



**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

---

**Fakulta elektrotechnická  
Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**

**Zdroje využitelných forem energie pro rodinný dům**

**The Sources of Usable Forms of Energy for the Family House**

Diplomová práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management  
Studijní obor: Ekonomika a řízení energetiky

Vedoucí práce: Ing. Josef Černohous

**Bc. Radek Dubravský**

---

**Praha 2014**

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student: Dubravský Radek

Studijní program: elektrotechnika, energetika a management  
Obor: ekonomika a řízení energetiky

Název tématu: Zdroje využitelných forem energie pro rodinný dům

Pokyny pro vypracování:

- formy energie pro rodinný dům
- legislativní podmínky pro zdroje energie
- případová studie na konkrétní rodinný dům
- ekonomické hodnocení

Seznam odborné literatury:

Knápek, Geuss: Životní prostředí a ekonomika, ČVUT 2000

Beranovský: Alternativní energie pro váš dům, ERA 2003


Kislingerová a kol.: Manažerské finance, Beck. 2004

Vedoucí diplomové práce: Ing. Josef Černohous - ČVUT FEL, K 13116

Platnost zadání: do konce letního semestru akademického roku 2014/2015



Doc. Ing. Jaroslav Knápek, CSc.  
vedoucí katedry

UZ.   
Prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.  
děkan

V Praze dne 28.1.2014

# PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a použil pouze odbornou literaturu a prameny uvedené v příloženém seznamu použité literatury. Nemám námitek proti půjčení práce se souhlasem katedry ani proti zveřejnění práce nebo její části.

V Praze dne 12.5.2014

Radek Dubravský

## PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych chtěl poděkovat především vedoucímu mé diplomové práce, panu inženýru Josefu Černohousovi, za zapůjčení projektové dokumentace k rodinnému domu a za vstřícnost a otevřenost při osobních konzultacích týkajících se této práce. Díky patří i všem společnostem, se kterými jsem telefonicky komunikoval a v neposlední řadě děkuji své mamince za přečtení práce a opravu pravopisných chyb.

## ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá formami energie pro rodinný dům. Nejdříve popisuje hodnocení budov z hlediska jejich energetické spotřeby. Základní potřebou obyvatel domu je zajištění tepelné pohody. Množství tepla, které je třeba do domu dodat, pro vytvoření tepelné pohody, je přímo úměrné tepelným ztrátám objektu. U konkrétního rodinného domu je určena jeho tepelná ztráta a potřeba teplé vody. Dle celkové potřeby tepla je provedeno ekonomické porovnání několika variant zdrojů energie.

**Klíčová slova:** tepelná ztráta, potřeba tepla, zdroj tepla.

## ABSTRACT

The diploma thesis deals with the forms of energy for the family house. Firstly, the evaluation of buildings in terms of energy consumption is described. The basic need of the residents is to ensure the thermal comfort. The amount of heat that is needed to deliver for the thermal comfort to the house is directly proportional thermal losses of the object. The thermal loss and the demand of hot water are specified by the particular house. According to the total heat demand the economic comparison of several types of energy sources is made.

**Key words:** thermal loss, heat demand, heat source

# OBSAH

Úvod.....	13
1. Formy energie.....	14
2. Konstrukční prvky rodinného domu.....	16
2.1. Energetická náročnost budov .....	16
2.2. Stavba energeticky nenáročného domu .....	22
2.2.1. Varianty rodinných domů dle energetické náročnosti .....	23
2.2.2. Plášť budovy.....	27
2.2.2.1. Cihla .....	28
2.2.2.2. Pórobeton.....	28
2.2.2.3. Liapor .....	29
2.2.2.4. Vápenopískové systémy .....	29
2.2.2.5. Velox.....	30
2.2.2.6. Dřevostavby .....	30
2.2.3. Okna a dveře .....	31
2.2.4. Komín.....	33
3. Technické systémy budov .....	34
3.1. Vytápění.....	35
3.1.1. Potřeba tepla pro RD.....	37
3.1.2. Palivo .....	40
3.1.3. Otopné soustavy .....	42
3.1.4. Otopná tělesa.....	43
3.1.4.1. Konvekční otopná tělesa .....	44
3.1.4.2. Lokální topidla.....	46
3.1.4.3. Sálavé plochy .....	47
3.1.5. Zdroje tepla.....	49
3.1.5.1. Kotle na plynná paliva.....	49

3.1.5.2.	Kotle na tuhá paliva .....	51
3.1.5.3.	Elektrokotle .....	52
3.1.5.4.	Solární energie .....	52
3.1.5.5.	Energie okolního prostředí (tepelné čerpadlo) .....	55
4.	Zajištění energií pro rodinný dům .....	58
4.1.	Současný stav RD .....	58
4.2.	Tepelná potřeba RD .....	60
4.2.1.	Konstrukční prvky domu .....	60
4.2.2.	Klimatické podmínky .....	62
4.2.3.	Tepelné ztráty domu .....	63
4.2.4.	Roční spotřeba tepla RD .....	72
4.2.5.	Roční spotřeba elektrické energie .....	76
5.	Volba otopných těles a zdrojů tepla .....	78
5.1.	Otopná soustava .....	78
5.2.	Volba zdroje tepla .....	82
5.2.1.	Kondenzační kotel .....	82
5.2.2.	Elektrokotel.....	85
5.2.3.	Tepelné čerpadlo.....	87
5.2.4.	Využití solárního kolektoru k ohřevu TUV .....	90
5.2.4.1.	Kondenzační kotel se solárním kolektorem .....	90
5.2.4.2.	Elektrokotel se solárním kolektorem.....	91
6.	Ekonomické vyhodnocení navrhovaných soustav .....	93
6.1.	Podlahové vytápění a jeho kombinace s radiátory .....	94
6.2.	Zdroj tepla k podlahovému vytápění .....	96
6.2.1.	Citlivostní analýza růstu ceny elektřiny .....	99
6.2.2.	Citlivostní analýza růstu ceny plynu.....	101
	Závěr .....	104

Použitá literatura.....	111
Příloha 1 – Průkaz ENB.....	114
Příloha 2 – Korekční faktor $\varepsilon$ .....	115
Příloha 3 – Tepelné toky mezi místnostmi .....	116
Příloha 4 – Průměrné denní teploty v roce.....	118
Příloha 5 – Uvažované elektrospotřebiče .....	119
Kontaktní adresa .....	121



Obrázek 1- Naznačení principu výpočtu energetické náročnosti budovy. Převezato z [7].....	19
Obrázek 2 - Oblast tepelné pohody podle poměru teploty vzduchu v interiéru a teploty stěn. Převezato z [17]. ....	36
Obrázek 3 - Mapa globálního horizontálního záření na m <sup>2</sup> horizontální plochy v ČR [24]. ....	53
Obrázek 4 - Princip účtování net meteringu. Převezato z [25].....	55
Obrázek 5 - Mapa části Praha-východ s vyznačeným umístěním RD modrou šipkou. Zdroj mapy.cz.....	59
Obrázek 6 - Pohled na dům ze světových stran. Převezato z projektu.....	59
Obrázek 7- Klimatické oblasti ČR dle [27].....	62
Obrázek 8- Zapojení kondenzačního kotle se dvěma řízenými okruhy s jedním směšovačem. Dle katalogového listu.. ....	84
Graf 1 - Poměr ztrát prostupem a větráním na celkové ztrátě tepla. ....	68
Graf 2 - Poměrné ztráty místností celého objektu. ....	69
Graf 3 - Ztráta tepla jednotlivými konstrukčními prvky obvodového pláště. ....	70
Graf 4 - Ztráty jednotlivými konstrukcemi dle původního projektu. ....	71
Graf 5 - Závislost tepelných ztrát objektu na venkovní teplotě. ....	72
Graf 6 - Průměrné denní teploty v obci Zlatá. ....	73
Graf 7 - Roční potřeba tepla na vytápění v závislosti na počáteční a koncové teplotě topné sezóny. ....	74
Graf 8 - Potřeba tepla na vytápění v jednotlivých měsících. ....	75
Graf 9 - Potřeba tepla na vytápění a přípravu TUV během roku. ....	76
Graf 10 - Stupeň krytí solárního ohřevu TUV pro 2 (horní) a 3 (dolní) kolektory. Graf převezat z [30]. ....	92
Graf 11 - Citlivostní analýza vlivu růstu ceny elektřiny. ....	99
Graf 12 - Citlivostní analýza vlivu růstu ceny elektřiny při využití dotace Zelená úsporám 2014.....	100
Graf 13 - Citlivostní analýza změny ceny plynu bez dotace z programu Zelená úsporám 2014.....	101
Graf 14 - Citlivostní analýza vlivu růstu ceny plynu při získání dotace z programu Zelená úsporám 2014.....	102

Tabulka 1 - Příkladové parametry referenčních hodnot účinností pro hodnocení vytápění objektu. Převzato z [7] .....	19
Tabulka 2 - Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy pro energie. Převzato z [4].....	20
Tabulka 3. - Klasifikační třídy pro hodnocení obálky budovy. Převzato z [4]. ....	21
Tabulka 4 - Plocha konstrukčních prvků referenčního domu.....	25
Tabulka 5 - Porovnání energetické náročnosti domů. ....	26
Tabulka 6 - Porovnání výdajů za plyn u domů z různých energetických tříd. ....	27
Tabulka 7 - Doporučená teplota ve vytápěných místnostech. Převzato z [13]. ....	35
Tabulka 8- Používaná paliva, jejich cena a výhřevnost. Převzato z [20] a ceníku ČEZ. ....	41
Tabulka 9 - Závislost topného faktoru TČ na teplotě NTZ a TV. Převzato z [23].	56
Tabulka 10 - Použité konstrukční materiály a jejich součinitele prostupu tepla. V závorce jsou uvedeny původně předpokládané hodnoty dle projektu.....	61
Tabulka 11 - Výpočtové teploty vzduchu pro klimatické oblasti v ČR dle [27]. ..	63
Tabulka 12 - Vybrané výpočtové vnitřní teploty. Převzato z [19]. ....	63
Tabulka 13 - Ztráty tepla prostupem a větráním pro jednotlivé místnosti při doporučených teplotách.....	64
Tabulka 14 - Ztráta tepla pro doporučenou teplotu v garáži. ....	65
Tabulka 15 - Celkové ztráty budovy s doporučenou vnitřní teplotou.....	65
Tabulka 16 - Porovnání požadovaných a doporučených teplot v místnostech. ...	66
Tabulka 17 - Tepelné ztráty místností prostupem a větráním dle teplot požadovaných majitelem RD. ....	67
Tabulka 18 - Tepelná ztráta prostupem a větráním neobytné zóny dle teploty zadavatele. ....	67
Tabulka 19 - Celkové tepelné ztráty prostupem a větráním dle požadované teploty zadavatele. ....	67
Tabulka 20 - Porovnání nejvýraznějších změn prostupu tepla konstrukcemi oproti projektu. ....	71
Tabulka 21 - Délka topného období v obci Zlatá. Převzato z [28]. Příloha 4. ....	73
Tabulka 22 - Denní spotřeba TUV na osobu. Převzato z [19]. ....	75
Tabulka 23 - Celková potřeba tepla pro RD.....	75

Tabulka 24 - Porovnání cen produktové řady Comfort od společnosti ČEZ. Převzato z <a href="http://www.cez.cz">www.cez.cz</a> .	77
Tabulka 25 - Cenová kalkulace pro podlahové vytápění v přízemí a garáži. Geta-system.	79
Tabulka 26 - Podlahové vytápění pro celý dům. Geta-system.	80
Tabulka 27 - Kalkulace pro radiátory. Dle KORADO.	81
Tabulka 28 - Součásti otopného systému při využití radiátorů. Dle <a href="http://www.hts-zichlinek.cz">www.hts-zichlinek.cz</a> .	81
Tabulka 29 - Porovnání investic na kombinované vytápění a čistě podlahové vytápění.	82
Tabulka 30 - Vybrané technické parametry Logamax GB 172 - 14 T150S. Dle katalogového listu.	83
Tabulka 31 - Porovnání ročních výdajů na chod kotle a počáteční investice pro oba druhy otopné soustavy.	85
Tabulka 32 - Technické parametry elektrokotle DAKON Daline PTE 10. Převzato z katalogového listu.	86
Tabulka 33 - Příslušenství k elektrokotli DAKON PTE 10. Převzato z cenové nabídky příslušenství DAKON a Buderus.	86
Tabulka 34 - Technické parametry TČ pro potřeby výpočtu. Z katalogového listu Buderus.	88
Tabulka 35 - Skladba ročních výdajů TČ s podlahovým vytápěním.	89
Tabulka 36 - Skladba ročních výdajů TČ s kombinovanou otopnou soustavou.	90
Tabulka 37 - Porovnání typů solárních kolektorů. Parametry dle informací výrobce.	91
Tabulka 38 - Krytí spotřeby a množství vyrobeného tepla solárními kolektory. Vypočteno pomocí [30].	91
Tabulka 39 - Cenová nabídka pro sestavu solárního kolektoru a zásobníku. Dle příkladové situace společnosti Buderus.	92
Tabulka 40 - Srovnání investičních výdajů pro různá otopná tělesa.	95
Tabulka 41 - Porovnání provozních výdajů jednotlivých zdrojů v závislosti na otopných tělesech.	95
Tabulka 42 - Srovnání výdajů za energie RD dle využití jednotlivých zdrojů.	97

Tabulka 43 - NPV výdajů projektů pro dané hodnoty růstu komodit bez a s dotací z programu Zelená úsporám 2014.....	98
---	----

# ÚVOD

Diplomová práce na téma „Zdroje využitelných forem energie pro rodinný dům“ se zabývá především výběrem vhodného zdroje vytápění pro konkrétní rodinný dům. Úvodní kapitola, o formách energie, zobrazuje pro náhled čtenáře, fyzikální přehled využívaných energií. Druhá kapitola se detailněji zabývá konstrukčními prvky budov, hlavně z tepelně-izolačního hlediska. Vysvětleny jsou základní principy hodnocení energetické náročnosti budovy a veličiny, které tepelně-izolační vlastnosti popisují. Pro ukázkou je předložen Průkaz energetické náročnosti budovy, který je povinností u všech novostaveb. Domy se dělí dle energetické náročnosti do několika skupin. Na jednoduchém příkladu jsou vysvětleny rozdíly v tepelných ztrátách mezi těmito domy. Zbytek kapitoly je věnován rychlému přehledu široké škály konstrukčních prvků, běžně používaných ve stavebnictví, hodnocených hlavně z tepelně-izolačního pohledu.

Třetí kapitola popisuje technická zařízení vyvolávající tepelnou pohodu. Jedná se o systémy vytápění, větrání a systémy pro přípravu teplé vody. Detailněji je vysvětlen postup výpočtu tepla pro rodinný dům, jednotlivé zdroje s jejich palivy a samozřejmě otopná tělesa, jejich prostřednictvím se teplo šíří po objektu.

Následující kapitola se věnuje konkrétnímu rodinnému domu zadavatele práce. Dům je celý postaven a majitel řeší zdroj tepla. Informace o konstrukčních prvcích vychází z původního projektu a informací od majitele. V kapitole o tepelných ztrátách jsou podrobně vypočteny tepelné ztráty všech místností, tepelné toky mezi nimi, a tudíž i celková tepelná ztráta objektu, na jejímž základě je volen vhodný zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody. Mimo ztráty prostupem a větráním, jsou uvažovány i ztráty prohřevem konstrukcí a započteny solární zisky nasměrováním domu na světové strany. Na základě tepelné ztráty a potřeby teplé vody je vypočítána celková roční potřeba tepla objektu.

V kapitole o otopné soustavě jsou porovnávány dvě možné varianty otopných těles (radiátory a podlahové vytápění) a 3 druhy zdrojů, z nichž dva jsou ještě dovybaveny solárními kolektory pro ohřev teplé užitkové vody. Poslední kapitola, na základě výdajové NPV doporučuje, za proměnlivých cen elektřiny a plynu, ekonomicky nejlepší variantu zdroje tepla pro konkrétní dům se současným zahrnutím i ostatní elektrické spotřeby domu.

# 1. FORMY ENERGIE

Aby bylo možné v rodinném domě nebo bytě pohodlně bydlet a naplňovat základní lidské potřeby, je potřeba dodávat do něj určité druhy energií. Energie jednoho druhu může být pak v instalovaných spotřebičích přeměňována na jiný druh energie, dle potřeby jejího využití. Přeměny energie jsou podstatou všech energetických procesů, při kterých dochází ke změně nositele nebo druhu energie. Právě nositel a druh elektrické energie udávají její formu. Z energetického hlediska rozeznáváme tyto druhy energie[1]:

- Chemická
- Tepelná
- Mechanická
- Elektrická
- Jaderná

Všechny výše uvedené druhy musí být vázány na určitého nositele. Nositelé druhu energie jsou pevné, plynné nebo kapalné látky. Taktéž pole, které je nositelem elektrické energie. Jeden pevný nositel může samozřejmě přenášet více druhů energie. Například uhlí je nositelem chemické, mechanické, tepelné i jaderné energie. Největší potenciál pro energetiku je však v jeho chemické energii. Ostatní druhy jsou využitelné minimálně, a pro energetiku nemají v současné době význam, nebo je ještě nedokážeme efektivně využívat. Naopak existují i takoví nositelé, u kterých dokážeme využít i více druhů energie, které přenášejí. Speciálně můžu jmenovat vodní páru, která je efektivním nositelem jak tepelné, tak mechanické energie.[1]

Typickým příkladem energetických procesů pro zajištění tzv. tepelné pohody v rodinném domě je přeměna chemické energie v palivu na energii tepelnou, která je v různých médiích šířena po rodinném domě. Jakožto obyvatelé domu máme většinou na výběr mezi několika nositeli chemické energie. Volba vhodného nositele pak záleží na ekonomické, technické či ekologické preferenci. Typickým ekonomickým faktorem je cena spotřebovávaného paliva (nositele), technickým faktorem může být například výhřevnost paliva nebo technické omezení zařízení sloužícího pro přeměnu energií, které může podporovat pouze určitý typ nositele (paliva). Ekologickým faktorem je kupříkladu množství spalin, či jiných odpadních látek, které při přeměnách vznikají.

Pro rodinný dům nás bude zajímat především zajištění dodávek elektrické energie, kterou lze díky jejímu vysokému zušlechtění a univerzálnosti v podstatě libovolně přeměňovat na jiné druhy energií, a také zajištění dodávek tepla a teplé užitkové vody. Pro zajištění obou druhů energie (tepelné a elektrické) máme dnes vícero možností (zdrojů). Počet dostupných variant pro vytápění, či zajištění elektrické energie

se výrazně zvětšil se snahou světového společenství o snížení vypouštěných emisí způsobujících skleníkový efekt podporou většího využívání obnovitelných zdrojů energie (OZE) a zaváděním ekologických daní, což v podstatě představuje penalizaci pro ty, kteří využívají neobnovitelné zdroje energie. Základem pro masivní rozvoj OZE byly dvě světové konference v Rio de Janeiro (1992) a Johannesburg (2002), kde se zúčastněné státy mimo jiné zavázaly ke zmiňovanému snižování emisí a podpoře využívání OZE.

[2]

## 2. KONSTRUKČNÍ PRVKY RODINNÉHO DOMU

Základem pro správný výběr zdroje elektřiny či tepla pro rodinný dům, je volba vhodných materiálů při jeho stavbě, jeho celkové natočení vůči světovým stranám, členitost stavby, vnitřní rozvody tepelné soustavy, samotné umístění zdroje tepla a mnoho dalších parametrů, které mají menší či větší vliv na energetické hodnocení stavby. To, jakého nositele energie budeme pro přeměny uvnitř budovy používat, závisí na dostupnosti inženýrských sítí. Elektřina a voda jsou dnes v obytné zástavbě samozřejmostí, s plynem již to tak samozřejmé není a jeho dostupnost je potřeba si dopředu zjistit. Nedostupnost zemního plynu z distribuční soustavy se dá nahradit umístěním plynového zásobníku s propan-butanem na pozemku, což ale zvyšuje počáteční investiční výdaje, a zároveň klade zvýšené nároky na kontrolu množství plynu v zásobníku a jeho celkovou údržbu, je-li umístěn nad zemí a působí na něj atmosférické jevy. Dále je také nutné při této variantě zajistit dodavatele plynu, který si bude účtovat náklady na dopravu a přečerpání plynu.

### 2.1. Energetická náročnost budov

V rámci tlaku Evropské unie na snižování spotřeby energií ve členských zemích, byla přijata řada směrnic, norem a dokumentů, které nabízejí velké množství variant k úsporám. Bylo zjištěno, že na vytápění, osvětlování a ohřev teplé vody je spotřebováno přibližně 40% veškeré vyrobené energie, z čehož asi dvě třetiny připadají na spotřeby domácností[3]. Proto se dnes nejvíce sleduje energetické hodnocení budov. Dříve býval dokladem energetický průkaz budovy (dle vyhlášky 291/2001). Tento doklad posuzoval budovu z hlediska základních užitných vlastností a energetické účinnosti dle technických norem a vyhlášek. Vypracování energetického průkazu budovy nebylo dáno právním předpisem a mohl jej vypracovat kdokoliv, kdo zvládl metodiku výpočtu. Takto vypracovaný průkaz pak hodnotil budovu tzv. koeficientem měrné spotřeby tepla, který zahrnoval mimo jiné spotřebu tepelné energie na vytápění prostupem a spotřebu tepelné energie větráním s ohledem na tepelné zisky z vnitřních zdrojů a z oslunění. Vyhláška o energetickém průkazu byla zrušena a v roce 2009 nahrazena Průkazem energetické náročnosti budovy (ENB). Tento dokument hodnotí budovu na základě všech energií, které do ní vstupují[3].



Energetickou náročností budov se zabývá vyhláška 78/2013 Sb. ze dne 22. března 2013. Ve svém znění stanovuje:[4]

- a) nákladově optimální úroveň požadavků na energetickou náročnost pro nové budovy
- 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 jeho zpracovávání
- f) umístění průkazu v budově.

Průkaz ENB musí mít, dle zákona o hospodaření s energií č. 406/2000 Sb. novelizovaného v roce 2013, zpracované všechny novostavby od 1.1.2009, tzn. od doby jeho zavedení.[3] Podle zmiňované novelizace dále vyplývá, pro novostavby s žádostí o stavební povolení vydané do 1.1.2013 mimo samotného průkazu energetické náročnosti budovy, také požadavek na energetickou náročnost, hledání tzv. nákladově optimální úrovně, což je nově zavedený pojem. Rozumí se jím stanovené požadavky na energetickou náročnost budov, jejich stavebních nebo technických prvků, které vedou k nejnižším nákladům na investice v oblasti užití energií, na údržbu, provoz a likvidaci budov, nebo jejich prvků v průběhu odhadovaného ekonomického životního cyklu.[5]

Výpočet nákladově optimální úrovně pro novostavbu rodinného domu spočívá v ekonomickém porovnávání energetických variant (a jejich parametrů) vhodných pro rodinný dům. Jako energetické parametry jsou brány do výpočtu měrné hodnoty dodané energie pro vytápění, chlazení, větrání, přípravu teplé užitkové vody a osvětlení, včetně jejich přepočtu na měrnou primární energii, což je energie, která neprošla žádným procesem přeměny. Takto stanovíme měrné náklady na každou variantu se započtením jejich investičních nákladů, nákladů na údržbu, provoz apod. Výstupem je sestrojení závislosti celkových nákladů [Kč/m<sup>2</sup>] na celkové spotřebě primární energie [kW/m<sup>2</sup>\*rok], kde bod s nejnižšími celkovými náklady, je nákladově optimální úroveň. Detailní popis výpočtu vychází z normy ČSN EN 15 459 „Energetická náročnost budov – Postupy pro ekonomické hodnocení energetických soustav v budovách“[6].

Hodnoty jednotlivých ukazatelů (parametrů) spočtené pro novostavbu jsou porovnány s tzv. referenční budovou, jejíž parametry jsou dány vyhláškou tak, aby celková hodnota dodané energie v kW/m<sup>2</sup> splňovala na klasifikační stupnici (A-G) úroveň minimálně C. Každá novostavba se tedy v celkové dodané energii musí porovnat s referenční budovou a dosáhnout stejné nebo lepší úrovně. Referenční budova je taková budova, která se podobá srovnávanému objektu. Shoduje se s ním ve tvaru obálky, v rozmístění a velikosti skleněných ploch, v orientaci vůči světovým stranám a stíněním od okolní zástavby či od přírodních zdrojů stínění. Stejně je i vnitřní uspořádání objektu včetně využitých technických systémů. Jednotlivé části mají vyhláškou stanovené referenční hodnoty. Celkově je budova hodnocena 7 kritérii zohledňujících kvalitu obálky budovy a technické systémy. Pod obálku budovy spadají například tyto parametry: průměrný součinitel prostupu tepla, celková propustnost slunečního záření nebo činitel clonění aktivními prvky pro chlazení. Vnitřní referenční hodnoty platí kupříkladu pro vnitřní tepelnou kapacitu budovy, účinnosti vytápění, chlazení, větrání. Dále pro úpravy vlhkosti vzduchu, přípravy teplé vody a osvětlení[7].

Z parametrů uvedených v předchozím odstavci jsou vypočteny 3 hodnotící ukazatele, které musí být současně pro novostavby splněny. Zároveň jsou ohodnoceny klasifikační stupnicí A-G. Jedná se o tyto ukazatele, které vypovídají o množství energií, které jsou do domu dodávány či samovolně prostupují stěnami či stropem budovy mimo ni[7]:

- a) **neobnovitelná primární energie za rok**
- b) **celkově dodané energie za rok**
- c) **průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy**

Podle stejné klasifikační stupnice jsou hodnoceny i jednotlivé dílčí systémy budovy dle dodané energie na jejich funkci. Na energetickém štítku, vyhotoveném na základě efektivnosti využívání energií v rodinném domě, nalezneme hodnocení vytápění, přípravy teplé vody, chlazení, úpravu vlhkosti a osvětlení. Návrh grafického znázornění energetického průkazu je v Příloze 1<sup>1</sup>. Grafické znázornění je podobné

---

<sup>1</sup> <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/5533-prukaz-enb-konec-vystavby-malych-domu-v-cesku>

energetickým štítkům, které známe ze spotřební elektroniky a elektrotechniky pro domácnosti.

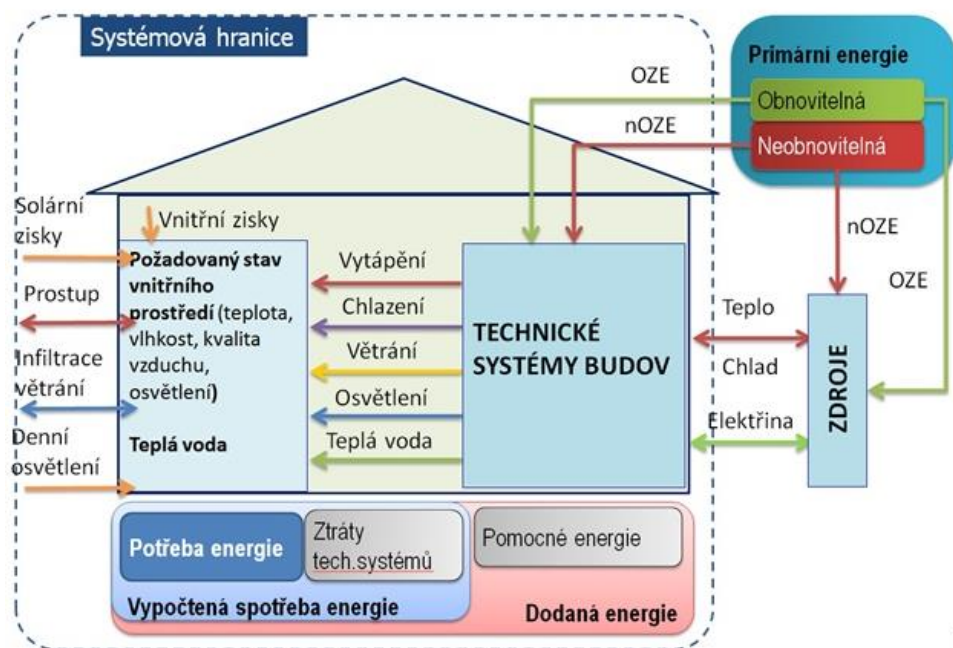
V Tabulce 1 jsou pro představu uvedeny příkladové referenční hodnoty parametrů pro vytápění budovy, které vstupují do výpočtu ENB. Celkové klasifikační hodnocení vytápění se skládá z[7]:

- transformace tepelné energie z primárního média
- distribuce tepelné energie do koncové spotřeby (akumulace a distribuce)
- způsob sdílené tepelné energie

Parametr	Označení	Jednotka	Ref. hodnota
Účinnost výroby energie zdrojem tepla	$\eta_{H,gen,R}$	%	80
Účinnost distribuce energie na vytápění	$\eta_{H,dis,R}$	%	85
Účinnost sdílení energie na vytápění	$\eta_{H,em,R}$	%	80

Tabulka 1 - Příkladové parametry referenčních hodnot účinností pro hodnocení vytápění objektu. Převzato z [7]

Podobné parametry lze nalézt i při hodnocení energetické náročnosti výroby teplé užitkové vody. Stejně jako v případě výroby tepla hodnotíme i u teplé vody účinnost výroby, distribuci a sdílení. Mimo to ještě musíme počítat s energetickými ztrátami vznikajícími v zásobnících teplé vody. Tyto ztráty se měří ve Wh/den[7]. Naznačení principu výpočtu ENB zobrazuje Obrázek 2.



Obrázek 1- Naznačení principu výpočtu energetické náročnosti budovy. Převzato z [7]

Vypočtená výsledná energetická náročnost budovy, se započtením energií všech technologických systémů dle příslušných předpisů, je srovnána s referenční budovou  $E_R$  a klasifikována dle následující tabulky [4]:

Klasifikační stupeň	Hodnota pro horní hranici třídy $E_R$	Slovní hodnocení
A	$0,5 \cdot E_R$	Mimořádně úsporná
B	$0,75 \cdot E_R$	Velmi úsporná
C	$E_R$	Úsporná
D	$1,5 \cdot E_R$	Méně úsporná
E	$2 \cdot E_R$	Nehospodárná
F	$2,5 \cdot E_R$	Velmi nehospodárná
G		Mimořádně nehospodárná

Tabulka 2 - Klasifikační třídy energetické náročnosti budovy pro energii. Převzato z [4].

Vrátíme-li se ještě jednou k hodnocení obálky domu, tak nás nejvíce zajímá součinitel prostupu tepla  $U$ . Jedná se o převrácenou hodnotu tepelného odporu konstrukce a udává se v  $W/(m^2K)$ . Tepelný odpor  $R$  je poměr tloušťky materiálu konstrukce a hodnoty tepelné vodivosti materiálu. Dovolený průměrný součinitel prostupu tepla pro celou novou budovu je  $U=0,5 W/(m^2K)$ [4]. Nejméně prostupuje teplo skrz střechu (záleží na jejím sklonu) či venkovní stěnu. Pro venkovní stěnu je dovolený součinitel prostupu dle Českých norem  $U=0,3 W/(m^2K)$ [8]. Naopak k velkým tepelným ztrátám dochází prostupem tepla přes okna či dveře. Dovolené hodnoty prostupu tepla jsou  $U=2 W/(m^2K)$  respektive  $U=3,5 W/(m^2K)$  pro dveře[8]. Do těchto ztrát se započítává i vliv rámu a izolace dveře-zdivo a okno-zdivo. Čím větší je součinitel prostupu tepla, tím větší jsou tepelné ztráty objektu, což v zimních měsících zvyšuje spotřebu tepla, a tudíž i výdaje na vytápění. Správně zateplený objekt má pozitivní vliv na energetičnost, ekonomičnost i ekologičnost objektu. Proto je dnes na zateplování budov kladen velký důraz[3]. Měrná ztráta konstrukce prostupem tepla, při zanedbání tepelných mostů, se vypočítá jako suma ztrát jednotlivých konstrukčních prvků (stěny, střecha, dveře, okna, zemina) dle vztahu[4]:

$$H_T = \sum A_i * U_i * b_i \left[ \frac{W}{K} \right] \quad (1)$$

, kde

$A_i$  je vypočtená plocha i-tého konstrukčního prvku

$U_i$  je prostupnost tepla i-tého konstrukčního prvku daná výrobcem

$b_i$  je činitel teplotní redukce mezi prostředními dle normy ČSN 73 0540-3

Z takto vypočítané měrné ztráty konstrukce domu vypočteme průměrný součinitel prostupu tepla takto[4]:

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

Hodnota  $U_{em}$  je porovnána s hodnotou  $U_{emR}$  vypočtenou pro referenční budovu. Na základě výsledku je obálka budovy ohodnocena dle klasifikační stupnice A-G podle následující tabulky:

Klasifikační stupeň	Hodnota pro horní hranici třídy $U_{em}$	Slovní hodnocení
<b>A</b>	0,65* $U_{emR}$	Mimořádně úsporná
<b>B</b>	0,8* $U_{emR}$	Velmi úsporná
<b>C</b>	$U_{emR}$	Úsporná
<b>D</b>	1,5* $U_{emR}$	Méně úsporná
<b>E</b>	2* $U_{emR}$	Nehospodárná
<b>F</b>	2,5* $U_{emR}$	Velmi nehospodárná
<b>G</b>		Mimořádně nehospodárná

Tabulka 3. - Klasifikační třídy pro hodnocení obálky budovy. Převzato z [4].

Výše zmíněným postupem určíme průměrnou prostupnost tepla v případě, kdy stavíme nový dům a známe technické parametry všech konstrukčních systémů. Výsledek poslouží pro výpočet výdajů za energie pro celý nový objekt. Chceme-li však vědět, jak je na tom s tepelnými ztrátami prostupem současný dům, a zda-li máme uvažovat o rekonstrukci nebo zateplení, budeme pro přibližný výpočet postupovat jiným způsobem – podle spotřebované energie na udržení stejné teploty v domě. K demonstraci výpočtu použijí jednoduchý postup dle příkladu [18].

V zimním měsíci zjistíme, že jsme spotřebovali za den 10 m<sup>3</sup> zemního plynu o výhřevnosti 9,5 kWh/m<sup>3</sup> (34,2 MJ/m<sup>3</sup>). Celkově tedy 95 kWh energie v plynu jsme přeměnili na teplo v kotli s uvažovanou účinností 100 %, abychom v domě udrželi po

celý den teplotu 20 °C. Logicky tedy víme, že tato energie během dne, v rámci udržení bilanční rovnice, opustí dům prostupem. Vydělíme-li celkovou dodanou energii počtem hodin ve dni, dostaneme topný výkon kotle. V našem případě tedy  $P = 3958 \text{ W}$ . Nyní zbývá zjistit rozdíl mezi vnitřní a vnější teplotou a spočítat měrnou tepelnou ztrátu domu prostupem tepla. Budeme uvažovat vnitřní teplotu zmiňovaných 20 °C a venkovní - 15 °C.

$$H_T = \frac{P}{\Delta T} = \frac{3958}{35} = 113 \frac{\text{W}}{\text{K}} \quad (3)$$

Nyní víme, kolik tepla ve wattech, uniká z domu za jednu sekundu. Vydělíme-li tuto ztrátu celkovou plochou obálky domu  $A = 420 \text{ m}^2$ , dostaneme aplikací (2) průměrný součinitel prostupu tepla domu  $U_{em}$ , tedy kolik energie prostoupí jedním metrem čtverečním obálky domu za sekundu.

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{113}{420} = 0,269 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$$

## 2.2. Stavba energeticky nenáročného domu

Zákony, vyhláškami a normami lze jednoduše každému staviteli nového rodinného domu přikázat, jaké minimální parametry má z hlediska energetické náročnosti splňovat jeho novostavba. Ačkoliv jsou tato nařízení čím dál přísnější, technologický pokrok jde natolik rychle dopředu, že i přes takto přísná opatření, lze volit stavbu v několika energeticky úsporných úrovních tak, aby vyhovovala nejnovějším předpisům a výrazně snižovala výdaje za dodané energie. Racionálně uvažující stavitel při návrhu (zadávaní) stavby hledá takové materiály, a technické systémy budovy, aby úspora z provozu byla co nejvyšší a návratnost co nejrychlejší. Očekává, že vynaložené peníze za nadstandardní materiály či systémy instalované do budovy, se mu vrátí.

Při investici do stavby rodinného domu musíme zvažovat spousty faktorů, které ovlivňují konečnou volbu. Ne vždy máme k dispozici neomezené finanční prostředky, abychom mohli postavit energeticky nejlepší variantu, která bude mít největší investiční výdaje, a její návratnosti bychom se nemuseli dočkat. Proto hledáme optimální variantu mezi investicí do technologického vybavení a úsporám za energie. Platí, že zatímco výdaje na vytápění s lepšími technologiemi klesají, tak platí obráceně i to, že čím lepší technologii si budeme pořizovat, tím více si vyžádá počáteční investice a vyšší jsou taktéž

výdaje na údržbu. V praxi hledáme průsečík těchto dvou exponenciálních závislostí. Sestrojení obou křivek není jednoduché. Zatímco rostoucí exponenciálu, znázorňující zvyšující se výdaje při použití technologicky dokonalejších materiálů a systémů sestrojíme dle údajů od výrobců či stavebních firem snadno, tak klesající exponenciálu nikoliv[3]. Její polohu výrazně ovlivňuje cena paliva, kterou můžeme jen s určitou pravděpodobností předpovídat a odhadovat. Také se může stát, že dané palivo bude zcela zakázané, nebude dostupné, anebo s jeho cenou budou pohybovat samotný stát. Stále ale platí to, že se dle aktuálně dostupných informací rozhodujeme pro nejefektivnější investici.

## 2.2.1. Varianty rodinných domů dle energetické náročnosti

Jednotlivé varianty rodinných domů jsou hodnoceny především podle izolačních vlastností vnějších stěn, kde je stěžejním parametrem součinitel prostupu tepla. Pro nové stavby je v České republice normou stanovena maximální prostupnost stěny  $0,3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [10]. Čím nižší je tepelná propustnost stěn, tím méně je potřeba energie na vytápění. Poté domy dělíme dle [3] na 4 skupiny, seřazené od nejméně energeticky náročného, po nejvíce náročný.

### 1) Pasivní dům

Pasivní dům dnes představuje jedno z nejlepších a zároveň nejdražších řešení nového bydlení. Má nejlepší tepelně izolační vlastnosti. Roční měrná spotřeba tepla na vytápění se pohybuje do  $20 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$ [3]. Celková spotřeba energie, pro vytápění, ohřev vody a další spotřebiče, nepřekračuje hodnotu  $60 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$ [3]. Prostupnost tepla obvodovými stěnami, střechou či podlahou nad terénem nesmí přesahovat  $U < 15 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ [9]. Za takto nízké hodnoty spotřeby energií a prostupu tepla musíme počítat přibližně s třetinovým nárůstem ceny při investicích do výstavby. Vyšší jsou i výdaje za vzduchotechniku, a to z důvodu zajištění kontinuálního větrání s rekuperací tepla. Dražší je i údržba a případný servis moderních technologických systémů[3].

Velký důraz při stavbě se klade na kvalitu samotné práce a provedení konstrukce. Každé narušení obvodové stěny, například pro umístění dveří či oken, s sebou nese zvýšenou prostupnost tepla, a tudíž i tepelné ztráty objektu. Zatímco prostupnost tepla

obvodovými stěnami u pasivního domu činí méně než  $0,15 \text{ W/m}^2\text{K}$ , tak tatáž veličina pro okno (trojsklo) dosahuje velikosti  $0,6 - 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Je vidět, že prostupnost tepla oknem je cca 4x větší, a proto je potřeba věnovat velkou pozornost nejen samotnému návrhu oken, ale i jejich provedení tak, aby nevznikaly tepelné mosty nekvalitním provedením izolace kolem oken (vzduchové mezery), které by tepelné ztráty ještě zvyšovaly[8].

Vhodně vyřešená okna lze, v zimních měsících za slunečného počasí, využít pro tepelné (sluneční) zisky, tím ušetřit za vytápění. Naopak pro letní měsíce je vhodné mít instalované rolety, které zamezí přehřátí vnitřních prostor, čímž přispívají k tepelné pohodě uvnitř a zároveň sníží výdaje na ochlazování vzduchu[8].

Pasivní domy lze stavět jako cihlové nebo kompletně dřevěné stavby. Poměrně omezené jsou volby geometrického tvaru stavby, právě s ohledem na dodržení co nejlepších energetických vlastností.

## **2) Nízkoenergetický dům**

Jedná se dům s relativně nízkými náklady na provoz. Lze jej vystavět i z jednovrstvých stěn bez dodatečného zateplení. Jako obvodové zdivo jsou používány především cihly s výbornými tepelně izolačními vlastnostmi. I v případě nízkoenergetického domu platí architektonická omezení při volbě tvaru stavby. Nejsou však tak přísná, jako u pasivních domů. Roční plošná měrná spotřeba tepla na vytápění nepřesahuje při správné funkci otopné soustavy hodnotu  $50 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{rok})$ .

## **3) Energeticky úsporný dům**

Velká většina dnes stavěných domů spadá do této kategorie. Jedná se podle energetické náročnosti o lepší standart, kterého lze za rozumné investiční náklady dosáhnout. Taktéž provozní náklady a náklady na údržbu jsou optimalizovány pro běžného zadavatele, který nepožaduje, nebo si nemůže dovolit, investici do energeticky méně náročného domu. V této kategorii již lze zcela volit geometrické tvary a realizovat specifické architektonické požadavky. Dům rovněž neklade žádné speciální požadavky na užívání technologických systémů, jak je tomu například u pasivních domů[3].

## **4) Energeticky standartní dům**

Je postaven z běžně dostupných materiálů. Jeho energetická náročnost tedy splňuje dané předpisy, ale investiční náklady, které jsme nyní ušetřili při stavbě domu,



budeme ve větší míře vynakládat za palivo. Tento dům je zadavateli postaven, pokud nemá žádná speciální přání na energetickou náročnost budovy. Cena za tento dům bude v porovnání s dříve uvedenými typy nejnižší.

Pro úplnost a názornost rozdílů ve spotřebě energie na vytápění jednotlivých typů domů, podle energetické náročnosti, uvedu tabulku s typickými hodnotami prostupu tepla skrz jejich konstrukční celky [3], z nichž vypočtu okamžitou ztrátu rodinného domu, a tudíž i množství energie (okamžitý výkon), které musí být zdrojem dodáno pro udržení stálé teploty v domě. Jako referenční budovu jsem zvolil rodinný dům Miami<sup>2</sup> od společnosti GServis.

Do kontaktního formuláře k tomuto domu jsem položil dotaz projektantovi, p. ing Otu Štorkovi, na plochu vnějších stěn, plochu střechy, plochu podlahy a plochu otvorů ve vnější fasádě jednopodlažního domu. Obratem mi přišly parametry rodinného domu uvedené v následující tabulce:

Konstrukční prvek	Fasáda	Podlahy	Střecha	Okna a dveře
Plocha [m <sup>2</sup> ]	134	121,1	208	33

Tabulka 4 - Plocha konstrukčních prvků referenčního domu.

V rámci výpočtu potřebného množství dodaného tepla pro tento model rodinného domu, jej budu postupně osazovat konstrukčními prvky se součinitelem prostupu tepla typickým pro danou energetickou třídu budovy dle[3]. Součinitel prostupu tepla pro dveře je uvažován stejný jako pro okna, a podíl rámu ku skelné výplni je volen 64% sklo a 36% rám[11]. Do výpočtu potřebuji ještě vnitřní a vnější teplotu. Teplotu uvnitř budovy budu uvažovat 20°C a pro vnější teplotu pak průměrnou teplotu pro leden ze stanice Praha Libuš -0,5°C<sup>3</sup>. Tabulka s typickými hodnotami součinitelů prostupu tepla a vypočtenými ztrátami přes jednotlivé konstrukční prvky je pod tímto odstavcem.

---

<sup>2</sup> Projekt rodinného domu: <http://www.gservis.cz/projekty-rodinnych-domu/miami.html>

<sup>3</sup> Data o počasí ze stránky: [http://www.in-pocasi.cz/archiv/stanice.php?stanice=praha\\_libus&historie\\_bar\\_mesic=1&historie\\_bar\\_rok=2014&typ=tep](http://www.in-pocasi.cz/archiv/stanice.php?stanice=praha_libus&historie_bar_mesic=1&historie_bar_rok=2014&typ=tep)  
lota

**PASIVNÍ NÍZKOENERGETICKÝ ÚSPORNÝ STANDART**

<b>STĚNY</b>	U [W/m <sup>2</sup> *K]	0,09	0,16	0,26	0,28
	P [m <sup>2</sup> ]	134	134	134	134
	<b>Z [W]</b>	<b>247,23</b>	<b>439,52</b>	<b>714,22</b>	<b>769,16</b>
<b>PODLAHY</b>	U [W/m <sup>2</sup> *K]	0,13	0,21	0,35	0,45
	P [m <sup>2</sup> ]	121,1	121,1	121,1	121,1
	<b>Z [W]</b>	<b>322,73</b>	<b>521,34</b>	<b>868,89</b>	<b>1117,15</b>
<b>STŘECHA</b>	U [W/m <sup>2</sup> *K]	0,08	0,16	0,2	0,24
	P [m <sup>2</sup> ]	208	208	208	208
	<b>Z [W]</b>	<b>341,12</b>	<b>682,24</b>	<b>852,8</b>	<b>1023,36</b>
<b>OKNA</b>	U [W/m <sup>2</sup> *K]	0,63	1,21	1,21	1,7
	P [m <sup>2</sup> ]	33	33	33	33
	<b>Z [W]</b>	<b>425,92</b>	<b>817,21</b>	<b>817,21</b>	<b>1150,05</b>
<b>CELKEM</b>	<b>Z [W]</b>	<b>1337</b>	<b>2460</b>	<b>3253</b>	<b>4060</b>

*Tabulka 5 - Porovnání energetické náročnosti domů.*

Celková ztráta zároveň vyjadřuje okamžitý výkon zdroje tepla (se zanedbáním ztrát v samotném zdroji, ztrát v rozvodných systémech a případných solárních zisků). Výdaje za vytápění u standartního domu jsou asi 3x větší než u pasivního domu. Dále je z tabulky vidět, že ztráta tepla okny, ačkoliv se jedná o zanedbatelnou plochu vůči ostatním plochám, je ze všech konstrukčních prvků nejvyšší. Pasivní dům vychází z tohoto srovnání dle předpokladu nejlépe. Na celý den, s uvažovanou průměrnou venkovní teplotou -0,5 °C, budeme potřebovat přibližně 32,1 kWh tepelné energie, což je 115,6 MJ. Při výhřevnosti zemního plynu 33,48 MJ/m<sup>3</sup> <sup>4</sup>, budeme pro jeden lednový den potřebovat v případě pasivního domu 3,43 m<sup>3</sup> tohoto druhu paliva. V případě standartního domu by denní spotřeba plynu činila 10,47 m<sup>3</sup>. K vyjádření výdajů v Kč, jsem využil online kalkulátor ceny plynu, který poskytne při zobrazení nejvýhodnější nabídky, i procentuální rozložení spotřeby plynu do jednotlivých měsíců. Pro kalkulaci ceny jsem zvolil parametr celkové roční spotřeby zemního plynu 14 MWh, která je využívána na vytápění, vaření i přípravu TUV. Jako oblast byly zvoleny Střední Čechy. Z následné analýzy spotřeby jsem zjistil, že v měsíci lednu se spotřebuje 16,8% z celkové roční spotřeby plynu. Z tohoto čísla vypočtu celkovou roční spotřebu plynu, která v případě pasivního domu činí 5 922 kWh. K tomu přičteme dle výpočetní kalkulačky 600 kWh na vaření a 8 000 kWh na ohřev teplé vody (což dává přibližně 14,5 MWh). Abych získal správnou cenu za plyn, protože platí, čím více plynu se spotřebovává, tím je lepší cena. Pro pasivní dům dle výše uvedených parametrů vychází celkové roční

<sup>4</sup> Výhřevnost paliv: <http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>

výdaje na vytápění plynem 8 409 Kč při ceně 1,42 Kč/kWh od společnosti E.ON Energy (Trend 2014 zima). Podobně jsem provedl výpočet pro všechny typy domů. Výsledné srovnání je v tabulce.

	Pasivní	Nízkoenergetický	Úsporný	Standart
<b>Spotřeba na vytápění [kWh]</b>	5922	10896	14407	17979
<b>Celková spotřeba [kWh]</b>	14522	19496	23007	26579
<b>Podíl vytápění na celkové spotřebě [%]</b>	41%	56%	63%	68%
<b>Cena plynu [Kč/kWh]</b>	1,42	1,35	1,32	1,3
<b>Výdaje pouze na vytápění [Kč/rok]</b>	8409	14709	19017	23372
<b>Srovnání výdajů na vytápění v [%]</b>	100%	175%	226%	278%
<b>Srovnání spotřeby plynu na vytápění v [%]</b>	100%	184%	243%	304%
<b>Celkové výdaje za plyn [Kč/rok]</b>	20621	26319	30369	34552

*Tabulka 6 - Porovnání výdajů za plyn u domů z různých energetických tříd.*

Porovnáme-li výdaje za vytápění, dle různého konstrukčního vybavení daného modelu rodinného domu, vidíme, že s rostoucí spotřebou plynu nám dodavatel dává nižší sazbu za kWh. Zatímco spotřeba plynu ve standartním domě je asi 3x větší oproti pasivnímu domu, tak ve výdajích je to dost méně než trojnásobek. Při využívání plynu dle schématu pospaného výše, bude roční rozdíl ve výdajích za vytápění v korunách, necelých 15 tisíc. Na závěr je třeba ještě jednou podotknout, že se jedná o modelový příklad, kde jsou zanedbávány ztráty v samotném zdroji tepelné energie, v rozvodech, ztráty větráním i případné solární zisky okenními výplněmi.

V následujících podkapitolách představím používané konstrukční prvky u nových budov s jejich typickými tepelně izolačními vlastnosti.

## 2.2.2. Plášť budovy

Při stavbě obvodového pláště budovy, máme možnost volby mezi několika stavebními hmotami, které mají různé tepelně-izolační vlastnosti. Mezi standartní a nejpoužívanější materiály patří cihly či pórobeton. Stále více lidí se však začíná vracet k přírodním materiálům a stěny si nechávají stavět ze dřeva. U klasických hmot, jako jsou cihly a pórobetony, je velmi důležité snižování obsahu vody v použitých maltách a omítkách. Dům by měl po své dostavbě ještě nějakou dobu tzv. dýchat, aby stěny pořádně vyschly. Okamžité nastěhování do domu, jehož zdivo není dostatečně zbaveno vlhkosti, může mít negativní vliv na nábytek a na tepelně izolační vlastnosti stěn. U čerstvě dovezeného pórobetonu je obsah vody až 20%, u vypálených cihel kolem 1%. Při

stavbě rodinného domu se 400 m<sup>2</sup> stěn z pórobetonu, je ukrytý objem vody asi 18 000 litrů, u stejného domu z cihel pak asi 900 litrů. Jednotlivé vlastnosti konstrukčních prvků jsou převzaty z [3].

### 2.2.2.1. Cihla

Jedná se o tradiční a osvědčený materiál, který má velkou oblibu u stavebníků. Monobloky, které jsou k sobě přikládány, jsou velmi masivní, a zdi tudíž poměrně široké. Masivnost monobloků je dána jejich vnitřnímu uspořádání. V žádném případě se nejedná o jeden kus vypálené hlíny. Monoblok má vypálené různé systémy vzduchových kanálků, které výrazně zvyšují tepelně izolační vlastnosti. Kromě toho jsou před samotným vypalováním vloženy do cihly piliny, které během vypalování svým vyhořením vytvoří póry, díky jimž dojde k odlehčení materiálu. Ze své podstaty jde o zcela přírodní, a tudíž i nezávadný materiál.

Díky své pórovitosti, umožňuje cihla rodinnému domu tzv. dýchat, což je zejména regulace vlhkosti, a tím i ovlivňování celkového mikroklimatu v místnosti. Cihla je taktéž velmi dobrý akustický izolant a akumulátor tepla (právě díky vzduchovým kanálkům a hlíně), díky čemuž dokáže vyrovnávat rozdíly vnitřních a vnějších teplot. Místem, kde vznikají tepelné mosty a dochází k největšímu prostupu tepla, jsou pojivé materiály – malta, která obsahuje velké množství vody. Proto se cihlové monobloky vyrábějí co největší a zároveň se omezuje použití malty na minimum využitím systému pero-drážka.

### 2.2.2.2. Pórobeton

Vysokých tepelně izolačních vlastností lze dosáhnout buď snížením objemové hmotnosti materiálu, což se děje u pórobetonu, nebo vypalováním dutin pomocí pilin u cihel. Výrazným snížením hmotnosti dochází ke zhoršení mechanické pevnosti a únosnosti zdiva. Právě neúměrné snížení pevnosti a únosnosti vede k nemožnosti použití jednovrstvé obvodové stěny, proto se hledá, jako ve všech odvětvích, určitý kompromis mezi pevností a tepelně izolačními vlastnostmi materiálu. Z toho důvodu lze ke stavbě pasivních domů použít jednovrstvé pláště z pórobetonu s koeficientem prostupu tepla kolem 0,15 pro pasivní domy až 0,25 W/(m<sup>2</sup>K) pro nízkoenergetické budovy. Velký důraz musí být při stavbě jednovrstvého pláště kladen na perfektní položení tvárnic na sebe a minimální tloušťku maltového lože, která se na rozdíl od cihel (10 mm)

pohybuje mezi 1 až 2 mm, což výrazně eliminuje ztrátu energie tepelnými mosty. I samotné tvárnice jsou velmi přesně nařezány, což má také pozitivní vliv na tepelné vlastnosti. Dalším rozdílem, oproti cihlám, jsou stejné tepelně izolační vlastnosti ve všech směrech, čehož u cihel, díky vzduchovým kanálkům, nelze dosáhnout a izolační vlastnosti ve svislém směru jsou o mnoho horší než ve směru horizontálním.

### 2.2.2.3. Liapor

Liapor je označení pro lehký granulát vyráběný expandováním přírodního jílu, který spadá do kategorie keramických hmot. Ke klíčovým vlastnostem patří pevnost, nízká nasákavost, stabilita, zdravotní nezávadnost a hlavně velmi nízká objemová hmotnost a optimální tepelně izolační vlastnosti. Z liaporu se ve stavebnictví připravuje lehký keramický beton – liaporbeton, který dobře pohlcuje zvuk a má vysokou požární odolnost. Díky porézní a keramické struktuře mají liaporbetony dobré akumuláční vlastnosti. Tepelně izolační vlastnosti, které liapor nabízí, z něj činí ideální volbu pro stavbu nízkoenergetických domů. Koeficient prostupnosti tepla se pohybuje kolem  $0,22 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  při tloušťce stěny 43 cm. Při jednovrstvé stěně lze budovu zařadit do energetické třídy C, pokud použijeme ještě dodatečné zateplení, může se hodnocení zvýšit na B, což znamená klasifikaci „Nízkoenergetický dům“.

### 2.2.2.4. Vápenopískové systémy

Vápenkové systémy jsou vytvořeny z křemičitého písku, kterého je až 90 %, vápna a vody. Vzniklou směs lze upravovat do požadovaného tvaru. Při výrobě se do těchto systémů nepřidávají žádné chemické látky, což činí jejich výrobu velmi ekologickou, a proto se dnes dostávají tyto materiály do obliby. Vynikající tepelně izolační vlastnosti mají domy již od tloušťky vápenopískové cihly 18 cm. Přidáním 15 cm polystyrenového zateplení získáme takové izolační vlastnosti, které s výjimkou betonu neposkytuje žádný jiný materiál. Tento fakt dělá z vápenopískového zdiva častou volbu pro pasivní a nízkoenergetické domy. Vytvořením systému pero-drážka na vápenopískových cihlách, lze navíc eliminovat použití malty a snížit tak tepelné ztráty tepelnými mosty nesourodostmi ve zdivu.

### 2.2.2.5. Velox

Základ veloxu tvoří štěpkocementová deska stejného označení. Jedná se z 90 % o štěpku z jehličnatého dřeva. Zbylých 10 % tvoří cement (zajišťuje pevnost materiálu) a roztok vodního skla. Materiály přimíchané do štěpky zajišťují nepronikání vlhkosti zdivem, čímž nejen zvyšují tepelněizolační vlastnosti, ale i zabraňují plísním a jiným škůdcům. Díky tomu, že deska je tvořena z velké části dřevem, je možné ji jakýmkoliv způsobem opracovávat do libovolných tvarů. Porézní struktura umožňuje dobré nanášení omítky nebo spojení s betonem, kterým je konstrukce budovy vyplněná, což zároveň zajišťuje zvukovou i tepelnou pohodu v interiéru. Společně s tepelně izolační vrstvou lze podstatně snížit prostupnost tepla.

### 2.2.2.6. Dřevostavby

Posledně zmíněným materiálem, používaným pro stavby rodinných domů, je čisté dřevo. V České republice obliba lidí k tzv. srubům, postaveným ze dřeva, v posledních letech roste. Dřevostavby jsou většinou tvořeny sendvičově z dřevěných desek a izolačního materiálu. Takto vystavené domy tvoří například v Kanadě až 70 % všech nově stavěných obydlí. U nás je podíl nově vybudovaných dřevostaveb kolem 1 %. Velký vliv na takto malý podíl má obava lidí o životnost přírodního materiálu. Je dokázáno, že při důsledném dodržení stavebního postupu a následném udržování obvodového zdiva během doby jeho užívání, lze dosáhnout životnosti stovky let. Obava taktéž panuje o hořlavost materiálu. Avšak i dřevostavby musí dodržovat přísné technické normy, mezi které požadavek na nehořlavost materiálu patří. Případným houbám nebo červotočům lze zabránit příkladným provedením realizace stavby, doplněné chemickou impregnací dřeva.

Hlavní předností dřevostaveb jsou tepelně izolační vlastnosti. Akumulace tepla však funguje na jiném principu než u zděných domů. Vytápění cihlového domu na určitou teplotu trvá delší čas. To je dáno vzduchovými kanálky a samotným materiálem, který musí teplo naakumulovat. Po vyhřátí však funguje setrvačný efekt, kdy po vypnutí zdroje tepla, sálá ze stěn akumulované teplo do místnosti ještě dlouhou dobu. U dřevostaveb je tomu jinak. Zatopíme-li v dřevěném domě, ohříváme „pouze“ vzduch v místnosti, který máme rychleji ohřátý, kdežto u zděných stěn vyhříváme konstrukční prvky zdiva. Akumulace tepla se u dřevostaveb vylepšuje sendvičovým uspořádáním

tepelné izolační vrstvy mezi dřevěné desky. Předností dřevostaveb je jejich rychlá realizace. Dům ze dřeva o rozloze 100 m<sup>2</sup> lze kompletně postavit za jeden až dva dny.

### 2.2.3. Okna a dveře

Tento konstrukční prvek budovy je nejslabším místem jeho obálky. Jedná se, na jedné straně o místo s největšími tepelnými ztrátami, a na druhé straně místo s možností nejvýznamnějších tepelných zisků. Tepelně izolační vlastnosti oken závisí na parametrech dílčích částí (sklo, distanční rámeček, okenní rám, poměr skla a celého okna), ze kterých je okno složeno. U oken, stejně jako u obálky budovy, posuzujeme prostupnost tepla, jak pouze izolačním sklem, tak i celým oknem. Součinitel prostupu tepla skly, pro běžně používaná eurookna s izolačním dvojsklem, se pohybuje kolem 1,1 W/(m<sup>2</sup>K), pro celé okno i s rámem dosahuje součinitel prostupu tepla 1,2 W/(m<sup>2</sup>K). Výrazného zlepšení dosáhneme použitím troj či čtyřskel.

U oken, kromě součinitele prostupu tepla, vyžadujeme i propustnost solárního záření  $g$ . Vysoká propustnost skel se může v otopné sezóně, při slunečném počasí, podílet na vytápění interiéru energií ze slunce, a tím snížit výdaje za vytápění jinými formami energie. Důležitým faktorem je nasměrování oken vůči světovým stranám. Největšího solárního zisku lze dosáhnout s okny nasměrovanými na jih, která nejsou ničím stíněná. Výrazně menších zisků dosáhneme při převážné orientaci prosklených skel na severní stranu. Při řešení problému správné volby skel do okenních rámu, je potřebné si uvědomit, že solární zisky, které jsou žádoucí v zimě, jsou velmi nežádoucí v létě, jelikož zapříčiňují nadměrné přehřívání interiéru. Vybereme-li si okna s vysokými solárními zisky, je potřeba zajistit v létě jejich stínění.

Společnost Salona, zabývající se prodejem a montáží dřevěných oken, provedla výzkum výdajů za vytápění v závislosti na součiniteli prostupu tepla a na solárních ziscích jednotlivých skel u 3 typů skel. Současně se zabývala i vlivem orientace oken vůči světovým stranám na výdaje za vytápění. Do testu byla zahrnuta tato okna s jejich tepelnými vlastnostmi:

- Trojsklo  $U=0,5$  W/(m<sup>2</sup>K) (pro celé okno  $U=0,629$  W/(m<sup>2</sup>K));  $g=0,5$
- Trojsklo  $U=0,6$  W/(m<sup>2</sup>K) (pro celé okno  $U=0,694$  W/(m<sup>2</sup>K));  $g=0,62$
- Čtyřsklo  $U=0,39$  W/(m<sup>2</sup>K) (pro celé okno  $U=0,556$  W/(m<sup>2</sup>K));  $g=0,31$

Prvně zmíněné trojsklo, bez zvýraznění tepelných zisků, bylo bráno jako bazická varianta, se kterou je porovnávána varianta trojskla se zvýšenými tepelnými zisky, ale i větším součinitelem prostupu tepla a varianta čtyřskla, která má výrazně nižší součinitel prostupu tepla, ale i tepelné zisky.

Při převážné orientaci oken na jižní stranu, bez jejich stínění okolními překážkami, lze instalací trojskel se zvýšenými tepelnými zisky, ušetřit 8,2 % výdajů na vytápění. Pokud bychom využili čtyřskla, zvýšily by se výdaje za teplo oproti bazické variantě o 20,5 %.

Bude-li mít rodinný dům převážné směřování zasklených ploch na severní stranu, zvýší se oproti jižnímu směřování výdaje bazické varianty na vytápění o polovinu. Porovnáme-li jednotlivé typy oken, při tomto nasměrování, nejsou rozdíly oproti bazické variantě významné. Trojsklo ušetří 1,5 %, Čtyřsklo zvýší výdaje o 5,6 %.

V posledním bodě výzkumu bylo provedeno srovnání v případě, kdy jsou okna zcela stíněná z exteriéru. Celkové výdaje takové varianty se oproti té ideální zvednou o 100%. V takovém případě totiž zcela nezávisí na orientaci oken, a tudíž ani na solárních ziscích. O energetické úspoře rozhoduje pouze součinitel prostupu tepla, který má nejlepší čtyřsklo, s nímž dojde k úsporám na vytápění v procentuální výši 4,3 %[11].

Další otázkou je volba samotného materiálu okenního rámu. Na výběr je dřevo a plast. Dřevěná okna mají při správném zacházení dlouhou životnost, a díky speciálním nátěrům jsou vysoce UV odolná a není jim potřeba pravidelně natírat barvou. Dřevo je velmi dobrým tepelným izolantem, a při doplnění o izolační vrstvu z polyuretanu či korku, dosahují výborných tepelně-izolačních vlastností. Jelikož jde o přírodní materiál, musíme dbát na jeho údržbu, která ovšem není nikterak časově ani finančně náročná. Doporučuje se 1x nebo 2x v roce natřít po umytí oken dřevěné rámy speciálním nátěrem, který ochrání dřevo před pronikáním vlhkosti. Vlhkost v dřevě zvyšuje jeho objem a má za následek praskání rámu ve spárách, což vede k mechanickému poškození a snižování tepelně-izolačních vlastností. Tepelně-izolační vlastnosti plastových oken závisí na komorových profilech rámu, které mají různé objemy a tvary. Životnost plastových oken je v porovnání s dřevěnými nižší. Oproti dřevěným oknům jsou ta, vyrobená z plastu, levnější a nekladou žádný požadavek na údržbu. Zvolit si lze i takřka libovolnou barvu.



U vchodových dveří je kladen důraz nejen na tepelně-izolační vlastnosti, ale i na bezpečnost (zabezpečovací prvky a systémy). Mohou být dřevěné, plastové nebo kovové – plné, částečně prosklené zcela prosklené.

## 2.2.4. Komín

Poslední konstrukční prvek samotné stavby rodinného domu, o kterém se zmíním, je komín. Komín je cestou k nezávislosti na elektřině při velkých výpadcích elektrické sítě. Díky komínu můžeme do rodinného domu instalovat další technické systémy na vytápění nebo ohřev teplé vody, které fungují na tuhá či plynná paliva a reagovat tak například na změny ceny jednotlivých komodit, aby výdaje na vytápění a ohřev teplé vody byly co nejnižší. V poslední době se do popředí taktéž dostává význam hořícího krbu, jako pohodu vytvářející prvek pro domácnost, tzv. teplo rodinného krbu.

Výhodné je vést komín středem rodinného domu tak, aby vycházel v oblasti hřebene jeho střechy. V tomto případě jsou minimalizovány tepelné ztráty komínového tělesa, tepelné proudění od lokálních zdrojů tepla jde prostředkem budovy, což umožňuje jeho jednodušší rozvedení do všech místností. Komín je projektován podle požadavků spotřebičů, či jiných zdrojů tepla produkujících spaliny (krbu). Nutnost je zvážit množství kyslíku, které zdroj při spalování potřebuje. V novostavbách není přirozené větrání okny tak velké, aby dokázalo dodat spotřebiči potřebné množství kyslíku. Proto jsou velmi často komínové systémy tvořeny jako dvouplášťové soustředné válce, kdy vnitřním válcem postupují spaliny nahoru, a naopak vnějším válcem sestupuje vzduch z exteriéru směrem ke spotřebiči. Zároveň dochází k jeho předehřátí od stoupajících spalin, což příznivě ovlivňuje funkčnost spotřebiče. Správný průřez a výška komínu zajišťují efektivní odtah spalin vytvořením tzv. komínového efektu.

V další podkapitole se zaměřím na samotné technické systémy budov, zajišťující požadovaný stav vnitřního prostředí (teplota, vlhkost, kvalita vzduchu a osvětlení) a teplou vodu.

### 3. TECHNICKÉ SYSTÉMY BUDOV

Technické systémy budov vytvářejí podmínky k příjemnému bydlení uvnitř samotné budovy dle požadavků jeho obyvatelů. Mezi požadované stavy vnitřního prostředí patří především zajištění tepelné pohody, která závisí nejen na samotné teplotě vzduchu v místnosti, ale i vlhkosti vzduchu odpovídající dané teplotě či čerstvosti vzduchu (obsahu O<sub>2</sub> CO a jiných látek, majících vliv na psychickou i fyzickou pohodu jeho obyvatel). Dalším požadavkem na technické systémy je patřičné osvětlení vnitřních prostor dle hygienických norem, a zajištění přípravy teplé užitkové vody, což do značné míry souvisí se systémem vytápění domu [13]. Technické systémy lze rozdělit dle [12] na systémy zajišťující:

- a) Vytápění
- b) Větrání, chlazení a úpravu vlhkosti
- c) Přípravu teplé vody

Cílem každého uživatele rodinného domu by měla být optimalizace výdajů za nákup a provoz výše uvedených zařízení. Tzn. investovat do zařízení takové množství prostředků, aby přinesly patřičné úspory při jeho provozování a případná vyšší investice se investorovi v dohledné době vyplatila. Technických systémů, pro zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí, je velká škála a lze je různě kombinovat podle toho, jakou používají vstupní energii pro přeměnu na výstupní energii zajišťující daný stav prostředí. Výdaje za některé z nich lze snížit využitím vhodného z nabízených dotačních či podpůrných programů, který Český stát vypisuje v rámci podpory energie z obnovitelných zdrojů, a ve snaze o snižování energetické náročnosti budov. V následujících podkapitolách představím vlastnosti a typické použití nejčastěji využívaných technických systémů v rodinných domech.

Energetická bilance RD se neskládá pouze ze spotřeby na vytápění, úpravu kvality vzduchu a přípravu teplé vody, ale i z energie dodané domácím spotřebičům. V tomto případě se jedná především o elektrickou energii pro napájení domácí elektroniky, elektrotechniky a osvětlení.

### 3.1. Vytápění

Základním předpokladem pro tepelnou pohodu je správná teplota vytápěných prostor. Správně navržený otopný systém by měl nejen zabezpečit, aby člověku obývacímu vytápěnou místnost nebyla zima ani horko, ale i pracovat s co nejnižšími provozními výdaji. Otopná soustava by měla dodávat přesně tolik tepelné energie, kolik jí prostoupí mimo budovu, tzn. zabezpečit tepelné ztráty. Důležitou roli při volbě systému hrají tepelně-izolační vlastnosti obálky budovy, které byly detailněji probrány v předchozích podkapitolách. Volbě konstrukčních materiálů obvodových stěn je nutné přikládat velkou pozornost, protože kromě stěn se dá na domě téměř vše vyměnit. Okna, dveře a za určitých předpokladů i střecha se dají při zastarávání poměrně lehce vyměnit za dokonalejší prvky s lepšími tepelně-izolačními vlastnostmi. Zároveň plocha stěn tvoří velkou (často největší) část obálky, kterou může teplo unikat.[14]

Teplotní pohoda je relativní pojem. Parametry tepelné pohody (vlhkost, teplota, čerstvost vzduchu) jsou individuální pro každého jednotlivce, v závislosti na jeho zdravotním stavu, zvýšené citlivosti organismu na teploty apod. Zároveň je příjemná teplota i pro různé místnosti v bytě odlišná a mění se i s denní dobou. Vyjádření tepelné pohody můžeme přirovnat k dnes velmi populární pocitové teplotě, se kterou se setkáme ve zprávách o počasí. Jde o kombinaci několika faktorů. Tyto faktory upravují teplotu, která je naměřena ve stínu za bezvětří a ideálních podmínek na takovou, kterou vnímá člověk povrchem těla. U venkovních teplot jsou faktory, které upravují výslednou teplotu na teplotu pocitovou, rychlost větru, vlhkost a rozložení teplot nad zemí[14]. Podobně je tomu u tepelné pohody v místnosti. Ta se skládá z kombinace teploty, vlhkosti, teploty okolních stěn a rozložení teploty ve vnitřních prostorech. Do jisté míry na ni může mít vliv i proudění vzduchu (průvan). Ideální hodnoty teploty pro jednotlivé místnosti zobrazuje následující tabulka[13]:

Místnost	Teplota [°C]
Neobývané místnosti (chodba, předsíň)	15
Ložnice	18
Obývané místnosti (pokoje, kuchyně)	20 - 22
Koupelna	24

Tabulka 7 - Doporučená teplota ve vytápěných místnostech. Převezato z [13].

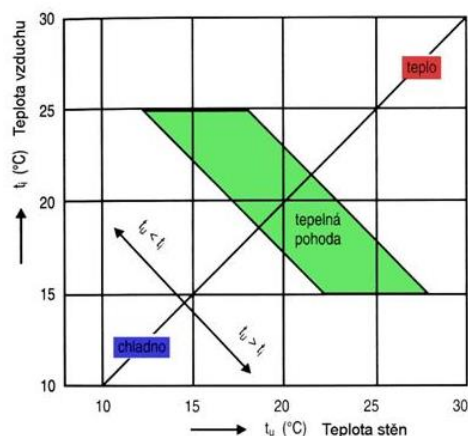
Vyšší doporučená teplota pro obývací pokoj je z toho důvodu, že člověk v této místnosti zejména sedí a sleduje TV, tzn. nevykonává žádný pohyb, který by ho zahřál a na rozdíl od ložnice není ničím přikryt. V koupelně se doporučuje nejvyšší teplota, aby člověk vylézající z horké vany nebo sprchy neoblečen, neprochladl.

Pro pokoje, ve kterých se v určitou denní dobu nikdo nevyskytuje, je taktéž vhodné snížit teplotu vytápění a to až na 17 °C, a tím uspořit výdaje za tuto činnost. Jedná se o noční hodiny, kdy není potřeba vytápět na teplotu zajišťující tepelnou pohodu místnosti, ve kterých se nikdo nevyskytuje, a taktéž o hodiny, kdy není nikdo doma. Rodiče jsou v práci a děti ve školách. Celkově se pro noční hodiny doporučuje snížit celkovou teplotu v domě o 3 °C, což má, mimo snížení výdajů na vytápění, i pozitivní vliv na kvalitu spánku. Změnou teploty v místnostech o 1 °C se změní velikost výdajů až o 6 %[16]. Volit teplotu v jednotlivých pokojích lze pouze pomocí termostatů, které by měly být součástí každého topného tělesa [14].

Jednoduchým měřením a výpočtem lze zjistit, zda jsou v místnosti vytvořeny optimální podmínky pro dosažení tepelné pohody. Změří se teplota vzduchu uvnitř místnosti  $t_i$  (uprostřed, jeden metr nad zemí), poté se změří teplota všech čtyř stěn, které místnost obklopují, a udělá se průměr  $t_p$ . Podle rovnice, dle [13], se zjistí, zda teplota vzduchu odpovídá požadavku na tepelnou pohodu:

$$t_i + t_p \geq 38 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Teplotní oblast tepelné pohody (pocitová teplota) znázorňuje následující obrázek.



Obrázek 2 - Oblast tepelné pohody podle poměru teploty vzduchu v interiéru a teploty stěn. Převzato z [17].

Zároveň by rozdíl mezi teplotami vzduchu a místnosti neměl být více než 4 °C [13]. Důležité je vertikální rozložení teploty v místnosti. Tato vertikální nesouměrnost

teploty závisí na fyzikálním faktu, že teplý vzduch stoupá vzhůru a rozložení teplot je tedy dáno způsobem vytápění místnosti. U konvekčního vytápění je rozdíl teplot u nohou a u hlavy mnohem větší, než u podlahového vytápění, kde se teplota vzduchu s rostoucí výškou příliš nemění. U stojícího člověka by rozdíl neměl činit více jak 2 °C. U sedícího by pak rozdíl neměl překročit 1,5 °C[14].

V interiérech je počítáno s přirozeným prouděním vzduchu od 0,1 – 0,3 m/s. Zvýšené proudění vzduchu má vliv na tepelnou pohodu. Někteří lidé mohou na nohou pociťovat chladné proudění již o rychlostech 0,25 m/s.[14]

### 3.1.1. Potřeba tepla pro RD

Pro správnou volbu zdroje tepla je potřeba přibližně znát celkovou roční spotřebu tepla. Ta je dána tepelnou energií, která prostoupí obálkou budovy do exteriéru a větráním. Její výpočet se nejčastěji provádí pomocí tzv. dennostupňové metody. Jedná se o detailnější vzorec oproti tomu, použitému v modelovém příkladu v kapitole 2.2.1. Uvažuje nesoučasnost tepelných ztrát infiltrací během roku a vliv přerušovaného vytápění během dne či o víkendech – tzn. konkrétní podmínky konkrétního domu v určité lokalitě. Známe-li celkovou spotřebu, můžeme jednoduše vyjádřit výdaje za palivo. Teoretickou roční spotřebu tepla, vyjadřuje následující vzorec [19]:

$$Q_{zr} = \frac{24 * \varepsilon * Q_z * D}{(t_i - t_e)} \quad [Wh] \quad (4)$$

, kde  $\varepsilon$  je součinitel vyjadřující nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací, viz. Příloha 2

$Q_z$  je tepelná ztráta budovy [W]

$t_i$  je výpočtová teplota interiéru

$t_e$  je výpočtová teplota exteriéru

$D$  je počet dennostupňů, lze určit výpočtem dle vzorce[14]:

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

, kde  $d$  je počet dnů otopného období

$t_{is}$  je průměrná teplota v interiéru (obvykle 18 - 20°C)

$t_{es}$  je průměrná venkovní teplota pro otopné období

Podle teoretické roční spotřeby tepla se následně vypočte teoretická roční spotřeba paliva dle jeho vlastností podle vzorce [14]:

$$P_r = \frac{Q_{zr} * 3600}{H * \eta} \quad [kg, m^3 * rok^{-1}] \quad (6)$$

, kde H je výhřevnost daného typu použitého paliva

$\eta$  je účinnost celé vytápěcí soustavy (zdroj, rozvod, těleso, regulace)

Pomocí výše uvedených vzorců již víme, kolik tepelné energie potřebujeme během jednoho roku. Dodávka tepla během roku je logicky nestejněměrná. Volíme-li ideální zdroj tepla, musíme jej dimenzovat na okamžitý tepelný výkon, který je schopen prostřednictvím otopné soustavy předat do místností v době největší zimy na vyrovnání ztrát prostupem tepla obálkou budovy. Jmenovitý výkon zdroje musí zajistit udržení tepelné pohody v domě, tzn. teploty vzduchu okolo 20 °C při teplotách exteriéru kolem -15 °C i nižších, které mohou ojediněle během zimního topného období nastat. Okamžité ztráty tepla prostupem obálkou budovy určíme dle vztahu[18]:

$$Q_z = U_M * A_M * (t_i - t_e) + U_W * A_W * (t_i - t_e) + U_R * A_R * (t_i - t_e) + U_S * A_S * (t_i - 7) \\ = U_{em} * A * (t_i - t_e) \quad [W] \quad (7)$$

, kde  $U_M$  je součinitel prostupu tepla obvodovým zdívkem o ploše  $A_M$

$U_W$  je součinitel prostupu tepla okny a dveřmi o ploše  $A_W$

$U_R$  je součinitel prostupu tepla střechou o ploše  $A_R$

$U_S$  je součinitel prostupu tepla podlahou o ploše  $A_S$

$t_i$  je průměrná teplota interiéru a  $t_s$  teplota exteriéru

$U_{em}$  je průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy o celkové ploše  $A$

Je vidět, že tepelná ztráta domu je závislá na rozdílu vnitřní a venkovní teploty. Zatímco venkovní teplota okolo zdiva, střechy a oken je velmi proměnlivá, tak teplota půdy pod podlahou je po celý rok téměř konstantní. Při výpočtech se uvažuje s teplotou 7 °C. Kvůli téměř konstantní teplotě půdy pod podlahou o hodnotě cca 7 °C je nutné rodinný dům vytápět i v případě, že teplota exteriéru je totožná jako námi požadovaná teplota, například 20 °C. V tomto případě dochází k úniku tepla podlahou. Vzorec pro okamžitou ztrátu prostupem tepla se upravuje na tvar[18]:

$$Q_z = U_{em} * A * (t_i - t_e) + U_S * A_S * (t_e - 7) \quad [W] \quad (8)$$

Pro zvýšení přesnosti výpočtu, je nutno k tepelným ztrátám prostupem, připočíst tepelné ztráty větráním (přirozenou cirkulací vzduchu v místnosti)  $Q_v$ , naopak se

odečítají tepelné zisky z osob  $Q_o$  či zvířat (50W při spánku, 80 – 100W při nenamáhavé činnosti a až 1000W při zvýšené fyzické aktivitě), tepelné zisky ze slunce  $Q_w$  a zisky ze zapnutých spotřebičů  $Q_s$ . Některé spotřebiče, zejména v kuchyni, sice na jedné straně velmi výrazně přispívají k oteplování místnosti, na straně druhé však zvyšují potřebu větrání. Jedná se o výpary při vaření, pečení apod. Při výpočtech se uvažuje vyrovnání tepelných zisků ze spotřebičů na úkor zvýšené potřeby větrání, tudíž budou tepelný příspěvek od nich zanedbávat. Výsledná rovnice vyjadřující potřebu tepla na vytápění pro rodinný dům, se kterou budu v analýze potřebné energie pro RD počítat, má tento tvar:

$$Q_c = Q_z + Q_v - Q_o - Q_w \quad [W] \quad (9)$$

Dosadím-li  $Q_c$  z (9) za  $Q_z$  v rovnici (4) dostanu korektnější vzorec pro výpočet okamžitého ztraceného/potřebného tepla pro rodinný dům, a tudíž i potřebný okamžitý výkon zdroje pro udržení konstantní (požadované) teploty interiéru. Je-li vnější teplota vyšší než požadovaná teplota interiéru, jsou solární zisky nežádoucí. Pokud je zdroj tepla určen, kromě vytápění, i na přípravu teplé vody, přidává se do rovnice ještě  $Q_{tv}$ , které zahrnuje potřebu tepla pro přípravu teplé vody.

Na řadu přichází volba vhodného zdroje tepla, který pokryje tepelné ztráty, jež mohou nastat během topného období. Před volbou zdroje tepla bychom si měli zodpovědět následující otázky[14]:

- Druh paliva, který je v dané lokalitě k dispozici
- Velikost a účel vytápěné nemovitosti (rekreace/bydlení)
- Požadavky na automatický provoz a obsluhu zařízení
- Možnost umístění daného typu zdroje v objektu (napojení na komín, přívod vzduchu,...)
- Spotřeba energie, velikost zdroje a potřebné množství paliva
- Skladování paliva
- Požadavek na současnou přípravu TUV
- Investiční možnosti (návrátnost investice)
- Výdaje za palivo
- a mnoho dalších dílčích otázek (například ekologičnost zdroje)

### 3.1.2. Palivo

Ideální palivo pro obyvatele RD je voleno na základě jeho ceny za vyrobený MJ tepla. Jsou však omezující faktory, které nedovolí užití určitého typu paliva, které může být pro RD nejvýhodnější, nebo neúměrně zvyšují počáteční investiční výdaje do přídatných zařízení. Pokud bude nejlepší volbou kupříkladu využití plynu pro výrobu tepla, můžeme se setkat se situací, že plynovod nebude kolem domu veden nebo bude daleko, což zavede do investice novou položku – výkopové práce, plynové potrubí apod. Nebude-li plynovod v obci vůbec, museli bychom vybudovat zásobník plynu na zahradě a zajistit dodávky a jeho plnění, dle aktuálního stavu plynu v zásobníku. Pro tuhá paliva je nutné mít vybudovaný prostor, kde budou skladována. Každý typ paliva má své výhody i nevýhody, a proto je třeba volbu zdroj a jeho palivo důkladně analyzovat na základě dostupných informací. Cenu paliva lze velmi těžko predikovat. I z tohoto důvodu by mělo být při výběru zdroje počítáno s jinými variantami, které lze při neúměrné ceně jednoho druhu paliva využít, například přechod na palivo jiné či větší využívání elektrické energie, což je de facto taktéž změna paliva. Z ekologického hlediska je jasné, že zásoby neobnovitelných zdrojů se ztenčují. Lidé se stále více zajímají o obnovitelné zdroje, v případě vytápění zejména o biomasu a solární kolektory pro přípravu teplé vody.

Rozlišujeme tyto druhy paliva, které jsou popsány i s výhřevností a přibližnou cenou za kilogram ( $m^3$ ) podle [13] pod rozdělením. V posledním sloupci je vypočtená nebo ceníková cena 1 kWh energie ukryté v daném palivu.

- a) Tuhá paliva
  - a. Neobnovitelná – černé a hnědé uhlí, lignit, brikety, koks
  - b. Obnovitelné – dřevo a dřevní hmoty, dřevěné brikety, biomasa
- b) Plynná paliva
  - a. Zemní plyn
  - b. Propan-butan
- c) Kapalná paliva
  - a. Lehké topné oleje



- d) Ostatní zdroje
- a. Solární energie
  - b. Elektrická energie
  - c. Geotermální energie

Palivo	Výhřevnost MJ/kg (m <sup>3</sup> )	Kč/kWh
Černé uhlí	23,1	0,94
Hnědé uhlí	19,9	0,6
Dřevo (krbové)	14,62	0,62
Peletky	18,8	1,18
Zemní plyn	33,48	1,55
Propan	46,4	2,13
LTO (TOEL)	36,2 MJ/l	2,41
Centrální zásobování teplem		2,16
Elektřina akumulace 16 (ČEZ) D35d		3,046 2,211
Elektřina přímotop (ČEZ) D45d		2,841 2,356
Tepelné čerpadlo (ČEZ) D55 a 56d		2,677 2,358

Tabulka 8- Používaná paliva, jejich cena a výhřevnost. Převezato z [20] a ceníku ČEZ.

Zatímco v případě elektřiny a zemního plynu můžeme počítat téměř se stoprocentní účinnosti přeměny energie v palivu na teplo, tak u kotlů na tuhá paliva je potřeba počítat s účinností kotle, která navýší výslednou cenu o ztracené kilowatthodiny. Kromě toho elektřinu ani zemní plyn neskladujeme (u elektřiny to ani možné není). U tuhých paliv je třeba počítat s prostorem k jejich skladování. Čím větší prostor budeme mít, tím menší bude frekvence doplňování skladu a nižší výdaje za dopravu paliva. Pozor si musíme dát na navlhání paliva, které vede ke snižování jeho výhřevnosti. U uhlí to není až takový problém, a lze jej skladovat v krajním případě pod plachtou, ale u dřeva či peletek je navlhání markantní. Pokud se rozhodneme vytápět pomocí propanu, bude nutné pořídit velký zásobník na tento plyn na zahradě, který výrazně zvýší investiční výdaje a navíc nepřiměřeně naruší ráz krajiny.

Tuhá paliva jsou nejlevnější variantou. Pro svou nízkou cenu mají velkou oblibu i v místech se zavedeným plynovodem. Navíc hořící dřevo v krbu vytváří příjemnou domácí pohodu. Nutností je vybírání popela a kontrola komína. Z plyných paliv je

nejvíce využíván zemní plyn. K jeho velkému rozšíření došlo v letech 1996-2002, kdy se stát významnou měrou podílel na plynofikaci území ČR. Napojení na plynovou přípojku není technicky ani finančně nikterak náročné. Cena plynu se od roku 2002 zdvojnásobila.[21]

Vytápění domů přímotopy (elektřinou) bylo velmi výhodné v polovině posledního desetiletí minulého století. V tomto období se cena za elektřinu v nízkém tarifu pohybovala okolo 0,3 koruny za kWh a ve vysokém tarifu okolo 0,9 Kč/kWh. Dnes je cena za nízký tarif v režimu přímotopu 2,356 Kč/kWh, za vysoký pak 2,841 Kč/kWh[21]. Proto se od tohoto typu vytápění spíše upouští a využívají se nové technologie pro vytápění a ohřev teplé vody, jako tepelné čerpadlo nebo solární energie.

### 3.1.3. Otopné soustavy

Otopná soustava se skládá ze zdroje tepla, zabezpečovacího zařízení, potrubní sítě, otopného tělesa, armatury a případně jiných prvků, které zabezpečují rozvod tepla po objektu. Otopnou soustavu lze dělit například podle[14]:

- Teplonosné látky na vodní, parní a teplovzdušné
- Teploty teplonosné látky na nízkoteplotní a vysokoteplotní
- Podle sdílení tepla na konvekční a sálavé
- Oběhu teplonosné látky na soustavu s přirozeným nebo nuceným oběhem
- Rozvodu k otopným tělesům na horizontální a vertikální
- Dalších parametrů

Otopné soustavy s přirozeným oběhem vody využívají při přepravě tepla různých hustot teplé (přívodní) a studené (vratné) vody. Teplá voda má nižší hustotu a stoupá od zdroje tepla k otopným tělesům, studená voda má vyšší hustotu, a tudíž klesá ke zdroji tepla. Proto je nutné v tomto systému mít zdroj tepla pod úrovní otopných těles. Výhodou takto zvoleného systému je nezávislost na zdroji elektrické energie (pohon čerpadla), voda cirkuluje podle fyzikálních zákonů, a zajišťuje tak neustálý odvod tepla od zdroje. Naopak nevýhodou je napojení nepříznivě umístěných otopných těles, velká setrvačnost (pomalejší rozvod tepla), obtížná regulace výkonu a vyšší výdaje za trubky kvůli nižšímu tlaku v potrubí. Tyto soustavy se využívají spíše v horizontálně členitějším objektu. Většinou se jedná o dvoutrubkové systémy.[14]

Soustavy s nuceným oběhem potřebují ke svému chodu elektrickou energii na provoz čerpadel, které zlepšují hydraulické parametry v potrubí, a tím rozvádí teplou vodu po objektu téměř s okamžitým efektem (malou setrvačností). Vzhledem k přítomnosti čerpadla, které se umísťuje převážně do přívodního potrubí, není zapotřebí umísťovat zdroj tepla do nejnižšího místa soustavy. Do nejvyššího místa soustavy se umísťuje odvodušňovací ventil. Soustavy s nuceným oběhem se umísťují do budov půdorysně rozlehlých nebo s komplikovaným umístěním otopných těles. U takového systému lze vhodnými regulačními prvky volit požadovanou teplotu, což usnadňuje měření spotřeby[14].

Na potrubí lze využít několika materiálů. Nejčastěji se používají ocelové, měděné nebo plastové trubky. Důležitými parametry pro správnou volbu je především mechanická pevnost a tepelná roztažnost jednotlivých materiálů. Kovové materiály mají obecně větší mechanickou pevnost a menší teplotní roztažnost než plasty, avšak podléhají korozi, proti které musí být chráněny ochrannými nátěry. Pokládání plastových trubek je rychlejší a snazší. Největší komplikací u kovů je jejich spojování, které se provádí svařováním (ocel) nebo pájením (měď). Pozor musíme dát na spoj mezi ocelí a mědí. Voda z potrubí z mědi nesmí téct, kvůli chemickým reakcím poškozujícím stěny, do potrubí z oceli. Pokud chceme tyto materiály propojit, musí mezi nimi být plastová trubka o minimální délce 50 cm[13]. Plastové trubky je potřeba všeobecně chránit proti mechanickému namáhání, nadměrným tlakům a vysoké teplotě média, které vedou[14].

### 3.1.4. Otopná tělesa

Pro předávání tepla z teplotnosného média do prostoru slouží otopná tělesa. V místnosti bývá umístěno nejčastěji jedno. V případě velkých místností, prostor nebo hal, pak více těles. Požadavkem na otopné těleso je, aby předávalo místnosti tolik tepla, jaká je její tepelná ztráta. Teplo lze do místnosti předávat třemi způsoby. Jde o sálání, konvekci (proudění) a sdílení. Sdílení je kombinace sálání a konvekce v určitém poměru. Dále rozlišujeme lokální topidlo a soustavu ústředního vytápění. Lokální topidlo předává místnosti teplo, které vyrobí přímo v ní. Jedná se zejména o přímotopy, jež fungují na principu proudění horkého vzduchu. Ústřední vytápění zahrnuje zdroj tepla (kotel), rozvod teplotnosného média (potrubí) a otopná tělesa umístěná v jednotlivých

místnostech. V rodinných domech se pro ústřední vytápění používá především teplá voda[13][14].

Otopná tělesa můžeme rozdělit dle [14] takto:

- Konvekční
  - Článeková
  - Desková
  - Trubková
  - Konvektory
- Sálavé otopné plochy
  - Podlahové, stěnové, stropní

Konvekční tělesa ohřívají nejdříve vzduch v místnosti. Teplý vzduch uvnitř místnosti následně předává teplo stěnám. U sálavé topné plochy je nejprve ohřívána podlaha (stěna, strop), která předává teplo do místnosti. Díky sálavému způsobu vytápění je v místnosti lepší horizontální rozložení tepla. U noh je nejtepleji, u hlavy pak cca o 1,5°C méně. To při použití konvekčního vytápění neplatí. U podlahy proto může být nepříjemně chladno. Z toho důvodu se konvekční otopná tělesa umísťují pod okna a jejich rozměr se má přibližně rovnat rozměru okna, aby byl klesající chladný vzduch od oken ohříván a nedržel se u podlahy, čímž by byla výrazně ohrožena tepelná pohoda a hrozilo nachlazení a jiné zdravotní obtíže. Snahou je minimalizovat množství média v tělese a zároveň zvyšovat teplosměnnou plochu[14].

### 3.1.4.1. Konvekční otopná tělesa

Tepelný výkon konvekčního otopného tělesa určíme ze vztahu:

$$Q_T = k * S * (t_{wm} - t_i) \quad [W] \quad (10)$$

, kde  $k$  je součinitel prostupu tepla tělesem [W/(m<sup>2</sup>.K)]

$S$  je teplosměnná plocha na straně vzduchu [m<sup>2</sup>]

$t_{wm}$  je střední teplota otopného tělesa (průměr přívodní a vratné vody) [°C]

$t_i$  je vnitřní teplota vzduchu [°C]

Výkon každého otopného tělesa je uváděn výrobcem v katalogovém listu pro určité podmínky. Bývá udáván pro určitý teplotní spád (přívodní/vratná voda) například

90/70, 75/65, 75/60,... pro vnitřní teplotu 20 °C a pro uspořádání, kdy přívod teplé vody je v horní části tělesa a odvod vratné vody v dolní části tělesa. Maximální dovolená teplota přívodní vody pro obytné místnosti je 90 °C pro přirozený oběh a 75 °C pro nucený oběh topného média. Nízkoteplotní soustavy mají přívodní vodu o teplotě 65 °C a nižší. Skutečný výkon pro konkrétní podmínky, napojení a umístění tělesa v místnosti, je nutno přepočítat z katalogového listu pomocí opravných součinitelů dle vztahu [14]:

$$Q_{NS} = Q_N * z_1 * z_2 * z_3 \quad [W] \quad (11)$$

, kde  $Q_N$  výkon tělesa z katalogu

$z_1$  je součinitel průtoku vody (dle napojení přívodu a odvodu teplé vody)

$z_2$  je součinitel počtu článků při článkovém topném tělese

$z_3$  je součinitel zákrytu tělesa

Používáme-li v RD odlišné teploty přívodní a vratné vody, a také máme jinou teplotu interiéru než katalogovou, přepočítáme výkon dle vzorce [14], abychom zjistili katalogovou hodnotu tepelného výkonu otopného tělesa, které je potřeba pro pokrytí tepelných ztrát místnosti zakoupit:

$$Q_N = Q_C * f \quad [W] \quad (12)$$

, kde  $Q_N$  je výkon tělesa při katalogových parametrech

$Q_C$  je tepelný výkon potřebný pro pokrytí ztrát v místnosti

$f$  je koeficient odlišných teplot vody a interiéru

Jednotlivé typy konvekčních těles jsou:

a) Čláková otopná tělesa

Čláková tělesa jsou tvořena z článků spojených pomocí závitových vsuvek. Nazývají se též radiátory a jsou vyrobeny převážně z ocelových plechů, šedé litiny nebo hliníku. Litinové radiátory mají nejdelší životnost a mohou fungovat jak v systému s nuceným oběhem, tak s přirozeným. Ocelové těleso je levnější než litinové a má kratší životnost. Jeho velkou nevýhodou je objem vody, kterou je vyplněno, a zvýšené požadavky na kvalitu vody. Tepelně nejlepšími, a tudíž i nejdražšími, jsou hliníkové články. U nich je využíváno velmi dobrých tepelných vlastností mědi. Vyrábějí se v různobarevných provedeních dle požadavků zákazníka.[13][14]

#### b) Desková otopná tělesa

Vyráběna jsou z lisovaných ocelových plechů spojenými svary. Mohou mít různé tvary i barevné provedení. Deska je složena ze dvou plechů, mezi nimiž je v úzké mezeře teplotně izolované médium. Desky lze spojovat do řad a vytvářet tak víceřadé deskové otopné těleso, čímž se logicky zvyšuje jeho výkon. Výhodou deskového otopného tělesa je relativně malý objem vody uvnitř, což umožňuje okamžitou regulaci výkonu. Tvar desky může být hladký nebo tvarovaný.[13][14]

#### c) Trubková otopná tělesa

Těleso je tvořeno vodorovnými nebo svislými trubkami z oceli nebo mědi. Nejčastěji se s takovým typem otopného tělesa setkáváme v koupelnách pod názvem koupelnový žebřík. Ten je tvořen kulatými vodorovnými žebry, které jsou na stranách spojeny svislou sběrnici, která může mít kulatý nebo hranatý tvar. Takové těleso slouží nejen pro vytápění místnosti, ale také pro sušení ručníků a jiného prádla. Mohou být napojena na ústřední vytápění, elektrinu nebo kombinovat obě varianty.[13][14]

#### d) Konvektory

Konvektory dělíme na povrchové a podpovrchové, které jsou umístěné ve speciálním kanálku v podlaze. Povrchový konvektor je tvořen otopným žebrovým registrem, tvořeným převážně z měděné trubky a lamelami z hliníkového plechu, které rozvádí teplo. Toto těleso je vloženo do skříňky, která je vespod otevřená a z vrchu kryta snímatelnou mřížkou. Výkon konvektoru je závislý na jeho délce (množství lamel) a počtu měděných trubek. Tepelný výkon lze dále zvýšit přidáním ventilátorem pro lepší cirkulaci ohřátého vzduchu v místnosti. Tím se konvektor stává závislým na elektrické energii.[14]

### 3.1.4.2. Lokální topidla

Slouží k přímému vytápění té místnosti, ve které jsou umístěna. Podle typu využívaného paliva je dělíme na topidla na plyn, tuhá paliva nebo elektrickou energii. Využívají se v objektech, které jsou jen občasně navštěvovány a mají málo místností (chaty). Jejich výkon odpovídá tepelné ztrátě místnosti.[14]

#### a) Plynová lokální topidla

Palivem bývá zemní plyn nebo LPG. Tepelným výkonem se pohybují v rozmezí od 2,5 do 4 kW. Odtah spalin je přes zeď nebo do komína. Dnes vyráběná plynová topidla mají uzavřenou spalovací komoru a nucený přívod spalovacího vzduchu. Proto bývají umístěna u zdi, kde mají vývod kouře a nasávání spalovacího vzduchu skrz stěnu budovy. Někdy je součástí i ventilátor pro lepší cirkulaci vzduchu.[14]

#### b) Lokální elektrická topidla

Jedná se zejména o přímotopy, akumulční kamna a elektrické krby. Přímotopy jsou vyráběny v různých výkonových řadách bez nebo s ventilátorem, který urychluje cirkulaci vzduchu, avšak víří prach a vytváří hluk. Mohou být přenosné nebo upevněné. Akumulční kamna využívají levný noční proud. V této době nabíjejí magnezitové nebo šamotové jádro a přetvářejí elektrickou energii na tepelnou, která je pak přes den čerpána do místnosti. Elektrické krby mají spíše dekorativní účel. Výroba tepla je na stejné úrovni jako navození domácí pohody.[14]

#### c) Lokální topidla na tuhá paliva

Tento typ topidla si získává mezi obyvateli stále větší oblibu. Mluvíme o krbech a krbových kamnech, která mimo vytápění mají ještě estetické působení na okolí. Palivem pro krby a kamna je tvrdé (krbové) dřevo, dřevěné brikety a pelety z biomasy. Důležité je zajištění odvodu spalin. Teplovzdušná kamna a krby slouží k rychlému přitápění, mají nízkou akumulční schopnost, a tudíž po vyhasnutí rychle zchladnou. Kombinovaná sálavá a akumulční kamna mají navíc plášť se schopností akumulovat teplo, které pak dodávají do místnosti i po vyhasnutí. Kamna se na rozdíl od krbu dlouho nahřívají, a poté velmi dlouho hřejí. U některých typů krbů lze namontovat teplovodní výměník a využít tak teplo z krbu současně na ohřev vody do ústředního topení, nebo ohřev užitkové vody. V takovém případě je nutné kontrolovat teplotu vody.[14]

### 3.1.4.3. Sálavé plochy

Při sálavém vytápění je teplo do místnosti předáváno velkou plochou. Ve většině případů se jedná o podlahu – podlahové vytápění. Využívá se v místnostech s dobrými tepelně izolačními vlastnostmi. Pro sálání tepla je důležitá vhodná podlahová krytina. Použitím podlahového vytápění můžeme snížit teplotu v místnosti až o 3°C za současného udržení stejné tepelné pohody jako u konvekčních otopných těles. Takto lze

uspořít výdaje za vytápění až o 15% [13]. Vertikální rozložení teploty v místnosti je optimálnější. Dále nedochází k víření prachu, což má pozitivní vliv na osoby s alergiemi a dýchacími potížemi. Cena podlahového vytápění za metr čtverečný topné plochy je vyšší, než u konvekčních těles. Tepelná setrvačnost se pohybuje v řádu jednotek hodin.[14]

Do otopného podlahového tělesa se, na rozdíl od konvenčního, vede voda o nízké teplotě (35 - 45°C) tak, aby nebyla překročena hygienická norma pro maximální teplotu povrchu. Normovaná maximální hodnota pro obytné místnosti je 29°C. Z fyziologického hlediska jsou doporučovány tyto hodnoty[14]:

- 26 – 27 °C pro místnosti, kde osoby převážně stojí
- 28 – 29 °C pro obytné a administrativní místnosti
- 30 °C pro chodby, předsíně a galerie
- 33 °C pro koupelny

Podlahová krytina musí být pokud možno z materiálu s nejvyšší tepelnou vodivostí. Volí se keramická dlažba, kámen nebo jiné tepelně vodivé a zároveň pevné materiály. Teplotní spád přívodní a vratné vody by se měl pohybovat v rozmezí 5 - 8°C. Důležitým prvkem podlahového vytápění je regulace průtoku teplé vody v závislosti na venkovní teplotě vzduchu, čímž se dosáhne snížení tepelného výkonu. Pokud máme kombinované vytápění konvekčními otopnými tělesy a sálavým podlahovým vytápěním, je nutné vést okruhy vzhledem k rozdílným teplotám odděleně. Podlahové vytápění se nejlépe kombinuje s nízkoteplotním zdrojem tepla, jako je plynový (nástěnný nebo stacionární) či elektrický kotel s akumulacím zásobníkem na vodu. Výhodné spojení je taktéž se solárními kolektory a tepelným čerpadlem. Naopak problémem je napojení na kotle na tuhá paliva, kde je třeba zajistit ochranu proti přetopení.

Pro podlahové vytápění lze využít i elektřinu. Pod krytinu se instalují rohože s odporového materiálu, kterým je protékán elektrický proud. Elektrické podlahové vytápění se nesmí pokládat pod vany, sprchy, WC, kuchyňské linky a podobná zařízení. Doba prohřátí elektrickou je delší, a naakumulované teplo vydrží v betonu déle.



### 3.1.5. Zdroje tepla

V této kapitole se zaměřím na zdroje tepla pro ústřední vytápění a tvorbu teplé užitkové vody. Nebudu se tedy proto opět zmiňovat o lokálních topidlech, která byla uvedena v kapitole 3.1.4.2. Naopak se zmíním o kotlech rozdělených dle typu paliva a alternativních zdrojích tepla, jakými jsou solární kolektory a tepelná čerpadla. Tepelný výkon zdroje s přerušovaným větráním a ohřevem TUV určíme dle vztahu[14]:

$$Q = 0,7 * Q_{top} + 0,7 * Q_{vet} + Q_{TUV} \quad [W] \quad (13)$$

Orientační tepelný výkon zdroje pro objekt s trvalým větráním nebo technologickým ohřevem dle vztahu[14]:

$$Q = Q_{top} + Q_{VT} \quad [W] \quad (14)$$

#### 3.1.5.1. Kotle na plynná paliva

Kotle na plynná paliva spalují především zemní plyn a LPG (propan-butan). Pro běžné rodinné domy se jejich výkon pohybuje do 50 kW v téměř libovolných hodnotách. Rozlišujeme kotle v provedení B a v provedení C. Kotle typu B mají otevřenou spalovací komoru. Tyto kotle berou vzduch pro spalování z místnosti, ve které se nacházejí, proto je lze umístit pouze do přímo větrané místnosti (má okna a dveře přímo do venkovního prostoru), nebo do nepřímo větrané místnosti (sousedí s místností s okny do venkovního prostoru, přes kterou ji lze vyvětrat). Přívod vzduchu do takové místnosti má být vyšší než 1,6 m<sup>3</sup> za hodinu na 1 kW příkonu kotle. Objem místnosti pro kotel s atmosférickým hořákem a přerušovačem tahu spalin je 1 m<sup>3</sup> na 1 kW příkonu. Nedostatečné množství spalovaného vzduchu má za následek nedokonalé hoření, což snižuje účinnost kotle a může vést k vracení spalin do místnosti.[14]

Kotle typu C jsou uzavřené. Vzduch pro spalování odebírají z exteriéru, a tamtéž odvádějí i spaliny. Proto není na jejich umístění z hlediska větrání kladen žádný důraz. Jediné, co musíme respektovat, je maximální délka systému odvodu spalin. Rozlišujeme 3 typy kotlů v provedení C [14]:

- Klasické
- Nízkoteplotní
- Kondenzační

Všechny 3 typy mohou být stacionární. Nízkoteplotní a kondenzační kotle mohou být i nástěnné.[14]

Klasické kotle je potřeba chránit proti nízkoteplotní korozi, tzn. musíme zajistit, aby teplota vody na vracečce neklesla pod 60 °C, což eliminuje možnost kondenzace vodní páry ze spalin na teplosměnné ploše v kotli. Vzhledem k vysoké teplotě vratné vody nejsou tyto kotle vhodné pro nízkoteplotní otopné systémy. Účinnost těchto kotlů se pohybuje kolem 90 %. Nízkoteplotní kotle jsou navrženy pro provoz se suchými spalinami. Jejich teplota je nižší, což umožňuje vracet vodu o teplotě 35 až 45 °C, a tudíž i krajní využití pro nízkoteplotní systémy. Účinnost takového kotle dosahuje až 94 %.[14]

Kondenzační plynový kotel využívá kondenzačního tepla. Spaliny, vznikající hořením zemního plynu nebo LPG, jsou tvořeny uhlíkem a vodíkem. Tyto dva prvky okamžitě vytvářejí oxid uhličitý a vodu ve formě vodní páry. Ochladíme-li spaliny pod teplotu jejich rosného bodu, dojde ke kondenzaci vodní páry na teplosměnné stěně, čímž se předá kondenzační teplo vodní páry do topné vody otopné soustavy. Takto lze zvýšit teoreticky účinnost až o 11 %, po odečtení ztrát je z toho 8 %. Z tohoto důvodu můžeme dojít k účinnosti vyšší než 100 %, která je vypočtena z výhřevnosti paliva. My však musíme do výpočtů zahrnout i vodu obsaženou v palivu, jelikož je využita při kondenzaci, a počítat tedy se spalným teplem, které obsah vody v palivu zohledňuje. Účinnost spočtená pomocí spalného tepla je kolem 97,4 %. Pro nízkou teplotu spalin je nutné kondenzační kotle, kvůli odtahu spalin, vybavit ventilátorem. Kondenzační kotle lze využívat až do spádu 80/60, což ale může při nízkých venkovních teplotách zabránit kondenzaci. Máme-li však vratnou teplotu do 50 °C, měla by kondenzace probíhat během celého otopného období. Spálením 1 m<sup>3</sup> zemního plynu vzniká 1,53 kg kondenzační vody o přibližné pH 5. Takovou vodu lze odvádět společně se splaškovou. Výdaje na kondenzační kotel jsou zvýšeny díky použitím nekorodujících materiálů. Lze je však umístit téměř všude při dodržení standardních podmínek. Například, jsou-li v koupelně, musí být provedeno ochranné pospojování všech vodivých částí.

Plynové kotle slouží velmi často jako současný zdroj tepla a teplé užitkové vody. Většina kotlů je vyrobena tak, že přednostně ohřívají TUV do zásobníku na úkor topné vody pro vytápění. Většina kotlů je schopna TUV v zásobníku ohřát během krátkého času, díky čemuž není narušena tepelná pohoda v bytě. Výrobu TUV lze řešit formou průtokového ohříváče nebo zásobníkem TUV. Průtokový ohřev je realizován přímo na

kotli a výkon je přímo řízen odběrem. Maximální vzdálenost pro odběrné místo je 7 m, aby nedocházelo k přílišným ztrátám tepla ve vodě, která zůstane v potrubí nevyužita.[14]

Zásobník může být vestavěn přímo v kotli (mívá 40 až 50 l), nebo instalován samostatně v těsné blízkosti kotle. Samostatně stojící zásobníky mohou být o libovolných objemech. Na rozdíl od průtokového ohřevu je voda v zásobníku ohřívána nepřímo pomocí trubek uvnitř zásobníku (přes teplosměnné plochy), kterými protéká otopná voda z kotle. Oběh topné vody je řešen přes třicestnou přepínací armaturu, která upřednostňuje ohřev TUV před vytápěním. Správně navržená soustava ohřeje celý zásobník do 30 minut, pak armatura přepíná na vytápění.[14]

### 3.1.5.2. Kotle na tuhá paliva

Kotle jsou umísťovány do speciální místnosti – kotelny. Jsou realizovány bez ventilátoru nebo s ventilátorem, který umožňuje plynulou regulaci vstupujícího vzduchu v závislosti na výkonu kotle. Kotelny je nutné větrat, a to s 5ti násobnou výměnou vzduchu v místnosti za hodinu. Zároveň z paliva vzniká prach, a to jak při samotném vybírání kotle, tak při manipulaci s palivem. Kotel musí mít samostatný komínový průduch. Kotle na tuhá paliva jsou těchto typů[14]:

- Klasické kotle na tuhá paliva – spalují uhlí, brikety, koks, dřevo, pelety. Účinnost od 72 – 80 %
- Automatické kotle – součástí je zásobník, který automaticky dávkuje potřebné palivo, což snižuje nároky na obsluhu. Účinnost 80 – 83 %
- Zplyňovací kotle na dřevo, nebo na dřevo a uhlí - palivo je nejdříve vysoušeno a přehříváno. Zplyňováním uhlí se navíc snižují emise. Účinnost je vysoká, 80 – 89 %
- Kombinované kotle na dřevo a elektřinu – do kotle je instalován elektrický přímotop, který funguje jako doplňkový zdroj zejména v době, kdy není majitel doma.

Základním předpokladem je udržení teploty vratné vody nad 65 °C. Nižší teplota zapříčiní kondenzaci dehtů a kyselin, které snižují životnost kotle. I z toho důvodu bývají otopné systémy vybaveny oběhovým čerpadlem. Výhodné je kotel provozovat v kombinaci s velkokapacitním zásobníkem (1 kW = 25 l). Zdroj vyhřeje vodu v zásobníku

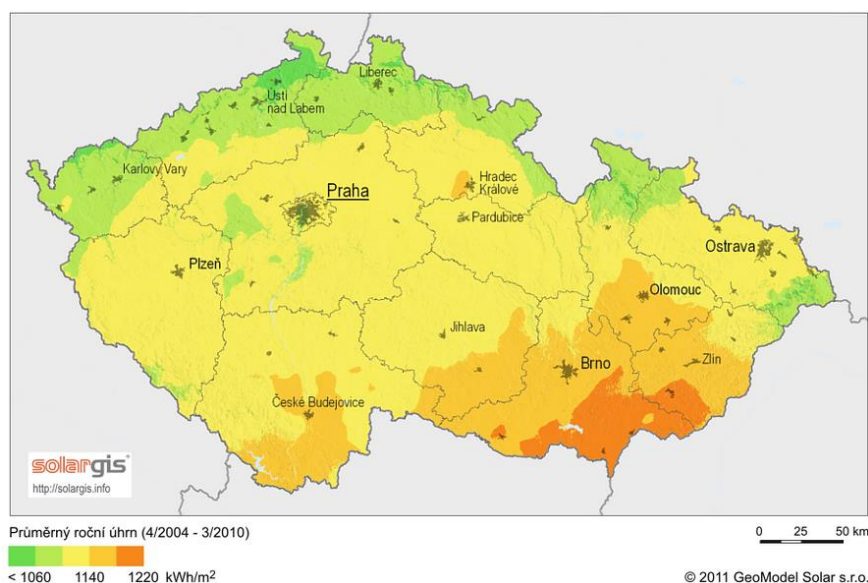
a vyhasne. Teplo ze zásobníku je poté možné v topné sezóně čerpat až 3 dny. Při vhodné regulaci můžeme takovou soustavu používat i jako nízkoteplotní. Při volbě kotle na tuhá paliva musíme uvažovat o místě pro jeho skladování, které musí být chráněno proti vlhkosti.[14]

### 3.1.5.3. Elektrokotle

Využívání elektrické energie je neekologičtější variantou. Nevznikají žádné zplodiny (nepotřebuje komín) a účinnost takového kotle je takřka 100 %. Regulace výkonu je okamžitá a v celém rozsahu. Kotle jsou připojeny ke speciálnímu jističi a fungují pomocí hromadného dálkového ovládání (HDO) vysílaného od provozovatele distribuční soustavy. Ceny se řídí podle akumulčního tarifu (D25d/D26d pro 8 hodin v NT a D35d pro 16 hodin NT). Elektrokotel v období nízkého tarifu spíná a ohřívá teplou vodu v zásobníku. Výdaje za palivo jsou vyšší než u ostatních typů, proto bývá elektrokotel často jako doplňkový nebo náhradní zdroj tepla.[14]

### 3.1.5.4. Solární energie

Energie dopadající na zemský povrch se dá přeměnit na tepelnou energii (pomocí pasivních nebo aktivních solárních systémů) nebo na elektrickou energii díky fotovoltaickým článkům. Pasivní solární systémy přeměňují sluneční energii na tepelnou prosklenými konstrukčními prvky budov. Jako příklad lze uvést verandy či zahradnické skleníky. U RD se využívají hlavně okna se solárními zisky, o jejichž významu bylo již hovořeno v kapitole o oknech. Aktivní solární systém lze instalovat i na již dříve postavenou budovu a slouží k přípravě teplé užitkové vody v kombinaci s akumulčním zásobníkem, nebo jako dodatečný zdroj topné vody pro otopný systém. Využívané záření, dopadající na solární systém, se skládá z přímého a difúzního záření, které vzniká rozptylem slunečního záření na molekulách látek ve vzduchu. Důležitým ukazatelem vhodnosti instalace solárních systémů je průměrný počet hodin solárního svitu, a s tím související roční úhrn dopadené sluneční energie na metr čtverečný. Nejméně slunečních hodin ročně je na severu Čech (1 156), naopak nejvíce na jihu Moravy (1 715). Průměrná hodnota je 1 462 h/rok. Na obrázku 3 je mapa dopadené energie za rok na metr čtverečný. Mapa nezohledňuje znečištění prostředí, které může snížit dopadající energii až o 20%, ani vysoké nadmořské výšky, kde je intenzita naopak vyšší.[22]



Obrázek 3 - Mapa globálního horizontálního záření na  $m^2$  horizontální plochy v ČR [24].

Pro odhady výroby solárního kolektoru se počítá s hodnotou 380 – 420  $kWh \cdot m^{-2}$  ročně.[22]

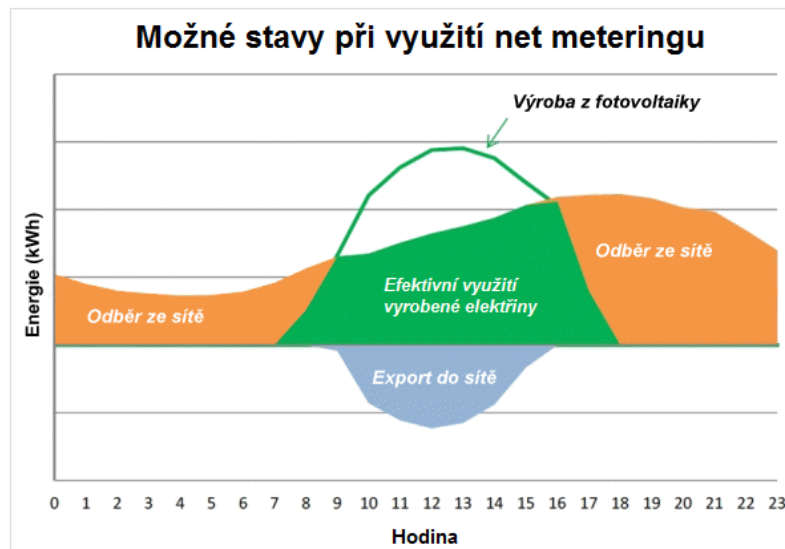
Slunce dopadá na absorbér solárního kolektoru, pod nímž jsou umístěny trubice s teplotněstabilním médiem, zejména vodou obohacenou o nemrznoucí směs. Ohřátá voda teče do zásobníku, kde předává své teplo užitkové vodě pro domácnost. Jde tedy o uzavřený okruh. Tento okruh může být samostatný, kdy zásobník musí být umístěn nad kolektory, nebo nucený s použitím čerpadla, a tudíž i se závislostí na elektrické energii. Zásobníky na TUV bývají často vybaveny doplňkovým ohřevem z ústředního topení nebo elektrickým topným tělesem, což zabezpečuje výrobu TUV v zimním období. Naopak v létě je tepla nadbytek (až 8  $kWh$  na  $m^2$  za den), kolektor zvládá vyrobit tepelnou energii sám a přebytečné sluneční záření ve větší míře odráží. Zisk aktivních systémů pro přípravu teplé vody je mezi 50 – 80 %. Optimální orientace kolektoru je na jižní až jihozápadní stranu, ideální sklon pro celoroční provoz 45 °, pro letní 30 ° a konečně pro ryze zimní využívání 60 °[22].

Pro fotovoltaické panely platí stejná klimatologická schémata jako pro solární kolektory, akorát se využívá jiná technologie, a místo teplé vody se vyrábí elektrická energie. Účinnost přeměny solární energie na elektrickou je u běžně používaných mono a polykrystalických článků 14 až 16 %. Rozlišujeme nezávislé ostrovní systémy (grid-off) a systémy připojené k rozvodné elektrické síti (grid-on). Ostrovní systémy mohou být buď s přímým napájením spotřebičů, využívané zejména pro zavlažování, kdy okamžitý

sluneční svit způsobí zapnutí spotřebiče. Nebo mohou být s akumulátorem, který během slunečního svitu akumuluje energii, která je spotřebována třeba v noci na svícení nebo sledování televizoru apod. Akumulátory musí být kvalitní, jelikož velmi často dochází k úplnému vybití a úplnému nabití. Životnost kvalitních akumulátorových baterií se pohybuje kolem 2000 cyklů. Na správné dobíjení dohlíží regulátor napětí. Střídavé napětí pro elektrickou síť vytváří střídač.[22]

Grid-on systémy jsou připojeny k elektrické síti, do které mohou přebytnou energii dodávat. K takové instalaci je potřeba povolení provozovatele distribuční soustavy, který musí mít volné kapacity. Díky inteligentním mikroprocesorům jsou chytře řízeny toky energie dle odchylky v dodávce a výrobě v závislosti na aktuálních požadavcích spotřebičů v RD. Vzhledem k tomu, že od 1.1.2014 jsou zastaveny dotace na výrobu elektrické energie z nově instalovaných fotovoltaických panelů, nejeví se investice jako výhodná.[22][26]

Jistým krokem k podpoře výstavby malých fotovoltaických elektráren určených pro lokální výrobu s případnou spotřebou přebytku elektrické energie v nejbližší zástavbě, by mohl být tzv. net metering, který je aplikován pro podporu OZE, například v USA. Princip funkce je velmi jednoduchý. Jedná se o grid-on systémy, které počítají tzv. netto, tedy čistou spotřebu. V době slunečního svitu, kdy je přebytek energie, je tato energie dodávána do sítě a elektroměrem je tzv. „točeno opačně“. Naopak když slunce nesvítí, energie je dodávána a elektroměr spotřebu načítá. Majitel elektrárny, fungující podle net meteringu, tedy zaplatí účet za elektřinu snížený o vlastní vyrobenou energii. Vyrobí-li stejně jako spotřebuje, neplatí nic. Vyrobí-li více, přechází zisk ve formě kreditu do dalšího zúčtovacího období. Princip net meteringu demonstruje následující obrázek 4.[25]



Obrázek 4 - Princip účtování net meteringu. Převzato z [25].

### 3.1.5.5. Energie okolního prostředí (tepelné čerpadlo)

Veškeré prostředí okolo nás, ať již jde o vzduch, půdu nebo vodu, má svou energii, kterou je možno využít. Její přímé využití pro ohřev vody brání nízká teplota. Jedná se o tzv. nízkopotenciální energii, kterou se lidstvo naučilo využívat v polovině 19. století panem W. T. Kelvinem tepelným čerpadlem. Princip, kdy je teplo odebíráno z chladnějšího prostředí a předáváno teplejšímu, je dobře znám z chladniček, které při své činnosti odebírají teplo potravinám a předávají ho do místnosti. Energie prostředí, kterou využívají TČ, je kombinací naakumulované sluneční energie a geotermální energie ze zemského jádra. Pro účely využití zemského tepla, je dobré prozkoumat mapu tepelného toku hornin České republiky, a s tím související geologické rozložení hornin na našem území. Průměrný tepelný tok, který projde jednotkou plochy na zemském povrchu, je  $60 \pm 10 \text{ mW} \cdot \text{m}^{-2}$ . Nízkopotenciální energii získáváme z:[22]

#### a) Podloží (země/voda)

Využívá se hlubinného vrtu, jehož okolí se ochlazuje a předává teplo vodě uvnitř tepelného čerpadla umístěného v domě. Vrt může být přímo pod domem nebo vedle něj. Spíše se doporučuje umístění vrtu mimo dům, aby TČ příliš neochlazovalo podloží domu. Okruh je tvořen nemrznoucí směsí. Tento typ čerpadla je hojně využíván pro vysoký topný faktor, kterého je ovšem dosaženo vyššími investičními výdaji. Na 1 kW tepelného výkonu čerpadla je potřeba vrt o přibližné hloubce 12 až 18 metrů. Vrty lze hloubit i vedle sebe, avšak s dostatečným rozestupem, aby se neovlivňovaly.[22]

## b) Půdy

Při tomto způsobu získávání tepla je využíváno půdního kolektoru ve tvaru hada, do nějž jsou v hloubce minimálně 1m a rozestupu minimálně 0,6m (většinou pás o hloubce 1m a šířce 0,9m) umístěny trubky s pracovní kapalinou. Půdní kolektor je umístěn do nezamrzající hloubky, ale i tak je vybaven nemrznoucí pracovní kapalinou. Uvádí se, že plocha kolektoru by měla být přibližně trojnásobně větší než vytápěná plocha. Na 10 kW tepelného výkonu se počítá přibližně s 500 m<sup>2</sup> kolektoru.[22]

## c) Okolního vzduchu (vzduch/voda)

Jedná se o třetí nejrozšířenější systém, který je hojně využíván v mírném podnebném pásu s menším počtem mrazových dnů. Vyznačuje se dobrým průměrným ročním topným faktorem. Jeho snadná instalace a nižší pořizovací výdaje jsou vykoupeny horším tepelným faktorem při mrazech.[22]

## d) Další možnosti

Dále lze využívat energii z odpadního vzduchu větracího systému budovy, z podzemních či povrchových vod a odpadního tepla z technologických procesů větších výrobních hal.[22]

Výše byl několikrát zmíněn pojem topný faktor. Jedná se o poměr vyrobeného tepelného výkonu k elektrickému příkonu. Čím vyšší tento poměr je, tím více tepelné energie vyrobíme z 1 dodané elektrické kWh na pohon kompresoru. Dnešní výrobci uvádějí průměrné roční hodnoty topného faktoru od 2,5 do 4. Jeho hodnota se totiž mění v závislosti na požadované výstupní teplotě vody (TV) a teplotě nízkopotenciálního (NTZ) zdroje [22]. Následující tabulka 9 zobrazuje vývoj topného faktoru v závislosti na teplotách.

Teplota NTZ/TV	Tepelný výkon [kW]	Topný faktor
-15/50	5,2	1,6
-7/45	6,7	2,4
2/50	8,2	2,8
2/35	8,3	3,7
7/35	10,1	4,4

Tabulka 9 - Závislost topného faktoru TČ na teplotě NTZ a TV. Převzato z [23].



Z tabulky vyplývají i výhody a nevýhody jednotlivých typů TČ. Máme-li povrchový kolektor, tak se teplota půdy během roku mění a s ní i topný faktor. Ještě markantnější je to u získávání tepla ze vzduchu, kde teploty velmi kolísají. Naopak stabilní jsou hlubinné vrty, kde je teplota hornin téměř neměnná, a proto topný faktor téměř totožný po celý rok.[23]

TČ se skládá ze 4 částí, ve kterých probíhá samotný proces – výparník, kompresor, kondenzátor a expanzní ventil. V RD se využívají buď jako jediný zdroj tepla (monovalentní) nebo v kombinaci s jiným zdrojem (bivalentní). Ideálním případem je minimální rozdíl teplot NTZ a TV. Z tohoto důvodu se jako nejlepší jeví podlahové vytápění o teplotě topné vody 35°C a vratné 30°C. Pokud bychom chtěli využívat radiátory, je maximální teplota výstupní vody kolem 55°C a z toho plynoucí spád 55/45.[23]

## 4. ZAJIŠTĚNÍ ENERGIÍ PRO RODINNÝ DŮM

Úkolem praktické části diplomové práce, je určit optimální zdroj, popřípadě zdroje energií pro konkrétní, nově postavený rodinný dům. K tomu je třeba znát tepelné potřeby RD, zejména tepelnou ztrátu prostupem a větráním (pro potřeby vytápění), spotřebu teplé užitkové vody a skladbu elektrospotřebičů. Výsledkem je ekonomické srovnání investičních a provozních výdajů několika zdrojů energií v závislosti na využívaném druhu paliva.

### 4.1. Současný stav RD

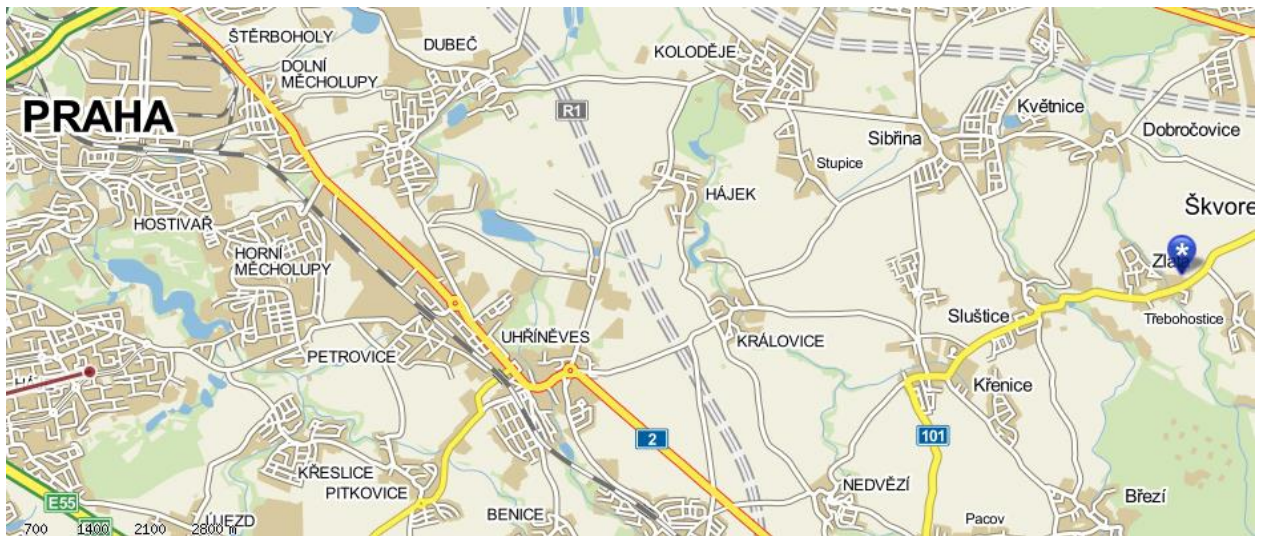
Jedná se o dvoupodlažní novostavbu rodinného domu, která se nachází ve stavu, kdy je hotova obálka budovy (mimo omítek) a řeší se technické vybavení pro zajištění tepelné pohody a přípravy TUV, což je úkol zadaný vedoucím tohoto tématu DP.

Novostavba se nachází v katastrálním území obce Zlatá v okrese Praha–Východ na p.p.č. 235/76 o zeměpisných souřadnicích 50°2'31.447"N, 14°42'40.892"E v nadmořské výšce 314 m.n.m<sup>5</sup>. Jedná se o území s nově stavěnými RD. V těsné blízkosti domu vede komunikace, pod níž jsou umístěny inženýrské sítě. Jedná se o elektrokabel, dešťovou kanalizaci, tlakovou splaškovou kanalizaci, vodovodní řad a plynovod. Díky tomuto faktu můžu při výpočtech uvažovat se zdrojem na tuhá paliva, elektrickým zdrojem, ale taktéž i s plynovým kotlem. Plynová přípojka však v současnosti není vybudována. Na kraji pozemku se nacházejí přípojky kanalizace, vodovodu a samozřejmě elektrická přípojka. V roce 2010 si zadavatel a zároveň i investor nechal vypracovat podrobný projekt stavby rodinného domu, ze kterého budu čerpat některé informace potřebné pro výpočty. Reálná stavba však doznala několika, oproti papírovému projektu, více či méně významných změn, které je nutno ve výpočtech zohlednit. Se všemi důležitými odlišnostmi jsem byl při osobních konzultacích seznámen. Investor ve vlastním zájmu připravil dům pro zapojení velkého množství technických zařízení, což může v budoucnu hrát velkou roli při volbě nejspornějšího způsobu vytápění, přípravy TUV a napájení spotřebičů elektrickou energií. Náhled do mapy s pohledem na část okresu

---

<sup>5</sup> Google Earth

Praha-východ s vyznačeným umístěním katastrálního území modrou šipkou je na následujícím obrázku 5.



Obrázek 5 - Mapa části Praha-východ s vyznačeným umístěním RD modrou šipkou. Zdroj mapy.cz.

Z mapy je vidět, že na nejbližší zastávku pražského metra (Háje, linka C – fialová barva vlevo) je to 22 minut jízdy autem po trase dlouhé 17 km<sup>6</sup>.

Dům je největším rozměrem orientován na jižní světovou stranu, čehož se dá využít umístěním solárních kolektorů nebo fotovoltaických panelů na střechu. Velmi výhodný je i její sklon 36°. Na severní straně sousedí obytné prostory s garáží. Pohledy na dům ze všech světových stran jsou na následujících obrázcích.



Obrázek 6 - Pohled na dům ze světových stran. Převzato z projektu.

<sup>6</sup> Plánování trasy dle [www.mapy.cz](http://www.mapy.cz)

Oproti projektu nebyly do jižní střechy vytvořeny žádné okenní otvory, právě pro budoucí maximální možné využití plochy na získávání energie ze slunce. I severní střecha doznala v reálné stavbě změny. Místo třech okenních otvorů byl vytvořen pouze jeden, který byl vyplněn izolačním trojsklem s výbornými tepelnými vlastnostmi a zároveň opatřen roletami pro zabránění vniknutí nežádoucího tepla v letních měsících do budovy. Nejvíce tepla uniká právě otvory v obálce budovy, proto snížení jejich počtu a kvalitní výplň mají pozitivní vliv na spotřebu tepla. Na všechna okna obytné zóny bylo použito izolačního trojskla.

Další změnou je nárůst nejdelšího rozměru RD cca o 0,65 metrů (z 11,67 m na 12,32 m). Vlivem této změny samozřejmě narostla plocha pro prostup tepla obálkou budovy, a to jak vnějším zdivem, tak samozřejmě podlahou i střechou. Prodloužením domu se zvětšila v přízemí plocha obývacího pokoje, v patře rozměry jednoho z pokojů a ložnice. V přízemí se nachází, mimo obývacího pokoje s krbem na tuhá paliva, ještě technická místnost, koupelna, pracovna a kuchyň. První patro je tvořeno dvěma pokoji, dvěma šatnami, ložnicí, koupelnou a WC. V patře se nachází dvě okna na západní a dvě okna na jižní stranu. Původní projektová dokumentace je na příloženém CD.

## 4.2. Tepelná potřeba RD

Pro správné určení potřeby tepla pro RD je nutností znát parametry jednotlivých konstrukčních celků a klimatické podmínky v dané lokalitě. Součinitele prostupu tepla prvků obálky budovy použiji z poskytnutého projektu, popřípadě dle informací zadavatele. Taktéž rozměry budovy budu brát z technického návrhu, upravím je však dle rozměrů reálné budovy. Ke zjištění klimatických podmínek, hlavně průměrné teploty v jednotlivých obdobích, výpočtové venkovní teploty a počtu dnů topné sezóny, využiji klimatické tabulky. Množství využitelného solárního záření budu čerpat z dostupných webových aplikací, které se touto problematikou detailněji zabývají.

### 4.2.1. Konstrukční prvky domu

Obvodové zdivo obytné části budovy je z hlavní části tvořeno cihlou Porotherm o tloušťce 44 cm, u garáže je zdivo tvořeno stejnou cihlou o tloušťce 30 cm, obojí doplněné omítkou Porotherm a zatepleno polystyrenem. Zateplení střechy je tvořeno sádkartonem, vzduchovou mezerou a chytrou pěnou Icynene, která má výrazně lepší

nenasákavé vlastnosti oproti původní izolační pěně. Podobně je zateplen i strop v podkroví. Podlaha v obytné zóně je sestavena z vrstev EPS, XPS beton a PVC. V koupelnách je položena keramická dlažba. V garáži tvoří podlahu Austrotherm 70 a beton. Otvory ve zdivu jsou vyplněny okenními rámy s izolačními trojskly, respektive vstupními dveřmi či vraty v garáži. Střešní otvor je vyplněn okenním rámem s izolačním trojsklem. V garáži jsou všechna okna s dvojsklem. Oproti projektu je zrušena spíž a dveře z šatny 2 v patře nevedou do sousedního pokoje, ale na chodbu.

Seznam použitých konstrukčních prvků na stavbu RD s jejich charakteristickými hodnotami prostupu tepla zobrazuje následující tabulka.

Zóna	Konstrukce	Typ	Součinitel prostupu tepla [W/(m <sup>2</sup> .K)]
Obytná zóna	Zdivo	Porotherm 44 obvodové zdivo	0,17 (0,307)
		Porotherm 30 s omítkou vnitřní	0,68
		Porotherm 44 bez zateplení	0,307
		Porotherm 11,5 s omítkou vnitřní	2,32
	Otvory	Výplň s trojsklem	0,87 (dvojsklo 1,2)
		Střešní okno	1
	Podlaha	Podlaha na terénu	0,3 (0,339)
		Podlaha na patře	0,57
	Vstup	Vstupní dveře	3,6
		Vnitřní dveře	3,2
Střecha	Strop v podkroví	0,21 (0,17)	
	Střecha	0,21 (0,17)	
Neobytná zóna	Zdivo	Porotherm 30 obvodová	0,34 (0,622)
	Vstup	Dveře garáž	1,60
		Vrata garáž	2,60
		Vnitřní dveře	3,20
	Podlaha	Beton	0,398
Otvory	Výplň s dvojsklem	1,20	

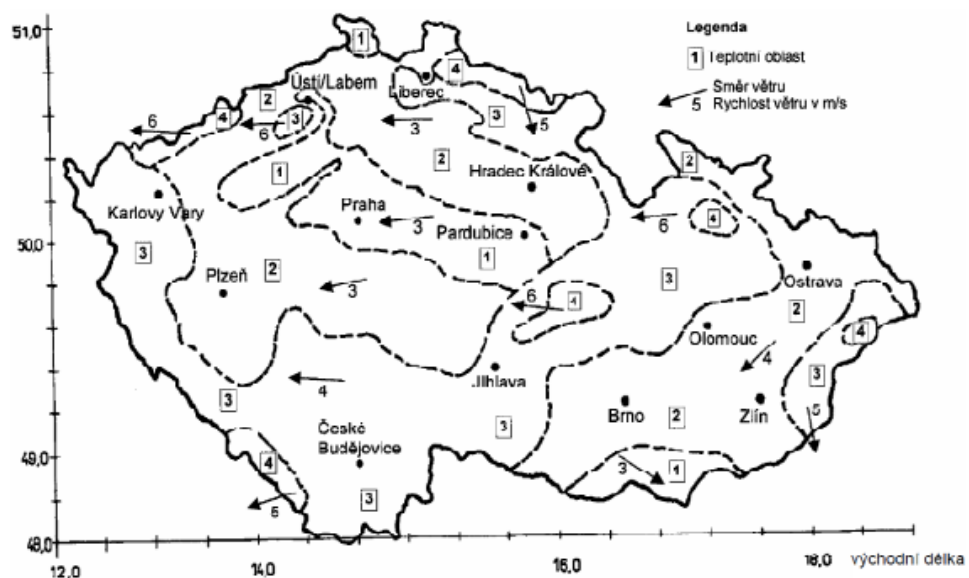
Tabulka 10 - Použité konstrukční materiály a jejich součinitele prostupu tepla. V závorce jsou uvedeny původně předpokládané hodnoty dle projektu.

Nebudeme-li uvažovat prostup tepla vnitřními stěnami mezi místnostmi, které jsou tvořeny cihlou Porotherm 11,5, tak zjistíme, že nejvíce energie jedním metrem čtverečním obálky budovy proniká otvory ve zdivu (okna, dveře). Naopak nejméně tepla projde přes velmi kvalitně zateplené obvodové zdivo Porotherm 44. V původním projektu nebylo počítáno s tímto zateplením, díky kterému součinitel prostupu tepla klesl z 0,307 na 0,17 W/(m<sup>2</sup>K), což je pokles téměř o polovinu. Taktéž bylo uvažováno s výplní okenních otvorů dvojskly s prostupem 1,2 W/(m<sup>2</sup>K), která byla nakonec nahrazena izolačními trojskly o U= 0,87 W/(m<sup>2</sup>K). Lehké zhoršení naopak nastalo u zateplení

střechy. Z původního prostupu  $0,17 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$  se změnou použitého materiálu zvýšila prostupnost na  $0,21 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Pro jednoduchost považuji za obálku budovy vnější okraje zateplené části. Z toho vyplývá, že obálku z vrchu budovy tvoří zateplený strop podkroví, nikoliv tzv. Áčko střechy. Všechny rozměry konstrukcí jsem čerpal z poskytnuté projektové dokumentace. K určení součinitelů prostupu tepla u konstrukcí, které byly oproti projektu změněny, jsem využil dostupný kalkulátor ze stránek [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)<sup>7</sup>.

## 4.2.2. Klimatické podmínky

Pro určení celkové ztráty RD je nutné znát klimatické podmínky pro danou oblast. Česká republika je pro tyto výpočty rozdělena na 4 klimatické oblasti s charakteristickými výpočtovými venkovními teplotami dle obrázku.



Obrázek 7- Klimatické oblasti ČR dle [27]

<sup>7</sup> Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh tepla v konstrukci, dostupné zde: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicestruvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>

Pro jednotlivé klimatické oblasti platí výpočtové teploty dle následující tabulky:

teplotní oblast	prům. nadmořská výška	základní návrhová teplota venkovního vzduchu pro 100 m.n.m.	základní teplotní gradient nad 100 m.n.m
	$h$ [m.n.m.]	$\theta_{e,100}$ [°C]	$\Delta\theta_{e,0}$ [°C]
1	240	-12	-0,5
2	320	-14	-0,3
3	540	-16	-0,2
4	820	-18	-0,2

Tabulka 11 - Výpočtové teploty vzduchu pro klimatické oblasti v ČR dle [27].

Obec Zlatá s novostavbou RD se nachází v klimatické oblasti 1 s výpočtovou teplotou -12 °C pro 100 m.n.m s teplotním gradientem -0,5 °C na každých +100 m vertikální výšky až do 320 m.n.m. Přepočtu podle vzorce v [27] výpočtovou venkovní teplotu pro nadmořskou výšku RD. Výpočtová venkovní teplota reprezentuje hodnotu, na kterou je třeba dimenzovat vytápěcí soustavu. Nejedná se o minimální roční teplotu, ta může být i nižší, ale jde o dohodnutý a bezpečný standart pro stavební výpočty.

$$\theta = -12 - 0,5 * \frac{314 - 100}{100} = -13,07 \text{ °C}$$

Po zaokrouhlení dolů budu počítat s teplotou **-13,1 °C**.

### 4.2.3. Tepelné ztráty domu

Doporučené teploty jednotlivých vnitřních prostor vychází z normy ČSN 73 0540-3 s ohledem na tepelnou pohodu a komfort. Vybrané výpočtové teploty zobrazuje následující tabulka[19]:

Druh místnosti	Vnitřní výpočtová teplota
Obývací místnosti	20 °C
Kuchyně	20 °C
Koupelny	24 °C
Klozety	20 °C
Vytápěné vedlejší místnosti	15 °C
Vytápěná schodiště	10 °C

Tabulka 12 - Vybrané výpočtové vnitřní teploty. Převzato z [19].

Z tabulky je vidět, že v místnostech, kde se lidé zdržují oblečení v domácím pohodlném oblečení více času, je doporučená teplota kolem 20 stupňů, naopak v místech, kterými lidé prochází, když přichází z exteriéru, postačuje teplota nižší. Nejvyšší teplota

je dle normy doporučena pro koupelny, kde jsou lidé nazí. Tyto teploty však velmi často nesedí s požadavky obyvatel. Ti většinou vyžadují tzv. trenýrkovou teplotu (24 °C) i v obývacích pokojích. Při volbě zdroje na krytí tepelných ztrát se však vychází z teplot dle uvedené normy.

Znám-li plochy všech konstrukcí a jejich součinitele prostupu tepla, mohu určit i ztráty prostupem všech místností  $Q_0$ . K těmto ztrátám je potřeba připočítat ztráty větráním  $Q_v$  a započítat opravný koeficient umístění místnosti  $p_1$  vůči světovým stranám ( $J = -0,05$ ;  $JZ, JV, Z = 0$ ;  $SZ, SV, V = 0,05$ ;  $S = 0,1$ ) a přírážku vlivu vyrovnávání chladných konstrukcí  $p_2$  (dle [14]). Výsledná ztráta místnosti se pak rovná [14]:

$$Q_C = Q_p + Q_v = Q_0 * (1 + p_1 + p_2) + 1300 * V_v(t_i - t_e) \quad [W]$$

Ve vzorci pro výpočet ztráty větráním je u obytných prostor uvažováno s doporučenou výměnou veškerého vzduchu v místnosti jedenkrát za 2 hodiny, u neobytné zóny jedenkrát za 4 hodiny. Vnitřní vzduch je vyměněn za vzduch z exteriéru o výpočtové teplotě.

Přehled ztrát jednotlivých místností pro výpočtové vnitřní teploty zobrazuje následující tabulka.

<b>OBYTNÁ ZÓNA</b>				
	<b>Místnost</b>	<b>Ztráta prostupem <math>Q_p</math> [W]</b>	<b>Ztráta větráním <math>Q_v</math> [W]</b>	<b>Celková ztráta <math>Q_c</math> [W]</b>
<b>Přízemí</b>	Obývací pokoj + kuchyň (206 + 207)	958,17	664,57	<b>1622,75</b>
	Pracovna (205)	183,19	139,25	<b>322,44</b>
	Koupelna (204)	447,51	89,76	<b>537,27</b>
	Technická místnost (203)	-35,54	40,64	<b>5,1</b>
	Vchod (201)	245,67	55,45	<b>301,12</b>
	Chodba (202)	-312,92	240,08	<b>-72,84</b>
<b>1. patro</b>	Ložnice (216)	384,32	251,19	<b>635,51</b>
	Pokoj 2 (215)	339,23	221,90	<b>561,13</b>
	Šatna 2 (214)	99,26	57,25	<b>156,51</b>
	Šatna 1 (213)	99,26	57,25	<b>156,51</b>
	Pokoj 1 (212)	243,75	185,75	<b>429,49</b>
	Koupelna (211)	525,94	161,50	<b>687,44</b>
	WC (210)	48,84	30,00	<b>78,84</b>
		<b>3226,66</b>	<b>2194,61</b>	<b>5421,27</b>

Tabulka 13 - Ztráty tepla prostupem a větráním pro jednotlivé místnosti při doporučených teplotách.



Celková tepelná ztráta obytné zóny při výpočtové teplotě  $-13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  je  $5,42\text{ kW}$ . Tepelný zdroj tedy musí do vnitřní části objektu dodat  $5,42\text{ kW}$  tepla, aby při venkovní teplotě  $-13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ , udržel výpočtové vnitřní teploty jednotlivých místností. Ze záporné hodnoty u celkové tepelné ztráty chodby lze vyčíst, že výsledná teplota bude vyšší než výpočtových 15 stupňů. Chodba bude ohřívána sousedními místnostmi. Technická místnost je taktéž více ohřívána okolními plochami, než ochlazována. Avšak větráním se celková tepelná ztráta dostane do kladných čísel a teplo je potřeba do místnosti dodávat, nebo se smířit s tím, že výsledná vnitřní teplota v technické místnosti se ustálí na nižší hodnotě.

V tabulce není uvedena garáž. Ta bude ve výpočtech uvažována jako neobytná, avšak vytápěná část budovy. Hodnoty tepelných ztrát prostupem a větráním u garáže zobrazuje následující tabulka.

NEOBYTNÁ ZÓNA	Ztráta prostupem $Q_p$ [W]	Ztráta větráním $Q_v$ [W]	Celková ztráta $Q_c$ [W]
Garáž	983,32	156,41	<b>1139,73</b>

Tabulka 14 - Ztráta tepla pro doporučenou teplotu v garáži.

Celkovou ztrátu tepla garáže je nutné při výběru výkonu zdroje započítat. I s garáží je rozdělení ztrát prostupem a větráním takové.

	Ztráta prostupem $Q_p$ [W]	Ztráta větráním $Q_v$ [W]	Celková ztráta $Q_c$ [W]
<b>CELKEM</b>	<b>4209,98</b>	<b>2351,02</b>	<b>6561,00</b>

Tabulka 15 - Celkové ztráty budovy s doporučenou vnitřní teplotou.

Zdroj tepla by měl podle zadání zvládnout dodat  $6,56\text{ kW}$  tepelné energie při exteriérové teplotě  $-13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$  pro udržení doporučené výpočtové vnitřní teploty dle normy. Instalována může být i kombinace dvou zdrojů, z nichž jeden pokryje běžné zimní venkovní teploty a druhý bude pracovat pouze ve špičce, při extrémně nízkých teplotách nebo při zvýšené potřebě TUV. Průměrná teplota v obytné části by byla  $19,5$ . Dohromady s neobytnou pak  $17,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Majitel RD byl vyzván k zadání teplot, jaké si v jednotlivých místnostech představuje, aby výpočet tepelných ztrát a spotřeby tepla nejvíce odpovídal realitě. Porovnání zadavatelem požadovaných teplot a těch výpočtových (dle normy) zobrazuje následující tabulka.

		Požadovaná teplota [°C]	Doporučená teplota [°C]
<b>Exteriér</b>	Vzduch	-13,1	
	Terén	7	
<b>Přízemí</b>	Vchod (201)	19	15
	Chodba (202)	19	15
	Technická místnost (203)	18	15
	Koupelna 1 (204)	23	24
	Pracovna (205)	20	20
	Obývací pokoj, kuchyň (206,207)	21	20
	Garáž (208)	15	10
<b>Patro</b>	WC (210)	21	20
	Koupelna 2 (211)	23	24
	Pokoj 1 (212)	21	20
	Šatna 1 (213)	21	20
	Šatna 2 (214)	21	20
	Pokoj 2 (215)	21	20
	Ložnice (216)	19	20
	<b>Průměrná vnitřní teplota</b>	<b>20,5</b>	<b>19,5</b>
	<b>Včetně garáže</b>	<b>19,6</b>	<b>17,9</b>

Tabulka 16 - Porovnání požadovaných a doporučených teplot v místnostech.

Je vidět, že na základě požadavků majitele, se celková průměrná teplota v obytné zóně zvedne o 1 °C. Vezmu-li však celkovou průměrnou teplotu interiéru včetně garáže, kde majitel považuje oproti doporučeným hodnotám teplotu o 5 °C vyšší, stoupne tato hodnota o 1,7 °C. V následujících tabulkách, které jsou podobné těm, jež byly uvedeny výše pro doporučené teploty, jsou zobrazeny reálné ztráty místností odpovídající skutečnosti dle teplotních požadavků majitele RD. Dále je nutné zmínit, že považuji kuchyň a obývací pokoj za jeden spojený prostor, jelikož tyto místnosti nejsou ničím oddělené a vzduch mezi nimi může volně proudit velkou plochou.

<b>OBYTNÁ ZÓNA</b>				
	<b>Místnost</b>	<b>Ztráta prostupem Qp [W]</b>	<b>Ztráta větráním Qv [W]</b>	<b>Celková ztráta Qc [W]</b>
<b>Přízemí</b>	Obývací pokoj + kuchyň (206 + 207)	916,50	684,65	<b>1601,15</b>
	Pracovna (205)	146,80	139,25	<b>286,05</b>
	Koupelna (204)	281,35	87,34	<b>368,69</b>
	Technická místnost (203)	2,84	44,98	<b>47,81</b>
	Vchod (201)	357,84	63,35	<b>421,19</b>
	Chodba (202)	-54,08	274,26	<b>220,18</b>
<b>1. patro</b>	Ložnice (216)	216,38	243,60	<b>459,98</b>
	Pokoj 2 (215)	395,22	228,61	<b>623,83</b>
	Šatna 2 (214)	74,02	58,98	<b>133,00</b>
	Šatna 1 (213)	74,02	58,98	<b>133,00</b>
	Pokoj 1 (212)	278,07	191,36	<b>469,42</b>
	Koupelna (211)	386,99	157,15	<b>544,14</b>
	WC (210)	33,38	30,91	<b>64,29</b>
		<b>3109,33</b>	<b>2263,42</b>	<b>5372,74</b>

Tabulka 17 - Tepelné ztráty místností prostupem a větráním dle teplot požadovaných majitelem RD.

Následující tabulky ukazují tepelnou ztrátu garáže (tabulka 18) a celkovou tepelnou ztrátu obytné i neobytné zóny (tabulka 19). K celkovým ztrátám je přičten vstup vnitřními stěnami do země.

<b>NEOBYTNÁ ZÓNA</b>	<b>Ztráta prostupem Qp [W]</b>	<b>Ztráta větráním Qv [W]</b>	<b>Celková ztráta Qc [W]</b>
<b>Garáž</b>	1369,96	190,26	<b>1560,22</b>

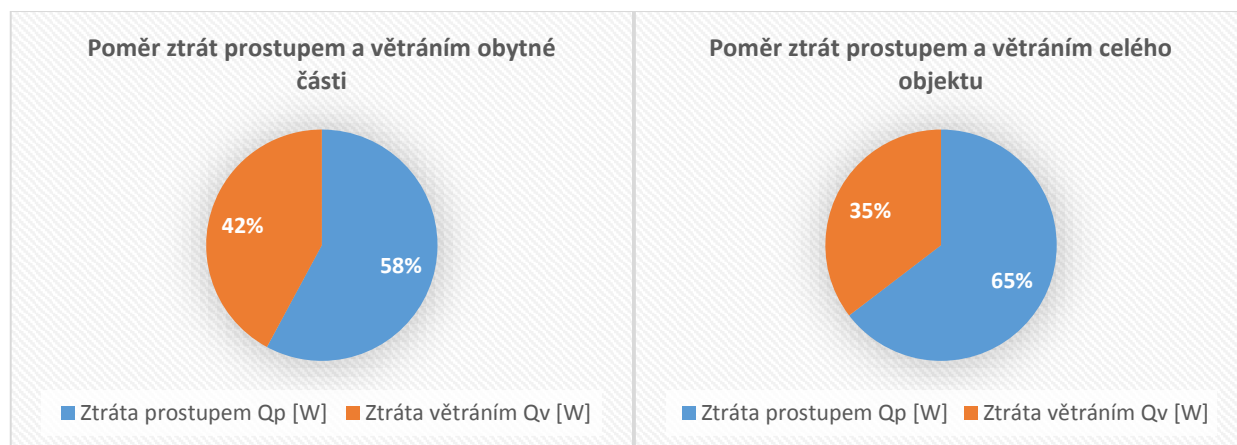
Tabulka 18 - Tepelná ztráta prostupem a větrání neobytné zóny dle teploty zadavatele.

	<b>Ztráta prostupem Qp [W]</b>	<b>Ztráta větráním Qv [W]</b>	<b>Celková ztráta Qc [W]</b>
<b>CELKEM</b>	4479,28	2453,68	<b>6932,96</b>

Tabulka 19 - Celkové tepelné ztráty prostupem a větráním dle požadované teploty zadavatele.

Největší tepelné ztráty produkuje obývací pokoj s kuchyní (206 + 207). Jednak má tento prostor největší ochlazovanou plochu, a tudíž i vnitřní objem ze všech místností v domě, a za druhé je velká plocha obvodového ohraničení místnosti tvořena otvory ve zdivu vyplněnými trojsklem, což je dle tabulky 10 konstrukční prvek s velkým prostupem tepla. Druhé největší ztráty má koupelna ve druhém patře (211), kde se požaduje vysoká vnitřní teplota. Taktéž je umístěna na severovýchodním rohu budovy, kde jsou solární zisky minimální a okolní místnosti s nižší vnitřní teplotou nepředávají koupelně dostatečné teplo. Nejmenší ztráty vznikají v malých místnostech jako WC nebo technická místnost. V technické místnosti bude umístěn spotřebič na výrobu tepelné energie a akumulátor teplé vody, což teplotu v místnosti zvýší. Záporné ztráty

prostupem tepla jsou na chodbě, která je zcela ohřívána prostupem z okolních místností, avšak větráním se pro výpočtovou venkovní teplotu dostane do kladné tepelné ztráty a teplo je potřeba na udržení stálé vnitřní teploty dodávat. Graf zobrazuje podíl ztráty prostupem a větráním na celkové ztrátě budovy.

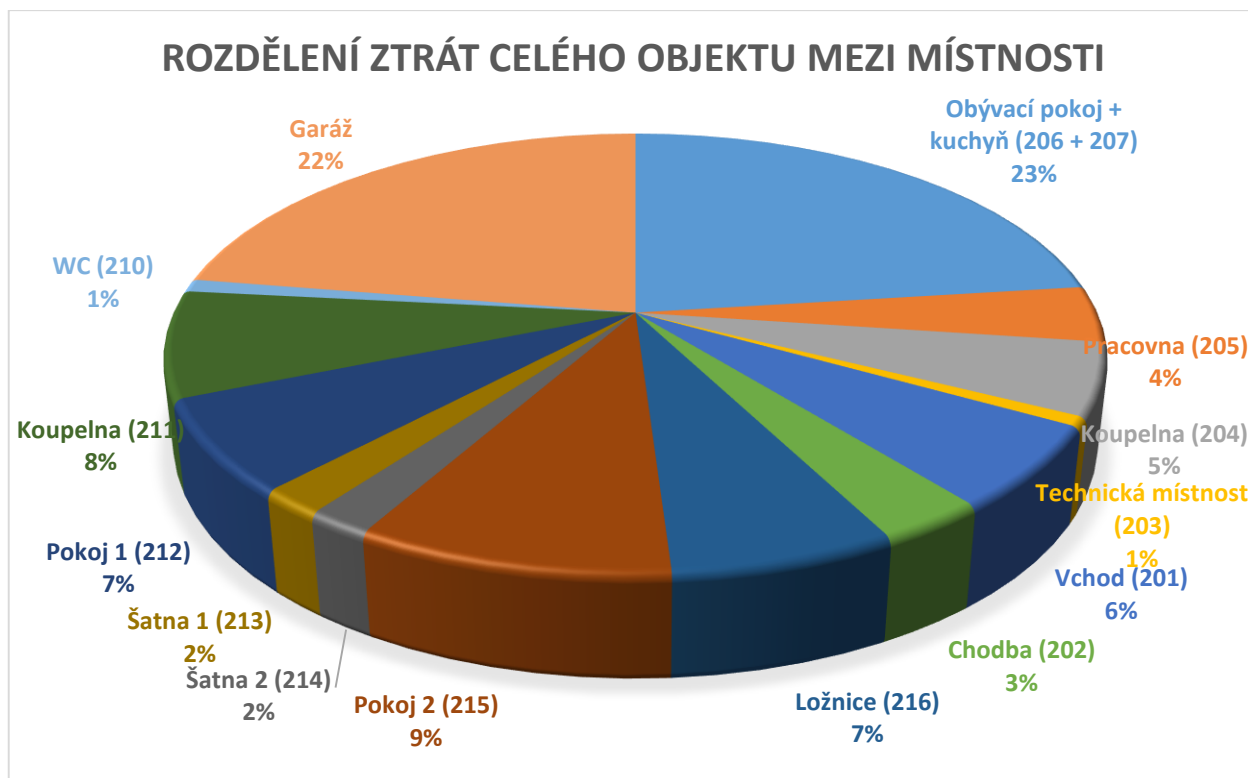


Graf 1 - Poměr ztrát prostupem a větráním na celkové ztrátě tepla.

V obytné části, kde je potřeba častější výměna vzduchu, tvoří tepelné ztráty větráním 42 % celkových ztrát tepla. Naopak jen v garáži je to 12%, což celkovou ztrátu objektu větráním sníží přibližně na třetinu celkových tepelných ztrát. Z tohoto důvodu se dá uvažovat o zakoupení rekuperační jednotky, která při větrání předává část tepla z vyvětrávaného vzduchu do vzduchu nově proudícího do budovy z exteriéru.

Zajímavostí je, že výsledkem zvýšení průměrné vnitřní teploty o 1 °C v obytné zóně a o 5 °C v garáži se sníží celkové tepelné ztráty v obytné zóně. To je dáno tím, že téměř celá severní strana budovy sousedí s teplejším prostorem (garáží) a celkový prostup tepla bude tedy nižší. Pro udržení 15 °C v garáži bude potřeba dodávat přibližně o 400 W více než pro udržení 10 °C při výpočtové venkovní teplotě – 13,1 °C. Kvůli této potřebě tepla se celková ztráta objektu zvedla z 6,56 kW na **6,93 kW**, což bude minimální uvažovaný výkon zařízení na vytápění a výrobu teplé užitkové vody ve zkoumaném RD.

Následující graf 2 zobrazuje poměrné ztráty jednotlivých místností se započtením garáže.



Graf 2 - Poměrné ztráty místností celého objektu.

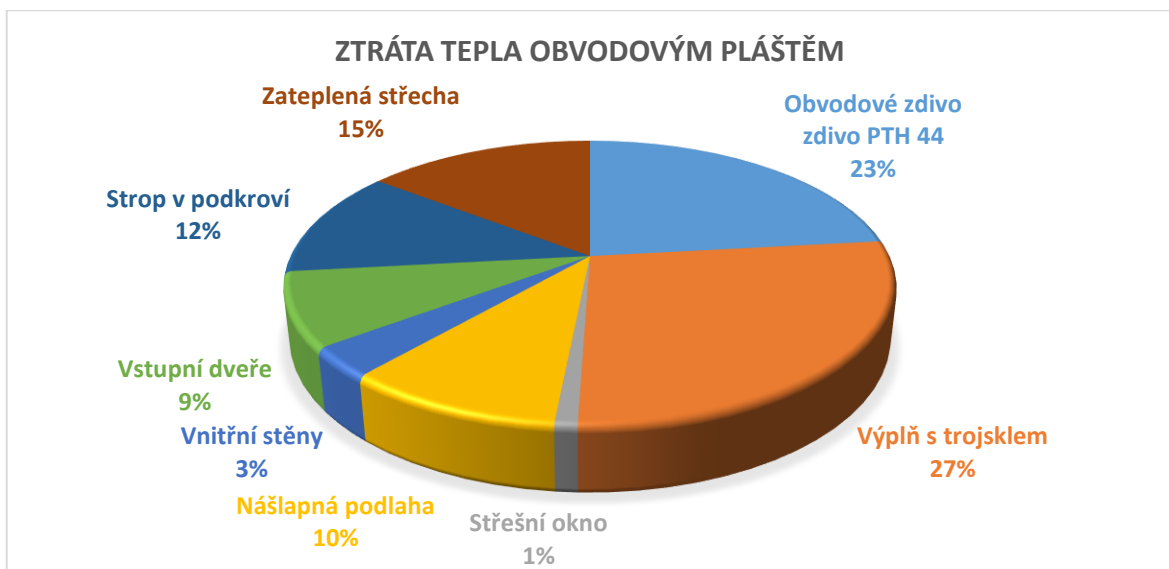
I po zahrnutí ztrát garáže, vychází obývací pokoj (společně s kuchyní) jako nejztrátovější místnost. Ztráty těchto dvou místností tvoří téměř polovinu (45 %) ztrát celého objektu. Součet jejich ploch je 68,8 m<sup>2</sup> z celkových 174,06 využitelných m<sup>2</sup>. Tímto pohledem je to tedy necelých 40 %. Vyšší ztráty jsou, jak již bylo u obývacího pokoje zmíněno, způsobeny především výplní otvorů obvodového zdiva. U garáže vyšší ztráty způsobuje horší prostup tepla u obvodového zdiva, které je tvořeno cihlou Porotherm o tloušťce 30 cm na rozdíl od obytné části, která je obezděna cihlou Porotherm o tloušťce 44 cm.

Příloha 3 znázorňuje toky tepelné energie mezi sousedními prostory jednotlivých místností či exteriérem. Zároveň ukazuje korekční faktory  $p_1$  (vliv ochlazování a oteplování stěn) a  $p_2$  (solární zisky), které upravují celkové ztráty prostupem místnosti. Postup výpočtu obou korekčních faktorů byl vysvětlen výše a je detailněji rozveden v [14].

Zelená šipka znázorňuje, že místnost je oteplována sousedním prostorem, červená šipka znamená, že místnost předává teplo sousednímu prostoru. V případě žlutých šipek nedochází k prostupu tepla mezi místnostmi – sousední prostory mají stejnou teplotu.

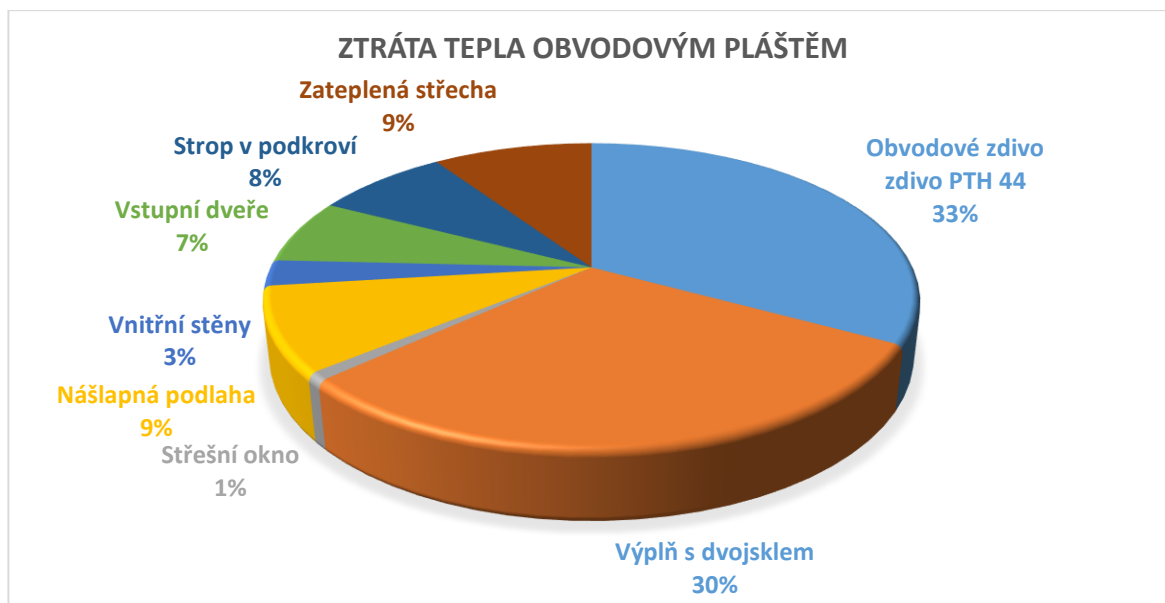
Totéž platí i u korekčního  $p_2$  zohledňující solární zisky. Zelená šipka znamená, že daná hodnota ve watech prostoupí do místnosti a ohřívá ji, čímž se snižují celkové výdaje na vytápění. Naopak červené šipky znamenají vyšší potřebu vytápět tyto prostory. Z tabulky je vidět vhodně umístěné místnosti, jako jsou obývací pokoj, či pracovna v přízemí. V obývacím pokoji, který má velkou část své plochy orientovanou na jih, jde o snížení potřeby na vytápění o 45 W, u pokoje 2 v prvním patře je solární zisk 20 W. U garáže je situace opačná. Vlivem orientace na sever je na krytí ztrát potřeba dodat o 116 W více.

V poslední řadě zbývá uvést přehled ztrát prostupem tepla jednotlivými konstrukcemi. Tuto skutečnost zobrazuje graf 3.



Graf 3 - Ztráta tepla jednotlivými konstrukčními prvky obvodového pláště.

Nejvíce tepla prostupem se ztratí přes okna, ačkoliv je jejich plocha cca 5x menší než plocha obvodového zdiva. Jak už bylo zmíněno dříve. Majitel udělal oproti projektu více konstrukčních úprav. Zajímavé bude porovnat, jestli tato opatření přinesla nějaký užitek a popřípadě jak velký. Původní projektované tepelné vlastnosti zobrazuje tabulka 9 – čísla v závorkách. Pro skutečný dům byla vypočtena tepelná ztráta 6,95 kW s rozložením ztrát prostupem konstrukčními prvky dle grafu 3. Pro původní projekt zobrazuje situaci graf 4.



Graf 4 - Ztráty jednotlivými konstrukcemi dle původního projektu.

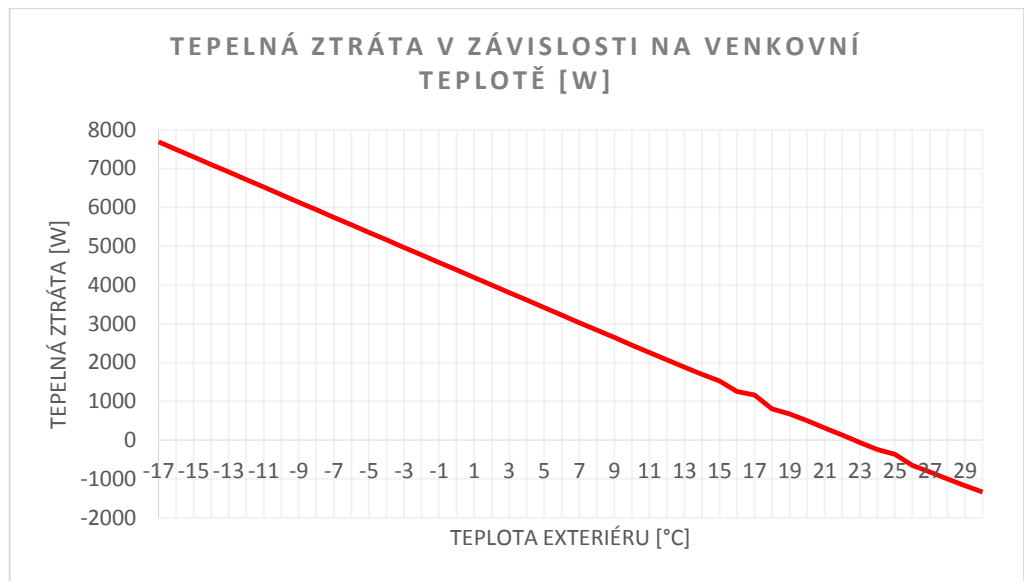
Nejmarkantnější je u původního projektu nárůst prostupu tepla obvodovým zdivem, u kterého se neuvažovalo se zateplením. Otvory ve stěnách byly vyplněny trojsklem namísto dvojskla, což také přineslo výraznou úsporu. Naopak ke zhoršení došlo změnou materiálu na zateplení střechy, který má však jiné (lepší) vlastnosti, co se týče navlhávání oproti projektu. Celková ztráta v původním projektu je o 1 kW vyšší. Nejvýraznější změny oproti projektu zobrazuje následující tabulka 20.

Konstrukce	Skutečná ztráta	Projektovaná	Změna
Obvodové zdivo	699,93	1 232,28	-532,35
Výplň otvorů	822,22	1 134,1	-311,88
Střecha	438,03	297,41	140,59

Tabulka 20 - Porovnání nejvýraznějších změn prostupu tepla konstrukcemi oproti projektu.

V kapitole s výpočtem roční spotřeby energie ukáží, jak by se tato změna projevila do celkové spotřeby a výdajů za vytápění.

Z této kapitoly plyne velmi důležitý závěr, a to je celková tepelná ztráta domu pro výpočtovou teplotu, na jejímž základě se volí zdroj tepla pro vytápění. Tepelná ztráta domu je necelých 7 kW. U volby zdroje je třeba zohlednit ztráty v samotném zdroji, rozvodech, armaturách, topných tělesech či regulačních prvcích otopného systému. O tyto ztráty bude potřeba výkon zdroje navýšit. Citlivostní analýzu tepelné ztráty budovy v závislosti na venkovní teplotě zobrazuje následující graf.



Graf 5 - Závislost tepelných ztrát objektu na venkovní teplotě.

Křivka protíná osu při teplotě 22,7 °C. Při této venkovní teplotě již nedochází k tepelným ztrátám a dům je ohříván venkovním vzduchem, teplota uvnitř se zvyšuje.

#### 4.2.4. Roční spotřeba tepla RD

Výpočtová tepelná ztráta objektu je jedna z důležitých veličin, kterou je potřeba do vzorce pro výpočet roční potřeby tepla na vytápění znát. Tento vzorec má v práci označení (4) a jeho skladba je v kapitole 3.1.1. detailně popsána. Hodnoty, které budou při výpočtu použity, jsou tyto:

- $\varepsilon = 0,6678$ ; jde o opravný součinitel, který je složen z pěti navzájem vynásobených dílčích korekčních hodnot: nízkoenergetický dům – ekvitermní regulace – rodinný dům – teplovodní otopný systém – regulace po 1 stupni. Viz příloha 2.
- $Q_z = 6,932 \text{ kW}$ ; tepelná ztráta objektu pro výpočtovou venkovní teplotu - 13,1 °C.
- $D = 3280,5/3453,86/3492,92$ ; počet dennostupňů, který závisí na délce otopného období. První hodnota reprezentuje začátek a konec topné sezóny při venkovní teplotě 12 °C. Druhá hodnota při teplotě 13 °C a třetí pak při 15 °C. Počet dnů otopné sezóny byl určen z průměrné teplotní předpovědi pro Klementinum na jednotlivé dny v roce z [28], která byla zároveň snížena korekčním faktorem zohledňujícím rozdílnou



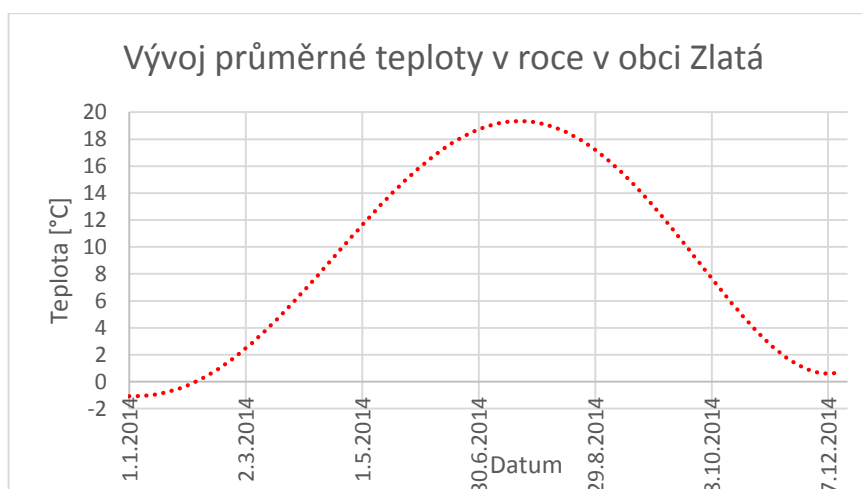
nadmořskou výšku Klementina a RD. Počet dnů topné sezóny, její začátek a konec zobrazuje následující tabulka 21. Předpověď na celý rok pro obec Zlatá s průměrnými denními teplotami a vyznačenými začátky a konci otopné sezóny je v příloze 4.

Teplota pro topnou sezónu	Počet dnů	Přibližné trvání <sup>8</sup>
12 °C	212	2.10. – 3.5.
13 °C	224	24.9. – 3.5.
15 °C	251	13.9. – 24.5.

Tabulka 21 - Délka topného období v obci Zlatá. Převzato z [28]. Příloha 4.

- $t_i = 19,61$  °C; průměrná vnitřní teplota objektu včetně garáže. Vypočtena dle požadavků majitele RD.
- $t_e = -13,1$  °C; výpočtová venkovní teplota. Vysvětleno v kapitole 4.2.2
- $t_{em} = 4,13/4,19/5,69$  °C; průměrné venkovní teploty v topné sezóně. Viz. Excel.

Vývoj průměrných denních teplot v obci Zlatá během roku zobrazuje následující graf 6.



Graf 6 - Průměrné denní teploty v obci Zlatá.

Nyní znám všechny potřebné informace pro výpočet roční spotřeby tepla na vytápění. V následujícím vzorci je naznačen postup pro výpočet spotřeby tepla pro otopnou sezónu začínající a končící při 12 °C.

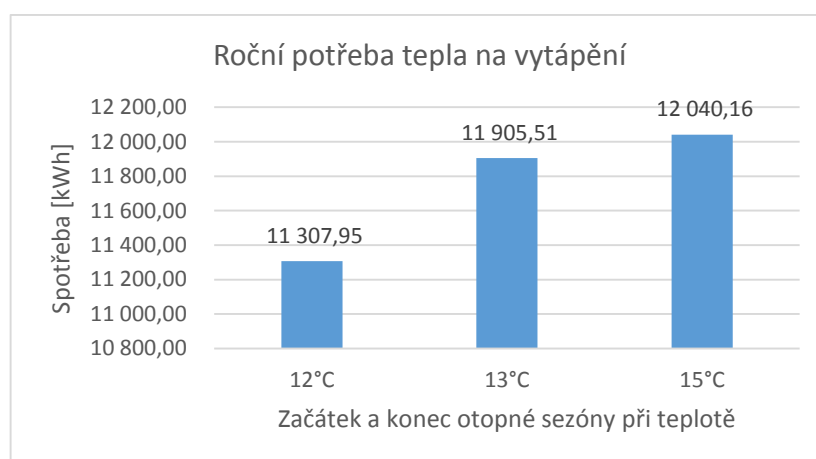
<sup>8</sup> Občas se i mimo topnou sezónu vyskytne den s nižší teplotou, který jsem do topné sezóny započítal.

$$D = d * (t_i - t_{em}) = 212 * (19,61 - 4,13) = 3\,280,5$$

$$Q_{zr} = \frac{24 * Q_z * \varepsilon * D}{(t_i - t_e)} = \frac{24 * 6932,96 * 0,6678 * 3280,5}{(19,61 - 4,13)} = \mathbf{11\,307,95\ kWh}$$

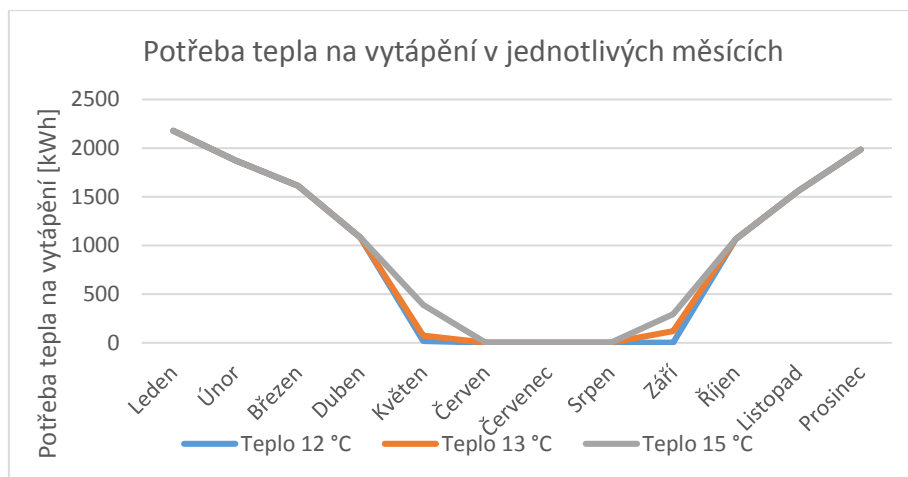
$$= 40\,708,62\ MJ$$

Obdobným způsobem vypočtu celkovou roční potřebu tepla na vytápění pro zbylé dvě délky topného období podle teploty. Pro 13 °C je spotřeba **11 905 kWh**, pro 15 °C pak **12 040 kWh**. Porovnání potřeb tepla pro různé dlouhé topné sezóny přehledně zobrazuje následující sloupcový graf 7.



Graf 7 - Roční potřeba tepla na vytápění v závislosti na počáteční a koncové teplotě topné sezóny.

Z grafu je vidět, že roční tepelné ztráty (a tudíž i potřeba tepla) se mnohem více zvýší, když začneme (skončíme) s topením při 13 °C místo 12 °C přitom jde pouze o jeden stupeň Celsia. Průměrná teplota v topné sezóně se liší jen o 0,06 °C. Mnohem menší změna nastane mezi 13 °C a 15 °C, kde je rozdíl v průměrné teplotě v topné sezóně dokonce 1,5 °C. Potřebu energie na vytápění během roku znázorňuje graf 8.



Graf 8 - Potřeba tepla na vytápění v jednotlivých měsících.

Zbývá ještě určit potřebu teplé vody. Pro účely výpočtu se množství spotřebované teplé vody během roku nemění. Denní spotřeba TUV na osobu se řídí dle následující tabulky 22 [19].

Potřeba TUV	umyvadlo	dřez	sprcha	vana
Počet dávek [n]	3	0,8	1	0,3
Objem dávky V [m <sup>3</sup> ]	0,03	0,002	0,025	0,25
Teplo v dávce [kWh]	1,5	0,1	1,3	1,4
Součet V na osobu [m <sup>3</sup> ]	0,082			
Součet tepla [kWh]	4,3			
Rodina/den	328	litrů	17,2	kWh
Roční spotřeba	119,7	m <sup>3</sup>	6295,2	kWh

Tabulka 22 - Denní spotřeba TUV na osobu. Převzato z [19].

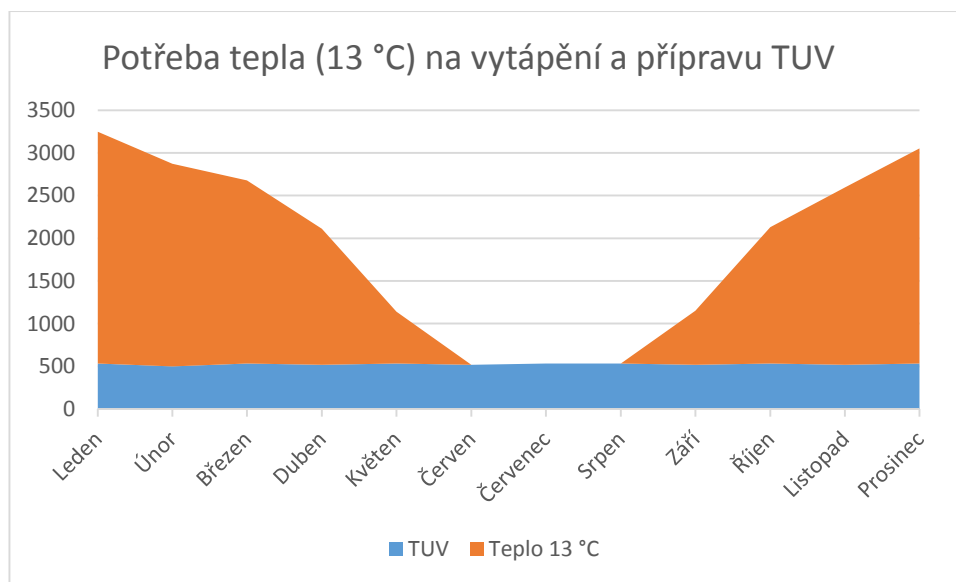
Sečtením potřeby tepla na vytápění a přípravu TUV získáme tyto hodnoty, které předá zdroj tepla vodě, ať už na vytápění nebo na přípravu TUV. Zdroj vždy primárně připravuje TUV, až poté vytápí objekt.

Potřeba tepla	12 °C	13 °C	15 °C
Vytápění	11 307,95 kWh	11 905,51 kWh	12 040,16 kWh
Příprava TUV	6 295,2 kWh	6 295,2 kWh	6 295,2 kWh
Poměr Vytápění/Celkem	64,2 %	65,4 %	65,7 %
Celkem	17 603,15 kWh	18 200,71 kWh	18 335,36 kWh

Tabulka 23 - Celková potřeba tepla pro RD.

Potřeba tepla na vytápění tvoří přibližně 2/3 veškeré potřeby tepla zkoumaného RD. Dále jsem se zaměřil na nalezení dne s největší spotřebou tepla. Jedná se o den

s nejmenší průměrnou venkovní teplotou. Tato situace nastane dle [28] dne 10.1., kdy bude denní tepelná ztráta objektu 76,95 kWh a k tomu ztraceno 17,2 kWh tepla v teplé vodě, což je 94,15 kWh. Průměrný výkon zdroje tepla v tomto dni bude 3,92 kW. Graf pod tímto odstavcem znázorňuje spotřebu tepla na vytápění a přípravu TUV během roku při topné sezóně 13 °C.



Graf 9 - Potřeba tepla na vytápění a přípravu TUV během roku.

Nakonec se vrátím k případu, kdyby se dům postavil podle původního projektu s výpočtovou tepelnou ztrátou 7,99 kW. V tomto případě by roční spotřeba tepla pro 13 °C, včetně přípravy TUV, činila 19 987 kWh, což je přibližně o 1 700 kWh více, než ve skutečně postaveném objektu

#### 4.2.5. Roční spotřeba elektrické energie

K výčtu potřebných energií zbývá připočítat ještě elektrickou energii potřebnou k chodu elektrospotřebičů v domě. Cena za odebranou kWh z elektrické sítě bude záviset na využívaném zdroji tepla pro vytápění a přípravu TUV, díky čemuž může odběratel spadnout do kategorie s výrazně lepší cenou za spotřebovanou kWh. Následující tabulka zobrazuje ceník ČEZ pro jednotlivé tarify připadající v úvahu podle zdroje tepla.

Produktová řada	Označení	Cena [Kč/kWh] v NT	Cena za [Kč/kWh] v VT
Akumulace 8	D25d	1,91	4,71
	D26d	1,91	3,31
Akumulace 16	D35d	2,21	3,05
Přímotop	D45d	2,36	2,84
Tepelné čerpadlo	D55d	2,36	2,68
	D56d	2,36	2,68

Tabulka 24 - Porovnání cen produktové řady Comfort od společnosti ČEZ. Převzato z [www.cez.cz](http://www.cez.cz).

Číslo za produktovou řadou Akumulace značí počet hodin platnosti nízkého tarifu ve dni. Rozdíl mezi přímotopem a akumulacním produktem je takový, že v přímotopové sazbě je elektřinou pouze vytápěno, teplo není nikde akumulováno.

V příloze 5 je uveden seznam uvažovaných spotřebičů s jejich typickým příkonem a dobou denního využití na základě informací od majitele RD.

Roční spotřeba elektřiny by dle těchto předpokladů činila 4,4 MWh. V této spotřebě není zahrnuta žádná součást topného systému využívající ke svému chodu elektrickou energii (čerpadla, regulátory, ovládací prvky apod.).

## 5. VOLBA OTOPNÝCH TĚLES A ZDROJŮ TEPLA

Výběr zdroje tepla a otopných těles musí být provázaný. Totéž platí i o potrubním systému spojujícím tyto základní prvky (zdroj-spotřebič) a případných armaturách, čerpadlech, expanzních nádobách apod. Vše musí být správně nadimenzováno. Vzhledem k tomu, že nejsem topenář (a ani to není předmětem této práce), budou všechny zde uvažované výpočty pouze orientační, avšak dostačující k ekonomickému zhodnocení a posouzení navrhovaných variant vytápění a za případné nepřesnosti se tímto omlouvám.

Po konzultaci s vedoucím práce budou uvažovány a počítány tyto varianty otopných zdrojů a těles:

- a) Otopná tělesa
  - a. Podlahové vytápění v 1. NP a garáži. Radiátory v 2.NP
  - b. Podlahové vytápění v celém domě včetně garáže
- b) Zdroje tepla
  - a. Tepelné čerpadlo země/voda s vrtem
  - b. Kondenzační plynový kotel
  - c. Elektrokotel

Ve výpočtu bude zdroj tepla pro vytápění zároveň zdrojem teplé užitkové vody. To platí s jednou výjimkou, a tou je krb na dřevo v obývacím pokoji, sloužící především k udržování tzv. pohody domácího krbu, a taktéž jako pomoc při vytápění této největší místnosti s největšími tepelnými ztrátami. Krb nebude při výpočtech pro vytápění uvažovat.

V druhé fázi výpočtu se budu snažit ukázat využití vhodného nasměrování a sklonu střechy domu pro umístění solárních kolektorů, které by pomáhaly při výrobě teplé vody.

### 5.1. Otopná soustava

Jak již bylo zmíněno výše, celé přízemí bude vybaveno podlahovým vytápěním a to včetně garáže. Vzhledem k požadavku regulace teploty v jednotlivých místnostech, bude přízemí rozděleno na několik okruhů vytápění, kopírujících ve velké míře

jednotlivé místnosti. Rozdělení na okruhy není pouze kvůli příjemné regulaci teplot, ale taktéž z důvodu zamezení nadměrných tlakových ztrát v potrubí, což by zapříčinilo nedostatečnou cirkulaci topné vody a velkou setrvačnost systému.

Přízemí bylo rozděleno na 5 zón. Rozvod topné vody k jednotlivým okruhům zajišťuje rozdělovač, který zároveň umožňuje regulaci průtoku jednotlivými větvemi, čímž se v praxi reguluje teplota na požadovanou hodnotu. To lze dělat jednak ručně přímo na rozvaděči, nebo dálkově pomocí prostorových termostatů umístěných v jednotlivých místnostech. Pro podlahové vytápění se hodí, i s ohledem na dovolenou maximální teplotu nášlapné plochy, nízkoteplotní zdroje tepla s teplotním spádem 35/25.

Pro přibližný výpočet ceny podlahového vytápění byl použit volně dostupný formulář ze stránek [www.geta-system.cz](http://www.geta-system.cz), do kterého byly vloženy známé informace z projektu, a taktéž požadavky majitele RD. Všechny ceny v této práci jsou včetně 21 % DPH. Šesti-okruhové podlahové vytápění se skládá z těchto částí (kompletní cenová nabídka je na příloženém CD):

Položka	Množství	Cena [Kč]
<b>Trubka HAKA PE-Xc 16x2 mm</b>	670 m	22 780
<b>Sys. deska GETA pro 16 mm, izolace 10 mm</b>	100 m <sup>2</sup>	28 500
<b>Dilatační páska s PE fólií, lepicí pásek, 150x8 mm</b>	120 m	2 280
<b>Rozdělovač 6 okruhů</b>	1 ks	6 050
<b>Připojovací šroubení pro potrubí 16x2 mm</b>	6 ks	1 410
<b>Skříň na zazdění rozdělovače</b>	1 ks	2 750
Celkem		<b>63 770</b>

*Tabulka 25 - Cenová kalkulace pro podlahové vytápění v přízemí a garáži. Geta-system.*

V případě podlahového vytápění v celém objektu je třeba přidat ještě jeden rozdělovač pro první patro, a v něm dále vytvořit 5 okruhů pro jednotlivé místnosti (zóny). Orientační cenová kalkulace by vypadala takto (kompletní cenová nabídka je na CD):

Položka	Množství	Cena [Kč]
Trubka HAKA PE-Xc 16x2 mm	1 166 m	39 637
Sys. deska GETA pro 16 mm, izolace 10 mm	174 m <sup>2</sup>	49 590
Dilatační páska s PE fólií, lepicí pásek, 150x8 mm	209 m	3 971
Rozdělovač 6 okruhů	1 ks	6 050
Rozdělovač 5 okruhů	1 ks	5 450
Připojovací šroubení pro potrubí 16x2 mm	11 ks	2 585
Skříň na zazdění rozdělovače 6 okruhů	1 ks	2 750
Skříň na zazdění rozdělovače 5 okruhů	1 ks	2 450
Celkem		<b>112 483</b>

Tabulka 26 - Podlahové vytápění pro celý dům. Geta-system.

Alternativou je vybavení patra radiátory. Při této volbě je naopak vhodné mít teplotu vstupní vody co nejvyšší. Čím nižší je teplota vstupní vody, tím větší plochu pro předávání tepla potřebujeme, a tudíž se zvětšují investice do radiátorů. Taktéž se zvětší objem vody v nich, a tím i hydraulické vlastnosti celého systému, což klade větší nároky například na čerpadla. I přesto, že radiátory samozřejmě předávají teplo i při nízkých vstupních teplotách, budu u nich počítat s teplotním spádem 55/45, což ještě umožňuje jejich relativně efektivní připojení k tepelnému čerpadlu. S připojením ke kondenzačnímu plynovému kotli a elektrokotli by neměl být v kombinaci s podlahovým vytápěním v přízemí žádný problém.

K výpočtu vhodných radiátorů jsem využil program (korado-v-433) od českého výrobce radiátorů KORADO, který je volně dostupný na internetových stránkách výrobce. Stačí do něj zadat tepelné ztráty místností a tepelný spád. Program na základě vložených informací nabídne vhodný radiátor včetně cenové nabídky. Vzhledem k umístění a velikosti oken, nebudou radiátory pod parapety, ale vedle oken. Do koupelny bude přidán, mimo klasický radiátor, ještě trubkový pro sušení ručníků či mokrého prádla. Ve všech místnostech, kromě koupelny (hygienická řada a trubkový radiátor), bude volena produktová řada RADIK VKM (označena jako MODERNÍ) se spodním připojením, z důvodu vedení topné i vratné vody podlahou, pomocí plastových trubek od a k rozvaděči v patře. Plastových trubek lze využít vzhledem k nízké teplotě topné vody (55°C – TČ/ 70°C - Kotle<sup>9</sup>). Budou vedeny od centrálního rozvaděče umístěného v chodbě ke každému topnému tělesu v patře zvlášť, vyjma koupelny, kde

<sup>9</sup> Doporučená teplota dle příkladu z projekčních podkladů ke kondenzačnímu kotli Buderus.



bude odbočka k trubkovému tělesu. Pro Šatnu 1 a Pokoj 1 bude navrženo jedno těleso, totéž platí i pro Šatnu 2 a Pokoj 2. Na WC nebude žádné těleso (teplota neklesne pod 18 °C a i sedící člověk dokáže místnost tělem vytopit na vyšší potřebu). Totéž platí i pro chodbu, u které je uvažováno, že horký vzduch z podlahového vytápění v přízemí stoupne do patra a ohřeje ji. Program navrhl následující topná tělesa:

Údaj před lomítkem platí pro radiátory v kombinaci s tepelným čerpadlem. Za lomítkem pro oba druhy kotlů.

Pokoj	Typ	Výkon při 55/45 a 70/50 [W]	Ztráta [W]	Cena s DPH [Kč]
Ložnice	VKM 11-050110/10-090070	468/468	459	4 853,3/3 575,5
Pokoj 1, Šatna 1	VKM 11-090090/10-090100	649/668	602	6 211/4 104,8
Pokoj 2, Šatna 2	VKM 11-090110/11-090080	792/832	756	6 867,9/4 527,8
Koupelna	CLEAN VK 20-050100/10-090080	455/459	544	4 785,6/3 573,2
Koupelna	KTL 1220600-XY	284/463		2 086,1
<b>Cekem</b>				<b>24 803,9/17 867,4</b>

Tabulka 27 - Kalkulace pro radiátory. Dle KORADO.

Nyní je potřeba zajistit připojení otopných těles ke zdroji tepla. To zajistí následující součásti soustavy, jejich ceny byly převzaty z [www.hts-zichlinek.cz](http://www.hts-zichlinek.cz).

Produkt	Množství	Cena [Kč]
Potrubí PEX/AL/PEX 18x2 mm	100 m	2 662
Svěrné šroubení	9 ks	381,1
Kolena PRESS 18x2	10 ks	780
Armatura VK rohová	4 ks	876
Radiátorové šroubení rohové	2 ks	270
Připojovací redukce	8 ks	251,7
Termostatická hlavice	5 ks	1 282,6
Rozdělovač 4 vývody	1 ks	4 663,7
T-kus PRESS	1 ks	121
<b>Celkem</b>		<b>11 288,1</b>

Tabulka 28 - Součásti otopného systému při využití radiátorů. Dle [www.hts-zichlinek.cz](http://www.hts-zichlinek.cz).

Na závěr kapitoly je uvedena tabulka investičních výdajů na podlahové vytápění v celém domě v porovnání s investicí na podlahové vytápění v přízemí a radiátory v patře.

Typ vytápění	Investice [Kč]
Podlahové vytápění v celém domě	112 483
Podlahové vytápění v přízemí, radiátory v patře	99 862/92 925,5

Tabulka 29 - Porovnání investic na kombinované vytápění a čistě podlahové vytápění.

Rozdíl v počáteční investici činí 12 621 respektive 19 557,5 Kč.

## 5.2. Volba zdroje tepla

Zbývá zvolit správný zdroj tepla podle spočtených tepelných ztrát a dle volby otopného systému. Ke každému zdroji bude uvažován zásobník na TUV, kterou bude zdroj taktéž připravovat. Kondenzační plynový kotel, tepelné čerpadlo, zásobník TUV a případný solární dohřev budou od firmy Boderus (patřící mimojiné do skupiny Robert Bosh GmbH). Elektrický kotel bude od firmy DAKON, která mi byla při konzultaci s techniky firmy Boderus doporučena.

Pro výpočet bude uvažována prostřední varianta délky otopné sezóny, tudíž začátek a konec při 13 °C. Na vytápění bude potřeba 11 905 kWh a na přípravu TUV 6 295,2 kWh. Teploty místností byly nastaveny velmi konzervativně, a proto tuto spotřebu uvažuji pro podlahové vytápění v celém domě. Dle článku 3.1.4.1. víme, že díky lepšímu rozložení tepla při podlahovém vytápění, lze nastavit teplotu místnosti cca o 3 °C nižší. Proto pro variantu s radiátory v patře zvednu požadovanou teplotu v místnostech s těmito otopnými tělesy o 3 °C. Potřeba na přípravu TUV bude zachována. Potřeba na vytápění (tepelná ztráta) vzroste na 12 777,31 kWh, což je nárůst v potřebě tepla o 7,33 %.

### 5.2.1. Kondenzační kotel

Jako vhodný kondenzační kotel jsem z nabídky společnosti Boderus zvolil model GB172T s integrovaným zásobníkem na ohřev teplé vody o objemu 148 l (i vzhledem k dvěma koupelnám v domě s vanou a sprchovým koutem) s celkovými rozměry 170x60x60 cm (vxšxh) a hmotností 123 kg. Produktové označení Logamax Plus GB172 – 14 T150S. Tepelný výkon kotle je pro ohřev topné vody modulovatelný v rozsahu 2,9 – 14 kW. Sestava je plně vybavena pro okamžité napojení na topnou soustavu – obsahuje nízkoenergetické oběhové čerpadlo, expanzní nádobu, pojistný ventil a trojcestný přepínací ventil pro ohřev TUV, ekvitermní regulátor. Oproti levnějším variantám je tento kotel dále vybaven komfortním prostorovým regulátorem Logamatic RC35

s venkovním čidlem teploty, který umožňuje ovládání až 4 otopných okruhů v domě a nastavení některého z 8 přednastavených týdenních nebo denních topných programů, které lze samozřejmě dle potřeb upravovat. Tímto může majitel v nepřítomnosti osob v bytě výrazně snížit výdaje za vytápění snížením výkonu kotle. Základní technické parametry zobrazuje následující tabulka:

<b>Logamax GB 172 – 14 T150S</b>	
<b>Jmenovitý modulovaný výkon</b>	2,9 – 14 kW
<b>Výkon pro ohřev vody</b>	15,1 kW
<b>Teplota topné vody</b>	30 – 82 °C
<b>Normované využití <sup>10</sup>kotle 75/60</b>	105 %
<b>Normované využití kotle 40/30</b>	109 %
<b>Max. el. příkon při vytápění 100%/30 %</b>	65/21 W
<b>Teplota TUV</b>	40 – 60 °C
<b>Doba nabití</b>	45 minut
<b>Max. el. příkon při nabíjení zásobníku</b>	106 W
<b>Ztráta tepla v zásobníku</b>	1,22 kWh/d

Tabulka 30 - Vybrané technické parametry Logamax GB 172 - 14 T150S. Dle katalogového listu

Cena této sestavy je 93 049 Kč včetně DPH 21 %. Dle ceníku plynu od společnosti ČEZ v distribučním území společnosti RWE Gasnet budeme za 1 kWh platit 1,353 Kč (produktová řada Comfort při spotřebě od 15 MWh do 20 MWh) plus měsíční stálý poplatek ve výši 257,69 Kč. Distribuční sazba za elektřinu bude D02d, kde je za každou kWh účtována cena 4,26 Kč. K tomu je stálá platba za jistič 3x20 A měsíčně 65,34 Kč. Společnost SEKOM, spol. s.r.o. se postará o montáž (6 050 Kč), uvedení do provozu (2 117 Kč) a pravidelné roční prohlídky (1 766,6 Kč včetně cesty). Životnost kotle je odhadnuta na 15 až 20 let.

a) Roční provoz pouze s podlahovým vytápěním

V této situaci bude kondenzační kotel vytápět s normovaným stupněm využití 109 % (pro 40/30), což bude zároveň i účinnost do výpočtu. Pro přípravu TUV na 60 °C topnou vodou o teplotě 80°C kotel přepne na nejvyšší výkon s účinností 97,5 % a zapne oběhové čerpadlo o příkonu 106 W. Na přípravu denní TUV je potřeba přibližně

<sup>10</sup> U kotlů se používá ukazatel normované využití kotle, což je hodnotící parametr celoročního provozování kotle s proměnnou teplotou kotlové vody. Zahrnuje všechny ztráty v závislosti na využití kotle.

100 minut, což je roční spotřeba čerpadla 64,5 kWh. Dále uvažuji pro topnou vodu při 30 % výkonu kotle příkon oběhového čerpadla 21 W po celou dobu topné sezóny, kdy musí kotlem minimální množství vody proudit. Roční spotřeba tohoto čerpadla činí 112,9 kWh. Ztráty v rozvodu jsou především tepelné, a proto jsou při výpočtu zanedbány.

Výpočet teoretické roční potřeby pro vytápění (6):

$$P_r = \frac{Q_{zr} * 3600}{H * \eta} = \frac{11905,51 * 3600}{34200 * 1,09} = 1149,7 \text{ m}^3$$

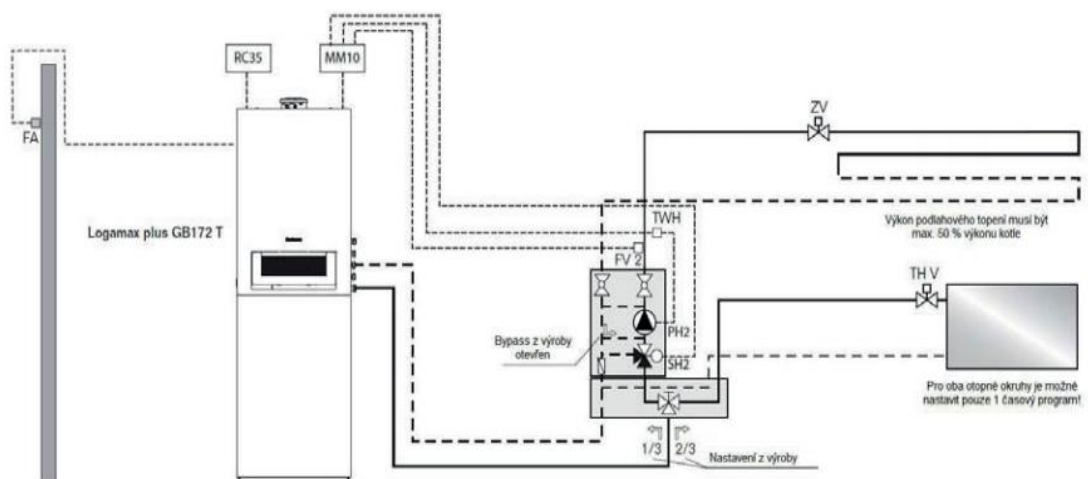
Výpočet teoretické roční spotřeby pro přípravu teplé vody (6):

$$P_r = \frac{Q_{zr} * 3600}{H * \eta} = \frac{6295,2 * 3600}{34200 * 0,975} = 679,6 \text{ m}^3$$

Celkové roční výdaje za plyn pro ohřev teplé vody, vytápění a pohony čerpadel činí **24 887,4 Kč**.

b) Roční provoz s podlahovým vytápěním v přízemí a radiátory v patře

V situaci s radiátory je nutné k sadě zakoupit směšovací paket pro 2 nezávislé okruhy. Tento paket umožňuje řízení 1 topného okruhu bez směšovače (otopná tělesa) a 1 topného okruhu se směšovačem (podlahové vytápění). Sestava obsahuje rozdělovač pro upevnění na zeď, elektronicky řízené čerpadlo, třicestný ventil a řídicí modul. Tato sestava stojí 17 571,62 Kč. Zapojení bude odpovídat následujícímu obrázku:



Obrázek 8- Zapojení kondenzačního kotle se dvěma řízenými okruhy s jedním směšovačem. Dle katalogového listu..

Z výroby je paket nastaven na 70/50 do těles a 40/30 do podlahy. Normovaný stupeň využití pro 70/50 je přibližně 105 %<sup>11</sup>. Zbylé parametry zůstanou zachovány. Teoretická roční spotřeba pro topení činí (dle 6) 16 464 Kč, což je o 1 686,3 Kč více než v předchozím případě. Zvýšené výdaje jsou dány jednak větší potřebou tepla, a taktéž nižší účinností při vyšších teplotách. Celkové roční výdaje na zdroj tepla a teplé vody budou v tomto kombinovaném případě **26 573,7 Kč**.

V tabulce naleznete rychlý přehled výdajů bez spotřeby čerpadel:

Výdaj	Podlahové vytápění [Kč]	Kombinace [Kč]
<b>Investice</b>	93 094	110 620,6
<b>Plyn</b>	24 131,9	25 818,2

Tabulka 31 - Porovnání ročních výdajů na chod kotle a počáteční investice pro oba druhy otopné soustavy.

Rozdíl v ročních výdajích mezi podlahovou variantou a kombinovanou je **1 686,3 Kč**, což je procentuální rozdíl 6,78 %.

## 5.2.2. Elektrokotel

Instalací elektrokotle pro účely vytápění a zásobování RD teplou vodou, bude možné využít výhodné distribuční sazby pro veškerou elektrickou spotřebu D45d (přímotop) s dobou trvání nízkého tarifu 20 hodin denně. Sazba za NT je 2,36 za VT pak 2,84 Kč/kWh. Jističe 3x25A s měsíční stálou platbou 363 Kč.

Elektrokotel bude použit od firmy DAKON (tato česká společnost je součástí stejné skupiny jako firma Boderus). V nabídce jsou kotle pro domácnosti o výkonech od 4 do 18 kW. Pro krytí potřeby RD bude využito kotle Daline PTE 10. Cena kotle je 19 348 Kč včetně DPH. O jeho montáž, uvedení do provozu a proškolení (1 936 Kč) a pravidelný servis (1 524,6 Kč) se postará společnost AGA Servis. Technické parametry zobrazuje tabulka 32:

<sup>11</sup> Normovaná stupeň pro 75/60.

Parametr	Hodnota
Topný výkon	9,9 kW
Maximální příkon	10,1 kW
Účinnost	99%
Počet stupňů	4 (4-6-8-10 kW)
Požadovaný jistič	16 A
Max. teplota ohřivané vody	90 °C

Tabulka 32 - Technické parametry elektrokotle DAKON Daline PTE 10. Převzato z katalogového listu.

Takto dimenzovaný kotel zvládne pokrýt tepelné ztráty objektu přibližně do venkovní teploty -30°C. Součástí kotle pro chod topné soustavy je tlaková expanzní nádoba, pojistný ventil a několikastupňové čerpadlo. První stupeň (4 kW) spíná podle venkovní teploty nebo prostorového termostatu. Ostatní stupně lze zapínat manuálně dle potřeby. Sestava může být ihned připojena k otopné soustavě. My však požadujeme využití zdroje tepla i k přípravě TUV. Z toho důvodu je třeba vybavit kotel vhodným příslušenstvím. Zejména zásobníkem teplé vody SU 160 (Buderus), propojovací sadou pro externí zásobníky EZK-DHW (DAKON) a pro komfort (zabránění nedovolenému přehřátí podlahy) on/off regulátorem výkonu kotle s týdenním programem a až 4 změnami denně CM707A (DAKON). Pro kombinaci s radiátory doplníme soustavu o modul směšovacího ventilu ST-61 v4 (DAKON) a ovladač směšovacího ventilu ST-431m (DAKON). Cenová kalkulace příslušenství je v tabulce:

Produkt	Cena [Kč]
Zásobník Logalux SU160	19 239
Propojovací sada pro externí zásobníky	5 687
Regulátor výkonu kotle	2 360
Směšovací modul (použit při b))	4 840
Ovládání směšovacího modulu (použito při b))	3 993

Tabulka 33 - Příslušenství k elektrokotli DAKON PTE 10. Převzato z cenové nabídky příslušenství DAKON a Buderus..

a) Roční provoz pouze s podlahovým vytápěním

Investice do kompletního zařízení bude 46 634 Kč. Kotel pracuje v celém výkonovém rozsahu s téměř konstantní účinností 99 %, a to jak při vytápění, tak při přípravě TUV. Započítám i tepelnou ztrátu zásobníku, která je 1,8 kWh/d. Výpočet spotřeby tepla je v případě elektrokotle jednoduchý:

$$P_r = \frac{Q_{zr}}{\eta} = \frac{18\,857,71}{0,99} = 19\,048,2 \text{ kWh}$$

Vzhledem k tomu, že elektrokotel je spínán dálkově pomocí HDO distributora, běží jen v době nízkého tarifu. Roční výdaje za elektřinu tedy budou **44 953,7 Kč**.

b) Roční provoz s podlahovým vytápěním v přízemí a radiátory v patře

Situace podobná s variantou a). Účinnost je při každé teplotě totožná. Rozdíl bude pouze v zapojení směšovače, který pohlídá správnou teplotu pro podlahové vytápění míšením studené vody s teplou na bezpečnou teplotu a vyšší potřebě tepla v patře k vyvolání stejné tepelné pohody. Do radiátorů v patře bude proudit teplota o vyšší vstupní teplotě. Případná další regulace teplot jednotlivých místností bude prováděna na rozvaděči změnou průtoku v jednotlivých okruzích. Roční výdaje se tedy rovnají 47 031,6 Kč. Rozdíl oproti variantě pouze s podlahovým vytápěním činí 2 078,22 Kč (4,62 %). Počáteční investice do směšovacích zařízení je 8 833 Kč.

Závěrem chci podotknout, že v místě spotřeby se jedná o naprosto čistý zdroj energie. Na rozdíl od kondenzačního kotle nejsou po činnosti elektrokotle žádné spaliny ani kondenzát, které by bylo potřeba odvádět pryč.

### 5.2.3. Tepelné čerpadlo

Posledním samostatným zdrojem tepla, který bude podroben analýze, je tepelné čerpadlo. Tepelné čerpadlo využívá nízkopotenciální teplo uložené v zemi a princip funkce je podobný chladničkám, které odebírají teplo potravinám a předávají do vnějšího okolí. V tomto případě tepelné čerpadlo ochlazuje okolí a jeho teplo předává do topné vody, která dům vytápí nebo ohřívá TUV. Jako tepelné čerpadlo pro tento dům bude voleno TČ Logatherm WPS 6K-1. Jako zdroj nízkopotenciálního tepla je zvolena země (geotermální energie), do které je udělán vrt a vytvořen solankový okruh. Právě solanka je pracovním médiem, které dopravuje jinak nevyužité teplo země na povrch do výparníku TČ. Vrt se volí nejen kvůli úspoře místa na zahradě, ale i proto, že teplota hluboko v zemi se během roku příliš nemění a v dané lokalitě se podle majitele pohybuje od 5 °C do 10 °C, což umožňuje uvažovat se stálým topným faktorem.

Součástí TČ Logatherm WPS 6K-1 je zásobník na TUV o objemu 185 l, který bohatě vystačí na zásobení RD teplou užitkovou vodou a zásobníkem na topnou vodu o objemu 120 l, ve kterém se hromadí topná voda pro okamžité využití, aby nemuselo docházet k častému zapínání kompresoru, čímž se prodlužuje životnost TČ.

O ideální regulaci až dvou otopných okruhů se stará chytrá řídicí jednotka HMC10-1, jenž zároveň řídí ohřev vody a případný dezinfekční mód. Topný výkon čerpadla je 6 kW, což by na pokrytí ztrát dle výpočtové teploty nestačilo. Proto je čerpadlo vybaveno elektrickým přímotopem, který má 3 výkonnostní stupně 3/6/9 kW, tudíž je TČ schopno ve špičce výkonu až 15 kW. Pořízením TČ můžeme zažádat o zařazení do distribuční sazby D55d (Tepelné čerpadlo) s platností nízkého tarifu o ceně 2,36 Kč/kWh po dobu 22 hodin a vysoký tarif s cenou 2,68 Kč/kWh zbylé 2 hodiny. Stálá měsíční platba za jistič 3x25A je v této distribuční sazbě 129,47 Kč.

Technické parametry znázorňuje tabulka pod odstavcem. Tepelné výkony a topné faktory byly vyčteny z grafu v projekčních podkladech k tepelnému čerpadlu, aby odpovídaly provozu s podlahovým vytápěním (5/35) a v kombinaci radiátory - podlahového vytápění a ohřev TUV v obou případech (5/55). V létě pak uvažují pro přípravu TUV (10/55).

Parametr	Hodnota	Příkon [kW]
<b>Tepelný výkon 5/35</b>	6,8 kW	1,36
<b>Tepelný výkon 5/55 (10/55)</b>	6 kW (6,8 kW)	2 (2,06)
<b>Topný faktor 5/35</b>	5	
<b>Topný faktor 5/55 (10/55)</b>	3 (3,3)	
<b>Výstupní teplota</b>	20 – 60 °C	
<b>Tepelná ztráta zásobníku</b>	1,6 kWh/d	

Tabulka 34 - Technické parametry TČ pro potřeby výpočtu. Z katalogového listu Buderus

Na základě nezávazného dotazu mi byla vytvořena cenová nabídka na toto tepelné čerpadlo včetně vrtu. Za paket tepelného čerpadla se všemi doplňky si firma účtuje 209 088 Kč včetně DPH. Vrt byl vypočten o hloubce 110m (1028,5 Kč/m) o celkové ceně 113 135 Kč. V součtu pak za kompletní TČ 322 223 Kč. Montáž (24 200 Kč) a uvedení do provozu (6 050 Kč) dle orientačního propočtu od firmy Buderus. Pravidelnou roční prohlídku provádí společnost SEKOM, spol. s r.o. za poplatek 1 766,6 Kč.



Dle návrhu pokryje toto čerpadlo 96 % tepelných potřeb domu z geotermální energie, zbytek zajistí elektrické přímotopné těleso.

a) Roční provoz pouze s podlahovým vytápěním

Pro podlahové vytápění bude TČ dodávat výstupní topnou vodu o teplotě 35 °C. Z měření bylo zjištěno, že v zimním období se teplota solanky vyčerpané ze země pohybuje kolem 5 °C. Při takovém tepelném rozdílu na vstupu a výstupu z tepelného čerpadla je jeho tepelný výkon 6,8 kW s topným faktorem 5, což určuje elektrický příkon 1,36 kW. Pro ohřev teplé užitkové vody přepne TČ do režimu 5/55 s tepelným výkonem 6 kW, přičemž topný faktor má hodnotu 3, což znamená elektrický příkon 2 kW.

Mimo otopnou sezónu bude probíhat pouze ohřev TUV. Teplota země vzroste na 10 °C, což způsobí při teplotní situaci 10/55 změnu tepelného výkonu na 6,8 kW při topném faktoru 3,3 a příkonu 2,06 kW. Propoččet ročních výdajů na elektřinu dopadne, při rovnoměrném rozdělení oněch 4 % z přímotopu mezi ohřev TUV se 100% účinností a vytápěním, následovně:

	Množství [kWh]	Výdaj [Kč]
Spotřeba el. na vytápění	2 774,23	6 547,18
Spotřeba el. na ohřev TUV	2 324,46	5 485,73
<b>Celkem</b>	<b>5 098,69</b>	<b>12 032,91</b>

Tabulka 35 - Skladba ročních výdajů TČ s podlahovým vytápěním.

Celkové roční výdaje na elektřinu činí při využití pouze podlahového vytápění **12 319,5 Kč**.

b) Roční provoz s podlahovým vytápěním v přízemí a radiátory v patře

V kombinované variantě bude tepelné čerpadlo vždy pracovat na výstupní teplotu 55 °C, aby byl dodržen navrhovaný teplotní spád pro radiátory v patře. Pro podlahové vytápění bude nutné dokoupit směšovač (HHM17-1) a příslušnou obslužnou jednotku (HRC2) v celkové ceně 13 092,2 Kč. Směšovač zajistí dodržení maximální dovolené teploty podlahy dle normy. Topný faktor má pro teplotu solanky/výstupní teplotu 5/55 v zimním období hodnotu 3, pro letní období (10/55) hodnotu 3,3.

Celkové roční výdaje za elektřinu zobrazuje přehledně tabulka 36.

	Množství [kWh]	Výdaj [Kč]
<b>Spotřeba el. na vytápění</b>	4 598,79	10 853,15
<b>Spotřeba el. na ohřev TUV</b>	2 324,46	5 485,73
<b>Celkem</b>	<b>6 923,25</b>	<b>16 338,88</b>

Tabulka 36 - Skladba ročních výdajů TČ s kombinovanou otopnou soustavou.

Při kombinované otopné soustavě, kde musí TČ pracovat v topné sezóně v režimu 5/55 jsou výdaje za elektřinu vyšší o **4 305,97 Kč** (35,8 %).

## 5.2.4. Využití solárního kolektoru k ohřevu TUV

Kombinovat solární kolektor k přípravě teplé užitkové vody s jiným zdrojem tepla může být výhodné. Nová Zelená úsporám 2014 byla spuštěna 1. dubna tohoto roku, a podle oblasti C, která se týká efektivního využití zdrojů energií, lze na instalaci solárního systému na přípravu teplé vody získat podporu v maximální výši 40 % (nejvýše však 35 000 Kč) [29]. V této podkapitole zkombinuji solární kolektory od firmy Boderus s kondenzačním kotlem a elektrickým kotlem z podkapitol 5.2.1. a 5.2.2. V obou případech bude nutné mít bivalentní zásobník, který umožňuje ohřev TUV dvěma zdroji.

### 5.2.4.1. Kondenzační kotel se solárním kolektorem

V nabídce firmy je kondenzační plynový kotel Logamax GB 172-14 T210SR, který se od kotle použitého v podkapitole 5.2.1. liší právě v použitém zásobníku, jež je v tomto druhém případě bivalentní a o zvětšeném objemu 210 l a v kompletním uzpůsobení pro připojení k solárním kolektorům. Sestava je vybavena solárním modulem SM10, membránovou expanzní nádobou solárního okruhu, oběhovým čerpadlem solárního okruhu, omezovačem průtoku pro solár, pojistným ventilem, napouštěcím a vypouštěcím ventilem, ochrannou anodou zásobníku a automatickým od vzdušňovacím ventilem. Takto vybavená sestava s kotlem Logamax vyjde na 120 625 Kč a lze k ní připojit 2 solární kolektory. Na výběr je ze dvou kvalitativních typů s parametry v tabulce 37.

	Logasol SKN 4.0 s	Logasol SKS 4.0-s
<b>Plocha apertury</b>	2,25 m <sup>2</sup>	2,1 m <sup>2</sup>
<b>Účinnost kolektoru</b>	77 %	85,1 %
<b>Jmenovitý výkon</b>	1 485 W	1 512 W
<b>Cena</b>	18 634 Kč	28 919 Kč

Tabulka 37 - Porovnání typů solárních kolektorů. Parametry dle informací výrobce.

V kombinaci s kotlem vyjde zvýhodněná varianta Logasol SKN 4.0-s na 135 520 Kč včetně montážního příslušenství na šikmou střechu. Dražší varianta s kvalitnějším kolektorem Logasol SKS 4.0-s vyžaduje investici 150 040 Kč.

Pro výpočet vyrobené energie a pokrytí spotřeby TUV jsem využil nástroje [30], do kterého jsem dosadil parametry od výrobce. Sklon kolektoru byl zvolen 30 °, azimut kolektoru 0° pro jižní orientaci střechy, teplota studené vody 15 °C a teplota teplé vody nastavena na 55 °C.

Oba kolektory vyrobí v podstatě stejné množství tepla. To je dáno větší plochou kolektoru s nižší účinností. Z toho důvodu bude dále počítáno pouze s variantou s kolektorem Logasol SKN 4.0-s. Vyrobené teplo na krytí spotřeby TUV je v tabulce 38, grafické znázornění na konci kapitoly. Roční servis zajišťuje firma SEKOM, spol. s r.o. za cenu 1 766,6 Kč ročně.

	Logasol SKN 4.0-s	Logasol SKS 4.0-s
<b>Vyrobené teplo</b>	2686 kWh/rok	2703 kWh/rok
<b>Krytí spotřeby</b>	42 %	42 %

Tabulka 38 - Krytí spotřeby a množství vyrobeného tepla solárními kolektory. Vypočteno pomocí [30].

Rozdíl v počáteční investici mezi kondenzačním plynovým kotlem bez podpory solárního přehřívání a kotlem s podporou solárního přehřívání vody je **42 471 Kč<sup>12</sup>**. Roční úspora využitím solárního přehřívání činí **3 634,16 Kč**. Výše možné dotace v rámci programu Zelená úsporám 2014 činí 40 % způsobilých výdajů, tzn. 16 988,4 Kč.

## 5.2.4.2. Elektrokotel se solárním kolektorem

Elektrokotel od společnosti DAKON bude místo zásobníku Logalux SU160 doplněn o bivalentní zásobník Logalux SM 300 s objemem 290 l vody, který bude možné ohřívat solárními kolektory. Kolektory v tomto případě budou 3 ks Logasol SKN 4.0-s.

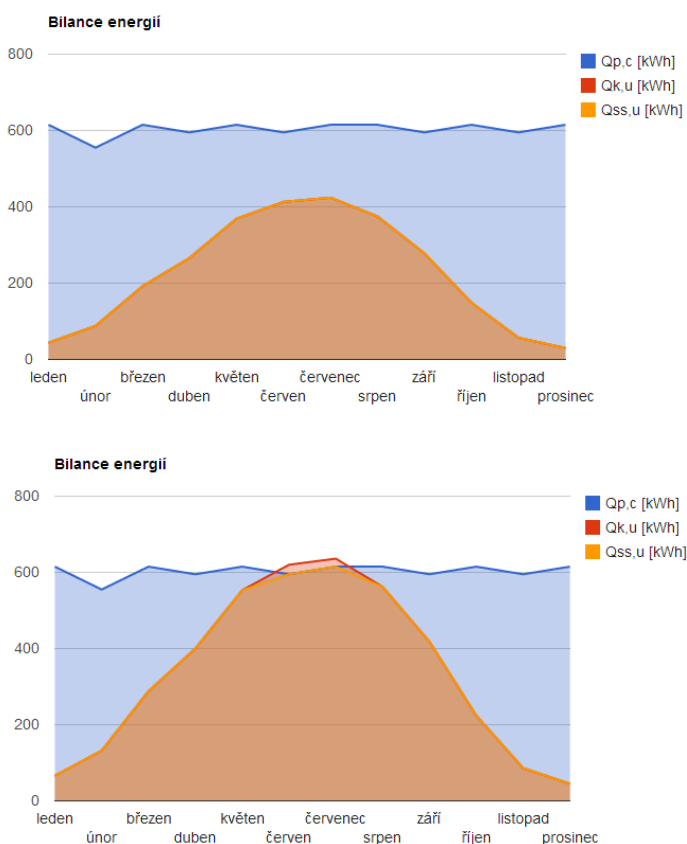
<sup>12</sup> Uvažováno využití pouze podlahového vytápění.

Cenový propočet všech potřebných součástí systému zobrazuje tabulka 39. Roční prohlídku zajišťuje stejně jako v předchozím případě SEKOM, spol. s r.o.

<b>3x kolektor Logasol SKN 4.0-s</b>	<b>56 870 Kč</b>
<b>Montážní příslušenství</b>	6 050 Kč
<b>Solární stanice s regulací</b>	13 189 Kč
<b>Zásobník SM 300/5</b>	24 079 Kč
<b>Celkem</b>	<b>100 188 Kč</b>

Tabulka 39 - Cenová nabídka pro sestavu solárního kolektoru a zásobníku. Dle příkladové situace společnosti Buderus.

Takto dimenzovaná sestava dokáže ročně vyrobit až 3 816 kWh tepla, což vzhledem k tomu, že v letních měsících dochází k nadvýrobě, pokryje 60 % potřeby teplé vody. Z potřebných 6 295,2 kWh to tedy je 3 777,12 kWh, což ukazuje na téměř ideální nadimenzování s minimální teoretickou roční nadvýrobou 38,88 kWh v letním období. Při ceně elektřiny 2,36 Kč/kWh v nízkém tarifu jde o roční úsporu **8 914 Kč**. Cena sestavy Elektrokotle se solárními kolektory vyjde na 127 583 Kč (původní zásobník bude nahrazen novým – bivalentním). Výše dotace v rámci programu Zelená úsporám 2014 je v maximální výši 35 000 Kč.



Graf 10 - Stupeň krytí solárního ohřevu TUV pro 2 (horní) a 3 (dolní) kolektory. Graf převzat z [30].

## 6. EKONOMICKÉ VYHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH SOUSTAV

V této kapitole shrnu poznatky z kapitol předchozích, aby šly dosažené výsledky jednoduše srovnávat a veškerá důležitá čísla se nacházela na jednom místě přehledně uspořádaná. Vzhledem k hodnocení projektů pomocí NPV a sestrojení citlivostních analýz, je třeba definovat inflaci, diskontní míru, dobu porovnávání, růst ceny elektřiny a růst ceny plynu.

- **Inflace = 2 %** - od roku 2010 platí inflační cíl České národní banky na úrovni 2 %. Takto nastavená mírná míra růstu všeobecné cenové hladiny<sup>13</sup> má zajistit stabilní ekonomickou situaci v regionu. Pro ovlivňování velikosti inflace má ČNB několik nástrojů. Základním je změna úrokové míry. Nepoměrně výraznějším zásahem je změna kurzu měny, ke kterému došlo na podzim roku 2013, kdy došlo k oslabení koruny vůči ostatním měnám.
- **Diskontní míra = 4,5 %**. Hodnota může být libovolně velká a závisí na konkrétním požadavku zadavatele, se kterým byla dohodnuta na 4,5 %. Ohled byl brán na hypotéku na dům s úrokem 2,1 %, alternativní možnost nákupu 5ti letých reinvestičních státních dluhopisů s průměrným ročním úrokem přes 3 %<sup>14</sup>, a doporučenou diskontní míru pro hodnocení energetických úspor o výši 5 %<sup>15</sup>. Vzhledem k tomu, že se jedná o rodinný dům (soukromý sektor) a nikoliv o podnikatelský záměr, byla výsledná diskontní sazba snížena na 4,5 %.
- **Doba porovnávání = 17 let**. Po konzultaci, s autorizovaným servisem výrobků společnosti Buderus, společností SEKOM, spol. s r.o., byla doba životnosti zdrojů tepla stanovena na 17 let. Běžně se dle servisu životnost pohybuje od 15 do 20 let. Doba životnosti bude zároveň dobou porovnávání projektů.
- **Růst ceny elektřiny = 2,02 %**. Predikovat chování cen je vždy složité. Do míry růstu velmi výrazně promlouvají obnovitelné zdroje energií a jejich

---

<sup>13</sup> <http://business.center.cz/business/pojmy/p577-inflace.aspx>

<sup>14</sup> <http://www.sporicidluhopisycr.cz/>

<sup>15</sup> <http://oze.tzb-info.cz/solarni-kolektory/7072-ekonomika-solarnich-tepelných-soustav-i>

dotování jednotlivými státy. Ukázkou těžkosti předpovědi může být meziroční pokles ceny elektřiny pro koncového zákazníka za odebranou MWh od společnosti ČEZ v těch sazbách, se kterými v této práci počítám. Pro distribuční sazby D02d, D35d a D55d se ceny propadly přibližně o 14 %. S takovou hodnotou však nelze z dlouhodobého hlediska počítat. Pro stanovení přibližné hladiny růstu, která však bude podrobena citlivostní analýze, jsem nahlédl na EEX (European Energy Exchange) a PXE (Power Exchange Central Europe), kde lze zobrazit obchodovanou cenu elektřiny (Future base load) v EUR/MWh na několik kalendářních let dopředu. Z těchto cen se dá vypožorovat určitý trend. Do roku 2017 cena všech Futures pozvolně klesá. Od roku 2017 do roku 2020 cena naopak roste (Dutch Futures (1,96%) a Phelix Futures (2,09%)). Po uklidnění situace s OZE by se mohl růst ceny ustálit na průměrných 2,02 %, s čímž budu ve výpočtech uvažovat.

- Růst ceny plynu = **0,46 %**. Při určování růstu ceny této komodity jsem opět nahlédl na burzu EEX. Zde se nacházejí ceny do roku 2017, které vykazují mírný růst (GASPOOL (0,46 %) a EGEX (0,41)). Průměrně tedy 0,46 %. Prozkoumám-li meziroční změnu ceny odebraného plynu pro koncového zákazníka od společnosti ČEZ, došlo k meziročnímu poklesu o 0,01 %. Stálé platby však vzrostly o 0,23 %. I tato skutečnost dokazuje stagnaci na trhu s energiemi, podobnou té na trhu s elektřinou. V blízké době bude mít na cenu zemního plynu výrazný vliv boom břidlicového plynu, který může výrazně zpomalit růst cen.

## 6.1. Podlahové vytápění a jeho kombinace s radiátory

Nejprve je třeba podlahové vytápění porovnat s kombinovaným vytápěním s radiátory v patře. Na základě tohoto srovnání budou vybrána otopná tělesa a k nim vhodný zdroj tepla. Srovnání počáteční investice do ryze podlahového vytápění, radiátorů vhodných k oběma kotlům, a do nízkoteplotních radiátorů vhodných pro zapojení s tepelným čerpadlem, ukazuje tabulka 40.

	Podlahové vytápění	Rad. pro TČ	Rad. Pro KK	Rad. Pro EK
<b>Investice [Kč]</b>	112 483	99 862	92 925,5	92 925,5
<b>Směšovací prvky [Kč]</b>		13 092,2	17 571,62	8 833
<b>Rozdíl [Kč]</b>		+471	-1 985,88	-10 724,5

Tabulka 40 - Srovnání investičních výdajů pro různá otopná tělesa.

Z tabulky 40 je jasně vidět, že investice do radiátorů pro kombinaci s tepelným čerpadlem je vyšší, než pro elektrokotel či kondenzační kotel. To je dáno větší plochou, které radiátory musí mít pro předání stejného množství tepla jako u kotlů. U tepelného čerpadla je uvažována teplota na vstupu do radiátoru 55 °C (maximální udávaná výstupní teplota výrobcem je 60 °C), u kotlů pak 70 °C.

Dále je zřejmé, že investice do směšovacího modulu k tepelnému čerpadlu, aby bylo možné vytápět 2 teplotně rozdílné okruhy, prodraží investici natolik, že podlahové vytápění v celém domě již vyjde levněji. U obou kotlů bude nutné provést analýzu provozních výdajů, abych zjistil, jestli se nižší počáteční investice, která je v případě kondenzačního kotle se směšovacím modulem nižší jen nepatrně, vyplatí. Srovnání provozních výdajů zobrazuje tabulka 41.

	Podlahové vyt. [Kč]	Kombinované vyt. [Kč]	Rozdíl
<b>Kondenzační kotel</b>	24 887,4	26 573,7	1 686,3 (6,78 %)
<b>Elektrokotel</b>	44 953,74	47 031,96	2 078,22 (4,62 %)
<b>Tepelné čerpadlo</b>	12 032,91	16 338,88	4 305,97 (35,8 %)

Tabulka 41 - Porovnání provozních výdajů jednotlivých zdrojů v závislosti na otopných tělesech.

Výpočet provozních výdajů vychází z celkové roční tepelné ztráty rodinného domu (potřeby tepla) a potřeby teplé vody. Celkový provozní výdaj je složen z energie potřebné na výrobu tepla, na přípravu teplé užitkové vody a na pohon oběhových čerpadel. Provozní výdaje na výrobu a rozvod tepla pomocí podlahového vytápění jsou brány jako referenční a vycházejí z tepelné ztráty domu a množství potřebné teplé vody dle doporučených hodnot. Pro výpočet výdajů u kombinované otopné soustavy jsem využil známého faktu, že pro navození stejné tepelné pohody je potřeba zvýšit teplotu v místnosti přibližně o 3 °C. Zvýšením průměrné teploty v patře o tyto stupně, stoupla roční tepelná potřeba objektu o 7,33 %.

Nejméně se zvednou provozní výdaje elektrokotle. To je dáno stejnou účinností v celém regulačním rozsahu. Naopak nejvíce se zvednou výdaje využitím tepelného čerpadla pro vytápění radiátory. Při velmi vysokých požadovaných výstupních teplotách

se výrazně snižuje topný faktor. Proto je tepelné čerpadlo velmi vhodné pro podlahové vytápění. Již při ohřevu teplé vody se topný faktor snižuje, jelikož voda v zásobníku je ohřívána vodou o teplotě 55 °C.

Z tabulek 40 a 41 je jasně patrná nevýhodnost instalace radiátorů v patře a vytápění v přízemí rodinného domu. V případě tepelného čerpadla pak pouhý nákup směšovacího modulu zvýší investici nad hodnotu investice pouze do dražšího podlahového vytápění v celém objektu. Výdaje na vytápění a ohřev TV jsou ročně o 4 305 Kč vyšší, což zcela podtrhuje nevhodnost tohoto zdroje pro vytápění radiátory.

U kondenzačního kotle se situace vyjasní po roce a půl používání, kdy provozní výdaje překonají nižší počáteční investici do zařízení. A to je zanedbána spotřeba na pohon čerpadla v paketu.

Zajímavý se jeví výběr kombinované otopné soustavy k elektrokotli, kde je rozdíl počáteční investice oproti podlahovému vytápění největší, a naopak rozdíl provozních ročních výdajů nejmenší. Taktéž samotný elektrokotel je nejlevnější ze zkoumaných zdrojů. Využijí jednoduchý výpočet prosté doby rentability [31] pro důkaz, že podlahové vytápění je dnes nejlepší volbou.

$$T = \frac{10\,724,5}{2\,078,22} = 5,16 \text{ let}$$

Vzhledem k době životnosti otopné soustavy (přibližně 50 let)<sup>16</sup> a elektrokotle (17 let) je prostá doba rentability nízká. Tento fakt vyzdvihuje variantu s podlahovým vytápěním v celém domě nad kombinovanou variantu. V následující kapitole bude uvažováno pouze podlahové vytápění, ke kterému bude nalezen vhodný zdroj tepla.

## 6.2. Zdroj tepla k podlahovému vytápění

V této kapitole porovnáím pomocí NPV výdajů možné zdroje vytápění pro rodinný dům v kombinaci s podlahovým vytápěním. Srovnám kondenzační kotel, elektrokotel a tepelné čerpadlo. V rámci programu Zelená úsporám 2014, lze získat dotaci na solární kolektory. Do srovnání tedy přidám i elektrokotel a kondenzační kotel doplněný o solární kolektor sloužící pro přípravu TUV. Tepelné čerpadlo nemá vzhledem k nízkým

---

<sup>16</sup> [http://bydleni.idnes.cz/podlahove-topeni-zdrave-a-usporne-drt-/uspory-energii.aspx?c=A060922\\_100624\\_dum\\_stavime\\_pet](http://bydleni.idnes.cz/podlahove-topeni-zdrave-a-usporne-drt-/uspory-energii.aspx?c=A060922_100624_dum_stavime_pet)



výdajům za elektřinu smysl dovybavovat solárním kolektorem s vysokými investičními výdaji.

Porovnám jak variantu s využitím dotace, tak bez. Podpora je v poměrné výši 40 % (maximálně však 35 000 Kč) ze způsobilých výdajů. Srovnání jednotlivých výdajů u každého zdroje zobrazuje tabulka 42.

Shrnutí	K	K+S	E	E+S	TČ
<b>Investice</b>	93 049	135 520	46 634	127 583	322 223
<b>Montáž</b>	6 050	6 050	1 936	1 936	24 200
<b>Uvedení + zaškolení</b>	2 117,5	2 117,5			6 050
<b>Celková investice</b>	<b>101 216,5</b>	<b>143 687</b>	<b>48 570</b>	<b>129 519</b>	<b>352 473</b>
<b>Servis</b>	1 766,6	3 097,6	1 524,6	3 291,2	1 766,6
<b>Stálé platby</b>	3 876,4	3 876,4	4 356,0	4 356,0	1 553,6
<b>Výdaj za teplo a TUV</b>	24 131,9	20 991,6	44 953,75	36 039,75	12 032,45
<b>Výdaj na čerpadla</b>	755,53	755,53	418,55	418,55	418,55
<b>Výdaj ostatní spotřeba</b>	18 745,7	18 745,7	10 737,0	10 737,0	10 517,0
<b>Celkové roční výdaje za energie a servis</b>	<b>49 276,1</b>	<b>47 466,7</b>	<b>61 989,9</b>	<b>54 842,5</b>	<b>26 288,7</b>

Tabulka 42 - Srovnání výdajů za energie RD dle využití jednotlivých zdrojů.

Z tabulky je jednoznačně vidět, že čím vyšší investiční výdaje jsou, tím nižší jsou ty provozní. Nejnižší je počáteční investice do elektrokotle. Díky tomu může majitel využívat distribuční sazbu D25d, která výrazně sníží cenu elektřiny, a tím sníží i výdaje na ostatní elektrickou spotřebu rodinného domu. Nízký tarif můžeme využívat po dobu 20 hodin, vysoký pak po zbytek dne. Ostatní elektrická spotřeba je násobena váženou cenou elektřiny během dne, která činí 2,44 Kč/kWh. Oproti ostatním zdrojům jsou u elektrokotle nižší i výdaje na pravidelný servis, které dle společnosti AGA servis vyjdou na 1 524,6 Kč ročně. Pořizovací cena kotle je nižší, než roční provozní výdaje za veškeré energie a servis. Ty, ve variantě bez solárního ohřevu vody, činí 61 989,9 Kč. Ve variantě se solárními kolektory bez podpory z programu Zelená úsporám 2014, vzroste počáteční investice přibližně o 100 tisíc Kč. Zvýší se výdaje za pravidelný roční servis, a to o 1 766,6 Kč. Roční výdaje za veškeré energie a servis klesnou díky využití solárních kolektorů o 7 147,4 Kč na 54 842,5 Kč.

V případě kondenzačního kotle jsou roční výdaje na vytápění a přípravu teplé vody přibližně poloviční oproti elektrokotli, a to kvůli ceně zemního plynu 1,353 Kč/kWh a normovanému využití kotle, které je vyšší než 100 % (konkrétně 109 % pro vytápění a 97,5 % pro ohřev teplé vody). Výrazně však vzrostou výdaje za ostatní elektrickou spotřebu. To je dáno distribuční sazbou elektřiny D02d s cenou 4,26 Kč/kWh. Počáteční

investice ve výši 101 216,5 Kč v případě kondenzačního kotle, bez pomocného ohřevu TUV solárními kolektory, znamená roční výdaje za veškeré energie a pravidelný servis ve výši 49 276,1 Kč. Firma Buderus nabízí kondenzační kotel ve variantě s bivalentním zásobníkem na teplou vodu a využitím až dvou solárních kolektorů. Tato sada zvýší počáteční investici o 42 470,5 Kč. Touto investicí se zvýší výdaje za roční servisní prohlídku o 1 331 Kč. Celkové roční výdaje rodinného domu za energie a servis klesnou o 1 809,4 Kč na celkových 47 466,7 Kč. Je vidět že tato investice se bez dotace z programu Zelená úsporám 2014 jednoznačně nevyplatí.

Posledním hodnoceným zdrojem je tepelné čerpadlo země/voda značky Buderus. Počáteční investice do tepelného čerpadla je několikanásobně vyšší oproti investici do ostatní zdrojů (elektrokotel 7,25x, kondenzační kotel 3,5x). Za vysokou investici však dosáhneme výrazně nižších výdajů za vytápění a ohřev teplé vody (elektrokotel 3,73x, kondenzační kotel 2x). Za vytápění a ohřev TUV zaplatíme 12 032,75 Kč. S tepelným čerpadlem využíváme distribuční sazbu D55d s platností nízkého tarifu 22 hodin denně. Díky tomuto faktu klesne vážená cena elektřiny na 2,39 Kč/kWh, což ve výsledku sníží výdaje za ostatní elektrickou spotřebu. Všimnout si lze i výrazně vyšších výdajů za montáž a uvedení do provozu oproti ostatním zdrojům. Celkové roční výdaje za energie a servisní prohlídky ve variantě s tepelným čerpadlem činí 26 288,7 Kč.

NPV výdajů, pro dané (stálé) hodnoty růstu energetických komodit, zobrazuje tabulka 43. Výpočet dle [31].

	K	K+S	E	E+S	TČ
NPV [Kč]	-729 753,98	-752 369,71	-883 178,05	-867 842,3	-700 758,81
NPV [Kč] s dotací		-735 381,31		-832 842,3	

Tabulka 43 - NPV výdajů projektů pro dané hodnoty růstu komodit bez a s dotací z programu Zelená úsporám 2014.

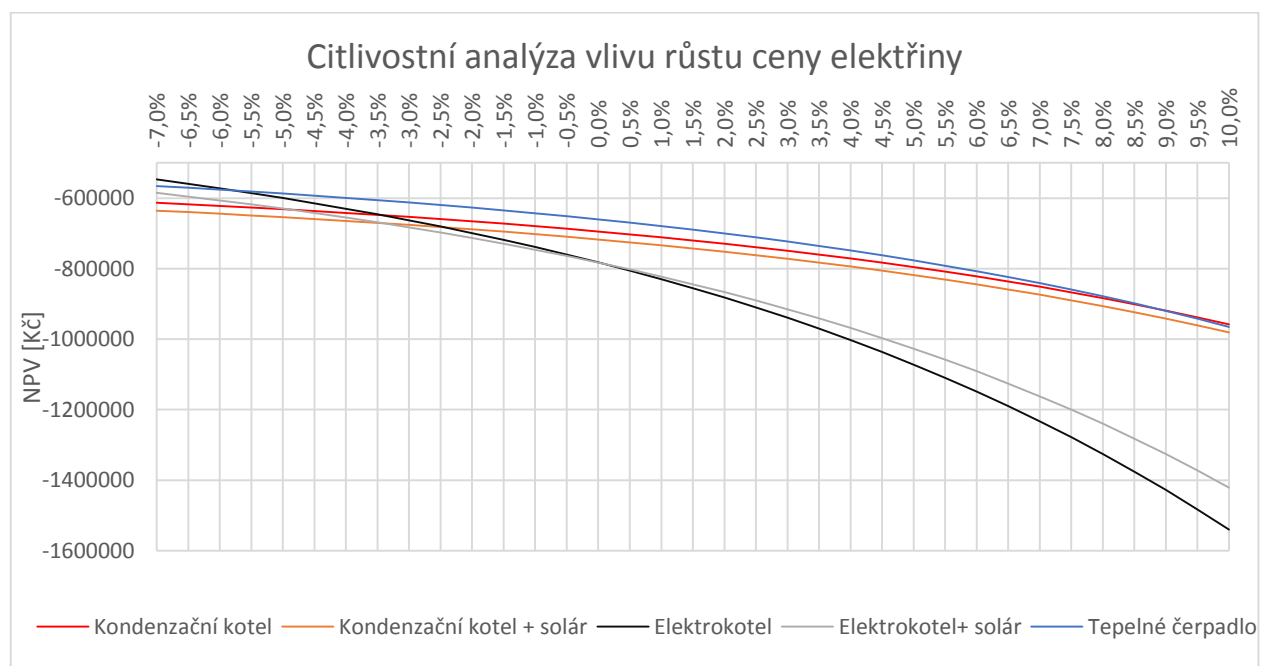
Z tabulky je vidět, že nejnižší NPV výdajů za daných podmínek, a tudíž i nejlepší variantou, je investice do tepelného čerpadla. Zajímavé je i srovnání NPV u projektů, kde je možné získat dotaci z programu Zelená úsporám 2014. Při dovybavení kondenzačního kotle solárními kolektory, se výdajové NPV této varianty za daných růstových podmínek energií nedostane pod NPV varianty bez kolektorů. To je dáno nízkou cenou plynu za MWh, výdaji za pravidelné servisní prohlídky a menším solárním krytím potřeby tepla na přípravu TUV oproti elektrokotli.

U elektrokotle, který je dle hodnocení výdajové NPV na posledním místě, je vidět i bez dotace výrazný rozdíl ve výdajové NPV mezi variantami s a bez kolektorů. Získáme-li navíc dotaci v plné výši 35 000 Kč, sníží se výdajová NPV, a to velmi výrazně. Varianta elektrokotle se solárními kolektory je v každém případě lepší než varianta bez kolektorů. 3 panely solárních kolektorů mají krytí potřeby teplé užitkové vody přibližně 60 %.

Nejlepší variantou, za daných růstových podmínek energií, je tepelné čerpadlo. Počáteční vysokou investici tepelné čerpadlo zajistí nejnižší výdaje za energie, díky čemuž dokáže výdajovou NPV převážit za dobu životnosti ve svůj prospěch.

### 6.2.1. Citlivostní analýza růstu ceny elektřiny

Vzhledem k tomu, že ceny energií lze jen velmi těžko předpovídat, provedu citlivostní analýzu na změnu ceny elektřiny i plynu. Růst ceny elektřiny budu měnit v rozmezí -7 %, což je velmi výrazný pokles, ke kterému může dojít pouze v ojedinělých letech zejména zásahem do podpory OZE (2013/2014) až do růstu 10%. Takový růst mohou způsobit výrazné investice do posílení přenosových kapacit či drahá energie na vyrovnání nevyrovnané produkce energie z OZE, opět však pouze v ojedinělých letech. Jinak předpokládám průměrný růst ceny elektřiny 2,02 %. Citlivostní analýzu růstu ceny elektřiny na výdajovou NPV zobrazuje graf 10.



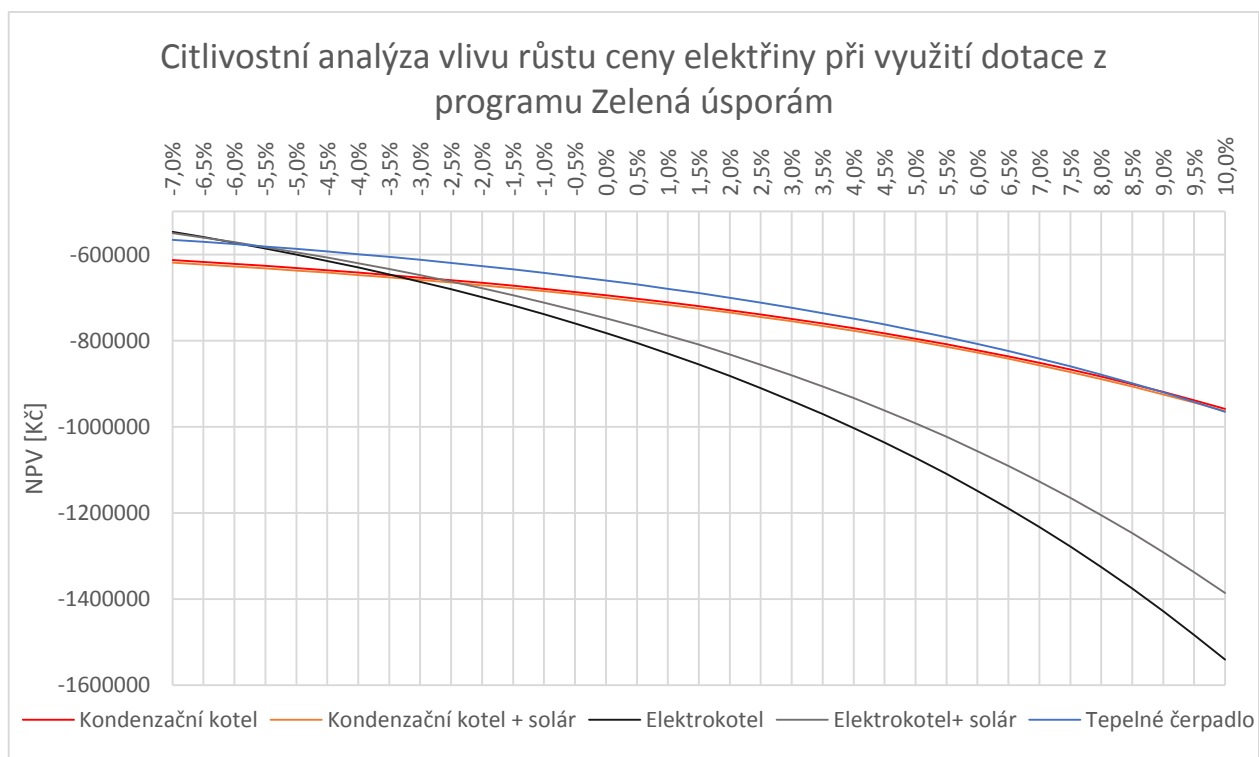
Graf 11 - Citlivostní analýza vlivu růstu ceny elektřiny.

Z grafu lze vypočítat několik trendů. Největší vliv má změna ceny elektřiny pochopitelně na elektrokotel. Pokud by cena elektřiny velmi výrazně a pravidelně klesala (více jak -6 %), mohl by mít elektrokotel i lepší výdajovou NPV než tepelné čerpadlo. S rostoucím růstem ceny elektřiny však NPV u elektrokotle výrazně a rychle klesá. Varianta elektrokotle se solárními kolektory má mírnější pokles. V první části grafu (cca do nulového růstu ceny elektřiny) je horší. Avšak čím vyšší bude růst ceny elektřiny, tím více se vyplatí varianta elektrokotle se solárními kolektory.

Na kondenzační kotel nemá změna ceny elektřiny velký vliv. Pokles NPV je nejmírnější ze všech zdrojů. Varianta se solárními kolektory nikdy nepředčí variantu bez kolektorů. Kondenzační kotel se stane nejlepší volbou v případě, kdy by elektrická energie rostla během příštích 17 let o více jak 9 %.

Modrá křivka tepelného čerpadla je téměř v celém rozsahu růstu ceny elektřiny (od -6 % do 9%) nejlepší variantou. Předpokládám, že průměrný růst elektřiny nevybočí z těchto hranic, což jasně určuje nejlepší volbu zdroje, máme-li na něj dostatečné finanční prostředky a vhodnou lokalitu.

Další graf 11 zobrazuje totéž, avšak s čerpáním dotace z programu Zelená úsporám 2014.



Graf 12 - Citlivostní analýza vlivu růstu ceny elektřiny při využití dotace Zelená úsporám 2014.

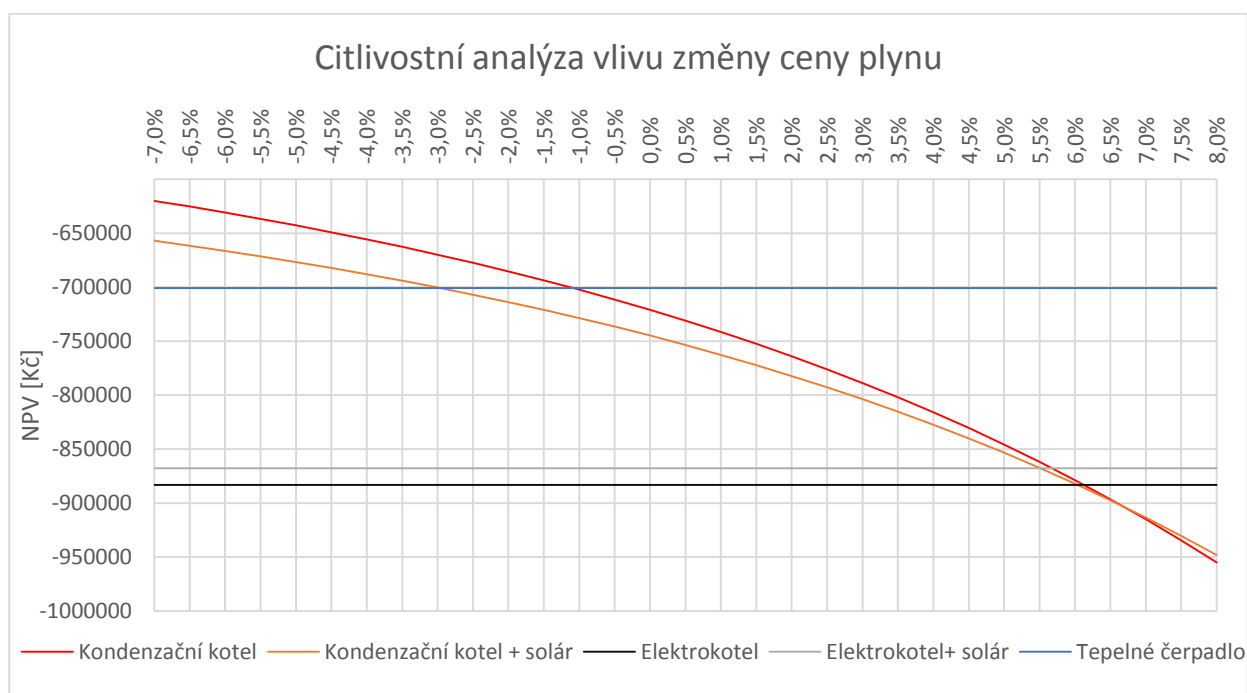
Situace velmi obdobná předchozímu grafu. Pouze se křivky zdrojů s podporou ohřevu TUV pomocí kolektorů posunou směrem nahoru. To znamená 2 věci. Varianta elektrokotle s podporou solárního ohřevu TUV předčí variantu bez solárního dohřevu i při klesající ceně elektřiny (-6%) a stává se tak jednoznačně lepší variantou. Se zvětšujícím se růstem ceny elektřiny se rozdíl ve výdajové NPV čím dál tím více zvětšuje. Získáme-li dotaci, lze tuto variantu téměř vždy považovat za lepší než pouhý elektrokotel.

U kondenzačního kotle se ani po získání podpory nestane varianta s ohřevem TUV pomocí kolektorů lepší než varianta bez kolektorů.

Tepelné čerpadlo je nadále v téměř celém zkoumaném rozsahu nejlepší variantou.

## 6.2.2. Citlivostní analýza růstu ceny plynu

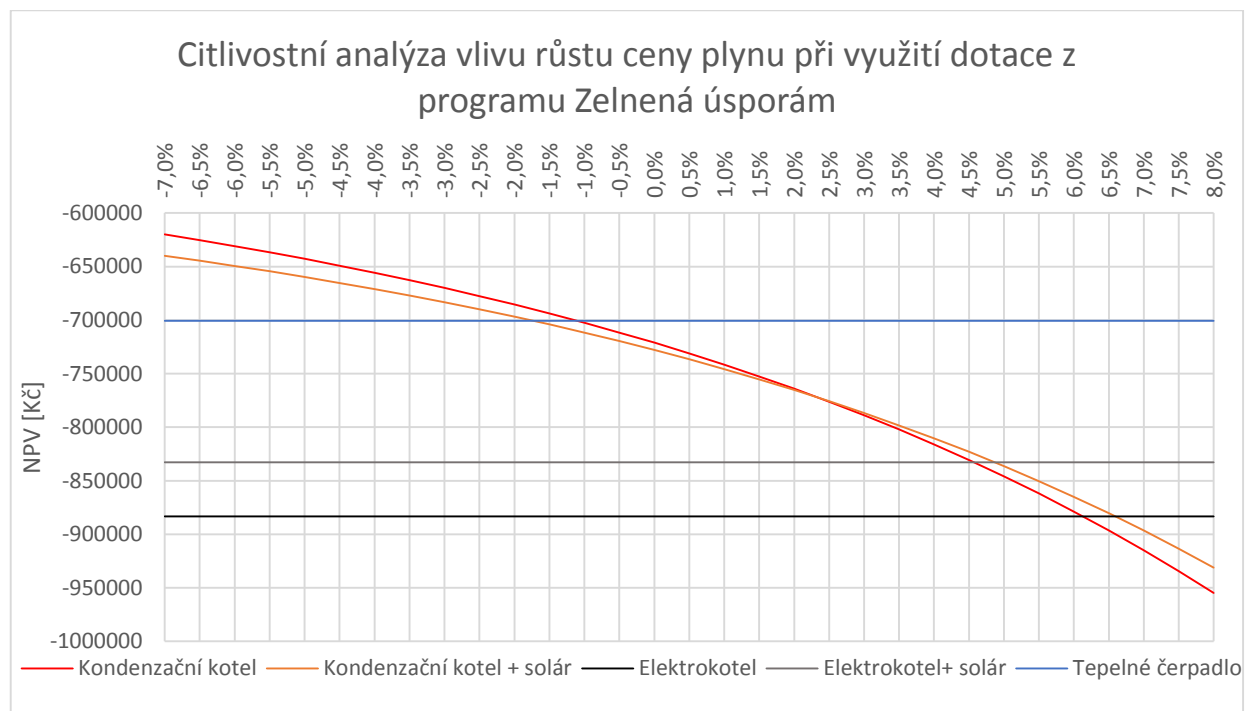
Obdobně jako citlivostní analýza na růst ceny elektřiny, provedu citlivostní analýzu na růst ceny plynu. Změna ceny plynu se dotkne pouze variant s kondenzačním kotlem. U elektřiny tomu bylo jinak, jelikož uvažujeme ostatní spotřebu elektrospotřebičů v bytě jako čistě elektrickou. Růst ceny elektřiny bude zachován na hodnotě 2,02 %, proto budou křivky tepelného čerpadla a elektrokotle rovnoběžky s osou x o stejně velké výdajové NPV. Změna ceny plynu bude od -7 % do +8%. Citlivostní analýzu bez dotace z programu Zelená úsporám 2014, zobrazuje graf 12.



Graf 13 - Citlivostní analýza změny ceny plynu bez dotace z programu Zelená úsporám 2014.

Z grafu je zřejmé, že pokud by cena zemního plynu, například vlivem boomu břidlicového plynu, klesala o více než 1 %, vyplatila by se investice do kondenzačního kotle bez pomoci solárního kolektoru k ohřevu TUV. Pokud by cena rostla, je jednoznačně nejlepší variantou tepelné čerpadlo. Pokud uvažujeme o volbě mezi kondenzačním kotlem se solárními kolektory a pouze kondenzačním kotlem. Je varianta pouze kondenzačního kotle pro vytápění a přípravu TUV lepší až do maximálního růstu ceny plynu o 7 %. Při vyšším růstu se vyplatí investice do kombinovaného kondenzačního kotle se solárními kolektory. V tomto bodě je však již finančně výhodnější nákup elektrokotle (již při růstu ceny plynu o 6 %).

Graf 13 znázorňuje situaci s dotací z programu Zelená úsporám 2014, v procentuální podpoře z investice ve výši 40 %, což znamená necelých 17 000 Kč.



Graf 14 - Citlivostní analýza vlivu růstu ceny plynu při získání dotace z programu Zelená úsporám 2014.

Získání dotace má 2 efekty na závislost výdajové NPV na růstu ceny plynu. Prvním je přiblížení křivky kondenzačního kotle se solárními kolektory blíže ke křivce čistě kondenzačního kotle. To znamená dřívější protnutí těchto křivek, konkrétně již při růstu ceny plynu o 2,5 %. Pokud by cena plynu rostla rychleji, vyplatí se v případě volby mezi kondenzačním kotlem a kotlem doplněným solárními kolektory, druhá zmiňovaná varianta.

Druhým efektem je posun křivky elektrokotle se solárními kolektory směrem nahoru. Tento fakt může při velmi vysokém růstu ceny plynu znamenat, že investujeme do tohoto zdroje. Při růstu ceny plynu o více jak 5 %, se stává tato varianta výhodnější než kondenzační kotle.

## ZÁVĚR

Díky vyčerpatelnému množství neobnovitelných zdrojů energie, je cílem světového společenství snižovat energetickou náročnost obyvatelstva. To se týká nejen spotřebičů a zařízení, které lidstvo využívá, ale i samotných budov. Opatření pro snižování spotřeby šetří nejen životní prostředí, ale i peněženku každého jednotlivce. Energetická náročnost budovy souvisí především s její tepelnou ztrátou. Stejně jako spotřebiče (energetický štítek), tak i pro nové budovy existuje podobný dokument znázorňující její spotřebu – Průkaz energetické náročnosti budovy. Ten hodnotí veškeré energie a jejich využívání v domě. Celkovou spotřebu poměrně rozděluje mezi vytápění, chlazení, větrání, teplou vodu a osvětlení. Obálku budovy z pohledu tepelných ztrát graficky znázorňuje energetický štítek (obálky) budovy. Budova je hodnocena dle stupnice A-G. Pro každou novostavbu je vytvořena tzv. referenční budova, která je geometricky shodná právě s novostavbou. Liší se pouze použitými materiály, podle kterých lze budovu zařadit do jednotlivých kategorií stupnice, vždy dle potřeby energie na 1 m<sup>2</sup> plochy. Pro každou budovu jsou meze stupnice nastaveny jinak, dle geometrie domu. V současné době musí novostavba splňovat alespoň kategorii C – „Úsporná“.

Dle tepelné ztráty rozlišujeme několik kategorií domů. Od nejnižší tepelné ztráty obálkou budovy to jsou pasivní, nízkoenergetický, úsporný a standartní. Tepelná ztráta prostupem obálkou budovy je v případě pasivního domu přibližně třetinová oproti domu standartnímu. To znamená, že přibližně třetinové budou i výdaje za vytápění. Nižší výdaje za vytápění jsou však vykoupeny vyšší počáteční investicí do stavby domu. Na stavbu lze použít velké množství dnes dostupných materiálů. Z tepelně-izolačního hlediska jsou hodnoceny veličinou součinitel prostupu tepla  $U$  s rozměrem  $W/(m^2K)$ . Čím nižší hodnota, tím lépe. Převrácená hodnota se jmenuje tepelný odpor. Nejméně tepla na metr čtverečný uniká skrz obvodové zdivo, které lze například pomocí polystyrenu izolovat ještě lépe, naopak výrazně vyšší únik je skrze dveře či okna, a to mnohonásobně.

Vytápění domu zajišťuje zdroj tepla prostřednictvím otopné soustavy. Zdrojů tepla je velká škála a dělí se dle paliva, které pro ohřev topné vody používají. Jedná se o kotle na tuhá, kapalná, plynná paliva. Dále o elektrokotle a tepelná čerpadla, která využívají nízkopotenciální energii prostředí. V této práci byl porovnán kondenzační



plynový kotel, elektrokotel a tepelné čerpadlo. V prvních dvou případech byla prozkoumána ekonomická výhodnost propojení zdroje se solárním kolektorem k ohřevu teplé vody. Ohřev teplé vody zajišťuje taktéž zdroj pomocí trojcestného ventilu, který je standartní součástí dodávky. Teplá voda je uložena v zásobníku umístěném v blízkosti zdroje. Otopných těles je několik typů. V domě přichází v úvahu teplovodní tělesa. Zejména podlahové vytápění a radiátory, jejichž vhodnost a ekonomická výhodnost byla taktéž předmětem šetření.

Rodinný dům, pro který jsem navrhoval zdroj tepla pro vytápění a přípravu teplé vody, se nachází v okrese Praha-východ v katastrálním území obce Zlatá, cca 15 km od Prahy. Jedná se o dvoupodlažní rodinný dům s garáží o celkové ploše 198 m<sup>2</sup>. Užitná plocha má tyto rozměry: garáž 26,5 m<sup>2</sup>; přízemí 73,4 m<sup>2</sup>; patro 73,96 m<sup>2</sup>. Plocha vnitřních stěn (neužitná) je 24,18 m<sup>2</sup>. Na obvodové zdivo byla použita cihla POROTHERM 44 a POROTHERM 30 s polystyrenovou izolací a prostupem tepla o hodnotě 0,17 resp. 0,68 W/(m<sup>2</sup>K). Střecha je zateplena izolační pěnou ICYNENE o prostupu tepla 0,21 W/(m<sup>2</sup>K). Okenní výplně jsou z izolačního trojskla o součiniteli prostupu 0,87 W/(m<sup>2</sup>K). Součinitele prostupu tepla jednotlivými konstrukčními prvky zobrazuje přehledně tabulka 10. I z tohoto srovnání je zřejmé, přes který konstrukční prvek uniká nejvíce tepla na metr čtverečný. Plocha obvodového zdiva či střechy je však větší než plocha výplní otvorů. Dům je orientován největší plochou na jižní stranu, čímž lze dosáhnout výrazných solárních zisků. Ideální sklon střechy (36°) umožňuje instalaci solárních kolektorů na střechu. Fotovoltaické panely pro výrobu elektrické energie se, díky cenové vyhlášce ERU a nulové výkupní ceně pro tento rok, nevyplatí.

Klimatická oblast, ve které se dům nachází, je teplotně nejmírnější u nás. Pro nadmořskou výšku 100 m.n.m. se uvažuje s výpočtovou nejvyšší zimní teplotou -12 °C. V této oblasti se výpočtová teplota mění o 0,5 °C každých 100 výškových metrů. Dům se nachází v nadmořské výšce 314 m, což stanoví výpočtovou venkovní teplotu po zaokrouhlení směrem nahoru na -13,1 °C. Majitel zadal, pro výpočet celkové tepelné ztráty objektu, požadované teploty v jednotlivých místnostech, které se mírně liší od teplot doporučených normou (tabulka 16). Průměrná teplota v obytné zóně (mimo garáž) činí 20,5 °C. Se započtením garáže je to 19,6 °C. Průměrná teplota v obytné zóně, dle přání majitele, je přibližně o 1 °C větší než průměrná teplota objektu s doporučenými teplotami v místnostech.

Tepelné ztráty místnosti jsou součtem ztrát prostupem a větráním. V tabulce 17 jsou přehledně zobrazeny ztráty jednotlivých místností. Největší ztráty v přízemí má obývací pokoj s kuchyní. To je dáno jednak tím, že se jedná o největší místnost a tudíž je i obklopena největší plochou obálky budovy, ale i tím, že velká část obálky budovy, ohraničující tuto místnost, je z izolačního trojskla. Téměř čtvrtinu tepelných ztrát celého objektu ztratí obývací pokoj (graf 2). Obývací pokoj má naopak, i díky své jihozápadní orientaci, nejvyšší solární zisky, a to 45,34 W, které snižují tepelné ztráty na výslednou hodnotu. Druhou místností, která má největší tepelné ztráty, je garáž, a to 1 560 W, z čehož 116 W je nevýhodnou severní orientací. Velkou ztrátu má na svědomí také slabší obvodové zdivo a izolační dvojskla, místo trojskel, která jsou v obytné zóně domu. Tradičně vysokou tepelnou ztrátu mají obě koupelny, jelikož v je nich požadována nejvyšší teplota. Minimální ztráty má WC a technická místnost, kde ztráty větráním výrazně převyšují ztráty prostupem, jelikož jsou tyto místnosti s nižší požadovanou teplotou ohřívány okolními stěnami. Chodba je zcela ohřívána prostupem, a tak je veškerá ztráta způsobena větráním. Kompletní toky energií mezi jednotlivými místnostmi zobrazuje Příloha 3. Podíl ztrát prostupem ku větrání celého objektu je 65/35. V obytné zóně, kde je větší požadavek na výměnu vzduchu, pak 58/42.

Pokud zhodnotím celou obálku budovy, zjistím, že největší únik tepla, je skrz výplň s trojsklem, konkrétně 27 %. Následuje obvodové zdivo 23 %, zateplená střecha 15 %, strop v podkroví 12 % a nášlapná podlaha v přízemí 10 %. Ztráty tepla konstrukcemi zobrazuje detailně graf 3.

Celková tepelná ztráta objektu je součtem tepelných ztrát jednotlivých místností, a pro výpočtovou venkovní teplotu činí **6,93 kW**. Na tuto hodnotu je potřeba dimenzovat výkon zdroje, který dokáže tepelnou ztrátu objektu v zimních měsících vyrovnat. Klesne-li venkovní teplota až na -17 °C, bude potřeba pro udržení požadovaných teplot v jednotlivých místnostech objektu téměř 7,7 kW. Takto nízká teplota může ojediněle v roce nastat, a je třeba se na ni připravit. Naopak při venkovní teplotě vyšší než 22,7 °C, dochází k přehřívání, a místnosti jsou vytápěny na vyšší teplotu. Potřebu tepla na udržení požadované teploty v místnostech, zobrazuje graf 5.

Roční potřeba tepla na vytápění závisí na opravném faktoru, který definuje konkrétní dům, na tepelné ztrátě domu, na průměrné vnitřní teplotě, na výpočtové venkovní teplotě a na počtu dennostupňů. Dennostupně vychází z průměrné teploty

v otopném období v dané lokalitě a počtu dnů otopného období. Otopné období může začínat a končit při různé venkovní teplotě dle požadavku majitele. Délku otopného období pro obec Zlatá v závislosti na sepnutí vytápění při různých teplotách, zobrazuje tabulka 21. Pro začátek a konec topné sezóny při venkovní teplotě 13 °C, potřebujeme teplo **11 905 kWh**. Potřebu tepla pro 12 °C a 15 °C zobrazuje graf 7. Potřebu tepla na vytápění během roku graf 8. Den maxima (tzn. den s nejnižší průměrnou denní teplotou) je dle dlouhodobého průměru 10. leden. V tento den je třeba dodat 76,95 kWh tepla na vytápění, což je průměrný výkon zdroje během dne 3,21 kW.

Zdroj bude, kromě vytápění, zajišťovat i přípravu TUV. Pro čtyřčlennou rodinu uvažuji denní spotřebu 328 l teplé vody, ve které je ukryto **6 295,2 kWh** tepla. Spotřebu teplé vody detailně znázorňuje tabulka 22. V celkovém součtu i s vytápěním musí zdroj, pro případ 13 °C, vyrobit během roku **18 200,71 kWh** tepla. Ve dni maxima je průměrný výkon zdroje i s přípravou TUV 3,92 kW. Kromě tepla musí být do domu dodávána i elektrická energie. Dle informací od majitele (Příloha 5) je celková spotřeba elektřiny 4 400,4 kWh ročně. Celková energetická náročnost budovy činí **22 601,11 kWh**, což je **114,15 kWh/m<sup>2</sup>**.

Pro vytápění místnosti teplem, vyrobeném ve zdroji, se používají otopná tělesa. V práci jsem prozkoumal 2 možné varianty otopné soustavy. V prvním případě se jedná o podlahové vytápění pomocí trubek HAKA PE-Xc s roztečí 15 cm umístěném v celém domě, včetně garáže. V druhém případě jde o kombinaci podlahového vytápění stejného typu v přízemí a radiátorů značky KORADO v patře. Zatímco podlahové vytápění pracuje s nízkými teplotami vstupní vody (35 °C, vyšší teploty jsou jednak nežádoucí, a jednak mohou ohřát podlahu na zakázanou teplotu), tak pro radiátory se hodí vysoké vstupní teploty (70 °C). Čím vyšší vstupní teplota do radiátorů jde, tím menší je třeba teplosměnná plocha, a tím i výdaje za radiátor. Rozdíly v cenách za radiátory s vysokou vstupní teplotou (z kondenzačního plynového kotle a elektrokotle) a s nízkou vstupní teplotou (z tepelného čerpadla) zobrazuje tabulka 27. Podlahové vytápění vyjde na **112 483 Kč**, kombinovaná varianta radiátorů s nízkoteplotním tepelným čerpadlem **99 862 Kč**, kombinovaná varianta s kotlovým zdrojem **92 925,6 Kč**. Instalace kombinované varianty vytápění s sebou nese potřebu zapojení směšovacího modulu, který zvyšuje počáteční investici. Porovnání ceny směšovacích modulů pro jednotlivé zdroje zobrazuje tabulka 40. Dále je známý fakt, že při použití radiátorů, je třeba

k navození stejné tepelné pohody v místnosti, zvýšit teplotu o 3 °C. Zvýšením teploty v místnostech v patře o 3 °C se zvedne potřeba tepla na vytápění o 7,33 % na 12 777,31 kWh ročně.

K porovnávání zdrojů byly použity výrobky značky Buderus (Bosch) a elektrokotel společnosti DAKON, který servisní středisko Buderus doporučuje. Kondenzační kotel má tu výhodu, že využívá vodu ze spalin, čímž je možné ve vztahu k výhřevnosti dosáhnout větší účinnosti než 100 %. Počáteční investice do kotle je 93 049 Kč včetně integrovaného zásobníku na teplou vodu. Cena plynu od společnosti ČEZ je levná, a tak výdaje za teplo při práci do podlahového vytápění, ohřevu teplé vody a rozvod tepla po domě činí **24 887,4 Kč** ročně. Pro kombinovanou variantu je topná voda ohřívána na spád 70/50, kvůli čemuž byl do soustavy nainstalován směšovací modul. Při vyšší teplotě klesne účinnost na 105 %, oproti 109 % pro nízkoteplotní podlahové vytápění. Snížení účinnosti má za následek větší spotřebu zemního plynu a tudíž i vyšší výdaje, a to o 1 686,3 Kč (6,78 %). Celkem na **26 573,7 Kč**. Vzhledem k investici do směšovacího modulu a zvýšené spotřebě v kombinované variantě vytápění, je tato varianta finančně nevýhodná. V případě kondenzačního kotle je vysoká cena za dodanou elektrickou energii.

Instalací elektrokotle lze využít zvýhodněné distribuční sazby za elektřinu D45d (přímotop) s délkou nízkého tarifu 20 hodin denně. Počáteční investice do kotle, včetně příslušenství dle tabulky 33, vyjde na 46 634 Kč. Elektrokotel pracuje s účinností 99 %, což znamená roční spotřebu elektrické energie 19 048,2 kWh. Roční výdaje za elektřinu při čistě podlahovém vytápění činí **44 953,7 Kč** bez elektřiny na pohon čerpadel. V případě kombinované varianty s radiátory je třeba zvýšit počáteční investici o 8 833 Kč. Vyšší potřeba tepla zvýší roční výdaje o 2 078,22 Kč (4,62 %) na celkových **47 031,6 Kč**.

Posledním porovnávaným zdrojem je tepelné čerpadlo. Byla zvolena varianta země/voda s hlubinným vrtem, ze kterého tepelné čerpadlo získává nízkopotenciální teplo, které předává topné vodě. S tepelným čerpadlem lze využívat distribuční sazbu D55d (tepelné čerpadlo) s platností nízkého tarifu 22 hodin denně, což výrazně sníží výdaje za ostatní elektrickou spotřebu v domě. Maximální výstupní teplota topné vody z čerpadla je 60 °C, což znesnadňuje jeho využití k radiátorovému vytápění, naopak jej předurčuje k použití s nízkoteplotním podlahovým vytápěním. Topný faktor při teplotě solanky 5 °C a výstupní teplotě 35 °C je až 5. Při teplotách 5/55, pro vytápění radiátory a

ohřevu teplé vody, je topný faktor 3. Tepelné čerpadlo je dále vybaveno elektrickým přímotopným tělesem, které v případě zvýšeného požadavku na teplo sepne a urychlí tak ohřev topné či teplé užitkové vody. Samotné tepelné čerpadlo v sobě obsahuje zásobník na teplou vodu o objemu 120 l. Dále je k němu dodáván zásobník na topnou vodu, díky čemuž se snižuje počet startů čerpadla, a tím zvyšuje jeho účinnost a životnost. Na pokrytí potřeby tepla 18 200,71 kWh potřebuje tepelné čerpadlo pouze 5 098,69 kWh elektrické energie s celkovými výdaji **12 031,91 Kč**. Topný faktor činí 3,57. V kombinované variantě vytápění je třeba zakoupit směšovací sadu v hodnotě 13 092,2 Kč. Tepelné čerpadlo pracuje celou dobu s výstupní teplotou 55 °C. V takovém případě bude roční spotřeba elektrické energie na pokrytí roční potřeby tepla 6 923,25 kWh (topný faktor 2,86). Roční výdaje za elektřinu se zvednou o 4 307,95 Kč (35,8 %) na celkových **16 338,88 Kč**.

Vzhledem k malému rozdílu v počáteční investici do kombinovaného a čistě podlahového vytápění, vysoké ceně za směšovací moduly, zvýšeným výdajům za vytápění a vysoké době životnosti zdrojů i topných těles, je finančně lepší investovat do podlahového vytápění v celém domě.

V poslední řadě jsem prozkoumal možnosti využití solárních kolektorů pro ohřev teplé vody v kombinaci s kondenzačním kotlem a elektrokotlem. V případě tepelného čerpadla nemá toto rozšíření o kolektory smysl, kvůli velmi nízkým výdajům za energii a vysoké počáteční investice do kolektorů. Společnost Buderus nabízí set kondenzačního kotle s bivalentním zásobníkem a 2 solárními kolektory na ohřev teplé vody za 135 520 Kč (rozdíl 42 471 Kč proti variantě bez kolektorů). Solární kolektory v tomto setu dokáží pokrýt 42 % (graf 10) potřeby tepla pro ohřev TUV (2 686 kWh). Úspora činí **3 634,16 Kč**. Pro přípravu teplé vody solárními kolektory lze využít dotaci z programu Zelená úsporám 2014 o velikosti 40 % ze způsobilých výdajů, tedy 16 988,4 Kč.

Pro kombinaci elektrokotle se solárními kolektory je třeba zakoupit bivalentní zásobník na teplou vodu a set se 3 solárními kolektory včetně příslušenství dle tabulky 39. Celková investice do solárního setu vyjde na 100 188 Kč. S elektrokotlem je počáteční investice 127 583 Kč. Taková sada dokáže v kombinaci s ideálním nasměrováním a sklonem střechy vyrobit ročně 3 777,12 kWh tepla, čímž pokryje 60 % (graf 10) potřeby teplé vody. Výdajově se jedná o úsporu **8 914 Kč** ročně. Navíc na investici lze získat dotaci z programu Zelená úsporám v maximální výši 35 000 Kč.

Porovnání celkových ročních výdajů za veškeré energie a pravidelné prohlídky zdroje, zobrazuje tabulka 42. Ve stejné tabulce jsou porovnány i jednotlivé investiční výdaje za zdroje. Nejvyšší počáteční investice je třeba do tepelného čerpadla. Nejvyšší počáteční investice je vynahrazena nejnižšími výdaji za energie celého rodinného domu, **26 288,7 Kč**. Kondenzační plynový kotel vyžaduje přibližně třetinovou investici oproti tepelnému čerpadlu, ale výdaje za energie pro RD stoupnou na **49 276,1 Kč** respektive **47 466,7 Kč** včetně kolektoru. Nejnižší je počáteční investice do elektrokotle s ročními výdaji za energie ve výši **61 989,9 Kč** respektive **54 842,5 Kč** s kolektory. Investice v tabulce jsou bez dotací z programu Zelená úsporám 2014. Pro posouzení nejlepšího projektu jsem provedl výdajovou NPV po dobu životnosti (17 let).

Pro základní růsty energií 2,02 % elektřina, 0,43 % plyn a diskont 4,5 %, je nejlepší variantou tepelné čerpadlo s výdajovou NPV **-700 758,81 Kč**. Druhým projektem v pořadí je plynový kondenzační kotel s NPV **-729 753,98 Kč**. NPV pro všechny varianty zdrojů a varianty se získáním dotace, zobrazuje tabulka 43. Bude-li se cena elektřiny ročně měnit v rozmezí -7 % až +10 %, budou nejlepší varianty s nejnižší výdajovou NPV < -7 % až -6 % elektrokotel, -6 % až +9 % tepelné čerpadlo, 9 a více procentní růst pak kondenzační plynový kotel. Při zisku dotace se pořadí nejvýhodnějšího projektu nezmění. Akorát se téměř v celém zkoumaném rozsahu růstu ceny elektřiny vyplatí elektrokotel s kolektory na úkor samotného elektrokotle. Naopak kombinace kondenzačního kotle s kolektory se ani po dotaci nestane výhodnější, pokud se nebude měnit cena plynu.

Při změnách ceny plynu v mezích -7 % a +8 % ročně a konstantní ceně elektřiny, bude bez dotace pořadí výhodnosti projektů následující. < -7 % až -1 % kondenzační plynový kotel. Od -1 % do 8 % tepelné čerpadlo. Situace s dotací nic na tomto pořadí nezmění. Citlivostní analýzy zobrazují grafy 10,11,12 a 13.

Nejlepším zdrojem je tedy tepelné čerpadlo s počáteční investicí **352 473 Kč**. Díky instalaci získáme nejvýhodnější sazbu za elektřinu s platností nízkého tarifu 22 hodin denně. Celkové výdaje za energie pro rodinný dům, včetně pravidelné roční prohlídky tepelného čerpadla, činí **26 288,7 Kč**.

## POUŽITÁ LITERATURA

- [1] DOC. ING. JIŘÍ HABŘINSKÝ, CSC., Výroba energie (Přednášky), Interní publikace katedry ekonomiky, manažerství a humanitních věd, ČVUT.
- [2] ING. JAROSLAV KNÁPEK CSC., ING. ERIK GEUSS, Ekologie a Ekonomika, Vydavatelství ČVUT, 2000, ISBN: 80-01-02203-X.
- [3] MGR. PETR VELFEL A KOLEKTIV, Energie pro rodinný dům, Paradise Studio, 2010, ISBN: 978-80-254-7679-6
- [4] VYHLÁŠKA 78/2013 SB. o energetické náročnosti budov, Ministerstvo obchodu a průmyslu, 23. března 2013.
- [5] TZB-INFO.CZ, Energetická náročnost budov – definice pojmů. Dostupné online: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/energeticka-narocnost-budov-definice-pojmu>
- [6] ZUZANA ŠESTÁKOVÁ, Nákladově optimální úroveň požadavků na budovy – Cost optimum, SEVEn. Dostupné online: <http://www.svn.cz/cs/tema/nakladove-optimalni-uroven-pozadavku-na-budovy-cost-optimum-2>
- [7] ING. MIROSLAV URBAN, PH.D., PROF. ING. KAREL KABELE CSC., Nové požadavky na hodnocení energetické náročnosti budov od 1. dubna 2013, tzb-info.cz, 8.4.2013. Dostupné online: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov/9745-nove-pozadavky-na-hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-1-dubna-2013>
- [8] ING. JIŘÍ ŠÁLA, CSC., Součinitel prostupu tepla (výpis z revidované ČSN 73 0540-2:2002), tzb-info.cz, 21.11.2002. Dostupné online: <http://www.tzb-info.cz/1223-tzb-2002-soucinitel-prostupu-tepla-vypis-z-revidovane-csn-73-0540-2-2002>
- [9] DOC. ING. ARCH. HANA URBÁŠKOVÁ, PH.D., Kvalita pasivní dřevostavby, tzb-info.cz, 16.8.2010. Dostupné online: <http://stavba.tzb-info.cz/drevostavby/6712-kvalita-pasivni-drevostavby>

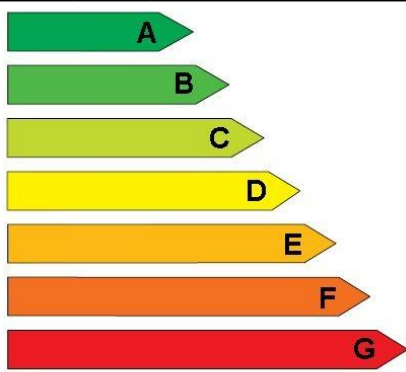

- [10] TZB-INFO.CZ, Normované hodnoty součinitele prostupu tepla jednotlivých konstrukcí ČSN 73 0540-2:2011 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky. Dostupné online: <http://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/136-normove-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-20-jednotlivych-konstrukci-dle-csn-73-0540-2-2011-tepelna-ochrana-budov-cast-2-pozadavky>
- [11] ING. JAKUB HRDLIČKA, Vliv solárních zisků a součinitele prostupu tepla okny na potřebu tepla na vytápění, Slavona. Dostupné online: <http://www.slavona.cz/tema-mesice/vliv-solarnich-zisku-a-soucinitele-prostupu-tepla-okny.html>
- [12] TZB-INFO.CZ, Energetická náročnost budov (rozcestí). Dostupné online: <http://www.tzb-info.cz/energeticka-narocnost-budov>
- [13] ING. JAROSLAV DUFKA, Vytápění domů a bytů – Druhé, zcela přepracované vydání, Grada Publishing, a.s., 2004, ISBN: 80-247-0642-3
- [14] ING. MARCELA POČINKOVÁ, ING. LEA TREUOVÁ, Vytápění, ERA group spol. s r.o., Brno 2002, ISBN: 80-86517-35-7
- [15] IN-POČASÍ.CZ, Pocitová teplota, nespolehejte na ni, 25.3.2013. Dostupné online: <http://www.in-pocasi.cz/clanky/teorie/pocitova-teplota/>
- [16] ŠETRÍMEENERGII.CZ, Nastavte správnou teplotu v interiéru, RWE. Dostupné online: <http://www.setrimenergii.cz/vytapeni-a-ohrev-vody/nastaveni-spravne-teploty-v-interieru>
- [17] EKOWATT, Stavební konstrukce – tepelný odpor a součinitel prostupu tepla, teorie, EkoWATT.cz. Dostupné online: <http://www.ekowatt.cz/usporoztraty.shtml>
- [18] STAVEBNICTVI3000.CZ, Součinitel prostupu tepla. Co to je a jak se s ním pracuje, VEGA, s. r.o., 12.3.2010. Dostupné online: <http://www.stavebnictvi3000.cz/clanky/soucinitel-prostupu-tepla-co-to-je-a-jak-se-nim-pracuje/>
- [19] EKOWATT, Hestia 5.0 VIVID – Encyklopedie 2008 (rozcestí), EkoWATT, září 2008. Dostupné online: <http://hestia.energetika.cz/encyklopedie>
- [20] BOMA MILEVSKO, Náklady na vytápění, BOMA Milevsko, 25.1.2013. Dostupné online: [http://www.bomamilevsko.cz/naklady\\_na\\_vytapeni.php](http://www.bomamilevsko.cz/naklady_na_vytapeni.php)



- [21] TZB-INFO.CZ, Ceny paliv a energií (rozcestí). Dostupné online: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energii>
- [22] 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
- [23] ING. JAROSLAV DUFKA, Vytápění netradičními zdroji tepla, Nakladatelství BEN, Praha 2003, 1. vydání, ISBN: 80-7300-079-2
- [24] SOLARGIS, Globální horizontální záření – Česká republika. GeoModel Solar s.r.o., 2011. Dostupné online: [http://solargis.info/doc/\\_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Czech-Republic-cz.png](http://solargis.info/doc/_pics/freemaps/1000px/ghi/SolarGIS-Solar-map-Czech-Republic-cz.png)
- [25] MGR. JIŘÍ ZILVAR, Jak funguje net metering, TZB-info.cz, 6.5.2013. Dostupné online: <http://oze.tzb-info.cz/9862-jak-funguje-net-metering>
- [26] ERU, Energetický regulační věstník, 7/2013, dostupné zde: [http://www.eru.cz/user\\_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2013/ERV7\\_2013titul\\_konec\\_fi.pdf](http://www.eru.cz/user_data/files/cenova%20rozhodnuti/CR%20elektro/2013/ERV7_2013titul_konec_fi.pdf)
- [27] Ing. Kamil Staněk, SF2 – Podklady pro cvičení (Okrajové podmínky výpočtu 1 - Teploty, vlhkosti, vítr), FSV ČVUT, 9/2010.
- [28] TREKING, Průměrné denní teploty vzduchu v České republice – pravděpodobnostní dlouhodobá předpověď počasí, Treking.cz. Dostupné online: <http://www.treking.cz/sluzby/predpoved-pocasi-prumerne-teploty.htm>
- [29] ING. PETR BOHUSLÁVEK, Nová zelená úsporám přehledně, TZB-info.cz, 21.3.2014, Dostupné online: <http://www.tzb-info.cz/zelena-usporam-na-tzb-info/10986-nova-zelena-usporam-prehledne>
- [30] ING. ZDENĚK REINBERK, Zjednodušená bilance solárního kolektoru, TZB-info.cz. Dostupné online: <http://oze.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/131-zjednodusena-bilance-solarniho-kolektoru>
- [31] PROF. ING. EVA KISLINGEROVÁ, CSC., Manažerské finance, C.H. Beck, 3. vydání 2010 v Praze, ISBN: 9788074001949

# PRÍLOHA 1 – PRŮKAZ ENB

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Bytový dům Ostrava Celková podlahová plocha: 1 627,2 m <sup>2</sup>		Hodnocení budovy	
		stávající stav	po realizaci doporučení
			
Měrná vypočtená roční spotřeba energie v kWh/m <sup>2</sup> rok		108	
Celková vypočtená roční dodaná energie v GJ		635,37	
Podíl dodané energie připadající na:			
Vytápění	Chlazení	Větrání	Teplá voda
55,0 %			31,0 %
Osvětlení			
14,0 %			
Doba platnosti průkazu		do 31.3.2023	
Průkaz vypracoval		Ing. Kateřina Kubenková Osvědčení č. 0868	

## PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov

Ulice, číslo: Bytový dům PSC, místo: Ostrava Typ budovy: bytový dům Plocha obálky budovy: 1 908,7 m <sup>2</sup> Objemový faktor tvaru A/V: 0,36 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> Energeticky vztažená plocha: 1 786,4 m <sup>2</sup>	
--	---

## ENERGETICKÁ NÁROČNOST BUDOVY

Celková dodaná energie <small>(Energie na vstupu do budovy)</small>		Neobnovitelná primární energie <small>(Vliv provozu budovy na životní prostředí)</small>	
Měrné hodnoty kWh/(m <sup>2</sup> ·rok)			
Mimořádně úsporná <b>A</b>	← 84	A	← 81
Velmi úsporná <b>B</b>	← 96	B	← 121
Úsporná <b>C</b>	← 107	<b>C</b>	← 124
Mírně úsporná <b>D</b>	← 127	D	← 161
Nehospodárná <b>E</b>	← 191	E	← 242
Velmi nehospodárná <b>F</b>	← 255	F	← 323
Mimořádně nehospodárná <b>G</b>	← 318	G	← 403
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>180,824</b>	<b>220,688</b>

## 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"/>

Pozor: Všechna opatření musí být provedena současně a v souladu s požadavky na energetickou náročnost budov.

## PODÍL ENERGOISITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu  
MWh/rok



Elektrická energie: 10,7%      Plyn: 10,7%

## UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení	Díčí dodané energie	
							Měrné hodnoty	MWh/(m <sup>2</sup> ·rok)
Mimořádně úsporná <b>A</b>								
Velmi úsporná <b>B</b>								
Úsporná <b>C</b>								
Mírně úsporná <b>D</b>								
Nehospodárná <b>E</b>								
Velmi nehospodárná <b>F</b>								
Mimořádně nehospodárná <b>G</b>								
<b>Hodnoty pro celou budovu</b> MWh/rok		<b>108,90</b>			<b>51,98</b>	<b>19,93</b>		

Zpracovatel: Ing. Kateřina Kubenková      Osvědčení č.: 0868  
 Kontakt: kateřina.kubenkova@vsb.cz      Vyhотовeno dne: 1.5.2013  
 Podpis: \_\_\_\_\_

## PŘÍLOHA 2 – KOREKČNÍ FAKTOR E

součinitel nesoučasnosti	$\epsilon_n$
starší vícepodlažní domy	0,90
RD starší	0,85
moderní bytové domy	0,80
moderní a nízkoenergetické domy	0,75

součinitel regulace	$\epsilon_r$
ruční regulace	1,10
termostat v referenční místnosti	1,04
ekvitermní regulace	1,00

součinitel útlumů teplot	$\epsilon_u$
vícepodlažní domy	0,95
rodinné domy	0,84
bez útlumu	1,00

součinitel vlivu otopného systému	$\epsilon_s$
teplovodní	1,00
teplovzdušný	0,95
sálavý	1,05

součinitel zvýšení teploty	$\epsilon_t$
zvýšení o 1°C	1,06
zvýšení o 2°C	1,12
zvýšení o 3°C	1,18

Zvýrazněny jsou hodnoty použité ve výpočtu.

## PŘÍLOHA 3 – TEPELNÉ TOKY MEZI MÍSTNOSTMI

Místnost	Sousední plocha	Tepelný tok [W]	Větrání [W]	p1 korekce [W]	p2 korekce [W]
Obývací pokoj + kuchyň	exteriér	↓ 611,37	684,65	55,08	↑ -45,34
	garáž	↓ 17,26			
	chodba	↓ 63,11			
	pracovna	↓ 17,29			
	terén	↓ 177,66			
	pokoj 2	→ 0,00			
	ložnice	↓ 20,08			
	šatna 1	→ 0,00			
	šatna 2	→ 0,00			
Pracovna	exteriér	↓ 169,13	139,25	5,05	↑ -7,46
	obývací pokoj	↑ -17,29			
	koupelna 1	↑ -40,58			
	chodba	↓ 6,65			
	pokoj 1	↑ -5,36			
	terén	↓ 36,66			
		149,21			<b>286,05</b>
Koupelna 1	pracovna	↓ 40,58	87,34	23,98	↓ 12,26
	chodba	↓ 42,87			
	vchod	↓ 20,69			
	tech. Místnost	↓ 44,78			
	exteriér	↓ 68,80			
	terén	↓ 24,96			
	pokoj 1	↓ 2,44			
	koupelna 2	→ 0,00			
		245,12			<b>368,69</b>
Technická místnost	koupelna 1	↑ -44,78	44,98	0,00	↓ 0,13
	vchod	↑ -14,71			
	exteriér	↓ 60,75			
	terén	↓ 10,56			
	koupelna 2	↑ -9,12			
		2,70			<b>47,81</b>
Vchod	chodba	→ 0,00	63,35	64,48	↓ 13,97
	koupelna 1	↑ -20,69			
	exteriér	↓ 261,27			
	garáž	↓ 11,77			
	tech. Místnost	↓ 14,71			
	terén	↓ 25,92			
	WC	↑ -2,83			
	koupelna 2	↑ -10,76			
		279,39			<b>421,19</b>
Chodba	pracovna	↑ -6,65	274,26	0,99	→ 0,00
	obývací pokoj	↑ -47,82			
	vchod	→ 0,00			
	garáž	↓ 10,88			
	koupelna 1	↑ -42,87			
	terén	↓ 21,96			
	šatna 1	↑ -17,36			
	šatna 2	↑ -19,88			
	ložnice	→ 0,00			
	pokoj 1	↑ -14,50			
	pokoj 2	↑ -14,50			
	WC	↑ -14,50			
	koupelna 2	↑ -28,99			
	exteriér	↓ 115,21			
		-55,07			<b>220,18</b>

Ložnice	pokoj 2	↑	-67,42	243,60	5,28	↓	10,05
	exteriér	↓	281,17				
	chodba	→	0,00				
	obývací pokoj	↑	-20,08				
	garáž	↓	7,37				
			201,04				<b>459,98</b>
Pokoj 2	exteriér	↓	316,23	228,61	16,99	↑	-19,91
	ložnice	↓	67,42				
	šatna 2	→	0,00				
	chodba	↓	14,50				
	obývací pokoj	→	0,00				
			398,14				<b>623,83</b>
Šatna 2	exteriér	↓	57,56	58,98	2,85	↑	-3,75
	pokoj 2	→	0,00				
	šatna 1	→	0,00				
	chodba	↓	17,36				
	obývací pokoj	→	0,00				
			74,92				<b>133,00</b>
Šatna 1	exteriér	↓	57,56	58,98	2,85	↑	-3,75
	šatna 2	→	0,00				
	pokoj 1	→	0,00				
	chodba	↓	17,36				
	obývací pokoj	→	0,00				
			74,92				<b>133,00</b>
Pokoj 1	exteriér	↓	290,29	191,36	8,80	→	0,00
	chodba	↓	15,18				
	šatna 1	→	0,00				
	koupelna 2	↑	-37,91				
	pracovna	↓	5,36				
	koupelna 1	↑	-3,65				
			269,27				<b>469,42</b>
Koupelna 2	pokoj 1	↓	37,91	157,15	17,93	→	0,00
	chodba	↓	28,99				
	WC	↓	23,80				
	exteriér	↓	257,43				
	tech. Místnost	↓	8,84				
	koupelna 1	→	0,00				
	vchod	↓	12,08				
			369,05				<b>544,14</b>
WC	chodba	↓	21,47	30,91	0,90	↓	2,95
	garáž	↓	2,76				
	exteriér	↓	26,50				
	vchod	↓	2,60				
	koupelna 2	↑	-23,80				
			29,53				<b>64,29</b>
Garáž	obývací pokoj	↑	-18,59	190,26	95,13	↓	115,89
	vchod	↑	-114,49				
	ložnice	↑	-7,37				
	chodba	↑	-8,94				
	WC	↑	-2,76				
	exteriér	↓	1226,70				
	terén	↓	84,38				
			1158,93				<b>1560,22</b>

# PŘÍLOHA 4 – PRŮMĚRNÉ DENNÍ TEPLOTY V ROCE

Měsíc	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1	0,2	0,3	0,4	-0,6	-1,2	-1,3	-2,1	-2,2	-2,4	-2,7	-2,2	-1,9	-2,3	-2,0	-1,3	-1,4	-0,9	-1,7	-1,4	-1,5	-0,9	-0,2	0,9	0,7	1,2	1,0	0,4	0,0	0,1	0,3	0,6	
2	0,8	1,0	0,9	0,7	0,9	1,5	1,4	1,4	1,2	0,8	1,1	0,7	0,6	0,2	-0,3	-0,3	0,1	0,5	1,1	1,1	0,8	1,1	0,7	1,0	1,3	1,0	0,6	1,2	2,4			
3	1,6	1,6	1,7	2,0	2,6	2,7	3,0	2,9	3,4	3,7	3,8	3,5	3,5	3,8	4,1	4,9	4,8	4,6	4,1	4,8	5,7	5,5	5,3	6,1	6,8	7,2	7,1	7,2	7,2	7,5	7,9	
4	7,8	8,1	8,0	7,5	8,1	8,5	8,8	8,7	7,8	7,9	8,6	8,6	8,0	8,3	9,2	9,2	9,2	9,4	9,9	10,6	11,0	10,9	10,3	10,1	9,6	10,0	9,6	9,7	10,9	11,1		
5	11,9	12,1	11,9	13,1	13,7	13,5	13,3	12,9	13,2	13,7	13,4	13,9	14,7	14,6	14,5	15,3	15,1	15,5	15,2	14,7	14,3	13,9	14,4	14,7	15,1	15,5	16,2	15,4	15,4	14,8	15,4	
6	16,3	15,9	16,6	16,9	17,0	17,1	17,5	16,8	16,9	16,7	16,7	17,0	17,6	17,8	17,2	16,7	17,4	17,8	17,3	17,7	17,7	18,8	18,5	18,7	18,5	18,9	19,6	19,4	18,4	17,7	17,9	
7	18,0	18,4	19,0	18,3	18,9	19,0	18,7	18,8	18,8	18,5	19,4	19,7	19,7	19,3	19,0	19,4	18,9	18,8	18,4	18,8	18,5	18,9	19,8	19,5	19,1	18,9	19,2	19,4	20,0	20,1	20,4	
8	20,3	20,1	20,0	19,6	19,7	19,8	19,7	19,3	19,0	19,1	19,1	19,1	18,9	19,7	19,5	19,6	18,6	17,8	18,0	18,0	17,7	17,4	16,8	17,0	16,8	16,9	17,1	16,7	17,3	16,9	16,7	
9	16,5	16,6	16,8	16,6	16,4	15,9	15,3	15,4	15,6	15,5	15,3	15,3	14,8	15,1	15,0	14,6	14,6	14,5	14,4	14,2	14,0	14,0	13,3	12,9	13,0	12,9	12,7	12,6	12,4	13,0		
10	12,1	12,0	12,1	11,9	11,7	12,3	12,6	11,7	11,3	11,4	11,0	10,6	10,9	10,1	9,9	9,4	9,5	9,0	9,0	8,3	7,6	7,9	8,3	8,4	8,4	7,8	7,4	7,0	7,4	7,3	6,9	6,6
11	7,0	7,3	6,8	6,6	6,0	5,7	5,3	5,9	6,5	5,8	5,0	4,7	3,7	3,7	3,8	4,3	4,0	4,2	4,2	3,9	3,2	3,5	3,7	3,4	3,2	2,9	3,1	2,7	2,6	1,6		
12	1,3	1,7	1,8	2,2	1,9	1,5	1,4	1,2	1,5	1,9	2,0	0,9	0,7	0,8	1,2	1,2	0,3	1,0	0,5	0,7	0,8	0,8	0,6	0,5	0,3	0,5	0,9	0,8	0,6	0,6	0,3	

## PŘÍLOHA 5 – UVAŽOVANÉ ELEKTROSPOTŘEBIČE

Spotřebič	Příkon [W]	Denní využití [h]	Roční spotřeba [kWh]
<b>Pracovna</b>			
PC + LCD monitor	300	4	438
Světlo 30 W	30	2	21,9
Světlo 50 W	50	4	73
Tiskárna	50	1	18,25
<b>Kuchyň</b>			
Mikrovlnná trouba	1400	0,25	127,75
Lednice			128 <sup>17</sup>
Trouba	2250	0,2	164,25
Myčka			21,5
Rychlovarná konvice	2200	0,3	240,9
Toustovač	700		25,55
Světlo 2x30 W	60	3	65,7
<b>Obývací pokoj</b>			
TV	50	5	91,25
DVD	80	2	58,4
Lampa	40	2	29,2
Notebook	45	4	65,7
Lustr 2x50 W	100	3	109,5
Světlo 2x30 W	60	2	43,8
<b>Koupelna</b>			
Pračka			210
Sušička			880
Světlo 30 W	30	1	10,95
Světlo 50 W	50	2	36,5
<b>Technická místnost</b>			
Světlo 30 W	30	0,5	5,475
Router	20	24	175,2
Centrální vysavač	2500	0,25	228,125
Průmyslový automat	50	24	438
Chodba/Vchod			
Světlo 2x30 W	60	2	43,8
Světlo 2x50 W	100	3	109,5

<sup>17</sup> Údaj o roční spotřebě z technického listu

<b>Ložnice (patro)</b>			
<b>Rádio</b>	17	2	12,41
<b>Lampa</b>	35	1	12,775
<b>Lampa</b>	35	1	12,775
<b>Lustr</b>	50	2	36,5
<b>Koupelna (patro)</b>			
<b>Světlo 2x30 W</b>	60	1	21,9
<b>Světlo 50 W</b>	50	2	36,5
<b>Vysoušeč vlasů</b>	1300	0,3	142,35
<b>Pokoj 1 (patro)</b>			
<b>Rádio</b>	13	2	9,49
<b>TV</b>	50	3	54,75
<b>Notebook</b>	20	4	29,2
<b>Světlo 30 W</b>	30	1	10,95
<b>Světlo 50 W</b>	50	3	54,75
<b>Pokoj 2 (patro)</b>			
<b>TV</b>	40	2	29,2
<b>Světlo 30 W</b>	30	2	21,9
<b>Světlo 50 W</b>	50	3	54,75
<b>Celkem ročně</b>			<b>4 400,4</b>



## KONTAKTNÍ ADRESA

Radek Dubravský  
Vaňkova 5  
75002, Přerov  
[radek.dubravsky@inmail.cz](mailto:radek.dubravsky@inmail.cz)