



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Optimalizace spotřeby energie v RD
Optimization of energy consumption in the family house

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Vedoucí práce: Ing. Josef Černošus

Miroslav Mengr

Praha 2014

České vysoké učení technické v Praze
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Mengr Miroslav**

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management
Obor: Elektrotechnika a management

Název tématu:

Optimalizace spotřeby energie v RD

Pokyny pro vypracování:

1. Tepelnětechnické vlastnosti objektu.
2. Návrh variant vytápění ve vazbě na tepelnětechnické parametry objektu.
3. Ekonomické zhodnocení vybraných variant vytápění.

Seznam odborné literatury:

1. Kislíngrová E.: Manažerské finance. C.H. Beck, 2010, 3. vydání.
2. Beranovský J., Truxa J.: Alternativní energie pro váš dům. ERA group spol. s.r.o., 2004, 2. aktualizované vydání.
3. Knápek J., Geuss E.: Ekologie a ekonomika. Vydavatelství ČVUT, 2000.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Josef Černošous

Platnost zadání: do konce letního semestru 2015/2016

L.S.

Doc.Ing. Jaroslav Knápek, CSc.

vedoucí katedry

Prof.Ing. Pavel Ripka, CSc.

děkan

V Praze dne 10.2.2015

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 8. 5. 2015

.....

Miroslav Mengr

Poděkování

Tímto bych rád v první řadě poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce, panu inženýru Josefu Černohousevi, za cenné rady a vstřícnost při osobních konzultacích. Dále děkuji rodině, která mě s pochopením po celou dobu psaní a počítání zprostita povinnosti vykonávat domácí práce.

Abstrakt

V této bakalářské práci jsou popsány jednotlivé formy energie a jejich provázanost s rodinným domem. Na základě zjištěných tepelně technických parametrů, jako např. tepelná ztráta budovy, jsou navržena opatření pro snížení spotřeby energie. Především se jedná o alternativní systém vytápění. Závěrečné ekonomické zhodnocení předkládá výhodnost a porovnání jednotlivých řešení.

Klíčová slova: energie, návrh vytápění, tepelná ztráta

Abstract

This bachelor's thesis describes individual forms of energy and its connection with a family house. Some arrangements for reduction of energy consumption are designed on the basis of discovered heat technical parameters, such as thermal loss. Mainly it is alternative system of heating. Concluding economical assessment gives advantageousness and comparison of every single solution.

Key words: energy, plan of heating, thermal loss

Obsah

Úvod	8
1 Energie a její formy	9
1.1 Mechanická energie	9
1.2 Zářivá energie	10
1.3 Chemická energie.....	11
1.4 Jaderná energie	12
1.5 Elektrická energie.....	12
1.5.1 Energetické třídy spotřebičů	13
1.5.2 Energetický štítek.....	13
1.6 Tepelná energie	14
1.6.1 Teplo v domácnosti.....	14
2 Otopné soustavy	15
3 Příprava TUV	18
3.1 Bojler	18
3.2 Průtokový ohřívač	18
3.3 Solární ohřev.....	19
4 Popis vybraného objektu	20
4.1 Realizace vytápění.....	20
4.2 Konstrukce domu	21
5 Energetické hodnocení budov.....	22
5.1 Vyhláška o energetické náročnosti budov.....	22
5.1.1 Důležité pojmy.....	22
5.1.2 Hodnotící ukazatelé	23
5.2 Průkaz energetické náročnosti budovy	24
5.2.1 Povinnosti v souvislosti s PENB.....	24
5.3 Výpočet energetických potřeb vybraného RD	25
5.3.1 Tepelná ztráta	26
5.3.2 Potřeba tepla	28
5.3.2.1 Teplo na vytápění	28
5.3.2.2 Teplo pro ohřev TUV	29
5.4 Průměrný součinitel prostupu tepla	30
6 Alternativní způsob vytápění	32

6.1 Elektrické topení	32
6.2 Krbová vložka.....	32
6.3 Tepelné čerpadlo	33
7 Ekonomické hodnocení.....	35
7.1 Metody hodnocení efektivnosti investic.....	35
7.1.1 Metody statické	35
7.1.2 Metody dynamické	36
7.2 Platba za energie.....	37
7.2.1 Cena plynu.....	37
7.2.2 Cena elektřiny.....	37
7.2.3 Vývoj cen energií.....	38
7.3 Porovnání navržených variant vytápění	40
Závěr.....	45
Použité zdroje	48
Příloha 1 - Energetický štítek spotřebiče [6]	51
Příloha 2 - Průkaz energetické náročnosti budovy.....	52
Příloha 3 - Ceny zemního plynu [17]	54
Příloha 4 - Výpočty excel.....	CD
Kontaktní adresa	55

Úvod

Tato bakalářská práce si klade za cíl, jak již samotný název napovídá, zhodnotit konkrétní dům na základě jeho energetických potřeb a navrhnout opatření pro jejich snížení. To se týká zejména systému vytápění a ohřevu teplé užitkové vody. Dále jsou zde popsány tepelně technické parametry budovy, díky kterým lze navrhnout konkrétní změny. V návaznosti na tyto vypracované podklady jsou jednotlivé varianty podrobeny ekonomické analýze, která poskytuje objektivní posouzení výhodnosti pro obyvatele stavby a potenciálního investora do navržených změn.

V první kapitole se čtenář seznámí obecně s energií jako takovou a dále mu budou definovány a popsány jednotlivé její formy. U jednoho typu energie (elektrické) se vyskytne zmínka o spotřebičích v domácnosti a jejich štítkování. Obdobná návaznost je i v podkapitole o tepelné energii, kde zmiňují několik základních informací souvisejících s rodinným domem. Na to navazuje pojednání o otopných soustavách včetně ukázkových ilustrací zapojení vybraných systémů. Dále se od vytápění objektu přechází k ohřevu užitkové vody. V následujících odstavcích jsou vyjmenovány a shrnuty tři základní způsoby přípravy TUV.

Čtvrtá kapitola je již zaměřena zcela konkrétně na vybraný dům. Popisuje jeho konstrukční uspořádání a technické vybavení (zejména pro vytápění). Legislativní požadavky a náležitosti týkající se energetického hodnocení budov jsou popsány v kapitole následující, která zároveň, na základě výpočtů, předkládá významné parametry zkoumané stavby. Mezi ty nejpodstatnější patří tepelná ztráta budovy a roční potřeba tepla na vytápění a ohřev užitkové vody. V pojednání šestém jsou stručně rozebrány vybrané alternativní zdroje tepla včetně jejich konkrétních parametrů a možné aplikace.

Poslední část této práce se zabývá ryze ekonomickými aspekty a na základě známých hodnotících metod a ukazatelů je v samotném závěru ověřena výhodnost jednotlivých navržených změn pro optimalizaci spotřeby energie ve vybraném rodinném domě.

1 Energie a její formy

Bavíme-li se o energii a optimalizaci její spotřeby je vhodné si také tento pojem objasnit. Definice lze najít více. Nejčastěji se uvádí, že jde o fyzikální veličinu, charakterizující stav soustavy nebo její schopnost konat práci. Obecněji se jedná o určitou vlastnost hmoty. Velikost energie hmotné soustavy popisuje známý Einsteinův vztah $E = m \cdot c^2$, kde m představuje hmotnost a c rychlost šíření světla ve vakuu. Jednotkou energie je Joule se značkou J [1].

Každé těleso i každá částice je nositelem určité energie. Celková absolutní hodnota energie soustavy se však v praxi téměř neurčuje. To co nás zajímá, je její přeměna a velikosti jednotlivých forem, které jsou samostatně již lépe definovatelné. Pokud hovoříme například o dvou libovolných tělesech stejné hmotnosti, můžeme tvrdit, že jejich celková energie je shodná (pokud mají stejnou hmotnost, mají dle Einsteina také stejnou energii), nicméně velikosti jednotlivých forem energie se mohou lišit. Uváděné formy jsou tyto:

- mechanická energie
- zářivá energie
- chemická energie
- jaderná energie
- elektrická energie
- tepelná energie

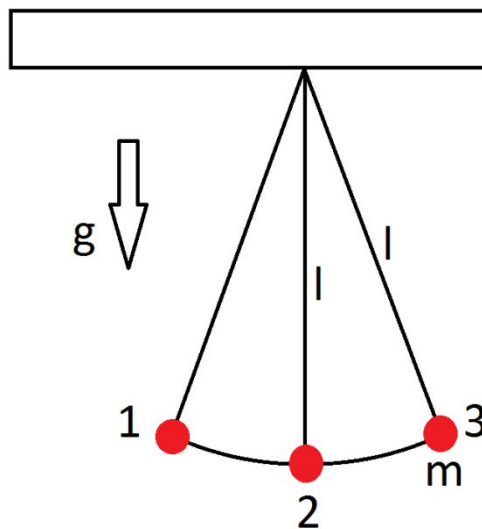
Všechny uvedené formy energie jsou svázány s nějakým nositelem, kterým může být látka ve všech skupenstvích hmoty nebo také pole. V budovách se často setkáme s přeměnou chemické energie na tepelnou např. při spalování tuhých paliv, elektrické na zářivou u osvětlení atd. Při jednotlivých přeměnách je pro nás klíčová informace, jak velká část energie se přeměnila na jiný požadovaný druh. To lze vyjádřit v procentech pomocí tzv. účinnosti. Při optimalizaci spotřeby energie rodinného domu se tedy mimo jiné budeme snažit o maximalizaci účinnosti a to zejména v procesech přeměny energie užívaných pro vytápění, ohřev teplé užitkové vody a osvětlení.

1.1 Mechanická energie

Tato forma vyjadřuje míru schopnosti konat mechanickou práci např. působit silou na jiné těleso a přesouvat ho po určité dráze. Mechanickou energii dělíme zpravidla na dva druhy - energii kinetickou (pohybovou) a potenciální (polohovou), často také uváděné zvlášť. Kinetická energie tělesa je dána jeho hmotností a rychlostí.

Polohová se definuje jako součin hmotnosti tělesa, gravitační konstanty g a výškou h tělesa nad zemským povrchem [1].

Jeden ze základních fyzikálních zákonů - Zákon zachování mechanické energie "hovoří" o tom, že při všech dějích v izolované soustavě (není v interakci s okolím) je součet kinetické a potenciální energie konstantní. To lze jinými slovy přeložit také tak, že se jeden druh energie může pouze přeměnit v druhý a naopak. Demonstrujme děj například na modelu matematického kyvadla.

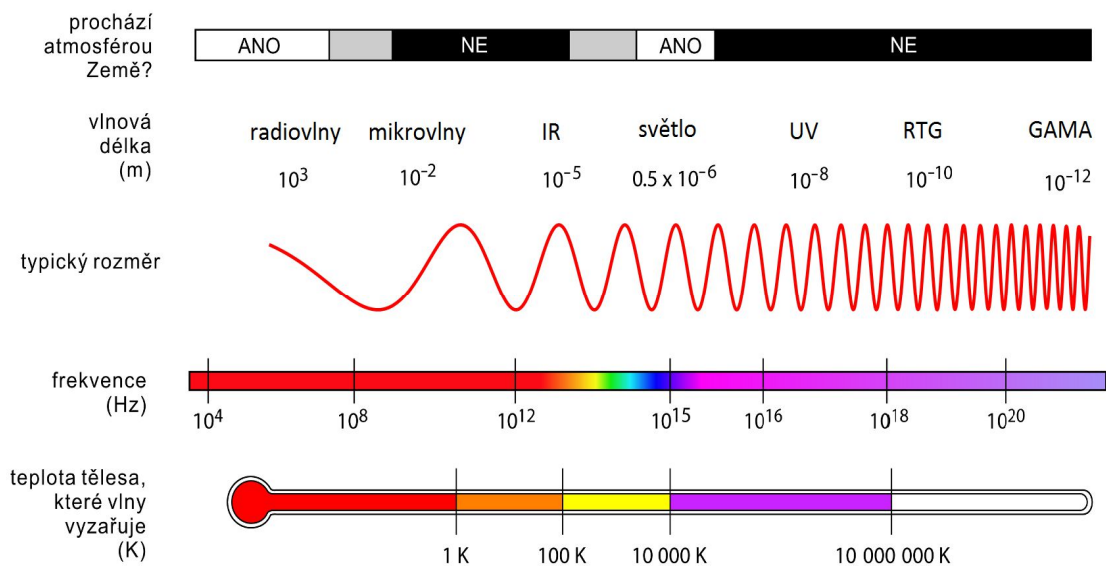


Obrázek 1 - Matematické kyvadlo

V bodech 1 a 3 dosahuje potenciální energie hmotného bodu svého maxima. V bodě 2 je situace zcela opačná. Při přechodu (kyvu) mezi polohami 1 - 2 dochází k přeměně potenciální energie na kinetickou, mezi 2 - 3 je tomu naopak.

1.2 Zářivá energie

Zářivá energie je v podstatě energie elektromagnetického záření uvolňovaná z těles v určitých kvantech. Jejím projevem je elektromagnetická vlna o libovolné vlnové délce λ , což je podíl rychlosti světla ve vakuu c a frekvence vlnění f . Velikost energie je dána součinem Planckovy konstanty a frekvencí vlny. Pro lidské oko je z celého elektromagnetického spektra viditelný pouze zlomek a to světlo o vlnové délce přibližně 380 - 740nm. Na následujícím obrázku je celé spektrum přehledně graficky znázorněno [1].



Obrázek 2 - Přehled elektromagnetického spektra [2]

1.3 Chemická energie

Při chemických reakcích dochází k přeskupování atomů, během kterého se uvolňuje nebo absorbuje energie chemická. Z pravidla nejde o reakce mezi neutrálními atomy, nýbrž mezi ionty. Ve většině případů dochází také k uvolňování tepla, čehož se využívá zejména u vytápění, kdy spalováním různých druhů paliv získáváme z energie chemických látek teplo. Například hoření uhlí je prostá reakce uhlíku a kyslíku, při které vzniká, často zmiňovaný skleníkový plyn, oxid uhličitý [1].

To kolik tepla z daného materiálu jsme schopni "vytěžit" závisí na účinnosti kotle a také na tzv. výhřevnosti paliva, která stanovuje množství uvolněné energie po úplném spálení v jednotkách MJ/kg popř. MJ/m³. V některých tabulkách se můžeme setkat i s kW místo MJ. Výhřevnost paliva se odvíjí i od množství vody v něm obsažené. Čím více vody, tím samozřejmě méně energie získáme a naopak. Kupříkladu čerstvě vytěžené dřevo má podíl vody přibližně 50 %. Po jednom roce skladování v suchu za přispění přirozeného větrání klesne obvykle tato hodnota na zhruba 20 %. V přiložené tabulce s vybranými výhřevnostmi se vyskytuje pojem "měrné palivo". Jde o teoretické ideální palivo s výhřevností čistého uhlíku a slouží k porovnání s ostatními reálnými palivy.

Energie - palivo	Výhřevnost
Propan	46,40 MJ/kg
LTO	42,30 MJ/kg
Zemní plyn	33,48 MJ/m ³
Měrné palivo	29,31 MJ/kg
ČU energetické - Ostrava	29,21 MJ/kg
ČU prachové - Ostrava	22,78 MJ/kg
HU - tříděné - Most	17,18 MJ/kg
Dřevěné brikety	16,21 MJ/kg
Dřevo palivové	14,62 MJ/kg
HU tříděné - Sokolov	14,17 MJ/kg
HU prachové - Most	11,72 MJ/kg
HU prachové - Sokolov	10,49 MJ/kg

Tabulka 1 - Výhřevnosti vybraných paliv [3]

1.4 Jaderná energie

Energie této formy je v dnešní době v energetice zcela klíčová. Vzhledem k ubývání neobnovitelných zdrojů surovin a ekologickým požadavkům se velká část elektrické energie vyrábí právě v jaderných elektrárnách. V České republice představuje tento podíl přibližně 35 % z celkového množství generované elektřiny. Jaderná (atomová) energie se uvolňuje při jaderných reakcích v důsledku změn v jádře atomu. Existují dva způsoby, jak tyto změny provést. Obvyklé je štěpení těžších jader, známe ovšem i tzv. jadernou fúzi, kdy se naopak lehčí jádra slučují. Množství uvolněné energie při štěpení je úměrné úbytku hmotnosti jádra dle již zmíněného Einsteinova vztahu $E = m \cdot c^2$. Celá problematika je velice rozsáhlá, ale pro stručný přehled nám toto postačí [1].

1.5 Elektrická energie

Dále zde máme energii elektrickou, která se obecně chápe jako energie elektromagnetického pole vzniklého v okolí pohybujících se nábojů. V reálném světě se ovšem zcela jistě setkáme spíše s pojmem elektřina. V praxi je charakterizována několika veličinami, mezi kterými dominuje elektrické napětí U s jednotkou Volt (V) a elektrický proud I udávaný v Ampérech (A). V přírodě se elektřina vyskytuje například v podobě blesku. Nás však bude více zajímat využití v domácnosti, kde je tato forma dnes již nepostradatelná a také velmi dobře využitelná pro další přeměnu [1].

1.5.1 Energetické třídy spotřebičů

Díky rostoucí závislosti lidstva na elektřině se s postupem času zavádějí také různá opatření pro snížení její spotřeby. Ceny za jednu odebranou kWh (1 kWh = 3600 kJ) navíc také kontinuálně rostou, a proto v podstatě není důvod se těmto opatřením bránit. Legislativní proces začíná obvykle iniciativou Evropské unie, ze které vzejde směrnice a ta je dále zakomponována do jednotlivých zákonů, nařízení potažmo vyhlášek členských států.

Jedna z těchto směrnic v minulosti definovala limitní hodnoty spotřeby elektrické energie pro různé typy výrobků a na jejich základě zavedla tzv. energetické třídy. Ty jsou označovány písmeny A - G, kdy A značí spotřebič nejúspornější a G naopak ten nejméně hospodárný. V důsledku nových technologií, materiálů apod. se na trhu objevují stále úspornější spotřebiče, a proto byly v roce 2011 zařazeny ještě nové třídy A+, A++ a nejméně náročná A+++. Příklad mezních hodnot spotřeby je uveden v následující tabulce [5].

KOMBINOVANÁ CHLADNIČKA S MRAZNIČKOU	A+++	A++	A+	A
200 cm	do 0,5	0,51 – 0,70	0,71 – 0,81	0,82 – 1,10
185 cm	do 0,45	0,46 – 0,65	0,66 – 0,73	0,74 – 0,97
150 cm	–	do 0,55	0,56 – 0,64	0,65 – 0,80

Tabulka 2 - Mezní hodnoty spotřeby v kWh/24hod [4]

1.5.2 Energetický štítek

Od roku 2001 je v České republice zavedena povinnost u vybraných výrobků uvádět jejich provozní náročnost v podobě tzv. energetického štítku [26]. Jedná se především o běžné a často užívané domácí spotřebiče s relativně vyšším příkonem. Tento seznam se postupně rozrůstá. Momentálně se nařízení vztahuje na automatické pračky, bubnové sušičky prádla, pračky kombinované se sušičkou, chladničky, mrazničky a jejich kombinace, myčky nádobí, zdroje světla, svítidla, předřadníky k zářivkám, klimatizační jednotky, televizory, vysavače a od 1. ledna 2015 také na odsavače par a elektrické i plynové trouby [27]. U těchto zařízení musí být štítek umístěn na viditelném místě a musí být k dispozici dokonce i při internetovém prodeji či reklamě. Na štítku se zpravidla udává sedm energetických tříd, tudíž začíná-li stupnice A++, končí poté třídou E a nikoli G. Štítek ještě navíc obsahuje další užitečné

informace související s provozem výrobku. U praček je to ještě třeba spotřeba vody, úroveň hluku apod. Vzor štítku pro chladicí zařízení je vyobrazen v příloze č. 1.

1.6 Tepelná energie

Tento název není zcela vhodný, protože spíše než o tepelné energii, bychom se měli bavit buď o teple, nebo vnitřní energii. Vnitřní energie tělesa vychází ze všech jeho částic. V této energii je zahrnuta např. i potenciální a kinetická energie jednotlivých struktur (ne celková kinetická potažmo potenciální energie tělesa), a právě kinetická energie částic se projevuje jako teplota tělesa. Někdy se jí také říká mikrokinetická energie (spjata s pohybem molekul). Teplo je tedy mikroskopickým způsobem (srážkami částic) předávaná část vnitřní energie látky. Přenos probíhá třemi způsoby: vedením, prouděním, zářením. Teplo se značí písmenem Q a jeho jednotkou je opět Joule (J). V praxi se spíš než jakási absolutní hodnota tepla určité hodnoty tepla přijatého popř. odebraného látkou. Přijaté se spočítá jako součin hmotnosti tělesa jeho měrné tepelné kapacity a teploty o kolik se ohřálo [1].

1.6.1 Teplo v domácnosti

Veškeré budovy potřebují dodávat teplo a to nejen pro pohodlí lidí uvnitř, ale také kvůli delší životnosti některých jejich prvků. Pokud stavba v zimě promrzne, hrozí popraskání vodovodního potrubí popřípadě dalších částí konstrukce v důsledku teplotní roztažnosti. Teplo se proto kromě slunečního záření musí dodávat uměle. Způsobů vytápění je mnoho. Nejčastěji se u již postavených rodinných domů setkáváme s kotlem, spalující tuhá paliva popř. plyn. Od vytápění přímotopy se v důsledku růstu ceny elektřiny spíše odstupuje. Naopak stále větší oblibě se těší tzv. tepelná čerpadla různých provedení, která mají sice vyšší pořizovací náklady, nicméně jejich provoz je již mnohem úspornější. Přenos tepla probíhá díky určitému nositeli energie, médiu, kterým je v tomto případě buď voda, nebo vzduch. Pokud ohříváme vodu, zpravidla je uzavřena v okruhu potrubí, na které jsou napojeny radiátory. V nich se teplo z vody přenáší na kovové lamely a následně je vyzářeno do okolí. U přímotopů probíhá ohřev vzduchu již bez pomocného média (vody). Výběr vhodné otopné soustavy je velice důležitý pro pozdější provozní náklady budovy, a proto je třeba mu věnovat dostatečnou pozornost. Další významným bodem je zajištění setrvání tepla v domě. Jinými slovy omezit jeho úniky. To lze provést například zateplením, výměnou oken apod.

2 Otopné soustavy

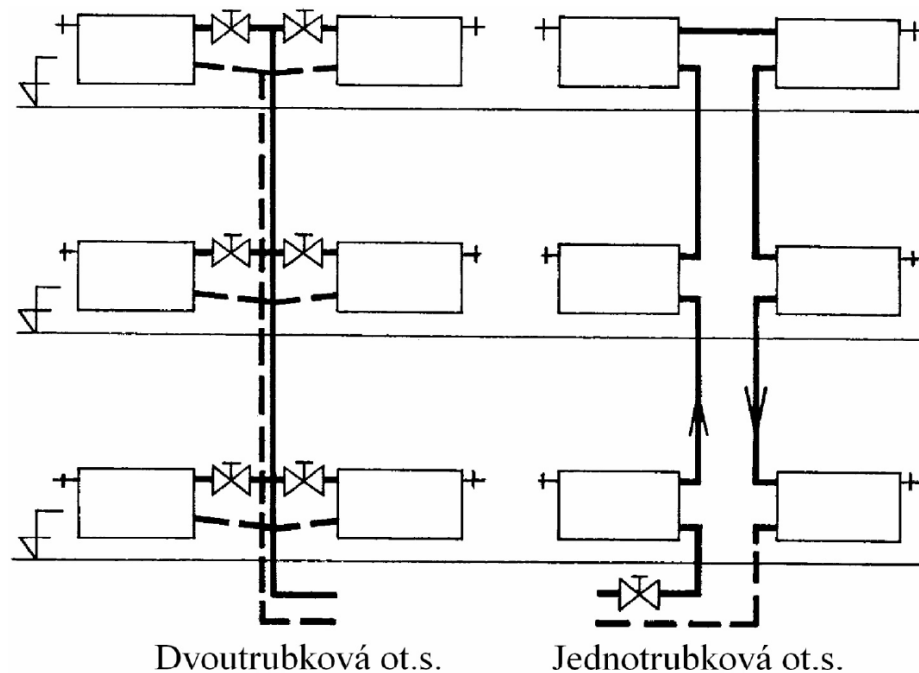
Otopná soustava zahrnuje v podstatě všechny prvky, které slouží k vytápění. Hlavní její prvky jsou: zdroj tepla, potrubí, armatury (spojovací kolena, ventily, kohouty), otopná tělesa apod. Soustavy lze dělit dle [7]:

- teploty teploty - např. voda, pára, horký vzduch
- tlaku teploty - podtlakové (do 100 kPa), nízkotlaké (do 150 kPa), středotlaké (do 900 kPa), vysokotlaké (nad 900 kPa)
- teploty teploty - nízkoteplotní (do 65 °C), teplovodní (do 110 °C), horkovodní (nad 110 °C)
- sdílení tepla - konvekční, sálavé
- počtu trubek - jednotrubkové, dvoutrubkové, vícetrubkové
- umístění rozvodu teploty - horní, spodní
- typu oběhu teploty - přirozený (samotížný), nucený (čerpadlo)
- polohy rozvodu vzhledem k otopným tělesům - horizontální, vertikální
- spojení s okolím - uzavřené (tlakové), otevřené

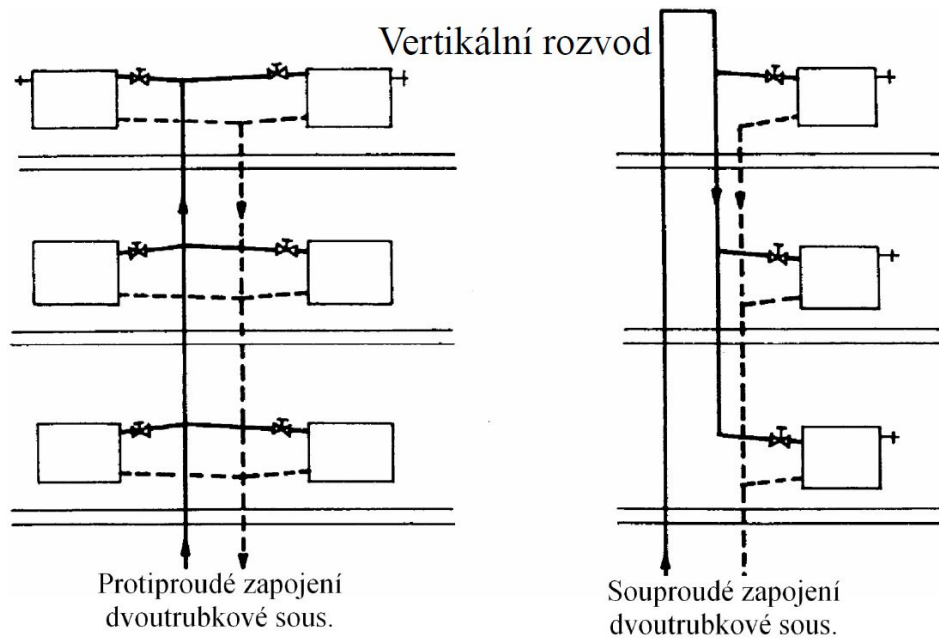
Pojďme si nyní toto rozdělení detailněji vysvětlit. Pojmy teploty, její tlak a teplota jsou jasné, nicméně takový počet trubek by mohl být na první pohled zavádějící. Jednotrubková soustava je v podstatě obdoba sériového řazení v elektrotechnice. Zde ovšem místo součástek propojujeme otopná tělesa. Dvoutrubkový systém naopak koresponduje zapojením paralelním (jedna trubka topná, druhá s ochlazenou vodou), které může mít ještě dvě varianty - protiproudé a sou proudé. Pro lepší názornost jsou tyto odlišnosti zobrazeny na obrázku 3 a 4. U vícetrubkového připojení je již možností mnoho a není třeba je zde jednotlivě rozebírat. Co se týče umístění rozvodu teploty, lze zjednodušeně říci, že pokud je kotel nad zbylými prvky otopné soustavy, jde o rozvod horní a pokud pod pak spodní. Objasněme si ještě zmíněný "přirozený oběh". V tomto případě voda koluje díky své rozdílné hustotě. Teplá voda má menší hustotu, takže se tlačí nahoru. Z toho vyplývá, že pro správný chod je nutné mít zdroj tepla pod úrovní otopných těles. Systém s tímto typem oběhu má jak klady, tak zápory. Nevýhodou je např. velká tepelná setrvačnost, naopak ocenit lze nezávislost na elektrické energii. Tyto soustavy se nejčastěji využívají v horizontálně členitějších dvoutrubkových systémech.

Mezi nejčastěji užívané materiály trubek můžeme zařadit ocel, měď a plast. Existují samozřejmě i mnohem sofistikovanější. Například to může být síťovaný polyetylén, polybuten nebo třeba vrstvené potrubí s hliníkovou vložkou, která chrání otopnou soustavu před difúzí kyslíku. Navíc oproti běžným plastovým trubkám (PP-r) mají menší teplotní délkovou roztažnost při zachování poměrně dobré ohebnosti a mechanické odolnosti. Tyto pozitivní vlastnosti jsou ovšem vykoupeny vyšší

pořizovací cenou. Obyčejné plastové trubky jsou výhodné pro svou lehkost a odolnost vůči korozi. Co u nich vyzdvihnout nelze, je teplotní délková roztažnost (až 10x větší než u kovových materiálů), nižší tlaková odolnost a umožnění difúze kyslíku stěnami potrubí (při ochlazení teplotnosné látky v trubce klesne její tlak, vytvoří se podtlak a díky tomu se může kyslík dostat do soustavy, což má za následek nežádoucí kolísání tlaku systému, popř. korozi jiných připojených kovových částí). Z důvodu ochrany proti mechanickému poškození nemůže být plastové potrubí vedeno volně, ale vždy je nutné ho podepřít dalším pevnějším prvkem nebo ho přímo zabudovat do stavební konstrukce. Ocelová trubka disponuje sice výbornými mechanickými vlastnostmi, nicméně podléhá korozi. Pro udržení dobré kondice takové trubky je nutné zajistit optimální pH otopné vody, které se u oceli pohybuje na hranici stupně 10. Kompromisem mezi ocelí a plastem je měď, která je dnes v novostavbách poměrně oblíbená. Oproti oceli má sice zhruba o 40 % větší tepelnou roztažnost, ovšem její korozní odolnost je vysoká. Navíc díky své velké mechanické pevnosti z ní lze vyrábět a používat potrubí s tenkými stěny [7] [8].



Obrázek 3 - Rozdíl mezi jednotrubkovou a dvoutrubkovou otopnou soustavou [8]



Obrázek 4 - Příklad protiproudé a souproudé dvoutrubkové otopné soustavy [8]

3 Příprava TUV

Teplá užitková voda neboli TUV představuje další významnou položku, jejíž zajištění se musí řešit v každé domácnosti. Vhodným výběrem způsobu ohřevu lze docílit zajímavých úspor, a proto je vhodné zvážit více alternativ.

3.1 Bojler

Ve vybraném domě (viz kapitola 4) se veškerá teplá voda ohřívá v tzv. bojlerech. Jeden o objemu 120 l značky Tatramat je umístěn na půdě a dodává vodu do koupelny. Druhý 80l firmy Dražice se pak nachází ve sklepě a napájí kuchyň, umývárnu a prádelnu. Jedná se v podstatě o tepelně izolovanou nádobu, která v sobě ukrývá drobnou elektroniku (např. pro nastavení teploty atd.) a hlavně topné těleso - v našem případě s příkonem 2 kW. Bojler bývá obvykle spínán pomocí hromadného dálkového ovládání HDO. To znamená, že pokud domácnost využívá dvoutarifové sazby za odběr elektřiny (platí pro náš rodinný dům), voda v ohříváči se "natopí" během té nižší a tudíž nás takový ohřev stojí méně peněz. V dnešní době existují už i tzv. smart bojler, které dokážou sledovat spotřebu vody dlouhodobě a pokud např. zjistí, že přes víkend nebýváte doma, naučí se v té době ohřívát jen minimální množství vody pro nenadálé události.

3.2 Průtokový ohříváč

Další poměrně běžný způsob ohřevu je průtokový ohřev. V tomto případě se teplá voda nikde neakumuluje a k jejímu ohřevu dochází přímo při spotřebě. Existují dva základní typy a to buď elektrický, nebo plynový. První zmíněný má opět topné elektrické těleso, které ovšem musí být schopno vyvinout v daném okamžiku mnohem více tepla, a proto i příkon těchto těles je podstatně vyšší, než u bojlerů. U malého ohříváče nad umyvadlem můžeme kalkulovat s hodnotou okolo 4 kW, avšak větší zařízení určené pro více odběrů mohou odebírat až 27 kW. Teplota ohřáté vody se obvykle pohybuje mezi 30 a 60 °C v závislosti na modelu. Druhý typ, plynový průtokový ohříváč (karma) může běžně dosahovat tepelného výkonu až 26kW a dokáže ohřát i 16 litrů za minutu. Plyn je třeba nějakým způsobem zapálit. Často se využívá tzv. věčný plamínek, kdy malé množství plynu neustále hoří bez užitku. Na první pohled to může být zanedbatelná položka, ovšem při využití propracovanějšího systému například bateriového zapalování nebo tzv. hydrodynamického generátoru (HDG) lze

na provozních nákladech (plynu na ohřev TUV) dosáhnout v běžné domácnosti úspory až desítek procent. U HDG jsou baterie nahrazeny malou vodní turbínkou, která generuje proud, potřebný pro elektroniku a zapalování ohřívače [28].

3.3 Solární ohřev

Instalace solárního termického systému je ze všech dosud zmíněných alternativ nejnákladnější, avšak podle zveřejněných výsledků měření je možná až 70% úspora energie za rok. Výpočet rentability závisí na použitém systému, množství slunečního záření v dané lokalitě, vhodném nastavení kolektorů vůči světovým stranám atd., tudíž konkrétní počet let nelze uvést. Celá aparatura se skládá z několika částí. Desky, které absorbují sluneční záření a přeměňují ho v teplo, se nazývají solární kolektory. Na ně je dále připojeno potrubí s nemrznoucí kapalinou, která odebírá teplo z kolektorů a dále putuje do zásobní nádoby o objemu v řádech stovek litrů. Pro případ oblačnosti, či nedostatečného ohřevu je k nádobě připojen ještě další ohřívač, nejčastěji plynový nebo elektrický. Oběh kapaliny v potrubí zajišťuje čerpadlová stanice. Vzhledem k teplotní roztažnosti tekutiny je ještě nutné opatřit soustavu expanzní nádobou, umožňující tuto změnu objemu. Tento systém kromě vyšších pořizovacích nákladů klade i větší nároky na prostor než předchozí řešení, a proto nemusí být vhodný pro všechny stavby [17].

4 Popis vybraného objektu

V následujících odstavcích bude podrobněji rozebrán technický stav objektu a shrnuty potřebné informace o téže posuzované budově z hlediska energií, především tepelné.

4.1 Realizace vytápění

Vybraný rodinný dům byl postaven na přelomu 80. a 90. let dvacátého století. Nachází se ve středočeském kraji, konkrétně v Polabci na předměstí Poděbrad. V této rovinaté oblasti nejsou příliš chladné zimy (dlouhodobý lednový průměr jsou $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$), nicméně ani zde v nížině se nesmí způsob vytápění podcenit.

Prvních téměř deset let byla stavba vytápěna elektřinou pomocí speciálního systému. Jeho základ tvořily tři nádrže o objemu 750 l každé z nich. Voda uvnitř se ohřívala elektrickými tělesy s příkonem 7,5 kW v každé nádrži a následně byla distribuována do soustavy potrubí s radiátory. Celý mechanismus musel být řízen tak, aby se vypouštěli nádrže postupně, aby se nemísila mezi nádržemi horká a studená voda apod. Na tento systém byl dále ještě napojen kotel na tuhá paliva, který mohl topné médium v nádrži také ohřát. Velké množství vody si vyžádalo při ohřevu také velké množství dodané energie. Vzhledem k nižší účinnosti systému a stále rostoucím cenám elektrické energie se proto po několika letech již zmíněné nádrže odpojily a poté až do roku 2013, se tento dům vytápěl pouze kotlem na tuhá paliva. Dřevo do té doby sháněl majitel poměrně snadno a levně, a tak neměl důvod hledat alternativy.

V důsledku značného opotřebení zmíněného kotle se uskutečnila významná změna. Na topnou sezónu 2014/2015 byl zastaralý kotel vyřazen a uveden do provozu téměř nepoužívaný kotel plynový, kterým rodinný dům disponuje již několik let od plynofikace oblasti. Konkrétně se jedná o PROTHERM PANTHER 24 KTO s deklarovanou jmenovitou účinností 90 %, maximálním tepelným příkonem 25,5 kW a maximálním tepelným výkonem 24 kW. Povolený teplotní rozsah otopné vody je zde $45 - 85\text{ }^{\circ}\text{C}$ a doporučený provozní tlak se pohybuje mezi jedním a dvěma bary. Pokud by nás zajímala spotřeba plynu, budeme se pohybovat mezi hodnotami 0,77 – 1,66 kg/hod. Kromě toho, došlo i ke kompletní revitalizaci otopné soustavy. Původně byl objekt "protkán" dvěma okruhy potrubí, přičemž jeden směřoval do podlahového vytápění obývacího pokoje, chodby, umývárny a toalety, zatímco ten druhý obstarával přenos tepla k radiátorům ve zbytku budovy. Při rekonstrukci byl složitý systém ventilů a regulace v kotelně vyřezán a celý podlahový okruh zaslepen. Zbýlý okruh byl doplněn

novými radiátory v místech, kde se právě dříve vytápělo "do podlahy". Některé železné trubky byly také nahrazeny měděnými. Celá otopná soustava je nyní uzavřená, dvoutrubková, nízkotlaká, teplovodní se spodním rozvodem teplotnosné látky a nuceným oběhem. Co se týká údržby, tak pro plynový kotel platí povinnost každoroční servisní prohlídky dané zákonem. Každé 3 roky by se pak měla provádět kontrola i plynových rozvodů.

Daná stavba je v celé ploše podsklepena. V těchto prostorách se nacházejí technické místnosti jako např. garáž, sklad, prádelna, kotelná, dílna, a proto se zde nevyžaduje nikterak vysoká teplota. Nicméně v minulých letech zde značné množství tepla produkovat kotel na tuhá paliva, avšak jak již bylo řečeno, nyní jej nahradil kotel plynový, ze kterého v podstatě žádné teplo nesálá. V nadcházející zimě se prokáže, jak velký rozdíl toto pro tepelnou pohodu obyvatel bude představovat a zda ho nebude nutné řešit např. dodatečnou montáží radiátorů nebo zateplením obálky domu.

4.2 Konstrukce domu

Popisovaný rodinný dům o obdélníkovém půdorysu má celkem 3 podlaží. Ve sklepních prostorách se nachází místnosti technické, ve zvýšeném přízemí a prvním patře potom obytné. Obvodové zdivo je vybudováno z cihel POROTHERM tloušťky 40 cm, které jsou z venku potaženy fasádou typu brizolit (březolit), což je jednovrstvá tvrdá omítka v tomto případě ještě s přidávanými tenkými plátky slídy pro efekt lesku. Uvnitř budovy najdeme cihly CDm s různými tloušťkami (15, 25, 30 cm) a ještě, pro svou lehkost použité v prvním patře, dvouděrové duté s šíří 10 cm. Všechny zdi jsou v interiéru pokryty vápennými omítkami. Překlady nad dveřními otvory jsou buď železobetonové, nebo čistě z železných traverz. Na stropní konstrukce jsou použity nosníky miako s příslušnými vložkami (24 cm), na kterých je nalita ještě přibližně 15 cm vysoká vrstva betonu. Mezi sklepem a přízemím je navíc přidána 2cm izolace z polystyrenu. Stropy v prvním patře již nosné nejsou, a proto byly sestaveny pouze z dřevěných palubek, na které z půdy dosedá ORSIL izolační vata (15 cm) a prkenný záklop. Jedinou výjimku zde tvoří ložnice, kde je od roku 2014 na místo palubek použit sádrokarton. Tím se dostávám k rekonstrukci, jež proběhla tento rok a při které byla mimo jiné nahrazena stará špaletová okna novými moderními dřevěnými eurookny s dvojsklem. Nyní již jen chybí zmínit, že střecha domu je tvořena Alu krytem, lepenkou A 330 H a prkny s tloušťkou 2,5 cm.

5 Energetické hodnocení budov

V důsledku evropských tendencí spořit, se neustále vymýšlí nová opatření a vydávají nové směrnice, které mají tyto myšlenky podpořit. Úspora energie je obrovské téma, kterým se dnes zabývá každá vyspělejší země, a proto není divu, že Evropská unie přišla v roce 2010 s revidovanou směrnicí o energetické náročnosti budov. Ta si klade za cíl omezit celkové čerpání energie, podpořit výstavbu energeticky nenáročných domů nebo také např. omezit spotřebu u těch stávajících.

5.1 Vyhláška o energetické náročnosti budov

Tyto evropské snahy byly v roce 2013 implementovány do českého správního systému v podobě nové vyhlášky č.78/2013 Sb., která nahradila starou č.148/2007 Sb. a na jejím základě stanovuje [9]:

- a) nákladově optimální úroveň požadavků (vedou k nejnižším nákladům za energie) na energetickou náročnost pro budovy nové, již dokončené se změnami a pro budovy s téměř nulovou spotřebou,
- b) metodu výpočtu energetické náročnosti budovy,
- c) vzor posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie,
- d) vzor stanovení doporučených opatření pro snížení energetické náročnosti budovy,
- e) vzor a obsah průkazu a způsob jeho zpracování,
- f) umístění průkazu v budově.

5.1.1 Důležité pojmy

Ve vyhlášce je dále definováno několik pojmů, jejichž význam se zde pokusím objasnit. Jeden z nejčastěji užívaných je *referenční budova*. Referenční budova je totožná stavba s hodnocenou budovou i se shodnou polohou, orientací vůči světovým stranám a popř. zastíněním z okolí, která má ovšem hodnoty popisující vlastnosti budovy, konstrukcí a technických systémů nastaveny uměle dle této vyhlášky. Jedná se o tzv. *referenční hodnoty*. Tyto parametry jsou definovány tak, aby výsledná energetická náročnost budovy spadala, dle klasifikační stupnice vyhlášky (A - G), do třídy C, která představuje tzv. *úspornou budovu*. Další pojem je *přirozené větrání*. To je založeno na principu teplotního a tlakového rozdílu vnitřního a venkovního vzduchu.

Naproti tomu nucené větrání zajišťuje určité zařízení. energii potřebnou pro provoz technického systému nazýváme *pomocnou energií*. *Primární energie* je taková, která neprošla doposud žádným procesem přeměny. Její celková hodnota je dána součtem *obnovitelné* (pochází z obnovitelných zdrojů) a *neobnovitelné primární energie*. *Energonositel* představuje hmotu nebo jev využitý při výrobě mechanické práce či ovládnutí fyzikálních a chemických procesů. Může jím být např. dřevo, elektřina či zemní plyn. Dále se ve vyhlášce objevuje *faktor primární energie* značící koeficient, kterým se násobí složky dodané energie po jednotlivých energonositelích k získání odpovídajícího množství celkové primární energie. Obdobně se zachází i s *faktorem neobnovitelné primární energie*, kdy tímto koeficientem násobím jednotlivé složky dodané energie k získání odpovídajícího množství pouze neobnovitelné primární energie. V neposlední řadě je třeba zmínit ještě jeden zcela zásadní pojem tzv. *součinitel prostupu tepla*. Jedná se o převrácenou hodnotu tepelného odporu konstrukce, což je hodnota, která stanovuje, jak intenzivní je tepelná výměna mezi dvěma oddělenými prostory. Čím vyšší je součinitel, tím dochází k většímu prostupu tepla a naopak. Značka této veličiny je "U" s jednotkou (W/m²K) [9].

5.1.2 Hodnotící ukazatelé

Energetická náročnost budovy je hodnocena sedmi ukazateli:

- a) celková primární energie za rok,
- b) neobnovitelná primární energie za rok,
- c) celková dodaná energie za rok,
- d) dílčí dodané energie pro technické systémy vytápění, chlazení, větrání, úpravu vlhkosti vzduchu, přípravu teplé vody a osvětlení za rok,
- e) průměrný součinitel prostupu tepla,
- f) součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí na systémové hranici,
- g) účinnost technických systémů.

Pro nové budovy, či nástavby zvětšující vztahnou plochu o více než 25 %, je třeba splnit (dosáhnout alespoň referenčních hodnot) 3 vybraná kritéria (b), c), e)), avšak pro budovy rekonstruované je možné provést výběr kombinace ukazatelů. Při větších změnách dokončené budovy je nutné splnit zároveň buď požadavky b) a e) nebo dvojici c), e), případně lze splnit pouze jednotlivě body f) a g), týkající se změněných prvků obálky budovy či technických systémů [9].

5.2 Průkaz energetické náročnosti budovy

Průkaz energetické náročnosti budovy (PENB) je v podstatě obdoba energetického štítku u domácích spotřebičů, protože oba nám předkládají určitou představu o základních vlastnostech a zejména provozních nákladech. Štítek u spotřebiče je zjednodušeně řečeno jen nálepka, zatímco průkaz ENB je dokument obsahující graficky zpracovaný list se souhrnnými informacemi o budově (viz příloha 2) a k tomu obvykle připojené několikastránkové detailní tabulky s jednotlivými podrobnostmi (protokol). Často se jako průkaz ENB ovšem označuje jen již zmíněný příložený celkový přehled.

V jednom z paragrafů vyhlášky se vyskytuje tzv. posouzení technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti alternativních systémů dodávek energie, které je také součástí protokolu průkazu ENB. Technická proveditelnost posuzuje faktickou možnost instalace nového zdroje energie. Pokud by například u dané stavby nemohl být vyhlouben vrt, nebudu kalkulovat s tepelným čerpadlem země-voda-vrt jako alternativou, protože je tato varianta za daných podmínek neuskutečnitelná. Ekonomická část zohledňuje dosažení doby splacení investice vůči její životnosti a v neposlední řadě tu máme ekologický aspekt. Zde by alternativní dodávka energie neměla zvýšit neobnovitelnou primární energii oproti stávajícímu stavu. U již dokončených budov, ve kterých proběhly větší změny, by se mělo v průkazu energetické náročnosti také objevit doporučení na další opatření, která ještě zvýší úspornost budovy. Toto vyhodnocení musí proběhnout minimálně na základě celkové dodané a primární neobnovitelné energie. Dále musí být doložena zmíněná technická proveditelnost, vliv na jiné základní funkce stavby a nakonec i ekonomická vhodnost [9].

Pojďme si shrnout, co by tedy všechno měl obecně PENB obsahovat. Kromě účelu zpracování průkazu, základních informací o stavbě, energetické náročnosti, technické, ekonomické a ekologické proveditelnosti má obsahovat také již zmíněná opatření pro snížení energetické náročnosti, identifikační údaje osoby, jež průkaz zpracovala a datum tohoto zhotovení. U rodinných a bytových domů se neurčuje klasifikační třída pro dílčí dodané energie chlazení. Průkaz by měl být umístěn na vnější stěně budovy v bezprostřední blízkosti vchodu.

5.2.1 Povinnosti v souvislosti s PENB

Téma energetického hodnocení budov je v dnešní době poměrně hodně zmiňované právě kvůli povinnostem, které s ním souvisí. Podle zákona o hospodaření s energií č. 406/2000 Sb. musí mít PENB od 1. 1. 2009 zhotoveny všechny novostavby a ve větší míře rekonstruované objekty. Dále od 1. 1. 2013 je nutné zajistit jeho zpracování při prodeji budovy, její ucelené části nebo jejím pronájmu jakožto celku. Vlastník (společenství vlastníků) budovy nebo bytu je povinen předložit průkaz nebo

jeho ověřenou kopii možnému kupci nebo nájemci a to nejpozději při podpisu kupní potažmo nájemní smlouvy. Zároveň je také zodpovědný za uvedení ukazatelů energetické náročnosti v informačních a reklamních materiálech zhotovených pro prodej nebo pronájem. Nově se od 1. 1. 2016 budou tyto povinnosti vztahovat také na pronájem ucelené části budovy. Za porušení výše uvedeného, hrozí fyzické osobě pokuta v maximální výši 50.000,-Kč, fyzické osobě podnikající nebo právnické osobě pak až 100.000,- Kč. Výjimku dnes tvoří celky s plochou menší než 50 m², náboženské stavby, památky a rekreační objekty. Platnost vystaveného průkazu je 10 let. [24]

5.3 Výpočet energetických potřeb vybraného RD

Abychom nezůstali jen u teoretických postupů, ukážeme si v této podkapitole, jak náročná je vybraná budova na samotný provoz ve vztahu k dodaným energiím a to zejména na vytápění a ohřev užitkové vody. Základem tohoto hodnocení jsou tzv. tepelné ztráty (viz část 5.4.1), jejichž výpočet předpokládá znalost součinitelů prostupu tepla jednotlivých použitých konstrukcí. Pro přehled jsem potřebná data uvedl v tabulce 3, kde jsou ještě navíc u typických konstrukcí připsány hodnoty vyžadované a doporučené normou ČSN 73 0540-2:2011 (zabývající se požadavky na tepelné izolace). Reálné údaje byly vypočítány pomocí online nástroje [10].

Konstrukce	Reálný U (W/(m ² *K))	Požadovaný U (W/(m ² *K))	Doporučený U (W/(m ² *K))
Obvodové zdivo	0,35	0,3	0,25
CDm cihla včetně omítky - šíře 30 cm	1,55	2,7	1,8
Dvouděrová dutá cihla 10cm včetně omítky	2,36	2,7	1,8
CDm cihla včetně omítky - šíře 25 cm	1,62	2,7	1,8
CDm cihla včetně omítky - šíře 15 cm	2,05	2,7	1,8
Strop přízemí - patro	1,31	2,2	1,45
Strop sklep - přízemí	1,13	0,6	0,4
Strop patro - palubky	0,24	0,3	0,2
Strop patro - sádkarton	0,24	0,3	0,2
Eurookna - včetně rámu	1,28	1,7	1,2
Střecha	2,85	0,24	0,16
Dveře vnitřní	2	-	-
Dveře vchod	3,9	1,7	1,2
Okno půda, koupelna - dvojsklo, kov	3,9	1,7	1,2
Vrata garáž	3,44	-	-
Podlaha suterén	2,07	0,85	0,6

Tabulka 3 - Přehled součinitelů prostupu tepla použitých konstrukcí

Při vyhotovování PENB se zpravidla využívá, vzhledem k pracnosti výpočtů, software. V něm si celou budovu lze rozdělit do specifických zón, které jsou

charakterizovány určitými hodnotami ovlivňující výpočet. Ty lze buď zvolit, nebo přímo nalézt v normě TNI 730331. Jedná se např. o výpočtové teploty, přesně definované časové podíly přítomnosti osob, měrné tepelné zisky z nich, doby užívání zón, intenzity větrání a mnohé další. Pokud máme budovu takto rozdělenou, musíme ještě spočítat vnější objemy zón, energeticky vztažené plochy (součet ploch z vnějších rozměrů půdorysu vztažené k dané zóně), užitné plochy (z vnitřních rozměrů) a vnitřní objemy zón. Tyto nezbytnosti již v podstatě stačí k získání základních informací o obálce budovy.

V současné době je na internetu k dispozici volně šiřitelný kalkulační nástroj NKN II, díky kterému si může PENB vytvořit každý. V rámci svého individuálního projektu, na který tato bakalářská práce navazuje, jsem této příležitosti využil. Tehdy jsem provedl úspěšné ověření ručním výpočtem pro jednu místnost, nicméně po následných konzultacích výsledků pro celou budovu, jsem se rozhodl, provést ještě ověření celé obytné části. Zde se již výsledky citelně lišily. Tepelná ztráta (viz 5.3.1) budovy byla kalkulačním nástrojem vyčíslena na 10,9 kW, zatímco pomocí "ručního" výpočtu pouze 7,31 kW. Bylo jasné, že tento rozdíl by dále mohl představovat významný problém, a proto jsem se rozhodl omezit své závěry pouze na ty podložené mnou provedenými výpočty. Příložený (příloha 2) PENB má již tedy pouze ilustrativní funkci a hodnoty v něm dále nebudu pokládat za relevantní.

5.3.1 Tepelná ztráta

Celková tepelná ztráta budovy neboli okamžitá hodnota tepla, která uniká z objektu, je zcela zásadní parametr. Dle jeho velikosti se dimenzuje např. výkon systému vytápění, a proto je pro nás jeho znalost nezbytná. Tepelnou ztrátu prostupem konstrukce Q lze spočítat jako součin tepelného součinitele prostupu tepla dané konstrukce, její plochy a rozdílu teplot mezi interiérem t_{in} a exteriérem t_{out} (viz rovnice (1)). Sečtu - li Q pro všechny konstrukce dané místnosti, obdržím tepelnou ztrátu Q_0 , na kterou se ještě dále uplatňuje přírážka vlivu vyrovnání chladných konstrukcí p_1 a opravný koeficient umístění místnosti vůči světovým stranám p_3 . Nyní již lze vypočítat celkovou tepelnou ztrátu prostupem dané místnosti Q_p [12].

$$Q = U * S * (t_{in} - t_{out}) \quad [W] \quad (1)$$

$$Q_p = Q_0 * (1 + p_1 + p_3) \quad [W] \quad (2)$$

Pro získání celkových tepelných ztrát je dále zapotřebí spočítat ztráty větráním. Zde si musíme zvolit, kolik vzduchu se vymění v místnosti za hodinu. Hygienické normy doporučují v obývaných prostorech zvolit tok větracího vzduchu $n = 0,5$ (1/h), což v praxi znamená, že veškerý vzduch se v místnosti vymění jednou za dvě hodiny za čerstvý o výpočtové teplotě exteriéru. Po několika dalších úpravách poté obdržíme velikost celkových ztrát větráním Q_v viz rovnice (3) [11],

$$Q_v = c * n * \frac{V}{3600} * (t_{in} - t_{out}) \quad [W] \quad (3)$$

kde c značí měrné teplo vzduchu ($1300 \text{ J}/(\text{m}^3\text{K})$) a V objem pokoje stanovený z vnitřních rozměrů. Celkové tepelné ztráty Q_c jsou pak již prostým součtem ztrát prostupem Q_p a větráním Q_v .

Spočítané ztráty jsou pro jednotlivé místnosti přehledně vyobrazeny v tabulce 4, kde jsou zároveň uvedeny výpočtové teploty a objem místností vypočítaný z vnitřních rozměrů.

Místnost	t/°C	V (m ³)	Q _p (W)	Q _v (W)	Q _c (W)
Obývací pokoj	21	88,7	1425	529	1954
Jídelna	20	22,4	384	130	513
Jídelna, kuchyň, spíž	20	43,0	863	236	1099
Hala	15	9,3	-243	45	-198
Vstup	7	2,3	58	8	66
Šatna	20	16,2	434	93	527
Umývárna, WC	20	6,2	190	36	226
Schodiště patro	20	24,1	353	148	501
Předsíň	20	11,2	9	65	74
Pokoj boy	20	43,8	403	253	655
Pokoj girl	20	43,8	380	253	633
Záchod	18	6,4	-57	35	-22
Koupelna	23	22,0	791	139	931
Ložnice	20	43,5	393	251	644
Schodiště sklep	10	24,1	123	96	219
Exteriér	-12	-	-	-	-
Sklep	7	-	-	-	-
Půda	7	-	-	-	-
Celková tepelná ztráta vytápěné části Q_z (W)					7309,4

Tabulka 4 - Vypočtené tepelné ztráty jednotlivých místností

5.3.2 Potřeba tepla

Tepelnou ztrátu domu již známe, ale jaké množství energie je potřeba na její pokrytí? To zjistíme nyní. Pro pozdější porovnání nákladů na provoz budovy je důležité znát zejména množství energie, které si daná stavba vyžádá pro vytápění a ohřev TUV.

5.3.2.1 Teplo na vytápění

Pro zjištění množství tepla potřebného k zajištění tepelné pohody obyvatel domu se velmi často využívá tzv. dennostupňová metoda. Ta ve svém výpočtu zohledňuje klimatické podmínky typické pro lokalitu stavby a zároveň vymezuje topnou sezónu prostřednictvím střední denní venkovní teploty t_{em} , při které toto období začíná a končí. Předpokládanou roční spotřebu Q_{vyt} spočteme dle následující rovnice (4),

$$Q_{vyt} = \frac{24 * \varepsilon * Q_z * D}{t_{is} - t_{out}} \quad [Wh] \quad (4)$$

kde Q_z představuje celkovou tepelnou ztrátu vytápěné části budovy, ε je opravný součinitel (na snížení teploty, zkrácení doby vytápění, nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací), D vyjadřuje počet dennostupňů, t_{in} je průměrná výpočtová teplota interiéru a t_{out} výpočtová teplota exteriéru. Počet výše zmíněných dennostupňů se vypočítá z rovnice (5), kde t_{es} značí střední venkovní teplotu otopného období a d počet jeho dnů [12], [20].

$$D = d * (t_{is} - t_{es}) \quad [K * den] \quad (5)$$

Na základě popsaných vzorců jsem provedl výpočet pro zvolený RD a výsledky zapsal do tabulky 5. Jako teplotu pro začátek a konec topné sezóny jsem zvolil $t_{em} = 13 \text{ }^\circ\text{C}$, a proto budu dále pracovat s hodnotami, které této teplotě přísluší. Jedná se o roční potřebu tepla na vytápění celého domu (14,88 MWh) a obývacího pokoje s jídelnou (4,95 MWh), tedy místností, které dokáže vytopit krb. Charakteristické parametry t_{es} , d a D jsem stanovil dle online dostupných dat na portálu TZB-info [19].

t_{em} (°C)	t_{es} (°C)	d (den)	D (K*den)	Celková energie	
				Q_{vyt} (MWh)	Teplo dodané krbem Q_{vyt} (MWh)
12	3,8	217	3416	14,53	4,84
13	4,2	228	3498	14,88	4,95
15	5,5	262	3679	15,65	5,21

Tabulka 5 - Roční potřeba tepla na vytápění

5.3.2.2 Teplo pro ohřev TUV

Ohřev TUV vyžaduje nezanedbatelné množství energie, které je třeba podobně jako u vytápění nějakým způsobem vyčíslit. Pro následující výpočty uvažuji denní spotřebu TUV o objemu $V = 0,228$ m³, která je během roku konstantní. Tabulka 6 zobrazuje odhadované dílčí spotřeby této užitkové vody pro 4 osoby za jeden den.

	Dávka (m ³)	Počet dávek	V (m ³)
Umyvadlo	0,001	28	0,028
Dřez	0,01	2	0,02
Sprcha	0,045	4	0,18
Celkem			0,228

Tabulka 6 - Denní spotřeba TUV pro 4 osoby

Potřeba tepla na jeden den $Q_{TUV d}$ se vypočítá z rovnice (6) a následná potřeba za jeden rok $Q_{TUV r}$ ze vzorce (7). Všechny neznámé jsou vysvětleny v tabulce 7, do které jsem zapsal i konkrétní hodnoty. Pro doplnění ještě uvedu, že koeficient z v sobě zahrnuje ztráty zásobníku a rozvodů TUV. Celkové množství potřebného tepla jsem při uvažování střední délky topného období ($d = 228$ dnů) vyčíslil na 5,65 MWh za jeden kalendářní rok, což je více než třetina energie využitá na vytápění [21].

$$Q_{TUV d} = \frac{\rho * c * V * (t_2 - t_1)}{3600} * (1 + z) \text{ [Wh]} \quad (6)$$

$$Q_{TUV r} = Q_{TUV d} * d + Q_{TUV d} * 0,8 * \frac{(t_2 - t_1)}{(t_2 - t_z)} * (N - d) \text{ [Wh]} \quad (7)$$

Potřebné údaje k výpočtu Q_{TUV} :		
Teplota studené vody	t1 (°C)	10
Teplota ohřáté vody	t2 (°C)	55
Hustota vody	ρ (kg/m ³)	1000
Měrná tepelná kapacita vody	c (J/kg*K)	4186
Koeficient energetických ztrát	z (-)	0,5
Teplota studené vody v létě	tl (°C)	15
Teplota studené vody v zimě	tz (°C)	5
Počet dní provozu soustavy	N (-)	365

Tabulka 7 - Seznam proměnných k rovnicím (6), (7)

Délka otopného období d (den)	$Q_{TUV r}$ (MWh/rok)
217	5,58
228	5,65
262	5,87

Tabulka 8 - Roční potřeba tepla pro ohřev TUV

5.4 Průměrný součinitel prostupu tepla

Průměrný součinitel prostupu tepla je jeden ze základních parametrů PENB. Zároveň do určité míry popisuje kvalitu obálky budovy, a proto si jeho výpočet nastíníme i v této práci. Začneme s měrnou ztrátou konstrukce prostupem tepla. Ta se stanoví jako suma ztrát jednotlivých konstrukčních prvků (zeď, okno...) dle vztahu (8):

$$H_T = \sum A_i * U_i * b_i \quad \left[\frac{W}{K} \right] \quad (8)$$

kde, A_i je plocha, U_i je součinitel prostupnosti tepla a b_i je činitel teplotní redukce mezi prostředími (daný normou ČSN 73 0540-3). Vše je vztaženo pro i -tou konstrukci. Z takto získané měrné ztráty můžeme snadno získat průměrný součinitel prostupu tepla budovy dle vzorce (9) [12]:

$$U_{em} = \frac{H_T}{\sum A_i} \quad \left[\frac{W}{m^2 * K} \right] \quad (9)$$

Pro samotný výpočet jsem si vybral pouze obálku obytné části domu. Hodnoty činitelů teplotní redukce jsem nečerpal z placených norem, ale použil jsem orientační hodnoty dostupné online v pdf souboru [23]. Výsledný průměrný součinitel prostupu tepla U_p vytápěné části rodinného domu "vyšel" na 0,45 (W/(m²*K)), což zobrazuje následující tabulka.

Konstrukce	A_i (m²)	U_i (W/(m²*K))	b_i (-)	H_{ti} (W/K)	U_p (W/(m²*K))
Obvodové zdivo	192,0	0,35	1,00	67,2	0,45
Strop patro	76,7	0,24	0,57	10,5	
Podlaha přízemí	76,7	1,13	0,49	42,5	
Okna	25,7	1,28	1,15	37,8	
Dveře vchod	3,6	3,9	0,82	11,4	

Tabulka 9 - Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla obytné části

6 Alternativní způsob vytápění

Současný způsob vytápění využívá plynový kotel s poměrně vysokou účinností, avšak tvrdit, že je bezchybný, by byla v dnešní době chyba. Možností, jak vytápět rodinný dům je celá řada a některé z nich stojí za úvahu.

6.1 Elektrické topení

Jednou z variant jsou elektrické přímotopy. V této kategorii nacházíme jednak klasické konvertory a jednak také infra panely. Tento typ vytápění je sice realizovatelný, avšak vezmeme-li v úvahu již instalované radiátory, není toto řešení jistě nejchytřejší. Za zamyšlení by mohla stát maximálně určitá kombinace těchto dvou systémů. Dalším zdrojem může být tzv. elektrokotel, který by již otopný systém s vodou dokázal obsloužit. Pro naše srovnání jsem vybral model Protherm RAY 12K s regulovatelným výkonem v maximální výši 12 kW a deklarovanou účinností 99,5 %. Velkou předností elektrokotlů jsou jejich minimální požadavky na údržbu. Lze v podstatě říci, že pokud nedojde k nečekané poruše, není nutné investovat do pravidelného servisu. Vystává zde ovšem otázka, jestli toto řešení přinese úspory. Vzhledem k trendu cenového růstu elektřiny (viz 7.2.3) se ale nezdá být na první pohled výhodnější, než současný plynový kotel. Vše prověří až ekonomické zhodnocení.

6.2 Krbová vložka

Při popisu současného stavu otopné soustavy byla zatajena jedna zajímavá informace. Jde o téměř nevyužívaný, nicméně plně funkční krb v obývacím pokoji. Důvodem minimálního používání je kouř. Krb je totiž otevřený. Obývací pokoj je propojen s jídelnou bez jakýchkoli dveří, a proto dále počítám s tím, že krb tepelně zabezpečí obě dvě místnosti. Jejich celková tepelná ztráta činí zhruba 2,47 kW. Zkušenosti s tuhými palivy již majitel má a poměrně snadný přístup k nim také. Nabízí se tedy otázka, jestli by nebylo výhodné pořídit krbovou vložku s nižším výkonem, která by díky svým relativně malým pořizovacím nákladům mohla uspořit vydané prostředky za plyn. Z technického hlediska je tato alternativa zcela proveditelná. Uvažujme tedy konkrétní případ, např. krbovou vložku ABX Oxford s regulovatelným výkonem v rozmezí 5 - 12 kW. Tato varianta, ač je naddimenzována, vychází cenově výhodněji, než slabší konkurence. Navíc kromě vzduchové regulace lze výkon omezit prostým

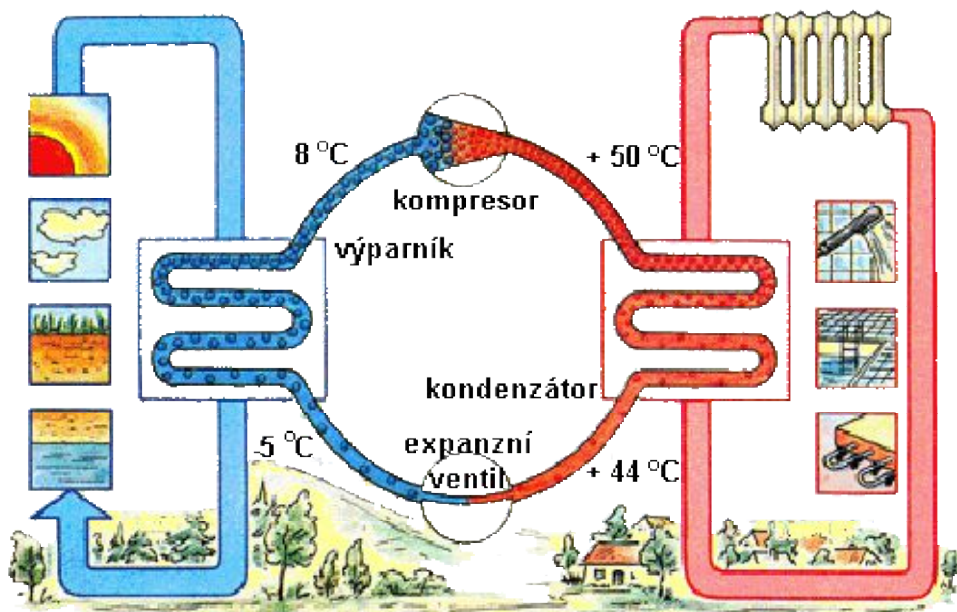
vhozením menšího množství dřeva do topeniště. Pokud vezmeme v potaz propojení obývacího pokoje s jídelnou, můžeme vyčíslit množství energie potřebné na vytápění, které tato vložka dodá za jeden kalendářní rok. Výpočtem bylo zjištěno, že se v tomto případě jedná o 4,95 MWh/rok. Co se týká údržby, nesmíme zapomenout na pravidelnou kontrolu a čištění komínu nejlépe před každou topnou sezónou. Polemika výhodnosti tohoto systému je opět posouzena až v následující kapitole.

6.3 Tepelné čerpadlo

Tepelná čerpadla (TČ) jsou v současnosti stále více populární díky svým nízkým provozním nákladům a zvyšující se účinnosti. V principu se jedná o alternativní zdroje energie umožňující odnímat teplo z okolního prostředí (země, voda, vzduch) a převádět ho na vyšší teplotní hladinu. Tepelné čerpadlo tedy např. ochladí zeminu na zahradě a toto teplo následně přeneseme do otopné vody. Podle tohoto přenosu energie se i označují. V uvedeném případě by se tedy jednalo o tepelné čerpadlo země/voda, protože odebraná energie ze země přechází do vody. Tento přenos probíhá prostřednictvím chladicího okruhu, který má 4 hlavní části: výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. Teplo z venkovního prostředí je ve výparníku předáno pracovní látce (chladiivu), která se díky zahřátí odpaří a v kompresoru je následně stlačena na vysoký tlak, čímž opět stoupne teplota (s vyšším tlakem roste teplota). Dále putuje chladivo do kondenzátoru, kde zkondenzuje a předá teplo topné vodě. Následným přesunem chladiva přes expanzní ventil (za prudkého ochlazení) do výparníku se cyklus uzavře (viz obrázek 5). Takový je tedy princip funkce TČ ve stručnosti. A nyní se již pojďme zaměřit na aplikaci ve vybrané budově. [13]

Pokud bychom chtěli odebírat energii ze země, máme možnost instalovat buď tzv. plošný kolektor (plastové hadice naplněné nemrznoucí směsí), který odnímá teplo z velkého povrchu (desítky m²) v nízké úrovni pod terénem (z pravidla 1 - 2m) nebo vyhloubit vrt. Ten má průměr okolo 15 cm, avšak hloubka může dosáhnout až 150 m. Dále lze získat energii z vody prostřednictvím studní nebo přilehlých vodních ploch. Poslední kategorie čerpadel odebírá teplo ze vzduchu a právě toto řešení je na první pohled optimální i pro zvolený rodinný dům. Vzhledem k velmi malé přilehlé zahradě a špatnému přístupu na ní je tento způsob z hlediska technické proveditelnosti nejhodnější. Na plošný kolektor jinými slovy není dostatek místa a hlubinný vrt by musel být spojen s mírnými stavebními úpravami (alespoň dočasnými) z důvodu manipulace s vrtnou soupravou a samotným hloubením. Tepelné čerpadlo vzduch/voda je navíc odproštěno od výkopových prací, a proto vychází i v pořizovacích nákladech výhodněji. Servisní prohlídky tohoto stroje jsou povinné pouze v případě přikoupení prodloužené záruky na 10 let a to ve druhém a pátém roce [15].

Při dimenzování výkonu tepelného čerpadla se pracuje s hodnotou tepelné ztráty, která byla vyčíslena pro obytnou (vytápěnou) část budovy na 7,31 kW. Tento údaj představuje minimální výkon použitelného čerpadla. V našem případě dále počítám s frekvenčně řízeným strojem IVT AIR X vzduch/voda, kde vnitřní jednotku tvoří AirModul E9 s dotopovým elektrokotlem 9 kW a vestavěným nerezovým zásobníkem na vodu o objemu 185 l. Na pozici venkovní jednotky pak pracuje zařízení označené jako AIR X 90 s maximálním topným výkonem 9 kW a 7,61 kW v zimním období. Tato sestava tedy výkonově zcela dostačuje. Dalo by se ovšem říci, že díky dotopovému elektrokotli by postačil i slabší 7 kW stroj, avšak vzhledem k minimálnímu rozdílu pořizovacích cen a nižšímu topnému faktoru dále počítám s již zmíněným 9 kW čerpadlem. Topný faktor, tzv. COP (Coefficient of Performance) je poměr vyprodukovaného tepla a spotřebované energie měřený v laboratorních podmínkách. Výrobce udává pro naše zařízení COP = 5,09 při teplotním spádu 7 °C/35 °C (teplota vstupu/výstupu). Nás ovšem bude mnohem více zajímat parametr SCOP, který udává průměrnou hodnotu za celou topnou sezónu. Při teplotě výstupní vody 55°C, vhodné pro radiátory, se SCOP = 3,39. SCOP pro ohřev vody (TUV) se rovná hodnotě 2,36.



Obrázek 5 - Princip funkce tepelného čerpadla [25]

7 Ekonomické hodnocení

Ekonomické hodnocení je nedílnou součástí každého seriózního investičního projektu. Mezi takové patří i námi uvažovaná potenciální restrukturalizace otopné soustavy rodinného domu, a proto ani zde nesmíme tento krok opomenout. Pro vyhodnocení efektivity investice existuje mnoho metod, které lze rozdělit do dvou hlavních skupin.

7.1 Metody hodnocení efektivity investic

Základním požadavkem na volbu metody může být zahrnutí faktoru likvidity, času a rizika do hodnocení. Metody, které toto nerespektují, nazýváme statické a lze je považovat pouze za orientační. Naproti tomu, tzv. metody dynamické, některé výše zmíněné faktory zohlednit umí, a tudíž budou i pro tuto práci použity. [14]

7.1.1 Metody statické

Tyto metody se zaměřují především na sledování peněžních přínosů z investice, případně na jejich poměrování s počátečními výdaji. Svoje uplatnění najdou u méně významných projektů s krátkou dobou životnosti a nízkým stupněm rizika. Vzhledem k výše zmíněným nevýhodám uvedu pouze některé příklady metod a dále se jimi nebudu hlouběji zabývat. *Průměrný roční výnos* $\emptyset CF$ je jednou z nich. Jedná se o součet všech cash flow CF_i (hotovostních peněžních toků) spojených s investicí, dělený počtem let životnosti investice n .

$$\emptyset CF = \frac{\sum_{i=1}^n CF_i}{n} \quad (10)$$

Jakožto další příklad mohu uvést tzv. *dobu návratnosti* (*payback period - PP*), která je dána počtem let potřebných k tomu, aby se kumulované prognózané peněžní toky vyrovnaly počáteční investici. Hlavní slabinou této metody je zanedbání časové hodnoty peněz (tu odstraňuje diskontovaný tok hotovosti), a proto i výsledná doba splacení může být oproti reálné zavádějící [14].

7.1.2 Metody dynamické

Metody dynamické jsou v praxi velmi užitečné zejména proto, že dokážou přihlídnout k působení času na hodnotu peněz. Jejich základem je aktualizace (diskontování) vstupních parametrů použitých pro výpočet. Důležitý pojem, se kterým se u těchto metod zcela jistě setkáme, je *diskontní sazba*. Ta vyjadřuje minimální požadovanou míru výnosnosti.

Nejpoužívanější dynamickou metodou je tzv. *Čistá současná hodnota NPV (Net Present Value)*. Jedná se v podstatě o porovnání kapitálových výdajů a příjmů plynoucí z investice, avšak již v jejich současné hodnotě (oboje přepočítané diskontováním na úroveň hodnoty peněz v roce pořízení investice). NPV tedy udává, kolik peněz (v současné hodnotě) dostane investor navíc, oproti počátečním investičním výdajům. Výpočet čisté současné hodnoty se provádí na základě následujícího vzorce (11), kde C_0 značí počáteční kapitálové výdaje, r požadovanou diskontní sazbu (viz kapitola 7.3) a CF_i očekávané hotovostní toky pro jednotlivé roky. Uvažovat o realizaci projektu má smysl jen v případě, že hodnota $NPV > 0$ [14].

$$NPV = -C_0 + \frac{CF_1}{(1+r)^1} + \frac{CF_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+r)^n} = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+r)^i} \quad (11)$$

Další hojně užívanou metodou je tzv. *Vnitřní výnosové procento IRR (Internal Rate of Return)*. Lze ji chápat jako relativní výnos (rentabilitu), kterou projekt poskytuje během své životnosti. Číselně pak představuje diskontní sazbu, při které se $NPV = 0$. Praktický výpočet probíhá dle následujícího rovnice (12), kde význam proměnných je shodný jako u NPV [14].

$$0 = -C_0 + \sum_{i=1}^n \frac{CF_i}{(1+IRR)^i} \quad (12)$$

Ze vzorce je vidět, že pro projekty s délkou života větší než dva roky nelze obecně stanovit algebraicky přesný postup výpočtu, a proto se v těchto případech používá buď metoda "pokus, omyl" nebo některá z iteračních metod. Čím vyšší má investice IRR, tím lepší je její relativní výhodnost [14].

7.2 Platba za energie

Téměř každý již měl někdy v ruce fakturu za energie, avšak dovolím si tvrdit, že mnoho lidí zcela přesně neví, co která položka znamená a proč se vlastně vyúčtování detailně rozepisuje. Pojďme si proto k tomuto tématu říci něco bližšího. Začneme například s tím, jak vzniká celková cena zemního plynu.

7.2.1 Cena plynu

Výsledná částka účtovaná odběrateli má dvě složky. První jsou platby regulované Energetickým regulačním úřadem ERÚ (přeprava, distribuce zemního plynu a služby operátora trhu OTE - přibližně 20 % celkové sumy) a druhá v sobě zahrnuje položky, jejichž výši stanovuje obchodník (dodavatel). Neregulovanou částku představuje i cena za samotné odebrané množství této komodity. Zemní plyn je při své spotřebě měřen v kubických metrech a na využití kWh se až poté dané množství přepočítává. Objem plynných látek je závislý jednak na teplotě a poté také na tlaku. V praxi to znamená, že hustota plynu a tím i množství energie v něm ukryté je závislé na atmosférických podmínkách. Pokud by se tato skutečnost nezohlednila, dalo by se říci, že např. rodina bydlící na prosluněném kopci by byla znevýhodněna vůči svým sousedům žijícím pod kopcem ve stínu. V nižších nadmořských výškách je totiž atmosférický tlak vyšší, což spolu s nižší teplotou vytváří plyn hutnější a tím i energeticky vydatnější. Distributor tento jev zahrnuje do tzv. *objemového koeficientu*. Další pojem, se kterým se můžeme setkat na vyúčtování plynárenské společnosti je *spalné teplo objemové* (je vyšší než výhřevnost, protože uvažuje dokonalé spálení se zkondenzovanou vodou na konci reakce). To zohledňuje kvalitu (chemické složení) dodávaného plynu. Konečně pak výsledná cena za spotřebovanou kWh je dána součinem spotřebovaného plynu v m³, objemového koeficientu a spalného tepla objemového. [16] Definitivní sazby zahrnující vše zmíněné se ještě dělí, podle velikosti ročního odběru v odběrném místě viz Příloha 3. Náš vybraný RD se pohybuje v rozmezí odběru 7 560 kWh/rok - 15 000 kWh/rok a platí pro něj tedy konečné ceny 1,46513 Kč/kWh plus měsíční stálá platba 258,59 Kč.

7.2.2 Cena elektřiny

Obdobně jako cena plynu se i cena elektřiny skládá z regulovaných (přibližně 70 %) a neregulovaných položek. Výsledná cena je poté dána jejich součtem.

Mezi ty neregulované patří cena za odebranou jednotku energie nejčastěji v kWh popř. MWh a pevná cena za měsíc, kterou si odběratelé platí např. zákaznický servis distributora. Samotný odběr v domácnosti poté probíhá ve dvou časových pásmech - nízkém (NT) a vysokém tarifu (VT). V NT je cena za jednotku odebrané energie nižší a naopak. Jednotlivé tarify jsou přepínány pomocí HDO dle sjednané distribuční sazby.

Do druhé regulované skupiny spadá poplatek za distribuci, měsíční poplatek za rezervovaný příkon, příspěvek na podporované zdroje, poplatek za systémové služby (údržba pátevní infrastruktury - přenosové soustavy), za činnost OTE a závěrem musí odběratel zaplatit také daň (DPH popř. ekologickou daň s výjimkou "zelených tarifů"). Velikost výše zmíněného poplatku za rezervovaný příkon vychází z proudové hodnoty hlavního jističe objektu. V následující tabulce (tabulka 10) jsou zachyceny dílčí položky vyúčtování za elektřinu platné pro sazbu D25d a tarif FIXACE 15 od BOHEMIA ENERGY užívaný ve vybraném RD, kde NT trvá po dobu osmi hodin denně. Ceny jsou uvedeny včetně 21 % DPH.

Jistič 3*25A	133	Kč/měsíc
Pevná cena za sil. elektřinu	72,6	Kč/měsíc
VT	4719	Kč/MWh
NT	1884	Kč/MWh
Systémové služby	127	Kč/MWh
Podpora výkupu el.	599	Kč/MWh
Činnost OTE	8,4	Kč/MWh
Daň	34,24	Kč/MWh

Tabulka 10 - Skladba ceny elektřiny

7.2.3 Vývoj cen energií

Predikování jakýchkoli cen je vždy velmi obtížné a s jistotou prakticky ani určit nelze. Na trhu s energiemi (plynem, elektřinou) se domlouvají obchody dopředu a to v řádu až několika (obvykle do 5) let. Využívají se k tomu kontrakty s předem stanovenou cenou, množstvím a termínem dodání. V praxi se pro ně užívá pojem *futures*. Díky internetu lze na energetických burzách dohledat průměrná obchodovaná cena pro následující roky, nicméně vzhledem k měnícím se např. politickým podmínkám se i tyto ceny mění poměrně rychle a dle mého názoru využít při ekonomickém hodnocení pouze tento zdroj není dostatečné. Proto jsem do následujících tabulek zanesl vývoj cen za roky předešlé. U elektřiny jsem vycházel přímo ze zaplacených faktur pro RD a pro plyn jsem použil European Gas Index neboli EGIX, viz tabulky 11 a 12.

Rok	VT Kč/MWh	NT Kč/MWh	Daň Kč/MWh	Stálý plat Kč/měsíc	Regul. platby Kč	Suma Kč	Změna %
2006	3 172	886	-	30	291	2 731	0
2007	3 328	1 033	-	40	287	2 890	5,8
2008	3 613	1 119	28	40	298	3 148	8,9
2009	4 002	1 271	28	40	311	3 471	10,3
2010	3 775	1 024	28	40	439	3 365	-3,0
2011	3 767	1 012	28	45	650	3 572	6,1
2012	3 863	1 092	28	50	690	3 707	3,8
2013	3 759	1 080	28	50	843	3 787	2,1
2014	3 268	922	28	60	727	3 301	-12,8
2015	3 264	922	28	60	717	3 288	-0,4
Dlouhodobý nárůst cen							2,08 %

Tabulka 11 - Dlouhodobý nárůst cen elektřiny

Pro následující 2 roky se dle futures (Phelix Base Year Future ze dne 13. 4. 2015) předpokládá mírný pokles cen elektřiny, avšak dle faktur od roku 2006 je dlouhodobý trend opačný. V tabulce 11 byl tento nárůst vyčíslen na 2,08 % a s touto hodnotou bude nadále počítáno. Pro doplnění uvedu, že sloupec VT, NT zahrnuje jak obchodní cenu za silovou elektřinu, tak i cenu za distribuci a regulované platby obsahují poplatků za rezervovaný příkon, podporu OZE, zúčtování OTE a systémové služby. Suma je pak součtem vážené ceny za MWh a měsíční platby. V posledním sloupci je vyjádřena změna koncové částky (SUMY) oproti předchozímu roku. Všechny ceny jsou uvedeny bez DPH.

Rok	Cena _{AVG} (€/MWh)	Meziroční změna
2008	26,68	0
2009	13,78	-48 %
2010	16,27	18 %
2011	23,53	45 %
2012	24,66	5 %
2013	26,759	9 %
2014	22,035	-18 %
2015	21,745	-1 %
Dlouhodobý nárůst cen plynu		1,24 %

Tabulka 12 - Dlouhodobý nárůst cen plynu [22]

7.3 Porovnání navržených variant vytápění

V této části jsou využity téměř veškeré poznatky z kapitol předešlých a na jejich základě jsou porovnány vybrané alternativy k současnému způsobu vytápění popř. ohřevu TUV. Při výpočtech jsem uvažoval 4 člennou domácnost a jako konkurenty k plynovému kotli jsem vybral všechny zmíněné zdroje tepla z kapitoly 6. Jedná se tedy o tepelné čerpadlo, kombinaci plynového kotle s krbovou vložkou a elektrokotel. Jak již bylo řečeno, ceny elektřiny se liší nejen v závislosti na sjednaném tarifu, ale také na distribuční sazbě. Pro dosažení určitých sazeb musí odběr splňovat přesně definovaná kritéria a podle toho jsou pak dílčí ceny upraveny, popř. prodlouženy či zkráceny doby trvání nízkého tarifu. Přehled tarifů elektřiny vhodných pro dané varianty zobrazuje tabulka 13. Při výpočtu vážené ceny za odebranou MWh představovala pomyslnou váhu právě doba trvání NT a VT. Pro následné zjištění výdajů za elektřinu pro současnou konfiguraci jsem ještě zohlednil fakt, že v průměru se odebírá 52 % veškeré elektrické energie v NT, což dokládají vyúčtování za předešlá období. Příčinou je automatické spínání bojlerů v levnějším pásmu a částečně také i využívání hodin pro odložený start spotřebiče. Stálá měsíční platba pak pokrývá cenu za rezervovaný příkon a stálou cenu za silovou elektřinu.

	Plynový kotel	TČ	Krbová vložka	Elektrokotel
Distribuční sazba	D25d	D56d	D25d	D35d
Trvání NT (hod/den)	8	22	8	16
Vážená cena za MWh	4 543 Kč	2 950 Kč	4 543 Kč	2 483 Kč
Stálá měsíční platba	206 Kč	435 Kč	206 Kč	382 Kč

Tabulka 13 - Porovnání tarifů elektřiny vhodných pro dané typy vytápění

Kromě již vypočtených tepelně technických parametrů jsem ke zjištění výše výdajů a ekonomické efektivnosti použil tzv. inflaci a diskontní sazbu. Inflace představuje meziroční nárůst cenové hladiny zboží a služeb (cen položek ve spotřebním koši). Dlouhodobým cílem České národní banky je udržet míru inflace na hranici 2 %. Tuto hodnotu jsem využil při stanovení růstu ceny palivového dřeva a dále při změně cen služeb. Ty se z pravidla mění skokově v delším časovém období, což jsem zohlednil v podobě nárůstu ceny servisních prohlídek o 10 % každých 5 let. Diskontní sazbu lze v tomto případě chápat jako procentní vyjádření výnosu z ušlé příležitosti. Jinými slovy mi tato hodnota říká, jak jsem schopen zhodnotit své peníze v případě neuskutečnění analyzované investice. Zároveň mohu diskontní sazbu upravit o určité procento zahrnující úroveň rizika, která je s daným projektem spojena. Mnou

nastavená 3 % vycházejí z ročního zhodnocení prostřednictvím termínovaného vkladu sjednaného na 5 let u spořitelního a úvěrového družstva Akcenta. Tento vklad považuji v důsledku povinného (dáno zákonem) pojištění za bezrizikový. V následující tabulce (14) je pro přehled uveden seznam všech významných parametrů, se kterými je počítáno. Pod položkou "El. energie na ostatní účely" se skrývá veškerá elektřina, která se nespotřebovala na vytápění a ohřev TUV. Je to např. elektřina na svícení, vaření apod. Hodnotu jsem zjistil tak, že jsem jednoduše z průměrné celkové roční spotřeby (dle faktury) odečetl množství energie potřebné na ohřev užitkové vody.

Potřeba energie na vytápění	14,88	MWh/rok
Energie dodaná krbem	4,95	MWh/rok
El. energie na ostatní účely	2,00	MWh/rok
Potřeba energie na ohřev TUV	5,65	MWh/rok
Meziroční nárůst cen plynu	1,24	%
Meziroční nárůst cen elektřiny	2,08	%
Diskontní míra	3,00	%
Meziroční nárůst ceny dřeva	2,00	%

Tabulka 14 - Přehled vstupních hodnot pro výpočty

Pro porovnání výdajů jsem si musel nejprve zjistit životnosti navržených variant. Ty se určují spíše jen odhadem, protože vždy záleží na konkrétních reálných podmínkách. Táal jsem se tedy přímo výrobců a prodejců. Ti se svými odhady shodli, že jejich stroj by měl pracovat bez větších problémů přibližně 15 let. Jak již bylo v kapitole 4.1. řečeno, současně nainstalovaný plynový kotel není nový. Jeho stáří je přibližně 5 let a výměnu tedy předpokládám za zhruba 10 let. Na jednu stranu byl sice kotel velmi málo používán, ale na tu druhou zase nebyl meziročně servisován. Pokud se za daných 10 let koupí opět kotel s životností 15 let lze říci, že první období bude ve vztahu k časovému sledu pořízení investic stejné, jako období druhé. To znamená, že ve druhém období 15 let bude opět plynový kotel nahrazen novým v desátém roce, zatímco u ostatních alternativ vytápění bude pořízena investice vždy k prvnímu roku. Proto si mohu dovolit jednoduše porovnat veškeré způsoby vytápění v rámci nadcházejících let 2015 - 2030. Veškeré výdaje vynaložené na vytápění, ohřev TUV a provoz ostatních elektrických spotřebičů u jednotlivých navržených variant přehledně zobrazují tabulky 15 a 16.

	Plynový kotel	TČ	Krbová vložka	Elektrokotel
Vytápění (Kč)	27 090	12 950	24 110	37 145
Ostatní + TUV (Kč)	32 086	18 183	32 086	23 576
Servis (Kč)	1 000	0	1 300	0
Celkem (Kč)	60 176	31 133	57 495	60 722

Tabulka 15 - Porovnání výdajů jednotlivých investičních variant za 1. rok

	Plynový kotel	TČ	Krbová vložka	Elektrokotel
Investice (Kč)	19 648	234 462	23 265	16 748
Vytápění (Kč)	463 260	459 757	442 307	662 966
Ostatní + TUV (Kč)	558 196	316 324	558 196	410 162
Servis (Kč)	16 881	3 150	21 945	0
Celkem (Kč)	1 038 338	779 232	1 022 449	1 073 128

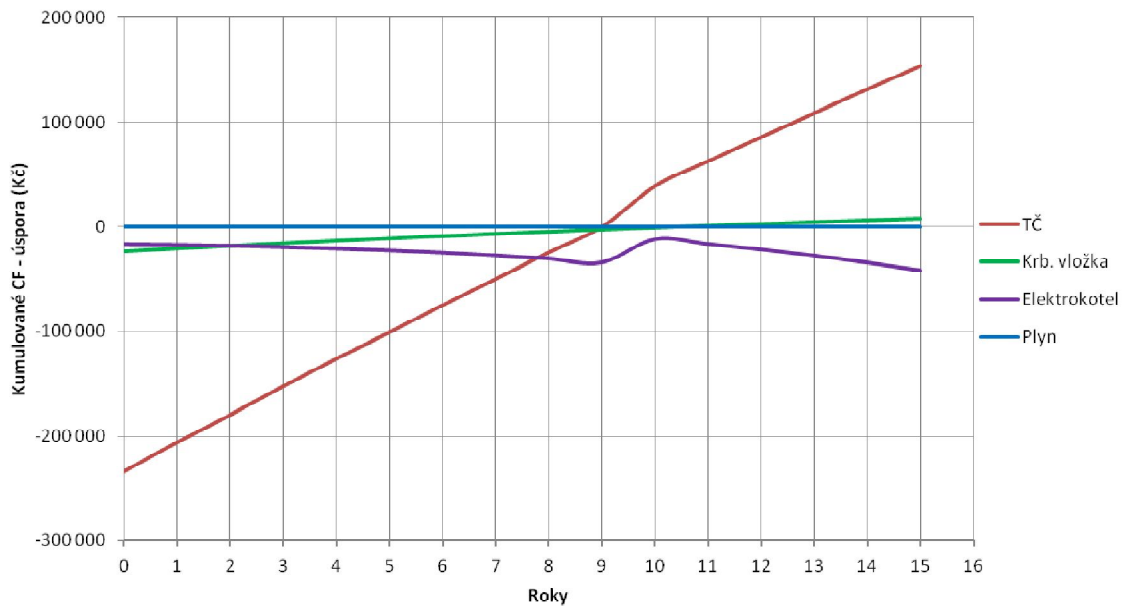
Tabulka 16 - Porovnání výdajů jednotlivých investičních variant za 15let

Z výše uvedených tabulek je zcela jasné, že nejméně za energie zaplatíme při realizaci tepelného čerpadla, naopak nejvíce při pořízení elektrokotle. Také krbová vložka zajistí oproti plynovému kotli za daných podmínek nižší celkové výdaje. Při stanovení nákladů na palivové dřevo za jeden rok jsem vycházel ze zkušenosti (jiný dům, avšak obdobné prostory i krbová vložka), že během jedné topné sezóny se spálí přibližně 5 m³ dřeva. Toto množství je majitel schopen sehnat za 5000 Kč. Pojdme se ještě podívat, jestli ekonomické ukazatele podpoří zmíněné výsledky.

	Plynový kotel	TČ	Krbová vložka	Elektrokotel
NPV (Kč)	-817 810	-663 486	-809 829	-847 987
IRR (%)	-	10,52	7,45	-
Úspora / 15let (Kč)	-	154 324	7 981	-41 624

Tabulka 17 - Ekonomické ukazatele jednotlivých investic

V tabulce 17, ač to na první pohled nevypadá, se nachází v podstatě dva ukazatele NPV. První jsem vypočítal z reálných hotovostních toků a tudíž je jeho hodnota záporná. Druhou čistou současnou hodnotu jsem stanovil z rozdílů výdajů dané alternativy a plynového kotle. Jedná se tedy o úsporu za dobu životnosti, která zohledňuje diskontní míru, což je charakteristické právě pro NPV. Tato hodnota opět jednoznačně hovoří ve prospěch tepelného čerpadla. Výnos plynoucí z této investice činí 154 324 Kč. Ukazatel IRR danou skutečnost jen potvrzuje. Řešení s krbovou vložkou má také poměrně vysoké vnitřní výnosové procento, ovšem vzhledem k nižší počáteční investici, není výsledná úspora zdaleka tak vysoká. Elektrokotel má nejnižší NPV, zápornou úsporu, tudíž jeho IRR nelze určit a představuje tak za daných podmínek nevýhodné řešení. Pro lepší názornost jsem průběh výnosu jednotlivých variant v závislosti na čase zanesl do grafu (obrázek 6).



Obrázek 6 - Výhodnost navržených variant oproti současnému řešení

Ještě doplním, že výnos (úspora) zobrazený na svislé ose je kumulovaný. Současný stav představuje osu x. Vzhledem k tomu, že všechna alternativní řešení vyžadují počáteční investici, jejich výchozí úspora je záporná. Doba splacení investice je určena místem průtnutí křivky plynového kotle a možné alternativy. Investiční výdaj tepelného čerpadla se splatí přibližně za 9 let a krbové vložky mezi 10 a 11 rokem. Zajímavá v grafu je ještě "vlnka" na křivce elektrokotle a TČ v období okolo desátého roku. Ta je způsobena investicí do nového plynového kotle, a proto představuje náhlý růst úspory zmíněných dvou alternativ.

Z dosavadních výsledků "hraje" vše jednoznačně ve prospěch TČ, a proto jsem se rozhodl výhodnost ještě prověřit zvážením jiných vstupních podmínek, které mohou nastat. V následující situaci uvažuji pouze dvoučlennou domácnost, tudíž mohu předpokládat, že i spotřeba TUV bude poloviční. Spotřebu elektrické energie na ostatní účely snížím odhadem pouze o třetinu, protože např. televizoru je jedno jestli ho sledují 2 nebo 4 osoby, příkon má stále stejný. Dále se může stát, že deklarovaný topný faktor tepelného čerpadla nebude v reálu nabývat katalogových hodnot, a proto ho také snížím o nezanedbatelných 15 %. Z hodnoty SCOP pro vytápění (3,39) dostanu 2,88 a topný faktor pro ohřev TUV se bude rovnat místo 2,36 jen 2. Je jasné, že vyjmenované kroky vedou ke snížení výhodnosti investice do TČ, avšak bude to stačit ke změně v pomyslném žebříčku investic? Ano bude. V této situaci by prvenství na svoji stranu přitáhla krbová vložka, což dokládají následující přepracované tabulky a graf.

	Plynový kotel	TČ	Krbová vložka	Elektrokotel
Vytápění (Kč)	27 090	15 243	24 110	37 145
Ostatní + TUV (Kč)	18 514	13 281	18 514	14 871
Servis (Kč)	1 000	0	1 300	0
Celkem (Kč)	46 604	28 525	43 923	52 017

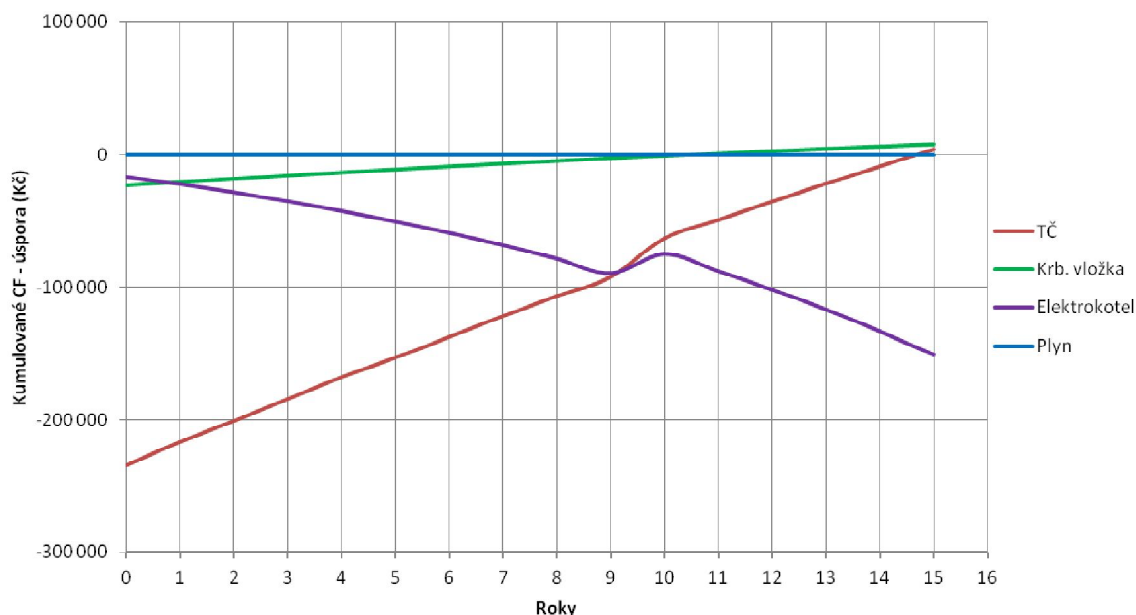
Tabulka 18 - Výdaje za 1. rok při změně vstupních podmínek

	Plynový kotel	TČ	Krbová vložka	Elektrokotel
Investice (Kč)	19 648	234 462	23 265	16 748
Vytápění (Kč)	463 260	499 653	442 307	662 966
Ostatní + TUV (Kč)	322 084	231 054	322 084	258 720
Servis (Kč)	16 881	3 150	21 945	0
Celkem (Kč)	802 225	733 858	786 337	921 686

Tabulka 19 - Výdaje za 15 let při změně vstupních podmínek

	Plynový kotel	TČ	Krbová vložka	Elektrokotel
NPV	-632 019 Kč	-627 782 Kč	-624 038 Kč	-728 821 Kč
IRR	-	3,24 %	7,45 %	-
Úspora / 15let	-	4 237 Kč	7 981 Kč	-150 984 Kč

Tabulka 20 - Ekonomické ukazatele při změně vstupních podmínek



Obrázek 7 - Výhodnost navržených variant při změně vstupních podmínek

Závěr

V této bakalářské práci jsem se přes základní definice jednotlivých forem energií snažil propracovat až ke konkrétnímu kroku, jak je ušetřit. V dnešní době se o omezení spotřeby snaží v podstatě každý, včetně států a nadnárodních organizací. Důkazem toho jsou energetické štítky u elektrických spotřebičů a průkazy energetické náročnosti budovy. Tyto dokumenty se snaží potenciálního zákazníka přimět ke koupi úspornějšího zařízení či budovy potažmo mu nabídnout zjednodušenou představu o spotřebě a provozních nákladech.

Jako oblast, kterou jsem ve své práci podrobil analýze, jsem si vybral systém vytápění konkrétního rodinného domu. Ten se nachází na předměstí Poděbrad. Jedná se o stavbu z přelomu 80. a 90. let, jejíž obálka je nezateplena. Obytná část je v celé své ploše podsklepena a zahrnuje dvě podlaží. V domě se nachází také nevyužívaný půdní prostor, který je společně se suterénem nevytápěný. Průměrný součinitel prostupu tepla obálky obytné části byl vypočítán na $U_p = 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Obvodové zdivo je tvořeno cihlou Porotherm 40 s $U = 0,35 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, což je hodnota, která nevyhovuje požadavkům normy ČSN 73 0540-2:2011. Ta stanovuje hranici $U = 0,3 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ a doporučuje dokonce ještě o 5 setin nižší. Všechny obálky novostaveb by již tuto vyžadovanou mez pokořit měly. Otopná soustava domu je uzavřená, dvoutrubková, nízkotlaká, teplovodní se spodním rozvodem teplotnosné látky a nuceným oběhem. Jako zdroj tepla slouží plynový kotel PROTHERM Panther 24 KTO s výkonem 24 kW. Stále jsem zde ještě ovšem nezmínil významnou oblast, ve které se spotřebuje nemalé množství energie a která tudíž také stojí za zmínku. Jedná se o ohřev teplé užitkové vody. Ten je ve vybrané stavbě řešen pomocí dvou bojlerů s 2kW topnými tělesy.

Abych mohl navrhnout úspornější systém vytápění, musel jsem nejprve vyčíslit skutečné energetické potřeby domu. Ty vycházejí z parametru tepelné ztráty, která vyjadřuje okamžité množství tepla unikající z budovy ven. Její velikost pro celou vytápěnou část činí 7,31 kW. Díky tomuto údaji jsem již byl dále schopen vypočítat množství energie potřebné k zajištění tepelné pohody obyvatel a k ohřevu TUV. Sumu energie dodané na vytápění za jeden kalendářní rok jsem stanovil na 14,88 MWh a roční potřebu tepla pro ohřev TUV (pro 4 osoby) na 5,65 MWh. Při těchto výpočtech jsem pracoval s délkou topné sezóny 228 dnů a její průměrnou denní venkovní teplotou 4,2 °C.

Jako alternativní způsob vytápění připadá v úvahu z technického hlediska spousta možností. Já jsem pro srovnání vybral jen některé z nich a to konkrétně elektrokotel, kombinaci plynového kotle s krbovou vložkou a tepelné čerpadlo vzduch/voda s možností ohřevu TUV. Při všech těchto variantách jsme schopni dosáhnout na jinou distribuční sazbu elektřiny s různou dobou trvání nízkého

a vysokého tarifu. To v praxi znamená, že výběr ze zmíněných zdrojů tepla nám ovlivní nejen provozní náklady na vytápění, ale také ty, které souvisí s ostatními elektrickými spotřebiči. Prošel jsem tedy vyúčtování za elektřinu z minulých let a stanovil její průměrnou spotřebu na ostatní účely (vše kromě vytápění a ohřevu TUV). Ta činí přibližně 2 MWh za jeden rok. Během ekonomického vyhodnocení investice se musí pracovat s odhadem budoucího vývoje cen. Já jsem tento problém vyřešil na základě dlouhodobého trendu z minulosti. Meziroční nárůst ceny elektřiny jsem vyčíslil na 2,08 % (dle faktur), plynu na 1,24 % (dle EGIX) a nárůst ceny palivového dřeva a služeb jsem odhadl na základě dlouhodobého inflačního cíle ČNB tudíž 2 % ročně.

Výsledky, které jsem získal z provedených výpočtů, hovořily zcela jasně ve prospěch tepelného čerpadla. Při vžití se do pozice investora mě ještě ovšem napadaly otázky typu "Co kdyby?", které by celou situaci mohly změnit a které by měl být dobrý projektant schopen zodpovědět. Jednalo se o zvážení potřeb pouze pro 2 osoby, se kterým souvisí pokles spotřeby vody a elektřiny a dále o nedodržení katalogových hodnot topného faktoru tepelných čerpadel. Nastínil jsem tedy i tento případ. Závěrečné vyhodnocení rozdělené dle jednotlivých alternativ popisují následující odstavce.

Začněme např. s **elektrokotlem**. Konkrétně jsem vybral PROTHERM Ray 12K, jehož pořizovací cena je ze všech variant nejnižší a celková hodnota investice včetně montáže činí 16 748 Kč. Distribuční sazba spojená s tímto typem vytápění se označuje D35d a její vážená cena za MWh je 2 483 Kč, což je opět nejméně. Dále jsem možná mírně nadneseně uvažoval jeho nulovou údržbu. I přes tyto benefity dopadl elektrokotel z ekonomického hlediska ze všech nejhůře. Provozní výdaje za první rok jsem stanovil na 60 722 Kč a celkově se toto řešení oproti plynovému kotli prodraží za dobu životnosti (15 let) o 41 624 Kč. Při zvážení pouze dvoučlenné domácnosti činila celková ztráta 150 984 Kč. Z tohoto důvodu nelze za daných podmínek elektrokotel doporučit.

V druhém případě jsem uvažoval plynový kotel v kombinaci s **krbovou vložkou** ABX Oxford, která je schopna pokrýt tepelnou ztrátu obývacího pokoje a jídelny 2,47 kW. Tato hodnota představuje 4,95 MWh dodaného tepla za jeden rok. Pořizovací cena vložky včetně stavebních úprav vychází na 23 265 Kč. Podíváme-li se na provozní výdaje tohoto systému za 1. rok, zjistíme, že 57 495 Kč již oproti 60 176 Kč, pouze u kotle plynového, úsporu představuje. Ta při zvolené diskontní míře dosáhne za 15 let 7 981 Kč. Pokud budeme opět uvažovat změnu vstupních podmínek (2 členná domácnost), dojdeme překvapivě k té samé částce uspořené peněz. Důvod je prostý. Dům se vytápí v tomto modelu stejně pro 2 i pro 4 osoby a distribuční sazba elektřiny je pro plynový kotel stejná, jako pro tuto kombinovanou variantu. Celkově bych tedy řekl, že se jedná o konzervativní investici, která nepředstavuje významné riziko.

Poslední zvažovanou alternativou bylo **tepelné čerpadlo** IVT Air X 9 kW. Pořizovací konečná cena 234 462 Kč je zdaleka nejvyšší, a proto lze očekávat naopak nejnižší provozní výdaje. Ty jsem stanovil za 1. rok na 31 133 Kč, což je téměř polovina oproti konkurenci. Díky tomu dojde za daných podmínek ke splacení investice přibližně po devíti letech a dále se již jen šetří. Výsledná uspořená částka má pak hodnotu 154 324 Kč. Vzhledem k tomu, že tepelné čerpadlo spoří energii i při přípravě TUV je zřejmé, že modelová situace s dvěma osobami v domě se do konečných výsledků promítne. Tato změna je pak velmi radikální. V důsledku snížení spotřeby, poklesne i úspora, která bude po 15 letech činit pouze 4 237 Kč a doba splacení bude jen těsně pod úrovní doby životnosti. V každém z výše popsanych případů se však investice vyplatí.

Tato bakalářská práce se zabývala energetickými potřebami jednoho konkrétního rodinného domu, a proto nelze uvedené výsledky zobecnit pro všechny stavby. V tomto případě elektrokotel investorovi doporučit nemohu, nicméně pro jiný objekt může být situace odlišná. Z výsledků dále vyplynulo, že krbová vložka představuje úsporu, která sebou nese velká rizika a i při změně vstupních podmínek dokáže přinést výnos. Je dobré si také uvědomit, že zatápění a příkládání není bez práce. Na druhou stranu pohled na "hořící krb" má také své kouzlo. To už je ovšem subjektivní a záleží tak na každém z nás pro co se rozhodne. Tepelné čerpadlo je pohodlný způsob vytápění, který v sobě ukrývá investici s možností opravdu vysoké úspory. Je zde však nutné pečlivě zvážit vstupní podmínky. Obecně lze říci, že čím více je TČ vytíženo, tím více spoří. Pro vybraný dům lze doporučit jak řešení s krbovou vložkou, tak i tepelné čerpadlo.

Použité zdroje

- [1] Ing. Mojmír Vrtek, Ph.D., Energie a její transformace, ALTERNATIVNÍ ENERGIE 1/2002 [cit. 2014-11-07]. Dostupné online na: <http://www.vosaspsekrizik.cz/cs/download/studium/sps/elektroenergetika/energie-a-jeji-transformace.pdf>
- [2] Aldebaran.cz, Tabulky (rozcestí), spektrum. Dostupné online na: http://www.aldebaran.cz/tabulky/images/spektrum_big.png
- [3] Ing. Jan Novák, Výhřevnosti paliv, TZB-info.cz [cit. 2014-11-18]. Dostupné online na: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv?r=1&p=1>
- [4] PRE, Poradenské centrum, Orientační hodnoty spotřeby domácích spotřebičů. Design - LemonSolution s.r.o., listopad 2013 [cit. 2014-12-03]. Dostupné online na: <http://www.energetickyporadce.cz/Files/poradenske-centrum/nase-sluzby-zdarma/pujcovani-mericich-zarizeni/orientacni-hodnoty-spotreby-domacich-spotrebicu/>
- [5] EZU.CZ, Elektrotechnický zkušební ústav, ENERGETICKÉ ŠTÍTKOVÁNÍ [cit. 2014-12-03]. Dostupné online na: <http://ezu.cz/produkty/energeticke-stitkovani/>
- [6] PRE, Úspory energie (rozcestí), Nový štítek [cit. 2014-12-04]. Dostupné online na: <http://www.energetickyporadce.cz/cs/uspory-energie/domaci-spotrebice/energeticke-stitkovani/Contents/0/novy-stitek.jpg>
- [7] Treuová Lea, OTOPNÉ SOUSTAVY, 30. 1. 2012 [cit. 2014-12-05]. Dostupné online na: http://www.fce.vutbr.cz/TZB/treuova.l/ST51/5_otopne%20soustavy.pdf
- [8] Ing. Roman Vavříčka, Ph. D., TEPLOVODNÍ OTOPNÉ SOUSTAVY, ČVUT v Praze, Fakulta Strojní, Ústav techniky prostředí [cit. 2014-12-05]. Dostupné online na: <http://users.fs.cvut.cz/~vavrirom/Kurz%20Vytapani/Otopne%20soustavy%20teplvodni%20-%20Kurz%20vytapani.pdf>
- [9] VYHLÁŠKA 78/2013 SB. o energetické náročnosti budov, Ministerstvo obchodu a průmyslu, 23. března 2013.
- [10] TZB-INFO.CZ, Stavba (rozcestí), Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci [cit. 2014-11-09]. Dostupné online na: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicestvrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>
- [11] Ing. Roman Šubrt, Co je tepelná ztráta objektu a výpočet potřeby tepla na vytápění, Revitalizace.com, 31. 1. 2011 [cit. 2015-01-04]. Dostupné online na: <http://www.revitalizace.com/teorie-vypocty/co-je-tepelna-ztrata-objektu-a-vypocet-potreby-tepla-na-vytapani/>

- [12] Bc. Dubravský Radek, Zdroje využitelných forem energie pro rodinný dům, diplomová práce, Praha, 2014
- [13] TZB-INFO.CZ, Vytápění (rozcestí), Tepelná čerpadla [cit. 2015-03-11]. Dostupné online na: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-cerpadla>
- [14] PROF. ING. EVA KISLINGEROVÁ, CSC., Manažerské finance, C. H. Beck, 3. vydání 2010 v Praze, ISBN: 9788074001949
- [15] ING. JIŘÍ BERANOVSKÝ, PH.D., ING. JAN TRUXA, Alternativní energie pro váš dům, ERA group spol. s.r.o., 2004, 2. aktualizované vydání, ISBN:80-86517-89-6
- [16] Petr Woff, Současná cena kubíku (m³) a kWh zemního plynu, Cenyenergie.cz [cit. 2015-02-24]. Dostupné online na: <http://www.cenyenergie.cz/soucasna-cena-kubiku-m3-a-kwh-zemniho-plynu/>
- [17] BOHEMIA ENERGY, Ceník 2015 - plyn pro domácnosti - HOME STANDART [cit. 2015-02-26]. Dostupné online na: http://www.bohemiaenergy.cz/res/files/e2015/BE-PD-EP-DO-ST-RW_2015-01.pdf
- [18] ABECEDA-CERPADEL.CZ, Topný faktor SCOP [cit. 2015-04-02]. Dostupné online na: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/topny-faktor-scop>
- [19] TZB-INFO.CZ, Vytápění (rozcestí), Venkovní výpočtové teploty a otopná období dle lokalit [cit. 2015-04-03]. Dostupné online na: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/25-venkovni-vypoctove-teploty-a-otopna-obdobi-dle-lokalit>
- [20] Jakub Elcner, Porovnání výpočtu tepelných ztrát dle ČSN 06 0210 a ČSN EN 12831, diplomová práce, Brno, 2008
- [21] TZB-INFO.CZ, Vytápění (rozcestí), Potřeba tepla pro vytápění a ohřev teplé vody [cit. 2015-04-03]. Dostupné online na: <http://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-potreba-tepla-pro-vytapani-a-ohrev-teple-vody>
- [22] European Energy Exchange AG, EEX Reference Prices, 1. 4. 2015 [cit. 2015-04-10]. Dostupné online na: <http://www.eex.com/blob/69834/3780290b19c6e4f794350e7b8407ecc7/eex-reference-price-egix-pdf-data.pdf>
- [23] Jiří Novák, Návrhové hodnoty činitele teplotní redukce podle ČSN 73 0540-3, březen 2008 [cit. 2015-04-10]. Dostupné online na: http://kps.fsv.cvut.cz/file_download.php?fid=1159
- [24] Alice Klepsová, Nové povinnosti vlastníků při prodeji a pronájmu domů a bytů od 1. 1. 2013, Státní energetická inspekce, 11. 6. 2014 [cit. 2015-01-12]. Dostupné online na: <http://www.cr-sei.cz/files/Text-o-PENB-2014.pdf>

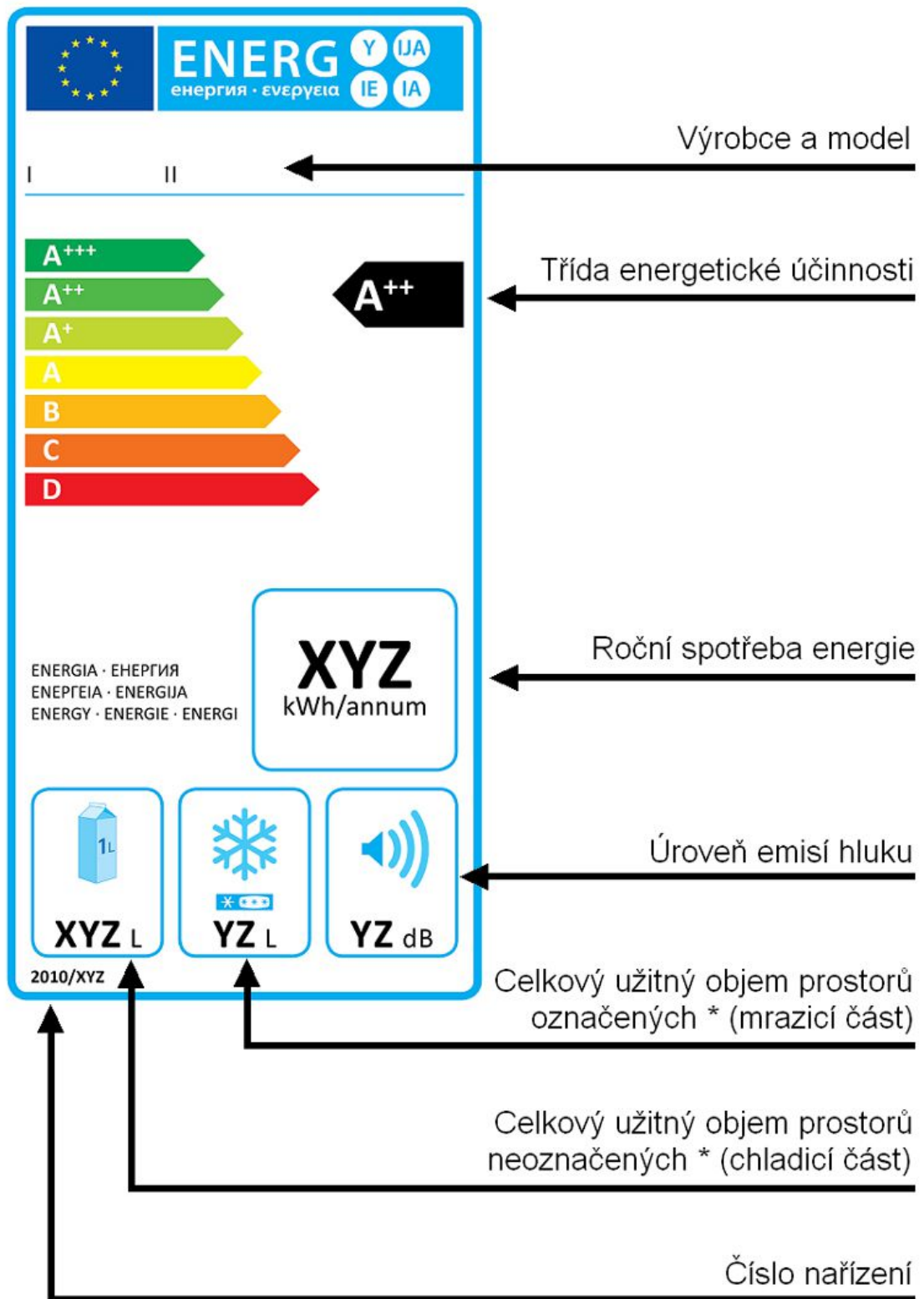
[25] TECHMANIA.CZ, Princip činnosti tepelného čerpadla [cit. 2015-04-02]. Dostupné online na: http://www.techmania.cz/edutorium/art_exponaty.php?xkat=fyzika&xser=4d6f6c656b756c6f76e12066797a696b61h&key=383

[26] USPORNESPOTREBICE.CZ, Kupujete nový elektrický spotřebič? Pomohou Vám štítky! [cit. 2014-12-09]. Dostupné online na: <http://www.uspornespotrebice.cz/informace/o-stitkovani/>

[27] TZB-INFO.CZ, Povinné energetické štítky dostanou nově i trouby, varné desky a digestoře, 1. 11. 2014 [cit. 2015-01-03]. Dostupné online na: <http://elektro.tzb-info.cz/115691-povinne-energeticke-stitky-dostanou-nove-i-trouby-varne-desky-a-digestore>

[28] TZB-INFO.CZ, Firma JUNKERS opět stanovuje standard při přípravě TUV, Bosch Termotechnika s.r.o. - obchodní divize JUNKERS, 15. 11. 2001 [cit. 2015-02-14]. Dostupné online na: <http://www.tzb-info.cz/735-firma-junkers-opet-stanovuje-standard-pri-priprave-tuv>


Příloha 1 - Energetický štítek spotřebiče [6]



Příloha 2 - Průkaz energetické náročnosti budovy

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/20013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: Poděbrady, Jasmínová 192, 29001 PSČ, místo:	
Typ budovy: Rodinný dům	
Plocha obálky budovy: 575 m ²	
Objemový faktor tvaru AV: 0,67 m ² /m ³	
Celková energeticky vztažná plocha: 374 m ²	

ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie (Energie na vstupu do budovy)	Neobnovitelná primární energie (Vliv provozu budovy na životní prostředí)																																																															
Měrné hodnoty kWh/(m².rok)																																																																
<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;">Mimořádně úsporná A</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">[] A</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 19,4</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td>Velmi úsporná B</td> <td style="text-align: center;">[] B</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 29,0</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td>Úsporná C</td> <td style="text-align: center;">[] C</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 38,7</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td>Méně úsporná D</td> <td style="text-align: center;">[52,0] D</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 58,1</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td>Nehospodárná E</td> <td style="text-align: center;">[] E</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 77,4</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td>Velmi nehospodárná F</td> <td style="text-align: center;">[] F</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 96,8</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td>Mimořádně nehospodárná G</td> <td style="text-align: center;">[] G</td> <td></td> </tr> </table>	Mimořádně úsporná A	[] A		← 19,4		[]	Velmi úsporná B	[] B		← 29,0		[]	Úsporná C	[] C		← 38,7		[]	Méně úsporná D	[52,0] D		← 58,1		[]	Nehospodárná E	[] E		← 77,4		[]	Velmi nehospodárná F	[] F		← 96,8		[]	Mimořádně nehospodárná G	[] G		<table border="0" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 30%;"></td> <td style="width: 30%; text-align: center;">[]</td> <td style="width: 30%;"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 24,9</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 37,3</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 49,7</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 74,6</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 82,6</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[82,6]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 99,5</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">← 124,4</td> <td></td> <td style="text-align: center;">[]</td> </tr> </table>		[]		← 24,9		[]	← 37,3		[]	← 49,7		[]	← 74,6		[]	← 82,6		[82,6]	← 99,5		[]	← 124,4		[]
Mimořádně úsporná A	[] A																																																															
← 19,4		[]																																																														
Velmi úsporná B	[] B																																																															
← 29,0		[]																																																														
Úsporná C	[] C																																																															
← 38,7		[]																																																														
Méně úsporná D	[52,0] D																																																															
← 58,1		[]																																																														
Nehospodárná E	[] E																																																															
← 77,4		[]																																																														
Velmi nehospodárná F	[] F																																																															
← 96,8		[]																																																														
Mimořádně nehospodárná G	[] G																																																															
	[]																																																															
← 24,9		[]																																																														
← 37,3		[]																																																														
← 49,7		[]																																																														
← 74,6		[]																																																														
← 82,6		[82,6]																																																														
← 99,5		[]																																																														
← 124,4		[]																																																														
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	19,49	30,91																																																														

DOPORUČENÁ OPATŘENÍ	
Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné:	<input type="checkbox"/>

Doporučení

Popis opatření je v protokolu příkazu a vyhodnocení jejich dopadu ma energetickou náročností je znázorněn šipkou

PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGI	
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok	
<ul style="list-style-type: none"> ■ Zemní plyn ■ Černé uhlí ■ Hnědé uhlí ■ Propan-butan/LPG ■ Topný olej ■ Elektřina ■ Dřevěné peletky ■ Kusové dřevu, dřevní štěpka ■ Energie okolního prostředí (elektřina a teplo) ■ Elektřina - dodávka mimo budovu ■ Teplo - dodávka mimo budovu ■ CZT s vyšším než 80% podílem OZE ■ CZT s vyšším než 50% a nejvýše 80 % podílem OZE ■ CZT s 50% a nižším podílem OZE ■ Ostatní neuvedené energonositele 	

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY							
	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² .K)	Dílčí dodaná energie			Měrné hodnoty kWh/(m ² .rok)		
Mimořádně úsporná							
A							
B							
C						5,7	
D		39,4					
F							
F							6,9
G	1,243						
Mimořádně neúsporná							
Hodnoty pro celou budovu		14,8	0,0	0,0	0,0	2,1	2,6
MWh/rok							

Zpracovatel:	nevyplněno	Osvědčení č.:	nevyplněno
Kontakt:	nevyplněno	Vyhotoveno dne:	nevyplněno
		Podpis:	

Tento PENB má ilustrativní charakter.

Příloha 3 - Ceny zemního plynu [17]

ROČNÍ ODBĚR V ODBĚRNÉM MÍSTĚ	CENA DISTRIBUCE			CENA ZA ODEBRANÝ ZEMNÍ PLYN A OSTATNÍ SLUŽBY DODÁVKY			CELKOVÁ KONEČNÁ CENA	
	Cena za služby operátora trhu	Pevná cena za odebraný zemní plyn	Stálý měsíční plat	Cena za odebraný zemní plyn	Stálý měsíční plat	Kč/kWh	Kč/měsíc	
KWh/rok	Kč/kWh	Kč/kWh	Kč/měsíc	Kč/kWh	Kč/měsíc	Kč/kWh	Kč/měsíc	
do 1 890	0,00216 (0,00261)	0,41061 (0,49684)	65,06 (78,71)	1,26887 (1,59353)	6,30 (7,62)	1,68164 (2,03478)	71,36 (86,33)	
nad 1 890 do 7 560	0,00216 (0,00261)	0,23258 (0,28142)	93,08 (112,64)	1,03018 (1,24652)	24,70 (29,89)	1,26492 (1,53055)	117,79 (142,53)	
nad 7 560 do 15 000	0,00216 (0,00261)	0,20969 (0,25372)	107,51 (130,09)	0,99900 (1,20879)	106,20 (128,50)	1,21086 (1,46513)	213,71 (258,59)	
nad 15 000 do 20 000	0,00216 (0,00261)	0,19159 (0,23182)	130,14 (157,47)	0,99900 (1,20879)	106,20 (128,50)	1,19275 (1,44323)	236,34 (285,97)	
nad 20 000 do 25 000	0,00216 (0,00261)	0,19159 (0,23182)	130,14 (157,47)	0,99900 (1,20879)	106,20 (128,50)	1,19275 (1,44323)	236,34 (285,97)	
nad 25 000 do 30 000	0,00216 (0,00261)	0,16558 (0,20035)	184,33 (223,04)	0,99900 (1,20879)	106,20 (128,50)	1,16674 (1,41176)	290,53 (351,54)	
nad 30 000 do 35 000	0,00216 (0,00261)	0,16558 (0,20035)	184,33 (223,04)	0,99900 (1,20879)	106,20 (128,50)	1,16674 (1,41176)	290,53 (351,54)	
nad 35 000 do 40 000	0,00216 (0,00261)	0,16558 (0,20035)	184,33 (223,04)	0,99900 (1,20879)	106,20 (128,50)	1,16674 (1,41176)	290,53 (351,54)	
nad 40 000 do 45 000	0,00216 (0,00261)	0,16558 (0,20035)	184,33 (223,04)	0,99900 (1,20879)	106,20 (128,50)	1,16674 (1,41176)	290,53 (351,54)	

Kontaktní adresa

Miroslav Mentr
Jasmínová 192
29001, Poděbrady
mengrmir@fel.cvut.cz