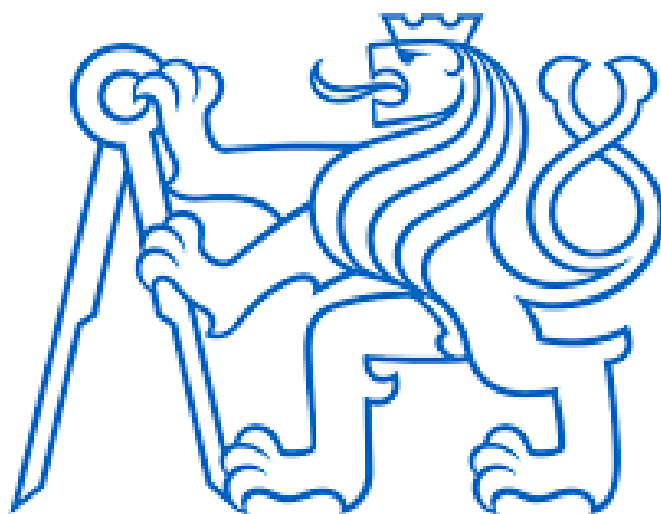


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra ekonomiky a řízení ve stavebnictví



DIPLOMOVÁ PRÁCE

2019

Bc. Vojtěch Mlíčko

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Mlíčko** Jméno: **Vojtěch** Osobní číslo: **396613**
Fakulta/ústav: **Fakulta stavební**
Zadávací katedra/ústav: **Katedra ekonomiky a řízení stavebnictví**
Studijní program: **Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Projektový management a inženýring**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Ekonomické porovnání a vyhodnocení typů vytápění rodinných domů

Název diplomové práce anglicky:

Economic comparison and evaluation of family houses heating systems

Pokyny pro vypracování:

Základní specifika a klasifikace dostupných systémů vytápění v ČR
Ekonomické hodnocení dostupných variant vytápění
Modelový návrh systému vytápění založený na doporučené variantě
Propočet realizačních a provozních nákladů po dobu uvažované životnosti
Vyhodnocení ekonomických ukazatelů zvoleného modelu

Seznam doporučené literatury:

Počinková, M., Treuová, L. Vytápění - Tepelná pohoda za minimální náklady: Praha : Computer Press. 2011. ISBN 9788025133293.
Dufka, J. Hospodárné vytápění domů a bytů. Praha : Grada. 2007. ISBN 8024720197.
Vyorálová, Z. Technická zařízení budov a infrastruktura sídel I. Praha : ČVUT. 2017. ISBN 9788001060957.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Vilém Berka, Ph.D., katedra ekonomiky a řízení stavebnictví F Sv

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **04.10.2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **06.01.2019**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Vilém Berka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Renáta Schneiderová Heralová, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Jiří Máca, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně a veškeré podklady, ze kterých jsem čerpal, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Praze dne 7.1.2019

Bc. Vojtěch Mlíčko

Poděkování:

Velice děkuji vedoucímu mé diplomové práce Ing. Vilému Berkovi, Ph.D. za odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat mé rodině, která mě podporovala celé studium a při psaní této práce.

**Ekonomické porovnání a vyhodnocení typů
vytápění rodinných domů**

**Economic comparison and evaluation of family
houses heating systems**

Autor diplomové práce: Bc. Vojtěch Mlíčko
Vedoucí diplomové práce: Ing. Vilém Berka, Ph.D.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá ekonomickým porovnáním pořizovacích a provozních nákladů na vytápění rodinných domů. Práce popisuje jednotlivé výpočty tepelných ztrát a seznamuje s jednotlivými typy vytápěcích soustav, které jsou možné pro rodinné domy, jejich návrhem a v neposlední řadě ekonomickým porovnáním pro modelový (reálný) rodinný dům.

Porovnání pro modelový příklad vychází z reálných možností, které jsou možné pro daný rodinný dům. Všechny typy navrženého vytápění byly ekonomicky zhodnoceny dle jednotlivých nákladů (pořizovací, provozní, rekonstrukce soustav).

V závěru práce jsou shrnuty výsledky všech typů posuzovaných otopných soustav a je vybrána nejvýhodnější varianta s odůvodněním této volby.

Klíčová slova

otopná soustava, zdroj tepla, tepelné ztráty, energetický štítek, rodinný dům,

Annotation

This diploma thesis deals with economic comparison of purchase and operating costs for heating of family houses. The thesis describes individual calculations of heat losses and acquaints with individual types of heating systems that are possible for family houses, their design and first economic comparison for model (realistic) family houses. The comparison for the model example is based on the realistic options available for the particular family house. All types of designed heating were economically evaluated according to individual costs (acquisition, operation, system reconstruction). At the end of the thesis are summarized the results of all types, where the best option is chosen with the justification of this choice.

Keywords

heating system, heat source, heat loss, energy label, family house,

Obsah:

1. Úvod	3
2. Ekonomické porovnání jednotlivých typů vytápění	4
2.1 Zdroje tepla	4
2.1.1 Zdroje tepla - tuhá paliva	4
2.1.2 Zdroje tepla - plynná paliva	6
2.1.3 Zdroje tepla - elektrické	8
2.1.4 Solární systémy	9
2.1.5 Tepelná čerpadla	10
2.2 Otopná tělesa	12
2.2.1 Čláková otopná tělesa.	13
2.2.2 Desková otopná tělesa	14
2.2.3 Trubková otopná tělesa	14
2.2.4 Konvektory	14
2.2.5 Sálavá otopná tělesa	15
2.3 Potrubí a rozvody médií	16
2.4 Paliva	16
2.4.1 Pevná paliva	17
2.4.2 Plynná paliva	18
2.4.3 Elektrická energie	18
2.5 Postup výpočtu tepelných ztrát a potřeby energií	19
2.5.1 Výpočet součinitele prostupu tepla	19
2.5.2 Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru dle ČSN EN 12831	22
2.5.2.1 Návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostoru	22
2.5.2.2 Návrhová tepelná ztráta způsobená větráním	28
2.5.3 Návrhový tepelný výkon	31
2.5.4 Roční tepelný výkon potřebný pro vytápění	31
2.5.5 Teplo spotřebované pro vytápění	32
2.5.6 Výpočet množství paliva	32
2.6 Popis objektu	33
2.7 Návrh a ekonomické vyhodnocení	37
2.7.1 Výpočet tepelných ztrát	37
2.7.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla	37
2.7.1.2 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla	39
2.7.1.3 Výpočet tepelných ztrát větráním	40
2.7.1.4 Celková navrhovaná tepelná ztráta vyt. prostoru	41
2.7.2 Navrhovaný tepelný výkon	41
2.7.3 Ekonomické navržení a porovnání otopné soustavy	43
2.7.3.1 Návrh a posouzení otopných těles	43
2.7.3.2 Návrh zdroje tepla	46
2.7.3.3 Otopné potrubí	52
2.7.4 Navržený systém	53

3. Závěr	54
4. Seznam použité literatury	55
5. Seznam grafů	56
6. Seznam tabulek	57
7. Seznam obrázků	59
8. Seznam příloh	60

1. Úvod

Diplomová práce se zabývá seznámením a základním vysvětlením obecného názvosloví otopné soustavy a následně návrhem otopné soustavy na projekt rodinného domu.

Po úvodním seznámením s obecnými výrazy se práce bude zabývat vysvětlením výpočtu tepelných ztrát. Protože jsem si dům přemístil do jiného kraje musely být tepelné ztráty přepočteny. V poslední řadě bude vypočten návrh s ekonomickým posouzením vybraných typů systémů otopných soustav.

Navrhování a porovnání otopného systému bude na projekt malého rodinného domu typu bungalov, který se přesune z území od Prahy do Jižních Čech. Zrušíme kompletní původní otopnou soustavu a nahradím ji svoji navrženou.

V závěru bude proveden výběr nejlepšího systému, odůvodnění výběru a vyhodnocení jednotlivých nákladů.

2. Ekonomické porovnání a vyhodnocení typů vytápění rodinného domu

2.1. Zdroje tepla

Pojmem zdroj tepla je myšleno zařízení, ve kterém vzniká požadované teplo pro ohřev vody, vzduchu, vytápění různých objektů a dalších zařízení, pro které je potřeba teplo dodávat. ⁽¹⁾

Vytápění rodinných domů se navrhuje v závislosti na dostupnosti paliva a velikosti vytápěného objektu. ⁽²⁾

U rodinných domů se můžeme setkat v největší míře s nejrůznějšími typy kotlů (plynové, tuhá paliva), ale i s tepelnými čerpadly a solárními systémy. Velikost a výkonnost zdroje tepla vychází z tepelné ztráty objektu. ⁽³⁾

2.1.1. Zdroj tepla - tuhá paliva

Zdrojem tepla na tuhá paliva rozumíme především kotle na uhlí, dříví nebo na pelety a brikety z biomasy. ⁽¹⁾

- kotle na dřevní hmotu - dřevo-zplynovací kotle.

Dřevo-zplynovací kotle v dnešní době nedílnou součástí nabídky zdrojů tepla. Princip kotle je založen na odsátí spalin nebo vhánění vzduchu do kotle ventilátorem, který zajistí tepelný rozklad. Vzniklé plyny jsou smíchány s předehřátým vzduchem a následné dohoří formou plamene. Účinnost dřevo-zplynovacích kotlů dosahuje až 92%, pracovní teplota se pohybuje v rozmezí 80-90 °C. Výkon kotlů je regulovatelný pomocí množství přiváděného vzduchu (vzduchovou klapkou) a vzhledem k regulaci i dosahovaným vysokým hodnotám při spalování se doporučuje doplnění topné soustavy o akumulční nádrže. ⁽²⁾



Obrázek č. 1: Dřevo-zplynovací kotel na dřevo ATMOS DC 25SP
Zdroj: google.com

- automatické kotle se zásobníky paliva

Jedná se o kotel se speciálně upraveným topeništěm pro spalování sypkých paliv (pelety, uhlí), který dosahuje účinnosti až 91%. Kotel je vybaven zásobníkem paliva, který může mít objem až 1m³. Palivo je dopravováno do topeniště automaticky šnekovým dopravníkem. Výhodou kotle je intenzita přikládání, která může dosáhnout intervalu okolo 1 týdne. Nevýhodou jsou vyšší pořizovací náklady a velký požadavek na prostor tohoto tepelného zdroje. U tohoto typu kotle je doporučeno osazení vhodné akumulční nádrže pro zlepšení jeho regulace. ⁽²⁾

- krby, kamna

Tyto zdroje tepla se uvažují především jako lokální (vyhřívá pouze prostor ve kterém je umístěn), je však možné je doplnit o teplovodní výměník a tím navázat na otopnou soustavu. Jejich hlavní nevýhodou je jejich malá účinnost a regulace výkonu, která je možná pouze množstvím přiváděného vzduchu. ⁽²⁾



Obrázek č. 2: Krbová kamna HAAS+SOHN Azul, pískovcová
Zdroj: google.com

2.1.2 Zdroj tepla - plynové

Na trhu s plynovými kotli se můžeme setkat s velkým množstvím typů kotlů, různých výkonů a tvarů. Nejčastěji se setkáváme s kotli kondenzačními, které mají menší spotřebu, velkou účinnost (92 -94%) a ekologický provoz. Jako palivo plynových kotlů se nejčastěji využívá zemní plyn, který je tvořen z 98% metanem. ⁽¹⁾

Kondenzační kotle navíc využívají teplo spalin, které se ochlazuje a tím se předává teplo, které se uvolňuje při kondenzaci vodní páry. Tímto procesem se navyšuje účinnost těchto kotlů oproti kotlům konvenčním. Normovaný stupeň využití je větší úměrně, čím menší je teplotní spád. Proto se můžeme setkat s uváděným teplotním spádem topné vody 40/30 a účinností 110%. ⁽²⁾



Obrázek č. 3: Plynový kondenzační kotel Viessmann VITODENS 200-W

Zdroj: google.com

Plynové kotle se dělí dle principu a jejich funkce na:

klasické - kotel, využívá pouze teplo při spalování

nízkoteplotní - kotel u kterého je možné kondenzace vodní páry

kondenzační - využívají teplo ze spalin kondenzací vodní páry⁽⁴⁾

Hlavním rozdělovacím kritériem plynových zařízení je rozdělení dle přívodu spalovacího vzduchu a dělí se na tři kategorie:

A - přívod spalovacího vzduchu k plynovému zařízení je z místnosti, kde je zařízení umístěno a odvod spalin je umístěn do tohoto samého prostoru

B - přívod spalovacího vzduchu k plynovému zařízení je z místnosti, kde je zařízení umístěno a odvod spalin je umístěn do venkovního prostoru

C - přívod spalovacího vzduchu k plynovému zařízení je z venkovního prostoru a odvod spalin je umístěn taktéž do venkovního prostoru ⁽²⁾

Plynové kotle patří do kategorie B a C. Kotle kategorie B mohou být nazývány spotřebiči otevřenými nebo s otevřenou spalovací komorou. Kotle kategorie C jsou se spalovací komorou uzavřeny.

Pokud je navržen kotel typu B, musí být zajištěny tyto požadavky:

- v místnosti, kde je kotel nainstalován musí být pro dokonalé spalování dostatečné množství vzduchu
- kotel musí být umístěn v místnosti o minimálním objemu stejném jako je výkon kotle
- musí být zajištěn dostatečný přívod vzduchu který je požadovaný výrobcem kotle
- musí být zajištěn přívod vzduchu z venkovního prostoru otvorem o rozměrech nejméně 10x20cm ⁽²⁾

2.1.3 Zdroje tepla - elektrické

Mezi zdroje tepla na elektřinu můžeme zařadit elektrické kotle, které nejsou tak časté, vzhledem k velké spotřebě elektřiny a tím velkým provozním nákladům. Jejich největší výhodou je velká účinnost, která dosahuje až k 99% a nulové emise čím se stávají neekologičtějšími zdroji tepla. Další zařízení se kterými se můžeme setkat jsou elektrické zářiče, topné rohože, zásobníkové ohřívače, přímotopná tělesa. U všech těchto zařízení musíme počítat s velkým odběrem elektrické energie, tím vychází provozně jedním z nejvíce nákladným zdrojem tepla. ⁽⁵⁾

Elektrokotle musí být vždy svůj samostatný elektrický obvod a jištění. ⁽²⁾



Obrázek č. 4: Elektrokotel Mora-Top Electra 24 Komfort Elektrokotel

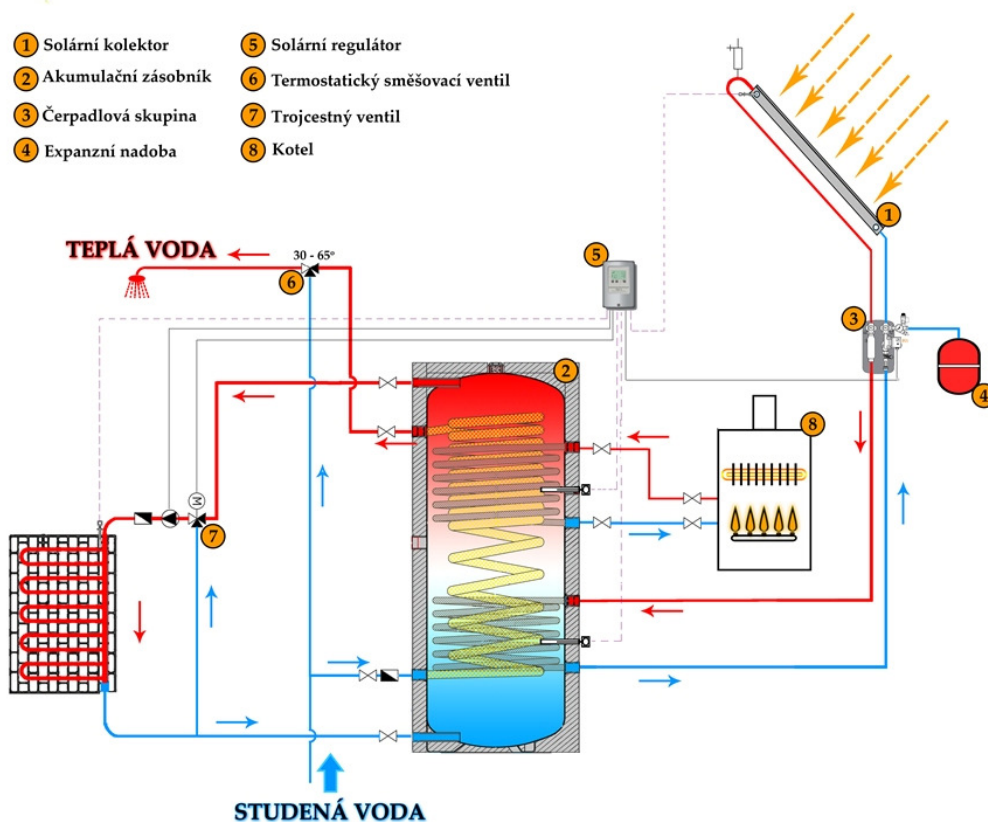
Zdroj: google.com

2.1.4 Solární systémy

Jedná se o jeden z nejvíce ekologických systémů. Průměrná doba slunečního svitu v České Republice se pohybuje okolo 1460 hodin za rok. Vzhledem k velkému množství energie ve slunečním záření se instalace solárních zařízení vyplatí jak pro rodinné domy, tak pro velké budovy. Množství energie při jasné obloze se uvádí 1000W/m², i proto jsou nejvíce výhodné instalace solárních systémů v oblastech nížin a větší části Moravy. Podstata solárních zařízení je v zachycování slunečního svitu a následná přeměna v tepelnou energii, která se nadále využívá (vytápění, ohřev vody, vytápění bazénu a jiné). Pro co nejlepší účinnost se solární kolektory instalují směrem na jih, případně na jihozápad. Množství a teplota vody, která se ohřeje v kolektorech závisí nejvíce na ploše a typu kolektoru. Vzhledem k umístění solárních panelů musí být v okruhu nemrznoucí ekologická kapalina, která obíhá v uzavřeném systému a předává teplo pomocí výměníků a akumulčních nádrží.

Využívání sluneční energie můžeme rozdělit na tři základní systémy:

- Pasivní - jedná se o návrh větších prosklených ploch, větších oken a dalších stavebních konstrukcí. Tato využití je spíše menšího významu.
- Aktivní - systém, který využívá sluneční záření pro výrobu elektrické energie nebo tepelné energie. Tato využití je nejvíce významné.
- Hybridní - tento systém zahrnuje kombinaci systému aktivního a pasivního. Využití tohoto systému je klasifikováno jako malé. ⁽²⁾



Obrázek č. 5: Solární systém, Zdroj: google.com

2.1.5 Tepelná čerpadla

Tepelné čerpadlo je zařízení, které využívá principu přenosu tepla z přirozeného prostředí do budov. Jedná se o takzvané obrácené sdílení tepla tzn., že se teplo přenáší z prostředí s nižší teplotou do prostředí s vyšší teplotou. Pokud se jedná o tepelné čerpadlo reverzibilní může být sdílení tepla obrácené - z budovy do přirozeného prostředí. ⁽⁶⁾

Provoz tepelného čerpadla je podmíněn dodávkou elektrické energie. Tepelná čerpadla se skládají ze dvou jednotek - vnitřní a vnější. ⁽²⁾

Hlavním parametrem podle kterého jsou tepelná čerpadla posuzována je topný faktor. Topný faktor udává poměr mezi energií tepelnou - dodanou čerpadlem a energií spotřebovanou - provoz čerpadla. Výše topného faktoru je dána teplotním rozdílem dodávaného tepla a spotřebovaného, při zmenšení teplotního rozdílu se zvýší topný faktor. ⁽²⁾

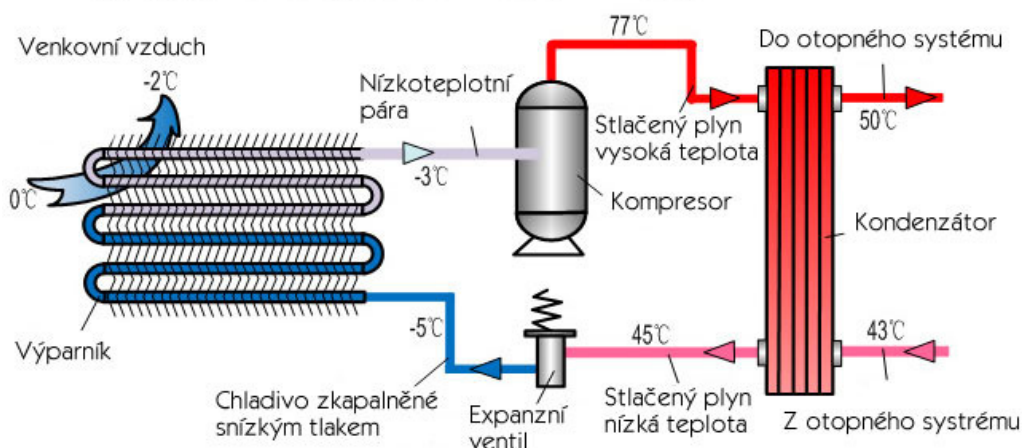
Základní rozdělení tepelných čerpadel se řeší dle prostředí odkud je teplo odebíráno.

- 1) ze vzduchu
- 2) z půdy (země)
- 3) z vody

Tepelná čerpadla - vzduch/voda

Tento typ tepelného čerpadla vychází nejnvýhodněji vzhledem k pořizovacím nákladům - nemusí být jakékoli zemní práce. Stanoviště vnější jednotky tepelného čerpadla se doporučuje směřem na jih, umístění je podmíněno dodržением hlukovým limitům vzhledem k dodržení hygieny. Vnější jednotka je osazena ventilátorem vysokého výkonu (průtok vzduchu cca 6000m³), v dnešní době jsou tepelná čerpadla profesionálně propracovaná a tak jsou tyto limity lehce splnitelné. ⁽²⁾

Princip tepelného čerpadla vzduch - voda



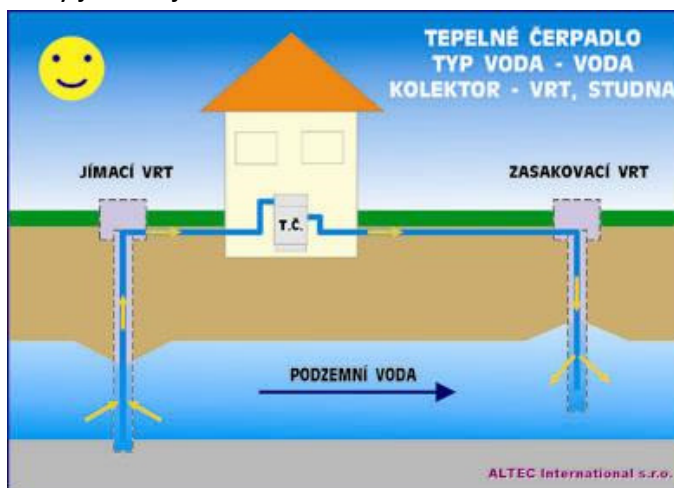
Obrázek č.6: Princip tepelného čerpadla vzduch/voda, Zdroj: google.com

Tepelná čerpadla - země/voda

Tepelné čerpadlo, které je finančně náročnější na pořizovací náklady (zemní práce). Teplo ze země tepelné čerpadlo odebírá pomocí zemního kolektoru. Zemní kolektor se skládá ze soustav / svazků trubek, které jsou uloženy v dostatečné nezamrzané hloubce. Pro výkon 1kW tepelného čerpadla je zapotřebí cca 35m² plochy kolektoru. Pro tyto tepelná čerpadla vychází velká plocha kolektoru a tím vysoké náklad na zemní práce. ⁽²⁾

Tepelná čerpadla voda/voda

Tepelná čerpadla typu voda/voda můžeme rozdělit do dvou základních skupin dle vody je odebírána - stojatá (studně) nebo tekoucí (potoky, řeky). Pro tepelné čerpadlo, které využívá vodu ze studní musí být řízeny minimálně dvě studně - sací a vsakovací. Pro tento typ čerpadla je nutné zajištění dostatečně velkého podzemního zdroje, vzhledem k malému odebíranému tepla. Pro dosažení topného výkonu 1kW se počítá s 18m hloubky vrtu. Vstupní náklady těchto čerpadel jsou nejvyšší ze všech tří uvedených typů, provozní náklady jsou nejnižší. ⁽²⁾



Obrázek č.7 - Schéma tepelného čerpadla voda/voda

Zdroj: google.com

2.2 Otopná tělesa

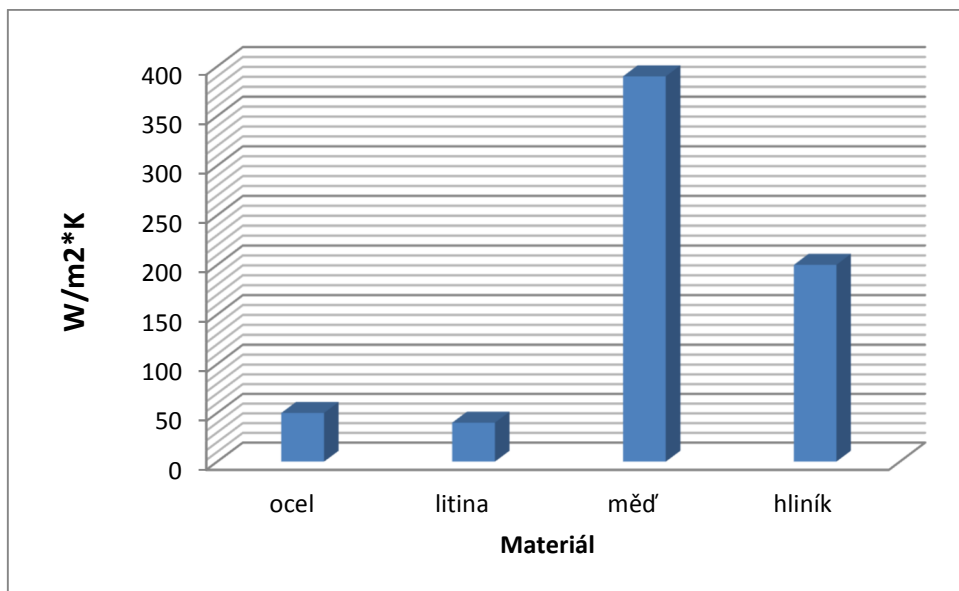
Zařízení které jsou nezbytnou součástí otopné soustavy. Otopná tělesa přenáší teplo z pomoci svého povrchu z teplotněného média. Nejdůležitějším parametrem je tepelný výkon tělesa. Návrh otopného tělesa je přímo úměrný tepelné ztrátě místnosti ve které je umístěno. Teplotní výkon otopného tělesa je v závislosti na tepelném spádu otopné soustavy. ⁽²⁾

Teplotní spád	Tepelný výkon [w/m2]
45/35	300
55/45	530
65/55	770
75/65	1000

Tabulka č.1: Tepelný výkon otopných těles v závislosti na tepelném spádu

Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Otopná tělesa se nejčastěji vyrábí z těchto materiálů: ocel, litina, měď a hliník. Materiálové řešení ovlivňuje především návrh životnosti otopných těles a jejich tepelná vodivost. ⁽²⁾



Graf č.1: Tepelná vodivost materiálů

Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Dle tepelné vodivosti (graf výše) jednoznačně vychází jako nejlepší materiálové řešení měď

2.2.1 Článeková otopná tělesa

Tělesa, která se skládají z jednotlivých článků. Tělesa se spojují pomocí závitových vsuvek, tím můžeme složit libovolně velká tělesa o výkonu, který je vypočten. Přední strana článkových těles bývá více rozšířená, zvětší se přestupní plocha tělesa, tímto je zabezpečeno lepší a kvalitnější předání tepla. ⁽⁷⁾

Článeková tělesa můžeme rozdělit dle materiálu na hliníková, ocelová a litinová. ⁽²⁾

Litinová tělesa

Mohou být použity v otopných soustavách se samotížným i nuceným oběhem, zároveň mohou být instalovány nízkotlakých parních soustavách (netýká se u rodinných domů). Litinová otopná tělesa se vyznačují největší životností. ⁽⁸⁾



Obrázek č.8: Litinové člankové těleso

Ocelová tělesa

Použití je vhodné pouze v teplovodních soustavách. Ocelová tělesa se vyznačují menšími pořizovacími náklady, menší životností a kladou vyšší požadavky na kvalitu topné vody. ⁽⁸⁾

Výroba člankových ocelových těles spočívá ve vylisování dvou částí a jejich následným spojením svárem po obvodě. ⁽²⁾

Hliníková tělesa

Pouze pro teplovodní soustavy. Mají velké požadavky na úpravu vody, doporučuje se pH okolo 7,3. ⁽⁸⁾

Članková tělesa využívají velký objem vody, tím je zajištěna dlouhá setrvačnost, s tím je spojena expanzní nádrž, která musí být o větším objemu. Používají se převážně tam kde jsou vysoké nároky na dodávku tepla. ⁽⁸⁾

2.2.2 Desková otopná tělesa

Princip těchto těles je tvořen tvarovanou deskou s horizontálními nebo vertikálními kanálky pomocí, které předává teplo svému okolí. Deska je lisována z jednotlivých ocelových plechů a následně je spojena sváry. Tělesa se vyrábí jako jednořadá, dvouřadá nebo třířadá. Výplň mezi jednotlivými deskami je z profilovaných plechů, čímž se zajistí lepší teplotní přenos tělesa. Tělesa jsou pro návrh a realizaci otopných teplovodních soustav s nuceným oběhem. Tělesa zadržují malý objem vody, dokážou tím lépe reagovat na změny. ⁽⁸⁾

Jejich výhodou je nízká pořizovací cena a velké množství variant. Vyrábí se v těchto rozměrech: hloubky 47-155mm, výšky 300-900mm a délky 400-3000mm. ⁽⁸⁾

2.2.3 Trubková otopná tělesa

Tělesa s vodorovnými nebo svislými trubkami svařenými do rámu nebo do oblouku. Trubková tělesa se nejvíce používají jako koupelnové žebříky. Vodorovné trubky žebříku jsou zaústěny do svislých sběrných částí žebříku. Napojení na rozvod otopné soustavy bývá nejčastěji ze spodní strany žebříku a můžou být doplněny o lokální zdroj tepla (elektro) , který se používá pouze v době mimo topné období. Trubková tělesa jsou vhodné pro soustavy jak se samotížným tak s nuceným systémem oběhu otopné soustavy. Vzhledem k jejich malé výkonnosti jsou vhodné do místností o menší půdorysné ploše - koupelny, WC. ⁽⁸⁾

2.2.4 Konvektory

Konvektory a fan-coily jsou někdy uváděné jako trubková tělesa, dříve se vyráběly z ocelových trubek, dnes jsou k výrobě nejvhodnější trubky měděné. ⁽²⁾

V základním rozdělení můžeme určit konvektory stěnové a podlahové. ⁽⁸⁾

Konvektory stěnové

Základ konvektoru tvoří plechová skříň, ze spodní strany je zcela otevřena a z vrchní strany je opatřena krycí vrchní mřížkou pro umožnění proudění vzduchu skrze konvektor. Topná plocha konvektoru tvoří nejčastěji měděné trubky s nalisovanými lamely z tenkého hliníkového plechu. Tepelný výkon záleží na délce konvektoru, velikosti skříně a počtu řad trubek. ⁽⁸⁾

Konvektory podlahové

Podlahové konvektory neboli fan-coily se instalují již při realizaci hrubých podlah a využívají se převážně u prosklených ploch (obvodových stěn). Skládají se z plechové vany a stejně jako u stěnových konvektorů z měděných trubek s nalisovanými hliníkovými lamelami. V horní části plechové skříně se instaluje krycí nášlapná mřížka pro zachování provozu. Podlahové konvektory můžou být s přirozenou cirkulací vzduchu nebo nucenou, kterou zajišťuje přidaný ventilátor. ⁽⁸⁾

2.2.5 Sálavá otopná tělesa

Základním principem sálavých těles je, že se většina tepla předává sáláním a pouze malá část konvekcí. Tělesa mohou být nedílnou součástí stavebních konstrukcí nebo jako samostatná zařízení. ⁽⁸⁾

Základní rozdělení sálavého vytápění: ⁽⁸⁾

- 1) velkoplošné vytápění (stropní, stěnové, podlahové)
- 2) vytápění sálavými panely
- 3) vytápění tmavými a světlými zářiči

Podlahové vytápění

Sálavá otopná plocha je součástí konstrukce podlahy, tím dochází k tomu, že povrch konstrukce podlahy je teplejší než teplota okolního vzduchu.

Povrchová teplota sálavé plochy se pohybuje mezi 24-34°C. Konstrukce podlahy musí být uzpůsobena na položení daných systémových vrstev a teplotu kterou podlahové topení sálá. Potrubí podlahového vytápění se jinak nazývá topný had. ⁽⁸⁾

Materiálové řešení topného hadu: ⁽²⁾

- měď
- plast
- vícevrstvé trubky s hliníkovými vrstvami



Obrázek č.9: Podlahové vytápění

Zdroj: TZB Info <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>

2.3 Potrubí a rozvody médií

Nejdůležitější vlastností potrubí pro rozvod otopných soustav je tepelná vodivost. Materiálově můžeme potrubí rozdělit na:

ocelové - nejstarší a nejosvědčenější potrubí které se používá pro klasické teplovodní vytápění. Spojování potrubí probíhá svařováním, šroubovanými spoji nebo u speciálního potrubí lisováním tvarovek. Používá se kvůli výborným vlastnostem a pro nízkou pořizovací cenu. ⁽²⁾

měděné - používají se trubky měděné měkké, polotvrdé a tvrdé. Měkké trubky se vyrábějí a dodávají ve svitcích, polotvrdé a tvrdé v tyčích nejčastěji o délce 5m. Spojování potrubí probíhá tzv. kapilárním pájením, svařováním nebo u speciálního potrubí lisováním tvarovkami. Pro teplovodní soustavy se instaluje potrubí měkkým pájením, u podlahového topení je zapotřebí pájení tvrdé. ⁽²⁾

plastové - existuje velké množství plastového potrubí, jako vhodná pro otopnou soustavu jsou zejména: ⁽²⁾

- síťovaný polyetylén
- polybuten
- statistický polypropylen
- chlorované PVC
- vrstvené potrubí s kovovou vložkou

Mezi hlavní vlastnosti plastových potrubí můžeme zařadit - větší délková teplotní roztažnost, nižší pevnost. Při návrhu životnosti musíme zohlednit tyto parametry: maximální teplota otopné vody, maximální provozní přetlak v soustavě a počet topných hodin za rok. Hlavní výhodou plastového potrubí je snadná manipulace, snazší a rychlejší montáž. Spojování potrubí se provádí mechanicky - lisováním nebo svařováním natupo. Aby bylo potrubí ochráněno před mechanickým poškozením nesmí být potrubí vedeno volně, musí být vedeno v konstrukci nebo v připravených podpěrných žlabech. ⁽⁷⁾

Potrubí pro rozvod otopné soustavy se dále dělí na rozvod horizontální a rozvod vertikální. ⁽⁷⁾

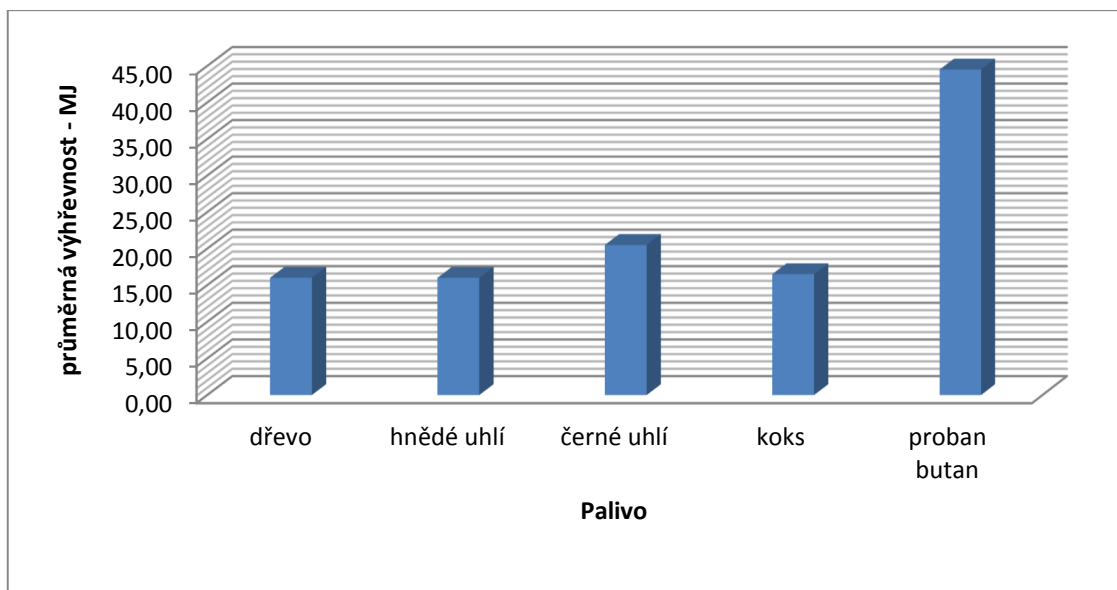
vertikální - stoupačky mohou být vedeny ve stěně nebo jsou přiznané (viditelně po stěně) ⁽⁷⁾

horizontální - horizontální rozvod může být veden čtyřmi způsoby - horním rozvodem, dolním rozvodem, rozvodem v podlaze a přiznaným rozvodem po stěnách. Horní způsob je uvažován rozvodem potrubí z půdy pokud je zdroj tepla umístěn v půdním prostoru. Dolní způsob může být proveden pouze, pokud je dům podsklepen, v případě druhého patra pokud jsou zhotoveny podhledy. Rozvod v podlaze je dnes nejčastější řešení, rozvod je skryt ve vrstvě tepelné izolace v konstrukci podlahy. Poslední a nejméně častou možností je přiznaný rozvod po stěnách domu. Tento způsob se již moc nevyužívá kvůli narušení prostoru a estetickým vlastnostem. ⁽⁷⁾

2.4 Paliva

Palivo je jeden z nejdůležitějších návrhových parametrů - provozní náklady otopných soustav jsou z největší části tvořeny náklady na palivo. Platí zde úměra pohodlí při vytápění domu ku provozním nákladům. Nejdůležitějším parametrem paliva, který je zjišťován je výhřevnost (množství tepla při dokonalém spálení). ⁽²⁾

Jednotky tepla - MJ (megajoule), kWh (kilowatthodina).



Graf č.2: Výhřevnost paliv - MJ (megajoule)

Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Vztah pro přepočítání z MJ na kWh se udává $1\text{MJ}=0,273\text{kWh}$.

2.4.1 Pevná paliva

Pevná paliva byla a jsou nedílnou součástí dostupných paliv. Hlavní výhodou je dostupnost a nízké ceny, nevýhodou menší komfort a pohodlí.

Mezi pevná paliva můžeme zařadit - uhlí, dřevo, peletky. ⁽²⁾

U pevných paliv je z hlediska bezpečnosti je nutné dodržovat minimální lhůty čištění dle vyhlášky č.111/81 Sb.

Komín	Čištění
tuhá paliva	6x ročně
plynná paliva	2x ročně s komínovou vložkou
	6x ročně bez komínové vložky

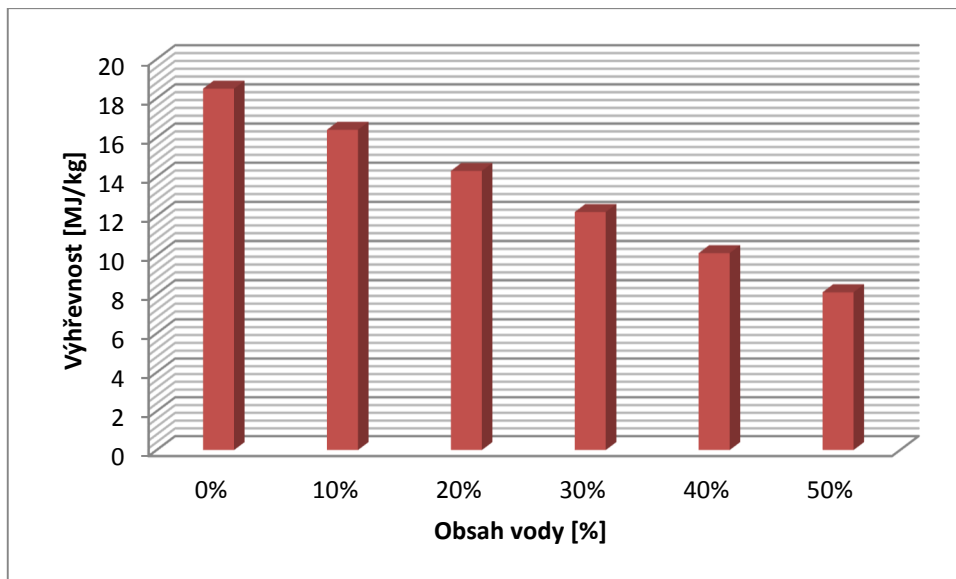
Tabulka č.2: Lhůty čištění Komínů dle vyhlášky č.111/81 Sb.

Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Uhlí - používá se v místech kde není zaveden plynovod. Nevýhodou uhlí je že vyjde draž než u jiných pevných paliv a vznikají velké nároky na uskladňovací prostor. ⁽²⁾

Dřevo - vytápění domu dřevem se stává stále více populárním, vzhledem k jeho příznivé ceně, která patří k jeho největší výhodě. Nevýhodou tohoto paliva jsou opět velké nároky na uskladňovací prostor, časté přikládání a tím snižující komfort a pohoda. ⁽²⁾

Výhřevnost dřeva je přímo úměrná vlhkosti dřeva viz graf níže.



Graf č.3: Výhřevnost dřeva v závislosti na obsahu vody
Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Peletky - jedná se o malé "válečky" slisované z drcené dřevní hmoty. Pro spalování peletek je zapotřebí speciálního automatického kotle se zásobníkem. ⁽²⁾

2.4.2 Plyná paliva

Pro vytápění se používají pouze dva druhy plynů zemní plyn a propan-butan. Propan-butan se musí dovážet (pomocí lahví nebo pomocí cisteren), zemní plyn je možný pouze tam, kde je zaveden plynovod. ⁽²⁾

Zemní plyn se udává v jednotkách kWh a MWh - přepočít je možný dle vztahu $1\text{m}^3 = 10,2\text{kWh}$.

2.4.3 Elektrická energie

Jde o nejčistší druh paliva, při využití elektrické energie nabízí společnosti zvýhodněné sazby. Sazby závisí na počtu a výkonu elektrických zdrojů tepla a odběru elektrické energie za doby nízkého tarifu. ⁽⁷⁾

2.5 Výpočty tepelných ztrát a potřeby energie

2.5.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

Součinitel prostupu tepla je hlavní část pro zpracování hodnot tepelných ztrát vzniklé prostupem stavební konstrukcí. Tento součinitel udává, kolik tepelné energie projde skrze stavební konstrukci z teplejšího (vytápěného) prostředí do chladnějšího prostředí na ploše jednoho metru čtverečního za jednu sekundu při rozdílu teplot 1K. ⁽⁵⁾

- složení součinitele prostupu tepla

- vedení - dle tloušťky a tepelné vodivosti
- konvekce - pomocí proudění vzduchu
- sálání

hodnoty pro navrhování budov udává norma ČSN 70 0540-2:2011

- $U_{n,20}$ - požadované
- $U_{rec,20}$ - doporučené
- $U_{pas,20}$ - pasivní budovy

tepelný odpor při přestupu tepla	nahoru	vodorovně	dolu
R_{si}	1	0,13	0,17
R_{se}	0,04	0,04	0,04

Tabulka č.3: tepelný odpor při přestupu tepla
Zdroj: ČSN EN ISO 6946

Součinitel prostupu tepla - neprůsvitné části ⁽⁹⁾

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{s}{\lambda} + R_{se}} \quad [W/m^2 * K]$$

R_{si} [W/m² * K] - tepelný odpor při přestupu tepla na vnitřní straně

R_{se} [W/m² * K] - tepelný odpor při přestupu tepla na vnější straně

R [W/m² * K] - tepelný odpor

s [m] - tloušťka vrstvy konstrukce

λ [W/m * K] - součinitel tepelné vodivosti

Součinitel prostupu tepla - průsvitné části ⁽⁹⁾

$$U = \frac{\sum S_{skla} + U_{skla} + \sum S_{rámu} + U_{rámu} + \sum l_{skla} + \Psi_{skla}}{\sum S_{skla} + \sum S_{rámu}}$$

S_{skla} [m²] - plocha zasklení

U_{skla} [W/m² * K] - součinitel prostupu tepla zasklení

$S_{rámu}$ [m²] - plocha rámu

$U_{rámu}$ [W/m² * K] - součinitel prostupu tepla rámu

l_{skla} [m] - viditelný obvod zasklení

$\Psi_{rámu}$ [W/m * K] - lineární součinitel prostupu tepla zasklení a rámu

Popis konstrukce	Součinitel prostupu tepla [W/(m ² ·K)]		
	Požadované hodnoty UN,20	Doporučené hodnoty Urec,20	Doporučené hodnoty pro pasivní budovy Upas,20
Stěna vnější	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25 lehká: 0,20	0,18 až 0,12
Střecha strmá se sklonem nad 45°	0,3	0,2	0,18 až 0,12
Střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop s podlahou nad venkovním prostorem	0,24	0,16	0,15 až 0,10
Strop pod nevytápěnou půdou (se střechou bez tepelné izolace)	0,3	0,2	0,15 až 0,10
Stěna k nevytápěné půdě (se střechou bez tepelné	0,30 ¹⁾	těžká: 0,25	0,18 až 0,12

izolace)		lehká: 0,20	
Podlaha a stěna vytápěného prostoru přilehlá k zemině ^{4), 6)}	0,45	0,3	0,22 až 0,15
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru	0,6	0,4	0,30 až 0,20
Strop a stěna vnitřní z vytápěného k temperovanému prostoru	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Strop a stěna vnější z temperovaného prostoru k venkovnímu prostředí	0,75	0,5	0,38 až 0,25
Podlaha a stěna temperovaného prostoru přilehlá k zemině ⁶⁾	0,85	0,6	0,45 až 0,30
Stěna mezi sousedními budovami ³⁾	1,05	0,7	0,5
Strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,05	0,7	
Stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10 °C včetně	1,3	0,9	
Strop vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,2	1,45	
Stěna vnitřní mezi prostory s rozdílem teplot do 5 °C včetně	2,7	1,8	
Výplň otvoru ve vnější stěně a strmé střeše, z vytápěného prostoru	1,5 ²⁾	1,2	0,8 až 0,6
do venkovního prostředí, kromě dveří			
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45°, z vytápěného prostoru	1,4 ⁷⁾	1,1	0,9
do venkovního prostředí			
Dveřní výplň otvoru z vytápěného prostoru do venkovního prostředí	1,7	1,2	0,9
(včetně rámu)			
Výplň otvoru vedoucí z vytápěného do temperovaného prostoru	3,5	2,3	1,7
Výplň otvoru vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	3,5	2,3	1,7
Šikmá výplň otvoru se sklonem do 45° vedoucí z temperovaného prostoru do venkovního prostředí	2,6	1,7	1,4
Lehký obvodový plášť (LOP), hodnocený jako smontovaná sestava včetně nosných prvků, s poměrnou plochou průsvitné výplně otvoru $f_w = A_w / A$, v m ² /m ² , kde A je celková plocha lehkého obvodového pláště (LOP), v m ² ; A _w plocha průsvitné výplně otvoru sloužící převážně k osvětlení interiéru včetně příslušných částí rámu v LOP, v m ² .	$f_w \leq 0,5$	$0,3 + 1,4 \cdot f_w$	0,2 + f_w 0,15 + $0,85 \cdot f_w$
	$f_w > 0,5$	$0,7 + 0,6 \cdot f_w$	
Kovový rám výplně otvoru	-	1,8	1

Nekovový rám výplně otvoru ⁵⁾	-	1,3	0,9-0,7
Rám lehkého obvodového pláště	-	1,8	1,2

Poznámky

¹⁾ Pro jednovrstvé zdivo se nejpozději do 31.12.2012 připouští hodnota 0,38 W/(m²·K).

²⁾ Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,7 W/(m²·K).

³⁾ Nemusí se vždy jednat o teplosměnnou plochu, ovšem s ohledem na postup výstavby a možné změny způsobu užívání se zajišťuje tepelná ochrana na uvedené úrovni.

⁴⁾ V případě podlahového a stěnového vytápění se do hodnoty součinitele prostupu tepla započítávají pouze vrstvy od roviny, ve které je umístěno vytápění, směrem do exteriéru.

⁵⁾ Platí i pro rámy využívající kombinace materiálů, včetně kovových, jako jsou například dřevo-hliníkové rámy.

⁶⁾ Odpovídá výpočtu součinitele prostupu tepla podle ČSN 73 0540-4 (tj. bez vlivu zeminy), nikoli výslednému působení podle ČSN EN ISO 13370.

⁷⁾ Nejpozději do 31.12.2012 se připouští hodnota 1,5 W/(m²·K).

Tabulka č.4: Požadované a doporučené prostupy tepla

Zdroj: ČSN 73 0540

2.5.2 Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru dle ČSN EN 12831

Celková návrhová tepelná ztráta vytápěného prostoru ⁽¹⁰⁾

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_{T,i} + \dot{Q}_{V,i} \quad [\text{W}]$$

$\dot{Q}_{T,i}$ [W] - návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostoru

$\dot{Q}_{V,i}$ [W] - návrhová tepelná ztráta způsobená větráním vytápěného prostoru

2.5.2.1 Návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostoru ⁽¹⁰⁾

$$\dot{Q}_{T,i} = (H_{T,ie} + H_{T,iue} + H_{T,ig} + H_{T,ij}) * (\theta_{int,i} - \theta_e) \quad [\text{W}]$$

$H_{T,ie}$ [W/K] - součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného do venkovního prostředí skrze plášť budovy

$H_{T,iue}$ [W/K] - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného do venkovního prostředí skrze nevytápěný prostor

$H_{T,ig}$ [W/K] - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu

$H_{T,ij}$ [W/K] - součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do vedlejšího prostoru který je vytápěný na výrazně jinou teplotu (sousedící místnosti uvnitř budovy, vytápění sousední budovy – řadové domy)

$\theta_{int,i}$ [°C] - vnitřní výpočtová teplota vytápěného prostoru

θ_e [°C] - venkovní výpočtová teplota

Návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostředí - součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného do venkovního prostředí skrze plášť budovy ⁽¹⁰⁾

$H_{T,ie}$ [W/K] - součinitel tepelné ztráty prostupem tepla z vytápěného do venkovního prostředí skrze plášť budovy který uvádí stavební konstrukce, tepelné mosty které jsou na rozhraní vnitřního vytápěného prostoru a venkovního prostředí (výplně otvorů, stěny, vodorovné konstrukce).

$$H_{T,ie} = \sum_k (A_k * U_k * e_k) + \sum_l (\psi_l * l_l * e_l) \quad [W/K]$$

A_k [m²] – plocha stavební konstrukce

U_k [W/ m²*K] – součinitel prostupu tepla skrze stavební konstrukci

- pro neprůsvitné konstrukce dle EN ISO 6946
- pro výplně otvorů dle EN ISO 10077-1
- dle schválených hodnot v Evropských technických hodnot

e_k [-] – korekční součinitel povětrnostních podmínek různých klimatických vlivů (pohlcování vlhkosti, rychlost větru, oslunění, teplota) pouze za předpokladu neuvažování při stanovení součinitelů prostupu tepla.

ψ_l [W/m*K] – činitel lineárního prostupu tepla lineárního prostupu tepla

– odhad pomocí hodnot z EN ISO 14683

– výpočtem dle EN ISO 10211-2

l_l [m] – délka lineárních tepelných mostů konstrukcí rozdělující vnitřní a vnější prostředí

e_l [-] – korekční součinitel povětrnostních podmínek různých klimatických vlivů (pohlcování vlhkosti, rychlost větru, oslunění, teplota) pouze za předpokladu neuvažování při stanovení součinitelů prostupu tepla.

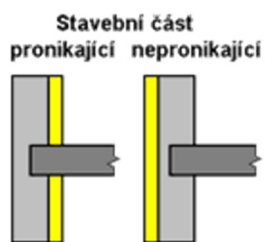
Výpočet lineárních tepelných ztrát - zjednodušená metoda

$$U_{kc} = U_k + \Delta U_{tb} \quad [W / m^2 \cdot K]$$

U_{kc} [W / m²·K] – korigovaný součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí (počítá s lineárními mosty)

U_k [W / m²·K] – součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí

ΔU_{tb} [W / m²·K] – korekční součinitel který je stanoven dle typu stavební konstrukce



Počet průniků stropních konstrukcí	Počet průniků stěn	ΔU_{tb} pro svislé stavební části a objem prostoru	
		$V \leq 100 \text{ m}^3$	$V > 100 \text{ m}^3$
0	0	0,05	0
	1	0,1	0
	2	0,15	0,05
1	0	0,2	0,1
	1	0,25	0,15
	2	0,3	0,2
2	0	0,25	0,15
	1	0,3	0,2
	2	0,35	0,25

Tabulka č. 5: Korekční součinitel pro svislé stavební části

Zdroj: ČSN EN 12 831

Stavební část		ΔU_{tb} pro vodorovné stavební části	
Lehká stropní/podlahová konstrukce (dřevo, kov)		0	
Těžká stropní či podlahová konstrukce (např. beton)	Počet stran v kontaktu s venkovním prostředím	1	0,05
		2	0,1
		3	0,15
		4	0,2

Tabulka č. 6: Korekční součinitel pro vodorovné stavební části

Zdroj: ČSN EN 12 831

Plocha stavební části (m ²)	ΔU_{tb} pro otvorové výplně
≤ 2	0,5
> 2 ≤ 4	0,4
> 4 ≤ 9	0,3
> 9 ≤ 20	0,2
> 20	0,1

Tabulka č. 7: Korekční součinitel pro otvorové výplně

Zdroj: ČSN EN 12 831

Návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostoru - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného do venkovního prostředí skrze nevytápěný prostor⁽¹⁰⁾

$$H_{T,iue} = \sum_k (A_k * U_k * b_u) + \sum_l (\psi_l * I_l * b_u) \quad [W/K]$$

b_u [W/ m²*K] – redukční teplotní činitel počítá s rozdílem teploty nevytápěného prostoru a teploty návrhové venkovní

teplotní redukční činitel může být stanoven třemi způsoby

$$1) b_u = \frac{\theta_{int,i} - \theta_u}{\theta_{int,i} - \theta_u}$$

- musí být navržena teplota nevytápěného prostoru

$$2) b_u = \frac{H_{ue}}{H_{iu} - H_{ue}}$$

- pokud není navržena teplota nevytápěného prostoru

H_{iu} [W/K] - součinitel tepelné ztráty mezi vytápěným a nevytápěným prostorem

H_{ue} [W/K] - součinitel tepelné ztráty z nevytápěného prostoru do venkovního prostředí

- tepelné ztráty prostupem
- tepelné ztráty větráním

3) stanovení pomocí normy

Návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostoru - součinitel tepelné ztráty prostupem z vytápěného prostoru do zeminy v ustáleném stavu ⁽¹⁰⁾

Jedná se tepelné ztráty konstrukcemi s přímým nebo nepřímým stykem se zeminou, především jde o podlahy a základové stěny.

Hodnotu můžeme vypočítat dle EN ISO 13370 – podrobným výpočtem nebo zjednodušeným (uvedený viz níže)

Vzorec pro stanovení hodnoty:

$$H_{T,ig} = f_{g1} * f_{g2} * (\sum_k A_k + U_{equiv,k}) * G_w \quad [W/K]$$

f_{g1} [-] - korekční součinitel který zohledňuje venkovní teploty ročních změn.
hodnota je stanovena - $f_{g1} = 1,45$

f_{g2} [-] - redukční teplotní činitel který zohledňuje rozdíl mezi průměrnou roční venkovní teplotou a výpočtovou venkovní teplotou

$$f_{g2} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{m,e}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

A_k [m²] - plocha stavební konstrukce která se dotýká zeminy

$U_{equiv,k}$ [W/ m²*K] - součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí stanoven dle typologie podlahy

- pro typologie podlah dle EN ISO 13370 v závislosti na U stavebních konstrukcí a parametru B' . Pro dané parametry se předpokládá tepelná vodivost zeminy $\gamma_g = 2,00$ [W/m]

G_w [m²] - korekční činitel který zohledňuje vliv spodní vody, pouze pokud vodní hladina spodní vody a úroveň podlahy nejspodnějšího podlaží je menší než 1m

- výpočet dle EN ISO 13370 - stanovení na národní úrovni

- pokud nejsou stanoveny hodnoty - $G_w = 1,00$ pokud je vzdálenost mezi základovou spárou a spodní vody větší než 1m, pokud je vzdálenost menší než 1m $G_w = 1,15$

Stanovení B'

$$B' = \frac{Ag}{0,5 * P}$$

Ag [m²] - plocha podlahové konstrukce

P [m] - obvod podlahové konstrukce

- dle EN ISO 13370 počítáno pro celou budovu při výpočtu jednotlivých místností je zapotřebí užít jeden z následujících způsobů

1) místnosti bez vnějších stěn - vypočteno pro celou budovu

2) místnosti s izolovanou deskou s minimálním parametrem $U_p = 0,5$ W/ m²*K

3) pro ostatní místnosti bude vypočítán parametr samostatně

Návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostředí - součinitel tepelné ztráty z vytápěného prostoru do vedlejšího prostoru který je vytápěný na výrazně jinou teplotu⁽¹⁰⁾

$$H_{T,i} = \sum_k f_{i,j} * A_k * U_k \quad [W/K]$$

$f_{i,j}$ [-] - redukční teplotní činitel - upravuje teplotní rozdíl mezi teplotou vedlejšího prostoru a venkovní výpočtové teploty

$$f_{i,j} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{vedlejšího\ prostoru}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

- pokud neexistují národní hodnoty teplot vedlejších vytápěných prostorů, využijí se hodnoty z přílohy A

A_k [m²] - plocha stavební konstrukce

U_k [W/ m²*K] - součinitel prostupu tepla stavební konstrukcí

2.5.2.2 Návrhová tepelná ztráta způsobená větráním⁽¹⁰⁾

$$\Phi_{V,i} = H_{V,i} * (\theta_{int,i} - \theta_e)$$

$H_{V,i}$ [W/K] - součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$\theta_{int,i}$ [°C] - výpočtová teplota vnitřního vytápěného prostoru

θ_e [°C] - výpočtová teplota venkovního prostředí

Návrhová tepelná ztráta způsobená větráním - součinitel návrhové tepelné ztráty větráním

$$H_{V,i} = \tilde{V}_i * \rho * c_p$$

\tilde{V}_i [m³/s] - výměna vzduchu vytápěného prostoru

ρ [kg/m³] - hustota vzduchu při vnitřní výpočtové teplotě

c_p [kJ/kg*K] - měrná tepelná kapacita vzduchu

- pokud budeme uvažovat konstantní ρ a c_p bude platit vzorec:

$$H_{v,i} = \tilde{V}_i * 0,34$$

- změna - \tilde{V}_i [m³/h] - stanovení výměny vzduchu závislé na řešení s nebo bez větrací soustavy

Přirozené větrání

- pokud není uvažován větrací systém - rekuperace tepla - přiváděný vzduch má stejnou teplotu jako z venkovního prostředí

- hodnota může být:

1) $\tilde{V}_{inf,i}$ - infiltrací, spárami a styky obvodového pláště (postup určení v kapitole)

2) $\tilde{V}_{min,i}$ - minimální hodnota z hygienických důvodů (postup určení v kapitole)

\tilde{V}_i = vyšší hodnota z dvou výše uvedených hodnot

Nucené větrání

- pomocí větracího systému - mohou se lišit vlastnosti přiváděného vzduchu od vzduchu z venkovního prostředí - rekuperace tepla, ústřední předehřívání, přivádění vzduchu z vedlejších místností

$$\tilde{V}_i = \tilde{V}_{inf,i} * \tilde{V}_{su,i} * f_{v,i} + \tilde{V}_{mech,inf,i} \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

$\tilde{V}_{inf,i}$ [m³/s] - infiltrací, spárami a styky obvodového pláště (postup určení v kapitole)

$\tilde{V}_{su,i}$ [m³/s] - množství přiváděného vzduchu

$\tilde{V}_{mech,inf,i}$ [m³/s] - rozdíl množství mezi nuceně odváděným a přiváděným vzduchem z vytápěné místnosti

$$f_{v,i} = \frac{\theta_{int,i} - \theta_{su,i}}{\theta_{int,i} - \theta_e}$$

$\theta_{su,i}$ [°C] - teplota přiváděného vzduchu do vytápěného prostoru

- musí být stejné nebo vyšší hodnoty než je minimální množství přiváděné z hygienických důvodů

Nejmenší požadované množství přiváděného vzduchu z hygienických důvodů

- stanovení pomocí daných hodnot, minimální množství dle vzorce

$$\tilde{V}_{\min,i} = n_{\min} * V_i \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

n_{\min} [h] - minimální intenzita výměny vzduchu

V_i [m³] - objem místnosti

Infiltrace, spárami a styky obvodového pláště

- způsobené větrem, změnami tlaku

$$\tilde{V}_{\text{inf},i} = 2 * V_i * n_{50} * e_i * \varepsilon_i \quad [\text{m}^3/\text{s}]$$

V_i [m³] - objem místnosti

n_{50} [h] - intenzita výměny vzduchu při rozdílu tlaků prostředí 50Kpa

e_i [-] - stínící činitel

ε_i [-] - výškový činitel - zohledňuje navýšení rychlosti proudění vzduchu po výšce nad zemí

- hodnota se musí rovnat nebo být vyšší než 0

Stavba	n50		
	Stupeň těsnosti obvodového pláště budovy (kvalita těsnění oken)		
	vysoká	střední	nízká
Rodinný dům s jedním bytem	<4	4 - 10	>10
Jiné bytové domy nebo budovy	<2	2 - 5	>5

Tabulka č. 8: Infiltrace obvodovým pláštěm

Zdroj: tzb.fsv.cvut.cz

Výška vytápěného prostoru nad úrovní země	
0 - 10m	1
>10 - 30m	1,2
>30m	1,5

Tabulka č. 9: Výškový činitel

Zdroj: tzb.fsv.cvut.cz

2.5.3 Návrhový tepelný výkon ⁽¹¹⁾

- stanovení dle součtu všech tepelných ztrát vytápěných prostor (ztráty prostupu tepla, ztráty větráním)

- dle tepelného výkonu se navrhne otopná soustava - otopná tělesa, zdroj tepla

Návrhový tepelný výkon pro vytápěný prostor

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

$\Phi_{T,i}$ [W] - návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostoru

$\Phi_{V,i}$ [W] - návrhová tepelná ztráta způsobená větráním vytápěného prostoru

$\Phi_{RH,i}$ [W] - zátopový tepelný výkon vlivem přerušovaného vytápění prostoru

$$\Phi_{RH,i} = A_i * f_{RH}$$

A_i [m³] - podlahová plocha vytápěného prostoru

f_{RH} [-] - korekční součinitel - závislost na době zátopu a následném poklesu vnitřní teploty

2.5.4 Roční tepelný výkon potřebný pro vytápění ⁽¹²⁾

$$\Phi_{vyt,r} = \frac{24 * 3600 * \Phi_i * \varepsilon * (t_{is} - t_{es}) * e_t * e_d}{t_{is} - t_e} \quad [W]$$

Φ_i [W] - tepelná ztráta budovy

ε [-] - opravný součinitel (snížení teploty, zkrácení doby vytápění vlivem nižší infiltrace - menší tepelná ztráta)

t_{is} [°C] - průměrná vnitřní teplota v otopném období

t_{es} [°C] - průměrná vnější výpočtová teplota

d [-] - počet dnů otopného období

e_t [-] - součinitel při přerušení vytápění

e_d [-] - součinitel zkrácení doby vytápění

t_e [°C] - venkovní výpočtová teplota

výpočet opravného součinitele

$$\varepsilon = \frac{\Phi_{t,i}}{\Phi_i}$$

Φ_i [W] - tepelná ztráta budovy

$\Phi_{t,i}$ [W] - tepelná ztráta prostupem tepla z vytápěného prostoru

2.5.5 Teplo spotřebované pro vytápění ⁽¹²⁾

$$\Phi_{vyt} = \frac{\Phi_{vyt,r}}{\eta_r * \eta_o * \eta_k} \quad [W]$$

η_r [-] - účinnost rozvodů tepelné energie pro vytápění

η_o [-] - účinnost regulace

η_k [-] - účinnost zdroje tepla

2.5.6 Výpočet množství paliva ⁽¹²⁾

$$U_{vyt} = \frac{\Phi_{vyt}}{H_u}$$

H_u [MJ/m³, MJ/kg] - tepelná ztráta prostupem tepla z vytápěného prostoru

2.6 Popis objektu

Pro návrh, ekonomického porovnání a vyhodnocení otopné soustavy jsem si vybral klasický rodinný dům. Dům se nachází v obci Ptice na pozemku č. 143/9. Zastavěná plocha rodinného domu je 183m² + přidružené dvojgaráže 47 m². Objekt je koncipován jako jednopodlažní (bungalov) s galerií v podkroví. Hlavní vstup do objektu je ze severní strany, dále navazuje zádveří, z kterého se následně přichází do společenské části. V levém křídle je situována ložnice se šatnou a koupelna s WC a saunou. V pravém křídle se nachází dětské pokoje, pracovna, koupelna s WC a technická místnost. Z chodby, která se nachází v pravém křídle vyúsťují schody do galerie v podkroví. Při výstupu ze zádveří se po levé straně nachází průchod do garáže a samostatného WC.

Architektonicko-stavební řešení

Dům je založen na základových pasech z prostého betonu prokládaného kamenem výšky 580mm v hloubce základové spáry -900mm, následně navazuje základová deska vyztužená kari sítěmi při obou površích tloušťky 150mm. Na základové desce byla realizována hydroizolace z asfaltových modifikovaných pásů s vložkou ze skleněné tkaniny ve dvou vrstvách. V dalších vrstvách je provedena tepelná izolace z podlahového polystyrenu ISOVER EPS150 tl. 120mm ve dvou vrstvách, systémová tepelně izolační deska pro systém podlahového vytápění, betonová mazanina o tloušťce 65-75mm(včetně mocnosti trubek podlahového topení). Poslední vrstvou je vrstva nášlapná která se mění v závislosti na užívání místností (obytné místnosti, sociální zařízení, technické místnosti).

Svislé obvodové nosné konstrukce jsou tvořeny cihelnými bloky Porotherm P+D tloušťky 300mm. Vnitřní nosné stěny jsou tvořeny z keramických nosných cihel Porotherm P+D AKU tloušťky 200mm a z plných cihel tloušťky 150mm. V lokálních místech jsou svislé konstrukce doplněny o podpůrné ocelové sloupky.

Vodorovné konstrukce nejsou v tomto projektu realizovány - jedná se o jednopodlažní objekt s vazníkovou konstrukcí pro zastřešení, nosná konstrukce stropu je řešena pomocí vazníků. Po celém obvodě nosných zdí je zhotoven železobetonový věnec, který je doplněn o železobetonové a systémové prefabrikované překlady.

Svislé nenosné stěny a příčky jsou vyzděny z plných nebo dutinových cihel tloušťky 100 a 150mm o odpovídajícím hlukovém útlumu.

V objektu se nachází pouze jedno schodiště které spojuje společenský prostor s galerií umístěnou v podkroví. Schodiště je řešeno jako jednoramenné, přímočaré, schodnicové se stupni bez stupnic. Schodnice budou ocelové se dřevěným stupni.

Zastřešení je řešeno pomocí vazníkové konstrukce s tesařsky doplněnými prvky krovu. Krytina střechy je řešena z asfaltových pásů které jsou instalovány na dřevěný záklop z OSB desek. Vazníky zastřešení tvoří nosnou konstrukci pro podhledy který bude zavěšen na spodní pásnici. SDK podhled tvoří ocelový rastr + SDK záklop vhodný do daného prostředí a dané protipožární třídy odolnosti.

Na obvodové stěny je instalována vrstva tepelné izolace z fasádní minerální vaty tl. 150mm, po obvodu garáže tl. 80mm. Pod rámy oken a francouzských oken je doplněna o vloženou izolaci z pěnového skla. Tepelná vrstva nad podhledy je provedena z izolace o tloušťce 240mm.

Vnější výplně otvorů jsou tvořeny plastovými okny s izolačním trojsklem a s pevnými nadsvětlíky, v prostoru galerie jsou osazena tři střešní okna. Pro vnitřní výplně otvorů byly nainstalovány dřevěné křídlové obložkové dveře a posuvné dveře se skrytými panty v sádkartonovém podhledu.

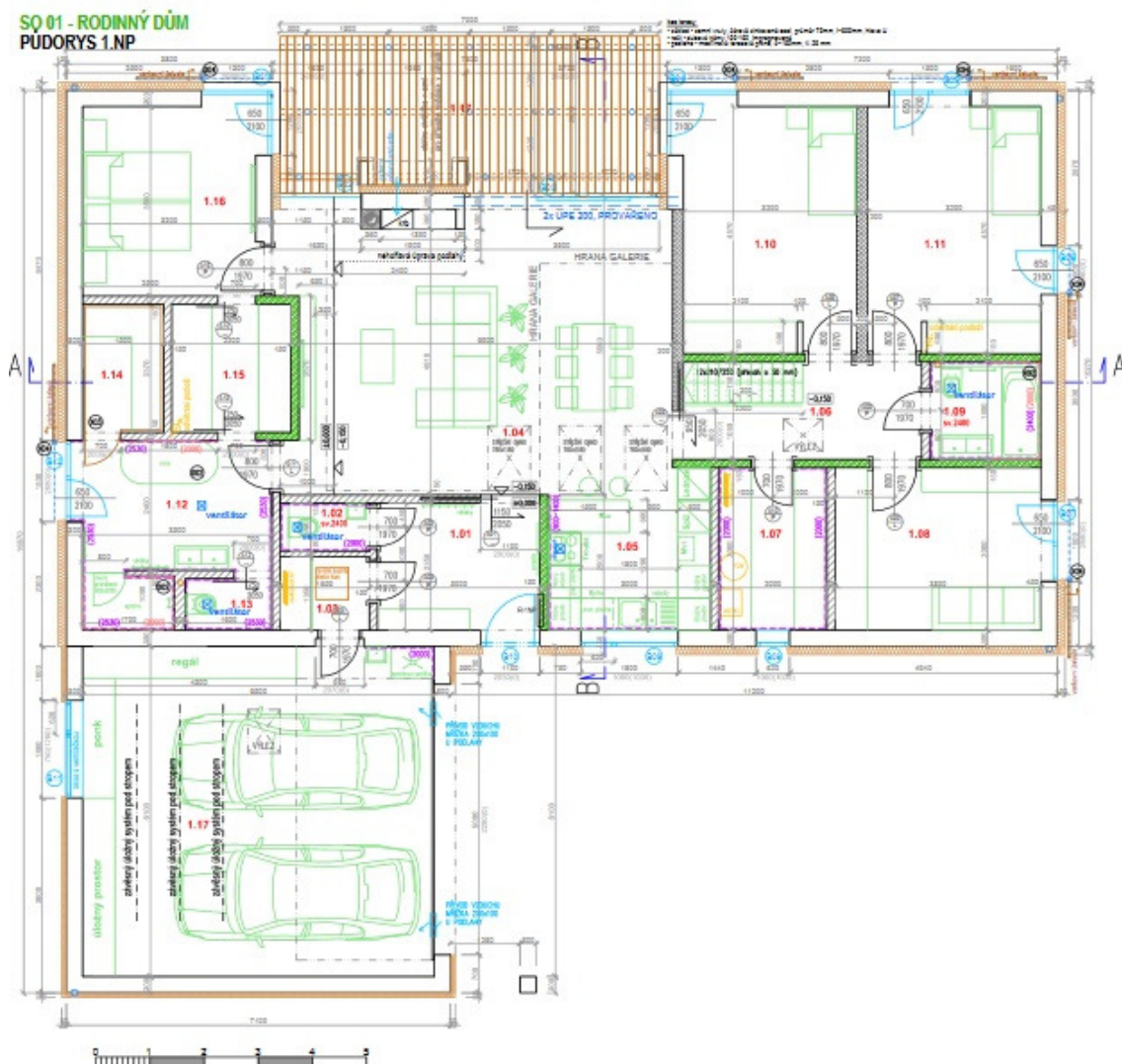
Vnější omítky jsou tvořeny kontaktním zateplovacím systémem se stěrkovou tenkovrstvou omítkou. Vnitřní omítky jsou realizovány jako klasické vápenocementové jádrové omítky se štukovou vrstvou a otěruvzdorné disperzní malby. V místnostech se sociálním nebo technickým provozem jsou stěny opatřeny keramickým obkladem. Podhledy jsou tvořeny sádkartonovými deskami opatřeny malbou s křemičitým pískem pro dosažení vzhledu štukové omítky.



Obrázek č. 10: Jižní pohled
Zdroj: projektová dokumentace



Obrázek č. 11: Východní pohled
Zdroj: Projektová dokumentace



Obrázek č. 12: Půdorys 1.NP
Zdroj: projektová dokumentace

Navržené vytápění

Budova je vytápěna primárním zdrojem tepla - plynový kotel Buderus Logamax GB172-14 v kombinaci s podlahovým vytápěním a konvekčními otopnými tělesy v části objektu. Jedná se plynový kondenzační kotel o plném výkonu 13,3kW, spotřeba zemního plynu 1,52 m³/h, maximální příkon 65W. Kotel disponuje s vlastní expanzní nádobou 12l a jeho nejvyšší možný provozní tlak je 3 bary.

Sekundárním zdrojem je krbová vložka umístěná v obývacím pokoji o jmenovitém výkonu 7KW, regulovatelný výkon 3,9-10kW.

Vytápění je navrženo o parametrech topné vody:

- pro ohřev teplé užitkové vody - 80/55 °C
- pro radiátory a podlahové vytápění 46/38°C

Teplá užitková voda je připravována nepřímo ve výměníku objemu 200l.

Návrh, úprava objektu pro navržení, ekonomické posouzení a vyhodnocení vytápění
Rodinný dům popsán výše jsem upravil tak, aby bylo možné navrhnout novou otopnou soustavu. Základní změnou je, že jsem dům přemístil a navrhl novou parcelu pro zastavění. Posuzovaný dům jsem přemístil na parcelu v katastru obce Velká Turná okres Strakonice, číslo parcely 644/1.



Obrázek č. 13: Katastrální mapa parcely 644/1 katastrálního území Velká Turná
Zdroj: nahlizenidokn.cuzk.cz

Druhá úprava spočívá ve vyrušení všech otopných zdrojů, otopných těles a podlahového vytápění tak, aby mohl být navržen systém nový.

2.7 Návrh a ekonomické vyhodnocení

2.7.1 Výpočet tepelných ztrát

Abychom mohli správně navrhnout otopnou soustavu je nutné vypočítat celkovou tepelnou ztrátu budovy a dílčích místností.

Celková tepelná ztráta se skládá ze dvou základních částí:

- ztráta prostupem tepla z vytápěného prostoru do nevytápěného prostředí
- tepelná ztráta větráním - nuceným, přirozeným nebo kombinací

2.7.1.1 Výpočet součinitele prostupu tepla

Pro výpočet tepelných ztrát je nezbytný a nejdůležitější správný výpočet součinitele prostupu tepla pro všechny stavební konstrukce.

Obvodová stěna z cihelných bloků Porotherm P+D tl 300mm +izolace tl. 150mm.

$$U = \frac{1}{R_{si} + \sum R + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \sum \frac{s}{\lambda} + R_{se}} = \frac{1}{0,13 + 4,728 + 0,4} = 0,204 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

R_{si}0,13 W/m² * K

R_{se} 0,40 W/m² * K

	S	λ	s/λ	suma(S/λ)
tenkovrtvá silikátová omítka	0,005	0,86	0,005814	4,897954
izolace Isover S 150	0,15	0,043	3,488372	
lepidlo zateplovacího systému	0,005	0,9	0,005556	
cihelné bloky porotherm 30 P+D	0,3	0,25	1,2	
vápenocementová jádrová omítka	0,015	0,99	0,015152	
štuková omítka	0,005	0,49	0,010204	
otěruvzdorná disperzní malba	0,0006	0,21	0,002857	

Tabulka č. 10: Tepelné odpory jednotlivých částí stavební konstrukce

Zdroj: vlastní zpracování

V porovnání s tabulkou požadovaných a doporučených hodnot prostupu tepla jsme zjistili, že se pohybujeme hodnotou níže než je doporučená hodnota pro obvodové stěny určená normou ČSN 73 0540.

Hodnoty prostupu tepla jsem přepočítal pro všechny stavební konstrukce.

- stěny a stavební konstrukce ve styku s nevytápěným prostředím

	R	U
Obvodová stěna 300mm + izolace 150mm	4,897954	0,204166868
Obvodová stěna 300mm + izolace 80mm - garáž	3,330047	0,300296029
Obvodová stěna 300mm + izolace 150mm - ker. Obklad	4,983426	0,200665159
Podlaha s dřevěnými lamelami	4,509204	0,221768629
Podlaha s dlaždicemi	4,433792	0,225540601
Strop	6,689577	0,149486279

Tabulka č. 11: Tepelné odpory a tepelné prostupy stavebních konstrukcí ve styku s nevytápěným prostředím

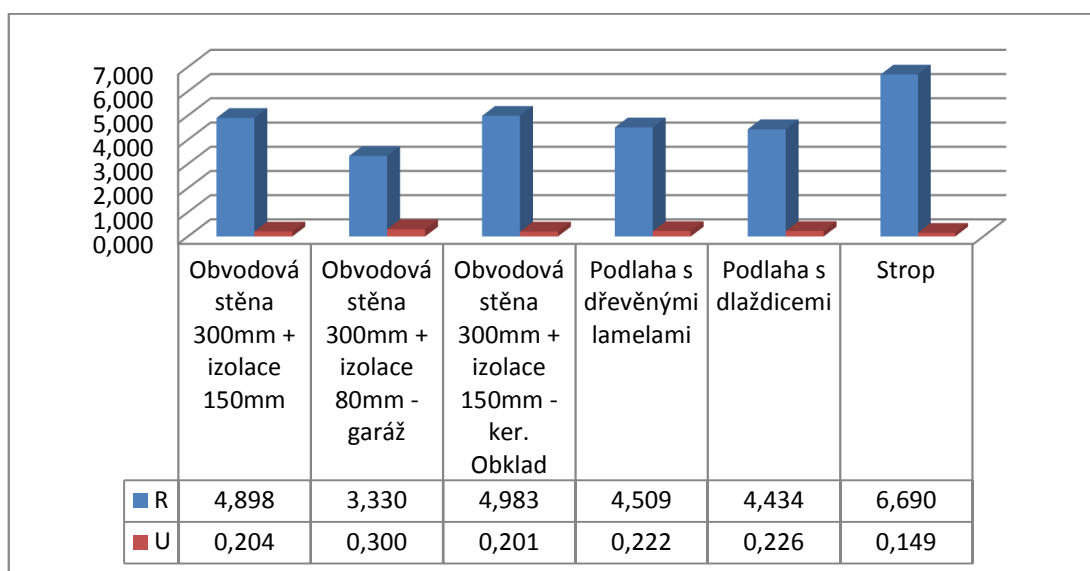
Zdroj: vlastní vypracování

- stěny a stavební konstrukce ve vnitřním/mezi vytápěnými prostory

	R	U
Vnitřní nosná stěna 200mm	1,116425	0,895715853
Vnitřní nosná stěna 150mm	0,691425	1,44628746
Vnitřní nenosná stěna 150mm	0,876425	1,140998321
Vnitřní nenosná stěna 100mm	1,316425	0,759632821

Tabulka č. 12: Tepelné odpory a tepelné prostupy stavebních konstrukcí mezi vytápěnými prostory

Zdroj: vlastní vypracování



Graf č. 4: Tepelné odpory a tepelné prostupy stavebních konstrukcí ve styku s nevytápěným prostředím

Zdroj: Vlastní vypracování

Z grafu vidíme, že největší tepelný odpor a tím nejmenší prostup tepla konstrukce stropu, naopak vidíme že nejmenší tepelný odpor a tím největší tepelný prostup

obvodová stěna garáže. Garáž není vytápěná a tak špatný tepelný odpor/tepelná ztráta není tolik podstatná. Ostatní hodnoty vycházejí lépe než udává norma ČSN a proto je není nutné řešit.

2.7.1.2 Výpočet tepelných ztrát prostupem tepla

Návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostředí

č.m.	místnost	ztráty prostupem tepla
1	Hala	168,652
2	WC	16,838
3	Šatna	72,988
4	Obývací pokoj	986,119
5	Kuchyně	196,249
6	Chodba	88,399
7	Tech. Místnost	93,659
8	Pokoj 01	376,767
9	Koupelna	82,565
10	Pokoj 02	465,191
11	Pokoj 03	507,878
12	Koupelna	326,859
13	WC	15,786
14	Sauna	86,106
15	Šatna	41,991
16	Ložnice	500,875

Tabulka č. 13: Návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostředí

Zdroj: vlastní zpracování

2.7.1.3 Výpočet tepelných ztrát větráním

Výpočet tepelných ztrát větráním je dán typem větrání. Může být nucené nebo přirozené větrání. Nucené větrání pomocí ventilátorů a dalších zařízení, přirozené pomocí otevírání oken.

U tohoto rodinného domu uvažujeme větrání přirozeným způsobem.

Vzhledem k tomu, že budova je větrána přirozeným způsobem bude výsledná hodnota navržena dle minimální hygienické hodnoty (intenzita výměny vzduchu doporučena 0,5V/h nebo dle infiltrace obvodového zdiva - platí větší z těchto dvou variant. Pro infiltraci byly zvoleny následující hodnoty:

n_{50} [h] - 5

e_i [-] - 0,05

ε_i [-] - 1 - výška budovy menší než 10m

č.m.	místnost	tepelná ztráta větráním
1	Hala	99,776
2	WC	25,514
3	Šatna	34,170
4	Obývací pokoj	612,326
5	Kuchyně	125,973
6	Chodba	133,946
7	Tech. Místnost	82,008
8	Pokoj 01	181,784
9	Koupelna	63,966
10	Pokoj 02	240,785
11	Pokoj 03	240,785
12	Koupelna	193,676
13	WC	23,919
14	Sauna	57,406
15	Šatna	71,074
16	Ložnice	192,947

Tabulka č. 14: Tepelné ztráty větráním

Zdroj: Vlastní vypracování

2.7.1.4 Celková navrhovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru

č.m.	místnost	tepelná ztráta
1	Hala	268,428
2	WC	42,352
3	Šatna	107,158
4	Obývací pokoj	1 598,446
5	Kuchyně	322,222
6	Chodba	222,346
7	Tech. Místnost	175,667
8	Pokoj 01	558,551
9	Kouplena	146,532
10	Pokoj 02	705,976
11	Pokoj 03	748,662
12	Kouplna	520,534
13	WC	39,705
14	Sauna	143,512
15	Šatna	113,065
16	Ložnice	693,822

Tabulka č. 15: Celkové tepelné ztráty (tepelné ztráty prostupem + tepelné ztráty větráním)

Zdroj: vlastní vypracování

Celková tepelná ztráta dle normy ČSN EN 12 831 byla vypočítána na hodnotu 6407,977 W. Tato hodnota je rozhodující pro navržení otopné soustavy.

2.7.1.5 Navrhovaný tepelný výkon

Navrhovaný tepelný výkon se stanovuje ze vzorce:

$$\Phi_{HL,i} = \Phi_{T,i} + \Phi_{V,i} + \Phi_{RH,i} \quad [W]$$

U navrženého rodinného domu se nepřerušuje vytápění a proto se neuvažuje zátopový tepelný výkon.

Hodnota zátopového tepelného výsledku je stanovena na stejnou hodnotu jako je celková navrhovaná tepelná ztráta vytápěného prostoru.

$$\Phi_{HL,i} = 6407,977 \text{ W}$$

Roční tepelný výkon potřebný pro vytápění

Roční tepelný výkon potřebný pro vytápění byl stanoven dle vzorce níže.

$$\Phi_{\text{vyt},r} = \frac{24 * 3600 * \Phi_i * \varepsilon * (t_{is} - t_{es}) * e_t * e_d}{t_{is} - t_e}$$
$$= \frac{24 * 3600 * 6407,977 * 2,367 * (19,688 - 3,8) * 0,95 * 1}{19,688 + 15}$$

$$= 57\,022\,535\,020,58 \text{ J/rok}$$

$$\Phi_i = 6407,977 \text{ W}$$

$$\varepsilon = 2,367$$

$$t_{is} = 19,688 \text{ °C}$$

$$t_{es} = 3,8 \text{ °C}$$

$$d = 230$$

$$e_t = 0,95$$

$$e_d = 1$$

$$t_e = -15 \text{ °C}$$

$$\varepsilon = \frac{\phi_{t,i}}{\phi_i} = \frac{6407,977}{2380,054} = 2,367$$

Roční tepelný výkon potřebný pro vytápění přepočítaný:

$$\Phi_{\text{vyt},r} = 15,84314 \text{ MWh/rok}$$

Vypočtená potřeba tepla je stanovena pouze pro vytápění, není zahrnuta jakákoli jiná energie.

2.7.3 Ekonomické navržení a porovnání otopné soustavy

2.7.3.1 Návrh a posouzení otopných těles

Pro návrh otopných těles jsem zredukoval tabulku tepelných ztrát - sloučil jsem místnosti které nebudou mít samostatné otopné těleso a budou vytápěny místností která se nachází v těsné blízkosti.

č.m.	místnost	tepelná ztráta	uvažované tepelné ztráty
1	Hala	268,428	310,780
2	WC	42,352	
3	Šatna	107,158	98,145
4	Obývací pokoj	1 598,446	1 598,446
5	Kuchyně	322,222	322,222
6	Chodba	222,346	398,013
7	Tech. Místnost	175,667	
8	Pokoj 01	558,551	558,551
9	Koupelna	146,532	146,532
10	Pokoj 02	705,976	705,976
11	Pokoj 03	748,662	748,662
12	Koupelna	520,534	703,750
13	WC	39,705	
14	Sauna	143,512	
15	Šatna	113,065	113,065
16	Ložnice	693,822	693,822

Tabulka č. 16: Upravené tepelné ztráty pro návrh otopných těles

Zdroj: vlastní vypracování

Návrh otopných těles dle dané místnosti

Pro návrh otopných těles jsou uvažovány klasická konvekční tělesa - v porovnání jsem se zaměřil na nejčastěji používaná desková otopná tělesa v kombinaci s koupelnovými žebříky a na článková otopná tělesa (materiál hliník a litina).

č.m.	místnost	Deskové otopné těleso	Článeková otopná tělesa - hliníková	Článeková otopná tělesa - hliníková
1	Hala	769,20 Kč	1 671,60 Kč	1 820,40 Kč
2	Šatna	460,80 Kč	835,20 Kč	976,80 Kč
3	Obývací pokoj	3 362,40 Kč	6 681,60 Kč	7 230,00 Kč
4	Kuchyně	594,00 Kč	1 671,60 Kč	1 820,40 Kč
5	Chodba	656,40 Kč	1 671,60 Kč	1 820,40 Kč
6	Pokoj 01	1 575,60 Kč	3 340,80 Kč	3 684,00 Kč
7	Koupelna	3 310,80 Kč	835,20 Kč	976,80 Kč
8	Pokoj 02	1 839,60 Kč	3 340,80 Kč	3 684,00 Kč
9	Pokoj 03	1 839,60 Kč	3 340,80 Kč	3 684,00 Kč
10	Koupelna	2 197,20 Kč	3 340,80 Kč	3 684,00 Kč
11	Šatna	460,80 Kč	835,20 Kč	976,80 Kč
12	Ložnice	1 839,60 Kč	3 340,80 Kč	3 684,00 Kč
	celkem	18 906,00 Kč	30 906,00 Kč	34 041,60 Kč

Tabulka č. 17: Pořizovací náklady otopných těles včetně montáže

Zdroj: vlastní vypracování, konzultace s firmou Charvát

Po konzultaci jsem dospěl k jednotlivým životnostem otopných těles. Uvažovaná životnost je brána odhadem dle zkušeností.

Typ otopných těles	Uvažovaná životnost
Desková ocelová	15
Hliníková článeková	22
Litínová článeková	30

Tabulka č. 18: Uvažovaná životnost otopných těles

Zdroj: vlastní vypracování, konzultace s firmou Charvát

Po dobu životnosti otopných těles jsem uvažoval s následujícími procenty na opravy které byly přepočteny na jeden rok.

Typ otopných těles	Roční opravy [%]
Desková ocelová	1,5
Hliníková článeková	1
Litínová článeková	1

Tabulka č. 19: Uvažované opravy [%]

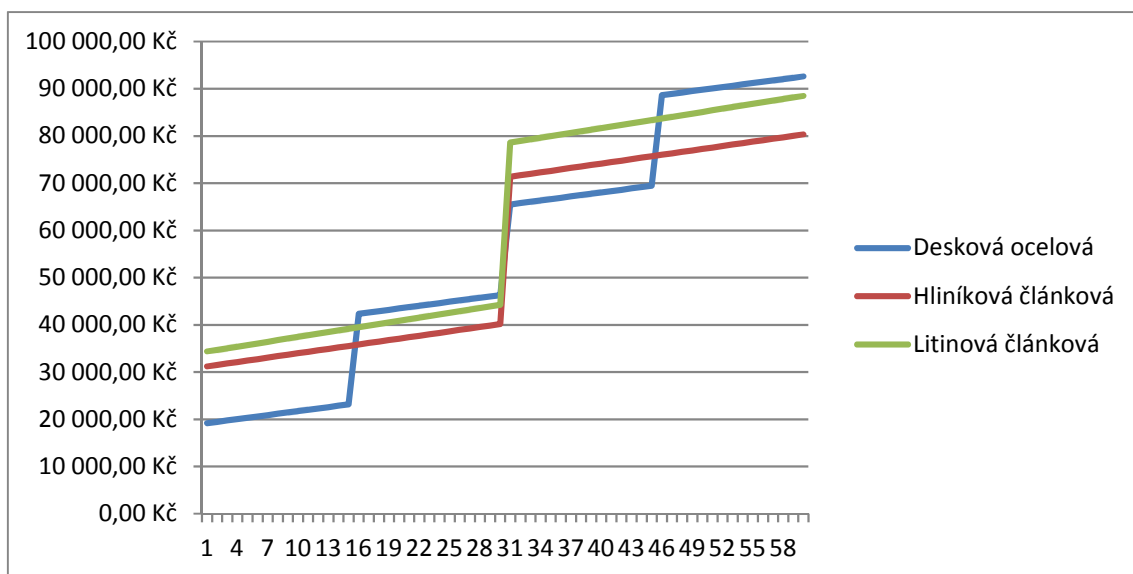
Zdroj: vlastní vypracování, konzultace s firmou Charvát

Pro výpočet nákladů na realizaci a provoz otopných těles byla použita návrhová doba 60let.

Typ otopných těles	Náklady po dobu životnosti stavby
Desková ocelová	92 639,40 Kč
Hliníková článková	80 355,60 Kč
Litinová článková	88 508,16 Kč

Tabulka č. 20: Náklady na otopná tělesa po dobu navržené doby životnosti 60let

Zdroj: vlastní vypracování, konzultace s firmou Charvát



Graf č. 5: Náklady na otopná tělesa po navrženou dobu životnosti

Zdroj: vlastní vypracování

Z grafu je vidět, že nejlépe vycházející variantou otopných těles jsou tělesa článková hliníková.

Článková hliníková otopná tělesa jsou pořizovacími náklady vyšší než desková ocelová otopná tělesa, nicméně po započtení renovace/výměny otopných těles, kdy mají uvažovanou životnost dvakrát vyšší vyjdou ekonomicky nejlépe - úspora cca 12 000Kč. V případě druhé možnosti bych volil tělesa článková litinová. Plechová desková otopná tělesa jsou vycházejí nejlépe pořizovací cenou avšak vlivem životnosti vycházejí jako nejméně neekonomické.

V návrhu otopné soustavy rodinného domu budou použita hliníková článková tělesa.

2.7.3.2 Návrh zdroje tepla

Pro návrh zdroje byly zvoleny čtyři základní zdroje tepla pro rodinné domy.

1) Kotel ATTACK DPX 15 STANDARD - dřevozplynovací kotel o jmenovitém výkonu 15kW, účinnost kotle 91,3%, elektrický příkon 32W. Vzhledem k výkonu který je vyšší než je vpočtená potřeba tepla, je kotel doplněn o dvě akumulční nádrže Akumulační nádrž MAGNADO 1000l d790 o objemu 1000l.

2) Tepelné čerpadlo NORDline WWBC-9,5 H-B/P - systém vzduch-voda, nominální výkon 9,5kW, příkon 2,5kW.

3) Kondenzační kotel PROTHERM Kotel GEPARD CONDENS 25 MKO-A jmenovitý výkon 4-12kW, účinnost 108%, elektrický příkon 42W. Vzhledem k výkonu který je vyšší než je vpočtená potřeba tepla, je kotel doplněn o dvě akumulční nádrže ATTACK HR 1000 - objem nádrže 731l.

4) Elektrický kotel elektrický kotel EPUV.R - 7 Wterm, příkon 7kW, 3x400V

Výpočet spotřebovaného tepla pro vytápění

Vypočítá se úpravou ročního tepelného výkonu pro vytápění. Při reálné situaci systém nedokáže pracovat s tak velkou účinností která je deklarována, nedosahují takových hodnot. Energie která je spotřebovaná je nepatrně vyšší, proto se musí roční tepelný výkon upravit následujícími součinitely.

- součinitel účinnosti kotle
- součinitel regulace
- součinitel rozvodů otopné soustavy

	roční tepelný výkon potřebný pro vytápění	účinnost rozvodů	účinnost regulace	účinnost zdroje	přepočtený redukovaný potřebný roční výkon pro vytápění
Dřevo-zplynovací kotel	15,84	0,96	0,91	0,91	19,86
Tepelné čerpadlo	15,84	0,96	0,96	1,00	17,19
Kondenzační plynový kotel	15,84	0,96	0,96	1,08	15,92
Elektrický kotel	15,84	0,96	0,96	1,00	17,19

Tabulka č. 21: Spotřebované teplo pro vytápění v MW
Zdroj: vlastní vypracování

Nejvyšší spotřebu tepla má dům se dřevozplynovacím kotlem, nejnižší spotřebu má kondenzační plynový kotel. Tato hodnota je dána hlavně tím, že uváděný součinitel účinnosti zdroje přesahuje 100% - v praxi není reálné.

Výpočet množství paliva

výhřevnost paliv

Zemní plyn	33,48 MJ/m ³
Propan	46,40 MJ/kg
LTO	42,30 MJ/kg
Dřevo palivové	14,62 MJ/kg
Dřevěné brikety	16,21 MJ/kg
HU prachové - Most	11,72 MJ/kg
HU tříděné - Most	17,18 MJ/kg
HU prachové - Sokolov	10,49 MJ/kg
HU tříděné - Sokolov	14,17 MJ/kg
ČU prachové - Ostrava	22,78 MJ/kg
ČU prachové - Kladno	15,57 MJ/kg
ČU energetické - Kladno	22,61 MJ/kg
Brikety	23,05 MJ/kg
Sláma obilná	15,50 MJ/kg
Papír	14,11 MJ/kg

Tabulka č. 22: Výhřevnost paliv

Zdroj: vytapeni.tzb-info.cz

Spotřeba paliv

	palivo	výhřevno st paliva [MJ/kg]	potřebné dodané teplo [MJ]	celkové množství paliva	
dřevo-zplynovací kotel	dřevo	14,62	71 479,988	4 889,192	kg
tepelné čerpadlo	elektrická energie	3,8	17 190,000	4 523,684	kW
kondenzační plynový kotel	plyn	33,48	57 299,164	1 711,445	m ³
elektrický kotel	elektrická energie	1	17 190,000	17 190,000	kW

Tabulka č. 23: Spotřeba paliv

Zdroj: vlastní zpracování

Jednotkové ceny paliv

Jednotkové ceny paliv byly zjištěny v místě bydliště, z místních zdrojů.

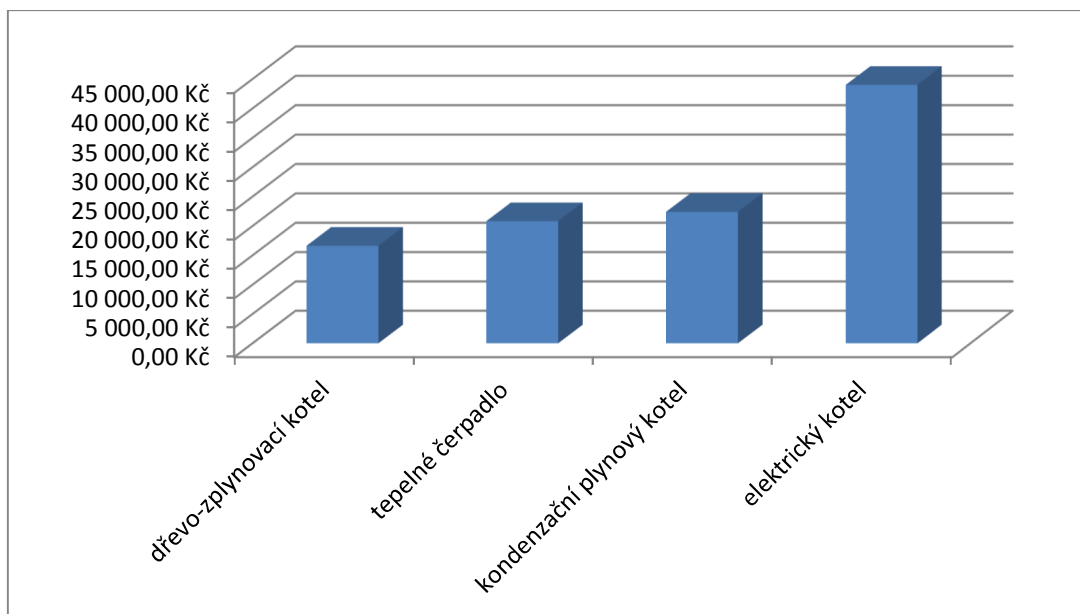
	palivo	jednotková cena paliv		
dřevo-zplynovací kotel	dřevo	3,4	Kč/kg	Palivové dřevo Tora Strakonice
tepelné čerpadlo	elektrická energie	4,6	Kč/kW	tzb-info.cz
kondenzační plynový kotel	zemní plyn	13,09	Kč/m ³	tzb-info.cz
elektrický kotel	elektrická energie	2,56	Kč/kW	tzb-info.cz

Tabulka č. 24: Jednotkové ceny paliv
Zdroj: vlastní zpracování, zdroje vypsány vedle řádků

Náklady na paliva pro roční vytápění

	palivo	jednotková cena paliv	celkové množství paliva	cena celkem
dřevo-zplynovací kotel	dřevo	3,40 Kč	4 889,192	16 623,25 Kč
tepelné čerpadlo	elektrická energie	4,60 Kč	4 523,684	20 808,95 Kč
kondenzační plynový kotel	zemní plyn	13,09 Kč	1 711,445	22 402,81 Kč
elektrický kotel	elektrická energie	2,56 Kč	17 190,000	44 006,40 Kč

Tabulka č. 25: Celkové náklady na paliva
Zdroj: vlastní zpracování



Graf č. 6: Celkové náklady na paliva

Zdroj: Vlastní zpracování

Z grafu vidíme, že nejlépe vychází cena paliva pro dřevo-zplynovací kotel s ročními náklady menšími než 17 000Kč. Palivové dřevo je dlouhodobě nejlevnější palivo. Na druhé straně vidíme, že nejhorší spotřebu a náklady má elektrický kotel. Palivo je jeden z nejvyšších nákladů a je třeba klást na ty to náklady největší důraz.

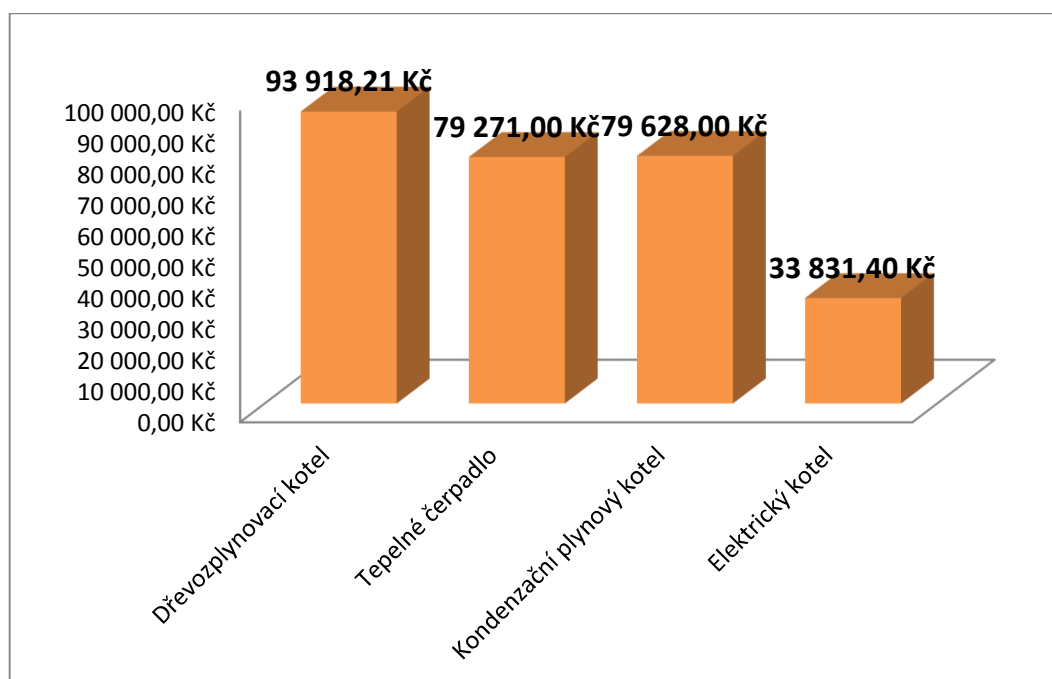
Pořizovací náklady na zdroje tepla a s ním společných zařízení.

	jednotky	množství	jednotková cena	celková cena	cena za zařízení	
Dřevozplynovací kotel						
Dřevozplynovací kotel	ks	1	40 696,21 Kč	40 696,21 Kč	93 918,21 Kč	centrumvytapani.cz
Akumulační nádrž	ks	2	15 711,00 Kč	31 422,00 Kč		akunadrze.cz
Armatury	kpl	1	5 000,00 Kč	5 000,00 Kč		firma Charvát
Instalace zařízení	kpl	1	16 800,00 Kč	16 800,00 Kč		firma Charvát
Tepelné čerpadlo						
Tepelné čerpadlo	ks	1	61 771,00 Kč	61 771,00 Kč	79 271,00 Kč	centrumvytapani.cz
Armatury	kpl	1	3 500,00 Kč	3 500,00 Kč		firma Charvát
Instalace zařízení	kpl	1	14 000,00 Kč	14 000,00 Kč		firma Charvát
Kondenzační plynový kotel						
Kondenzační plynový kotel	ks	1	23 606,00 Kč	23 606,00 Kč	79 628,00 Kč	akoupelnyatopeni.cz
Akumulační	ks	2	15 711,00 Kč	31 422,00 Kč		akunadrze.cz

nádrž			Kč	Kč	
Armatury	kpl	1	5 000,00 Kč	5 000,00 Kč	firma Charvát
Instalace zařízení	kpl	1	19 600,00 Kč	19 600,00 Kč	
Elektrický kotel					
Elektrický kotel	ks	1	16 331,40 Kč	16 331,40 Kč	33 831,40 Kč
Armatury	kpl	1	3 500,00 Kč	3 500,00 Kč	
Instalace zařízení	kpl	1	14 000,00 Kč	14 000,00 Kč	firma Charvát
					firma Charvát

Tabulka č. 26: Pořizovací náklady na zdroje tepla a společné zařízení

Zdroj: Vlastní zpracování, konzultace s firmou Charvát



Graf č. 7: Pořizovací náklady na zdroj tepla a s ním spojených zařízení

Zdroj: Vlastní zpracování

Z výše uvedeného grafu pořizovacích cen vyplývá jako nejlevnější varianta elektrický kotel v ceně 33 831,40Kč. Ostatní varianty jsou výrazně dražší, kde se liší ceny až o 60 000Kč. Nejdražší variantou je kotel dřevo-zplynovací který vyšel na cenu 93 918,21Kč.

Stejně jako u otopných těles i tady musíme do výpočtu zahrnout opravy jejich četnost a životnost zdroje. Životnost každého zdroje je individuální a záleží na mnoha faktorech. Po dohodě jsem navrhl jednotlivé životnosti, četnosti oprav a jejich procentuální velikost.

Každý zdroj tepla má svoji životnost, tepelné čerpadlo má životnost "nekonečnou". U tepelného čerpadla se předpokládá výměna některých funkčních částí - ventilátor a

jiné. Ostatní tepelné zdroje se při velkém problému nevyplatí opravovat a po skončení jejich životnosti se nahradí novým zdrojem.

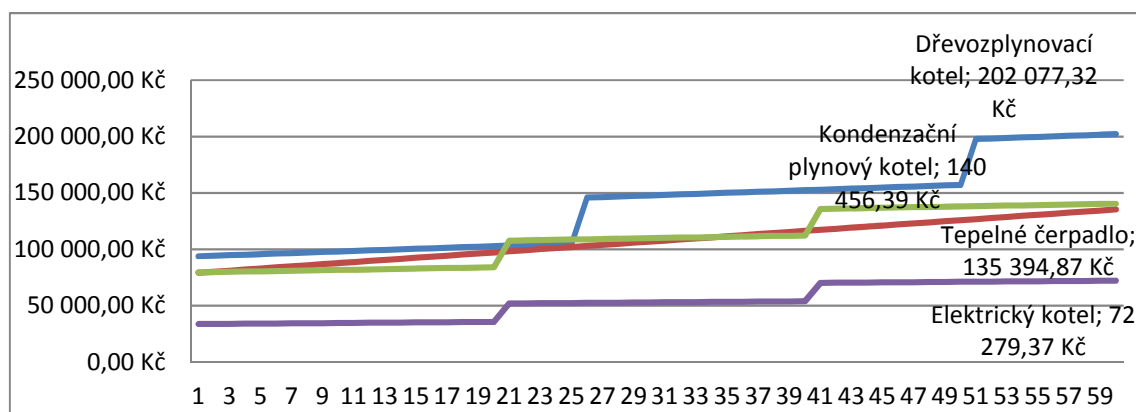
	životnost zdroje
Dřevo-zplynovací kotel	25
Tepelné čerpadlo	-
Kondenzační plynový kotel	20
Elektrický kotel	20

Tabulka č. 27: Životnost tepelného zdroje
Zdroj: Vlastní zpracování, konzultace s firmou Charvát

Opravy tepelných zdrojů jsem přepočítal a vyjádřil procentuelně na každý rok provozu.

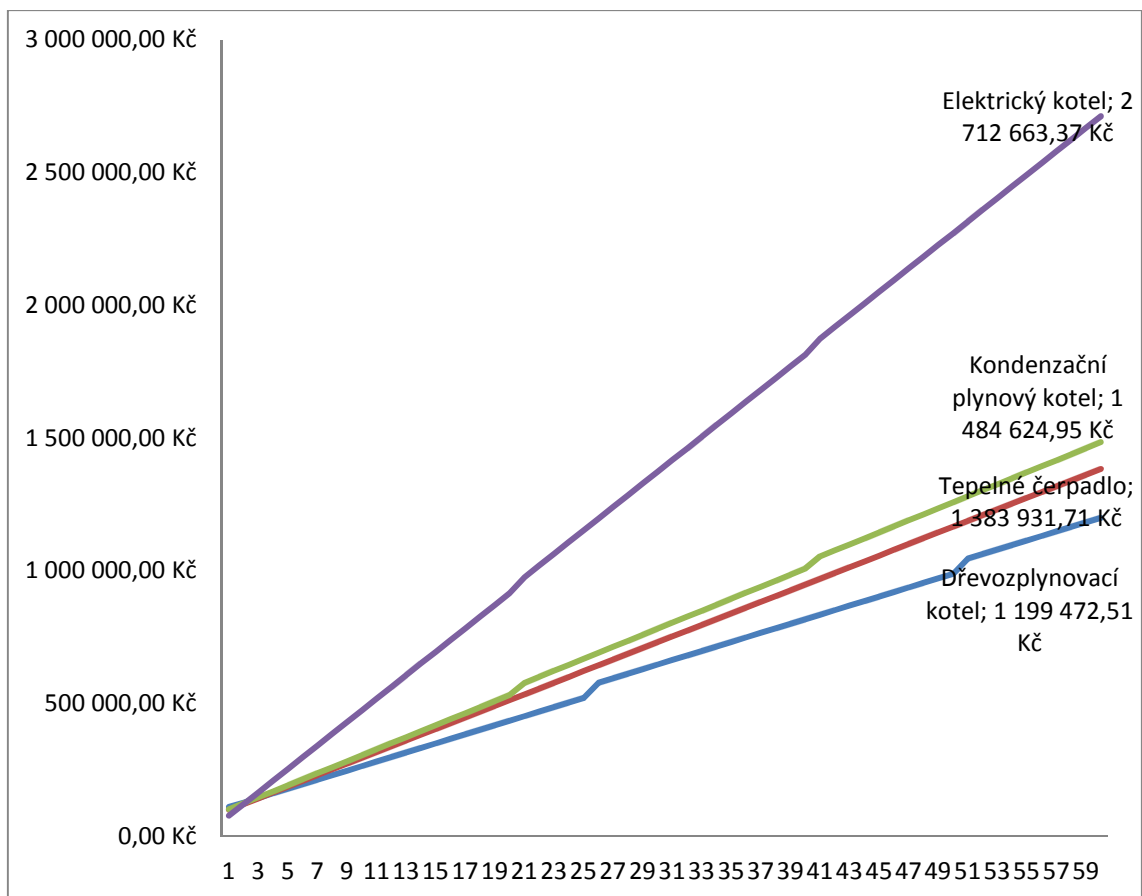
	roční opravy
Dřevozplynovací kotel	0,50%
Tepelné čerpadlo	2,00%
Kondenzační plynový kotel	0,30%
Elektrický kotel	0,30%

Tabulka č. 28: Opravy tepelného zdroje
Zdroj: Vlastní zpracování, konzultace s firmou Charvát



Graf č. 8: Náklady na zdroje tepla po určenou dobu 60 let
Zdroj: Vlastní zpracování

Dle grafu výše nám nejlépe vychází varianta s elektrickým kotlem, kde se předpokládají náklady na obnovu, údržbu a pořízení za částku 72 279,37Kč po dobu uvažovaných 60ti let. Náklady na údržbu, obnovu a pořízení tepelného čerpadla a kondenzačního plynového kotle se od sebe liší pouze o 5 000Kč, avšak od zdroje elektrického o více jak 60 000Kč. Nejhůře dle nákladů na šedesátiletý provoz vyšel zdroj s vytápěním na palivové dřevo.



Graf č. 9: Provozní náklady zdroje s palivem po dobu 60 let
Zdroj: Vlastní zpracování

Po sloučení nákladů na paliva a údržbu, pořízení a obnovu tepelného zdroje jsem se dostal k hodnotám, kdy systém vytápěný dřevo-zplynovacím kotlem je za nejnižší cenu 1 200 000 Kč při uvažovaném šedesátiletém provozu. Dřevo-zplynovací kotel ušetří cca 185 000Kč při uvažovaném provozu před druhým tepelným čerpadlem které má provozní náklady 1 383 000Kč.

Z grafů je vidět, že pořizovací cena má vliv menší a největší vliv má cena paliva tepelného zdroje. Dřevo-zplynovací kotel má nejvyšší pořizovací náklady avšak nejnižší cena paliva udává, že z dlouhodobého hlediska je ekonomičtější než ostatní varianty.

2.7.3.3 Otopné potrubí

Vzhledem k tomu že se jedná o rodinný dům typu bungalov kde jsem navrhl a rozhodl se článková desková tělesa, je nejlepší volbou umístit otopné potrubí v kci podlahy. Z tohoto důvodu nebudu porovnávat jednotlivé druhy materiálů. Do konstrukce podlahy se nejlépe hodí plastové trubky a topenářské trubky alpex které zde uvažuji.

	jednotky	množství	jednotková cena	celková cena
Trubky alpex	m	144	146	21 024,00 Kč

Tabulka č. 29: Otopné potrubí
Zdroj: Vlastní zpracování

2.7.4 Navržený systém

Navržený systém - sloučení všech uvažovaných nákladů.



Graf č. 10: Navržený otopný systém - celkové náklady
Zdroj: Vlastní zpracování

V grafu vidíme celkové náklady na otopnou soustavu pro šedesátiletý provoz. V daném systému je instalován dřevoz-plynovací kotel s dvěma akumulacími nádržemi, potrubím Alpex a s článkovými hliníkovými tělesy. Kalkulace počítá s náklady pro obnovu, opravy, provozními - palivo a pořizovacími.

3. Závěr

Diplomová práce se zabývá návrhem otopného systému od výpočtu tepelných ztrát po navržení tepelného zdroje.

V původní projektové dokumentaci jsem udělal změny a přesunul daný rodinný dům do Jižních Čech, do obce Velká Turná. U domu jsem po-té vyrušil celý otopný systém, který používal kondenzační plynový kotel s podlahovým topením a začal navrhovat nový.

Určil jsem si šedesátiletou porovnávací dobu pro životnost systému. Na ní jsem si nejprve navrhl otopná tělesa. U volby zdroje tepla jsem se zaměřil na navržení a následné porovnání čtyř nejčastějších zdrojů tepla.

Nejlépe vyšla varianta s dřevo-zplynujícím kotlem společně s hliníkovými článkovými tělesy. Přestože na tuto soustavu vycházejí nejvyšší náklady tak již po deseti letech vycházejí celkové náklady nejlépe ze všech. Tato skutečnost je dána nízkou cenou paliva.

Porovnání a vyhodnocení nákladů neuvažuje žádné ekologické dotace (kotlíkové dotace). Vzhledem k dobré účinnosti kotle by dotace byla možná, čímž by náklady klesly ještě více. Dále je počítáno se stále stejnou cenou paliva. Tato cena se může výrazně lišit, u tohoto systému se provozní náklady můžou ještě snižovat vlivem klesání ceny paliva. V Česku je dnes přebytek palivového dřeva, čímž cena klesá na rozdíl od ceny elektrické energie a ceny zemního plynu.

V systému není počítáno s ohřevem teplé vody, kdybychom do systému zahrnuly i ohřev teplé vody, úspora by se oproti ostatním systémům dále zvýšila.

Vzhledem k porovnání navrhuji jako nejlepší typ otopné soustavy soustavu s dřevo-zplynovacím kotlem. Tato soustava je nejlépe vycházející z celkového ekonomického hlediska a je možné tyto náklady nadále snižovat.

4. Seznam použité literatury

- 1) TYWONIAK, Jan. Nízkoenergetické domy 3: nulové, pasivní a další. 1. vydání. Praha: Grada, 2012, 195 s. Stavitel. ISBN 978-80-247-3832-1.
- 2) Dufka, Jaroslav. Hospodárné vytápění domů a bytů. vydání Praha: Grada, 2007, 112s. ISBN 978-80-247-2019-7
- 3) POČINKOVÁ, Marcela a Danuše ČUPROVÁ. Úsporný dům. 2., aktualizované vydání Brno: ERA, 2008, 182 s. ISBN 978-80-7366-131-1.
- 4) DUFKA, Jaroslav. Vytápění netradičními zdroji tepla: [biomasa, tepelná čerpadla, solární systémy]. 1. vyd. Praha: BEN, 2003. ISBN 80-730-0079-2
- 5) Tzb info [online]. <http://www.tzb-info.cz/>
- 6) SMĚRNICE EVROPSKÉHO PARLAMENTU A RADY 2010/31/EU, <http://www.eur-lex.europa.eu/>
- 7) Vytápění tzb info [online]. <http://www.vytapeni.tzb-info.cz/>
- 8) Vrána Jakub a kolektiv, Technická zařízení budov, příručka pro stavaře, Grada Publishing a.s. 2007, ISBN 9788024768830
- 9) ČSN EN ISO 6946: Stavební prvky a stavební konstrukce - Tepelný odpor a součinitel prostupu - Výpočtová metoda. <http://www.tzb-info.cz/>
- 10) ČSN EN.12831: Tepelné soustavy v budovách - Výpočet tepelného výkonu. <http://www.tzb-info.cz/>
- 11) Adamovský Daniel. přednáška - Výpočet tepelných ztrát - Katedra technických zařízení budov K11125, tzb.fsv.cvut.cz/files/vyuka/tz21/prednasky05_06/
- 12) Fsv ČVUT webové stránky, <http://tzb.fsv.cvut.cz>

5. Seznam grafů

Graf č.1: Tepelná vodivost materiálů

Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Graf č.2: Výhřevnost paliv - MJ (megajoule)

Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Graf č.3: Výhřevnost dřeva v závislosti na obsahu vody

Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Graf č. 4: Tepelné odpory a tepelné prostupy stavebních konstrukcí ve styku s nevytápěným prostředím

Zdroj: Vlastní vypracování

Graf č. 5: Náklady na otopná tělesa po navrženou dobu životnosti

Zdroj: vlastní vypracování

Graf č. 6: Celkové náklady na paliva

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 7: Pořizovací náklady na zdroj tepla a s ním spojených zařízení

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 8: Náklady na zdroje tepla po určenou dobu 60 let

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 9: Provozní náklady zdroje s palivem po dobu 60 let

Zdroj: Vlastní zpracování

Graf č. 10: Navržený otopný systém - celkové náklady

Zdroj: Vlastní zpracování

6. Seznam tabulek

Tabulka č.1: Tepelný výkon otopných těles v závislosti na tepelném spádu

Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Tabulka č.2: Lhůty čištění Komínů dle vyhlášky č.111/81 Sb.

Zdroj: převzato Jaroslav Dufka - Hospodárné vytápění bytů a domů

Tabulka č.3: tepelný odpor při přestupu tepla

Zdroj: ČSN EN ISO 6946

Tabulka č.4: Požadované a doporučené prostupy tepla

Zdroj: ČSN 73 0540

Tabulka č. 5: Korekční součinitel pro svislé stavební části

Zdroj: ČSN EN 12 831

Tabulka č. 6: Korekční součinitel pro vodorovné stavební části

Zdroj: ČSN EN 12 831

Tabulka č. 7: Korekční součinitel pro otvorové výplně

Zdroj: ČSN EN 12 831

Tabulka č. 8: Infiltrace obvodovým pláštěm

Zdroj: tzb.fsv.cvut.cz

Tabulka č. 9: Výškový činitel

Zdroj: tzb.fsv.cvut.cz

Tabulka č. 10: Tepelné odpory jednotlivých částí stavební konstrukce

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka č. 11: Tepelné odpory a tepelné prostupy stavebních konstrukcí ve styku s nevytápěným prostředím

Zdroj: vlastní vypracování

Tabulka č. 12: Tepelné odpory a tepelné prostupy stavebních konstrukcí mezi vytápěnými prostory

Zdroj: vlastní vypracování

Tabulka č. 13: Návrhová tepelná ztráta způsobená prostupem tepla z vytápěného prostředí

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka č. 14: Tepelné ztráty větráním

Zdroj: Vlastní vypracování

Tabulka č. 15: Celkové tepelné ztráty (tepelné ztráty prostupem + tepelné ztráty větráním)

Zdroj: vlastní vypracování

Tabulka č. 16: Upravené tepelné ztráty pro návrh otopných těles

Zdroj: vlastní vypracování

Tabulka č. 17: Pořizovací náklady otopných těles včetně montáže

Zdroj: vlastní vypracování, konzultace s firmou Charvát

Tabulka č. 18: Uvažovaná životnost otopných těles

Zdroj: vlastní vypracování, konzultace s firmou Charvát

Tabulka č. 19: Uvažované opravy [%]

Zdroj: vlastní vypracování, konzultace s firmou Charvát

Tabulka č. 20: Náklady na otopná tělesa po dobu navržené doby životnosti 60let

Zdroj: vlastní vypracování, konzultace s firmou Charvát

Tabulka č. 21: Spotřebované teplo pro vytápění v MW

Zdroj: vlastní vypracování

Tabulka č. 22: Výhřevnost paliv

Zdroj: vytapeni.tzb-info.cz

Tabulka č. 23: Spotřeba paliv

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka č. 24: Jednotkové ceny paliv

Zdroj: vlastní zpracování, zdroje vypsané vedle řádků

Tabulka č. 25: Celkové náklady na paliva

Zdroj: vlastní zpracování

Tabulka č. 26: Pořizovací náklady na zdroje tepla a společné zařízení

Zdroj: Vlastní zpracování, konzultace s firmou Charvát

Tabulka č. 27: Životnost tepelného zdroje

Zdroj: Vlastní zpracování, konzultace s firmou Charvát

Tabulka č. 28: Opravy tepelného zdroje

Zdroj: Vlastní zpracování, konzultace s firmou Charvát

Tabulka č. 29: Otopné potrubí

Zdroj: Vlastní zpracování

7. Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Dřevo-zplynovací kotel na dřevo ATMOS DC 25SP

Zdroj: google.com

Obrázek č. 2: Krbová kamna HAAS+SOHN Azul, pískovcová

Zdroj: google.com

Obrázek č. 3: Plynový kondenzační kotel Viessmann VITODENS 200-W

Zdroj: google.com

Obrázek č. 4: Elektrokotel Mora-Top Electra 24 Komfort Elektrokotel

Zdroj: google.com

Obrázek č. 5: Solární systém

Zdroj: google.com

Obrázek č.6: Princip tepelného čerpadla vzduch/voda,

Zdroj: google.com

Obrázek č.7 - Schéma tepelného čerpadla voda/voda

Zdroj: google.com

Obrázek č.9: Podlahové vytápění

Zdroj: TZB Info <https://vytapani.tzb-info.cz/podlahove-vytapani>

Obrázek č. 10: Jižní pohled

Zdroj: projektová dokumentace

Obrázek č. 11: Východní pohled

Zdroj: Projektová dokumentace

Obrázek č. 12: Půdorys 1.NP

Zdroj: projektová dokumentace

Obrázek č. 13: Katastrální mapa parcely 644/1 katastrálního území Velká Turná

Zdroj: nahlizenidokn.cuzk.cz

8. Seznam příloh

- 1) Projektová dokumentace
- 2) Pomocné tabulky a grafy