



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Květen 2017

David Košut

Praha 2017



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd

Název bakalářské práce:

Optimalizace nákladů na energie pro polyfunkční objekt

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Autor bakalářské práce: David Košut

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Tomáš Králík

Praha 2017

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Košut** Jméno: **David** Osobní číslo: **435020**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Optimalizace nákladů na energie pro polyfunkční objekt

Název bakalářské práce anglicky:

Energy cost optimization in multifunctional building

Pokyny pro vypracování:

- 1) Popište a analyzujte energetické potřeby zvoleného objektu
- 2) Identifikujte a popište dostupné systémy pro zásobování zvoleného objektu energiemi
- 3) Navrhněte variantně systém zásobování energiemi pro zvolený objekt
- 4) Vyberte optimální variantu z technicko ekonomického pohledu

Seznam doporučené literatury:

- 1) PORTER, Lindsay. The Renewable Energy Home Handbook: Insulation & energy saving, Living off-grid, Bio-mass heating, Wind turbines, Solar electric PV generation, Solar water heating, Heat pumps, & more. 1. Veloce Publishing, 2015. ISBN 978-1845847593.
- 2) MCQUISTON, Faye C., Jerald D. PARKER a Jeffrey D. SPITLER. Heating, ventilating, and air conditioning: analysis and design. 6th ed. Hoboken, N.J.: John Wiley, c2005. ISBN 0471470155.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. Tomáš Králík Ph.D., katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **07.02.2017** Termín odevzdání bakalářské práce: **26.05.2017**

Platnost zadání bakalářské práce: **27.05.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Optimalizace nákladů na energie pro polyfunkční objekt“ vypracoval samostatně. Veškerou použitou literaturu a podkladové materiály uvádím v příloženém seznamu literatury.

V Praze 24. 5. 2017

.....

David Košut

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing. Tomáši Králíkovi za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích bakalářské práce.

Název bakalářské práce:

Optimalizace nákladů na energie pro polyfunkční objekt

Abstrakt:

Cílem této práce je zmapovat současné technologie v oblasti přeměny forem energie a možnosti zásobování objektu energiemi. Dále na praktickém příkladu vymodelovat systémy zásobující objekt energiemi. V rámci modelu ověřit možnosti implementace nových technologií do nově vybudovaných systémů a již fungujících systémů. Závěr práce se věnuje ekonomické stránce modelů. Nejprve jsou vypracovány výdaje při jednotlivých variantách a z nich jsou následně vypočítány čisté současné hodnoty jednotlivých variant. Poté se významné vstupy podrobí analýze za účelem odhadnutí chování modelu při různých vývojiích na trzích s energiemi. Na závěr jsou varianty zhodnoceny z technicko ekonomického pohledu a doporučení optimální varianty pro modelový objekt.

Klíčová slova:

optimalizace nákladů, zásobování energiemi, polyfunkční objekt

Bachelor's Thesis title:

Energy cost optimization in multifunctional building

Abstract:

The aim of this work is to map current technologies in the field of transforming forms of energy and possibilities of supplying objects by energy. Furthermore on a practical example is made model energy supply systems. Within the model systems the possibilities of implementing new technologies into newly built systems and already functioning systems are verified. The conclusion of the thesis deals with the economic aspects of the models. Economic aspects consist of expenditures and from them net present value of each variant is calculated. Subsequently, significant inputs are subjected to an analysis to estimate the behaviour of the model at different energy market developments. At last the variants are evaluated from the technical and economic point of view and at the end the recommendation of the optional variant for the multifunctional building is made.

Key words:

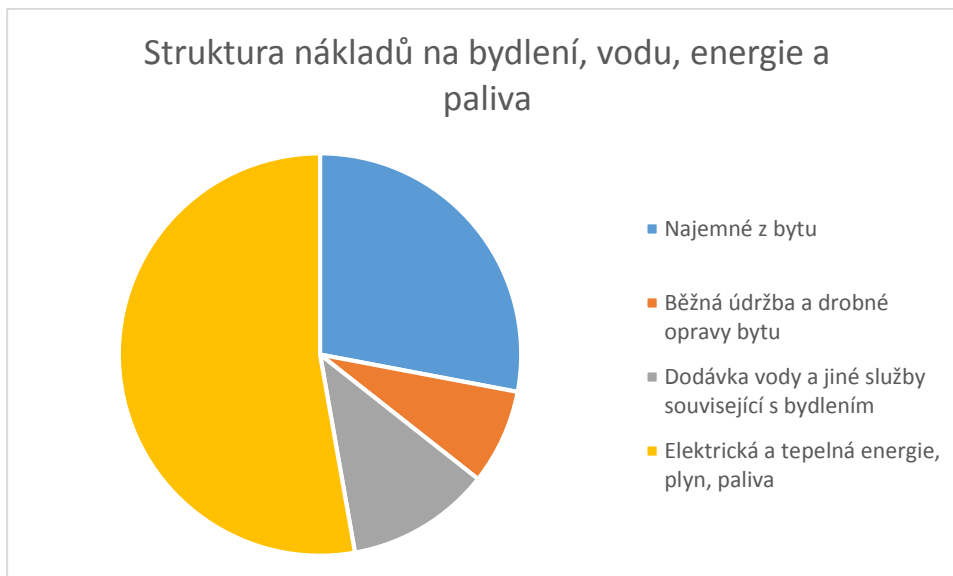
cost optimization, energy supply, multifunctional building

Obsah

1	Úvod.....	1
2	Možnosti zásobování energiemi.....	2
2.1	Elektrická energie.....	2
2.2	Zásobování teplem	3
2.2.1	Kotle.....	3
2.2.2	Elektrická zařízení.....	3
2.2.3	Tepelná čerpadla	4
2.2.4	Kogenerační jednotky	4
2.2.5	Solární kolektory	5
2.2.6	Centrální zásobování teplem	5
3	Popis zvoleného objektu	6
3.1	Spotřeba energií wellness provozu.....	7
3.2	Spotřeba energií v bytech.....	9
3.3	Dependance	11
4	Dostupné systémy	12
5	Varianty systému.....	12
5.1	Varianta 0: Současné řešení	13
5.2	Varianta 1: Tepelné čerpadlo v kombinaci s plynovými kotli a distribuční sítí elektrické energie	14
5.3	Varianta 2: Kogenerační jednotka v kombinaci s kondenzačními plynovými kotli a distribuční sítí elektrické energie	15
6	Ekonomické zhodnocení variant	16
6.1	Sestavení výdajů	18
6.2	CF a NPV jednotlivých variant	22
6.3	Citlivostní analýza.....	24
6.4	Ekonomické zhodnocení jednotlivých variant	30
6.5	Celkové hodnocení variant.....	30
7	Závěr	31
	Seznam symbolů a zkratk.....	32
	Seznam použité literatury.....	32
	Seznam obrázků	34
	Seznam grafů.....	34
	Seznam tabulek	34
	Seznam příloh	35

1 Úvod

Ze statistických údajů ČSÚ za rok 2015 vyplývá, že zhruba polovinu výdajů domácností na bydlení, vodu, energie a paliva tvoří výdaje na elektrickou a tepelnou energii, plyn a paliva.[1]



Graf 1: Struktura nákladů na bydlení vodu energie a paliva dle ČSÚ za rok 2015 [1]

Snahou každého racionálního spotřebitele je minimalizovat tyto náklady. Nejjednodušší varianta je omezit spotřebu a tím i výdaje, tato varianta ovšem snižuje komfort. Pro zachování úrovně komfortu a snížení výdajů tedy musíme zvolit efektivnější hospodaření se zdroji.

V oblasti zásobování energiemi můžeme volit hospodárné technologie s vysokou účinností, často ale nákladné na pořízení, nebo méně hospodárné technologie. Mezi hospodárné technologie bych zařadil tepelná čerpadla, vysokoúčinné kogenerační jednotky, solární kolektory nebo fotovoltaické panely. Výrobce nebo prodejce těchto produktů často slibuje velmi krátkou dobu návratnosti počáteční investice, často přiloží i modelový výpočet a výslednou dobu. Podmínky výpočtu ale často bývají voleny tak, aby návratnost byla co nejkratší. Aby uživatel dosáhl stejných úspor, musí pro provoz připravit stejné podmínky, se kterými bylo počítáno při výpočtu. Toho lze u novostavby dosáhnout snadno, hůře se to provádí u již postaveného objektu.

Tato práce se zabývá otázkou optimalizace nákladů na energie. Jeden z možných způsobů, jak toho docílit, může být právě využití některých z výše jmenovaných technologií. Na modelovém příkladu identifikuji dostupné technologie. Z nich sestrojím několik variant zásobování objektu energiemi. Následně budu počítat nákladnost jednotlivých variant a na závěr zvolím optimální variantu.

2 Možnosti zásobování energiemi

Největší pozornost budu věnovat technologiím, zajišťujícím elektrickou energii a teplo, neboť náklady na tyto dvě energie tvoří největší podíl na celkových nákladech na energie.

2.1 Elektrická energie

V dnešní době se objekt neobejde bez stálého přísunu elektrické energie. Způsobů zásobování elektrickou energií je v dnešní době více. Prvním a nejrozšířenějším z nich je napojení na distribuční síť, další způsob je vybudování soustavy zdrojů elektrické energie, tzv. ostrovní systém, a poslední možností je kombinace dvou výše uvedených způsobů. K výrobě elektrické energie je nutné získat licenci a při připojení zdroje do distributorské sítě také povolení distributora.[2]

Technologicky nejnáročnější varianta je pořízení ostrovního systému. Důvodem je nutnost pokrytí špičkových odběrů za využití vlastních zdrojů. Z tohoto důvodu se systém musí dimenzovat na tento špičkový odběr. Možností, jak snížit potřebný instalovaný výkon zdroje, je zařazení akumulačního prvku do systému, díky kterému je snazší pokrýt tento špičkový odběr. Kromě pořizovacích nákladů je nutné počítat podle použitého systému také s náklady na palivo a údržbu. Existují sice zdroje energie, za které není nutno platit, jako např. vítr, sluneční záření nebo kinetická energie vodního toku, ovšem tyto zdroje nejsou všude a vždy stabilně dostupné. Proto nelze být závislý pouze na těchto zdrojích, ale je nutno využívat i další zdroje, např. diesel nebo zemní plyn.

V lokalitách, kde je k dispozici distribuční síť elektrické energie, lze vybudovat tzv. hybridní systém, kdy objekt může spotřebovávat elektrickou energii vlastního zdroje nebo odebírat elektřinu z distributorské sítě. Výhodou tohoto systému je, že špičkový odběr nemusí být pokryt vlastním zdrojem elektrické energie, případně energií uloženou v akumulátorech, a v případě jeho výpadku lze celou spotřebu pokrýt z distribuční sítě. Tento systém je tedy vhodný pro kombinaci se zdroji, které nedisponují vysokou stabilitou, jako např. fotovoltaické panely nebo větrné turbíny.

Další možností je síťový systém, ten je napřímo připojen k distribuční síti. U tohoto systému je nutno energii okamžitě spotřebovat, jinak je odebrána distribuční sítí.[3]

Poslední možností je napojení objektu na distribuční síť. Pokud je distribuční síť v dané lokalitě k dispozici, tak vybudování přípojky bývá nejjednodušší variantou. V tomto případě jsme odkázáni na distributora, co se týče spolehlivosti dodávky, a na obchodníka s elektřinou, co se týče ceny elektrické energie. Náklady na elektrickou energii se budou odvíjet od tarifu smlouveného s distributorem. Volbou vhodného tarifu lze optimalizovat celkové náklady na elektrickou energii. Při vyšší spotřebě elektřiny je vhodné propočítat náklady při uznání různých tarifních sazeb např. C 45d nebo C 56d a následně zjistit jestli by nebylo z hlediska optimalizace nákladů výhodné splnit podmínky pro přiznání dané sazby. Podmínka pro získání distribuční sazby C 45d je, že instalovaný součtový příkon všech přímotopných spotřebičů musí činit nejméně 40 % příkonu odpovídajícího hodnotě hlavního jističe před elektroměrem.[4] Pro získání distribuční sazby C 56d je nutné, aby tepelný výkon instalovaného tepelného čerpadla pokryl minimálně 60 % tepelných ztrát objektu.[5]

2.2 Zásobování teplem

Zásobování teplem je možno realizovat více způsoby. Můžeme tedy vybírat z velkého množství tepelné techniky. Ovšem jsou dvě stěžejní kritéria pro optimalizaci nákladů. Těmi jsou účinnost zařízení a cena paliva na jednotku výhřevnosti. Při návrhu objektu na co nejmenší tepelné ztráty nesmí být opomenuta dostatečná výměna vzduchu v objektu. S rostoucími cenami energií rostou i nároky na úspornost systému na výměnu vzduchu. Dnes se za tímto účelem používají rekuperační jednotky, ve kterých je část tepla odváděného vzduchu předána přiváděnému vzduchu zvenčí.[6]

2.2.1 Kotle

Kotel je technologické zařízení, ve kterém je spalováním paliva získáváno teplo, které ohřívá teplotně nosnou látku. Jedná se o technologii široce používanou již mnoho let a jsou známy údržbové nároky i životnost této technologie.

Kotle na tuhá paliva s ručním přikládáním jsou konstrukčně nejjednodušší. Je možné spalovat širokou škálu paliv s různými jakostmi, nejčastěji se používá dřevo, uhlí nebo koks. Nutnost pravidelného přikládání paliva a vyprazdňování popelovin vyžaduje pravidelný zásah obsluhy. Výhodou této technologie je nízká pořizovací cena, jednoduchá konstrukce a jednoduchá údržba. Nevýhodami jsou již zmíněný nutný pravidelný zásah obsluhy, nižší účinnost spalování (než u automatických kotlů), horší možnost regulace, nárok na prostor při skladování paliva a nutnost odvodu spalin. Do budoucna bude obtížné touto technologií splnit stále přísnější emisní požadavky.[7]

Konstrukčně složitější variantou se zásobníkem paliva a řídicí jednotkou jsou automatické kotle. Řídicí jednotka reguluje přísun paliva a vzduchu, tím dokáže dosáhnout požadované teploty teplotně nosného média na výstupu. Obsluze tedy odpadá nutnost častého přikládání paliva. Potřeba je pouze jednou za čas doplnit zásobník paliva a vyprázdnit popelník. Tato technologie dokázala odstranit většinu nevýhod kotlů s ručním přikládáním, ovšem nárok na skladovací prostory paliva a odvod spalin zůstává stejný.

Další variantou jsou plynové kotle. Nejčastěji je používán zemní plyn, ale podle použitého hořáku může být spalován i jiný plyn např. propan butan. Při správném nastavení řídicí jednotky má kotel minimální nároky na údržbu a obsluhu. Při napojení plynového kotle na distribuční síť odpadá potřeba skladovacího prostoru pro palivo a znečištění okolí skladovaného paliva. Pokud ale není k dispozici distribuční síť, tak skladování paliva bývá technologicky náročné a celou technologii neúměrně prodražuje. Tato zařízení dosahují vysoké účinnosti přeměny energie, obzvláště účinné jsou plynové kondenzační kotle, a dobré škálovatelnosti výkonu v rámci jednoho zařízení.

2.2.2 Elektrická zařízení

U této technologie jako primární palivo slouží elektrická energie, kterou je možno přivést k zařízení kabelem. Odpadá potřeba mít v místě spotřeby skladovací prostor pro palivo. Při přeměně elektrické energie nevznikají spaliny a není nutné řešit jejich odvod, proto je možné zařízení instalovat přímo v místě potřeby tepla. Použitím elektrického kotle nebo přímotopu odpovídajícího výkonu vzhledem k objektu lze splnit podmínky pro získání výhodnější tarifní sazby elektřiny a tím snížit náklady na elektrickou energii v rámci odběru elektrické energie z distribuční sítě.

Elektrické kotle přeměňují elektrickou energii na teplo lokálně a teplo je následně rozvedeno do místa spotřeby. Musí tedy být vybudován rozvod teplotnosné látky po objektu. Toto může být výhodou při přechodu na vytápění elektrickým kotlem z vytápění kotlem plynovým nebo kotlem na tuhá paliva.

Přímotopy pracují na podobném principu jako elektrické kotle s tím rozdílem, že se jedná o lokální topné jednotky. Existují různá provedení a odpadá nutnost rozvádět teplotnosnou látku po objektu. Výhodou je jejich kompaktnost, rychlá a snadná instalace. Také je možné přesně regulovat vytápění jednotlivých částí objektu.

2.2.3 Tepelná čerpadla

Tepelná čerpadla nezískávají teplo přeměnou elektřiny, ale využitím tepla obsaženého v okolním prostředí. Tím dokáží produkovat násobné hodnoty tepla, než je dodáno elektrické energie. Proto se tyto systémy používají i navzdory vysokým pořizovacím nákladům. Úsporu provozních nákladů přinese jednak snížená spotřeba wathodin, ale také možnost změny tarifní a distribuční sazby při pokrytí určitých tepelných ztrát objektu tepelným čerpadlem.

Okolním prostředím, které využívá tepelné čerpadlo, může být voda, vzduch nebo země. Tepelná čerpadla využívající vzduch mohou být instalována prakticky všude, provozní teplota vzduchu se dnes pohybuje mezi -20°C a 60°C . [8] U tepelných čerpadel využívajících vodu musí být k dispozici dostatečně velký zdroj vody, může jím být vodní tok, vodní plocha nebo podzemní voda. K získání tepla země je nutné vybudovat podzemní kolektory, ty mohou být vertikální nebo horizontální, k tomu je potřeba dostatečně velký pozemek a vhodné půdní poměry.

2.2.4 Kogenerační jednotky

Jednotky na kombinovanou výrobu elektřiny a tepla umožňují využít větší podíl energie primárního paliva tím, že vzniklé teplo nevypustí do okolí, ale zužitkují ho k vytápění. [9] Mikrokogenerační jednotky na zemní plyn, mohou pokrýt potřebu tepla objektu a zároveň pokrýt část spotřeby elektrické energie, nebo lze přebytky elektrické energie prodat do distribuční sítě v případě nedostatečné vlastní spotřeby. Vzhledem k použití elektrického generátoru, kterým bývá spalovací motor, jsou tyto jednotky náročnější na údržbu a hlučnější než plynové kotle, což se projeví nejen v provozních nákladech, ale také na pohodlí spojeném s užíváním této technologie.

Na elektrickou energii vyrobenou jednotkou splňující potřebné parametry se vztahuje tzv. zelený bonus. Tento bonus je vyplácen za vyrobenou wathodinu. [10] To sice sníží provozní náklady, ovšem výši tohoto bonusu stanovuje ERÚ, a to vždy na jeden kalendářní rok. Při těchto podmínkách nelze určit, po jakou dobu provozování kogenerační jednotky bude zelený bonus poskytován, to musíme vzít v potaz při kalkulaci nákladů na provoz.

Pro provoz kogenerační jednotky připojené k síti je nutné mít povolení distribuční společnosti o připojení k distribuční soustavě a licenci na výrobu elektrické energie. Tuto licenci vydává ERÚ.

2.2.5 Solární kolektory

Solární kolektory využívají k ohřevu vody sluneční záření, to je k dispozici bezplatně, proto provozní náklady tvoří pouze náklady na údržbu. K ohřevu vody dochází při pohlcení slunečního záření.[11] Intenzita slunečního záření je proměnná jak během dne, tak v průběhu roku, proto je nutné tento zdroj tepla doplnit flexibilním zdrojem, který pokryje spotřebu v době nepřítomnosti slunečního záření. Efektivní využití této technologie je podmíněno určitým měrným ročním tepelným ziskem na metr čtvereční plochy kolektoru.

2.2.6 Centrální zásobování teplem

Tato technologie spočívá v umístění zdroje tepla mimo objekt. Zdrojem tepla může být teplárna, spalovna odpadů, elektrárna nebo i výtopna. V případě dostupnosti centrálního zdroje a vybudované infrastruktury jsou výhodami nízká počáteční investice, neboť je potřeba vybudovat pouze zařízení na předání tepla v místě spotřeby, a minimální údržba a nutnost obsluhy systému ze strany spotřebitele. Mezi výhody patří uživatelský komfort, nenáročnost na údržbu a nízká cena.[12]

3 Popis zvoleného objektu

Objekt, kterým se tato práce zabývá je Rezidence Blatov a její plánovaná dependance. Rezidence Blatov se nachází na katastrálním území Prahy v části Újezd nad Lesy. Jedná se o čtyřpodlažní polyfunkční dům, ve kterém se nachází wellness a ubytování. V prvních dvou podlažích je provozován wellness a na dvou zbyvajících patrech je 12 bytových jednotek. V současné době je plánovaná dostavba dependance s dalšími deseti ubytovacími jednotkami.



Obrázek 1: Pohled na Rezidenci z ulice

Rezidence je v současné době připojena k distribuční síti elektrické energie a distribuční soustavě zemního plynu. V okolí se nenachází žádný centrální zdroj tepla. Zásobování teplem je řešeno lokálně za využití elektrické energie nebo zemního plynu.

Zásobování energiemi je řešeno zvláště pro wellness provoz a zvláště pro byty. K pokrytí potřeby tepla a TV wellness provozu je instalována kaskáda dvou kondenzačních plynových kotlů. Výkon každého kotle je plynule modulovaný v rozmezí 14,5-45 kW. Jako záložní zdroj tepla je instalován elektrický kotel o výkonu 35 kW. Pokrytí potřeby tepla a TV bytových jednotek zajišťuje kondenzační plynový kotel o modulovaném výkonu 14,5-4 kW.

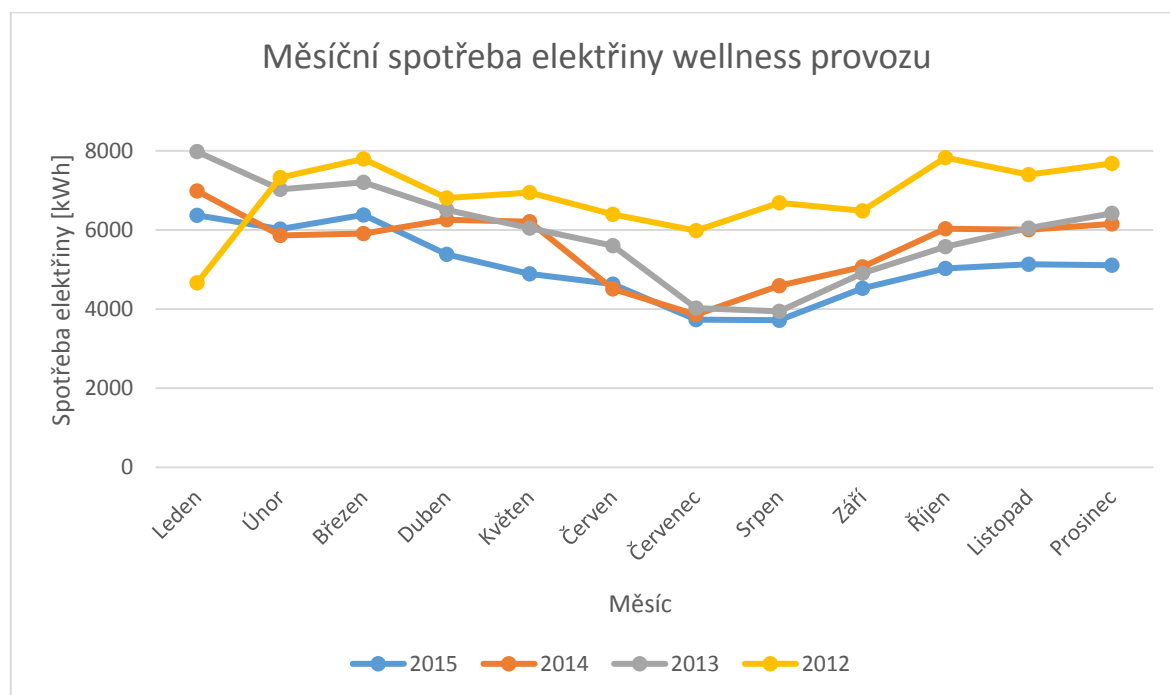
Oddělené jsou také elektrické rozvody, byty i wellness provoz má vlastní přípojku k distribuční síti. Spotřebovaná elektrická energie wellness provozu je účtována podle tarifní sazby „Přímotop 20“ a distribuční sazby C 45d, a byty podle tarifní sazby „Klasik 24“ a distribuční sazby C 02d. Rozvod pro wellness provoz je jištěn hlavním jističem, jehož proudová hodnota je 3x80 A a obvod bytových jednotek je jištěn jističem o proudové hodnotě 3x32 A.

3.1 Spotřeba energií wellness provozu

V rámci monitoringu spotřeby rezidence jsou pravidelně odečítány stavy elektroměrů a plynoměru. Z těchto dat jsem sestrojil následující tabulky a grafy uvádějící měsíční spotřeby. Tato data následně využiji při odhadu nákladů na energie v následujících letech. Následující tabulky a grafy zachycují spotřebu energií wellness provozu během jednotlivých měsíců v roce. Pomocí těchto dat dokáží dimenzovat výkon zdrojů jak pro celoroční provoz, tak pro provoz během topné sezóny či jiných specifických období.

	spotřeba elektřiny 2012 [kWh]	spotřeba elektřiny 2013 [kWh]	spotřeba elektřiny 2014 [kWh]	spotřeba elektřiny 2015 [kWh]
Leden	4 660	7 977	6 986	6 368
Únor	7 326	7 023	5 857	6 020
Březen	7 798	7 200	5 907	6 382
Duben	6 810	6 509	6 259	5 380
Květen	6 949	6 046	6 205	4 888
Červen	6 393	5 599	4 511	4 629
Červenec	5 985	4 020	3 859	3 729
Srpen	6 689	3 943	4 592	3 719
Září	6 483	4 903	5 071	4 523
Říjen	7 830	5 577	6 033	5 030
Listopad	7 401	6 048	6 009	5 134
Prosinec	7 681	6 420	6 156	5 108
Celkem	82 005	71 265	67 445	60 910

Tabulka 1: Měsíční spotřeba elektřiny wellness provozu

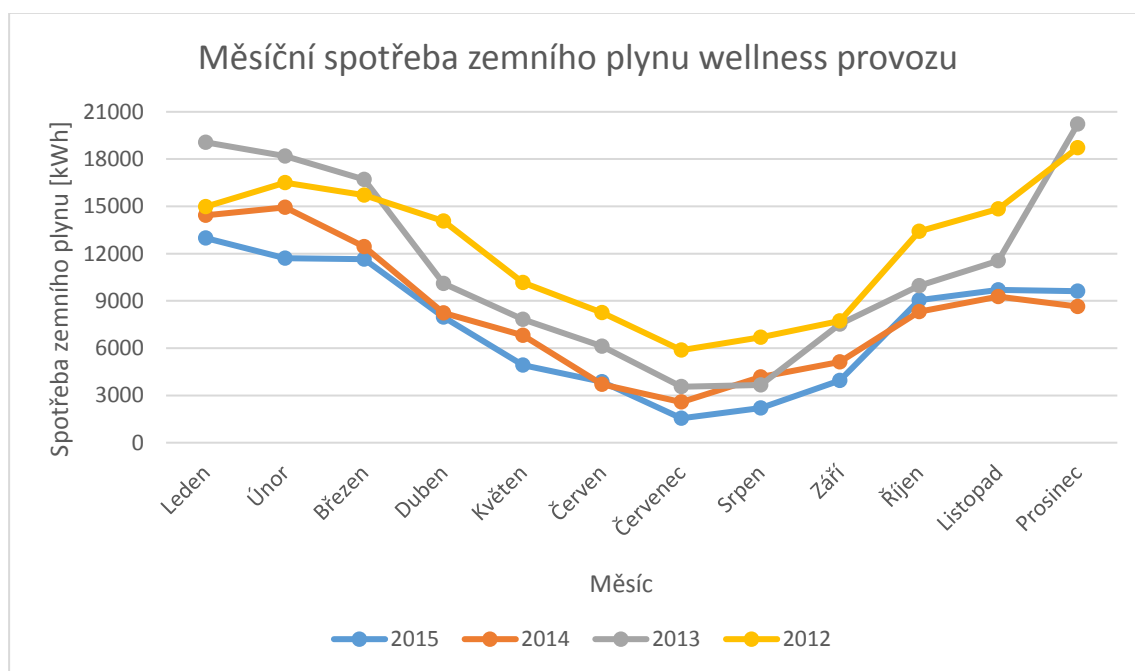


Graf 2: Měsíční spotřeba elektřiny wellness provozu

Stav odečítaný z plynoměru je udáván v m³ pro další počítání převedeme tyto jednotky na kWh. Pro převod plynu z m³ na kWh se hodnota vynásobí konstantou objemového spáleného tepla. Hodnota této konstanty je přibližně $H_s = 10,6 \text{ kWh} \cdot \text{m}^{-3}$. [13]

	Spotřeba zemního plynu 2012 [kWh]	spotřeba zemního plynu 2013 [kWh]	Spotřeba zemního plynu 2014 [kWh]	Spotřeba zemního plynu 2015 [kWh]
Leden	14 988	19 069	14 437	12 985
Únor	16 504	18 200	14 935	11 702
Březen	15 709	16 706	12 434	11 639
Duben	14 066	10 112	8 226	7 971
Květen	10 165	7 823	6 816	4 918
Červen	8 257	6 116	3 699	3 869
Červenec	5 872	3 551	2 576	1 548
Srpen	6 699	3 657	4 176	2 194
Září	7 727	7 526	5 120	3 954
Říjen	13 409	9 953	8 321	9 042
Listopad	14 829	11 554	9 275	9 699
Prosinec	18 720	20 214	8 650	9 614
Celkem	146 948	134 482	98 665	89 135

Tabulka 2: Měsíční spotřeba zemního plynu wellness provozu



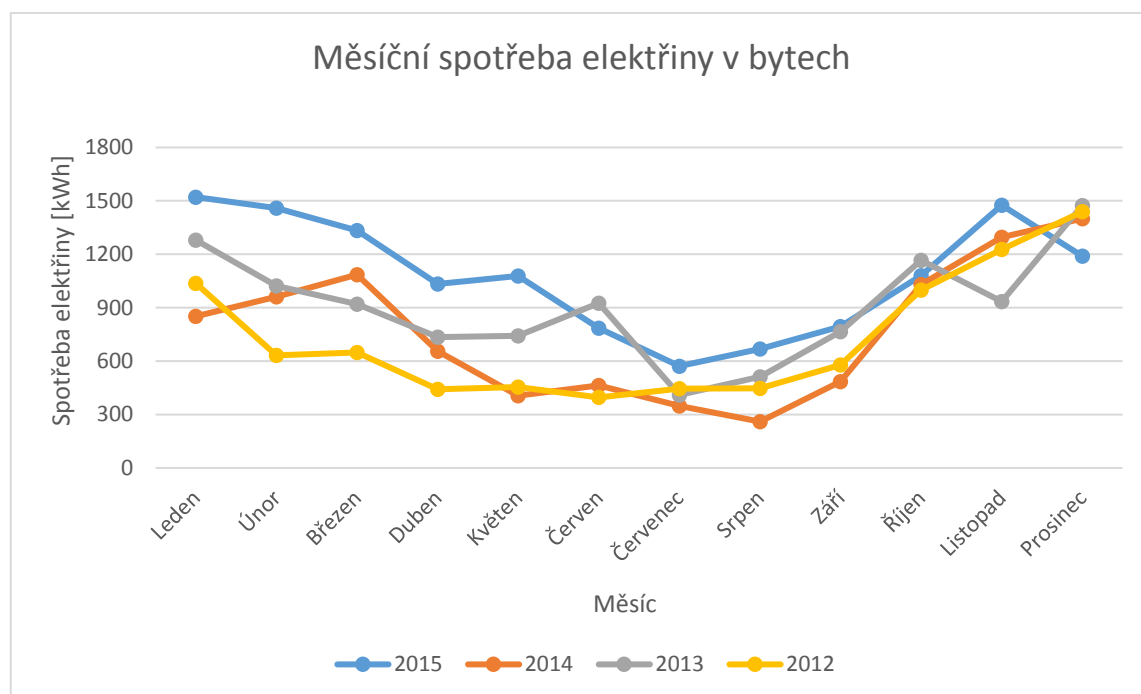
Graf 3: Měsíční spotřeba zemního plynu wellness provozu

3.2 Spotřeba energií v bytech

Byty v rezidenci se využívají k dlouhodobému a krátkodobému pronájmu. Ke stejnému účelu budou využívány i byty v plánované dependanci. Podle údajů o spotřebě především elektřiny budu odhadovat také spotřebu pro plánovanou dependanci.

	spotřeba elektřiny 2012 [kWh]	spotřeba elektřiny 2013 [kWh]	spotřeba elektřiny 2014 [kWh]	spotřeba elektřiny 2015 [kWh]
Leden	1 036	1 279	851	1 521
Únor	633	1 022	961	1 460
Březen	648	920	1 085	1 334
Duben	441	734	655	1 033
Květen	455	742	406	1 078
Červen	396	925	463	785
Červenec	446	410	349	572
Srpen	448	511	260	669
Září	579	765	485	794
Říjen	1 000	1 166	1 029	1 080
Listopad	1 228	934	1 295	1 476
Prosinec	1 439	1 474	1 400	1 190
Celkem	8 749	10 882	9 239	12 992

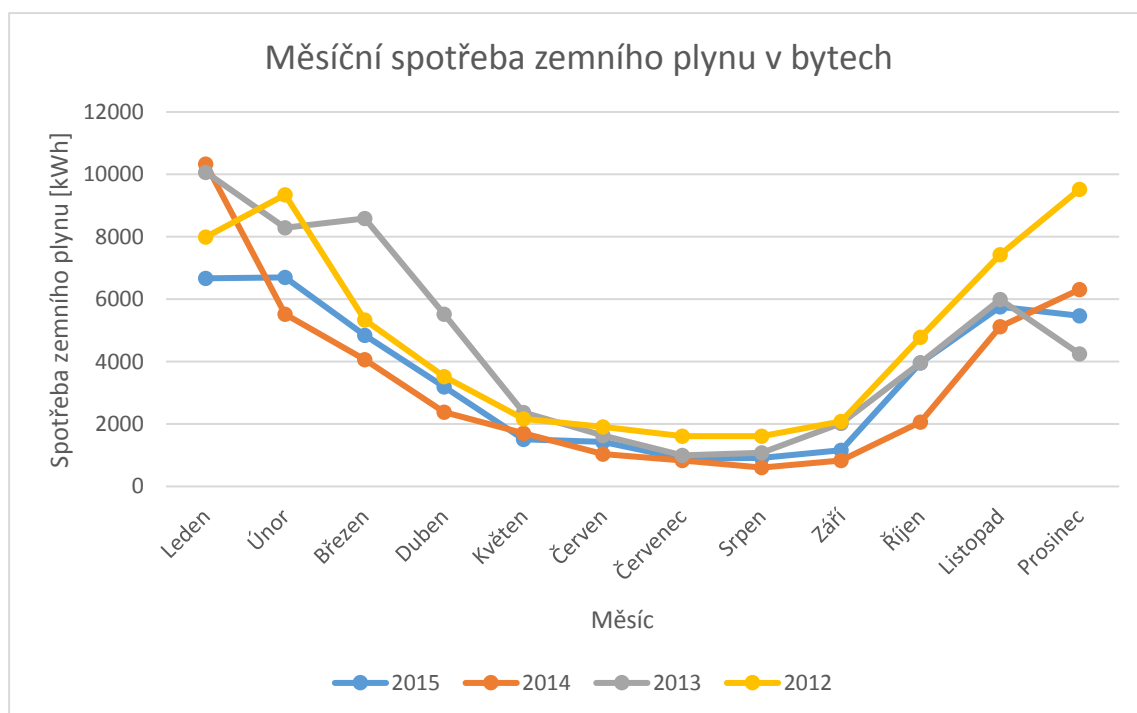
Tabulka 3: Měsíční spotřeba elektřiny v bytech



Graf 4: Měsíční spotřeba elektřiny v bytech

	spotřeba plynu 2012 [kWh]	spotřeba plynu 2013 [kWh]	spotřeba plynu 2014 [kWh]	spotřeba plynu 2015 [kWh]
Leden	7 992	10 070	10 335	6 667
Únor	9 349	8 289	5 523	6 699
Březen	5 332	8 586	4 060	4 844
Duben	3 519	5 523	2 385	3 191
Květen	2 162	2 374	1 707	1 505
Červen	1 908	1 632	1 039	1 431
Červenec	1 611	996	837	890
Srpen	1 611	1 081	604	912
Září	2 088	2 025	837	1 166
Říjen	4 781	3 964	2 067	3 964
Listopad	7 431	5 989	5 120	5 756
Prosinec	9 519	4 251	6 307	5 470
Celkem	57 304	54 781	40 821	42 495

Tabulka 4: Měsíční spotřeba zemního plynu v bytech



Graf 5: Měsíční spotřeba zemního plynu v bytech

3.3 Dependance

Jedná se o plánovanou doplňkovou stavbu k hlavnímu stávajícímu objektu Rezidence Blatov. Dvoupodlažní objekt zabírá plochu 278 m² a celková čistá podlahová plocha je 344,5 m². V rámci objektu je navrženo vybudování deseti bytových jednotek.



POHLED SEVERNÍ - ČELNÍ VSTUP



POHLED JIŽNÍ

Obrázek 2: Architektonicko-stavební řešení dependance

Předpokládaný celkový maximální příkon je 28,2 kW. Napojení nového objektu se provede ze stávajícího objektu vytvořením odbočky z hlavního rozvaděče. Předpokládaný tepelný výkon je 20 kW. Navržené topné těleso je plynový kondenzační kotel o výkonu 5-35 kW. Očekávaná roční spotřeba tepla je 39 MWh.[14]

Odhad spotřeby elektrické energie udělám na základě spotřeby v bytech v rezidenci. Jelikož je účel objektu stejný, tak očekávám i stejné chování a spotřeby nájemníků. Celkový počet bytů v rezidenci je dvanáct, v dependanci deset. Pro odhady tedy použiju hodnotu 1,2krát menší. Průměrná roční spotřeba v bytech v rezidenci mezi lety 2012 a 2015 byla 10,5 MWh. Roční spotřebu elektrické energie dependance odhadnu hodnotou 8,75 MWh.

4 Dostupné systémy

Při posuzování dostupných systémů nebudu brát v potaz jejich pořizovací ani provozní náklady. Majitelé objektu kladou důraz také na pohodlí spojené s užíváním technologie a nenáročnou údržbu technologie. Proto jako dostupné systémy nebudu uvažovat systémy vyžadující častou obsluhu.

Co se týče zásobování teplem, tak mohu vyřadit kotle na pevná paliva, neboť vyžadují pravidelný zásah obsluhy a je nutné mít k dispozici skladovací prostor pro palivo. Plynové kondenzační kotle jsou již v rezidenci instalovány a z uživatelského hlediska splňují požadavky majitelů. Elektrické kotle, přímotopy a bojlerů také splňují požadavky na nenáročnou obsluhu a údržbu. S provozováním tepelného čerpadla majitelé nemají zkušenosti, ale při správné instalaci je obsluha a údržba zařízení srovnatelná se stávajícími technologiemi. V případě použití tepelného čerpadla se zemními kolektory by bylo nutné nastudovat půdní poměry na pozemku a při instalaci tepelného čerpadla na využití podzemní vody zjistit, zda je možné získat povolení na patřičný odběr podzemní vody. Plynové kogenerační jednotky jsou na obsluhu a údržbu z hlediska uživatele podobně náročné jako plynové kotle, náročnější je administrativa spojená s uvedením do provozu. Centrální zásobování teplem není v dané lokalitě dostupné. Solární kolektory by bylo možné instalovat na střeše dependance a také splňují všechny požadavky.

Odběr elektrické energie z distribuční soustavy splňuje všechny požadavky na pohodlí a dostupnost. Vyřízení licencí a povolení na výrobu elektrické energie a další nakládání s ní je administrativní zátěž navíc. Systémy vyrábějící elektrickou energii tedy budu považovat za vyhovující, ale při shodném ekonomickém hodnocení bude mít systém se zdrojem elektrické energie horší hodnocení z hlediska obsluhy v podobě administrativy.

5 Varianty systému

Pro všechny varianty počítám se stejnou potřebou tepla a elektřiny. Potřeba tepla se pravděpodobně bude v průběhu času mírně zvětšovat z důvodu stárnutí izolace a zvětšující se netěsnosti oken. Tento nárůst je zanedbatelný v porovnání s výkyvem potřeby tepla závislého na tom, zda je zima mírná či nikoliv. Zde může být potřeba až o 20 % vyšší či nižší než hodnota, s kterou počítám.

Očekávaná roční spotřeba energií [MWh]	
Teplo - dependance	39,00
Elektřina - dependance	8,75
Teplo - rezidence byty	46,50
Elektřina - rezidence byty	10,50
Teplo - wellness	110,00
Elektřina - wellness	70,00

Tabulka 5: Očekávaná roční spotřeba energií objektu

5.1 Varianta 0: Současné řešení

V této variantě počítám se setrváním u současných technologií. Kotelny v rezidenci by zůstaly osazeny kondenzačními plynovými kotli. Jejich životnost odhaduji na 10 let, v současné době jsou již 8 let v provozu. Z tohoto důvodu počítám s nákupem nových kondenzačních kotlů za 2 roky. V dependanci počítám s vybudováním kotelny taktéž s kondenzačním kotlem na zemní plyn. Instalovaný plynový kotel by byl stejné značky jako současné kotle z důvodu znalosti obsluhy a ověřeného servisního partnera těchto kotlů. Model s vhodnou škálovatelností výkonu je Luna Duo Tec + 1.28 o výkonu 2 – 28 kW. Kotel bude doplněn externím zásobníkem TV. K tepelné výměně v dependanci by docházelo pomocí teplovodních rozvodů v kombinaci s nástěnnými radiátory. V této variantě by bylo nutné vybudovat plynovod v rámci pozemku a kotelnu osadit komínem. Životnost plynového zařízení odhadnu taktéž na 10 let a v 10. roce provozu dojde k výměně plynového kotle.

Elektrickou energii bude rezidence i dependance odebírat z distribuční sítě. Zřízení zůstanou dvě přípojky. Jedna pro wellness provoz, u které bude odběr účtován podle tarifní sazby C 45d. Druhá přípojka bude společná pro byty v rezidenci i v dependanci, u ní bude odběr účtován podle tarifní sazby C 02d. U této přípojky bude nutno navýšit jmenovitou hodnotu jističe na 3x50 A.

Při odhadované spotřebě zemního plynu zůstane celkový odběr v pásmu 63 až 630 MWh/rok. Všechny použité technologie splňují požadavek na nenáročnou obsluhu a jednoduchou údržbu. Výhodou této varianty je dvoutarifní sazba C 45d pro wellness provoz. Byty sice nemají dvoutarifní sazbu, ovšem tam je spotřeba elektřiny výrazně nižší, proto tento fakt příliš neovlivní celkové náklady. Vytápění kondenzačními plynovými kotli na zemní plyn poskytuje zajímavou cenu tepla při zachování vysoké flexibility dodávaného výkonu.

Očekávaná roční spotřeba komodit [MWh]	
Zemní plyn v dependanci	41,00
Elektřina v dependanci	8,75
Zemní plyn v rezidenci	49,00
Elektřina v bytech rezidence	10,50
Zemní plyn ve wellness	116,00
Elektřina VT ve wellness	12,00
Elektřina NT ve wellness	58,00

Tabulka 6: Očekávaná celková roční spotřeba komodit polyfunkčním objektem pro variantu 0[15]

Pro jednodušší orientaci bude v dalším textu tato varianta označována také jako „kondenzační kotle“.

5.2 Varianta 1: Tepelné čerpadlo v kombinaci s plynovými kotli a distribuční sítí elektrické energie

V této variantě počítám se zachováním stávajícího zásobování energiemi v rezidenci, v dependanci počítám s využitím tepelného čerpadla. Životnost plynových kondenzačních kotlů počítám stejně jako v předešlé variantě a stejně budu odhadovat i rok pořízení nových zařízení. V dependanci by byla vybudována kotelna s tepelným čerpadlem. Druh tepelného čerpadla by byl voda/voda. Použito by bylo TČ Spirála WW 20 o výkonu 20,5 kW. K tepelnému čerpadlu by bylo třeba vybudovat dvě studny. Optimálních provozních podmínek je dosaženo nahříváním vody na 40°C, proto je vhodné rozvádět teplo teplovodními rozvody v kombinaci s podlahovým topením.[16] U tepelného čerpadla očekávám životnost 20 let s modernizací po 10 letech provozu. K tepelnému čerpadlu by byl pořízen elektrokotel k pokrytí nárazových zvýšených potřeb tepla.

Elektrická energie bude stejně jako v předešlé variantě odebírána z distribuční sítě. Zřízení budou ale tři přípojky. Odběr na přípojce pro wellness provoz bude účtován podle tarifní sazby C 45d, odběr na přípojce pro byty v rezidenci bude účtován podle tarifní sazby C 02d a odběr dependance bude účtován podle tarifní sazby C 56d.

Odběr zemního plynu by zůstal v pásmu 63 až 630 MWh/rok. Všechny použité technologie splňují požadavek na nenáročnou obsluhu a jednoduchou údržbu. S provozem tepelného čerpadla nemá investor zkušenosti a bude nutno poptat nového partnera na servis této technologie. Dalším prvkem, který bude vyžadovat údržbu, budou studny. Výhodou této varianty je dvoutarifní sazba elektřiny nejen pro wellness provoz, ale také pro dependanci. Zřízení budou celkem tři elektrické přípojky. To by v případě změn v tarifních sazbách mohlo přinést navýšení fixních plateb za přípojky. Velmi důležitým aspektem této varianty bude kvalitní návrh a precizní realizace systému tepelného čerpadla, aby bylo dosaženo účinnosti, s jakou v této variantě počítám.

Očekávaná roční spotřeba energií [MWh]	
Elektřina NT - spotřebovaná TČ v dependanci	9,00
Elektřina VT v dependanci	1,75
Elektřina NT v dependanci	7,00
Zemní plyn na teplo v rezidenci	49,00
Elektřina v bytech rezidence	10,50
Zemní plyn na teplo ve wellness	116,00
Elektřina VT ve wellness	12,00
Elektřina NT ve wellness	58,00

Tabulka 7: Očekávaná celková roční spotřeba energií polyfunkčním objektem pro variantu 1[17][15]

Pro jednodušší orientaci bude v dalším textu tato varianta označována také jako „tepelné čerpadlo“.

5.3 Varianta 2: Kogenerační jednotka v kombinaci s kondenzačními plynovými kotli a distribuční sítí elektrické energie

V této variantě počítám s ponecháním kondenzačních plynových kotlů v rezidenci a v přílehlé dependanci s vybudováním kotelny s kogenerační jednotkou doplněnou kondenzačním plynovým kotlem. K co největšímu využití tepla z kogenerační jednotky bude vybudován teplovod mezi dependancí a rezidencí a v kotelnách rezidence budou vybudovány tepelné výměníky. Vybudovat bude potřeba také plynovod v rámci pozemku. V dependanci budou vybudovány teplovodní rozvody s nástěnnými radiátory. Kogenerační jednotka bude v topné sezóně zásobovat teplem nejen dependanci, ale také i rezidenci. V letních měsících bude kogenerační jednotka odstavena a dependance by pro ohřev TV využívala kondenzačního plynového kotle. Rezidence by taktéž v letních měsících využívala kondenzační plynové kotle k ohřevu TV a k ohřevu bazénu.

Instalovaná kogenerační jednotka by byla Tedom Micro T30 o elektrickém výkonu 30 kW a tepelném výkonu 69 kW. Kogenerační jednotka by byla doplněna externím zásobníkem TV. Plynový kondenzační kotel instalovaný pro pokrytí potřeb tepla během letních měsíců by byl značky Baxi model Duo-tec Compact+ 20 o výkonu 3,4 – 20 kW. I s navýšenou spotřebou zemního plynu na výrobu elektrické energie by celková roční spotřeba zůstala v pásmu 63 až 630 MWh/rok.

Elektrická energie vyrobená kogenerační jednotkou by byla spotřebována ve wellness provozu, přebytky by byly prodány do distribuční sítě. V současné době existují na výrobu elektrické energie při vysokoúčinné kombinované výrobě elektřiny a tepla provozní dotace ve formě zeleného bonusu. Kogenerační jednotka by byla provozována v takovém režimu, aby provozní hodiny nepřesáhly hranici 3 000 h/rok.

Zbylá spotřeba elektrické energie by byla pokryta odběrem z distribuční sítě. Přípojky by zůstaly zřízeny dvě. Samostatná pro wellness provoz s tarifní sazbou C 45d a druhá společná pro byty v rezidenci a v dependanci s tarifní sazbou C 02d.

Výhodou této varianty je kombinovaná výroba elektřiny a tepla, čímž dochází k úspoře primárního paliva, elektřinu je navíc možno spotřebovat v místě výroby. Ovšem zřízením zdroje elektrické energie vzniká povinnost provozovatele vlastnit licenci na výrobu elektrické energie, což s sebou nese zvýšenou administrativní náročnost. Z uživatelského hlediska je tato varianta nenáročná na obsluhu, ale jedná se o technologii, s jejímž provozem nemá investor zkušenosti a taktéž bude třeba najít spolehlivého servisního partnera na kogenerační jednotku. Další komplikací této varianty je rozsah nutných stavebních úprav spojených s pořízením kogenerační jednotky a rozvedení tepla do rezidence.

Očekávaná spotřeba energií Září-Duben [MWh]	
Zemní plyn na teplo v dependanci	33,00
Elektřina v dependanci	6,50
Zemní plyn na teplo v rezidenci	40,00
Elektřina v bytech rezidence	8,00
Zemní plyn na teplo ve wellness	97,00
Elektřina ve wellness NT	24,30
Elektřina ve wellness VT	5,70
Elektřina ve wellness vlastní výroby	20,00
Zemní plyn na výrobu elektřiny	70,00

Tabulka 8: Očekávaná celková spotřeba energií polyfunkčním objektem pro variantu 2 v zimním období [18],[15]

Očekávaná spotřeba energií Květen-Srpen [MWh]	
Zemní plyn na teplo v dependanci	4,00
Elektřina v dependanci	2,25
Zemní plyn na teplo v rezidenci	5,00
Elektřina v bytech rezidence	2,50
Zemní plyn na teplo ve wellness	41,00
Elektřina ve wellness NT	14,70
Elektřina ve wellness VT	5,30

Tabulka 9: Očekávaná celková spotřeba energií polyfunkčním objektem pro variantu 2 v letním období[15]

Pro jednodušší orientaci bude v dalším textu tato varianta označována také jako „kogenerační jednotka“.

6 Ekonomické zhodnocení variant

Jako hlavní ekonomický ukazatel budu používat ukazatel NPV, který se počítá z peněžních toků (cash flow) v jednotlivých letech, a bere v potaz také časovou hodnotu peněz v podobě diskontní sazby. Vzorec na výpočet NPV je následující.

$$NPV = \sum_{t=0}^T \frac{CF_t}{(1+d)^t} \quad (1)$$

Kde jsou:

- T doba životnosti,
- d diskontní sazba,
- CF_t cash flow v roce t.

Toto kritérium je dle mého názoru nejvhodnější, neboť všechny varianty dokáží uspokojit energetické potřeby objektu v daném období, pouze se liší velikostí výdajů v jednotlivých letech. Pro úspěšný a přesný výpočet potřebuji kromě CF v jednotlivých letech určit diskontní sazbu a také zvolit vhodnou dobu životnosti.

Dobu životnosti budu volit podle životnosti jednotlivých použitých zařízení. Bohužel životnost plynových kondenzačních kotlů, tepelného čerpadla a kogenerační jednotky není stejná, a také rok pořízení těchto technologií není stejný. Volit tedy budu takovou dobu, kdy zbývající životnost zařízení bude co nejmenší. Dobu životnosti kogenerační jednotky při provozu do 3 000 h/rok počítám 20 let, životnost tepelného čerpadla také počítám na 20 let s generální opravou po 10 letech provozu a životnost plynových kondenzačních kotlů počítám na 10 let. Jako optimální dobu životnosti považuji 20 let neboť toto je doba životnosti kogenerační jednotky a tepelného čerpadla a také je to dvojnásobek doby životnosti plynových kotlů, které bude nutno zakoupit nové po 10 letech provozu. V současné době používané kotle jsou na konci životnosti a za 20 let budou nahrazující zařízení taktéž na konci životnosti, proto jejich zbytkovou hodnotu zanedbám.

Nominální diskontní sazbu určím podle požadované rentability výstavby a provozu dependance, kterou investor očekává minimálně stejnou jako u pronájmu bytů v rezidenci. Zohledním také inflační cíl ČNB, který je stanoven na 2 % do doby přistoupení ČR k eurozóně.[19] A na závěr zohledním fakt, že investor plánuje financovat celý projekt z vlastních zdrojů. Výsledná diskontní sazba pro tento projekt je 5 %.

CF budu sestavovat po rocích v nominálních cenách pro každou variantu. Kromě výdajů za energie započítám i výdaje spojené s pořízením technologií určených k transportu, přeměně a využití energie a výdaje na údržbu těchto technologií. Při sestavování CF očekávám, že většina položek budou výdaje, které se počítají jako záporné položky. Jediné kladné položky budou ve variantě kogenerační jednotka a to příjmy v rámci tzv. zeleného bonusu a příjmy z prodeje přebytečné elektřiny do sítě. Očekávám tedy, že i výsledné NPV vyjde záporně, to ale nic nemění na hodnocení NPV jednotlivých variant. Při hodnocení jednotlivých variant beru, že čím větší NPV, tím lepší varianta.

Při sestavování CF v jednotlivých letech vyjdu z dnešních cen a u jednotlivých položek budu počítat s konstantní změnou ceny v průběhu let. Po celou dobu projektu budu očekávat inflaci ve výši 2 %, které si ČNB stanovila jako svůj cíl. Cena za silovou elektřinu již několik let klesá, a očekávám, že se velmi brzy dostane na svoje minimum. Následně odhaduji pozvolný růst, který v modelu bude představovat 3% průměrný roční růst cen silové elektřiny.

Změnu sazby za distribuci a měsíčního platu za příkon nelze jednoduše odhadnout. Očekávám, že v následujících 20 letech, na které počítám NPV, ERÚ představí novou tarifní strukturu a tato struktura bude přijata v platnost. Ovšem podobu nové tarifní struktury dnes nikdo nezná. V každé variantě modelu jsou vždy alespoň dvě přípojky, z toho jedna, u které převažuje položka platu za příkon a alespoň jedna, u které převažuje sazba za distribuci. A jelikož očekávám, že změna tarifní struktury bude mít vliv na velikost poměru mezi těmito položkami, tak ve výsledném součtu všech přípojek očekávám minimální efekt. Tyto dvě položky tedy v modelu započítám s 2,5% průměrným ročním růstem.

Sazbu daně z elektřiny budu brát s průměrným ročním růstem ve výši 2 % po celou dobu, stejně jako podporu výkupu OZE. Platba za činnost OTE je velmi nízká v porovnání s ostatními položkami, v posledních letech došlo k výraznému nárůstu a následnému poklesu této položky na původní hodnotu. Počítám s opakováním tohoto jevu a v modelu bude reprezentován konstantním růstem 3 % ročně. U ceny za systémové služby je vidět dlouhodobě klesající trend, já budu opatrný a průměrný roční růst budu brát 2 %.

U komoditní složky ceny plynu očekávám velmi podobný vývoj jako u silové ceny elektřiny neboť se domnívám, že tyto dvě položky jsou provázány, a proto budu počítat s průměrným ročním růstem 3 %. U pevné ceny za distribuovaný plyn počítám s ročním nárůstem 2,5 %. Cenu za zúčtování a daň za zemní plyn budu brát po celou s průměrným ročním růstem 2 %. U kapacitní složky ceny a ceny za rezervovanou kapacitu počítám s 2,3% nárůstem.

Provozní dotaci v podobě zeleného bonusu očekávám v konstantní výši po dobu 10 let. Nelze přesně stanovit rok, ve kterém bude zrušen zelený bonus na kogenerační jednotky na zemní plyn. Volím optimistickou variantu, že ještě dalších 10 let bude tato technologie dotována.

6.1 Sestavení výdajů

Celkové výdaje se budou skládat ze dvou hlavních skupin výdajů, tou první budou výdaje na pořízení DHM a tou druhou budou provozní výdaje. Při sestavování výdajů na pořízení DHM budu vycházet z dnešních cen i když se ceny technologií budou měnit. U provozních výdajů budu počítat s jejich realizací v roce spotřeby energií. Vycházet budu z dnešních cen, které budu pravidelně navyšovat o procentuální hodnoty uvedené v předchozí kapitole.

Rok 0 [Kč]	
Elektroinstalace v dependanci	380 000
Kotelna, systém vytápění v dependanci	480 000
Komín	15 000
Plynovod k dependanci	80 000
Kondenzační plynový kotel 5-35 kW	70 000
Celkem	1 025 000
Rok 2 [Kč]	
Kondenzační plynový kotel 5-45 kW, 3ks	210 000
Rok 10 [Kč]	
Kondenzační plynový kotel 5-35kW	70 000
Rok 12 [Kč]	
Kondenzační plynový kotel 5-45 kW, 3ks	210 000

Tabulka 10: Výdaje na pořízení DHM varianty kondenzační kotle [20]

V této tabulce uvádím výdaje na pořízení DHM varianty kondenzační kotle, které jsou detailně popsány v popisu varianty kondenzační kotle.

Roční provozní výdaje na elektřinu v roce 1 [Kč]	
Elektřina byty a dependance (19,25 MWh) [3 882 Kč/MWh]	74 725
Přípojka byty a dependance [216 Kč/měsíc]	2 591
Elektřina wellness - VT (12 MWh) [1 922 Kč/MWh]	23 061
Elektřina wellness - NT (58 MWh) [1 593 Kč/MWh]	92 384
Přípojka wellness [3 073 Kč/měsíc]	36 875
Celkem	229 635
Roční provozní výdaje na zemní plyn v roce 1 [Kč]	
Cena za komoditu (206 MWh) [670 Kč/MWh]	137 983
Cena za kapacitu (19,5 m ³) [1 933 Kč/m ³]	37 566
Údržba plynových zařízení	20 000
Celkem	195 549
Roční provozní výdaje celkem [Kč]	425 185

Tabulka 11: Provozní výdaje v roce 1 varianty kondenzační kotle

Provozní výdaje varianty kondenzační kotle v prvním roce používání, tedy v roce 1, jsem sestavil podle energetických potřeb objektu a ceníku energií.

Rok 0 [Kč]	
Elektroinstalace v dependanci	380 000
Kotelna, systém vytápění v dependanci	480 000
Podlahové topení	170 000
Studna 30m, 2ks	80 000
Systém TČ 20 kW	200 000
Elektrokotel 20 kW	20 000
Celkem	1 290 000
Rok 2 [Kč]	
Kondenzační plynový kotel 5-45 kW, 3ks	210 000
Rok 10 [Kč]	
Modernizace TČ	100 000
Rok 12 [Kč]	
Kondenzační plynový kotel 5-45 kW, 3ks	210 000

Tabulka 12: Výdaje na pořízení DHM varianty tepelné čerpadlo[20], [21]

Zde jsem vyčíslil výdaje na pořízení DHM popsáno ve variantě tepelné čerpadlo.

Roční provozní výdaje na elektřinu [Kč]	
Elektřina byty v rezidenci (10,5 MWh) [3 882 Kč/MWh]	40 759
Přípojka byty v rezidenci [179 Kč/měsíc]	2 147
Elektřina wellness - VT (12 MWh) [1 922 Kč/MWh]	23 061
Elektřina wellness - NT (58 MWh) [1 593 Kč/MWh]	92 384
Přípojka wellness [3 073 Kč/měsíc]	36 875
Elektřina dependance - VT (1,75 MWh) [1 922 Kč/MWh]	3 363
Elektřina dependance - NT (16 MWh) [1 593 Kč/MWh]	25 485
Přípojka dependance [1 552 Kč/měsíc]	18 623
Celkem	242 696
Roční provozní výdaje na zemní plyn a údržbu TČ [Kč]	
Cena za komoditu (165 MWh) [670 Kč/MWh]	110 520
Cena za kapacitu (15,5 m ³) [1 933 Kč/m ³]	30 090
Údržba plynových zařízení	15 000
Údržba systému TČ	7 000
Celkem	162 610
Roční provozní výdaje celkem [Kč]	405 306

Tabulka 13: Provozní výdaje v roce 1 varianty tepelné čerpadlo

V této tabulce uvádím provozní výdaje v roce 1 na pokrytí ročních energetických potřeb při variantě tepelné čerpadlo.

Rok 0 [Kč]	
Elektroinstalace v dependanci	380 000
Kotelna, systém vytápění v dependanci	480 000
Kogenerační jednotka	1 300 000
Plynovod, teplovod, stavební úpravy	200 000
Komín, výměníky tepla, nádrž na vodu	200 000
Kondenzační plynový kotel 3,4 - 20 kW	40 000
Celkem	2 600 000
Rok 2 [Kč]	
Kondenzační plynový kotel 5-45 kW, 2ks	140 000
Rok 10 [Kč]	
Kondenzační plynový kotel 3,4 - 20 kW	40 000
Rok 12 [Kč]	
Kondenzační plynový kotel 5-45 kW, 2ks	140 000

Tabulka 14: Výdaje na pořízení DHM varianty kogenerační jednotka[20]

Podle popisu varianty kogenerační jednotka a plánovaného nákupu DHM jsem sestavil výše uvedenou tabulku.

Roční provozní výdaje na elektřinu [Kč]	
Elektřina wellness (39 MWh) NT [1 593 Kč/MWh]	62 120
Elektřina wellness (11 MWh) VT [1 922 Kč/MWh]	21 139
Elektřina wellness z vlastní výroby (20 MWh)	0
Přípojka wellness [3 073 Kč/měsíc]	36 875
Zelený bonus za vyrobenou elektřinu (72 MWh) [1 515 Kč/MWh]	-109 080
Prodej elektřiny do sítě (52 MWh) [600 Kč/MWh]	-31 200
Elektřina byty a dependance (19,25 MWh) [3 882 Kč/MWh]	74 725
Přípojka byty a dependance [216 Kč/měsíc]	2 591
Celkem	57 170
Roční provozní výdaje na zemní plyn a údržbu zařízení [Kč]	
Cena za komoditu (290 MWh) [670 Kč/MWh]	194 248
Cena za kapacitu (27,36 m ³) [1 933 Kč/m ³]	52 885
Údržba kondenzačních kotlů	20 000
Údržba kogenerační jednotky	60 000
Celkem	327 132
Roční provozní výdaje celkem [Kč]	384 302

Tabulka 15: Provozní výdaje v roce 1 varianty kogenerační jednotka

Podle účinnosti kogenerační jednotky uvedené výrobcem jsem sestavil provozní výdaje na pokrytí ročních energetických potřeb objektu.[18]

6.2 CF a NPV jednotlivých variant

V následující tabulce uvádím výsledné roční cash flow jednotlivých variant.

Rok	CF Varianty "kondenzační kotle" [tis. Kč]	CF Varianty "tepelné čerpadlo" [tis. Kč]	CF Varianty "kogenerační jednotka" [tis. Kč]
0	-1 025	-1 330	-2 600
1	-425	-405	-384
2	-646	-625	-535
3	-447	-426	-406
4	-458	-436	-418
5	-470	-447	-430
6	-482	-458	-442
7	-494	-470	-454
8	-506	-482	-467
9	-519	-494	-480
10	-602	-606	-494
11	-546	-519	-616
12	-770	-742	-841
13	-574	-546	-645
14	-589	-559	-660
15	-604	-574	-676
16	-620	-588	-691
17	-636	-603	-708
18	-652	-619	-724
19	-669	-635	-741
20	-686	-651	-759

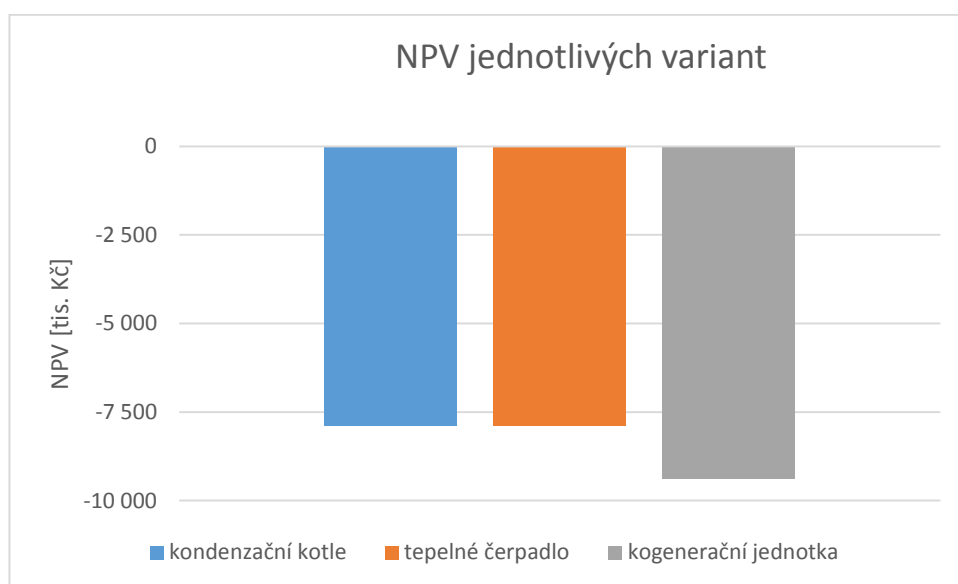
Tabulka 16: Cash flow jednotlivých variant v jednotlivých letech

Když porovnáme variantu kondenzační kotle s variantou tepelné čerpadlo, tak z tabulky cash flow je vidět, že varianta tepelné čerpadlo je při pořízení zhruba o 300 tisíc dražší, ale následně jsou výdaje této varianty každý rok zhruba o 20 až 30 tisíc nižší než u varianty kondenzační kotle. Varianta kogenerační jednotka je na pořízení ještě o 1,3 milionu dražší než varianta tepelné čerpadlo, ale během prvních devíti let jsou provozní výdaje této varianty každý rok zhruba o 20 tisíc nižší. Následně však model počítá se zastavením provozní dotace v podobě zeleného bonusu a výdaje jsou po zbytek doby zhruba o 100 tisíc vyšší než u varianty tepelné čerpadlo. Tato data dosadím do vzorce na výpočet NPV (1). Výsledné hodnoty uvádím v následující tabulce.

NPV Varianty "kondenzační kotle" [tis. Kč]	NPV Varianty "tepelné čerpadlo" [tis. Kč]	NPV Varianty "kogenerační jednotka" [tis. Kč]
-7 901	-7 904	-9 399

Tabulka 17: NPV jednotlivých variant při zvoleném vývoji cen

Z této tabulky je vidět, že při zvoleném růstu cen jednotlivých položek, tak jsou varianty kondenzační kotle a tepelné čerpadlo rovnocenné. Jediné co si investor může zvolit je zda chce mít vyšší počáteční investici nebo vyšší roční výdaje, ale NPV je v obou případech stejné. U varianty kogenerační jednotka je NPV nejhorší, to je dáno vysokou úvodní investicí a následně i vysokými provozními výdaji po ukončení provozní dotace v podobě zeleného bonusu.



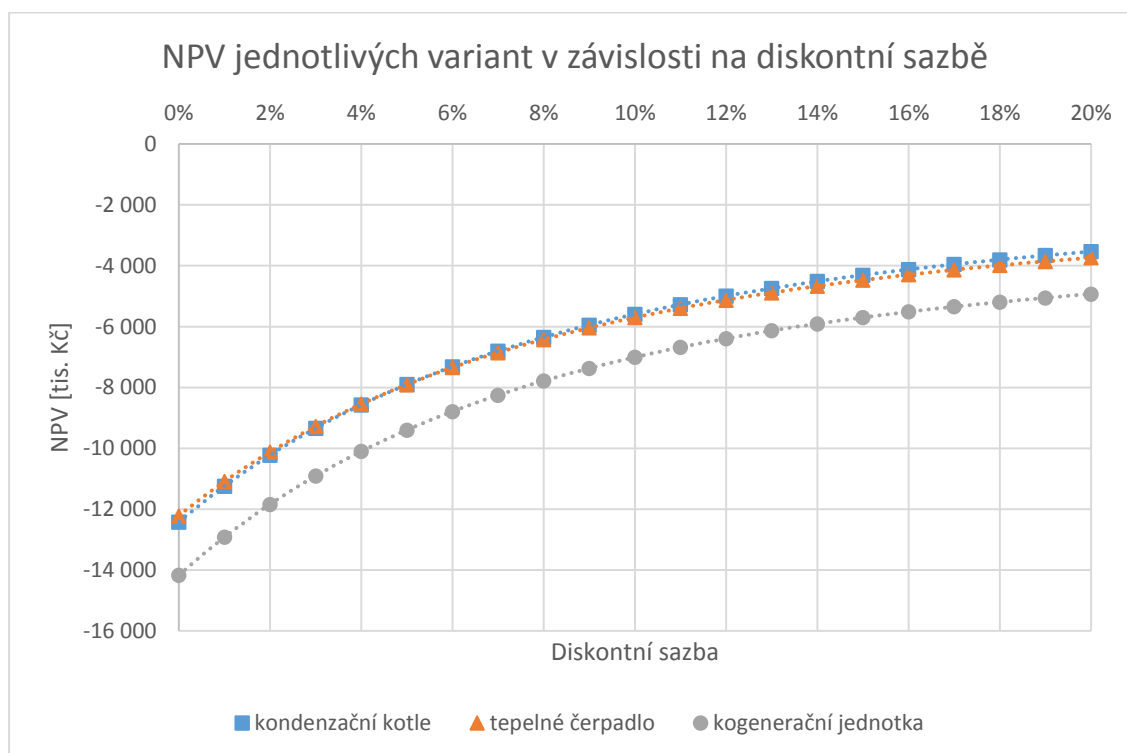
Graf 6: NPV jednotlivých variant při zvoleném vývoji cen

V grafu jsou zobrazeny NPV jednotlivých variant a je vidět značný rozdíl mezi variantou kogenerační jednotka a ostatními variantami.

6.3 Citlivostní analýza

V citlivostní analýze budu zkoumat chování modelu v závislosti na vybraných parametrech a také na kombinaci těchto parametrů. Jako vybrané parametry jsem zvolil diskontní sazbu, pořizovací cenu technologií, cenu silové elektřiny a komoditní složku ceny plynu. Na závěr budu zkoumat chování modelu v závislosti na dvou parametrech a to silové ceně elektřiny a komoditní složce ceny plynu.

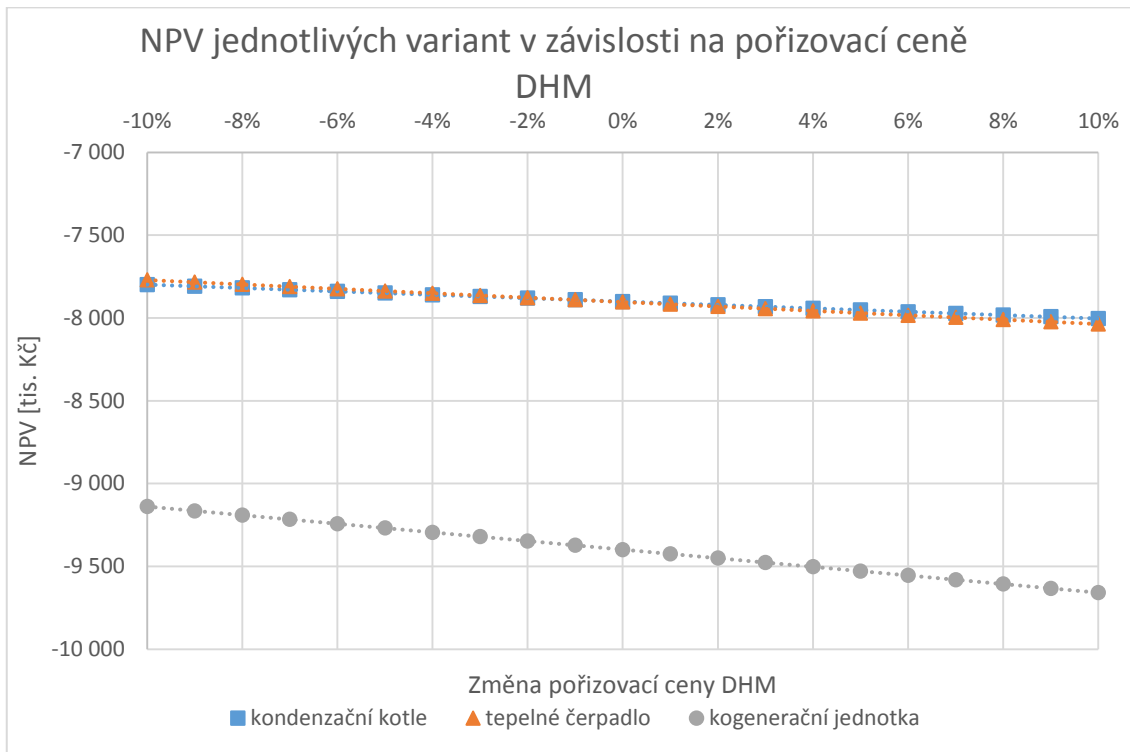
Diskontní sazbu volím, protože jde o parametr, který je velmi individuální pro každý případ. Je možné, že dojde například ke změně financování projektu či nastanou jiné okolnosti, které ovlivní diskontní sazbu celého projektu.



Graf 7: Závislost NPV jednotlivých variant na diskontní sazbě

Z grafu je patrné, že nejnižší NPV má varianta kogenerační jednotka. Pořadí zbývajících dvou variant se mění, konkrétně se prohodí jejich pořadí. Diskontní sazba, při které dojde k průniku těchto dvou variant je 4,9 %. Při diskontní sazbě nižší než 4,9 % je varianta s nejvyšším NPV varianta tepelné čerpadlo, následována variantou kondenzační kotle. Při diskontní sazbě vyšší než zmíněná hodnota má nejvyšší NPV varianta kondenzační kotle. Rozdíly těchto dvou variant jsou ale minimální v celé závislosti na diskontní sazbě.

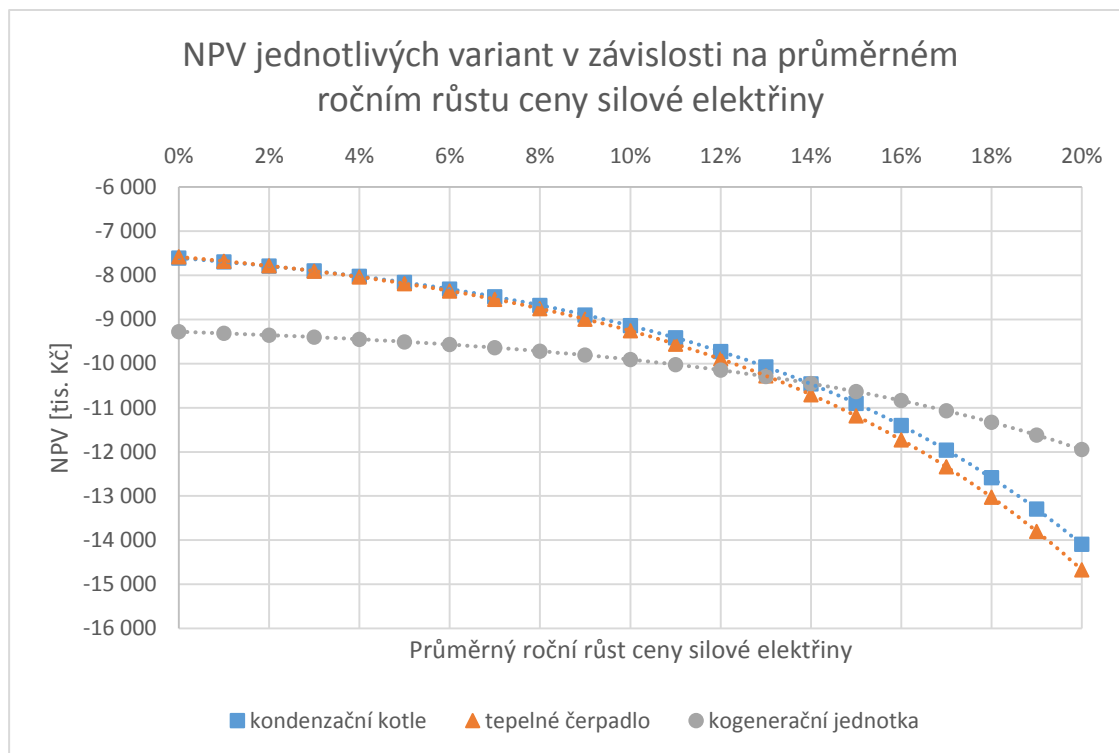
Vliv pořizovací ceny na NPV jednotlivých variant budu zkoumat, abych zjistil, zda existuje relevantní změna velikosti počáteční investice, při které dojde k prohození pořadí jednotlivých variant. Nebo jestli k prohození variant dojde při neočekávaném navýšení výdajů při pořizování DHM.



Graf 8: Závislost NPV jednotlivých variant na procentuální slevě z pořizovací ceny

Z grafu je patrné, že NPV variant kondenzační kotle a tepelné čerpadlo se při procentuální změně pořizovací ceny DHM mění přibližně stejně. Jejich pořadí se prohodí pro 1% snížení pořizovací ceny. Pro pořizovací cenu poníženou o více jak 1 % je nejlepší variantou tepelné čerpadlo, jinak je na tom lépe varianta kondenzační kotle. Varianta kogenerační jednotka je ve vyšetřovaném intervalu změny ceny stále z ekonomického hlediska nejhorší. Pokud by investor u jedné varianty byl schopen vyjednat výrazně větší slevu než u jiných variant, pak by na základě tohoto grafu mohl přehodnotit své rozhodnutí. Celkově ale pořizovací cena technologií tvoří malou část celkových výdajů.

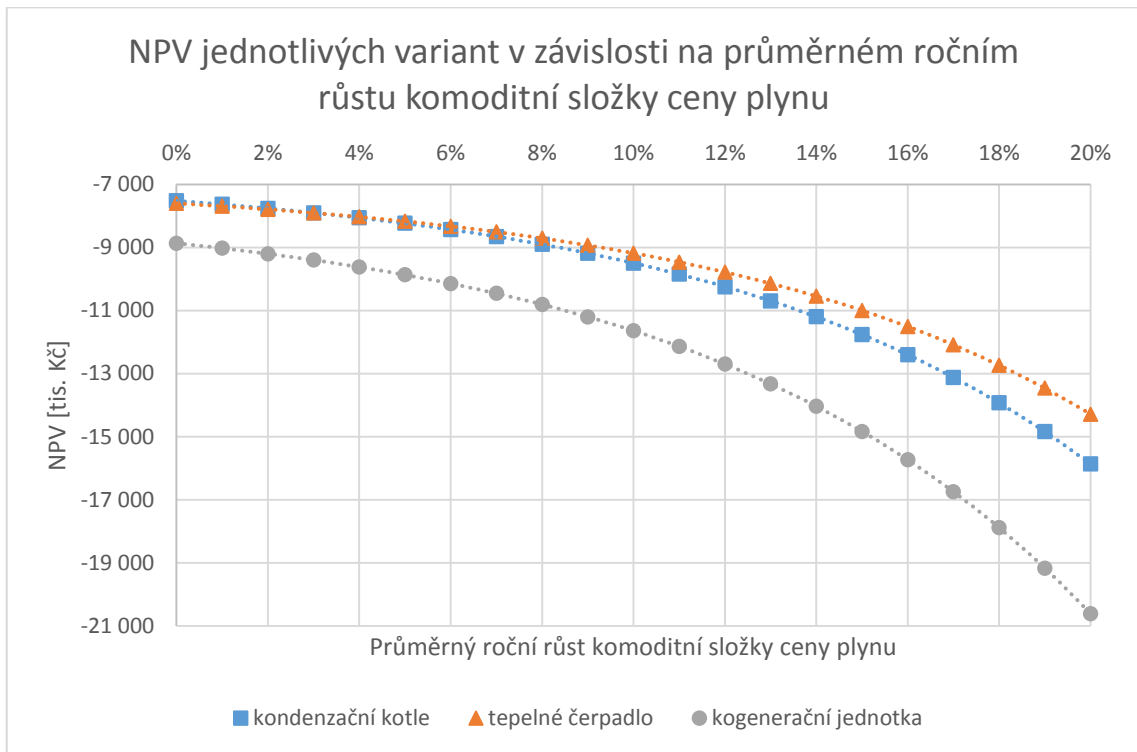
Cena silové elektřiny se za posledních deset let velmi změnila. Dnes stojí zhruba třetinu toho, co stála před devíti lety. Proto budu zkoumat, co se stane s NPV jednotlivých variant při extrémním nárůstu této ceny. Tento graf zde uvádím jako ilustrativní, neboť s cenou silové elektřiny je svázána komoditní složka ceny plynu, která velmi ovlivňuje výsledné NPV, ale zde je konstantní.



Graf 9: Závislost NPV jednotlivých variant na silové ceně elektřiny

V grafu vidíme, že se protnou všechny křivky. Varianty kondenzační kotle a tepelné čerpadlo jsou přibližně stejné po celou dobu, pořadí si prohodí při 2,7% konstantním ročním nárůstu ceny silové elektřiny, od této hodnoty je na tom z těchto dvou variant vždy lépe varianta kondenzační kotle. Varianta kogenerační jednotka je z počátku nejhorší, ale s rostoucí rychlostí zdražování silové elektřiny se postupně vyhoupe až na nejlepší variantu. Variantu tepelné čerpadlo vyrovná při průměrném ročním růstu ceny 13,1 % a variantu kondenzační kotle vyrovná při 14% průměrném ročním růstu. Ovšem při průměrném ročním růstu 13 % bude cena silové elektřiny za 20 let přibližně jedenáctinásobná, což dle mého názoru není příliš pravděpodobné. Pokud by měla cena silové elektřiny za 20 let být na úrovni před 9 lety, tak by musel být roční růst přibližně 5,5 %.

Cena zemního plynu jako komodity také za posledních pár let zažila strmé nárůsty a propady a proto by bylo dobré vědět, jak by případné budoucí nárůsty mohly ovlivnit jednotlivé varianty. Jak jsem již zmínil, tato položka je svázána s cenou silové elektřiny a proto je graf ilustrativní, neboť cena silové elektřiny je zde konstantní.



Graf 10: Závislost NPV jednotlivých variant na komoditní složce ceny plynu

V závislosti na komoditní složce ceny plynu dojde jen k jednomu prohození pořadí variant a to při ročním růstu 3,1 %, kdy tepelné čerpadlo předběhne ve výhodnosti kondenzační kotle. Jinak i zde platí, že varianty kondenzační kotle a tepelné čerpadlo jsou na tom velmi podobně a varianta kogenerační jednotka je na tom o poznání hůř.

Na závěr ještě zjišťuji, jak se NPV jednotlivých variant bude vyvíjet v závislosti na dvou parametrech a jelikož cena silové elektřiny a komoditní složka ceny plynu jsou spolu svázány, tak to jsou právě tyto dvě veličiny. Opět počítám s konstantním procentním ročním růstem těchto položek. V grafických znázorněních je vyneseno na vodorovné ose procentní růst ceny silové elektřiny a na svislé ose procentní růst komoditní složky ceny plynu. Číselné hodnoty při daných parametrech jsou v grafickém znázornění uvedeny bez znaménka minus. Hodnotu NPV za daných veličin představuje především barva, která se mění od zelené přes žlutou až po červenou. Zelená barva představuje NPV blížíící se hodnotě -7 mil. Kč, žlutá barva reprezentuje hodnoty NPV okolo -15 mil. Kč a červenou barvu mají hodnoty NPV blížíící se -23 mil. Kč.

elektřina

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	7,2	7,3	7,4	7,5	7,6	7,8	7,9	8,1	8,3	8,5	8,8	9,0	9,3	9,7	10,1	10,5	11,0	11,6	12,2	12,9	13,7
1	7,3	7,4	7,5	7,6	7,8	7,9	8,0	8,2	8,4	8,6	8,9	9,1	9,5	9,8	10,2	10,6	11,1	11,7	12,3	13,0	13,8
2	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,2	8,3	8,5	8,8	9,0	9,3	9,6	9,9	10,3	10,8	11,3	11,8	12,4	13,2	14,0
3	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,2	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,4	9,7	10,1	10,5	10,9	11,4	12,0	12,6	13,3	14,1
4	7,8	7,9	7,9	8,1	8,2	8,3	8,5	8,6	8,8	9,1	9,3	9,6	9,9	10,2	10,6	11,1	11,6	12,1	12,7	13,5	14,3
5	7,9	8,0	8,1	8,2	8,4	8,5	8,6	8,8	9,0	9,2	9,5	9,7	10,1	10,4	10,8	11,2	11,7	12,3	12,9	13,6	14,4
6	8,1	8,2	8,3	8,4	8,6	8,7	8,8	9,0	9,2	9,4	9,7	9,9	10,3	10,6	11,0	11,4	11,9	12,5	13,1	13,8	14,6
7	8,4	8,4	8,5	8,7	8,8	8,9	9,1	9,2	9,4	9,6	9,9	10,2	10,5	10,8	11,2	11,7	12,2	12,7	13,3	14,0	14,8
8	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,2	9,3	9,5	9,7	9,9	10,1	10,4	10,7	11,1	11,5	11,9	12,4	13,0	13,6	14,3	15,1
9	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,6	9,8	10,0	10,2	10,4	10,7	11,0	11,4	11,7	12,2	12,7	13,2	13,9	14,6	15,4
10	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,8	9,9	10,1	10,3	10,5	10,7	11,0	11,3	11,7	12,1	12,5	13,0	13,6	14,2	14,9	15,7
11	9,6	9,6	9,7	9,8	10,0	10,1	10,3	10,4	10,6	10,8	11,1	11,4	11,7	12,0	12,4	12,9	13,3	13,9	14,5	15,2	16,0
12	10,0	10,0	10,1	10,2	10,4	10,5	10,7	10,8	11,0	11,2	11,5	11,8	12,1	12,4	12,8	13,2	13,7	14,3	14,9	15,6	16,4
13	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	11,0	11,1	11,3	11,5	11,7	11,9	12,2	12,5	12,9	13,3	13,7	14,2	14,7	15,4	16,1	16,9
14	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,5	11,6	11,8	12,0	12,2	12,4	12,7	13,0	13,4	13,8	14,2	14,7	15,3	15,9	16,6	17,4
15	11,5	11,6	11,7	11,8	11,9	12,0	12,2	12,3	12,5	12,8	13,0	13,3	13,6	13,9	14,3	14,8	15,3	15,8	16,4	17,2	18,0
16	12,1	12,2	12,3	12,4	12,5	12,7	12,8	13,0	13,2	13,4	13,6	13,9	14,2	14,6	15,0	15,4	15,9	16,5	17,1	17,8	18,6
17	12,8	12,9	13,0	13,1	13,2	13,4	13,5	13,7	13,9	14,1	14,4	14,6	14,9	15,3	15,7	16,1	16,6	17,2	17,8	18,5	19,3
18	13,6	13,7	13,8	13,9	14,1	14,2	14,3	14,5	14,7	14,9	15,2	15,4	15,8	16,1	16,5	16,9	17,4	18,0	18,6	19,3	20,1
19	14,5	14,6	14,7	14,8	15,0	15,1	15,3	15,4	15,6	15,8	16,1	16,4	16,7	17,0	17,4	17,8	18,3	18,9	19,5	20,2	21,0
20	15,6	15,7	15,8	15,9	16,0	16,1	16,3	16,5	16,6	16,9	17,1	17,4	17,7	18,0	18,4	18,9	19,4	19,9	20,6	21,3	22,1

plyn

Obrázek 3: Grafické znázornění dvourozměrné závislosti NPV varianty kondenzační kotle

elektřina

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	7,3	7,4	7,5	7,6	7,7	7,9	8,1	8,2	8,5	8,7	9,0	9,3	9,6	10,0	10,4	10,9	11,4	12,0	12,7	13,5	14,4
1	7,4	7,5	7,6	7,7	7,8	8,0	8,1	8,3	8,5	8,8	9,0	9,3	9,7	10,1	10,5	11,0	11,5	12,1	12,8	13,6	14,5
2	7,5	7,6	7,7	7,8	7,9	8,1	8,2	8,4	8,6	8,9	9,1	9,4	9,8	10,2	10,6	11,1	11,6	12,2	12,9	13,7	14,6
3	7,6	7,7	7,8	7,9	8,0	8,2	8,4	8,5	8,8	9,0	9,3	9,6	9,9	10,3	10,7	11,2	11,7	12,3	13,0	13,8	14,7
4	7,7	7,8	7,9	8,0	8,2	8,3	8,5	8,7	8,9	9,1	9,4	9,7	10,0	10,4	10,8	11,3	11,9	12,5	13,2	13,9	14,8
5	7,8	7,9	8,1	8,2	8,3	8,5	8,6	8,8	9,0	9,3	9,5	9,8	10,2	10,5	11,0	11,5	12,0	12,6	13,3	14,1	14,9
6	8,0	8,1	8,2	8,3	8,5	8,6	8,8	9,0	9,2	9,4	9,7	10,0	10,3	10,7	11,1	11,6	12,2	12,8	13,5	14,2	15,1
7	8,2	8,3	8,4	8,5	8,6	8,8	9,0	9,1	9,4	9,6	9,9	10,2	10,5	10,9	11,3	11,8	12,3	12,9	13,6	14,4	15,3
8	8,4	8,5	8,6	8,7	8,8	9,0	9,2	9,3	9,6	9,8	10,1	10,4	10,7	11,1	11,5	12,0	12,5	13,1	13,8	14,6	15,5
9	8,6	8,7	8,8	8,9	9,1	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0	10,3	10,6	10,9	11,3	11,7	12,2	12,8	13,4	14,1	14,8	15,7
10	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,5	9,6	9,8	10,0	10,3	10,5	10,8	11,2	11,6	12,0	12,5	13,0	13,6	14,3	15,1	16,0
11	9,1	9,2	9,3	9,5	9,6	9,7	9,9	10,1	10,3	10,6	10,8	11,1	11,5	11,8	12,3	12,7	13,3	13,9	14,6	15,4	16,2
12	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,1	10,2	10,4	10,6	10,9	11,1	11,4	11,8	12,2	12,6	13,1	13,6	14,2	14,9	15,7	16,6
13	9,8	9,9	10,0	10,1	10,3	10,4	10,6	10,8	11,0	11,2	11,5	11,8	12,1	12,5	12,9	13,4	14,0	14,6	15,3	16,0	16,9
14	10,2	10,3	10,4	10,5	10,7	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,9	12,2	12,5	12,9	13,3	13,8	14,4	15,0	15,7	16,4	17,3
15	10,7	10,8	10,9	11,0	11,1	11,3	11,4	11,6	11,8	12,1	12,4	12,7	13,0	13,4	13,8	14,3	14,8	15,4	16,1	16,9	17,8
16	11,2	11,3	11,4	11,5	11,6	11,8	12,0	12,1	12,4	12,6	12,9	13,2	13,5	13,9	14,3	14,8	15,3	15,9	16,6	17,4	18,3
17	11,8	11,9	12,0	12,1	12,2	12,4	12,5	12,7	12,9	13,2	13,4	13,7	14,1	14,5	14,9	15,4	15,9	16,5	17,2	18,0	18,9
18	12,4	12,5	12,6	12,7	12,9	13,0	13,2	13,4	13,6	13,8	14,1	14,4	14,7	15,1	15,5	16,0	16,6	17,2	17,9	18,6	19,5
19	13,1	13,2	13,3	13,5	13,6	13,7	13,9	14,1	14,3	14,6	14,8	15,1	15,5	15,8	16,3	16,7	17,3	17,9	18,6	19,4	20,2
20	14,0	14,1	14,2	14,3	14,4	14,6	14,7	14,9	15,1	15,4	15,6	15,9	16,3	16,7	17,1	17,6	18,1	18,7	19,4	20,2	21,1

plyn

Obrázek 4: Grafické znázornění dvourozměrné závislosti NPV varianty tepelné čerpadlo

elektřina

%	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	8,2	8,3	8,3	8,3	8,4	8,5	8,5	8,6	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,2	9,4	9,6	9,8	10,0	10,3	10,6	10,9
1	8,4	8,4	8,5	8,5	8,6	8,6	8,7	8,7	8,8	8,9	9,0	9,1	9,3	9,4	9,6	9,7	9,9	10,2	10,4	10,7	11,1
2	8,6	8,6	8,6	8,7	8,7	8,8	8,9	8,9	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,6	9,7	9,9	10,1	10,3	10,6	10,9	11,2
3	8,8	8,8	8,8	8,9	8,9	9,0	9,1	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,8	9,9	10,1	10,3	10,6	10,8	11,1	11,4
4	9,0	9,0	9,1	9,1	9,2	9,2	9,3	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7	9,9	10,0	10,2	10,3	10,5	10,8	11,0	11,3	11,7
5	9,2	9,3	9,3	9,4	9,4	9,5	9,5	9,6	9,7	9,8	9,9	10,0	10,1	10,2	10,4	10,6	10,8	11,0	11,3	11,6	11,9
6	9,5	9,5	9,6	9,6	9,7	9,7	9,8	9,9	9,9	10,0	10,1	10,3	10,4	10,5	10,7	10,9	11,1	11,3	11,6	11,8	12,2
7	9,8	9,9	9,9	9,9	10,0	10,0	10,1	10,2	10,3	10,4	10,5	10,6	10,7	10,8	11,0	11,2	11,4	11,6	11,9	12,2	12,5
8	10,2	10,2	10,2	10,3	10,3	10,4	10,5	10,5	10,6	10,7	10,8	10,9	11,0	11,2	11,3	11,5	11,7	12,0	12,2	12,5	12,8
9	10,6	10,6	10,6	10,7	10,7	10,8	10,9	10,9	11,0	11,1	11,2	11,3	11,4	11,6	11,7	11,9	12,1	12,4	12,6	12,9	13,2
10	11,0	11,0	11,1	11,1	11,2	11,2	11,3	11,4	11,4	11,5	11,6	11,7	11,9	12,0	12,2	12,4	12,6	12,8	13,1	13,3	13,7
11	11,5	11,5	11,6	11,6	11,7	11,7	11,8	11,9	11,9	12,0	12,1	12,2	12,4	12,5	12,7	12,9	13,1	13,3	13,6	13,8	14,2
12	12,1	12,1	12,1	12,2	12,2	12,3	12,4	12,4	12,5	12,6	12,7	12,8	12,9	13,1	13,2	13,4	13,6	13,9	14,1	14,4	14,7
13	12,7	12,7	12,8	12,8	12,9	12,9	13,0	13,1	13,1	13,2	13,3	13,4	13,6	13,7	13,9	14,0	14,3	14,5	14,7	15,0	15,4
14	13,4	13,4	13,5	13,5	13,6	13,6	13,7	13,8	13,8	13,9	14,0	14,1	14,3	14,4	14,6	14,8	15,0	15,2	15,4	15,7	16,1
15	14,2	14,2	14,3	14,3	14,4	14,4	14,5	14,6	14,6	14,7	14,8	14,9	15,1	15,2	15,4	15,6	15,8	16,0	16,2	16,5	16,9
16	15,1	15,1	15,2	15,2	15,3	15,3	15,4	15,5	15,5	15,6	15,7	15,8	16,0	16,1	16,3	16,5	16,7	16,9	17,1	17,4	17,8
17	16,1	16,1	16,2	16,2	16,3	16,3	16,4	16,5	16,6	16,6	16,7	16,9	17,0	17,1	17,3	17,5	17,7	17,9	18,2	18,5	18,8
18	17,2	17,3	17,3	17,4	17,4	17,5	17,5	17,6	17,7	17,8	17,9	18,0	18,1	18,3	18,4	18,6	18,8	19,0	19,3	19,6	19,9
19	18,5	18,6	18,6	18,7	18,7	18,8	18,8	18,9	19,0	19,1	19,2	19,3	19,4	19,5	19,7	19,9	20,1	20,3	20,6	20,9	21,2
20	20,0	20,0	20,1	20,1	20,2	20,2	20,3	20,3	20,4	20,5	20,6	20,7	20,9	21,0	21,2	21,3	21,5	21,8	22,0	22,3	22,6

plyn

Obrázek 5: Grafické znázornění dvourozměrné závislosti NPV varianty kogenerační jednotka

Porovnáním dvourozměrných závislostí variant kondenzační kotle a tepelné čerpadlo jsem zjistil, že závislosti se příliš neliší. Hodnoty obou variant tedy budou podobné při jakékoliv kombinaci růstu cen. U varianty kogenerační jednotka je vidět, že zelená část se při nízkém zdražování zemního plynu objevuje i v místech kde ostatní varianty již jsou ve žlutých číslech. Tento jev je způsoben tím, že v této variantě je část spotřeby elektřiny pokryto vlastní výrobou ze zemního plynu. To je ovšem v oblastech, kde jsou velmi rozdílné růsty obou proměnných. Tato varianta je málo pravděpodobná, pravděpodobnější je, že obě komodity budou růst či klesat přibližně stejným tempem, proto mnohem pravděpodobnější scénáře jsou zachyceny na diagonále. Tam je růst u všech variant podobný.

6.4 Ekonomické zhodnocení jednotlivých variant

Podle NPV jednotlivých variant při zvoleném růstu cen a následné citlivostní analýze bych ohodnotil varianty kondenzační kotle a tepelné čerpadlo jako rovnocenné. Při většině zkoumaných podmínek je NPV obou variant podobné, a lepší než varianty kogenerační jednotky.

Rozdíl těchto dvou variant je tedy především v době, kdy jsou prostředky vynaloženy. Zatímco varianta tepelné čerpadlo má mnohem větší výdaje na počátku, tak varianta kondenzační kotle má vyšší výdaje v průběhu provozování. Tato varianta je proto výhodnější při vyšší diskontní sazbě. Dále se také liší tím, na ceně které komodity jsou více závislé. Změny ceny elektřiny budou mít větší vliv na výdaje varianty tepelné čerpadlo a výdaje varianty kondenzační kotle jsou mnohem více ovlivněny cenou zemního plynu.

Jsou tu ale i kombinace podmínek, za kterých vyjde nejlépe varianta kogenerační jednotky. Např. při 18% průměrném ročním růstu ceny silové elektřiny a konstantní ceně zemního plynu. Pravděpodobnost, že by tyto podmínky nastaly, je mizivá. Cena silové elektřiny by totiž byla ve dvacátém roce byla zhruba 27 000 Kč/MWh oproti ceně zhruba 1 000 Kč/MWh v roce prvním.

6.5 Celkové hodnocení variant

Zjistil jsem, že nelze jednoznačně určit nejlepší variantu pouze na základě ekonomických kritérií. Při rozhodování mezi kondenzačními kotli a tepelným čerpadlem musíme zvolit další rozhodovací kritéria. U systému s tepelným čerpadlem jsou mnohem větší nároky na kvalitu návrhu a instalace celého systému, při nedodržení těchto podmínek je snížena efektivita celého systému a s tím je spojeno navýšení spotřeby energií a nárůst výdajů. U varianty s kondenzačními kotli je zavedením zemního plynu do dependance zachována možnost pořízení kogenerační jednotky do systému, což v dnešních podmínkách nemusí být výhodné. Ovšem za 20 let to může velmi usnadnit přechod na moderní technologie např. s palivovými články.

Osobně bych tedy vzhledem k faktu, že investor nemá žádné zkušenosti s návrhem tepelného čerpadla, a tudíž neví které kritické body si při návrhu ohlídat, a také k možnostem které by zavedením plynu do dependance mohly být využity, doporučil variantu s kondenzačními kotli.

7 Závěr

V první části této práce jsem identifikoval technologie a možnosti zásobování objektu energiemi. Následně jsem popsal objekt, na kterém jsem modeloval jednotlivé varianty. Popis spočíval především v určení stávající spotřeby energií a odhadu spotřeby plánované dependance. Následně předložené varianty jsem sestavil na základě technologií identifikovaných v první části s ohledem na požadavky investora na náročnost obsluhy a údržby systému. Poté jsem se zabýval ekonomickým hodnocením jednotlivých variant.

Hlavním ekonomickým ukazatelem jsem zvolil NPV počítané po dobu dvaceti let. Po tuto dobu jsem určil výdaje na pořízení technologií a také výdaje za energie a údržbu. Jednotlivé položky výdajů za energie jsem ročně procentuálně navyšoval. Pravděpodobnost, že jednotlivé položky budou zdražovat přesně tempem, s kterým jsem počítal, je nízká. Proto jsem provedl citlivostní analýzu významných položek. Mezi významné položky jsem zahrnul diskontní sazbu, cenu silové elektřiny, komoditní složku ceny plynu a pořizovací cenu. Po citlivostní analýze jsem vyhodnotil varianty kondenzační kotle a tepelné čerpadlo jako rovnocenné z ekonomického hlediska. Varianta kogenerační jednotka je z ekonomického pohledu výhodnější pouze za extrémních podmínek. Při rozhodování mezi variantami kondenzační kotle a tepelné čerpadlo jsem tedy musel vybrat variantu vhodnější z technického hlediska. Nakonec jsem jako vhodnější určil variantu kondenzační kotle.

V průběhu sestavování variant jsem dospěl k závěru, že do stávajícího objektu, tedy rezidence, nelze jednoduše implementovat nové technologie, především z technických důvodů. Úprava technických místností a další stavební úpravy nutné pro implementaci nových technologií jsou natolik finančně náročné, že ekonomická přínos daný těmito technologiemi je nedostatečný. Nehledě na nutnost omezení provozu v době instalace technologií, což by mělo další záporný ekonomický efekt.

Možnost instalace větší části nové technologie do nového objektu a propojení obou objektů je již zajímavější, ovšem pořizovací cena mikrokogeneračních jednotek je stále příliš vysoká. Osobně si myslím, že ve chvíli, kdy tato technologie zlevní a zkombinuje se s ekonomicky rentabilním uskladněním elektřiny, tak se bude jednat o konkurenční variantu současným systémům.

Seznam symbolů a zkratek

ČSÚ	-	Český statistický úřad
ERÚ	-	Energetický regulační úřad
TV	-	teplá voda
NPV	-	net present value (čistá současná hodnota)
CF	-	cash flow (peněžní tok)
ČNB	-	Česká národní banka
DHM	-	dlouhodobý hmotný majetek
OTE	-	operátor trhu s elektřinou
OZE	-	obnovitelné zdroje energie

Seznam použité literatury

- [1] “ČSÚ – Statistika rodinných účtů.” [Online]. Available: <https://www.czso.cz/documents/10180/32579071/1600191612.pdf/1de56f89-9487-42b0-a36f-20e0a265ff58?version=1.0>. [Accessed: 03-Jan-2017].
- [2] “Zákon č. 458/2000 Sb.” [Online]. Available: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-458>. [Accessed: 20-Nov-2016].
- [3] “Czech Nature Energy – Fotovoltaické systémy pro výrobu elektřiny.” [Online]. Available: <http://www.cne.cz/fotovoltaicke-systemy/uvod-do-fv-systemu/>. [Accessed: 05-Jan-2017].
- [4] “PRE - Podmínky pro uplatnění distribuční sazby C45d.” [Online]. Available: <https://www.pre.cz/cs/firmy/elektrina/archiv-produktu/2013/aktiv-zero-2013/aktiv-zero-2013-s-dvoutarifovou-sazbou/ostatni-podminky-ceny-distribuce-pro-sazbu-c45d/podminky-pro-uplatneni-distribucni-sazby-c45d/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [5] “PRE - Podmínky uplatnění distribuční sazby C56d.” [Online]. Available: <https://www.pre.cz/cs/firmy/elektrina/archiv-produktu/2013/aktiv-zero-2013/aktiv-zero-2013-s-dvoutarifovou-sazbou/ostatni-podminky-ceny-distribuce-pro-sazby-c55d-a-c56d/podminky-pro-uplatneni-distribucni-sazby-c55d-a-c56d/>. [Accessed: 10-Jan-2017].
- [6] F. C. McQuiston, J. D. Parker, and J. D. Spitler, *Heating, Ventilating and Air Conditioning: Analysis and Design*. John Wiley & Sons, 2005.
- [7] “Porovnání emisních požadavků pro kotle do 300 MW.” [Online]. Available: <http://vytapani.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/12909-co-musi-splnit-novy-kotel-na-tuha-paliva-po-roce-2020>. [Accessed: 16-Dec-2016].
- [8] “tzb-info.cz - Tepelná čerpadla.” [Online]. Available: <http://vytapani.tzb-info.cz/tepelna-čerpadla>. [Accessed: 02-Dec-2016].
- [9] “tzb-info.cz - Kogenerace.” [Online]. Available: <http://energetika.tzb-info.cz/kogenerace>. [Accessed: 02-Dec-2016].
- [10] “Cenové rozhodnutí č. 2/2017.” [Online]. Available: https://www.eru.cz/documents/10540/2887244/ERV3_2017.pdf/f4f960a4-a03c-43e7-b92b-73c8f645ac30. [Accessed: 20-May-2017].
- [11] J. Kleczek, “Slunce a jeho energie,” 2004. [Online]. Available: <http://oze.tzb-info.cz/teorie-obnovitelna-energie/1948-slunce-a-jeho-energie>. [Accessed: 20-Dec-2016].

- [12] “Výhody dálkového vytápění.” [Online]. Available: <http://www.naseteplo.cz>. [Accessed: 06-Dec-2016].
- [13] “Pražská plynárenská – Struktura ceny plynu.” [Online]. Available: <http://www.ppas.cz/plyn/stavajici-zakaznik/struktura-ceny>. [Accessed: 06-Jan-2017].
- [14] B. LIČMANOVÁ, “Projektová dokumentace k územnímu rozhodnutí - Rezidence Blatov novostavba dependance,” 2014.
- [15] “Kotle BAXI - Technické podklady.” [Online]. Available: <http://www.baxi.cz/index.php?cmd=download&id=1397>. [Accessed: 06-Apr-2017].
- [16] L. Porter, *The Renewable Energy Home Handbook: Insulation & energy saving, Living off-grid, Bio-mass heating, Wind turbines, Solar electric PV generation, Solar water heating, Heat pumps, & more*. Veloce Publishing Ltd, 2015.
- [17] “Spirála - Technické parametry.” [Online]. Available: http://www.tepelna-cerpadla-spirala.cz/ke_stazeni/technick_parametry.pdf. [Accessed: 03-Feb-2017].
- [18] “TEDOM - Přehled typů kogeneračních jednotek.” [Online]. Available: <http://kogenerace.tedom.com/down/759.pdf>. [Accessed: 16-Feb-2017].
- [19] “ČNB - Cílování inflace v ČR.” [Online]. Available: https://www.cnb.cz/cs/menova_politika/cilovani.html. [Accessed: 26-Apr-2017].
- [20] “Kotle Baxi - ceník.” [Online]. Available: <http://www.baxi.cz/kondenzacni-plynove-kotle/luna-duo-tec-plus/>. [Accessed: 06-Apr-2017].
- [21] “TČ spirála - ceník.” [Online]. Available: http://www.tepelna-cerpadla-spirala.cz/cenik_voda-voda. [Accessed: 06-Apr-2017].

Seznam obrázků

Obrázek 1: Pohled na Rezidenci z ulice	6
Obrázek 2: Architektonicko-stavební řešení dependance	11
Obrázek 3: Grafické znázornění dvourozměrné závislosti NPV varianty kondenzační kotle.....	28
Obrázek 4: Grafické znázornění dvourozměrné závislosti NPV varianty tepelné čerpadlo.....	28
Obrázek 5: Grafické znázornění dvourozměrné závislosti NPV varianty kogenerační jednotka..	29

Seznam grafů

Graf 1: Struktura nákladu na bydlení vodu energie a paliva dle ČSÚ za rok 2015 [1]	1
Graf 2: Měsíční spotřeba elektřiny wellness provozu	7
Graf 3: Měsíční spotřeba zemního plynu wellness provozu.....	8
Graf 4: Měsíční spotřeba elektřiny v bytech	9
Graf 5: Měsíční spotřeba zemního plynu v bytech.....	10
Graf 6: NPV jednotlivých variant při zvoleném vývoji cen.....	23
Graf 7: Závislost NPV jednotlivých variant na diskontní sazbě	24
Graf 8: Závislost NPV jednotlivých variant na procentuální slevě z pořizovací ceny	25
Graf 9: Závislost NPV jednotlivých variant na silové ceně elektřiny	26
Graf 10: Závislost NPV jednotlivých variant na komoditní složce ceny plynu	27

Seznam tabulek

Tabulka 1: Měsíční spotřeba elektřiny wellness provozu	7
Tabulka 2: Měsíční spotřeba zemního plynu wellness provozu.....	8
Tabulka 3: Měsíční spotřeba elektřiny v bytech.....	9
Tabulka 4: Měsíční spotřeba zemního plynu v bytech.....	10
Tabulka 5: Očekávaná roční spotřeba energií objektu	12
Tabulka 6: Očekávaná celková roční spotřeba komodit polyfunkčním objektem pro variantu 0[15]	13
Tabulka 7: Očekávaná celková roční spotřeba energií polyfunkčním objektem pro variantu 1[17][15].....	14
Tabulka 8: Očekávaná celková spotřeba energií polyfunkčním objektem pro variantu 2 v zimním období [18],[15]	16
Tabulka 9: Očekávaná celková spotřeba energií polyfunkčním objektem pro variantu 2 v letním období[15]	16
Tabulka 10: Výdaje na pořízení DHM varianty kondenzační kotle [20]	19
Tabulka 11: Provozní výdaje v roce 1 varianty kondenzační kotle.....	19
Tabulka 12: Výdaje na pořízení DHM varianty tepelné čerpadlo[20], [21].....	20
Tabulka 13: Provozní výdaje v roce 1 varianty tepelné čerpadlo.....	20
Tabulka 14: Výdaje na pořízení DHM varianty kogenerační jednotka[20]	21
Tabulka 15: Provozní výdaje v roce 1 varianty kogenerační jednotka.....	21
Tabulka 16: Cash flow jednotlivých variant v jednotlivých letech	22
Tabulka 17: NPV jednotlivých variant při zvoleném vývoji cen	23

Seznam příloh

Příloha 1: Ceníky elektřiny	36
Příloha 2: Ceník plynu	37
Příloha 3: Ceník ostatních položek	37

Příloha 1: Ceníky elektřiny

Tarifní sazba C 02d	
Plat za odběrné místo [Kč/měsíc]	25,00
Cena za dodávku elektřiny VT [Kč/MWh]	975,00
Sazba za distribuci VT [Kč/MWh]	2 289,60
Sazba daně z elektřiny [Kč/MWh]	28,30
Plat za příkon [Kč/měsíc] (jistič do 3x25A)	116,00
Plat za příkon [Kč/měsíc] (jistič do 3x32A)	149,00
Plat za příkon [Kč/měsíc] (jistič do 3x50A)	186,00
Plat za příkon [Kč/měsíc] (jistič do 3x160A)	744,00
Systémové služby [Kč/MWh]	93,94
Činnost OTE [Kč/měsíc]	4,90
Podpora výkupu elektřiny - jistič [Kč/A/měsíc]	18,01
Podpora výkupu elektřiny - spotřeba [Kč/MWh]	495,00

Tarifní sazba C 45d	
Plat za odběrné místo [Kč/měsíc]	25,00
Cena za dodávku elektřiny VT [Kč/MWh]	1065,00
Cena za dodávku elektřiny NT [Kč/MWh]	905,00
Sazba za distribuci VT [Kč/MWh]	239,49
Sazba za distribuci NT [Kč/MWh]	70,58
Sazba daně z elektřiny [Kč/MWh]	28,30
Plat za příkon [Kč/měsíc] (jistič do 3x80A)	3 043,00
Systémové služby [Kč/MWh]	93,94
Činnost OTE [Kč/měsíc]	4,90
Podpora výkupu elektřiny - jistič [Kč/A/měsíc]	18,01
Podpora výkupu elektřiny - spotřeba [Kč/MWh]	495,00

Tarifní sazba C 56d	
Plat za odběrné místo [Kč/měsíc]	25,00
Cena za dodávku elektřiny VT [Kč/MWh]	1065,00
Cena za dodávku elektřiny NT [Kč/MWh]	905,00
Sazba za distribuci VT [Kč/MWh]	239,49
Sazba za distribuci NT [Kč/MWh]	70,58
Sazba daně z elektřiny [Kč/MWh]	28,30
Plat za příkon [Kč/měsíc] (jistič do 3x40A)	1 522,00
Systémové služby [Kč/MWh]	93,94
Činnost OTE [Kč/měsíc]	4,90
Podpora výkupu elektřiny - jistič [Kč/A/měsíc]	18,01
Podpora výkupu elektřiny - spotřeba [Kč/MWh]	495,00

Příloha 2: Ceník plynu

Zemní plyn – odběrné pásmo od 63 do 630 MWh/rok	
Pevná cena za zúčtování [Kč/MWh]	2,40
Pevná cena za distribuovaný plyn [Kč/MWh]	111,82
Komoditní složka ceny [Kč/MWh]	525,00
Daň za zemní plyn [Kč/MWh]	30,60
Kapacitní složka ceny [Kč/tis.m ³]	99 936,06
Pevná roční cena za rezervovanou kapacitu [Kč/tis.m ³]	122 361,70

Příloha 3: Ceník ostatních položek

Zelný bonus KVET [Kč/MWh]	1515,00
Prodej silové elektřiny do sítě [Kč/MWh]	600,00