

Česká zemědělská univerzita v Praze

Provozně ekonomická fakulta

Katedra ekonomiky



Diplomová práce

**Alternativní energetická koncepce domu v podobě
investičního záměru**

Bc. Anna Bendíková

© 2016 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Provozně ekonomická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Anna Bendíková

Provoz a ekonomika

Název práce

Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru

Název anglicky

Alternative energy house concept in the form of investment project

Cíle práce

Cílem práce je návrh a zhodnocení optimální varianty energetické koncepce přestavby rodinného domu při využití různých druhů alternativních energetických zdrojů.

Dílní cíle:

- 1) technická specifikace budovy
- 2) návrhy alternativní energetické koncepce
- 3) komparace specifikovaných variant
- 4) ekonomické zhodnocení provedené koncepce
- 5) výběr optimální varianty

Metodika

V teoretické části práce budou formou syntézy využívány dostupné literární prameny k vytvoření teoretického přehledu řešené problematiky, na který bude v následující praktické části navazovat vlastní analýza a hodnocení za použití následujících metod:

- metody technicko-technologických specifikací
- hodnocení investiční náročnosti a návratnosti
- kalkulace nákladů
- vícekriteriální optimalizace
- regresní a korelační analýza

Doporučený rozsah práce

50-60 stran

Klíčová slova

Nízkoenergetický dům, obnovitelné zdroje energie, energetická bilance, tepelné ztráty a zisky, rekuperace tepla, tepelné vlastnosti konstrukce, součinitel prostupu tepla, mikroklima

Doporučené zdroje informací

Gebauer G., Rubinová O., Horká H.: Vzduchotechnika, 2. vydání, nakladatelství ERA, Brno, 2007, ISBN-978-80-7366-091-8

Ingo, G., Heinz L. a kol.: Od staré stavby k nízkoenergetickému a pasivnímu domu, 1. české vydání, nakladatelství HEL, 2013, ISBN 978-80-86167-30-5

Rubinovi O. a A.: Klimatizace a větrání, 1. vydání, nakladatelství ERA, Brno, 2004, ISBN 80-86517-30-6

Tywniak, J. a kolektiv: Nízkoenergetické domy 2, principy a příklady, 1. vydání, nakladatelství Grada Publishing, a.s., Praha, 2008, ISBN 978-80-247-2061-6

Tywniak, J.: Nízkoenergetické domy, principy a příklady, 1. vydání, nakladatelství Grada Publishing, a.s., Praha, 2005, ISBN 80-247-1101-X

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – PEF

Vedoucí práce

Ing. Michal Malý, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra ekonomiky

Elektronicky schváleno dne 6. 10. 2014

prof. Ing. Miroslav Svatoš, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 6. 10. 2014

Ing. Martin Pelikán, Ph.D.

Děkan

V Praze dne 29. 03. 2016

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru“ jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 21. 3. 2016

Poděkování

Ráda bych poděkovala Ing. Michalovi Malému, Ph.D. za odborné vedení, rady a pomoc při zpracování mé diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala Ing. Ivanovi Lalíkovi za odborné konzultace a cenné informace. Nakonec bych touto cestou chtěla velmi poděkovat svým rodičům za stálou podporu při studiu.

Alternativní energetická koncepce domu v podobě investičního záměru

Souhrn

Diplomová práce se zabývá tématem koncepce nízkoenergetického domu v podobě investičního záměru. Cílem práce bude navrhnout stavebně – energetickou koncepci rodinného domu, která vyhoví konstrukčním zásadám vedoucím k nízké spotřebě provozní energie spolu s možnou integrací a efektivním využitím obnovitelných zdrojů energie. První část práce je zaměřena na popis nízkoenergetických staveb a problematiky s těmito stavbami spojenými. Dále zde jsou nastíněny požadavky na kvalitu vnitřního prostředí, popsána problematika možných tepelných ztrát, vytápění a větrání společně s vytvořením vhodného prostředí pro udržení tepelné pohody člověka. Další část závěrečné diplomové práce se zabývá energetickou bilancí a výpočtem tepelných ztrát a tepelných příjmů rodinného domu. Zmíněná část obsahuje popis možných obnovitelných zdrojů energie, které by mohli snižovat závislost na primárním zdroji energie. Dále jsou v této části popsány materiály spolu se svými tepelně izolačními vlastnostmi, které by mohly být použity pro výstavbu nízkoenergetického domu. Na teoretickou část diplomové práce navazuje část praktická, která využívá poznatky z předešlé části. Ta se zabývá praktickým návrhem konstrukčního řešení daného rodinného domu spolu s návrhem vhodného primárního energetického zdroje, který je doplněn o nezbytné výpočty, které umožní následnou klasifikaci tohoto objektu podle příslušných norem. Na tuto část dále navazuje ekonomické zhodnocení provedené koncepce. Z čistě ekonomického hlediska a na základě souvisejících kritérií byla jako nejvhodnější určena varianta „C“ peletkový kotel.

Klíčová slova: Nízkoenergetický dům, obnovitelné zdroje energie, energetická bilance, tepelné ztráty, tepelné zisky, rekuperace tepla, tepelné vlastnosti konstrukce, součinitel prostupu tepla, mikroklima, vícekritériální analýza, návratnost investice

Alternative energy house concept in form of investment project

Summary:

This diploma thesis deals with the concept of low-energy house in the form of an investment plan. The aim of this work is to design a building - energy concept of the house, which will meet the design principles leading to the low energy consumption with possible integration and effective utilization of renewable energy sources. The first part of the thesis focuses on the description of low-energy buildings and the problems associated with these structures. There were also outlined requirements for indoor environmental quality, described the issue of possible heat losses, heating and ventilation, together with the creation of a suitable environment providing the human thermal comfort. The next part of my work deals with energy balance and calculation of heat losses and heat income of the family house. This section describes the potential of renewable energy sources that could reduce the dependence on primary energy source. Furthermore, this section describes materials with its thermal insulating properties, which could be used for the construction of the low-energy house. The theoretical part of my thesis is followed by the practical part, which uses information from the previous section. It deals with practical design of constructional solution of the family house together with the draft for an appropriate primary energy source, which is completed by the necessary calculations that allow subsequent classification of this object according to the relevant standards. This part is followed by the economic evaluation of the used concept. From a purely economic point of view and based on related criteria the most suitable option „C“ pellet boiler was selected.

Keywords: Low energy house, Renewable Energy Sources, energy balance, heat dissipation, heat gains, heat recovery, thermal properties of the structure, heat transfer coefficient, microclimate, multicriterial analysis, investment return

Obsah:

1 Úvod.....	13
2 Cíl práce a metodika	15
2.1 Cíl práce.....	15
2.2 Metodika.....	16
2.2.1 Použité metody.....	19
3 Teoretická východiska	36
3.1 Udržitelná výstavba budov a její uplatnění	36
3.1.1 Environmentální aspekty.....	36
3.2 Problematika energeticky efektivních budov	38
3.2.1 Nízkoenergetické domy.....	39
3.2.2 Pasivní energetické domy.....	40
3.2.3 Nulové domy	41
3.3 Energetická bilance budov.....	42
3.3.1 Tepelné ztráty	44
3.3.2 Tepelné ztráty větráním.....	45
3.4 Mikroklima budov	47
3.4.1 Faktory ovlivňující mikroklima budov	47
3.4.2 Souhrn opatření k optimalizaci všech složek prostředí.....	50
3.5 Technické zařízení budov (TZB).....	50
3.5.1 Zdroje energie	51
3.5.2 Zdroje tepla	54
3.5.3 Příprava TUV	58
4 Dotace	59

4.1	Novela zákona o ochraně ovzduší	59
4.2	Kotlíková dotace.....	59
4.3	Zelená úsporám.....	60
5	Ekonomika a investiční rozhodování.....	62
5.1	Vstupní údaje pro ekonomické hodnocení daného objektu.....	62
5.2	Investiční strategie.....	63
6	Výsledky	64
6.1	Studie rodinného domu z architektonického hlediska.....	64
6.2	Charakteristika objektu.....	64
6.3	Energetická náročnost RD	64
6.4	Výpočet energetické náročnosti RD.....	66
6.4.1	Celková měrná potřeba tepla na vytápění	66
6.4.2	Měrná spotřeba energie budovy	67
6.5	Technická zařízení budovy.....	67
6.5.1	Varianty vytápění a přípravy teplé užitkové vody (TUV) v objektu	67
6.6	Výběr variant	73
6.7	Energetická potřeba a spotřeba.....	75
6.7.1	Výpočet energetické potřeby a spotřeby pro elektrické spotřebiče.....	75
6.8	Výpočet nákladů na provoz budovy a její kapitálové výdaje.....	77
6.8.1	Výpočet nákladů na provoz budovy.....	77
6.8.2	Výpočet kapitálových výdajů.....	81
6.9	Posouzení ekonomické efektivity objektu	84
6.9.1	Zisková metoda	85
6.9.2	Výnosová metoda.....	86
6.10	Vícekritériální analýza variant.....	86

6.10.1	Stanovení vah kritérií.....	86
6.10.2	Stanovení vah pomocí bodové metody.....	88
6.10.3	Hodnocení jednotlivých kritérií.....	89
6.10.4	Metoda váženého součtu (WSA).....	90
7	Závěr.....	92
8	Seznam použitých zdrojů.....	95
9	Přílohy.....	97

Seznam obrázků

Obrázek 1:	Znázornění prostupu tepla konstrukcí	24
Obrázek 2:	Rozdělení staveb podle spotřeby energie	39
Obrázek 3:	Energetické schéma budovy	43
Obrázek 4:	Ohřev TUV pomocí solárního kolektoru.....	53

Seznam tabulek

Tabulka 1:	Přirážka p_3 na světovou stranu.....	26
Tabulka 2:	Rozdělení staveb podle spotřeby tepla na vytápění	39
Tabulka 3:	Základní vlastnosti pasivního domu	41
Tabulka 4:	Požadované parametry domů pro získání dotace v oblasti B	61
Tabulka 5:	Celková a měrná potřeba tepla na vytápění	66
Tabulka 6:	Měrná spotřeba energie budovy.....	67
Tabulka 7:	Průměrné ceny dvoutarifních sazeb	69
Tabulka 8:	Výběr variant	73
Tabulka 9:	Energetické potřeby elektrických spotřebičů v RD	75
Tabulka 10:	Faktor energetické přeměny.....	78
Tabulka 11:	Varianta A – Elektrokotel a solární kolektory	78
Tabulka 12:	Varianta B – Krbová kamna s výměníkem a FV články.....	79
Tabulka 13:	Varianta C – Kotel na peletky s bojlerem	80

Tabulka 14: Varianta D – Kondenzační plynový kotel s bojlerem	80
Tabulka 15: Investiční náklady – Varianta A	81
Tabulka 16: Investiční náklady – Varianta B.....	82
Tabulka 17: Investiční náklady – Varianta C.....	83
Tabulka 18: Investiční náklady – Varianta D	84
Tabulka 19: Prostá doba návratnosti	85
Tabulka 20: Výpočet ČSH	86
Tabulka 21: Hodnocení criteria doby návratnosti	89
Tabulka 22: Hodnocení criteria roční provozní náklady.....	89
Tabulka 23: Hodnocení criteria výše investičních výdajů	89
Tabulka 24: Hodnocení criteria složitosti obsluhy, údržby	90
Tabulka 25: Hodnocení ekologického kritéria.....	90
Tabulka 26: Výběr optimální variant metody váženého součtu.....	91

Seznam grafů

Graf 1: Roční spotřeba energie v kWh.....	76
Graf 2: Roční spotřeba energie v Kč.....	77
Graf 3: Průměrná doba životnosti technických zařízení budovy	85

1 Úvod

Počátek první průmyslové revoluce byl charakterizován hromadným využíváním fosilních paliv a konvenčních zdrojů energie. S rozvojem společnosti stále stoupala spotřeba elektrické energie a tím i spotřeba těchto zdrojů. Nikoho v té době nenapadlo řešit otázku, zda hromadná spotřeba zásob fosilních paliv, která se na naší Zemi hromadila milióny let, bude mít nějaký dopad na naši civilizaci.

Nyní je již všeobecně známo, že naše počínání v minulých dvou stoletích mělo za následek nevratné procesy na naší planetě. Tyto procesy nejsou důsledkem cyklických pochodů na Zemi, které naši civilizaci doprovázely od pradávna, ale naším konzumním způsobem života, který se v posledních letech stal pro většinu populace standardem. Zvyšování produkce skleníkových plynů, neustálé zvyšování spotřeby elektrické energie spojené s ekonomickým rozvojem v jednotlivých zemích, celosvětové mýcení obřích lesních ploch, jsou těmi faktory, které je nutné co nejvíce omezit a tím zmírnit jejich globální dopad na naši planetu.

Pokud je nezbytné naplnit cíle energetické bezpečnosti a ochrany klimatu, je třeba se zaměřit na sektory, ve kterých se spotřebovává největší množství energie. Při uvědomění si skutečnosti, že se v souvislosti s provozem budov spotřebovává více než 40% energie a řešení na optimalizaci spotřeby energie a tím i nákladů na provoz jsou známá a ve většině případů i rovnou použitelná, nelze tyto cíle bez snížení energetické náročnosti budov naplnit.

Potenciál úspor energie a snižování environmentálního zatížení v souvislosti s provozem budov se stal v posledních letech velmi lákavým zvláště pro jejich obrovský rozsah, snadnou dostupnost, využitelnost a hlavně ekonomickou atraktivnost již při využití části tohoto potenciálu. A to vše i bez markantního navyšování investičních nákladů na výstavbu.

Způsoby snižování environmentálního zatížení v souvislosti s budovami jsou do značné míry různorodé. Společným znakem by měl být soulad s obecně formulovanými požadavky udržitelnosti, které představují jak kvalitní vnitřní prostředí, minimální

produkcí škodlivin a omezení spotřeby energie, tak také zahrnují otázky sociální a ekonomické. Je třeba si uvědomit, že snižování spotřeby energie a využívání energie z obnovitelných zdrojů v budovách, představují důležitá opatření, nutná ke snižování energetické závislosti a snižování emisí skleníkových plynů.

U každé nové stavby, ať už je postavena za účelem bydlení, kancelářského provozu, nebo je provozována jako výrobní hala, hraje velkou roli ekonomické hledisko a to nejen při samotné výstavbě objektu, ale hlavně při jeho provozu. Jelikož tepelné ztráty nízkoenergetických staveb oproti klasickým jsou několikanásobně nižší a délka otopného období, díky lepším tepelným vlastnostem jednotlivých konstrukčních dílů, kratší, jsou náklady na provoz takového domu výrazně nižší. Odhadnout vývoj cen jednotlivých druhů energií je velmi těžké, ale s růstem jejich cen, který lze očekávat, je jasné, že rozdíl, mezi náklady na provoz obyčejného domu s porovnáním s nízkoenergetickým bude vyšší. Další, neméně důležitý faktor při výstavbě je kvalita vnitřního prostředí. Ta lze u nízkoenergetických staveb dosáhnout velmi elegantním způsobem s pomocí řízeného větrání, které společně s rekuperačním výměníkem tepla, filtry a vhodným nastavením dokáže navodit potřebné mikroklima budovy na požadovanou úroveň. Samotný rekuperační výměník uspoří velké množství tepelné energie, která by při normálním větrání okny bez užitku odešla. Tím je zajištěn vysoký komfort takto řešených novostaveb.

Podmínkou úspěšné realizace výstavby nízkoenergetického domu je především pečlivá příprava samotného projektu, kde je nutné pohlížet na dům jako na jeden kompaktní celek. Optimalizace projektu, správná volba energetického zdroje, volba místa a celková orientace budovy a zvláště jejich prosklených ploch, tvar, dispozice a správné složení konstrukčních dílů, jako jsou podlahy, stěny a okna, těsnost budovy a větrání, vytápění, správné využití obnovitelných zdrojů energie to jsou parametry, které ovlivní kvalitu a celkový výsledek nízkoenergetické stavby.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Pro diplomovou práci bylo vybráno téma „Koncepce nízkoenergetického domu v podobě investičního záměru“.

Hlavním cílem této diplomové práce je návrh koncepce reálného nízkoenergetického domu a posoudit ekonomickou efektivnost tohoto investičního záměru.

Ekonomická efektivnost investičního záměru bude posouzena pomocí porovnání stavebních a provozních nákladů s běžným rodinným domem.

Hlavního cíle bude dosaženo pomocí dílčích cílů:

- Dílčí cíl č. 1
Technická specifikace dané budovy

- Dílčí cíl č. 2
Návrh alternativní energetické koncepce

- Dílčí cíl č. 3
Komparace specifikovaných variant

- Dílčí cíl č. 4
Ekonomické zhodnocení provedené koncepce

- Dílčí cíl č. 5
Výběr optimální varianty

2.2 Metodika

První část diplomové práce se zabývá teoretickou rovinou problematiky výstavby nízkoenergetických rodinných domů. Pro vytvoření tohoto teoretického základu bylo nutné prostudovat publikace, zabývající se touto problematikou a utřídit tyto poznatky do jednoho kompaktního celku. Dále bylo nutné pročíst internetové stránky zabývající se výstavbou rodinných domů, založených na principu nízké spotřeby energie na vytápění a nedílnou součástí těchto materiálů byly také diskuze, které bylo nutné také pročíst. Zde se musela rozlišit odbornost jednotlivých internetových stránek a hlavně diskuzí. Jelikož tyto stránky a příspěvky byly mnohdy psané nadšenci a kutily, kteří na problematiku nízkoenergetických staveb pohlíželi s nedostatečnou odborností, bylo nutné tyto materiály odseparovat a dále s nimi nepracovat.

Hlavní účel nízkoenergetických staveb je nezpochybnitelně úspora energie na vytápění, a to ať už je primární zdroj jakýkoliv, avšak pro mnoho uživatelů je nízké environmentální zatížení bráno jako životní postoj a proto se v teoretické části objevuje i výčet obnovitelných zdrojů energie, které v případě dobrého návrhu nízkoenergetické stavby nejsou nutné a návratnost do této investice je v některých případech diskutabilní.

Z vytríděných zdrojů a materiálů byla sestavena kostra teoretické části diplomové práce, která postupně popisuje problematiku nízkoenergetických staveb jako celku a dále na sebe váže podrobnější a detailnější informace, které o těchto stavbách mají poskytnout kompaktní představu. Jak již bylo naznačeno výše, v této části se také objeví popis vhodných obnovitelných zdrojů energie, které by mohly být do stavby zakomponovány a využívány.

Jako vhodné obnovitelné zdroje energie pro nízkoenergetickou výstavbu, které budou v teoretické části popsány, byly zvoleny solární kolektory a solární panely. Zde je nutné se zaměřit na jejich praktické využití v reálném provozu, přesně definovat za jakým účelem bude toto zařízení provozováno a jaké jsou jejich výhody a nevýhody. Proto je nutné brát propagační materiály s velkou rezervou a zaměřit se na reálné parametry těchto komponentů. K tomuto účelu byl mnohokrát použit zdroj informací webový portál TZB-info, kde publikuje mnoho odborníků nejen v oblasti nízkoenergetických staveb.

Teoretická část bude sloužit jako podklad pro zpracování části praktické, která se bude zabývat investičním záměrem výstavby nízkoenergetického rodinného domu.

V praktické části, která se zabývá koncepcí nízkoenergetického domu v podobě investičního záměru, je nutné určit lokalitu a její meteorologické a povětrnostní podmínky. To je důležité zejména kvůli výpočtu tepelných ztrát daného objektu a určení, která z konstrukcí je nejvíce ochlazována, aby výsledek výpočtu tepelných ztrát byl co nejpřesnější. Dále je nutné určit samotnou podobu objektu, orientaci vůči světovým stranám, její půdorys, umístění jednotlivých místností a dále je také nutné určit, jaká vnitřní teplota je pro jednotlivé místnosti v daném objektu požadována. Jako vnitřní výpočtové teploty jsou brány teploty uvedené v ČSN EN 12831.

Poté je nutné u daného objektu určit tepelné vlastnosti podlahy, které se v dané lokalitě nachází a dále tepelné vlastnosti jednotlivých konstrukčních dílů, jako jsou obvodové a vnitřní zdi, podlahy, stropy a střechy. Neméně důležitá je tepelná propustnost výplní a rámců jak u oken, tak i u jednotlivých dveří.

Při samotném návrhu obvodových konstrukcí je třeba precizně vyřešit detaily tepelných mostů, což je místo ve stavební konstrukci, kde dochází ke zvýšenému toku tepelné energie, což se negativně projevuje na celkové energetické bilanci budovy. Tepelné mosty se mohou objevovat v celé řadě míst, nejčastěji se tvoří v místech styku dvou různých konstrukcí. Jako příklad lze uvést svislou konstrukci stěny a vodorovnou konstrukci stropu, či ve stěně zakotveného balkonu. Další výskyt tepelných mostů je v místech, kde jsou osazena okna a dveře. U střech se tento problém vyskytuje tam, kde prostupují různé nasávací otvory a vzduchotechnika. Zvýšení tepelných ztrát ale není jediný důvod, proč tepelné mosty v konstrukci eliminovat. Dalším důvodem je možný výskyt plísní, což společně s narušením mikroklimatu negativně ovlivňuje naše zdraví. Vhodné opatření k eliminaci tepelných mostů je důkladně provedená izolace v okolí všech stavebních detailů, u nichž je pravděpodobnost výskytu tepelných mostů.

Stejně důležité jako optimalizace tepelných mostů je u nízkoenergetických domů také správné zateplení obvodového pláště. Síla izolace a zvolený materiál se samozřejmě musí přizpůsobit konkrétním podmínkám a typu konstrukce. Samotná tloušťka izolace je

velmi diskutovaným kritériem. Tloušťka izolace by měla být taková, kdy se energetické a tím i finanční náklady na tepelnou izolaci vyrovnají úsporám tepla za její předpokládanou životnost. Tloušťka izolace se může pohybovat v rozmezí 250-400 mm. Důslednost také musí být při návrhu skladby zateplení, jelikož při nevhodném návrhu může v konstrukci docházet ke kondenzaci vodní páry.

Nenahraditelnou součástí nízkoenergetických domů je řízené větrání s rekuperací, což znamená zpětné využívání odpadního tepla. Může se zdát, že větrání okny je nejekonomičtější způsob větrání bez nutnosti jakýchkoliv počátečních investic. Z hlediska provozních nákladů je ovšem tento způsob větrání nejdražší. Tímto způsobem nelze nijak regulovat vzduchovou výměnu a všechna energie z otopné soustavy se okamžitě ztrácí. Navíc vzduch bez použití vzduchotechniky obsahuje částice prachu, pylu a umožňuje vlétnutí hmyzu. Větrání podle skutečné potřeby společně s nízkými provozními náklady je možné zajistit pouze pomocí větrací jednotky s tepelným rekuperačním výměníkem.

Praktická část diplomové práce byla zaměřena na výpočet celkových tepelných ztrát, které se skládají z tepelných ztrát prostupem tepla a tepelných ztrát větráním. V neposlední řadě bude do nízkoenergetického domu zakomponován vhodný obnovitelný zdroj energie.

2.2.1 Použité metody

Analýza nashromážděných dat

Teoretická část práce byla zpracována na základě prostudování odborné literatury a odborných článků a diskuzí na internetu. Dále bylo nutné roztrždit nashromážděné informace podle jejich relevantnosti.

Charakteristika lokality a objektu

Po nastudování teoretické části bylo nutné charakterizovat lokalitu z hlediska klimatických podmínek, ve které se bude daný objekt nacházet. To je důležité hned z několika hledisek. První z nich je určení venkovní návrhové teploty, která se v klimatických podmínkách České republiky pohybuje v rozmezí -12°C pro nejnižší položené oblasti a -18°C pro oblasti v horských polohách a určuje se podle ČSN 730540-3. Dalším kritériem je délka otopného období, které je také závislé na nadmořské výšce a zeměpisné šířce daného objektu. Otopné období je čas, kdy jsou zdroje tepla uvedeny do stavu pohotovosti k dodávce tepla spotřebitelům. Období začíná 1. září a končí 31. května. Dodávka tepla se zahájí v otopném období, když průměrná denní teplota venkovního vzduchu v místě poklesne pod $+13^{\circ}\text{C}$ ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat zvýšení této teploty nad $+13^{\circ}\text{C}$ pro následující den. Vytápění se omezí nebo přeruší v otopném období tehdy, jestliže průměrná denní teplota venkovního vzduchu v příslušném místě nebo lokalitě vystoupí nad $+13^{\circ}\text{C}$ ve dvou dnech po sobě následujících a podle vývoje počasí nelze očekávat pokles této teploty pro následující den. Pravidla jsou stanovena vyhláškou 194/2007.Sb.

Venkovní návrhová teplota lze vypočítat z následujícího vztahu, který udává norma ČSN 730540-3 [Kaňka, Svoboda, 2004].

$$\theta_e = \theta_{e,100} + \Delta\theta_{e,0} \times \frac{H - 100}{100} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.1)$$

$\theta_{e,100}$...základní návrhová teplota venkovního vzduchu v nadmořské výšce 100 m.n.m
[$^{\circ}\text{C}$]

$\Delta\theta_{e,0}$...základní teplotní gradient v dané teplotní oblasti [$^{\circ}\text{C}$]

H ...nadmořská výška úrovně $\pm 0,00$ objektu (obvykle tedy nadmořská výška 1. NP)
[m]

Dalším kritériem je umístění budovy. Skutečnost, zda je budova chráněna či ne, má velký vliv na tepelné ztráty objektu. Při porovnání extrémních případů může rozdíl v celkových tepelných ztrátách činit až 45%.

- Výpočet tepelných ztrát objektu

Znalost tepelných ztrát nám slouží k [Brož, 2006]:

- a) Určení spotřeby energie na vytápění

Celková tepelná ztráta Q se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním, snížená o trvalé tepelné zisky.

- b) Dimenzování otopné soustavy

Tepelné ztráty jsou stěžejní pro návrh vlastní otopné soustavy, a proto jsou tepelné ztráty počítány pro nejnepříznivější povětrnostní podmínky, které mohou za normálních okolností nastat v daném místě v zimním období [Brož, 2006].

$$Q = Q_p + Q_v - Q_z \quad [W] \quad (2.2)$$

Q_p - tepelná ztráta prostupem tepla

Q_v - tepelná ztráta větráním

Q_z - trvalý tepelný zisk nebo ztráta

- Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Pro výpočet tepelných ztrát objektu je nutné znát složení jednotlivých konstrukčních dílů, ze kterých jsou jednotlivé stěny, stropy a podlahy složeny a jejich tepelně vodivostní vlastnosti, které vyjadřujeme pomocí součinitele prostupu tepla konstrukce U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]. Pro všechny konstrukce lze uvažovat jednorozměrné šíření tepla [Stein, 1997].

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla stěnami se určí ze základní tepelné ztráty připočítáním přírážek podle následujícího vztahu [Brož, 2006]:

$$Q_p = Q_0 \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad [W] \quad (2.3)$$

Q_0 ...základní tepelná ztráta prostupem tepla [W]

p_1 ...přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí [-]

p_2 ... přírážka na urychlení zátoku [-]

p_3 ...přírážka na světovou stranu [-]

Výpočet se používá pro návrh otopného zařízení. Počítá totiž ztráty při uvažované nejnižší teplotě.

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q_o se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla jednotlivými konstrukcemi, ohraničujícími vytápěný objekt od venkovního prostředí nebo od sousedních místností [Brož, 2006].

$$Q_o = \sum_{j=1}^n U_j \cdot S_j (T_{inj} - T_{ext}) \quad [\text{W}] \quad (2.4)$$

S_j ...ochlazovaná j -tá část stavební konstrukce (stěna, podlaha, okno, ...) [m^2]

U_j ...součinitel prostupu tepla konstrukce [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$]

T_{inj} ...vnitřní výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$]

T_{ext} ...výpočtová venkovní teplota nebo teplota v sousední místnosti [$^{\circ}\text{C}$]

Jednotlivé vrstvy konstrukce si lze představit jako sériově řazené tepelné odpory.

Celkový součinitel prostupu tepla se stanoví podle vztahu 3.4 jako převrácená hodnota součtu jednotlivých tepelných odporů [Brož, 2006]

$$U = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i} + \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j} + \frac{1}{\alpha_e}} \quad [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}] \quad (2.5)$$

α_i ...součinitel přestupu tepla vnitřní [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

α_e ...součinitel přestupu tepla vnější [$\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$]

d_j ...tloušťka j-té vrstvy [m]

λ_j ...hodnota činitele tepelné vodivosti j-té vrstvy [$\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$]

Celkový tepelný odpor konstrukce se stanoví ze vztahu $R = \sum R_j$, kde R_j je tepelný odpor j-té vrstvy konstrukce, který je dán vztahem [Brož, 2006]

$$R_{th,j} = \frac{d_j}{\lambda_j} \quad [\text{m}^2\text{KW}^{-1}] \quad (2.6)$$

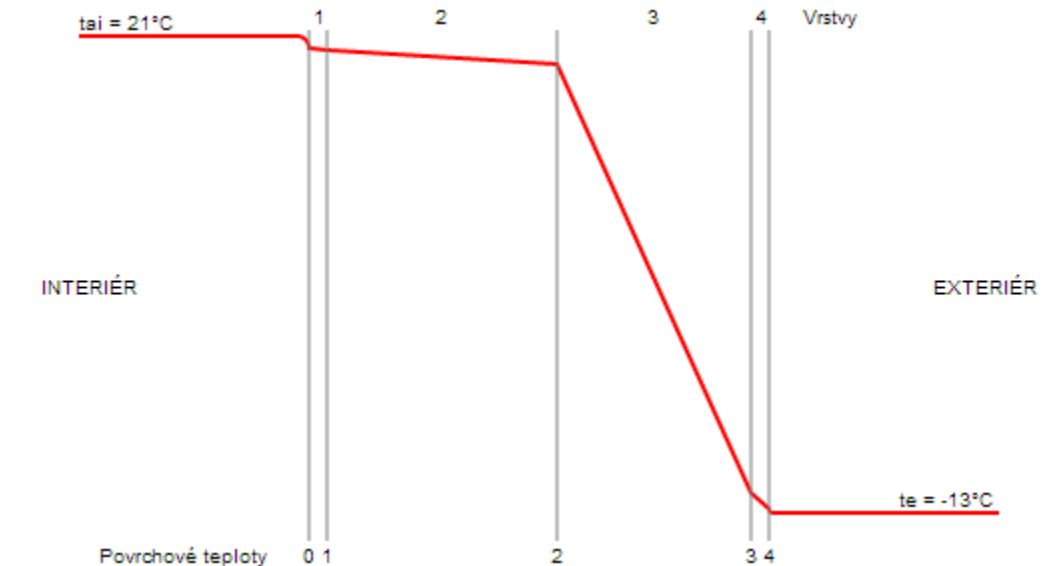
Ve vzorci 3.4 je uvedena teplota vzduchu v interiéru T_{in} a teplota venkovního vzduchu T_{ext} . Vnitřní teplota je pro každou místnost jiná. Pro obytné místnosti se používají hodnoty teplot vyšší, než například v technických místnostech a místnostech občasného využití, a naopak v koupelnách se volí hodnoty teploty vzduchu vyšší tak, aby byla splněna podmínka tepelné pohody člověka. Venkovní návrhová teplota se určí pomocí vztahu 2.1, který byl uveden na počátku této kapitoly.

Při výpočtu tepelné ztráty konstrukcí, které jsou v přímém styku se zemínou, se teplota exteriéru upravuje na hodnotu $+5$ °C. Předpokládá se, že zemina má ustálenou teplotu, právě na této hodnotě.

Výsledný tepelný tok konstrukcí lze poté znázornit podle obrázku 2.

Obrázek 1: Znázornění prostupu tepla konstrukcí

Vrstva 1 vápenná omítka, vrstva 2 železobeton, vrstva 3 pěnový polystyren, vrstva 4 perlitová omítka.



Zdroj: [TZB-info, 2014] [Online]

- Přirážky k základní tepelné ztrátě [Brož, 2006]
 - Přirážka na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla dané místnosti k_c , který se stanoví ze základní tepelné ztráty a vypočte se ze všech obklopujících stěn v místnosti, nikoli jen ze stěn ochlazovaných.

$$k_c = \frac{Q_o}{\sum_{n=1}^j S_j \cdot (T_{inj} - T_{ext})} \quad [\text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}] \quad (2.7)$$

ΣS ...celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost [m^2]
 T_{inj} ...výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

T_{ext} ...výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$]

Přirážka p_1 může být spočtena pomocí zjednodušeného vztahu:

$$p_1 = 0,15 \cdot k_C \quad [-] \quad (2.8)$$

Přirážka vyjadřuje rozdílnost mezi místnostmi s více ochlazovanými plochami (rohových, podstřešních) a místnostmi s méně ochlazovanými plochami (řadovými, uvnitř dispozice). Umožňuje, aby i při nižší teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované výpočtové vnitřní teploty T_{in} , pro kterou se počítá základní tepelná ztráta Q_o .

Hodnota přirážky p_1 podle tabulek z ČSN vychází od 0,03 do 0,12.

➤ Přirážka na urychlení zátoku

Za normálních okolností se s přirážkou na urychlení zátoku p_2 nepočítá, neboť při výpočtových podmínkách (při výpočtové venkovní teplotě T_{ext}) se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění. S přirážkou p_2 se v bytové výstavbě a podobných budovách počítá pouze v případech, kde ani při nejnižších venkovních teplotách nelze zajistit nepřerušovaný provoz vytápění, v těchto případech se tedy uvažuje přerušovaný provoz vytápění a přirážka p_2 závisí na délce vytápění [Brož, 2006]:

- $p_2 = 0,10$ při denní době vytápění delší než 16 hodin
- $p_2 = 0,20$ při denní době vytápění kratší než 16 hodin

Přirážka na světovou stranu

O výši přirážky na světovou stranu p_3 rozhoduje poloha nejvíce ochlazované konstrukce místnosti. Při více ochlazovaných konstrukcích rozhoduje poloha jejich společného rohu. U místnosti se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přirážkou největší. Hodnoty přirážek p_3 jsou uvedeny v tabulce 3.2.

Tabulka 1: Přirážka p_3 na světovou stranu

Světová strana	J	JZ	Z	SZ	S	SV	V	JV
Přirážka p_3 [-]	-0,05	0	0	0,05	0,1	0,05	0,05	0

- Výpočet tepelných ztát větráním [Rubinovi, 2004]

Zvyšováním tepelného odporu obvodových konstrukcí budovy se snižuje tepelná ztráta prostupem a nabývá na významu tepelná ztráta větráním. Spotřeba na ohřev větracího vzduchu tvoří cca 30% z celkové spotřeby objektu. Čím lepší izolační vlastnosti jednotlivé konstrukční díly mají, tím tento podíl narůstá. Pro větrání rodinných domů nebyly vytvořeny žádné závazné předpisy, ale obvykle se navrhuje tak, že je zvolena intenzita výměny 0,3-0,5 objemu za hodinu obytných místností za hodinu, když jsou místnosti obývány a 0,1 objemu za hodinu, když v domě nikdo není. Výměna vzduchu, i když je dům prázdný se děje proto, aby bylo udrženo stálé mikroklima domu a odvedlo vlhkost a případné škodliviny. Aby bylo nějakým způsobem využito odpadní teplo naakumulované ve větraném vzduchu, instalují se do větracích systémů prvky pro zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu. Nejčastěji se k tomuto účelu používá rekuperační výměník, ve kterém znečištěný vzduch odevzdává své teplo vzduchu přiváděnému z venčí. V zimě se přiváděný vzduch ohřívá a v létě ochlazuje. Rekuperace může být nahrazena tepelným čerpadlem, které odebírá teplo z odpadního vzduchu a ohřívá přiváděný vzduch, případně vodu pro vytápěcí systém.

Teplotná ztráta v objektu větráním se určí podle vztahu [Rubinovi, 2004]:

$$Q_v = c_p \cdot V_v (T_{in} - T_{ext}) \quad [\text{W}] \quad (2.9)$$

V_v ...objemový tok větracího vzduchu [$\text{m}^3 \text{s}^{-1}$]

T_{in} ...výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

T_{ext} ...výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}\text{C}$]

c_p ...měrná tepelná kapacita vzduchu při teplotě 0°C [$\text{J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$]

Měrná tepelná kapacita vzduchu je množství tepla potřebného k ohřátí 1 kilogramu látky o 1 teplotní stupeň. Hodnota měrné tepelné kapacity je závislá na teplotě. Její hodnota při 0°C je $1010 \text{ J kg}^{-1} \text{K}^{-1}$.

Objemový tok větracího vzduchu místnosti V_v musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků. Hygienické a technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu n_H [Rubinovi, 2004].

$$V_{vH} = \frac{n_H}{3600} V_m \quad [\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}] \quad (2.10)$$

n_H *intenzita výměny vzduchu* [h^{-1}]

V_m *vnitřní objem prostoru* [m^3]

Současná ČSN 73 0540-2:2002 požaduje:

$n = 0,5 \text{ h}^{-1}$ obytné místnosti budov,

$n = 0,35 \text{ h}^{-1}$ občanské budovy a ostatní místnosti obytných budov,

$n = 0,25 \text{ h}^{-1}$ budovy ostatní.

- Posouzení ekonomické efektivity

- prostá doba návratnosti

Prostá doba návratnosti je nejjednodušší a velmi často používanou metodou pro hodnocení efektivity investičních variant. Vyjadřuje, za kolik let se nám vrátí náš kapitálový výdaj a to splacením peněžních příjmů z dané investice. Za výhodnější investici se logicky považuje ta, která má kratší dobu návratnosti. Nevýhodou této metody je to, že se zde nebere v potaz časový faktor ani peněžní toky za dobu návratnosti, což ovlivňuje pohled na efektivnost [Šustová, 2007] [Online].

Výpočet prosté doby návratnosti:

$$TN_p = \frac{IN}{CF} \quad (2.11)$$

IN – investiční náklady (výdaj)

CF - je roční peněžní tok

$$CF = V - Np \quad (2.12)$$

V - výnosy z realizace

Np – provozní náklady za rok

- čistá současná hodnota (NPV)

Čistá současná hodnota se používá jako kritérium pro hodnocení výnosnosti projektů, a řadí se mezi dynamické ukazatele efektivity. Hlavní výhodou tohoto kritéria je zohlednění výše příjmů a výdajů a jejich časové rozložení během určité doby. Zmíněná metoda se považuje za nejpřesnější metodu investičního rozhodování. Čím vyšší je čistá současná hodnota, tím je investiční varianta považována za výhodnější. Investiční

varianty, které mají čistou současnou hodnotu větší než, nula jsou přípustné. To znamená, že přinášejí příjem alespoň ve výši úroků.

„*Matematicky lze dojít ke třem základním výsledkům [Energetická agentura, 2014][Online]:*

- *NPV > 0 projekt lze doporučit k realizaci, výnos z projektu je vyšší než je cena kapitálu do něj vloženého*
- *NPV = 0 projekt je na hranici rentability*
- *NPV < 0 projekt není vhodné realizovat, neboť přináší menší výnos, než je požadováno*

Pokud máme na výběr několik variant, vybíráme podle tohoto kritéria tu variantu, která má největší NPV.“

„*Postup stanovení NPV[Šustová, 2007][Online]:*

- *stanoví se současná hodnota budoucích toků peněžních prostředků iniciovaných danou investicí, bez ohledu na to, zda jde o příjmy nebo výdaje.*
- *Cash – flow se stanoví jejich diskontováním (odúročením) k současnosti, sazbou vyjadřující náklady vloženého kapitálu.*
- *stanoví se čistá současná hodnota všech výdajů a příjmů jako rozdíl sumy diskontovaných cash – flow a investičních výdajů.*
- *projekty s negativní čistou současnou hodnotou se považují za nevýhodné, zatímco projekty s pozitivní čistou současnou hodnotou se považují za výhodné.*

$$NPV = \sum_0^n DCF = \sum_0^n \frac{CF}{(1+i)^n} \quad (2.13)$$

kde

DCF – diskontované peněžní toky v jednotlivých letech (Kč)

n – doba životnosti projektu (hodnocené období 1 až n let)

i – diskontní sazba (%)

- Hodnocení efektivnosti jednotlivých variant

- vícekriteriální analýza variant

Rozhodovací úlohy, v nichž se důsledky rozhodnutí posuzují podle více kritérií, se nazývají úlohami vícekriteriálního rozhodování [Korviny, 2011].

Rozhodování v úlohách vícekriteriální optimalizace spočívá v transformaci informací, které máme k dispozici o rozhodovacích variantách a o cílech sledovaných uživatelem. Důležitým hlediskem pro klasifikaci úloh jsou tedy informace, které jsou součástí zadání úlohy, nebo které lze získat v průběhu jejího řešení.

„V úlohách vícekriteriálního hodnocení variant (ÚVHV) má množina rozhodovacích variant, kterou označíme A , konečný počet prvků. Po úvodních úkonech spočívajících v určení hodnotících kritérií a metody získání kvantitativních údajů o hodnotách těchto kritérií pro jednotlivé rozhodovací varianty, lze ÚVHV charakterizovat tzv. kritériální maticí. V této matici sloupce odpovídají kritériím a řádky hodnoceným variantám. Při označení prvků kritériální matice y_{ij} , kde $i = 1, 2, \dots, p$ a $j = 1, 2, \dots, k$, je možné kritériální matici zapsat ve tvaru [Korviny, 2011]:

$$\begin{matrix}
 \mathbf{a}_1 \\
 \mathbf{a}_2 \\
 \vdots \\
 \mathbf{a}_p
 \end{matrix}
 \begin{bmatrix}
 y_{11} & y_{12} & \cdots & y_{1k} \\
 y_{21} & y_{22} & \cdots & y_{2k} \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 y_{p1} & y_{p2} & \cdots & y_{pk}
 \end{bmatrix}$$

Pokud není výslovně uvedeno jinak, tak se předpokládá, že všechna kritéria v ÚVHV jsou stanovena jako maximalizační. Tím se rozumí, že varianta je tím lepší, čím je hodnota kritéria větší.“

Základem této metody je výběr z několika variant, což jsou konkrétní rozhodovací možnosti, které jsou hodnoceny podle několika kritérií.

Obecný postup vícekritériální analýzy variant se skládá z [Korviny, 2011]:

- 1) Vytvoření soustavy kritérií hodnocení
- 2) Stanovení vah kritérií
- 3) Stanovení vzorových hodnot kritérií
- 4) Hodnocení dosažených výsledků variant
- 5) Posouzení rizik
- 6) Výběr nejvhodnější varianty

Níže jsou podrobněji popsány pouze první dva body [Korviny, 2011]:

Ad 1) Vytvoření soustavy kritérií hodnocení

Vytváření soustavy kritérií hodnocení je velmi zásadním krokem v celém postupu tohoto hodnocení variant, kterým můžeme významně ovlivnit celkové výsledné hodnocení. Soubor kritérií musí odrážet hlavní vlastnosti hodnocených variant. Jinak by mohlo dojít k velkému zkreslení celkových výsledků.

Dalším neméně důležitým faktorem pro vytvoření soustavy kritérií je správná klasifikace kritérií. Hodnocená kritéria můžeme klasifikovat buď po stránce věcné, nebo po stránce formální.

Po stránce věcné můžeme kritéria rozřadit do určitých skupin podle hledisek hodnocení např. kritéria sociální, ekologická, technická, ekonomická, kulturní apod. U formální stránky musíme u jednotlivých kritérií rozlišit typ preference, způsob vyjadřování a měření výsledků dle těchto kritérií.

Ad 2) Stanovení vah kritérií

Váhy kritérií se mohou stanovit buď před samotným provedením jednotlivých hodnocení variant, nebo následně po něm pro kontrolu získaných výsledků.

Pravidlem je, že pokud jedno kritérium dostane výrazně vyšší bodové ohodnocení než kritéria ostatní, výsledky hodnocené varianty budou řazeny především podle tohoto kritéria.

Pro stanovení vah kritérií existuje celá škála odlišných metod. Metody se dělí na přímé a nepřímé, kde jsou metody přímé považované za nejjednodušší. Mezi přímé metody patří např. metoda bodová, metoda klasifikace kritérií do tříd a jiné. Z metod nepřímých se nejčastěji používá metoda párového srovnání, kam je možno zařadit metodu Fullera trojúhelníku nebo Saatyho metodu.

Volba metody hodnocení

Při volbě metody hodnocení je nutné rozlišit, zda se jedná o kritéria kvantitativního či kvalitativního charakteru. Dále je důležité zda jsou to kritéria s rostoucí, klesající nebo střídavou preferencí nebo jedná-li se o kritéria, u nichž lze stanovit žádoucí minimální a maximální hodnotu nebo alespoň jednu z nich. Dále je nutné rozhodnout, zda se pro ohodnocení jednotlivých variant použije jen kladných, záporných, anebo obou hodnot kritérií.

Preference kritéria určuje důležitost daného kritéria ve srovnání s kritérii ostatními. Lze ji vyjádřit [Korviny, 2011]:

- **Aspiračními úrovněmi kritérií** – hodnota kritéria, které má být dosaženo
- **Pořadím kritérií** – na základě kterého se určuje posloupnost kritérií od nejdůležitějšího po nejméně důležitý.
- **Váhami jednotlivých kritérií** – které dosahují hodnot z intervalu $\{0;1\}$ a pomocí nich je vyjádřena důležitost kritéria ve srovnání s ostatními. Součet vah kritérií se vždy musí rovnat jedné.
- **Způsobem kompenzace kritériálních hodnot** – kompenzace je vyjádřena substituční mírou mezi hodnotami kritérií.

Dle druhu informace, která je známá u preferencí mezi kritérii a hodnotícími variantami, lze rozhodnout o jaký typ úlohy se jedná a jakou metodou ho lze vypočítat:

- **Žádná informace** – při neexistenci informace o preferencích, nelze úlohu vyřešit
 - **Nominální informace** - vyjádřena nejhorší možnou akceptovatelnou hodnotou
 - **Ordinální informace** – pořadí kritérií od nejdůležitějšího po nejméně důležité
 - **Kardinální informace** – je kvantitativního charakteru, jedná se buď o ohodnocení variant číselně, nebo se jedná o váhy a to v případě preferencí kritérií
- Matematické metody určování vah kritérií

Pro matematické metody určování vah kritérií je pravidlem, že čím je důležitost kritéria větší, tím je větší i jeho váha. Získat od uživatele přímo hodnoty vah je velmi obtížné, ale jsou k dispozici metody, které na základě obecnějších informací od uživatele sestavují odhady vah. Mezi tyto metody patří např. metoda bodovací, metoda pořadí, metoda párového srovnání kritérií (Fullerova metoda) a další. Pro závěrečnou diplomovou práci byla vybrána bodovací metoda vah kritérií, která předpokládá, že je uživatel schopen kvantitativně ohodnotit důležitost kritérií. Platí zde, že čím je kritérium důležitější, tím je bodové ohodnocení vyšší.

Výpočet vah kritérií se poté provádí podle vztahu:

$$v_i = \frac{b_i}{\sum_{i=1}^k b_i}; \quad i = 1, 2, \dots, k \quad (2.14)$$

Součet čísel b_i ve jmenovateli je součtem prvních k přirozených čísel

$$\sum_{i=1}^k b_i = \frac{k(k+1)}{2} \quad (2.15)$$

- Vyhodnocovací metoda váženého součtu – WSA

Metoda váženého součtu je založena na principu maximalizace užitku. Metoda se však dopouští určitého zjednodušení a to v tom, že předpokládá pouze lineární funkci užitku. Pro tuto metodu je nutná znalost kardinální informace, kardinální matice Y a vektoru vah kritérií v . Touto metodou lze srovnat varianty sestupně od nejlepší po nejhorší a vybrat tu nejvhodnější variantu. Celkový užitek varianty lze vyjádřit váženým součtem hodnot dílčích funkcí užitku. [Brožová, 2003]

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^m v_j u_j(y_{ij}), \quad (2.16)$$

kde u_j jsou dílčí funkce užitku jednotlivých kritérií a v_j jsou váhy kritérií.

Postup metody váženého součtu dle [Brožová, 2003]:

1. Převedení minimalizačního kritéria na maximalizační podle tohoto vztahu:

$$y_{ij} = \max(y_{ij}) - y_{ij} \quad (2.17)$$

Podle následujícího vztahu se u jednotlivých variant posoudí, zda je podle daného kritéria varianta lepší či horší.

2. Určení ideální varianty H s ohodnocením (h_1, \dots, h_n) a bazální varianty D s ohodnocením (d_1, \dots, d_n)
3. Sestavení normalizované kritériální matice R , jejíž prvky se vypočítají pomocí tohoto vztahu:

$$r_{ij} = \frac{y_{ij} - d_j}{h_j - d_j}; r_{ij} \in \{0; 1\} \quad (2.18)$$

4. Výpočet agregované funkce pro každou variantu zvlášť:

$$u(a_i) = \sum_{j=1}^n v_j r_{ij} \quad (2.19)$$

5. Sestupné seřazení variant podle hodnot $u(a_i)$ a následný výběr s nejvyššími užitkovými hodnotami.

3 Teoretická východiska

3.1 Udržitelná výstavba budov a její uplatnění

Vývoj staveb se v posledních letech zaměřuje na snižování energetické náročnosti staveb, efektivnější využívání zdrojů surovin a na omezování množství škodlivých emisí a odpadů.

Výstavba a provoz budov se řadí mezi hlavní spotřebitele materiálových a energetických zdrojů a velkou měrou přispívají ke znečišťování životního prostředí. Proto je nutné k návrhu, výstavbě a provozu budovy přistupovat tak, aby splňovala funkční, ekonomické, environmentální, sociální a kulturní požadavky.

Z těchto požadavků jsou sestaveny tři základní pilíře trvale udržitelného rozvoje a z nich vyplývají základní kritéria udržitelné výstavby. Tradiční přístup při navrhování staveb vychází ze tří základních požadavků – kvality konstrukčního řešení, nákladů a času potřebného na realizaci stavby. Nové pojetí konstrukce staveb je komplexnější a zahrnuje soubory a kritéria, rozdělené do těchto pilířů:

- Kvalita životního prostředí
- Ekonomická efektivita a omezení
- Sociální a kulturní souvislost

S ohledem na zvolené téma diplomové práce se podrobněji zaměřím pouze na environmentální aspekty, jelikož podrobný popis dalších aspektů by překračoval rámec této práce.

3.1.1 Environmentální aspekty

Hlavními environmentálními aspekty pro udržitelnou výstavbu staveb jsou energie, materiály, emise a odpady, voda a půda [Hájek, 2007] (online).

- Opatření na úsporu energie

Cílem je, co nejvíce snížit energetickou závislost budovy, zvýšením energetické účinnosti budovy a to jak při výstavbě, tak provozu.

- Výrobní a provozní (nízkoenergetická řešení, orientace na světové strany, pasivní domy)
- Využívání obnovitelných zdrojů energie (sluneční, větrná, geotermální)
- Inteligentní řízení energetických systémů budov

- Materiály

Cílem je, efektivněji využívat materiálové zdroje [Hájek, 2007] (online).

- šetření neobnovitelných zdrojů materiálů
- regulované využívání obnovitelných zdrojů (například dřevo)
- orientace na konstrukce s dlouhou životností
- recyklace stavebních materiálů
- využívání recyklovaných materiálů i z oblastí mimo stavebnictví (stavební, průmyslový a komunální odpad)

- Emise/odpady

Cílem je snížení množství emisí a odpadů spojené s výstavbou a provozem budovy.

- snižování emisí (CO₂, SO₂, NO_x, HCFC aj.) svázaných s vlastní výstavbou a provozováním budov
- snižování množství nerecyklovatelných odpadů
- snižování emisí vytvářením podmínek pro omezení pravidelné individuální dopravy autem

- Voda

Cílem je, snížit spotřebu kvalitní vody.

- snižování spotřeby pitné vody
- využívání dešťové vody pro provoz budov

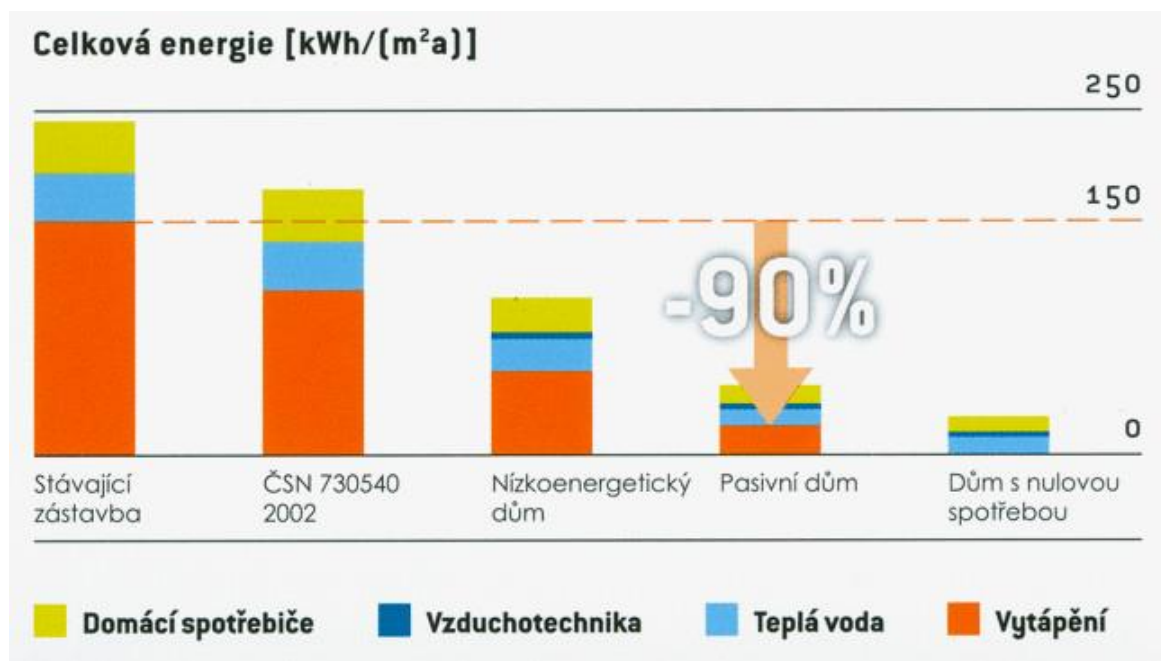
3.2 Problematika energeticky efektivních budov

Energeticky efektivní budovy (dále jen EED) jsou charakterizovány jako stavby, které potřebují pro svůj provoz jen zlomek energie, který zajišťuje komfort obyvatel a funkčnost samotného objektu, oproti domům, které odpovídají závazným požadavkům stavebně - energetických předpisů z 21. století. Princip EED vychází ze dvou základních myšlenek, a to dosažení minimální tepelné propustnosti objektu a efektivním využitím odpadního vzduchu, který z budovy uniká. Tepelně-technické kvality obvodového pláště je nutné vylepšit natolik, že tepelné úniky z objektu jsou tak malé, že nahradit tepelné ztráty zvládne i malé množství tepla dodané teplovzdušným nebo nízkoteplotním vytápěním.

Energeticky úsporný objekt je tedy perfektně zateplen, a proto není nutné instalovat tradiční systémy pro vytápění. Ušetřené investiční náklady lze využít na zlepšení parametrů obvodového pláště, nebo na instalaci moderních systémů. Výstavbou EED lze ušetřit velké množství nákladů spojených s vytápěním, a to až o 40% při výstavbě nízkoenergetického domu a až o 80% v případě domu energeticky pasivního, oproti běžným domům vystavěným v 90. letech.

Energetickou efektivností rozumíme jak minimalizaci nákladů na vytápění a přípravu TUV, tak i minimalizaci spotřeby tzv. primární energie, což je energie, která je potřebná na osvětlení, domácí spotřebiče a provoz technologických zařízení objektu. Podle množství spotřebované energie hovoříme o běžných, nízkoenergetických, pasivních a nulových domech. V grafu na obrázku č.4 je uvedeno porovnání jednotlivých typů domů podle celkové potřeby energie na provoz domácích spotřebičů a vzduchotechniky, přípravu TUV a na vytápění. Dále je v tabulce č.3 uvedeno základní rozdělení budov podle potřeby tepla na vytápění.

Obrázek 2: Rozdělení staveb podle spotřeby energie



Zdroj:[www.pasivni-stavby.com, 2009][Online]

Tabulka 2: Rozdělení staveb podle spotřeby tepla na vytápění

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění
starší budovy	často dvojnásobek hodnot pro obvyklé novostavby a více
obvyklá novostavba	80-140 kWh/(m²a)
nízkoenergetický dům	≤ 50 kWh/(m²a)
pasivní dům	≤ 15 kWh/(m²a)
nulový dům	< 5 kWh/(m²a)

Zdroj: [Tywoniak, 2005]

3.2.1 Nízkoenergetické domy

Pro nízkoenergetické domy (dále jen NED) je charakteristická nízká potřeba tepla na vytápění. Té je dosahováno především optimalizovaným řešením stavby obálky samotné budovy. Nízkoenergetický dům je v České republice definován podle normy ČSN 73

0540, která se zabývá tepelnou ochranou budov. Tyto domy mají o třetinu až polovinu menší spotřebu tepla oproti obvyklým stavbám. Nejdůležitějším znakem NED je, že roční měrná potřeba tepla na vytápění nesmí přesáhnout $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ za používání velmi účinné otopné soustavy. Toto kritérium se vztahuje na všechny tvary budov. Při výhodném kompaktním tvaru bude snadněji splnitelné než při tvaru velmi členitém. S ohledem na další vývoj techniky lze očekávat další snižování potřeby tepla na vytápění. Podstatné znaky NED jsou kvalitní tepelně-izolační obálka s kvalitním zasklením, efektivní řešení tepelných mostů a regulace tepla, kde dochází k tepelným ziskům pomocí rekuperace tepla řízeným větráním [Tywoniak, 2005].

3.2.2 Pasivní energetické domy

Do kategorie pasivních energetických domů (dále jen PED) řadíme domy, které nepřekročí měrnou potřebu tepla na vytápění o $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ za rok. Toto kritérium není však jediným požadavkem na PED, mezi další patří celková neprůvzdušnost obvodového pláště budovy musí být hodnota $n_{50} 0,6 \text{ h}^{-1}$ a zároveň nesmí celkové množství primární energie na provoz budovy (vytápění, elektrická energie a ohřev teplé vody pro osvětlení a spotřebiče) překročit hodnotu $120 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$. Dává se zde přednost omezení tepelných ztrát před tepelnými zisky.

„Mimořádně nízkou energetickou potřebu budovy lze krýt bez použití obvyklé otopné soustavy, pouze se systémem nuceného větrání, který obsahuje účinné zpětné získávání tepla z odváděného vzduchu a malé zařízení pro dohřev vzduchu v období velmi nízkých venkovních teplot. Aby to bylo možné, obvykle se uvádí jako doplňkový požadavek limit výpočtové tepelné ztráty (správněji: měrného tepelného příkonu) ve výši $10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$.“

[Tywoniak, 2005]

V tabulce č.4. jsou uvedeny základní parametry pasivního domu, pro evropské podmínky

Tabulka 3: Základní vlastnosti pasivního domu

Veličina	Jednotka	Požadavek
základní vlastnosti		
měrná potřeba tepla na vytápění	kWh/(m ² a)	≤15
celková potřeba primární energie	kWh/(m ² a)	≤120
celková neprůvzdušnost n ₅₀	h ⁻¹	≤0,6
certifikace		
1. výpočet součinitele prostupu tepla	W/(m ² K)	≤0,15
2. kontrola projektové dokumentace: konstrukce bez tepelných mostů a relativně vzduchotěsná		
3. měření celkové průvzdušnosti n ₅₀	h ⁻¹	≤0,6
4. výpočet potřeby tepla na vytápění	kWh/(m ² a)	≤15
5. výpočet měrného příkonu tepla	W/m ²	≤10
6. kontrola projektové dokumentace: zajištění pohody prostředí větráním		
7. výpočet zajištění pohody prostředí v letním období		
8. hodnocení efektivity přípravy teplé vody		
9. výpočet roční energetické účinnosti zásobování teplem		
10. výpočet celkové potřeby primární energie	kWh/(m ² a)	≤120

Zdroj: [Tywoniak, 2005]

3.2.3 Nulové domy

Další variantou těchto domů s nízkou energií jsou domy s „nulovou spotřebou energie“ (dále jen END) nebo se jejich potřeba tepla blíží téměř nule tzn. menší než 5 kWh/(m²a). Realizace takové stavby je možná za velmi vhodných podmínek a zároveň vysoké investice do technického zařízení, proto se tento typ objektu vyskytuje mnohem méně než EPD. Hlavním cílem je dosáhnout neutrálního výsledku bilance energie a emisí za rok. Na rozdíl od pasivních domů, kde se využívá zejména tepelná izolace a systém nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu je u END využíváno

na produkci vlastní elektřiny z obnovitelných zdrojů např.: fotovoltaickým systémem, malou větrnou turbínou, solárními kolektory. Dále je nutné rozlišovat dům s nulovou spotřebou energie na vytápění. [Nagy, 2009]

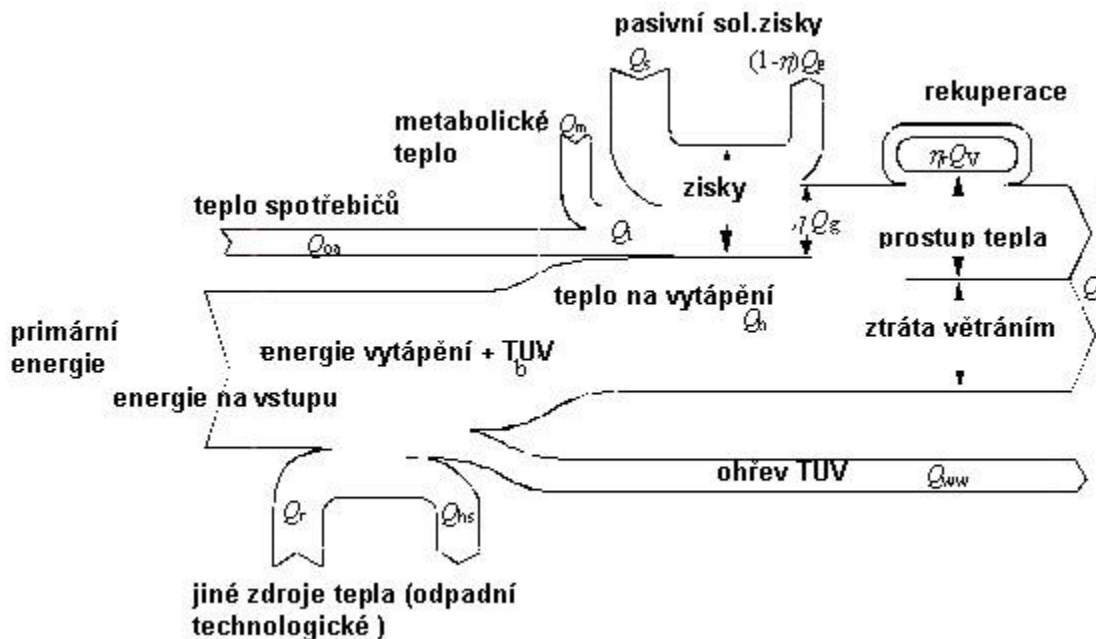
3.3 Energetická bilance budov

Základním nástrojem pro plánování energetické soběstačnosti je energetická bilance, která nám ukazuje základní souvislosti energetických jevů v budově. Bilance zahrnuje jak tepelné ztráty spojené s prostupem tepla a výměnou vzduchu, tak tepelné zisky, které jsou produkovány slunečním zářením pronikajícím skleněnými konstrukcemi, metabolickým teplem osob, domácími spotřebiči a osvětlením. Je nutné podotknout, že samotná energetická bilance neslouží k návrhu jednotlivých technologických systémů, ale pro kvalifikované stanovení energetických potřeb. Technické systémy musí být dimenzovány s dostatečnou rezervou pro pokrytí potřebného špičkového výkonu[www.ekowatt.cz, 2008].

Nejprve je třeba sečíst energetické ztráty v objektu a zvážit, zda je možné tyto ztráty snížit s ohledem na výši investice. Dále je třeba určit tepelné zisky a míru jejich skutečného využití. Rozdíl mezi tepelnými zisky a tepelnými ztrátami je třeba krýt z vhodně zvoleného zdroje, kde je třeba zvážit aspekty, jako jsou způsob provozu, požadavky na komfort, spolehlivost, technická a další omezení. Jednotlivé zdroje se liší jak investičními, tak provozními náklady.

Pro představu jednotlivých energetických toků v budovách je na obrázku č.5 uvedeno základní energetické schéma budovy podle ČSN EN ISO 13970.

Obrázek 3: Energetické schéma budovy



Zdroj:[Ekowatt, 2014] [Online]

Při návrhu nízkoenergetického domu si je třeba uvědomit, jaké faktory ovlivňují energetickou spotřebu:

- Orientace prosklených ploch na jih
- Tvar budovy (čím jednodušší a méně členitý, tím lepší)
- Kvalitní izolace obvodového pláště
- Eliminace přehřívání místností v létě a snížení tepelné ztráty v nočních hodinách pomocí rolet nebo žaluzií
- Technologie na přípravu TUV a vytápění
 - Solární kolektory
 - Tepelná čerpadla

3.3.1 Tepelné ztráty

Cílem jakéhokoliv EED je co největší snížení tepelných ztrát. Tepelné ztráty v objektu lze dělit na [www.ekowatt.cz, 2008] [Online]:

- Tepelné ztráty obvodovou konstrukcí
 - Ztráty prostupem stěnami
 - Ztráty prostupem střechou
 - Ztráty prostupem podlahou
 - Ztráty okny a prosklením
- Tepelné ztráty větráním
- Teplo potřebné pro ohřev TUV

3.3.1.1 Tepelné ztráty obvodovou konstrukcí

Obvodové stěny tvoří zpravidla největší plochu obálky budovy a uniká jimi nejvíce tepla. Zateplení obvodového pláště lze rozdělit na zateplení vnější a vnitřní. Každý druh zateplení má své výhody a nevýhody, ale při pohledu za hranice (například k Inuitům) je patrné, že se izolují vždy vnitřní stěny, aby nedošlo k tzv. „jeskyňovému efektu“ a kondenzaci par na přechodu izolace- stěna, která má za následek tvoření plísní [www.ekowatt.cz, 2008] [Online].

a) Vnější zateplení (výhody a nevýhody)

- Zdivo není tolik namáháno výkyvy teplot a povětrnostními podmínkami
- Zvýšení akumulární schopnosti domu
- Snazší eliminace tepelných mostů v konstrukci
- Budova získá novou fasádu
- Potřeba lešení
- Drahá instalace
- Izolaci je potřeba provádět naráz v celém objektu

b) Vnitřní zateplení (výhody a nevýhody)

- Možnost zachovat původní fasádu
- Možnost izolovat jen jednu místnost
- Snadný přístup, bez lešení
- Instalace nezávislá na počasí
- Riziko kondenzace vlhkosti ve stěnách domu
- Možnost promrzání vnějšího zdiva
- Snížení akumulční schopnosti zdiva
- Zmenšení plochy místnosti

Hlavním kritériem pro určení správné tloušťky izolace by mělo být dosažení hodnot prostupu tepla, doporučených normou. Tloušťka izolační vrstvy záleží na druhu zdiva, obecně však u dobrých projektů přesahuje 15 centimetrů.

3.3.1.2 Tepelné ztráty okny a prosklením

Okna jsou nedílnou součástí objektu. Je-li prosklená plocha velká z důvodu solárních zisků, je nutné, aby bylo prosklení kvalitní a aby ztráty nebyly vyšší než tepelné zisky. V současné době se vyrábějí okna s různými typy dvojskel, kde mezera mezi skly je vyplněna inertními plyny, jako je argon, nebo krypton. Další důležitá vlastnost oken je, aby vnitřní sklo bylo opatřeno pokovením, které odráží teplo zpátky o místnosti. Další problémy vznikají při osazování oken, která mohou být zdrojem tepelných mostů, které jsou zdrojem dalších tepelných ztrát objektu.

3.3.2 Tepelné ztráty větráním

Pro nastavení tepelné pohody člověka a udržení správného mikroklima budovy je nutné v každém objektu, kde se zdržují lidé větrat. Podle hygienických předpisů je minimální hodnota množství větracího vzduchu $N = 0,5h^{-1}$, což znamená, že každé dvě

hodiny by měl být všechnen vzduch vyměněn. Podle toho, jestli jsou hnací silou pro pohyb vzduchu pro větrání síly vztakové, nebo ventilátor, rozdělujeme větrání na přirozené a nucené. Při přirozeném větrání, které probíhá pronikáním vzduchu netěsnostmi v obvodové konstrukci, netěsnostmi v okolí okenních rámců a větráním pomocí otevřených oken, je veškeré naakumulované teplo z místnosti bez užitku odvedeno. Aby bylo toto tzv. odpadní teplo a jeho energie využity, instalují do objektů různé větrací a vytápěcí nebo kombinované systémy, které umožňují zpětné získávání tepla z odpadního vzduchu. Systémů pro větrání obytných prostor existuje mnoho a liší se jak investiční, tak provozní náročností. Mají však také vliv na rozdílnou kvalitu vnitřního prostředí. Při využití jakéhokoliv systému by měly být dodrženy určité podmínky[Rubinovi, 2004].

- Větrání musí splňovat hygienicky platné podmínky ČR.
- Větrací zařízení musí zajistit přívod dostatečného množství čerstvého vzduchu do prostoru bytu a v souladu s odvodem vzduchu musí zajistit hygienicky nezávadný stav vzduchu v prostorách bytu.
- Sání čerstvého vzduchu je nutno situovat do obytných místností, z nichž vzduch proudí k odvodním prvkům umístěným v koupelně, WC, kuchyni. Z toho důvodu musí být hygienické místnosti v mírném podtlaku oproti obytným místnostem.
- U centrálních zařízení je vhodná regulovatelnost vzduchového výkonu 0/50/100%.
- Vhodná je automatická regulace, která zajistí regulaci vzduchového výkonu podle kvality vzduchu, vlhkosti nebo alespoň podle časového programu.
- Přívod vzduchu nesmí uživatelům způsobovat pocit průvanu a nesmí dovést pronikání prachu a hluku z vnějšího prostředí.
- Výfuk odpadního vzduchu musí být proveden tak, aby neobtěžoval okolí, nejlépe nad střechou budovy. Pokud je výfuk na fasádě, nesmí být otvor umístěn pod okny bytů nebo v jejich bezprostřední blízkosti.
- Nasávací a výfukové otvory musí být opatřeny koncovými prvky, které zabrání vnikání deště, ptáků, hmyzu apod. do potrubí.

- Větrací zařízení nesmí být nadměrným zdrojem hluku do vnitřního ani venkovního prostředí.
- Koncové prvky v interiéru (ventilátory, vyústky) musí být snadno čistitelné a pokud možno by mělo být čistitelné i potrubí, aby umožňovalo snadnou údržbu.

3.4 Mikroklíma budov

Jedním ze základních uživatelských parametrů každé stavby určené pro dlouhodobý pobyt lidí, ať už se jedná o prostředí pracovní nebo obytné, je kvalita vnitřního mikroklimatu definovaná jako tepelná, světelná, akustická pohoda. Jedná se o několik složek vnitřního prostředí budov, které jsou popsány vybranými fyzikálními a chemickými veličinami, jejichž udržení v definovaných mezích je podmínkou funkčnosti budov a vytvoření zdravého prostředí pro člověka.

Pokud se některé parametry ocitnou mimo vyhovující meze, hovoří se o syndromu nemocných budov. Uživatelé takových budov pocítují příznaky podobné nachlazení, týká se zejména nových objektů.

Větrání a klimatizace se významně podílí na tvorbě vnitřního prostředí, a to jak kladným, tak i záporným způsobem [Gebauer, Rubinová, Horká, 2007].

3.4.1 Faktory ovlivňující mikroklíma budov

a) Tepelně – vlhkostní faktor

- Primárním faktorem ovlivňujícím tepelně – vlhkostní mikroklíma v budovách jsou venkovní klimatické podmínky, které se více či méně, v závislosti na stavebním řešení plášťových a vnitřních konstrukcí budovy, projevují ve vnitřním prostoru. Význam tepelně-technických vlastností konstrukcí obvodového pláště je značný, dominantní vliv má prosklení. Dalším faktorem jsou vnitřní zdroje tepla a vodní páry. Parametry tepelně – vlhkostní složky prostředí podléhají změnám a kolísání v denním i ročním cyklu. Vzduchotechnické systémy, zejména

klimatizace nebo teplovzdušné vytápění, slouží ke zmírnění těchto vlivů a nastavení konstantních parametrů prostředí v optimálních hodnotách. Základní parametry tepelně-vlhkostního mikroklimatu tvoří čtyři veličiny: teplota a vlhkost vzduchu, povrchová teplota stěn a proudění vzduchu. Tyto veličiny se podílejí na vytváření tepelné rovnováhy [Gebauer, Rubinová, Horká, 2007].

b) Odérové mikroklima

- Odérové látky jsou plynné látky v ovzduší vnímané jako pachy. Jsou anorganického nebo organického původu a jsou většinou produkovány člověkem nebo jeho činností, popřípadě uvolňované ze stavebních konstrukcí nebo vybavení budov. Obsah odérových látek určuje kvalitu vzduchu. Jako měřítko kvality vzduchu se v prostorech, kde jsou zdrojem odérových látek lidé, nejčastěji používá koncentrace CO₂.

c) Toxické mikroklima

- Toxické plyny mohou být organické i anorganické, vstupují do interiéru budov jednak z venkovního prostředí, jednak vznikají přímo uvnitř budov v důsledku činnosti člověka i uvolňování ze stavebních materiálů a vybavení budovy. I odérové látky mohou být toxické a mohou být zcela bez zápachu.

d) Aerosolové mikroklima

- Aerosolové mikroklima vytváří pevný a kapalný aerosol v interiéru budovy. Pevný aerosol se označuje běžně jako prach, je organického nebo anorganického původu. Prach organického původu působí často jako alergen (roztoci, pyly). Zdrojů prachu ve venkovním prostředí je mnoho a největší koncentrace je v úrovni 1,0 – 3,5m výšky fasády, kam je aerosol dopravován pohybem aut a teplem výfukových plynů. Tyto výšky tedy nejsou vhodné pro umístění otvorů pro sání vzduchu. V interiérech vzniká pevný aerosol působením člověka, např. při regeneraci kůže [Gebauer, Rubinová, Horká, 2007].

e) Mikrobiální mikroklima

- Nevyhovující mikrobiální klima je jedním z typických znaků syndromu nemocných budov. Osoby pobývající v moderních, lehkých, klimatizovaných budovách vykazují statisticky až dvojnásobně vyšší četnost onemocnění přenášených vzduchem. Tyto zkušenosti se objevují zejména tam, kde se používají rozsáhlé vzduchotechnické soustavy s vysokým podílem oběhového vzduchu [Gebauer, Rubinová, Horká, 2007]

f) Akustické mikroklima

- Člověk sluchem nerozlišuje pouze intenzitu zvuku, ale také jeho výšku danou frekvencí. Hluk je definován jako zvuk, který působí rušivě či škodlivě zejména na člověka. Je průvodním jevem aktivit člověka, technologických procesů a v podstatě všech technických zařízení. Největšími zdroji hluku a chvění jsou technologické procesy a vzduchotechnika. Zdroji hluku ve VZT jsou jednak motory strojů (ventilátory, zvlhčovače atd.) a také tu vzniká aerodynamický hluk způsobený prouděním vzduchu (vzduchovody, koncové prvky) [Gebauer, Rubinová, Horká, 2007].

Cílem účinného vytápění je nastavit teplotu v objektu tak, aby byla zajištěna tepelná pohoda personálu na pracovišti. V našich klimatických podmínkách je považována teplota 18 až 22°C za optimální teplotu v prostorách, kde člověk vykonává nenáročnou fyzickou práci. Při vytápění musí být uvažována také relativní vlhkost vzduchu, jejíž optimální hodnota se nachází mezi 40-60%. Při vysoké vlhkosti hrozí výskyt plísní a naproti tomu malá vlhkost vzduchu má za následek zvyšující se prašnost prostředí a vysoušení sliznic dýchacích cest.

Hygienické minimum vlhkosti vzduchu je 30% při 20 °C, přičemž tento jev nastává v chladných zimních dnech jako důsledek nízkého parciálního tlaku vodních par ve vnějším vzduchu. Naopak v letních dnech může relativní vlhkost vzduchu dosáhnout až 80%, což se děje při vysokých teplotách vnějšího vzduchu po dešti. Z tohoto důvodu se v budovách instalují VZT jednotky, které nejen že zajišťují vzduchovou výměnu tak, aby

byly dodrženy hygienické normy, ale také výrazným způsobem napomáhají ovlivňovat tepelně vlhkostní složku vnitřního prostředí [Gebauer, Rubinová, Horká, 2007].

3.4.2 Souhrn opatření k optimalizaci všech složek prostředí

Jednotlivé složky prostředí lze více či méně ovlivňovat a upravovat stavebními opatřeními, od volby místa, orientace budovy ke světovým stranám, až k výběru stavebních materiálů. Další možnosti skýtají zařízení techniky prostředí, zejména větrání a klimatizace.

Jednotlivé možnosti k optimalizaci složek prostředí [Gebauer, Rubinová, Horká, 2007]:

- Omezení zdroje, které bývá zpravidla nejúčinnější a z dlouhodobého hlediska ekonomicky často nejvýhodnější, avšak toto opatření nelze aplikovat vždy a úplně. Znamená to např. v případě tepelného prostředí vytvořit bariéru pro tok tepla do vnitřního prostoru, u toxické složky prostředí používat nízkoemisní materiály atd.
- Zásah do prostředí, který spočívá v instalaci zařízení vytápění a klimatizace, která v případě tepelného mikroklimatu vyrovnávají tepelnou bilanci vnitřního prostoru. V případě mikroklimatu aerosolového, toxického nebo mikrobiálního je základním prostředkem větrání.
- Zásah na subjektu – pro uživatele je nejjednodušší, ale nejméně komfortní způsob přizpůsobení se prostředí, spočívá např. v případě tepelného mikroklimatu ve změně tepelně-izolačních vlastností oděvu.

3.5 Technické zařízení budov (TZB)

Technické soustavy zajišťují v budovách jak kvalitu vnitřního prostředí, tak musí uspokojit hygienické normy a požadavky samotných uživatelů. Do technických zařízení budov jsou řazeny zdroje energie umístěné v budově, soustavy rozvodu a sdílení energie a látek od klimatizačních soustav, zahrnujících soustavy pro vytápění, chlazení, úpravu

vlhkosti a větrání až po soustavy přípravy teplé užitkové vody a osvětlení. V této kapitole bude uveden i stručný přehled obnovitelných zdrojů energie, které by mohly být použity při návrhu energeticky úsporného domu. Při instalaci samotného obnovitelného zdroje nebo jejich kombinace je nutné posoudit jak moc vhodné a také výhodné toto řešení je a jestli se vůbec investice do takového systému vyplatí.

Před návrhem samotných technických zařízení je ovšem nutné mít optimálně navržené architektonické a stavební opatření. Při návrhu TZB je nutné zvážit všechny faktory, jako jsou pořizovací cena, provozní náklady, výkon, náročnost údržby a ovládání. S umístěním jednotlivých TZB je nutné počítat při návrhu stavebního řešení a tím se vyhnout nákladům spojených s dodatečnými úpravami prostor. Skladba celé technické soustavy se pro každý projekt liší, a to s ohledem na typ stavby, počet obyvatel, kteří objekt budou využívat a také okolním prostředím. Jelikož největší spotřeba energie padá na kompenzaci tepelných ztrát v objektu, bude se tato kapitola zabývat technickými systémy, které tento faktor nejvíce ovlivňují, podrobněji.

3.5.1 Zdroje energie

Mezi zdroje energie jsou řazena [CIHLÁŘ, 2007]: biomasa, pod kterou si lze představit kusové dřevo, dřevní odpad (kůra), štěpku, piliny slámu, tuhé části rostlin, která jsou pěstována za účelem spalování, bioplyn dále pak tepelná čerpadla malých výkonů, sluneční energie, kde se využívají solární kolektory či fotovoltaické články, větrná, vodní a geotermální energie. Pro nízkoenergetickou koncepci byly vybrány ze zdrojů energie fotovoltaické a solární systémy, které jsou níže podrobněji rozepsány.

V posledních letech začaly nabývat na významu obnovitelné zdroje energie. Pořizovací cena technologií, jako jsou fotovoltaické panely a solární kolektory se výrazně snížila, a tudíž se stala dostupnější a návratnost investice do těchto systémů se razantně zvýšila. S trendem stoupajících cen elektrické energie nabývají na významu tyto obnovitelné zdroje, avšak je nutné brát v potaz, že tyto nestabilní zdroje nedokážou

pokryt veškerou spotřebu a uskladnění energie. Vyrobit energii z těchto zdrojů je velmi nákladné a životnost akumulátorů oproti životnosti fotovoltaického systému je třetinová.

3.5.1.1 Fotovoltaické systémy

Fotovoltaika je technologie pro přímou přeměnu slunečního záření na elektřinu. Jedná se o jediný zdroj elektřiny bez pohyblivých součástí. Fotovoltaika je považována za trvale udržitelnou technologii a to ze dvou důvodů. Využívá nejdostupnější obnovitelný zdroj na Zemi a energie, která byla vložena do výroby fotovoltaických panelů a dalších komponent fotovoltaické elektrárny se v podmínkách ČR vrátí zhruba za 2 roky, přičemž očekávaná životnost panelů je 30 let [www.tzb-info].

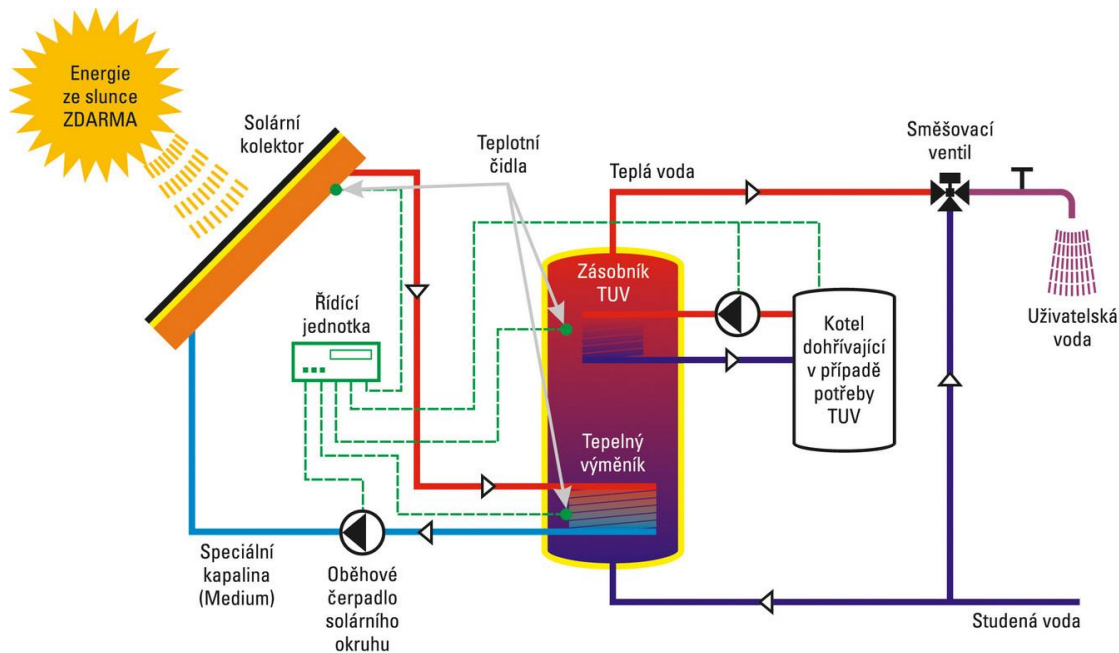
Od 70. let minulého století probíhá bouřlivý vývoj, v jehož průběhu roste účinnost, klesá cena a zvyšuje se životnost fotovoltaických článků a panelů. Hlavní výhodou fotovoltaiky je, že nepotřebuje palivo. Fotovoltaická elektrárna proto může fungovat dlouhou dobu bez obsluhy. Fotovoltaika je přitom jediným zdrojem elektřiny, který neobsahuje pohyblivé součásti. To přispívá k nízké poruchovosti, což opět snižuje náročnost na obsluhu. Další výhodou fotovoltaiky oproti jiným technologiím výroby elektřiny je snadná škálovatelnost. Na jedné straně jsou v praxi běžně používány fotovoltaické články o výkonu zlomků wattů, například v kalkulačkách. Na druhé straně existují fotovoltaické elektrárny o výkonech ve stovkách megawattů. I největší fotovoltaické elektrárny jsou však složeny z jednotlivých panelů o jmenovitém výkonu kolem 200 W. Ze stejných panelů jsou přitom složeny i malé fotovoltaické systémy na střeších budov[www.tzb-info].

S vývojem technologií a rozšiřováním celosvětového instalovaného výkonu se cena fotovoltaických panelů snižovala. Pro urychlení vývoje byly zavedeny různé formy investiční a provozní podpory. V kombinaci poklesu cen fotovoltaických panelů a státem řízené podpory se fotovoltaika stala nejlevnějším zdrojem elektřiny. V ČR byly veškeré dotace zrušeny a to pro všechny nové instalace a růst instalovaného výkonu fotovoltaických elektráren se téměř zastavil. Začalo se však rozvíjet využití fotovoltaiky pro ohřev teplé vody [www.oze.tzb-info.cz/fotovoltaika].

3.5.1.2 Solární kolektory

Jelikož energie na ohřev teplé užitkové vody (TUV) tvoří velkou část spotřeby elektrické energie, lze pokrýt část spotřeby pomocí solárních kolektorů. Technologie je určena přímo pro ohřev vody. Princip solárního kolektoru je patrný z obrázku č.6.

Obrázek 4: Ohřev TUV pomocí solárního kolektoru



Zdroj: [Faktorsolar] [Online]

Solární kolektor funguje na principu ohřevu teplotnosného média, který předává absorbovanou energii v tepelném výměníku. Solární systém dále obsahu další prvky jako jsou oběhové čerpadlo, automatická regulace a expanzní nádoba. K přenosu tepla je využíváno nemrznoucí kapaliny na bázi propylenglykolu. V tepelném výměníku je naakumulovaná energie předávána ohřívané užitkové vodě. Oběh teplotnosné kapaliny zajišťuje tepelné čerpadlo. Expanzní nádoba vyrovnává změny objemu kapaliny při různých teplotách. Automatická regulace řídí celý systém pomocí údajů z čidel, která se nachází v různých částech systému.

Při návrhu solárního kolektoru je třeba brát v úvahu jak orientaci kolektoru na světovou stranu, tak také ideální natočení systému s ohledem na dosažení maximální

účinnosti. V ideálním případě je nutné mít systém orientovaný na jih nebo jihozápad a natočení systému v horizontální poloze o 60°.

Dále je nutné brát v úvahu, že nejvíce TUV je potřeba v zimních měsících, kdy intenzita a doba slunečního svitu není dostatečná, zatímco v letních měsících je nutné kolektor vypnout, jelikož množství vody, které je ohřáté, je téměř nespotřebovatelné.

Jak již bylo zmíněno, velká výhoda se naskytuje v pořízení fotovoltaického ohřevu vody, kdy solární panel může buď poskytovat energii pro domácnost, nebo v případě menšího odběru, může systém ohřívat vodu přímo v bojleru.

3.5.2 Zdroje tepla

Zdroje tepla v budovách se využívají k vytápění, přípravě teplé vody nebo k ohřevu větracího vzduchu. Při návrhu se v poslední době hojně využívají zdroje tepla, které minimalizují spotřebu primární energie. Toho dosahují zdroje využívající obnovitelné zdroje energie. V případě využití primární energie jako jediného zdroje tepla je nutné tuto energii maximálně využít ve zdroji s vysokou účinností.

Systém pro vytápění musí být navržen tak, aby byla zajištěna tepelná pohoda obyvatel za jakéhokoli počasí. Pro ČR se uvádí tři oblasti s výpočtovými teplotami -12, -15, a -18°C. Pro místa s nadmořskou výškou vyšší než 400, respektive 600 nebo 800 metrů se snižuje výpočtová teplota o 3°C. V dobře navrženém nízkoenergetickém domě jsou důležité tepelné zisky, jelikož samotná tepelná ztráta dosahuje minimálních hodnot. I přes minimální ztráty v objektu je nutné, aby měl objekt navržen vhodný otopný systém, který dokáže pružně pokrývat potřeby uživatelů objektu.

Při optimální volbě zdroje pro nízkoenergetické domy je podle serveru TZB-info nutno uvažovat o aspektech a souvislostech, jako jsou:

- řízené větrání a rekuperace tepla
- médium, kterým budeme vytápět: elektřina, voda, vzduch
- zdroj tepla (přímé elektrické vytápění, elektrokotel, tepelné čerpadlo, plyn, biomasa, solár)
- termický solární systém

- hydraulické poměry v otopné soustavě
- tepelné zisky a případné chlazení
- příprava teplé vody
- návazně možnosti regulace

Podle autora je nutné uvažovat o souvislostech mezi součástmi TZB a možnostech jejich spolupráce. Izolované řešení profesí vede nejčastěji k investičním vícenákladům a paradoxně někdy i ke snížení komfortu bydlení.

Při volbě samotného zdroje tepla pro nízkoenergetické je nutné zvolit médium, kterým bude dům vytápěn. Nejjednodušší řešení se jeví ve využití elektrické energie. Ovšem využití elektrické energie v sobě skrývá nevýhodu v ceně a její stoupající tendenci. V současnosti lze ovšem využít různé tarify, kdy lze levnou elektřinu dostat i pro domácnost. Výhodou tohoto zdroje je snadná dostupnost a při návrhu se uživatel může rozhodnout, jestli využije možnost přímotopných konvertorů, akumulčních kamen, topných kabelů a rohoží, nebo využije teplovodního vytápění pomocí elektrokotle. Při použití rohoží a kabelů bude ovšem uzavřena možnost změny zdroje do budoucna.

Voda se jeví jako vhodné médium pro vytápění. Vyžaduje ovšem otopnou soustavu a je nutné objekt na zóny podle tepelných zisků a zisků z prosklených ploch a případně zónu doplnit o nízko teplotní radiátor.

Pro nízkoenergetické domy se s výhodou využívá teplovzdušné vytápění s rekuperací, kde je s vytápěním řešen problém výměny vzduchu. K tomuto řešení musí být zajištěna vhodná dispozice objektu.

V nízkoenergetických domech se mohou využít následující varianty vytápění:

a) Elektrické kotle a přímotopné konvektory

Zde se jedná o nejlevnější řešení z hlediska investice a o nejsnadnější řešení z hlediska dostupnosti elektrické energie. Tyto zařízení se vyznačují vysokou účinností přeměny elektrické energie na teplo, automatické regulovatelnosti a čistoty bez spalin. Z ekologického hlediska je toto řešení nejméně vhodné a

nejméně perspektivní a snahou investorů je, minimalizovat jejich spotřebu. Elektrokotle se s výhodou využívají ve spojení s obnovitelnými zdroji energie, kde jako druhotný zdroj slouží pro pokrytí potřeby při nízkých venkovních teplotách. Další nevýhodou elektrokotlů je, že nebývá k dispozici kotel tak malých výkonů a zařízení je využíváno jen z části. Topení pomocí konvertorů v sobě neskrývá žádný komfort, jelikož se na nich rozkládá vzduch a přepaluje prach.

b) Plynový kotel

Plynové kotle jsou pro nízkoenergetické domy velmi problematické. Vyrábí se jako kotle klasické nebo kondenzační. Dále se kotle rozdělují podle toho, odkud odebírají vzduch na kotle typu B, využívající vzduch z místnosti a kotle typu C, které odebírají vzduch pro spalování z venkovních prostor. Komplikací u těchto kotlů může být fakt, že je k objektu nutné zavést plynovou přípojku. Větší problém nastává v tom, že minimální výkon regulovaného kotle je vyšší, než tepelná ztráta, což má za následek provoz kotle ve stavu startu, což snižuje jeho účinnost oproti chodu ve stavu ustáleném. Řešením by bylo použít akumulční zásobník, ale toto řešení má také velké nevýhody jako například vysoké pořizovací náklady, nárok na místo, složitější soustava a regulace.

c) Krby a krbová kamna

Využití krbů a krbových kamen je v nízkoenergetických domech vhodné jako doplňkový zdroj tepla, teplovzdušný rozvod do místností, nebo teplovodní výměník s napojením na akumulční nádrž. Využívají se jako hlavní či druhotný zdroj tepla. Pro pasivní domy jsou krbová kamna nepoužitelná a to hned z několika důvodů. Krbová kamna vyžadují samostatný přívod i odvod vzduchu což je z technologického hlediska neřešitelný problém s narušením

obálky budovy. Dalším problémem je vyzařování takového množství tepla, že při dobrém zateplení se dům stane neobyvatelným.

I použití krbové vložky pro nízkoenergetické domy skýtá velké problémy. Představa topit v krbu po večerech a současně si nahřát akumulční nádrž pro vytápění a ohřev užitkové vody se zdá jako ideální. Většina interiérových kamen a krbových vložek má výkon okolo 10 kW, přičemž 50-70% tohoto výkonu přechází do místnosti, a zbytek je dodáván do nádrže. Kamna tudíž velmi snadno přehřejí místnost a to i přesto, že část vzduchu bude rozvedena pomocí vzduchotechniky do ostatních místností. Oproti tomu pro nahřání nádrže je nutná delší doba topení. Z toho vyplývá, že kamna budou provozována pouze krátkou dobu a teplo do nádrže se bude dodávat pomocí topné patrony.

d) Spalovací zařízení na biopaliva

Tyto zařízení jsou založeny na principu přímého spalování většinou tuhých paliv jako, jsou dřevěné brikety, kusové dřevo, peletky nebo štěpky, anebo v menší míře zastoupené spalování kapalných paliv jako je bioolej nebo bioláh. Pro zajištění účinného spalování tuhých biopaliv je nezbytné použít zplyňovací kotle s dvojstupňovým spalováním, kde je nejprve tuhé palivo zplyněno v topeništi a poté dojde ke spálení plynů ve spalovací komoře.

Pro tyto kotle platí stejné pravidlo, jako pro kotle plynové. Kotle jsou pro obvyklou velikost nízkoenergetického domu nepřiměřeně velké, a pro dům s nízkými tepelnými ztrátami zbytečně naddimenzované.

3.5.3 Příprava TUV

Potřeba teplé vody je na stavebních a tepelně technických vlastnostech domu nezávislá. Je třeba brát v úvahu hlavně vlastnosti a možnosti tepelného zdroje pro vytápění.

Zařízení a tepelné soustavy pro přípravu TUV musí podle (Tywoniak, 2012) zajistit teplou vodu v požadovaném množství o požadované teplotě a hygienické kvalitě s minimálními tepelnými ztrátami. Požadované parametry teplé vody jsou určeny vyhláškou č. 94/2007 sb. a pokyny pro navrhování jsou uvedeny v normách ČSN EN 806-2. Teplota vody by se měla pohybovat v rozmezí mezi 45 a 60°C, v odběrové špičce je možné krátkodobé snížení.

V nízkoenergetických domech tvoří velkou část z celkové tepelné bilance potřeba tepla na přípravu TUV. Pro dosažení nízké energetické náročnosti je nutné v maximální míře omezit tepelné ztráty zdroje pro přípravu teplé vody a rozvodů, využívat zpětné získávání tepla z odpadní vody pro předeřev přiváděné studené vody a obnovitelných zdrojů tepla pro její celoroční přípravu.

Pro přípravu TUV je podle zdroje uváděno několik pravidel, která by měla být dodržena s ohledem na energetickou bilanci domu. Vytápíme-li dům pouze pomocí elektrické energie, měl by mít objekt i solární kolektory o ploše cca 5 m² a zásobník TV fungující jako zdroj tepla pro vytápění. Má-li být objekt vybaven tepelným čerpadlem, musí toto čerpadlo také připravovat TV. S výhodami se u energeticky nenáročných staveb využívá akumulární nádrže, která umožňuje použití zařízení pro vytápění s vyšším výkonem, než je skutečně potřebné.

4 Dotace

4.1 *Novela zákona o ochraně ovzduší*

Novela zákona č.201/2012 Sb. O ochraně ovzduší vstoupila v platnost 1. září 2012. Základním cílem je naplnit závazky přijaté v rámci mezinárodní spolupráce v oblasti nízkoemisních zón a posílit ochranu ovzduší a lidského zdraví před emisemi vypouštěnými do ovzduší. Zákon by měl zamezit spalování odpadů a zakázaných paliv v nevyhovujících kotlích 1. a 2. emisní třídy. Díky tomu bude od 1. ledna 2017 povinností všech vlastníků těchto kotlů na základě požadavku obecního úřadu s rozšířenou působností předložit revizi kotle s označenou emisní třídou. Za nepředložení revize daného kotle hrozí pokuta ve výši až 20 000 Kč. Od 1. září 2022 bude pokuta činit až 50 000 Kč, pokud se při revizi prokáže, že je kotel nevyhovující a nesplňuje parametry alespoň pro 3. emisní třídu. Pokud bude zjištěno, že se v kotli spalují zakázaná paliva např. odpady či uhelné kaly, bude toto porušení sankcionováno stejnou výší. V současné době jsou povinné revize na plynové kotle, ale tato novela přináší změnu v tom, že budou povinné revize i pro kotle na tuhá paliva. Odhadovaný počet domácností v ČR, kterých se novela týká, je 650 000. Předpokládá se, že v současnosti používá přibližně půl milionu domácností kotle 1. nebo 2. emisní třídy podle ČSN EN 303-5 a pouze 150 000 domácností využívá kotle 3. emisní třídy či vyšší. [Stupavský, 2013] [Online]

4.2 *Kotlíková dotace*

Vzhledem k velkému znečištění ovzduší z malých spalovacích zdrojů na tuhá paliva používajících se v domácnostech po celé ČR, vytvořilo Ministerstvo životního prostředí v roce 2012 Společný program na podporu výměny kotlů tzv. „kotlíková dotace“. Úkolem programu je, snížení emisí vypouštěných do ovzduší z malých spalovacích zdrojů jak již bylo řečeno výše. Na dotace MŽP získalo od Evropské komise 9 miliard korun, které v programu přerozdělí jednotlivým krajům. Do roku 2020 je plánováno vyměnit alespoň 80 000 zastaralých kotlů na uhlí z celkového odhadovaného počtu 350 000 nevyhovujících kotlů.

Dotace na výměnu kotle, může dosáhnout až 85% z maximální výše 150 000 Kč, tzn. 127 500 Kč. Výše stanovené dotace se vypočítává dle typu kotle. Při výměně kotle na uhlí je to 70%, při výměně kombinovaného kotle (uhlí+biomasa) 75% a u kotle na biomasu 80%. Oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší mohou požádat o 5% navýšení této dotace.

Žadatel o dotaci musí splňovat určité spektrum podmínek. O dotaci může zažádat pouze fyzická osoba, vlastníci rodinný dům určený k bydlení, nikoli firma. Další podmínkou pro dosažení dotace je, že RD musí mít energetickou třídu C, pokud tomu tak není, může žadatel dostat 20 000 Kč z celkové částky 150 tisíc na tzv. mikro-energetické opatření, které slouží ke snížení energetické náročnosti budov (např.: izolace oken či zateplení půdy) [Zilvar, Stupavský, 2015].

4.3 Zelená úsporám

Nová zelená úsporám se v roce 2015 zaměřila na úspory energie v rodinných domech. Od 22. října 2015 bylo spuštěno podávání žádostí na úspory pro rodinné domy, které trvá až do 31. prosince 2021 nebo do vyčerpání stanovené finanční alokace, která je do konce roku 2021 stanovena ve výši 27 miliard korun. Cílem tohoto programu je zlepšit stav životního prostředí tím, že se sníží emise skleníkových plynů, pomocí snížení energetické náročnosti budov za podpory výstavby domů s velmi nízkou energetickou náročností a efektivním využitím zdrojů energie. Program se rozděluje do tří hlavních oblastí podpory [www.novazelenausporam.cz, 2014]:

1. podpora A – Snížování energetické náročnosti stávajících rodinných domů
 - podpora zateplení a výměna oken, výše dotací závisí na konečném efektu prováděných opatření (30, 40, 50% ze způsobilých výdajů)

2. podpora B – Výstavba rodinných domů s velmi nízkou energetickou náročností
 - podpora novostavby nízkoenergetického nebo pasivního rodinného domu, měření průvzdušnosti obálky budovy (částkou 400 a 550 tisíc korun)

3. podpora C – Efektivní využití zdrojů energie

- podpora výměny zdrojů tepla a kapalná fosilní paliva za ekologicky šetrné zdroje tepla na vytápění, instalace termických solárních panelů, systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla

Pro navrhovaný rodinný dům přichází v úvahu, čerpání dotace typu B. Tyto dotace představují fixní částku 400 a 550 tisíc korun, podle toho, jaké parametry dům splňuje. Využije-li vlastník objektu fixní dotaci typu B, nemůže čerpat podporu z oblasti typu A a C. Aby bylo možné využít podporu v oblasti B je nutné, nechat si zpracovat odborný posudek. Posudek by měl obsahovat projektovou dokumentaci a energetický posudek v takovém rozsahu, aby bylo možné prokázat splnění programem stanovené požadavky. Tyto požadavky jsou uvedeny v tabulce č.7. Na tento posudek se také vztahuje podpora, která lze použít i na uskutečnění měření průvzdušnosti obálky (blower door test) nebo na zajištění odborného technického dozoru stavebníka. Maximální celková výše podpory v této oblasti je 35 000Kč [Bohuslávek, 2014] [Online].

Tabulka 4: Požadované parametry domů pro získání dotace v oblasti B

Sledovaný parametr	Označení [Jednotky]	Podoblast podpory B.1	Podoblast podpory B.2
Výše podpory	Kč/dům	400 000	550 000
Měrná roční potřeba tepla na vytápění	E_A [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	≤ 20	≤ 15
Měrná neobnovitelná primární energie	$E_{pN,A}$ [kWh.m ⁻² .rok ⁻¹]	≤ 90	≤ 60
Součinitel prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici	U [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ $U_{pas,20}$	≤ $U_{pas,20}$
Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy	U_{em} [W.m ⁻² .K ⁻¹]	≤ 0,22	≤ 0,22
Průvzdušnost obálky budovy po dokončení stavby	n_{50} [1.h ⁻¹]	≤ 0,6	≤ 0,6
Nejvyšší teplota vzduchu v obytné místnosti	$\theta_{ai,max}$ [°C]	≤ $\theta_{ai,max,N}$	≤ $\theta_{ai,max,N}$
Povinná instalace systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla	[-]	Ano	Ano
Účinnost zpětného získávání tepla z odváděného vzduchu	η [%]	≥ 75	≥ 75

Zdroj: [www.tzb-info.cz], [Online]

5 Ekonomika a investiční rozhodování

Hlavním důvodem pro výstavbu energeticky efektivního domu je, jak již bylo zmíněno v předešlých kapitolách hlavně snížení energie na provoz budovy a tím pádem i finanční úspora. Posuzuje se celková energetická bilance domu, která zahrnuje tepelné ztráty spojené s prostupem tepla a výměnou vzduchu, tepelné zisky ze slunečního záření, které proniká skleněnými konstrukcemi do budovy dále pak produkcí tepla osob, domácími spotřebiči a veškerým osvětlením. Celková cena budovy zahrnuje pořizovací cenu a provozní náklady. Při výstavbě nízkoenergetických domů je třeba se zaměřit především na vhodná a kvalitní technická zařízení, jelikož méně kvalitní a levnější zařízení se mohou v budoucnu promítnout do provozních nákladů, musí být tedy zváženo, zda je toto technické zařízení vůbec investičně možné. Na samém počátku projektu je nutné propočítat samotnou ekonomickou efektivnost investice.

5.1 Vstupní údaje pro ekonomické hodnocení daného objektu

Pro výpočet ekonomické efektivnosti objektu je nutné si definovat určitá kritéria[Vašíček, 2005] [Online]:

- Investiční výdaje - všechny výdaje spojené s přípravou stavby, projektu, montáž dodávka technologických a jiných zařízení, elektrickou či plynovou přípojku, popřípadě úpravy samotné stavby aj.
- Doba životnosti zařízení – časové období, po které je zařízení schopno plnit svoji funkci (dosahovat úspor energie) bez, dalších investičních nákladů.
- Provozní náklady – veškeré náklady na údržbu, opravy daného zařízení, dále pak pozemkové daně a jiné poplatky, režie a musíme sem zahrnout i výdaje na nákup paliv a energie včetně dopravy.
- Velikost úspor energie

5.2 Investiční strategie

Životní cyklus projektu

Investice je chápána jako vložení kapitálu do statku, který nám přinese užitek v budoucnosti. Definice investice zní: „*Investice znamená obětování současné jisté hodnoty ve prospěch budoucí neisté hodnoty.*“ V rámci životního cyklu projektu stavby je řešen životní cyklus stavby samotné, který souvisí s technickou životností a v provozní fázi životního cyklu stavby. Dále probíhá životní cyklus projektu podnikatelského záměru, pro který byla stavba realizována.

Investiční náklady

Skladba investičních nákladů projektu bude odpovídat jeho technickému řešení. Jednotlivé položky investičních nákladů jsou součástí budoucích ocenění dílčích složek nově pořízeného majetku [Fridrich, Korytářová Puchýř, 2002].

Provozní výdaje

Provozní výdaj je finančně vyjádřená spotřeba vstupních faktorů. Vyjádřit velikost výrobních výdajů je poměrně složité. Nákladových vstupů je mnoho, a proto je podrobnější analýza. K výpočtu investic se používá druhové členění nákladů, které sleduje spotřebu jednotlivých vstupních faktorů. Z tohoto hlediska lze náklady rozdělit na: materiálové, mzdové, odpisové, ostatní a finanční.

Financování projektů

Při rozhodování si musíme položit základní otázku a to jakým způsobem budeme financovat realizaci daného investičního projektu. Každý finanční zdroj s sebou nese finanční náklady a ovlivňuje tak rentabilitu projektu do určité míry. Existují dvě možnosti financování: Buď financování pomocí poskytnutí dlouhodobého úvěru, kde je rozhodující doba splácení a úroková sazba, anebo použití vlastního kapitálu, kde je možnost zisku a dotace.

6 Výsledky

6.1 Studie rodinného domu z architektonického hlediska

Architektonická studie přízemního rodinného domu byla navržena Ing. Petrem Suchomelem na žádost investora Petra Malíka.

6.2 Charakteristika objektu

Navržený RD se nachází v obci Zvěstov spadající pod stavební úřad Města Votice (okres Benešov, kraj Středočeský). Samostatná stavební parcela č. 1042/2 byla doposud používána jako zahrada. Navrženou novostavbu bude možno připojit k inženýrským sítím vedoucích k přilehlé komunikaci. Stavbou chtěl investor docílit ekologického a kvalitního bydlení ve velmi příjemném a málo rušném prostředí. Celková dispozice domu je řešena tak aby adekvátně odpovídala urbanistickému a architektonickému charakteru prostředí. Dále pak požadavkům na pohodlné bydlení a současně aby nedošlo k rušení blízkého okolí. Dům má obdélníkový půdorys, je jednopodlažní a není podsklepen. Dodávka pitné vody bude zajištěna vodovodní přípojkou z vodovodního řádu obce. Splaškové vody budou odvedeny kanalizační přípojkou do současné splaškové kanalizace. Novostavba bude napojena na stávající kabelovou síť pomocí skříně ve zděném pilíři v oplocení.

U navrženého řešení novostavby jsou vysoké požadavky kladeny především na ekologičnost a úspornost provozu domu z hlediska spotřeby energií a produkování odpadů.

6.3 Energetická náročnost RD

Pro výpočet energetické náročnosti RD byl zvolen program Energie 2013, pro určení součinitele prostupu tepla obálkou budovy program Protech.

Program Energie 2013 se zaměřuje na celkové hodnocení energetické náročnosti budov. Program se řídí technickými normalizačními informacemi TNI 730329. Umožňuje výpočet průměrného součinitele prostupu tepla a jeho vyhodnocení v souladu

s ČSN 730540-2(2011). Dále slouží ke zpracování průkazů energetické náročnosti budov podle vyhlášky MPO ČR č. 78/2013 Sb., dále pak k výpočtu energetického štítku obálky budovy podle ČSN 730540-2 [Svoboda, 2015] [Online].

K výpočtu energetické náročnosti budov v programu Energie jsou stanovené parametry dle technické normy takto:

➤ **Okrajové podmínky**

Klimatická data, jsou po celé České republice posuzována celistvě. Především se uvádí průměrné měsíční teploty vzduchu exteriéru a globální sluneční záření za měsíc. Pomocí referenční hodnoty, která je výsledkem výpočtu je možné porovnat různé typy RD.

➤ **Vnitřní zisky**

Podle hypotetického počtu osob a bytových jednotek dané budovy, jsou vypočítány vnitřní zisky od osob, světel a spotřebičů. Vzhledem k možnému umělému zvyšování vlivu vnitřních zisků ve výpočtu je jednoznačně stanovena minimální potřebná podlahová plocha na 1 osobu.

➤ **Teplu na přípravu teplé vody a další spotřeby**

Podle předpokládaného počtu osob se odvozuje roční spotřeba energie a také teplo na přípravu teplé vody. Další spotřeby energie jako jsou například čerpadla, regulace či ventilátory jsou vázány na počet bytů a na způsobu větracího a vytápěcího zařízení.

➤ **Větrání**

Objemový tok čerstvého vzduchu se také odvozuje od počtu osob a nabývá jednotných hodnot jak při nuceném tak při přirozeném větrání.

Vzhledem k pevně stanoveným vstupním datům je velmi limitována možnost manipulace s výpočtem a tím pádem se zlepšuje jeho kontrolovatelnost.

(<http://www.tzb-info.cz/5826-software-energie-2009-a-dotacni-program-zelena-usporam>)

6.4 Výpočet energetické náročnosti RD

Energetická náročnost RD je vypočítána pomocí programu Energie 2013, celkové výsledky jsou uvedeny v přílohách na konci práce.

6.4.1 Celková měrná potřeba tepla na vytápění

Tabulka 5: Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Potřeba tepla na vytápění za rok	27,362 GJ = 7,601 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů	512,7 m ³
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy	186,4 m ²
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy	0,26 W/m ² K
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m³)	14,8 kWh/(m ³ .a)
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:	41 kWh/(m².a)

Zdroj: Autorská práce – výstup z programu Energie 2013

Vypočítaná měrná potřeba tepla na vytápění budovy, která vyšla 41 kWh/(m².a), představuje tepelně-izolační vlastnosti RD. I když se bude měnit technické zařízení budov s rozdílnou účinností zdroje pro přípravu TUV, hodnota se nezmění. Potřeba tepla je vázána především na průměrný ukazatel součinitele prostupu tepla obálkou budovy a na zateplení budovy.

Dle výsledných hodnot měrné potřeby tepla, lze budovy rozdělit do tří základních kategorií: na domy nízkoenergetické, pasivní a domy nulové. Vzhledem k tomu je možné zmíněný objekt zařadit do skupiny nízkoenergetických domů, která má $Q < 50$ kWh/(m².a).

6.4.2 Měrná spotřeba energie budovy

Tabulka 6: Měrná spotřeba energie budovy

	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D
Celková roční dodaná energie (GJ)	51,723	64,064	54,632	50,465
Podlahová plocha (m²)	186,4	186,4	186,4	186,4
Měrná dodaná energie budovy EP,A kWh/(m².a)	77	95	81	75
Účinnost zdroje	94,00%	75,00%	89,00%	97,00%

Zdroj: Autorská práce – výstup z programu Energie 2013

Z této tabulky je zřejmé, že u všech navrhovaných variant bylo dosaženo hodnoty pro spotřebu budovy v rozmezí od 51 – 97 kWh/m² a tím jsou splněny podmínky pro zařazení budovy do kategorie B, což jsou úsporné domy. Je zřejmé, že nejúspornější je pro nás Varianta D, která má 75 kWh/m², což je nejnižší spotřeba energie ze zvolených variant. Oproti tomu Varianta B je mnohem náročnější na celkovou roční dodanou energii, jelikož účinnost krbových kamen dosahuje maximálně 75%, a proto spotřebuje více zdroje.

6.5 Technická zařízení budovy

6.5.1 Varianty vytápění a přípravy teplé užitkové vody (TUV) v objektu

Byly vybrány 4 varianty, které se od sebe budou lišit zdroji energie. Pro vytápění objektu byla vybrána jako zdroj energie elektřina (elektrokotel), plyn (plynový kondenzační kotel), pelety (peletový kotel), dřevo (krbová kamna s výměníkem). Pro přípravu TUV byla vybrána jako zdroj energie elektřina (elektrický bojler), solární energie (solární kolektory, fotovoltaické panely), pelety (teplo přivedené do akumulární nádrže), dřevo (teplo přivedené do akumulární nádrže pomocí výměníku).

6.5.1.1 Elektřina

Elektřina bude sloužit jako zdroj energie pro domácí spotřebiče, osvětlení a pro podpůrnou energii čerpadel, u všech posuzovaných variant. Cena elektřiny se bude u jednotlivých variant lišit na základě zvoleného tarifu. Celková cena elektřiny má dvě základní složky, tou první složkou je fixní měsíční poplatek hlavního jističe a druhá složka je cena za skutečně odebranou jednotku energie, v tomto případě za 1MWh. Hlavní jistič je udáván v ampérech (A). Velikost hlavního jističe ovlivňuje cenu za elektřinu a možnosti připojení elektrospotřebičů v domácnosti. Velmi silný hlavní jistič sice umožní připojit velké množství spotřebičů, ale bude se zbytečně platit vyšší měsíční platby za kapacity jističe. Naopak velmi malý hlavní jistič může uspořit měsíční splátku, ale nebude možné k němu připojit větší množství elektrospotřebičů, jelikož by mohlo docházet k výpadkům a dokonce i k poškození elektrorozvodu. Je tedy potřeba vybrat „zlatou střední cestu“. Doporučená hodnota pro hlavní jistič u RD, který využívá elektrickou energii i k ohřevu TUV je 3x20 A nebo 3x25 A. Pro byty či domy, kde používáme energeticky náročnější elektrospotřebiče je vhodný třífázový jistič s vyšší hodnotou tedy 3x25 A nebo 3x32 A. Čím vyšší hodnota hlavního jističe, tím vyšší bude cena fixního měsíčního nájmu.

V první uvažované variantě bude využita sazba D45d, kde je nízký tarif 20 hodin denně. Ve druhé variantě bude využita sazba D02d pro akumulaci ohřevu vody (bojler) pro domácnost s nižší spotřebou. Ve třetí uvažované variantě bude sazba D25d, jedná se zde o přípravu tepla bojlerem. Ve čtvrté variantě bude využita jednotarifní sazba D02d, jelikož v této variantě je vytápění pomocí plynového kondenzačního kotle.

Tabulka 7: Průměrné ceny dvoutarifních sazeb

Tarif		Kč/MWh
D25d	16	4687,7
	8	1891,61
	průměr	3755,67
D45d	4	2823,52
	20	2339,47
	průměr	2420,15

Zdroj: Vlastní zpracování dle www.tzb-info.cz, [Online]

Výhody elektřiny:

- snadné ovládání
- jednoduchá regulace
- téměř 100% přenos energie
- velmi dobrá dostupnost

Nevýhody elektřiny:

- poruchy dodávky
- vysoká svázaná primární energie
- při špatném zateplení domu vysoké náklady na provoz

Elektrické vytápění podlahy

Podlahové vytápění vyhřívá danou místnost přes plochu podlahy. Elektrické podlahové vytápění může být dvojího druhu, první druh vytápění je sálavé podlahové vytápění, které se vyznačuje tím, že předává teplo do místnosti sáláním z topné části zabudované do podlahy. Druhým typem podlahového vytápění je vytápění konvekční, kde se teplo do místnosti dostává prouděním tzv. konvekcí. Výhodou podlahových vytápění je bezprašný provoz, rovnoměrné rozložení vzduchu teploty v místnosti, téměř vysoká životnost systémů cca 40 let a snadná instalace. Naopak nevýhodou těchto systémů je, že díky krytí vrstvou betonu je přístup k topné části nemožný. Další nevýhodou je nutnost tepelné izolace, a omezení při volbě podlahové krytiny, závislost na hlavním zdroji energie.

Elektrické přímotopy

Elektrické přímotopy jsou klasická elektrická topidla, která ohřívají pouze vzduch. Mezi jejich přednosti patří lehkost, přenosnost, snadná obsluha a 100% účinnost přeměny elektrické energie na teplo.

6.5.1.2 Zemní plyn

Ve variantě D bude zemní plyn využit jako hlavní zdroj energie pro vytápění a ohřev TUV, pomocí plynového kondenzačního kotle.

Výhody zemního plynu:

- není potřeba budovat místnost na skladování paliva jako např. u uhlí
- snadná manipulace a regulace plynových spotřebičů
- 98% účinnost zdroje energie
- Relativně nízká hodnota svázané primární energie
- nezávislost distribučního systému na klimatických podmínkách a veřejných komunikacích

Nevýhody zemního plynu:

- Nejistý vývoj ceny

- dodatečné náklady spojené s revizí kotle
- vhodný komín, pravidelné čištění
- nutnost plynové přípojky

Plynový kondenzační kotel

Kondenzační kotle dosahují účinnosti 98%, ze spalin se pomocí kondenzace obsažené vodní páry ještě dodatečně odebírá teplo a opětovně se přivádí do otopného systému, tím dochází ke zvýšení efektivity a snižování nákladů na vytápění a zatížení životního prostředí.

6.5.1.3 Dřevěné pelety

Dřevěné pelety se v poslední době staly velmi častým druhem paliva nejen u domácností. Dřevěné pelety jsou velmi ekologické palivo, vyrábějí se lisováním dřevěných pilin a hoblin jako dřevní odpad při zpracování dřeva. Poté se lisují do válcových granulí o průměru 6 až 20mm. Peletové kotle, které se používají při vytápění tímto palivem, mají různou účinnost od 85% do 95% dle cenové podoby samotného kotle. Zájem po tomto druhu ekologického paliva neustále roste a je to způsobeno i díky kotlíkovým dotacím. Ve variantě C je vybrán peletový kotel, u kterého je třeba myslet na postavení komínu pro odvod zplodin.

Výhody dřevěných pelet:

- velmi ekologické palivo (malý únik oxidu uhličitého do ovzduší)
- nízká svázaná primární energie
- velmi nízká cena
- velmi vysoká výhřevnost 18-20MJ/kg
- snadná manipulace
- lze je dlouhodobě skladovat (v suchém prostředí)

Nevýhody dřevěných pelet:

- vhodný komín, čištění komína
- pravidelné čištění kotle

- skladovací prostory na pelety (ceny pelet podléhají sezónním výkyvům, nejlepší je tedy nakoupit pelety mimo topnou sezónu, tedy v létě)

6.5.1.4 Dřevo

Vytápění dřevem patří pořád mezi nejlevnější varianty. Cena dřeva se odvíjí od jeho druhu. Každý druh dřeva má jinou výhřevnost, čím sušší dřevo tím vyšší výhřevnost. Nejlepší je nechat dřevo schnout po dobu 2-3 let. Ideální suchost dřeva je okolo 20%, např.: čerstvé dřevo, které je pokácené v lese je vlhké asi z 50-60% a jeho výhřevnost dosahuje hodnoty pouze 7,1 MJ/kg. Oproti tomu dřevo skladované několik let má obsah vody 15-25% a jeho výhřevnost dosahuje 14,4 MJ/kg . (Novák: *Topení kusovým dřevem je nejlevnější, ale...* In:Tzb.info [online])

Výhody dřeva:

- dostupnost, obnovitelnost
- nejlevnější zdroj energie
- velmi nízká svázaná primární energie
- využití popela jako kvalitní hnojivo, či do kompostu

Nevýhody dřeva:

- nekomfortní zdroj
- příprava dřeva na sezónu
- nutnost skladovacích prostor
- pravidelné přikládání a vynášení popela
- čištění kotle
- čištění komína

Krbová kamna s výměníkem

Krbová kamna s teplovodním výměníkem jsou vhodná pro vytápění celého domu, jelikož jsou propojena s teplovodním rozvodem. Výměník se čistí sám automaticky, ale je vhodné ho jednou za sezónu vyčistit manuálně. Kouření do místnosti lze zabránit, pokud nejsou otevřeny dveře u kamen za plného chodu. Plechová krbová kamna jsou nejlevnější variantou, ale mají nejmenší životnost, která je odhadovaná asi na 1 až 2 roky. Delší životnost mají kamna vyrobená z kotlářské oceli asi 5 až 10 let. Nejlepší variantou

z hlediska životnosti a akumulace tepla představují kamna litinová a vložky, která jsou schopna vytápět místnost ještě nějakou dobu po vyhasnutí, jejich životnost dosahuje až 30 let. Mezi výhody krbových kamen s výměníkem patří zejména jednoduchá obsluha a instalace, relativně levná pořizovací cena a nepřeberný počet modelů. Jako nevýhodu je třeba zmínit, že krbová kamna mají nízký výkon, nepříliš efektivní provoz, jelikož velká část tepla uniká komínem, dále pak nemožnost automatického provozu, je tedy nutná neustálá přítomnost obsluhy kvůli častému přikládání.

6.6 Výběr variant

Tabulka 8: Výběr variant

<i>Variant</i>	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
<i>Vytápění</i>	Elektrokotel + solární kolektory	Krbový kamna s výměníkem s bojlerem + fotovoltaický systém	Peletový kotel s bojlerem	Plynový kondenzační kotel s bojlerem
<i>Otopná soustava</i>	teplovodní s článkovými tělesy	teplovodní s článkovými tělesy	teplovodní s článkovými tělesy	teplovodní s článkovými tělesy
<i>Teplo pro přípravu TUV</i>	Elektrokotel + SK	Krbový kamna s výměníkem s bojlerem + fotovoltaický systém	Peletový kotel s bojlerem	Plynový kondenzační kotel s bojlerem
<i>Fotovoltaické panely</i>	ne	10m ²	ne	ne
<i>Solární kolektory</i>	12m ²	ne	ne	ne

Zdroj: Autorská práce

Varianta A

Dům v první variantě bude vytápěn pomocí elektrického kotle. Příprava teplé vody bude zajištěna z části elektrokotlem a z části se bude TUV připravovat pomocí solárních kolektorů, jejichž energie se bude uchovávat v akumulární nádrži. Po celou dobu od dubna do října budou solární kolektory chytat světlo a poté ho přemění na přípravu teplé vody.

Varianta B

V uvažované variantě B byla zvolena kombinace krbových kamen s výměníkem s bojlerem a fotovoltaické panely. Teplá voda se bude připravovat pomocí krbových kamen s výměníkem a to především v období zimním, kdy není dostatek slunečního svitu a také se v tomto období topí. Krbová kamna jsou spojena s akumulární nádrží s výměníkem. V letním období bude dodávat energii fotovoltaický systém o velikosti plochy 10m². Energií, kterou panel zachytí, se bude akumulovat tak, aby docházelo k rovnoměrné dodávce elektrické energie nejen ve dne, ale i v noci. Většinu vytápění RD obstarají krbová kamna s výměníkem, zbytek vytápění pokryje fotovoltaický systém. Díky fotovoltaickým panelům a předpokládané produkci energie získané ze slunečního záření bude možné z části pokrýt spotřebu elektřiny, a tím značně uspořit.

Varianta C

Ve variantě C bude dům vytápěn pomocí kotle na dřevěné pelety. Teplá voda bude připravena pomocí kotle, který bude vytápět akumulární nádobu (bojler).

Varianta D

Vytápění domu ve čtvrté variantě bude probíhat pomocí plynového kondenzačního kotle, kde je bráno v úvahu, že RD bude napojen na plynovou přípojku. Hlavní předností plynového kondenzačního kotle je jeho relativně nízká pořizovací cena. Na druhou stranu má tento zdroj tepla silný nedostatek, jelikož jeho cena, se díky politickým rozporům mezi dodavatelskými a spotřebitelskými zeměmi, může prudce navýšit. Nebo může dojít k úplnému omezení přístupu plynu do odběratelské země.

6.7 Energetická potřeba a spotřeba

6.7.1 Výpočet energetické potřeby a spotřeby pro elektrické spotřebiče

Energetická spotřeba pro jednotlivé elektrické spotřebiče byla spočítána na základě průměrné spotřeby vybraných spotřebičů. Bylo vybráno zásadní vybavení spotřebičů do klasického rodinného domu. V následující tabulce, je podrobně uveden přehled jednotlivých elektronických spotřebičů a jejich orientační hodnota spotřeby. Tabulka je rozdělena na spotřebu za kWh/ 24 h, kWh/cyklus, kWh/1h, kWh/5min a kWh/1l. Dále byla vybrána zařízení podle energetické třídy. Třída A++, která je v tabulce uvedena u několika spotřebičů (chladnička+mrazák, myčka, pračka) označuje úspornější provoz samotného spotřebiče. Označení písmenem A znamená, že by měl být produkt nejušpornější, oproti standardním produktům, které se označují písmeny C až D, dokáže produkt z kategorie A uspořit energii nejméně o polovinu.

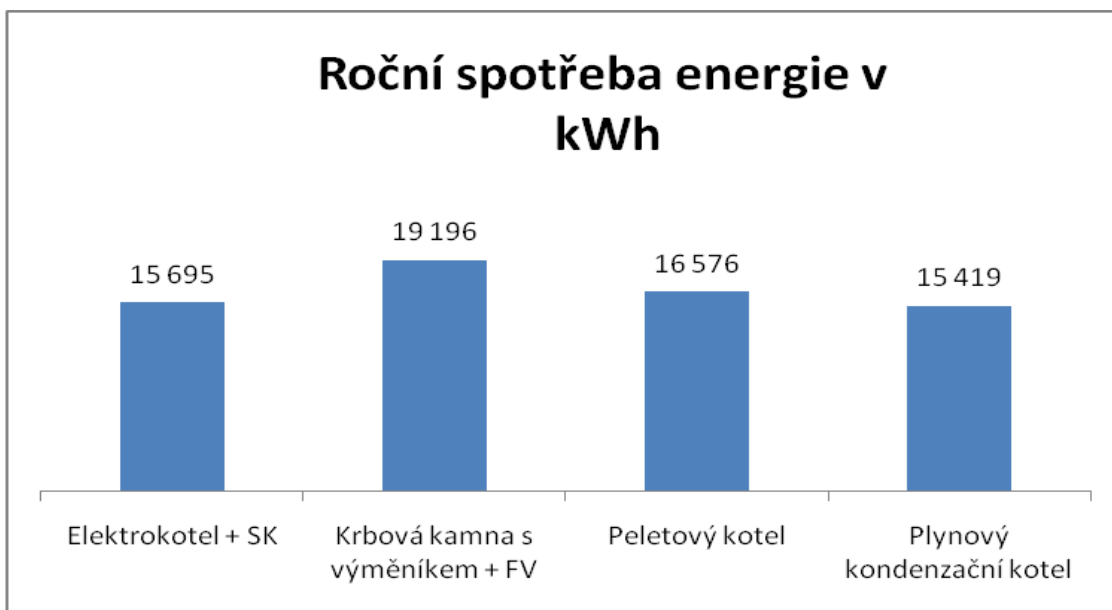
Tabulka 9: Energetické potřeby elektrických spotřebičů v RD

Elektrický spotřebič	kWh/24 h	kWh/cyklus	kWh/1 h	kWh/5min	kWh/1 l	celkem
Chladnička + mrazák A++ (185cm)	0,65					237,25
Myčka A++ (náplň 7kg, 60cm)		0,9				129,6
Pračka A++ (náplň 6kg)		0,85				81,6
Trouba			0,83			159,36
Varná konvice					0,11	40,15
Varná deska sklokeramická (1plotýnka)					0,16	116,8
Mikrovlnná trouba				0,063		22,995
Kávovar	0,334					60,995
Vysavač			0,33			47,52
Žehlička		0,12				6,24
Fén				0,11		40,15
TV LCD (101-120cm)			0,17			306
DVD			0,01			3,6
Set-top-box			0,008			14,4
Monitor LCD			0,03			86,4
PC			0,03			86,4
Tiskárna (50stran)			0,02			3,84
Součet						1443,3

Zdroj: Autorská práce dle Energetický poradce PRE: Orientační hodnoty spotřeby, [Online].

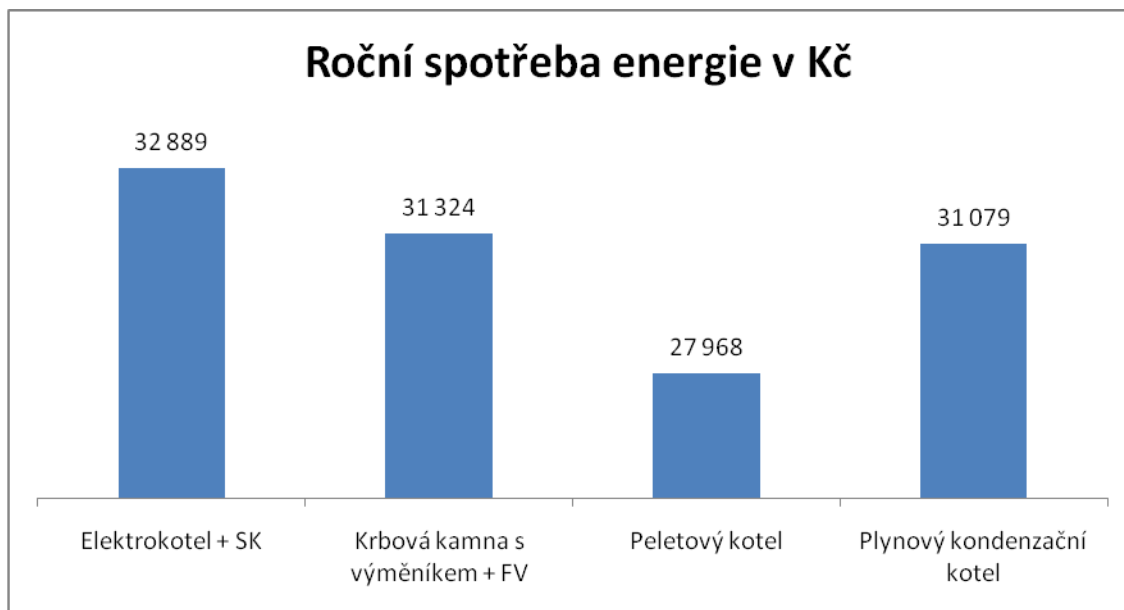
V následujících dvou grafech jsou porovnané jednotlivé varianty nejprve s pohledu roční spotřeby energie v kWh a poté na roční spotřebu energie v korunách.

Graf 1: Roční spotřeba energie v kWh



Zdroj: Autorská práce

Graf 2: Roční spotřeba energie v Kč



Zdroj: Autorská práce

6.8 Výpočet nákladů na provoz budovy a její kapitálové výdaje

6.8.1 Výpočet nákladů na provoz budovy

Z výstupních hodnot z programu Energie 2013 byly vypočteny následující náklady na provoz dané budovy.

Ceny paliv byly získány z webové stránky ceny energie. Dostupné z: <http://www.cenyenergie.cz/kolik-stoji-kwh/>. Dále pak k určení tarifu elektřiny byly použity data z webové stránky tzb-info. *Přehled cen elektrické energie* [Online].[cit.26.2.2016]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energi/14-prehled-cen-elektricke-energie>.

Ceny jsou uvedeny včetně DPH a zahrnují všechny složky dle cenového rozhodnutí a dle zákona o stabilizaci veřejných rozpočtů (daň z elektřiny): za dodávku elektřiny, za krytí vícenákladů spojených s podporou elektřiny z obnovitelných zdrojů, kombinované výroby elektřiny a tepla a druhotných zdrojů (598,95 Kč/MWh vč. 21% DPH), za systémové služby (127,3767 Kč/MWh vč. 21% DPH), za činnost zúčtování Operátora

trhu s elektřinou, a.s. (8,3974 vč. 21% DPH) a daň z elektřiny (34,243 Kč/MWh vč. 21% DPH). Dodavatelem elektřiny, pro vybraný RD je ČEZ, a.s.

V tabulkách se vyskytuje sloupec s primární energií (Prim.E), který se vypočítá jako součin faktoru energetické přeměny (f.p.) a reálné spotřeby daného zdroje v kWh. Pro výpočet byla použita data z následující tabulky:

Tabulka 10: Faktor energetické přeměny

Zdroj	f.p.
Zemní plyn	1,1
Černé a hnědé uhlí	1,1
Elektřina	3
Dřevěné pelety	0,2
Kusové dřevo, dřevní štěpka	0,1
Energie okolního prostředí (elektřina a teplo)	0

Zdroj: Vlastní zpracování dle www.tzb.info.cz, 2013 [Online]

Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>

Tabulka 11: Varianta A – Elektrokotel a solární kolektory

VARIANTA A	Potřeba (kWh)	Zdroj	Účinnost zdroje (%)	Spotřeba (kWh)	f.p.	Prim. E (kWh)	Cena za jednotku	Cena (Kč)
Vytápění	9 680	Elektrokotel	96%	10 083	3	30 249	2,42015	24402,3725
TUV	102	Elektrokotel	96%	106	3	318	2,42015	256,5359
TUV	2725	SK	100%	2 725	0	0	0	0
pomocná el. energie	240		100%	240	3	720	2,42015	580,836
dom. spotřebiče + osvětlení	2541		100%	2 541	3	7 623	2,42015	6149,60115
Ostatní náklady	pravidelná revize EK, SK						1500	1500
Celkem				15 695		38 910		32889,3455

Zdroj: Autorská práce

Z tabulky lze vyčíst, že ve variantě A jsou jako primární zdroj energie přípravy TUV zvoleny solární kolektory, které dokážou přeměnit 100% účinnost solární energie. Sekundární zdroj přípravy TUV byl zde zvolen elektrokotel s účinností 96%. Varianta vytápí a připravuje vodu pomocí elektřiny, můžeme ji zařadit do dvoutarifové sazby

D45d. Elektrokotel spotřebuje 106 kWh na přípravu TUV a při ceně elektřiny 2,42015 Kč/kWh bude celková cena na přípravu TUV 257 Kč. K vytopení energetické potřeby 9680 kWh bude sloužit elektrokotel, který má účinnost 96% a proto konečná spotřeba elektrické energie bude 10 083 kWh, což bude při ceně elektrické energie v dvoutarifové sazbě D45d 2,42Kč/kWh celkem činit 24 402 Kč. Po souhrnném sečtení jednotlivých položek vidíme, že celková částka na provoz ročních nákladů dané budovy je 32 889Kč.

Tabulka 12: Varianta B – Krbová kamna s výměníkem a FV články

VARIANTA B	Potřeba (kWh)	Zdroj	Účinnost zdroje (%)	Spotřeba (kWh)	f.p.	Prim. E (kWh)	Cena za jednotku	Cena (Kč)
Vytápění	9 705	krbová kamna a výměníkem	75%	12 940	0,10	1 294,00	1,17	15139,8
TUV	2 184	krbová kamna a výměníkem	75%	2 912	0,10	291,20	1,17	3407,04
TUV	803	FV články	100%	803	0,00	0,00	0	0
pomocná el. energie	0		100%	0	3,00	0,00	0	0
dom. spotřebiče + osvětlení	2541		100%	2 541	3,00	7 623,00	4,24138	10777,3466
Ostatní náklady	pravidelná revize komín, FV						2000	2000
Celkem				19 196		9 208,20		31324,1866

Zdroj: Autorská práce

Ve variantě B budou použita krbová kamna s výměníkem na dřevo. Převážně v zimních měsících bude zdroj ohřívat teplou vodu, ale vzhledem k celkem nízké účinnosti tohoto zdroje (75%) bude docházet k vyšší spotřebě. Při spotřebě 2 912 kWh a při ceně dřeva 1,17 Kč/kWh jsou náklady na přípravu TUV 3 407 Kč. Dalším zdrojem pro přípravu TUV jsou FV články které pokryjí zbytek energetické potřeby s nulovými náklady, jelikož jejich účinnost je 100%. K vytápění slouží především krbová kamna s výměníkem, která spotřebují 12 940 kWh a při ceně dřeva 1,17 Kč/kWh vyjdou náklady na vytápění 15 140 Kč. Celoroční náklady po započítání ostatních nákladů jakou je například revize krbových kamen činí 31 325 Kč.

Tabulka 13: Varianta C – Kotel na peletky s bojlerem

VARIANTA C	Potřeba (kWh)	Zdroj	Účinnost zdroje (%)	Spotřeba (kWh)	f.p.	Prim. E (kWh)	Cena za jednotku	Cena (Kč)
Vytápění	9 705	Peletky	89%	10 904	0,20	2 180,80	1,27	13848,08
TUV	2 787	Peletky	89%	3 131	0,20	626,20	1,27	3976,37
pomocná el. energie	0		100%	0	3,00	0,00	0	0
dom. spotřebiče + osvětlení	2541		100%	2 541	3,00	7 623,00	3,75567	9543,15747
Ostatní náklady	pravidelná revize komín				3,00		600	600
Celkem				16 576		10 430,00		27967,6075

Zdroj: Autorská práce

Z tabulky pro variantu C lze vyčíst, že je zde pouze jeden zdroj vytápění (kotel na peletky) a ten samý zdroj je použit i pro přípravu TUV. Z tabulky je zřejmé, že k vytopení energetické potřeby 9 705 kWh bude při účinnosti kotle na peletky 89% spotřeba 10 904 kWh. Při ceně pelet 1,27 Kč/kWh bude celková částka pro vytápění 13 848 Kč. Pro přípravu TUV je spotřeba 3 131 kWh a při ceně 1,27 Kč/kWh jsou celkové náklady na TUV 3 976 Kč. Po přičtení ostatních nákladů, kde je mimo jiné započítána pravidelná revize komína, která činí 600 Kč, budou celkové náklady na provoz budovy za jeden rok činit 27 968 Kč.

Tabulka 14: Varianta D – Kondenzační plynový kotel s bojlerem

VARIANTA D	Potřeba (kWh)	Zdroj	Účinnost zdroje (%)	Spotřeba (kWh)	f.p.	Prim. E (kWh)	Cena za jednotku	Cena (Kč)
Vytápění	9 705	plyn	97%	10 005	1,10	11 005,50	1,46	14607,3
TUV	2 787	plyn	97%	2 873	1,10	3 160,30	1,46	4194,58
pomocná el. energie	0		100%	0	3,00	0,00	0	0
dom. spotřebiče + osvětlení	2541		100%	2 541	3,00	7 623,00	4,24138	10777,3466
Ostatní náklady	pravidelná revize komína, kotle						1500	1500
Celkem				15 419		21 788,80		31079,2266

Zdroj: Autorská práce

Ve variantě D byl zvolen jako zdroj vytápění i jako zdroj TUV plynový kondenzační kotel. Z tabulky lze vyčíst, že energetická potřeba na přípravu TUV je 2 787 kWh a při 97% účinnosti kotle bude spotřeba 2 873 kWh, kde při ceně zemního plynu 1,46 Kč/kWh bude celková částka na přípravu TUV 4 195 Kč. Na vytápění při spotřebě 10 005 kWh při stejné ceně zemního plynu, tedy 1,46 Kč/kWh budou náklady na vytápění dosahovat 14 607 Kč. Pravidelná revize komína a kotle bude činit 1 500 Kč. V RD se nevyužívá

elektřina ani k přípravě TUV ani pro vytápění domu byla v této variantě použita jednotarifová sazba D02d. Po přičtení ostatních nákladů budou roční náklady 31 079 Kč.

Z těchto tabulek vyplývá, že nejnižší náklady na provoz RD má varianta C (27 968 Kč), dále varianta D (31 079 Kč), varianta B (31 325 Kč), varianta a naopak nejvyššími náklady disponuje varianta A (32 889 Kč).

6.8.2 Výpočet kapitálových výdajů

Pro jednotlivé varianty byly vypočítány kapitálové výdaje. V tabulkách jsou uvedeny primární zdroje vytápění a zdroje na přípravu TUV, teplovodní otopné systémy do tabulek nejsou zahrnuty, jelikož jsou pro všechny varianty shodné. Zvolená zařízení mají vhodný výkon pro energetické potřeby RD. Produkty byly zvoleny na základě ceníků z katalogů stanoveného výrobce, cena za řemeslnické práce a regulaci byla stanovena na základě odborného posouzení specialistů daného odvětví.

Tabulka 15: Investiční náklady – Varianta A

VARIANTA A	Zdroj	Počet	Název	Popis	Cena bez DPH	Cena s DPH
	Elektrokotel	1	Dakon Daline PTE 18		29 587	35 000
	Montáž elektrokotel				10 500	12 075
	SK	6	Regulus, vakuový trubicový kolektor KTU 15		119 940	137 931
	Montáž SK				17 391	20 000
	Akumulační nádrž	1	Zásobník TUV Toshiba 300 L HWS-3101 CSHM3-E	2,7kw	38 780	44 597
Cena celkem						249 603

Zdroj: Autorská práce

Tabulka 15 představuje investiční náklady varianty A. Ve zvolené variantě byl vybrán jako zdroj elektrokotel a 6 solárních kolektorů o celkové velikosti plochy 12m². Nejdražší položkou této varianty jsou solární kolektory. V nákladech je zohledněna i cena za montáž pro elektrokotel, SK. Celkové náklady pro danou variantu činí 249 603 Kč.

Tabulka 16: Investiční náklady – Varianta B

VARIANTA B	Zdroj	Počet	Název	Popis	Cena bez DPH	Cena s DPH
	Krbová kamna s výměníkem	1	Adria II s výměníkem (HAAS+SOHN)	3,4-10,5 kW	16 243	18 680
	Instalace kamen				4 958	5 700
						24 380
	Akumulační nádrž	1	Zásobník TUV Toshiba 300 L HWS-3101 CSHM3-E	2,7kw	38 780	44 597
	Komín	1	Schiedel Absolut		51 243	58 930
	Montáž komín				12 000	13 800
	FV systém					
	Solární panel	6	CNPV 250Wp		37 198	42 777
	Hybridní měnič napětí	1	Studer Innotec XTS 1400-48	1400W - 48V	28 858	33 187
	Baterie	1	LifePO4	3-2V 200 1H	6 600	7 590
	Montáž a doprava				11 304	13 000
						96 554
					Cena celkem	224 461

Zdroj: Autorská práce

V druhé variantě se investiční náklady skládají z pořizovací ceny krbových kamen s výměníkem, stejně tak jako u předchozí varianty musí být do investičních nákladů započítána výstavba komína, dále pak FV systém o celkové ploše 10m². V celkové částce, která činí pro variantu B 224 461 Kč, jsou zohledněny i ostatní náklady jako je např. montáž komína či instalace krbových kamen s výměníkem.

Tabulka 17: Investiční náklady – Varianta C

VARIANTA C	Zdroj	Počet	Název	Popis	Cena bez DPH	Cena s DPH
	Peletový kotel	1	Amos D15	4,5 - 15 kW	34 600	39 790
	Hořák na pelety	1	Atmos A25	4,5-24kW	19 400	22 310
	Šnekový dopravník pro hořák	1	Atmos DA1500		8 900	10 235
	Nádrž na pelety	1	Atmos	500l	5 900	6 785
	Sada pro ovládání hořáku	1	AS25		1 733	1 993
	Automatický odvod popela				9 900	11 385
						92 498
	Akumulační nádrž	1	Zásobník TUV Toshiba 300 L HWS-3101 CSHM3-E	2,7kw	38 780	44 597
	Montáž peletový kotel				6 000	6 900
	Komín	1	Schiedel Absolut		51 243	58 930
	Montáž komín				12 000	13 800
					Cena celkem	216 725

Zdroj: Autorská práce

Z následující tabulky lze vyčíst, že je do investičních nákladů započítána cena za peletový kotel včetně jeho příslušenství (hořák na pelety, šnekový dopravník, nádrž na pelety aj.), která je 92 498 Kč. Dále je do této varianty započítána akumulace nádrž o objemu 300 l jako, je tomu u 2 předchozích variant. Jelikož, se i v této investiční variantě jedná o kotel, musí být do celkových nákladů opět započítána cena za výstavbu komína, která činí i s jeho montáží 72 730 Kč. Souhrnné náklady pro variantu C činí 216 725 Kč.

Tabulka 18: Investiční náklady – Varianta D

VARIANTA D	Zdroj	Počet	Název	Popis	Cena bez DPH	Cena s DPH
	Plynový kondenzační kotel	1	Lomax plus GB062	3,3 - 24 kW	44 900	51 635
	Montáž plynového kotle				9 990	11 385
	Zhotovení plynové přípojky		ČEZ		36 522	42 000
	Akumulační nádrž	1	Zásobník TUV Toshiba 300 L HWS-3101 CSHM3-E	2,7kw	38 780	44 597
	Komín	1	Schiedel Absolut		51 243	58 930
	Montáž komín				12 000	13 800
					Cena celkem	222 347

Zdroj: Autorská práce

V poslední variantě byl zvolen jako zdroj vytápění plynový kondenzační kotel. Tato varianta je navýšena o speciální položku a tou je zhotovení plynové přípojky, která činí 42 000 Kč. Jako v předchozích variantách je zde uvedena výstavba komína. Celkové náklady pro variantu D jsou 222 347 Kč.

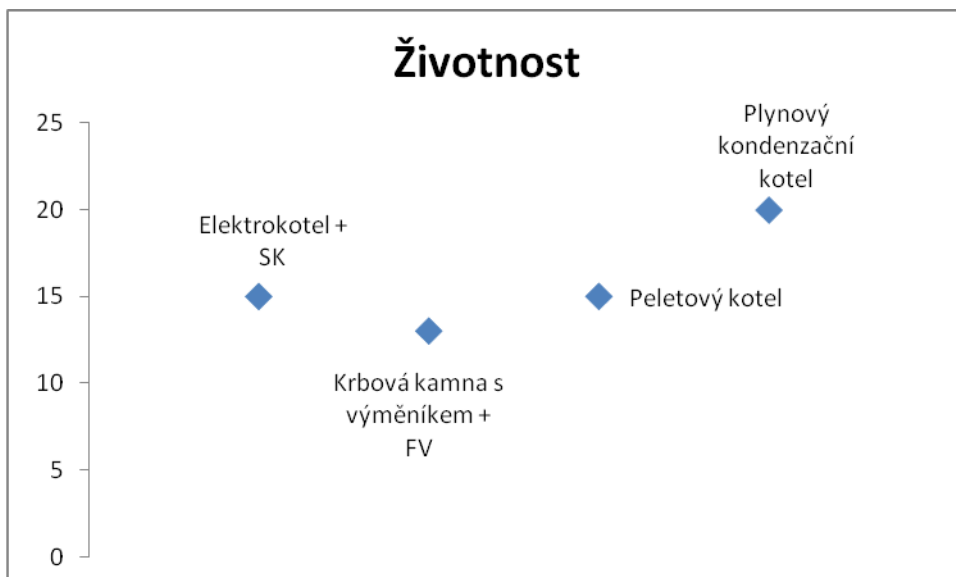
Z následujících čtyř tabulek vyplývá, že nejnižší investiční náklady budou pro variantu C, která činí 216 725 Kč. Druhá nejlevnější varianta je varianta D 222 347 Kč, další je varianta B 224 461 Kč, naopak nejdražší varianta A činí 249 603 Kč, z důvodu instalace solárních kolektorů, které jsou velmi nákladnou položkou.

6.9 Posouzení ekonomické efektivnosti objektu

Pro tuto práci byly vybrány ekonomické metody pro posouzení daného rodinného domu. Při výběr nejlepší energetické koncepce budou použity tyto metody: metoda zisková (prostá doba návratnosti) a metoda výnosová (čistá současná hodnota).

Níže uvedený graf znázorňuje průměrnou dobu životnosti jednotlivých technických zařízení pro všechny čtyři vybrané varianty. Pro následující výpočty bude tato informace potřebná.

Graf 3: Průměrná doba životnosti technických zařízení budovy



Zdroj: Autorská práce

6.9.1 Zisková metoda

Volba referenční varianty

Pro metodu prosté doby návratnosti je zapotřebí znát výši ročních příjmů, jelikož ani jedna z variant tuto možnost nenabízí, musí se stanovit tzv. referenční varianta. V uvažovaných variantách se energetická spotřeba liší celkem nepatrně a elektrická energie je odebírána ze sítě, a proto zde nelze zjistit příjem. Jako referenční varianta byla vybrána varianta A, která disponuje nejvyššími provozními náklady.

Tabulka 19: Prostá doba návratnosti

	Spotřeba	Spotřeba k ref.	Investice	Investice k ref.	Doba návratnosti (počet let)
Varianta A	32 889,35	REF	249 603,00		REF
Varianta B	31 324,19	1 565,16	224 461,00	25 142,00	16,06
Varianta C	27 967,61	4 921,74	216 725,00	32 878,00	6,68
Varianta D	31 079,23	1 810,12	222 347,00	27 256,00	15,06

Zdroj: Autorská práce

6.9.2 Výnosová metoda

Pro výpočet čisté současné hodnoty je nutné znát dobu životnosti jednotlivých technických zařízení a dále pak celkové investiční náklady. Každé technické zařízení má odlišnou dobu životnosti, a proto bylo zapotřebí vypočítat průměrnou dobu životnosti pro jednotlivá technická zařízení u každé navrhované varianty.

Čistá současná hodnota

Tabulka 20: Výpočet ČSH

Životnost	Varianta A	Varianta B	Varianta C	Varianta D
13		-48 119,33		
14				
15	-50 571,33		-43 003,57	
16				
17				
18				
19				
20				-47 812,06

Zdroj: Autorská práce

6.10 Vícekriteriální analýza variant

Pro výběr optimální varianty byla zvolena metoda vícekritériálního rozhodování. Metoda porovnává výsledky na základě zvolených jednotlivých kritérií. Nejprve je nutné identifikovat a stanovit rozhodovací problém s následnou analýzou problému. Úkolem této analýzy je vybrat nejlepší variantu ze čtyř navrhovaných alternativ, pomocí souboru kritérií, která byla zvolena ze tří základních oblastí, z oblasti ekonomické, technické a environmentální.

6.10.1 Stanovení vah kritérií

1. Doba návratnosti
2. Průměrné roční provozní náklady
3. Výše investičních výdajů
4. Složitost obsluhy, údržby
5. Ekologičnost

Kritéria jsou rozdělena do následujících třech oblastí:

- Ekonomická kritéria
 - Doba návratnosti
 - Průměrné roční provozní náklady
 - Výše investičních výdajů
- Technická kritéria
 - Složitost obsluhy, údržby
- Environmentální kritéria
 - Ekologičnost

Jako první kritérium byla zvolena doba návratnosti, díky které je možné určit okamžik, kdy se celá vstupní investice zaplatí, a od tohoto bodu budou náklady tvořit pouze náklady na provoz RD a ostatní roční výdaje jako jsou například revize zařízení a komína. Energetická koncepce, která dosáhne nejkratší doby návratnosti, bude právě tou nejvýhodnější variantou. Dalším hlediskem, nad kterým je nutno se pozastavit je, zda bude vypočtená doba návratnosti, menší nebo rovna životnosti samotného zdroje zvolené varianty. Pokud tomu tak není, investice se nám nikdy nemůže vrátit.

Druhým ekonomickým kritériem jsou průměrné roční provozní náklady. Zmíněné kritérium nejdůležitější, protože se jedná o výdaje na provoz (spotřeba energie, údržba, revize), které v případě neschopnosti splácet znamenají nefunkčnost zdrojů vytápění.

Třetím kritériem jsou výše investičních nákladů. V případě fyzické osoby se, jedná o nemalý jednorázový výdaj, pokud by došlo, u této FO k omezenému množství disponibilních prostředků, může se výše investičních výdajů stát diskvalifikačním kritériem při rozhodování mezi jednotlivými variantami.

Technickým kritériem je složitost obsluhy, údržby. Složitost obsluhy a údržby patří rovněž mezi významnější kritéria, jelikož zohledňuje za a) složitost obsluhy zařízení, např. frekvenci obsluhy (naplnění zásobníku peletek) a za b) složitost údržby (pravidelná revize technikem, případně možnost svépomoci).

Posledním environmentálním kritériem je ekologičnost, které se vypočítá jako svázaná primární energie. Při investičním rozhodování, hraje ekologičnost nejmenší roli.

6.10.2 Stanovení vah pomocí bodové metody

Váhy byly zvoleny dle bodovací metody. Jelikož se v diplomové práci jedná, především o zhodnocení ekonomické, přidělila jsem 70% ekonomickým kritériím, 25% technickému kritériu a pouhých 5% environmentálnímu kritériu.

Ekonomická kritéria jsem ohodnotila celkem 70 body, největší důraz je kladen na kritérium průměrných ročních provozních nákladů, které jsem obodovala 35 body. Další kritérium, dobu návratnosti jsem obodovala 25 body a poslední ekonomické kritérium výše investičních výdajů jsem ohodnotila 10 body, jelikož toto kritérium považuji za nejméně důležité.

Technické kritérium složitost obsluhy, údržby jsem ohodnotila 25 body stejně jako dobu návratnosti, jelikož si myslím, že je toto kritérium neméně důležité.

Poslední kritérium bylo oceněno 5 body, protože z pohledu investora není kritérium až tak významné.

	Kritéria hodnocení	Body	Váhy
1.	Doba návratnosti	25	0,25
2.	Průměrné roční provozní náklady	35	0,35
3.	Výše investičních výdajů	10	0,1
4.	Složitost obsluhy, údržby	25	0,25
5.	Ekologičnost	5	0,05
	celkem	100	1

6.10.3 Hodnocení jednotlivých kritérií

1. Doba návratnosti

Tabulka 21: Hodnocení criteria doby návratnosti

Varianta	Počet let	Ohodnocení
A	REF	4
B	16,06	3
C	6,68	1
D	15,06	2

Zdroj: Autorská práce

Pro jednotlivé varianty bylo zvoleno ohodnocení od 1-4, nejlepší výsledek představuje číslice 1, naopak číslice 4 znamená nejhorší variantu. Jako referenční varianta byla zvolena varianta A.

2. Průměrné roční provozní náklady

Tabulka 22: Hodnocení criteria roční provozní náklady

Varianta	Kč	Ohodnocení
A	32 889	4
B	31 324	3
C	27 968	1
D	31 079	2

Zdroj: Autorská práce

3. Výše investičních výdajů

Tabulka 23: Hodnocení criteria výše investičních výdajů

Varianta	Kč	Ohodnocení
A	249 603	4
B	224 461	3
C	216 725	1
D	222 347	2

Zdroj: Autorská práce

4. Složitost obsluhy, údržby

Složitost obsluhy, údržby jsem ohodnotila číslicemi od 1-4, přičemž číslice 1 znamená nejméně náročnou obsluhu a naopak číslo 4 znamená velmi náročnou obsluhu a údržbu. Varianta B (krbová kamna s výměníkem, FV systém) ohodnocena nejnáročnějším stupněm obsluhy tedy číslem 4. Varianta je nejnáročnější z důvodu mechanického přikládání dřeva. Jako druhá nejnáročnější varianta byla zvolena varianta

C (peletový kotel). U peletového kotle je automatický dopravník na pelety, není tedy zapotřebí mechanického přikládání do kotle, ale je zde zase finanční a časová náročnost z hlediska opatrování pelet a nutnost skladovacího. Druhá nejméně náročná varianta je varianta A, kde se jedná o elektrokotel a solární kolektory. Elektrokotel nevyžaduje téměř žádnou obsluhu, ale musíme zde přičíst i obsluhu a údržbu druhého systému. Nejméně náročná varianta na obsluhu byla zvolena varianta D (plynový kondenzační kotel).

Tabulka 24: Hodnocení criteria složitosti obsluhy, údržby

Varianta	Stupeň složitosti obsluhy, údržby
A	2
B	4
C	3
D	1

Zdroj: Autorská práce

5. Ekologičnost

Tabulka 25: Hodnocení ekologického kritéria

Varianta	kWh
A	38 910
B	9 208
C	1 043
D	21 789

Zdroj: Autorská práce

Environmentální kritérium bylo ohodnoceno na základě spotřeby primární svázané energie, která je vypočtena jako součin faktoru energetické přeměny daného zdroje a jeho skutečné spotřeby v kWh.

6.10.4 Metoda váženého součtu (WSA)

WSA je metoda, která předpokládá lineární funkci užitku. Je nutné mít kardinální informace o jednotlivých kritériích a jejich váhách, které se zadají do kardinální matice.

Tabulka 26: Výběr optimální variant metody váženého součtu

	K1	K2	K3	K4	K5
Varianta A	4	4	4	2	38 910
Varianta B	3	3	3	4	9 208
Varianta C	1	1	1	3	10 430
Varianta D	2	2	2	1	21 789

Váhy	0,25	0,35	0,1	0,25	0,05
dj	4	4	4	4	38 910
hj-dj	-3	-3	-3	-3	-29 702

	K1	K2	K3	K4	K5	u Varianty
u Varianty A	0	0	0	0,666667	0	0,66667
u Varianty B	0,333333	0,333333	0,333333	0	1	0,28333
u Varianty C	1	1	1	0,333333	0,958858	0,83128
u Varianty D	0,666667	0,666667	0,666667	1	0,576426	0,74549

Zdroj: Autorská práce

Varianta C > Varianta D > Varianta A > Varianta B

Dle metody váženého součtu vyšla jako optimální varianta C, která má užitek 0,83128, protože ve třech kritériích získala nejlepší ohodnocení tedy číslo 1. Druhá nejlepší varianta D s užitekem 0,74549. Třetí nejlepší variantou se stala varianta A, která měla užitek 0,66667 i přesto, že disponuje nejvyššími provozními ročními náklady, nevyšší výší investičních nákladů a s nejdelší dobou návratnosti. Jako nejméně vyhovující varianta vyšla varianta B s užitekem 0,28333, která měla nejsložitější obsluhu, vysoké investiční výdaje i roční provozní náklady a dlouhou dobu návratnosti.

7 Závěr

Hlavním cílem diplomové práce bylo navrhnout celkovou energetickou koncepci zvoleného rodinného domu a poté vyhodnotit ekonomicky investiční záměr dané technologie. Hlavního cíle je dosaženo pomocí následujících dílčích cílů: 1) Technická specifikace vybrané budovy; 2) Návrh alternativní energetické koncepce; 3) Komparace specifikovaných variant; 4) Ekonomické zhodnocení provedené koncepce; 5) Výběr optimální varianty.

Koncepce reálného nízkoenergetického domu

Pro tuto práci byl vybrán rodinný dům v obci Zvěstov, který byl navržen jako nízkoenergetický dům. V praktické části jsem uplatnila postup pro výpočet energetické náročnosti budovy na mnou zvolený rodinný dům v obci Zvěstov. Zvolený dům byl z výsledku výpočtů zařazen do kategorie nízkoenergetických budov. K dalšímu kroku bylo možno přistoupit až po výpočtu energetické náročnosti domu. Jednalo se o volbu technického zařízení s výběrem vhodného energetického zdroje.

Technická specifikace dané budovy

Dům má obdélníkový půdorys, je jednopodlažní a není podsklepen. U navrženého řešení novostavby jsou vysoké požadavky kladeny především na ekologičnost a úspornost provozu domu z hlediska spotřeby energií a produkování odpadů. Pro výpočet energetické náročnosti RD byl zvolen program Energie 2013, pro určení součinitele prostupu tepla obálkou budovy program Protech. Vypočítaná měrná potřeba tepla na vytápění budovy (program Energie 2013) ve výši $41 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$, představuje tepelně-izolační vlastnosti RD. Dle výsledné hodnoty měrné potřeby tepla lze budovu zařadit do skupiny nízkoenergetických domů, která má $Q < 50 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$. Měrná spotřeba energie budovy je u všech navrhovaných variant v rozmezí od $51 - 97 \text{ kWh}/\text{m}^2$ a tím jsou splněny podmínky pro zařazení budovy do kategorie B, což jsou úsporné domy.

Návrh alternativní energetické koncepce

Celkem byly navrženy čtyři energetické koncepce (elektrokotel + solární kolektory, krbová kamna s výměníkem + fotovoltaické panely, peletový kotel a plynový kondenzační kotel), které představily různorodou škálu pro využití obnovitelných zdrojů energie např. sluneční energie, biomasa a neobnovitelných zdrojů jako je např. plyn a

elektřina. Do práce byly zahrnuty neobnovitelné zdroje energie proto, aby bylo možno zjistit užitečnost instalace zařízení využívajících právě jmenované zdroje energie. U všech variant byla zvolena elektrická energie, protože je nepostradatelná u spotřebičů a pro pomocnou energii čerpadel.

Komparace specifikovaných variant

V práci byla při výpočtu optimální varianty použita metoda vícekriteriální analýzy (rozhodování spočívá ve zpracování dostupných informací o variantách a sledovaných cílech).

Obecný postup vícekriteriální analýzy variant se skládá z:

Vytvoření soustavy kritérií hodnocení

Stanovení vah kritérií

Stanovení vzorových hodnot kritérií

Hodnocení dosažených výsledků variant

Posouzení rizik

Výběr nejvhodnější varianty

V souladu s obecným postupem bylo např. stanoveno pět důležitých kritérií pro posouzení vhodné ekonomické / energetické koncepce: doba návratnosti, roční provozní náklady, výše investičních výdajů, složitost obsluhy, údržby a ekologičnost.

Ekonomické zhodnocení provedené koncepce

Ekonomická kritéria

- Doba návratnosti – varianta „C“, ohodnocení „1“
 - Průměrné roční provozní náklady – varianta „C“, ohodnocení „1“
 - Výše investičních výdajů – varianta „C“, ohodnocení „1“
-
- Pro jednotlivé varianty bylo zvoleno ohodnocení 1- 4. Nejlepší výsledek představuje 1. Jako referenční varianta byla zvolena varianta A.
 - Z čistě ekonomického hlediska a na základě souvisejících kritérií byla jako nejvhodnější určena varianta „C“ = peletový kotel.

- **Výběr optimální varianty**

Dle metody váženého součtu vyšla jako optimální varianta C, která má užitek 0,83128, protože ve třech kritériích získala nejlepší ohodnocení tedy číslo 1. Druhá nejlepší varianta D s užitekem 0,74549. Třetí nejlepší variantou se stala varianta A, která měla užitek 0,66667 i přesto, že disponuje nejvyššími provozními ročními náklady, nevyšší výší investičních nákladů a s nejdelší dobou návratnosti. Jako nejméně vyhovující varianta vyšla varianta B s užitekem 0,28333, která měla nejsložitější obsluhu, vysoké investiční výdaje i roční provozní náklady a dlouhou dobu návratnosti.

8 Seznam použitých zdrojů

Literatura

- BROŽ, Karel, *Vytápění*, 2. vydání, Praha: Česká technika – nakladatelství ČVUT, 2006, 205 s. ISBN:80-010-2536-5
- BROŽOVÁ, H. a kol., *Modely pro vícekriteriální rozhodování*, 1. vydání, Praha: Česká zemědělská univerzita V Praze, 2003. 172 s. ISBN: 978-80-213-1019-3
- FRIDRICH, J., KORYTÁROVÁ, J., PUCHÝŘ B., *Ekonomika investic*. Brno: Cerm, 2002. ISBN 80-214-2089-8.
- GAUBER, G, RUBINOVÁ O., HORKÁ H.: *Vzduchotechnika*, 2. vydání, nakladatelství ERA, Brno, 2007, 262 s. ISBN: 978-80-7366-091-8
- INGO, G., HEINZ L. a kol.: *Od staré stavby k nízkoenergetickému a pasivnímu domu*, 1. české vydání, nakladatelství HEL, 2013, 259 s. ISBN: 978-80-86167-30-5
- KAŇKA, Jan, SVOBODA Zbyněk, *Stavební fyzika 31*, 1. vydání, Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004. 122 s. ISBN: 80-01-02861-5
- NAGY, E, *Nízkoenergetický a energetický pasivní dům*, Bratislava: Jaga Group, 2009, 207 s. ISBN: 978-80-8076-077-9
- STEIN, Benjamin. *Building technology: mechanical and electrical systems*. 2nd ed. New York: John Wiley & Sons, c1997. ISBN 0-471-59319-2.
- RUBINOVÁ, O., RUBIN, A., *Klimatizace a větrání*. 1. vyd. Brno: ERA group, 2004. Stavíme. ISBN 80-86517-30-6.
- TYWONIAK, J. a kolektiv: *Nízkoenergetické domy 2, principy a příklady*, 1. vydání, nakladatelství Grada Publishing, a.s., Praha, 2008, 204 s. ISBN: 978-80-247-2061-6
- TYWONIAK J.: *Nízkoenergetické domy, principy a příklady*, 1. vydání, nakladatelství Grada Publishing, a.s., Praha, 2005, 200 s. ISBN: 80-247-1101-X

Internetové zdroje

- BOHUSLÁVEK, Petr, 2014 [Online] [cit.19.3.2016] Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/10986-nova-zelena-usporam-prehledne#kapitola>

CIHLÁŘ, J., HAZUCHA J., *Úsporné zdroje energie*, Brno: Centrum pasivního domu, 2007 [Online]. [cit. 17.3.2016] Dostupné z: http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/08_usporne_zdroje_energie.pdf

EKOWATT, *Ztráty prostupem stěnami*, 2008[Online][cit.10.10.2014]Dostupné z: EKOWATT, 2008 [Online] [cit.10.10.2014] Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/uspory/ztraty-postupem-stenami.shtml>

EKOWATT, *Energetická bilance*, 2008 [Online] [cit.10.10.2014] Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/uspory/energeticka-bilance-domu.shtml>

ENERGETICKÁ AGENTURA VYSOČINY, 2014[Online] [cit. 24.8.2014]Dostupné z: https://www.kr-vysocina.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=450008&id_dokumenty=4058562

ENERGETICKÝ PORADCE PRE: Orientační hodnoty spotřeby, [Online]. Dostupné z: <https://www.premereni.cz/Files/sluzby/pujcovani-mericich-zarizeni/meric-spotreby-elektriny/orientacni-hodnoty-spotreby-domacich-spotrebicu/>

FAKTORSOLAR, [Online] [cit. 10.10.2014], Dostupné z: <http://www.factorsolar.cz/data/schema.jpg>

HÁJEK, Petr, *Udržitelná výstavba budov a její uplatnění ve střední Evropě*, 2007[Online]. [cit. 15.9.2015] Dostupné z: http://www.casopisstavebnictvi.cz/udrzitelna-vystavba-budov-a-jeji-uplatnovani-ve-stredni-evrope_N465

KORVINY, Petr, *Teoretické základy vícekritériálního rozhodování*. [Online]. [cit. 13.11.2014] Dostupné z: http://korviny.cz/mca7/soubory/teorie_mca.pdf

NOVÁ ZELENÁ ÚSPORÁM, [Online] [cit. 20.3.2016] Dostupné z: <http://www.novazelenausporam.cz/zadatele-o-dotaci/rodinne-domy/3-vyzva-rodinne-domy/>

PASIVNÍ-STAVBY, [Online] [cit. 10.10.2014], Dostupné z: <http://www.pasivni-stavby.com/pasivni-stavby.htm#2>

STUPAVSKÝ, Vladimír, *Novela zákona o ochraně ovzduší*, 2013 [Online] [cit. 20.3.2016] Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9515-novela-zakona-o-ochrane-ovzdusi>

SVOBODA, *Software Energie 2015*, [Online] [cit.23.1.2016] Dostupné z: <http://kcad.cz/cz/stavebni-fyzika/tepelna-technika/energie/>

ŠUSTOVÁ, Petra, *Optimální volby zdroje - porovnání nákladů na vytápění - II. díl*, 2007 [Online]. [cit. 1.9.2014] Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/4469-optimalni-volby-zdroje-porovnani-nakladu-na-vytapeni-ii-dil>

V AŠÍČEK, Jiří, *Zásady ekonomického hodnocení energetických projektů*, 2005 [Online] [cit. 13.10.2014], Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/2565-zasady-ekonomickeho-hodnoceni-energetickych-projektu>

TZB-INFO, [Online] [cit. 8.10.2014] Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>

ZILVAR J., STUPAVSKÝ V., *Kotlíková dotace 2015-2020: podmínky a podrobnosti*, 2015 [Online] [cit. 20.3.2016] Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/12985-kotlikova-dotace-2015-2020-podminky-a-podrobnosti>

9 Přílohy

Příloha 1: Výstup z program Energie

VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2

a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370

Energie 2013

Název úlohy:
Zpracovatel: A. Bendiková
Zakázka:
Datum: 17.01.2016

ZADANÉ OKRAJOVÉ PODMÍNKY:

Počet zón v budově: 1
Počet osob v budově dle NZÚ 2013: 4,2
Typ výpočtu potřeby energie: měsíční (pro jednotlivé měsíce v roce)

Okrajové podmínky výpočtu:

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m ²]				
			Sever	Jih	Východ	Západ	Horizont
leden	31	-1,3 C	29,5	123,1	50,8	50,8	74,9
únor	28	-0,1 C	48,2	184,0	91,8	91,8	133,2
březen	31	3,7 C	91,1	267,8	168,8	168,8	259,9
duben	30	8,1 C	129,6	308,5	267,1	267,1	409,7
květen	31	13,3 C	176,8	313,2	313,2	313,2	535,7
červen	30	16,1 C	186,5	272,2	324,0	324,0	526,3
červenec	31	18,0 C	184,7	281,2	302,8	302,8	519,5
srpen	31	17,9 C	152,6	345,6	289,4	289,4	490,3
září	30	13,5 C	103,7	280,1	191,9	191,9	313,6
říjen	31	8,3 C	67,0	267,8	139,3	139,3	203,4
listopad	30	3,2 C	33,8	163,4	64,8	64,8	90,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	104,4	40,3	40,3	53,6

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m ²]			
			SV	SZ	JV	JZ
leden	31	-1,3 C	29,5	29,5	96,5	96,5
únor	28	-0,1 C	53,3	53,3	147,6	147,6
březen	31	3,7 C	107,3	107,3	232,9	232,9
duben	30	8,1 C	181,4	181,4	311,0	311,0
květen	31	13,3 C	235,8	235,8	332,3	332,3
červen	30	16,1 C	254,2	254,2	316,1	316,1
červenec	31	18,0 C	238,3	238,3	308,2	308,2
srpen	31	17,9 C	203,4	203,4	340,2	340,2
září	30	13,5 C	127,1	127,1	248,8	248,8
říjen	31	8,3 C	77,8	77,8	217,1	217,1
listopad	30	3,2 C	33,8	33,8	121,7	121,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	21,6	83,2	83,2

PARAMETRY JEDNOTLIVÝCH ZÓN V BUDOVĚ :

PARAMETRY ZÓNY Č. 1 :

Základní popis zóny

Název zóny: obytná
Typ zóny pro určení Uem,N: nová obytná budova
Typ zóny pro refer. budovu: rodinný dům
Typ hodnocení: nová budova

Objem z vnějších rozměrů: 512,71 m³
Podlah. plocha (celková vnitřní): 169,27 m²
Celk. energet. vztažná plocha: 186,44 m²

Účinná vnitřní tepelná kapacita: 165,0 kJ/(m².K)

Vnitřní teplota (zima/léto):	20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená:	ano / ne
Typ vytápění:	nepřerušované
Regulace otopné soustavy:	ano
Průměrné vnitřní zisky:	397 W
..... odvozeny pro	<ul style="list-style-type: none"> - produkci tepla: 1,5+3,0 W/m² (osoby+spotřebiče) - časový podíl produkce: 70+20 % (osoby+spotřebiče) - zohlednění spotřebičů: jen zisky
	<ul style="list-style-type: none"> - minimální přípustnou osvětlenost: 50,0 lx - příkon osvětlení: 407,8 W - prům. účinnost osvětlení: 10 % - spotřebu nouzového osvětlení: 0,0 kWh/(m².a) - čísel obsazenosti 1,0 a závislosti na denním světle 1,0 - roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci: 1600 / 1200 h - další tepelné zisky: 0,0 W
Teplo na přípravu TV:	7204,23 MJ/rok
..... odvozeno pro	<ul style="list-style-type: none"> - roční potřebu teplé vody: 38,3 m³ - teplotní rozdíl pro ohřev: (55,0 - 10,0) C
Zpětně získané teplo mimo VZT:	0,0 MJ/rok

Zdroje tepla na vytápění v zóně

Vytápění je zajištěno VZT:	ne
Účinnost sdílení/distribuce:	88,0 % / 89,0 %
Název zdroje tepla:	elektrokotel (podíl 100,0 %)
Typ zdroje tepla:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost výroby tepla:	96,0 %
Příkon čerpadel vytápění:	0,0 W
Příkon regulace/emise tepla:	0,0 / 0,0 W

Zdroje tepla na přípravu TV v zóně

Název zdroje tepla:	el. bojler (podíl 100,0 %)
Typ zdroje přípravy TV:	obecný zdroj tepla (např. kotel)
Účinnost zdroje přípravy TV:	94,0 %
Objem zásobníku TV:	200,0 l
Měrná tep. ztráta zásobníku TV:	4,7 Wh/(l.d)
Délka rozvodů TV:	27,1 m
Měrná tep. ztráta rozvodů TV:	44,7 Wh/(m.d)
Příkon čerpadel distribuce TV:	0,0 W
Příkon regulace:	0,0 W

Solární systémy v zóně

Typ prvku	Plocha [m ²]	Typ	Účinnost [%]	Orientace/sklon	Čísel stínění
kolektor	12,0	---	50,0	Východ / 45,0	1,0

Objem solárního zásobníku:	200,0 l
Měrná tepelná ztráta solárního zásobníku:	4,7 Wh/(l.d)
Délka rozvodů solární soustavy:	27,1 m
Měrná tep. ztráta rozvodů solární soustavy:	44,7 Wh/(m.d)
Typ výpočtu produkce energie kolektory:	s využitím prům. účinnosti kolektorů

Měrný tepelný tok větráním zóny č. 1 :

Objem vzduchu v zóně:	410,168 m ³
Podíl vzduchu z objemu zóny:	80,0 %
Typ větrání zóny:	přirozené
Minimální násobnost výměny:	0,3 1/h
Návrhová násobnost výměny:	0,3 1/h
Měrný tepelný tok větráním Hv:	40,607 W/K

Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 1 a exteriérem :

Název konstrukce	Plocha [m ²]	U [W/m ² K]	b [-]	H,T [W/K]	U,N [W/m ² K]
ob. stěny	165,77	0,190	1,00	31,496	0,300
střecha	57,82	0,156	1,00	9,020	0,240
S1	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
Z	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
J	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
J1	1,8 (0,9x2,0 x 1)	0,900	1,00	1,620	1,500
V	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
Z1	2,25 (0,9x1,25 x 2)	0,900	1,00	2,025	1,500

V1 1,6 (0,8x2,0 x 1) 0,900 1,00 1,440 1,500
 Vysvětlivky: U je součinitel prostupu tepla konstrukce; b je činitel teplotní redukce; H,T je měrný tok prostupem tepla a U,N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540-2.

Vliv tepelných vazeb je ve výpočtu zahrnut přibližně součinem (A * DeltaU,tbm).
 Průměrný vliv tepelných vazeb DeltaU,tbm: 0,05 W/m2K

Měrný tok prostupem do exteriéru plošnými konstrukcemi Hd,c: 59,101 W/K
 a příslušnými tepelnými vazbami Hd,tb: 12,212 W/K

Měrný tepelný tok prostupem zeminou u zóny č. 1 :

1. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce: podlaha
 Tepelná vodivost zeminy: 2,0 W/mK
 Plocha podlahy: 93,22 m2
 Expozovaný obvod podlahy: 39,4 m
 Součinitel vlivu spodní vody Gw: 1,0
 Typ podlahové konstrukce: podlaha na terénu
 Tloušťka obvodové stěny: 0,3 m
 Tepelný odpor podlahy: 4,029 m2K/W
 Přídavná okrajová izolace: není
 Souč. prostupu mezi interiérem a exteriérem U: 0,183 W/m2K
 Ustálený měrný tok zeminou Hg: 17,041 W/K
 Kolísání ekv. měsíčních měrných toků Hg,m: od 13,358 do 55,597 W/K
 stanoveno pro periodické toky Hpi / Hpe: 17,787 / 8,981 W/K
 Celkový ustálený měrný tok zeminou Hg: 17,041 W/K
 a příslušnými tep. vazbami Hg,tb: 4,661 W/K
 Kolísání celk. ekv. měsíčních měrných toků Hg,m: od 13,358 do 55,597 W/K

Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory u zóny č. 1 :

1. nevytápěný prostor

Název nevytápěného prostoru: půda
 Objem vzduchu v prostoru: 51,82 m3
 Násobnost výměny do interiéru: 0,0 1/h
 Násobnost výměny do exteriéru: 0,0 1/h

Název konstrukce	Plocha [m2]	U [W/m2K]	Umístění
strop	56,64	0,156	do interiéru
střecha	70,8	2,910	do exteriéru

Tepelná propustnost H,t,iu: 8,836 W/K
 Tepelná propustnost H,t,ue: 206,028 W/K
 Měrný tok Hiu (z interiéru do nevytápěného prostoru): 8,836 W/K
 Měrný tok Hue (z nevytápěného prostoru do exteriéru): 206,028 W/K
 Parametr b dle EN ISO 13789: 0,959

Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu: 8,472 W/K
 a příslušnými tep. vazbami Hu,tb: 2,832 W/K

Solární zisky stavebními konstrukcemi zóny č. 1 :

Název konstrukce	Plocha [m2]	g/alfa [-]	Fgl/Ff [-]	Fc,h/Fc,c [-]	Fs [-]	Orientace
S1	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	S (90 st.)
Z	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
J	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
J1	1,8	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
V	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)
Z1	2,25	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
V1	1,6	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)

Vysvětlivky: g je propustnost slunečního záření zasklení v průsvitných konstrukcích; alfa je pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu neprůsvitných konstrukcí; Fgl je korekční činitel zasklení (podíl plochy zasklení k celkové ploše okna); Ff je korekční činitel rámu (podíl plochy rámu k celk. ploše okna); Fc,h je korekční činitel clonění pohyblivými clonami pro režim vytápění; Fc,c je korekční činitel clonění pro režim chlazení a Fs je korekční činitel stínění nepohyblivými částmi budovy a okolní zástavbou.

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	711,9	1165,5	1945,2	2717,2	3096,8	3062,0
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	2959,8	3001,3	2141,7	1723,3	918,6	580,5

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :

VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :

Název zóny: obytná
 Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C
 Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne
 Regulace otopné soustavy: ano

Měrný tepelný tok větráním Hv: 40,607 W/K
 Měrný tok prostupem do exteriéru Hd a celkový
 měrný tok prostupem tep. vazbami H,tb: 78,806 W/K
 Ustálený měrný tok zeminou Hg: 17,041 W/K
 Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu: 8,472 W/K
 Měrný tok Trombeho stěnami H,tw: ---
 Měrný tok větranými stěnami H,vw: ---
 Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti: ---
 Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHT: ---
Výsledný měrný tok H: 144,927 W/K

Potřeba tepla na vytápění po měsících:

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,sol[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	Q,H,nd[GJ]
1	8,058	1,226	0,712	1,938	0,999	100,0	6,122
2	6,881	1,030	1,165	2,196	0,997	100,0	4,692
3	6,225	1,075	1,945	3,020	0,982	100,0	3,261
4	4,463	0,982	2,717	3,700	0,888	100,0	1,177
5	2,706	0,968	3,097	4,065	0,624	7,3	0,167
6	1,625	0,922	3,062	3,984	0,408	0,0	---
7	0,983	0,952	2,960	3,912	0,251	0,0	---
8	1,020	0,968	3,001	3,969	0,257	0,0	---
9	2,548	0,988	2,142	3,130	0,723	47,7	0,284
10	4,539	1,072	1,723	2,795	0,955	100,0	1,869
11	6,202	1,101	0,919	2,020	0,996	100,0	4,190
12	7,398	1,219	0,580	1,800	0,999	100,0	5,600

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty; Q,int jsou vnitřní tepelné zisky; Q,sol jsou solární tepelné zisky; Q,gn jsou celkové tepelné zisky; Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků; fH je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 27,362 GJ

Produkce energie sol. systémy a kogenerací po měsících:

Měsíc	Q,SC,ini[GJ]	Q,SC,W[GJ]	Q,SC,ht[GJ]	Q,PV,el[GJ]	Q,CHP,el[GJ]	Q,r [GJ]
1	0,417	0,142	0,035	---	---	---
2	0,741	0,419	0,105	---	---	---
3	1,397	0,840	0,317	---	---	---
4	2,207	0,833	1,142	---	---	---
5	2,780	0,840	0,214	---	---	---
6	2,814	0,833	---	---	---	---
7	2,700	0,840	---	---	---	---
8	2,555	0,840	---	---	---	---
9	1,633	0,833	0,362	---	---	---
10	1,108	0,840	0,027	---	---	---
11	0,497	0,212	0,053	---	---	---
12	0,322	0,065	0,016	---	---	---

Vysvětlivky: Q,SC,ini je celková výchozí produkce energie solárními kolektory před odečtením ztrát energie, ke kterým dochází v rozvodech solární soustavy a v solárním akumulacním zásobníku; Q,SC,W je produkce energie solárními kolektory použitá pro přípravu TV; Q,SC,ht je produkce energie solárními kolektory použitá pro vytápění; Q,PV,el je produkce elektřiny fotovoltaickým systémem; Q,CHP,el je produkce elektřiny kogeneračními jednotkami a Q,r je zpětně získané teplo např. z odpadů.

Energie dodaná do zóny po měsících:

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	8,141	---	---	---	0,885	0,531	0,134	9,691
2	6,236	---	---	---	0,843	0,394	0,121	7,594
3	4,323	---	---	---	0,840	0,363	0,134	5,661
4	1,518	---	---	---	0,833	0,287	0,130	2,768
5	0,214	---	---	---	0,840	0,244	0,056	1,354
6	---	---	---	---	0,833	0,220	0,013	1,066
7	---	---	---	---	0,840	0,227	0,016	1,083
8	---	---	---	---	0,840	0,244	0,018	1,102
9	0,362	---	---	---	0,833	0,294	0,111	1,599

10	2,485	---	---	---	0,840	0,360	0,134	3,819
11	5,570	---	---	---	0,872	0,419	0,130	6,991
12	7,448	---	---	---	0,890	0,524	0,134	8,995

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinnosti technických systémů.

Celková roční dodaná energie Q.fuel: 51,723 GJ

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny

Měrný tepelný tok prostupem obálkou zóny Ht: 104,3 W/K
Plocha obalových konstrukcí zóny: 394,1 m²

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20: 0,37 W/m²K

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny U.em: 0,26 W/m²K

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELOU BUDOVU :

Faktor tvaru budovy A/V: 0,77 m²/m³

Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Plocha [m ²]	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	---	144,927	100,00 %
z toho:	Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	---	40,607	28,02 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	17,041	11,76 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	8,472	5,85 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:	---	19,705	13,60 %
	Měrný tok do ext. plošnými kcemí Hd,c:	---	59,101	40,78 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:				
	Obvodová stěna:	165,8	31,496	21,73 %
	Střecha:	114,5	17,492	12,07 %
	Podlaha:	93,2	17,041	11,76 %
	Otvorová výplň:	20,7	18,585	12,82 %
	Měrný tok speciálními konstrukcemi dH:	0,0	0,000	0,00 %

Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc: 144,927 W/K
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 512,7 m³
Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994): 0,28 W/m³K
Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997): 20,8 kWh/(m³.a)

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu budovy lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht: 104,3 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy: 394,1 m²

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20: 0,37 W/m²K

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U.em: 0,26 W/m²K

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy: 27,362 GJ 7,601 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 512,7 m³
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 186,4 m²
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m³): 14,8 kWh/(m³.a)

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 41 kWh/(m².a)

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3959.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinnosti systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Produkce energie sol. systémy a kogenerací v budově a její využití v energ. bilanci

Měsíc	Q,SC,W[GJ]	Q,SC,ht[GJ]	Q,MAX,el[GJ]	Q,PV,el[GJ]		Q,CHP,el[GJ]		Q,r [GJ]
				k dispozici	využito	k dispozici	využito	
1	0,142	0,035	19,382	---	---	---	---	---
2	0,419	0,105	15,188	---	---	---	---	---
3	0,840	0,317	11,322	---	---	---	---	---
4	0,833	1,142	5,535	---	---	---	---	---
5	0,840	0,214	2,708	---	---	---	---	---
6	0,833	---	2,132	---	---	---	---	---
7	0,840	---	2,166	---	---	---	---	---
8	0,840	---	2,205	---	---	---	---	---
9	0,833	0,362	3,199	---	---	---	---	---
10	0,840	0,027	7,638	---	---	---	---	---
11	0,212	0,053	13,982	---	---	---	---	---
12	0,065	0,016	17,990	---	---	---	---	---

Vysvětlivky: Q,SC,W je produkce energie solárními kolektory použitá pro přípravu teplé vody; Q,SC,ht je produkce energie solárními kolektory použitá pro vytápění; Q,MAX,el je maximální započitatelná produkce exportované elektřiny (omezení v rámci výpočtu primární energie); Q,PV,el je produkce elektřiny fotovoltaickým systémem (celková i využitá při výpočtu primární energie); Q,CHP,el je produkce elektřiny kogeneračními jednotkami (celková i využitá při výpočtu primární energie) a Q,r je zpětně získané teplo např. z odpadů.

Celková energie dodaná do budovy

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	8,141	---	---	---	0,885	0,531	0,134	9,691
2	6,236	---	---	---	0,843	0,394	0,121	7,594
3	4,323	---	---	---	0,840	0,363	0,134	5,661
4	1,518	---	---	---	0,833	0,287	0,130	2,768
5	0,214	---	---	---	0,840	0,244	0,056	1,354
6	---	---	---	---	0,833	0,220	0,013	1,066
7	---	---	---	---	0,840	0,227	0,016	1,083
8	---	---	---	---	0,840	0,244	0,018	1,102
9	0,362	---	---	---	0,833	0,294	0,111	1,599
10	2,485	---	---	---	0,840	0,360	0,134	3,819
11	5,570	---	---	---	0,872	0,419	0,130	6,991
12	7,448	---	---	---	0,890	0,524	0,134	8,995

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinnosti technických systémů.

Dodané energie:

Vyp.spotřeba energie na vytápění za rok Q,fuel,H:	36,298 GJ	10,083 MWh	54 kWh/m2
Pomocná energie na vytápění Q,aux,H:	0,264 GJ	0,073 MWh	0 kWh/m2
Dodaná energie na vytápění za rok EP,H:	36,562 GJ	10,156 MWh	54 kWh/m2
Vyp.spotřeba energie na chlazení za rok Q,fuel,C:	---	---	---
Pomocná energie na chlazení Q,aux,C:	---	---	---
Dodaná energie na chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q,fuel,RH:	---	---	---
Pomocná energie na úpravu vlhkosti Q,aux,RH:	---	---	---
Dodaná energie na úpravu vlhkosti EP,RH:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na nucené větrání Q,fuel,F:	---	---	---
Pomocná energie na nucené větrání Q,aux,F:	---	---	---
Dodaná energie na nuc.větrání za rok EP,F:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na přípravu TV Q,fuel,W:	10,190 GJ	2,831 MWh	15 kWh/m2
Pomocná energie na přípravu teplé vody Q,aux,W:	0,864 GJ	0,240 MWh	1 kWh/m2
Dodaná energie na přípravu TV za rok EP,W:	11,055 GJ	3,071 MWh	16 kWh/m2
Vyp.spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q,fuel,L:	4,107 GJ	1,141 MWh	6 kWh/m2
Dodaná energie na osvětlení za rok EP,L:	4,107 GJ	1,141 MWh	6 kWh/m2
Celková roční dodaná energie Q,fuel=EP:	51,723 GJ	14,368 MWh	77 kWh/m2

Produkce energie:

Energie ze solárních kolektorů za rok Q,SC,e:	16,345 GJ	4,540 MWh	24 kWh/m2
z toho se v budově využije:	9,810 GJ	2,725 MWh	15 kWh/m2

(iž zahrnuto v dodané energii na přípravu teplé vody a případně i na vytápění - zde uvedeno jen informativně)

Měrná dodaná energie budovy

Celková roční dodaná energie:	14,368 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	186,4 m2

Měrná dodaná energie EP,V:

28,0 kWh/(m3.a)

Měrná dodaná energie budovy EP,A:

77 kWh/(m2.a)

Poznámka: Měrná dodaná energie zahrnuje veškerou dodanou energii včetně vlivů účinností tech. systémů.

Rozdělení dodané energie podle energonositelů, primární energie a emise CO2

Ergo- nositel	Faktory transformace			Vytápění				Teplá voda			
	f,pN	f,pC	f,CO2	MWh/a		t/a		MWh/a		t/a	
				Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	9,5	28,4	30,2	2,8	0,7	2,2	2,4	0,2
Slunce a jiná energie prostředí	0,0	1,0	0,0000	0,6	---	0,6	---	2,1	---	2,1	---
SOUČET				10,1	28,4	30,9	2,8	2,8	2,2	4,5	0,2

Ergo- nositel	Faktory transformace			Osvětlení				Pom.energie			
	f,pN	f,pC	f,CO2	MWh/a		t/a		MWh/a		t/a	
				Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	1,1	3,4	3,7	0,3	0,3	0,9	1,0	0,1
Slunce a jiná energie prostředí	0,0	1,0	0,0000	---	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				1,1	3,4	3,7	0,3	0,3	0,9	1,0	0,1

Ergo- nositel	Faktory transformace			Nuc.větrání				Chlazení			
	f,pN	f,pC	f,CO2	MWh/a		t/a		MWh/a		t/a	
				Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---	---
Slunce a jiná energie prostředí	0,0	1,0	0,0000	---	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				---	---	---	---	---	---	---	---

Ergo- nositel	Faktory transformace			Úprava RH				Export elektřiny		
	f,pN	f,pC	f,CO2	MWh/a		t/a		MWh/a		
				Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,el	Q,pN	Q,pC
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---
Slunce a jiná energie prostředí	0,0	1,0	0,0000	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				---	---	---	---	---	---	---

Vysvětlivky: f,pN je faktor neobnovitelné primární energie v kWh/kWh; f,pC je faktor celkové primární energie v kWh/kWh; f,CO2 je součinitel emisí CO2 v kg/kWh; Q,f je vypočtená spotřeba energie dodávaná na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,el je produkce elektřiny v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou s tím spojené emise CO2 v t/rok.

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q,f [MWh/a]	Q,pN [MWh/a]	Q,pC [MWh/a]	CO2 [t/a]
elektrina ze sítě	11,643	34,928	37,256	3,411
Slunce a jiná energie prostředí	2,725	---	2,725	---
SOUČET	14,368	34,928	39,981	3,411

Vysvětlivky: Q,f je energie dodaná do budovy příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou s tím spojené emise CO2 v t/rok.

Měrná primární energie a emise CO2 budovy

Emise CO2 za rok:	3,411 t	
Celková primární energie za rok:	39,981 MWh	143,933 GJ
Neobnovitelná primární energie za rok:	34,928 MWh	125,740 GJ
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	186,4 m2	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m3):	6,7 kg/(m3.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,V:	78,0 kWh/(m3.a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,V:	68,1 kWh/(m3.a)	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m2):	18 kg/(m2.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,A:	214 kWh/(m2.a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,A:	187 kWh/(m2.a)	

VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2

a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370

Energie 2013

Název úlohy:
Zpracovatel: A. Bendíková
Zakázka:
Datum: 17.01.2016

ZADANÉ OKRAJOVÉ PODMÍNKY:

Počet zón v budově: 1
Počet osob v budově dle NZÚ 2013: 4,2
Typ výpočtu potřeby energie: měsíční (pro jednotlivé měsíce v roce)

Okrajové podmínky výpočtu:

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m2]				Horizont
			Sever	Jih	Východ	Západ	
leden	31	-1,3 C	29,5	123,1	50,8	50,8	74,9
únor	28	-0,1 C	48,2	184,0	91,8	91,8	133,2
březen	31	3,7 C	91,1	267,8	168,8	168,8	259,9
duben	30	8,1 C	129,6	308,5	267,1	267,1	409,7
květen	31	13,3 C	176,8	313,2	313,2	313,2	535,7
červen	30	16,1 C	186,5	272,2	324,0	324,0	526,3
červenec	31	18,0 C	184,7	281,2	302,8	302,8	519,5
srpen	31	17,9 C	152,6	345,6	289,4	289,4	490,3
září	30	13,5 C	103,7	280,1	191,9	191,9	313,6
říjen	31	8,3 C	67,0	267,8	139,3	139,3	203,4
listopad	30	3,2 C	33,8	163,4	64,8	64,8	90,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	104,4	40,3	40,3	53,6

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m2]			
			SV	SZ	JV	JZ
leden	31	-1,3 C	29,5	29,5	96,5	96,5
únor	28	-0,1 C	53,3	53,3	147,6	147,6
březen	31	3,7 C	107,3	107,3	232,9	232,9
duben	30	8,1 C	181,4	181,4	311,0	311,0
květen	31	13,3 C	235,8	235,8	332,3	332,3
červen	30	16,1 C	254,2	254,2	316,1	316,1
červenec	31	18,0 C	238,3	238,3	308,2	308,2
srpen	31	17,9 C	203,4	203,4	340,2	340,2
září	30	13,5 C	127,1	127,1	248,8	248,8
říjen	31	8,3 C	77,8	77,8	217,1	217,1
listopad	30	3,2 C	33,8	33,8	121,7	121,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	21,6	83,2	83,2

PARAMETRY JEDNOTLIVÝCH ZÓN V BUDOVĚ :

PARAMETRY ZÓNY Č. 1 :

Základní popis zóny

Název zóny: obytná
Typ zóny pro určení Uem,N: nová obytná budova
Typ zóny pro refer. budovu: rodinný dům
Typ hodnocení: nová budova
Objem z vnějších rozměrů: 512,71 m3
Podlah. plocha (celková vnitřní): 169,27 m2
Celk. energet. vztažná plocha: 186,44 m2
Účinná vnitřní tepelná kapacita: 165,0 kJ/(m2.K)

Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C
 Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne
 Typ vytápění: nepřerušované
 Regulace otopné soustavy: ano
 Průměrné vnitřní zisky: 397 W
 odvozeny pro
 - produkci tepla: 1,5+3,0 W/m2 (osoby+spotřebiče)
 - časový podíl produkce: 70+20 % (osoby+spotřebiče)
 - zohlednění spotřebičů: jen zisky
 - minimální přípustnou osvětlenost: 50,0 lx
 - příkon osvětlení: 407,8 W
 - prům. účinnost osvětlení: 10 %
 - spotřebu nouzového osvětlení: 0,0 kWh/(m2.a)
 - čísel obsazenosti 1,0 a závislosti na denním světle 1,0
 - roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci: 1600 / 1200 h
 - další tepelné zisky: 0,0 W

Teplota na přípravu TV: 7204,23 MJ/rok
 odvozeno pro
 - roční potřebu teplé vody: 38,3 m3
 - teplotní rozdíl pro ohřev: (55,0 - 10,0) C

Zpětně získané teplo mimo VZT: 0,0 MJ/rok

Zdroje tepla na vytápění v zóně

Vytápění je zajištěno VZT: ne
 Účinnost sdílení/distribuce: 88,0 % / 89,0 %
 Název zdroje tepla: krbova kamna (podíl 100,0 %)
 Typ zdroje tepla: obecný zdroj tepla (např. kotel)
 Účinnost výroby tepla: 75,0 %
 Příkon čerpadel vytápění: 0,0 W
 Příkon regulace/emise tepla: 0,0 / 0,0 W

Zdroje tepla na přípravu TV v zóně

Název zdroje tepla: krbova kamna s výměníkem (podíl 100,0 %)
 Typ zdroje přípravy TV: obecný zdroj tepla (např. kotel)
 Účinnost zdroje přípravy TV: 75,0 %
 Objem zásobníku TV: 200,0 l
 Měrná tep. ztráta zásobníku TV: 4,7 Wh/(l.d)
 Délka rozvodů TV: 27,1 m
 Měrná tep. ztráta rozvodů TV: 44,7 Wh/(m.d)
 Příkon čerpadel distribuce TV: 0,0 W
 Příkon regulace: 0,0 W

Solární systémy v zóně

Typ prvku	Plocha [m2]	Typ	Účinnost [%]	Orientace/sklon	Čísel stínění
FV panel	10,0	---	7,0	Jih / 45,0	1,0

Měrný tepelný tok větráním zóny č. 1 :

Objem vzduchu v zóně: 410,168 m3
 Podíl vzduchu z objemu zóny: 80,0 %
 Typ větrání zóny: přirozené
 Minimální násobnost výměny: 0,3 1/h
 Návrhová násobnost výměny: 0,3 1/h
 Měrný tepelný tok větráním Hv: 40,607 W/K

Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 1 a exteriérem :

Název konstrukce	Plocha [m2]	U [W/m2K]	b [-]	H,T [W/K]	U,N [W/m2K]
ob. stěny	165,77	0,190	1,00	31,496	0,300
střecha	57,82	0,156	1,00	9,020	0,240
S1	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
Z	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
J	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
J1	1,8 (0,9x2,0 x 1)	0,900	1,00	1,620	1,500
V	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
Z1	2,25 (0,9x1,25 x 2)	0,900	1,00	2,025	1,500
V1	1,6 (0,8x2,0 x 1)	0,900	1,00	1,440	1,500

Vysvětlivky: U je součinitel prostupu tepla konstrukce; b je čísel teplotní redukce; H,T je měrný tok prostupem tepla a U,N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540-2.

Vliv tepelných vazeb je ve výpočtu zahrnut přibližně součinem (A * DeltaU,tbm).
 Průměrný vliv tepelných vazeb DeltaU,tbm: 0,05 W/m2K

Měrný tok prostupem do exteriéru plošnými konstrukcemi Hd,c: 59,101 W/K
 a příslušnými tepelnými vazbami Hd,tb: 12,212 W/K

Měrný tepelný tok prostupem zeminou u zóny č. 1 :

1. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce:	podlaha
Tepelná vodivost zeminy:	2,0 W/mK
Plocha podlahy:	93,22 m ²
Exponovaný obvod podlahy:	39,4 m
Součinitel vlivu spodní vody Gw:	1,0
Typ podlahové konstrukce:	podlaha na terénu
Tloušťka obvodové stěny:	0,3 m
Tepelný odpor podlahy:	4,029 m ² K/W
Přídavná okrajová izolace:	není
Souč. prostupu mezi interiérem a exteriérem U:	0,183 W/m ² K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,041 W/K
Kolísání ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 13,358 do 55,597 W/K
..... stanoven pro periodické toky Hpi / Hpe:	17,787 / 8,981 W/K
Celkový ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,041 W/K
..... a příslušnými tep. vazbami Hg,tb:	4,661 W/K
Kolísání celk. ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 13,358 do 55,597 W/K

Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory u zóny č. 1 :

1. nevytápěný prostor

Název nevytápěného prostoru:	půda		
Objem vzduchu v prostoru:	51,82 m ³		
Násobnost výměny do interiéru:	0,0 1/h		
Násobnost výměny do exteriéru:	0,0 1/h		
Název konstrukce	Plocha [m²]	U [W/m²K]	Umístění
strop	56,64	0,156	do interiéru
střecha	70,8	2,910	do exteriéru
Tepelná propustnost H,t,iu:	8,836 W/K		
Tepelná propustnost H,t,ue:	206,028 W/K		
Měrný tok Hiu (z interiéru do nevytápěného prostoru):	8,836 W/K		
Měrný tok Hue (z nevytápěného prostoru do exteriéru):	206,028 W/K		
Parametr b dle EN ISO 13789:	0,959		
Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu:	8,472 W/K		
..... a příslušnými tep. vazbami Hu,tb:	2,832 W/K		

Solární zisky stavebními konstrukcemi zóny č. 1 :

Název konstrukce	Plocha [m ²]	g/alfa [-]	Fgl/Ff [-]	Fc,h/Fc,c [-]	Fs [-]	Orientace
S1	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	S (90 st.)
Z	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
J	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
J1	1,8	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
V	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)
Z1	2,25	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
V1	1,6	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)

Vysvětlivky: g je propustnost slunečního záření zasklení v průsvitných konstrukcích; alfa je pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu neprůsvitných konstrukcí; Fgl je korekční činitel zasklení (podíl plochy zasklení k celkové ploše okna); Ff je korekční činitel rámu (podíl plochy rámu k celk. ploše okna); Fc,h je korekční činitel clonění pohyblivými clonami pro režim vytápění; Fc,c je korekční činitel clonění pro režim chlazení a Fs je korekční činitel stínění nepohyblivými částmi budovy a okolní zástavbou.

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	711,9	1165,5	1945,2	2717,2	3096,8	3062,0
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	2959,8	3001,3	2141,7	1723,3	918,6	580,5

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :

VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :

Název zóny: obytná
 Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C
 Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne
 Regulace otopné soustavy: ano

Měrný tepelný tok větráním Hv: 40,607 W/K
 Měrný tok prostupem do exteriéru Hd a celkový
 měrný tok prostupem tep. vazbami H,tb: 78,806 W/K
 Ustálený měrný tok zeminou Hg: 17,041 W/K
 Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu: 8,472 W/K
 Měrný tok Trombeho stěnami H,tw: ---
 Měrný tok větráními stěnami H,vw: ---
 Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti: ---
 Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHt: ---
Výsledný měrný tok H: 144,927 W/K

Potřeba tepla na vytápění po měsících:

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,sol[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	Q,H,nd[GJ]
1	8,058	1,226	0,712	1,938	0,999	100,0	6,122
2	6,881	1,030	1,165	2,196	0,997	100,0	4,692
3	6,225	1,075	1,945	3,020	0,982	100,0	3,261
4	4,463	0,982	2,717	3,700	0,888	100,0	1,177
5	2,706	0,968	3,097	4,065	0,624	7,3	0,167
6	1,625	0,922	3,062	3,984	0,408	0,0	---
7	0,983	0,952	2,960	3,912	0,251	0,0	---
8	1,020	0,968	3,001	3,969	0,257	0,0	---
9	2,548	0,988	2,142	3,130	0,723	47,7	0,284
10	4,539	1,072	1,723	2,795	0,955	100,0	1,869
11	6,202	1,101	0,919	2,020	0,996	100,0	4,190
12	7,398	1,219	0,580	1,800	0,999	100,0	5,600

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty; Q,int jsou vnitřní tepelné zisky; Q,sol jsou solární tepelné zisky; Q,gn jsou celkové tepelné zisky; Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků; fH je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 27,362 GJ

Produkce energie sol. systémy a kogenerací po měsících:

Měsíc	Q,SC,ini[GJ]	Q,SC,W[GJ]	Q,SC,ht[GJ]	Q,PV,el[GJ]	Q,CHP,el[GJ]	Q,r [GJ]
1	---	---	---	0,090	---	---
2	---	---	---	0,144	---	---
3	---	---	---	0,234	---	---
4	---	---	---	0,321	---	---
5	---	---	---	0,371	---	---
6	---	---	---	0,343	---	---
7	---	---	---	0,345	---	---
8	---	---	---	0,373	---	---
9	---	---	---	0,265	---	---
10	---	---	---	0,216	---	---
11	---	---	---	0,116	---	---
12	---	---	---	0,073	---	---

Způsob využití elektřiny z FV systému: uvnitř v zóně
 Elektřina využita postupně pro: osvětlení

Vysvětlivky: Q,SC,ini je celková výchozí produkce energie solárními kolektory před odečtením ztrát energie, ke kterým dochází v rozvodech solární soustavy a v solárním akumulacním zásobníku;
 Q,SC,W je produkce energie solárními kolektory použitá pro přípravu TV; Q,SC,ht je produkce energie solárními kolektory použitá pro vytápění; Q,PV,el je produkce elektřiny fotovoltaickým systémem;
 Q,CHP,el je produkce elektřiny kogeneračními jednotkami a Q,r je zpětné získané teplo např. z odpadů.

Energie dodaná do zóny po měsících:

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	10,423	---	---	---	1,121	0,531	---	12,074
2	7,988	---	---	---	1,090	0,394	---	9,472
3	5,551	---	---	---	1,121	0,363	---	7,035
4	2,004	---	---	---	1,110	0,287	---	3,402
5	0,285	---	---	---	1,121	0,244	---	1,650
6	---	---	---	---	1,110	0,220	---	1,330
7	---	---	---	---	1,121	0,227	---	1,348
8	---	---	---	---	1,121	0,244	---	1,365
9	0,483	---	---	---	1,110	0,294	---	1,887
10	3,182	---	---	---	1,121	0,360	---	4,662
11	7,132	---	---	---	1,110	0,419	---	8,662
12	9,534	---	---	---	1,121	0,524	---	11,178

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie.

Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Celková roční dodaná energie Q.fuel: 64,064 GJ

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny

Měrný tepelný tok prostupem obálkou zóny Ht: 104,3 W/K
 Plocha obalových konstrukcí zóny: 394,1 m²
 Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20: 0,37 W/m²K
Průměrný součinitel prostupu tepla zóny U.em: 0.26 W/m²K

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELOU BUDOVU :

Faktor tvaru budovy A/V: 0,77 m²/m³

Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Plocha [m ²]	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	---	144,927	100,00 %
z toho:	Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	---	40,607	28,02 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	17,041	11,76 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	8,472	5,85 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:	---	19,705	13,60 %
	Měrný tok do ext. plošnými kcemí Hd,c:	---	59,101	40,78 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:				
	Obvodová stěna:	165,8	31,496	21,73 %
	Střecha:	114,5	17,492	12,07 %
	Podlaha:	93,2	17,041	11,76 %
	Otvorová výplň:	20,7	18,585	12,82 %
	Měrný tok speciálními konstrukcemi dH:	0,0	0,000	0,00 %

Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc: 144,927 W/K
 Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 512,7 m³
 Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994): 0,28 W/m³K
 Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997): 20,8 kWh/(m³.a)

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu budovy lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht: 104,3 W/K
 Plocha obalových konstrukcí budovy: 394,1 m²
 Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20: 0,37 W/m²K
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U.em: 0.26 W/m²K

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy: 27,362 GJ 7,601 MWh
 Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 512,7 m³
 Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 186,4 m²
 Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m³): 14,8 kWh/(m³.a)

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 41 kWh/(m².a)

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3959.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinností systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Produkce energie sol. systémy a kogenerací v budově a její využití v energ. bilanci

Měsíc	Q,SC,W[GJ]	Q,SC,ht[GJ]	Q,MAX,el[GJ]	Q,PV,el[GJ]		Q,CHP,el[GJ]		Q,r [GJ]
				k dispozici	využito	k dispozici	využito	
1	---	---	24,148	0,090	0,090	---	---	---
2	---	---	18,944	0,144	0,144	---	---	---
3	---	---	14,069	0,234	0,234	---	---	---
4	---	---	6,803	0,321	0,287	---	---	---

5	---	---	3,300	0,371	0,244	---	---	---
6	---	---	2,660	0,343	0,220	---	---	---
7	---	---	2,695	0,345	0,227	---	---	---
8	---	---	2,730	0,373	0,244	---	---	---
9	---	---	3,774	0,265	0,265	---	---	---
10	---	---	9,325	0,216	0,216	---	---	---
11	---	---	17,323	0,116	0,116	---	---	---
12	---	---	22,356	0,073	0,073	---	---	---

Vysvětlivky: Q,SC,W je produkce energie solárními kolektory použitá pro přípravu teplé vody; Q,SC,ht je produkce energie solárními kolektory použitá pro vytápění; Q,MAX,el je maximální započitatelná produkce exportované elektřiny (omezení v rámci výpočtu primární energie); Q,PV,el je produkce elektřiny fotovoltaickým systémem (celková i využita při výpočtu primární energie); Q,CHP,el je produkce elektřiny kogeneračními jednotkami (celková i využita při výpočtu primární energie) a Q,r je zpětně získané teplo např. z odpadů.

Celková energie dodaná do budovy

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	10,423	---	---	---	1,121	0,531	---	12,074
2	7,988	---	---	---	1,090	0,394	---	9,472
3	5,551	---	---	---	1,121	0,363	---	7,035
4	2,004	---	---	---	1,110	0,287	---	3,402
5	0,285	---	---	---	1,121	0,244	---	1,650
6	---	---	---	---	1,110	0,220	---	1,330
7	---	---	---	---	1,121	0,227	---	1,348
8	---	---	---	---	1,121	0,244	---	1,365
9	0,483	---	---	---	1,110	0,294	---	1,887
10	3,182	---	---	---	1,121	0,360	---	4,662
11	7,132	---	---	---	1,110	0,419	---	8,662
12	9,534	---	---	---	1,121	0,524	---	11,178

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpáda, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinnosti technických systémů.

Dodané energie:

Vyp.spotřeba energie na vytápění za rok Q,fuel,H:	46,582 GJ	12,940 MWh	69 kWh/m2
Pomocná energie na vytápění Q,aux,H:	---	---	---
Dodaná energie na vytápění za rok EP,H:	46,582 GJ	12,940 MWh	69 kWh/m2
Vyp.spotřeba energie na chlazení za rok Q,fuel,C:	---	---	---
Pomocná energie na chlazení Q,aux,C:	---	---	---
Dodaná energie na chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q,fuel,RH:	---	---	---
Pomocná energie na úpravu vlhkosti Q,aux,RH:	---	---	---
Dodaná energie na úpravu vlhkosti EP,RH:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na nucené větrání Q,fuel,F:	---	---	---
Pomocná energie na nucené větrání Q,aux,F:	---	---	---
Dodaná energie na nuc.větrání za rok EP,F:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na přípravu TV Q,fuel,W:	13,375 GJ	3,715 MWh	20 kWh/m2
Pomocná energie na přípravu teplé vody Q,aux,W:	---	---	---
Dodaná energie na přípravu TV za rok EP,W:	13,375 GJ	3,715 MWh	20 kWh/m2
Vyp.spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q,fuel,L:	4,107 GJ	1,141 MWh	6 kWh/m2
Dodaná energie na osvětlení za rok EP,L:	4,107 GJ	1,141 MWh	6 kWh/m2
Celková roční dodaná energie Q,fuel=EP:	64,064 GJ	17,795 MWh	95 kWh/m2

Produkce energie:

Elektřina z FV článků za rok Q,PV,el:	2,891 GJ	0,803 MWh	4 kWh/m2
z toho se do výpočtu prim. energie zahrne:	2,360 GJ	0,656 MWh	4 kWh/m2

Měrná dodaná energie budovy

Celková roční dodaná energie:	17,795 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3
Celková energeticky vztázná podlah. plocha budovy:	186,4 m2
Měrná dodaná energie EP,V:	34,7 kWh/(m3.a)
Měrná dodaná energie budovy EP,A:	95 kWh/(m2.a)

Poznámka: Měrná dodaná energie zahrnuje veškerou dodanou energii včetně vlivů účinností tech. systémů.

Rozdělení dodané energie podle energonositelů, primární energie a emise CO2

Ergo-nositel	Faktory transformace	Vytápění MW/h/a	t/a	Teplá voda MW/h/a	t/a
--------------	----------------------	--------------------	-----	----------------------	-----

	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektrina ze sitě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---	---
kusové dřevo/štěpka /biomasa	0,1	1,1	0,0200	12,9	1,3	14,2	0,3	3,7	0,4	4,1	0,1
elektrina z FV užitá v budově	0,0	1,0	0,0000	---	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				12,9	1,3	14,2	0,3	3,7	0,4	4,1	0,1

Energo- nositel	Faktory transformace			Osvětlení			Pom.energie				
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektrina ze sitě	3,0	3,2	0,2930	0,5	1,5	1,6	0,1	---	---	---	---
kusové dřevo/štěpka /biomasa	0,1	1,1	0,0200	---	---	---	---	---	---	---	---
elektrina z FV užitá v budově	0,0	1,0	0,0000	0,7	---	0,7	---	---	---	---	---
SOUČET				1,1	1,5	2,2	0,1	---	---	---	---

Energo- nositel	Faktory transformace			Nuc.větrání			Chlazení				
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektrina ze sitě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---	---
kusové dřevo/štěpka /biomasa	0,1	1,1	0,0200	---	---	---	---	---	---	---	---
elektrina z FV užitá v budově	0,0	1,0	0,0000	---	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				---	---	---	---	---	---	---	---

Energo- nositel	Faktory transformace			Úprava RH			Export elektřiny			
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,el	Q,pN	Q,pC
elektrina ze sitě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---
kusové dřevo/štěpka /biomasa	0,1	1,1	0,0200	---	---	---	---	---	---	---
elektrina z FV užitá v budově	0,0	1,0	0,0000	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				---	---	---	---	---	---	---

Vysvětlivky: f,pN je faktor neobnovitelné primární energie v kWh/kWh; f,pC je faktor celkové primární energie v kWh/kWh; f,CO2 je součinitel emisí CO2 v kg/kWh; Q,f je vypočtená spotřeba energie dodávaná na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,el je produkce elektřiny v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou tím spojené emise CO2 v t/rok.

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q,f [MWh/a]	Q,pN [MWh/a]	Q,pC [MWh/a]	CO2 [t/a]
elektrina ze sitě	0,485	1,455	1,552	0,142
kusové dřevo/štěpka /biomasa	16,655	1,665	18,320	0,333
elektrina z FV užitá v budově	0,656	---	0,656	---
SOUČET	17,795	3,121	20,528	0,475

Vysvětlivky: Q,f je energie dodaná do budovy příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou tím spojené emise CO2 v t/rok.

Měrná primární energie a emise CO2 budovy

Emise CO2 za rok:	0,475 t	
Celková primární energie za rok:	20,528 MWh	73,901 GJ
Neobnovitelná primární energie za rok:	3,121 MWh	11,234 GJ
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3	
Celková energeticky vztázná podlah. plocha budovy:	186,4 m2	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m3):	0,9 kg/(m3.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,V:	40,0 kWh/(m3.a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,V:	6,1 kWh/(m3.a)	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m2):	3 kg/(m2.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,A:	110 kWh/(m2.a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,A:	17 kWh/(m2.a)	

VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2

a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370

Energie 2013

Název úlohy:
Zpracovatel: A. Bendíková
Zakázka:
Datum: 17.01.2016

ZADANÉ OKRAJOVÉ PODMÍNKY:

Počet zón v budově: 1
Počet osob v budově dle NZÚ 2013: 4,2
Typ výpočtu potřeby energie: měsíční (pro jednotlivé měsíce v roce)

Okrajové podmínky výpočtu:

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m ²]				Horizont
			Sever	Jih	Východ	Západ	
leden	31	-1,3 C	29,5	123,1	50,8	50,8	74,9
únor	28	-0,1 C	48,2	184,0	91,8	91,8	133,2
březen	31	3,7 C	91,1	267,8	168,8	168,8	259,9
duben	30	8,1 C	129,6	308,5	267,1	267,1	409,7
květen	31	13,3 C	176,8	313,2	313,2	313,2	535,7
červen	30	16,1 C	186,5	272,2	324,0	324,0	526,3
červenec	31	18,0 C	184,7	281,2	302,8	302,8	519,5
srpen	31	17,9 C	152,6	345,6	289,4	289,4	490,3
září	30	13,5 C	103,7	280,1	191,9	191,9	313,6
říjen	31	8,3 C	67,0	267,8	139,3	139,3	203,4
listopad	30	3,2 C	33,8	163,4	64,8	64,8	90,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	104,4	40,3	40,3	53,6

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m ²]			
			SV	SZ	JV	JZ
leden	31	-1,3 C	29,5	29,5	96,5	96,5
únor	28	-0,1 C	53,3	53,3	147,6	147,6
březen	31	3,7 C	107,3	107,3	232,9	232,9
duben	30	8,1 C	181,4	181,4	311,0	311,0
květen	31	13,3 C	235,8	235,8	332,3	332,3
červen	30	16,1 C	254,2	254,2	316,1	316,1
červenec	31	18,0 C	238,3	238,3	308,2	308,2
srpen	31	17,9 C	203,4	203,4	340,2	340,2
září	30	13,5 C	127,1	127,1	248,8	248,8
říjen	31	8,3 C	77,8	77,8	217,1	217,1
listopad	30	3,2 C	33,8	33,8	121,7	121,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	21,6	83,2	83,2

PARAMETRY JEDNOTLIVÝCH ZÓN V BUDOVĚ :

PARAMETRY ZONY Č. 1 :

Základní popis zóny

Název zóny: obytná
Typ zóny pro určení Uem,N: nová obytná budova
Typ zóny pro refer. budovu: rodinný dům
Typ hodnocení: nová budova
Objem z vnějších rozměrů: 512,71 m³
Podlah. plocha (celková vnitřní): 169,27 m²
Celk. energet. vztažná plocha: 186,44 m²
Účinná vnitřní tepelná kapacita: 165,0 kJ/(m².K)

Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C
 Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne
 Typ vytápění: nepřerušované
 Regulace otopné soustavy: ano
 Průměrné vnitřní zisky: 397 W
 odvozeny pro
 - produkci tepla: 1,5+3,0 W/m² (osoby+spotřebiče)
 - časový podíl produkce: 70+20 % (osoby+spotřebiče)
 - zohlednění spotřebičů: jen zisky
 - minimální přípustnou osvětlenost: 50,0 lx
 - příkon osvětlení: 407,8 W
 - prům. účinnost osvětlení: 10 %
 - spotřebu nouzového osvětlení: 0,0 kWh/(m².a)
 - číselník obsazenosti 1,0 a závislosti na denním světle 1,0
 - roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci: 1600 / 1200 h
 - další tepelné zisky: 0,0 W
 Teplo na přípravu TV: 7204,23 MJ/rok
 odvozeno pro
 - roční potřebu teplé vody: 38,3 m³
 - teplotní rozdíl pro ohřev: (55,0 - 10,0) C

Zpětně získané teplo mimo VZT: 0,0 MJ/rok

Zdroje tepla na vytápění v zóně

Vytápění je zajištěno VZT: ne
 Účinnost sdílení/distribuce: 88,0 % / 89,0 %
 Název zdroje tepla: kotel na peletky (podíl 100,0 %)
 Typ zdroje tepla: obecný zdroj tepla (např. kotel)
 Účinnost výroby tepla: 89,0 %
 Příkon čerpadel vytápění: 0,0 W
 Příkon regulace/emise tepla: 0,0 / 0,0 W

Zdroje tepla na přípravu TV v zóně

Název zdroje tepla: kotel na peletky (podíl 100,0 %)
 Typ zdroje přípravy TV: obecný zdroj tepla (např. kotel)
 Účinnost zdroje přípravy TV: 89,0 %
 Objem zásobníku TV: 200,0 l
 Měrná tep. ztráta zásobníku TV: 4,7 Wh/(l.d)
 Délka rozvodů TV: 27,1 m
 Měrná tep. ztráta rozvodů TV: 44,7 Wh/(m.d)
 Příkon čerpadel distribuce TV: 0,0 W
 Příkon regulace: 0,0 W

Měrný tepelný tok větráním zóny č. 1 :

Objem vzduchu v zóně: 410,168 m³
 Podíl vzduchu z objemu zóny: 80,0 %
 Typ větrání zóny: přirozené
 Minimální násobnost výměny: 0,3 1/h
 Návrhová násobnost výměny: 0,3 1/h
 Měrný tepelný tok větráním Hv: 40,607 W/K

Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 1 a exteriérem :

Název konstrukce	Plocha [m ²]	U [W/m ² K]	b [-]	H,T [W/K]	U,N [W/m ² K]
ob. stěny	165,77	0,190	1,00	31,496	0,300
střecha	57,82	0,156	1,00	9,020	0,240
S1	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
Z	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
J	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
J1	1,8 (0,9x2,0 x 1)	0,900	1,00	1,620	1,500
V	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
Z1	2,25 (0,9x1,25 x 2)	0,900	1,00	2,025	1,500
V1	1,6 (0,8x2,0 x 1)	0,900	1,00	1,440	1,500

Vysvětlivky: U je součinitel prostupu tepla konstrukce; b je číselník teplotní redukce; H,T je měrný tok prostupem tepla a U,N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540-2.

Vliv tepelných vazeb je ve výpočtu zahrnut přibližně součinem (A * DeltaU,tbm).
 Průměrný vliv tepelných vazeb DeltaU,tbm: 0,05 W/m²K

Měrný tok prostupem do exteriéru plošnými konstrukcemi Hd,c: 59,101 W/K
 a příslušnými tepelnými vazbami Hd,tb: 12,212 W/K

Měrný tepelný tok prostupem zeminou u zóny č. 1 :

1. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce:	podlaha	
Tepelná vodivost zeminy:	2,0 W/mK	
Plocha podlahy:	93,22 m ²	
Exponovaný obvod podlahy:	39,4 m	
Součinitel vlivu spodní vody Gw:	1,0	
Typ podlahové konstrukce:	podlaha na terénu	
Tloušťka obvodové stěny:	0,3 m	
Tepelný odpor podlahy:	4,029 m ² K/W	
Přídavná okrajová izolace:	není	
Souč. prostupu mezi interiérem a exteriérem U:	0,183 W/m ² K	
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,041 W/K	
Kolisání ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 13,358 do 55,597 W/K	
..... stanoveno pro periodické toky Hpi / Hpe:	17,787 / 8,981 W/K	
Celkový ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,041 W/K	
..... a příslušnými tep. vazbami Hg,tb:	4,661 W/K	
Kolisání celk. ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 13,358 do 55,597 W/K	

Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory u zóny č. 1 :

1. nevytápěný prostor

Název nevytápěného prostoru:	půda		
Objem vzduchu v prostoru:	51,82 m ³		
Násobnost výměny do interiéru:	0,0 1/h		
Násobnost výměny do exteriéru:	0,0 1/h		
Název konstrukce	Plocha [m²]	U [W/m²K]	Umístění
strop	56,64	0,156	do interiéru
střecha	70,8	2,910	do exteriéru
Tepelná propustnost H,t,iu:	8,836 W/K		
Tepelná propustnost H,t,ue:	206,028 W/K		
Měrný tok Hiu (z interiéru do nevytápěného prostoru):		8,836 W/K	
Měrný tok Hue (z nevytápěného prostoru do exteriéru):		206,028 W/K	
Parametr b dle EN ISO 13789:	0,959		
Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu:	8,472 W/K		
..... a příslušnými tep. vazbami Hu,tb:	2,832 W/K		

Solární zisky stavebními konstrukcemi zóny č. 1 :

Název konstrukce	Plocha [m ²]	g/alfa [-]	Fgl/Ff [-]	Fc,h/Fc,c [-]	Fs [-]	Orientace
S1	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	S (90 st.)
Z	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
J	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
J1	1,8	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
V	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)
Z1	2,25	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
V1	1,6	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)

Vysvětlivky: g je propustnost slunečního záření zasklení v průsvitných konstrukcích; alfa je pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu neprůsvitných konstrukcí; Fgl je korekční činitel zasklení (podíl plochy zasklení k celkové ploše okna); Ff je korekční činitel rámu (podíl plochy rámu k celk. ploše okna); Fc,h je korekční činitel clonění potyblivými clonami pro režim vytápění; Fc,c je korekční činitel clonění pro režim chlazení a Fs je korekční činitel stínění nepohyblivými částmi budovy a okolní zástavbou.

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	711,9	1165,5	1945,2	2717,2	3096,8	3062,0
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	2959,8	3001,3	2141,7	1723,3	918,6	580,5

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :**VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :**

Název zóny:	obytná
Vnitřní teplota (zima/léto):	20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená:	ano / ne
Regulace otopné soustavy:	ano

Měrný tepelný tok větráním Hv:	40,607 W/K
Měrný tok prostupem do exteriéru Hd a celkový měrný tok prostupem tep. vazbami H,tb:	78,806 W/K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,041 W/K
Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu:	8,472 W/K
Měrný tok Trombeho stěnami H,tw:	---
Měrný tok větranými stěnami H,vw:	---
Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti:	---
Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHt:	---
Výsledný měrný tok H:	144,927 W/K

Potřeba tepla na vytápění po měsících:

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,sol[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	Q,H,nd[GJ]
1	8,058	1,226	0,712	1,938	0,999	100,0	6,122
2	6,881	1,030	1,165	2,196	0,997	100,0	4,692
3	6,225	1,075	1,945	3,020	0,982	100,0	3,261
4	4,463	0,982	2,717	3,700	0,888	100,0	1,177
5	2,706	0,968	3,097	4,065	0,624	7,3	0,167
6	1,625	0,922	3,062	3,984	0,408	0,0	---
7	0,983	0,952	2,960	3,912	0,251	0,0	---
8	1,020	0,968	3,001	3,969	0,257	0,0	---
9	2,548	0,988	2,142	3,130	0,723	47,7	0,284
10	4,539	1,072	1,723	2,795	0,955	100,0	1,869
11	6,202	1,101	0,919	2,020	0,996	100,0	4,190
12	7,398	1,219	0,580	1,800	0,999	100,0	5,600

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty; Q,int jsou vnitřní tepelné zisky; Q,sol jsou solární tepelné zisky; Q,gn jsou celkové tepelné zisky; Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků; fH je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 27,362 GJ

Energie dodaná do zóny po měsících:

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	8,783	---	---	---	0,944	0,531	---	10,258
2	6,732	---	---	---	0,918	0,394	---	8,044
3	4,678	---	---	---	0,944	0,363	---	5,985
4	1,689	---	---	---	0,936	0,287	---	2,912
5	0,240	---	---	---	0,944	0,244	---	1,429
6	---	---	---	---	0,936	0,220	---	1,155
7	---	---	---	---	0,944	0,227	---	1,171
8	---	---	---	---	0,944	0,244	---	1,189
9	0,407	---	---	---	0,936	0,294	---	1,637
10	2,682	---	---	---	0,944	0,360	---	3,986
11	6,010	---	---	---	0,936	0,419	---	7,365
12	8,034	---	---	---	0,944	0,524	---	9,502

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Celková roční dodaná energie Q,fuel: 54,632 GJ

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny

Měrný tepelný tok prostupem obálkou zóny Ht: 104,3 W/K
Plocha obalových konstrukcí zóny: 394,1 m²

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20: 0,37 W/m²K

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny U,em: 0,26 W/m²K

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELOU BUDOVU :

Faktor tvaru budovy A/V: 0,77 m²/m³

Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Plocha [m ²]	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	---	144,927	100,00 %
z toho:	Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	---	40,607	28,02 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	17,041	11,76 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	8,472	5,85 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:	---	19,705	13,60 %

Měrný tok do ext. plošnými kcemi Hd,c:	---	59,101	40,78 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:			
Obvodová stěna:	165,8	31,496	21,73 %
Střecha:	114,5	17,492	12,07 %
Podlaha:	93,2	17,041	11,76 %
Otvorová výplň:	20,7	18,585	12,82 %
Měrný tok speciálními konstrukcemi dH:	0,0	0,000	0,00 %

Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc:	144,927 W/K
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3
Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994):	0,28 W/m3K
Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997):	20,8 kWh/(m3.a)

Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu budovy lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht:	104,3 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	394,1 m2

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20: 0,37 W/m2K

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U,em: 0,26 W/m2K

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy:	27,362 GJ	7,601 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	186,4 m2	
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m3):	14,8 kWh/(m3.a)	

Měrná potřeba tepla na vytápění budovy: 41 kWh/(m2.a)

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3959.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinnosti systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Celková energie dodaná do budovy

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	8,783	---	---	---	0,944	0,531	---	10,258
2	6,732	---	---	---	0,918	0,394	---	8,044
3	4,678	---	---	---	0,944	0,363	---	5,985
4	1,689	---	---	---	0,936	0,287	---	2,912
5	0,240	---	---	---	0,944	0,244	---	1,429
6	---	---	---	---	0,936	0,220	---	1,155
7	---	---	---	---	0,944	0,227	---	1,171
8	---	---	---	---	0,944	0,244	---	1,189
9	0,407	---	---	---	0,936	0,294	---	1,637
10	2,682	---	---	---	0,944	0,360	---	3,986
11	6,010	---	---	---	0,936	0,419	---	7,365
12	8,034	---	---	---	0,944	0,524	---	9,502

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinnosti technických systémů.

Dodané energie:

Vyp. spotřeba energie na vytápění za rok Q,fuel,H:	39,255 GJ	10,904 MWh	58 kWh/m2
Pomocná energie na vytápění Q,aux,H:	---	---	---
Dodaná energie na vytápění za rok EP,H:	39,255 GJ	10,904 MWh	58 kWh/m2
Vyp. spotřeba energie na chlazení za rok Q,fuel,C:	---	---	---
Pomocná energie na chlazení Q,aux,C:	---	---	---
Dodaná energie na chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Vyp. spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q,fuel,RH:	---	---	---
Pomocná energie na úpravu vlhkosti Q,aux,RH:	---	---	---
Dodaná energie na úpravu vlhkosti EP,RH:	---	---	---
Vyp. spotřeba energie na nucené větrání Q,fuel,F:	---	---	---
Pomocná energie na nucené větrání Q,aux,F:	---	---	---
Dodaná energie na nuc. větrání za rok EP,F:	---	---	---
Vyp. spotřeba energie na přípravu TV Q,fuel,W:	11,271 GJ	3,131 MWh	17 kWh/m2
Pomocná energie na přípravu teplé vody Q,aux,W:	---	---	---

Dodaná energie na přípravu TV za rok EP,W:	11,271 GJ	3,131 MWh	17 kWh/m ²
Vyp. spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q,fuel,L:	4,107 GJ	1,141 MWh	6 kWh/m ²
Dodaná energie na osvětlení za rok EP,L:	4,107 GJ	1,141 MWh	6 kWh/m ²
Celková roční dodaná energie Q,fuel=EP:	54,632 GJ	15,176 MWh	81 kWh/m²

Měrná dodaná energie budovy

Celková roční dodaná energie: 15,176 MWh

Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů: 512,7 m³

Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy: 186,4 m²

Měrná dodaná energie EP,V: 29,6 kWh/(m³.a)

Měrná dodaná energie budovy EP,A: 81 kWh/(m².a)

Poznámka: Měrná dodaná energie zahrnuje veškerou dodanou energii včetně vlivů účinnosti tech. systémů.

Rozdělení dodané energie podle energonositelů, primární energie a emise CO₂

Ergo-nositel	Faktory transformace			Vytápění				Teplá voda			
	f,pN	f,pC	f,CO ₂	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO ₂	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO ₂
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	—	—	—	—	—	—	—	—
dřevěné peletky	0,2	1,2	0,0200	10,9	2,2	13,1	0,2	3,1	0,6	3,8	0,1
SOUČET				10,9	2,2	13,1	0,2	3,1	0,6	3,8	0,1

Ergo-nositel	Faktory transformace			Osvětlení				Pom.energie			
	f,pN	f,pC	f,CO ₂	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO ₂	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO ₂
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	1,1	3,4	3,7	0,3	—	—	—	—
dřevěné peletky	0,2	1,2	0,0200	—	—	—	—	—	—	—	—
SOUČET				1,1	3,4	3,7	0,3	—	—	—	—

Ergo-nositel	Faktory transformace			Nuc.větrání				Chlazení			
	f,pN	f,pC	f,CO ₂	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO ₂	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO ₂
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	—	—	—	—	—	—	—	—
dřevěné peletky	0,2	1,2	0,0200	—	—	—	—	—	—	—	—
SOUČET				—	—	—	—	—	—	—	—

Ergo-nositel	Faktory transformace			Úprava RH				Export elektřiny		
	f,pN	f,pC	f,CO ₂	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO ₂	Q,el	Q,pN	Q,pC
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	—	—	—	—	—	—	—
dřevěné peletky	0,2	1,2	0,0200	—	—	—	—	—	—	—
SOUČET				—	—	—	—	—	—	—

Vysvětlivky: f,pN je faktor neobnovitelné primární energie v kWh/kWh; f,pC je faktor celkové primární energie v kWh/kWh; f,CO₂ je součinitel emisí CO₂ v kg/kWh; Q,f je vypočtená spotřeba energie dodávaná na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,el je produkce elektřiny v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok a CO₂ jsou s tím spojené emise CO₂ v t/rok.

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q,f [MWh/a]	Q,pN [MWh/a]	Q,pC [MWh/a]	CO ₂ [t/a]
elektrina ze sítě	1,141	3,422	3,650	0,334
dřevěné peletky	14,035	2,807	16,842	0,281
SOUČET	15,176	6,229	20,492	0,615

Vysvětlivky: Q,f je energie dodaná do budovy příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá příslušným energonositelem v MWh/rok a CO₂ jsou s tím spojené emise CO₂ v t/rok.

Měrná primární energie a emise CO₂ budovy

Emise CO ₂ za rok:	0,615 t	
Celková primární energie za rok:	20,492 MWh	73,772 GJ
Neobnovitelná primární energie za rok:	6,229 MWh	22,425 GJ
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m ³	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	186,4 m ²	
Měrné emise CO ₂ za rok (na 1 m ³):	1,2 kg/(m ³ .a)	
Měrná celková primární energie E,pC,V:	40,0 kWh/(m ³ .a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,V:	12,1 kWh/(m ³ .a)	
Měrné emise CO ₂ za rok (na 1 m ²):	3 kg/(m ² .a)	
Měrná celková primární energie E,pC,A:	110 kWh/(m².a)	

Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,A: 33 kWh/(m2.a)

STOP, Energie 2013

VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV A PRŮMĚRNÉHO SOUČINITELE PROSTUPU TEPLA podle vyhlášky č. 78/2013 Sb. a ČSN 730540-2

a podle EN ISO 13790, EN ISO 13789 a EN ISO 13370

Energie 2013

Název úlohy:
Zpracovatel: A. Bendíková
Zakázka:
Datum: 17.01.2016

ZADANÉ OKRAJOVÉ PODMÍNKY:

Počet zón v budově: 1
Počet osob v budově dle NZÚ 2013: 4,2
Typ výpočtu potřeby energie: měsíční (pro jednotlivé měsíce v roce)

Okrajové podmínky výpočtu:

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m2]				
			Sever	Jih	Východ	Západ	Horizont
leden	31	-1,3 C	29,5	123,1	50,8	50,8	74,9
únor	28	-0,1 C	48,2	184,0	91,8	91,8	133,2
březen	31	3,7 C	91,1	267,8	168,8	168,8	259,9
duben	30	8,1 C	129,6	308,5	267,1	267,1	409,7
květen	31	13,3 C	176,8	313,2	313,2	313,2	535,7
červen	30	16,1 C	186,5	272,2	324,0	324,0	526,3
červenec	31	18,0 C	184,7	281,2	302,8	302,8	519,5
srpen	31	17,9 C	152,6	345,6	289,4	289,4	490,3
září	30	13,5 C	103,7	280,1	191,9	191,9	313,6
říjen	31	8,3 C	67,0	267,8	139,3	139,3	203,4
listopad	30	3,2 C	33,8	163,4	64,8	64,8	90,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	104,4	40,3	40,3	53,6

Název období	Počet dnů	Teplota exteriéru	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m2]			
			SV	SZ	JV	JZ
leden	31	-1,3 C	29,5	29,5	96,5	96,5
únor	28	-0,1 C	53,3	53,3	147,6	147,6
březen	31	3,7 C	107,3	107,3	232,9	232,9
duben	30	8,1 C	181,4	181,4	311,0	311,0
květen	31	13,3 C	235,8	235,8	332,3	332,3
červen	30	16,1 C	254,2	254,2	316,1	316,1
červenec	31	18,0 C	238,3	238,3	308,2	308,2
srpen	31	17,9 C	203,4	203,4	340,2	340,2
září	30	13,5 C	127,1	127,1	248,8	248,8
říjen	31	8,3 C	77,8	77,8	217,1	217,1
listopad	30	3,2 C	33,8	33,8	121,7	121,7
prosinec	31	0,5 C	21,6	21,6	83,2	83,2

PARAMETRY JEDNOTLIVÝCH ZÓN V BUDOVĚ :

PARAMETRY ZÓNY Č. 1 :

Základní popis zóny

Název zóny: obytná
Typ zóny pro určení Uem,N: nová obytná budova
Typ zóny pro refer. budovu: rodinný dům
Typ hodnocení: nová budova
Objem z vnějších rozměrů: 512,71 m3
Podlah. plocha (celková vnitřní): 169,27 m2
Celk. energet. vztažná plocha: 186,44 m2
Účinná vnitřní tepelná kapacita: 165,0 kJ/(m2.K)

Vnitřní teplota (zima/léto): 20,0 C / 20,0 C
 Zóna je vytápěna/chlazená: ano / ne
 Typ vytápění: nepřerušované
 Regulace otopné soustavy: ano
 Průměrné vnitřní zisky: 397 W
 odvozeny pro
 - produkci tepla: 1,5+3,0 W/m2 (osoby+spotřebiče)
 - časový podíl produkce: 70+20 % (osoby+spotřebiče)
 - zohlednění spotřebičů: jen zisky
 - minimální přípustnou osvětlenost: 50,0 lx
 - příkon osvětlení: 407,8 W
 - prům. účinnost osvětlení: 10 %
 - spotřebu nouzového osvětlení: 0,0 kWh/(m2.a)
 - činitel obsazenosti 1,0 a závislosti na denním světle 1,0
 - roční dobu využití osvětlení ve dne/v noci: 1600 / 1200 h
 - další tepelné zisky: 0,0 W

Teplota na přípravu TV: 7204,23 MJ/rok
 odvozeno pro
 - roční potřebu teplé vody: 38,3 m3
 - teplotní rozdíl pro ohřev: (55,0 - 10,0) C

Zpětně získané teplo mimo VZT: 0,0 MJ/rok

Zdroje tepla na vytápění v zóně

Vytápění je zajištěno VZT: ne
 Účinnost sdílení/distribuce: 88,0 % / 89,0 %
 Název zdroje tepla: plynový kotel kondenzační (podíl 100,0 %)
 Typ zdroje tepla: obecný zdroj tepla (např. kotel)
 Účinnost výroby tepla: 97,0 %
 Příkon čerpadel vytápění: 0,0 W
 Příkon regulace/emise tepla: 0,0 / 0,0 W

Zdroje tepla na přípravu TV v zóně

Název zdroje tepla: plynový kotel kondenzační (podíl 100,0 %)
 Typ zdroje přípravy TV: obecný zdroj tepla (např. kotel)
 Účinnost zdroje přípravy TV: 97,0 %
 Objem zásobníku TV: 200,0 l
 Měrná tep. ztráta zásobníku TV: 4,7 Wh/(l.d)
 Délka rozvodů TV: 27,1 m
 Měrná tep. ztráta rozvodů TV: 44,7 Wh/(m.d)
 Příkon čerpadel distribuce TV: 0,0 W
 Příkon regulace: 0,0 W

Měrný tepelný tok větráním zóny č. 1 :

Objem vzduchu v zóně: 410,168 m3
 Podíl vzduchu z objemu zóny: 80,0 %
 Typ větrání zóny: přirozené
 Minimální násobnost výměny: 0,3 1/h
 Návrhová násobnost výměny: 0,3 1/h
 Měrný tepelný tok větráním Hv: 40,607 W/K

Měrný tepelný tok prostupem mezi zónou č. 1 a exteriérem :

Název konstrukce	Plocha [m2]	U [W/m2K]	b [-]	H,T [W/K]	U,N [W/m2K]
ob. stěny	165,77	0,190	1,00	31,496	0,300
střecha	57,82	0,156	1,00	9,020	0,240
S1	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
Z	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
J	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
J1	1,8 (0,9x2,0 x 1)	0,900	1,00	1,620	1,500
V	3,75 (1,25x1,5 x 2)	0,900	1,00	3,375	1,500
Z1	2,25 (0,9x1,25 x 2)	0,900	1,00	2,025	1,500
V1	1,6 (0,8x2,0 x 1)	0,900	1,00	1,440	1,500

Vysvětlivky: U je součinitel prostupu tepla konstrukce; b je činitel teplotní redukce; H,T je měrný tok prostupem tepla a U,N je požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla podle ČSN 730540-2.

Vliv tepelných vazeb je ve výpočtu zahrnut přibližně součinem (A * DeltaU,tbm).
 Průměrný vliv tepelných vazeb DeltaU,tbm: 0,05 W/m2K

Měrný tok prostupem do exteriéru plošnými konstrukcemi Hd,c: 59,101 W/K
 a příslušnými tepelnými vazbami Hd,tb: 12,212 W/K

Měrný tepelný tok prostupem zeminou u zóny č. 1 :

1. konstrukce ve styku se zeminou

Název konstrukce:	podlaha
Tepelná vodivost zeminy:	2,0 W/mK
Plocha podlahy:	93,22 m ²
Exponovaný obvod podlahy:	39,4 m
Součinitel vlivu spodní vody Gw:	1,0
Typ podlahové konstrukce:	podlaha na terénu
Tloušťka obvodové stěny:	0,3 m
Tepelný odpor podlahy:	4,029 m ² K/W
Přídavná okrajová izolace:	není
Souč.prostupu mezi interiérem a exteriérem U:	0,183 W/m ² K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,041 W/K
Kolisání ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 13,358 do 55,597 W/K
..... stanoven pro periodické toky Hpi / Hpe:	17,787 / 8,981 W/K
Celkový ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,041 W/K
..... a příslušnými tep. vazbami Hg,tb:	4,661 W/K
Kolisání celk. ekv. měsíčních měrných toků Hg,m:	od 13,358 do 55,597 W/K

Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory u zóny č. 1 :

1. nevytápěný prostor

Název nevytápěného prostoru:	půda		
Objem vzduchu v prostoru:	51,82 m ³		
Násobnost výměny do interiéru:	0,0 1/h		
Násobnost výměny do exteriéru:	0,0 1/h		
Název konstrukce	Plocha [m²]	U [W/m²K]	Umístění
strop	56,64	0,156	do interiéru
střecha	70,8	2,910	do exteriéru
Tepelná propustnost H,t,iu:	8,836 W/K		
Tepelná propustnost H,t,ue:	206,028 W/K		
Měrný tok Hiu (z interiéru do nevytápěného prostoru):	8,836 W/K		
Měrný tok Hue (z nevytápěného prostoru do exteriéru):	206,028 W/K		
Parametr b dle EN ISO 13789:	0,959		

Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu: 8,472 W/K

..... a příslušnými tep. vazbami Hu,tb: 2,832 W/K

Solární zisky stavebními konstrukcemi zóny č. 1 :

Název konstrukce	Plocha [m ²]	g/alfa [-]	Fgl/Ff [-]	Fc,h/Fc,c [-]	Fs [-]	Orientace
S1	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	S (90 st.)
Z	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
J	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
J1	1,8	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	J (90 st.)
V	3,75	0,75	0,8/0,2	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)
Z1	2,25	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	Z (90 st.)
V1	1,6	0,75	0,7/0,3	1,0/1,0	1,0	V (90 st.)

Vysvětlivky: g je propustnost slunečního záření zasklení v průsvitných konstrukcích; alfa je pohltivost slunečního záření vnějšího povrchu neprůsvitných konstrukcí; Fgl je korekční činitel zasklení (podíl plochy zasklení k celkové ploše okna); Ff je korekční činitel rámu (podíl plochy rámu k celk. ploše okna); Fc,h je korekční činitel clonění pohyblivými clonami pro režim vytápění; Fc,c je korekční činitel clonění pro režim chlazení a Fs je korekční činitel stínění nepohyblivými částmi budovy a okolní zástavbou.

Celkový solární zisk konstrukcemi Qs (MJ):

Měsíc:	1	2	3	4	5	6
Zisk (vytápění):	711,9	1165,5	1945,2	2717,2	3096,8	3062,0
Měsíc:	7	8	9	10	11	12
Zisk (vytápění):	2959,8	3001,3	2141,7	1723,3	918,6	580,5

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO JEDNOTLIVÉ ZÓNY :**VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO ZÓNU Č. 1 :**

Název zóny:	obytná
Vnitřní teplota (zima/léto):	20,0 C / 20,0 C
Zóna je vytápěna/chlazená:	ano / ne
Regulace otopné soustavy:	ano

Měrný tepelný tok větráním Hv:	40,607 W/K
Měrný tok prostupem do exteriéru Hd a celkový měrný tok prostupem tep. vazbami H,tb:	78,806 W/K
Ustálený měrný tok zeminou Hg:	17,041 W/K
Měrný tok prostupem nevytápěnými prostory Hu:	8,472 W/K
Měrný tok Trombeho stěnami H,tw:	---
Měrný tok větranými stěnami H,vw:	---
Měrný tok prvky s transparentní izolací H,ti:	---
Přídavný měrný tok podlahovým vytápěním dHt:	---
Výsledný měrný tok H:	144,927 W/K

Potřeba tepla na vytápění po měsících:

Měsíc	Q,H,ht[GJ]	Q,int[GJ]	Q,sol[GJ]	Q,gn [GJ]	Eta,H [-]	fH [%]	Q,H,nd[GJ]
1	8,058	1,226	0,712	1,938	0,999	100,0	6,122
2	6,881	1,030	1,165	2,196	0,997	100,0	4,692
3	6,225	1,075	1,945	3,020	0,982	100,0	3,261
4	4,463	0,982	2,717	3,700	0,888	100,0	1,177
5	2,706	0,968	3,097	4,065	0,624	7,3	0,167
6	1,625	0,922	3,062	3,984	0,408	0,0	---
7	0,983	0,952	2,960	3,912	0,251	0,0	---
8	1,020	0,968	3,001	3,969	0,257	0,0	---
9	2,548	0,988	2,142	3,130	0,723	47,7	0,284
10	4,539	1,072	1,723	2,795	0,955	100,0	1,869
11	6,202	1,101	0,919	2,020	0,996	100,0	4,190
12	7,398	1,219	0,580	1,800	0,999	100,0	5,600

Vysvětlivky: Q,H,ht je potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty; Q,int jsou vnitřní tepelné zisky; Q,sol jsou solární tepelné zisky; Q,gn jsou celkové tepelné zisky; Eta,H je stupeň využitelnosti tepelných zisků; fH je část měsíce, v níž musí být zóna s regulovaným vytápěním vytápěna, a Q,H,nd je potřeba tepla na vytápění.

Potřeba tepla na vytápění za rok Q,H,nd: 27,362 GJ

Energie dodaná do zóny po měsících:

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	8,059	---	---	---	0,866	0,531	---	9,456
2	6,176	---	---	---	0,842	0,394	---	7,413
3	4,292	---	---	---	0,866	0,363	---	5,521
4	1,550	---	---	---	0,858	0,287	---	2,695
5	0,220	---	---	---	0,866	0,244	---	1,331
6	---	---	---	---	0,858	0,220	---	1,078
7	---	---	---	---	0,866	0,227	---	1,093
8	---	---	---	---	0,866	0,244	---	1,111
9	0,373	---	---	---	0,858	0,294	---	1,526
10	2,460	---	---	---	0,866	0,360	---	3,687
11	5,515	---	---	---	0,858	0,419	---	6,792
12	7,371	---	---	---	0,866	0,524	---	8,762

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Celková roční dodaná energie Q,fuel: 50,465 GJ

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny

Měrný tepelný tok prostupem obálkou zóny Ht: 104,3 W/K
Plocha obalových konstrukcí zóny: 394,1 m²

Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20: 0,37 W/m²K

Průměrný součinitel prostupu tepla zóny U,em: 0,26 W/m²K

PŘEHLEDNÉ VÝSLEDKY VÝPOČTU PRO CELOU BUDOVU :

Faktor tvaru budovy A/V: 0,77 m²/m³

Rozložení měrných tepelných toků

Zóna	Položka	Plocha [m ²]	Měrný tok [W/K]	Procento [%]
1	Celkový měrný tok H:	---	144,927	100,00 %
z toho:	Měrný tok výměnou vzduchu Hv:	---	40,607	28,02 %
	Měrný (ustálený) tok zeminou Hg:	---	17,041	11,76 %
	Měrný tok přes nevytápěné prostory Hu:	---	8,472	5,85 %
	Měrný tok tepelnými vazbami H,tb:	---	19,705	13,60 %

Měrný tok do ext. plošnými kcmi Hd,c:	---	59,101	40,78 %
rozložení měrných toků po konstrukcích:			
Obvodová stěna:	165,8	31,496	21,73 %
Střecha:	114,5	17,492	12,07 %
Podlaha:	93,2	17,041	11,76 %
Otvorová výplň:	20,7	18,585	12,82 %
Měrný tok speciálními konstrukcemi dH:	0,0	0,000	0,00 %

Měrný tok budovou a parametry podle starších předpisů

Součet celkových měrných tepelných toků jednotlivými zónami Hc:	144,927 W/K
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3
Tepelná charakteristika budovy podle ČSN 730540 (1994):	0,28 W/m3K
Spotřeba tepla na vytápění podle STN 730540, Zmena 5 (1997):	20,8 kWh/(m3.a)
Poznámka: Orientační tepelnou ztrátu budovy lze získat vynásobením součtu měrných toků jednotlivých zón Hc působícím teplotním rozdílem mezi interiérem a exteriérem.	

Průměrný součinitel prostupu tepla budovy

Měrný tepelný tok prostupem obálkou budovy Ht:	104,3 W/K
Plocha obalových konstrukcí budovy:	394,1 m2
Výchozí hodnota požadavku na průměrný součinitel prostupu tepla podle čl. 5.3.4 v ČSN 730540-2 (2011) Uem,N,20:	0,37 W/m2K
Průměrný součinitel prostupu tepla budovy U,em:	0,26 W/m2K

Celková a měrná potřeba tepla na vytápění

Celková roční potřeba tepla na vytápění budovy:	27,362 GJ	7,601 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3	
Celková energeticky vztažná podlah. plocha budovy:	186,4 m2	
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy (na 1 m3):	14,8 kWh/(m3.a)	
Měrná potřeba tepla na vytápění budovy:	41 kWh/(m2.a)	

Hodnota byla stanovena pro počet denostupňů D = 3959.

Poznámka: Měrná potřeba tepla je stanovena bez vlivu účinnosti systémů výroby, distribuce a emise tepla.

Celková energie dodaná do budovy

Měsíc	Q,f,H[GJ]	Q,f,C[GJ]	Q,f,RH[GJ]	Q,f,F[GJ]	Q,f,W[GJ]	Q,f,L[GJ]	Q,f,A[GJ]	Q,fuel[GJ]
1	8,059	---	---	---	0,866	0,531	---	9,456
2	6,176	---	---	---	0,842	0,394	---	7,413
3	4,292	---	---	---	0,866	0,363	---	5,521
4	1,550	---	---	---	0,858	0,287	---	2,695
5	0,220	---	---	---	0,866	0,244	---	1,331
6	---	---	---	---	0,858	0,220	---	1,078
7	---	---	---	---	0,866	0,227	---	1,093
8	---	---	---	---	0,866	0,244	---	1,111
9	0,373	---	---	---	0,858	0,294	---	1,526
10	2,460	---	---	---	0,866	0,360	---	3,687
11	5,515	---	---	---	0,858	0,419	---	6,792
12	7,371	---	---	---	0,866	0,524	---	8,762

Vysvětlivky: Q,f,H je vypočtená spotřeba energie na vytápění; Q,f,C je vypočtená spotřeba energie na chlazení; Q,f,RH je vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti vzduchu; Q,f,F je vypočtená spotřeba energie na nucené větrání; Q,f,W je vypočtená spotřeba energie na přípravu teplé vody; Q,f,L je vypočtená spotřeba energie na osvětlení (popř. i na spotřebiče); Q,f,A je pomocná energie (čerpadla, regulace atd.) a Q,fuel je celková dodaná energie. Všechny hodnoty zohledňují vlivy účinností technických systémů.

Dodané energie:

Vyp.spotřeba energie na vytápění za rok Q,fuel,H:	36,017 GJ	10,005 MWh	54 kWh/m2
Pomocná energie na vytápění Q,aux,H:	---	---	---
Dodaná energie na vytápění za rok EP,H:	36,017 GJ	10,005 MWh	54 kWh/m2
Vyp.spotřeba energie na chlazení za rok Q,fuel,C:	---	---	---
Pomocná energie na chlazení Q,aux,C:	---	---	---
Dodaná energie na chlazení za rok EP,C:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na úpravu vlhkosti Q,fuel,RH:	---	---	---
Pomocná energie na úpravu vlhkosti Q,aux,RH:	---	---	---
Dodaná energie na úpravu vlhkosti EP,RH:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na nucené větrání Q,fuel,F:	---	---	---
Pomocná energie na nucené větrání Q,aux,F:	---	---	---
Dodaná energie na nuc.větrání za rok EP,F:	---	---	---
Vyp.spotřeba energie na přípravu TV Q,fuel,W:	10,341 GJ	2,873 MWh	15 kWh/m2
Pomocná energie na přípravu teplé vody Q,aux,W:	---	---	---

Dodaná energie na přípravu TV za rok EP,W:	10,341 GJ	2,873 MWh	15 kWh/m2
Vyp.spotřeba energie na osvětlení a spotř. Q,fuel,L:	4,107 GJ	1,141 MWh	6 kWh/m2
Dodaná energie na osvětlení za rok EP,L:	4,107 GJ	1,141 MWh	6 kWh/m2
Celková roční dodaná energie Q,fuel=EP:	50,465 GJ	14,018 MWh	75 kWh/m2

Měrná dodaná energie budovy

Celková roční dodaná energie:	14,018 MWh
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3
Celková energeticky vztázná podlah. plocha budovy:	186,4 m2
Měrná dodaná energie EP,V:	27,3 kWh/(m3.a)
Měrná dodaná energie budovy EP,A:	75 kWh/(m2.a)

Poznámka: Měrná dodaná energie zahrnuje veškerou dodanou energii včetně vlivů účinnosti tech. systémů.

Rozdělení dodané energie podle energonositelů, primární energie a emise CO2

Ergo-nositel	Faktory transformace			Vytápění				Teplá voda			
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---	---
zemní plyn	1,1	1,1	0,2770	10,0	11,0	11,0	2,8	2,9	3,2	3,2	0,8
SOUČET				10,0	11,0	11,0	2,8	2,9	3,2	3,2	0,8

Ergo-nositel	Faktory transformace			Osvětlení				Pom.energie			
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	1,1	3,4	3,7	0,3	---	---	---	---
zemní plyn	1,1	1,1	0,2770	---	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				1,1	3,4	3,7	0,3	---	---	---	---

Ergo-nositel	Faktory transformace			Nuc.větrání				Chlazení			
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---	---
zemní plyn	1,1	1,1	0,2770	---	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				---	---	---	---	---	---	---	---

Ergo-nositel	Faktory transformace			Úprava RH				Export elektřiny		
	f,pN	f,pC	f,CO2	Q,f	Q,pN	Q,pC	CO2	Q,el	Q,pN	Q,pC
elektrina ze sítě	3,0	3,2	0,2930	---	---	---	---	---	---	---
zemní plyn	1,1	1,1	0,2770	---	---	---	---	---	---	---
SOUČET				---	---	---	---	---	---	---

Vysvětlivky: f,pN je faktor neobnovitelné primární energie v kWh/kWh; f,pC je faktor celkové primární energie v kWh/kWh; f,CO2 je součinitel emise CO2 v kg/kWh; Q,f je vypočtená spotřeba energie dodávaná na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,el je produkce elektřiny v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá na daný účel příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou s tím spojené emise CO2 v t/rok.

Součty pro jednotlivé energonositele:	Q,f [MWh/a]	Q,pN [MWh/a]	Q,pC [MWh/a]	CO2 [t/a]
elektrina ze sítě	1,141	3,422	3,650	0,334
zemní plyn	12,877	14,165	14,165	3,567
SOUČET	14,018	17,587	17,815	3,901

Vysvětlivky: Q,f je energie dodaná do budovy příslušným energonositelem v MWh/rok; Q,pN je neobnovitelná primární energie a Q,pC je celková primární energie použitá příslušným energonositelem v MWh/rok a CO2 jsou s tím spojené emise CO2 v t/rok.

Měrná primární energie a emise CO2 budovy

Emise CO2 za rok:	3,901 t	
Celková primární energie za rok:	17,815 MWh	64,135 GJ
Neobnovitelná primární energie za rok:	17,587 MWh	63,314 GJ
Objem budovy stanovený z vnějších rozměrů:	512,7 m3	
Celková energeticky vztázná podlah. plocha budovy:	186,4 m2	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m3):	7,6 kg/(m3.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,V:	34,7 kWh/(m3.a)	
Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,V:	34,3 kWh/(m3.a)	
Měrné emise CO2 za rok (na 1 m2):	21 kg/(m2.a)	
Měrná celková primární energie E,pC,A:	96 kWh/(m2.a)	

Měrná neobnovitelná primární energie E,pN,A: 94 kWh/(m2.a)

STOP, Energie 2013