází hůře než elektřina, nicméně částky se liší pouze o 358 Kč ročně, což není až tak velkým rozdílem. I tento provozní náklad bude započítán do posouzení provozních nákladů v letech.

8.5 Celkové provozní náklady budov

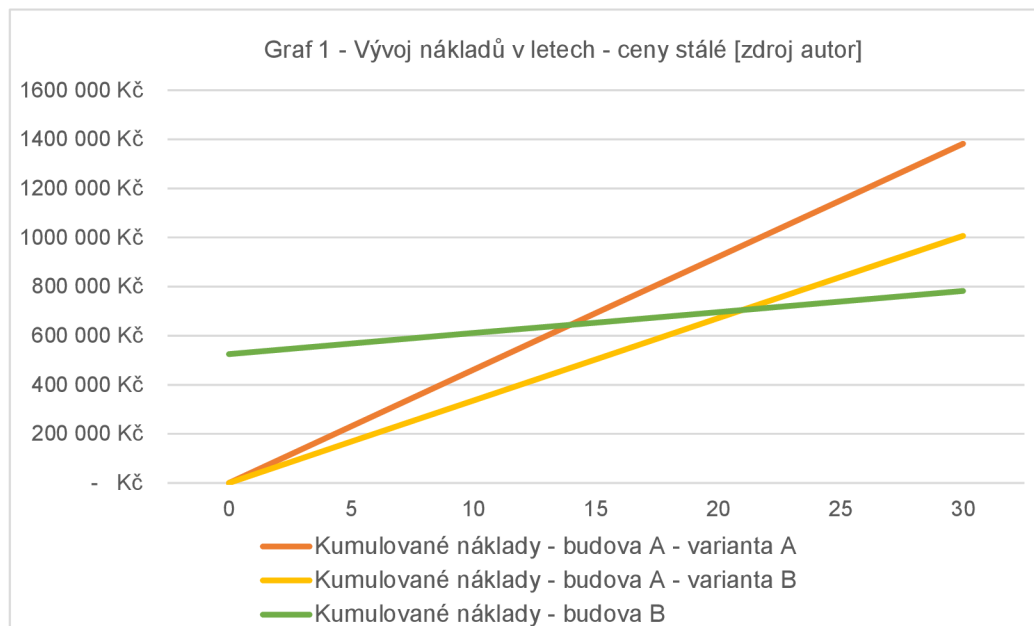
Po sečtení jednotlivých provozních nákladů vypočítaných v předchozích kapitolách bylo zjištěno, že pasivní dům s tepelným čerpadlem pro ohřev vody i vytápění dosahuje roční úspory oproti elektrokotli 29 514 Kč, a oproti plynu 20 082 Kč. O celkových provozních nákladech mimo běžnou spotřebu domácnosti (elektrospotřebiče, vaření, praní) pojednává i následující tabulka.

Tabulka 20 - Celkové porovnané provozní náklady budov [zdroj autor]

| Budova | Varianta | Provozní náklady celkem |
|----------|----------|-------------------------|
| Budova A | A | 46 093 Kč |
| | B | 33 580 Kč |
| Budova B | A + B | 8 618 Kč |

9 Návratnost vícenákladů pasivní stavby

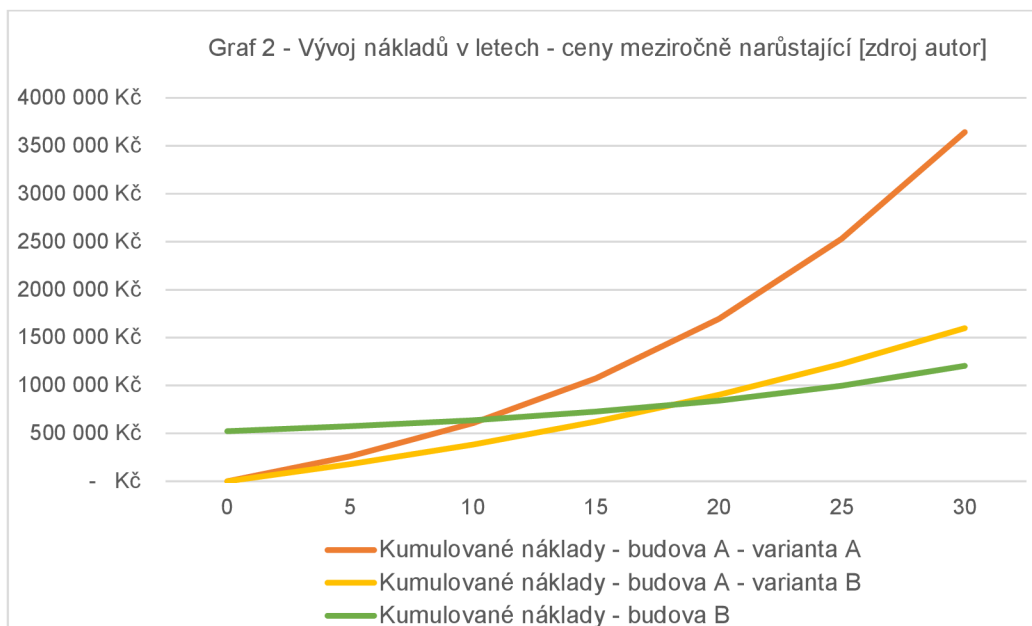
Pro výpočet návratnosti vícenákladů bylo uvažováno s analýzou nákladů stavby, kdy hodnocené období je 30 let. Toto období bylo vybráno z důvodu běžné délky trvání hypotečního úvěru. Nejsou zahrnuty náklady na opravy a údržbu jednotlivých zdrojů tepla. Ceny jsou v prvním případě uvažovány jako stálé, v průběhu let neměnné. O tomto pojednává graf 1.



Pokud by nebyl zohledněn nárůst cen energií, náklady pasivní budovy by se rovnaly nákladům běžné výstavby s elektrokotlem po 13 – 14 letech. Když by byla zohledněna druhá varianta s plynovým kondenzačním kotlem, náklady budovy B by se rovnaly nákladům budovy A po 21 letech. Je to dáno nižší cenou za 1 MWh plynu oproti ceně elektřiny.

Po 30 letech bude pasivní dům oproti variantě A běžné budovy vykazovat o 600 105 Kč nižší náklady, a tato úspora bude i nadále narůstat. Při porovnání s variantou B náklady budou nižší o 224 709 Kč.

Dle ceníků E.ON Česká republika byl v posledních 5 letech průměrný nárůst ceny elektřiny o 6 %, u plynu se jednalo pouze o 3 %. V následujícím grafu je znázorněna návratnost nákladů na pasivní stavbu při předpokladu, že se ceny budou nadále každoročně zvyšovat o 6 % v případě elektřiny a o 3 % v případě plynu.

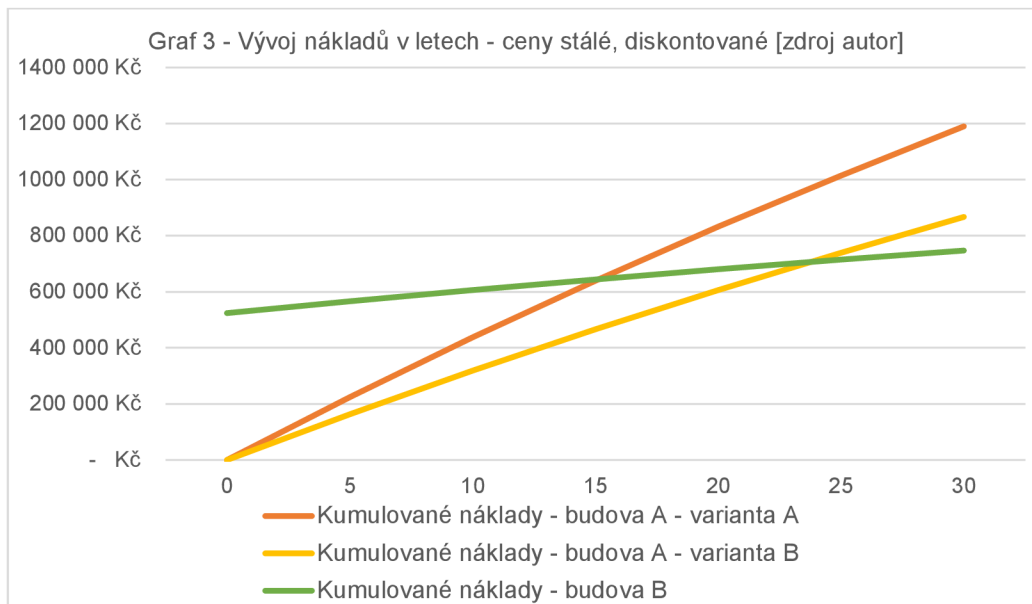


V případě rostoucích cen energií je doba návratnosti u pasivní budovy kratší. U varianty běžné výstavby s elektrokotlem se náklady protnou v období 10 – 11 let. U druhé varianty je doba návratnosti mezi 18 – 19 lety.

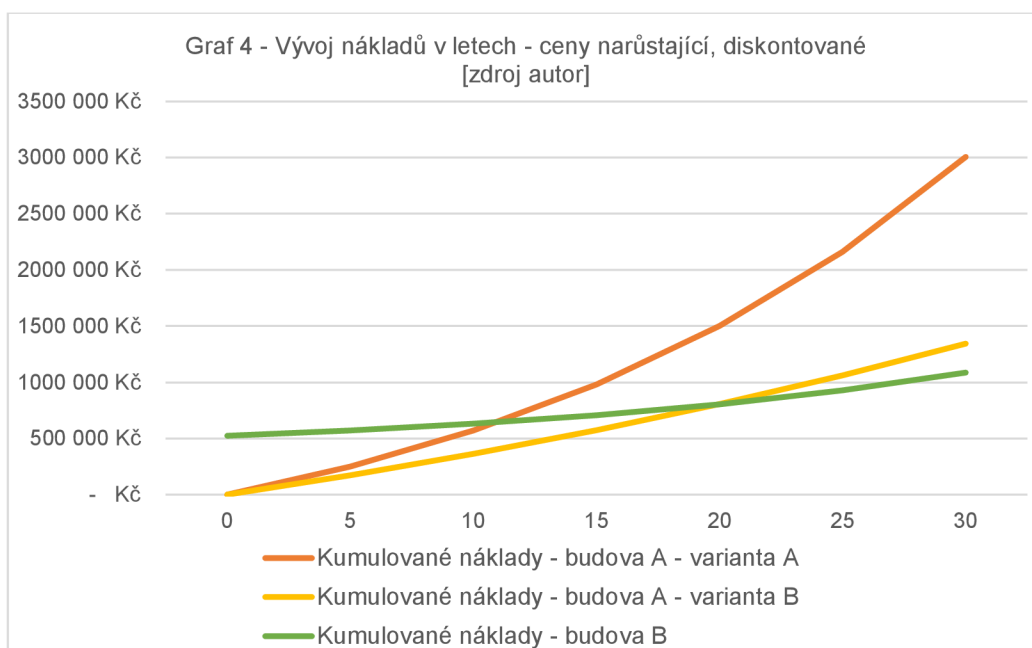
Po 30 letech by tak pasivní stavba byla v zisku téměř o 2 439 000 Kč oproti běžné stavbě využívající elektrokotel k ohřevu teplé vody i k vytápění. V porovnání s plynovým kondenzačním kotlem v běžné stavbě by vykazovala náklady o necelých 393 000 Kč nižší.

Pokud by byly porovnávány ceny stálé, ale diskontované sazbou 1 %, která bývá na výhodných spořicí účtech, návratnost nákladů pasivního domu by byla horší. Je to tím, že současná hodnota budoucích nákladů je nižší, tudíž se prvotní investice pomaleji navrací. Při porovnání s elektrokotlem by se náklady běžného domu rovnaly nákladům pasivního po 15 – 16 letech. Vzhledem k nižší ceně plynu, by rovnost nákladů mezi plynovým kondenzačním kotlem a tepelným čerpadlem byla dosažena až v 24. roce provozu.

Čistá současná hodnota budoucích výnosů budovy B v porovnání s variantou A by po splacení hypotéky, tedy po 30 letech, byla 442 998 Kč. U varianty B by bylo dosaženo zisku 120 061 Kč. Průběh nákladů lze vidět v grafu 3 níže.



Pro komplexnost výpočtů byla vypočítána také diskontovaná doba návratnosti s cenami meziročně narůstajícími. V případě porovnání tepelného čerpadla s variantou A se jedná o návratnost do 11 let, přičemž výnosy v současné hodnotě by u pasivního domu po 30 letech dosáhly téměř 1 919 000 Kč. Při porovnání tepelného čerpadla s plynovým kondenzačním kotlem se vynaložené náklady budou rovnat nákladům běžné stavby mezi 19. a 20. rokem provozu. Při sledovaném období 30 let by současná hodnota výnosů budovy B byla 257 042 Kč. Vývoj nákladů v letech popisuje následující graf.



10 Závěr

Bakalářská práce se zabývala náklady na pasivní výstavbu, kdy cílem bylo nejen jejich vyčíslení ve fázi předinvestiční a investiční, ale i ve fázi provozní. V závěru byla provedena také jejich analýza a posouzení.

V teoretické části byla popsána problematika pasivních domů, rozdílné náklady na výstavbu oproti budovám v klasifikační třídě C a možnost čerpání dotací. Dále byla řešena energetická náročnost budov a metodika jejího výpočtu dle aktuálně platných norem. Druhá polovina teoretické části se zaměřila na tvorbu cen ve stavebnictví, kalkulaci nákladů a rozpočet stavby. Jako poslední byly popsány možnosti analýz ekonomické efektivity investice.

V praktické části byly představeny 2 dispozičně stejné budovy s rozdílnými tepelně-technickými parametry, kdy po ověření jejich energetické náročnosti byla jedna z nich zařazena do klasifikační třídy C a druhá splňovala kritéria pro klasifikační třídu A. Dále byly vyčísleny veškeré investiční náklady navyšující cenu pasivního domu. U provozních nákladů bylo u mimořádně úsporné budovy uvažováno s tepelným čerpadlem pro ohřev TUV a vytápění objektu, u budovy úsporné byly navrženy dvě varianty – elektrokotel a plynový kondenzační kotel. Tyto hodnoty byly v závěru práce porovnávány pomocí doby návratnosti investice pro hodnocené období 30 let.

Bylo zjištěno, že celkový investiční vícenáklad na výstavbu pasivního domu by v tomto konkrétním případě byl 12 % z celkové ceny objektu.

Doba návratnosti je rozdílná dle zdrojů tepla, které byly navrženy v budově s minimálními tepelně-technickými požadavky na výstavbu. Při porovnání tepelného čerpadla s elektrokotlem bylo při cenách stálých dosaženo rovnosti nákladů obou budov v 14. roce provozu, při cenách meziročně narůstajících by doba návratnosti nepřekonal 11 let. Při porovnání tepelného čerpadla s plynovým kondenzačním kotlem byla doba návratnosti investice delší – při stálých cenách energií by se náklady obou budov sobě rovnaly po 21 letech, pokud by ceny narůstaly, návratnost investice by byla 19 let.

Při porovnání s diskontovanými cenami, jak stálými, tak meziročně narůstajícími, byla doba návratnosti u varianty A při stálých cenách o 2 roky delší a při cenách narůstajících byla totožná jako u cen nediskontovaných. V případě porovnání tepelného čerpadla a plynového kondenzačního kotle bylo dosaženo návratnosti po 24 letech u cen stálých, diskontovaných a u cen narůstajících, diskontovaných po 20 letech.

Ve všech porovnávaných případech investice splnila dobu návratnosti do 30 let a za tuto dobu byla ještě schopna svým majitelům ušetřit nemalé peněžní prostředky na provozu stavby. Bylo tedy prokázáno, že investice do pasivního domu je investicí efektivní.

11 Seznam zdrojů

- [1] HUDEC, Mojmír. *Pasivní rodinný dům: Proč a jak stavět*. Praha: Grada Publishing, 2008. ISBN 978-80-247-2555-0
- [2] SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních rodinných domů*. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-2995-4
- [3] *Výroční zpráva CPD za rok 2019*. Brno: Centrum pasivního domu, 2020
- [4] Co je pasivní dům? - Pasivnidomy.cz. *Centrum pasivního domu Pasivnidomy.cz* [online]. Copyright © 2006 [cit. 01.12.2020]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>
- [5] MATUŠKA, Tomáš. *Hodnocení energetické náročnosti z pohledu primární energie – souvislosti s KVET*. Praha. [cit. 07.12.2020]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/tomas.matuska/wordpress/wp-content/uploads/2015/10/ZZT-P10_primarni_energie_CZT.pdf
- [6] Vyhláška č. 264/2020 Sb. o energetické náročnosti budov. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2020
- [7] *Pasivní domy 2012*. 1. Brno: Centrum pasivního domu, 2012. ISBN 978-80-904739-2-
- [8] HRUBÝ, Libor. Dispoziční řešení. *Centrum pasivního domu Pasivnidomy.cz* [online]. Copyright © 2020 [cit. 01.12.2020]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/infolist-19-02-pasivni-domy-dispozicni-reseni/f8153>
- [9] TYWONIAK, Jan. Metodika hodnocení nízkoenergetických rodinných domů. *TZB info* [online]. Praha, 2008 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/5088-metodika-hodnoceni-nizkoenergetickych-rodinnych-domu>
- [10] Tepelná izolace. Přehled, materiály a použití | S <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/13881-vakuova-izolace-pro-snadne-reseni-rekonstrukce-podlahytavebnictvi3000.cz>. *Stavebnictvi3000.cz – věrohodný pohled na stavění a materiály* [online]. Copyright © 2021 [cit. 2021-02-05]. Dostupné z: <https://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/tepelna-izolace-velky-prehled>
- [11] ČSN 73 0540-2:2011 – Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky

- [12] Okna a dveře - Pasivnidomy.cz. *Centrum pasivního domu - Pasivnidomy.cz* [online]. Copyright © 2006 [cit. 07.02.2021]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/okna-a-dvere/t4028?s=102>
- [13] Experti ukázali, že osazení oken je při stavbě zásadní - Pasivnidomy.cz. *Centrum pasivního domu - Pasivnidomy.cz* [online]. Copyright © 2006 [cit. 07.02.2021]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/experti-ukazali-ze-osazeni-oken-je-pri-stavbe-zasadni/t4103>
- [14] HRUBÝ, Libor. Větrání. *Centrum pasivního domu Pasivnidomy.cz* [online]. Copyright © 2020 [cit. 02.4.2021]. Dostupné z: <https://www.pasivnidomy.cz/infolist-19-05-vetrani/f8156>
- [15] 6 důvodů proč si pořídit venkovní stínění. Gatos – okna, vrata [online]. Copyright © 2021 [cit. 06.02.2021]. Dostupné z: <http://www.gatos.cz/venkovni-zaluzie/6-duvodu-proc-si-poridit-venkovni-stineni.htm>
- [16] Srovnávací tabulka jednotlivých typů stínění. *Almma - venkovní rolety, venkovní žaluzie, screenové rolety, interiérové stínění, garážová vrata, pohony Somfy* [online]. Copyright © 2020 [cit. 06.02.2021]. Dostupné z: <https://www.almma.cz/>
- [17] Stačí k ovládání venkovních žaluzií klika, nebo se vyplatí připlatit za motor? - ČESKÉSTAVBY.cz. *ČESKÉSTAVBY.cz - vše o stavbě, zahradě a bydlení* [online]. [cit. 06.02.2021]. Dostupné z: <https://www.ceskestavby.cz/clanky/staci-k-ovladani-venkovnich-zaluzii-klika-nebo-se-vyplati-priplatit-za-motor-28430.html>
- [18] Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. Praha. 2000
- [19] Státní fond životního prostředí ČR. *Nová zelená úsporám: Dotace pro vaše lepší bydlení* [online]. Praha: Státní fond životního prostředí ČR [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.novazelenausporam.cz/>
- [20] ČSN 73 0540-4:2011 – Tepelná ochrana budov – Část 4: Výpočtové metody
- [21] ČSN 73 0540-3:2005 – Tepelná ochrana budov – Část 3: Návrhové hodnoty veličin
- [22] ČSN EN 12831-1:2018 – Energetická náročnost budov – Výpočet tepelného výkonu – Část 1: Tepelný výkon pro vytápění, Modul M3-3
- [23] ČSN 73 0331-1:2020 – Energetická náročnost budov – Typické hodnoty pro výpočet – Část 1: Obecná část a měsíční výpočtová data

- [24] ČSN EN ISO 52016-1:2017 – Energetická náročnost budov – Potřeba energie na vytápění a chlazení, vnitřní teploty a citelné a latentní tepelné výkony – Část 1: Výpočtové postupy
- [25] MARKOVÁ, Leonora. *Ceny ve stavebnictví*, studijní opora VUT FAST v Brně 2006
- [26] Marketingový mix – Cena. *Marketing Mix | Veletrh marketingu a reklamy* [online]. Copyright © 2015 Omnis Olomouc, a.s. Všechna práva vyhrazena. [cit. 17.03.2021]. Dostupné z: <http://www.marketing-mix.cz/marketing-mix/158-marketingovy-mix-cena-a.html>
- [27] MARKOVÁ, Leonora. *Stavební podnik*, studijní opora VUT FAST v Brně
- [28] KORYTÁROVÁ, Jana. *Ekonomika investic*. Brno: Cerm, 2020
- [29] Novostavba s tepelnou ztrátou 5,5 kW – Tepelná čerpadla IVT. *Tepelná čerpadla IVT – švédská kvalita pro vaše pohodlí* [online]. Copyright © 2003 [cit. 10.05.2021]. Dostupné z: <https://www.cerpadla-ivt.cz/cz/rodinny-dum-5-5-kw>
- [30] Výpočet spotřeby elektřiny – vaše úspora elektřiny | Elektrina.cz. *Elektrina.cz - vše co potřebujete vědět v oblasti energetiky a technologií* [online]. Copyright © [cit. 10.05.2021]. Dostupné z: <https://www.elektrina.cz/spotreba-elektriny>
- [31] Ceníky | E.ON. *Pomáháme šetřit peníze i přírodu* | E.ON [online]. Dostupné z: <https://www.eon.cz/domacnosti/elektrina-a-plyn/ceniky>

12 Seznam použitých zkratk

| | |
|--------|--|
| a.s. | akciová společnost |
| ČR | Česká republika |
| č. | číslo |
| Dr. | doktor |
| DPH | daň z přidané hodnoty |
| EPS | expandovaný polystyren |
| XPS | extrudovaný polystyren |
| KZS | kontaktní zateplovací systém |
| Kč | koruna česká |
| kk | kuchyňský kout |
| NP | nadzemní podlaží |
| PE | polyethylen |
| PENB | protokol o energetické náročnosti budovy |
| RD | rodinný dům |
| Sb. | sbírka |
| USA | Spojené státy americké |
| s.r.o. | společnost s ručením omezeným |
| tzv. | takzvaný |
| TUV | teplá užitková voda |
| WC | toaleta |
| COP | topný faktor |

13 Seznam obrázků

| | |
|--|----|
| Obrázek 1 - Ideální umístění domu na pozemku | 14 |
| Obrázek 2 - Objemový faktor budovy | 15 |
| Obrázek 3 - Obálka budovy | 16 |
| Obrázek 4 - Vliv osazení okna na tepelné ztráty objektu | 18 |
| Obrázek 5 - Rozdíl propustnosti tepla vnitřními a vnějšími žaluziemi | 20 |
| Obrázek 6 - 3D model budovy | 34 |
| Obrázek 7 - Porovnání pořizovacích nákladů zdroje tepla | 44 |

14 Seznam tabulek

| | |
|--|----|
| Tabulka 1 - Faktory primární energie z neobnovitelných zdrojů energie | 13 |
| Tabulka 2 - Hodnoty odporu v závislosti na směru prostupu konstrukcí | 24 |
| Tabulka 3 - Skladby konstrukcí včetně jejich tepelné vodivosti budovy A | 35 |
| Tabulka 4 - Prostup tepla obálkou budovy A a její zařazení do klasifikační třídy | 36 |
| Tabulka 5 – Tepelné ztráty větráním budovy A | 36 |
| Tabulka 6 - Skladby konstrukcí včetně jejich tepelné vodivosti budovy B | 37 |
| Tabulka 7 - Prostup tepla obálkou budovy B a její zařazení do klasifikační třídy | 38 |
| Tabulka 8 - Tepelné ztráty větráním budovy B | 38 |
| Tabulka 9 - Využitelné vnitřní zisky obou hodnocených budov | 39 |
| Tabulka 10 - Potřeba energie na vytápění obou hodnocených budov | 39 |
| Tabulka 11 - Vícenáklady na tepelnou izolace | 40 |
| Tabulka 12 - Vícenáklad na keramické tvarovky | 41 |
| Tabulka 13 - Rozpočtová cena na dva schodišťové stupně | 42 |
| Tabulka 14 - Celkové pořizovací vícenáklady s ohledem na výši dotací | 46 |
| Tabulka 15 - Ohřev teplé vody – varianta A | 47 |
| Tabulka 16 - Ohřev teplé vody – varianta B | 48 |
| Tabulka 17 - Vytápění – varianta A | 49 |
| Tabulka 18 - Vytápění – varianta B | 49 |
| Tabulka 19 - Pravidelné měsíční splátky za energii | 50 |
| Tabulka 20 - Celkové porovnávané provozní náklady budov | 50 |

15 Seznam grafů

| | |
|--|----|
| Graf 1 – Vývoj nákladů v letech – ceny stálé | 51 |
| Graf 2 – Vývoj nákladů v letech – ceny meziročně narůstající | 52 |
| Graf 3 – Vývoj nákladů v letech – ceny stálé, diskontované | 53 |
| Graf 4 – Vývoj nákladů v letech – ceny narůstající, diskontované | 53 |

16 Seznam příloh

Příloha 1 – Zjednodušené výkresy budovy A

- 1-01 Budova A – Půdorys 1NP
- 1-02 Budova A – Půdorys 2NP
- 1-03 Budova A – Řez A-A´
- 1-04 Budova A – Výpis výplní otvorů

Příloha 2 – Zjednodušené výkresy budovy B

- 2-01 Budova B – Půdorys 1NP
- 2-01 Budova B – Půdorys 2NP
- 2-03 Budova B – Řez A-A´
- 2-04 Budova B – Výpis výplní otvorů

Příloha 3 – Výpočet doby návratnosti

- 3-01 Vývoj nákladů v letech – ceny stálé
- 3-02 Vývoj nákladů v letech – ceny narůstající
- 3-03 Vývoj nákladů v letech – ceny stálé, diskontované
- 3-04 Vývoj nákladů v letech – ceny narůstající, diskontované