

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

**FAKULTA
STROJNÍ**



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

2024

**MATYÁŠ
PETRÝDES**

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Petrýdes** Jméno: **Matyáš** Osobní číslo: **473557**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav energetiky**
Studijní program: **Energetika a procesní inženýrství**
Specializace: **Energetika**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh a optimalizace provozu mikrokogenerační jednotky pro rodinný dům

Název diplomové práce anglicky:

Microgeneration unit design and operation optimisation for family house

Pokyny pro vypracování:

- 1) Vypracujte rešerše mikrokogeneračních jednotek pro RD a jejich zapojení,
- 2) Vypracujte rešerše akumulačních nádob pro akumulaci tepla z mikrokogeneračních jednotek,
- 3) Vybírejte vhodný zásobník LPG pro provoz mikrokogenerační jednotky,
- 4) Stanovte investiční náklady na instalaci mikrokogenerační jednotky s příslušenstvím,
- 5) Stanovte spotřebu elektrické energie a tepla pro RD se dvěma bytovými jednotkami,
- 6) Stanovte provozní úspory paliva při dodávce energií z mikrokogenerační jednotky oproti běžnému provozu a finančně vyčístele dané úspory,
- 7) Stanovte cenu 1 kWh elektrické energie při provozu mikrokogenerační jednotky,
- 8) Vypracujte citlivostní analýzu pro provoz mikrokogenerační jednotky,
- 9) Navrhnete optimalizaci provozu mikrokogenerační jednotky.

Seznam doporučené literatury:

Firemní podklady firem Tedom, On Site energy

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Martin Neužil, Ph.D. ústav energetiky FS

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

Datum zadání diplomové práce: **23.10.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **08.01.2024**

Platnost zadání diplomové práce: **30.06.2025**

Ing. Martin Neužil, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

prof. Ing. Michal Kolovratník, CSc.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

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

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Nežila, Ph.D., s pomocí jeho odborných konzultací a pouze s použitím citované literatury.

V Praze dne

.....

Podpis autora

Anotační list

Jméno autora:	Matyáš Petrydes
Název DP:	Návrh a optimalizace provozu mikrokogenerační jednotky pro rodinný dům
Anglický název:	Microcogeneration unit design and operation optimisation for family house
Akademický rok:	2023/2024
Ústav/Odbor:	Ústav energetiky
Vedoucí práce:	Ing. Martin Neužil, Ph.D.
Bibliografické údaje:	Počet stran: 74 Počet obrázků: 40 Počet tabulek: 32 Počet příloh: 7
Klíčová slova:	kogenerace, mikrokogenerační jednotka, provozní cash-flow, LCOE, diskontovaná doba návratnosti
Keywords:	cogeneration, microcogeneration unit, operating cash-flow, LCOE, discounted payback period
Anotace:	Tato diplomová práce se zabývá návrhem a optimalizací provozu mikrokogenerační jednotky pro rodinný dům s důrazem na ekonomický aspekt projektu. Rešeršní část popisuje technologii kogenerace a kogenerační jednotky. V další části se práce soustředí na výběr vhodné mikrokogenerační jednotky a návrhu jejího provozu, stanovení ekonomických parametrů současného provozního stavu a stanovení celkové ekonomiky provozu jednotky. K tomu jsou využity ukazatele jako je provozní cash-flow, LCOE a diskontovaná doba návratnosti. Také je provedena citlivostní analýza a je prozkoumána možnost optimalizace provozu jednotky. Získané výsledky jsou diskutovány a projekt je finálně posouzen z ekonomické perspektivy.

Abstract:

This thesis focuses on the design and optimization of the operation of a micro-cogeneration unit for a family house, with an emphasis on the economic aspect of the project. The literature review section describes the technology of cogeneration and cogeneration units. In the following part, the work concentrates on selecting a suitable micro-cogeneration unit and designing its operation, determining the economic parameters of the current operational state, and establishing the overall economy of the unit's operation. For this purpose, indicators such as operational cash-flow, LCOE (Levelized Cost of Electricity), and discounted payback period are utilized. A sensitivity analysis is also conducted, and the possibility of optimizing the unit's operation is explored. The obtained results are discussed, and ultimately the project is assessed from an economic perspective.

Poděkování

Tímto chci poděkovat svému školiteli, Ing. Martinu Neužilovi, Ph.D. za odborné vedení diplomové práce, cenné podněty a časté konzultace. Dále také děkuji své rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu studia podporovali a dodávali mi potřebnou energii.

Obsah

1	Úvod.....	2
2	Rešerše	3
2.1	Kogenerace	3
2.1.1	Trigenerace.....	4
2.2	Kogenerační jednotky.....	4
2.2.1	Typy kogeneračních jednotek v závislosti na pohonné jednotce	5
2.3	Mikrokogenerace pro modelový rodinný dům.....	8
2.3.1	Výběr vhodné mikrokogenerační jednotky	10
2.3.2	Schéma zapojení mikrokogenerační jednotky neoTower 2.0	12
3	Výpočtová část.....	16
3.1	Výpočet potřeby tepla pro rodinný dům.....	16
3.1.1	Průměrné hodnoty denních teplot v otopné sezóně 2022/2023	16
3.1.2	Určení potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody	17
3.1.3	Potřeby tepla v měsíčním a ročním rozlišení	18
3.1.4	Předběžné stanovení ročního provozu kogenerační jednotky	20
3.2	Výběr vhodné akumulární nádoby pro jednotku neoTower 2.0.....	21
3.3	Výběr vhodného zásobníku na LPG.....	25
3.4	Stanovení investičních nákladů	28
3.5	Současná platba za teplo.....	28
3.6	Současná platba za elektrickou energii.....	29
3.7	Provozní cash-flow využití mikrokogenerační jednotky v otopném období 30	
3.7.1	Stanovení roční spotřeby paliva jednotkou	31
3.7.2	Stanovení palivových nákladů	33
3.7.3	Stanovení nákladů na údržbu jednotky	34
3.7.4	Stanovení dosažených úspor	34
3.7.5	Stanovení provozního cash-flow projektu	35
3.8	Stanovení LCOE.....	36
3.8.1	Stanovení LCOE – palivo zemní plyn	39
3.8.2	Stanovení LCOE – palivo LPG.....	40

3.9	Diskontovaná doba návratnosti projektu.....	41
3.9.1	Stanovení diskontované doby návratnosti – zemní plyn.....	41
3.9.2	Stanovení diskontované doby návratnosti – LPG	43
3.10	Citlivostní analýza provozu jednotky	44
3.10.1	Diskontovaná doba návratnosti projektu pro optimistický scénář ..	47
3.10.2	Diskontovaná doba návratnosti projektu pro predikovaný scénář ..	49
3.11	Optimalizace provozu mikrokogenerační jednotky.....	51
4	Diskuse.....	53
5	Závěr	55

Seznam použitých symbolů, značek a zkratek

CAPEX	Capital expenditures (Kapitálové náklady)
CF	Cash-flow (Peněžní tok)
CZT	Centrální zásobování teplem
ČNB	Česká národní banka
DDN	Diskontovaná doba návratnosti
DPH	Daň z přidané hodnoty
EU	Evropská unie
CHP	Combined heat and power (Kombinovaná výroba elektřiny a tepla)
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
LCOE	Levelized cost of electricity (Vyrovnané náklady na elektřinu)
LPG	Liquid propane gas (Kapalný propanový plyn)
NPV	Net present value (Čistá současná hodnota)
OPEX	Operating expense (Provozní náklady)
ORC	Organický rankinův cyklus
PCF	Provozní cash-flow
TV	Teplá voda

1 Úvod

V současném energetickém průmyslu je kladen narůstající důraz na efektivitu, udržitelnost a snižování emisí skleníkových plynů. V tomto kontextu hrají kogenerační jednotky klíčovou roli. Tyto systémy vyrábějí elektrickou energii a teplo současně, a představují tedy efektivní způsob využití energetických zdrojů. Přínosy kogenerace spočívají v jejich vysoké lokální účinnosti, schopnosti snižovat uhlíkovou stopu a potenciálu zvyšovat energetickou nezávislost.

S rostoucími obavami ze změny klimatu a se současnou potřebou snižování emisí CO₂ se stává zlepšení energetické efektivity a snižování závislosti na fosilních palivech klíčovým prvkem evropské energetické strategie. Kogenerační jednotky nabízejí cestu k dosažení těchto cílů, ale je nezbytné hlouběji pochopit jejich ekonomické a provozní aspekty, aby bylo možné je účinně integrovat do stávajících a budoucích energetických systémů. Teoretická část této práce popisuje technologii kogenerace, její vliv na stávající energetický sektor, obecné schéma fungování kogenerační jednotky a typy pohonných jednotek využívaných v současných produktech dostupných na trhu.

V praktické části je zvolena vhodná mikrokogenerační jednotka a její zapojení do otopné soustavy modelového rodinného domu. Dále je na základě zadání vytvořena modelová denní doba provozu jednotky, poté je vypočítána potřeba tepla domácnosti na vytápění a ohřev teplé vody a pomocí denostupňové metody je stanovena roční doba provozu jednotky. Dále je zvolena vhodná akumulární nádrž postačující pro přebytečný výkon jednotky v letních měsících a vhodný zásobník na LPG v případě, že by se volba tohoto paliva jevila být investičně zajímavější variantou.

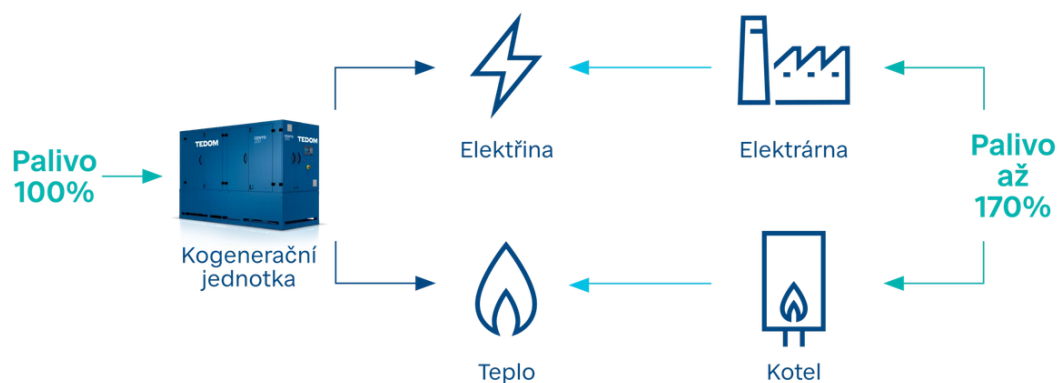
Hlavním cílem praktické části této práce je prozkoumat ekonomiku provozu volené kogenerační jednotky. Práce se tedy v kapitolách tomu věnovaných soustředí na analýzu provozních úspor plynoucích z modelového provozu jednotky, vyhodnocení LCOE, diskontovanou dobu návratnosti investice, a také zahrnuje citlivostní analýzu a možnosti optimalizace provozu zvolené jednotky. Výše zmíněné ekonomické ukazatele jsou zásadní pro správné vyhodnocení a pochopení ekonomické životaschopnosti a rentability tohoto projektu.

V závěru této práce jsou diskutovány výsledky analýzy provedené na zvolené mikrokogenerační jednotce. Tato analýza zahrnuje hodnocení provozních charakteristik jednotky, jejích finančních aspektů, a poskytuje ucelený pohled na potenciál a výzvy spojené s implementací modelového řešení na základě zadání.

2 Rešerše

2.1 Kogenerace

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla, známá jako kogenerace nebo KVET, je efektivní způsob výroby elektrické energie, při kterém se využívá i teplo uvolňované v procesu její výroby. Tento přístup umožňuje dosažení vysoké účinnosti využití energie obsažené v palivu, až o 70 % vyšší ve srovnání s tradičními metodami [1]. Pro srovnání, tradiční zdroje elektřiny, jako jsou kondenzační elektrárny, obvykle dosahují účinnosti výroby elektrické energie v rozmezí 30 – 40 %. Naproti tomu, moderní kogenerační zdroje, které kombinují výrobu elektrické a tepelné energie, často dosahují celkové energetické účinnosti přesahující 90 %, což je dáno právě jejich schopností efektivně využívat odpadní teplo [2]. Kogenerace představuje v České republice dlouholetou a stabilní součást energetického sektoru. Po desetiletí se tato technologie používá v teplárnách, které poskytují tepelnou energii pro různě rozsáhlé lokality, od skupin budov, přes sídliště, až po celá města [3]. Dle informací Teplárenského sdružení České republiky KVET zajišťuje téměř dvě třetiny dodávek tepla v rámci těchto soustav zásobování [2]. Z hlediska výroby elektrické energie, dle Ročních zpráv o provozu elektrizační soustavy ČR, které pravidelně zpracovává Energetický regulační úřad [4], přispívá KVET více než 15 % k netto spotřebě elektřiny v České republice. Tento údaj zdůrazňuje významný přínos kogeneračních systémů pro energetický mix země a jejich roli v zajištění stabilní a efektivní dodávky energie [2].



Obr. 1 - Kogenerace v porovnání s tradičními metodami [1]

Mikrokogenerační systémy, specifický příklad kogenerace, kterým se tato práce bude zabývat, aplikují tento princip na menší měřítko, často s využitím motorů na plyn nebo propan. Tyto systémy efektivně využívají odpadní teplo pro vytápění obytných a komerčních prostor, ohřev vody nebo bazénů. Vyrobená elektřina je spotřebována přímo na místě a případná přebytečná energie může být odprodána do elektrické sítě. Jednotka tedy nejen zvyšuje energetickou účinnost objektu, ale také přispívá k ekologicky šetrnějšímu využití energie, pomocí eliminace ztrát

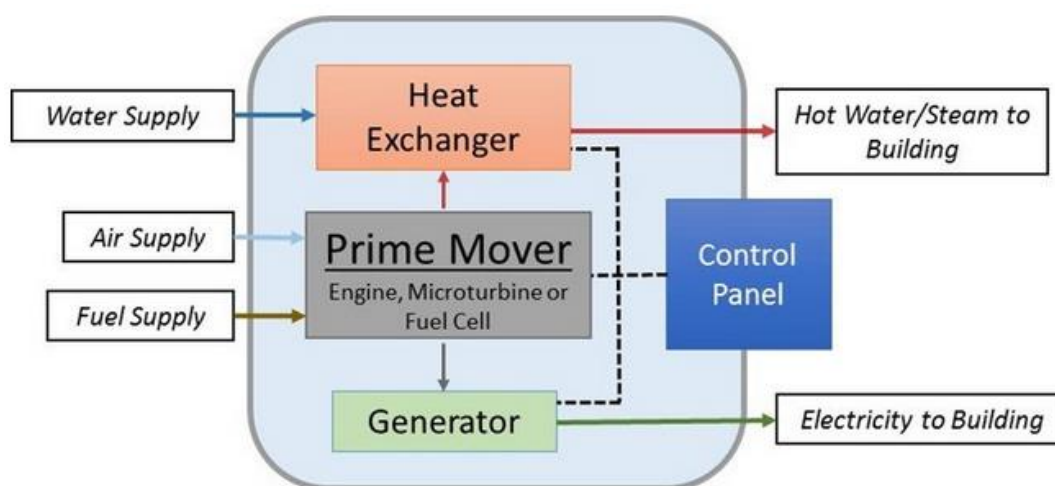
spojených s distribucí energie, a zároveň díky procesu výroby s vyšší účinností dochází ke snižování emisí skleníkových plynů do ovzduší [5].

2.1.1 Trigenerace

Trigenerace představuje rozšíření koncepce kogenerace o zahrnutí absorpční chladicí jednotky, která umožňuje transformaci tepla získaného z kogeneračního procesu na chlad. Tento systém nabízí flexibilitu v energetickém hospodaření, umožňující v zimních měsících efektivně vyrábět teplo a v letních měsících chlad. Kromě sezónního střídání těchto funkcí je možné v některých aplikacích vyrábět současně všechny tři výše zmíněné formy energie. Trigenerační systémy jsou tedy z principu zvláště užitečné v prostředích, kde existují pravidelné požadavky na chlazení, jako je klimatizace výrobních a kancelářských prostor nebo výroba technologického chladu. Tato technologie představuje pokročilý přístup k využití energie, který může významně přispět k energetické efektivitě a snížení emisí skleníkových plynů [6].

2.2 Kogenerační jednotky

Kogenerační jednotky, v angličtině označované jako systémy CHP, představují integrované energetické systémy schopné simultánně generovat elektrickou a tepelnou energii z jednoho zdroje paliva. CHP jednotky mohou být provozovány na širokou škálu paliv jako jsou zemní plyn, biomasa, bioplyn, uhlí, či organická pracovní média nebo palivové články [7]. Klíčové komponenty takového systému obvykle zahrnují motor nebo turbínu, synchronní generátor¹ a zařízení pro rekuperaci odpadního tepla [8]. Typicky se může jednat o deskový výměník [9].



Obr. 2 – Schéma provozu kogeneračních jednotek [7]

¹ Generátor vytváří napětí s frekvencí 50 Hz, což zajišťuje bezproblémové přiřazování jednotky do distribuční soustavy [8].

2.2.1 Typy kogeneračních jednotek v závislosti na pohonné jednotce

Spalovací motory

Tyto kogenerační jednotky využívají spalovací motory, obvykle, avšak ne nutně, na zemní plyn, k pohonu generátoru pro výrobu elektrické energie. Paralelně s tímto procesem dochází k využití odpadního tepla z motoru pro účely vytápění nebo ohřevu teplé vody [10]. Jakožto palivo lze kupříkladu použít také biomasu, bioplyn, naftu nebo benzín [11]. U mikrokogeneračních jednotek se jedná o nejpoužívanější typ, patrně primárně vzhledem k faktu, že je cenově nejdostupnější [12] a má vyšší účinnost výroby elektřiny než mikroturbíny [13]. Z hlediska výkonu dosahujeme jednotek kW až jednotek MW. Výhodou tohoto typu jsou tedy relativně nízké investiční náklady na zakoupení jednotky, schopnost pracovat v určitém výkonovém rozmezí se zachováním vysoké účinnosti výroby elektřiny, provoz na různá paliva a jejich rychlý náběh. Naopak nevýhodou jsou vyšší náklady na pravidelnou údržbu, vyšší hluk a s tím potenciálně spojené náklady na odhlučnění a nutnost chlazení motoru [10].

Parní turbíny

Na rozdíl od plynových turbín a pístových motorů v systémech KVET, parní turbíny obvykle vyrábějí elektřinu jako vedlejší produkt výroby tepla (páry). Parní turbína používá samostatný zdroj tepla a nepřeměňuje palivo přímo na elektrickou energii. Energie je přenášena z kotle do turbíny prostřednictvím vysokotlaké páry, která následně pohání turbínu a generátor. Toto oddělení funkcí umožňuje parním turbínám pracovat s širokou škálou paliv, od čistého zemního plynu až po pevné odpady, včetně všech typů uhlí, dřeva, odpadu z dřeva a zemědělských vedlejších produktů. Výkony takových jednotek se typicky pohybují v rozmezí stovek kW až několika MW [14]. Hlavními výhodami těchto systémů jsou jejich spolehlivost, což je klíčové pro průmyslové aplikace, a flexibilita využívaného paliva pro výrobu páry spolu s vysokou termální účinností strojů. Mezi nevýhody patří vyšší investiční náklady a náklady na pravidelnou údržbu, stejně jako menší flexibilita výkonu ve srovnání se spalovacími motory [10]. Z těchto důvodů a kvůli vysokým počátečním investicím nejsou jednotky s parními turbínami vhodné pro mikrokogenerační aplikace, kde jsou požadovány menší výkony a nižší kapitálové výdaje [12].

Plynové turbíny

Plynové turbíny, fungující na principu Braytonova termodynamického cyklu, představují významnou technologii v energetickém sektoru [13]. V tomto cyklu je atmosférický vzduch komprimován, zahříván a expandován, čímž se vytváří tlak potřebný k pohonu turbíny a následně generátoru [15]. Typicky jsou tyto systémy poháněny zemním plynem, lehkým topným olejem nebo naftou. Výkonově se pohybují mezi jednotkami až stovkami MW [10]. Z tohoto důvodu nejsou

vhodnými kandidáty pro využití v mikrokogeneračních aplikacích. Mezi výhody plynových turbín se řadí vysoká spolehlivost, nízké emisní úrovně, malá potřeba chlazení a vysokopotenciální teplo na výstupu. To mimo jiné může v praxi znamenat napojení parních turbín na tento zdroj tepla. Na druhou stranu, výkonnost těchto systémů může s časem klesat, pracují s palivy středního tlaku, mají nižší účinnost při částečném zatížení a jejich výkon klesá s rostoucí okolní teplotou. Tato technologie nabízí široké spektrum využití, od základní výroby elektřiny až po sofistikované kombinované cykly pro maximalizaci účinnosti a výkonu [16].

Mikroturbíny

Oproti klasickým plynovým turbínám jsou mikroturbíny vhodnými kandidáty do mikrokogeneračních jednotek. Disponují nejčastěji výkony v rozmezí 30 až 400 kW [17] a mezi jejich hlavní přednosti oproti spalovacím motorům patří minimum pohyblivých částí, stejně tak jako to, že není nutné je chladit [10]. Základní konstrukce mikroturbín zahrnuje kompresor, plynovou turbínu a volitelný interní rekuperátor pro vyšší celkovou energetickou účinnost. Dále mohou obsahovat prvky pro tlumení hluku. Nejeefektivnější využití v mikrokogeneračních jednotkách nalezneme u modelů jednohřídelových, kde se kompresor, turbína i generátor nachází na stejném hřídeli, což značně zjednodušuje design, ale také zvyšuje efektivitu a výkon mikroturbín [13].

Stirlingovy motory

Jakožto uzavřený cyklus s externím spalováním je zdroj tepla umístěn mimo motor, což umožňuje udržet vysoký tlak uvnitř motoru. Motory jsou vybaveny regenerativním výměníkem tepla, který jim umožňuje do určité míry znovu využívat vlastní teplo, a právě tato vlastnost je klíčem k vysoké teoretické účinnosti Stirlingova cyklu. Jelikož jsou poháněny externím hořákem, mohou pracovat s téměř jakýmkoli zdrojem tepla, například olej, plyn, solární energie, dřevo, uhlí nebo biomasa. Bylo provedeno mnoho pokusů o integraci této technologie jakožto hlavního pracovního motoru v různých aplikacích, ale vysoké výrobní náklady a problémy se spolehlivostí dané jeho konstrukcí bránily většímu komerčnímu úspěchu. Nyní se na trhu se začínají objevovat novější varianty, zejména Stirlingovy motory s volným pístem, které mají výrazně některé z nevýhod zmenšit, nebo zcela odstranit, nicméně stále se jedná spíše o experimentální produkty. Kvůli vysokým výrobním nákladům, problémům se spolehlivostí a nižší životností nejsou ideální pro většinu mikrokogeneračních aplikací [18].

ORC systémy

Rankinův cyklus představuje termodynamický proces v rámci kterého je externě dodávané teplo transformováno na mechanickou práci. Tento cyklus využívá uzavřenou smyčku, typicky s vodou jako pracovním médiem. Organický Rankinův Cyklus funguje na stejném principu jako tradiční Rankinův cyklus. V tomto případě

je pracovní médium čerpáno do kotle, kde se přemění na páru, ta pohání turbínu a následně se kondenzuje zpět do kapalného stavu. Specifikem ORC je využití média, jehož fáze přechodu z kapalného do plynného stavu, tedy bod varu, nastává při nižší teplotě, než je tomu u vody. Díky tomu lze Rankinův cyklus efektivně využít pro získávání tepla z různých nízkoteplotních zdrojů, jako jsou například spalování, průmyslová odpadní tepla či geotermální zdroje. Toto teplo je poté převedeno na užitečnou práci, kterou lze transformovat mimo jiné na elektrickou energii. ORC generátor lze efektivně využít v systémech kombinované výroby elektřiny a tepla jako náhradu za chladič kapaliny motoru [18]. Výkony bývají v rozmezí desítek kW až jednotek MW. Jak vyplývá z textu, největší výhodou těchto systémů je využití nízkopotenciálního tepla a také jejich spolehlivost. Nevýhodou je poměrně malá efektivita výroby elektrické energie a vysoké pořizovací náklady [10].

Palivové články

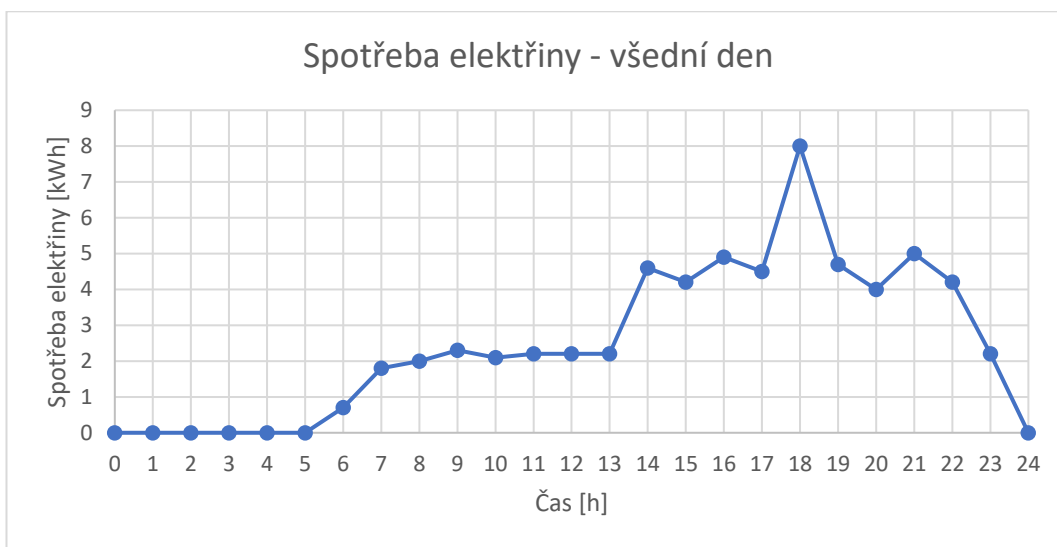
Palivové články představují zcela odlišný přístup k výrobě elektrické energie ve srovnání s tradičními technologiemi pohonných jednotek. Jsou tiché, neprodukují žádné znečišťující látky a mají minimální množství pohyblivých částí. Vyrábějí energii elektrochemicky z vodíku, který je dodáván na záporný pól (anodu) článku, a kyslíku dodávaného na kladný pól (katodu). Vodík může pocházet z různých zdrojů, ale nejekonomičtější metodou je parní reformace zemního plynu nebo kapalných paliv. Existuje několik různých kapalných a pevných médií podporujících tyto elektrochemické reakce, pro příklad můžeme uvést fosforečnou kyselinu, tavené uhličitany, pevné oxidy a membrány pro výměnu protonů [19]. Díky svým charakteristikám a škálovatelnosti jsou palivové články vhodné pro širokou škálu aplikací, od stacionárních zdrojů energie až po mobilní a dopravní systémy. Proti jejich rozšířenější aplikaci do kogeneračních jednotek mluví hlavně jejich nižší životnost, která se pohybuje u předních výrobců okolo 10 let, vysoké kapitálové náklady ve vztahu k ceně za kW vyrobené elektřiny, pokles výkonu v průběhu jejich životnosti a produkce nízkopotenciálního tepla. Výkony se pohybují nejčastěji v rozmezí jednotek až tisíců kW [10].

Na základě porovnání je patrné, že pro mikrokogenerační jednotky jsou momentálně nejvhodnějšími iniciátory spalovací motory a mikroturbíny. Tyto varianty nabízejí efektivní výkon, ekonomickou dostupnost a flexibilitu, což je klíčové pro mikrokogenerační aplikace. Spalovací motory jsou vhodné kvůli své vysoké účinnosti konverze elektřiny a cenové dostupnosti, zatímco mikroturbíny jsou preferovány kvůli své efektivitě a menší potřebě údržby. Palivové články se zdají být do budoucna perspektivními, zvláště pokud dojde ke snížení kapitálových nákladů spojených s jejich nasazením a zvýšení životnosti. Výrobci již dnes garantují životnost okolo 60 000 hodin, což při modelovém provozu jednotky znamená zhruba deset let [20]. ORC systémy i v dnešní době přinášejí přílišné

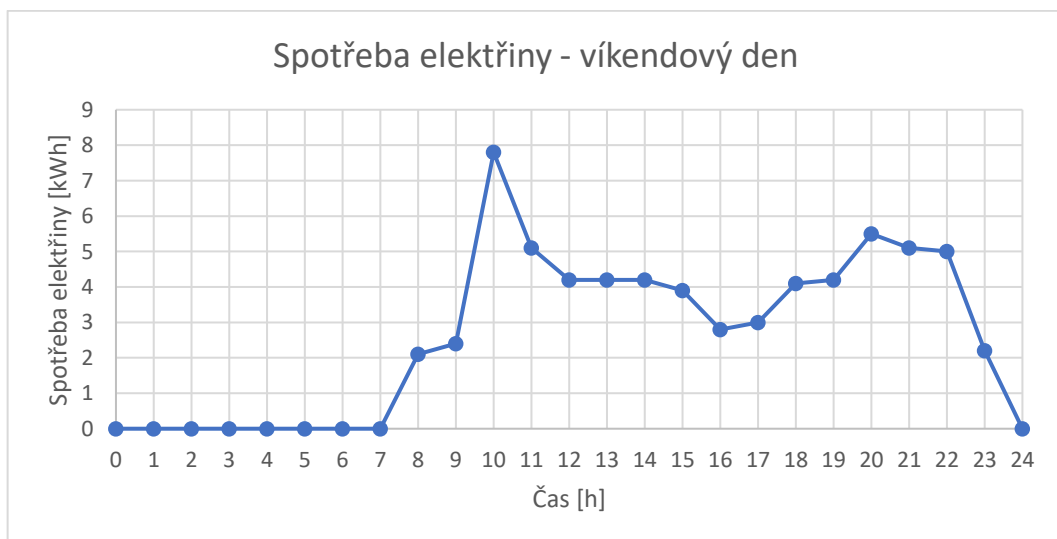
technické a ekonomické výzvy, které je třeba zohlednit při jejich implementaci a využití v mikrokogeneračních systémech. Společně s jejich poměrně nízkou účinností konverze elektřiny proto momentálně na trhu nejsou k dostání v takovém měřítku, jako jednotky se spalovacími motory, mikroturbínami, případně palivovými články.

2.3 Mikrokogenerace pro modelový rodinný dům

Při výběru vhodné jednotky do zadaného modelového rodinného domu se musí zohlednit data zadaná vedoucím práce. Ze zadání je k dispozici přesný průběh potřeby elektřiny ve všední a víkendové dny. Tyto průběhy jsou zobrazeny na Obr. 3, respektive Obr. 4.

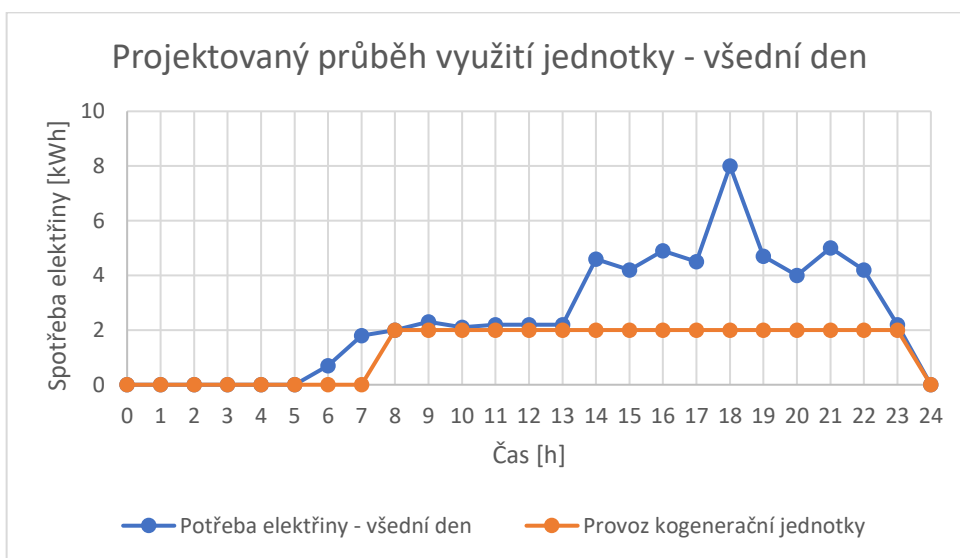


Obr. 3 - Spotřeba elektřiny ve všední den

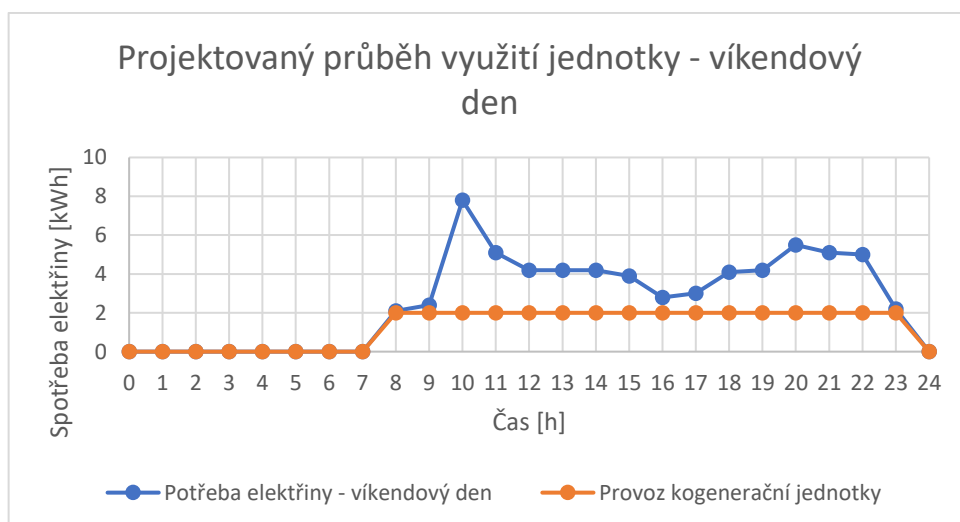


Obr. 4 - Spotřeba elektřiny ve víkendový den

Další dostupnou informací je předpoklad, že jednotka má být provozována po co nejdelší kontinuální dobu, není počítáno s investicemi do bateriových úložišť, ani s odprodejem elektřiny do sítě. Rodinný dům se nachází v Praze a sestává ze dvou bytových jednotek, první je obydlená tříčlennou rodinou a druhá je obydlená seniorním párem. Jedná se o mezigenerační dům postavený v 80. letech, konkrétně v roce 1978. Není k němu dostupná stavební dokumentace, energetický audit, ani průkaz energetické náročnosti budovy. Budova využívá zásobníkový ohřev TV a objekt není napojen na CZT. Na místě se nachází plynová přípojka. Na základě těchto informací bude vytvořen ideální výkonový průběh jednotky z hlediska produkce elektřiny v rámci všedních a víkendových dnů, který je graficky zobrazen na Obr. 5 a Obr. 6.



Obr. 5 - Ideální průběh využití jednotky během všedního dne²



Obr. 6 - Ideální průběh využití jednotky během víkendového dne³

² Příloha – Excel_DP.xlsx

³ Příloha – Excel_DP.xlsx

2.3.1 Výběr vhodné mikrokogenerační jednotky

Elektrický výkon hledané mikrokogenerační jednotky by dle grafu navrženého průběhu provozu neměl překonat 2 kW_e. Tato hodnota zajistí, že provoz jednotky bude co nejvíce kontinuální a tím pádem teoreticky dojde k jejímu nejvyššímu využití v průběhu roku. Většina komerčně dostupných jednotek o tomto elektrickém výkonu využívá spalovacích nebo Stirlingových motorů, případně palivových článků. Poměrně očekávanou komplikací je nalezení takové jednotky, respektive firmy, která má zastoupení ideálně v České republice, Německu nebo jiné zemi EU a nevzniknou tím pádem případné komplikace s nákupem, provozem, reklamací apod. Pro navržený provoz lze v době psaní diplomové práce uvažovat následující produkty.

Senertec DACHS 0.8

Parametr	Jednotka	Hodnota
Zdroj energie	-	Palivový článek
Jmenovitý výkon elektrický	kW _e	0,75
Jmenovitý výkon tepelný	kW _{th}	1,1
Stupeň účinnosti elektrický	%	-
Stupeň účinnosti tepelný	%	-
Stupeň účinnosti celkem	%	-

Tab. 1 - Kogenerační jednotka Senertec DACHS 0.8 [21]

Uvnitř palivového článku za chodu jednotky probíhá chemická reakce. Vodík a kyslík jsou spojovány do molekul vody. Během tohoto procesu vzniká teplo a energie. Tepelný výkon DACHS 0.8 je 1 100 wattů. Maximální elektrický výkon je 750 Wattů. Díky tomu je nový produkt ideální pro malé požadavky na vytápění v rodinných domech [21].

Viessmann Vitovalor PA2

Parametr	Jednotka	Hodnota
Zdroj energie	-	Palivový článek
Jmenovitý výkon elektrický	kW _e	0,75
Jmenovitý výkon tepelný	kW _{th}	1,1
Stupeň účinnosti elektrický	%	37
Stupeň účinnosti tepelný	%	-
Stupeň účinnosti celkem	%	-

Tab. 2 - Kogenerační jednotka Viessmann Vitovalor PA2 [22]

Stejně jako v případě jednotky DACHS 0.8 je zde využit palivový článek. Jednotka Vitovalor PA2 má rovněž shodný elektrický i tepelný výkon.

neoTower 2.0

Parametr	Jednotka	Hodnota
Zdroj energie	-	Zemní plyn / biometan / LPG / bioLPG
Jmenovitý výkon elektrický	kW _e	2
Jmenovitý výkon tepelný	kW _{th}	5,2
Stupeň účinnosti elektrický	%	27,8
Stupeň účinnosti tepelný	%	72,3
Stupeň účinnosti celkem	%	100,1

Tab. 3 - Kogenerační jednotka neoTower 2.0 [23]

Z těchto jednotek se jeví na první pohled nejvhodnější neoTower 2.0, která má nejen firemní zastoupení přímo v České republice, ale zároveň splňuje námi požadovaný elektrický výkon 2 kW_e [23]. V této výkonnostní hladině mikrokogeneračních jednotek jsou možnosti na českém, případně i evropském trhu velmi omezené. Vzhledem k tomu, že kategorie se definuje nejčastěji jako produkty s elektrickým výkonem menším než 50 kW_e, najdeme širší nabídku spíše pro produkty s výkony v řádech desítek nežli jednotek kW_e. Výrobci jako například Viessmann momentálně přímo pro Českou republiku ani žádné kogenerační jednotky nenabízejí [24] a řada Micro od společnosti TEDOM nabízí jednotky pouze v rozmezí 20–50 kW_e [25]. Situace v sousedním Německu je velmi podobná, navzdory nesporně větší kapacitě trhu. Do budoucna lze předpokládat, že díky vlivům jako například Energiewende [26] nebo Zelené dohodě pro Evropu [27] bude kladen čím dál větší důraz na vyšší efektivitu využití primárních zdrojů energie [28]. S tím bude spojen nucený pokrok nejen v technologiích, ale i v celkové koncepci výroby a distribuce elektřiny a tepla, přičemž lze předpokládat zvýšený zájem o decentralizaci energetiky a s tím spojené výhody. To by mělo nahrávat rozšíření kogeneračních jednotek nejen do průmyslových aplikací, ale i do menších bytových jednotek nebo domácností [29]. Pro následující výpočty a úvahy tedy bereme v potaz jednotku neoTower 2.0, jejíž parametry jsou shrnuty v Tab. 4 a v kompletní podobě v příloze – Technický list neoTower. Pokud nebude uvedeno jinak, tyto parametry jsou platné v rozsahu celé práce.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Zdroj energie	-	Zemní plyn / biometan / LPG / bioLPG
Jmenovitý výkon elektrický	kW _e	2
Jmenovitý výkon tepelný	kW _{th}	5,2
Stupeň účinnosti elektrický	%	27,8
Stupeň účinnosti tepelný	%	72,2
Stupeň účinnosti celkem	%	100
Modulace výkonu elektrická	kW _e	1,1 – 2,0
Modulace výkonu tepelná	kW _{th}	3,8 – 5,2
Využití energie	kWh	7,19
Využití kapalného plynu	kg/h	0,65
Využití kapalného plynu	l/h	1,04
Interval údržby	Bh	15 000
Výstupní teplota vody ±5 °C	°C	75

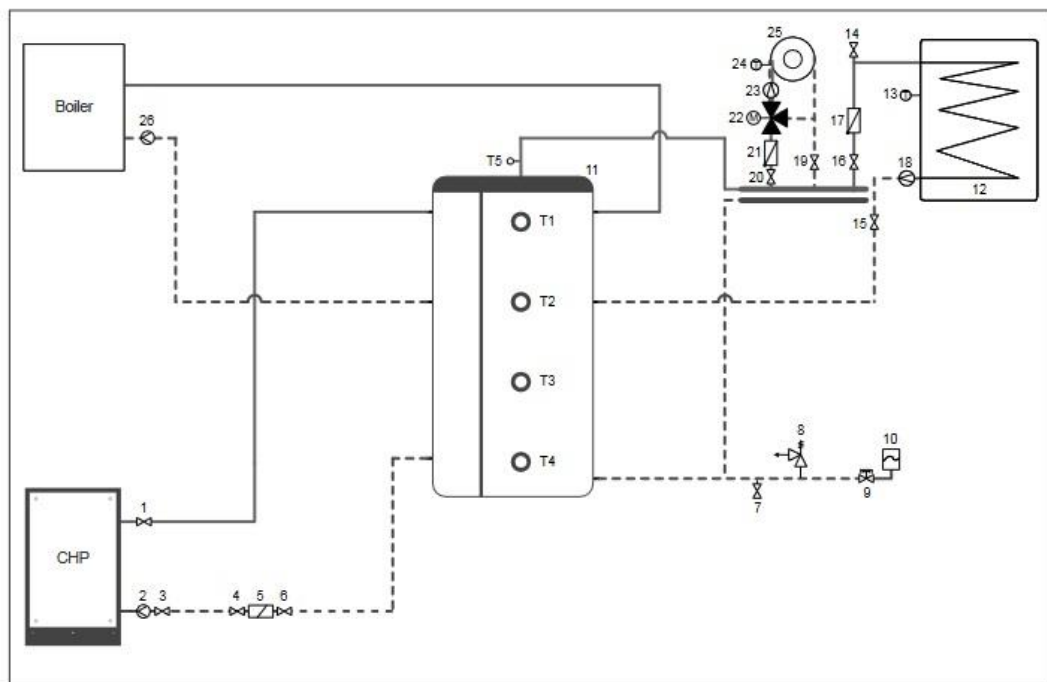
Tab. 4 - Shrnutí nejdůležitějších parametrů jednotky neoTower 2.0⁴

2.3.2 Schéma zapojení mikrokogenerační jednotky neoTower 2.0

Schéma zapojení kogenerační jednotky do rodinného domu je podrobný plán, který ukazuje, jak je jednotka integrována do domácího energetického systému. Toto schéma je důležité pro zajištění plánu instalace, bezpečnosti, efektivity a dodržení regulačních a stavebních předpisů při realizaci projektu. Od výrobce jednotky jsou k dispozici materiály s již předem navrženými možnostmi zapojení topného systému jednotky do soustavy rodinného domu [30]. Vzhledem k tomu, že není uvažována nadbytečná produkce elektřiny ani její prodej, budou tato schémata pro účely práce dostačující.

⁴ Příloha – Technický list neoTower

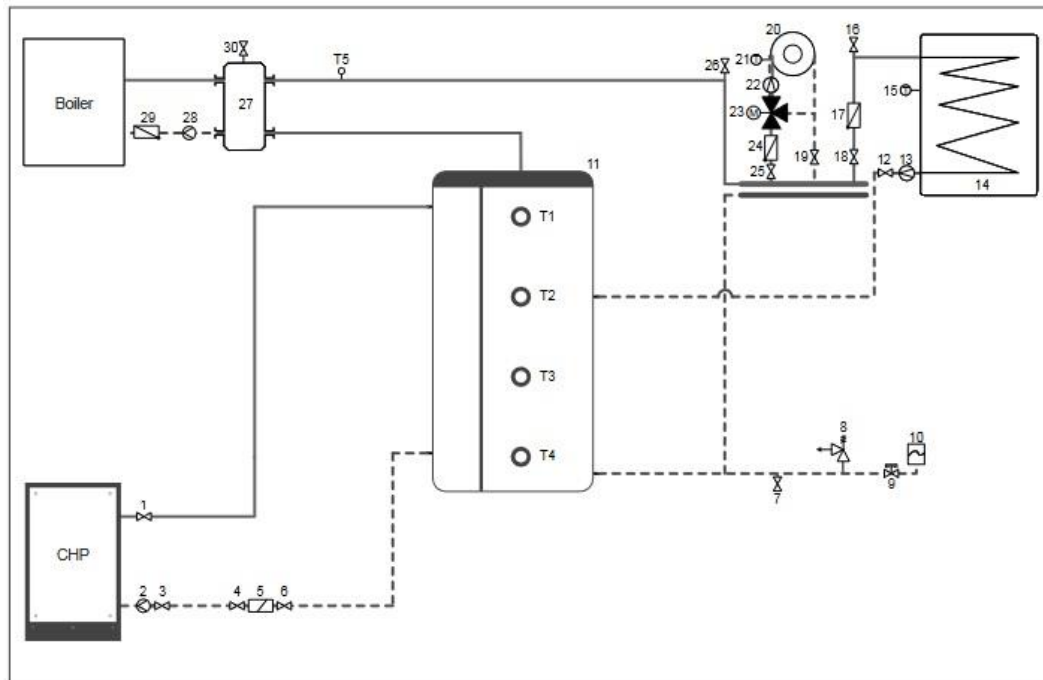
Schéma zapojení 1



- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1 Uzávěr | 19 Uzávěr |
| 2 Oběhové čerpadlo | 20 Uzávěr |
| 3 Uzávěr | 21 Zpětná klapka |
| 4 Uzávěr | 22 3cestný směšovač |
| 5 Kombinovaný filtr | 23 Oběhové čerpadlo |
| 6 Uzávěr | 24 Teplotní čidlo |
| 7 Vypouštění | 25 Spotřebič topného okruhu |
| 8 Pojistný ventil | 26 Oběhové čerpadlo |
| 9 Čepičkový ventil | |
| 10 MAG | |
| 11 Vyrovnávací zásobník | |
| 12 Zásobník pitné vody | |
| 13 Teplotní čidlo | |
| 14 Odvzdušnění | |
| 15 Uzávěr | |
| 16 Uzávěr | |
| 17 Zpětná klapka | |
| 18 Oběhové čerpadlo | |
- Přítok
 --- Zpětný tok

Obr. 7 - Schéma zapojení 1 [30]

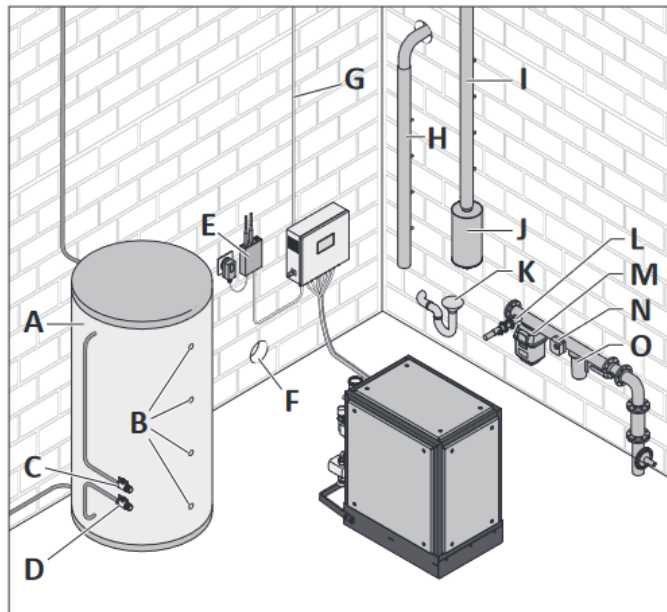
Schéma zapojení 2 - zapojení s hydraulickou výhybkou



- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| 1 Uzávěr | 19 Oběhové čerpadlo |
| 2 Oběhové čerpadlo | 20 Spotřebič topného okruhu |
| 3 Uzávěr | 21 Teplotní čidlo |
| 4 Uzávěr | 22 Odvzdušnění |
| 5 Kombinovaný filtr | 23 Hydr. výhybka |
| 6 Uzávěr | 24 Oběhové čerpadlo |
| 7 Vyrovňovací zásobník | 25 Zpětná klapka |
| 8 Zásobník pitné vody | 26 Odvzdušnění |
| 9 Oběhové čerpadlo | 27 Vypouštění |
| 10 Teplotní čidlo | 28 Pojistný ventil |
| 11 Uzávěr | 29 Čepičkový ventil |
| 12 Uzávěr | 30 MAG |
| 13 Zpětná klapka | |
| 14 Odvzdušnění | |
| 15 Uzávěr | |
| 16 Uzávěr | |
| 17 Zpětná klapka | |
| 18 3cestný směšovač | |
- Přítok
 - - - Zpětný tok

Obr. 8 - Schéma zapojení s hydraulickou výhybkou [30]

Hydraulická výhybka je kruhový válec nebo kruhové potrubní sloužící jako propojení mezi přívodním a vratným potrubím, které má několikanásobně větší průměr než tato potrubí. Díky tomu rozděluje otopnou soustavu na samostatné hydraulické okruhy a je tedy primárně využívána k oddělení výtlačné práce oběhových čerpadel v primárním okruhu od těch v sekundárním oběhu. Tím dochází k eliminaci jejich vzájemného ovlivňování. Tento typ zapojení se využívá například při zapojení více kotlů do tzv. kaskády, nebo v případě rozdělení výkonu na několik otopných větví s vlastními oběhovými čerpadly a není tedy pro tento projekt relevantní. Zapojení tedy bude voleno podle Schéma zapojení 1 [30]. Příklad kompletního zapojení jednotky v technické místnosti je vyobrazen na Obr. 9.



- A Buffer tank
- B Temperature sensor holding fixture
- C Buffer water supply line
- D Buffer water return line
- E Modem
- F Supply air opening
- G Supply voltage
- H Exhaust air duct
- I Flue gas routing
- J Flue gas silencer
- K Condensate drain
- L Gas supply
- M Gas meter
- N Gas flow monitor
- O Gas filter

Obr. 9 - Příklad zapojení jednotky v technické místnosti [30]

3 Výpočtová část

Pokud nebude uvedeno jinak, jsou všechny částky v Kč uvedeny bez DPH.

3.1 Výpočet potřeby tepla pro rodinný dům

Připomenutím není známa přesná velikost modelového rodinného mezigeneračního domu. Výpočet přesné tepelné ztráty objektu není předmětem řešení této diplomové práce. Pro všechny další výpočty bude tedy práce uvažovat hodnoty vycházející z veřejně dostupných statistik [31], [32] a volně přístupných internetových zdrojů [33]. Tyto hodnoty jsou uvedené v Tab. 5.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Podlahová plocha domu	m ²	250
Objem	m ³	~ 750
Venkovní výpočtová teplota	°C	-12
Průměrná vnitřní teplota	°C	20
Odhad tepelné ztráty objektu	kW	14

Tab. 5 - Tepelná ztráta rodinného domu [33]

3.1.1 Průměrné hodnoty denních teplot v otopné sezóně 2022/2023

V analýze potřeby tepla pro obecný objekt práce vychází z průměrných hodnot teplot v jednotlivých měsících v roce. Potřebné údaje lze získat například z dat na internetových stránkách Českého hydrometeorologického ústavu nebo v tomto případě z jiného veřejně přístupného zdroje [34]. V Tab. 6 jsou uvedeny dny otopného období a průměrná denní teplota v jednotlivých měsících otopného období 2022/2023.

Měsíc	Průměrná venkovní teplota [°C] (t_{es})	Dny otopného období [d]
09/2022	14,1	13
10/2022	12,2	25
11/2022	5,4	30
12/2022	2,5	30
01/2023	4,2	30
02/2023	3,8	28
03/2023	7,0	29
04/2023	8,8	28
05/2023	15,3	13

Tab. 6 - Průměrné hodnoty denních teplot v otopném období 2022/2023 [34]

3.1.2 Určení potřeby tepla na vytápění a přípravu teplé vody

Pro určení potřeby tepla v jednotlivých měsících bude využit výpočet využívající metodu denostupňů. K tomu se použije následující výpočtový vztah [35]:

$$D^{\circ}(t_{is}) = d \cdot (t_{is} - t_{es}) \quad (1)$$

Kde t_{is} představuje průměrnou vnitřní teplotu, t_{es} průměrnou venkovní teplotu, d počet otopných dnů v daném měsíci a D° denostupně charakterizované příslušnou vnitřní teplotou. Hodnoty d a t_{es} jsou známé z Tab. 6. Průměrná vnitřní teplota t_{is} je známa z Tab. 5. Pro příklad bude uveden výpočet pro měsíc září roku 2022. Všechny ostatní měsíce budou vypočítány stejnou metodikou.

$$D^{\circ}_{\text{září}}(t_{20}) = 13 \cdot (t_{20} - t_{14,1}) = 76,7 \quad (2)$$

Vypočtené hodnoty denostupňů pro jednotlivé měsíce jsou zobrazeny v Tab. 7.

Měsíc	Průměrná venkovní teplota [°C] (t_{es})	Dny otopného období [d]	Denostupně [D°]
09/2022	14,1	13	76,7
10/2022	12,2	25	195
11/2022	5,4	30	438
12/2022	2,5	30	542,5
01/2023	4,2	30	489,8
02/2023	3,8	28	453,6
03/2023	7,0	29	377
04/2023	8,8	28	313,6
05/2023	15,3	13	61,1

Tab. 7 - Hodnoty denostupňů charakterizovaných průměrnou vnitřní teplotou 20 °C⁵

Na základě výše uvedených údajů je možné s využitím této metody určit roční potřebu tepla na vytápění například pomocí volně přístupné internetové kalkulačky [36]. V této pomůcce je potřeba dbát na zadání správných hodnot vyplývajících z již uvedených předpokladů a výpočtů. Pro přehlednější prezentaci jsou důležité hodnoty pro vyplnění do pomůcky shrnuty v Tab. 8. Výstupní hodnoty kalkulátoru jsou zaneseny do Tab. 9. Při převodu jednotek je použita obecně známá rovnice:

$$1 \text{ MWh} = 3,6 \text{ GJ} \quad (3)$$

⁵ Příloha – Excel_DP_2.xlsx

Parametr	Jednotka	Hodnota
Délka otopného období	D	228
Venkovní výpočtová teplota	°C	-12
Průměrná teplota během otopného období 2022/2023	°C	8,1
Průměrná vnitřní teplota	°C	20
Tepelná ztráta domu	kW	14
Počet osob	-	5
Potřeba teplé vody denně ⁶	m ³	0,41
Koeficient energetických ztrát systému ⁷	-	2

Tab. 8 - Shrnutí hodnot vyplňovaných do kalkulační pomůcky

Parametr	Jednotka	Hodnota
Potřeba energie na vytápění	GJ/rok	76,7
Potřeba energie na vytápění	MWh/rok	21,3
Potřeba energie na ohřev teplé vody	GJ/rok	73,1
Potřeba energie na ohřev teplé vody	MWh/rok	20,3
Potřebná energie na ohřev teplé vody	kJ/den	232 560
Potřebná energie na ohřev teplé vody	kWh/den	64,4

Tab. 9 - Shrnutí výstupních hodnot z pomocného kalkulačního nástroje⁸

3.1.3 Potřeby tepla v měsíčním a ročním rozlišení

Kombinací zjištěných údajů ohledně rozdělení roční potřeby tepla dle technologie a vypočítanými hodnotami denostupňů v jednotlivých měsících je možno vyjádřit potřebu tepla dle technologie v měsíčním rozlišení. Potřeba tepla na ohřev teplé

⁶ Uvažujeme 0,082 m³/osobu den [36]

⁷ Vzhledem ke stáří stavby je volen parametr z = 2 [36]

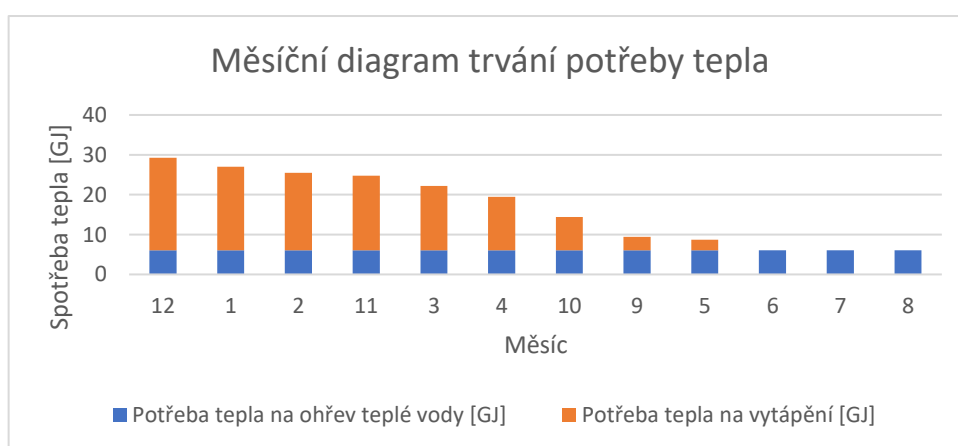
⁸ Příloha – Výstup kalkulátoru tzb-info

vody bude uvažována rovnoměrně rozložena napříč celým rokem. Výsledky měsíčního rozlišení jsou vidět v Tab. 10 a graficky v Obr. 10 a Obr. 11.

Měsíc	Potřeba tepla na ohřev teplé vody [GJ]	Potřeba tepla na vytápění [GJ]
09/2022	6,1	2
10/2022	6,1	5,1
11/2022	6,1	11,4
12/2022	6,1	14,1
01/2023	6,1	12,7
02/2023	6,1	11,8
03/2023	6,1	9,8
04/2023	6,1	8,2
05/2023	6,1	1,6
06/2023	6,1	0
07/2023	6,1	0
08/2023	6,1	0
SUMA	73,1	76,7

Tab. 10 - Měsíční rozlišení potřeby tepla⁹

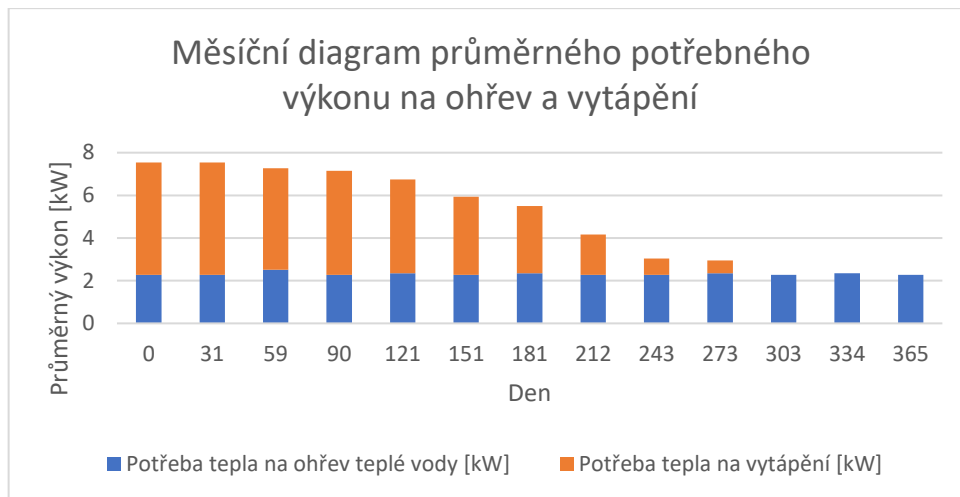
Sumární hodnoty provedeného výpočtu pomocí programu Excel se až na drobnou odchylku, pravděpodobně způsobenou zaokrouhlením hodnot, shodují s hodnotami vypočtenými pomocí kalkulační pomůcky uvedenými v Tab. 9.



Obr. 10 - Měsíční diagram trvání potřeby tepla¹⁰

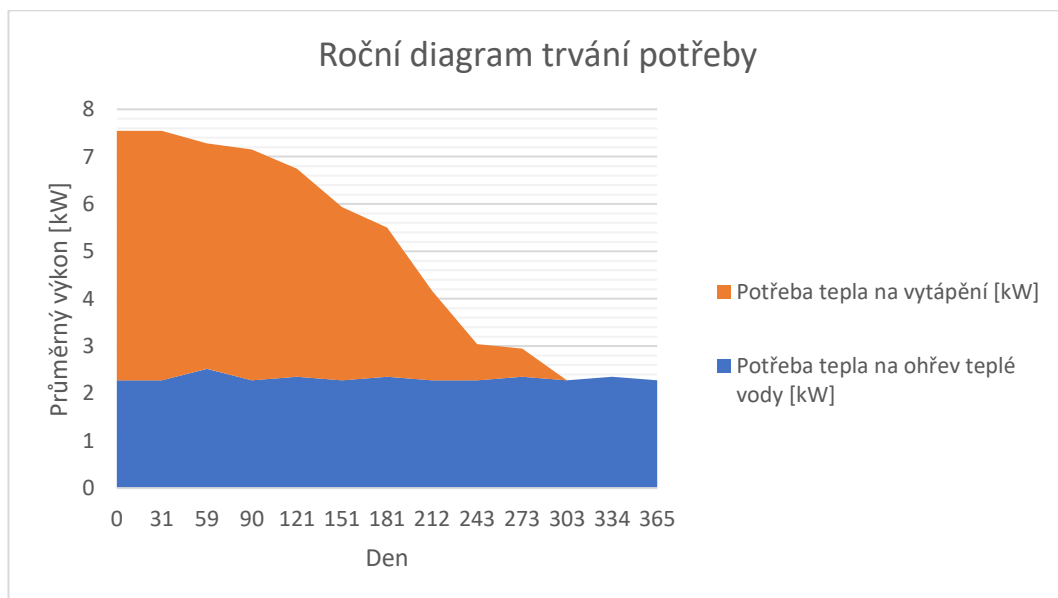
⁹ Příloha – Excel_DP_2.xlsx

¹⁰ Příloha – Excel_DP_2.xlsx



Obr. 11 - Diagram průměrného potřebného výkonu v daných měsících¹¹

Grafické znázornění ročního diagramu potřeby tepla v jednotkách kW vidíme na Obr. 12.



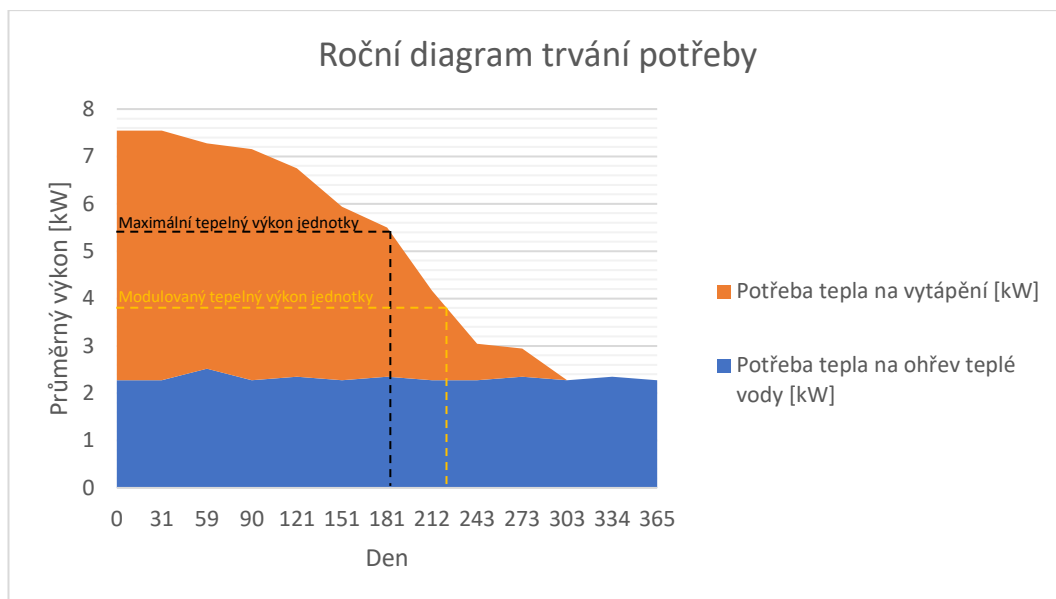
Obr. 12 - Roční diagram trvání potřeby tepla¹²

3.1.4 Předběžné stanovení ročního provozu kogenerační jednotky

Pro připomenutí zvolená kogenerační jednotka disponuje tepelným výkonem rovným 5,2 kW_{th}. Proložení ročního diagramu trvání potřeby tepla lze získat přesnější představu o provozu navržené jednotky v průběhu roku viz. Obr. 13. Černá přerušovaná příčka představuje maximální tepelný výkon jednotky, žlutá pak minimální výkon dosažený pomocí modulace výkonu jednotky dle technické příručky [23].

¹¹ Příloha – Excel_DP_2.xlsx

¹² Příloha – Excel_DP_2.xlsx



Obr. 13 - Roční diagram trvání potřeby tepla se zvýrazněným tepelným výkonem jednotky neoTower 2.0¹³

Z grafu je zřejmé, že jednotka bude na svůj nominální výkon provozována 181 dní a poté pomocí modulace jejího výkonu, tedy postupného snižování jejího tepelného výkonu na minimální možnou hodnotu 3,8 kW_{th} [23], ještě přibližně dalších 39 dní. Tuto dobu je potenciálně možné zvýšit díky využití vhodné akumulční nádoby, kam by se ukládalo přebytečné teplo pro pozdější užívání a jednotka by mohla být alespoň částečně v provozu po zbytek roku. Průměrnou tepelnou ztrátu v otopném období lze spočítat pomocí následující rovnice¹⁴:

$$\dot{Q}_{z'} = Q_{z(t_e)} \cdot \frac{t_i - t_{es}}{t_i - t_e} \quad (4)$$

$$\dot{Q}_{z'} = Q_{z(-12)} \cdot \frac{20 - 8,1}{20 - (-12)} = 5,2 \text{ kW} \quad (5)$$

Výpočtová hodnota průměrné tepelné ztráty v definovaném otopném období se shoduje s nominálním výkonem vybrané jednotky neoTower 2.0.

3.2 Výběr vhodné akumulční nádoby pro jednotku neoTower 2.0

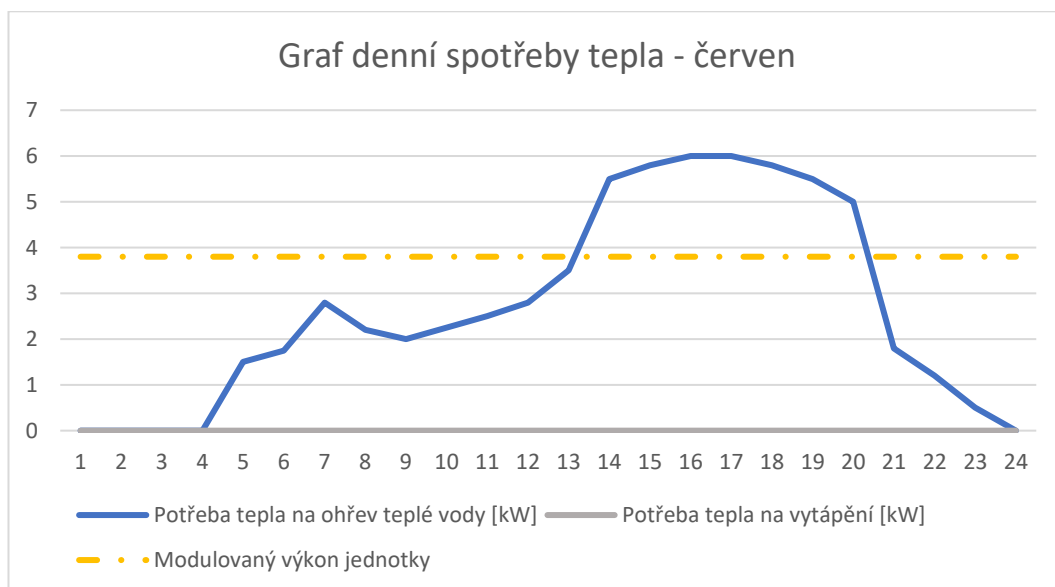
Akumulční nádoba pro rodinné domy je zařízení sloužící k uchování teplé vody nebo tepla pro pozdější využití. Tato nádoba umožňuje efektivní správu tepla, což je zvláště výhodné v systémech vytápění a při využití obnovitelných zdrojů energie, jako jsou solární kolektory nebo tepelná čerpadla. Ve své podstatě akumulční nádoba funguje jako tepelný rezervoár, který shromažďuje a uchovává teplo generované vytápěcím systémem. Teplo je pak v případě potřeby distribuováno do různých částí domu. Díky tomu lze vyrovnávat kolísání v tepelné produkci

¹³ Příloha – Excel_DP_2.xlsx

¹⁴ Rovnice schválena školitelem při odborné konzultaci

a poptávce, což zvyšuje celkovou efektivitu energetického systému domácnosti a snižuje energetické náklady. Akumulační nádoby jsou konstruovány tak, aby minimalizovaly tepelné ztráty, a jsou obvykle izolovány pro udržení teploty vody nebo tepla po delší dobu. Mohou být navrženy pro různé teplotní režimy a objemy, v závislosti na potřebách a velikosti rodinného domu. Jejich integrace do domácího vytápěcího systému je klíčová pro zvýšení energetické účinnosti, zejména v kombinaci s nízkoenergetickými vytápěcími systémy a využitím obnovitelných zdrojů energie [37]. Nejdůležitějším z faktorů pro výběr vhodné nádoby je objem vody, který musí být dostupný pro efektivní akumulaci tepla. V případě menší akumulární nádrže by mohlo docházet k tepelné ztrátě vlivem odpadního tepla a tím pádem celkové nižší efektivitě výroby elektrické energie. Naopak příliš velká nádrž by znamenala vyšší investiční náklady a větší prostorové nároky na instalaci. Tato studie se nezabývá žádnými dalšími potenciálními investicemi do budoucna, jakými mohou například být solární kolektory. Proto je nádrž vybírána bez požadavků na přídavné výměníky právě pro tyto systémy.

Pro stanovení vhodného výkonu a zařízení je potřeba vytvořit denní diagram spotřeby tepla v letních dnech. Jakožto reprezentaci dne s nejmenší spotřebou tepla je uveden modelový den v měsíci červnu. Diagram na Obr. 14 je vytvořen pomocí odhadnu potřeby distribuce tepla v průběhu dne a řídí se primárně zadanou křivkou spotřeby elektřiny.

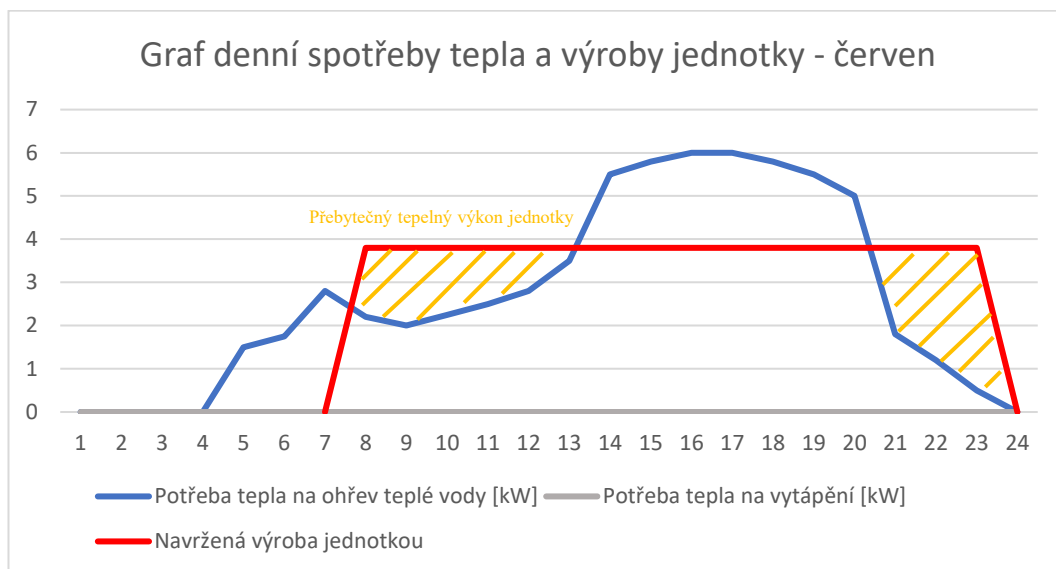


Obr. 14 - Graf zobrazující potřebu tepla v modelový červnový den¹⁵

Navržený diagram zároveň sumárně odpovídá vypočítané potřebě energie na denní ohřev vody, viz. Tab. 9.

¹⁵ Příloha – Excel_DP_2.xlsx

Pro navržený provoz jednotky již zobrazený na Obr. 5 by graf vypadal následovně:



Obr. 15 - Graf zobrazující návrhový provoz jednotky během letního dne¹⁶

Při výběru vhodné akumulční nádoby je nutné zaměřit se na oblasti grafu, ve kterých červená křivka výroby tepla kogenerační jednotkou převyšuje nad potřebou tepla pro ohřev teplé vody. Jednoduchým výpočtem v programu Excel je zjištěno, že jednotka v těchto oblastech produkuje celkově 12,65 kW_{th}. Pro vyrovnání křivky produkce jednotky a potřeby tepla na ohřev teplé vody je tedy nutno zvolit akumulční nádobu dle následujících výpočtů. Pro výpočty důležité jsou okrajové hodnoty teploty zpátečky¹⁷ a předpokládaná teplota ovlivněná schopností soustavy vyrábět TV, která je definována na 60°C.

Výpočet pro maximální teplotu zpátečky

$$m = \frac{Q_{\text{přebytečné}}}{c_p \cdot (T_1 - T_{2\text{max}})} = \frac{45\,540 \text{ [kJ]}}{4,178 \cdot (80 \text{ [}^\circ\text{C]}^{18} - 70 \text{ [}^\circ\text{C]})} \cong 1\,090 \text{ kg} \quad (6)$$

$$V_{\text{nádrže}} = \frac{m}{\rho} = \frac{1090 \text{ [kg]}}{988 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cong 1\,103 \text{ l} \quad (7)$$

Výpočet pro minimální teplotu zpátečky

$$m = \frac{Q_{\text{přebytečné}}}{c_p \cdot (T_1 - T_{2\text{max}})} = \frac{45\,540 \text{ [kJ]}}{4,178 \cdot (80 \text{ [}^\circ\text{C]} - 20 \text{ [}^\circ\text{C]})} \cong 182 \text{ kg} \quad (8)$$

$$V_{\text{nádrže}} = \frac{m}{\rho} = \frac{182 \text{ [kg]}}{988 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} \cong 184 \text{ l} \quad (9)$$

¹⁶ Příloha – Excel_DP_2.xlsx

¹⁷ Viz. Příloha – Technický list neoTower

¹⁸ Výstupní teplota vody viz. Tab. 4

Výpočet pro předpokládanou teplotu zpátečky

$$m = \frac{Q_{\text{přebytečné}}}{c_p \cdot (T_1 - T_{2\text{max}})} = \frac{45\,540 \text{ [kJ]}}{4,178 \cdot (80 \text{ [}^\circ\text{C]} - 60 \text{ [}^\circ\text{C]})} \cong 545 \text{ kg} \quad (10)$$

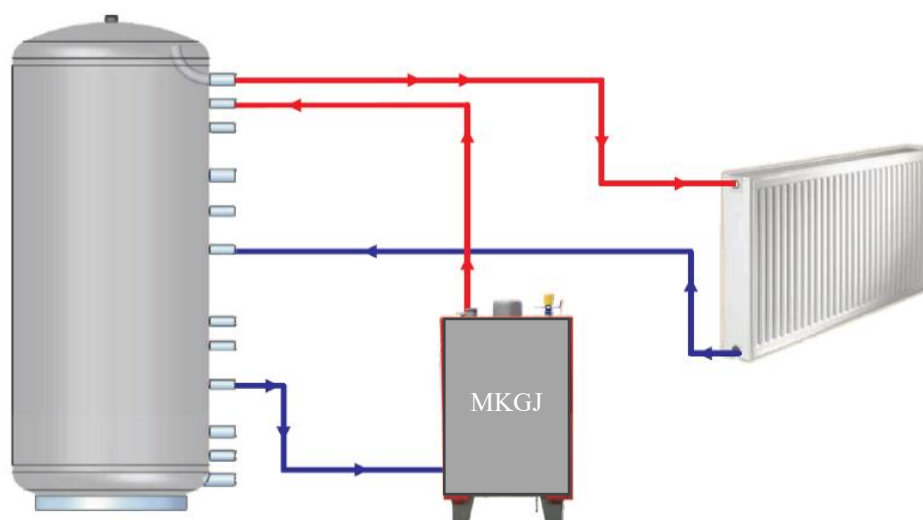
$$V_{\text{nádrže}} = \frac{m}{\rho} = \frac{545 \text{ [kg]}}{988 \text{ [} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \text{]}} \cong 552 \text{ l} \quad (11)$$

Pro zajištění dostatečné kapacity úložiště teplé vody bude tedy nutno volit nádobu o objemu nejméně 552 l. Po průzkumu českého trhu připadají v úvahu následující akumulční nádrže

Akumulační nádrž LMG 800 0V

Parametr	Jednotka	Hodnota
Objem	l	800
Průměr	mm	790
Výška	mm	1899
Celková hmotnost	kg	130
Provozní teplota	°C	0-95
Požizovací cena	Kč	9 436 Kč

Tab. 11 - Parametry nádrže LMG 800 0V [38]



Obr. 16 - Příklad zapojení akumulční nádrže LMG 800 0V [38]

Pro co nejoptimálnější provoz nádrže je vhodné dokoupení izolačního materiálu. Dodavatel v tomto případě nabízí jako nejvhodnější variantu kombinace PUR + plachta. Pro zvolenou nádrž vychází pořizovací cena této izolace na 6 265 Kč. Celková částka za kombinaci nádrže a izolace se rovná 15 701 Kč.

Akumulační nádrž DRAŽICE NAD 750 V2 včetně izolace

Parametr	Jednotka	Hodnota
Objem	l	772
Průměr	mm	750
Výška	mm	2028
Celková hmotnost	kg	101
Provozní teplota	°C	0-90
Požizovací cena	Kč	14 783 Kč

Tab. 12 - Parametry nádrže DRAŽICE NAD 750 V2 [39]

Akumulační nádrž Q Termo ENERGY 750-100 s izolací

Parametr	Jednotka	Hodnota
Objem	l	750
Průměr	mm	950
Výška	mm	1950
Celková hmotnost	kg	131
Provozní teplota	°C	0-95
Požizovací cena	Kč	20 707 Kč

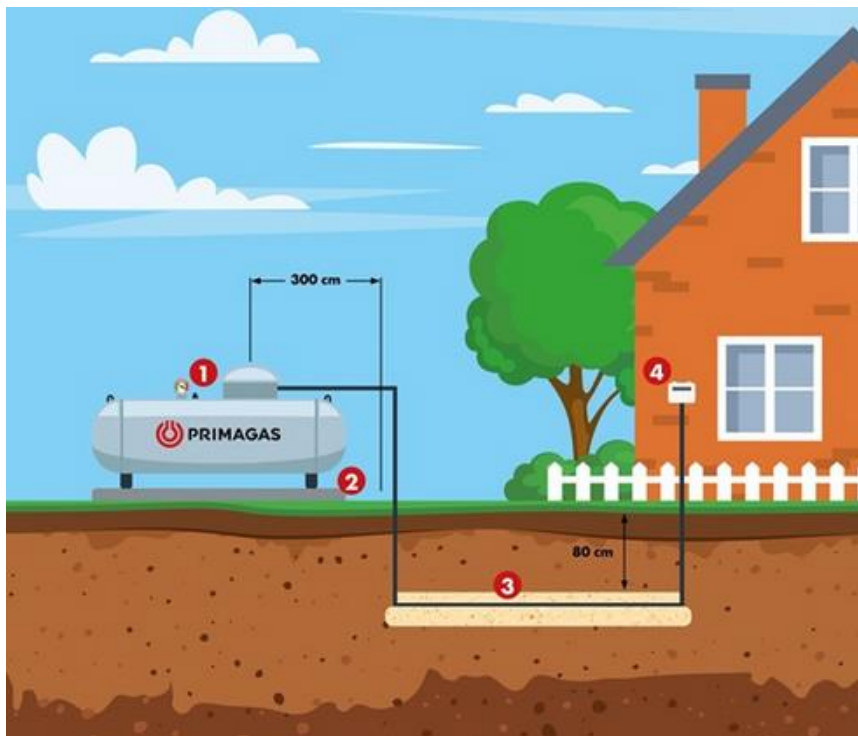
Tab. 13 - Parametry nádrže Q Termo ENERGY 750-100 [40]

Z hlediska ceny je nejvýhodnější akumulční nádrž DRAŽICE NAD 750 V2 včetně izolace. Tato nádrž disponuje zároveň i dostatečnou kapacitou z hlediska výpočtu a má rezervu, pokud by nastala situace, ve které by byla potřeba pro využití jinými otopnými systémy než tímto projektem.

3.3 Výběr vhodného zásobníku na LPG

Modelový rodinný dům sice má dostupnou přípojku zemního plynu, nicméně z hlediska ekonomického zhodnocení bude počítáno i s možností, že jednotku budeme provozovat na LPG. Rozdíl mezi propanem a propan butanem je zejména v jejich schopnosti odpařit se. Propan se vypařuje při teplotách až do -45 °C , kdežto butan pouze při teplotách nad $-0,5\text{ °C}$ což vylučuje jeho použití v chladném prostředí. Vzhledem k tomu, že předpokládáme využití v zimě a také protože společnost PRIMAGAS začíná plnit zásobníky výhradně propanem, bude dále pro účely této práce uvažován pohon jednotky na čistý propan. Ten má také vyšší výhřevnost na 1 kg, a to sice 46 MJ [41]. Nadzemní zásobníky propanu lze instalovat s větší jednoduchostí než zásobníky umístěné pod zemí. Pro zásobník

s objemem do 5 kubických metrů není vyžadováno stavební povolení. Obvykle se umísťuje na betonový panel, který slouží jako základna. Okolo zásobníku je nutné zachovat ochranné pásmo o šířce tří metrů. Pro stabilitu a bezpečnost je zásobník kotven k betonové podložce a zároveň je provedeno jeho elektrické uzemnění. Instalace zásobníku propanu u rodinného domu zahrnuje několik klíčových komponent a procesů, které zajišťují jeho správnou funkci a bezpečnost. Stavoznak funguje jako indikátor hladiny plynu v zásobníku. Při poklesu hladiny plynu pod 30 % je doporučeno zajistit jeho doplnění. Pod krytem armatur se nachází regulátor tlaku, uzávěry pro kapalnou a plynnou fázi, plnicí a pojistný ventil, který zabraňuje přetlakování zásobníku. Plynové potrubí vedoucí od zásobníku k plynoměru je uloženo v hloubce 80 cm pod zemí a je opatřeno ochranou proti korozi. Okolo potrubí je v zemi vytvořeno pískové lože. Katodická ochrana zásobníku zabraňuje korozi a prodlužuje životnost zásobníku. Je instalována poblíž zásobníku a zajišťuje jeho stabilitu pomocí kotvicích lan [42].



Obr. 17 - Umístění nadzemního zásobníku [42]

V případě společnosti PRIMAGAS zásobník zůstává majetkem dodavatele a platí se za něj nájem, který by se měl pohybovat v řádu stovek korun měsíčně, přičemž počáteční investice do zásobníku by se měla pohybovat v nižších desítkách tisíc korun. [43]. Pro rodinné domy společnost doporučuje volbu zásobníku s kapacitou 1,2 t nebo 2,1 t plynu. Ty mají energetickou kapacitu 15,5 MWh, respektive 27,1 MWh [42].

V případě plánovaného provozu jednotky po dobu 16 hodin denně a minimálně 180 dní v roce, při vlastní spotřebě 0,56 kg LPG za hodinu je spotřeba rovna

$$m = 16 \cdot 180 \cdot 0,56 = 1612,8 \frac{\text{kg LPG}}{\text{rok}} \quad (12)$$

Ve studii [44] zabývající se výhodami zásobníků nad plynovými lahvemi došel autor k závěru, že hranice, nad kterou se již vyplatí mít instalovaný zásobník LPG se pohybuje okolo 800 kg propanu. Při spotřebě více jak dvojnásobně je tedy v případě využití LPG, jakožto primárního paliva pro jednotku, vhodné zásobník nainstalovat a využívat místo jiných alternativ. Nejvhodnější se v tomto případě jeví zásobník o kapacitě 2,1 tun plynu, který by stačilo doplňovat pouze jedenkrát za rok a tím by se snížily náklady za dopravu. Na českém trhu jsou možná řešení jak od firmy PRIMAGAS [43], tak od firmy TOMEGAS [45], které disponují vhodnými zásobníky a zároveň nabízejí jak prvotní instalaci, tak veškeré doplňkové služby. Pro účely této práce bude zvolen zásobník od společnosti PRIMAGAS, která má na svých internetových stránkách detailněji popsání odhadované náklady pro tuto technologii. V případě, že by šlo o praktičtější studii bylo by určitě vhodné jednotlivé firmy popsat ohledně přesnějších nákladů a podmínek, nicméně pro účely této práce budou stačit odhadované náklady popsání v Tab. 14.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Projektová dokumentace a uzemní souhlas	Kč	11 850
Stavební připravenost pozemku, panel pod zásobník	Kč	5 530
Doprava, uzemnění, ukotvení a revize zásobníku	Kč	13 430
Regulátor, napojení zásobníku na otopnou	Kč	18 960
Revize, tlakové zkoušky, odkouření komína	Kč	4 740
Pronájem zásobníku	Kč/rok	1 896
Poplatek za údržbu a revizi	Kč/rok	948

Tab. 14 - Rozpis odhadovaných investičních a servisních nákladů při využití zásobníku LPG [43]

Investiční náklady činí celkově 54 510 Kč, servisní pak 2 844 Kč. Ty v případě ekonomického hodnocení provozu jednotky na LPG musíme připočítat ke kapitálovým a servisním nákladům.

3.4 Stanovení investičních nákladů

Pro výpočet ekonomické životaschopnosti projektu je potřeba stanovit předpokládané investiční náklady na projekt. Jedná se primárně o náklady spojené s pořízením zařízení a jeho zapojením. Počítat se musí i náklady na stavební práce, odhlučnění, připojení na elektroinstalaci, rozvody apod. Náklady na tyto úkony budou označeny jako náklady na stavební připravenost. Ta je stanovena jako

$$\text{Cena mikrokogenerační jednotky} + \text{Cena akumulární nádoby} = \text{Stavební připravenost} \quad (13)$$

Obvykle se pro výpočet nákladů na stavební připravenost stanovuje nižší procento z nákladů na zařízení, okolo 50–70 %, avšak vzhledem k vývoji cen materiálu v posledních měsících a relativně vysoké inflaci byla na základě odborné konzultace stanoven požadavek na vyšší finanční rezervu a tím pádem se částka zvyšuje na 100 % výše zmíněných nákladů. Rozpis investičních nákladů lze vidět v Tab. 15.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Jednotka neoTower 2.0	Kč	88 330 ¹⁹
Akumulární nádoba DRAŽICE NAD 750 V2 včetně izolace	Kč	14 783
Stavební úpravy	Kč	103 113
Celkové investiční náklady	Kč	202 266

Tab. 15 - Investiční náklady

Dále je na řadě stanovení porovnávacích nákladů na dodávku elektřiny ze sítě, zemního plynu a LPG.

3.5 Současná platba za teplo

Momentálně je jako palivo využíváno Mostecké uhlí ořech 2 od společnosti Optimtop. Cena uhlí byla odečtena ze stránek společnosti a je platná k 18.10.2023. Doprava je zajišťována společností Optimtop a je započítána do ceny uhlí [46]. Výpočet celkových nákladů za palivo je zobrazen v tabulce níže. Celková spotřeba uhlí je vypočítána následovně:

$$\frac{\text{Potřeba tepla} \left[\frac{\text{GJ}}{\text{rok}} \right]}{\text{Výhřevnost uhlí} \left[\frac{\text{GJ}}{\text{kg}} \right]} * \frac{1}{\text{Účinnost kotle} [-]} = \text{Celková spotřeba uhlí} \quad (14)$$

¹⁹ Cena stanovena na základě odborných konzultací se školitelem

Parametr	Jednotka	Hodnota
Spotřeba tepla na vytápění	GJ/rok	76,7
Spotřeba tepla na ohřev teplé vody	GJ/rok	73,1
Hnědé uhlí ořech 2 - Most		
Cena	Kč/kg	6,9
Výhřevnost	MJ/kg	20
Kotel		
Účinnost	%	70
Spotřeba paliva	kg/rok	10 700
Cena paliva	Kč/rok	73 830

Tab. 16 - Náklady za spotřebované uhlí²⁰

3.6 Současná platba za elektrickou energii

Elektrická energie je momentálně ze sta procent odebírána za sítě, přičemž je k 1.6.2023 uzavřena smlouva s distributorem PREdistribuce, a.s., konkrétně tarif D 01d²¹.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Roční spotřeba elektřiny	MWh/rok	23
Tarif D 01d		
Vysoký tarif	MWh	23
Nízký tarif	MWh	0
Cena za dodávku elektrické energie		
Vysoký tarif	Kč/MWh	3 989
	Kč/rok	91 747
Stálá platba	Kč/měsíc	99
	Kč/rok	1 188
Celkem za dodávku elektrické energie	Kč/rok	92 935

²⁰ Příloha – Excel_DP_2.xlsx

²¹ Příloha – Ceník elektřiny pro domácnosti – PRE

Regulovaná složka ceny elektrické energie		
Stálá platba za rezervovanou kapacitu	Kč/měsíc	64
	Kč/rok	768
Vysoký tarif	Kč/MWh	1 694
	Kč/rok	38 960
Celkem distribuce	Kč/rok	39 728
Daň z elektrické energie	Kč/MWh	28,3
	Kč/rok	651
Systémové služby	Kč/MWh	113,5
	Kč/rok	2 611
Činnost OTE	Kč/rok	41
POZE	Neuplatňuje se ²²	
Celková cena		
Celková cena bez DPH	Kč/rok	135 966
Celková cena za 1 MWh bez DPH		5 912

Tab. 17 - Náklady na výkup elektřiny ze sítě

3.7 Provozní cash-flow využití mikrokogenerační jednotky v otopném období

Cash-flow v kontextu projektu se týká toku peněžních prostředků spojených s konkrétním projektem během jeho životního cyklu. Poskytuje klíčové informace o tempu a rozložení příjmů a výdajů, což je zásadní pro hodnocení finanční životaschopnosti, efektivity a potenciálního rizika projektu. Je také nezbytný pro hodnocení jeho finančních rizik. Pozornost je věnována otázkám jako jsou likvidita, možné výkyvy v cash-flow, a schopnost projektu generovat dostatečné peněžní prostředky pro pokrytí všech svých závazků a investičních potřeb. Efektivní management cash-flow je proto kritickým prvkem pro úspěšnou realizaci a trvalou udržitelnost jakéhokoli projektu. Provozní cash-flow projektu je specifickým typem peněžního toku, který se týká přímých příjmů a výdajů spojených s denním provozem projektu. Klíčovým aspektem provozního cash-flow je, že se zaměřuje

²² Nařízení vlády č. 298/2022 Sb. Nařízení vlády o stanovení cen elektřiny a plynu v mimořádné tržní situaci a o stanovení s tím souvisejícího nejvyššího přípustného rozsahu majetkového prospěchu zákazníka. In: *Zákony pro lidi* [online]. AION CS, 2010-2023 [cit. 2023-12-19]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2022-298>

na peněžní toky vzniklé v důsledku základních operací projektu, nikoli na investiční nebo finanční aktivity. PCF projektu zahrnuje

Příjmy z provozu

Toto jsou příjmy generované projektovými aktivitami, jako jsou prodej produktů nebo služeb, poplatky za využití, nebo jiné operativní příjmy. Tyto příjmy jsou přímým výsledkem hlavních činností projektu.

Operativní Výdaje

Jsou to výdaje potřebné pro běžný provoz projektu, jako jsou platby zaměstnancům, náklady na suroviny nebo zboží, nájemné, energie, údržba a opravy, administrativní výdaje, a další běžné provozní náklady.

Provozní cash-flow je významný ukazatel, protože odráží skutečnou operativní výkonnost. Oproti například účetnímu zisku, který může být ovlivněn řadou účetních konvencí, poskytuje jasný pohled na skutečné peněžní toky vygenerované projektovými aktivitami. Také ukazuje likviditu projektu, tedy informuje o schopnosti projektu generovat dostatek hotovosti k pokrytí operativních výdajů a krátkodobých závazků a pomáhá v plánování a rozpočtování. Provozní cash-flow je často součástí výkazu peněžních toků projektu, který pomáhá managementu a investorům posoudit schopnost projektu udržet a rozvíjet své operativní aktivity [47].

3.7.1 Stanovení roční spotřeby paliva jednotkou

Pro zachování jednodlosti při výpočtech je nutné porovnat spotřebu jednotky provozované na zemní plyn a na LPG ve srovnatelných jednotkách. Pro zemní plyn bude využit převod uvedený v [48]:

$$1 \text{ m}^3 = 10,55 \text{ kWh} \quad (15)$$

Obdobně pro LPG bude použit následující převod uvedený v [41]:

$$1 \text{ kg} = 13 \text{ kWh} \quad (16)$$

Výhřevnost zemního plynu Q_{i_ZP} bude určena pomocí veřejně dostupných dat [49] jako:

$$Q_{i_ZP} = 33,48 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \quad (17)$$

Výhřevnost propanu Q_{i_propan} bude určena pomocí veřejně dostupných dat [50] jako:

$$Q_{i_propan} = 93,57 \frac{\text{MJ}}{\text{m}^3} \quad (18)$$

Spotřeba zemního plynu je udávána většinou v m^3 . Pro přepočítání na spotřebu jednotky bude využita hustota jednotlivých plynů při referenční teplotě a tlaku.

Hustota zemního plynu pro teplotu $t = 0^\circ$ a tlak $p = 0,10$ MPa je rovna $0,72 \text{ kg/m}^3$.
 Hustota propanu pro teplotu $t = 0^\circ$ a tlak $p = 0,10$ MPa je rovna $2,02 \text{ kg/m}^3$ [51].

Přepočet spotřeby propanu na m^3/h :

$$\frac{0,56 \frac{\text{kg}}{\text{h}}}{2,02 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}} = 0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (19)$$

Díky znalosti výhřevnosti, která udává množství energie uvolněné spálením jednotky paliva, tedy m^3 , lze nyní vypočítat spotřebu zemního plynu jednotkou následovně:

$$0,278 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} * \frac{93,57}{33,48} \text{ MJ/m}^3 \cong 0,78 \frac{\text{m}^3}{\text{h}} \quad (20)$$

Pro ověření výpočtu můžeme využít například veřejně přístupný zdroj [49], který využívá průměrné hodnoty výhřevností paliva pro Českou republiku.

Zemní plyn	33,48 MJ/m ³	<input type="radio"/>	0,78	m ³
Propan	46,40 MJ/kg	<input checked="" type="radio"/>	0,56	kg

Obr. 18 - Ověření spotřeby zemního plynu jednotkou [49]

Nyní lze určit hodinovou spotřebu zemního plynu a LPG v jednotkách kWh. Pro zemní plyn tuto hodnotu určíme pomocí rovnice:

$$\text{Spotřeba jednotkou} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] * 10,55^{23} = \text{Spotřeba jednotkou} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{h}} \right] \quad (21)$$

$$0,78 \left[\frac{\text{m}^3}{\text{h}} \right] * 10,55 = 8,23 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{h}} \right] \quad (22)$$

Pro LPG budou výpočty vypadat následovně:

$$\text{Spotřeba jednotkou} \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] * 13^{24} = \text{Spotřeba jednotkou} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{h}} \right] \quad (23)$$

$$0,56 \left[\frac{\text{kg}}{\text{h}} \right] * 13 = 7,28 \left[\frac{\text{kWh}}{\text{h}} \right] \quad (24)$$

Se znalostí hodinové spotřeby paliva jednotkou bude nyní určena celková spotřeba jednotlivých paliv pro návrhovou dobu provozu.

²³ Viz. Rovnice 15

²⁴ Viz. Rovnice 16

Parametr	Jednotka	Hodnota
Návrhové období provozu jednotky	dny	181
Denní provoz jednotky	h	16
Hodinová spotřeba jednotky – zemní plyn	kWh/h	8,23
Hodinová spotřeba jednotky – LPG	kWh/h	7,28

Tab. 18 - Přehled vstupních parametrů pro výpočet roční spotřeby jednotky

$$\begin{aligned}
 & \text{Hodinová spotřeba}_{\text{typ paliva}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{h}} \right] \cdot \text{Délka návrhového období [dny]} \cdot \\
 & \text{Denní provoz jednotky [h]} = \text{Roční spotřeba}_{\text{typ paliva}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \right] \quad (25)
 \end{aligned}$$

Po dosazení hodnot pro oba druhy paliva jsou roční spotřeby následující:

Parametr	Jednotka	Hodnota
Roční spotřeba jednotky – zemní plyn	kWh/rok	23 831
Roční spotřeba jednotky – LPG	kWh/rok	21 083

Tab. 19 - Roční spotřeba jednotky pro jednotlivé typy paliv

3.7.2 Stanovení palivových nákladů

Palivové náklady jsou náklady spojené s nákupem a používáním paliva pro energetické, vytápěcí, průmyslové, dopravní nebo jiné účely. Tyto náklady jsou klíčovým faktorem ve finančním plánování jak pro podniky, tak pro domácnosti, jelikož ovlivňují celkové provozní výdaje. Dle ceníků společnosti Pražská plynárenská Distribuce, a.s.²⁵ a internetových stránek společnosti PRIMAGAS [43] jsou ceny za odběr paliv následující:

Parametr	Jednotka	Hodnota
Zemní plyn	Kč/kWh	1,55
LPG	Kč/kWh	2,1

Tab. 20 – Obchodní ceny paliv

²⁵ Příloha – Ceník plynu pro domácnosti a malooběratele – PPD

Výpočtem stanovíme roční palivové náklady pro jednotlivé varianty provozu.

$$\text{Obchodní cena}_{\text{typ paliva}} \left[\frac{\text{Kč}}{\text{kWh}} \right] \cdot \text{Roční spotřeba jednotkou}_{\text{typ paliva}} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{rok}} \right] = \text{Roční palivové náklady}_{\text{typ paliva}} \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] \quad (26)$$

Parametr	Jednotka	Hodnota
Roční palivové náklady – zemní plyn	Kč/rok	36 938
Roční palivové náklady – LPG	Kč/rok	44 063

Tab. 21 - Roční palivové náklady

3.7.3 Stanovení nákladů na údržbu jednotky

Interval údržby je definován jako plánované časové období mezi jednotlivými údržbovými cykly zařízení, stroje, vozidla nebo systému. Tento interval je klíčový pro zajištění optimálního výkonu, spolehlivosti, bezpečnosti a dlouhodobé životnosti daného zařízení nebo systému. Interval údržby je obvykle stanoven výrobcem na základě rozsáhlých testů a analýz výkonu a opotřebení zařízení. Správné dodržování stanovených intervalů údržby je nezbytné pro předcházení neočekávaným poruchám a prodloužení životnosti zařízení. Zanedbání údržby může vést k předčasným poruchám, zvýšeným provozním nákladům, snížení výkonu nebo dokonce k bezpečnostním rizikům. V případě jednotky neoTower 2.0 je tento interval stanoven dodavatelem na 15 000 provozních hodin [23]. Náklady na servis zařízení byly na základě konzultací vyčísleny na 15 000 Kč. Pro stanovený návrh provozu jednotky by se tak tento úkon prováděl jednou za 5 let.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Roční provoz jednotky	h/rok	2 896
Náklady na servisní úkony	Kč/interval	15 000 ²⁶
Roční náklady na servis jednotky	Kč/rok	3 000

Tab. 22 - Náklady na údržbu jednotky

3.7.4 Stanovení dosažených úspor

Se znalostí ročních nákladů na provoz zařízení nyní práce vyčíslí dosažené úspory díky jeho provozování. Budou zde uvažovány jak úspory za vytápění, tak za dodanou elektrickou energii. Pro účel výpočtu provozního cash-flow projektu budou tyto údaje považovány za zisk pramenící z projektu. Nejprve je nutno vyčíslit roční produkci elektřiny a tepla, poté lze pomocí těchto hodnot zisk vyčíslit.

²⁶ Částka uvedena na základě odborných konzultací se školitelem

Výroba elektřiny

$$\text{Jmenovitý výkon elektrický } [kW_{el}] \cdot \text{Roční provozní doba jednotky } [h] = \text{Vyrobená elektřina } [kWh] \quad (27)$$

$$2 [kW_{el}] \cdot 2\,896 [h] = 5\,792 [kWh] \quad (28)$$

Výroba tepla

$$\text{Jmenovitý výkon tepelný } [kW_{th}] \cdot \text{Roční provozní doba jednotky } [h] = \text{Vyrobené teplo } [kWh] \quad (29)$$

$$5,2 [kW_{th}] \cdot 2\,896 [h] = 15\,059 [kWh] \quad (30)$$

Parametr	Jednotka	Hodnota
Roční výroba elektřiny	kWh/rok	5 792
Cena za dodávku elektřiny ze sítě	Kč/kWh	5,91
Roční úspora za dodávku elektřiny	Kč/rok	34 242
Roční výroba tepla	kWh/rok	15 059
Cena za dodávku zemního plynu	Kč/kWh	1,55
Cena za dodávku LPG	Kč/kWh	2,1
Roční úspora za dodávku zemního plynu	Kč/rok	23 342
Roční úspora za dodávku LPG	Kč/rok	31 474

Tab. 23 - Přehled ročních úspor

3.7.5 Stanovení provozního cash-flow projektu

Termín provozní cash-flow a jeho důležitost byl již výše v této práci popsán. K jeho určení jsou nyní dostupné veškeré potřebné hodnoty, kterými se zabývaly minulé kapitoly. Výpočtové hodnoty jsou zobrazeny v Tab. 24 a pro výpočet PCF byla využita rovnice:

$$\text{Projektové zisky (úspory)} \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] - \text{Náklady na provoz projektu} \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] = \text{Provozní cash - flow} \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] \quad (31)$$

Parametr	Jednotka	Hodnota
Roční palivové náklady – zemní plyn	Kč/rok	36 938
Roční palivové náklady – LPG	Kč/rok	44 063
Roční náklady na servis jednotky	Kč/rok	3 000
Roční náklady na revizi LPG zásobníku	Kč/rok	2 844
Roční úspora za dodávku – zemní plyn	Kč/rok	23 342
Roční úspora za dodávku – LPG	Kč/rok	31 474
Roční úspora za dodávku – elektřina	Kč/rok	34 242
Provozní cash-flow – zemní plyn	Kč/rok	17 646
Provozní cash-flow – LPG	Kč/rok	15 809

Tab. 24 - Provozní cash-flow projektu

Při využití zemního plynu jako paliva pro pohon jednotky dosáhneme každý rok úspory 17 646 Kč, pro LPG je pak úspora rovna 15 809 Kč. K vypočteným hodnotám je nutno podotknout, že úspory jsou v tomto případě počítány vůči plynovému kotli, který by se provozoval v závislosti na dostupném palivu a nezahrnují účinnosti zařízení ani soustavy.

3.8 Stanovení LCOE

LCOE neboli Levelized Cost of Electricity je ekonomický ukazatel, který se používá k posouzení nákladů na výrobu elektřiny v průběhu životního cyklu energetického zařízení nebo projektu. Tento ukazatel představuje průměrné náklady na vyrobenou jednotku elektrické energie, např. kilowatthodinu, přičemž zahrnuje všechny náklady spojené s výstavbou, provozem, údržbou a likvidací zařízení. LCOE určuje, zda projekt dosáhne bodu zvratu nebo bude ziskový a umožňuje finančním analytikům porovnávat různé technologie výroby energie, jako jsou větrná, solární a jaderná energetika [51]. Umožňuje tato srovnání bez ohledu na nerovnoměrnou délku životnosti, rozdílné kapitálové náklady, velikost projektů a rozdílná rizika spojená s každým projektem. To je způsobeno tím, že LCOE odráží náklady na jednotku vyrobené elektrické energie a riziko každého projektu je implikací specifické diskontní sazby použité pro každé aktivum pro výrobu elektrické energie [52]. Oproti NPV, jenž hodnotí celkovou ziskovost projektu zohledněním všech budoucích peněžních toků, se LCOE specificky zaměřuje na náklady spojené s výrobou elektřiny během životního cyklu zařízení. NPV má širší uplatnění, zatímco LCOE je více specializovaný ukazatel běžně používaný v energetickém sektoru. [51].

Výpočet LCOE zahrnuje následující klíčové složky:

Počáteční kapitálové náklady

Tyto náklady zahrnují výdaje na plánování, výstavbu a spuštění energetického zařízení. Jsou to jednorázové náklady vzniklé na začátku životního cyklu projektu [51]. V případě tohoto projektu se tedy jedná o náklady spojené s pořízením jednotky, akumulární nádoby, stavebními úpravami a případným využitím zásobníku na LPG.

Provozní a údržbové náklady

Jedná se o průběžné náklady spojené s provozem a údržbou zařízení. Zahrnují například náklady na palivo, pracovní sílu, materiály, údržbu a opravy [52]. Tento projekt zahrnuje pouze náklady na palivo a servis.

Náklady na likvidaci

Náklady na odstranění zařízení a rehabilitaci místa po ukončení jeho životnosti [51]. Výpočet těchto nákladů není u tohoto projektu stěžejní pro správné určení hodnoty LCOE a práce ho tedy zanedbá.

Diskontní sazba

Používá se k převedení budoucích nákladů a výnosů na současnou hodnotu [52]. Diskontní sazba odráží časovou hodnotu peněz a riziko spojené s projektem. V České republice pomocí manipulace s diskontní sazbou reguluje základní úroveň úrokových sazeb Česká národní banka. Tato sazba je klíčovým determinantem ceny úvěru pro spotřebitele, neboť z ní banky odvozují své vlastní úrokové sazby. ČNB má k dispozici dva hlavní nástroje související s diskontní sazbou. Pokud ČNB sníží diskontní sazbu, výsledkem je zvýšení množství peněz v oběhu. Tento krok vede k poklesu nákladů na všechny typy úvěrů, čímž se podporuje ekonomická aktivita. Naopak, když ČNB zvýší diskontní sazbu, dochází k omezení množství volných peněžních prostředků v oběhu. Tento krok je součástí její monetární politiky a je zaměřen na omezení inflace nebo přehřívání ekonomiky. Reakcí komerčních bank na zvýšení diskontní sazby je zpravidla zvýšení jejich vlastních úrokových sazeb, což vede k zdražení úvěrů. Takto ČNB prostřednictvím regulace diskontní sazby ovlivňuje úroveň likvidity v ekonomice a celkové úvěrové podmínky, což má významný dopad na ekonomickou aktivitu a stabilitu [53]. V průběhu psaní této práce se hodnota diskontní sazby několikrát změnila, primárně kvůli vysoké míře inflace v České republice zaviněné různými geopolitickými vlivy, epidemií covid-19 a v neposlední řadě energetickou krizí. Z veřejně dostupných dat ČNB byla pro účely této práce zvolena diskontní sazba rovna 6 % platná k 23.6.2022 [54]. Oproti normálu za posledních 10 let se jedná o poměrně vysokou hodnotu a lze pravděpodobně předpokládat její pokles v následujících letech. Kvůli tomuto předpokladu a díky nasbíraným zkušenostem při studiu, kde se při využití ukazatele

diskontní míry projektu obvykle jeho hodnoty pohybovaly okolo šesti až sedmi procent, bude uvažovaná diskontní míra tohoto projektu shodná s výše zmíněnou hodnotou diskontní sazby ČNB, tedy 6 %.

Celková vyprodukovaná elektrická energie

Celkové množství energie vyrobené zařízením během jeho očekávané životnosti. V tomto případě bude pro výpočet uvažována konstantní hodnota 5 792 kWh.

LCOE se vypočítává podle vzorce, kde se součet kapitálových, provozních a likvidačních nákladů dělí celkovým množstvím vyrobené elektřiny, přičemž se všechny budoucí toky peněz přepočítávají na současnou hodnotu pomocí diskontní sazby [52]. Vzorec může být vyjádřen pomocí následující rovnice:

$$LCOE = \frac{\sum_{t=1}^n \left[\frac{I_t + M_t + F_t}{(1+r)^t} \right]}{\sum_{t=1}^n \left[\frac{E_t}{(1+r)^t} \right]} \quad (32)$$

I_t = Investiční výdaje v roce t včetně počátečních kapitálových nákladů a investic během životního cyklu.

M_t = Servisní náklady v roce t .

F_t = Palivové náklady v roce t .

E_t = Množství energie vyrobené v roce t .

r = Diskontní sazba reflektující časovou hodnotu peněz a riziko projektu.

n = Životnost projektu ve letech.

Přestože je LCOE užitečným nástrojem pro srovnání nákladů na výrobu elektřiny, je třeba mít na paměti, že nezohledňuje externí náklady, jako jsou environmentální, sociální nebo zdravotní dopady různých zdrojů energie [51]. V Tab. 25 jsou v přehledné formě potřebné parametry vypsány.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Investiční výdaje	Kč	206 226
Servisní náklady	Kč/rok	3 000
Palivové náklady – zemní plyn	Kč/rok	36 938
Palivové náklady – LPG	Kč/rok	44 063
Množství vyrobené energie	kWh/rok	5 792
Diskontní sazba	%	6
Životnost projektu	let	20

Tab. 25 - Přehled parametrů pro výpočet LCOE

3.8.1 Stanovení LCOE – palivo zemní plyn

Pro výpočet ukazatele byl využit programovací jazyk Python, načež byly vypočtené hodnoty ověřeny pomocí programu Excel. Ukázku kódu lze vidět na Obr. 19.

```

1 # Vstupní hodnoty
2 kapitalove_naklady = 206226 # Kapitálové náklady v Kč
3 provozni_naklady_rocne = 39938 # Roční provozní a údržbové náklady v Kč
4 zivotnost_let = 20 # Doba životnosti projektu v letech
5 rocni_produkce_kwh = 5792 # Roční produkce elektřiny v kWh
6 diskontni_sazba = 0.06 # Diskontní sazba
7
8 # Výpočet současné hodnoty (PV) budoucích provozních nákladů
9 soucasna_hodnota_provozni_naklady = sum([provozni_naklady_rocne / ((1 + diskontni_sazba) ** rok) for rok in range(1, zivotnost_let + 1)])
10
11 # Výpočet celkových nákladů (kapitálové + současná hodnota provozních)
12 celkove_naklady = kapitalove_naklady + soucasna_hodnota_provozni_naklady
13
14 # Výpočet současné hodnoty (PV) celkové produkce elektřiny
15 soucasna_hodnota_produkce_kwh = sum([rocni_produkce_kwh / ((1 + diskontni_sazba) ** rok) for rok in range(1, zivotnost_let + 1)])
16
17 # Výpočet LCOE
18 lcoe = celkove_naklady / soucasna_hodnota_produkce_kwh
19 print(celkove_naklady)
20 print(soucasna_hodnota_produkce_kwh)
21 print(lcoe)

```

Obr. 19 - Python – výpočet LCOE pro zemní plyn²⁷

Tab. z programu Excel je vidět na Obr. 20.

			Rok	Operační náklady	Výroba energie
Počáteční investice	206 226,00	Kč	1	243 903,67	5 464,15
Náklady na palivo - zemní plyn	36 938,34	Kč/rok	2	35 544,98	5 154,86
Servisní náklady	3 000,00	Kč/rok	3	33 533,00	4 863,07
Výroba elektřiny	5 792,00	kWh	4	31 634,90	4 587,81
Životnost projektu	20	let	5	29 844,25	4 328,12
Diskontní sazba	6%		6	28 154,95	4 083,13
			7	26 561,27	3 852,01
			8	25 057,81	3 633,97
			9	23 639,44	3 428,28
			10	22 301,36	3 234,22
			11	21 039,02	3 051,15
			12	19 848,13	2 878,45
			13	18 724,65	2 715,52
			14	17 664,76	2 561,81
			15	16 664,87	2 416,80
			16	15 721,58	2 280,00
			17	14 831,68	2 150,94
			18	13 992,15	2 029,19
			19	13 200,14	1 914,33
			20	12 452,96	1 805,97
			SUMA	664 315,56	66 433,78
LCOE				10,00 Kč/kWh	

Obr. 20 - Excel – výpočet LCOE pro zemní plyn²⁸

Vypočtená hodnota LCOE při využití zemního plynu jako paliva se v obou případech rovná 10 Kč/kWh.

²⁷ Příloha Python.py

²⁸ Příloha – Excel_DP.xlsx

3.8.2 Stanovení LCOE – palivo LPG

Pro výpočet ukazatele byl využit programovací jazyk Python, načež byly vypočtené hodnoty ověřeny pomocí programu Excel. Ukázku kódu lze vidět na Obr. 21.

```

1 # Vstupní hodnoty
2 kapitalove_naklady = 260736 # Kapitálové náklady v Kč
3 provozni_naklady_rocne = 49907 # Roční provozní a údržbové náklady v Kč
4 zivotnost_let = 20 # Doba životnosti projektu v letech
5 rocní_produkce_kwh = 5792 # Roční produkce elektřiny v kWh
6 diskontní_sazba = 0.06 # Diskontní sazba
7
8 # Výpočet současné hodnoty (PV) budoucích provozních nákladů
9 soucasna_hodnota_provozni_naklady = sum([provozni_naklady_rocne / ((1 + diskontní_sazba) ** rok) for rok in range(1, zivotnost_let + 1)])
10
11 # Výpočet celkových nákladů (kapitálové + současné hodnoty provozních)
12 celkove_naklady = kapitalove_naklady + soucasna_hodnota_provozni_naklady
13
14 # Výpočet současné hodnoty (PV) celkové produkce elektřiny
15 soucasna_hodnota_produkce_kwh = sum([rocní_produkce_kwh / ((1 + diskontní_sazba) ** rok) for rok in range(1, zivotnost_let + 1)])
16
17 # Výpočet LCOE
18 lcoe = celkove_naklady / soucasna_hodnota_produkce_kwh
19 print(celkove_naklady)
20 print(soucasna_hodnota_produkce_kwh)
21 print(lcoe)

```

Obr. 21 - Python – výpočet LCOE pro LPG²⁹

			Rok	Operační náklady	Výroba energie
Počáteční investice	206 226,00	Kč	1	307 818,28	5 464,15
Náklady na palivo - LPG	44 063,22	Kč/rok	2	44 417,25	5 154,86
Servisní náklady	3 000,00	Kč/rok	3	41 903,06	4 863,07
Výroba elektřiny	5 792,00	kWh	4	39 531,19	4 587,81
Životnost projektu	20	let	5	37 293,58	4 328,12
Diskontní sazba	6%		6	35 182,62	4 083,13
Investice do zásobníku na LPG	54 510,00	Kč	7	33 191,15	3 852,01
Náklady na revize zásobníku	2 844,00	Kč/rok	8	31 312,41	3 633,97
			9	29 540,01	3 428,28
			10	27 867,93	3 234,22
			11	26 290,50	3 051,15
			12	24 802,36	2 878,45
			13	23 398,45	2 715,52
			14	22 074,01	2 561,81
			15	20 824,54	2 416,80
			16	19 645,79	2 280,00
			17	18 533,77	2 150,94
			18	17 484,68	2 029,19
			19	16 494,99	1 914,33
			20	15 561,31	1 805,97
			SUMA	833 167,87	66 433,78
LCOE				12,54 Kč/kWh	

Obr. 22 - Excel – výpočet LCOE pro LPG³⁰

Vypočtená hodnota LCOE při využití LPG jako paliva se v obou případech rovná 12,54 Kč/kWh.

²⁹ Příloha Python.py

³⁰ Příloha – Excel_DP.xlsx

Parametr	Jednotka	Hodnota
Cena dodávky elektřiny ze sítě	Kč/kWh	5,91
LCOE – zemní plyn	Kč/kWh	10
LCOE – LPG	Kč/kWh	12,54

Tab. 26 - Porovnání LCOE pro jednotlivá paliva a ceny elektřiny ze sítě

Jak lze vidět z Tab. 26 ani jedna z vypočtených hodnot LCOE není nižší než současná platba za kWh elektrické energie dodané z vnější sítě. Hodnocení projektu tedy vychází z pohledu tohoto ukazatele negativně.

3.9 Diskontovaná doba návratnosti projektu

Diskontovaná doba návratnosti projektu, zkratkou DDN, je metoda používaná k vyhodnocení doby, kterou projekt potřebuje k tomu, aby se jeho počáteční investiční náklady vrátily, s přihlédnutím k časové hodnotě peněz. Tato metoda je podobná tradiční době návratnosti, ale zohledňuje diskontní sazbu, aby převedla budoucí peněžní toky na jejich současnou hodnotu. To umožňuje realističtější hodnocení návratnosti investice, protože peníze mají v čase různou hodnotu [55]. Bod zlomu v případě diskontované doby návratnosti odpovídá časovému bodu, kdy diskontované peněžní toky, výnosy nebo úspory projektu, kumulativně dosáhnou výše počátečních investičních nákladů a projekt začne generovat čistý zisk. Diskontovaná doba návratnosti tedy ukazuje, jak dlouho trvá dosáhnout tohoto bodu s přihlédnutím k časové hodnotě peněz [56].

3.9.1 Stanovení diskontované doby návratnosti – zemní plyn

Obdobně jako při výpočtu LCOE bude využit programovací jazyk Python a pro ověření výpočtu program Excel. Jelikož nelze využít přímého výpočtu, bude použita iterační metoda, přičemž se pro každý rok vypočítá a sumarizuje diskontovaná hodnota peněžních toků, dokud celková sumarizovaná hodnota nedosáhne nebo nepřekročí počáteční investici. Tento proces se opakuje pro každý následující rok, dokud není kritérium splněno. Výsledky je možné vidět na Obr. 23 a Obr. 24.

```

1 # Vstupní hodnoty pro variantu zemní plyn
2 kapitalove_naklady = 206226 # Kapitálové náklady v Kč
3 diskontni_sazba = 0.06 # Diskontní sazba
4 peněžni_toky_var1 = 17646 # Roční peněžní tok pro variantu zemní plyn
5
6 # Funkce pro výpočet diskontované doby návratnosti
7 def diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky, diskontni_sazba):
8     celkové_náklady = kapitalove_naklady
9     doba_návratnosti = 0
10
11     while celkové_náklady > 0:
12         doba_návratnosti += 1
13         diskontovaný_tok = peněžni_toky / ((1 + diskontni_sazba) ** doba_návratnosti)
14         celkové_náklady -= diskontovaný_tok
15
16     return doba_návratnosti
17
18 # Výpočet diskontované doby návratnosti pro variantu zemní plyn
19 doba_návratnosti_var1 = diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky_var1, diskontni_sazba)
20
21 # Výsledek
22 print(f"Diskontovaná doba návratnosti pro variantu zemní plyn je: {doba_návratnosti_var1} let")
23
n: 1, Col: 1

```

▶ Run ↔ Share ⌘ Command Line Arguments

Diskontovaná doba návratnosti pro variantu zemní plyn je: 21 let

Obr. 23 - Python – výpočet DDN pro zemní plyn³¹

Rok	Cash-flow	Diskontovaný cash-flow	Kumulativní DCF
1	17 646 Kč	16 647 Kč	16 647 Kč
2	17 646 Kč	15 705 Kč	32 352 Kč
3	17 646 Kč	14 816 Kč	47 167 Kč
4	17 646 Kč	13 977 Kč	61 144 Kč
5	17 646 Kč	13 186 Kč	74 330 Kč
6	17 646 Kč	12 440 Kč	86 770 Kč
7	17 646 Kč	11 735 Kč	98 505 Kč
8	17 646 Kč	11 071 Kč	109 576 Kč
9	17 646 Kč	10 444 Kč	120 021 Kč
10	17 646 Kč	9 853 Kč	129 874 Kč
11	17 646 Kč	9 296 Kč	139 170 Kč
12	17 646 Kč	8 769 Kč	147 939 Kč
13	17 646 Kč	8 273 Kč	156 212 Kč
14	17 646 Kč	7 805 Kč	164 017 Kč
15	17 646 Kč	7 363 Kč	171 380 Kč
16	17 646 Kč	6 946 Kč	178 326 Kč
17	17 646 Kč	6 553 Kč	184 879 Kč
18	17 646 Kč	6 182 Kč	191 061 Kč
19	17 646 Kč	5 832 Kč	196 893 Kč
20	17 646 Kč	5 502 Kč	202 395 Kč
21	17 646 Kč	5 191 Kč	207 586 Kč

Obr. 24 - Excel – výpočet DDN pro zemní plyn³²

Pokud by se tedy mikrokogenerační jednotka provozovala na zemní plyn, pohybovala by se diskontovaná doba návratnosti projektu na hodnotě 21 let. Vzhledem k tomu, že plánovaná životnost projektu je nastavena na 20 let, projekt není v tomto stádiu pro investora z hlediska finanční stránky ničím přínosný.

³¹ Příloha Python.py

³² Příloha – Excel_DP.xlsx

3.9.2 Stanovení diskontované doby návratnosti – LPG

Zde je využit stejný postup jako v předchozí kapitole, ovšem pro jiné vstupní hodnoty. Výsledky je možné vidět na Obr. 25 a Obr. 26.

```

1 # Vstupní hodnoty pro variantu LPG
2 kapitalove_naklady = 260736 # Kapitálové náklady v Kč
3 diskontni_sazba = 0.06 # Diskontní sazba
4 peněžni_tok_var2 = 15809 # Roční peněžní tok pro variantu LPG
5
6 # Funkce pro výpočet diskontované doby návratnosti
7 def diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky, diskontni_sazba):
8     celkové_náklady = kapitalove_naklady
9     doba_návratnosti = 0
10
11     while celkové_náklady > 0:
12         doba_návratnosti += 1
13         diskontovaný_tok = peněžni_toky / ((1 + diskontni_sazba) ** doba_návratnosti)
14         celkové_náklady -= diskontovaný_tok
15
16     return doba_návratnosti
17
18 # Výpočet diskontované doby návratnosti pro variantu LPG
19 doba_návratnosti_var2 = diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky_var2, diskontni_sazba)
20
21 # Výsledek
22 print(f"Diskontovaná doba návratnosti pro variantu LPG je: {doba_návratnosti_var2} let")
23
n: 1, Col: 1
▶ Run Share $ Command Line Arguments
Diskontovaná doba návratnosti pro variantu LPG je: 79 let

```

Obr. 25 - Python – výpočet DDN pro LPG³³

Rok	Cash-flow	Diskontovaný cash-flow	Kumulativní DCF
1	15 809 Kč	14 914 Kč	14 914 Kč
2	15 809 Kč	14 070 Kč	28 984 Kč
3	15 809 Kč	13 273 Kč	42 257 Kč
4	15 809 Kč	12 522 Kč	54 779 Kč
5	15 809 Kč	11 813 Kč	66 592 Kč
6	15 809 Kč	11 145 Kč	77 737 Kč
7	15 809 Kč	10 514 Kč	88 251 Kč
8	15 809 Kč	9 919 Kč	98 169 Kč
9	15 809 Kč	9 357 Kč	107 527 Kč
10	15 809 Kč	8 828 Kč	116 354 Kč

.

.

.

76	15 809 Kč	189 Kč	260 336 Kč
77	15 809 Kč	178 Kč	260 514 Kč
78	15 809 Kč	168 Kč	260 682 Kč
79	15 809 Kč	158 Kč	260 840 Kč

Obr. 26 - Excel – výpočet DDN pro LPG³⁴

³³ Příloha Python.py

³⁴ Příloha – Excel_DP.xlsx

Pokud by se mikrokogenerační jednotka provozovala na LPG, pohybovala by se diskontovaná doba návratnosti projektu okolo 79 let. Tato hodnota dalece překračuje všechny rozumné investiční horizonty.

3.10 Citlivostní analýza provozu jednotky

Citlivostní analýza provozu mikrokogenerační jednotky je proces, který zkoumá, jak různé proměnné ovlivňují výkon, efektivitu a ekonomiku kogenerační jednotky. Cílem této analýzy je identifikovat, které faktory mají největší dopad na provozní výsledky a finanční návratnost tohoto projektu a posoudit míru rizika a nejistoty spojené s těmito proměnnými. V energetice, kde jsou projekty často kapitálově náročné a vystaveny různým tržním a regulačním rizikům poskytuje citlivostní analýza cenné informace pro rozhodování o investicích a provozu. Pomáhá tedy investorům a operátorům lépe pochopit potenciální návratnost a rizika spojená s projekty a umožňuje jim lépe plánovat a reagovat na měnící se tržní a operační podmínky [57]. Pro účely této práce budou k vytvoření citlivostní analýzy pro tento projekt zkoumány proměnné ceny paliv a elektřiny. Jsou vytvořeny následující scénáře:

Nízké ceny

Zde bude analýza počítat s 30 % poklesem cen zemního plynu, LPG i elektřiny oproti stávajícím částkám.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Cena paliva – zemní plyn	Kč/kWh	1,09
Cena paliva – LPG	Kč/kWh	1,46
Cena elektřiny	Kč/kWh	4,14

Tab. 27 - Hodnoty proměnných pro scénář nízkých cen

Očekávané ceny

V tomto scénáři bude počítáno s 10 % nárůstem volených proměnných.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Cena paliva – zemní plyn	Kč/kWh	1,71
Cena paliva – LPG	Kč/kWh	2,3
Cena elektřiny	Kč/kWh	6,5

Tab. 28 - Hodnoty proměnných pro scénář očekávaných cen

Vysoké ceny

Jak již název napovídá, zde dojde k nejvyššímu nárůstu cen komodit, a to sice o 30 % oproti stávajícím cenám.

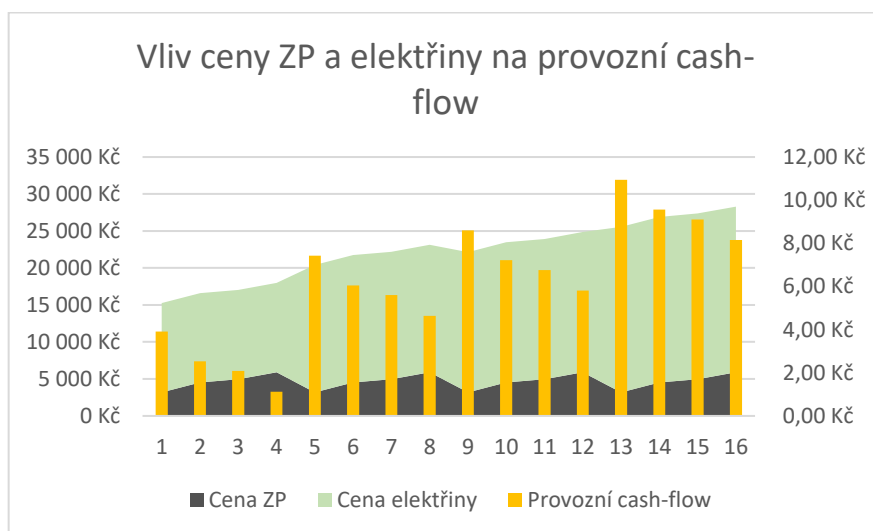
Parametr	Jednotka	Hodnota
Cena paliva – zemní plyn	Kč/kWh	2,02
Cena paliva – LPG	Kč/kWh	2,72
Cena elektřiny	Kč/kWh	7,68

Tab. 29 - Hodnoty proměnných pro scénář vysokých cen

Práce využije vytvořený základní finanční model v programu Excel a pomocí tohoto programu zároveň dojde k výpočtu provozního cash-flow projektu pro jednotlivé scénáře a jejich vhodné kombinace. Na následujících obrázcích lze vidět jaká je souvislost mezi změnou hodnot proměnných a celkového provozního cash-flow. Zelené spektrum zaujímají hodnoty, které jsou vyšší než již dříve vypočítaný PCF projektu, červené spektrum pak naopak zaujímají hodnoty nižší.

		Cena elektřiny			
		4,14 Kč	5,91 Kč	6,50 Kč	7,68 Kč
Cena ZP	1,09 Kč	11 417 Kč	21 669 Kč	25 087 Kč	31 921 Kč
	1,55 Kč	7 382 Kč	17 634 Kč	21 051 Kč	27 886 Kč
	1,70 Kč	6 067 Kč	16 318 Kč	19 736 Kč	26 570 Kč
	2,02 Kč	3 259 Kč	13 511 Kč	16 929 Kč	23 763 Kč

Obr. 27 - Vliv změny cen zemního plynu a elektřiny na provozní cash-flow projektu³⁵



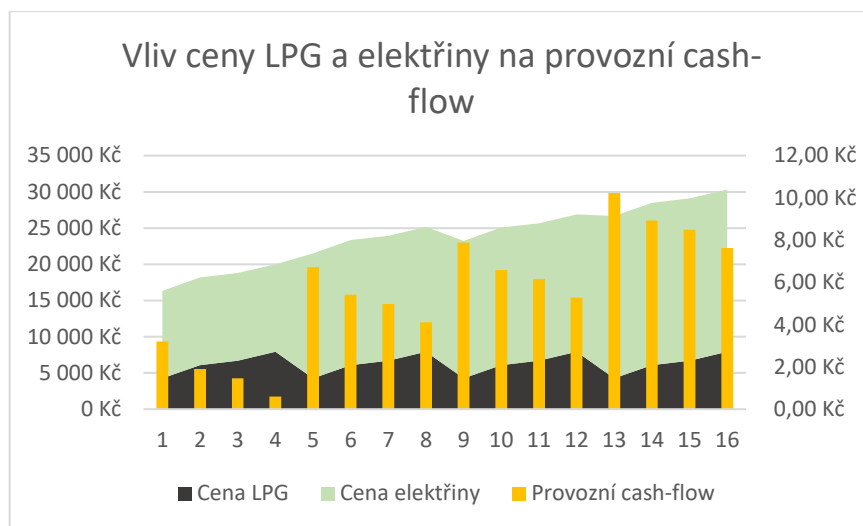
Obr. 28 - Grafické zobrazení vlivu ceny zemního plynu a elektřiny na provozní cash-flow³⁶

³⁵ Příloha – Excel_DP.xlsx

³⁶ Příloha – Excel_DP.xlsx

		Cena elektřiny			
		4,14 Kč	5,91 Kč	6,50 Kč	7,68 Kč
Cena LPG	1,46 Kč	9 340 Kč	19 592 Kč	23 009 Kč	29 844 Kč
	2,09 Kč	5 545 Kč	15 797 Kč	19 215 Kč	26 049 Kč
	2,30 Kč	4 280 Kč	14 532 Kč	17 950 Kč	24 784 Kč
	2,72 Kč	1 750 Kč	12 002 Kč	15 420 Kč	22 254 Kč

Obr. 29 - Vliv změny cen LPG a elektřiny na provozní cash-flow projektu³⁷



Obr. 30 - Grafické zobrazení vlivu ceny LPG a elektřiny na provozní cash-flow³⁸

Díky těmto názorným ukázkám si lze vytvořit představu, zdali projekt víc ovlivňuje proměnná cena paliv, nebo elektřiny. Pro povšimnutí, pokud se změní cena paliv, avšak cena elektřiny zůstane stejná, provozní cash-flow to ovlivní poměrně značně. Rozsahy hodnot se zde v případě zemního plynu pohybují od 13 511 Kč pro nejpesimističtější variantu po 21 669 Kč pro neoptimističtější variantu, respektive 12 002 Kč až 19 592 Kč v případě LPG. Avšak ještě více je tento indikátor ovlivněn změnou ceny elektřiny při zachování stejné ceny paliva. Nejvyšší hodnota provozního cash-flow pro zemní plyn je 27 886 Kč, a pro LPG pak 26 049 Kč, nejnižší je rovna 7 382 Kč, respektive 5 545 Kč. Díky této analýze je možno říci, že na tento projekt a jeho potenciální ziskovost, ztrátovost, diskontovanou dobu návratnosti a podobné indikátory má největší vliv cena elektrické energie odebírané ze sítě. Z veřejně dostupných zdrojů [58], [59] a také ze znalostí načerpaných při studiu lze vyvodit, že tyto proměnné mají úzce spjatou rostoucí, či klesající tendenci, a tedy nelze očekávat například scénář nízké ceny paliv a vysoké ceny odběru elektřiny ze sítě. Daleko realističtější je scénář, že se komodity zdraží nebo zlevní zhruba o stejné procento. V uvažovaném modelu by zlevnění znamenalo ještě nižší provozní cash-flow, naopak růst cen by znamenal vyšší zisk a tím pádem i kratší diskontovanou dobu návratnosti.

³⁷ Příloha – Excel_DP.xlsx

³⁸ Příloha – Excel_DP.xlsx

3.10.1 Diskontovaná doba návratnosti projektu pro optimistický scénář

Jak již bylo v práci nastíněno, neoptimističtější scénář jsou vysoké ceny elektřiny v kombinaci s nízkými cenami paliv. Nyní budou pomocí programovacího jazyku Python a programu Excel vypočteny diskontované doby pro tyto optimistické výhledy.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Cena paliva – zemní plyn	Kč/kWh	1,09
Cena paliva – LPG	Kč/kWh	1,49
Cena elektřiny	Kč/kWh	7,68

Tab. 30 - Přehled vstupních proměnných pro optimistický scénář

```

1 # Vstupní hodnoty pro Variantu OPT
2 kapitalove_naklady = 206226 # Kapitálové náklady v Kč
3 diskontni_sazba = 0.06 # Diskontní sazba
4 peněžni_toky_varopt = 31921 # Roční peněžní tok pro Variantu OPT
5
6 # Funkce pro výpočet diskontované doby návratnosti
7 def diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky, diskontni_sazba):
8     celkové_náklady = kapitalove_naklady
9     doba_návratnosti = 0
10
11     while celkové_náklady > 0:
12         doba_návratnosti += 1
13         diskontovaný_tok = peněžni_toky / ((1 + diskontni_sazba) ** doba_návratnosti)
14         celkové_náklady -= diskontovaný_tok
15
16     return doba_návratnosti
17
18 # Výpočet diskontované doby návratnosti pro Variantu OPT
19 doba_návratnosti_varopt = diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky_varopt, diskontni_sazba)
20
21 # Výsledek
22 print(f"Diskontovaná doba návratnosti pro Variantu OPT je: {doba_návratnosti_varopt} let")
23
n: 1, Col: 1

```

Run Share Command Line Arguments

Diskontovaná doba návratnosti pro Variantu OPT je: 9 let

Obr. 31 - Python – Diskontovaná doba návratnosti pro optimistický scénář cen zemního plynu a elektřiny³⁹

Rok	Cash-flow	Diskontovaný cash-flow	Kumulativní DCF
1	31 921 Kč	30 114 Kč	30 114 Kč
2	31 921 Kč	28 410 Kč	58 524 Kč
3	31 921 Kč	26 802 Kč	85 325 Kč
4	31 921 Kč	25 284 Kč	110 610 Kč
5	31 921 Kč	23 853 Kč	134 463 Kč
6	31 921 Kč	22 503 Kč	156 966 Kč
7	31 921 Kč	21 229 Kč	178 196 Kč
8	31 921 Kč	20 028 Kč	198 223 Kč
9	31 921 Kč	18 894 Kč	217 117 Kč

Obr. 32 - Excel – Diskontovaná doba návratnosti pro optimistický scénář cen zemního plynu a elektřiny⁴⁰

³⁹ Příloha Python.py

⁴⁰ Příloha – Excel_DP.xlsx

```

1 # Vstupní hodnoty pro Variantu OPT_LPG
2 kapitalove_naklady = 260736 # Kapitálové náklady v Kč
3 diskontni_sazba = 0.06 # Diskontní sazba
4 peněžni_toky_varopt2 = 29844 # Roční peněžní tok pro Variantu OPT_LPG
5
6 # Funkce pro výpočet diskontované doby návratnosti
7 def diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky, diskontni_sazba):
8     celkové_náklady = kapitalove_naklady
9     doba_návratnosti = 0
10
11     while celkové_náklady > 0:
12         doba_návratnosti += 1
13         diskontovaný_tok = peněžni_toky / ((1 + diskontni_sazba) ** doba_návratnosti)
14         celkové_náklady -= diskontovaný_tok
15
16     return doba_návratnosti
17
18 # Výpočet diskontované doby návratnosti pro Variantu OPT_LPG
19 doba_návratnosti_varopt2 = diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky_varopt2, diskontni_sazba)
20
21 # Výsledek
22 print(f"Diskontovaná doba návratnosti pro Variantu OPT_LPG je: {doba_návratnosti_varopt2} let")
23
n: 1, Col: 1

```

Run Share Command Line Arguments

Diskontovaná doba návratnosti pro Variantu OPT_LPG je: 13 let

Obr. 33 - Python – Diskontovaná doba návratnosti pro optimistický scénář cen LPG a elektřiny⁴¹

Rok	Cash-flow	Diskontovaný cash-flow	Kumulativní DCF
1	29 844 Kč	28 155 Kč	28 155 Kč
2	29 844 Kč	26 561 Kč	54 716 Kč
3	29 844 Kč	25 058 Kč	79 773 Kč
4	29 844 Kč	23 639 Kč	103 413 Kč
5	29 844 Kč	22 301 Kč	125 714 Kč
6	29 844 Kč	21 039 Kč	146 753 Kč
7	29 844 Kč	19 848 Kč	166 601 Kč
8	29 844 Kč	18 724 Kč	185 325 Kč
9	29 844 Kč	17 665 Kč	202 990 Kč
10	29 844 Kč	16 665 Kč	219 654 Kč
11	29 844 Kč	15 721 Kč	235 376 Kč
12	29 844 Kč	14 832 Kč	250 207 Kč
13	29 844 Kč	13 992 Kč	264 199 Kč

Obr. 34 - Excel – Diskontovaná doba návratnosti pro optimistický scénář cen LPG a elektřiny⁴²

Pokud by se naplnil tento scénář, provoz jednotky by dosáhl bodu zlomu a začal generovat čistý zisk již po 9 letech při využití zemního plynu. Při provozu jednotky na LPG by se tato hranice posunula na stále přijatelných 13 let.

⁴¹ Příloha Python.py

⁴² Příloha – Excel_DP.xlsx

3.10.2 Diskontovaná doba návratnosti projektu pro predikovaný scénář

Nyní obdobným způsobem dojde k výpočtu pro očekávanou variantu vývoje cen elektřiny a paliv.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Cena paliva – zemní plyn	Kč/kWh	1,7
Cena paliva – LPG	Kč/kWh	2,3
Cena elektřiny	Kč/kWh	6,5

Tab. 31 - Přehled vstupních proměnných pro očekávaný scénář

```

1 # Vstupní hodnoty pro Variantu PREDICT_ZP
2 kapitalove_naklady = 206226 # Kapitálové náklady v Kč
3 diskontni_sazba = 0.06 # Diskontní sazba
4 peněžni_toky_varpredict = 19736 # Roční peněžní tok pro Variantu PREDICT_ZP
5
6 # Funkce pro výpočet diskontované doby návratnosti
7 def diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky, diskontni_sazba):
8     celkové_náklady = kapitalove_naklady
9     doba_návratnosti = 0
10
11     while celkové_náklady > 0:
12         doba_návratnosti += 1
13         diskontovaný_tok = peněžni_toky / ((1 + diskontni_sazba) ** doba_návratnosti)
14         celkové_náklady -= diskontovaný_tok
15
16     return doba_návratnosti
17
18 # Výpočet diskontované doby návratnosti pro Variantu PREDICT_ZP
19 doba_návratnosti_varpredict = diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky_varpredict, diskontni_sazba)
20
21 # Výsledek
22 print("Diskontovaná doba návratnosti pro Variantu PREDICT_ZP je: {doba_návratnosti_varpredict} let")
23
Ln: 1, Col: 1
Run Share $ Command Line Arguments
Diskontovaná doba návratnosti pro Variantu PREDICT_ZP je: 17 let

```

Obr. 35 - Python – Diskontovaná doba návratnosti pro očekávaný scénář cen zemního plynu a elektřiny⁴³

Rok	Cash-flow	Diskontovaný cash-flow	Kumulativní DCF
1	19 736 Kč	18 619 Kč	18 619 Kč
2	19 736 Kč	17 565 Kč	36 183 Kč
3	19 736 Kč	16 570 Kč	52 754 Kč
4	19 736 Kč	15 632 Kč	68 386 Kč
5	19 736 Kč	14 748 Kč	83 134 Kč
6	19 736 Kč	13 913 Kč	97 046 Kč
7	19 736 Kč	13 125 Kč	110 172 Kč
8	19 736 Kč	12 382 Kč	122 554 Kč
9	19 736 Kč	11 681 Kč	134 236 Kč
10	19 736 Kč	11 020 Kč	145 256 Kč
11	19 736 Kč	10 396 Kč	155 652 Kč
12	19 736 Kč	9 808 Kč	165 460 Kč
13	19 736 Kč	9 253 Kč	174 713 Kč
14	19 736 Kč	8 729 Kč	183 442 Kč
15	19 736 Kč	8 235 Kč	191 677 Kč
16	19 736 Kč	7 769 Kč	199 446 Kč
17	19 736 Kč	7 329 Kč	206 775 Kč

Obr. 36 - Excel – Diskontovaná doba návratnosti pro očekávaný scénář cen zemního plynu a elektřiny⁴⁴

⁴³ Příloha Python.py

⁴⁴ Příloha – Excel_DP.xlsx

```

1 # Vstupní hodnoty pro Variantu PREDICT_LPG
2 kapitalove_naklady = 260736 # Kapitálové náklady v Kč
3 diskontni_sazba = 0.06 # Diskontní sazba
4 peněžni_toky_varpredict2 = 17950 # Roční peněžní tok pro Variantu PREDICT_LPG
5
6 # Funkce pro výpočet diskontované doby návratnosti
7 def diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky, diskontni_sazba):
8     celkové_naklady = kapitalove_naklady
9     doba_návratnosti = 0
10
11     while celkové_naklady > 0:
12         doba_návratnosti += 1
13         diskontovaný_tok = peněžni_toky / ((1 + diskontni_sazba) ** doba_návratnosti)
14         celkové_naklady -= diskontovaný_tok
15
16     return doba_návratnosti
17
18 # Výpočet diskontované doby návratnosti pro Variantu PREDICT_LPG
19 doba_návratnosti_varpredict2 = diskontovaná_doba_návratnosti(kapitalove_naklady, peněžni_toky_varpredict2, diskontni_sazba)
20
21 # Výsledek
22 print(f"Diskontovaná doba návratnosti pro Variantu PREDICT_LPG je: {doba_návratnosti_varpredict2} let")
23
n: 1, Col: 1

```

Run Share Command Line Arguments

Diskontovaná doba návratnosti pro Variantu PREDICT_LPG je: 36 let

Obr. 37 - Python – Diskontovaná doba návratnosti pro očekávaný scénář cen LPG a elektřiny⁴⁵

Rok	Cash-flow	Diskontovaný cash-flow	Kumulativní DCF
1	17 950 Kč	16 934 Kč	16 934 Kč
2	17 950 Kč	15 975 Kč	32 909 Kč
3	17 950 Kč	15 071 Kč	47 979 Kč
4	17 950 Kč	14 218 Kč	62 197 Kč
5	17 950 Kč	13 413 Kč	75 610 Kč
6	17 950 Kč	12 654 Kč	88 264 Kč
.	.	.	.
30	17 950 Kč	3 125 Kč	247 072 Kč
31	17 950 Kč	2 948 Kč	250 021 Kč
32	17 950 Kč	2 781 Kč	252 802 Kč
33	17 950 Kč	2 624 Kč	255 426 Kč
34	17 950 Kč	2 475 Kč	257 901 Kč
35	17 950 Kč	2 335 Kč	260 237 Kč
36	17 950 Kč	2 203 Kč	262 440 Kč

Obr. 38 - Excel – Diskontovaná doba návratnosti pro očekávaný scénář cen LPG a elektřiny⁴⁶

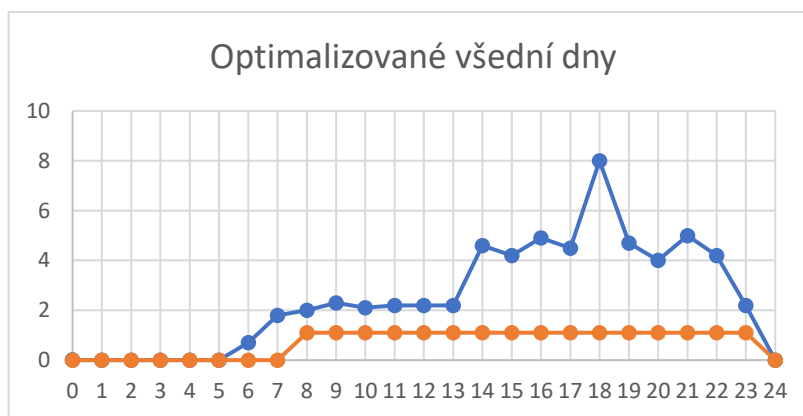
V případě očekávaného vývoje cen volených proměnných se diskontovaná doba návratnosti pro variantu provozu na zemní plyn rovná 17 letům. Vzhledem k předpokládané životnosti projektu a pravděpodobně velmi odlišnému vývoji cen těchto komodit v horizontu více jak 10 let by se tato investiční aktivita čistě z hlediska úspor za energie nevyplatila. V případě LPG se tato hodnota pohybuje, obdobně jako v modelových výpočtech, nad uvažovanou životností projektu.

⁴⁵ Příloha Python.py

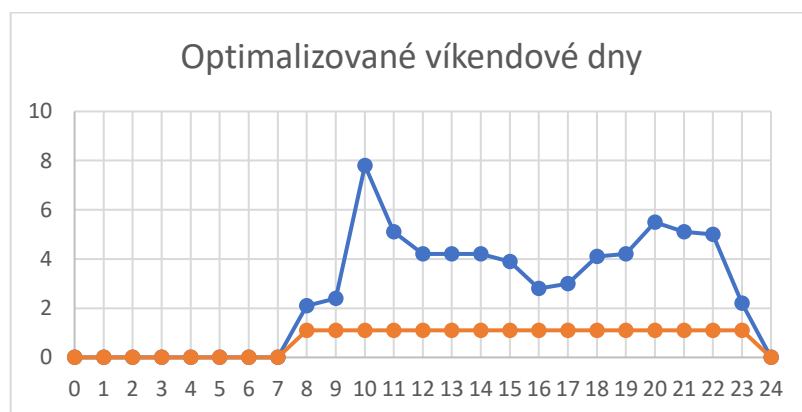
⁴⁶ Příloha – Excel_DP.xlsx

3.11 Optimalizace provozu mikrokogenerační jednotky

Optimalizace provozu kogenerační jednotky zahrnuje nastavení a řízení různých provozních parametrů a podmínek tak, aby bylo dosaženo maximální efektivity, ekonomické výhodnosti a spolehlivosti systému. Cílem je v tomto případě minimalizovat počet dní po které jednotka nebude v provozu a splnit specifické požadavky na tepelný výkon. Na základě Obr. 12, na kterém je znázorněn možný provoz jednotky po dalších 39 dní a Obr. 13, ve kterém je díky akumulaci nádrži zajištěn plynulý provoz jednotky neoTower 2.0 i při modelovém letním dni bude výpočet předpokládat, že jednotku bude možno provozovat pomocí modulace výkonu na $1,1 \text{ kW}_{el}$ a $3,8 \text{ kW}_{th}$ po dalších 100 dní. Vzhledem k nespecifikovaným spotřebám paliva při této modulaci výkonu bude uvažována nominální spotřeba zemního plynu a LPG. V případě modulace je však nutno brát v potaz, že efektivita výroby elektřiny a tepla se změní, a to sice tak, že výroba elektřiny je nyní méně efektivní, nežli když je jednotka provozována na svůj nominální výkon. Graf optimalizované výroby elektřiny jednotkou by pro všední a víkendové dny vypadal následovně:



Obr. 39 - Výroba elektřiny jednotkou v optimalizovaných všedních dnech⁴⁷



Obr. 40 - Výroba elektřiny jednotkou v optimalizovaných víkendových dnech⁴⁸

⁴⁷ Příloha – Excel_DP.xlsx

⁴⁸ Příloha – Excel_DP.xlsx

Pro optimalizovaný chod jednotky bude nyní vypočítán provozní cash-flow a diskontovaná doba návratnosti. Odlišné hodnoty položek oproti modelovému návrhu jsou zaneseny v Tab. 32.

Parametr	Jednotka	Hodnota
Prodloužený chod jednotky	dny	281
Palivové náklady – zemní plyn	Kč/rok	54 993
Palivové náklady – LPG	Kč/rok	64 408
Množství vyrobené energie	kWh/rok	7 552
Množství vyrobeného tepla	kWh/rok	21 139
Hodinový provoz jednotky	h/rok	4 496
Náklady na servis jednotky	Kč/rok	5 000

Tab. 32 – Data pro roční provoz jednotky při optimalizaci provozu

Pomocí rovnice (31) bude vypočítán provozní cash-flow pro zemní plyn:

$$77\,413 \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] - 59\,993 \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] = 17\,420 \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] \quad (33)$$

A obdobně pro LPG:

$$88\,828 \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] - 76\,252 \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] = 12\,576 \left[\frac{\text{Kč}}{\text{rok}} \right] \quad (34)$$

V případě zemního plynu se roční dosažená úspora sníží z původních 17 646 Kč na 17 420 Kč, pro variantu využití LPG se z původních 15 809 Kč sníží na 12 576 Kč. Příčinou tohoto jsou vyšší palivové náklady na provoz jednotky, zvýšené náklady na její údržbu kvůli zvýšenému hodinovému provozu a nižší efektivita výroby elektřiny jednotkou. Z předchozí znalosti diskontované doby návratnosti pro modelový provoz jednotky není již předmětné počítat jí pro nižší hodnoty provozního-cash flow, jelikož by bylo dosaženo ještě nepříznivějších výsledků. Na základě těchto výpočtů je možno vyvodit, že delší provoz jednotky díky optimalizaci jejího provozu pro letní dny projektu spíše uškodí, než aby díky němu začal být ziskovější a jednotku se tak v tomto režimu nevyplatí provozovat.

4 Diskuse

Analýza provozu kogenerační jednotky v modelovém rodinném domě prokázala, že jejím provozováním oproti stávajícímu stavu skutečně dojde k poměrně značným provozním úsporám. Těmto výsledkům nahrává hlavně schopnost jednotky efektivně pokrýt část celkové elektrické spotřeby a zároveň vyrobené teplo využít jako zdroj pro vytápění a teplou vodu. Tento výpočet však neposkytoval dostatečně relevantní pohled na ekonomiku tohoto projektu. Proto byla pro přesnější metodiku zvolena metoda LCOE, která dává do užší souvislosti CAPEX, OPEX a výnosy projektu. Výpočet pomocí této metody napověděl, že cena jedné kWh elektřiny vyrobené jednotkou neoTower 2.0 bude i více jak dvojnásobná oproti stávající platbě za odběr ze sítě. Kogenerační jednotka však kromě elektřiny vyrábí i teplo, které nebylo v těchto výpočtech nikterak zahrnuté, a tudíž nebyly zahrnuty ani úspory plynoucí z jeho efektivního využití. Myslím si tedy, že tento ukazatel je vhodnější použít spíše pro systémy jako jsou fotovoltaické elektrárny a podobné zdroje, které vyrábějí pouze elektřinu. Ucelený pohled na investiční záměr tedy poskytl až výpočet diskontované doby návratnosti, kde celkové výnosy a náklady byly pomocí diskontní sazby hodnoceny i uplynulým časem projektu. DDN ukázala, že primárně kvůli vysokým počátečním investicím není tento projekt v rámci plánované životnosti profitabilní. Posloupnost těchto úvah a kroků byla dosažena primárně díky znalostem načerpaným během studia a nemusí plně odrážet reálný rozhodovací proces ekonomických subjektů, ať již ve formě firmy nebo jednotlivce.

Otázkou rovněž zůstává, zdali tato práce poskytuje jasný pohled na praktické aplikace mikrokogeneračních jednotek do rodinných domů. Nelze totiž s jistotou obecně říci, že pro tento typ staveb je instalace kogenerační jednotky nevýhodná. Jedním z omezení této studie je použití modelových dat, která nemusí plně odrážet reálné provozní podmínky většiny rodinných domů. Dalším omezujícím faktorem může být například absence bazény nebo sauny, jelikož v těchto zařízeních by šlo teplo efektivně využít i v letním období. Také neznalost přesné spotřeby jednotky při modulovaném chodu pravděpodobně velmi ovlivnila výsledky optimalizace provozu, ze kterého nyní vyplývá, že v letním období provozování jednotky projektu spíše škodí, než aby zvrátilo nepříznivý ekonomický výhled.

Pro určitou skupinu potenciálních investorů však ani nepříznivé výsledky této analýzy nemusí znamenat odklon od investičního záměru. Jak již bylo zmíněno, diskontní míra v případě hodnocení projektu představuje nejen předpokládaný vývoj hodnoty peněz v čase, ale také rizika spojená s projektem, případně rizika, která mohou vzniknout, pokud se projekt nebude realizovat. Je tedy možné, že pokud by hlavním cílem byla například určitá energetická nezávislost, diskontní míra by značně poklesla, což by se příznivě projevilo na výpočtu diskontované doby

návratnosti. Hodnocení 6 % diskontní mírou bylo provedeno na základě zkušeností nasbíraných při studiu, ale pro každého investora se tato hodnota pohybuje jinde.

S rozvojem technologií a plánovaným přechodem k udržitelnějším energetickým systémům existuje potenciál pro vyšší podíl kogenerace v celkovém energetickém mixu. Jejich schopnost efektivně využívat paliva a snižovat emise je zvláště relevantní v kontextu globálních snah o snížení dopadů změny klimatu. Masivnější nasazení mikrokogeneračních jednotek do rodinných domů však bude stále záviset na jejich kapitálových nákladech a poměru výroby elektřiny a tepla. Je těžké předvídat, jestli budou na podporu rozvoje této technologie poskytovány dotace nebo jiné úlevy, které by mohly značně urychlit vývoj a nasazení jednotek do malých domácností.

V případě jednotek využívajících palivové články se výroba elektřiny a tepla pohybovala v příznivějším poměru, nežli u zvolené jednotky neoTower 2.0, kde se o pohon stará spalovací motor. Rozhodujícím faktorem výběru bylo jak české obchodní zastoupení pro tuto jednotku, tak to, že dosahovala předběžně navrženého elektrického výkonu. Je tedy otázkou, zdali by v práci zmíněné jednotky s palivovým článkem nebyly ekonomicky přívětivější variantou, přestože nedosahovaly vysokého elektrického výkonu a pravděpodobně by měly i vyšší kapitálové náklady. Této úvaze by napovídal i provedený průzkum trhu, kde výrobci ve většině případů pro malé elektrické výkony nabízeli řešení využívající právě palivových článků.

Je patrné, že nelze tuto práci považovat za definitivní odpověď na otázku aplikací mikrokogeneračních jednotek do rodinných domů. Projekty je nutno posuzovat individuálně a záleží na mnoha ovlivňujících faktorech, které determinují jejich výdělečnost, nebo ztrátovost. Tato práce se primárně snaží poskytnout myšlenkovou mapu a uvést konkrétní použité postupy a metody při řešení této otázky. Vzhledem k rostoucí potřebě efektivních a udržitelných energetických řešení je důležité, aby byly kogenerační jednotky a jejich vývoj pečlivě zkoumány a správně využívány. Tato práce přispívá k tomuto úsilí tím, že poskytuje detailní analýzu jedné takové jednotky a ukazuje, jaké okrajové podmínky musí být splněny, aby mohly být tyto systémy efektivně implementovány ve prospěch ekonomiky a životního prostředí.

5 Závěr

V této práci byla provedena podrobná analýza implementace mikrokogenerační jednotky do modelového rodinného domu jako nástroje pro výrobu tepla a elektřiny, a jako úspory finančních prostředků. Graficky byl určen ideální denní průběh provozu jednotky a po průzkumu trhu byla zvolena specifická kogenerační jednotka neoTower 2.0, která nejlépe vyhovuje potřebám a požadavkům zadaného modelu.

Pro zadaný model byla vypočítána roční potřeba tepla na vytápění a přípravu teplé vody, na základě této hodnoty byla poté stanovena očekávaná roční délka provozu jednotky ve dnech. Došlo také k výpočtu a volbě vhodné akumulární nádoby. Pro uvažovanou variantu provozu jednotky na LPG byl zvolen vhodný zásobník na toto palivo. Pro lepší představu o současné platbě za energie byly tyto položky vyčísleny výpočtem.

Ke stanovení, zdali je projekt z pohledu investora realizovatelný byly určeny projektové investiční náklady, provozní cash-flow projektu, LCOE dosažená provozem jednotky a diskontovaná doba návratnosti projektu. Provozní úspory, které byly dosaženy během modelového provozu, jsou na první pohled významné. Provozní cash-flow projektu vychází v černých číslech, a to sice 17 646 Kč při využití zemního plynu, respektive 15 809 Kč při využití LPG. Dále byla provedena analýza LCOE, která poskytla hlubší porozumění nákladům spojeným s produkcí energie pomocí mikrokogenerační jednotky. Hodnota ukazatele LCOE byla v případě zemního plynu rovna 10 Kč/kWh a v případě LPG pak 12,54 Kč. Obě hodnoty jsou oproti současné platbě za elektřinu vyšší. Tato analýza napověděla, že kvůli vysokým investičním nákladům a nákladům souvisejícím s údržbou zařízení nemusí být provoz jednotky v dlouhodobém horizontu ekonomicky výhodný. Pro názornější vyhodnocení projektu byla provedena analýza diskontované doby návratnosti. Ta byla v případě využití zemního plynu na úrovni 21 let a v případě využití LPG 79 let. Oba tyto výsledky přesahují plánovanou dobu životnosti projektu a je tedy jasně dokázáno, že tento investiční záměr není pro zadaný model vhodný.

Došlo rovněž ke zpracování citlivostní analýzy projektu za účelem identifikace a pochopení klíčových faktorů, které ovlivňují ekonomiku provozu jednotky. Jakožto hlavní ovlivňující faktory byly identifikovány cena elektřiny a cena paliv. Po zpracování vlivu těchto faktorů na výsledný cash-flow projektu byl proveden výpočet diskontované doby návratnosti pro optimistický a predikovaný scénář. V případě optimistického scénáře byla diskontovaná doba návratnosti projektu stanovena na 9 let pro zemní plyn a 13 let pro LPG. Pro predikovaný scénář vývoje cen proměnných poté 17 let pro zemní plyn a 36 let pro LPG.

Nakonec byla provedena optimalizace provozu kogenerační jednotky. Tato část zkoumala možnost využití zařízení nad rámec dříve specifikovaných 181 dní. Výsledky této části ukázaly, že ani s vyšším využitím nelze dosáhnout značných zlepšení v oblasti efektivity a ekonomiky, jelikož modulace výkonu ovlivnila efektivitu výroby elektřiny.

Lze tedy říci, že výsledky této práce poskytují silný protiargument vůči zavedení mikrokogenerační jednotky jako investičně efektivního řešení výroby elektřiny a tepla pro modelový rodinný dům. Studie ukázala, že kogenerace sice nabízí významné provozní úspory, efektivnější využití paliv a za určitých předpokladů může být ekonomicky výhodná, avšak se současnými tržními podmínkami nelze tento projekt z investorského hlediska doporučit.

Citovaná literatura

- [1] TEDOM. Výhody a využití kogenerace. *TEDOM* [online]. 2023 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/vyhody-a-vyuziti-kogenerace/>
- [2] BUDÍN, Jan. Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (kogenerace) v České republice. *OENERGETICE.cz* [online]. 2017 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/teplarenstvi/kogenerace-v-ceske-republice>
- [3] KAUFMANN, Pavel. *Vývoj teplárenství v české republice*. 2007. Dostupné také z: https://is.muni.cz/el/fss/jaro2012/MVZ458/um/Kaufmann_2007_18-21.pdf
- [4] ENERGETICKÝ REGULAČNÍ ÚŘAD. *Statistiky kontrol* [online]. 2022, 2023.04.06 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://eru.gov.cz/statistiky-kontrol>
- [5] AXIOM ENERGY GROUP. Micro Combined Heat & Power An Efficient Clean Energy Solution. *Axiom Energy Group* [online]. 2010 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.axiom-energy.com/microchp>
- [6] TEDOM. Trigenerace. *TEDOM* [online]. 2023 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/energetickyslovník/trigenerace/>
- [7] UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. What Is CHP? *U.S. Environmental Protection Agency* [online]. 2023, 2023.05.12 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/chp/what-chp>
- [8] ČEZ ENERGO. Jak funguje kogenerační jednotka. ČEZ ENERGO. *O kogeneraci* [online]. 2023 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.cezenergo.cz/cs/o-kogeneraci/jak-funguje-kogeneracni-jednotka>
- [9] VIESSMANN. Kogenerační jednotka – Teplo a elektřina pro komerční využití. *Viessmann* [online]. 2023 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/rady-a-tipy/technologie/kombinovana-vyroba/teplo-a-energie-pro-komercni-vyuziti.html>
- [10] INOPLEX. What are the different types of cogeneration prime movers? *INOPLEX* [online]. 2022 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://inoplex.com.au/information/what-are-the-different-types-of-cogeneration-prime-movers/>
- [11] *Biomass Combined Heat and Power Catalog of Technologies: Biomass Combined Heat and Power Catalog of Technologies U. S. Environmental Protection Agency Combined Heat and Power Partnership*. Washington, D.C., 2007. Dostupné také z: https://www.epa.gov/sites/default/files/2015-07/documents/biomass_combined_heat_and_power_catalog_of_technologies_v.1.1.pdf
- [12] *Cogeneration feasibility guide*. Office of Environment and Heritage NSW, 2014, 138 s. ISBN 978 1 74359 238 0. Dostupné také z: <https://www.environment.nsw.gov.au/resources/business/140685-cogeneration-feasibility-guide.pdf>

- [13] AL MOUSSAWI, Houssein, Farouk FARDOUN a Hasna LOUAHLIA. Selection based on differences between cogeneration and trigeneration in various prime mover technologies. In: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* [online]. University Institute of Technology, Department GIM, Lebanese University, Saida, Lebanon, 2017, s. 491-511 [cit. 2023-10-29]. ISSN 13640321. Dostupné z: [doi:10.1016/j.rser.2017.02.077](https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.077)
- [14] ENERGY SOLUTIONS CENTER. Steam Turbines. *Understanding CHP* [online]. 2023 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://understandingchp.com/technologies/steam-turbine/>
- [15] ENERGY SOLUTIONS CENTER. Gas turbines. *Understanding CHP* [online]. 2023 [cit. 2023-10-29]. Dostupné z: <https://understandingchp.com/chp-applications-guide/4-3-gas-turbines/>
- [16] *Combined Heat and Power Technology Fact Sheet Series: Gas Turbines*. 2016. Dostupné také z: <https://www.energy.gov/eere/amo/articles/gas-turbines-doe-chp-technology-fact-sheet-series-fact-sheet-2016>
- [17] ENERGY SOLUTIONS CENTER. Micro Turbines. *Understanding CHP* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://understandingchp.com/technologies/micro-turbine/>
- [18] ENERGY SOLUTIONS CENTER. Other CHP Technologies. *Understanding CHP* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://understandingchp.com/technologies/other/>
- [19] ENERGY SOLUTIONS CENTER. Fuel Cells. *Understanding CHP* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://understandingchp.com/technologies/fuel-cell/>
- [20] HEIDI, Roider. Market maturity of fuel cell systems in the lower power range: Fuel cells reach market maturity. In: *Bayern Innovativ* [online]. 2021 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://www.bayern-innovativ.de/en/page/market-maturity-of-fuel-cell-systems-in-the-lower-power-range>
- [21] SENERTEC. DACHS 0.8. *Senertec* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://senertec.com/dachs-08/>
- [22] VIESSMANN. Vitovalor PT2: Heat and power from a single appliance. *Viessmann* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://www.viessmann.co.uk/en/products/fuel-cell/vitovvalor-pt2.html>
- [23] NEOTOWER. NeoTower 2.0. *NeoTower* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://neotower.cz/sortiment/neotower2-0/>
- [24] VIESSMANN. Kogenerační jednotky Vitobloc – výroba elektřiny a tepla v úsporné kombinaci. *Viessmann* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://www.viessmann.cz/cs/produkty/kogeneracni-jednotky/vitobloc-prehled.html>

- [25] TEDOM. Tedom Micro: kompaktní stroje s vysokou účinností. *TEDOM* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/kogeneracni-jednotky/micro/>
- [26] VOŘÍŠEK, Martin. Co je Energiewende a jaké jsou její cíle? In: *OENERGETICE.cz* [online]. 2015 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://oenergetice.cz/nemecko/energiewende-a-jeji-cile>
- [27] Zelená dohoda pro Evropu. *Evropská komise* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_cs
- [28] COGEN EUROPE. What Is Cogeneration. *COGENEUROPE* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://www.cogeneurope.eu/knowledge-centre/what-is-cogeneration>
- [29] TEDOM. Výhody kogenerace pro decentralizaci energetiky. *TEDOM* [online]. 2023 [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://www.tedom.com/cs/vyhody-kogenerace-pro-decentralizaci-energetiky/>
- [30] *Operation Manual: Combined heat and power unit neoTower® LIVING* [PDF]. 03.2023. 2023. Dostupné také z: https://www.rmbenergie.com/download-area/1_neoTower_LIVING_2.0/operation_manual_neotower_2.0-4.0.pdf
- [31] *Sčítání lidu, domů a bytů - Hl. m. Praha - analýza výsledků - 2021*. 2022. Dostupné také z: <https://www.czso.cz/documents/10180/226566201/170355-22+Kap+7.+Domy+a+byty.docx/525edb34-27c7-4c65-8389-61ce03befb33?version=1.5>
- [32] *Sčítání lidu, domů a bytů - Shrnutí - 2021*. 2022. Dostupné také z: https://www.czso.cz/documents/10180/226939890/170355-22_shruti.docx/d686d45e-eb42-4064-a729-99a5e8867819?version=1.4
- [33] REINBERK, Zdeněk. Odhad tepelné ztráty rodinného domu dle období výstavby. *Tzb-info* [online]. 2023 [cit. 2023-11-10]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/207-odhad-tepelne-ztraty-rodinneho-domu-dle-obdobi-vystavby>
- [34] REINBERK, Zdeněk a Ladislav TINTĚRA. Výpočet denostupňů. *Tzb-info* [online]. 2023 [cit. 2023-11-10]. Dostupné z: https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu?stanice=1&action=1&otopne_obdobi=2022_2023&start_year=2022&end_day=31&end_year=2023&ti=20.0&tem=13.0&checkbox_sumtbl=1&checkbox_deg=1&checkbox_dnu=1&checkbox_prumerne_tploty=1&checkbox_tploty=1°_x=740°_y=270&otop_dny_x=740&otop_dny_y=270&prum_tploty_x=740&prum_tploty_y=270
- [35] *DENOSTUPŇOVÁ METODA VÝPOČTU ROČNÍ POTŘEBY TEPLA A PALIVA* [PDF]. 2021. Dostupné také z: <https://tzb.fsv.cvut.cz/files/denostunova-metoda-vypoctu-rocni-potreby-tepla.pdf>

- [36] REINBERK, Zdeněk. Výpočet potřeby tepla pro vytápění, větrání a přípravu teplé vody. *Tzb-info* [online]. 2023 [cit. 2023-11-10]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/47-vypocet-potreby-tepla-pro-vytapeni-vetrani-a-pripravu-teple-vody>
- [37] TAHIRI, Abdelkarim, Kevin Michael SMITH, Jan Eric THORSEN, Christian Anker HVIID a Svend SVENDSEN. Staged control of domestic hot water storage tanks to support district heating efficiency: Staged control of domestic hot water storage tanks to support district heating efficiency. In: *Energy* [online]. Section for Energy and Services, Department of Civil and Mechanical Engineering, Technical University of Denmark, Kgs. Lyngby, 2800, Denmark: Danfoss Climate Solutions, Nordborg, Denmark, 2023 [cit. 2023-12-29]. ISSN 03605442. Dostupné z: doi:10.1016/j.energy.2022.125493
- [37] Akumulační nádrž LMG 800 0V. *Akumulační-nadrž.cz* [online]. 2023 [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://akumulacni-nadrz.cz/lmg-0800-0v.php>
- [38] Akumulační nádrž DRAŽICE NAD 750 V2 včetně izolace. *Pro-topeni.cz* [online]. 2023 [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://www.pro-topeni.cz/eshop-drazice-nad-750-v2-izolace.html>
- [39] Akumulační nádrž 750L Q TERMO ENERGY. *Domintex* [online]. 2023 [cit. 2023-11-15]. Dostupné z: <https://www.domintex.cz/akumulacni-nadrz-750l-q-termo-energy-750-100-aku-kxt/>
- [40] PRIMAGAS. LPG: propan a propan butan. *Primagas* [online]. 2023 [cit. 2023-11-20]. Dostupné z: <https://www.primagas.cz/co-je-lpg>
- [41] PRIMAGAS. Plynové zásobníky na LPG a jejich technická specifikace. *Primagas* [online]. 2023 [cit. 2023-11-20]. Dostupné z: https://www.primagas.cz/typy_zasobniku
- [42] PRIMAGAS. Propanové vytápění mimo sítě zemního plynu. *Primagas* [online]. 2023 [cit. 2023-11-20]. Dostupné z: <https://www.primagas.cz/pro-domacnosti/propanove-vytapeni/zatim-propanem-netopim/rd-vetsi-mimo-zp?Q1=mimoZP&Q2=RD>
- [43] Vytápění propanem: Vyplatí se zásobník nebo stačí láhve? In: *Tzb-info* [online]. 2020 [cit. 2023-11-20]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-plynem/20275-vytapeni-propanem-vyplati-se-zasobnik-nebo-staci-lahve>
- [44] TOMEGAS. Ekologický zdroj vytápění. *Tomegas* [online]. 2023 [cit. 2023-11-20]. Dostupné z: <https://www.tomegas.cz/ekologicke-vytapeni/domacnosti/>
- [45] OPTIMTOP. Mostecké uhlí ořech 2, pro automatické kotle, 800 kg. *Optimtop* [online]. 2023 [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://www.optimtop.cz/mostecke-uhli-orech-2-pro-automaticke-kotle-e-800-kg/>

- [46] LAGHARI, Fahmida, Farhan AHMED, María de las Nieves LÓPEZ GARCÍA a Chenguel Mohamed BECHIR. Cash flow management and its effect on firm performance: Empirical evidence on non-financial firms of China. In: *PLOS ONE* [online]. 2023, 2023-6-20 [cit. 2023-12-29]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0287135
- [47] EON. Plyn a kilowatthodiny: Jak se převádí m³ na kWh a MWh? *Eon* [online]. 2023 [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: https://www.eon.cz/radce/energie/ceny-energie/plyn_a_kilowatthodiny/
- [48] Výhřevnosti paliv. *Tzb-info* [online]. 2023 [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>
- [49] KATEDRA TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV. Projekční podklady a pomůcky – Výhřevnosti jednotlivých druhů paliv. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE. *Katedra technických zařízení budov* [online]. 2023 [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://tzb.fsv.cvut.cz/?mod=podklady&id=27>
- [50] *Technologie – Učební text pro obor Instalatér, 2. ročník* [online]. In: . [cit. 2023-11-26]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/176/03.html>
- [51] ALDERSEY-WILLIAMS, J. a T. RUBERT. Levelised cost of energy – A theoretical justification and critical assessment. *Energy Policy* [online]. 2019, **124**, 169-179 [cit. 2023-12-03]. ISSN 03014215. Dostupné z: doi:10.1016/j.enpol.2018.10.004
- [52] SHORT, Walter, Daniel J. PACKEY a Thomas HOLT. *A manual for the economic evaluation of energy efficiency and renewable energy technologies* [online]. 1995 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: doi:10.2172/35391
- [53] MONETA. Co je diskontní sazba? *Moneta* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://www.moneta.cz/slovník-pojmu/detail/diskontni-sazba>
- [54] ČESKÁ NÁRODNÍ BANKA. Jak se vyvíjela diskontní sazba ČNB? *ČNB* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://www.cnb.cz/cs/casto-kladene-dotazy/Jak-se-vyvijela-diskontni-sazba-CNB/>
- [55] KENTON, Will. Discounted Payback Period: What It Is, and How To Calculate It. In: *Investopedia* [online]. 2020 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/d/discounted-payback-period.asp>
- [56] SCHMIDT, Jeff. Break Even Analysis: The point in which total cost and total revenue are equal. In: *Corporate Finance Institute* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/accounting/break-even-analysis/>
- [57] Citlivostní analýza: cesta k optimalizaci designu a vývoje. *Svsfem* [online]. 2023 [cit. 2023-12-03]. Dostupné z: <https://www.svsfem.cz/citlivostni-analyza-cesta-k-optimalizaci-designu-vyvoje>

- [58] Elektřina – ceny a grafy elektřiny, vývoj ceny elektřiny 1 kWh - 1 rok – měna CZK. *Kurzy.cz* [online]. 2023 [cit. 2023-12-10]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/cena-elektriny-graf-vyvoje-ceny/>
- [59] PXE – Zemní plyn – ceny a grafy PXE zemního plynu, vývoj ceny PXE zemního plynu 1 MWh - 1 rok – měna CZK. *Kurzy.cz* [online]. 2023 [cit. 2023-12-10]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/komodity/pxe-zemni-plyn-graf-vyvoje-ceny/1MWh-czk-1-rok>

Seznam obrázků

Obr. 1 - Kogenerace v porovnání s tradičními metodami [1]	3
Obr. 2 – Schéma provozu kogeneračních jednotek [7]	4
Obr. 3 - Spotřeba elektřiny ve všední den	8
Obr. 4 - Spotřeba elektřiny ve víkendový den.....	8
Obr. 5 - Ideální průběh využití jednotky během všedního dne	9
Obr. 6 - Ideální průběh využití jednotky během víkendového dne	9
Obr. 7 - Schéma zapojení 1 [30]	13
Obr. 8 - Schéma zapojení s hydraulickou výhybkou [30].....	14
Obr. 9 - Příklad zapojení jednotky v technické místnosti [30].....	15
Obr. 10 - Měsíční diagram trvání potřeby tepla	19
Obr. 11 - Diagram průměrného potřebného výkonu v daných měsících	20
Obr. 12 - Roční diagram trvání potřeby tepla	20
Obr. 13 - Roční diagram trvání potřeby tepla se zvýrazněným tepelným výkonem jednotky neoTower 2.0.....	21
Obr. 14 - Graf zobrazující potřebu tepla v modelový červenový den.....	22
Obr. 15 - Graf zobrazující návrhový provoz jednotky během letního dne.....	23
Obr. 16 - Příklad zapojení akumulární nádrže LMG 800 0V [38].....	24
Obr. 17 - Umístění nadzemního zásobníku [42]	26
Obr. 18 - Ověření spotřeby zemního plynu jednotkou [49]	32
Obr. 19 - Python – výpočet LCOE pro zemní plyn.....	39
Obr. 20 - Excel – výpočet LCOE pro zemní plyn.....	39
Obr. 21 - Python – výpočet LCOE pro LPG	40
Obr. 22 - Excel – výpočet LCOE pro LPG	40
Obr. 23 - Python – výpočet DDN pro zemní plyn.....	42
Obr. 24 - Excel – výpočet DDN pro zemní plyn.....	42
Obr. 25 - Python – výpočet DDN pro LPG	43
Obr. 26 - Excel – výpočet DDN pro LPG	43
Obr. 27 - Vliv změny cen zemního plynu a elektřiny na provozní cash-flow projektu	45

Obr. 28 - Grafické zobrazení vlivu ceny zemního plynu a elektřiny na provozní cash-flow	45
Obr. 29 - Vliv změny cen LPG a elektřiny na provozní cash-flow projektu	46
Obr. 30 - Grafické zobrazení vlivu ceny LPG a elektřiny na provozní cash-flow	46
Obr. 31 - Python – Diskontovaná doba návratnosti pro optimistický scénář cen zemního plynu a elektřiny	47
Obr. 32 - Excel – Diskontovaná doba návratnosti pro optimistický scénář cen zemního plynu a elektřiny	47
Obr. 33 - Python – Diskontovaná doba návratnosti pro optimistický scénář cen LPG a elektřiny	48
Obr. 34 - Excel – Diskontovaná doba návratnosti pro optimistický scénář cen LPG a elektřiny	48
Obr. 35 - Python – Diskontovaná doba návratnosti pro očekávaný scénář cen zemního plynu a elektřiny	49
Obr. 36 - Excel – Diskontovaná doba návratnosti pro očekávaný scénář cen zemního plynu a elektřiny	49
Obr. 37 - Python – Diskontovaná doba návratnosti pro očekávaný scénář cen LPG a elektřiny	50
Obr. 38 - Excel – Diskontovaná doba návratnosti pro očekávaný scénář cen LPG a elektřiny	50
Obr. 39 - Výroba elektřiny jednotkou v optimalizovaných všedních dnech	51
Obr. 40 - Výroba elektřiny jednotkou v optimalizovaných víkendových dnech ..	51

Seznam tabulek

Tab. 1 - Kogenerační jednotka Senertec DACHS 0.8 [21]	10
Tab. 2 - Kogenerační jednotka Viessmann Vitocalor PA2 [22]	10
Tab. 3 - Kogenerační jednotka neoTower 2.0 [23].....	11
Tab. 4 - Shrnutí nejdůležitějších parametrů jednotky neoTower 2.0	12
Tab. 5 - Tepelná ztráta rodinného domu [33]	16
Tab. 6 - Průměrné hodnoty denních teplot v otopném období 2022/2023 [34]	16
Tab. 7 - Hodnoty denostupňů charakterizovaných průměrnou vnitřní teplotou 20 °C	17
Tab. 8 - Shrnutí hodnot vyplňovaných do kalkulační pomůcky	18
Tab. 9 - Shrnutí výstupních hodnot z pomocného kalkulačního nástroje	18
Tab. 10 - Měsíční rozlišení potřeby tepla.....	19
Tab. 11 - Parametry nádrže LMG 800 0V [38]	24
Tab. 12 - Parametry nádrže DRAŽICE NAD 750 V2 [39].....	25
Tab. 13 - Parametry nádrže Q Termo ENERGY 750-100 [40]	25
Tab. 14 - Rozpis odhadovaných investičních a servisních nákladů při využití zásobníku LPG [43]	27
Tab. 15 - Investiční náklady	28
Tab. 16 - Náklady za spotřebované uhlí.....	29
Tab. 17 - Náklady na výkup elektřiny ze sítě.....	30
Tab. 18 - Přehled vstupních parametrů pro výpočet roční spotřeby jednotky	33
Tab. 19 - Roční spotřeba jednotky pro jednotlivé typy paliv	33
Tab. 20 – Obchodní ceny paliv	33
Tab. 21 - Roční palivové náklady	34
Tab. 22 - Náklady na údržbu jednotky	34
Tab. 23 - Přehled ročních úspor	35
Tab. 24 - Provozní cash-flow projektu.....	36
Tab. 25 - Přehled parametrů pro výpočet LCOE.....	38
Tab. 26 - Porovnání LCOE pro jednotlivá paliva a ceny elektřiny ze sítě.....	41
Tab. 27 - Hodnoty proměnných pro scénář nízkých cen.....	44
Tab. 28 - Hodnoty proměnných pro scénář očekávaných cen	44

Tab. 29 - Hodnoty proměnných pro scénář vysokých cen	45
Tab. 30 - Přehled vstupních proměnných pro optimistický scénář	47
Tab. 31 - Přehled vstupních proměnných pro očekávaný scénář	49
Tab. 32 – Data pro roční provoz jednotky při optimalizaci provozu	52

Přílohy

Technický list – neoTower

List technických údajů
neoTower® LIVING 2.0, 3.3, 4.0



Označení výrobku		LIVING 2.0	LIVING 3.3	LIVING 4.0
Technické údaje				
Jmenovitý výkon elektrický ⁽¹⁾	kW _{el}	2,0	3,3	4,0
Jmenovitý výkon tepelný ⁽²⁾	kW _{th}	5,2	8,2	8,8
Modulace výkonu elektrická	kW _{el}	1,1 - 2,0	2,0 - 3,3	2,0 - 4,0
Modulace výkonu tepelná	kW _{th}	3,8 - 5,2	5,9 - 8,2	5,9 - 8,8
Využití energie	kWh _{th}	7,19	11,20	12,60
Využití kapalného plynu	kg/h	0,56	n.a.	0,98
Využití kapalného plynu	l/h	1,04	n.a.	1,81
Proudová charakteristika		0,38	0,40	0,45
f Faktor primární energie ⁽³⁾		0,445	0,378	0,302
PEE	%	28,3	30,5	31,3
ErP Štítek energetické účinnosti ⁽⁴⁾		A+	A++	A++
Hladina akustického tlaku L _{pA} ⁽⁵⁾	dB(A)	45	50	54
Hladina akustického výkonu L _{wA}	dB(A)	60	65	69
Intervál údržby	Bh	15.000	13.000	13.000
Výměna oleje	Bh	7.500	6.500	6.500
Stupeň účinnosti				
Stupeň účinnosti elektrický η _{el}	%	27,8	29,5	31,8
Stupeň účinnosti tepelný η _{th}	%	72,3	73,0	69,8
Stupeň účinnosti celkem η _{ges}	%	100,1	102,5	101,6
Provozní rozsah teplot a tlaku				
Výstupní teplota vody ± 5 °C	°C	75	75	75
Teplota zpátečky ± 5 °C	°C	25-65	25-65	25-65
Min./Max. teplota prostředí	°C	5/30	5/30	5/30
Tlakový stupeň na straně vody	PN	3	3	3
Výroba elektrické energie				
Jmenovité napětí	V	400	400	400
Frekvence	Hz	50	50	50
Jmenovitý činný výkon P _{NG}	kW _{el}	2,0	3,3	4,0
Zdánlivý výkon S _{E max}	kVA	2,1	3,5	4,2
Jmenovité napětí U _{NG}	V	400	400	400
Síťová frekvence	Hz	50	50	50
Cos φ nekompensovaný		-	-	-
Kompensace jalového výkonu ⁽⁶⁾	kVar	1,36	2,11	2,11
Počet stupňů		1	1	1
Stupeň škrcení, resp. rezonanční frekvence		-	-	-
Cos φ podle VDE-AR-N 4105 kvadranty II, III ⁽⁶⁾		0,95	0,95	0,95
Jmenovitý střídavý proud I _r	A	3,04	5,02	6,08
Jmenovitý střídavý proud I _r cos φ 1	A	2,9	4,8	5,8
Jmenovitý zdánlivý výkon S _{rE}	kVA	2,1	3,5	4,2
Zkratový střídavý proud generátor I _k ^{''}	A	29,5	46,7	46,7
Síťový zkratový výkon při U _{NG} S _k ^{''}	kVA	20,3	32,2	32,2
Rozběhový proud I _k cca	A	26	39	39
Motor				
Výrobce motoru		YANMAR	YANMAR	YANMAR
Počet válců		3	3	3
Zdvihový objem	l	0,7	0,7	0,7
Způsob provozu: poměr vzduchu λ		1,6	1,6	1,6
Motorový olej - RMB/ENGINE OIL	l	15	15	15

List technických údajů
neoTower® LIVING 2.0, 3.3, 4.0

Označení výrobku		LIVING 2.0	LIVING 3.3	LIVING 4.0
Generátor				
Výrobce generátoru		EMOD	EMOD	EMOD
Typ generátoru		asynchronní	asynchronní	asynchronní
Motorový rozběh		plánovaný	plánovaný	plánovaný
Otáčky	ot./min	1.020	1.540	1.540
Přívodní a výstupní vzduch				
Spotřeba spalovacího vzduchu	m ³ /h	14,70	24,48	25,75
Objemový proud odvětrávání modulu	m ³ /h	100,00	100,00	100,00
Celková spotřeba vzduchu modul v ohništi	m ³ /h	114,70	124,48	125,75
Připustný protitlak vedení výstupního vzduchu max. ⁽⁷⁾	Pa	150	150	150
Min./Max. teplota sání	°C	5/30	5/30	5/30
Min. hydraulicky volný průřez, otvor přívodního vzduchu	cm ²	150	150	150
Spaliny				
Teplota spalin ⁽⁸⁾ / max.	°C	50 / < 110	50 / < 110	50 / < 110
Hmotný proud spalin vlhký	kg/h	16	26	27
Objemový proud spalin suchý	Nm ³ /h	13	21	22
Protitlak spalin max.	Pa	150	150	150
Protitlak spalin max. při spalinových kaskádách	Pa	150	150	150
Protitlak spalin max. spojení spalin a výstupního vzduchu	Pa	150	150	150
Emise NOx	mg/kWh	< 240	< 240	< 240
Rozměr a hmotnost				
Rozměry modul DxŠxV	mm	1.093x613x1.100	1.093x613x1.100	1.093x613x1.100
Hmotnost cca (včetně provozních prostředků)	kg	425	426	426
Štítek ErP				
ErP Štítek energetické účinnosti ⁽⁴⁾		A+	A++	A++
ErP Využití energie ⁽⁴⁾	kWh _{HS}	7,99	12,43	13,99
ErP Stupeň účinnosti elektrický $\eta_{el,HS}$ ⁽⁴⁾	%	25,0	26,6	28,6
ErP Stupeň účinnosti tepelný $\eta_{th,HS}$ ⁽⁴⁾	%	65,1	65,8	62,9
ErP Stupeň účinnosti celkem $\eta_{ges,HS}$ ⁽⁴⁾	%	90,2	92,3	91,5
Prostorový regulátor třída ⁽⁴⁾		2	2	2
$P_{designH}$ ⁽⁴⁾	kW _{el}	2,0	3,2	3,4
Q_{HE} ⁽⁴⁾	kWh	3.377	5.014	4.986
P_{SS} Potřeba elektrického výkonu Standby ⁽⁴⁾	kW _{el}	0,02	0,02	0,02
Potřeba elektrického výkonu částečné zatížení ⁽⁴⁾	kW _{el}	0,05	0,16	0,16
$P_{el,max}$ Potřeba elektrického výkonu plné zatížení ⁽⁴⁾	kW _{el}	0,05	0,16	0,16
P_{stby_CHP} Tepelné ztráty z prostoju ⁽⁴⁾	kW _{th}	0,20	0,20	0,20
Potřeba elektrického výkonu Standby ⁽⁴⁾	kW _{el}	0,01	0,01	0,01
$\eta_S = \eta_{son} - \Sigma(F1-F5)$ ⁽⁴⁾		123,2	130,8	141,2
Netto výkon elektrický	kW _{el}	1,95	3,14	3,84

1) Výkonové údaje podle ISO 3046/I-2002, tolerance 5 % (při provozu s LPG tolerancí +5% / -20%)

2) údaje tepelného výkonu tolerance 8 %

3) Proud $f_{pe} = 2,8$ výtlačovací směs podle DIN V 18599, DIN V 4701-10, GEG (dodatek 4 k § 22 odstavec 1) platné od 11.2020

4) Podle nařízení EU 811/2013; 813/2013

5) Měření na zkušebním stavu v 1 m vzdálenosti před BHKW

6) Pouze při použití volitelné kompenzace (integrované v neoTower® 2.0, 3.3 a 4.0 / u neoTower® 50.0 není potřeba)

7) Výstupní vzduch (bez spalin) se nemusí v zásadě odvádět „nad střechu“

8) Při teplotě zpětného toku 35 °C a optimálních provozních podmínkách, tolerance 5%

Označení výrobku	LIVING 2.0, 3.3, 4.0
Rozvaděč	Kompletně vybavený pro hladký provoz BHKW se všemi potřebnými regulačními a řídicími zařízeními v bivalentním provozu. Rozměry rozvaděče: 600x600x200 mm; Přibližná hmotnost: 30-33 kg Přípojovací kabel BHKW řídicí skříň standardně 3m
Elektrické přípojky	Přívodní vedení k řídicí skříni: 5x2,5mm ² Cu do max. 50m (vstupní jištění 16 A setrvačné) max. rozsah upnutí 4mm ² Kabel teplotního čidla: Min. 2-08 JY(ST)Y do 15 m délky (2x1,5 mm ² do 40 m délky) Řídicí kabel čerpadlo: 3x1,5 mm ² ; RJ45 propojovací kabel do zásuvky BHKW
Kompence jalového proudu	Pevná kompenzace v neškrćeném provedení Jmenovité napětí: 230 / 400 V, 50 Hz Kondenzátorový stykač integrovaný Musí se pamatovat na čas vybití cca 40 sekund Mezní teplota -10°C až +35°C (střední hodnota 24 h) +40°C (krátkodobá nejvyšší hodnota) integrovaný
Tlak plynu [mbar / hPa]	Klídkový tlak plynu před regulovanou soustavou: 20 - 50 (pro zemní a kapalný plyn) Tlak toku ≥ 18 (pro zemní a kapalný plyn)
Předpisy	Dodržení příslušných směrnic EU pro certifikaci CE
Přípojky	Plyn: 1/2" IG Přítok topení: 1" kulový kohout / PN 3.0 Zpětný tok topení: 1" kulový kohout / PN 3.0 Spaliny: DN80 Odtahový vzduch integrovaný do výfukového systému Upozornění: Je třeba dbát, aby byly všechny přípojky připojené přes pružné vedení, aby bylo zaručeno potlačení vibrací. Zbytková čerpací výška sekundárního čerpadla 0,7m
Způsob provozu	Paralelní provoz sítě bez nouzového proudu, řízený teplem Použití proudu: Vlastní spotřeba a napájení do sítě dodavatele elektřiny; volitelně proudově optimalizovaná modulace Použití tepla automaticky regulované v bivalentním provozu s vyrovnávacím zásobníkem; volitelně tepelně optimalizovaná modulace
Ukazatele a spínače / tlačítka	Obsluha interních regulačních a sledovacích programů přes centrální řídicí jednotku (dotyková obrazovka pro rychlé dosažení důležitých funkcí) Podsвіcívání grafický barevný displej s vizualizovaným schématem zařízení a zobrazením pro: Teplota zásobník, motor, zpětný tok, teplá voda, vnitřní prostor, olej a spaliny; zobrazení pro aktuální výkon, tlak vody, provozní hodiny, vyrobenou energii, pokyny k údržbě a poruchové hlášení Spínače/tlačítka: Hlavní vypínač, nouzové zastavení, tlačítko nabíjení elektromobilů, tlačítko údržby
RMB/Report	Celosvětové sledování živých dat vizualizované ve schématu vestavby, chráněné individuálním heslem; zaznamenávání dat s denním, týdenním, měsíčním, ročním reportem v grafické úpravě; dálková údržba; dálkové sledování, vyhodnocování a hlášení
Kvalita vody	Okruh motoru: 40% glykolu, 60% vody podle směrnice VDI 2035. Provozní tlak za tepla: 2.0 bar. Provozní tlak za studena: 1.8 bar. Vstupní tlak MAG za studena: 1.0 bar. Topný okruh („Sekundární okruh“): Bez mechanických nečistot a nejméně podle požadavků na kvalitu skupiny 2, směrnice VDI 2035 Vodivost < 100µS/cm Tvrdost < 1° dH 8.2 > hodnota pH < 9 Odchylky způsobí vážné škody!

Odlíšné hodnoty podle podmínek prostředí a použití.

Technická změna, designová odchylka a omyly vyhrazeny.

Výstup kalkulátoru tzb-info

Lokalita (Tabulka)

Město: Praha (Karlovy)

Venkovní výpočtová teplota $t_e = -12$ °C

$t_{em} = 12$ °C
 $t_{em} = 13$ °C
 $t_{em} = 15$ °C ?

Délka topného období $d = 228$ [dny]

Prům. teplota během otopného období $t_{es} = 8,1$ °C

Vytápění

Tepelná ztráta objektu $Q_C = 14$ kW

Průměrná vnitřní výpočtová teplota $t_{is} = 20$ °C ?

Vytápěcí denostupně
 $D = d \cdot (t_{is} - t_{es}) = 2713$ K.dny

Opravné součinitele a účinnosti systému

$e_i = 0,75$? $\eta_o = 0,95$?

$e_t = 0,9$? $\eta_r = 0,95$?

$e_d = 1,00$?

Opravný součinitel ε ?

$\varepsilon = e_i \cdot e_t \cdot e_d = 0,675$

$\varepsilon = 0,675$?

$$Q_{VVT,r} = \frac{\varepsilon \cdot 24 \cdot Q_C \cdot D}{\eta_o \cdot \eta_r \cdot (t_{is} - t_e)} \cdot 3,6 \cdot 10^{-3}$$

76,7 GJ/rok

$Q_{VVT,r} = \langle 21,3 \text{ MWh/rok} \rangle$

Ohřev teplé vody

$t_1 = 10$ °C ? $\rho = 1000$ kg/m³ ?

$t_2 = 55$ °C ? $c = 4186$ J/kgK ?

$V_{2p} = 0,41$ m³/den ?

Koeficient energetických ztrát systému $z = 2$?

Denní potřeba tepla pro ohřev teplé vody

$$Q_{TUV,d} = (1 + z) \cdot \frac{\rho \cdot c \cdot V_{2p} \cdot (t_2 - t_1)}{3600} = 64,4 \text{ kWh}$$

Teplota studené vody v létě $t_{svl} = 15$ °C

Teplota studené vody v zimě $t_{svz} = 5$ °C

Počet pracovních dní soustavy v roce $N = 365$ [dny]

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

$Q_{TUV,r} = \langle 73,1 \text{ GJ/rok} \rangle$
 $20,3 \text{ MWh/rok}$

Celková roční potřeba energie na vytápění a ohřev teplé vody

$Q_r = Q_{VVT,r} + Q_{TUV,r} = \langle 149,8 \text{ GJ/rok} \rangle$
 $41,6 \text{ MWh/rok}$

Ceník elektřiny pro domácnosti – PRE



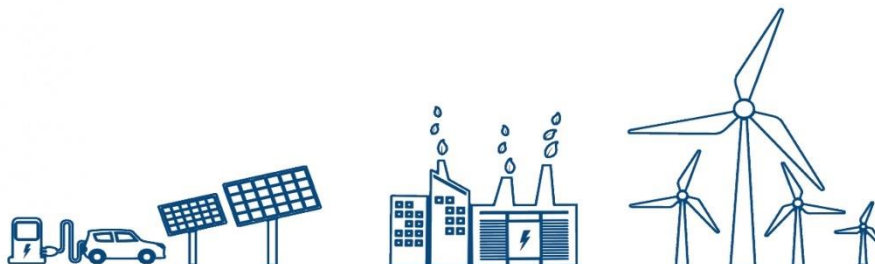
Ceník elektřiny pro domácnosti

BEZ ZÁVAZKU

platný od 01.06.2023



pro distribuční území PREdistribuce, a.s.



Obchodní cena za elektřinu (cena silové elektřiny), platná od 01.06.2023

Distribuční sazba		D01d D02d	D25d D26d	D27d	D35d	D45d	D56d	D57d	D61d
Vysoký tarif	Kč/MWh	3 969	4 035	4 035	4 385	4 585	4 439	4 439	4 439
		4 826,69	4 882,35	4 882,35	5 305,85	5 547,85	5 371,19	5 371,19	5 371,19
Nizký tarif	Kč/MWh	-	3 565	3 565	3 759	3 905	3 945	3 945	3 739
		-	4 313,65	4 313,65	4 548,39	4 725,05	4 773,45	4 773,45	4 524,19
Stálý plat	Kč/měsíc	99	99	99	99	99	99	99	99
		119,79	119,79	119,79	119,79	119,79	119,79	119,79	119,79

Tučně uvedené ceny jsou bez DPH. Ostatní ceny jsou včetně DPH 21 %, jsou zaokrouhleny a jsou pouze orientační.

Podrobnosti k výpočtu celkové ceny za dodávku elektřiny naleznete v příloze tohoto ceníku. Chyby v tisku vyhrazeny.

Od 1. 1. 2023 je cenový strop dle Nařízení vlády č. 298/2022 Sb. ve výši 6 050 Kč vč. DPH (5 000 Kč bez DPH) a stálý měsíční plat 157,30 Kč vč. DPH (130 Kč bez DPH).

Pokud obchodní cena přesáhne daný strop, budeme Vám účtovat tyto ceny. Pokud bude obchodní cena nižší, budeme Vám účtovat ceny dle platného ceníku produktu.



ZÁKAZNICKÝ PORTÁL:
na moje.ppas.cz

- mějte přehled o fakturách
- zaplatte jednoduše kartou
- zadejte si samooděčet
- aktualizujte si kontaktní údaje
- spravujte výši záloh



OBCHODNÍ KANCELÁŘE:

Praha 1, Jungmannova 31
Praha 4, U Plynáry 500



E-MAIL:

callcenter@ppas.cz



ZÁKAZNICKÁ LINKA:

+420 267 175 333



PORUCHOVÁ LINKA:

PREdistribuce, a.s.
800 823 823

PRAŽSKÁ PLYNÁRENSKÁ, a.s.
Národní 37/38, 110 00 Praha 1

IČ: 60193492
DIČ: CZ60193492

www.ppas.cz
moje.ppas.cz

Pražská plynárenská, a.s., zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl B, vložka 2337

Ceník plynu pro domácnosti a malooběratele – PPD



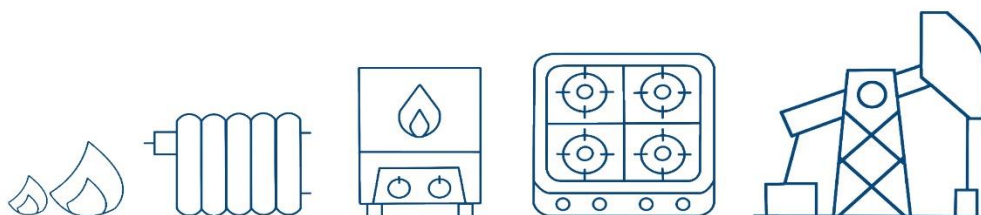
Ceník plynu pro domácnosti a malooběratele

STANDARD

platný od 01.09.2023



pro distribuční území Pražská plynárenská Distribuce, a.s.



Obchodní ceny (Ceny ostatních služeb dodávky), platné 01. 09. 2023

Charakter odběru	Roční odběr v odběrném místě MWh/rok	Komoditní složka ceny	Kapacitní složka ceny	Stálý plat
		Kč/MWh	Kč/tis.m3	Kč/měsíc
Vařím	do 1,89	1 550,00	-	80,00
		1 875,50	-	96,80
Ohřívám vodu	nad 1,89 do 7,56	1 550,00	-	80,00
		1 875,50	-	96,80
Topím	nad 7,56 do 63	1 550,00	-	120,00
		1 875,50	-	145,20
Topím hodně	nad 63 do 630	1 550,00	99 936,06	-
		1 875,50	120 922,63	-

Tučně uvedené ceny jsou bez DPH. Ostatní ceny jsou včetně DPH 21 %, jsou zaokrouhleny a jsou pouze orientační. Podrobnosti k výpočtu celkové ceny za dodávku plynu naleznete v příloze tohoto ceníku. Chyby v tisku vyhrazeny.

📄 ZÁKAZNICKÝ PORTÁL:
na moje.ppas.cz
- mějte přehled o fakturách
- zaplatte jednoduše kartou
- zadejte si samoodečet
- aktualizujte si kontaktní údaje
- spravujte výši záloh

🏠 OBCHODNÍ KANCELÁŘE:
Praha 1, Jungmannova 31
Praha 4, U Plynáry 500

☎ ZÁKAZNICKÁ LINKA:
+420 267 175 333

@ E-MAIL:
callcentrum@ppas.cz

! POHOTOVOST PLYN:
1239

PRAŽSKÁ PLYNÁRENSKÁ, a.s.
Národní 37/38, 110 00 Praha 1

IČ: 60193492
DIČ: CZ60193492

www.ppas.cz
moje.ppas.cz

Pražská plynárenská, a.s., zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl B, vložka 2337

Příloha ceníku produktu STANDARD pro domácnosti a malooběratele.

Distribuční území Pražská plynárenská Distribuce, a.s.

Obchodní ceny platné od 01.09.2023

Roční odběr v místě spotřeby (MWh/rok)		OBCHODNÍ CENY (CENY OSTATNÍCH SLUŽEB DODÁVKY)		REGULOVANÉ PLATBY			CELKOVÁ KONEČNÁ CENA	
		1	2	3	4	5	6	7
		Za odebraný plyn	Stálý plat	Za distribuci plynu	Stálý plat	Za zúčtování	Součet cen za odebraný plyn	Součet stálých platů
		Kč/MWh	Kč/měsíc	Kč/MWh	Kč/měsíc	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/měsíc
od 0	do 1,89	1 550,00	80,00	495,34	77,36	1,83	2 047,17	157,36
		1 875,50	96,80	599,36	93,61	2,21	2 477,08	190,41
nad 1,89	do 7,56	1 550,00	80,00	296,30	108,43	1,83	1 848,13	188,43
		1 875,50	96,80	358,52	131,20	2,21	2 236,24	228,00
nad 7,56	do 15	1 550,00	120,00	269,67	124,10	1,83	1 821,50	244,10
		1 875,50	145,20	326,30	150,16	2,21	2 204,02	295,36
nad 15	do 25	1 550,00	120,00	250,38	146,02	1,83	1 802,21	266,02
		1 875,50	145,20	302,96	176,68	2,21	2 180,67	321,88
nad 25	do 45	1 550,00	120,00	204,40	238,14	1,83	1 756,23	358,14
		1 875,50	145,20	247,32	288,15	2,21	2 125,04	433,35
nad 45	do 63	1 550,00	120,00	193,15	273,73	1,83	1 744,98	393,73
		1 875,50	145,20	233,71	331,21	2,21	2 111,43	476,41

Roční odběr v místě spotřeby (MWh/rok)		1	2	3	4	5	6	7
		Za odebraný plyn	Kapacitní složka ceny	Za distribuci plynu	Pevná roční cena za kapacitu *	Za zúčtování	Součet cen za odebraný plyn	Pevná roční cena za kapacitu
		Kč/MWh	Kč/tis.m3	Kč/MWh	Kč/tis.m3	Kč/MWh	Kč/MWh	Kč/tis.m3
nad 63	do 630	1 550,00	99 936,06	136,47	131 616,85	1,83	1 688,30	231 552,91
		1 875,50	120 922,63	165,13	159 256,39	2,21	2 042,84	280 179,02

Tučně uvedené ceny jsou bez DPH. Ostatní ceny jsou včetně DPH 21 %, jsou zaokrouhleny a jsou pouze orientační.

 * Pevná roční cena za denní rezervovanou pevnou distribuční kapacitu C_{rd} .

Zákazník je do odběrného pásma zařazen dle výše svojí přepočtené roční spotřeby (PRS)

 Pro orientační přepočet objemu spotřebovaného zemního plynu lze využít následující vztah: $1\text{m}^3 \approx 10,62\text{ kWh}$ respektive $1\text{ kWh} \approx 0,094\text{ m}^3$.

Regulované ceny pro rok 2023 se řídí Cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu č. 12/2022 ze dne 14. listopadu 2022.

Pokud odběratel nemá povolení k nabytí plynu osvobozeného od daně dle zákona č. 261/2007 Sb., připočítává se k celkové ceně za plyn daň ze zemního plynu ve výši 30,60 Kč/MWh bez DPH (37,03 Kč/MWh vč. DPH). Zákazníci kategorie domácnost jsou od placení daně ze zemního plynu osvobozeni.


Jak vypočítáte celkovou roční platbu za plyn?
Pro zákazníky s roční spotřebou plynu do 63 MWh:

Cena za odebrané roční množství plynu = roční spotřeba MWh x (sl. 6 = 1 + 3 + 5)

+ Cena za stálé měsíční platby = 12 x (sl. 7 = 2 + 4)

Pro zákazníky s roční spotřebou plynu nad 63 MWh:

Cena za odebrané roční množství plynu = roční spotřeba MWh x (sl. 6 = 1 + 3 + 5)

 + Cena za kapacitu (C_{rd}) = roční kapacita x (sl. 7 = 2 + 4)

 C_{rd} Roční kapacita = podíl přepočtené roční spotřeby dle Přílohy č. 15 část B.bod 3. k vyhl. 349/2015 Sb. o Pravidlech trhu s plynem v platném znění (údaj naleznete ve svém vúčtování) v tisících m3 a hodnoty 115 (hodnota stanovená Cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu v platném znění).

Vysvětlivky:

MWh = Megawathodina (1 MWh = 1 000 kWh)

Chyby v tisku vyhrazeny.

 PRAŽSKÁ PLYNÁRENSKÁ, a.s.
Národní 37/38, 110 00 Praha 1

 IČ: 60193492
DIČ: CZ60193492

 www.ppas.cz
moje.ppas.cz

Pražská plynárenská, a.s., zapsaná v obchodním rejstříku vedeném Městským soudem v Praze, oddíl B, vložka 2337

Excel_DP.xlsx

Dostupná na přiloženém CD a hypertextovém odkazu:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1znf5eEvZSZuGf-SjipRF7LrAUUPberbv/edit?usp=sharing&oid=117682117472818026234&rtpof=true&sd=true>

Excel_DP_2.xlsx

Dostupná na přiloženém CD a hypertextovém odkazu:

<https://docs.google.com/spreadsheets/d/1vGXsaSZ2XjzT5je9X4h6O3CO4HYaw6pR/edit?usp=sharing&oid=117682117472818026234&rtpof=true&sd=true>

Python.py

Dostupná na přiloženém CD a hypertextovém odkazu:

<https://drive.google.com/file/d/1fOulxX7EBMtc8j6INMgU-HZWBhjnDGNX/view?usp=sharing>