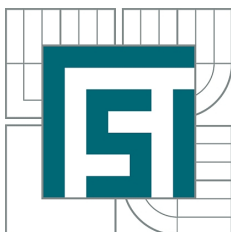


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

PROBLEMATIKA VYTÁPĚNÍ NÍZKOENERGETICKÝCH DOMŮ THE ISSUE OF ENERGY-EFFICIENT HOME HEATING

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

KAMIL ŠTEVANKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. MAREK BALÁŠ, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Kamil Števíanka

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Energetika, procesy a ekologie (3904R030)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Problematika vytápění nízkoenergetických domů

v anglickém jazyce:

The issue of energy-efficient home heating

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nízkoenergetické domy mají velice malé spotřeby tepla. Konvenční zdroje jsou pro vytápění takovýchto domů nevhodné. Úkolem bakalářské práce je návrh systémů vhodných pro vytápění s nízkou potřebou tepla.

Cíle bakalářské práce:

- 1/ popis nízkoenergetických domů
- 2/ řešení vhodných zařízení pro vytápění
- 3/ návrh variant a jejich posouzení

Seznam odborné literatury:

Brož, K.: Vytápění. Praha 2006, ISBN 80-01-02536-5

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 31.10.2013

L.S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan fakulty

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá problematikou vytápění nízkoenergetických domů. V první části jsou popsány zásady výstavby nízkoenergetických domů. Ve druhé části jsou popsána různá zařízení sloužící k vytápění a přípravě TUV. V poslední části práce je vzájemně posouzeno několik systémů kombinujících různá zařízení popsána ve druhé části.

Summary

The bachelor's thesis focuses on the issue of energy-efficient home heating. In the first part principles of energy-efficient house construction are described. In the second part different kinds of heating devices are overviewed. Various systems combining devices from second part are compared in the last part.

Klíčová slova

Nízkoenergetický dům, tepelná ztráta, potřeba tepla, kondenzační kotel, kotel na tuhá paliva, tepelné čerpadlo, solární kolektor, akumulátor tepelné energie

Keywords

Low-energy house, heat loss, heat demand, condensing boiler, solid fuel boiler, heat pump, solar collector, heat accumulator

ŠTEVANKA, K. *Problematika vytápění nízkoenergetických domů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 37 s. Vedoucí Ing. Marek Baláš, Ph.D.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pod vedením Ing. Marka Baláše, Ph.D.

Kamil Števanka

Rád bych poděkoval Ing. Marku Balášovi, Ph.D. za čas, trpělivost a cenné rady, které mi poskytl při zpracování této práce.

Kamil Števanka

Obsah

1 Úvod	2
2 Nízkoenergetický standard	3
2.1 Nízkoenergetický dům	3
2.1.1 Umístění a návrh budovy	4
2.1.2 Obálka budovy	5
2.1.3 Technické vybavení budovy	5
3 Vytápění nízkoenergetických domů	6
3.1 Centralizované systémy	6
3.1.1 Kotle	6
3.1.2 Solární kolektory	8
3.1.3 Tepelná čerpadla	8
3.1.4 Krbové vložky	9
3.1.5 Akumulátory tepelné energie	9
3.2 Decentralizované systémy	10
3.2.1 Elektrické přímotopy	10
3.2.2 Krbová kamna	10
4 Posouzení rozdílných systémů	11
4.1 Objekt	11
4.1.1 Akumulátor	13
4.2 Kondenzační kotle	14
4.3 Kotle na tuhá paliva s akumulátorem	15
4.4 Solární kolektor s teplovodní krbovou vložkou a akumulátorem	18
4.4.1 Solární kolektor s akumulátorem	18
4.4.2 Teplovodní krbová vložka	21
4.4.3 Kompletní systém	21
4.5 Tepelná čerpadla	22
4.6 Porovnání systémů	24
5 Závěr	26
6 Seznam použitých zkratk a symbolů	29
7 Seznam příloh	31

1. Úvod

S postupným vyřezováním zdrojů fosilních paliv se lidstvo snaží nalézt způsoby, jak omezit spotřebu primárních zdrojů energie. Toho lze docílit dvěma způsoby. První možností je zdokonalování zařízení, která primární zdroje využívají. Druhou možností je snížení absolutní spotřeby energií. Spotřeba energií v domácnostech a v nebytových prostorách tvoří nezanedbatelnou část celosvětové spotřeby energie a tím pádem i primárních zdrojů. Z toho důvodu má snižování celkové potřeby tepla na vytápění dopad nejen lokální, a to v podobě snížení emisí a úspory ročních nákladů na vytápění, ale také globální.

Nízkoenergetické domy mají až o 60 % nižší tepelné ztráty než moderní stavby, které nesplňují nízkoenergetický standard. Takto nízká potřeba tepla ovšem představuje problém při návrhu otopného systému. Problémem, kterému je potřeba věnovat pozornost, není nízkoenergetické obydlí vytopit, ale optimalizovat otopný systém tak, aby pracoval s co největší účinností a dům zároveň nebyl přetápěn.

Cílem této bakalářské práce je popsání nízkoenergetických domů, zásad výstavby těchto domů, rešerše vhodných zařízení sloužících k vytápění a přípravě teplé užitkové vody a vzájemné posouzení rozdílných zařízení. Posouzení možností kombinace více zařízení a zhodnocení jejich investiční nákladnosti, návratnosti a vhodnosti jejich aplikování v nízkoenergetickém domě.

2. Nízkoenergetický standard

Za nízkoenergetický dům je podle normy ČSN 73-0540:2 možné označit dům jehož plošná roční potřeba tepla na vytápění nepřesáhne $50 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$.

Kategorie	Potřeba tepla na vytápění za rok
Starší budovy	$> 140 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$
Novostavba v souladu s předpisy v závislosti na A/V	$80\text{--}140 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$
Nízkoenergetický dům	$\leq 50 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$
Pasivní dům	$\leq 15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$

Tabulka 2.1: Spotřeba tepla, zdroj: [1]

Pojmem nízkoenergetický dům můžeme rovněž označit budovu pro běžné účely bydlení, která má zvláště nízkou spotřebu energie. Jako nízká je přitom označována měrná spotřeba energie na vytápění mezi 5 a $15 \text{ kWh}\cdot\text{m}^{-2}$ za rok. [2]

2.1. Nízkoenergetický dům

Hlavním důvodem nízké potřeby tepla na vytápění v nízkoenergetickém domě jsou výrazně snížené tepelné ztráty. Toho lze docílit například lepší izolací vnější obálky budovy, použitím oken s lepšími izolačními vlastnostmi, ohřevem větracího vzduchu, ale i snížením teplot v obývaném prostoru. Důležité pro úsporu energie je ovšem i chování obyvatel domu. Ať už se jedná o větrání či o již zmíněnou výši teplot v obývaných prostorech. Nároky lidí se různí a způsob, jakým jednotlivci vnímají rozličné stavy prostředí, závisí na jejich návycích. Proto by měla být zajištěna tepelná pohoda obyvatel¹ i za cenu mírného zvýšení ztrát. Tepelná pohoda je ovlivňována nejen měřitelnými veličinami, jako je teplota vzduchu a okolních předmětů, vlhkost vzduchu a rychlost proudění vzduchu, ale také subjektivními stavy a vlastnostmi člověka, jako je věk, psychika, schopnost aklimatizace apod. Návrh domu je také žádoucí přizpůsobit místním podmínkám tak, aby byly maximalizovány tepelné zisky ze slunečního záření a objemový faktor A/V ² byl co nejmenší. Využití potenciálu slunečního záření a objemového faktoru není nezbytně nutné pro dosažení požadované roční potřeby tepla na vytápění, ale do značné míry tuto potřebu ovlivní.



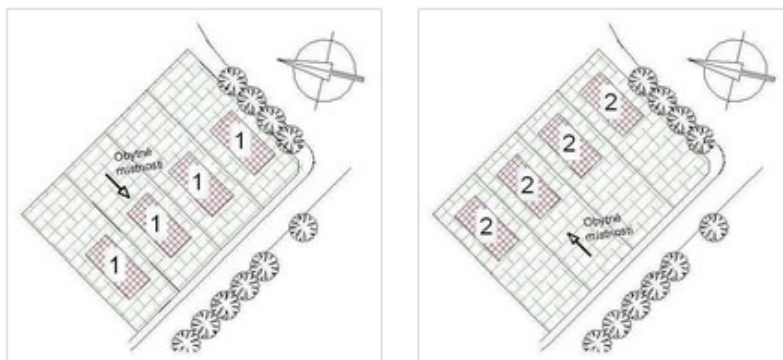
Obrázek 2.1: Příklad nízkoenergetického domu [7]

¹Pocit spokojenosti člověka s tepelným stavem prostředí.

²Poměr velikosti vnějších ochlazovaných ploch ohraničujících objem budovy (A) ku vnějšímu objemu vytápěné zóny budovy (V) [5]

2.1.1. Umístění a návrh budovy

Dům by měl být v našich zeměpisných podmínkách umístěn tak, aby fasáda s největším podílem prosklené plochy byla orientována na jih, popřípadě na jihovýchod, resp. na jihozápad. Není-li z nějakého důvodu možné ovlivnit orientaci budovy nebo je-li osluněná strana stíněna, je vhodné prozkoumat možnost prosklení ostatních fasád z důvodu zvýšení pasivních solárních zisků. Toto zvýšení sebou ovšem nese riziko přehřívání budovy během slunečných měsíců, což může vést ke zvýšení ztrát vlivem odvětrávání získaného tepla. Rovněž je nutné zachovat výhodný poměr mezi výší pasivních solárních zisků a ztrát vzniklých zvětšením prosklené plochy.



Obrázek 2.2: Možnosti orientace domu [6]

Obrázek 2.2 znázorňuje dva návrhy domu. V prvním návrhu jsou obytné místnosti a zahrada orientovány na sever, tudíž je objekt ochuzen o pasivní solární zisky. Ve druhém návrhu je dům otočen tak, aby byly solární zisky využity.

Do tohoto výpočtu nebyly zahrnuty další faktory, jako je clonění vedle stojícími budovami, clonění vzrostlou zelení atd. Jedná se jen o názorný příklad s hodnocením jediného vlivu, a tím je orientace budovy. [6]

Výsledný vliv solárního zisku je znázorněn v tabulce 2.2.

Varianty	Potřeba tepla na vytápění za rok	Měrná potřeba tepla na vytápění za rok	Úspora za rok
1	4195 kWh	29 kWh·m ⁻²	
2	3782 kWh	26 kWh·m ⁻²	413 kWh

Tabulka 2.2: Vliv solárních zisků, zdroj: [6]

Návrh budovy

Po návrhu umístění budovy je třeba věnovat pozornost jejímu tvaru, rozmístění místností, počtu oken apod.

Tvarová kompaktnost ve značné míře přispívá ke snížení potřeby tepla na vytápění. Je zřejmé, že úplná optimalizace tvaru budovy není možná, existují však různé velikostní a tvarové varianty vhodné ke zvážení pro daný účel budovy. Výhodnější je menší faktor tvaru A/V. Větší a kompaktní budovy jsou v tomto ohledu vhodnější. Vnitřní uspořádání místností by se také mělo přizpůsobit požadavkům na snížení ztrát popřípadě maximalizaci solárních zisků.

Při použití zasklených átrií, zimních zahrad i speciálních prvků pro využití solární energie je nutné pečlivě prověřit jejich vlastnosti v průběhu celého roku. Zimní zahrada by měla být od vytápěného prostoru dokonale tepelně oddělena. Měl by být jasně popsán její provozní režim v průběhu celého roku. V případě, kdy investor trvá na zřízení suterénu, by měl dostat přednost oddělený vstup mimo vytápěnou část domu. [1]

2.1.2. Obálka budovy

Obálka budovy by měla mít dobré tepelně izolační vlastnosti a zároveň být vzduchotěsná. Stupeň tepelné izolace je nejdůležitějším faktorem ovlivňujícím měrnou roční potřebu tepla nízkoenergetických domů. Snížení tepelných ztrát oproti obvyklým novostavbám se dosahuje použitím většího množství izolačního materiálu, popř. materiálu s lepšími izolačními vlastnostmi, lépe izolujících oken a dveří. Důležité je rovněž vyloučení nebo alespoň omezení tepelných mostů.

Pro stěny, podlahy a střechu se předpokládají hodnoty součinitele prostupu tepla k mezi 0,1 a 0,2 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. Konstrukčně to představuje tloušťku tepelné izolace nejméně 20 cm.³ V oknech by mělo být použito zasklení s hodnotou k mezi 0,4 a 1,0 $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$. [2]

2.1.3. Technické vybavení budovy

Volba technického vybavení, jako jsou domácí spotřebiče, systémy větrání, vytápění a ohřevu teplé užitkové vody, ale i vedení elektroinstalace a rozvodů teplé vody, by měla být celkové koncepci domu přizpůsobena tak, aby se zamezilo zvýšení ztrát, případně nadbytečné spotřebě energie, a zároveň bylo zajištěno pohodlí obyvatel domu.

Větrání

Výměna vzduchu v místnostech může být zajištěna přirozeným nebo nuceným větráním. Přirozené větrání je výrazně ovlivněno chováním osob, z toho důvodu může docházet, z hygienického hlediska, k přebytku výměně vzduchu a k nárůstu ztrát v důsledku odvětrávání tepla. Naproti tomu systémy s nuceným větráním umožňují výrazně přesnější dávkování čerstvého vzduchu. Další výhodou je možnost rekuperace tepla z odpadního vzduchu či přehřev venkovního vzduchu. Nevýhodou je vlastní spotřeba ventilátorů. Systémy nuceného větrání existují ve více variantách: větrání s nuceným odvodem vzduchu⁴, větrání s centrálním přívodem i odvodem vzduchu, decentralizovaný přívod i odvod vzduchu.

Ohřev TUV a vytápění

Systémů, které mohou sloužit k vytápění a ohřevu TUV, existuje velké množství. Největší problémy spojené s vytápěním nízkoenergetických domů paradoxně vyplývají z malé potřeby tepla. Výkony běžně nabízených zařízení bývají vyšší než požadované výkony zařízení, která by byla vhodná k pokrytí zbytkové potřeby tepla. Tímto problémem se budeme zabývat podrobněji v následujících kapitolách.

³Při tepelné vodivosti $\alpha = 0,04 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$.

⁴Odpadá možnost zpětného získávání tepla i přehřevu vzduchu.

3. Vytápění nízkooenergetických domů

Navrhnout systém vytápění tak, aby pokryl tepelné ztráty nízkooenergetického domu, nepředstavuje větší problém, avšak existuje riziko předimenzování systému a následného přetápění budovy. Toto může vést k narušení tepelné pohody v objektu a k následnému zvýšení ztrát odvětráváním. Dalším nežádoucím důsledkem při předimenzování topného zařízení je nutnost regulovat výkon topných zařízení. To zpravidla vede ke snížení účinnosti zařízení, také přerušovaný provoz zařízení zvyšuje spotřebu paliva. Z těchto důvodů je žádoucí zvolit, s ohledem na celý otopný systém, takové zařízení, které bude dostatečně časově vytížené a jehož výkon bude optimální vzhledem k potřebě tepla na vytápění domu.

3.1. Centralizované systémy

Topné médium, nejčastěji voda, popř. vzduch, je centrálně ohříváno na požadovanou teplotu. V případě vody je dále rozváděno do otopných těles v jednotlivých místnostech. Ohřátý vzduch je rovnou vháněn do místností.

Teplovodní vytápění

Energie potřebná k ohřátí vody může být dodávána v solárních kolektorech, tepelných čerpadlech nebo v kotlích. K zajištění distribuce vody do otopných těles obvykle slouží oběhové čerpadlo, které nabízí větší komfort a pohotovost než přirozený samospád vody. Teplo v místnostech může být předáváno pomocí litinových nebo plechových radiátorů či podlahového vytápění.

Teplovzdušné vytápění

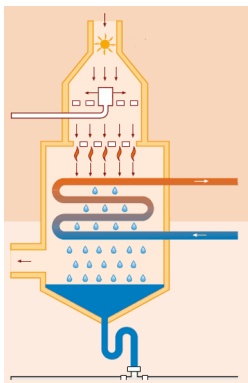
V České republice není teplovzdušné vytápění tak rozšířené jako v zahraničí, v nízkooenergetických domech je ovšem využíváno častěji než ve standardních novostavbách. V kombinaci s nuceným větráním s rekuperací tepla z odpadního vzduchu se jeví teplovzdušné vytápění výhodně. Nevýhodou tohoto vytápění je závislost na technických systémech, která je větší než u odděleného systému vytápění a větrání, a také fakt, že přenos tepla je čistě konvektivní. Již při menších chybách v dimenzování nebo regulaci není zajištěna dostatečná žádoucí pohoda prostředí. Naproti tomu odpadá instalace hydraulického rozvodu teplotnosného média. Vzduch může být ohříván pomocí tepelného čerpadla nebo spalováním dřeva, plynu či oleje.

3.1.1. Kotle

Kotel je uzavřená nádoba určená k ohřevu vody či jiné tekutiny, kterou lze po záhřátí využít k různým účelům. Palivem v kotli může být plyn, kapalina nebo tuhé palivo. Kotle se v domácnostech využívají k ohřevu teplotné užitkové vody a k vytápění.

Kotle na plynná paliva

Výhodou plynových kotlů je dobrá pohotovost, možnost automatické regulace a široký rozsah výkonů nabízených zařízení. Z těchto důvodů jsou vhodné k vytápění nízkoenergetických domů. Otopná tělesa mohou mít, vzhledem k velikosti ztrát nízkoenergetického domu, nižší teplotu, z toho důvodu se nabízí použít kondenzační kotel, který pracuje s vyšší účinností než standardní kotle.



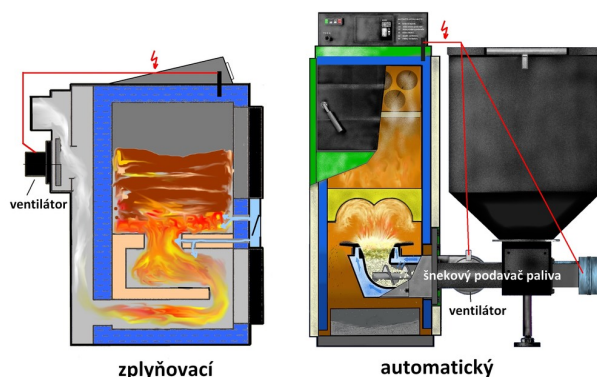
Obrázek 3.1: Schéma kondenzačního kotle [8]

Kotle na kapalná paliva

Kotle na kapalná paliva se v ČR využívají pouze ojediněle, a to především tam, kde neexistuje přívod plynu a doprava tuhých paliv je nákladná. Použití kotle na kapalné palivo k vytápění nízkoenergetického domu je možné, ale vyšší pořizovací náklady na celý systém a složitější zásobování palivem znevýhodňují tuto aplikaci oproti jiným dostupným variantám.

Kotle na tuhá paliva

K vytápění rodinných domů se používají především kotle spalující dřevo. Někteří výrobci nabízejí kotle s možností spalování dřeva i uhlí. Vzhledem k vyšším nabízeným výkonům a horší pohotovosti je výhodné nainstalovat společně s kotlem i akumulaci zásobník tepla. Palivo může být přikládáno ručně nebo automaticky ze zásobníku. Na palivo do automatických kotlů jsou kladeny větší požadavky než na palivo do kotlů s ručním přikládáním.



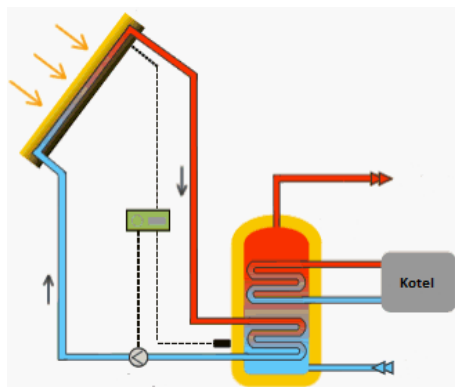
Obrázek 3.2: Porovnání automatického a zplyňovacího kotle [9]

Elektrokotle

Přes nesporné přednosti a pohodlí vyplývajícího s využívání elektřiny k přímému ohřevu teplotnosného média je použití elektrické energie jako hlavního zdroje tepla ekonomicky i ekologicky nevýhodné. Cena elektřiny je ve srovnání s jinými palivy vyšší a zátěž životního prostředí a rozvodné sítě by byla příliš velká v případě masivního využívání elektrických topných zařízení. Výhodné by mohlo být akumulování tepla během doby, kdy je v síti přebytek elektrické energie.

3.1.2. Solární kolektory

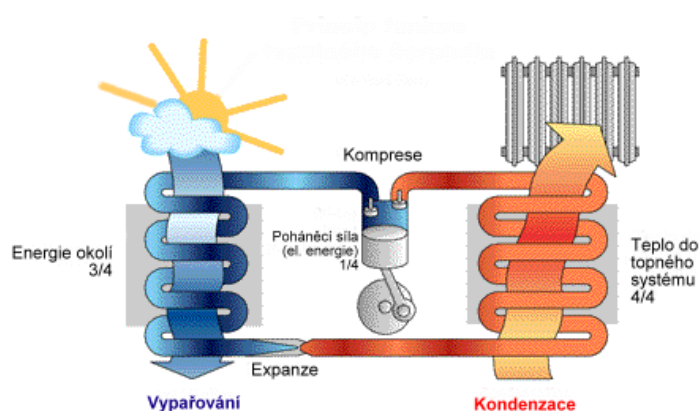
Solární kolektory přeměňují radiační energii slunce na teplo. Největším problémem při využívání sluneční energie je fakt, že v období největší potřeby tepla dopadá na naše území nejmenší množství solární energie. Technicky je samozřejmě možné zajistit dostatečné množství tepla pro potřeby obyvatel domu, ale takovýto systém by byl po většinu roku nedostatečně využíván, což by bylo ekonomicky nevýhodné. Neoptimálnější je stoprocentní pokrytí potřeby tepla pomocí solárních kolektorů během léta a v kombinaci s akumulátorem tepelné energie částečné pokrytí během přechodných období. Akumulátor schopný pokrýt potřebu tepla i během zimního období by byl velmi objemný a investičně nákladný, namísto akumulátoru lze použít jiné zařízení, například kotel na dřevo.



Obrázek 3.3: Schéma solárního panelu s akumulátorem [10]

3.1.3. Tepelná čerpadla

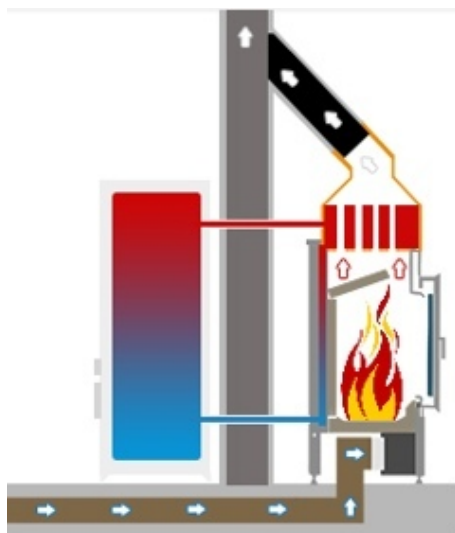
Tepelných čerpadel existuje několik druhů. Pro aplikaci do rodinných domů se používají kompresorová tepelná čerpadla, která za pomoci chladiva odebírají teplo z okolního prostředí a po stlačení chladiva kompresorem předávají teplo teplotnosnému médiu. Teplo může být odebíráno ze vzduchu, z vody i ze země. Tepelná čerpadla typu vzduch/vzduch respektive vzduch/voda jsou investičně nejméně nákladná, ale mají horší účinnost a jsou omezena teplotou okolního vzduchu. Pro instalaci čerpadla země/voda je nutné provést výkopové práce na relativně velké ploše v případě zemního kolektoru nebo vrt do hloubky přibližně 150m. Čerpadla odebírající teplo z vody mohou být využita pouze ve vybraných lokalitách.



Obrázek 3.4: Princip funkce tepelných čerpadel [11]

3.1.4. Krbové vložky

K vytápění je rovněž možné využít krbové vložky teplovodní krbové vložky i k přípravě TUV. Oproti kotlům na tuhá paliva se kromě ohřívání teplotnosného média podílí na vytápění i sálavá složka přenosu tepla. Nevýhodou krbové vložky je kolísání výkonu v důsledku ručního přikládání paliva a regulace, dále pak nemožnost využití krbové vložky k přípravě TUV během teplých měsíců. Krbová vložka nemůže sloužit jako jediný zdroj tepelné energie v domě.



Obrázek 3.5: Princip funkce teplovodní krbové vložky [12]

3.1.5. Akumulátory tepelné energie

Akumulátory slouží k ukládání tepelné energie. K akumulaci se využívá především voda, ale dají se použít i kameny, parafíny, silikagel a další. Výhodou vody je cena a dostupnost oproti ostatním materiálům. Nevýhodou je velký objem vody potřebný k uložení většího množství energie.¹ V případě zájmu investora o akumulaci většího množství energie je nutné akumulátor zahrnout již do návrhu stavby, pozdější instalace by byla velmi obtížná nebo úplně vyloučená.

¹Ve 100l vody při teplotním rozdílu 10-90 °C je uloženo 9,19 kWh energie.

3.2. Decentralizované systémy

Další možností je vytápění jednotlivých místností pomocí elektrických přímotopů či krbových kamen.

3.2.1. Elektrické přímotopy

Elektrických přímotopů existuje velké množství. Elektrické konvektory, infrazářiče, nástěnné a stropní sálavé panely, elektrické podlahové vytápění, topné fólie a další. Vzhledem k nízké potřebě tepla na vytápění je realizace takového způsobu vytápění možná a u nízkoenergetických staveb využívána. Stále však platí, že elektřina patří mezi dražší zdroje a kapacity výrobců elektrické energie a rozvodné sítě jsou omezené.

3.2.2. Krbová kamna

Krbová kamna mohou sloužit jako doplňkové zařízení k systému vytápění a za předpokladu řízeného větrání mohou vytápět větší část domu, ale jako jediný zdroj tepla k vytápění vhodné nejsou.

4. Posouzení rozdílných systémů

V této části práce budou posouzena a vzájemně porovnána různá zařízení sloužící k ohřevu vody na vytápění a přípravě TUV.

Porovnávaná zařízení:

- Kondenzační kotle.
- Kotle na tuhá paliva v kombinaci s akumulátorem tepelné energie.
- Solární kolektory v kombinaci s akumulátorem a teplovodní křbovou vložkou
- Tepelná čerpadla.

4.1. Objekt

Pro potřeby této práce byly zvoleny zcela teoretické rozměry domu a ztráty objektu stanoveny tak, aby vyhovovaly nízkoenergetickému standardu. Rozměry objektu přibližně odpovídají běžně nabízeným katalogovým bungalovům. Výpočtové hodnoty jsou platné pro město Brno. Systém otopných těles, regulace teplot apod. jsou stejné pro všechna porovnávaná zařízení. Počet osob žijících v domě byl stanoven na tři.

Parametry domu

Místnost	Plocha [m ²]	Tepelné ztráty [W]	Měrná ztráta [W/m ²]
Zádveří	2,23	49,06	22,00
Hala	7,00	147,00	21,00
Technická místnost	5,00	100,00	20,00
Obývací pokoj	27,62	580,02	21,00
Kuchyň	12,25	269,50	22,00
Ložnice	14,00	294,00	21,00
Dětský pokoj	11,50	241,50	21,00
Koupelna	5,31	116,82	22,00
Záchod	1,63	35,86	22,00
Celkem	86,54	1833,76	-

Tabulka 4.1: Parametry domu

Zastavěná plocha:	112 m ²
Energeticky vztázná plocha:	86,54 m ²
Objem budovy V:	415 m ³
Plocha ochlazované obálky A:	322 m ²
Faktor tvaru A/V:	0,78
Tepelná ztráta objektu ¹ :	1833,76 W

Potřeba tepla na vytápění a ohřev TUV

Q_c [W]	t_e [°C]	t_{is} [°C]	t_{es} [°C]	ε^2	η_t	η_o	d
1833,76	-12	20	4	0,765	0,95	0,95	232

Tabulka 4.2: Hodnoty pro výpočet potřeby tepla pro vytápění

t_1 [°C]	t_2 [°C]	V_{2p} [m³]	ρ [kg/m³]	c_p [J/kgK]	z	t_{svl} [°C]	t_{svz} [°C]	N
10	60	0,246	993,9	4186	0,5	15	5	365

Tabulka 4.3: Hodnoty pro výpočet potřeby tepla k přípravě TUV

Potřeba tepla pro vytápění:

Vytápěcí denostupně:

$$D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad (4.1)$$

$$D = 232 \cdot (20 - 4) \quad (4.2)$$

$$D = 3712 \quad (4.3)$$

Roční potřeba tepla pro vytápění:

$$Q_{VYT,r} = \frac{\varepsilon}{\eta_t \cdot \eta_o} \cdot \frac{24 \cdot Q_c \cdot D}{t_{is} - t_e} \cdot (3,6 \cdot 10^{-3}) \quad (4.4)$$

$$Q_{VYT,r} = \frac{0,765}{0,95 \cdot 0,95} \cdot \frac{24 \cdot 1833,76 \cdot 3712}{20 - (-12)} \cdot (3,6 \cdot 10^{-3}) \quad (4.5)$$

$$Q_{VYT,r} = 15,58 \text{ GJ/rok} \quad (4.6)$$

$$Q_{VYT,r} = 4,33 \text{ MWh/rok} \quad (4.7)$$

Průměrná denní potřeba tepla během OT:

$$Q_{VYT,d} = \frac{Q_{VYT,r}}{d} \cdot 10^3 \quad (4.8)$$

$$Q_{VYT,d} = \frac{4,33}{232} \cdot 10^3 \quad (4.9)$$

$$Q_{VYT,d} = 18,65 \text{ kWh/den} \quad (4.10)$$

Potřeba tepla pro ohřev TUV:

Denní potřeba tepla pro ohřev TUV:

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} \quad (4.11)$$

$$Q_{TUV,d} = (1 + 0,5) \cdot \frac{993,9 \cdot 4186 \cdot 0,246 \cdot (60 - 10)}{3600} \quad (4.12)$$

$$Q_{TUV,d} = 21,32 \text{ kWh/den} \quad (4.13)$$

¹Celková ztráta objektu zahrnující ztrátu větráním, ztrátu do okolí, do nevytápěných místností a ztrátu zátopenem.

²Součin $\varepsilon_t = 0,9$, $\varepsilon_i = 0,85$ a $\varepsilon_d = 1$

Roční potřeba tepla pro ohřev TUV:

Předpokládaná potřeba teplé užitkové vody po dobu 365 dnů v roce.

$$Q_{TUV,r} = Q_{TUV,d} \cdot d + 0,8 \cdot Q_{TUV,d} \cdot \frac{t_2 - t_{svl}}{t_2 - t_{svz}} \cdot (N - d) \quad (4.14)$$

$$Q_{TUV,r} = 21,32 \cdot 232 + 0,8 \cdot 21,32 \cdot \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot (365 - 232) \quad (4.15)$$

$$Q_{TUV,r} = 6,80 \text{ MWh/rok} \quad (4.16)$$

Celková potřeba tepla:

$$Q_r = Q_{TUV,r} + Q_{VYT,r} \quad (4.17)$$

$$Q_r = 4,33 + 6,80 \quad (4.18)$$

$$Q_r = 11,13 \text{ MWh/rok} \quad (4.19)$$

4.1.1. Akumulátor

K akumulaci tepelné energie byla zvolena akumulární nádoba s vodou. Většina výrobců nabízí akumulární nádoby do objemu 2000 litrů, větší nádoby jsou vyráběny zakázkově. Akumulátor může být jednoduchá nádoba bez jakýchkoliv vestaveb nebo v sobě může mít zabudovaný i bojler pro TUV, více topných spirál apod. Nejlevnější jsou prázdné akumulární nádoby bez jakýchkoliv vestaveb.

ρ_{10-90} [kg/m ³]	ρ_{40-90} [kg/m ³]	c_p [J/kg·K]	$t_{a,min,vst}$ [°C]	$t_{a,min,p}$ [°C]	$t_{a,max}$ [°C]
988,0	980,5	4186,0	10	40	90

Tabulka 4.4: Hodnoty pro výpočet tepelné energie vody

Množství tepla uložené ve 100l vody:

Teplo potřebné k ohřátí vody z 10 °C na 90 °C:

$$Q_{ak,10-90} = [\rho_{10-90} \cdot c_p \cdot V_{H_2O} \cdot (t_{a,max} - t_{a,min,vst})] \cdot 3,6^{-1} \cdot 10^{-6} \quad (4.20)$$

$$Q_{ak,10-90} = [988 \cdot 4186 \cdot 0,1 \cdot (90 - 10)] \cdot 3,6^{-1} \cdot 10^{-6} \quad (4.21)$$

$$Q_{ak,10-90} = 9,19 \text{ kWh} \quad (4.22)$$

Množství tepla uložené ve 100l vody při teplotním spádu 40/90 °C:

$$Q_{ak,40-90} = [\rho_{40-90} \cdot c_p \cdot V_{H_2O} \cdot (t_{a,max} - t_{a,min,p})] \cdot 3,6^{-1} \cdot 10^{-6} \quad (4.23)$$

$$Q_{ak,40-90} = [980,5 \cdot 4186 \cdot 0,1 \cdot (90 - 40)] \cdot 3,6^{-1} \cdot 10^{-6} \quad (4.24)$$

$$Q_{ak,40-90} = 5,70 \text{ kWh} \quad (4.25)$$

V_{H_2O} [m ³]	0,1	0,5	0,8	1	2	8
$Q_{ak,10-90}$ [kWh]	9,19	45,95	73,52	91,91	183,82	735,25
$Q_{ak,40-90}$ [kWh]	5,70	28,50	45,60	57,01	114,01	456,04

Tabulka 4.5: Množství tepelné energie vody



Obrázek 4.1: Akumulační nádoby Viadrus [13]

4.2. Kondenzační kotle

Na trhu je nabízeno velké množství kondenzačních kotlů, k porovnání byly vybrány takové, které byly výkonnostně nejbližší ztrátám domu. Ztráty způsobené častějším spínáním kotle vlivem vyššího výkonu kotle nejsou uvažovány. Z důvodu přiblížení reálným podmínkám byly uváděné účinnosti sníženy přibližně o 2 % oproti účinnostem uváděným výrobcem. Podrobnější informace je možné nalézt na webových stránkách výrobců.

Výhřevnost plynu: 33,48 MJ/m³
 Teoretická roční spotřeba plynu ³: 1196,82 m³
 Cena plynu⁴: 13,42 Kč/m³

Typ kotle	p_{jm} [kW]	p_{min} [kW]	η	V_p [m ³]	Cena kotle bez DPH	Cena z. plynu
Thermona THERM 14 KDZ.A	14,6	2,4	1,04	1150,79	35 900 Kč	15 438 Kč
Geminox THR's 1-10	9,5	0,9	1,06	1129,07	58 990 Kč	15 147 Kč
Viadrus Claudius K2L	16,0	3,5	1,05	1139,83	47 769 Kč	15 291 Kč

Tabulka 4.6: Parametry kondenzačních kotlů

³Teoretická spotřeba při 100 % účinnosti zařízení

⁴Cena pro rok 2014 stanovená RWE Energie, a.s. Převzato 15.4.2014 z: <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-zemniho-plynu>

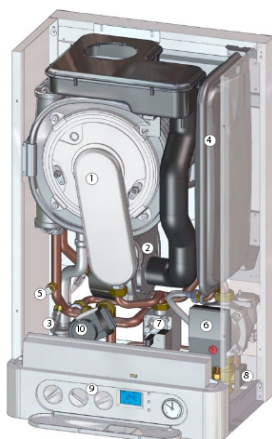
Roční spotřeba plynu kotle THERM 14 KDZ.A:

$$V_p = \frac{Q_r \cdot 3600}{Q_i^r} \cdot \eta \quad (4.26)$$

$$V_p = \frac{11,13 \cdot 3600}{33,48} \cdot 1,04 \quad (4.27)$$

$$V_p = 1150,79 \text{ m}^3 \quad (4.28)$$

Oproti kotlům THERM a THR, které jsou závěsné, je kotel Claudius stacionární, což může být nežádoucí vzhledem k omezenému prostoru domu. Rovněž výkon je vyšší než výkon zbývajících dvou kotlů. Kotel THR se vyznačuje nejpříznivější regulací výkonu, ale zároveň je ze všech porovnávaných kotlů nejdražší. Účinnosti jednotlivých kotlů, a tudíž i roční náklady na plyn, se výrazně neliší, proto se z porovnávaných zařízení jeví jako nejlepší varianta kotel THERM 14 KDZ.A. Kotel je přizpůsoben k připojení k externímu zásobníku TUV. Pro tříčlennou rodinu je zásobník o objemu 100 l dostatečný. Kotel může být doplněn například o kombinovaný ohřívač OKC 100 od firmy Dražice.



Obrázek 4.2: THERM 14 KDZ.A [14]

Celkové náklady:

Roční cena paliva:	15 438 Kč
Cena kotle:	35 900 Kč
Cena bojleru:	8 317 Kč
Celkem:	44 217 Kč

4.3. Kotle na tuhá paliva s akumulátorem

Kotlů spalujících dřevo existuje více druhů. Nejlevnější jsou kotle s ručním přikládáním kusového dřeva. Tyto kotle však mají řadu nevýhod, mezi které patří nižší účinnost, kolísavost výkonu, komplikovanější regulace a větší produkce emisí než u automatických a zplyňovacích kotlů. Rovněž obsluha je náročnější než u automatických kotlů. Účinnosti porovnávaných kotlů byly sníženy přibližně o 2 % oproti katalogovým údajům. Podrobné

informace o jednotlivých kotlích jsou dostupné na internetu. Ceny paliva přejaty ze stránek společností Biomac s.r.o.⁵ a Lesy města Brna a.s.⁶

Typ kotle	Viadrus Hercules U26	přestavba U26 na automatický kotel	Viadrus Ekoret	Dakon DOR 12	Dakon KP-pyro-F	DEFRO UKM 15
p_{jm} [kW]	15,00	20,00	15,00	13,50	21,00	15,00
p_{min} [kW]	7,50	6,00	4,50	7,00	-	6,00
η	0,73	0,85	0,83	0,76	0,76	0,83
Druh paliva	Buk štípaný	Pelety	Pelety	Buk štípaný	Buk štípaný	Pelety
Q_i^r [MJ/kg]	14,40	17,20	17,20	14,40	14,40	17,20
m_p [kg]	3811,78	2740,73	2806,77	3661,31	3661,31	2806,77
Cena kotle bez DPH	26 587 Kč	62 487 Kč	66 940 Kč	17 990 Kč	34 490 Kč	61 361 Kč
Cena za 1t paliva	1 900 Kč	5405 Kč	5 405 Kč	1 900 Kč	1 900 Kč	5 405 Kč
Cena paliva za rok	7242 Kč	14 814 Kč	15 171 Kč	6 956 Kč	6 956 Kč	15 171 Kč

Tabulka 4.7: Parametry kotlů na tuhá paliva

Automatické kotle

Na základě faktů zmíněných na začátku kapitoly je lepší zvolit kotel s automatickým podáváním paliva nebo zplyňovací kotel. Firma Viadrus nabízí možnost přestavět litinový kotel s ručním přikládáním paliva Hercules U26 na automatický kotel Hercules DUO s možností ručního přikládání. Protože nebyl kotel Hercules od začátku koncipován jako automatický kotel, je regulace obtížnější než u automatického kotle Viadrus Ekoret. Také případné dotace na automatické kotle se vztahují pouze na plně automatizované kotle. Kotel DEFRO UKM 15 je vyroben z ocelových plechů, což znamená, že má nižší životnost než kotel Ekoret, který je litinový. Účinnosti obou kotlů se neliší, ale Ekoret má širší rozsah výkonů. Proto je z porovnávaných zařízení kotel Viadrus Ekoret se zásobníkem paliva o objemu 528 l nejoptimálnější variantou.

⁵Ceny platné k 12.5.2014, dostupné z: <http://www.peletybiomac.cz/pelety-bukove-svetle-8mm>

⁶Ceny platné k 12.5.2014, dostupné z: http://www.lesymb.cz/obj/109/Cenik_palivo_MES.pdf

Roční spotřeba pelet kotle Ekoret:

$$m_p = \frac{Q_r \cdot 3600}{Q_i^r} \cdot \eta \quad (4.29)$$

$$m_p = \frac{11,13 \cdot 3600}{17,2} \cdot 0,83 \quad (4.30)$$

$$m_p = 2806,77 \text{ kg} \quad (4.31)$$

Akumulační nádoba:

Pro zajištění stabilního hoření s nejlepší možnou účinností a dostatečné zásoby teplé vody je vhodná akumulční nádoba o objemu 500 l (viz. tabulka 4.5). K tomuto účelu může sloužit nádoba Viadrus AkuCOMBI 500/160 L s vnořeným ohřívačem vody a dvěma topnými spirálami.

Celkové náklady:

Roční cena paliva:	15 171 Kč
Cena kotle:	66 940 Kč
Cena AkuCOMBI 500/160:	40 232 Kč
Celkem:	107 172 Kč



Obrázek 4.3: Viadrus Ekoret [15]

Zplyňovací kotel

Další možnou variantou je zplyňovací kotel. Uváděná doba hoření kotle Dakon KP-pyro-F při jmenovitém výkonu 21 kW je 2 h. Množství tepla získaného za 2 hodiny je dostatečné k pokrytí celodenní potřeby, což je z hlediska uživatelského komfortu lepší než u kotlů s ručním přikládáním paliva. Menší množství emisí je také velkou výhodou a vede k úspoře nákladů na údržbu kotle a revizi komínu. Emisní limity jsou postupně zpřísňovány legislativou, tento fakt v delším časovém horizontu zvýhodňuje zplyňovací kotle.

Roční spotřeba dřeva kotle Dakon KP-pyro-F:

$$m_p = \frac{Q_r \cdot 3600}{Q_i^r} \cdot \eta \quad (4.32)$$

$$m_p = \frac{11,13 \cdot 3600}{14,4} \cdot 0,76 \quad (4.33)$$

$$m_p = 3661,31 \text{ kg} \quad (4.34)$$

Akumulační nádoba:

Vzhledem k vyššímu výkonu a době hoření je výhodné pořídit nádobu o objemu 800 l (viz. tabulka 4.5). Energie uložená ve vodě je dostačující na jeden den během otopného období a na dva dny mimo otopné období. K tomuto účelu může sloužit nádoba Viadrus AkuCOMBI 800/200 L s vnořeným ohřívačem vody a dvěma topnými spirálami.

Celkové náklady:

Roční cena paliva:	6 956 Kč
Cena kotle:	34 490 Kč
Cena AkuCOMBI 800/200:	51 895 Kč
Celkem:	86 385 Kč



Obrázek 4.4: Dakon KP-pyro-F [16]

4.4. Solární kolektor s teplovodní krbovou vložkou a akumulátorem

V ČR je investičně nevýhodné využívat celoročně vyhradně solární kolektory k pokrytí potřeby tepla. Z toho důvodu se kolektory doplňují dalším zdrojem tepla. V této práci byla k doplnění kolektoru zvolena teplovodní krbová vložka.

4.4.1. Solární kolektor s akumulátorem

Kolektory jsou nabízeny ve dvou provedeních, plochém a trubicovém. Trubicové kolektory mají výrazně vyšší účinnost oproti plochým při velkém rozdílu teplot okolního vzduchu a

ohřívané kapaliny, tedy především v zimě. Plocha kolektorů potřebná k pokrytí celoroční potřeby tepla by byla příliš velká a po většinu roku nevyužitá, proto předpokládáme využití především v létě. Z toho důvodu byl k posouzení zvolen plochý kolektor KPS11+ od firmy Regulus. Azimutový úhel byl zvolen 0° a sklon plochy kolektoru 45°. Účinnost byla zvolena 77 % oproti 79 % uváděných výrobcem při nulovém rozdílu teplot ohřívané látky a okolí. Účinnost solárních kolektorů značně kolísá během roku. Účinnost 77 % byla zvolena, protože se počítá s nejvyšším příspěvkem solárních kolektorů převážně v létě kdy je reálné očekávat takto vysokou účinnost.

Detailní informace jsou k dispozici v příloze. Data potřebná pro výpočet a postup výpočtu byly převzaty z knihy Solární tepelná technika [4].

Typ	Celková plocha kolektoru [m ²]	Plocha apertury 2,31 [m ²]	η	Cena za m ² apertury
KPS11	2,49	2,31	0,77	5 411 Kč

Tabulka 4.8: Parametry kolektoru KPS11+

Měsíc	$Q_{s,den,teor}$ [kWh/m ²]	$Q_{sden,skut}$ [kWh/m ²]	$Q_{vyr,den}$ [kWh/m ²]	A_{teor} [m ²]
I.	3,400	0,612	0,471	93,31
II.	4,960	1,538	1,184	37,14
III.	6,700	2,546	1,960	22,43
IV.	8,060	3,143	2,420	18,17
V.	9,420	4,522	3,482	12,63
VI.	9,640	5,109	3,934	5,96
VII.	9,420	5,275	4,062	5,77
VIII.	8,060	4,272	3,289	7,13
IX.	6,700	3,350	2,580	17,05
X.	4,960	1,835	1,413	31,12
XI.	3,400	0,782	0,602	73,03
XII.	2,700	0,324	0,249	176,26

Tabulka 4.9: Solární energie

Teoreticky potřebná plocha kolektoru:

$$Q_{vyr,den} = Q_{sden,skut} \cdot \eta \quad (4.35)$$

$$A_{teor} = \frac{Q_{VYT,d} + Q_{TUV,d}}{Q_{vyr,den}} \quad (4.36)$$

V tabulce 4.10 jsou porovnány zisky kolektorů o ploše 7,5 a 10 m². Z výsledku je patrné, že při ploše kolektorů 10 m² dochází během letních měsíců k velké nadprodukcí tepla, kterou není možné nijak využít. Jak je uvedeno v tabulce 4.5, k ohřátí 2000 l vody je potřeba 183,81 kWh energie, k tomuto účelu je plocha kolektoru 7,5 m² dostatečná. Kdyby bylo uvažováno využití většího akumulátoru například o objemu 8000 l, plocha 7,5 m² by dostačující nebyla. Ale roční úspora takového systému nepokryje investiční náklady za celou dobu životnosti. Vhodná nádoba může být například AkuCOMFORT 2000 L s jednou topnou spirálou a průtokovým ohřevem TV.

Měsíc	$Q_{vyr,den,7,5}$ [kWh]	$Q_{vyr,den,10}$ [kWh]	$Q_{m,7,5}$ [kWh]	$Q_{m,10}$ [kWh]
I.	3,27	4,35	-1137,99	-1104,24
II.	8,20	10,94	-889,56	-812,99
III.	13,59	18,11	-818,07	-677,68
IV.	16,77	22,36	-696,04	-528,31
V.	24,13	32,17	-126,78	-62,44
VI.	27,26	36,35	178,22	450,86
VII.	28,15	37,53	211,62	502,50
VIII.	22,79	30,39	45,64	281,19
IX.	17,88	23,83	-287,29	-209,82
X.	9,79	13,06	-935,65	-834,45
XI.	4,17	5,56	-1074,06	-1032,33
XII.	1,73	2,31	-1185,63	-1167,76

Tabulka 4.10: Získaná energie



Obrázek 4.5: KPS11+ [17]

Celkové náklady:

Cena 7,5m ² kolektoru:	37 498 Kč
Cena AkuCOMFORT 2000:	82 497 Kč
Celkem:	119 995 Kč

4.4.2. Teplovodní krbová vložka

Celkové množství energie, které je třeba získat z teplovodní vložky, činí 6967,25 kWh. To je přibližně 62,6 % z celkové roční potřeby tepla.

Typ vložky	p_{jm} [kW]	p_{reg} [kW]	p_{jm,H_2O} [kW]	p_{reg,H_2O} [kW]	η	Cena bez DPH
Aquatic WH450	7,8	4,0-9, 0	5,8	4,0-6,5	0,81	41 750 Kč

Tabulka 4.11: Parametry krbové vložky Aquatic WH450

Druh paliva	Q_i^r [MJ/kg]	Cena za t paliva	Cena paliva za rok
Buk	14,40	1 900 Kč	3 309 Kč

Tabulka 4.12: Cena paliva



Obrázek 4.6: Aquatic WH450 [18]

Celkové náklady:

Roční cena paliva:	3 309 Kč
Cena krbové vložky:	41 750 Kč

4.4.3. Kompletní systém

Pro případ, kdy je příliš teplo, ale slunce nesvítí dostatečně, je nutné doplnit systém o ohřívač vody. Ohřívač bývá součástí akumulátoru.

Celkové náklady na systém:

Roční cena paliva:	3 309 Kč
Cena krbové vložky:	41 750 Kč
Cena 7,5m ² kolektoru:	37 498 Kč
Cena AkuCOMFORT 2000:	82 497 Kč
Celkem :	161 745 Kč

4.5. Tepelná čerpadla

Uvažován je typ čerpadla země/voda v provedení s hloubkovým vrtem. To zajišťuje možnost celoročního odběru tepla ze země. Hodnoty výkonů a topných faktorů platí pro výstupní teplotu vody 35 °C. Bližší informace jsou k dispozici na webových stránkách výrobců.

Typ čerpadla	p_{jm} [kW]	COP_t	p_{komp} [kW]	p_{doh} [kW]	$E_{el,r}$ [MWh]	Cena čerpadla bez DPH	Roční cena elektřiny ⁷
Logatherm WPS 6 K-1 (B0/W35)	5,80	4,40	1,32	3,00	2,53	214 100 Kč	12 255 Kč
MasterTherm AQ22I (B0/W35)	4,38	4,54	0,97	3,00	2,46	166 900 Kč	11 925 Kč

Tabulka 4.13: Parametry tepelných čerpadel

Tepelné čerpadlo WPS 6 K-1 má zabudovaný nerezový zásobník teplé vody o objemu 185 l. Zásobník vody umožňuje tepelným čerpadlům plynulý chod, během kterého není kompresor tak namáhaný jako při přerušovaném chodu. Čerpadlo AQ22I je levnější a disponuje i lepšími parametry. Cena samostatného zásobníku je menší než rozdíl v ceně obou tepelných čerpadel. Nádobu AkuCOMBI 500/160 stojí 40 232 Kč bez DPH. Předpokládaná hodnota topného faktoru je totožná s hodnotou uváděnou výrobcem, ale dá se očekávat snížení účinnosti zařízení i kolísání účinnosti během roku.

Roční spotřeba elektřiny:

$$E_{el,r} = \left(\frac{Q_r}{p_{tep}} \right) \cdot p_{komp} \quad (4.37)$$

$$E_{el,r} = \left(\frac{11,13}{4,38} \right) \cdot 0,97 \quad (4.38)$$

$$E_{el,r} = 2,46 \text{ MWh} \quad (4.39)$$

⁷Cena pro rok 2014 stanovená společností E.ON a.s. Převzato 11.5.2014 z: <http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-elektricke-energie>

Celkové náklady:

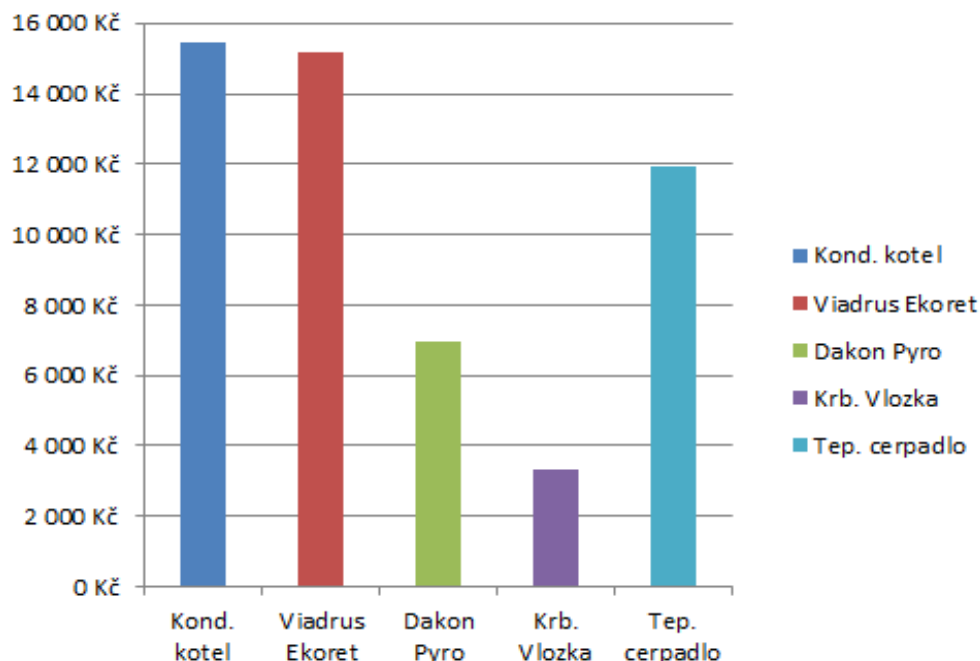
Roční cena elektřiny:	11 925 Kč
Cena čerpadla:	166 900 Kč
Cena AkuCOMBI 500/160:	40 232 Kč
Celkem:	207 132 Kč



Obrázek 4.7: MasterTherm AQ22I [19]

4.6. Porovnání systémů

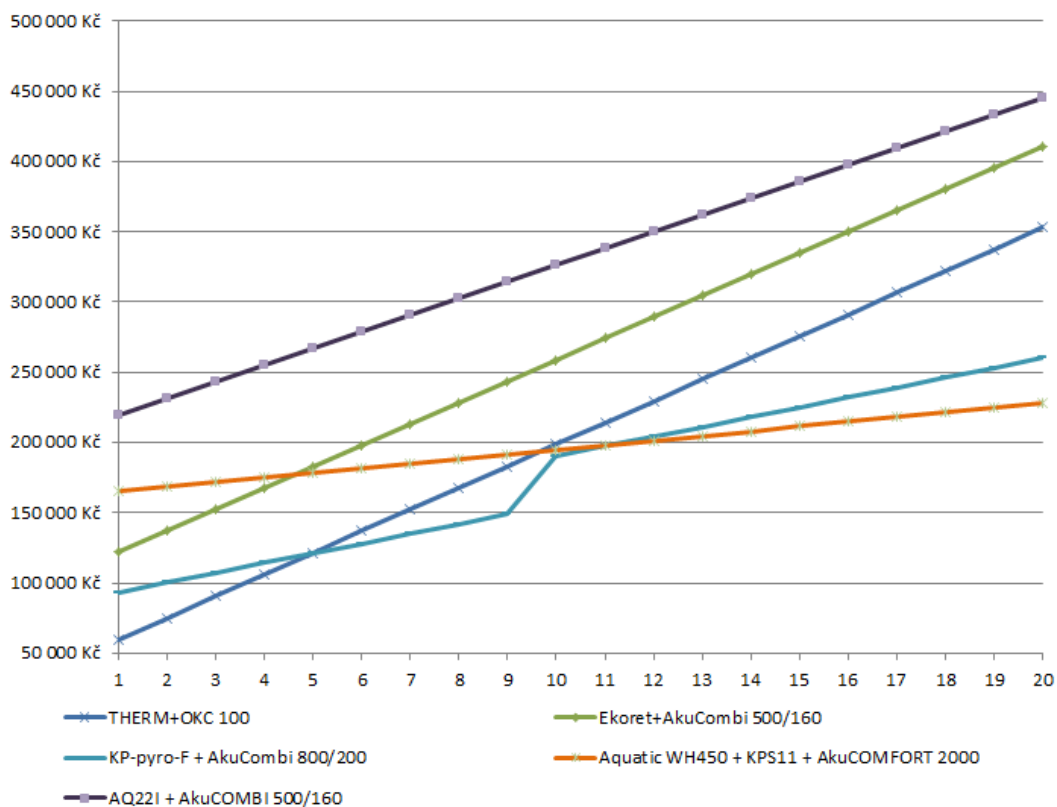
Porovnány byly náklady na systémy a palivo po dobu 20 let. Životnost všech zařízení je uvažována 20 let s výjimkou zplyňovacího kotle, jehož životnost je uvažována poloviční, tedy 10 let.



Graf 4.1: Porovnání cen paliva

Jak je zřejmé z grafu 4.1 pelety stojí téměř stejně jako zemní plyn, ale v delším časovém horizontu lze očekávat zdražování zemního plynu a zvětšení cenového rozdílu mezi peletami a plynem. Potenciál zdrojů biomasy ovšem také není nevyčerpatelný, to by mohlo zapříčinit zdražení jak pelet, tak kusového dřeva. Cena elektřiny je v nynější době značně ovlivňována politickými zásahy, proto je odhad její ceny velmi nejistý.

Předpokládaná cena paliv v odhadu je neměnná, to je samozřejmě nepravděpodobné a minimálně v případě zemního plynu a elektřiny můžeme očekávat nárůst cen. A to jak z důvodu vytěžování fosilních paliv tak i politickými rozhodnutími.



Graf 4.2: Odhad nákladů na systémy během 20 let

5. Závěr

Pořizovací náklady na systém s kondenzačním kotlem jsou nejnižší, ale v horizontu 20 let vychází ekonomická bilance tohoto systému hůř než navrhovaných systémů se solárním kolektorem nebo se zplyňovacím kotlem. Nevýhodou těchto dvou systémů je nutnost manuálního přikládání paliva. Ekonomicky lépe vychází systém s krbovou vložkou a solárním panelem, ale během roku může nastat situace, kdy bude třeba dohřívát vodu elektrickým ohříváčem, což samozřejmě zvyšuje náklady. Tyto náklady lze snížit využíváním nižších cen elektřiny během noci. Nižších tarifů lze využít také pro provoz tepelných čerpadel. Investice do tepelného čerpadla je ze všech porovnávaných systémů nejvyšší, a to i bez započítání nákladů na instalaci, které jsou v případě tepelného čerpadla v provedení s hlubinným vrtem výrazně vyšší než u zbývajících systémů. Při uvažování delšího časového úseku by byly náklady na vrtání příznivější, ale i přesto by tepelné čerpadlo zůstávalo drahé v porovnání s ostatními zařízeními. Ekonomická bilance systému s automatickým kotlem také nevychází příznivě, ale vzhledem k tomu, že je možné v kotli Ekoret spalovat kromě biomasy i uhlí, jehož cena se může výrazně měnit nemusí být pořízení automatického kotle nevýhodné.

Na každé z porovnávaných zařízení je možné v roce 2014 získat dotaci¹. V případě kondenzačních kotlů není tak výrazná, jako u ostatních zařízení. Kromě dotací můžou bilanci ovlivnit také náklady na servis během provozu, tyto náklady ovšem nebyly uvažovány.

Z porovnávaných systémů je finančně nejvýhodnější systém se solárním kolektorem a krbovou vložkou, avšak vysoké počáteční náklady představují nepříznivý aspekt při volbě tohoto systému oproti ostatním. Zplyňovací kotel vychází ekonomicky rovněž výhodně. Nutná výměna kotle po 10 letech by však mohla investora odradit od volby tohoto kotle. Také velikost akumulátorů vzhledem k omezeným rozměrům domu představuje v případě těchto dvou variant problém. Kondenzační kotel nabízí největší pohodlí při provozování, ale očekávané zdražování plynu znevýhodňuje tuto aplikaci. Dotace můžou motivovat investora k pořízení systému s automatickým kotlem, rovněž rozměry akumulátoru jsou menší. Pořízení tepelného čerpadla příliš výhodné není, a pokud investor nežádá tepelné čerpadlo, tak je vhodné vybrat jinou variantu z porovnávaných systémů.

Úspora nákladů během 20 let je v případě systémů se solárním kolektorem a krbovou vložkou velmi výrazná. Uvažujeme-li výstavbu nového domu není rozdíl pořizovacích nákladů oproti ostatním nákladům na dům tak výrazný, aby to odradilo investora od volby tohoto systému. Navíc je možné koncepčně dům uspořádat s vědomím, že se v něm bude nacházet objemný akumulátor. Z výše uvedených důvodů je proto varianta se solárním kolektorem a krbovou vložkou nejlepší z porovnávaných variant.

¹Informace k dotacím dostupné na <http://www.jaknazelenou.cz/>

Literatura

- [1] TYWONIAK, J.: *Nízkoenergetické domy*. Praha: Grada Publishing, 2005. ISBN 80-247-1101-X.
- [2] HUMM, O.: *Nízkoenergetické domy*. Praha: Grada Publishing, 1999. ISBN 80-7169-657-9.
- [3] BROŽ, K.: *Vytápění*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002. ISBN 80-01-02536-5.
- [4] CIHELKA, J.: *Solární tepelná technika*. Praha: Malina, 1994. ISBN 80-900759-5-9.
- [5] ČSN 73 0540-2.: *Tepelná ochrana budov*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2011.
- [6] ČERMÁK, M.: *tzb-info.cz*. [online]. [cit.2014-03-05]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/nizkoenergeticke-stavby/10048>
- [7] *Hoffman* [online]. [cit.2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.hoffmann.cz/novinky/podlehnete-kouzlu-prosluneneho-domu-helios>
- [8] *efficiency-from-germany.info* [online]. [cit.2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.efficiency-from-germany.info/EIE/Redaktion/EN/Bilder/infografik-buildings-condensing-boiler-2010>
- [9] *vytapieni.tzb-info.cz* [online]. [cit.2014-04-12]. Dostupné z: <http://vytapieni.tzb-info.cz/docu/clanky/0097/009798o3.jpg>
- [10] *solar-for-energy.com* [online]. [cit.2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.solar-for-energy.com/solar-collectors.html>
- [11] *uni-top.cz* [online]. [cit.2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.uni-top.cz/img/pic.gif>
- [12] *krby-bef.cz* [online]. [cit.2014-04-12]. Dostupné z: <http://www.krby-bef.cz/cz/katalog-produktu/krbove-vlozky-teplovodni>
- [13] *viadrus.cz* [online]. [cit.2014-05-07]. Dostupné z: http://www.viadrus.cz/doc/akumulacninadoby_img/akumulacni_nadoby_v800-10.png
- [14] *thermona.cz* [online]. [cit.2014-05-02]. Dostupné z: http://www.thermona.cz/sites/default/files/dokumentace/technicka/2013/Navod%2014%20KD.A_KDZ.A_KDZ5.A_CZ_web.pdf
- [15] *viadrus.cz* [online]. [cit.2014-05-07]. Dostupné z: <http://viadrus.cz/automaticke-kotle/automaticky-kotel-ekoret-29-cz7.html>
- [16] *klimeco.ru* [online]. [cit.2014-05-07]. Dostupné z: http://klimeco.ru/?show=shop&item_id=22831
- [17] *regulus.cz* [online]. [cit.2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.regulus.cz/cz/slunenci-kolektor-kps11>

-
- [18] *krby-bef.cz* [online]. [cit.2014-05-07]. Dostupné z: <http://www.krby-bef.cz/cz/katalog-produktu/krbove-vlozky-teplovodni/aquatic-teplovodni/aquatic-wh-450>
- [19] *mastertherm.cz* [online]. [cit.2014-05-07]. Dostupné z: http://www.mastertherm.cz/sites/default/files/gallery/aquamaster-inverter-l_0_0.png

6. Seznam použitých zkratek a symbolů

Q_c	[W]	Tepelná ztráta objektu
$Q_{VYT,r}$	[MWh/rok]	Roční potřeba tepla na vytápění
$Q_{VYT,d}$	[kWh/den]	Průměrná denní potřeba tepla během otopného období
$Q_{TUV,r}$	[MWh/rok]	Roční potřeba tepla na ohřev TUV
$Q_{TUV,d}$	[kWh/den]	Denní potřeba tepla pro ohřev TUV
Q_r	[MWh/rok]	Celková potřeba tepla
$E_{el,r}$	[MWh/rok]	Roční spotřeba elektrické energie
$Q_{s,den,teor}$	[kWh/m ²]	Teoretické množství denně dopadající sluneční energie
$Q_{s,den,skut}$	[kWh/m ²]	Skutečné množství denně dopadající sluneční energie
$Q_{vyr,den}$	[kWh/m ²]	Množství denně přeměněné sluneční energie
$Q_{vyr,den,7,5}$	[kWh]	Denně přeměněná sl. energie při ploše kolektoru 7,5 m ²
$Q_{vyr,den,10}$	[kWh]	Denně přeměněná sl. energie při ploše kolektoru 10 m ²
$Q_{m,7,5}$	[kWh]	Přebytek sl. energie za měsíc při ploše kolektoru 7,5 m ²
$Q_{m,10}$	[kWh]	Přebytek sl. energie za měsíc při ploše kolektoru 10 m ²
p_{jm}	[kWh]	Jmenovitý výkon
p_{min}	[kWh]	Minimální výkon
p_{reg}	[kWh]	Regulovatelný výkon
p_{jm,H_2O}	[kWh]	Jmenovitý výkon zařízení pro ohřev vody
p_{reg,H_2O}	[kWh]	Regulovatelný výkon zařízení pro ohřev vody
p_{komp}	[kWh]	Výkon kompresoru pro ohřev vody
p_{doh}	[kWh]	Výkon elektrického dohřevu
t_e	[°C]	Venkovní výpočtová teplota
t_{is}	[°C]	Průměrná vnitřní výpočtová teplota
t_{es}	[°C]	Průměrná teplota během otopného období
t_1	[°C]	Teplota studené vody
t_2	[°C]	Teplota ohřáté vody

t_{svl}	[°C]	Teplota studené vody v létě
t_{svz}	[°C]	Teplota studené vody v zimě
$t_{a,min,vst}$	[°C]	Teplota vstupní vody do akumulátoru
$t_{a,min,p}$	[°C]	Minimální využitelná teplota vody v akumulátoru
$t_{a,max}$	[°C]	Maximální teplota vody v akumulátoru
ε_i	[-]	Nesoučasnost tep. ztráty infiltrací a tep. ztráty prostupem
ε_t	[-]	Snížení teploty v místnosti během dne resp. noci
ε_d	[-]	Zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu
η	[-]	Účinnost zařízení
η_t	[-]	Účinnost obsluhy resp. možnosti regulace soustavy
η_o	[-]	Účinnost rozvodu vytápění
COP_t	[-]	Topný faktor
ρ	[kg/m ³]	Měrná hmotnost vody
ρ_{10-90}	[kg/m ³]	Měrná hmotnost vody při teplotním spádu 10-90°C
ρ_{40-90}	[kg/m ³]	Měrná hmotnost vody při teplotním spádu 40-90°C
c_p	[J/kg·K]	Měrná tepelná kapacita vody
d	[dny]	Délka otopného období
D	[-]	Vytápěcí denostupně
z	[-]	Koeficient en. ztrát systému pro přípravu teplé vody
N	[-]	Počet pracovních dní soustavy v roce
V_p	[m ³]	Objem paliva
Q_i^r	[MJ/kg]	Výhřevnost paliva
V_{2p}	[m ³]	Celková potřeba teplé vody za 1 den
V_{H_2O}	[°C]	Objem vody
m_p	[kg]	Hmotnost paliva
A_{teor}	[m ²]	Teoretická velikost plochy kolektoru potřebná k pokrytí celkové potřeby tepla
TUV	[-]	Teplá užitková voda
OT	[-]	Otopné období

7. Seznam příloh

- Výpočty a tabulky z excelu
- Příklady zapojení jednotlivých systémů

Místnost	Plocha [m ²]	Ztráty [W]	Měrná ztráta [W/m ²]
Zádveří	2,23	49,06	22,00
Hala	7,00	147,00	21,00
Technická místnost	5,00	100,00	20,00
Obývací pokoj	27,62	580,02	21,00
Kuchyň	12,25	269,50	22,00
Ložnice	14,00	294,00	21,00
Dětský pokoj	11,50	241,50	21,00
Koupelna	5,31	116,82	22,00
Záchod	1,63	35,86	22,00
Celkem	86,54	1833,76	21,33

Zastav plocha : 112 m²
 Energ. vztaž. plocha: 86,54 m²
 Objem V: 415 m³
 Plocha obálky A: 322,4 m²
 Faktor tvaru A/V 0,78

Tepelná ztráta objektu Qc: 1833,76 W
 Venkovní výpočtová teplota te: -12 °C
 Průměrná vnitřní výpočtová teplota tis: 20 °C
 Průměrná venkovní teplota během otopného období tes: 4 °C
 Nesoučasnost tepelné ztráty infiltrací a prostupem ei: 0,85
 Snížení teploty v místnosti během dne et: 0,9
 zkrácení doby vytápění u objektu s přestávkami v provozu ed: 1
 Opravný součinitel ε: 0,765
 Účinnost rozvodu vytápění ηt: 0,95
 Účinnost regulace soustavy ηo: 0,95
 Délka otopného období d: 232 dny

teplota na vstupu t1: 10 °C
 teplota na výstupu t2: 60 °C
 Objem vody za den V2p: 0,246 m³
 Hustota vody ρ: 993,9 kg/m³
 tep. Kapacita c: 4186 J/kgK
 koeficient energetických ztrát systému z: 0,5
 teplota studené vody v létě tsvl: 15 °C
 teplota studené vody v zimě tsvz: 5 °C
 počet pracovních dní soustav v roce N: 365 dny

Vytápěcí denostupně D

3712

Roční potřeba tepla na vytápění $Q_{VYT,r}$ [MWh/rok]

4,33

Měrná roční potřeba tepla [kWh/rok*m²]

50,00

Průměrná denní potřeba tepla během ot [kWh]

18,65

Denní potřeba tepla pro ohřev TUV $Q_{TUV,d}$ [kWh]

21,32

Roční potřeba tepla na ohřev TUV $Q_{TUV,r}$ [MWh]

6,80

	40-90°	10-90°
Hustota vody ρ [kg/m³]:	980,5	988
tep. kapacita c [J/kgK]:	4186	
tmax [°C]:	90	
tmin,ρ [°C]:	40	
tmin,vs [°C]	10	

Možství vody [m³]:	0,1	0,5	0,8	1	2	8
En. potřebná pro ohřev vody [MJ]:	33,09	165,43	264,69	330,86	661,72	2646,89
[kWh]:	9,19	45,95	73,52	91,91	183,81	735,25
En. uložená v akumulátoru [MJ]:	20,52	102,61	164,17	205,22	410,44	1641,75
[kWh]:	5,70	28,50	45,60	57,01	114,01	456,04

Roční potřeba tepla na UT:	4,33 MWh	15,58 GJ
Roční potřeba tepla na TUV:	6,80 MWh	24,49 GJ
Výhřevnost ZP:	33,48 MJ/m3	
Cena plynu:	1 442,54 Kč/MWh	
Roční spotřeba plynu na UT:	465,31 m3	
Roční spotřeba plynu na TUV:	731,51 m3	
Roční spotřeba plynu:	1196,82 m3	

Typ kotle	Jmenovitý výkon kotle [kW]	Min. výkon kotle °C [kW]	Účinnost	Množství plynu [m3]	Cena kotle bez DPH	MWh plynu	Cena paliva za rok
THERM 14 KDZ.A	13,4	2,4	1,04	1150,79	35 900 Kč	10,70	15 438 Kč
THRs 1-10C	9,5	0,9	1,06	1129,07	58 990 Kč	10,50	15 147 Kč
Claudius K2L	16	3,5	1,05	1139,83	47 769 Kč	10,60	15 291 Kč

OKC 100:	8 317 Kč
THERM + OKC:	44 217 Kč

15,58 GJ

24,49 GJ

40,07 GJ

650 kg/prms

Typ kotle	Jmenovitý výkon kotle [kW]	Minimální výkon kotle [kW]	Účinnost	Druh paliva	Výhřevnost dřeva	Množství paliva teoretické [kg]	Množství paliva skutečné [kg]
Viadrus Hercules U26	15,00	7,50	0,73	Buk kus.	14,40	2782,60	3811,78
Přestavba Hercules U26	20,00	6,00	0,85	Pellety	17,20	2329,62	2740,73
Viadrus Ekoret	15,00	4,50	0,83	Pellety	17,20	2329,62	2806,77
Dakon DOR 12	13,50	7,00	0,76	Buk kus.	14,40	2782,60	3661,31
Dakon KP-pyro-F	21,00	-	0,76	Buk kus.	14,40	2782,60	3661,31
DEFRO UKM 15	15,00	6,00	0,83	Pellety	17,20	2329,62	2806,77

40 232 Kč

51 895 Kč

107 172 Kč

86 385 Kč

Průměrná denní potřeba tepla během OT: 18,65 kWh
Denní potřeba tepla pro ohřev TUV Q_{TUV,d}: 21,32 kWh

Úhel sklonu osluněné plochy α	Teoreticky možná energie dopadající za den na plochu v jednotlivých měsících $Q_{S, \text{den, teor}}$ [kWh/m ²]						
	XII.	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
		XI.	X.	IX.	VIII.	VII.	
Azimutový úhel osluněné plochy $\alpha_s = \pm 10^\circ$ (orientace na jih)							
0°	1,09	1,55	2,74	4,93	6,73	8,38	9,16
15°	1,78	2,30	3,75	5,82	7,50	9,12	9,76
30°	2,35	2,96	4,48	6,44	7,98	9,56	9,98
45°	2,70	3,40	4,96	6,70	8,06	9,42	9,64
60°	3,00	3,71	5,26	6,54	7,41	8,09	8,48
75°	3,08	3,90	5,32	6,24	6,44	6,44	6,44
90°	3,11	3,96	5,00	5,56	5,19	4,49	4,31

Měsíce	Skutečná doba slunečního svitu v Brně v jednotlivých měsících (h)	Poměrná doba slunečního svitu $\tau = \tau_{skut} / \tau_{teor}$	Skutečná dopadající energie pro 30° Q _{S,den,skut} (kWh/m ²)	Skutečná dopadající energie pro 45° Q _{S,den,skut} (kWh/m ²)
I.	46	0,18	0,533	0,612
II.	88	0,31	1,389	1,538
III.	142	0,38	2,447	2,546
IV.	163	0,39	3,112	3,143
V.	232	0,48	4,589	4,522
VI.	258	0,53	5,289	5,109
VII.	270	0,56	5,354	5,275
VIII.	230	0,53	4,229	4,272
IX.	179	0,5	3,220	3,350
X.	116	0,37	1,658	1,835
XI.	56	0,23	0,681	0,782
XII.	30	0,12	0,282	0,324

Typ solárního kolektoru	Celková plocha [m ²]	Plocha apertury [m ²]	Okamžitá účinnost na plochu apertury	Cena za m ² apertury
KPS11	2,49	2,31	0,77	5 411 Kč
KTU10	1,81	0,93	0,81	16 049 Kč
KTU15	2,66	1,40	0,81	14 177 Kč

	Množství denně vyrobené en. při 30° na m ² apertury Q _{vyr,den} [kWh]			Množství denně vyrobené en. při 45° na m ² apertury Q _{vyr,den} [kWh]		
	KPS11	KTU10	KTU15	KPS11	KTU10	KTU15
I.	0,410	0,430	0,430	0,471	0,494	0,494
II.	1,069	1,121	1,121	1,184	1,241	1,241
III.	1,884	1,975	1,975	1,960	2,055	2,055
IV.	2,396	2,512	2,512	2,420	2,537	2,537
V.	3,533	3,703	3,703	3,482	3,649	3,649
VI.	4,073	4,269	4,269	3,934	4,123	4,123
VII.	4,122	4,320	4,320	4,062	4,257	4,257
VIII.	3,257	3,413	3,413	3,289	3,447	3,447
IX.	2,479	2,599	2,599	2,580	2,703	2,703
X.	1,276	1,338	1,338	1,413	1,481	1,481
XI.	0,524	0,549	0,549	0,602	0,631	0,631
XII.	0,217	0,228	0,228	0,249	0,261	0,261

Cena za 10m² KPS11	Cena 7,5m² KPS11
49 998 Kč	37 498 Kč

Plocha kolektoru pro ohřev TUV KPS11-30°	Plocha kolektoru pro ohřev TUV KPS11-45°	Plocha kolektoru pro vytápění během OT KPS11-30°	Plocha kolektoru pro vytápění během OT KPS11-45°	Celková plocha kolektoru KPS11-30°	Celková plocha kolektoru KPS11-45°	Rozdíl ploch pro různé sklon
57,17	49,77	50,01	43,54	107,18	93,31	13,87
21,93	19,81	19,19	17,33	41,12	37,14	3,98
12,45	11,96	10,89	10,47	23,34	22,43	0,91
9,79	9,69	8,56	8,48	18,35	18,17	0,18
6,64	6,74	5,81	5,89	12,44	12,63	-0,18
5,76	5,96	5,04	5,22	10,80	11,18	-0,38
5,69	5,77	4,98	5,05	10,67	10,83	-0,16
7,20	7,13	6,30	6,24	13,50	13,37	0,13
9,46	9,09	8,28	7,95	17,74	17,05	0,69
18,38	16,60	16,08	14,52	34,45	31,12	3,33
44,74	38,95	39,14	34,07	83,88	73,03	10,86
108,02	94,01	94,49	82,24	202,51	176,26	26,25

Objem akumulátoru [m ³]	Energie v aku. [kWh]	Zbytek en. pro 7,5m ² [kWh]	Zbytek en. pro 10m ² [kWh]
2	183,81	6967,25	6246,21
8	735,25	6415,81	5694,78

	Denně získaná en. při ploše kolektoru 10m ² [kWh]	Denní přebytek en. po ohřátí TUV [kWh]	Celkový denní přebytek energie [kWh]	Celkový en. přebytek měsíčně [kWh]
I.	4,35	-16,97	-35,62	-1104,24
II.	10,94	-10,38	-29,04	-812,99
III.	18,11	-3,21	-21,86	-677,68
IV.	22,36	1,04	-17,61	-528,31
V.	32,17	10,85	-7,80	-62,44
VI.	36,35	15,03	15,03	450,86
VII.	37,53	16,21	16,21	502,50
VIII.	30,39	9,07	9,07	281,19
IX.	23,83	2,51	-16,14	-209,82
X.	13,06	-8,27	-26,92	-834,45
XI.	5,56	-15,76	-34,41	-1032,33
XII.	2,31	-19,02	-37,67	-1167,76

	Denně získaná en. Při ploše kolektoru 7,5m ² [kWh]	Přebytek en. po ohřátí TUV	Celkový přebytek en. denně	Celkový přebytek en. Měsíčně [kWh]
I.	3,27	-18,06	-36,71	-1137,99
II.	8,20	-13,12	-31,77	-889,56
III.	13,59	-7,74	-26,39	-818,07
IV.	16,77	-4,55	-23,20	-696,04
V.	24,13	2,81	-15,85	-126,78
VI.	27,26	5,94	5,94	178,22
VII.	28,15	6,83	6,83	211,62
VIII.	22,79	1,47	1,47	45,64
IX.	17,88	-3,45	-22,10	-287,29
X.	9,79	-11,53	-30,18	-935,65
XI.	4,17	-17,15	-35,80	-1074,06
XII.	1,73	-19,59	-38,25	-1185,63

Cena za t paliva:

1 900 Kč

Objem akumulátoru [m ³]	Energie v aku. [kWh]	Zbytek en. pro 7,5m ² [kWh]	Zbytek en. pro 10m ² [kWh]	Zbytek en. pro 7,5m ² [MJ]	Zbytek en. pro 10m ² [MJ]	Množství dřeva pro 7,5m ² [kg]	Množství dřeva pro 10m ² [kg]	Cena paliva pro 7,5m ²	Cena paliva pro 10m ²
2,00	183,81	6967,25	6246,21	25082,09	22486,37	1741,81	1561,55	3 309 Kč	2 967 Kč
8,00	735,25	6415,81	5694,78	23096,92	20501,20	1603,95	1423,69	3 048 Kč	2 705 Kč

Typ kotle	Jmenovitý výkon křbové vložky [kW]	Regulovatel- ný výkon vložky [kW]	Jmenovitý výkon do vody [kW]	Regulovatel- ný výkon do vody [kW]	Účinnost	Druh paliva	Výhřevnost dřeva [MJ/kg]	Cena vložky bez DPH
Aquatic WH450	7,80	4-9	5,80	3-6,5	0,83	Buk kus.	14,40	41 750 Kč
Aquatic WH450E	7,80	4-9	5,80	3-6,5	0,83	Buk kus.	14,40	54 450 Kč

Cena AkuCOMFORT 2000:

82 497 Kč

Aquatic WH450 + KPS11 + AkuCOMFORT 2000:

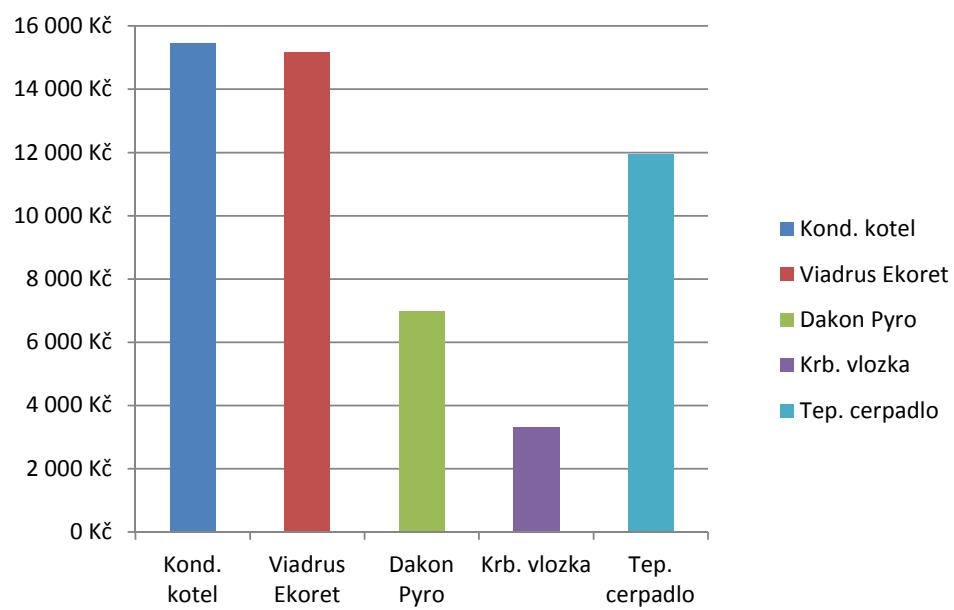
124 247 Kč

Roční potřeba tepla na UT: 4,33 MWh
Roční potřeba tepla na TUV: 6,80 MWh
Roční potřeba tepla: 11,13 MWh
Cena za MWh el. en.: 4837,99 Kč/MWh

Typ čerpadla	Tepelný výkon [kW]	Topný faktor	Jmenovitý příkon kompresoru [kW]	El. dohřev [kW]	Max. teplota vody [°C]	Cena	Roční spotřeba el. en. [MWh]	Roční cena el. en.
WPS 6 K-1 (B0/W35)	5,80	4,40	1,32	3,00	62,00	214 100 Kč	2,53	12 255 Kč
AQ22I (B0/W35)	4,38	4,54	0,97	3,00	60,00	166 900 Kč	2,46	11 925 Kč

AkuCOMBI 500/160: 40 232 Kč
AQ22I + AkuCOMBI 500/160: 207 132 Kč

	Kond. kotel	Viadrus Ekoret	Dakon Pyro	Krb. vložka	Tep. cirkulátor
Cena paliva:	15 438 Kč	15 171 Kč	6 956 Kč	3 309 Kč	11 925 Kč



	THERM+OKC 100	Ekoret+AkuCombi 500/160	KP-pyro-F + AkuCombi 800/200	Aquatic WH450 + KPS11 +	AQ221 + AkuCOMBI
Pořizovací cena systémů	44 217 Kč	107 172 Kč	86 385 Kč	124 247 Kč	207 132 Kč
1. rok	59 655 Kč	122 343 Kč	93 341 Kč	127 556 Kč	219 057 Kč
2. rok	75 094 Kč	137 513 Kč	100 298 Kč	130 866 Kč	230 983 Kč
3. rok	90 532 Kč	152 684 Kč	107 254 Kč	134 175 Kč	242 908 Kč
4. rok	105 971 Kč	167 854 Kč	114 211 Kč	137 485 Kč	254 834 Kč
5. rok	121 409 Kč	183 025 Kč	121 167 Kč	140 794 Kč	266 759 Kč
6. rok	136 848 Kč	198 195 Kč	128 124 Kč	144 104 Kč	278 684 Kč
7. rok	152 286 Kč	213 366 Kč	135 080 Kč	147 413 Kč	290 610 Kč
8. rok	167 725 Kč	228 537 Kč	142 037 Kč	150 723 Kč	302 535 Kč
9. rok	183 163 Kč	243 707 Kč	148 993 Kč	154 032 Kč	314 461 Kč
10. rok	198 602 Kč	258 878 Kč	190 440 Kč	157 341 Kč	326 386 Kč
11. rok	214 040 Kč	274 048 Kč	197 396 Kč	160 651 Kč	338 311 Kč
12. rok	229 479 Kč	289 219 Kč	204 353 Kč	163 960 Kč	350 237 Kč
13. rok	244 917 Kč	304 390 Kč	211 309 Kč	167 270 Kč	362 162 Kč
14. rok	260 356 Kč	319 560 Kč	218 266 Kč	170 579 Kč	374 088 Kč
15. rok	275 794 Kč	334 731 Kč	225 222 Kč	173 889 Kč	386 013 Kč
16. rok	291 233 Kč	349 901 Kč	232 179 Kč	177 198 Kč	397 938 Kč
17. rok	306 671 Kč	365 072 Kč	239 135 Kč	180 508 Kč	409 864 Kč
18. rok	322 110 Kč	380 242 Kč	246 092 Kč	183 817 Kč	421 789 Kč
19. rok	337 548 Kč	395 413 Kč	253 048 Kč	187 126 Kč	433 715 Kč
20. rok	352 987 Kč	410 584 Kč	260 005 Kč	190 436 Kč	445 640 Kč

