

České Vysoké Učení Technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Elektrotechnika, energetika a management



Diplomová práce

Podnikatelský záměr výstavby a provozování závodu na
energetické využití odpadu a jeho financování

2022

Bc. Patrik Šimůnek

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Šimůnek** Jméno: **Patrik** Osobní číslo: **478075**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Specializace: **Management energetiky a elektrotechniky**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Podnikatelský záměr výstavby a provozování závodu na energetické využití odpadu a jeho financování.

Název diplomové práce anglicky:

Business plan for the construction and operation of a plant for the energy recovery of waste and its financing.

Pokyny pro vypracování:

- 1) Legislativní a technické podmínky energetického využití odpadu.
- 2) Technologie energetického využití odpadu.
- 3) Podnikatelský záměr výstavby a provozování závodu na energetické využití odpadu včetně jeho ekonomické analýzy a financování.
- 4) Závěrečné doporučení.

Seznam doporučené literatury:

- 1) KALOGIROU, Efstratios N. Waste-to-energy technologies and global applications [online]. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2018. ISBN 9781315269061.
- 2) KNÁPEK, Jaroslav a Erik GEUSS. Životní prostředí a ekonomika. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02203-X.
- 3) KROPÁČ, Jiří, Ondřej PUTNA a Martin PAVLAS. Limity energetického využití odpadu s nižší výhřevností. Odpady. 2017, 27(4), 21-23. ISSN 1210-4922.
- 4) SHAHBAZ, Muhammad a Daniel BALSALOBRE-LORENTE. Econometrics of green energy handbook: economic and technological development. Cham: Springer, 2020. ISBN 978-3-030-46846-0.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D. katedra elektroenergetiky FEL

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

Datum zadání diplomové práce: **20.01.2022**

Termín odevzdání diplomové práce: _____

Platnost zadání diplomové práce: **30.09.2023**

Ing. Mgr. Vít Klein, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
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 jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 20.5.2022

Bc. Patrik Šimůnek

Poděkování

Chtěl bych poděkovat vedoucímu diplomové práce Mgr. Ing. Vítu Kleinovi, Ph.D., za vedení mé diplomové práce a trpělivost. Poděkování patří i panu Ing. Daliboru Roikovi, MBA, řediteli projektu závodu energetického využití odpadu Mělník společnosti ČEZ, a.s. za věnovaný čas pro konzultaci podnikatelského záměru.

Poděkování patří i zaměstnancům společnosti Česká Spořitelna, a.s., z oddělení strategického financování a zaměstnancům společnosti Unicredit Bank, a.s., z oddělení Dealing.

Dále děkuji pedagogům z Katedry ekonomiky, manažerství a humanitních věd Českého vysokého učení technické v Praze Fakulty elektrotechnické za znalosti z oblasti energetiky a pedagogům z Vysoké školy ekonomické v Praze, Fakulty financí a účetnictví, za znalosti z oblasti bankovníctví, financí a ekonomie.

V neposlední řadě rodině a kamarádům, kteří měli a mají se mnou trpělivost akceptovat moji ambiciózní povahu a časovou zaneprázdněnost způsobenou studiem ČVUT FEL a VŠE FFÚ.

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá projektovým záměrem výstavby závodu energetického využití odpadu v podmínkách České republiky. V práci je popsána legislativa z oblasti energetiky a nakládání s odpady s důrazem na budoucí vývoj v České republice s ohledem na směřování Evropských směrnic směřující ke klimatické neutralitě. Práce popisuje aktuálně v roce 2022 využívané technologie energetického využití odpadu a jejich výhody a nevýhody. Dále se diplomová práce zabývá hodnocením podnikatelského záměru s ohledem na výstavbu a provoz zařízení s důrazem na výnosnost projektu.

K diplomové práci náleží technický a ekonomický model zpracovaný v programu MS Excel, kde jsou vypočteny jednotlivé technické a ekonomické hodnoty a zpracované grafy s citlivostními analýzami.

Na závěr je uvedeno závěrečné doporučení pro realizaci projektu s důrazem na finanční stránku řízení společnosti.

Klíčová slova

Závod energetického využití odpadu, kotel, komunální odpad, směsný komunální odpad, financování projektu, podnikatelský záměr, ekonomie, finance, úvěr, náklady, výnosy

Abstract

The diploma thesis deals with the project plan for the construction of a waste-to-energy plant in the conditions of the Czech Republic. The thesis describes the legislation in the field of energy and waste management with emphasis on future developments in the Czech Republic with regard to the direction of European directives towards climate neutrality. The work describes the currently used technologies of energy recovery of waste in 2022 and their advantages and disadvantages. Furthermore, the thesis deals with the evaluation of the business plan with regard to the construction and operation of facilities with emphasis on the profitability of the project.

The diploma thesis includes a technical and economic model processed in the MS Excel program, where individual technical and economic values are calculated and processed graphs with sensitivity analyses.

Finally, there is a final recommendation for the implementation of the project with emphasis on the financial side of the company's management.

Key words

Waste-to-energy plant, boiler, municipal waste, mixed municipal waste, project financing, business plan, economics, finance, credit, costs, revenues

Obsah

1.	Úvod.....	1
1.1	Úvodní poznámka k textu	4
1.2	Příklady společností zpracovávající komunální odpad.....	5
1.2.1	Malešice	5
1.2.2	Brno.....	5
1.2.3	Liberec	6
1.2.4	Chotíkov.....	6
1.2.5	Vráto.....	7
1.2.6	CopenHill.....	8
2.	Legislativní a technické podmínky energetického využití odpadu	10
3.	Technologie energetického využití odpadu.....	19
3.1	Proces spalování pyrolýzou.....	21
3.2	Proces spalování zplyňováním.....	22
3.3	Proces klasického spalování.....	22
3.3.1	Emise vzniklé klasickým spalováním	28
3.3.2	Výroba tepelné energie klasickým spalováním.....	29
3.3.3	Výroba elektrické energie klasickým spalováním	30
3.4	Čištění spalin.....	31
3.5	Využití vody pro technologii v ZEVO.....	34
4.	Podnikatelský záměr výstavby a provozování závodu na energetické využití odpadu včetně jeho ekonomické analýzy a financování.....	36
4.1	Charakter záměru	37
4.2	Lokalizace projektového záměru ZEVO.....	38
4.3	Finanční a ekonomické hodnocení.....	42
4.4	Materiální vstupy	42
4.4.1	Palivo	44
4.4.2	Mzdové náklady	52
4.4.3	Voda	53
4.4.4	Čištění spalin.....	55
4.5	Spotřeba energie v zařízení	57
4.6	Vzniklý výstup ze zařízení	59
4.6.1	Kapacita trhu tepelné energie a možné produkce tepla ZEVO	59
4.6.2	Prodej komodit z procesu spalování	63
4.6.3	Technický provoz zařízení	65
4.7	Regulace cena tepla.....	66
4.8	Odpisy	67
4.9	Vážená cena kapitálu – diskont.....	68
4.10	Emisní povolenky	69
4.11	Rizika projektu	71
4.12	Technické parametry ZEVO	73
4.13	Úvěr.....	73

4.14	Metody pro hodnocení projektu.....	77
4.15	Výsledky scénářů	78
4.16	Citlivostní analýza.....	83
5.	Závěrečná doporučení	91
6.	Závěr.....	94
7.	Seznam obrázků	95
8.	Seznam grafů.....	95
9.	Seznam tabulek	96
10.	Seznam literatury.....	97
11.	Přílohy	100

Seznam zkratek

BAT	Best Available Techniques
CAPEX	Kapitálové náklady
CAPM	Capital asset pricing model
CEO	Chief executive officer
CEWEP	The Confederation of European Waste-to-Energy
CFO	Chief financial officer
ČNB	Česká národní banka
DPH	Daň z přidané hodnoty
DS	Distribuční síť
EIA	Enviromental Impact Assessment
EPH	Energetický a průmyslový holding
ERÚ	Energetický regulační úřad
EU ETS	European Union Emissions Trading Scheme
EVO	Energetické využití odpadů
HDP	Hrubý domácí produkt
IRR	Internal rate of return
KJ	Kogenerační jednotka
KO	Komunální odpad
KVET	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
MF	Ministerstvo financí
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NPV	Net present value
OPŽP	Operační program Životního prostředí
RAB	Regulační báze aktiv
SKO	Směsný komunální odpad
SPRUK	Směs popeloviny pro rekultivaci a úpravu krajiny
TOC	Celkový organický uhlík
TUV	Teplá užitková voda
TZL	Tuhé znečišťující látky
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpadu

1. Úvod

S růstem dopadů chování lidstva v klimatickém oteplování je kladen směrnicemi a dalšími legislativními dokumenty důraz na snižování veškerých emisí produkovaných lidským chováním. Člověk by se ale neměl zaměřovat pouze na oblasti energetiky a snižování emisí z elektráren, ale na celkovou transformaci energetiky a využití dosavadních technologií, možností a jiného ke změně chování a dopadů na planetu.

V České republice se za jeden rok vyprodukuje 6 miliónů tun komunálního odpadu, který z velké části končí na skládkách. Přibližně 35 % z celkového množství vyprodukovaného odpadu jsme schopni recyklovat, 50 % je uloženo na skládkách komunálního odpadu a 15 % spotřebováno ve spalovnách a přeměněno na energii.

Produkce odpadu celosvětově každoročně roste. Produkce komunálního odpadu a jeho možného využití pro energetické účely odpovídá 2 000 000 až 2 500 000 tun hnědého uhlí, 1 000 000 až 1 500 000 tun černého uhlí, spalovaného v tepelných elektrárnách. Přibližně tak můžeme nahradit jednu uhelnou elektrárnu v ČR při stávajících podmínkách produkce odpadu a spotřebě energie.



Obrázek 1. Odpad v moři¹

¹ 90 % plastového odpadu v zemských oceánech pochází z Asie a z Afriky [online]. Praha: reformy.cz, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.reformy.cz/90-plastoveho-odpadu-v-zemskych-oceanech-pochazi-z-asie-a-z-afriky/>

Zde je potřeba zmínit, že v České republice tento odpad končí z velké části na tomu zřízených skládkách, ale v zemích, především rozvojových, s přístupem k oceánu a moři je odpad umisťován do těchto vod. Vznikají tak především z plastových láhví takzvané ostrovy, které bývají již větší než pevninské ostrovy. V minulosti tímto způsobem nakládala Velká Británie se svým odpadem, kdy na zemi neměli žádné prostory pro skladování odpadu, ale veškerý odpad umisťovali do moří.

Jako autor práce si nedokážu představit lidstvo bez odpadů. Většina dosavadních skládek již tvoří neudržitelnou kumulaci odpadů. Odpadky nezmizí, nerozloží se na tvořených skládkách za takřka lidský život. Skládky na mnoha místech tvoří nevzhledné útvary, viz skládka odpadu Čáslav, provozována společností AVE CZ odpadové hospodářství, s.r.o., na fotografii níže.



Obrázek 2. Skládka komunálního odpadu Čáslav

Podle typu odpadu můžeme skládky také dělit na skládky pro nebezpečný odpad, komunální odpad a ostatní odpady. Skládky můžeme také dělit na povrchové a podzemní, kdy podzemními skládkami jsou staré vytěžené doly. Pro oba typy skládek platí určitá pravidla. Povrchová skládka se nesmí umístit do přírodně chráněné lokality, v oblasti s možností záplavy a v dostatečné vzdálenosti od obytné zóny.

Někdy je uváděno, že skládka nesmí být umístěna i v místě hrozící zemětřesením, ale podlaží skládek se podrobně nezkoumá, jako je tomu například u jaderných elektráren.

Skládka uvedená na fotografii výše jako *obrázek 2. skládka komunálního odpadu Čáslav*, je povrchovou zhutňovanou skládkou, kdy odpad je navezen, speciálním vozidlem rozježděn a překryt plastovou fólií na kterou je navezena další vrstva odpadu. Využíváním odpadu pro energetické účely, a ne jenom v principu pro ukládání na skládkách odpadů s drancováním okolní přírody na několik stovek let s rozpadem těchto surovin, je možné odpady spalovat ve spalovnách. V porovnání se spalováním komodit, jakými jsou hnědé, černé uhlí a zemní plyn dochází tak k využívání suroviny, která je tvořena lidstvem a její omezení je velmi složité, až takřka nemožné.

Proto jejich využití v energetice v dosavadních elektrárnách spalující neobnovitelné komodity, především uhlí mohou být cestou k dalšímu využití spalovacích elektráren a odpadů, kterých se zatím lidstvo neumí zbavit či je efektivněji likvidovat. V porovnání závodu energetického využití odpadu a uhelné elektrárny je dopad na životní prostředí mnohonásobně menší.

Hlavními výhodami energetického využití odpadů je úspora neobnovitelných komodit (uhlí, ropa, plyn), snížení odpadů umístěvaných na skládkách, výroba elektrické a tepelné energie s kogeneračním cyklem a vysokou účinností, neustálá kontrola odpadů (měření radiace), která neprobíhá na skládkách.

Je zapotřebí dále zmínit, že závod na energetické využití odpadů nijak nemá konkurovat nebo potlačovat třídění a recyklaci odpadů, ale dané odpadové hospodářství doplňuje, protože svojí funkcí zpracovává zbytkový odpad, který je vhodný ke spálení a nezatíží tak životní prostředí.

Při využití odpadů pro spalování a tvorbu energie s odklonem ze skládek a ukončením spalování fosilních paliv se emise skleníkových plynů podle některých studií pohybují i v záporných hodnotách. To s předpokladem určité obnovy odpadu, který jak bylo zmíněno bude lidstvem na planetě tvořeno do možného konce společnosti. Jak bude uvedeno v kapitole Legislativní a technické podmínky energetického využití odpadu, tak dle směrnic z Evropské unie a jejich transpozice má dojít do konce roku 2024 k ukončení jakéhokoliv skládkování odpadů s výhřevností vyšší než 4 MJ/kg.

Skládky jsou velkým přispěvovatelem tvorby emisí skleníkových plynů. Při dnešních používaných technologiích v roce 2021 je možné zachytit pouze 75 % produkovaného skládkového plynu. Zbytek uniká volně do atmosféry. Nejhorším stavem jsou požáry na těchto skládkách komunálního odpadu, kdy v České republice s počtem 178 skládek běžně hoří kolem 500krát za rok. Při požáru uniká velké množství toxických prvků, které není možné za žádných okolností zachytit.²

² ZEVO Vrátó – ekologie [online]. Praha: ZEVO Vrátó, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zevovrato.cz/ekologie/>

Při spalování ve spalovnách a přeměně na dále využitelnou energii jsou využívány a vysoce účinná zařízení pro zachytávání veškerých emisí, které takto vznikají. V dnešní době jsou nejmodernější látkové filtry, které mají účinnost 99 %. Můžeme tedy konstatovat, že takovéto nakládání s odpady je z hlediska vznikající skládkového plynu efektivnější.

Stávající využití závodů na energetické využití odpadů v České republice je ve městech Praha, Liberec, Brno a Plzeň s kapacitou 750 000 tun ročně energeticky využitelného odpadu.

Vedlejším efektem zpracování odpadu pro energetiku je tvorba škváry, která je využívána pro stavebnictví. Tvorba škváry v energetických zařízeních omezuje nutnost tuto komoditu jinak těžit, kdy se získává potřebné množství kameniva a písku pro vytvoření škváry.

Pro odpadové hospodářství je v Evropě zřízena organizace CEWEP (The Confederation of European Waste-to-Energy), která sdružuje a zastřešuje provozovatele veškerých závodů na energetické využití odpadů. Organizace zastřešuje 410 společností z 23 zemí.

1.1 Úvodní poznámka k textu

Pokud není uvedeno jinak, je růst veličiny ve výpočtu stanoven jako součet předpokládané eskalace ceny a momentální cílované inflace stanovenou Českou národní bankou skrze 14denní úrokovou míru. Pokud není uvedeno jinak, jsou jednotky veličin uváděny v podílovém formátu, nikoliv v součinném. V případě finančních veličin eskalace cen, výše úroku a dalších je zápis proveden ve formátu procento lomeno rok (%/rok). Není používáno formátu procento per annun (% p.a).

Výše finančních hodnot v přijatých předpokladech, výpočtech a výsledcích je uváděna bez daně z přidané hodnoty.

Veškeré vstupní údaje jsou převzaty z výročních zpráv existujících ZEVO v České republice a v zahraničí. Data jsou v této práci psána formou 1.1.2022. Pro diplomovou práci budu předpokládat modelově výstavbu zařízení o spalovací kapacitě 90 000 tun odpadu ročně.

1.2 Příklady společností zpracovávající komunální odpad

Příklady závodů na energetické využití odpadů (dále ZEVO) jsou ZEVO Plzeň, ZEVO Malešice, Termizo Liberec, SAKO Brno a ze zahraničí především ZEVO Amager Bakke v Kodani a ZEVO ve Vídni.

1.2.1 Malešice

ZEVO Malešice je zařízení, které započalo s výstavbou za minulého režimu v Československu s počátkem stavby v roce 1987/1988 a s koncem stavebních prací a uvedením zařízení do provozu v roce 1998. Zařízení spaluje komunální odpad a vyrábí tepelnou a elektrickou energii za pomoci technologického kombinovaného cyklu využitím energie z páry neboli kogenerační jednotky.³ Malešice jsou vlastněné Hlavním městem Praha skrze společnost Pražské služby, a.s.

V Malešicích je odpad spalován ve 4 kotlích s válcovými rošty. Technologie kotlů je schopna spálit 14 až 15 tun odpadu za jednu hodinu. Vyrobená tepelná energie v kotli je v páře, která na výměníku spalovny předává teplo o 130 GJ/h. Část páry je předána odběratelům ve formě technologické páry. Teplo za výměníkem dále proudí a je využíváno pro ohřev vody a ohřívání místností skrze radiátory. Tímto způsobem vyrábí spalovna teplo a elektřinu pro 20 000 domácností se spálením až 310 000 tun, běžně přes 200 000 tun, odpadu za jeden rok. Vyrobeno je tak mezi 830 000 až 880 000 GJ tepla ročně. Spalovna má povolenou kapacitu 330 000 tun/rok na 4 kotle.⁴

Veškeré vylučované emise se pohybují kolem hodnoty 10 % celkového povoleného množství, a to především z důvodu neustálého modernizování technologie k šíření emisí a čištění spalin. Spalovna je tak svými emisemi skleníkových plynů technologicky rovnocenná ke spalovnám provozovaným v Německu nebo v Rakousku.

1.2.2 Brno

ZEVO Brno, vlastněné společností SAKO Brno, a.s., která je firmou vlastněnou a založenou statutárním městem Brno. Výrobní kapacita ZEVO Brno je se spalováním 248 000 t ročně a výhřevností paliva pohybující se okolo hodnoty 11 MJ/kg. Zařízení je zkonstruováno ze dvou roštových kotlů o instalovaném spalovacím výkonu každého z nich 14 tun odpadu za hodinu. Zařízení tak vyrábí v kotlích páru každou hodinu do výše 40 t/h.⁵

³ Spalovna Malešice [online]. Praha: Wikipedia, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Spalovna_Male%C5%A1ice

⁴ Tamtéž

⁵ Energetické využití odpadu ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADU [online]. Praha: SAKO Brno, 2018 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.sako.cz/pro-brnaky/cz/801/energeticke-vyuziti-odpadu/>

Zařízení dodává teplo do sítě centrálního zásobování teplem (dále CZT) Brno. Majoritním druhem zdroje pro dodávání tepla ve městě Brno je zemní plyn. Dle dokumentace posouzení vlivů a koncepcí na životní prostředí (dále EIA) má závod povolení spalovat takové množství odpadů, aby dosáhlo roční výroby tepla v hodnotě 580 000 GJ/rok a elektrické energie 70 000 MWh/rok.⁶

ZEVO Brno bylo úplně prvním zařízením pro spalování a energetické využití odpadů v České republice. Výstavba byla provedena za minulého režimu mezi lety 1984 až 1989 s počáteční kapacitou spalování 240 000 tun odpadu ročně. S rostoucí potřebou dodávek tepla byla kapacita navýšena na 248 000 tun odpadu ročně. Dané navyšování množství spalování odpadu vedlo k modernizaci spalovny a instalací parní kondenzační turbíny s výkonem 22,7 MW.

1.2.3 Liberec

ZEVO Liberec, které je provozované společností TERMIZO, a.s. vlastněné soukromou společností MVV Energie CZ, a.s., je jedním z dodavatelů tepla pro město Liberec. Odpad pro ZEVO je svážen z okolních měst zařízení, a to především směsný komunální odpad z města Liberec a Jablonce nad Nisou.

Zařízení je vystaveno pouze z jedné linky pro spalování. Především z důvodu, že pro město Liberec není zařízení ZEVO TERMIZO jediným a majoritním dodavatelem tepla a v případě výpadku jí plně nahradí ostatní zdroje tepla připojené do CZT Liberec. Nemusí tak dojít k přepojení na druhou linku.

Kapacita zařízení pro spalování odpadu je 96 000 tun ročně s výrobou tepla pohybující se okolo 720 000 GJ/rok. Výstavba zařízení započala v roce 1997 a po třech letech bylo zařízení uváděno do provozu.⁷

1.2.4 Chotíkov

ZEVO Chotíkov, které je provozované společností Plzeňská teplárenská, a.s., kterou vlastní JUDr. Daniel Křetínský skrze společnost Energetický průmyslový holding, a.s. (dále EPH, a.s.), získanou od Statutárního města Plzeň.

Zařízení je konstruováno pro spalování 95 000 tun odpadu ročně s technologickými parametry kotle 31,65 MWt s roční dodávkou tepla ve výši 400 000 GJ. Výkon

⁶ Energetické využití odpadu ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADU [online]. Praha: SAKO Brno, 2018 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.sako.cz/pro-brnaky/cz/801/energeticke-vyuziti-odpadu/>

⁷ Základní informace [online]. Praha: TERMIZO, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://tmz.mvv.cz/o-spolecnosti/zakladni-informace/>

generátoru pro výrobu elektrické energie je 10,5 MW_e a roční dodávka elektřiny do sítě se pohybuje okolo 36 000 MWh.⁸

Teplo je dodáváno do domácností města Plzeň skrze CZT. Provoz ZEVO Chotíkov začal v roce 2015, ale plný a běžný provoz započal v roce 2019. Přičemž EIA byla podána v roce 2011 a investice města Plzeň na výstavbu ZEVO byla ve výši 2,5 miliardy Kč.⁹

1.2.5 Vráto

ZEVO Vráto, jejíž vlastníkem je společnost Teplárna České Budějovice, a.s., kterou vlastní Statutární město České Budějovice, je společnost jejíž provoz by měl být v kombinaci s původní teplárnou České Budějovice, která je silně neekologická s emisemi 300 000 tun CO₂ ročně.

Stále v roce 2022 dochází ke spalování hnědého uhlí a zemního plynu. Obě tyto komodity mají nejistou budoucnost, kdy hnědého uhlí se chce energetika v EU zbavit a podstatným dodavatelem zemního plynu pro Českou republiku je Ruská federace, která je toho času (od 24.2.2022) ve válce s Ukrajinou a pod značnými sankcemi.

Zprovozněním spalovny odpadu by mělo dojít s porovnáním stávajícího stavu k poklesu emisí CO₂ vylučovaných teplárnou o 54 000 tun ročně. Jedná se o moderní technologii pro výrobu energie za pomoci kombinovaného cyklu – kogeneračních jednotek.

Zařízení je plánováno na spalování ročně až 160 000 tun energeticky využitelného odpadu a výrobou přes 50 000 MWh elektrické energie a 630 000 GJ tepelné energie za rok. Energetická účinnost závodu energetického využití odpadu Vráto je plánovaná na 83 %. Přivezený odpad bude ukládán do zásobníku s objemem 6 000 m³, který tvoří zásobu na 5 dní s nepřetržitým provozem.¹⁰

⁸ O nás [online]. Praha: Plzeňská teplárenská, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z:

<https://www.zevoplzen.cz/o-nas>

⁹ Historie [online]. Praha: Plzeňská teplárenská, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z:

<https://www.zevoplzen.cz/historie>

¹⁰ Popis a technologické schéma výroby [online]. Praha: Teplárna České Budějovice, 2021 [cit. 2022 05 17]. Dostupné z: <https://www.teplarna-cb.cz/vyroba-tepla-a-elektriny/>



Obrázek 3. Navržená spalovna Vrátů¹¹

1.2.6 CopenHill

CopenHill nebo také označován Amager Bakke/Slope (Bakke je kopec) ve státě Dánsko v městě Kodaň je zařízení pro zpracování odpadu a jeho přeměnu na energii. Principem je kombinovaná výroba tepla a elektřiny přeměnou odpadu. Závod byl vystaven finančními zdroji pěti okolních municipalit a jedná se o jejich majetek.^{12, 13} Ve své podstatě se projekt realizoval na principu směrnice Evropského parlamentu a Rady o energetických komunitách podle takzvaného společenství pro obnovitelné zdroje energie.

Projekt byl spuštěn v roce 2017 a původním záměrem bylo především nahrazení stávající staré spalovny, 45 let staré, v Amageru, která zpracovávala uhlí a stále je v roce 2021 předělávána na technologii spalování biomasy. Původní teplárna na uhlí obhospodařovala celkem 150 000 domácností. Obě tyto teplárny tvoří podle strategických plánů roli v dosažení nulových emisí Kodaně do roku 2025.^{13, 14}

¹¹ ZEVO Vrátů – nové vizualizace [online]. Praha: ZEVO Vrátů, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zevovrato.cz/zevo-vrato-nove-vizualizace/>

¹² The incinerator and the ski slope tackling waste: Adrienne Murray [online]. London, 2019 [cit. 2022 05-17]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/business-49877318>

¹³ Amager Bakke [online]. Wikipedia, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Amager_Bakke



Obrázek 4. Spalovna v Dánsku Amager Bakke¹⁴

Bonusem a příkladem tohoto projektu je, že závod tvoří kopec, na kterém je umístěna sjezdovka pro lyžování. Sjezdovka je navržena skupinou Bjarke Ingels Group, výška kopce je 85 metrů a délka sjezdovky 450 metrů. Jedná se o celoroční umělou sjezdovku. V roce 2019 byla otevřena lezecká stěna Walltopia s až 85metrovou výškou, která je nejvyšší umělou lezeckou stěnou na světě. Sjezdovka vyšla na 12,2 milionů dolarů.

Závod pro zpracování odpadu stál 670 milionů dolarů (550 milionů eur) a ročně spálí kolem 400 000 tun komunálního odpadu. Maximální množství je 35 tun za hodinu. Instalovaný výkon elektrárny pro výrobu elektrické energie je 63 MWe a 157–247 MWt instalovaného výkonu pro teplo.

Protože spalovna je navržena na nejmodernějších technologiích, je očekáváno snížení emisí oproti stávající teplárně, a to snížením emisí síry o 99,5 % a NO_x o 95 %. Teplárna pro zachytávání emisí využívá elektrostatické filtry. Na základě těchto výsledků je teplárna nejčistší spalovnou komunálního odpadu na světě.^{15, 16}

¹⁴ Amager Bakke Waste-to-Energy | BIG [online]. Denmark: Arch20, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.arch2o.com/amager-bakke-waste-to-energy-big/>

¹⁵ The incinerator and the ski slope tackling waste: Adrienne Murray [online]. London, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/business-49877318>

¹⁶ Amager Bakke [online]. Wikipedia, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Amager_Bakke

2. Legislativní a technické podmínky energetického využití odpadu

Pro ZEVO platí přísná legislativa dána Evropskou unií s transpozicí a dopadem do české legislativy. Legislativa umožňuje velmi malý dopad hodnot emisí do životního prostředí. V roce 2024 bude v České republice v platnosti transpozice zákona z evropské legislativy, kdy bude přísný zákaz skládkování směsných komunálních odpadů (dále SKO) a recyklovatelných odpadů.¹⁷

Evropská legislativa dělí nakládání s odpady do několika úrovní. Hierarchie nakládání s odpady je následující:

1. Předcházení vzniku odpadu.
2. Příprava k opětovnému použití.
3. Recyklace nebo kompostování.
4. Energetické využití.
5. Skládkování.

Česká legislativa definuje strategické cíle uvedené v Plánu odpadového hospodářství České republiky, dle nařízení vlády z 22.12.2014 č. 352/2014 Sb., o plánu odpadového hospodářství České republiky pro období let 2015 – 2024, ve znění pozdějších předpisů následovně:¹⁸

1. Předcházení vzniku a snižování produkce odpadů.
2. Minimalizace negativních účinků odpadů na životní prostředí a lidstvo.
3. Udržitelný rozvoj společnosti a dosažení evropských cílů v nakládání s odpady.
4. Maximalizovat využití odpadů v oběhovém hospodářství a náhradě primárních zdrojů v oblasti energetiky.¹⁹



Obrázek 5. Schéma nakládání s odpadem

¹⁷ Co je ZEVO [online]. Praha: ČEZ, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/co-je-zevo.html>

¹⁸ Plán odpadového hospodářství ČR [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2014 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr

¹⁹ Tamtéž

Prvotní smysl dělení odpadu můžeme rozdělit na jeho vznik a filtrování na typ odpadu pro několikaleté skladování nebo jeho spálení potažmo energetické využití. Odpad jakožto palivo v ZEVO má dle platných pravidel daných legislativou v České republice vycházející z Evropské unie následující schéma postupu zpracování.

Odpady se dále dělí do katalogových skupin odpadů, kterých je celkem 20 tříd. V třídách jsou zahrnuty veškeré odpady, které vznikají. Pod katalogovým číslem odpadu 20 nalezneme komunální odpady (odpady z domácností a podobné živnostenské, průmyslové odpady a odpady z úřadů) včetně složek z odděleného sběru. Tato třída je hlavním zdrojem pro spalování v zařízeních jim určených.^{20,21}

Pro ZEVO je vhodných 47 až 58 kódů z 12 kategorií odpadů, které uvádím v následující *tabulce 1. seznam kódů odpadů vhodných pro ZEVO*. Seznam vychází z několika zpracovaných studií na téma vhodných odpadů pro ZEVO a jejich budoucí využití, které nebude možné jednoduše plně potlačit.

Z níže uvedené *tabulce 1. seznam kódů odpadů vhodných pro ZEVO* kategorií a jednotlivých podkategorií plyne, že směsný komunální odpad je podmnožinou komunálního odpadu. Komunálním odpadem (dále jako KO) se rozumí odpad jehož zdrojem jsou fyzické osoby na území obce. Nikoliv odpad vznikající u právnické osoby nebo fyzické osoby při činnosti podnikání. Právnické a fyzické osoby podnikající musí prokázat, že jejich odpad má charakter komunálního, aby s ním mohlo být manipulováno jako s KO vznikajícím u fyzické osoby. SKO je druhem KO pod kódy 20 03 01 až 20 03 99 jehož určité druhy je možné využít v ZEVO.

Ze seznamu kódů odpadů jsou nejvhodnějším palivem pro ZEVO následující kódy odpadů 09 01 07 fotografický film a papír s obsahem stříbra, 09 01 08 fotografický film a papír bez obsahu stříbra, 15 01 05 odpad z kompozitních obalů, 15 01 06 odpad ze směsných obalů, 15 01 09 odpad z textilních obalů, 15 02 03 odpad neuvedený pod číslem 15 02 02 (filtrační materiál, ochranný materiál a další podobné), 16 01 99 odpad blíže neurčený jako textil z autovraků a papír, 17 02 04 odpad ze skla, plastu, dřeva s obsahem nebezpečných látek, 18 01 03 odpad z plen, 18 01 04 odpad z obvažů, sádrové materiály, prádlo a oděv, 19 12 06 odpad z dřeva s obsahem nebezpečných látek, 19 12 07 odpad z dřeva neuvedený pod číslem 19 12 06, 19 12 08 odpad z textilu, 19 12 10 odpad spalitelný, který byl vyrobený jako palivo z odpadu, 19 12 12 odpady jiné a neurčené pod číslem 19 12 11, 20 01 11 odpad z textilu, 20 03 01 směsný komunální odpad, 20 03 02 odpad z tržišť, 20 03 07 odpad objemný, 20 03 99 odpad komunálního charakteru blíže neurčený. Tento odpad má nadprůměrnou výhřevnost oproti zbytku a je v tabulce vyznačen oranžovým podbarvením.

²⁰ Dr. Ing HÄBERLE, Gregor. *Technika životního prostředí pro školu i praxi*. 1. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2003. ISBN 80-86706-05-2.

²¹ ING. PUTNA, Ondřej. Termické zpracování odpadů jako klíčový prvek efektivních systémů odpadového hospodářství. *PhD. práce* [online]. 2018, 45 [cit. 2022-05-17].

Kód	Popis
Odpady ze zemědělství a přidružených činností	
02 01 03	Odpad rostlinný
02 02 04	Odpad z plastů
02 01 07	Odpad z lesnictví
02 03 04	Suroviny určené ke spotřebě a zpracování
02 05 01	Suroviny určené ke spotřebě a zpracování
02 06 01	Suroviny určené ke spotřebě a zpracování
Odpady ze zpracování dřeva a přidružených činností	
03 01 01	Odpad z kůry a korku
03 01 05	Ostatní neuvedené pod č. 03 01 04 (piliny, hobliny, odřezky a další)
03 03 01	Odpad z dřeva a kůry
03 03 07	Mechanicky oddělený odpadní papír a výmět
03 03 08	Odpad ze tříděného papíru a lepenky
Odpad z kožedělnického a textilního průmyslu	
04 01 01	Odpad ze štípenky a kličovky
04 02 09	Odpad z kompozitu
04 02 21	Odpad z nezpracovaného textilu
04 02 22	Odpad ze zpracovaného textilu
Odpad z organických chemických procesů	
07 01 99	Odpad nespecifikovaný a plastové obaly znečištěné potravinovými oleji
07 02 13	Odpad z plastu
Odpad z fotografického průmyslu	
09 01 07	Fotografický film a papír s obsahem stříbra
09 01 08	Fotografický film a papír bez obsahu stříbra
Odpad z tváření a jiné fyzikální a mechanické úpravy kovových a plastových materiálů	
12 01 05	Odpad z plastových hoblin a třísky
Odpad z obalů (čistící tkanina, materiál z filtrace, ochranné materiály a další určené)	
15 01 01	Odpad z papírových a lepenkových obalů
15 01 02	Odpad z plastových obalů
15 01 03	Odpad z dřevěných obalů
15 01 05	Odpad z kompozitních obalů
15 01 06	Odpad ze směsných obalů
15 01 09	Odpad z textilních obalů
15 02 03	Odpad neuvedený pod č. 15 02 02 (filtrační materiál, ochranné materiály a další)
Odpady v tomto katalogu určené	
16 01 19	Odpad z plastu
16 01 99	Odpad blíže určený (textil z autovraků a papír)
16 03 06	Odpad organický určený pod č. 16 03 05

Stavební a demoliční odpad včetně zeminy	
17 02 01	Odpad z dřeva
17 02 03	Odpad z plastu
17 02 04	Odpad ze skla, plastu, dřeva s obsahem nebezpečných látek
Odpad ze zdravotnictví a výzkumu a souvisejících činností bez možnosti infekce	
18 01 03	Odpad z plen
18 01 04	Odpad z obvazů, sádrové materiály, prádlo a oděv
Odpad ze zpracovávání odpadů, z čistíren odpadních vod a výroby pitné vody včetně vody pro průmysl	
19 08 01	Nečistoty z česlí (shrabky)
19 12 01	Odpad z lepenky a papíru
19 12 04	Odpad z plastů a kaučuk
19 12 06	Odpad z dřeva s obsahem nebezpečných látek
19 12 07	Odpad z dřeva neuvedený pod č. 19 12 06
19 12 08	Odpad z textilu
19 12 10	Odpad spalitelný, který byl vyrobený jako palivo z odpadu
19 12 12	Odpady jiné a neurčené pod č. 19 12 11
Komunální odpad	
20 01 01	Odpad z papíru a lepenky
20 01 10	Odpad z oděvů
20 01 11	Odpad z textilu
20 01 37	Odpad z dřeva s obsahem nebezpečných látek
20 01 38	Odpad ze dřeva neurčený pod č. 20 01 37
20 01 39	Odpad z plastů
20 02 01	Odpad biologicky rozložitelný
20 03 01	Směsný komunální odpad
20 03 02	Odpad z tržišť
20 03 03	Odpad z uličního charakteru
20 03 07	Odpad objemný
20 03 99	Odpad komunálního charakteru blíže neurčený*
Kód	Popis

Tabulka 1. Seznam kódů odpadů vhodných pro ZEVO²²

*Tento odpad může být využit jen v případě krizového řízení podle zákona č. 430/2010 Sb., o krizovém řízení a o změně některých zákonů (krizový zákon), ve znění pozdějších předpisů.

²² GRÝCOVÁ, Barbora, Jiří RUSÍN, Michal PREKOP, Milan IPOLT a Radek HOŘEŇOVSKÝ. Energie z odpadů, výzva pro 21. století. *Wast En. Wast En* [online]. 2021, 106 [cit. 2022-05-17].

Příklad výhřevnosti jednotlivých odpadů pro ZEVO se pohybuje v následujících hodnotách uvedených v *tabulce 2. výhřevnosti jednotlivých typů odpadu*. Případně jiné odpady tvoří kombinaci těchto hlavních typů.

Odpad	Výhřevnost [MJ/kg]
Pneumatiky	25
Kaly	8 – 11
Textil	12 – 25
Plast	23
Papír	14

Tabulka 2. Výhřevnosti jednotlivých typů odpadu²³

Odpadní hospodářství pro Českou republiku vychází ze směrnice Evropského parlamentu 2009/28 o podpoře využívání energie z obnovitelných zdrojů. V této směrnici je zakotveno, že energie vyrobená ze směsného odpadu je částečně obnovitelná, protože odpad může být tvořen biologicky rozložitelným odpadem.

Dalšími důležitými směrnicemi Evropského parlamentu a Rady jsou 2000/76/ES o spalování odpadů, ve znění pozdějších předpisů a 2008/98/ES o odpadech a o zrušení některých dřívějších směrnic, ve znění pozdějších předpisů.

V České republice pro odpadové hospodářství platí zákony:

- Zákon č. 541/2020 sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů (dále jako zákon o odpadech).
- Zákon č. 542/2020 sb., o výrobcích s ukončenou životností, ve znění pozdějších předpisů (dále jako zákon o výrobcích s ukončenou životností).
- Zákon č. 543/2020 sb., o odpadech a výrobcích s ukončenou životností, ve znění pozdějších předpisů (dále jako zákon o odpadech a výrobcích s ukončenou životností).
- Zákon č. 545/2020 sb., o obalech výrobků, ve znění pozdějších předpisů (dále jako zákon o obalech výrobků).

Všechny uvedené zákony vstoupily v platnost 1.1.2021. Zákon o odpadech uvádí změnu v ukončení skladování komunálního odpadu z původního roku 2024 na rok 2030 s podmínkou postupného zvyšování poplatků za skladování odpadu. To znamená, že z 800 Kč za 1 tunu komunálního odpadu se částka bude zvyšovat až k 1 850 Kč za 1 tunu do roku 2030.

²³ GRÝCOVÁ, Barbora, Jiří RUSÍN, Michal PREKOP, Milan IPOLT a Radek HOŘEŇOVSKÝ. Energie z odpadů, výzva pro 21. století. *Wast En. Wast En* [online]. 2021, 106 [cit. 2022-05-17].

Z hlediska legislativy se činnost spojená se spalováním odpadů rozděluje na dva pojmy, a to odstraňování odpadů a energetické využití odpadů (dále EVO). Dané dělení závisí na velikosti účinnosti procesu spalování. Pro výpočet účinnosti je ze zákona o odpadech platný následující vzorec *rovnice 1*.

$$R_1 = \eta = \frac{E_p - (E_f + E_i)}{0,97 * (E_w + E_f)} \quad [-] \quad (\text{Rovnice 1.})$$

kde:

- E_p [GJ/rok] – množství vyrobené energie za rok, a to v součtu formy tepelné a elektrické energie. Hodnota E_p se upravuje tak, že se elektrina vynásobí hodnotou 2,6 a teplo pro komerční využití hodnotou 1,1.
- E_f [GJ/rok] – množství vstupní energie z paliva k výrobě energie za rok.
- E_w [GJ/rok] – množství vstupní energie z paliva vypočtené za použití nižší výhřevnosti paliva.
- E_i [GJ/rok] – roční dodaná energie bez hodnot E_w a E_f
- 0,97 [-] – je činitel energetických ztrát, který vzniká v důsledku spalování a vzniku popela a vyzařování energie.²⁴

Pro provoz je nutné splnit podmínku účinnosti vyšší nebo rovnu 0,65. Veličina účinnosti je bezrozměrná a za použití moderních technologií spalování odpadů může v některých případech přesáhnout hodnoty 1 dle uvedeného vzorce *rovnice 1*. V případech velmi vysoké dodávky tepelné energie a vysoce účinných technologií kogeneračních jednotek.

Pokud je účinnost daného zařízení nižší než 0,65, spadá do kategorie zařízení pro odstraňování odpadů. Zpravidla vysokou účinnost technologie mají zařízení vysokých výkonů. Oproti tomuto malé zařízení především na výrobu pouze elektrické energie spadají tímto pod hranici účinnosti 0,65.

V některých dokumentech se setkáme s dělením na:

- Spalovny komunálního odpadu
- Spalovny nemocničního a průmyslového materiálu
- Využití odpadu v cementárnách a vápenkách
- Využití odpadu v energetickém sektoru²⁵

Dané dělení využívá například Ministerstvo průmyslu a obchodu. **Tento dokument se omezí pouze na spalovny komunálního odpadu označované jako závod energetického využití odpadu.** Dle zákona jsou ZEVO se souhlasem k využití odpadu

²⁴ Zákon č. 541/2020 Sb., ve znění pozdějších předpisů [online]. Praha: ČESKO, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

²⁵ Statistika energetického využívání odpadů a alternativních paliv 1989–2017 [online]. Praha: ČESKO, 2018 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

jako paliva nebo k výrobě energie. Dále v tomto textu jsou rozebírána pouze zařízení, která jsou určena k výrobě energie. V České republice to jsou zařízení umístěné v Malešicích, Liberec, Brno a Chotíkov, která jsou zmíněná v podkapitole *1.1 Příklady společností zpracovávající komunální odpad*.

Dále zákon o obalech udává povinnost zřídit sběrná místa ve všech obcích s tím, že zajištění bude v koordinaci samosprávy obce a výrobce nebo prodejce obalů. Recyklovatelné obaly budou finančně zvýhodněny před obaly nerecyklovatelnými. Dle zákona se dále počítá, že do roku 2030 bude zajištěno, že v obcích bude 65 % celkového komunálního odpadu tříděno z nyníjších 38 %. Vše navazuje na cíl do roku 2035, kdy je očekáváno, že po tomto roce se bude 65 % odpadů recyklovat, 25 % energeticky spotřebovávat a 10 % skladovat.

V zákoně o odpadech je myšleno využití odpadu způsobem paliva nebo jiným, a to za účelem výroby energie. V zákonu o odpadech je dále uvedeno, že veškeré odpady lze spalovat, pokud jsou splněny podmínky stanovené právními předpisy o ochraně ovzduší a hospodaření s energií a technické požadavky pro nakládání s odpady při spalování. Dále dle zákona o odpadech nesmí provozovatel skládky od 1.1.2030 ukládat odpady jejichž výhřevnost v sušině je vyšší než 6,5 MJ/kg a odpad, který je možný dle dosavadního vědeckého a technického poznání účelně recyklovat.

V zákoně o odpadech je energetické využití odpadu definováno následujícím způsobem. Spalování odpadu v ZEVO pro energetického využití se považuje pouze v případě, kdy spalovaný odpad nepotřebuje po zapálení další podpůrné paliva, která by pomáhala se spalovacím cyklem. Vznikající teplo ze spalování se použije pouze pro vlastní spotřebu nebo dalších osob. Dále se odpad použije jako palivo, případně jako přídatné palivo ve spalovacím cyklu, v zařízeních pro výrobu tepelné nebo elektrické energie.²⁶

Ze zákona je nutné pro spalování odpadu považovat energetické využití pouze v případě, kdy ke spalování dochází za vysokého stupně účinnosti. Pro spalování nesmí být využit odpad, který je možné recyklovat. Jedná se především dle zákona o papír, plasty, veškeré kovy, sklo, textilní materiál a biologický odpad. Tyto materiály mohou být využity ke spálení pouze v případech, kdy se jedná o vedlejší odpad při zpracování a přepracování daných materiálů.²⁷

²⁶ Zákon č. 541/2020 Sb., ve znění pozdějších předpisů [online]. Praha: ČESKO, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

²⁷ Tamtéž

Pro energetické využití odpadů jsou důležité následující zákony:

- Zákon č. 165/2012 sb., o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jako zákon o podporovaných zdrojích energie).
- Zákon č. 201/2012 sb., o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů (dále jako zákon o ochraně ovzduší).
- Zákon č. 406/2000 sb., o hospodaření s energií, ve znění pozdějších předpisů (dále jako zákon o hospodaření s energií).
- Zákon č. 458/2000 sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů (dále jako energetický zákon).

Pro technologie zpracovávání odpadů musí být využito takových technologií, které splňují Best Available Techniques (dále BAT), tedy jsou nejlepšími dostupnými technologiemi na trhu. Dané pravidlo vyplývá z prováděcího rozhodnutí Komise Evropské unie 2019/2010 a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/ES pro spalování odpadů.

V zákoně o podporovaných zdrojích energie se soustavou pro zásobování tepelnou energií bere taková soustava, která splňuje dále uvedené podmínky: bylo do ní v předcházejícím kalendářním roce dodáno minimálně 50 % tepla z OZE, 75 % tepla z kombinované výroby elektřiny a tepla (dále KVET), 50 % z druhotných zdrojů nebo alespoň 50 % tepla z kombinace zde uvedených.

Pro nakládání s odpady, které se týkají ZEVO, jsou zákony pro sběrné systémy a přepravy odpadů. Pro sběrné systémy je důležité pouze vybudovat efektivní systém sběru odpadu, který již existuje a může se pouze změnit s novou legislativou, potažmo novými směrnicemi z Evropské unie. Komunální odpad musí ze zákona sbírat orgány veřejné správy, kterými jsou obce. Za tuto činnost vybírají od občanů poplatky za sběr odpadů na osobu s roční periodou.

Výjimkou jsou živnostenský a průmyslový odpad, kde nejsou obce povinny odstraňovat tento odpad či zavádět jakýkoliv sběr. Pokud je živnostenský odpad podobný odpadu komunálnímu, mohou obce tento odpad přijmout. Ostatní odpad musí producenti odstranit na vlastní odpovědnost.

U přepravy odpadů jsou povinnosti především pro přepravování nebezpečných odpadů, kdy odesílatel a příjemce musí vyplnit evidenční list dle právních předpisů. Tato evidence není nutná pro přepravu v rámci areálu společnosti. Evidenční list obsahuje údaje o odesílateli, dopravci, způsobu přepravy a příjemci a místě uložení odpadu. Je nutné tedy k odpadu při odeslání přiložit evidenční list a ten dále zaslat na úřad obce nejpozději 10 dnů před plánovanou přepravou. Po ukončení přepravy a potvrzení ze strany příjemce o přijetí je nutné informovat místní úřad o ukončení přepravy. Evidence

se archivuje 5 let. Takovýto odpad, ale není možné zpracovat v ZEVO a v případě pokusu či provedení je trestáno dle platných sazeb trestných zákonů.

V případě odpadů můžeme brát v potaz i odpad původu živočišného a rostlinného. Dle zákona o odpadech se jedná o 26 kategorií. **Tyto odpady jsou využívány pro bioplynové stanice. Tímto se tato diplomová práce nebude zabývat.** Živočišné a rostlinné odpady je možné z technologického hlediska spalovat spolu s komunálním odpadem v ZEVO, ale jsou přednostně využívány pro zmiňované bioplynové stanice a kompostárny.

Poslední částí z legislativního hlediska pro povolení výstavby zařízení, jakým je ZEVO jsou mezníky ve schválení záměru orgány státní správy. Jednotlivé kroky jsou:

1. Vydání zjišťovacího řízení, jehož cílem je ze strany stavitele určit povahu konkrétního projektového záměru, dopady na životní prostředí, které projektem mohou vzniknout. Nehodnotí se pouze dopady daného projektového záměru na životní prostředí, ale i možné dopady i s jinými významnými vlivy.
2. Rozhodnutí kontrolního úřadu státní správy stanoviskem vedoucím k nutnosti zahájení nebo nezahájení zpracování posouzení vlivu na životní prostředí EIA. Zadání nutnosti vypracovat EIA ze strany kontrolního úřadu je dáno na základě povahy a umístění daného projektového záměru (ptačí oblast, chráněná oblast nebo její blízkost, významná lokalita), vydané vyjádření veřejnosti, vyjádření dotčených orgánů či případně samospráv.
 - a. Nutně záleží na limitních hodnotách daného projektu, pokud nejsou překročeny, stačí pouze zjišťovací řízení.
 - b. Vyjádření ze strany příslušných úřadů musí být vyhotoveno do 45 dnů, s možností prodloužení o dalších 25 dnů.
3. Kontrolní úřad může vydat dvě stanoviska a to buď, že projektový záměr nepodléhá EIA s řádným odůvodněním nebo se stanoviskem o podléhání projektového záměru k EIA.
4. Pokud bylo rozhodnuto, že projektový záměr bude mít negativní vliv na životní prostředí, je nutné vypracovat EIA.
5. V rámci EIA se hodnotí vlivy, činnosti projektového záměru na životní prostředí a zdraví. Vlivy se zkoumají jednak samostatně, tak i při společném působení, a to s ohledem na počátek a celou životnost projektového záměru až po likvidaci. Hodnocení EIA provádí Ministerstvo životního prostředí (dále MŽP) nebo příslušný krajský úřad.
 - a. Zcela jistě bude muset mít každý nový projekt ZEVO zpracovanou EIA. Nové projekty ZEVO Mělník a Komořany si musely nechat vypracovat příslušnou dokumentaci v roce 2022. Mělník ji toho času v roce 2022 již

obdržel a má kladné stanovisko ke stavbě. ZEVO Komořany stanovisko EIA již delší dobu má.

6. Dokumentaci k EIA si v případě potřeby, která k tomu vznikla, musí nechat vypracovat investor. Po vypracování jí předloží MŽP nebo příslušnému krajskému úřadu. Dokumentace je zkoumána a následně je vyhotoveno stanovisko, které vede k územnímu rozhodnutí.
7. Vyhotovení stanoviska dokumentace k územnímu řízení a příslušného stanoviska.
8. Následuje vypracování technické projektové dokumentace záměru ke stavebnímu povolení.
9. Vyhotovení stanoviska stavebního povolení.
10. Při provozu ZEVO musí být ze strany spádového úřadu, potažmo MŽP vydáno povolení na povolenou roční maximální kapacitu spalení odpadu.

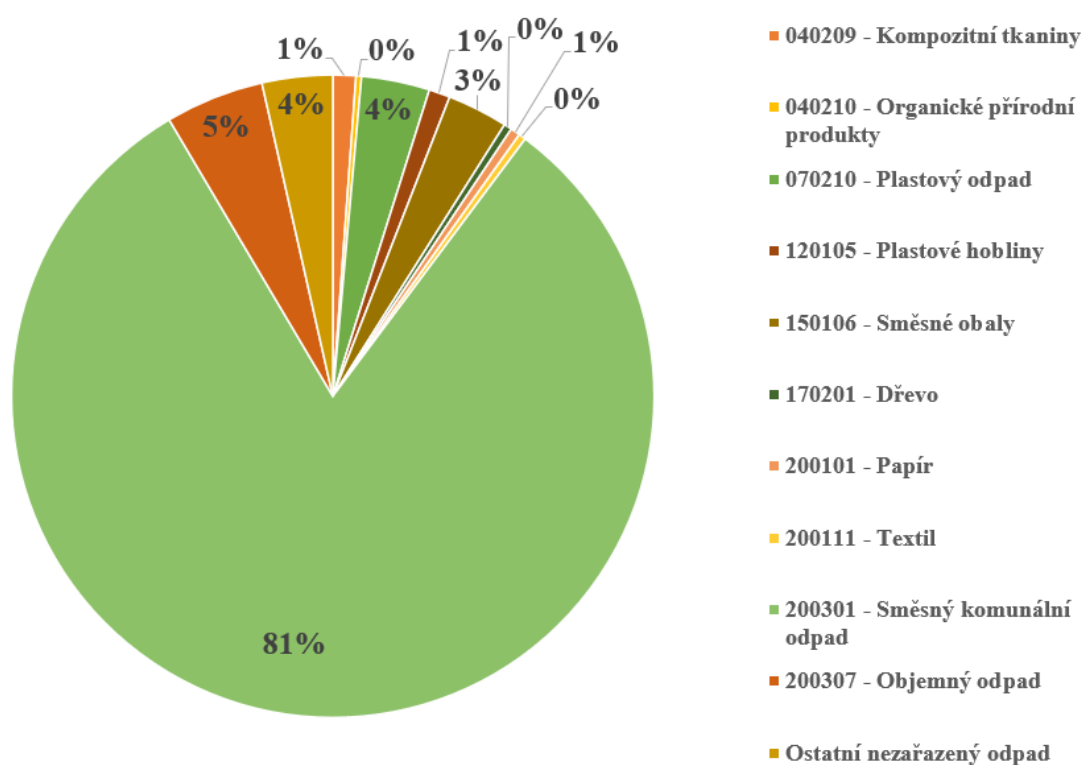
3. Technologie energetického využití odpadu

V ZEVO je možné spalovat jak KO, jehož zdrojem jsou především domácnosti jakožto fyzické osoby, tak SKO, který je podmnožinou KO. Oba termíny byly podrobně rozebírány v předchozí kapitole 2. *Legislativní a technické podmínky energetického využití odpadu*. Hlavním faktorem pro provoz zařízení ZEVO dle zákona o odpadech je uvedeno, že pro spalování je vhodný odpad s výhřevností minimálně 6 MJ/kg. Přičemž dnešní technologie jsou schopné spalovat i odpad s výhřevností blížící se 4 MJ/kg.

V podnicích ZEVO je spalováno několik druhů odpadu, které slouží v závodě jako palivo. Z níže uvedeného *grafu 1. rozdělení spotřeby jednotlivých paliv v ZEVO* je zřejmé, který druh odpadu spalovna spotřebovává nejvíce. Jedná se o SKO získávaný především z odpadkových košů domácností. Ostatní odpady jsou v daném rozdělení zanedbatelné.

Důležitou úlohu zde má odpad z plastů vzhledem ke své vysoké výhřevnosti. SKO se v ZEVO netřídí a není určena jeho přesná výhřevnost, která je velmi často menší než výhřevnost 10 MJ/kg vhodná pro spalovací technologii. Malé zastoupení v jednotkách procent odpadu z plastu má pozitivní vliv na spalovací mechanismus.

Rozdělení jednotlivých typů odpadů



Graf 1. Rozdělení spotřeby jednotlivých paliv v ZEVO

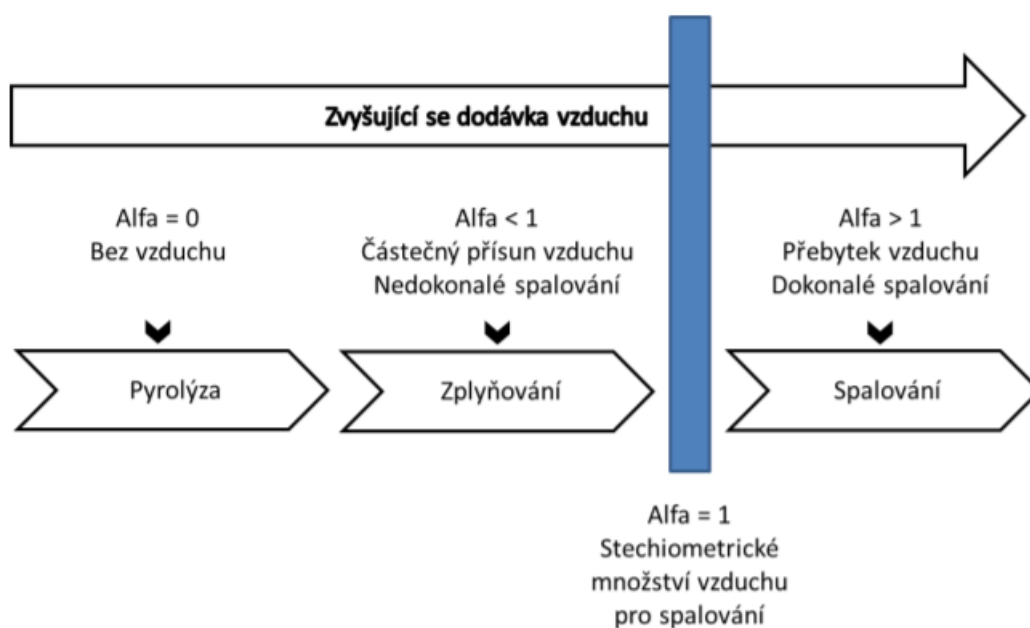
Proces spalování a technologii pro energetické využití odpadů, můžeme rozdělit do několika skupin, a to podle množství dodaného vzduchu do procesu spalování. Spalování rozdělujeme na pyrolýzu, zplyňování a spalování, které je využíváno v ZEVO.

Spalovacím zařízením se dle směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/76/ES o spalování odpadů, ve znění pozdějších předpisů, rozumí stacionární nebo mobilní technické zařízení určené k tepelnému spalování odpadů a využitím tepla, které vzniká. Radíme sem spalování oxidací odpadu, tepelné zpracování pyrolýzou, zplyňování a plazmové zpracování spálením.

Pro energetické využití odpadů je vhodné pouze klasické spalování prostřednictvím kotlů známých z uhelných elektráren, kterými jsou nejčastěji roštové a fluidní kotle. To s ohledem na fakt, že v případě jiných typů spalování formou pyrolýzou, zplyňováním je zapotřebí odpad nejprve roztrždit, velké kusy odpadu rozmělnit na menší a vhodně nakombinovat odpad o dané celkové výhřevnosti odpadu. V našich podmínkách tedy uvažujeme pouze s dokonalým spalováním s přebytkem vzduchu, kdy je $\alpha > 1$. Ve zkratce uvedu postup spalování ve stavech, kterými jsou pyrolýza a zplyňování.

3.1 Proces spalování pyrolýzou

Pyrolýza je proces spalování při nulovém přísunu vzduchu $\alpha = 0$, kdy dochází k zahřívání a k rozložení paliva. Při tomto procesu se palivem rozumí kapalný odpad. Proces je význačný tím, že s rostoucí teplotou, roste výtěžek prchavých látek a klesá výtěžek pevných látek. Spalování probíhá při teplotách od 150 °C do 1 000 °C, přičemž v tomto rozmezí je několik mezistupňů procesu. Při každém mezistupni teplotního rozmezí je rozdíl v rozkladu paliva a jeho výstupu v molekulách. S rostoucí teplotou jsou molekuly rozdrobeny na jednodušší. Pro pyrolýzu se používá ohřátá rotační pec.²⁸



Obrázek 6. Technologie spalování odpadů s ohledem na množství dodaného vzduchu²⁹

Takové spalování může být v budoucnu vhodné pro komunitní spalovny, kdy se například město, obec nebo čtvrt města spojí a vybudují svůj zdroj ve formě komunitní energetiky s jasnými pravidly před zpracováním paliva a profitování ze vzniklého užítku.

²⁸ JÍLKOVÁ, Lenka, Karel CIAHOTNÝ a Jaroslav KUSÝ. *Pyrolýza hnědého uhlí s následným katalytickým štěpením těkavých produktů* [online]. Lednice: Energie z biomasy XIV, 2013 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://eu.fme.vutbr.cz/file/Sbornik-EnBio/2013/05_Jilkova.pdf

²⁹ F., Lamers. *Advanced Thermal Treatment Technologies for Waste*. 1. München: In Energie aus Abfall, 2011. ISBN 978-3-935317-69-6.

3.2 Proces spalování zplyňováním

Zplyňování je termický proces při částečném přísunu vzduchu do kotle $\alpha < 1$. Proces zplyňování probíhá jako konverze paliva na výhřevný plyn. Přeměna je způsobena při působení velmi vysoké teplotě s pomocí média. Médium se zde rozumí vzduch. Při tomto procesu vzniká plyn se složkami vodíku H_2 , oxidu uhličitého CO , metan CH_4 a další. Vzniklý výhřevný plyn je použit v kotli pro vznik páry, a to formou spalování. Vedlejším produktem zplyňování a tvorby výhřevního plynu je vznik popela, který je dále možné využít ve stavebnictví.³⁰

Tato forma nedokonalého spalování může být v budoucnu České republiky velmi využita, a to především po omezení dodávek zemního plynu z Ruské federace vzniklé po 24.2.2022. Daný proces může vytvářet zelený plyn, který by mohl být buď samostatně anebo v kombinaci s klasickým zemním plynem spalován a využíván v energetice pro tvorbu tepla.

Dokonalé spalování s $\alpha > 1$ přebytkem vzduchu, které bude uvažováno v kapitole 4. *Podnikatelský záměr výstavby a provozování závodu na energetické využití odpadu včetně jeho ekonomické analýzy a financování*, je popsáno níže v jednotlivých krocích od příjmu odpadu do zařízení až po energetický výstup a vzniklé emise. Dále v této práci bude již vše popisováno jen na základě tohoto procesu spalování.

3.3 Proces klasického spalování

Do zařízení pro energetické využití odpadu se vždy při přivezení odpadu musí provést vstupní kontrola, která sestává z kontroly na radiaci a dvojí kontroly na obsah přijatého materiálu. Po provedení kontroly je odpad zvážen a zaevidován v účetnictví v účetní jednotce dané společnosti. Pokud je v daném odpadu nadměrně veliký materiál, je drcen před uložením do skladových prostor, ze kterých je následně umisťován do kotle pomocí drapáku jeřábu, který slouží i pro promíchávání odpadu a jeho rozředování.³¹

Kontrola a drcení materiálu může být provedeno v několika krocích. V ZEVO je ve většině případů spalován pouze komunální odpad, který není nijak upravován a je přímo z dočasného skladu umisťován do kotle. Případné spalování velkého odpadu nebo odpadu, který nemůže být umístěn přímo do kotle je v následujících krocích. Tento postup se používá velmi výjimečně a zpravidla je materiál umístěn přímo do kotle či drtiče rozdrcen a dopraven do kotle. Odpad se tak rozmělnuje na kusy o velikosti 200 mm.

³⁰ GRÝCOVÁ, Barbora, Jiří RUSÍN, Michal PREKOP, Milan IPOLT a Radek HOŘEŇOVSKÝ. Energie z odpadů, výzva pro 21. století. *Wast En. Wast En* [online]. 2021, 106 [cit. 2022-05-17].

³¹ Dr. Ing HÄBERLE, Gregor. *Technika životního prostředí pro školu i praxi*. 1. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2003. ISBN 80-86706-05-2.

Dále následuje magnetický odlučovač, který svými magnetickými vlastnostmi zachytává materiál s obsahem železa. Náročnost této činnosti je přibližně 5 kWh na tunu odpadu. Následují vířivé proudové odlučovače, které z dopravního pásu odstraňují kovové částice. Odstraňování probíhá na základě generátoru s cívkou, která vytváří střídavé magnetické pole, které indukuje v kovových částech na dopravním páse vířivé proudy a následujícím filtrem jsou tyto částice odstraněny. Energetická náročnost vířivého odlučovače je 50 kWh na tunu odpadu.³²

Elektrostatické odlučovače jsou znovu tvořeny dopravníkem, kdy na konci je elektrostatické pole o intenzitě 1 MV/m. To působí na elektricky nevodivé prvky, které se nabíjejí s opačnou polarizací než elektricky vodivé prvky a začnou se odpuzovat v podobném principu jako u vířivého proudového odlučovače. Energetická náročnost elektrostatického odlučovače je 100 kWh na tunu odpadu.³³

Proudové odlučovače pracují na principu proudu vzduchu nebo vody a přitažlivosti, kdy proud je ve svislém směru a husté velké částice propadají sítím a ostatní pokračují v procesu dál. Energetická náročnost proudového odlučovače je 100 kWh na tunu.³⁴ Posledním prvkem je floatační zařízení, které se používá velmi zřídka, a to k recyklaci papíru.

U klasických ZEVO příkladem ZEVO Malešice je průměrný počet 200 popelářských aut za jeden den s průměrnou hmotností přivezeného odpadu 6 až 7 tun. Objem skladu pro dočasné uložení odpadu je v rozmezích 10 000 až 15 000 m³. Průměrně je možné do technologického zařízení kotle vložit v jeden moment 2,5 tuny odpadu.³⁵

Rozmezí výhřevnosti odpadu se pohybuje od 7 až 14 MJ/kg, tedy v rozmezí výhřevnosti surového hnědého uhlí. Závod pro energetické zpracování odpadu při 10 MJ/kg využije 20 tun odpadu za hodinu a vyrobí 200 GJ/h tepla (56 MWt). Účinnost technologie ZEVO se pohybuje v rozmezí 80 až 90 %.³³

Schéma technologie pro energetické využití odpadu je zobrazeno v *obrázku 7. Technologické schéma ZEVO*. Předpracovaný odpad se do kotle dostává skrze násypku odpadu, kde se reguluje množství přikládaného odpadu do kotle a tím výroba na výstupu daného zařízení.

Spalování odpadu probíhá oxidací při vysoké teplotě, kdy oxiduje uhlík C a vodík H komunálního odpadu na oxid uhličitý CO₂ a vodu H₂O. Proces probíhá při spalovací

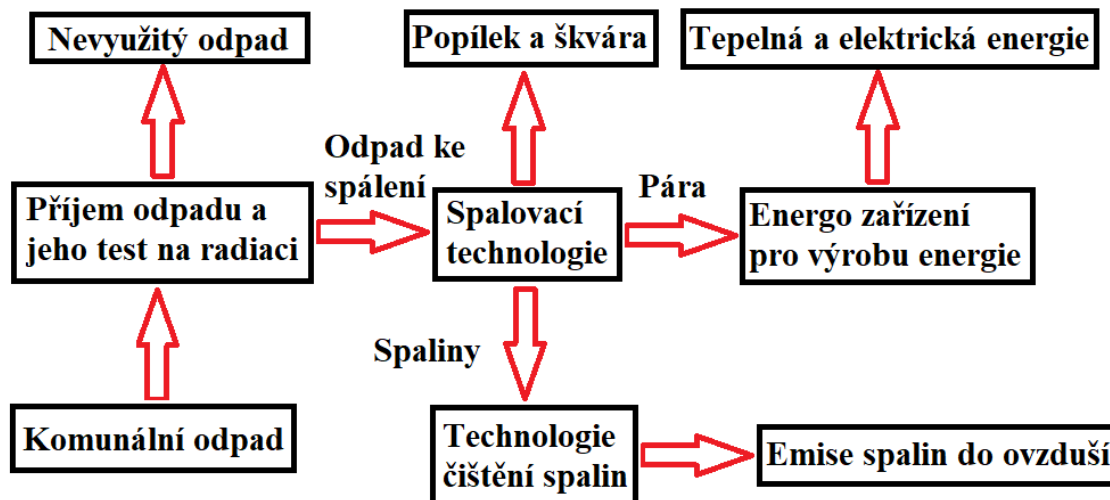
³² Dr. Ing HÄBERLE, Gregor. *Technika životního prostředí pro školu i praxi*. 1. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2003. ISBN 80-86706-05-2.

³³ Tamtéž

³⁴ Tamtéž

³⁵ *PRINCIP TECHNOLOGIE ZEVO* [online]. Praha: Pražské služby, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/princip-technologie-zevo>

teplotě v kotli v rozmezí od 800 °C do 1 200 °C. Nejdřív dochází k přeměně uhlíku C na molekulu oxidu dusnatého CO a následně na oxid uhličitý CO₂.³⁶



Obrázek 7. Technologické schéma ZEVO

Při této přeměně z původních prvků na molekuly vzniká teplo. Teplota spalování musí být dostatečná, aby došlo k rozložení substancí, jakými je metan v odpadu. Z tohoto důvodu následně vznikají při spalování prvky jako jsou oxidy uhličitě CO₂, oxidy dusíku NO_x, oxidy síry SO_x a další podle složení původního materiálu ke spálení.

Pro spalování komunálních odpadů je problém, že neznáme jeho přesné složení, které se dále netřídí. V odpadkových koších velmi často končí materiál, který není přetříděn a obsahuje i plasty, které by měly být vhozeny do odpadkových košů pro to určených. Plasty při spalování vytváří jedovaté plyny, jakými jsou chlorovodík HCl a dioxiny.

Po spalování zůstane část odpadu ve formě škváry, popela a železného šrotu. Škváru zde chápeme jako roztavený a ztuhlý popel. Složení škváry a popela vysoce závisí na struktuře komunálního odpadu. Tato forma vedlejšího produktu, nikoliv prostého odpadu vzniklého při spalování, je využíváno ve stavebnictví.

Roštový kotel může být i ve formě stupňovitěho posuvného roštu, kdy rošt je nakloněn a skládá se z pohyblivých a pevných tyčí. Rošt ve stupních leží přes sebe a jednotlivé stupně se překrývají. Pohyblivé tyče vibrují a tím dochází k lepšímu promíchávání odpadu. Spalování je tímto způsobem tak účinnější.

Rotační trubkový kotel je uzpůsoben pro spalování jak pevných, tak i kapalných odpadů. Jeho funkce probíhá při spalování v rozmezí 1 000 °C až 1 200 °C. Kotel je složen z rotační trubkové pece a spalínového neboli dohořivací části kotle. Rotační trubková pec se otáčí s frekvencí kolem hodnoty 0,4 ot/min, s pod tlakem 2 hPa. Spaliny,

³⁶ Dr. Ing HÄBERLE, Gregor. *Technika životního prostředí pro školu i praxi*. 1. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2003. ISBN 80-86706-05-2.

kteře vstoupají kotlem vzhůru jsou za přívodu topného oleje z doplňkových hořáků spalovány v horní části kotle při teplotě 1 400 °C.

Spaliny dále putují do spalinového kotle, kde se chladí na teplotu 300 °C. Zde jsou hořáky natočeny tangenciálním směrem, který způsobí zadržetí spalin v této části po dobu dvou vteřin a jejich důkladné vyhoření. Tento typ kotle se používá pro spalování veškerého odpadu včetně nebezpečného odpadu se spalovacím výkonem do 60 tun za hodinu.

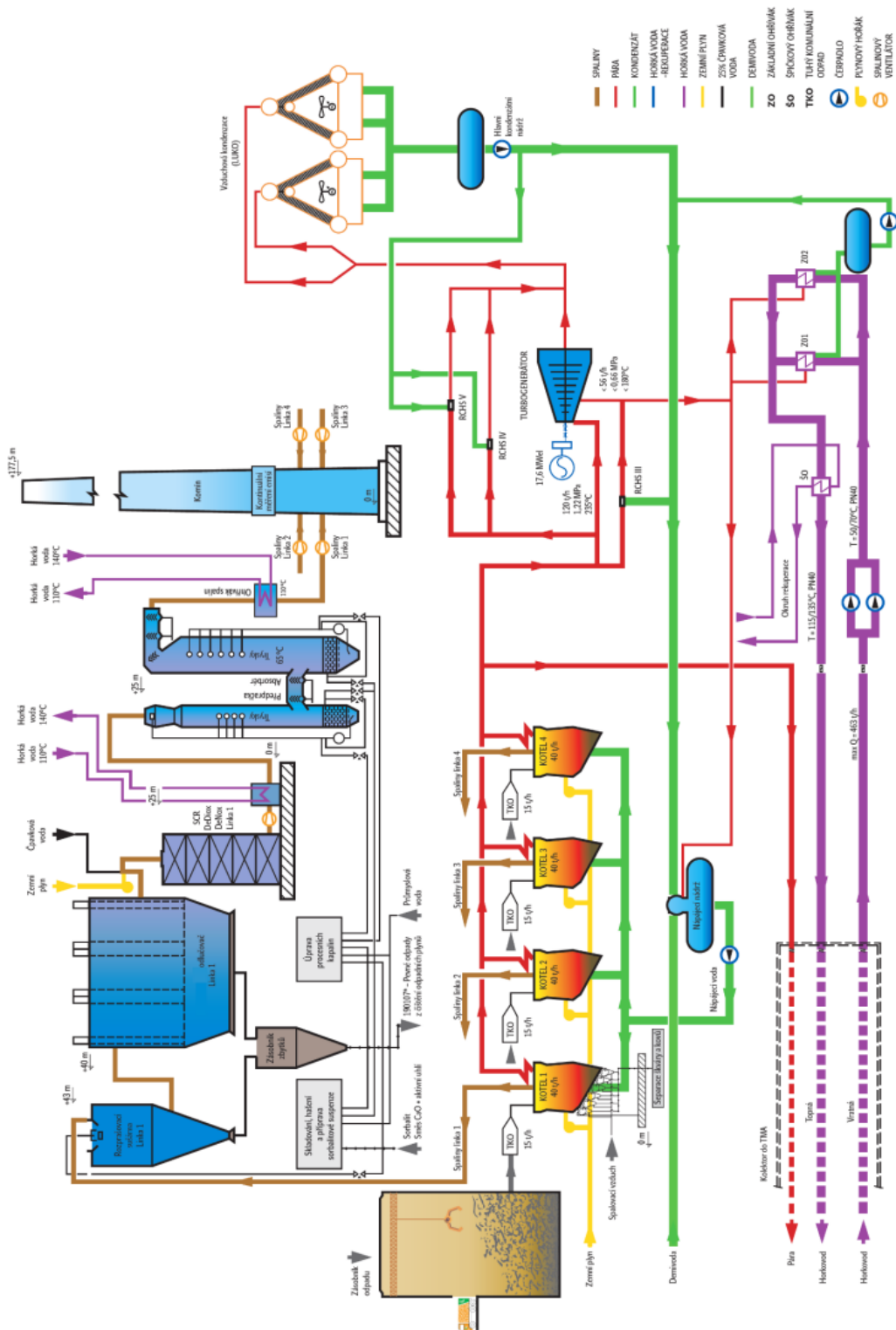
Posledním využívaným typem kotle je typ cykloidního, který je stejně jako předešlý vhodný i pro spalování nebezpečného materiálu. U cykloidního kotle se tangenciálně vhání tryskami vzduch dovnitř pece a vytváří se vír. Ve víru jsou částice rozdrčeného komunálního odpadu, ve kterém se materiál drží až po dobu 10 minut podle hrubosti namletí. Čím je odpad namlet na menší částice, tím dochází ve víru k rychlejšímu prohoření. Spalování probíhá při teplotách 1 000 °C.

Spaliny putují ve vertikálně postaveném kotli směrem vzhůru, kde dochází ke zchlazení vodou z trysek. Takto je možné spalovat až 5 tun odpadu za hodinu. Cykloidní kotel se používá velmi minimálně, protože jeho energetická náročnost je poměrně vysoká a ekonomicky se tento typ nevyplatí.

V případě roštového kotle spadá odpad na horizontálně vůči zemi nakloněný rošt o velikosti 6 až 12 metrů, který se po celou dobu cyklu spalování odpadu vratisuvně pohybuje. Tímto pohybem se promíchává odpad, který propadá roštem a míchá se žhavými částicemi z kotle. Daným principem dochází k úplnému promíchání a vyhoření veškerého odpadu i v případě starého a mokrého.

Značnou výhodou roštového systému je možnost spálit velké množství odpadu až přibližně 40 tun odpadu za jednu hodinu podle technického návržení. Nevýhodou je, že tyto roštové kotle se nepoužívají pro spalování nebezpečných odpadů, který ale není pro ZEVO určený. Dále bude popisován postup již jen v technologii ve spojení s roštovým kotlem, který našel největší uplatnění v praxi.

Technologické schéma ZEVO je uvedeno na příkladu Termizo Liberec z veřejně dostupného materiálu. Uvedeno níže na *obrázku 7. Technologické schéma ZEVO.*



Obrázek 8. Technologické schéma spalování odpadů³⁷

³⁷ Sjednocení technické a roční kapacity ZEVO Malešice, Dokumentace vlivů záměru na životní prostředí podle § 8 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí. *Ekopontis, s.r.o* [online]. červen 2019, 166 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX01aUDQ4M19kb2t1bWVudGFjZURPQ182Mzk1MzM4ODU5NTc0MTQzNTY4LnBkZg/MZP483_dokumentace.pdf

Odpad je zapalován plynovými hořáky v kotli. Spalování odpadu je za pomoci ventilátorů, který odsávají vzduch přímo směrem z pod kotle. Hnaný vzduch je regulován clonovými otvory, které se regulují klapkami a dochází k úpravě spalovacího výkonu. Daným způsobem je přiváděn primární vzduch. Sekundární vzduch je do kotle vháněn tryskami, který pomáhá spalovat veškerý zbytek v kotli a zabraňuje především oxidaci na stěnách kotle.

V případě nespáleného odpadu v kotli je tento odpad neboli škvára odstraněna mokrým vynašečem na konci roštu. V kotli je za dobu celého procesu vytvořen podtlak pro proudění a odstraňování páry. Je tak zapotřebí uzavřít takzvanou vodní clonou, aby se odstraňovaná škvára nešířila dále v kotli. Škvára, která je z kotle odstraňována padá do vynašeče, kde se z teploty kotle ochlazuje, dále se štěpí na drobná zrna. Rozštěpená škvára je z předchozího procesu mokrá a nepráší tak dále do okolí. Tento nespálený odpad, škvára, je umísťována do bunkru škváry odkud jsou odstraňována železná zrna elektromagnetem, která jsou následně využita k recyklaci.

Kotle jsou konstruovány vertikálně, kdy vyrobené teplo palivem předává tepelnou energii vodě, ze které se stává pára a stane se energo nositelem. Voda je v kotli umístěna ve varných trubkách, kterými protéká. Voda se ohřívá přes teplosměnné plochy trubek. Tímto způsobem také dochází k zabránění usazování škváry na stěnách kotle a roštu.

Elektrická a tepelná energie je v ZEVO vyráběna na principu kogeneračních jednotek jejíž výhoda je vysoká účinnost a tím plné využití paliva na vyrobenou a dále spotřebovanou energii u spotřebitele. Pára, která je energonositelem, prostřednictvím mechanickou práci na lopatkách turbíny roztáčí turbogenerátor, který vytváří elektřinu. V ZEVO je problém dosáhnout parametrů páry na turbíně kvůli chemickému složení odpadů, které obsahují značné množství chloru z důvodu plastového odpadu.

Pára, která vykoná práci na turbíně, dochází k izoentropické expanzi, je dále vedena do výměníku, který prostřednictvím starého způsobu parovodu nebo modernějším způsobem horkovodu rozvádí teplo pro spotřebitele. Pára je následně vedena do kondenzátoru, kde je zchlazena vzduchem několika proudícími ventilátory. Zkondenzovaná pára přeměněná na vodu je následně znovu využita k výrobě páry v kotli. Práci páry na turbíně je míněno dodání energie na lopatkách turbíny, kdy dochází k transformaci na rotační pohyb hřídele a produkci elektřiny na svorkách generátoru.

Spaliny z kotle musí být čištěny, protože do ovzduší by bylo vylučováno velké množství oxidu uhličitého CO_2 , oxidy dusíku NO_x , oxidy síry SO_x a další sloučeniny jako pevné produkty. Nejvíce problematické je, že v odpadech se nachází velké množství plastů, které při spalování vylučují chlór a případně velmi jedovaté dioxiny, furany a rtuť z elektroniky. Kdybychom odpad pouze spalovali bez čištění, vycházel by z komína ZEVO barevný, nebo černý kouř.

3.3.1 Emise vzniklé klasickým spalováním

Velikost ročních vylučovaných emisí do ovzduší při přijatých předpokladech výroby zmíněných níže do ovzduší je uvedeno v *tabulce 3. emise vzniklé spalováním v ZEVO*. V případě ZEVO, které bude spalovat ročně na 90 000 tun odpadů a dodávat tepelnou energii pro spotřebitele do výše 547 000 GJ a elektrickou energii do distribuční sítě (dále DS) do výše 59 000 GJ.

Energetické hodnoty jsou uvedeny po vlastní spotřebě zařízení. Uvedené hodnoty jsou po vyčištění spalin v daný moment roku 2022 nejmodernější technologií, která je v tomto dokumentu popsána dále. Důležitou technologií pro čištění je látkový filtr.

Pro ZEVO jsou v roce 2022 jiné emisní podmínky než pro jiné typy tepláren, které spalují hnědé nebo černé uhlí. Jiná podmínka při vylučování emisí je u CO₂ oxidu uhličitého. Žádné ZEVO nemusí produkci svého CO₂ oxidu uhličitého měřit, vykazovat a nakupovat emisní povolenky EU ETS. Ostatní uvedené emise jsou ze zákona povinni zřizovatelé měřit, vykazovat příslušným úřadům a platit případné příslušné poplatky.

Typ emise		Jednotka	Hodnota	
HCl	Limit	10	[t]	0,48
HF		1	[t]	0,38
SO ₂		50	[t]	7,18
NO _x		200	[t]	136,81
CO		50	[t]	8,36
C		10	[t]	0,85
NH ₃		50	[t]	1,32
Hg		0,05	[t]	0,01
CO ₂ *			[t]	58 863,05

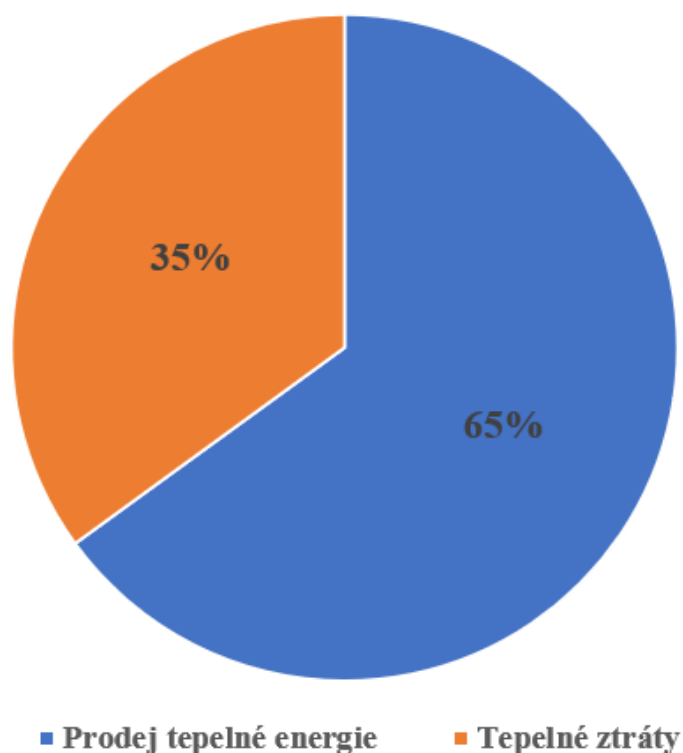
Tabulka 3. Emise vzniklé spalováním v ZEVO

*Pro ZEVO není stanoven limit na množství vylučovaných CO₂.

3.3.2 Výroba tepelné energie klasickým spalováním

ZEVO bude pracovat s technologií výroby energie kogenerační jednotkou (dále KJ). Výhodou této technologie je možnost využít výrobu z odpadu na dodávku tepelné a elektrické energie. Přičemž u tepelné energie je závislost dodávky cyklická, kdy v zimním období je spotřeba tepla mnohonásobně vyšší na ohřev vody a vytápění než v letním období, kdy je tepelná energie využita na ohřev vody. Proto je důležitým parametrem pro výběr vhodné KJ elektrická účinnost.

Rozdělení tepelné energie v závodě



Graf 2. Rozdělení vzniklé tepelné energie v ZEVO

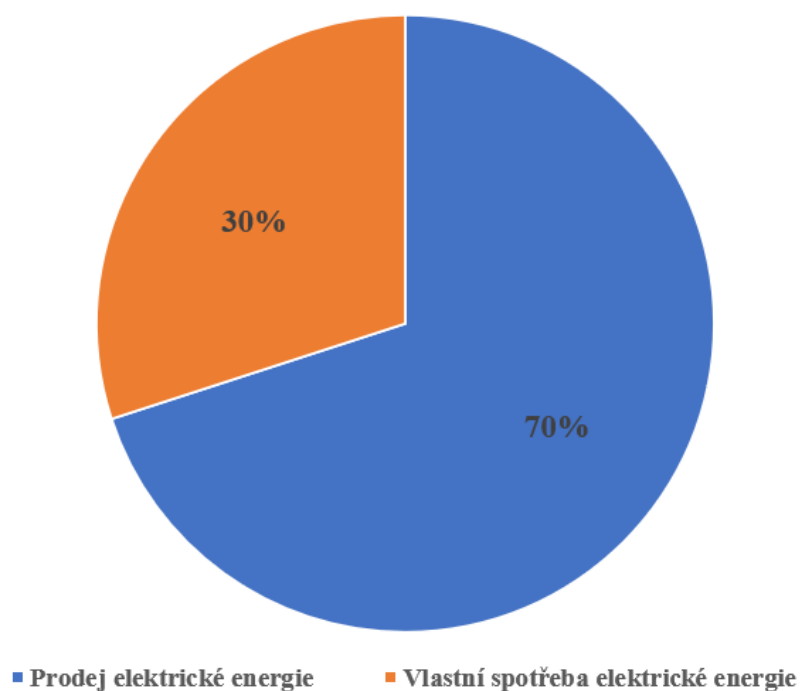
Výroba energie v kotli je podrobně popsána v předcházejících odstavcích. Z celkové vyrobené energie v kotli je v zařízení ZEVO ztraceno přibližně 35 %, které tvoří tepelné ztráty. Ty jsou způsobeny přenosem energonositelem páry technologií a vykonáním práce na turbíně. Rozdělení je zobrazeno v uvedeném grafu 2. rozdělení vzniklé tepelné energie v ZEVO.

3.3.3 Výroba elektrické energie klasickým spalováním

ZEVO neslouží jen pro výrobu tepelné energie a její dodávky do DS, ačkoliv se jedná o primární účel. Veškerá zařízení vyrábí vedle tepelné energie i elektřinu. Elektrická a tepelná energie je vyráběna technologií KVET. Účinnost KVET je vysoko nad hranicí 90 % účinnosti. V případě výroby elektrické energie je ztraceno v zařízení až 30 % elektřiny.

Vlastní spotřeba elektrické energie je způsobena především technologií pro čištění spalin, čerpadly, dopravníky odpadu a materiálu po spálení, řídicí technologií a spotřebou v administrativní budově. Při nasčítání těchto spotřeb energie ze zařízení se běžně vlastní spotřeba tepelných elektráren pohybuje v rozmezí 20 % až 30 %.

Rozdělení elektrické energie v závodě



Graf 3. Rozdělení vzniklé elektrické energie v ZEVO

Pro technologii ZEVO a výrobu elektrické energie lze doporučit KVET s kondenzační turbínou, která umožňuje řízení výroby a dodávek elektřiny do distribuční soustavy plně nezávisle na výrobě a dodávce tepla do dopravní soustavy. Z investičního hlediska, přesně z kapitálových nákladů (dále CAPEX), jsou KVET s kondenzační turbínou dražší a s nepatrně nižší účinností než KVET s protitlakou turbínou.

V případě poskytování flexibility elektrické soustavě je a lze předpokládat s rostoucí mírou neřiditelných energetických zdrojů v soustavě, že bude výnosnější prodávat elektřinu v době nedostatku nebo velmi vysoké ceny. Tento aspekt výrazně nahrazuje zmíněné nedostatky.

3.4 Čištění spalin

Spaliny jsou čištěny nejprve v rozprašovací sušárně, kde odstředivým cyklónem jsou zachytávány tuhé nečistoty ve spalinách. Částice spalin jsou vynášeny směrem nahoru ve víru, kdy se částice zachytávají na stěně a poté padají dolů. Dále jsou spaliny sušeny vápennou suspenzí z mokrého čištění. Vápenatá suspenze je protiproudově rozstříkována vysokootáčkovou tryskou na horké spaliny z kotle, kdy ze spalin je odpařen její vodní podíl a zbývá pouze suchý popílek.

Následně se spaliny čistí v textilním odlučovači, který bývá označován i jako tkaninový nebo látkový filtr, který je nejmodernějším a neúčinnějším zařízením pro čištění spalin v současné době roku 2022. Systém zachytává v čtyřsekčním horizontálním filtru veškeré tuhé látky s účinností k 99,9 % záchytu prachových částic. Takto zachycené částice se následně odstraní spolu s popílkiem z rozprašovací sušárny ve formě pevných zbytků. Popílek je následně využíván ve stavebnictví.

Případně ještě v nemodernizovaných zařízeních je místo látkového filtru použit elektrofiltr neboli elektrostatický filtr. Kde spaliny proudí skrze trubku, ve které je umístěn drát s průměrem 1 mm s připojením vysokého stejnosměrného napětí do výše 80 kV až 100 kV. Tímto vysokým napětím a malým průměrem drátu/vodiče je vytvořeno pole velké elektrické intenzity. Je tak vytvořeno doutnavkového výboje a z drátu jsou emitovány elektrony. Vytvořená elektrická intenzita pole mezi drátem a stěnou trubky zachytává částice spalin. Kladně polarizované prachové částice spalin jsou zachytávány na drátku a záporně polarizované na stěně trubky. Po oklepaní stěn trubek tyto částice spadají.³⁸

Výraznou nevýhodou elektro-statistického filtru je nedostatečná účinnost v porovnání s látkovým filtrem a vysoká energetická náročnost provozu, kdy na 1 000 m³ spalin je zapotřebí 1 kWh, a to z důvodu tvorby vysokého napětí na drátku.³⁹

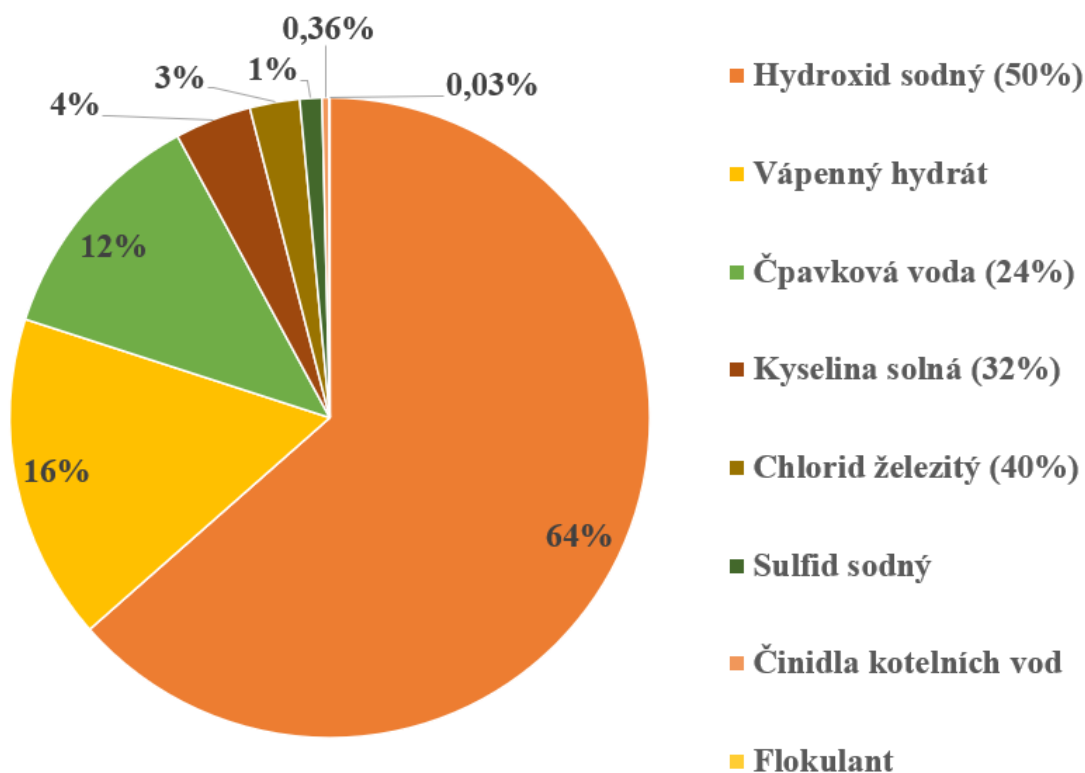
Spaliny následně směřují do DeDiox/DeNOx katalyzátoru, kde jsou bezodpadově odstraněny dioxiny furanů a oxidy dusíků za pomoci čtyř pater keramických šestiúhelníkových buněk s katalytickou složkou oxidu vanadu a wolframu. Aby katalyzátor mohl ze spalin odstranit dané prvky, je zapotřebí spaliny z předchozích cyklů znovu ohřát v tepelném výměníku. Potřebného tlaku je dosahováno pomocným katalyzátorovým ventilátorem. Přebytečné teplo z katalyzátoru se dále využije ve výměníku k dalšímu ohřevu vody/páry horkovodu nebo parovodu a ohřevu spalin hnaných do komína, aby nedocházelo ke kondenzaci spalin před výstupem z komína do ovzduší.⁴⁰

³⁸ Dr. Ing HÄBERLE, Gregor. *Technika životního prostředí pro školu i praxi*. 1. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2003. ISBN 80-86706-05-2.

³⁹ Tamtéž

⁴⁰ *PRINCIP TECHNOLOGIE ZEVO* [online]. Praha: Pražské služby, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/princip-technologie-zevo>

Rozdělení spotřeby chemikálií na čištění spalin



Graf 4. Rozdělení použití chemikálií pro čištění spalin v ZEVO

Pro srovnání jsou tyto nebezpečné prvky dioxiny, které se ve spalovně čistí pomocí katalyzátoru ze zákona povinně měřeny. ZEVO může emitovat pouze $0,1 \text{ ng/m}^3$. To je jako jedna kapka vody v plaveckém bazénu. Dle statistik v České republice unikne těchto dioxinů ročně na 650 gramů. Pokud se udělá Novoroční ohňostroj v hlavním městě Praha, který trvá od 10 do 15 minut, unikne více dioxinů do atmosféry, než by emitovalo ZEVO za 100 let. Příkladem ZEVO Liberec je, že ročně vypustí na 0,008 až 0,012 gramů dioxinů, ve srovnání s kamny v rodinných domech je to o 50 000krát méně.⁴¹

Následně spaliný putují do předpračky na mokrou vápennou vypírku, kde dochází k čištění spalin oxidem vápenatým s příměsí 10% aktivního uhlí. Zde dochází k záchytu rtuti a organických polutantů. Čištění spalin je efektivnější v závislosti na jemnější vodě. Pro odstranění dalších prvků chloru, těžkých kovů a fluoru je mokrá vápencová vypírka v kyselém prostředí s pH rovno 1.⁴²

Z předpračky spaliný putují do absorbéru, který je druhou částí mokré vápenné vypírky. Vzniká tak směs na bázi hydroxidu vápenatého Ca(OH)_2 . Zde je mokrá vypírka

⁴¹ ZEVO - aneb spalovna odpadů [online]. Most: Město Most, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.mesto-most.cz/zevo-aneb-spalovna-odpadu/d-39157>

⁴² PRINCIP TECHNOLOGIE ZEVO [online]. Praha: Pražské služby, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/princip-technologie-zevo>

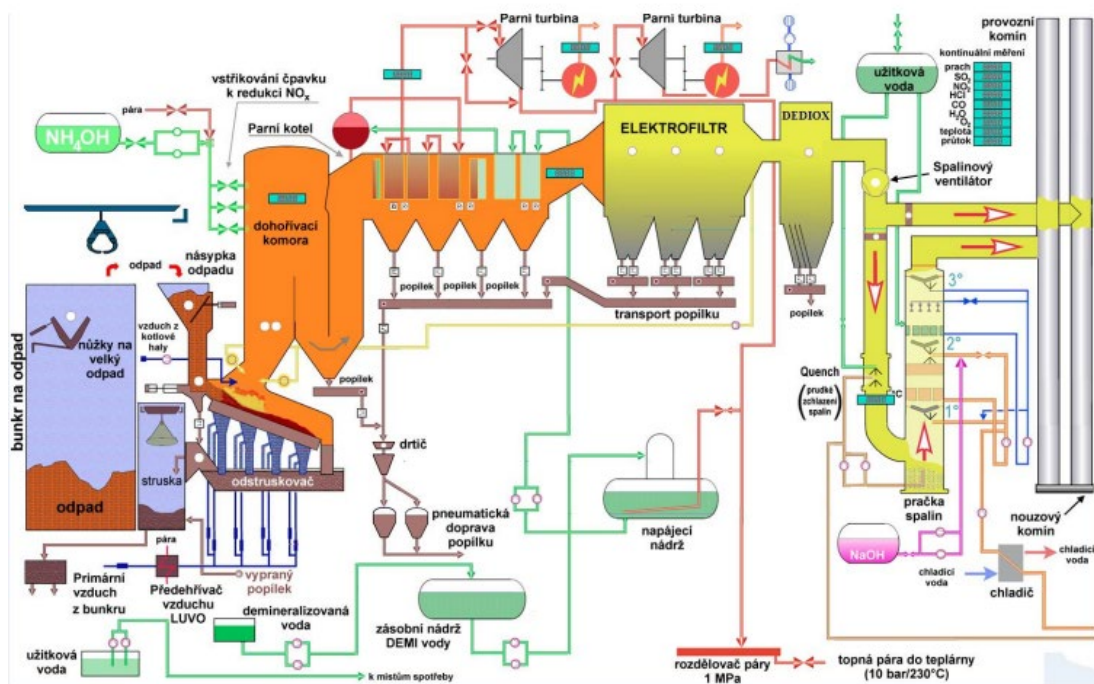
v opačném prostředí kyselosti ve srovnání s předpračkou s pH rovno 6. V absorberu dochází již k zachycení zbytků prvků rtuti, organických polutantů a dalších prvků, které nebyly zachyceny v předchozím cyklu. V absorberu jsou zachytávány především oxidy siřičité SO₂, které reagují s rozprašovanou vodou na kyselinu siřičitou H₂SO₃. Následně dochází k reakci s kyslíkem a vzniká kyselina sírová H₂SO₄. Pokud dále dojde k reakci mezi kyselinou sírovou H₂SO₄ a hydroxidem vápenatým Ca(OH)₂, tak vznikne síran vápenatý Ca(SO)₄ neboli sádra, která je dále využívána ve stavebnictví.⁴³

Vypouštěné vyčištěné spaliny jsou vylučovány komínem, kde dochází k měření emisí prvků CO, SO₂, NO_x, TOC (celkový organický uhlík), TZL (tuhé znečišťující látky) a HCl. Naopak ZEVO v dnešní době roku 2022 stále nemusí povinně měřit, vykazovat emise z CO₂ a případně kupovat emisní povolenky European Union Emissions Trading Scheme (dále EU ETS).

Spotřeba energie na čištění spalin touto sériovou technologií u tepelných elektráren dosahuje až 10 % celkové vyrobené energie v daném zařízení. Je nutné poznamenat, že vznik těchto vedlejších nečistot (popílku, sádry a dalších) je natolik velký v těchto zařízeních, kterými jsou tepelné elektrárny, že není potřeba těžit sádro z přírodních zdrojů. Vedlejší kladnou externalitou tohoto procesu je tak určitá ochrana přírody pro stavební účely.

Dále uvádím technologické schéma ZEVO pro čištění spalin, *obrázek 9. podrobné technologické schéma pro čištění spalin*, kde je možné vidět posloupnost jednotlivých technologií.

⁴³ Dr. Ing HÄBERLE, Gregor. *Technika životního prostředí pro školu i praxi*. 1. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2003. ISBN 80-86706-05-2.



Obrázek 9. Podrobné technologické schéma pro čištění spalin⁴⁴

3.5 Využití vody pro technologii v ZEVO

Voda, která je v ZEVO používána pro technologie bývá dodávána z místní úpravný vod, případně si elektrárna musí technologii pro úpravu pořídit a čerpá vodu z přílehlé řeky. Upravenou vodou pro technologii je demineralizovaná voda. Tato voda je využita v kotlích, kde dochází k její přeměně na páru. Pro sekundární okruh v ZEVO je možné použít stejný typ vody, která nemusí být upravena na demineralizovanou. V případě úpravy vody na demineralizovanou se jedná o úpravu přes tlakové pískové filtry.

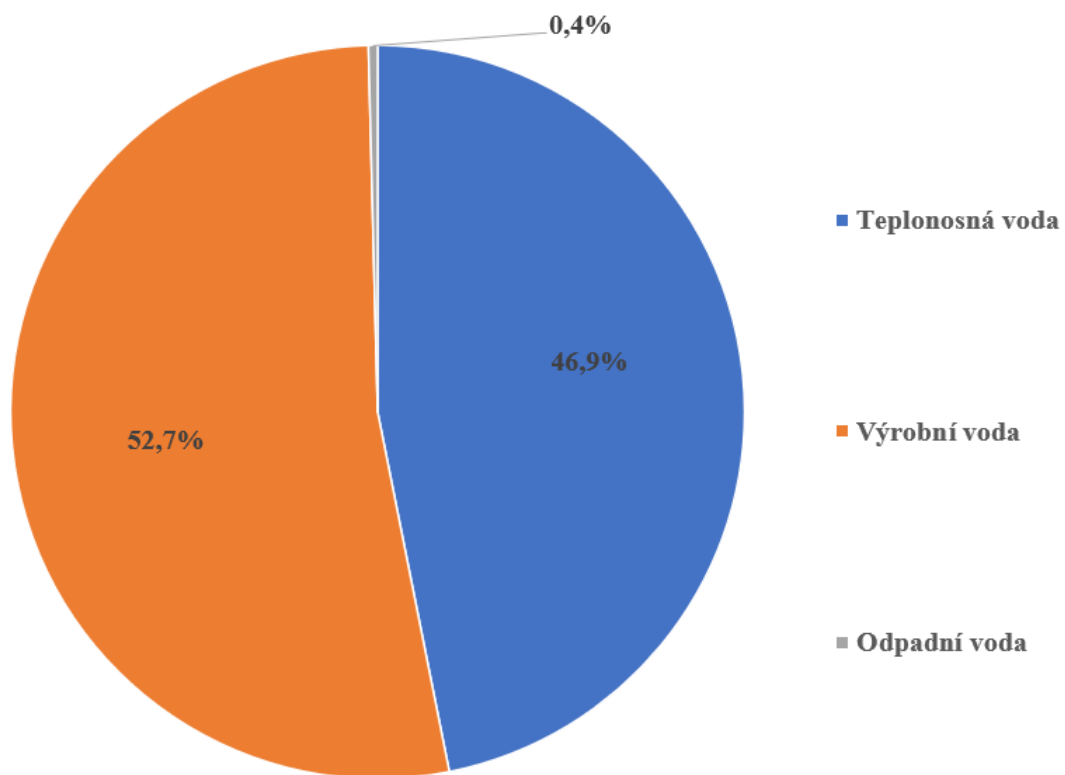
V níže uvedeném grafu 4. rozdělení spotřeby vody v ZEVO je zřetelně vidět, že spotřeba vody v ZEVO je z poloviny na výrobní vodu, která se čerpá přes kotel a mění se v páru a teplotně vody, která se ohřívá přes tepelný výměník a je distribuována horkovodem ke spotřebitelům. Případně tato voda je po cestě ke spotřebiteli jinými výměníky měněna v parametrech.

Vůči výrobní a teplotně vodě je minimální odpadní voda, která je z ZEVO vylučována do nejbližší řeky. Tato voda je vždy před vylučováním upravena tak, aby nepoškozovala životní prostředí. Na úpravu je nutné si pořídit čistící technologii nebo odpadní vodu vyloučit do kanalizace, pokud k tomu zřizovatel čistícího odpadních vod vydá povolení.

⁴⁴ Zpráva o provozu spalovny – enviromentální profil za rok 2020 [online]. Liberec: TERMIZO, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://tmz.mvv.cz/wp-content/uploads/2021/06/TMZ_environment%C3%A1ln%C3%AD-profil-2020.pdf

Tento typ vody je využit především pro čištění spalin v závodě. Její zastoupení je od 0,3 % do 0,5 % z celkové spotřeby v závodě.

Rozdělení spotřeby vody v závodě



Graf 5. Rozdělení spotřeby vody v ZEVO

4. Podnikatelský záměr výstavby a provozování závodu na energetické využití odpadu včetně jeho ekonomické analýzy a financování

V této kapitole, jak již název evokuje, se budu zabývat ekonomickou stránkou projektu. Výsledkem této kapitoly budou tři scénáře, optimistický, pesimistický a realistický možného provozu ZEVO v podmínkách legislativních a technických, které jsou popsány v předešlých kapitolách. Uvažováno bude, že výrobní kapacita spalování odpadu v ZEVO bude 90 000 tun za rok. Výpočtový model lze použít i pro vyšší nebo nižší kapacitu.

Pro ekonomickou a finanční oblast projektu budou popsány principy pro zajištění finančních, provozních a jiných rizik. Dále také financování projektu s ohledem na provoz a předpokladu budoucnosti. Nedílnou součástí způsob finančního řízení a ekonomika daného odvětví.

Na začátku je potřeba si vydefinovat, co bude v podnikatelském záměru hodnoceno a bez jakých vyjasněných otázek se projekt nemůže realizovat. Těmito projektovými mezníky jsou:

1. Určit potřebnost a důvod realizace projektu ze všech možných hledisek.
2. Záměr realizovat projekt ZEVO.
3. Identifikovat přesně záměr projektu a jeho možné varianty.
4. Posoudit ekonomické, finanční, technické a legislativní otázky projektu.
5. Vyloučit nevhodné varianty projektu z ekonomického nebo legislativního hlediska.
6. Určit možnou lokalitu projektu, vstupy a výstupy projektu.
7. Stanovit okrajové podmínky realizace projektu.

Pokud máme vyjasněné tyto otázky v předinvestiční přípravě projektu, můžeme se zaměřit na další kroky projektu. Těmi jsou:

1. Předinvestiční příprava projektu, která odpovídá na otázky zmíněné výše.
2. Předběžnou technickou a ekonomickou studii projektu (často označována jako prefeasibility study).
3. Prováděcí technickou a ekonomickou studii projektu (feasibility study).

Předběžná technicko-ekonomická studie je strukturně stejná jako prováděcí technicko-ekonomická studie. Liší se pouze podrobností zpracování a prověření údajů a dat. Diplomová práce je v souvislosti zpracována do předběžné technicko-ekonomické studie s částečným podrobným zpracováním jako v prováděcí technicko-ekonomické studii. Rozdíl je, že prováděcí technická a ekonomická stránka má přesný seznam

jednotlivých položek materiálu a práce, které jsou již ohodnoceny. Předběžná studie je seznam bez uvedeného peněžitého ohodnocení.

Technicko-ekonomická studie investičního záměru projektu je tvořena těmito položkami, které budou obsaženy v jednotlivých podkapitolách této. Jsou tím následující body:

- Lokalizace projektového záměru ZEVO (podkapitola 4.2 *Lokalizace projektového záměru ZEVO*).
- Materiální vstupy pro projekt (podkapitola 4.4 *Materiální vstupy*).
- Kapacita trhu tepelné energie a možné produkce tepla ZEVO (podkapitola 4.6.1 *Kapacita trhu tepelné energie a možné produkce tepla ZEVO*).
- Kapacita trhu vedlejších produktů z výroby a produkce ZEVO (podkapitola 4.6.2 *Prodej komodit z procesu spalování*).
- Technické aspekty projektu (kapitola 3. *Technologie energetického využití odpadu*).
- Finanční a ekonomické hodnocení (podkapitola 4.3 *Finanční a ekonomické hodnocení*).
- Kompletní přehled výsledků (podkapitola 4.15 *Výsledky scénářů*).
- Hodnocení rizikových parametrů projektu (podkapitola 4.11 *Rizika projektu*).
- Závěrečné doporučení (kapitola 5. *Závěrečné doporučení*).

4.1 Charakter záměru

Předmětem záměru je energetické využití odpadu. Podstatným důvodem, proč je o ZEVO uvažováno je, že podle nařízení Evropské unie musí Česká republika do roku 2030 ukončit skládkování odpadu, který toho času je schopna recyklovat nebo energeticky využít. Přičemž energetickým využitím je myšleno spotřebování odpadu jako paliva v ZEVO.

Projekt bude sestaven podle potřeby z několika kotlů, podle propočtené potřeby. Milníkem zde je záměr v množství spalovaného odpadu nebo množství výroby energie na výstupu. Doporučení je takové, že není vhodné v jakémkoliv zařízení, jakým je ZEVO vybudovat pouze jeden kotel či jiné jednotky z důvodu možného vzniku havárky a případné náhrady.

Pokud bude například v ZEVO počtu kotlů 4, kdy při maximální spotřebě tepla jsou využity všechny, ale při běžném provozu pouze 2 až 3, je tak možné průběžně provádět opravy, modernizace či v případě havárie danou jednotku odstavit a nahradit jí zbylou. Další výhodou je možnost regulace výkonu a provozu kotlů při jejich maximálních účinnostech při vhodném rozdělení zatížení.

Dalším aspektem je, zda se jedná o jediného dodavatele tepla pro danou oblast nebo je ZEVO pouze jedním z dodavatelů a jeho výpadky je možné nahradit z jiných zdrojů

v soustavě. V takovém případě není nutné, pokud k tomu nejsou vhodné podmínky z ekonomické a legislativního hlediska stavět zařízení s několika kotli.

V případě počtu hodin provozu technologie a výroby tepelné energie, která je hlavním výstupem ze zařízení se projekty teplárny zamýšlejí v době provozu minimálně na 90 % času z celého roku. Tento parametr je tak přibližně 8 000 hodin za rok z celkového počtu 8 760 hodin. Zbylé nevyužité hodiny jsou určeny na plánované odstávky zařízení a potřebné opravy pro nutný trvalý a nepřerušovaný provoz způsobený haváriemi na uvažovaných 35 let životnosti zařízení.

Uvažovaná doba provozu 35 let je životnost dané technologie v ZEVO. Hlavním parametrem, který určuje tuto dobu životnosti je předpokládaná doba životnosti kotle, který je nejdražší položkou ceny celého zařízení. Životnost kotle a zbytku technologie je silně závislá od jeho provozu a údržbu se o danou technologii.

4.2 Lokalizace projektového záměru ZEVO

Při výběru vhodné lokality umístění ZEVO je nutné hledat lokalitu, kde je odběr tepla blíží se rovnoměrnému odběru v celém roce. Případně zvolit lokalitu, kde je hlavní odběr tepla s několika vedlejšími, které v průběhu celého roku mají rovnoměrný odběr a jejich vliv je značný na celou teplárensko-dodavatelskou síť. V opačném případě nastává totiž situace, kdy je teplárna, potažmo v našem případě ZEVO, v letních a z poloviny jarních a podzimních měsících nevyužita a velmi obtížně se výnosnosti projektu dosahuje.

Je potřebné pro hodnocení projektového záměru zvolit lokalitu s dostatkem zdrojů komunálního odpadu a odběratelů tepla s možností připojení ZEVO na přenosovou nebo distribuční soustavu elektrické energie. Mít v dané lokalitě vybudovaný nebo možnost vybudovat přípojnou kapacitu na vývod elektrické energie ze zařízení.

Modelově vhodnou lokalitou pro podnikatelský záměr ZEVO může být Elektrárna Opatovice, která je toho času v roce 2022 uhelná a dlouhodobě, již od roku 2014, se uvažuje o přestavbě a náhradě hnědouhelného paliva za jiný typ, který bude taxonomicky uznáván v Evropské unii jako přechodné nebo udržitelné palivo. Úvahou společnosti EPH, a.s., v této elektrárně je náhrada uhlí za KO, protože některé skládky KO v okolní vzdálenosti patří do společnosti EPH, a.s. Opatovická teplárna leží mezi počtem obyvatel významnými městy Hradec Králové (92 763 obyvatel v roce 2018) a Pardubice (90 458 obyvatel v roce 2018).

*Na mapě České republiky jsou barevně označeny lokality pro vhodné a investory uvažované oblasti výstavby ZEVO. Jedná se o lokality, kde je dostatečná poptávka po tepelné energii a produkce vhodného typu odpadu jako paliva způsobená dostatečnou hustotou obyvatelstva. Tyto možné oblasti jsou označeny barvou tmavě červenofialovou/vínovou.

*Světle červenou barvou jsou označeny lokality, kde již ZEVO funguje. Jedná se o čtyři oblasti, kterými jsou Liberec, Plzeň, Praha a Brno. Modrá barva zvýrazňuje oblasti, kde je dostatečná kapacita pro spotřebu tepla a produkci komunálního odpadu. O těchto oblastech se toho času v roce 2022 investory neuvažuje.

Dle dokumentů MŽP vyprodukuje občan České republiky ve větším městě na 550 kg/rok komunálního odpadu. Při této aglomeraci se jedná o 100 772 tun KO (na počet obyvatel města Hradec Králové a Pardubice). Průměrná spotřeba tepelné energie jedné osoby v ČR je 25 GJ (vytápění a ohřev vody). Při dané aglomeraci je spotřeba tepla 4 580 525 GJ/rok. Při produkci KO 100 000 t/rok na tento počet obyvatel je možné vybudovat ZEVO s dodávkou tepelné energie o výši 550 000 GJ/rok. Na zbytek je nutné vybudovat jiné zdroje nebo odpad dovážet z jiných lokalit.

Pro jednotlivé vytipované lokality je níže uvedena *tabulka 4. lokality vhodné pro výstavbu ZEVO s možnou kapacitou*, která určuje kapacitu produkce odpadu vhodného pro ZEVO. Jedná se o lokality, kde je dostatečná poptávka po teple z centrálního zásobování teplem a toho času v roce 2022 stále dodavatelem tepla zařízení, které je taxonomicky EU nepodporováno a určeno v dohledné době k uzavření. Jedná se o především hnědouhelné tepelné elektrárny.

Město	Jednotka [t/rok]
Most (Komořany)	150 000
Mělník	430 000
Praha	230 000
Opatovice	320 000
České Budějovice	170 000
Jihlava	150 000
Přerov	150 000
Otrokovice	163 000
Karviná	190 000
Ostrava	180 000

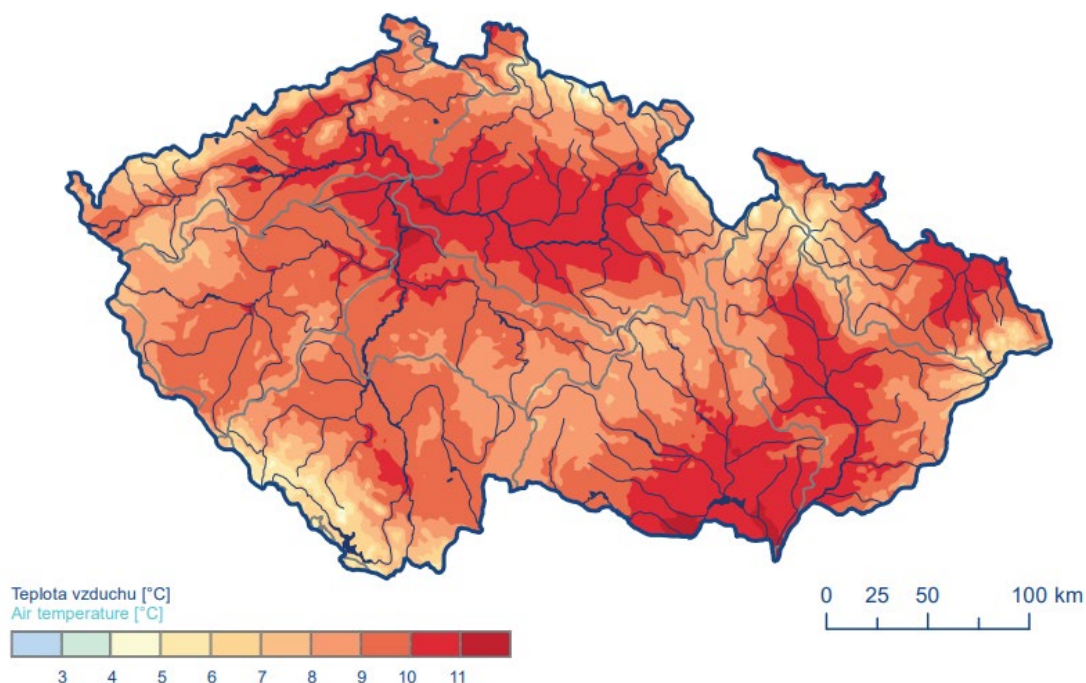
Tabulka 4. Lokality vhodné pro výstavbu ZEVO s možnou kapacitou⁴⁷

⁴⁷ ZEVO - aneb spalovna odpadů [online]. Most: Město Most, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.mesto-most.cz/zevo-aneb-spalovna-odpadu/d-39157>

V případě ZEVO lze uvažovat i o určité dočasné možnosti kombinace spalování SKO a uhlí. V takovém případě se hovoří o zařízení na tuhá alternativní paliva tzv. multipalivových kotlů. To za předpokladu zachování podmínek odstoupení České republiky od uhelné energetiky v roce 2038 podle Uhlé komise, poradního sboru MPO.

Níže je přiložená mapa České republiky, *obrázek 12. průměrná roční teplota vzduchu v roce 2020*, která zaznamenává teplotu na území země za celý rok. Z mapy můžeme dedikovat, která lokalita je v průměru nechladiější v ČR. Takovými lokalitami je Karlovarský kraj, Šumava, Liberecký kraj, Královehradecký kraj, Olomoucký kraj a Moravskoslezský kraj. V těchto lokalitách lze předpokládat, že ačkoliv bude dosahováno energetických úspor v oblasti vytápění domů, stále se bude jednat o oblasti, která jsou o 5 °C až 6 °C v ročním průměru chladnější než zbytek ČR.

Pokud tuto níže uvedenou mapu spojíme do souvislosti s odstavováním taxonomicky nevhodných a nepodporovaných zdrojů můžeme konstatovat, kde jsou z hlediska poptávky po tepelné energii vhodné oblasti. Ve spojitosti s mapou, *obrázek 10. mapa vhodných míst pro ZEVO* jsou oblasti Karlových Varů, Královehradecký kraj a Moravskoslezský kraj vytipovány investory pro realizaci ZEVO.



Obrázek 11. Průměrná roční teplota vzduchu v roce 2020⁴⁸

⁴⁸ HYDROLOGICKÁ ROČENKA ČESKÉ REPUBLIKY. [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, prosinec 2021, 2020, 277, strana 238, [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/hydrologicke_rocenky/HR_2020.pdf

4.3 Finanční a ekonomické hodnocení

Investiční náklady jsou vysoce závislé na struktuře daného zařízení, kterou nalezneme v technické projektové dokumentaci. Pro porovnání jednotlivých podnikatelských záměrů je vhodné použít měrné investiční náklady. Ty nám pomohou v plném srovnání v investičních nákladech na výkon daného zařízení.

Zpravidla investiční náklady s rostoucím instalovaným výkonem rostou. Oproti tomu měrné investiční náklady s rostoucím instalovaným výkonem klesají. Dále se v rámci projektového záměru a ohledu na investiční náklady může vzít v potaz, zda je zařízení pouze s jednou nebo více linkami. Pokud je zařízení s více linkami, může jednodušeji ovlivňovat svoji výrobu, případně linky mohou sloužit jako zálohy.

V bilanci každého zařízení, které vyrábí energii v jakékoliv podobě (elektrické, tepelné nebo v kombinaci), je vždy potřeba zahrnout vlastní spotřebu energie na výrobu a její náklady. Zařízení pro výrobu energie jejichž výstupem je teplo dodávají v průměru za Českou republiku do domácností 48 %, sektoru služeb 23 % a průmyslu 28 %. Spotřeba v sektoru domácnosti pro vytápění a ohřev vody je konstantní. Vytápění zahrnuje 75 % z celkové spotřeby domácností. Pro sektor služeb je tendence spotřeby mírně klesající. Sektor služeb využívá teplo pro vytápění a pro ohřev teplé užitkové vody (dále TUV).⁴⁹

Pro finanční optimalizaci, především v počátku fungování zařízení, lze použít odložení daňové pohledávky. V průběhu let provozu se tak může snižovat se schopností generovat kladný základ daně.

4.4 Materiální vstupy

V této podkapitole se zaměřím na materiální vstupy pro ZEVO. Hlavním vstupem je zde komunální odpad, který tvoří přibližně 80 % z celkového paliva spotřebovávaného v zařízení, bez kterého není možný provoz a tím i výnosnost celého projektu. Dále budou diskutovány náklady na vodu, chemikálie pro čištění spalin, mzdové náklady a vlastní energetická spotřeba na provoz zařízení.

Níže uvedený *graf 6. provozní náklady na provoz ZEVO* popisuje velikost nákladů na jednotlivé vstupy pro provoz zařízení. Největší položkou s celkovým zastoupením 45 % je náklad na palivo. Další důležitou položkou jsou náklady na mzdy zaměstnanců a náklady na chemikálie pro čištění spalin. **Z principu finančního řízení společnosti a zvyšování kladného hospodářského výsledku společnosti je vhodné v těchto třech oblastech se zaměřit na tzv. agresivní financování.**

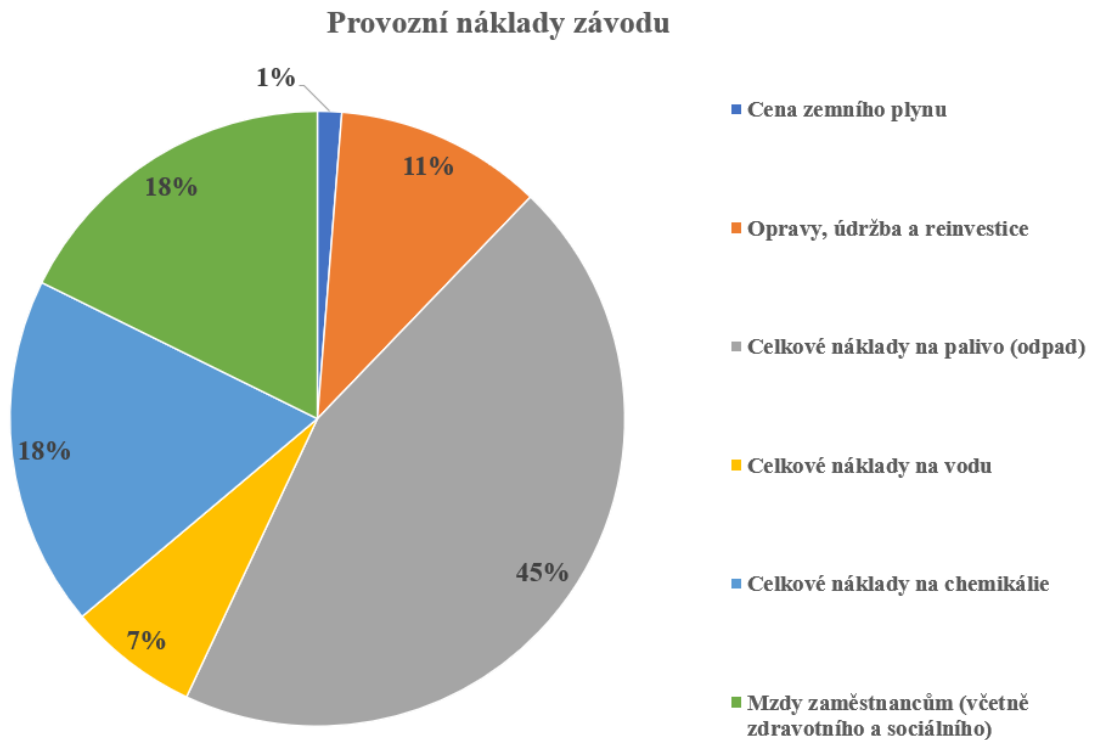
⁴⁹ Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2019. *Mapaceskerekrepubliky* [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2020, 2020, 36, strana 11., [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/2021/7/Zprava-o-vyvoji-energetiky-v-oblasti-tepla-za-rok-2019_1.pdf

Agresivním financováním rozumíme techniku, kdy se snažíme naše pohledávky od ostatních získávat v co nejkratším čase, ale závazky platit v co nejpozdějším čase. Zásoby na našem skladě držíme jen krátký čas a snažíme se dosáhnout principu zásobování just-in-time, kdy přichází materiál je okamžitě zpracován a není uložen na sklad. Tímto zvyšujeme svůj čistý pracovní kapitál společnosti, který je rozdíl oběžného majetku (pohledávky, zásoby) a krátkodobých závazků (závazky).

Čím větší je kladný rozdíl mezi těmito položkami, tím je společnosti více schopna se financovat v případě náhlé potřeby. Není tak potřeba v takto řízené energetické společnosti provozní úvěr. Pohledávky rozumíme platby za prodej SPRUK, elektřiny, tepla a železa. Zásoby jsou palivo/odpad. Krátkodobé závazky jsou platby za mzdy, nakoupený odpad, vodu, zemní plyn a chemikálie.

Výše popsaná technika se také nazývá jako zlaté pravidlo financování společnosti, kdy se CFO snaží dlouhodobá aktiva společnosti financovat pouze dlouhodobými zdroji (úvěry, dluhopisy) a krátkodobá aktiva financovat krátkodobými zdroji (příjem za prodej). V případě **neutrální strategie** je čistý pracovní kapitál roven nule a dochází k přímému financování dlouhodobých aktiv dlouhodobými zdroji a krátkodobých aktiv krátkodobými zdroji. **Konzervativní strategie** je financování dlouhodobého majetku z části i krátkodobými zdroji, kdy čistý pracovní kapitál je kladný. Jedná se o poměrně bezpečný způsob financování, ale vykoupený dlouhodobými finančními zdroji, které jsou dražší než krátkodobé.

Zmiňovaná **agresivní strategie** je zaměřena na financování pouze krátkodobými zdroji, které jsou nejlevnější. Krátkodobými zdroji rozumíme položky splatné nejdéle do 1 roku. Agresivní strategie má vysoké riziko, které v případě výpadku krátkodobých finančních zdrojů může způsobit nemožnost se jiným způsobem financovat a plynoucí finanční potíže společnosti.



Graf 6. Provozní náklady na provoz ZEVO

4.4.1 Palivo

Zdrojem paliva pro ZEVO je zmiňovaný KO, který je produkován lidstvem. Podle platných směrnic zmíněných v kapitole 2. *Legislativní a technické podmínky energetického využití odpadu*, by mělo docházet ke snižování produkce nerecyklovatelného odpadu a vyššímu využívání recyklovatelného odpadu či případná náhrada nerecyklovaného odpadu recyklovatelným. Pro predikci množství odpadu ve všech scénářích přijímám následující předpoklady.

Ze skupin odpadů uvedených mezi nejvhodnějšími pro palivo ZEVO v kapitole 2. *Legislativní a technické podmínky energetického využití odpadu* je níže uvedená tabulka produkce odpadů za jednotlivé kraje v daných kategoriích. *Tabulka 5. Statistika odpadů využitelných pro ZEVO podle krajů* shrnuje množství odpadu pro jednotlivé kategorie s výhřevností minimálně 10 MJ/kg. Tyto kategorie jsou pro ZEVO vhodným palivem.

V tabulce jsou oranžovou barvou zvýrazněny kraje Královehradecký a Pardubický, které mohou být modelovou lokalitou pro výstavbu. Stejně vhodnou lokalitou může být Mělník nebo jiná lokalita označená červenofialovou barvou v *obrázku 10. mapa vhodných míst pro ZEVO*.

V těchto lokalitách s danou produkcí odpadu tohoto času roku 2022 je vhodné a nutné zmínit, že dle legislativy EU, která je následně transponovaná do legislativy České

republiky má být ze 100 % produkovaného odpadu v dané zemi pouze 25 % spotřebováváno na energetické využití v ZEVO.

Příkladem mohou být zmiňované kraje Královehradecký a Pardubický, které by měly dodavatele tepla z nynějších Opatovické tepelné elektrárny, která by změnila svojí technologii nebo vystavěla novou část pro spalování odpadu. Nynější kraje produkují na 845 000 tun vhodného odpadu pro ZEVO. Po roce 2030 by z tohoto celkového odpadu podle cílů EU mělo zůstat pouze 25 %, tedy 212 000 tun.

Předpokladem je, že opatovická teplárna by mohla mít svoji kapacitu až pro 320 000 tun odpadu ročně. Z toho vyplývá, že až 100 000 tun odpadu vhodného pro spalování v ZEVO by bylo dodáváno i z jiných krajů, které by ZEVO neměly. Pro dopravu jsou v takových případech uvažovány vlaky s kontejnery. Stejného principu je uvažováno i v Mělníce, kde by byl svážen odpad ze Středočeského kraje a část odpadu i z Ústeckého kraje.

Pro hlavní město Praha je dle dosavadních pravidel možné vybudovat vedle Malešic další ZEVO. V případě poklesu vhodného odpadu pro ZEVO na 25 % dnešní produkce by dosavadní produkování odpadu v Praze stačilo pouze na instalovanou kapacitu stávajících Malešic a nové ZEVO v oblasti Prahy by muselo odpad dovážet z jiných částí ČR. Ve Středočeském kraji již má povolení EIA ZEVO Mělník, které s plánovanou kapacitou vyčerpá produkci odpadu v celém kraji. S výstavbou ZEVO Komořany v Mostě, které již má delší dobu platnou EIA dojde k vyčerpání možné kapacity produkce ZEVO na severu Čech.

Pořadí	Kraj	Označení kategorie odpadu						Celkem [t/rok]
		2 [t/rok]	3 [t/rok]	4 [t/rok]	18 [t/rok]	19 [t/rok]	20 [t/rok]	
1.	Hlavní město Praha	11 252	12 967	255	6 784	242 641	768 513	1 042 412
2.	Středočeský	50 265	13 673	1 007	3 916	441 257	679 065	1 189 183
3.	Jihočeský	12 809	12 717	5 103	1 460	170 224	295 339	497 652
4.	Plzeňský	10 944	3 468	40 407	2 939	110 073	289 340	457 171
5.	Karlovarský	2 978	949	9 776	1 010	85 876	123 621	224 210
6.	Ústecký	62 532	62 324	6 885	2 570	283 034	372 973	790 318
7.	Liberecký	3 246	1 560	8 176	1 232	188 662	202 472	405 348
8.	Královéhradecký	53 412	2 893	4 347	2 530	71 514	236 609	371 305
9.	Pardubický	13 595	3 610	7 519	1 956	175 569	270 671	472 920
10.	Vysočina	19 464	14 854	1 846	1 576	94 660	247 948	380 348
11.	Jihomoravský	25 309	7 821	3 039	4 560	181 742	517 103	739 574
12.	Olomoucký	46 724	17 257	728	2 683	97 368	284 324	449 084
13.	Zlínský	9 374	3 460	1 158	2 311	91 692	259 983	367 978
14.	Moravskoslezský	25 184	21 607	1 515	6 784	242 641	768 513	1 066 244

Tabulka 5. Statistika odpadů využitelných pro ZEVO podle krajů⁵⁰

Pro ZEVO tak do budoucna s ohledem na dostupnou kapacitu s přijatým předpokladem EU jsou vhodné oblasti kraj Karlovarský, Moravskoslezský, Vysočina, Zlínský, Jihočeský (Vráto), Středočeský (Mělník), Ústecký (Komořany), Královéhradecký a Pardubický (Opatovice). V těchto oblastech je možné vybudovat velké ZEVO o kapacitě 250 000 až 350 000 tun spáleného odpadu ročně. Příkladem jsou Malešice. V ostatních lokalitách již pouze malá o kapacitě 100 000 tun odpadu. Příkladem takového je Termizo Liberec.

Z analýzy MŽP v dokumentu Podklady pro oblast podpory odpadového hospodářství Operačního programu Životního programu (dále OPŽP) 2021–2027⁵¹ je možné mezi produkcí komunálního odpadu a vývojem hrubého domácího produktu (dále HDP) sledovat kladnou vzájemnou závislost.

Čistě z racionálního hlediska s růstem HDP roste ekonomika v daném měřeném státu, přičemž spotřebitelé z mikroekonomického nebo domácnosti z makroekonomického hlediska zvyšují svoji spotřebu produktu. Roste v ekonomice vyráběný produkt, investice (plánované i neplánované) a saldo export-import je kladné. U domácností s nasycením užitku se začínou projevovat zvyšující se úspory. Důležité z ekonomického hlediska je, že domácnosti více spotřebovávají a tvoří se tak více odpadu, hračky jsou

⁵⁰ GRÝCOVÁ, Barbora, Jiří RUSÍN, Michal PREKOP, Milan IPOLT a Radek HOŘEŇOVSKÝ. Energie z odpadů, výzva pro 21. století. *Wast En. Wast En* [online]. 2021, 106, strana 41., [cit. 2022-05-17].

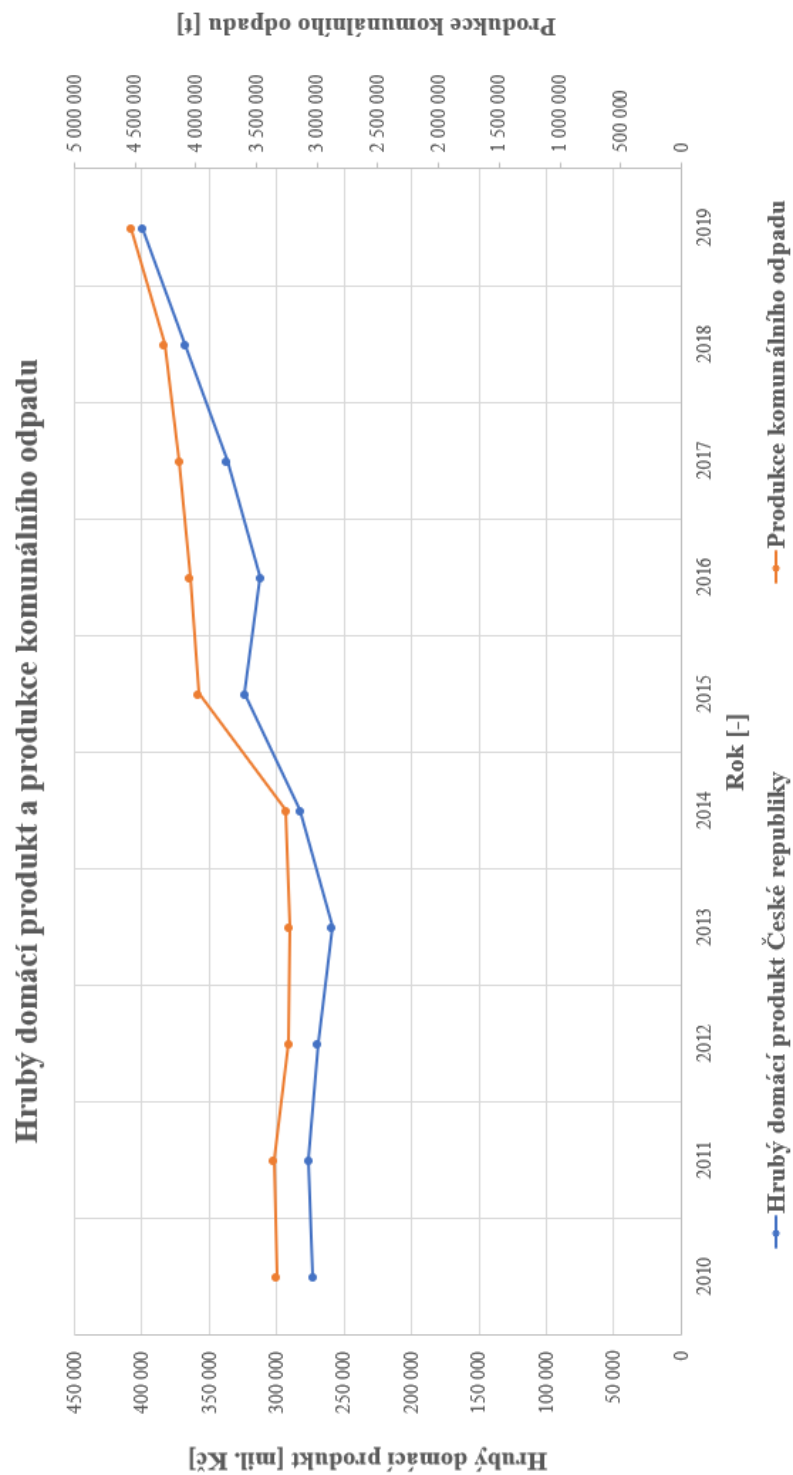
⁵¹ Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2019. *Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství jako součást Programového dokumentu v Operačním programu Životní prostředí 2021–2027* [online]. Praha: EY, 2020, 20 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-1_Manazersky_souhrn-20200529.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/$FILE/OODP-1_Manazersky_souhrn-20200529.pdf)

zabalené v obalech, šunka v plastovém obalu a další příklady obalů, které končí v koši jako odpady.

Popisovanou závislost můžeme sledovat na přiloženém *grafu 7. závislost hrubého domácího produktu a produkce komunálního odpadu*. S růstem hrubého domácího produktu (dále HDP) roste i produkce komunálního odpadu lidstvem. Obecně se uvažuje, že ekonomika na planetě dále poroste, stejně tak tomu bude i u ekonomiky České republiky. Předpokladem je historický vývoj tohoto předpokladu.

Po roce 2010 je zde zpomalení růstu a mírný pokles. Tento děj je způsobený ekonomickou krizí vzniklou kolem roku 2008. Ta následně způsobila zpomalení celosvětové ekonomiky a krach několika trhů (nemovitostní trh, přední světové banky, hypoteční trh).

Podle statistik byl krizí v roce 2008 způsoben pokles průmyslové produkce v České republice o 17 % a celková poptávka po nových zakázkách klesla o 30 %. Tohle období trvalo několik následujících let. Až v roce 2014 v ČR došlo k obnovení průmyslové produkce o 14 %. Rostl prodej osobních aut, dovolených a běžných komodit podle kterých bychom mohli stanovit, že došlo k celkové oživení ekonomiky.



Graf 7. Závislost hrubého domácího produktu a produkce komunálního odpadu^{52*}

*Data dostupná pro produkci komunálního odpadu jsou jen od roku 2010 a v ročním rozlišení. Pro statistickou/ekonometrickou analýzu není dostatek dat, statisticky by mělo být minimálně 50, a nejsou v dostatečné podrobnosti.

⁵² *Produkce, využití a odstranění odpadů - 2020* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2020>

Z grafu 7. závislost hrubého domácího produktu a produkce komunálního odpadu je patrné, že po roce 2014 začal růst HDP a s ním produkce komunálního odpadu produkovaný lidmi. Zpomalení růstu HDP v roce 2016 bylo způsobeno především vlivem vyčerpání fondů EU, které byly určené pro ČR. Hospodářský růst v roce 2016 byl o 2,4 % menší oproti roku 2015, kdy byl meziročně stanoven na 4,3 %. V roce 2017 byl meziroční růst na 4,6 %.

Dopravní náklady jsou parametrem určující, z jaké vzdálenosti od teplárny se bude KO dovážet. Mohou tak ovlivnit výnosnost celého projektu. Ze stávajících skládek KO je možné udělat dočasné úložiště a z něho komunální odpad vozit vlakovou přepravou do místa ZEVO. Případně odpad přímo při svozu nakládat na vlakovou přepravu a svážet do místa ZEVO. Taková metoda se vyplatí v případech okrajových a vzdálenějších míst pro přepravu, kdy přeprava klasickými svozovými auty již může být drahá a neekologická. Svazová auta jsou s diesel motory. Stávající hnědouhelné teplárny mají zavedeny do areálu koleje pro přepravu uhlí. Proto se zmiňované řešení nabízí v případě výstavby/přestavby ve stávajících zařízeních.

Důležitou poznámkou je, že auta pro sběr komunálního odpadu a jeho převoz jsou vozy se spalovacími motory, a tedy do ekologického uvažování projektu přináší vliv emisí. Je možné uvažovat nad tím, že by si podnik pořídil svozové vozy s elektrickým, hybridním, vodíkovým nebo jiným ekologickým motorem. Navzdory tomu, ale svozové vozy již teď dojíždí na skládky KO a zanechávají určité emise. V neposlední řadě je samotná skládka nekontrolovatelným emitentem škodlivých látek.

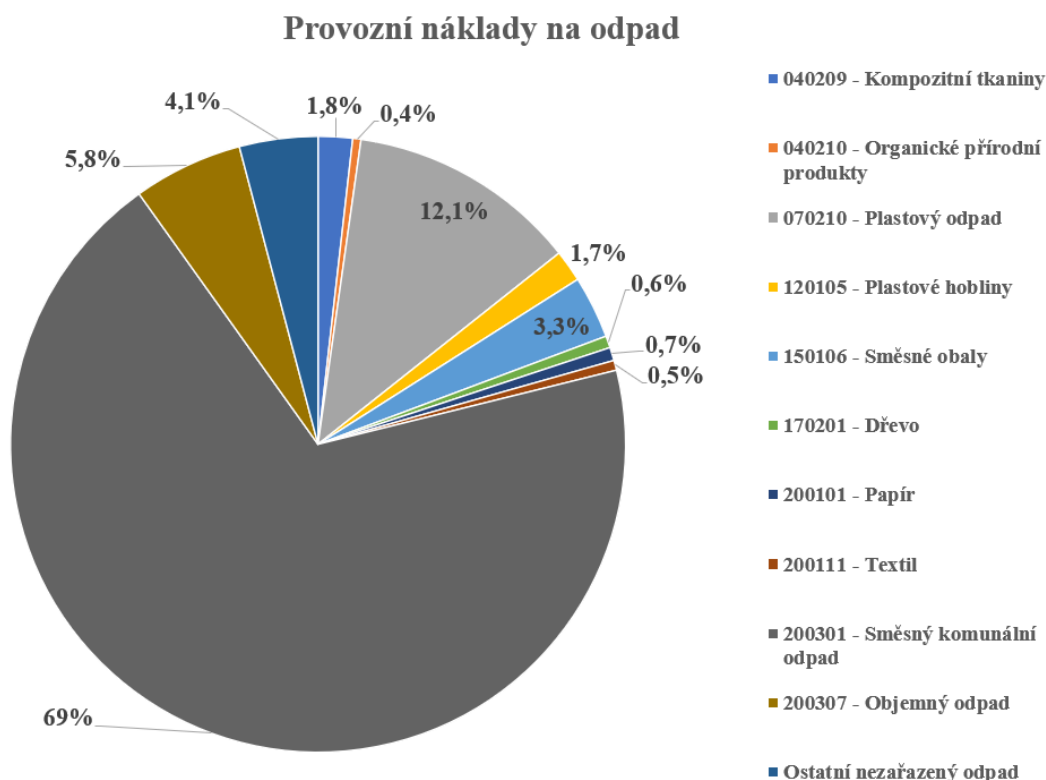
Pro ZEVO Malešice je odpad přímo svážen do teplárny a není s ním jinak manipulována. Po sběru odpadu se přímo zaveze do zásobníku, ze kterého je odpad umisťován do kotle. V případě uvažovaného ZEVO Mělníka a Komořan bude princip totožný. Pouze v případě svážení odpadu z delších vzdáleností bude využita kolejní doprava. Zde je mezní vzdálenost 100 km.

Za sběr odpadu je povinna obec s rozšířenou působností, která nasmlouvává na dobu určitou ve výběrovém řízení soukromou společnost pro sběr, svoz a ukládání odpadu. Danou činnost má ze zákona na starosti příslušná obec, která dodavatele musí pravidelně přesoutěžít. **Z tohoto důvodu nelze na dodávky paliva uplatnit techniky opcí nebo jiných principů.**

Pro projektový záměr uvažujeme množství spáleného odpadu 90 000 tun ročně. Dalším předpokladem bude **provoz 93 % času celého roku**, kdy zbylý čas je věnován plánovaným odstávkám na modernizaci a údržbu zařízení. V hodinách to odpovídá 8 147 z celkových 8 760 hodin, pokud nebereme v potaz přestupný rok, se kterým je přesto v modelu uvažováno. Ve zkoumaných existujících ZEVO a jiných typech tepláren, které jsou realizovány jako hlavní dodavatel tepla pro danou oblast musí dodávat teplo po celý rok na vytápění a ohřev vody.

Průměrnou výhřevnost odpadu stanovují na 11 GJ/t. Kapacita svozového vozidla odpadu je mezi 6 až 7 tuny. V hodnocení uvažují o kapacitě 6,5 tuny a pracovní době svozových aut za rok 2 920 hodin, které odpovídají osmihodinové směně ve všední den. Počet svozových aut za rok je tak 13 846, což je v přepočtu 5 aut za hodinu. Veškerý odpad tak končí okamžitě v daný moment v kotli.

Pro správný chod ZEVO, a tedy dodávek především tepelné energie spotřebitelům, je zapotřebí zajistit stálý a stabilní přísun odpadu. Pro určitou nezávislost v případě výpadků dodávek nebo nastalé mimořádné situace je vhodné v ZEVO vybudovat dostatečně velký sklad. Ten by měl pokrýt běžnou spotřebu alespoň 14 dnů.



Graf 8. Provozní náklady na odpad

Na přiloženém grafu 8. *provozní náklady na odpad* je možné pozorovat zastoupení jednotlivých odpadů v běžném ZEVO v České republice nebo v okolním státě. Největší část odpadu pro palivo je ze směsného komunálního odpadu. Tento odpad je produkován především domácnostmi. Ostatní části skladby paliva jsou již minimální a v případě plastů, dřeva a papíru hrají roli v lepší výhřevnosti a efektivnějším spalování. Z grafu vyplývá, že největší závislost na výnosnosti celého projektu bude v ceně směsného komunálního odpadu. Cena komunálního odpadu se liší v každé obci a v roce 2022 se pohybuje v cenách 900 Kč až 1 300 Kč za tunu. Cena směsného komunálního odpadu má být do roku 2030 navýšena až na cenu 1 850 Kč za tunu.

Při výrobní kapacitě spalování odpadu 90 000 tun za rok jsou v první části *tabulky 6. provozní náklady na odpad* uvedeny celkové ceny na jednotlivé typy odpadů. V druhé

polovině jsou uvedeny jednotkové ceny pro určitý typ odpadu. Celkové roční náklady při dané výrobní kapacitě jsou 113 923 297 Kč bez DPH v nynějších cenách roku 2022. Tvoří největší položku v provozních nákladech.

Typ odpadu	Jednotka	Hodnota
040209 - Kompozitní tkaniny	[Kč]	-2 056 763
040210 - Organické přírodní produkty	[Kč]	-493 085
070210 - Plastový odpad	[Kč]	-13 783 457
120105 - Plastové hobliny	[Kč]	-1 902 008
150106 - Směsné obaly	[Kč]	-3 743 671
170201 - Dřevo	[Kč]	-709 140
200101 - Papír	[Kč]	-792 790
200111 - Textil	[Kč]	-593 360
200301 - Směsný komunální odpad	[Kč]	-78 585 945
200307 - Objemný odpad	[Kč]	-6 568 253
Ostatní nezařazený odpad	[Kč]	-4 694 823
Přijaté předpoklady pro cenu odpadu		
040209 - Kompozitní tkaniny	[Kč/t]	1 983
040210 - Organické přírodní produkty	[Kč/t]	1 983
070210 - Plastový odpad	[Kč/t]	4 463
120105 - Plastové hobliny	[Kč/t]	1 983
150106 - Směsné obaly	[Kč/t]	1 363
170201 - Dřevo	[Kč/t]	1 983
200101 - Papír	[Kč/t]	1 818
200111 - Textil	[Kč/t]	1 818
200301 - Směsný komunální odpad	[Kč/t]	1 074
200307 - Objemný odpad	[Kč/t]	1 471
Ostatní nezařazený odpad	[Kč/t]	1 471

Tabulka 6. Provozní náklady na odpad

V tabulce 7. přijaté předpoklady pro vývoj cen odpadu podle scénářů jsou uvedeny předpokládané eskalace cen jednotlivých nakupovaných odpadů společností ve třech scénářích. Růst cen vychází z předpokladu postupného navyšování cen za svoz SKO zmiňovaného v předchozím odstavci a předkladu zamezování pálení plastových odpadů, u kterých lze předpokládat, že například plastové láhve budou zpětně vykupovány v supermarketech.

Typ odpadu	Jednotky	Optimistický scénář	Realistický scénář	Pesimistický scénář
040209 - Kompozitní tkaniny	[%/rok]	5	5,5	6
040210 - Organické přírodní produkty	[%/rok]	2	2	2
070210 - Plastový odpad	[%/rok]	5	5,5	6
120105 - Plastové hobliny	[%/rok]	5	5,5	6
150106 - Směsné obaly	[%/rok]	2	2	2
170201 - Dřevo	[%/rok]	2	2	2
200101 - Papír	[%/rok]	2	2	2
200111 - Textil	[%/rok]	2	2	2
200301 - Směsný komunální odpad	[%/rok]	4	6	8
200307 - Objemný odpad	[%/rok]	2	2	2
Ostatní nezařazený odpad	[%/rok]	2	2	2

Tabulka 7. Přijaté předpoklady pro vývoj cen odpadu podle scénářů

4.4.2 Mzdové náklady

Mzdové náklady v celkových nákladech v ZEVO tvoří 18 %. Přijatý předpoklad velikosti mzdy odpovídá na přibližně 40 zaměstnanců všech pozicí v dané společnosti. Tento počet je odpovídající energetické společnosti s kapacitou spalování od 90 000 tun do 350 000 tun ročně.

Položka	Jednotka	Hodnota
Velikost sociálních odvodů z hrubé mzdy	[%]	24,8
Velikost zdravotních odvodů z hrubé mzdy	[%]	9
Velikost hrubé mzdy	[Kč]	45 000 000
Eskalace mzdy	[%/rok]	5,75

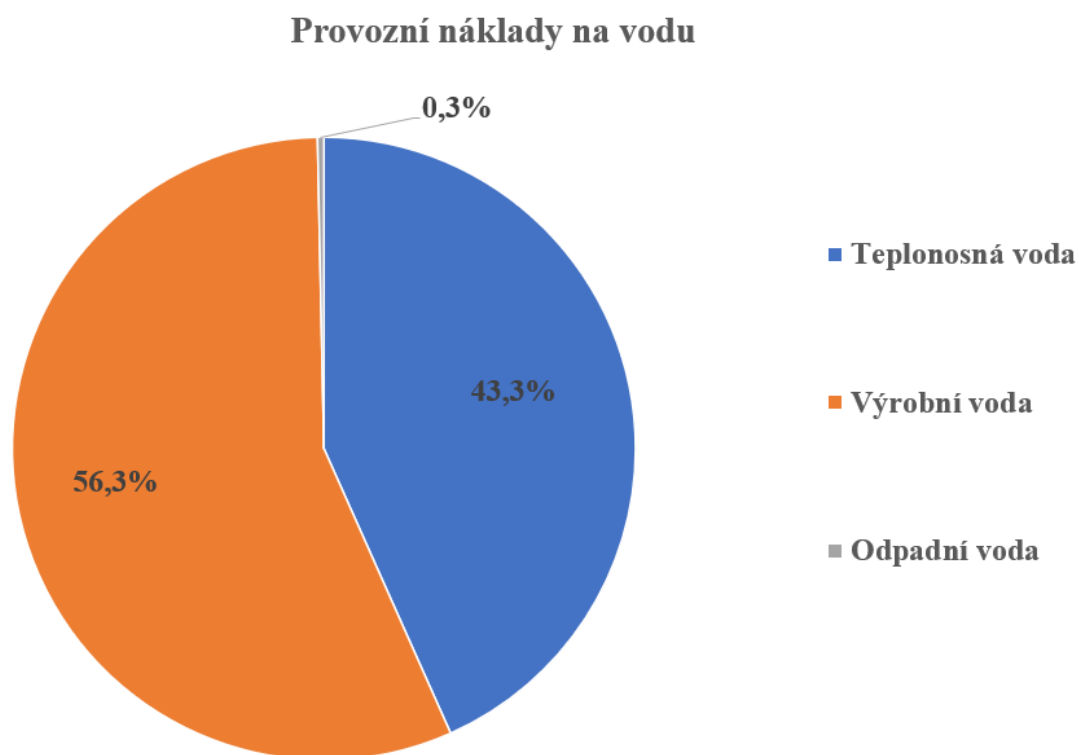
Tabulka 8. Mzdové náklady na provoz ZEVO

V tabulce 8. mzdové náklady na provoz ZEVO je uvedena eskalace mzdy zaměstnanců, kterou odhaduji na výši cílované inflace Českou národní bankou (dále ČNB) v roce 2022 skrze výši 14denní úrokové sazby. Eskalace mzdy ve výpočtu je bez přičtení inflace, protože nepředpokládám budoucí růst mezd o jinou výši, než je velikost cílované inflace.

4.4.3 Voda

Dalším důležitým vstupem je voda, jejíž rozdělení spotřeby pro technologii bylo rozebíráno v podkapitole 3.5 *Využití vody pro technologii v ZEVO*. Zde budou hodnoceny pouze náklady na vodu. V příloženém grafu 9. *provozní náklady na vodu* je zřetelně vidět, kolik z celkových nákladů odpovídá, které vodě. Náklady na čištění odpadní vody nejsou nulové, ale z celkových nákladů pro vodu jsou mezi 0,3 % až 0,5 % z celkových nákladů pro vodu.

Výrobní vodou zde rozumíme vodu, která je ohřívána v kotli a přemění se zde na páru. Stane energonositelem, kde přes tepelní výměník dodá energii teplotosné vodě, která je dodávána spotřebitelům. Výrobní voda dále vykonává práci na turbíně, která vyrábí elektrickou energii. Odpadní voda vzniká po čištění spalin a části vody, která se již nedemilirizovala na výrobní vodu. Tato voda musí být vyčištěna a následně může být vypouštěna do životního prostředí.



Graf 9. *Provozní náklady na vodu*

Při spalovací kapacitě odpadu 90 000 tun ročně jsou náklady na vodu uvedeny v následující tabulce 9. *náklady na vodu*, která obsahuje celkové náklady na daný typ vody a jednotkové ceny pro každý typ vody. Celková cena je odvozená od jednotkových

cen, které jsou určené ze statistik Ministerstva financí ČR (dále MF), Hydrometeorologického ústavu z Národního plánu povodí Dunaje.^{53,54}

U cen vody se jedná pouze o její poplatek za odběr nebo vylučování zpět do přírody. Ceny nejsou včetně nákladů na úpravy vody pro technologické využití nebo čištění odpadní vody pro vylučování z ZEVO.

Typ vody	Jednotka	Hodnota
Teplonosná voda	[Kč/rok]	-7 947 586
Výrobní voda	[Kč/rok]	-9 845 550
Odpadní voda	[Kč/rok]	-57 600
Přijaté předpoklady pro cenu vody		
Teplonosná voda	[Kč/m ³]	4,5
Výrobní voda	[Kč/m ³]	5,2
Odpadní voda	[Kč/m ³]	4

Tabulka 9. Náklady na vodu

V níže uvedené *tabulce 10. eskalace cen vody* je odhad eskalace cen jednotlivých typů vody využívané pro provoz ZEVO. Odhad plyne z historického vývoje ceny a předpokladu budoucího neustálého zvyšování platby způsobeného snižováním stavu povodí řek a důrazem na co nejefektivnější využívání vody.

Typ vody	Jednotka	Optimistický scénář	Realistický scénář	Pesimistický scénář
Teplonosná voda	[%/rok]	7	8,5	10
Výrobní voda	[%/rok]	6	7,5	8
Odpadní voda	[%/rok]	4	5,75	7,5

Tabulka 10. Eskalace cen vody

⁵³ SOUHRN VÝSLEDKŮ EKONOMICKÉ ANALÝZY UŽÍVÁNÍ VOD. NÁRODNÍ PLÁN POVODÍ DUNAJE [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, prosinec 2015, 29 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/437794/NPP_Dunaj_kapitola_VI.pdf

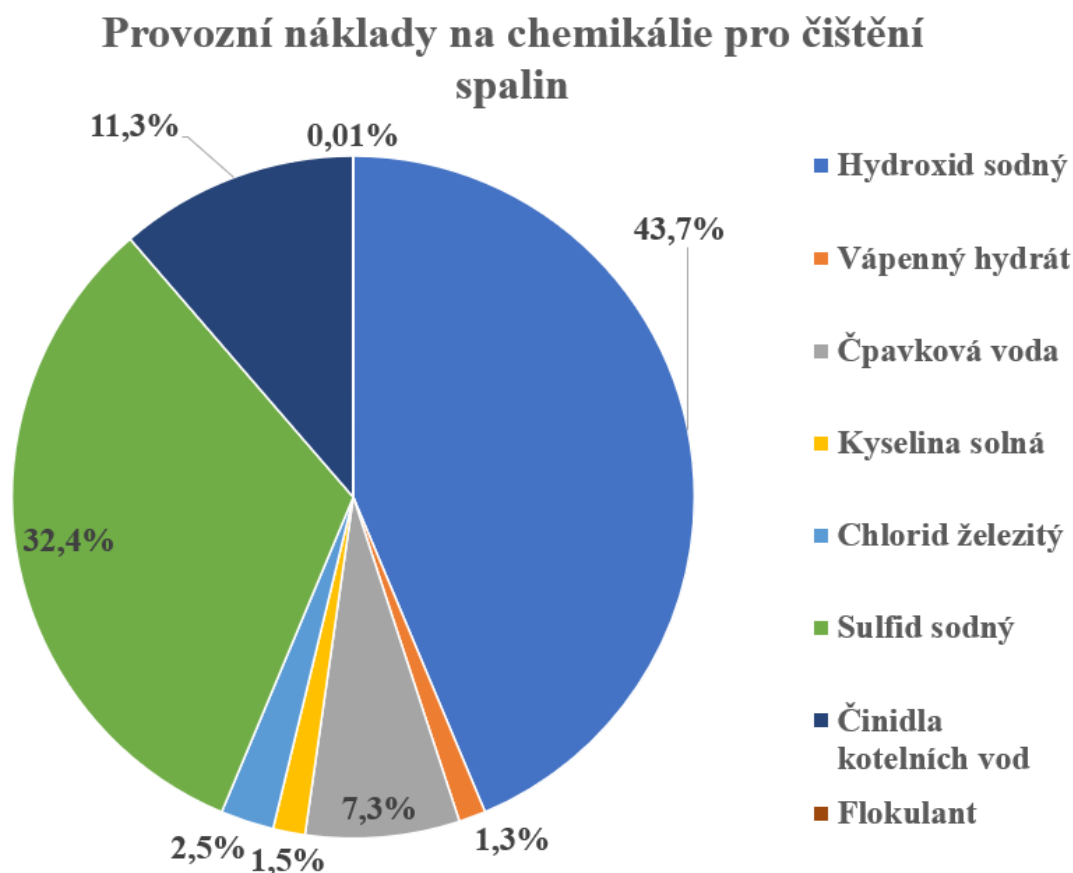
⁵⁴ Pitná voda a odpadní odvedená voda („vodné a stočné“). Odbor 16 - Cenová politika [online]. Praha: Ministerstvo financí ČR, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/verejny-sektor/cenova-regulace-a-kontrola/vyvoj-cenove-regulace-v-jednotlivych-odv/pitna-voda-a-odpadni-odvedena-voda-vodne-28754/>

4.4.4 Čištění spalin

Čištění spalin v ZEVO je nedílnou součástí technologického postupu. Pro fungování zařízení je nutné spaliny čistit z legislativního hlediska a vykazovat množství vyloučených emisí. Čím je technologický postup popsáný v kapitole 3.4 *Čištění spalin* efektivnější, tím jsou vylučované emise do životního prostředí nižší. Provozní náklady na placení poplatků a daní z naměřených a vyloučených látek jsou následně nižší.

Výše poplatků a daní na vylučované emise jsou stanoveny v takové výši, aby se zřizovatelům zařízení vyplatilo investovat do technologie než emise vylučovat bez čištění s ohledem dosahování co nejnižších provozních nákladů (dále OPEX) v této oblasti.

Procentuální zastoupení jednotlivých nákladů chemikálií pro čištění spalin je uvedeno v následujícím grafu 10. *provozní náklady na chemikálie pro čištění spalin*. Zde je vidět, že největší náklady jsou na hydroxid sodný NaOH, který tvoří z celkových nákladů 43,7 %. Druhou největší položkou je sulfid sodný Na₂S s 32,4 %. Tyto náklady jsou se zahrnutím čištění látkovým filtrem. V celkovém součtu tyto dvě chemikálie tvoří až 76 % celkových nákladů pro čištění emisí ze ZEVO.



Graf 10. Provozní náklady na chemikálie pro čištění spalin

Při výrobní kapacitě spalování 90 000 tun odpadu ročně jsou celkové náklady na chemikálie hydroxidu sodného a sulfidu sodného 35 617 447 Kč ročně. Kdyby byla k dispozici technologie pro čištění spalin bez použití těchto dvou zmiňovaných chemikálií nebo s výraznou úsporou bude vhodné zhodnotit, zda investovat do této technologie. Ostatní náklady na chemikálie jsou s tímto srovnáním minimální a zanedbatelné.

V níže přiložené *tabulce 11. provozní náklady na chemikálie pro čištění spalin* jsou v první polovině celkové náklady na chemikálie při výrobní kapacitě spalování 90 000 tun odpadu ročně. V druhé polovině jsou jednotkové ceny za jednotlivé chemikálie pro čištění spalin. Jednotkové ceny jsou aktuální pro rok 2022.

Typ chemikálie	Jednotka	Hodnota
Hydroxid sodný	[Kč/rok]	-20 462 967
Vápenný hydrát	[Kč/rok]	-597 178
Čpavková voda	[Kč/rok]	-3 420 011
Kyselina solná	[Kč/rok]	-710 729
Chlorid železitý	[Kč/rok]	-1 182 287
Sulfid sodný	[Kč/rok]	-15 154 480
Činidla kotelních vod	[Kč/rok]	-5 306 960
Flokulant	[Kč/rok]	-6 453
Přijaté předpoklady pro cenu chemikálií		
Hydroxid sodný	[Kč/t]	33 058
Vápenný hydrát	[Kč/t]	3 719
Čpavková voda	[Kč/t]	28 926
Kyselina solná	[Kč/t]	18 843
Chlorid železitý	[Kč/t]	48 099
Sulfid sodný	[Kč/t]	1 393 388
Činidla kotelních vod	[Kč/t]	1 512 397
Flokulant	[Kč/t]	25 207

Tabulka 11. Provozní náklady na chemikálie pro čištění spalin

V dále uvedené *tabulce 12. eskalace cen chemikálií pro provoz ZEVO* je eskalace cen jednotlivých typů chemikálií pro čištění spalin. Ve všech položkách a scénářích možného vývoje je uvažováno se stejnou eskalací ve výši 1 %.

Typ chemikálie	Jednotka	Optimistický scénář	Realistický scénář	Pesimistický scénář
Hydroxid sodný	[%/rok]	1	1	1
Vápenný hydrát	[%/rok]	1	1	1
Čpavková voda	[%/rok]	1	1	1
Kyselina solná	[%/rok]	1	1	1
Chlorid železitý	[%/rok]	1	1	1
Sulfid sodný	[%/rok]	1	1	1
Činidla kotelních vod	[%/rok]	1	1	1
Flokulant	[%/rok]	1	1	1

Tabulka 12. Eskalace cen chemikálií pro provoz ZEVO

4.5 Spotřeba energie v zařízení

Mezi vlastní spotřebu zařazujeme takovou spotřebu, která vzniká v důsledku výroby energie, ale pouze v hranicích zařízení ZEVO. Tedy mezi vlastní spotřebu nepočítáme takovou, která vzniká v dopravní síti ke spotřebiteli od hranice výrobního zařízení. Počátkem výroby energie v tradičním ZEVO je přeměna vody v páru. V technologii výroby energie je spotřeba páry dána podmínkami energetického využití odpadů a vedoucího ke splnění koeficientu účinnosti $R1 = 0,65^{55}$ dle zákona o odpadech. Zařízení zprovozněná před rokem 2009 měla koeficient $R1 = 0,6$. Tento koeficient je v podrobnosti uveden v kapitole 2. *Legislativní a technické podmínky energetického využití odpadu*

Spotřeba elektrické energie v rámci zařízení je z vlastní výroby, pokud je v provozu. V zařízení má nejvyšší spotřebu elektřiny kouřovod, který odsává spaliny z kotle směrem do komína. Dále to jsou veškerá čerpadla v procesu čištění spalin. V podrobnosti je tato problematika rozebrána v 3.3.3 *Výroba elektrické energie klasickým spalováním*.

Pro svoje nastartování využívají zařízení ať již uhelné elektrárny nebo ZEVO jinou komoditu, než kterou primárně využívají jako palivo. Jedná se o naftu, oleje, mazut nebo zemní plyn. Toto vedlejší palivo slouží k zapálení ohně v kotli a přivedení na provozní teplotu. V nynějších provozech se využívá zemní plyn.

V procesu ZEVO je zemní plyn využíván i pro udržování optimálního spalování v kotli, a to z důvodu, že spalovaný odpad je nehomogenní a jeho výhřevnost se pohybuje v poměrně širokém rozmezí od 4 MJ/kg až 18 MJ/kg. V případě spalování odpadu

⁵⁵ Zákon č. 541/2020 Sb., ve znění pozdějších předpisů [online]. Praha: ČESKO, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>

s nízkou výhřevností je nutné procesu spalování přidat zemní plyn. Veškeré spotřeby energie jsou uvedeny na následující *tabulce 13. spotřeba komodit v ZEVO*.

Položka	Jednotky	Hodnota
Teplo*	[GJ/rok]	294 525
Elektřina*	[GJ/rok]	25 245
Zemní plyn	[m ³ /rok]	153 900
Přijaté předpoklady pro cenu zemního plynu		
Zemní plyn	[Kč/rok]	-3 231 900
	[Kč/m ³]	21
	[Kč/MWh]	1 991

Tabulka 13. Spotřeba komodit v ZEVO⁵⁶

*Náklady na vlastní spotřebu tepelné a elektrické energie nejsou v podnikatelském hodnocení zahrnuta do ekonomických výpočtů. Potřebnou energii v teple si zařízení plně vyrobí a v případě elektřiny se jedná o nepatrný odběr z DS.

Při výrobní kapacitě spalování 90 000 tun odpadu ročně je spotřeba zemního plynu pro nastartování zařízení a regulaci spalování rovna 154 000 m³. Při aktuální ceně zemního plynu na burze v květnu roku 2022, s burzovní cenou 6,69 Kč/m³, se započtením transportu do místa spotřeby s celkovou cenou 21 Kč/m³, je celkový roční náklad na běžný provoz zařízení 3 231 900 Kč. Vzhledem ke srovnání s náklady na chemikálie pro čištění spalin, vodu a odpad rozebíraný v předchozí kapitole se jedná o marginální náklad.

V dále uvedené *tabulce 14. předpoklady pro eskalaci ceny zemního plynu* uvádím přijaté předpoklady eskalace ceny zemního plynu pro jednotlivé scénáře. Vzhledem k turbulentní situaci a velké nejistotě v dostatečných dodávkách zemního plynu s nastalou situací jsou přijaté předpoklady eskalací vyšší, než by byly za běžných okolností. Pokud bych modeloval projektový záměr před podzimem roku 2021, uvažoval bych eskalaci cen nižší než poloviční při momentálně přijatých předpokladech.

Eskalace cen zemního plynu pro jednotlivé scénáře				
Typ	Jednotka	Optimistický scénář	Realistický scénář	Pesimistický scénář
Zemní plyn	[%/rok]	4	8	12

Tabulka 14. Předpoklady pro eskalaci ceny zemního plynu

⁵⁶ Sjednocení technické a roční kapacity ZEVO Malešice, Dokumentace vlivů záměru na životní prostředí podle § 8 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí. *Ekopontis*, s.r.o [online]. červen 2019, 166 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX01aUDQ4M19kb2t1bWVudGFjZURPQ182Mzk1MzM4ODU5NTc0MTQzNTY4LnBkZg/MZP483_dokumentace.pdf

4.6 Vzniklý výstup ze zařízení

Tato kapitola se bude zabývat vznikajícím výstupem ze zařízení ZEVO. Jedná se o výrobu tepelné, elektrické energie, směs popeloviny pro rekultivaci a úpravu krajiny (dále SPRUK) a železa.

4.6.1 Kapacita trhu tepelné energie a možné produkce tepla ZEVO

Ekonomika projektu je silně závislá na poptávce tepla z jeho výroby. V principu výroby energie kogenerační jednotkou je možné prodávat jak teplo, tak elektrickou energii. Přičemž výroba elektrické energie a její prodej velmi ovlivňuje dané projekty z ekonomického hlediska. Výstavbu ZEVO musíme také plánovat v závislosti na lokálním množství dostupnosti komunálního odpadu. Vhodná lokalita je v blízkosti velkých měst nebo několika menších s potřebou dodávek tepelné energie. Lokalita projektu byla blíže rozebírána v 4.2. *Lokalizace projektového záměru ZEVO*.

Poptávka po teple je závislá na několika faktorech, které mohou jít proti sobě. Tlak na energetické úspory (zateplování, výměna oken) snižuje poptávku po teple. Ekonomický růst naopak poptávku po teple bude zvyšovat. Toto tvrzení platí především pro sektor průmyslu, kdy s rostoucím odběrem tepla se bude více vyrábět množství produkce. Pro domácnosti platí dosavadně opačné pravidlo, že s rostoucím ekonomickým růstem roste produkce odpadu.

Podle analýz Ministerstva průmyslu a obchodu (dále MPO) je předpokládán pokles spotřeby tepla vztahovaný na jednotku produkce o jednu čtvrtinu. V sektoru služeb pak o více než jednu čtvrtinu. V oblasti domácností bude pokles spotřeby o jednu desetinu. Předpoklady jsou brány v roce 2019 do roku 2025.⁵⁷

Z příloženého grafu 11. *vývoj dodávek tepla v České republice do roku 2019* je zřetelné, že největším dodavatelem tepelné energie je uhelná energetika následována plynovou energetikou. Tyto dva zdroje dodaly celkem 84 792 TJ tepelné energie z celkových 96 367 TJ dodávek energie za jeden rok.

Dále v grafu uvádím křivku celkové spotřeby tepla „celkem“, která je distribuována spotřebitelům. Tato křivka klesá, a to může pro naše hodnocení znamenat, že do budoucna lze předpokládat s menšími odběry tepla ze ZEVO, než které jsou na počátku. Nicméně tuto úvahu zamítám s ohledem na fakt, že budou uzavírány neekologické zdroje tepla a ZEVO je může nahradit. Dalším faktem je, že v době hodnocení

⁵⁷ Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2019. *Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství jako součást Programového dokumentu v Operačním programu Životní prostředí 2021–2027* [online]. Praha: EY, 2020, 20 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-1_Manazersky_souhrn-20200529.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/$FILE/OODP-1_Manazersky_souhrn-20200529.pdf)

podnikatelského záměru se nacházíme v situaci jara roku 2022 a nejsme schopni předpokládat, zda budou dostatečné dodávky zemního plynu pro teplárny a jaká bude cena nakupovaného zemního plynu.

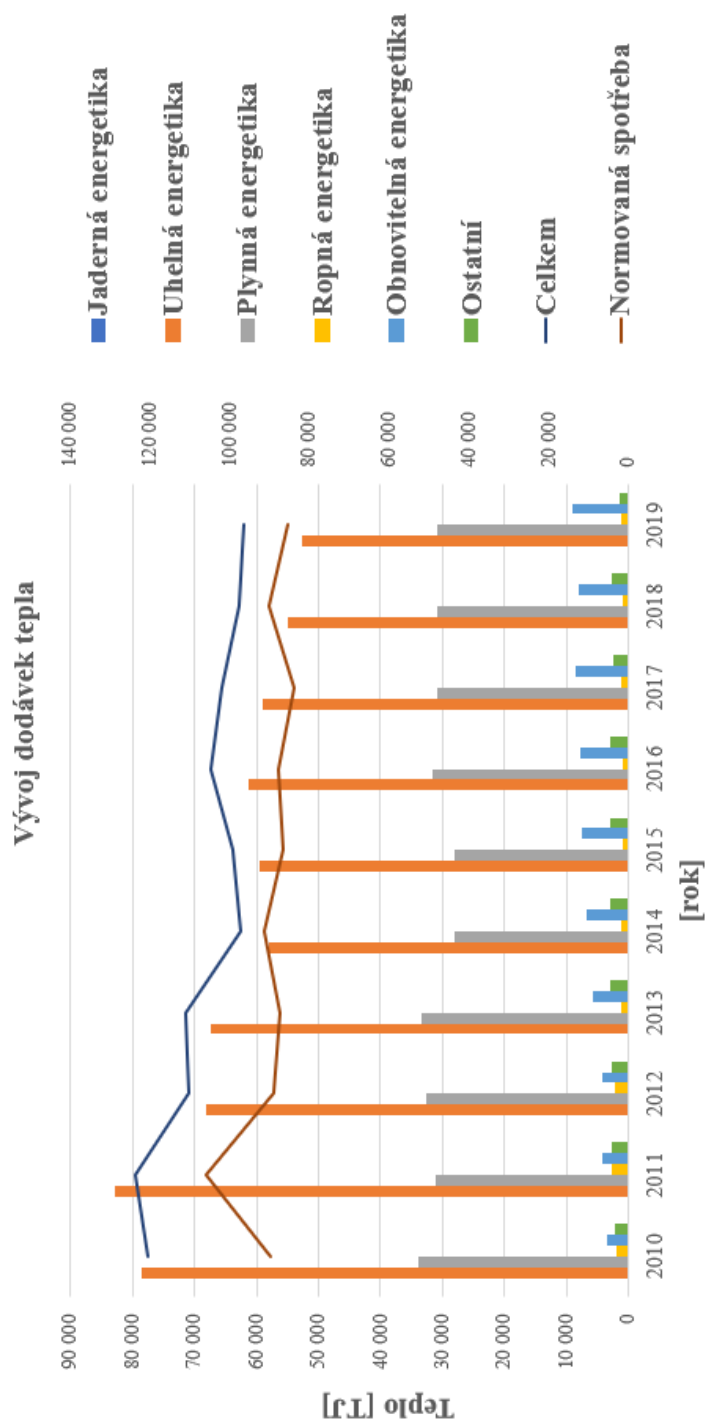
Vhodné je spotřebu tepla přepočítat na základě Mezinárodní a národní metodiky^{58,59} vývoje denostupňů. V podrobnosti uvádím v *tabulce 15. přepočet spotřeby tepla vůči normálu vůči zkoumanému období*. Přepočítané hodnoty jsou ve křivce „normovaná spotřeba“. Pokud by se vytápělo na 21 °C dle hygienický norem a přetápěné místnosti nevětraly okny, byla by celková spotřeba tepla stejná jako je normovaná. Z toho lze usuzovat, že je možné dosáhnout úspor tepla jenom na základě vhodného chování. S tímto předpokladem je vhodné uvažovat pro podnikatelský záměr a dle toho plánovat dodávky tepla.

Rok	Denostupně 21/13	Normál za rok 2010 - 2018	Celková spotřeba tepla	Normovaná spotřeba tepla	Rozdíl celkové spotřeby tepla od normované	Potencionální úspora tepla
	Jednotka					
	[D*K]	[D*K]	[TJ/rok]	[TJ/rok]	[TJ/rok]	[%/rok]
2010	4 567	3 397	120 552	89 668	30 884	25,62
2011	3 970	3 397	123 665	105 816	17 849	14,43
2012	4 208	3 397	110 462	89 173	21 289	19,27
2013	4 310	3 397	110 986	87 476	23 510	21,18
2014	3 611	3 397	97 125	91 369	5 756	5,93
2015	3 892	3 397	99 197	86 581	12 616	12,72
2016	4 053	3 397	104 898	87 920	16 978	16,1
2017	4 138	3 397	102 199	83 898	18 301	17,91
2018	3 684	3 397	97 829	90 208	7 621	7,79
2019	3 832	3 397	96 367	85 428	10 939	11,35

Tabulka 15. Přepočet spotřeby tepla vůči normálu vůči zkoumanému období

⁵⁸ KLIMATOLOGICKÉ ÚDAJE [online]. Praha: Stavebně technický ústav-E a.s, 2004, 271 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/4206.pdf>

⁵⁹ Výpočet denostupňů [online]. HEMZAL, Karel, Zdeněk REINBERK a Ladislav TINTĚRA. Praha: TZB-info, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu>

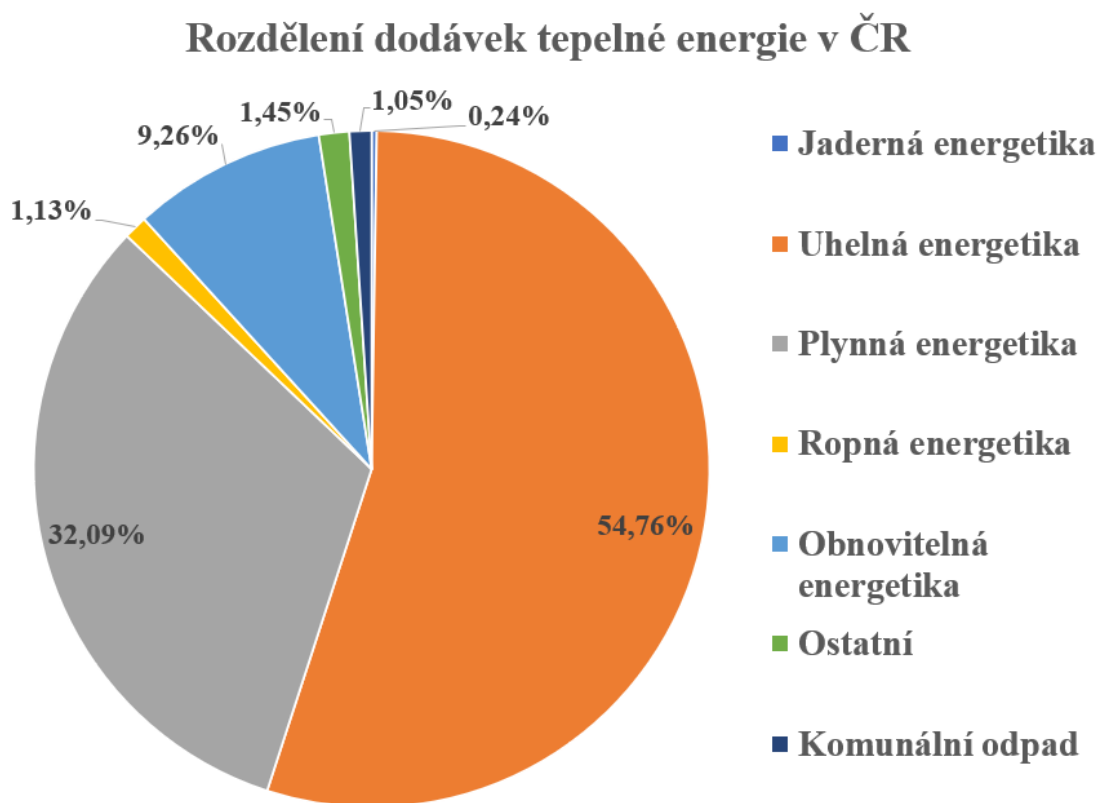


Graf 11. Vývoj dodávek tepla v České republice^{60*}

*Ostatní zdroje jsou teplo z chemických procesů, elektrické kotle a teplo z průmyslového odpadu.

⁶⁰ Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2019. Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství jako součást Programového dokumentu v Operačním programu Životní prostředí 2021–2027 [online]. Praha: EY, 2020, 20 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-1_Manazersky_souhrn-20200529.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/$FILE/OODP-1_Manazersky_souhrn-20200529.pdf)

V níže uvedeném grafu 12. rozdělení dodávek tepelné energie v ČR je vidět procentuální zastoupení jednotlivých zdrojů tepelné energie na našem území. Takřka 55 % zde vyplňují uhelné zdroje, které jsou taxonomicky dle EU neuznávané a dle Uhelné komise ČR a jejího doporučení by měly tyto zdroje skončit s výrobou do roku 2038. Po tomto roce by měly být z větší části nahrazeny zdroji plynovými. Tato původní strategie náhrady uhelných zdrojů s aktuální situací v roce 2022 a válkou na Ukrajině nebude zřejmě plně možná.



Graf 12. Rozdělení dodávek tepelné energie v ČR

Lze předpokládat, že zastoupení plynových zdrojů ve výrobě energie bude klesat nebo v optimistickém scénáři stagnovat. Strategie teplárenství v ČR se bude muset zaměřit na jiné zdroje. Do budoucna je možné připojení a přívod tepla z jaderných elektráren a částečné zvýšení výroby z obnovitelných zdrojů. Prostor je technologie tepelných čerpadel, odpadního tepla a části biomasy. Do budoucna je tak prostor na trhu dodávání tepla nahrazení až 88 % zdrojů včetně plynu.

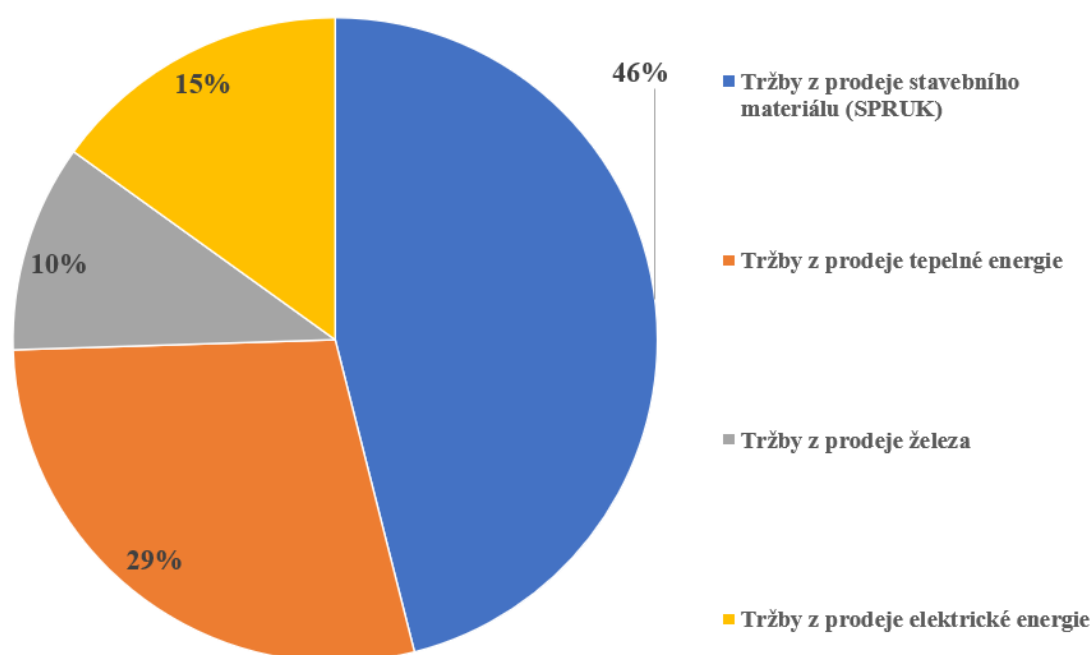
4.6.2 Prodej komodit z procesu spalování

Zařízení neslouží a není pouze výrobcem tepelné a elektrické energie, ale také důležitým dodavatelem vedlejších materiálů pro stavebnictví. Z procesu spalování odpadu vznikají materiály, kterými jsou škvára 24 %, popílek 1,93 % a železný šrot 1 %.⁶¹ Zbylé množství je využito na přeměnu odpadu ve formu energie. V níže uvedeném schématu je materiálový tok v ZEVO.

Pro prodej vzniklého popela ze spalování a jeho další využití je nutná certifikace. Ta je zapotřebí s ohledem na řízené zásahy při čištění spalin v procesu vypírání strusky a v konečném procesu v separaci kovů pomocí magnetické technologie. Tím se dosáhnou chemické vlastnosti popela, který je možné prodávat a používat ve stavebnictví.

Z ekonomického hlediska není v aktuálním období roku 2022 a ani v minulých letech pro teplárnu hlavní výnos z výroby a prodeje tepelné nebo elektrické energie, ale je jím materiál vznikající z popela. V případě ZEVO se jedná o tzv. SPRUK. Z příloženého grafu 13. *provozní výnosy ZEVO* je patrné, že z celkových výnosů ZEVO je 46 % z prodeje materiálu SPRUK pro stavební účely. Tepelná energie je až následná s 29 %.

Provozní výnosy ZEVO



Graf 13. Provozní výnosy ZEVO

⁶¹ PRINCIP TECHNOLOGIE ZEVO [online]. Praha: Pražské služby, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/princip-technologie-zevo>

V níže uvedené *tabulce 16. dodávka komodit ze ZEVO* je množství dodávané elektrické a tepelné energie do distribuční soustavy při spalování 90 000 tun odpadu ročně. Dále je uvedeno množství vyprodukovaného materiálu pro stavební účely SPRUK a železa.

Položka	Jednotka	Hodnota
Tepelná energie	[GJ/rok]	546 975
	[Kč/rok]	131 274 000
	[Kč/GJ]	240*
Elektrická energie	[GJ/rok]	58 905
	[Kč/rok]	69 540 625
	[Kč/GJ]	1 181**
SPRUK	[t/rok]	36 000
	[Kč/rok]	175 537 190
	[Kč/t]	4 876
Železo	[t/rok]	990
	[Kč/rok]	39 747 273
	[Kč/t]	40 149

Tabulka 16. Dodávka komodit ze ZEVO

*Prodej tepla ze ZEVO do distribuční soustavy na hranici tepelného výměníku (předávací stanice).⁶²

**Cena z burzy elektrické energie platná k 2.3.2022.

V případě ekonomického řízení ZEVO je vhodné vzhledem k velikosti množství výnosu z materiálu SPRUK tuto cenu zvyšovat, pokud budou do budoucna výnosy z prodeje tepla regulovány k nižším hodnotám Energetickým regulačním úřadem (dále ERÚ). U elektřiny je možné vzhledem k technologii KVET a kondenzační turbíny tuto energii dodávat do DS v okamžiku vysokých cen. Elektrická energie je prodávána a nakupována na Evropské burze a její regulace ze strany státu ČR není možná jiným způsobem než u spotřebitele přes změnu výše daně a regulované části složky ceny. Proto s ní může finanční ředitel (dále CFO) v provozu zařízení aktivně pracovat. Výnosy z prodeje železa jsou zatím minimální.

V dále uvedené *tabulce 17. přijaté předpoklady eskalace cen komodit dodávané ze ZEVO* jsou přijaté eskalace cen komodit pro jednotlivé scénáře. Komodity jsou ze ZEVO prodávány, a proto je předpokládáno, že v případě pesimistického scénáře bude růst cen nižší než v případě optimistického.

⁶² *Výsledné ceny tepla 2020* [online]. Praha: Energetický regulační úřad, 2021, 177 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/vysledne_ceny_tepla_2020.pdf

Položka	Jednotka	Optimistický scénář	Realistický scénář	Pesimistický scénář
Elektrická energie	[%/rok]	5	3,25	1,5
Tepelná energie	[%/rok]	3,75	5	2,5
SPRUK	[%/rok]	6	4	2
Železo	[%/rok]	6	4	2

Tabulka 17. Přijaté předpoklady eskalace cen komodit dodávané ze ZEVO

4.6.3 Technický provoz zařízení

Velké, generální opravy se musí plánovat s ohledem na potřebné využití ZEVO. Ve smyslu dodávek tepelné energie pro spotřebitele, a to především v případech, kdy je zdroj ZEVO jediným dodavatelem. V případě ZEVO, které má několik linek, kotlů, je možné generální opravu v případě stejného stáří naplánovat v postupné opravě. Oprava musí vždy probíhat dle platného integrovaného povolení.

Pravidelný provoz a malé odstávky pro nutnou údržbu v parních částech ZEVO, které jsou pro stávající zařízení společná jsou nutná na dobu 10 dní, a to každý rok.

V uvedené *tabulka 18. předpoklad velikosti oprav ZEVO* je přijatý předpoklad výše velikosti každoročních oprav zařízení ZEVO vůči počáteční investované ceně a eskalace ceny těchto oprav, které odpovídají výši cílované inflace ČR k květnu roku 2022.

Položka	Jednotka	Optimistický scénář	Realistický scénář	Pesimistický scénář
Velikost oprav a údržby vůči počáteční investici	[%/rok]	1	1,5	2
Eskalace ceny oprav a údržby	[%/rok]	5,75	5,75	5,75

Tabulka 18. Předpoklad velikosti oprav ZEVO

S ohledem na stávající ZEVO v České republice je očekáváno, že po 20 letech správného provozu, chápáno ve smyslu pravidelných, kontrol, běžných oprav a jiné, bude nutné udělat generální opravu spalovacího kotle, výměníků tepla a technologie pro čištění spalin.

4.7 Regulace cena tepla

Regulace ceny tepla v České republice probíhá na základě regulační báze aktiv (dále RAB). Ve svém výpočtu uvažují pouze investice do zařízení, která jsou uznatelná dle metodiky výpočtu⁶³ ERÚ. V případě, že by na ZEVO byla uvalena emisní povolenka EU ETS, není tato položka přijmuta do výpočtu. V *tabulce 19. výpočet regulované ceny tepla* jsou uvedeny první a poslední dva roky při uvažování životnosti investice 35 let.

Položka	Jednotky	1.rok	2.rok	34. rok	35. rok
Aktiva	[Kč/rok]	1 850 000 000	1 850 000 000	1 850 000 000	1 850 000 000
RAB	[Kč/rok]	1 779 237 500	1 705 237 500	1 850 000 000	1 850 000 000
Zisk	[Kč/rok]	111 489 475	106 852 533	115 923 551	115 923 551
Povolené náklady	[Kč/rok]	355 874 238	-452 524 961	9 613 423 250	10 891 719 936
Povolené výnosy	[Kč/rok]	467 363 713	559 377 494	9 729 346 800	11 007 643 486
Výnos ZEVO	[Kč/GJ]	854	1 023	17 788	20 125
Cena tepla dodávána do distribuční soustavy	[Kč/GJ]	240	246	542	556
Průměrná cena tepla*	[Kč/GJ]	377			
Minimální cena tepla**	[Kč/GJ]	52			

Tabulka 19. Výpočet regulované ceny tepla

*Průměrná cena tepla je stanovena s předpokládající prodejní cenou tepla ze ZEVO stanovenou na základě prodeje tepla ze zařízení Termizo a.s.⁶⁴

**Minimální cena tepla je stanovena pro realistický scénář, kdy hodnota čisté současné hodnoty bude nulovaná s váženou cenou kapitálu 6,27 %.

⁶³ *Zásady cenové regulace pro regulační období 2021-2025 pro odvětví elektroenergetiky, plynárenství, pro činnosti operátora trhu v elektroenergetice a plynárenství a pro povinně vykupující* [online]. Praha: Energetický regulační úřad, 2021, 222 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.eru.cz/sites/default/files/import_files/Navrh-zasad-cenove-regulace-2021-2025-pro-verejnou-konzultaci.pdf

⁶⁴ *Výsledné ceny tepla 2020* [online]. Praha: Energetický regulační úřad, 2021, 177 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/vysledne_ceny_tepla_2020.pdf

4.8 Odpisy

Odpisy jsou nedílnou součástí provozu investice. V případě investice do ZEVO uvažujeme hlavně o dvou odpisových skupinách, které jsou 3. odpisová skupina pro technologii a 4. odpisová skupina na stavební části ZEVO. Rozdělení do jednotlivých skupin uvažuji v poměru 1:1, kdy je 50 % uloženo na 3. odpisovou skupinu a 50 % na 4. odpisovou skupinu. Rozdělení je z celkové investice do zařízení. Parametry pro výpočet odpisů jsou uvedeny v *tabulce 20. parametry pro odpisování ZEVO*.

Položka	Jednotky	Hodnota
Na 3.odpisovou skupinu připadá z výše investice	[%]	50
Výše investice ve 3.odpisové skupině	[Kč]	925 000 000
Doba odepisování lineárně	[let]	10
Na 4.odpisovou skupinu připadá z výše investice	[%]	50
Výše investice ve 4.odpisové skupině	[Kč]	925 000 000
Doba odepisování lineárně	[let]	20

Tabulka 20. Parametry pro odpisování ZEVO

Investici lze odepisovat rovnoměrně, zrychleně nebo s navýšeným odpisem v prvním roce. Pro hodnocení jsem uvažoval pouze o rovnoměrném odepisování, protože při přijatých předpokladech se hledisko rozhodování o investici nezmění. Případné změny pro hodnocení s použitím zrychlených nebo navýšených odpisů jsou uvedeny v kapitole *4.15 Výsledky scénářů*.

Ve 3. odpisové skupině jsou technologická zařízení ZEVO jako kotel, transformátor, rozvodna, turbína a plynové generátory. Ve 4. odpisové skupině jsou zařazeny stavební části majetku ZEVO, kterými jsou výrobní budovy pro energetiku, energetická výrobní díla apod.

4.9 Vážená cena kapitálu – diskont

V této části se budu věnovat výpočtu vážené ceny kapitálu modelem oceňování kapitálových aktiv (dále CAPM). Parametry výpočtu jsou uvedeny v *tabulce 21. parametry výpočtu WACC*

Typ	Jednotky	Hodnota
Státní dluhopisy 10leté pro Českou republiku*	[%/rok]	3,68
Inflace v České republice	[%/rok]	5,75
Bezriziková míra (R_f)	[%/rok]	-1,96
Tržní riziková prémie ČR ($R_m - R_f = ERP$)**	[%/rok]	4,84
Beta nezadlužená (β_u)***	[-]	1,62
Beta zadlužená (β_l)****	[-]	1,75
Náklady na vlastní kapitál (R_e)	[%/rok]	6,52
Náklady na cizí kapitál (R_d)	[%/rok]	4,58
Vlastní kapitál (E)	[Kč]	1 680 484 135
Cizí kapitál (D)	[Kč]	169 515 865
Vlastní kapitál (E) a cizí kapitál (D)	[Kč]	1 850 000 000
Daňová sazba (T)	[%/rok]	19
Poměr cizí kapitál (D) / vlastní kapitál (E)*****	[Kč/Kč]	0,10
Vážená cena kapitálu (WACC)	[%/rok]	6,27

Tabulka 21. Parametry výpočtu WACC

*Pro bezrizikovou míru investice jsem uvažoval o státních dluhopisech na 10 let, které jsou oceněny k březnu roku 2022 na 3,68 %.⁶⁵

**Tržní riziková prémie je odvozená od tržního rizika v České republice hodnoceného prof. Aswath Damodaran podle dat.⁶⁶

***Beta nezadlužená je hodnota převzatá ze zdroje prof. Damodaran určeného pro západní část Evropy v oblasti Coal and Related energy sector.⁶⁷

****Beta zadlužená má stejný zdroj jako beta nezadlužená.

*****Poměr cizího kapitálu k vlastnímu je stanoven také ze zdroje prof. Damodaran pro Coal and Related energy sector.

⁶⁵ Státní dluhopisy [online]. Praha: Kurzy.cz, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/dluhopisy/statni-dluhopisy/>

⁶⁶ Damodaran [online]. Prof. Aswath Damodaran. New York: Damodaran online, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

⁶⁷ Damodaran [online]. Prof. Aswath Damodaran. New York: Damodaran online, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/data.html

Vzorec pro náklady na vlastní kapitál je uveden v *Rovnice 2*.

$$R_e = R_f + \beta_l * (R_m - R_f) \quad [\%] \quad (\text{Rovnice } 2^{68})$$

Vzorec pro váženou cenu kapitálu (dále WACC) je uveden v *Rovnice 3*.

$$WACC = R_e * \frac{E}{E+D} + R_d * (1 - T) * \frac{D}{E+D} \quad [\%] \quad (\text{Rovnice } 3^{69})$$

Popis jednotlivých veličin ve vzorcích a jejich jednotky jsou uvedeny v *tabulce 21*.
parametry výpočtu WACC.

4.10 Emisní povolenky

Na ZEVO nebyla a stále není v roce 2022 uvalena nutnost vykazování emisí CO₂ a případná platba emisních povolenek EU ETS. **V strategických úvahách EU je, že by ZEVO muselo od roku 2028 začít měřit, vykazovat a platit za emisní povolenky. To jde v ruku v ruce s plánem, kdy je předpokládáno, že po roce 2028 již bude definitivní zákaz skládkování odpadu.**⁷⁰ Veškerý odpad již bude recyklován nebo energeticky využíván v ZEVO.

Z tohoto vyplývá, že by již **ZEVO nemuselo platit výkupní cenu za odpad**, které používá jako palivo. Více o legislativě pro ZEVO je uvedeno v *2. Legislativní a technické podmínky energetického využití odpadu*. Výsledné hodnocení podnikatelského záměru s povolenkou EU ETS nebo bez ní je uvedeno v podkapitole *4.15 Výsledky scénářů*.

Emisní povolenku EU ETS předpokládám uvalenou na ZEVO v roce 2028. Přijatá cena odpovídá ceně EU ETS v květnu roku 2022. Stejně tak měnový kurz je platný ke květnu roku 2022 i přes nastalé intervence ČNB.

⁶⁸ HRDÝ, Milan a Anna STAŇKOVÁ. *Dlouhodobý finanční management*. 1. Praha: Wolters Kluwer, 2019. ISBN 978-80-7598-318-3.

⁶⁹ VALACH, Josef. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. 1. Praha: Wolters Kluwer, 2010. ISBN 978-80-86929-71-2.

⁷⁰ *Revision for phase 4 (2021-2030)* [online]. Brusel: EUROSTAT, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_en

Položka	Jednotky	Hodnota
Rok povolenky EU ETS	[-]	2028
Cena emisní povolenky EU ETS	[EURO/t ekv. CO ₂]	89
Měnový kurz*	[Kč/EURO]	24,5

Tabulka 22. Přijaté předpoklady emisní povolenky

*Měnový kurz odpovídá kurzu v květnu roku 2022 bez přijetí výkyvu kurzu způsobeného nominováním nového guvernéra ČNB.

V dále uvedené *tabulce 23. eskalace ceny emisní povolenky* jsou předpoklady pro eskalaci ceny emisní povolenky ve třech uvažovaných scénářích. Výpočet s eskalací je brán bez připočtení české inflace, která je uvažovaná pro Českou republiku a emisní povolenka EU ETS je platná pro celý trh Evropské unie. Tudíž nelze brát na stejnou úroveň českou inflaci s inflací EU, kde je používaná měna EURO. V eskalaci EU ETS je tak uvažováno i s růstem inflace v EU.

Položka	Jednotka	Optimistický scénář	Realistický scénář	Pesimistický scénář
Eskalace ceny emisní povolenky	[%/rok]	2	11	20

Tabulka 23. Eskalace ceny emisní povolenky

Cena emisní povolenky se pro spotřebitele přímo nepřenáší v ceně za spotřebované teplo, ale ve velikosti investic, které provozovatel realizuje, aby zmírnil emise CO₂ a tím méně odváděl za emisní povolenky.

V případě, že ZEVO bude platit za emisní povolenku EU ETS v měně EURO, ale zisk vytváří v Kč, je vhodné si u své bankovní společnosti, kde má vedeny účty **vytvořit zajištění** neboli hedging proti oslabování koruny nebo posilování EURO. Pokud Kč bude posilovat nebo tento děj předpokládáme, není nutné si u banky vytvořit zajištění. Bude-li situace ale opačná a CFO bude situaci vyhodnocovat tak, že bude docházet k oslabování Kč ze strany ČNB nebo jiných tržních vlivů, je vhodné v daný moment vytvořit zajištění.

Pokud bychom modelově vzali situaci jara roku 2022 s kurzem 24,5 Kč/EURO a předpokládali bychom, že bude docházet ke snižování úrokových sazeb ze strany ČNB, bude Kč oslabovat. Cena Kč za EURO se začne zvyšovat. V takovém případě bychom při stabilní ceně emisní povolenky, pokud by její cena neklesala, začali platit další náklady, které můžeme označit jako **náklady na měnový kurz**.

V takovém případě lze dohodnout s oddělením Dealing každé banky měnový swap a zajistit si kurzové riziko. Je to mimoburzovní finanční nástroj. S bankou si

dohodneme na příští přespříští rok forwardový obchod. Budeme za rok nakupovat EURO, abychom mohli zaplatit za emisní povolenky. **Banka nám tedy v přesně stanovený termín za přesně dnes dohodnutý kurz dá EURO proti Kč. Rozdíl, který nastane v den plnění je rozdíl na spotovém a sjednaném forwardovém kurzu způsobený úrokovými sazbami v daných zemích.** V našem případě v České republice a zbytku Evropské unie.

Banka se proti případnému oslabování Kč jistí, a to tím způsobem, že ve druhé měně (EURO) si objem peněz na který je měnový swap sjednán uloží na účet s úrokovou sazbou danou příslušnou centrální bankou. V případě EURO měny se jedná o Evropskou centrální banku. Pokud úroková sazba EURO měny roste, zvyšuje se i výnos úločky banky z ČR v dané měně a při stabilitě úrokové sazby v ČR se začne měnový kurz měnit. Dochází k posilování EURO a poklesu kurzu mezi Kč a EURO. Výnosem úločky v EURO měně, tak banka v ČR pokryje tzv. spread neboli rozdíl oproti sjednané forwardové sazbě.

4.11 Rizika projektu

Mezi rizika projektu můžeme zařadit celou škálu. Pojistitelná rizika projektu jsou přírodní (vichřice, povodeň, zemětřesení), sociální (kriminalita), provozní (havárie v ZEVO, úrazy). Další rizika nepojistitelná nebo pouze částečně pojistitelná jsou legislativní, ekonomické a finanční, nezodpovědnost zaměstnanců a inovační.

Pro provoz zařízení ZEVO jsem uvažoval pojištění, které je uvedeno v *tabulce 24. pojištění majetku ZEVO*. Celkový náklad na pojištění je stanoven ve výši 0,75 % z celkových aktiv. Dále jsem v pojištění uvažoval každoroční eskalaci ceny. Pojištění má pokrýt poruchy provozní, sociální a přírodní.

Položka	Jednotky	Hodnota
Výše pojištění z aktiva investice	[%/rok]	0,75
Eskalace pojištění	[%/rok]	1

Tabulka 24. Pojištění majetku ZEVO

Mezi identifikované rizika projektu je vhodné zařadit následující v *tabulce 25. rizika projektu*. Pořadí odpovídá rizikovosti identifikovaného problému, který by mohl nastat před realizací nebo případně v průběhu životnosti projektu.

Pořadí	Riziko	Dopad	Prevence
1.	Neúspěch jednání o získání podílu na dodávkách tepla do SCZT	Ukončení projektu	Účinná strategie vyjednávání
2.	Negativní postoj místního obyvatelstva a zastupitelstva k projektu	Ohrožení výstavby/provozu	Vhodná komunikační strategie
3.	Nevysoutěžení dodavatele odpadů	Ukončení projektu	Účinná strategie vyjednávání
4.	Uvalení emisních povolenek EU ETS na ZEVO	Ohrožení výstavby/provozu	Účinná strategie vyjednávání a komunikace o výjimce
5.	Nesplnění podmínek stanovených podle EIA	Prodloužení termínu realizace projektu	Důkladný rozbor podmínek a příprava realizace
6.	Nutnost změny územního plánu	Prodloužení termínu realizace projektu	Vhodná komunikační strategie
7.	Vstup konkurence na daný trh	Ohrožení výstavby/provozu	Účinná strategie vyjednávání a efektivita ekonomiky projektu
8.	Oslabování koruny v situaci, kdy na ZEVO jsou uvaleny emisní povolenky EU ETS	Ohrožení provozu	Vytvoření si v bance hedging na měnový kurz

Tabulka 25. Rizika projektu

4.12 Technické parametry ZEVO

V případě kapacity spalování 90 000 tun odpadu ročně jsou technické parametry ZEVO uvedeny v tabulce 26. *technické parametry ZEVO*. Pro tuto kapacitu není nutné instalovat dva kotle. Ačkoliv v případě havárie není zařízení schopno dodávat teplo ke svým spotřebitelům je možné uvažovat, že v takto malé kapacitě bude s jinou kombinací výroby tepla. V případě monopolního dodavatele tepla je možné uvažovat o dvou linkách nebo zvolit jiný typ menšího záskokového zdroje, který ale zvyšuje náklady na investici.

Položka	Jednotky	Hodnota
Výroba tepelné energie v kotli	[GJ/h]	103
	[MW _t]	29
Prodej tepelné energie v kotli	[GJ/h]	67
	[MW _t]	19
Výroba elektrické energie v závodě	[GJ/h]	10
	[MW _e]	3
Prodej elektrické energie do soustavy	[GJ/h]	7
	[MW _e]	2
Kapacita kotle pro palivo	[t/h]	11

Tabulka 26. Technické parametry ZEVO

4.13 Úvěr

Při spalovací kapacitě 90 000 tun odpadu ročně je dle technického modelu, jehož výsledky jsou uvedeny v tabulce 26. *technické parametry ZEVO*, vypočteno, že bude zapotřebí kotel s instalovaným tepelným výkonem 29 MW_t. V takovém případě investiční náklady jsou 1 850 000 000 Kč.⁷¹ Přibližné měrné investiční náklady ZEVO jsou 20 000 Kč za spalovanou tunu odpadu ročně.

Na tuto výši je potřeba získat úvěr, využít svoje finanční prostředky nebo financovat dluhopisy. Energetické společnosti pro svoje financování těchto středně náročných investičních projektů využívají svoje hotovostní prostředky. Příkladem je největší energetická společnost ve střední Evropě ČEZ, a.s., která je matkou několika dceřiných společností. Matka má generálního ředitele (dále CEO) a další členy představenstva. Tuto uskupení rozhoduje o strategickém řízení společnosti a dále vyjednává s bankami finanční prostředky. Získávané finanční prostředky půjčuje v rámci holdingu dceřiným společnostem za tzv. převodní ceny. Ty mají odpovídat přibližně cenám, za které by si dceřiná společnost mohla půjčit u banky. Nicméně přesné stanovení převodní ceny není

⁷¹ Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství OPŽP 2021 – 2027: Energetické využití odpadů [online]. Praha: EY, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-4_Energeticke%20vyuziti%20odpadu-20200529.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/$FILE/OODP-4_Energeticke%20vyuziti%20odpadu-20200529.pdf)

v zákoně definováno. Tudíž je takřka na mateřské společnosti, jaké nastaví úroky, protože si je musí umět v mezích zákona obhájit.

Jelikož mateřská společnost drží rozhodující nebo podstatné podíly v dceřiných společnostech, má daleko vyšší rating než její jednotlivé podřízené společnosti. Z důvodu vyšší tržní kapitalizace, nebo obratu celkového obratu společnosti. Rating ČEZ, a.s. k 16.5.2022 je A – dle Standard & Poor's. To znamená, že ČEZ, a.s. je v rámci zadlužení a případných problémů s neschopností splácet hodnocena velmi pozitivně. Vyšší hodnocení v rámci ratingu je v tomto pořadí, od nejhoršího po nejlepšího, od hodnocení ČEZ, a.s. A, A+, AA- (Česká republika), AA, AA+ a AAA. Nižších stupňů než A- celkem 11. Vyšších než A- pouze 6.

Tento rating určuje bankám, za kolik bude společnosti půjčovat. Tedy s jak vysokým úrokem. Hodnocení dle ratingu vychází z nezávislé společnosti, které zkoumají trh, na kterém se společnost pohybuje a míru zadlužení dané společnosti.

V praxi se neděje nic jiného než, že mateřská společnost každý den přepočítává své zadlužení a celkový úrok placený za veškeré úvěry u bank a na základě výsledku buď přeřinancuje zadlužení, to znamená, že si půjčí znovu za lepších podmínek a dluh vrátí nebo neprovede žádnou operaci. To v případě mezinárodní společnosti ČEZ, a.s. nedělá pouze na bankovním trhu v České republice, ale na bankovním trhu Evropy. Případně využívá finančních derivátů pro operace na americkém trhu.

Půjčené peníze od bank dále matka distribuuje dceřiným společnostem na financování investičních projektů, které hodnotí především podle vnitřního výnosového procenta. Výnosnost investičního projektu je tak schopná okamžitě srovnat s jiným, a to ne jenom s investičními projektovými záměry, ale také s finančními investicemi na krátkodobého trhu s akciemi nebo termínových úročených vkladů.

Pokud je projekt vyhodnocen pro realizaci představenstvem mateřské společnosti, je společností půjčeno skrze převodních cen. V případě ZEVO o spalovací kapacitě 90 000 tun odpadu ročně by musela dceřiná společnost žádat například o úvěr ve výši 1 850 000 000 Kč nebo malou část krýt ze svých výnosů. V takovém případě by firma musela mít velkou a stabilní tržní kapitalizaci, aby od bankovního sektoru získala finanční prostředky.

V dnešních pravidlech bankovního sektoru by se podle směrnic Evropské unie muselo jednat o taxonomicky udržitelné zdroje, protože v opačném případě by úroková míra byla vyšší. V takovém případě jsou vyšší i finanční náklady projektu.

Na takto investičně drahý projekt by, ale jedna banka nemohla uvolnit peníze, protože v případných problémech dlužné společnosti se splácením by situace mohla vést k finančním problémům i banky. Hrozil by bankrot dvou společností zároveň. Proto v dané situaci půjčuje tzv. syndikát bank. To znamená, že jedna banka vystupuje jako

hlavní, se kterou žadatelská společnost o úvěr jedná a další se připojují pouze, aby poskytli část finančních prostředků na celý projekt. To zvyšuje znovu úrok banky, protože nepůjčuje pouze jedna banka, ale několik, přičemž hlava syndikátu bank má další nepřímé náklady spojené s administrací, náklady označujeme jako režijní.

Proto jsou tyto projekty financovány mateřskou společností přes systém Cash pooling. Jak bylo popsáno v předchozích odstavcích, každá dceřiná společnost v rámci holdingu má otevřený fiktivní účet u mateřské společnosti. Ve skutečnosti se totiž nepřelévají peníze mezi účty, ale pouze se vyrovnává bilance. Příkladem může být holding o jedné mateřské společnosti a dvou dceřiných. Pokud je účet jedné dceřiné společnosti v deficitu a v druhé je přebytek, udělá se pouze prostý součet. Pokud je kladný, dostává mateřská společnost od banky, kde jsou uloženy finanční prostředky malé úroky. Naopak pokud je záporný, platí mateřská společnost úroky bance.

Zde se právě vysvětluje druhá výhoda holdingového spojení firem, kde matka řídí především finance ve společnosti a snižuje úrokovou náročnost koncernu firem. Protože v případě, že jedna dceřiná společnost měla uložené peníze na účte u banky za výrazně menší úroky, než za které by si danou částku půjčovala a druhá dceřiná společnost by měla poskytnutý úvěr, za který by platila patřičný úrok se tímto součtem bude úvěr jedné společnosti úplně odstraněn nebo se výrazně zmenší, což má za následek nižší platbu za úrok z úvěru.

Pokud je možné financovat projekt úvěrem nebo vlastními prostředky, není vhodné volit financování dluhopisy, které ve svém hodnocení neuvažují. Dluhopisy jsou totiž emitovány v určité nominální hodnotě. Pokud si půjčíme na podnikatelský plán výstavby ZEVO 1 850 000 000 Kč, budeme za jeden dluhopis v nominální hodnotě 50 000 Kč dlužit 37 000 lidem. Pokud si budeme půjčovat pouze za 169 515 865 Kč, budeme dlužit s nominální hodnotou dluhopisu 50 000 Kč celkem 3 390 lidem. To s předpokladem, že si každý věřitel koupí pouze jeden dluhopis.

Financování dluhopisem má dvě hlavní nevýhody. První z nich je, že na uváděnou částku k financování cizím kapitálem musíme sehnat dostatek věřitelů, pokud je neseženeme, tak nemůžeme realizovat investiční projekt, a přesto máme již vybrané finanční prostředky, za které musíme platit již úroky. V případě, že společnost nemá v záloze jiný investiční projekt, který je méně finančně náročný, může toto způsobit pouze další finanční náklady společnosti, zvyšovat váženou cenu kapitálu společnosti, zadlužení a tím snižovat zmiňovaný rating společnosti. Pro společnost se tak začnou zdražovat úvěry.

Další nevýhodou je, že s věřiteli v rámci dluhopisů se nelze dohodnout. To znamená, že pokud bych měl dva věřitele, tak se s nimi jsem schopen setkat a domluvit se na případném posunutí splátek. Doba je vysoce turbulentní, nelze předpokládat pro investora stabilní prostředí. Tato dohoda funguje velmi dobře u bank na českém trhu a ukázala se v době nákazy covid, kdy byly firmám prodlouženy splátkové lhůty.

V případě 3 390 nebo 37 000 věřitelů v rámci dluhopisů již tato dohoda není možná. Pokud dlužník, investor nemá štěstí v tom, že většinu jeho dluhopisů koupí jeden věřitel a tím razantně sníží celkový počet věřitelů.

Dluhopisy mají dále nevýhodu v administrativních nákladech, které vznikají na emisi dluhopisů společnosti. Jedná se tak o nepřímé náklady zařazené do režijní činnosti financování projektu.

Z těchto důvodů uvažují podnikatelském záměru o financování pouze úvěrem na dobu 5 let. Doba je určena podle hodnocení České spořitelny pro financování strategických projektů. Případné prodloužení doby splácení je možné jen v případě přeřinancování. Celková výše úvěru je pouze 10,11 % celkové výše investice. Tato výše odpovídá výši zadlužení společností v nových energetických projektech v EU podle dat prof. Damodarana.⁷² Výše úroku byla diskutována se zástupci oddělení Dealing Unicredit Bank, a.s. a daly zmiňovaného prof. Damodarana.⁷³ Zástupci bankovního sektoru potvrdili, že úroková míra by se pohybovala v daném mezí.

Parametry cizího kapitálu pro investiční projekt jsou uvedeny v *tabulce 27. parametry úvěru podnikatelského projektu*. V části diplomové práce věnující se citlivostní analýza je zpracovaná analýza citlivost velikosti úvěru a zadlužení. V podrobnosti uvedena v *tabulce 29. dvoufaktorová citlivostní analýza úvěru*.

Položka	Jednotky	Hodnota
Výše úvěru	[Kč]	169 515 865
Výše úroku	[% p.a.]	4,58
Doba splatnosti úvěru	[let]	5

Tabulka 27. Parametry úvěru podnikatelského projektu

Je nutné poznamenat, že výše úroku z úvěru je nižší než inflace v České republice v květnu roku 2022, která je cílovaná ČNB skrze 14denní úrokovou míru stanovenou ve výši 5,75 %.

Úvěr je možné si vzít i kombinací fixního úroku a proměnného ve formě LIBOR nebo PRIBOR. Banky nabízí po většinou dvě formy úvěrů pro společnosti, a to fixním úrokem například v uvedené výši 4,58 % p.a. nebo ve formě například 2,5 % + LIBOR nebo PRIBOR. Banka při vyhodnocování úvěru na daný počet let zhodnotí situaci tak, že v pokud půjčí pouze za fixní úrok nebo za kombinaci fixního a proměnného, stále na úvěru by měla vydělat takřka stejnou výši. V případě části proměnného úroku část uloží

⁷² *Betas by Sector: Multiple data services* [online]. Prof. Aswath Damodaran. New York: Damodaran, January 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html

⁷³ *Damodaran* [online]. Prof. Aswath Damodaran. New York: Damodaran online, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>

na vklad, který bude úročen sazbou, která záporně koreluje se sazbou LIBOR nebo PRIBOR a tím kryje ztráty, které by mohly vzniknout pro banku.

Z daného hlediska je tak čistě na CFO dané energetické společnosti v případě přijetí úvěru, zda je každoroční hospodářský výsledek společnost závislý na pohybu proměnné úrokové sazby.

4.14 Metody pro hodnocení projektu

Pro hodnocení projektu využijí dvě metody, a to čistou současnou hodnotu (dále NPV) a vnitřní výnosové procento (dále IRR). Pro hodnocení projektu je nejdůležitější vnitřní výnosové procento, které umožňuje porovnávat mezi rozdílnými investicemi s různou dobou životnosti, výši CAPEX a bez rozdílu typu investice, ve smyslu, zda se jedná o investici do projektového záměru nebo investice do finančních derivátů.

Čistá současná hodnota.

Vzorec pro čistou současnou hodnotu je uveden v *rovnice 4*.

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+r)^t} \quad [\text{Kč}] \quad (\text{Rovnice 4.})$$

kde:

- CF [Kč] – hotovostní tok v daném roce
- r [%] - diskont (vážená cena kapitálu WACC)
- t [rok] – rok v době hodnocení investice

Vnitřní výnosové procento.

Vzorec pro výpočet vnitřního výnosového procenta je uveden v *rovnice 5*.

$$0 = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \quad [\%] \quad (\text{Rovnice 5.})$$

kde:

- CF [Kč] – hotovostní tok v daném roce
- t [rok] – rok v době hodnocení investice

Pokud budeme využívat a vypočítáme IRR dle stanového vzorce rovnice 5., nemusíme stanovovat WACC, který musíme hledat přes model CAPM a vstupují do něj další předpoklady autora studie, které dále ovlivňují výpočet a hodnocení.

NPV je tak zatěžkáno dalšími přijatými předpoklady, které nemusí ve výsledku poskytovat vhodný výsledek.

4.15 Výsledky scénářů

Podnikatelský záměr byl hodnocen ve třech scénářích, a to v optimistickém, realistickém a pesimistickém. Některé přijaté předpoklady jednotlivých scénářů se mohou zdát být nadhodnoceny, ale vzhledem k nastalé ekonomické a politické situaci na trhu nelze plně racionálně vyhodnocovat situaci. Pro investora v energetice jsou poslední tři roky 2020, 2021 a 2022 vysoce turbulentní. To nepřispívá k uvažování o investicích, protože investor potřebuje mít stabilní prostředí.

Položka	Jednotky	Optimistický scénář	Realistický scénář	Pesimistický scénář
Bez platby za emisní povolenky EU ETS s platbou za palivo				
Rovnoměrný odpis				
NPV	[Kč]	14 340 519	4 597 673 094	-4 875 318 905
IRR	[%]	20,98	15,84	*-
Kumulovaná daňová ztráta	[Kč]	86 274	4 069 635	5 993 029 321
Zrychlený odpis				
NPV	[Kč]	14 337 950 146	4 582 946 725	-4 891 811 151
IRR	[%]	21,05	15,84	-
Kumulovaná daňová ztráta	[Kč]	36 002 667	56 158 300	6 033 284 204
S platbou za emisní povolenku EU ETS bez platby za palivo**				
Rovnoměrný odpis				
NPV	[Kč]	17 735 105 900	4 064 875 464	-53 973 144 232
IRR	[%]	22,31	14,93	-
Kumulovaná daňová ztráta	[Kč]	1 237 971	10 888 494	66 103 841 157
Zrychlený odpis				
NPV	[Kč]	17 731 082 136	4 042 500 253	-53 970 643 874
IRR	[%]	22,38	14,90	-
Kumulovaná daňová ztráta	[Kč]	38 982 247	73 033 608	66 101 017 631

Tabulka 28. Výsledky scénářů***

*Vnitřní výnosové procento není pro pesimistický scénář stanoveno, protože buď na základě záporného průběhu hotovostního toku nedošlo k protnutí osy nebo došlo k dvojnásobnému protnutí nicméně s negativním celkovým výsledkem hodnocení investice.

**Emisní povolenku uvažují od začátku provozu ZEVO po jeho výstavbě.

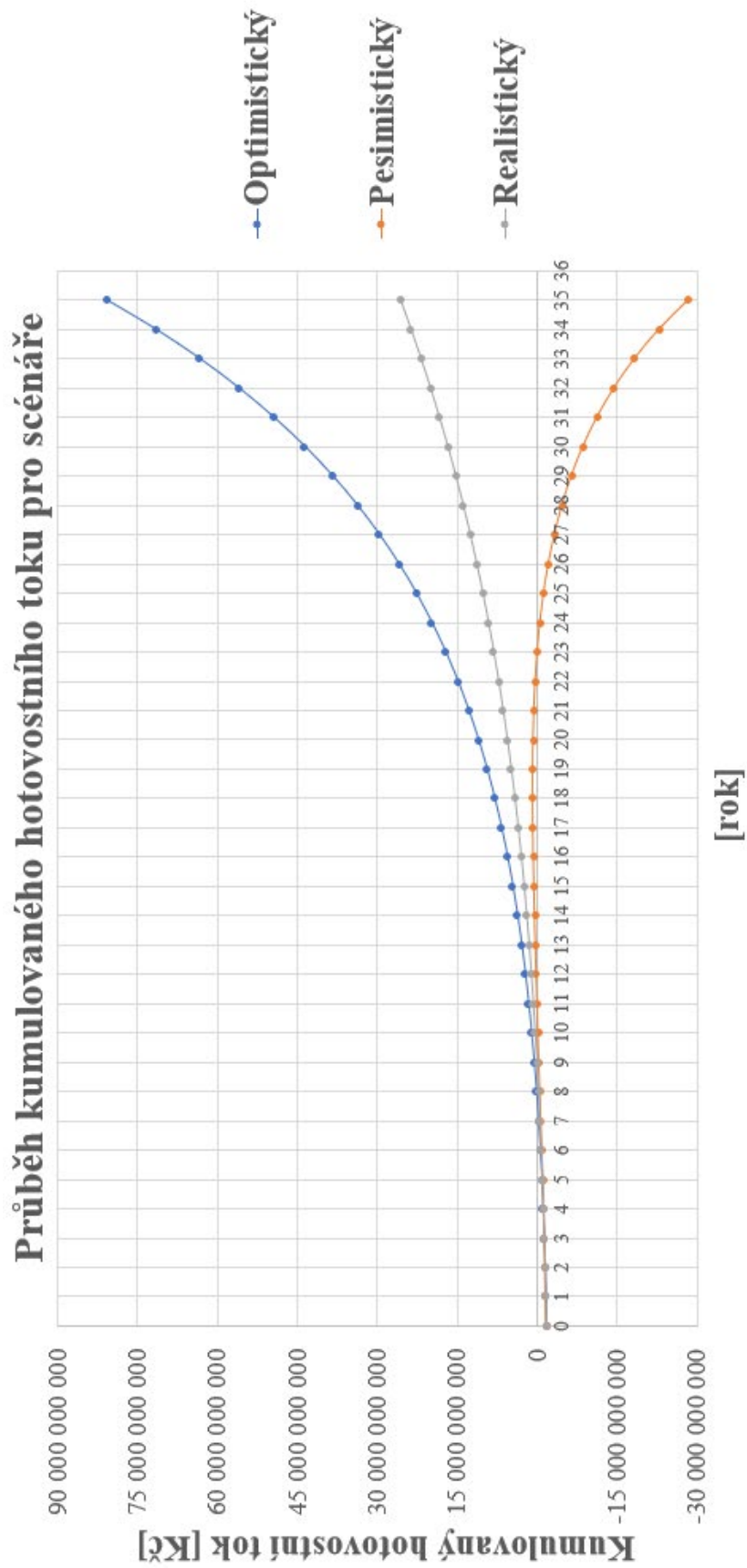
***Výsledky jsou se započtením daně ze zisku právnických osob 19 %. Z tohoto důvodu může vznikat daňová ztráta, především na počátku provozu ZEVO nebo v pesimistickém scénáři při provozu. Daňovou ztrátu v následujících letech po jejím vzniku v modelu neuplatňují.

Z výsledného hodnocení plyne, že v případě realistického scénáře se vyplatí realizovat zrychlené odpisy pro situaci s platbou či s neplacením za emisní povolenku EU ETS. Čistá současná hodnota ani vnitřní výnosové procento se tím výrazně nezmění, ale vzniká daňová ztráta, která lze uplatit v rámci holdingové společnosti u jiné firmy.

Dále uvedený *graf 14. výsledek hodnocení kumulovaného hotovostního toku podle jednotlivých scénářů* uvádí průběh kumulovaného hotovostního toku pro uvažované tři scénáře. Hotovostní tok je platný pro rovnoměrný odpis bez platby za emisní povolenku EU ETS.

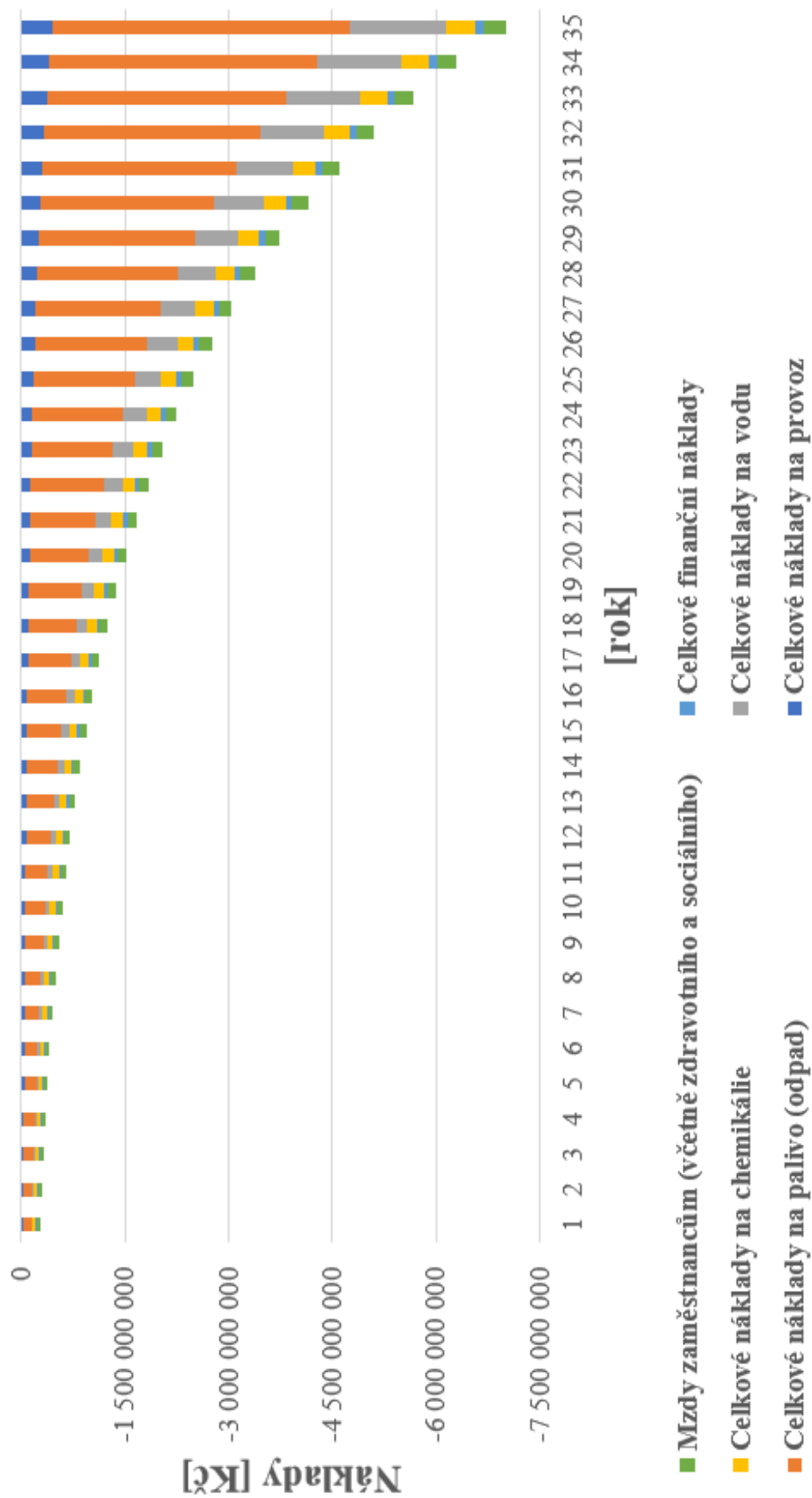
V dalším *grafu 15. rozdělení nákladů za provoz ZEVO – realistický scénář* je znázorněn průběh jednotlivých nákladů za životnost investice pro realistický scénář. Ze sloupcového grafu zřetelně plyne, že nejvíce roste náklad za odpad. To v případě, pokud se stále bude za svoz odpadu platit. Náklady na odpad nejvíce ovlivňuje směsný komunální odpad, který v následujících letech poroste nejvýrazněji.

V posledním *grafu 16. rozdělení výnosů za provoz ZEVO – realistický scénář* je vidět ve sloupcovém grafu růst jednotlivých výnosových položek za dobu životnosti. Nejvíce zde rostou výnosy z prodeje stavebního materiálu SPRUK a tepelné energie. U stavebního materiálu můžeme předpokládat nejvýraznější růst, protože jeho zdrojem jsou veškeré uhelné elektrárny, které budou v budoucnu zavřeny. Pokud stavební materiálu nebude těžen v přírodě, nebude jiná náhrada než ho získávat ze ZEVO. Další položkou je prodej tepla, kvůli které se tepelná elektrárna realizuje.



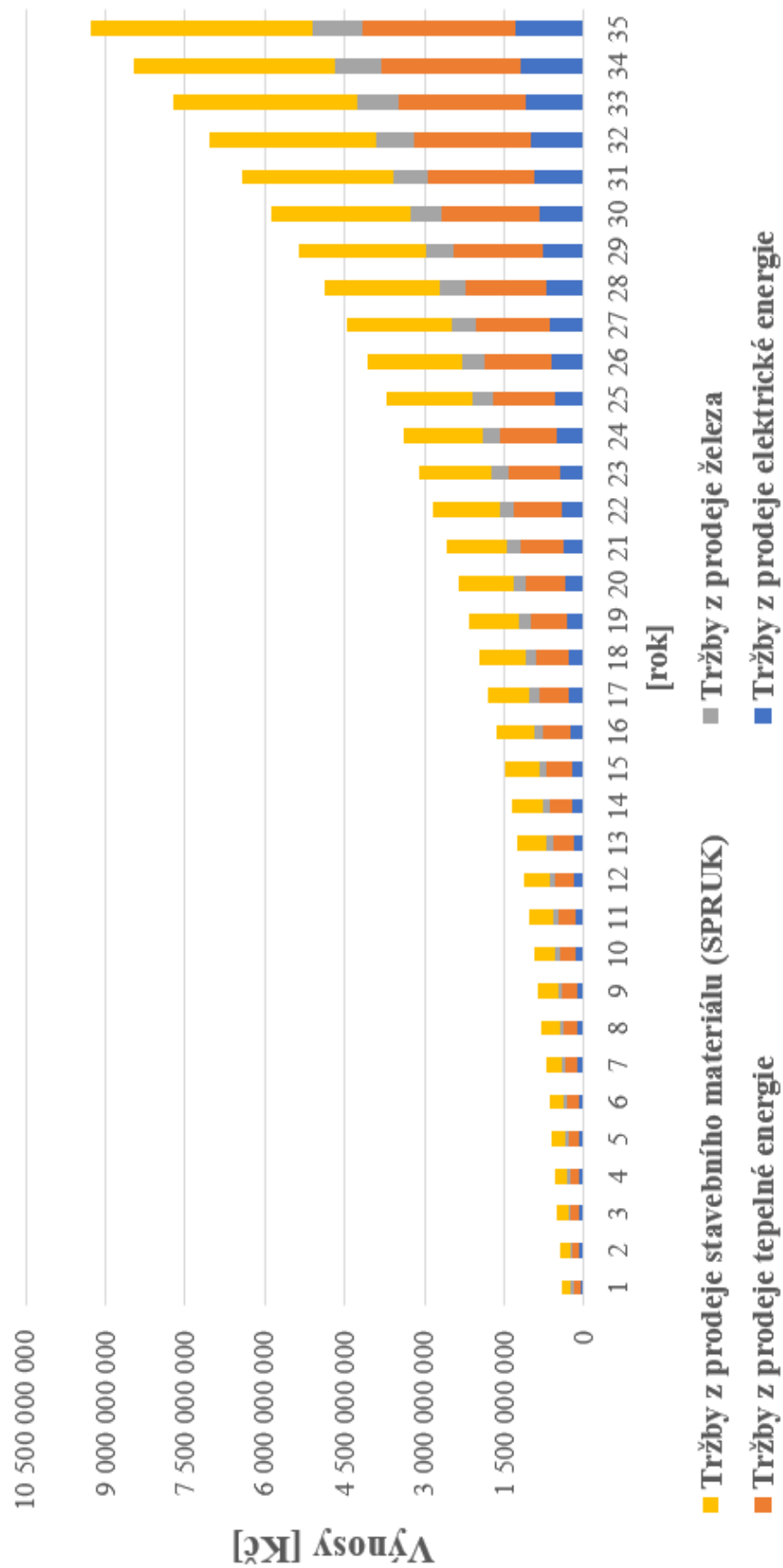
Graf 14. Výsledek hodnocení kumulovaného hotovostního toku podle jednotlivých scénářů

Graf rozdělení nákladů za životnost ZEVO - realistický scénář



Graf 15. Rozdělení nákladů za provoz ZEVO – realistický scénář

Graf rozdělení výnosů v ZEVO za životnost - realistický scénář



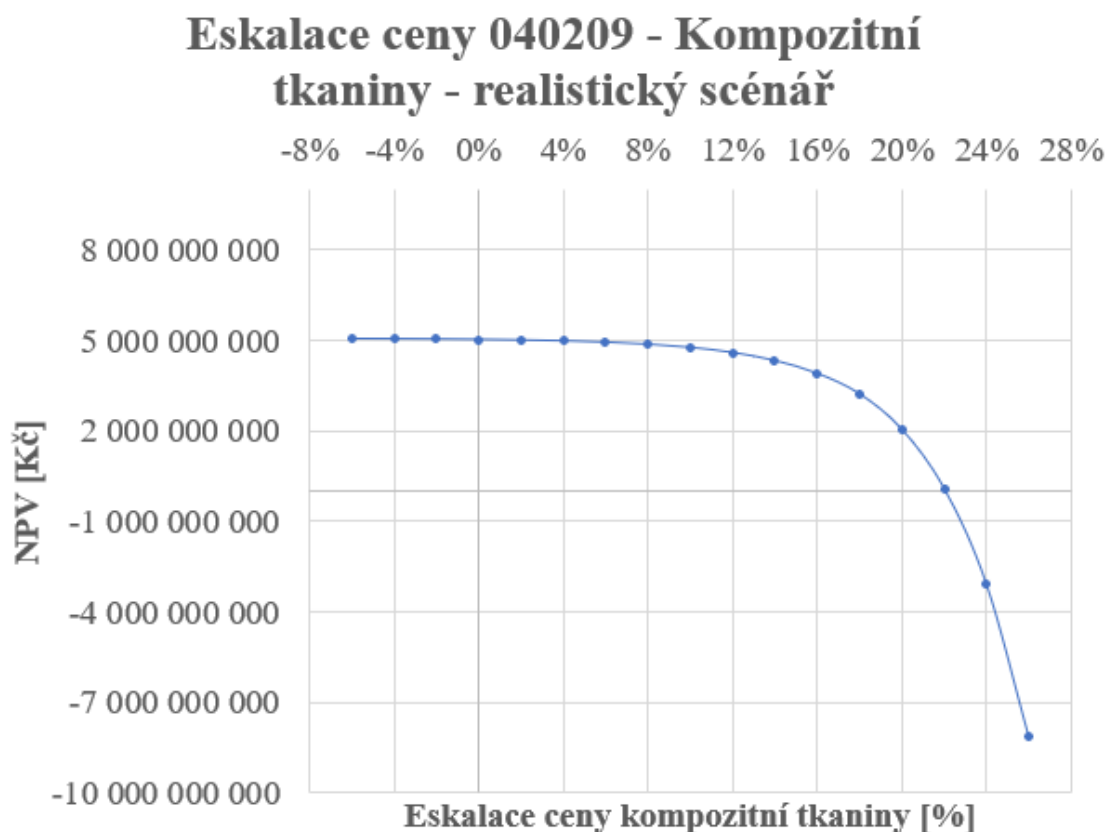
Graf 16. Rozdělení výnosů za provoz ZEVO – realistický scénář

4.16 Citlivostní analýza

V této podkapitole se budu věnovat citlivostní analýze vstupních a výstupních parametrů projektu, které by mohly ovlivnit výnosnost projektu a jeho přijetí či zamítnutí. Citlivostní analýza je provedena pouze pro realistický scénář a parametry, které mají největší zastoupení v nákladech nebo výnosech projektu. Zastoupení těchto parametrů je uvedeno v předchozích podkapitolách.

V graf 17. *eskalace ceny 040209 - kompozitní tkaniny* je uvedena závislost NPV na eskalaci ceny kompozitní tkaniny. Citlivostní analýza pro kompozitní tkaninu je stanovena s ohledem, že se jedná o plastický materiál, u kterého předpokládám, že bude do budoucna potlačována jeho tvorba, nutnost recyklace a cena půjde vzhledem k těmto aspektům vzhůru. Dle citlivostní analýzy, při spalovací kapacitě 90 000 tun odpadu ročně je předpokládáno, že kompozitní tkaniny budou tvořit pouze 1 037 tun odpadu ročně, což je 1,15 % z celkového množství. Při ceně kompozitní tkaniny 1 983 Kč za tunu (bez DPH) je celkový roční náklad 2 056 763 Kč, z celkových 113 923 297 Kč.

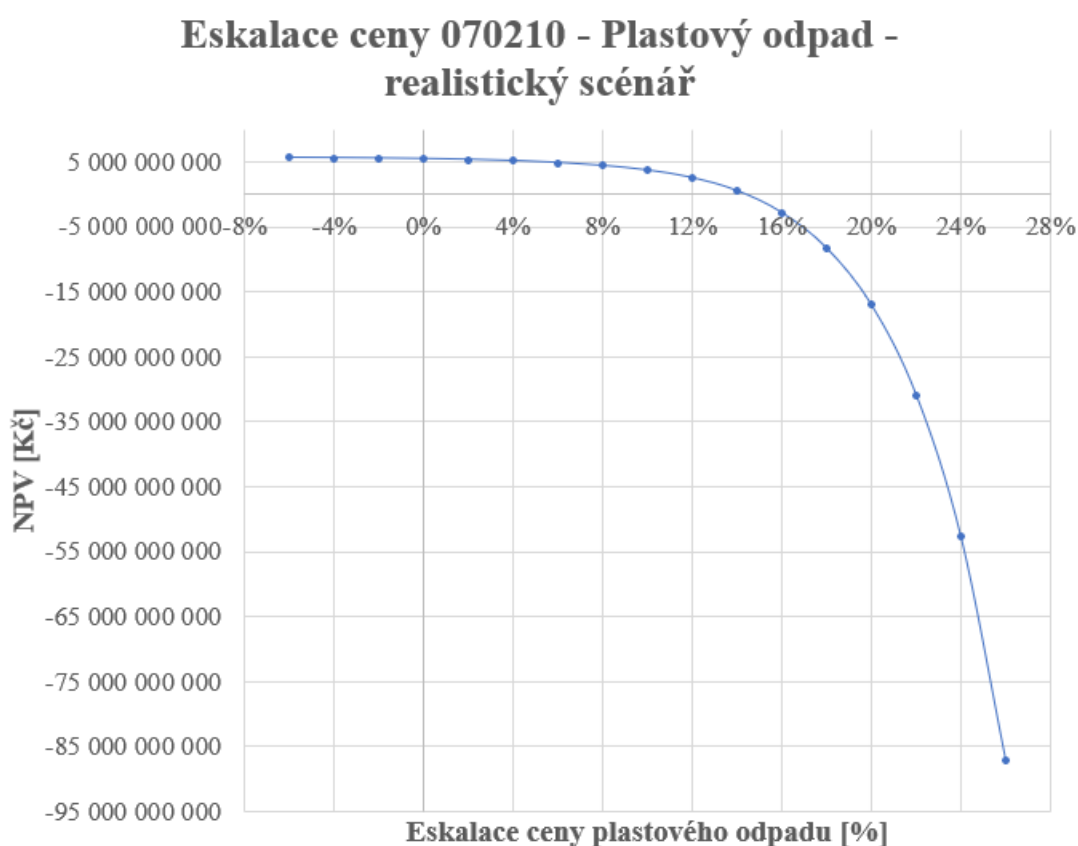
Pokud bude eskalace kompozitní tkaniny 22 %, stane se uvažovaný projekt nevýnosný. V takovém případě je jednoduché doporučení, a to zmenšit spalované množství vykupovaného materiálu kompozitní tkaniny nebo tento odpad úplně přestat spalovat a nahradit ho jiný odpadem. Další možností je snížit množství vyráběného tepla s předpokladem, že tento odpad již nebude spalován vůbec.



Graf 17. *Eskalace ceny 040209 - Kompozitní tkaniny*

V grafu 18. eskalace ceny 070210 - plastový odpad je uvedena závislost NPV na eskalaci ceny plastového odpadu. Citlivostní analýza pro plastový odpad je stanovená s ohledem, že se jedná o plastický materiál a předpoklady růstu ceny tohoto materiálu jsou stejné jako u grafu 17. eskalace ceny 040209 - kompozitní tkaniny. Dle citlivostní analýzy, při spalovací kapacitě 90 000 tun odpadu ročně je předpokládáno, že plastový odpad budou tvořit 3 089 tun odpadu ročně, což jsou 4 % z celkového množství. Při ceně 4 463 Kč za tunu (bez DPH) je celkový roční náklad 1 902 008 Kč za rok, z celkových 113 923 297 Kč.

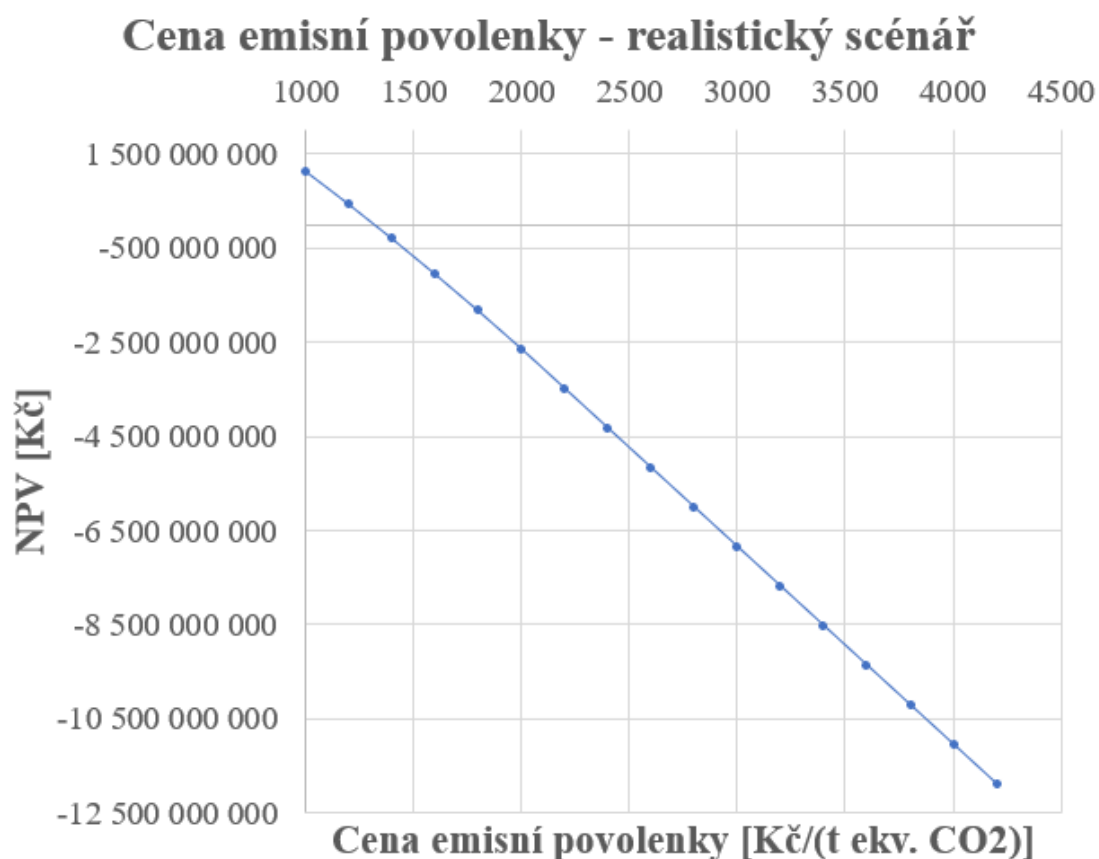
Pokud bude eskalace plastového odpadu 15 %, stane se uvažovaný projekt ZEVO nevýnosný. V takovém případě je doporučení stejné, jako v předchozím případě s kompozitní tkaninou.



Graf 18. Eskalace ceny 070210 - Plastový odpad

V grafu 19. citlivostní analýza ceny emisní povolenky je závislost čisté současné hodnoty a ceny emisní povolenky v Kč za tunu emitovaného CO₂. Cena emisní povolenky je přepočítaná z měny EURO na Kč při kurzu 24,5 Kč/EURO. Měnový kurz je platný ke květnu roku 2022. Strategie obchodování s měnovým swapem je popsána v podkapitole 4.10 Emisní povolenky.

Ze závislosti plyne, že pokud bude cena emisní povolenky 1 400 Kč za tunu ekvivalentu CO₂, stane se projekt nevýnosný. Při převodu na EURO je částka 1 400 Kč odpovídající 57 EURO při přijatém kurzu 24,5 Kč/EURO. Tato cena neodpovídá ani dnešní ceně platné k květnu roku 2022, která je stanovena na 89 EURO za tunu ekvivalentu CO₂. Proto v tomto případě by projekt nemohl být přijat. Zmiňovaný předpoklad je popsán v podkapitole 4.10 Emisní povolenky. Kdy je předpokládáno, že pokud by ZEVO muselo začít platit za emisní povolenky, přestalo by platit za odpad, protože po roce 2028 má být zákaz skládkování odpadu. Odpad bude pouze recyklován nebo energeticky využit.



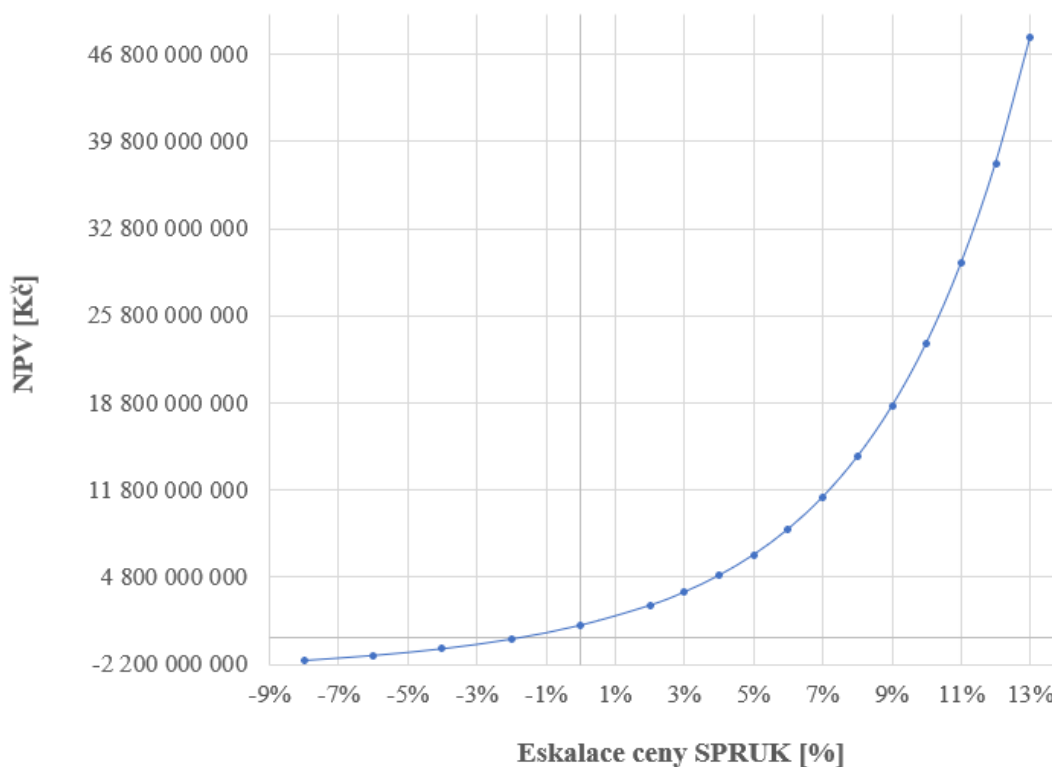
Graf 19. Citlivostní analýza ceny emisní povolenky

V grafu 20. *eskalace ceny SPRUK* je vidět závislost čisté současné hodnoty na eskalaci ceny SPRUK. Jak bylo popsáno v předešlých kapitolách, tak se jedná o směs popeloviny pro rekultivaci a úpravu krajiny a jako stavební materiál. Jeho celkový výnos z provozu ZEVO uvedený v podkapitole 4.6.2 *Prodej komodit z procesu spalování* tvoří 42 % z celkových výnosu za rok. Z tohoto důvodu je velmi důležité zpracovat citlivostní analýzu na možný vývoj ceny SPRUK prodávány ze zařízení.

V grafu zřetelně plyne, že pokud by cena k přijatému předpokladu 4 876 Kč za tunu bez DPH, začala klesat k záporné eskalaci 2 % a více, došlo by k situaci, kdy se projekt stane nevýnosný. Danou situaci bych nepředpokládal, protože se jedná o stavební materiál, který lze získat pouze z tepelných elektráren (uhelných, ZEVO) nebo z těžby v přírodě. Spalováním uhlí nebo provozem ZEVO, tak vzniká i kladná externalita pro životní prostředí ve smyslu tvorby stavebního materiálu, který je jinak těžen s negativním dopadem na životní prostředí.

V tomto smyslu nepředpokládám pokles ceny, spíše budoucí růst, který bude způsoben postupným uzavíráním uhelných elektráren.

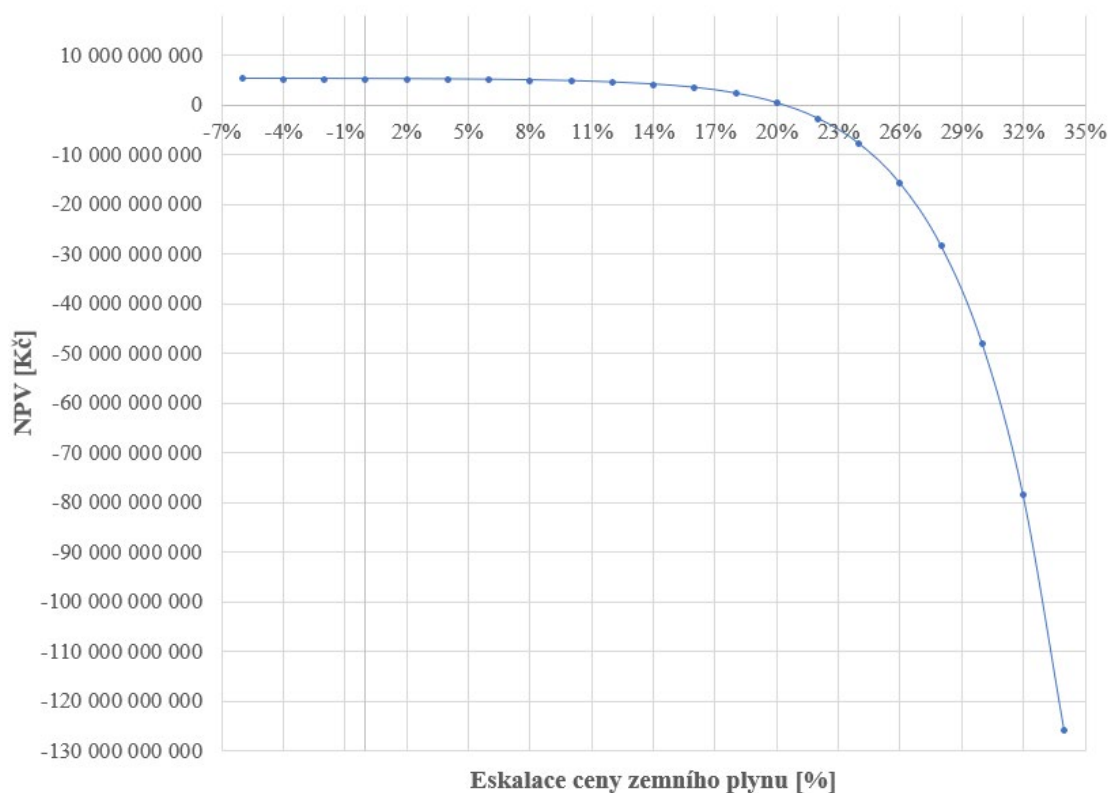
Eskalace ceny SPRUK - realistický scénář



Graf 20. *Eskalace ceny SPRUK*

V grafu 21. *eskalace ceny zemního plynu* je průběhu možného vývoje eskalace ceny pro zemní plyn. Z grafu je patrné, že pokud eskalace bude vyšší než 20,5 % začne být projekt ZEVO nevýnosný. S předpokladem, že pro svůj start bude využívat zemní plyn, a ne jiný druh paliva. Je zapotřebí zmínit, že v tomto smyslu se jedná o uznatelný náklad pro regulaci ceny tepla v teplárenství a zvyšující cenu pouze provozovatel přenesse na spotřebitele. To v předpokladu monopolního postavení dodavatele na daném trhu, které je v teplárenství v ČR takřka pravidlem. V daném případě tak nehrozí vytlačení ZEVO z daného trhu.

Eskalace ceny zemního plynu - realistický scénář



Graf 21. *Eskalace ceny zemního plynu*

V následující *tabulce 29. dvoufaktorová citlivostní analýza úvěru* je závislost výše úrokové sazby z úvěru a velikosti úvěru na výstavbu ZEVO v realistickém scénáři pro hodnocení při NPV. Z tabulky plyne, že i při přijetí poměrně velkého úvěru, který by pokryl takřka celou uvažovanou investici s různou úrokovou mírou od 3 % p.a. do 18 % p.a. je projekt stále s NPV kladný a přijatelný za daných předpokladů. Pokud by se investice financovala z 92 % úvěrem s úrokovou sazbou 19 % p.a., stal by se projekt již nevýnosný.

V další *tabulce 30. dvoufaktorová citlivostní analýza úvěru s výsledkem vnitřního výnosového procenta* je závislost znovu pro výši úvěru a úrokové míry z úvěru, ale při hodnocení s IRR. Oproti NPV zde s výši úvěru a úrokové míry roste vnitřní výnosové procento, které rozhoduje o přijetí nebo zamítnutí projektu. Z analýzy plyne, že s konstantní úrokovou mírou na úvěr je lepší si vzít, co největší úvěr, protože vnitřní výnosové procento se zadlužením roste.

Na první pohled je toto zřejmé, protože máme k tomuto potřebná data, ale pokud bychom prezentovali čistě vnitřní výnosové procento bez podrobnosti výše zadlužení a úrokové míry, **může dojít k přijetí projektu ve scénáři s co největším zadlužením a tím způsobem nemožnosti se dále investičně rozvíjet, protože by banky takto zadlužené firmě nechtěly půjčovat.** Popisuje to situaci v podkapitole 4.13 *Úvěr*, kdy by se společnosti snižoval rating a zvyšovala úroková sazba na úvěr, za který by případně banka poskytla finanční prostředky. **Vhodné je ale uvést, že úroky jsou daňově uznatelné a hrají pouze roli při placení daní, kdy je potřeba daňově optimalizovat tak, aby nevznikala daňová ztráta, kterou firma nebude schopna v budoucnu plně využít.**

NPV [Kč]	Výše úvěru [Kč]									
	300 000 000	500 000 000	700 000 000	900 000 000	1 100 000 000	1 300 000 000	1 500 000 000	1 700 000 000	1 900 000 000	2 100 000 000
4 597 673 094	4 525 038 523	4 207 025 385	3 914 330 682	3 648 125 444	3 406 351 911	3 187 131 251	2 988 746 787	2 809 628 872	2 648 125 444	2 500 000 000
3%	4 373 689 903	3 976 031 946	3 619 165 291	3 301 593 997	3 019 451 968	2 769 296 263	2 548 057 294	2 352 995 201	2 170 498 402	2 000 000 000
4%	4 227 195 567	3 757 109 363	3 345 190 300	2 986 459 810	2 674 627 190	2 404 226 049	2 170 498 402	1 969 295 908	1 846 094 628	1 700 000 000
5%	4 085 381 182	3 549 551 244	3 090 706 960	2 699 555 263	2 366 797 477	2 084 545 949	1 846 094 628	1 645 728 849	1 566 572 939	1 400 000 000
6%	3 948 079 197	3 352 695 970	2 854 163 936	2 438 058 510	2 091 546 040	1 803 995 296	1 566 572 939	1 371 917 030	1 325 054 607	1 200 000 000
7%	3 815 128 563	3 165 923 675	2 634 143 726	2 199 453 423	1 845 027 501	1 557 248 903	1 325 054 607	1 139 421 488	1 115 805 509	1 000 000 000
8%	3 686 307 264	2 988 653 454	2 429 350 397	1 981 494 400	1 623 889 350	1 339 768 538	1 115 805 509	941 356 694	934 033 354	800 000 000
9%	3 561 036 737	2 820 340 753	2 238 598 497	1 782 175 427	1 425 204 726	1 147 679 145	934 033 354	772 086 022	775 722 651	600 000 000
10%	3 439 651 854	2 660 474 955	2 060 803 032	1 599 702 859	1 246 414 830	977 665 515	775 722 651	626 979 967	637 500 107	400 000 000
11%	3 322 033 492	2 508 577 129	1 894 970 399	1 432 471 446	1 085 279 536	826 885 897	637 500 107	502 223 624	516 524 602	200 000 000
12%	3 208 049 438	2 364 197 933	1 740 190 175	1 279 043 209	939 834 972	692 899 646	516 524 602	394 662 973	410 397 050	0
13%	3 097 572 531	2 226 915 666	1 595 627 688	1 138 128 815	808 357 052	573 606 529	410 397 050	301 681 797	317 086 406	0
14%	2 990 480 462	2 096 334 461	1 460 517 286	1 008 571 129	689 330 088	467 195 727	317 086 406	221 102 854	234 868 779	0
15%	2 886 655 570	1 972 082 587	1 334 156 230	889 330 690	581 419 736	372 102 916	234 868 779	151 108 305	162 277 227	0
16%	2 785 984 659	1 853 810 886	1 215 899 165	779 472 874	483 449 662	286 974 088	162 277 227	90 175 452	98 060 270	0
17%	2 688 358 816	1 741 191 303	1 105 153 097	678 156 530	394 381 379	210 634 997	98 060 270	37 024 711	41 147 527	0
18%	2 593 673 237	1 633 915 526	1 001 372 838	584 623 926	313 296 813	142 065 322	41 147 527	-9 422 639		
19%										
Úroková míra [% p.a.]	NPV [Kč]									

Tabulka 29. Dvoufaktorová citlivostní analýza úvěru

IRR [%]	Výše úvěru [Kč]									
	300 000 000	500 000 000	700 000 000	900 000 000	1 100 000 000	1 300 000 000	1 500 000 000	1 700 000 000	1 900 000 000	2 100 000 000
15,84%	16,15%	16,61%	17,10%	17,66%	18,32%	19,09%	19,84%	20,62%	21,41%	22,21%
3%	16,15%	16,60%	17,09%	17,65%	18,30%	19,06%	19,83%	20,61%	21,40%	22,20%
4%	16,15%	16,59%	17,08%	17,63%	18,27%	19,03%	19,80%	20,58%	21,37%	22,16%
5%	16,15%	16,58%	17,07%	17,61%	18,25%	19,00%	19,77%	20,54%	21,33%	22,12%
6%	16,14%	16,58%	17,05%	17,60%	18,23%	18,97%	19,74%	20,51%	21,30%	22,09%
7%	16,14%	16,57%	17,04%	17,58%	18,20%	18,94%	19,71%	20,48%	21,27%	22,06%
8%	16,14%	16,56%	17,03%	17,56%	18,18%	18,91%	19,68%	20,45%	21,24%	22,03%
9%	16,14%	16,55%	17,01%	17,54%	18,15%	18,87%	19,64%	20,41%	21,20%	21,99%
10%	16,13%	16,54%	17,00%	17,52%	18,13%	18,84%	19,61%	20,38%	21,17%	21,96%
11%	16,13%	16,53%	16,99%	17,50%	18,10%	18,80%	19,57%	20,34%	21,13%	21,92%
12%	16,12%	16,52%	16,97%	17,48%	18,07%	18,77%	19,54%	20,31%	21,10%	21,89%
13%	16,12%	16,51%	16,96%	17,46%	18,04%	18,73%	19,50%	20,27%	21,06%	21,85%
14%	16,11%	16,50%	16,94%	17,44%	18,02%	18,71%	19,48%	20,25%	21,04%	21,83%
15%	16,10%	16,49%	16,93%	17,42%	17,99%	18,68%	19,45%	20,22%	21,01%	21,80%
16%	16,10%	16,48%	16,91%	17,40%	17,96%	18,65%	19,42%	20,19%	20,98%	21,77%
17%	16,09%	16,47%	16,90%	17,38%	17,93%	18,62%	19,39%	20,16%	20,95%	21,74%
18%	16,09%	16,46%	16,88%	17,35%	17,90%	18,59%	19,36%	20,13%	20,92%	21,71%
19%	16,09%	16,46%	16,88%	17,35%	17,90%	18,59%	19,36%	20,13%	20,92%	21,71%
Úroková míra [% p.a.]	IRR [%]									

Tabulka 30. Dvufaktorová citlivostní analýza úvěru s výsledkem vnitřního výnosového procenta

5. Závěrečná doporučení

Realizaci projektu podnikatelského záměru výstavby ZEVO v České republice doporučuji za současně známých legislativních, technologických a ekonomických informací. Níže uvádím doporučení pro vhodnou realizaci projektu. Při přijetí okrajových podmínek, které jsou diskutovány v textu diplomové práce a rozděleny do předpokladů jako optimistické a pesimistické, je možné v daných hranicích předpokládat ekonomicky udržitelný vývoj projektu.

Pro financování projektu doporučuji využití vlastních finančních prostředků v případě holdingové společnosti, kdy dochází k půjčkám prostřednictvím cash pooling za převodní ceny, které nejsou exaktně v zákoně definovány a je čistě na zhodnocení finančního ředitele jaká bude výše úrokové sazby ve sprátené půjčce. V případě externího financování doporučuji přijetí úvěru od banky. Podle výše úvěru je nutné, vyjednat, zda financovat projekt bude pouze jedna banka, či tzv. syndikát bank. V případě financování z více bank, bude jedna banka vystupovat jako hlavní a úvěrové záležitosti mezi ostatními bankami bude řešit samostatně. Zde musím poznamenat, že vyšší počet bank zvyšuje režijní náklady na administraci úvěru ze strany hlavní banky.

Není vhodné zvolit financování takto investičně náročného projektu dluhopisy, protože na projekt se bude skládat několik tisíc až desetitisíce věřitelů prostřednictvím koupě dluhopisů. To bude pro společnost, která uvažuje o projektu, znamenat zvýšené režijní náklady na administrativu dluhopisů a nemožnost společnosti se v této turbulentní době dohodnout s věřiteli na úpravě splátek v případě finanční tísně. Dále v případě dluhopisů hrozí, že nedojde-li k vybrání požadované částky pro realizaci projektu, bude společnost zatěžkáni nevyužitelným dluhem.

Pokud by společnost musela realizovat financování projektu z jiného zdroje než z úvěru, je vhodné nefinancovat projekt prioritními dluhopisy, s nimiž je spojeno právo splacení výnosu z dluhopisů a přednostního práva na nákup upisovaných akcií ze strany emitenta. Oproti tomu doporučuji financovat vyměnitelným dluhopisem, se kterým je spojeno právo emitenta na výměnu za jiný dluhopis, nebo za akcii příslušného věřitele. V případě financování dluhopisem důrazně doporučuji, že musí být ve smlouvě o dluhopisu podmínka na odvolání dluhopisů ze strany upisovatele tak, aby bylo možné dluhopisy odvolat, pokud nedojde k výběru dostatečných finančních prostředků na investici nebo k jiným důvodům ze strany upisovatele na nevyužití dluhopisů.

Další zvažovanou možností pro financování projektu je emitování akcií společnosti. V tomto případě doporučuji emitovat akcie kmenové, kdy v případě finančních problémů společnosti jsou majitelé akcií uspokojováni jako poslední. Akcií kmenových nesmí být emitováno velké množství, protože jejich držitelé mají právo na hlasování ve valné hromadě společnosti. Dochází tak k rozměňování vlastnických práv na společnost. Oproti tomu v případě financování akciemi prioritními, které dávají právo

přednosti pro držitele na výplavu dividend a podílu na likvidaci společnosti, ale nemají právo na hlasování na valné hromadě. Nedochozí k rozměňování vlastnických práv společnosti. Z pohledu nutnosti vyplácení dividend je tato možnost rizikovější, protože společnost nemůže zadržovat zisk pro investice a v případě špatného ekonomického vývoje společnosti se může dostat do finanční tísně.

Pro výstavbu projektu tak doporučuji financování ze strany bankovního sektoru úvěrem, který dle citlivostní analýzy při současných podmínkách roku 2022 vychází výhodně i pro značné zadlužení společnosti tímto úvěrem, nebo přijetím vysokého úroku na úvěr. Výnosnost projektu je až do výše 90 % financování cizím kapitálem s úrokovou sazbou do výše 19 % p.a. při realistickém scénáři. Splácení úvěru na výstavbu ZEVO doporučuji pouze na dobu 5 let.

Při výstavbě projektu doporučuji placení faktur zhotovitelské společnosti v kombinaci věcné a časové. Každého čtvrt roku platit domluvenou zálohu a za přijetí postavené části ze strany investora zařízení doplatit zbylou část.

Pro dosažení, co možná nejvyšší výnosnosti projektu během provozu ZEVO doporučuji, dle analýzy výnosů a nákladů ZEVO, se zaměřit na prodejní cenu směsi popeloviny pro rekultivaci a úpravu krajiny. Do budoucna předpokládám růst ceny směsi z důvodu postupného uzavírání uhelných elektráren, nižší nabídky na trh a poptávkové potřebě do stavebnictví. Tato směs lze získat jiným způsobem pouze v případě těžby. Ve finanční analýze projektu ZEVO jsem dále zjistil, že v případě hledání optimalizace v oblasti odpisů majetku ZEVO není možné dosáhnout vyšší výnosnosti, než která je dosažena pro rovnoměrný odpis. To platí pro projektový záměr při předpokladech v realistickém scénáři.

Z hlediska nákladů je vhodné se soustředit na cenu nakupovaného odpadu pro spalování v ZEVO. S ohledem na zákaz skládkování bude cena odpadu postupně růst, až do roku 2028, kdy bude zakázáno odpad skladovat. Vzniklý odpad bude recyklován nebo energeticky využíván. V takové situaci předpokládám, že ZEVO již nebude za odpad platit, ale začne platit povinnost měřit, vykazovat a platit emisní povolenky EU ETS za emise oxidu uhličitého CO₂, které v současné době ZEVO nemusí vykazovat.

Při analýze tvorby komunálního odpadu a dodávkách tepla byla provedena ekonomická analýza s konstatováním, že s růstem hrubého domácího produktu, roste s mírným zpožděním tvorba komunálního odpadu, jehož zdrojem jsou především domácnosti. Tento výsledek je důležitý s ohledem na předpoklad stálého přísunu odpadu jako paliva pro ZEVO s růstem HDP, které od počátku samostatnosti ČR stále roste s mírnými cyklickými výkyvy.

V analýze podnikatelského záměru jsem dále zjistil, že pokud by od počátku plánovaného provozu ZEVO v roce 2028 přestalo platit za odpad, ale začalo by platit za emisní povolenku EU ETS, tak dle technického modelu, který poskytuje výstup

jednotlivých emisí včetně CO₂ by docházelo k vypouštění 58 863 tun ekvivalentu CO₂ při spalování 90 000 tun odpadu ročně. Při současné ceně povolenky v květnu roku 2022 89 EURO za tunu ekvivalentu CO₂ by se rozhodnutí o přijetí nebo zamítnutí projektu nezměnilo. Náklady na emisní povolenky by byly ve výši 128 mil. Kč.

V případně nutnosti placení za emisní povolenku EU ETS doporučuji důrazně sledovat situaci s budoucím vývojem kurzu Kč vůči euru. O vývoji situace je možné se informovat u své banky na oddělení Dealing. Výnosy ze ZEVO vznikají v Kč a emisní povolenky je nutné platit v měně EURO a tedy převádět výnosy z Kč na jinou měnu. Z tohoto důvodu mohou vzniknout finanční náklady na konverzi měny, které budou mít značný dopad v případě oslabování Kč nebo posilování eura. Pokud bude situace vyhodnocena finančním ředitelem tak, že bude docházet k růstu kurzu Kč/EURO, doporučuji vyjednat si u své banky měnový forward za současný nižší kurz. Tím dojde k ochraně před náklady na měnovou konverzi.

V případě stavební realizace projektu předpokládám dvou až tři letou lhůtu ve vybraní lokalitě vhodné pro výstavbu a provoz zařízení. Ve vybrané lokalitě pro výstavbu projektu bude nutné podat žádost o spolupráci s příslušným krajem a místní samosprávou. Následovat bude příprava dokumentace EIA pro ZEVO a její podání k příslušným státním orgánům ke schválení. Vyhotovení závěru příslušného státního orgánu k podané EIA předpokládám ve lhůtě 6 až 12 měsíců. Při kladném stanovisku k EIA mohou začít přípravy výstavby ZEVO.

Dále bude nutné podat zadávací dokumentaci pro výběrové řízení na dodavatele stavby ZEVO. Dokumentace bude nutná podat se všemi technickými a environmentálními podmínky platné pro současnou legislativu. Lhůtu pro řádné předložení předběžných nabídek na výstavbu předpokládám do 2 let po zaslání veškeré dokumentace. Následovat bude výběr vhodného dodavatele ve lhůtě 6 měsíců. Následovat bude podání dokumentace pro stavební řízení v předpokladu 6 měsíců a stavební řízení ve lhůtě 1 roku. Poté bude následovat výstavba ZEVO o spalovací kapacitě 90 000 tun odpadu ročně ve lhůtě 3 let. Následovat bude zkušební provoz. Předpokládám realizaci projektu v rozmezí 5 až 8 let od začátku přípravy projektu až po dokončení stavby. Životnost zařízení uvažuji na 35 let.

Při investičních nákladech 1 850 mil. Kč na výstavbu ZEVO, úvěru od banky na částku 10 % z investice a 4,58 % p.a. úrokové sazby s předpoklady dle realistického scénáře je vnitřní výnosové procento 15,84 % v případě platby za odpad bez platby za emisní povolenku, 14,93 % v případě platby emisní povolenku a bez platby za odpad. Pokud by ZEVO muselo platit za odpad a emisní povolenku EU ETS nebylo by v žádném uvažovaném scénáři přijatelné.

6. Závěr

Vypracovaná práce v této podrobnosti mi dala výborné legislativní a technické znalosti o ZEVO, které se stále více v energetice skloňuje a vedle již hotových projektových záměrů Mělníka, Most (Komořany), České Budějovice se uvažuje o výstavbě ZEVO v Děčíně, Opatovicích a Moravskoslezském kraji. Další důležitým, a řekl bych i nejdůležitějším, přínosem pro moji osobnost je znalost podnikatelského plánování s tvorbou podrobného technického a ekonomického zhodnocení.

Pro zpracování textu diplomové práce bylo nedílnou součástí zpracování technického a ekonomického modelu v MS EXCEL s využitím pokročilých funkcí, kterými jsou řešitel, scénáře a makra. Tento model podrobně simuluje funkci ZEVO z pohledu technických vstupů, výstupů a technologického provozu, ale především v ekonomické části jsou simulovány tři scénáře.

V předposlední části závěrečného shrnutí diplomové práce musím dodat, že vypracovaná práce v této podrobnosti s technickými a ekonomickými znalostmi může sloužit pro podnikovou sféru ve vztahu v rozhodování o dalším podrobnějším zkoumání projektového záměru v konkrétní oblasti s podrobnými parametry projektového záměru. Diplomová práce je tak tzv. studií předběžné proveditelnosti, v praxi používán anglický název prefeasibility study. Soukromý sektor tak nemusí vynakládat finanční prostředky a čas zaměstnanců pro předběžnou studii potenciálu ZEVO v ČR a vytvářet v projektovém záměru utopené náklady.

V závěrečném doporučení mohu konstatovat, že dle zpracovaných třech scénářů, je uvažovaný projektový záměr výstavby ZEVO v podmínkách České republiky vhodné realizovat.

V této podrobnosti diplomová práce vyčerpala a splnila zadání podle oficiálního zadání závěrečné práce v části dle „pokyny pro vypracování.“

7. Seznam obrázků

Obrázek 1. Odpad v moři.....	1
Obrázek 2. Skládka komunálního odpadu Čáslav	2
Obrázek 3. Navržená spalovna Vráto	8
Obrázek 4. Spalovna v Dánsku Amager Bakke.....	9
Obrázek 5. Schéma nakládání s odpadem.....	10
Obrázek 6. Technologie spalování odpadů s ohledem na množství dodaného vzduchu	21
Obrázek 7. Technologické schéma ZEVO.....	24
Obrázek 8. Technologické schéma spalování odpadů	26
Obrázek 9. Podrobné technologické schéma pro čištění spalin.....	34
Obrázek 10. Mapa vhodných míst pro ZEVO*	39
Obrázek 12. Průměrná roční teplota vzduchu v roce 2020	41

8. Seznam grafů

Graf 1. Rozdělení spotřeby jednotlivých paliv v ZEVO	20
Graf 2. Rozdělení vzniklé tepelné energie v ZEVO	29
Graf 3. Rozdělení vzniklé elektrické energie v ZEVO	30
Graf 4. Rozdělení použití chemikálií pro čištění spalin v ZEVO	32
Graf 5. Rozdělení spotřeby vody v ZEVO	35
Graf 6. Provozní náklady na provoz ZEVO.....	44
Graf 7. Závislost hrubého domácího produktu a produkce komunálního odpadu*	48
Graf 8. Provozní náklady na odpad.....	50
Graf 9. Provozní náklady na vodu	53
Graf 10. Provozní náklady na chemikálie pro čištění spalin	55
Graf 11. Vývoj dodávek tepla v České republice*	61
Graf 12. Rozdělení dodávek tepelné energie v ČR.....	62
Graf 13. Provozní výnosy ZEVO.....	63
Graf 14. Výsledek hodnocení kumulovaného hotovostního toku podle jednotlivých scénářů	80
Graf 15. Rozdělení nákladů za provoz ZEVO – realistický scénář	81
Graf 16. Rozdělení výnosů za provoz ZEVO – realistický scénář	82
Graf 17. Eskalace ceny 040209 - Kompozitní tkaniny	83
Graf 18. Eskalace ceny 070210 - Plastový odpad.....	84
Graf 19. Citlivostní analýza ceny emisní povolenky	85
Graf 20. Eskalace ceny SPRUK.....	86
Graf 21. Eskalace ceny zemního plynu.....	87

9. Seznam tabulek

Tabulka 1. Seznam kódů odpadů vhodných pro ZEVO	13
Tabulka 2. Výhřevnosti jednotlivých typů odpadu.....	14
Tabulka 3. Emise vzniklé spalováním v ZEVO.....	28
Tabulka 4. Lokality vhodné pro výstavbu ZEVO s možnou kapacitou.....	40
Tabulka 5. Statistika odpadů využitelných pro ZEVO podle krajů.....	46
Tabulka 6. Provozní náklady na odpad.....	51
Tabulka 7. Přijaté předpoklady pro vývoj cen odpadu podle scénářů	52
Tabulka 8. Mzdové náklady na provoz ZEVO	52
Tabulka 9. Náklady na vodu	54
Tabulka 10. Eskalace cen vody.....	54
Tabulka 11. Provozní náklady na chemikálie pro čištění spalin.....	56
Tabulka 12. Eskalace cen chemikálií pro provoz ZEVO.....	57
Tabulka 13. Spotřeba komodit v ZEVO	58
Tabulka 14. Předpoklady pro eskalaci ceny zemního plynu.....	58
Tabulka 15. Přepočtení spotřeby tepla vůči normálu vůči zkoumanému období	60
Tabulka 16. Dodávka komodit ze ZEVO	64
Tabulka 17. Přijaté předpoklady eskalace cen komodit dodávané ze ZEVO	65
Tabulka 18. Předpoklad velikosti oprav ZEVO.....	65
Tabulka 19. Výpočet regulované ceny tepla.....	66
Tabulka 20. Parametry pro odpisování ZEVO	67
Tabulka 21. Parametry výpočtu WACC	68
Tabulka 22. Přijaté předpoklady emisní povolenky	70
Tabulka 23. Eskalace ceny emisní povolenky	70
Tabulka 24. Pojištění majetku ZEVO.....	71
Tabulka 25. Rizika projektu.....	72
Tabulka 26. Technické parametry ZEVO	73
Tabulka 27. Parametry úvěru podnikatelského projektu	76
Tabulka 28. Výsledky scénářů***	78
Tabulka 29. Dvoufaktorová citlivostní analýza úvěru.....	89
Tabulka 30. Dvoufaktorová citlivostní analýza úvěru s výsledkem vnitřního výnosového procenta.....	90

10. Seznam literatury

- [1] Dr. Ing HÄBERLE, Gregor. *Technika životního prostředí pro školu i praxi*. 1. Praha: Europa-Sobotáles cz, 2003. ISBN 80-86706-05-2.
- [2] HRDÝ, Milan a Anna STAŇKOVÁ. *Dlouhodobý finanční management*. 1. Praha: Wolters Kluwer, 2019. ISBN 978-80-7598-318-3.
- [3] VALACH, Josef. *Investiční rozhodování a dlouhodobé financování*. 1. Praha: Wolters Kluwer, 2010. ISBN 978-80-86929-71-2.
- [4] KALOGIROU, Efstratios N. *Waste-to-energy technologies and global applications* [online]. Boca Raton: CRC Press, Taylor and Francis Group, 2018. ISBN 9781315269061
- [5] KNÁPEK, Jaroslav a Erik GEUSS. *Životní prostředí a ekonomika*. Praha: České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02203-X
- [6] KROPÁČ, Jiří, Ondřej PUTNA a Martin PAVLAS. *Limity energetického využití odpadu s nižší výhřevností*. *Odpady*. 2017, 24(4), 21-23. ISSN 1210-4922
- [7] SHAHBAZ, Muhammad a Daniel BALSALOBRE-LORENTE *Econometrics of green energy handbook: economic and technological development*. Cham: Springer, 2020. ISBN 978-3-030-46846-0
- [8] *Zpráva o provozu spalovny – enviromentální profil za rok 2020* [online]. Liberec: TERMIZO, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://tmz.mvv.cz/wp-content/uploads/2021/06/TMZ_environment%C3%A1ln%C3%AD-profil-2020.pdf
- [9] Mapa okresů ČR. *Mapaceskerepubliky* [online]. červen 2019, 1 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <http://www.mapaceskerepubliky.cz/mapa-okresu>
- [10] HYDROLOGICKÁ ROČENKA ČESKÉ REPUBLIKY. [online]. Praha: Český hydrometeorologický ústav, prosinec 2021, 2020, 277, strana 238, [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.chmi.cz/files/portal/docs/hydro/hydrologicke_rocenky/HR_2020.pdf
- [11] Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2019. [online]. Praha: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR, 2020, 2020, 36 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/elektrina-a-teplo/2021/7/Zprava-o-vyvoji-energetiky-v-oblasti-tepla-za-rok-2019_1.pdf
- [12] Zpráva o vývoji energetiky v oblasti tepla za rok 2019. *Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství jako součást Programového dokumentu v Operačním programu Životní prostředí 2021–2027* [online]. Praha: EY, 2020, 20 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-1_Manazersky_souhrn-20200529.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/$FILE/OODP-1_Manazersky_souhrn-20200529.pdf)
- [13] *Produkce, využití a odstranění odpadů - 2020* [online]. Praha: Český statistický úřad, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2020>

- [14] SOUHRN VÝSLEDKŮ EKONOMICKÉ ANALÝZY UŽÍVÁNÍ VOD. *NÁRODNÍ PLÁN POVODÍ DUNAJE* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, prosinec 2015, 29 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://eagri.cz/public/web/file/437794/NPP_Dunaj_kapitola_VI.pdf
- [15] Pitná voda a odpadní odvedená voda („vodné a stočné“). *Odbor 16 - Cenová politika* [online]. Praha: Ministerstvo financí ČR, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.mfcr.cz/cs/verejny-sektor/cenova-regulace-a-kontrola/vyvoj-cenove-regulace-v-jednotlivych-odv/pitna-voda-a-odpadni-odvedena-voda-vodne-28754/>
- [16] *KLIMATOLOGICKÉ ÚDAJE* [online]. Praha: Stavebně technický ústav-E a.s, 2004, 271 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.mpo-efekt.cz/dokument/4206.pdf>
- [17] *Výpočet denostupňů* [online]. HEMZAL, Karel, Zdeněk REINBERK a Ladislav TINTĚRA. Praha: TZB-info, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/103-vypocet-denostupnu>
- [18] *Výsledné ceny tepla 2020* [online]. Praha: Energetický regulační úřad, 2021, 177 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.eru.cz/sites/default/files/obsah/vysledne_ceny_tepla_2020.pdf
- [19] *ZEVO - aneb spalovna odpadů* [online]. Most: Město Most, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.mesto-most.cz/zevo-aneb-spalovna-odpadu/d-39157>
- [20] Sjednocení technické a roční kapacity ZEVO Malešice, Dokumentace vlivů záměru na životní prostředí podle § 8 zákona č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí. *Ekopontis, s.r.o* [online]. červen 2019, 166 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX01aUDQ4M19kb2t1bWVudGFjZURPQ182Mzk1MzM4ODU5NTc0MTQzNTY4LnBkZg/MZP483_dokumentace.pdf
- [21] *Zásady cenové regulace pro regulační období 2021-2025 pro odvětví elektroenergetiky, plynárenství, pro činnosti operátora trhu v elektroenergetice a plynárenství a pro povinně vykupující* [online]. Praha: Energetický regulační úřad, 2021, 222 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.eru.cz/sites/default/files/import_files/Navrh-zasad-cenove-regulace-2021-2025-pro-verejnou-konzultaci.pdf
- [22] *Revision for phase 4 (2021-2030)* [online]. Brusel: EUROSTAT, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://ec.europa.eu/clima/eu-action/eu-emissions-trading-system-eu-ets/revision-phase-4-2021-2030_en
- [23] *Podklady pro oblast podpory odpadového a oběhového hospodářství OPŽP 2021 – 2027: Energetické využití odpadů* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/\\$FILE/OODP-4_Energeticke%20vyuziti%20odpadu-20200529.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_obehove_hospodarstvi/$FILE/OODP-4_Energeticke%20vyuziti%20odpadu-20200529.pdf)
- [24] GRÝCOVÁ, Barbora, Jiří RUSÍN, Michal PREKOP, Milan IPOLT a Radek HOŘEŇOVSKÝ. Energie z odpadů, výzva pro 21. století. *Wast En. Wast En* [online]. 2021, 106 [cit. 2022-05-17].

- [25] *Zákon č. 541/2020 Sb., ve znění pozdějších předpisů* [online]. Praha: ČESKO, 2020 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>
- [26] *Statistika energetického využívání odpadů a alternativních paliv 1989–2017* [online]. Praha: ČESKO, 2018 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2020-541>
- [27] JÍLKOVÁ, Lenka, Karel CIAHOTNÝ a Jaroslav KUSÝ. *Pyrolýza hnědého uhlí s následným katalytickým štěpením těkavých produktů* [online]. Lednice: Energie z biomasy XIV, 2013 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://eu.fme.vutbr.cz/file/Sbornik-EnBio/2013/05_Jilkova.pdf
- [28] F., Lamers. *Advanced Thermal Treatment Technologies for Waste*. 1. München: In Energie aus Abfall, 2011. ISBN 978-3-935317-69-6.
- [29] *PRINCIP TECHNOLOGIE ZEVO* [online]. Praha: Pražské služby, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.psas.cz/princip-technologie-zevo>
- [30] *The incinerator and the ski slope tackling waste: Adrienne Murray* [online]. Praha: London, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.bbc.com/news/business-49877318>
- [31] *Amager Bakke* [online]. Wikipedia, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Amager_Bakke
- [32] *Amager Bakke Waste-to-Energy | BIG* [online]. Denmark: Arch20, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.arch2o.com/amager-bakke-waste-to-energy-big/>
- [33] [4] ING. PUTNA, Ondřej. *Termické zpracování odpadů jako klíčový prvek efektivních systémů odpadového hospodářství. PhD. práce* [online]. 2018, 45 [cit. 2022-05-17]..
- [34] *90% plastového odpadu v zemských oceánech pochází z Asie a z Afriky* [online]. Praha: reformy.cz, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.reformy.cz/90-plastoveho-odpadu-v-zemskych-oceanech-pochazi-z-asie-a-z-afriky/>
- [35] *ZEVO Vráto – ekologie* [online]. Praha: ZEVO Vráto, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zevovrato.cz/ekologie/>
- [36] *Spalovna Malešice* [online]. Praha: Wikipedia, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Spalovna_Male%C5%A1ice
- [37] *Energetické využití odpadu ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADU* [online]. Praha: SAKO Brno, 2018 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.sako.cz/pro-brnaky/cz/801/energeticke-vyuziti-odpadu/>
- [38] *Základní informace* [online]. Praha: TERMIZO, 2019 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://tmz.mvv.cz/o-spolecnosti/zakladni-informace/>
- [39] *O nás* [online]. Praha: Plzeňská teplárenská, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zevoplzen.cz/o-nas>
- [40] *Historie* [online]. Praha: Plzeňská teplárenská, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zevoplzen.cz/historie>
- [41] *Popis a technologické schéma výroby* [online]. Praha: Teplárna České Budějovice, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.teplarna-cb.cz/vyroba-tepla-a-elekriny/>

- [42] *ZEVO Vráto – nové vizualizace* [online]. Praha: ZEVO Vráto, 2021 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.zevovrato.cz/zevo-vrato-nove-vizualizace/>
- [43] *Státní dluhopisy* [online]. HEMZAL, Karel, Zdeněk REINBERK a Ladislav TINTĚRA. Praha: Kurzy.cz, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://www.kurzy.cz/dluhopisy/statni-dluhopisy/>
- [44] *Damodaran* [online]. HEMZAL, Karel, Zdeněk REINBERK a Ladislav TINTĚRA. New York: Damodaran online, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: <https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/>
- [45] *Damodaran* [online]. HEMZAL, Karel, Zdeněk REINBERK a Ladislav TINTĚRA. New York: Damodaran online, 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/data.html
- [46] *Betas by Sector: Multiple data services* [online]. Prof. Aswath Damodaran. New York: Damodaran, January 2022 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://pages.stern.nyu.edu/~adamodar/New_Home_Page/datafile/Betas.html
- [47] *Plán odpadového hospodářství ČR* [online]. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2014 [cit. 2022-05-17]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr

11. Přílohy

Příloha č. 1. Výpočetní model pro ZEVO (elektronický soubor: „Diplomová_práce_Patrik_Šimůnek.xlsm“)

