

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA TECHNOLOGIÍ A MĚŘENÍ

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Zhodnocení technologie v ZEVO Chotíkov

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Antonín BALLÁK**
Osobní číslo: **E14B0079P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Zhodnocení technologie v ZEVO Chotíkov**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište aktuální stav projektu ZEVO Chotíkov.
2. Popište zvolenou technologii.
3. Vytvořte energetickou bilanci.
4. Porovnejte ZEVO Chotíkov s ostatními zařízeními tohoto typu.
5. Zhodnoťte získané poznatky a navrhněte alternativy.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**

Rozsah kvalifikační práce: **30 - 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

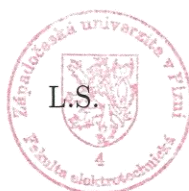
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Aleš Hromádka**


Regionální inovační centrum elektrotechniky

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **8. června 2017**


Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Aleš Hamáček, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2016

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce pojednává o energetickém využití odpadů a zhodnocení technologie v ZEVO Chotíkov v Plzeňském kraji. V první části popisuje současný stav zařízení, historii vývoj projektu a jsou zde také uvedené informace o svozu odpadu v Plzeňském kraji. Následující část je zaměřena na environmentální parametry a výstupy ze ZEVO Chotíkov. Dále popisuje zpracování směsného komunálního odpadu, technologii čištění spalin a využití vyrobené energie.

Dále práce pojednává vývoj situace s výstavbou nových spaloven na energetické využití odpadů a jejich porovnání v České republice, v Evropě a ve světě.

Klíčová slova

ZEVO Chotíkov, odpad, komunální odpad, odstraňování odpadů, energetické využívání odpadů, spalovna, zařízení na energetické využívání odpadů, čištění spalin, vliv na životní prostředí, teplo, energie, kotel, emise, kogenerace,

Abstract

This bachelor thesis deals with energy utilization of the municipal waste and evaluation of the technology in ZEVO Chotíkov in Pilsen region. The first part describes the current state of the cogeneration power plant, the history of the project development and the information of the waste collection in Pilsen region. The following part is focused on the environmental parameters and the outputs from the ZEVO Chotíkov. It also describes by procesing of the mixed municipal waste, the flue gas cleaning technology and the usage of the produced energy.

The thesis also concerns the development of the situation of the new power plants for energy recovery from municipal waste and their comparison in Czech Republic, Europe and the rest of the world.

Key words

ZEVO Chotíkov, waste, communal waste, waste disposal, waste incineration, incineration plant, waste incineration plant, flue gas cleaning, environmental impact, heat, energy, boiler, emissions, cogeneration

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 5.6.2017

Antonín Ballák

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Aleši Hromádkovi a konzultantovi Dr. Pavlovi Šteklovi za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	10
SEZNAM OBRÁZKŮ	11
SEZNAM TABULEK	11
POPIS AKTUÁLNÍHO STAVU ZEVO CHOTÍKOV	12
1.1 HISTORIE PROJEKTU	13
1.2 ENVIRONMENTÁLNÍ PARAMETRY	16
1.3 FINANCE.....	18
1.3.1 Výběrové řízení.....	18
1.3.2 Investice	18
1.4 SVOZ ODPADU	19
2 POPIS ZVOLENÉ TECHNOLOGIE	20
2.1 DOVOZ A VYUŽITÍ ODPADU.....	20
2.2 ČIŠTĚNÍ SPALIN.....	22
2.3 VYUŽITÍ ENERGIE.....	24
2.3.1 Parní turbína.....	25
2.3.2 Horkovod	25
2.4 ŠKVÁROVÉ HOSPODÁŘSTVÍ	26
2.5 MONITOROVACÍ SYSTÉM	26
3 VYTVOŘENÍ ENERGETICKÉ BILANCE	28
3.1 TEORETICKÉ VÝPOČTY PRO ZHODNOCENÍ ENERGETICKÉ BILANCE	28
4 POROVNÁNÍ ZEVO CHOTÍKOV S OSTATNÍMI ZAŘÍZENÍMI TOHOTO DRUHU	30
4.1 V ČESKÉ REPUBLICCE	30
4.1.1 ZEVO Malešice.....	30
4.1.2 Spalovna SAKO, a.s.	31
4.1.3 Spalovna Termizo, a.s.	32
4.1.4 Další projekty.....	33
4.2 V EVROPĚ	34
4.2.1 Švýcarsko	34
4.2.2 Švédsko	34
4.2.3 Nizozemsko.....	35
4.3 VE SVĚTĚ	36
4.3.1 USA.....	36
4.3.2 Asie.....	37
5 ZHODNOŤTE ZÍSKANÉ POZNATKY A NAVRHNĚTE ALTERNATIVY	38
5.1 EKONOMICKÉ ALTERNATIVY	39
ZÁVĚR	40
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	41

Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá aktuálním stavem zařízení na energetické využití odpadů v Chotíkově, jakožto globální řešení nakládání s odpadem do této doby nevyužitým a skládkovaným v Plzeňském kraji. V prvním bodě zhodnocuji aktuální stav ZEVO Chotíkov a popisuji historii celého projektu. Ukazuji státem kontrolované emisní látky vypuštěné do ovzduší, které jsou stále monitorovány a zaznamenávány. Jejich maximální hodnoty jsou striktně dány a musejí být dodržovány z důvodu ochrany životního prostředí. Práce popisuje také svoz směsného komunálního odpadu do spalovny. V druhém bodě popisuji základní princip využití odpadů a nejmodernější prověřenou technologii pro čištění spalin. Poté vypočítávám teoretickou energetickou bilanci spalovny, kdy ze vstupů a výstupů vypočítávám teoretickou účinnost. Čtvrtý bod pojednává o srovnání spaloven komunálního odpadu v České republice, dále postavení České republiky s ostatními státy Evropy a také některými státy ve světě. V pátém bodě sjednocuji poznatky a ty poté zhodnocuji.

Zabývám se touto problematikou z očividného důvodu. Celý svět produkuje ohromné množství odpadu a je nevyšší čas tato zařízení na energetické využití zdokonalovat a zabývat se jimi.

Seznam symbolů a zkratk

SKO.....	Směsný komunální odpad
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpadů
EMS	Monitorovací systém emisních měření
NO _x	Oxid dusíku
EIA.....	Zpracování vlivu na životní prostředí
SFŽP.....	Státní fond životního prostředí
SCR.....	Selektivní katalytická redukce
SNCR	Selektivní redukce bez katalyzátorů
ČEEP	Český energetický a ekologický projekt
TZL	Tuhé znečišťující látky
TOC.....	Tuhé znečišťující látky
VOC	Těkavé organické látky
SAKO.....	Spalovna a komunální odpady Brno
MBÚ.....	Mechanicko-biologická úprava
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
KÚPK.....	Krajský úřad Plzeňského kraje
OŽP	Ochrana životního prostředí
CZT	Centrální zásobování teplem
MW _E	Elektrický výkon
MW _T	Tepelný výkon
USD.....	Americký dolar
SO _x	Oxidy síry
HxC _x	Chlorovodíky
HF	Kyselina fluorovodíková
Hg.....	Rtuť
HCl.....	Kyselina chlorovodíková
DeNO _x	Technologie pro snížení emisí dioxinů
PCDD	Polychlorované dibenzo-p-dioxiny
PCDF.....	Polychlorované dibenzofurany
PT, a.s.....	Plzeňská teplárenská, a.s.

Seznam obrázků

Obr. 1 – ZEVO Chotíkov pohled 1 (převzato z [3]).....	11
Obr. 2 – ZEVO Chotíkov pohled 2 (převzato z [6]).....	12
Obr. 3 – Návrh projektu (převzato z [10]).....	10
Obr. 4 – Terénní úpravy (převzato z [12]).....	14
Obr. 5 – Stavební práce (převzato z [13]).....	14
Obr. 6 – Návrh systému nakládání se SKO z obcí měst v Plzeňském kraji [19].....	18
Obr. 7 – Schématické znázornění ZEVO Chotíkov (převzato z [24]).....	19
Obr. 8 – Kabina jeřábníka s pohledem do bunkru (převzato z [3]).....	20
Obr. 9 – Kotel K1-ZEVO (převzato z [3]).....	21
Obr. 10 – Čištění spalin [25].....	22
Obr. 11 – Využití energie [25].....	23
Obr. 12 – Monitorovací systém parametrů (převzato z [3]).....	26
Obr. 13 – Vstupy a výstupy v ZEVO Chotíkov [9, 29].....	27
Obr. 14 – ZEVO Malešice (převzato z[39]).....	30
Obr. 15 – Spalovna SAKO Brno, a.s. (převzato z [42]).....	31
Obr. 16 - Spalovna Termizo, a.s. (převzato z [44]).....	31
Obr. 17 – Graf způsobů nakládání s komunálním odpadem v ČR v roce 2015 [47].....	31
Obr. 18 - AEB Amsterdam (převzato z [56]).....	34
Obr. 19 – Mapa zařízení na energetické využití odpadu v USA roku 2010 [29].....	35
Obr. 20 – Asaminami Kojo (převzato z[66]).....	37

Seznam tabulek

Tab. 1 – Výhřevnost složek komunálního odpadu [19].....	16
Tab. 2 – Parametry horkovodu DN 250 [21, 28].....	25
Tab. 3 – Zhodnocení spaloven SKO v ČR [1, 22, 41, 46].....	31
Tab. 4 – Porovnání v Evropě roku 2014 [52, 53].....	33

Popis aktuálního stavu ZEVO Chotíkov

ZEVO Chotíkov je zařízení na energetické využití odpadu a dodává elektrickou energii a teplo. Výstup tepla je ve formě horké vody o teplotě v horkovodu 135°C a vratná voda má pak teplotu 70°C. Spalovna dokáže za rok pojmout 95 000 tun komunálního odpadu, což odpovídá 12 tunám za hodinu. ZEVO Chotíkov je ekologický zdroj o výkonu 10,5MWe / 31,7MWt, která je vybavena moderními prvky. Objekt spalovny se rozkládá na rozloze 9000 m² a má 80 metrový komín. Zařízení je postaveno nedaleko města Plzeň směrem na Karlovy Vary. [1, 2]



Obr. 1 - ZEVO Chotíkov pohled 1 (převzato z [3])

ZEVO Plzeň získalo v celostátní soutěži Český energetický a ekologický projekt (ČEEP), stavba a inovace titul vítězný projekt roku 2015 [4]. Na dnech teplárenství a energetiky v Hradci Králové dne 25. 4. 2017 získala Plzeňská teplárenská, a.s. ocenění od teplárenského sdružení České republiky, za využití tepla z odpadu pro zásobování domácností a výrobu elektřiny v ZEVO Chotíkov [5].

Obsluhovat teplárnu na jedné směně dokáže pouhých 6 pracovníků. Spalovna pracuje na 4 směny a jedna směna je vždy v záloze. Spalovna tedy zaměstnává celkově 30

zaměstnanců. Na směně vždy musí být směnový vedoucí, operátor kotle, turbogenerátoru a čištění spalin, dále jeřábík, pochůzkář, zámečnick a elektrikář. [6]



Obr. 2 - ZEVO Chotíkov pohled 2 (převzato z [7])

1.1 Historie projektu

Poprvé se o projektu ZEVO Chotíkov začalo mluvit roku 2002, kdy se začala vypracovávat studie. Na tuto studii dostala Plzeňská teplárenská grant ve výši téměř 250 000 USD od velvyslanectví USA. Výsledkem studie v roce 2003 bylo, že je možné spalovat 100 000 tun komunálního odpadu ročně. Poté několik let probíhali intenzivní debaty s odpůrci projektu. Plzeňská teplárenská se v roce 2009 rozhodla pro technologii roštové spalovny s nejmodernějšími prvky. Rozhodnutí padlo na základě studie firmy Chemoprag z Prahy. V září téhož roku proběhlo referendum, kdy občané obce Chotíkov dali projektu zelenou pro výstavbu. Odpůrci si vynutili zpracování studie o vlivu na životní prostředí (EIA) roku 2010 a vypracování EIA v plném rozsahu trvalo celé dva roky. Po těchto dvou letech bylo vydáno kladné stanovisko. [8–10]



Obr. 3 - Návrh projektu (převzato z [11])

Výběrového řízení o realizaci projektu se zúčastnily 3 společnosti. Výběrové řízení konané 27.11.2012 vyhrála společnost ČKD PRAHA DIZ, a.s., která nabídla nejnižší částku 1 953 495 000,- Kč bez DPH. Město Plzeň dalo roku 2013 konečný souhlas s investicí a dne 23.1.2013 Plzeňská teplárenská, a.s. obdržela rozhodnutí o stavebním povolením vydané stavebním úřadem v Nýřanech. Poté pokračovaly stavební povolení na první, druhou a třetí část výrokové části. V lednu roku 2014 začaly probíhat terénní úpravy a dále pokračovaly práce na výměně podloží v prostoru staveniště. Zkušební provoz v ZEVO Chotíkov měl být zahájen dne 31.12.2015 a termín kolaudace byl naplánován o rok později na den 31.12.2016. Dodržení termínu zahájení provozního provozu se zpozdilo na 12.8.2016. Důvod byl takový, že v srpnu 2016 soud dal za pravdu ekologickým aktivistům a zrušil potřebu stavební povolení. V tuto chvíli je teplárna v plném provozu. Spalovna má stále roční zkušební provoz a každé tři měsíce mají odstávku a kontrolu. Pokud prokáže zařízení ZEVO Chotíkov všem orgánům projektované parametry při provozu, bude spalovna zkolaudována. [4, 8, 10–12]



Obr. 4 – Terénní úpravy (převzato z[13])



Obr. 5 - Stavební práce (převzato z [14])

1.2 Environmentální parametry

Pro spalování odpadu jsou dány emisní limity stanovené zákonem. Tyto limity byly v celé řadě podstatně sníženy a při projektování byly použity nejvyspělejší technologie. To se projevilo i na ceně, kdy díky použití nejlepší technologie byla celková investice o 15 % vyšší. [15]

Tab. 1 - Environmentální parametry [9, 16]

Emise škodlivin	Limity dle NV 24 hodinové průměrné hodnoty	Garantované koncentrace 24 hodinové průměrné hodnoty
	[mg /m ³]	[mg /m ³]
SO ₂ (oxid siřičitý)	50	25
HCl (chlorovodík)	10	5
HF (chlorovodík)	1	1
NO _x (oxidy dusíku)	200	70
TZL (tuhé látky - prach)	10	2,3
Cd, Ti (kadmium, titan)	0,05	0,02
Hg (rtuť)	0,05	0,015
CO (oxid uhelnatý)	50	25
TOC (celkový organické uhlík)	10	10
Pb, Sb, As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn (těžké kovy)	0,5	0,25
PCDD/PCDF- TEC ng/m ³ (dioxiny)	0,1	0,05

Největší problémy a důvody pro argumentování odpůrců jsou emise dioxinů. To jsou problémy hlavně u starých zařízení. V České republice všechny 4 spalovny komunálního odpadu splňují bez problémů přísné limity emisí dioxinů. V Česku je odhadována celková produkce dioxinů na 1 kilogram. Z toho je 83 % množství uvolněno z důsledku požárů a jiných přírodních procesů. Dále domácí topeniště vypustí cca 14 gramů dioxinů. Elektrárny a teplárny u nás vyprodukují cca 3,5 gramů dioxinů a zařízení na energetické využití odpadů vytvoří cca 0,2 gramů, což je 0,11 % z celkového množství. Z toho vyplývá, že

zařízení s nejnovější technologií pro čištění spalin je mnohem šetrnější k životnímu prostředí než domácí kotle či jiné teplárny. Při domácím spálení cca 1 kg odpadu se vypustí stejné množství dioxinů jako spálení cca 10 tun v moderním a ekonomicky šetrném zařízení pro energetické využití odpadu. [17]

Po využití komunálního odpadu při použití 95 000 tun za rok jsou zbytky spalin ze ZEVO Chotíkov vyváženy. Škváry za rok musí vyvézt nákladní vozy 20 155 tun, popílku 3950 tun, reakčního produktu 2 290 tun a železného šrotu 590 tun. Dále i tyto zbytky je možné využívat. Železný šrot do hutnického průmyslu, škváru a popílek je možné použít ke stavebním účelům. Zbytek, který se nedá využít, putuje zpátky na skládku. [9, 18]

Hlavní výhodou pro Plzeňskou teplárenskou je ušetření cca 75 000 tun černého uhlí, které teď nahrazuje spalování komunálního odpadu. [19]

Jednotlivé složky komunálního odpadu mají různou výhřevnost. Proto není možné říct přesnou hodnotu výhřevnosti komunálního odpadu, protože záleží na procentuálním poměru jednotlivých složek. Kvůli zachování stálých podmínek v kotli se SKO různě směšuje, aby se výhřevnost pohybovala v rozmezí hodnot 10,5-11 MJ/kg. Směšování komunálního odpadu mají na starosti jeřábníci. Od dobré práce jeřábníků se odvíjí nijak nekolísající výhřevnost SKO. Výhřevnost základních materiálů obsažených ve směsném komunálním odpadu jsem uvedl v tabulce 2.

Tab. 2 - Výhřevnost složek komunálního odpadu [20]

Druh odpadu	Výhřevnost [MJ/kg]
Papír	15,7
Plasty	32,7
Polyetylen	43,4
Polystyren	38,0
PVC	22,5
Textil	18,3
Potraviny	3,2
Smetky	6,0
Štěpka, dřevo	12,4
Sklo	0,2

Nabízí se tu otázka, zda-li spalovna komunálního odpadu chce, aby byl dokonale odpad tříděn. Pokud by se komunální odpad vyseparoval na recyklovatelné složky, tak by komunální odpad v ZEVO Chotíkov nemusel dosahovat výhřevnosti 10,5 MJ/kg. Samozřejmě nelze všechny odpad recyklovat a musí se vyseparovat tříděný odpad na recyklovatelný materiál. Musí se tedy dovážet určité množství např. plastů, které nejsou vhodné k recyklaci. Kdyby se snížila výhřevnost, tak by se zmenšila celková účinnost zařízení a prodloužila celková návratnost investice.

1.3 Finance

Životnost spalovny je předpokládána na dobu cca 35 let, kdy ekonomická návratnost je odhadována na 15 let, bude-li trvale vyrábět v kogeneraci. [19]

1.3.1 Výběrové řízení

Výběrové řízení se konalo dne 27.11.2012, kde zasedla šestičlenná komise. Komise s 3 zástupci města Plzeň, 3 zástupci PT,a.s. a 2 hosty ze SFŽP se rozhodla jednomyslně pro společnost ČKD PRAHA DIZ, a.s., která nabídla nejvýhodnější nabídku. Hlavním kritériem byla cena, proto ze společností, které se účastnili výběrového řízení, vyhrála nejnižší částka 1 953 495 000,-Kč. Ve výběrovém řízení byly společnosti Sdružení CNIM a VÍTKOVICE Power Engineering s nabídkou 3 132 164 780,-Kč bez DPH, Sdružení ZEVO Chotíkov (SMP CZ, Vinci) s nabídkou 2 257 065 021,-Kč bez DPH a vítězná společnost ČKD PRAHA DIZ, a.s. s nabídkou 1 953 495 000,-Kč bez DPH. Z důvodu zbytečného zastavení stavebního povolení se zpozdilo zahájení provozu. Generální ředitel Plzeňské teplárenské, a.s. Tomáš Drápela předpokládá, že díky zpoždění provozu vzrostly náklady o 100 až 150 milionů korun. Náhrady nákladů budou vymáhat na státu. [9, 21]

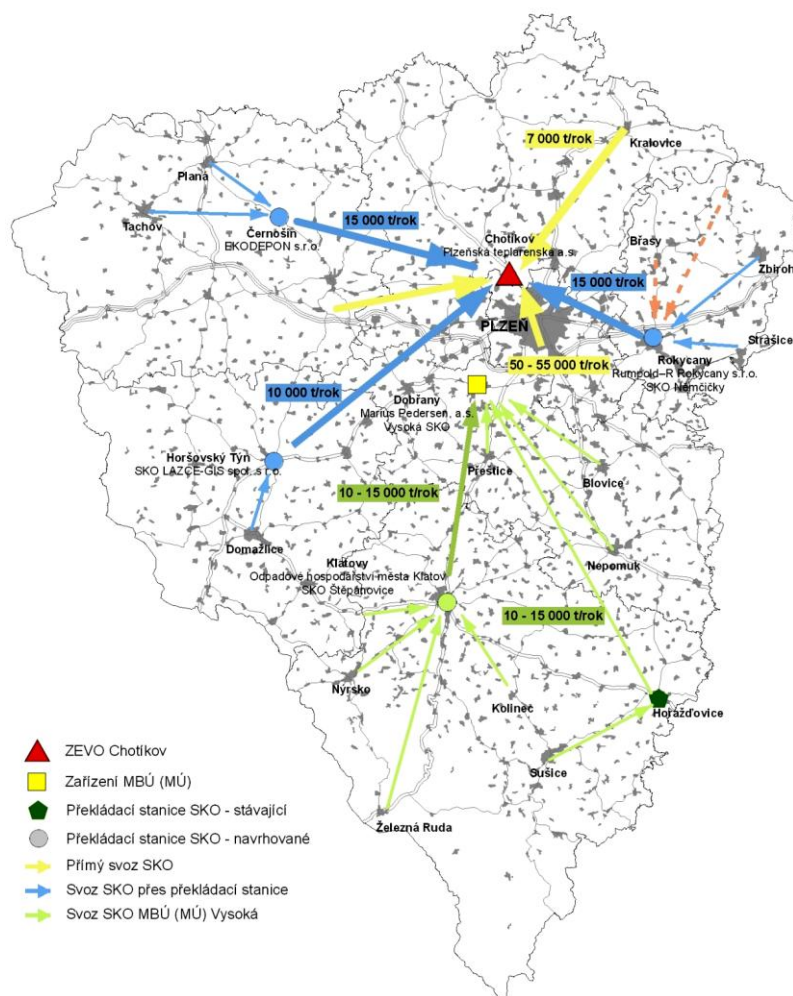
1.3.2 Investice

Na tuto studii dostala Plzeňská teplárenská, a.s. grant ve výši téměř 250 000 USD od velvyslanectví USA. V roce 2014 bylo zainvestováno společností Plzeňská teplárenská,a.s. do ZEVO Chotíkov a propojení s horkovodnou sítí 1 428 795 000,-Kč a v roce 2015 částkou 423 955 000,-Kč. [8, 22, 23]

1.4 Svoz odpadu

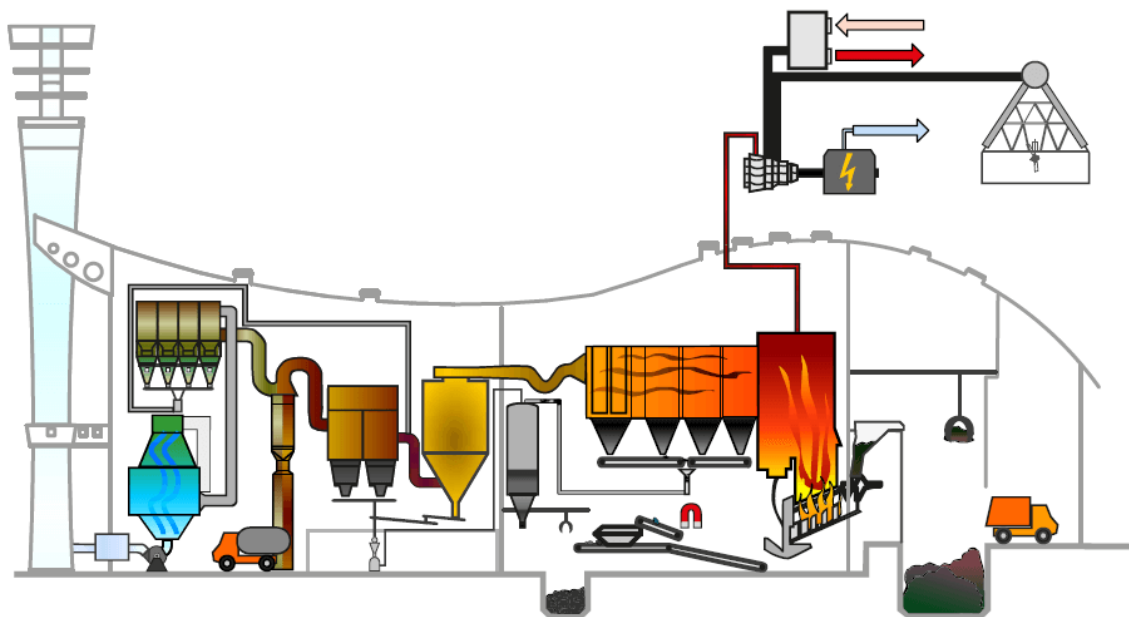
Komunální odpad se sváží přímým svozem do ZEVO Chotíkov z města Plzeň, okolních obcí a Kralovicka. Tento přímý svoz zahrnuje pouze cca 57-62 000 tun/rok. To by na plný chod spalovny nestačilo, proto se musí dovážet i z dalších částí Plzeňského kraje. Jedná se především o svoz přes překládací stanice z oblastí Černošinska, Rokycanska a Horšovského Týna. Svoz přes překládací stanice tvoří cca 40 000 t/rok SKO. Průměrnou hodnotou množství KO vyprodukovaný Plzeňským krajem je cca 229 700 tun/rok. SKO je na úrovni cca 140 000

tun/rok a zbytek se dělí mezi tříděné kategorie (sklo, papír, plasty,..). [9, 24] Cena na zpracování 1 tunu odpadu byla vypočtena na částku cca 2200,- Kč, kde jsou zahrnuty náklady na svoz odpadu a náklady na provoz překládacích stanic. [24]



Obr. 6 - Návrh systému nakládání se SKO z obcí a měst v Plzeňském kraji [9]

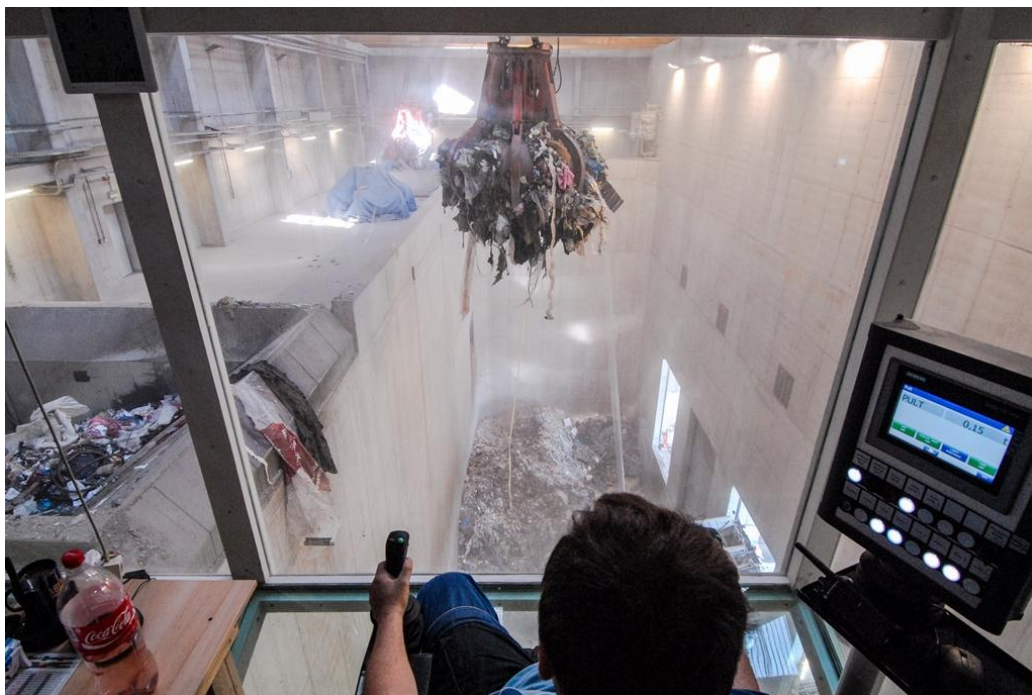
2 Popis zvolené technologie



Obr. 7 – Schématické znázornění ZEVO Chotíkov (převzato z [25])

2.1 Dovoz a využití odpadu

Celý proces začíná dovozem směsného komunálního odpadu (SKO) ve sběrných a velkoobjemových vozech nejčastěji společnosti Čistá Plzeň, s.r.o. Tyto vozy s maximální vahou 60 tun jsou na vrátnici váženy mostovou vahou a detekovány na radioaktivní odpad. Dále vozy jedou k pěti motoricky ovládaným vratům. Vrata mohou být ovládána z centrálního velínu a kabiny jeřábníka. Za vrata je železobetonový bunkr s kapacitou cca 2400 tun SKO a spaluje se to při standardním provozu 7 dní bez dovážení nového SKO. V bunkru je primární ventilátor kotle, který zabraňuje zápachu z komunálního odpadu k šíření do blízkého okolí. To je způsobeno mírným podtlakem, kdy ventilátor odsaje 40 000 m³/hod vzduchu. Dále u bunkru jsou dva mostové jeřáby firmy DEMAG s objemem drapáku 4 m³ a hydraulický drtič velkorozměrového odpadu. Odpad, který má větší rozměry než je 100 x 90 x 30 cm se musí rozdrtit. Jeřábník odpad průběžně míchá (homogenizuje). Vana bunkru je vodotěsná s vysokou odolností proti mechanickému poškození. [6, 26, 27]



Obr. 8 - Kabina jeřábníka s pohledem do bunkru (převzato z [3])

Jeřáby komunální odpad vezmou z bunkru a vloží do násypky kotle. Kotel s rokem výroby 2015 má 4 tahy a parní výkon kotle s odběrem páry pro čištění spalin 1,5 tun/hod je dimenzován na 42,38 tun za hodinu. Účinnost kotle je udána na 83,9 % se jmenovitou teplotou páry 425°C a jmenovitým tlakem 51 barů. Kotel se nejdříve musí předeřhřát na teplotu 850°C pomocí extra lehkého topného oleje. Předeřhřívání trvá přibližně čtrnáct hodin a pak teprve může dojít k zapálení komunálního odpadu. [9, 28, 29]

Spalování probíhá na roštovém topeništi, kde uvolněná tepelná energie je využívána v parogenerátoru pro výrobu páry. Tepelné zpracování v kotli má více fází, kdy se vrstva odpadu prohřívá, suší, zplyňuje, zapaluje a postupně odhořívá. To je dáno mechanickým roštem MARTIN VARIO, kterému se říká rošt s vratisuvným posuvem paliva. Rošt je nakloněn od zavážení až ke shozu škváry. Rošt je složen z pohyblivých a pevných řad roštic. Pohyb pohyblivých řad roštic směřuje nahoru a komunální odpad je svou vahou táhnut dolů. To má za důsledek, že hořící materiál se znovu posouvá pod čerstvý odpad a tím se neustále přepaluje a spalovací vrstvy se intenzivně promíchávají. Po dokončení všech fází jsou zbytky odvedeny přes mokré vynašeč škváry, kdy horká škvára padá škvárovou šachtou do vodní lázně, kde se ochladí. Do systému přepravy škváry z vodní lázně posouvá škváru vynašecí píst pomocí vynašecího žlabu. Tlakem vynašecího pístu se škvára zhutňuje. [25, 26]

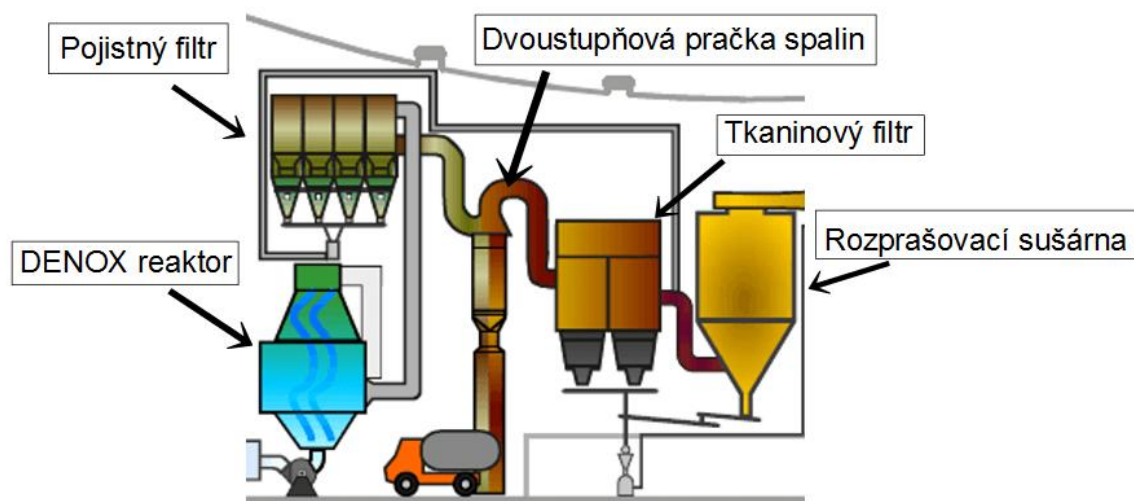


Obr. 9 - Kotel K1-ZEVO (převzato z [3])

Dále se teplo předá systému výměňkových ploch vodotrubného kotle s přirozenou cirkulací, kdy se kotel skládá ze tří otevřených vertikálních tahů spojených s konvenčním tahem. Konvenční tah je dále také složený z výparníkového svazku chránící výparník, přehříváku a ekonomizéru. [26]

2.2 Čištění spalin

V ZEVO Chotíkov se nacházejí části sloužící pro čištění vznikajících spalin. Spaliny mají škodlivý nebo neškodlivý charakter pro životní prostředí. Mezi neškodlivé prvky a sloučeniny patří kyslík, dusík, oxid uhličitý a vodní páry. Ve spalovnách je především zapotřebí odstranit ze spalin prvky a sloučeniny prostředí škodlivé a mezi ty patří oxidy dusíku (Nox), popílek (TZL), oxidy síry (SOx), chlorovodík (HxCx), dioxiny, furany a jiné látky (VOC). Čištění spalin je prováděno v rozprašovací sušárně, tkaninovém filtru, dvoustupňové pračce spalin, pojistném filtru, katalytickém reaktoru a spalinovém ventilátoru, kde dochází k odloučení škodlivých složek spalin a tím k zajištění předepsané hodnoty emisních limitů, kterou stanovuje zákon č. 86/2002 Sb. [25, 30]



Obr. 10 - Čištění spalin [26]

Proces začíná, když z kotle spaliny o teplotě cca 220 °C vstupují do rozprašovací sušárny, kde je protiproudě nastříkována suspenze vod, ve kterých se nacházejí těžké kovy a soli HCl, HF, SO₂, SO₃. V rozprašovací sušárně je umístěn rozprašovací stroj neboli atomizér a příslušenství. Tvarem sušárna představuje válcovou nádobu s plochou střechou, kuželovým dnem a spirálovým vstupním kanálem. Reakční produkty jsou po vysušení zachyceny a přepraveny do sila popílků a reakčních zbytků. [25, 26, 31]

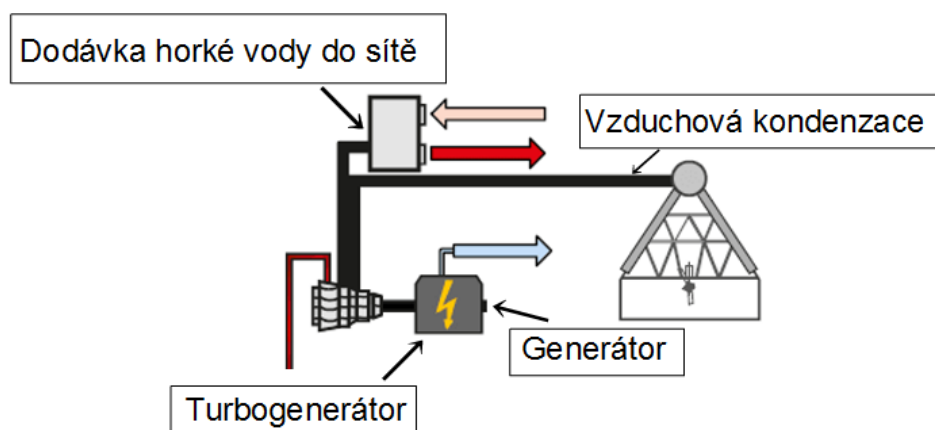
O zachycení směsi absorbentů, reakčních zbytků a popílku se postará tkaninový filtr, který je klasického hadicového provedení se čtyřmi sekcemi. Před filtrem je umístěn směšovací kus, kde se dávkuje absorbent složený ze směsi aktivního uhlí a hydroxidu vápenatého. Zde dochází k prvnímu zachycování kyselých složek a vytvoření vrstvy, ve které dochází k zachycení kyselých složek, těžkých kovů a organických látek. [25, 26, 31]

Následně spaliny vstupují do dvoustupňové pračky, kde se v první části zachytí kyselá složky a těžké kovy s pH 1-2. V prvním stupni v horní části se spaliny ochladí pomocí prací vody, která je rozprašována a nastříkována v protiproudu vedení spalin. Spaliny jsou tímto vodou propírány. Z první části jsou přes odlučovač kapek vedeny do druhého stupně pračky, který pracuje s pH 5-6. Zde jsou zachyceny sloučeniny síry. [26, 31]

Proprané spaliny putují do pojistného filtru. Tento filtr má stejnou funkci a stejné provedení jako tkaninový filtr a dochází zde k dalšímu zachycování pevných částic. Spaliny jdou znovu do směšovacího kusu, kde je dávkován absorbent ze směsi aktivního uhlí a hydroxidu vápenatého. Je to z důvodu zajištění hodnot emisí prachu, SO₂, dioxinů, furanů a těžkých kovů. [25, 26, 31]

Poslední částí procesu čištění spalin je katalytický reaktor s názvem DENOX. Slouží k účinnému rozkladu oxidů uhlíku a dioxinů. Tento katalytický reaktor je nepokročilejší technologií pro NO_x redukci. V reaktoru jsou vodivé lopatky, které slouží k rovnoměrnému šíření spalin. Pro zajištění funkce SCR se dováží čpavková voda, která se dávkuje podle potřeby do proudu spalin. Na konci celého procesu jsou vyčištěné spaliny vypouštěny komínem do atmosféry. [25, 26, 31]

2.3 Využití energie



Obr. 11 - Využití energie [26]

V kotli po spálení SKO se uvolní tepelná energie. Tato energie se využije pro výrobu elektrické energie a dodávku horké vody přes horkovodní přípojku DN 250 do sítě CZT Plzeňské teplárenské. V parní turbíně turbogenerátoru typu SST-300 se pára ve formě tlakové energie přeměňuje na elektrickou energii a část páry se odebírá k teplárenským účelům. Pára se odebírá v regulovatelných odběrech dle potřeby ve formě horké vody. Elektrická energie i horká voda se používá pro vlastní potřebu ZEVA a nadbytek jde do elektrické sítě. Vlastní elektrická spotřeba se pohybuje od 1,8 až 3 MW a přebytek je

distribuován do sítě 22 KV společnosti ČEZ Distribuce, a.s. [25, 26]. ZEVO Chotíkov předpokládá roční výrobu elektrické energie 54 198 MWh/rok. Z toho do elektrické sítě společnosti ČEZ Distribuce, a.s. dodá 36 041 MWh/rok. Přepokládaná dodávka tepelné energie do sítě centrálního zásobování teplem Plzeňské teplárenské má být 110 213,6 MWh/rok (396 769 GJ/rok), přičemž převod $1\text{J} = 2,778 \cdot 10^{-4} \text{KWh}$. [29]

2.3.1 Parní turbína

Parní turbína SST-300 je značky Siemens Industrial Turbomachinery. Pára z turbogenerátoru se zkapalní pomocí vzduchové kondenzace, která využívá atmosférický vzduch k ochlazení. Tlak páry vstupující do vzduchové kondenzace se udržuje na hranici středního a vysokého vakua. [26, 32]

2.3.2 Horkovod

Pro rozvod horké vody byla provedena rekonstrukce roku 2015, kdy se starý parovod přibližně o délce 2,3 km zrekonstruoval na horkovod 2x DN 350 z důvodu snížení telených ztát. V tom samém projektu byly současně nahrazeny parovodní výměňkové stanice za horkovodní. Rekonstrukce byla dotována EU z 60% částkou 36 052 090,- Kč a příspěvkem společnosti Plzeňská teplárenská a.s. Celkové náklady rekonstrukce parovodu činily 60 086 817,-Kč. Práce na horkovodu byly dokončeny dne 19.11.2015 a kolaudace proběhla úspěšně 25.11.2015. [22] Plzeňské sídliště Lochotín se 40 000 obyvateli je zásobeno horkou vodou 6,5 kilometrovým horkovodem. [7]

Tab. 3 - Parametry horkovodu DN 250 [22, 29]

Parametry horkovodu	
Teplonosné médium	Horká voda
Teplota teplonosného média	Zima 130°C (krátkodobě max.150°C) Léto 100°C
Průměrná teplota vratného média	68,5°C
Konstrukční tlak soustavy	2,5 MPa
Přenosová energetická kapacita	55 MW _t
Jmenovitý průtok	330 m ³ /h

2.4 Škvárové hospodářství

Zbytky ze spalování jsou skladovány v samostatném bunkru, odkud jsou dále odváženy nákladními auty na skládku nebo k druhotnému zpracování. Skládka Chotíkov je k datu 30.4.2017 z důvodu vyčerpání kapacity uzavřena. Na auta je škvára nakládána pomocí jeřábu s drápem. Škvára je z kotle vynášena mokrým vynašečem a dopravníky. Před uložením do bunkru je nad dopravníkem magnetický separátor kovů, kterým jsou železné kovy přitáhnuty a uloženy do kontejneru. [26, 33] Nekontaminovaný popílek z radiální části kotle se také mokrým vynašečem po smočení vodou uloží do bunkru s objemem 400 m³. Škodliviny podle vyhlášky č. 294/2005 Sb. budou v prvním roce provozu kontrolovány každé 3 měsíce. [29]

Kontaminovaný popílek je odlučován v konvenční části kotle a v ekonomizéru kotle a poté je uskladněn v silu. Ze sila s objemem 140 m³ je popílek pomocí vykladače s automatickou plnicí hubicí předán do cisteren a odvážen. [26, 29]

2.5 Monitorovací systém



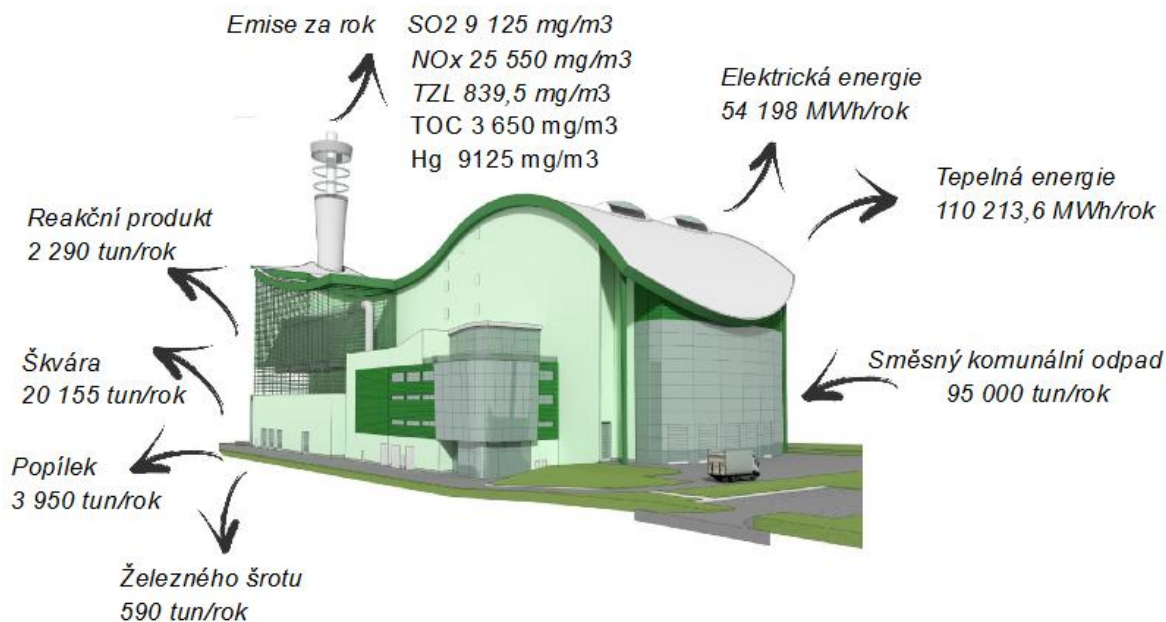
Obr. 12 – Monitorovací systém parametrů (převzato z [3])

Ve spalovně je nutné měření několika parametrů, kde jsou dány limity zákonem. Měření probíhá v tubusu komínu pomocí sond emisního monitoringu, které jsou umístěny ve výšce 19 metrů. Celý komín je vysoký 80 m. Dále se měří i parametry, které nejsou dány zákonem. Monitorovací systém měří hmotnostní koncentraci znečišťujících látek, které se vypouštějí do ovzduší. Výsledky jsou zaznamenávány, vyhodnocovány a uchovávány. [26, 34]

Dále se také měří například parní výkon kotle a parametry páry, účinnost kotle, dodávky elektřiny, emise na výstupu kotle a mnoho dalších. Měření se provádí také na zbytcích ze ZEVO jako je škvára, popílek. Při odebrání vzorků se následně vyhodnotí parametry pro vyloučení nebezpečných vlastností. [6] Kontrola těsnosti nádrží a potrubní propojení se musí provádět 2x ročně. Také se 1x do roka ověřuje správnost měření monitorovacího systému autorizovanou osobou podle § 6 odst. 5 zákona č. 201/2012 Sb.. V prvních dvou letech se musí provádět také měření hluku z provozu v denní i noční době. Musí být splněny nejvyšší přístupné hodnoty v denní době 50 dB a v noční 40 dB podle nařízení vlády č. 272/2011 Sb.. Měření provádí akreditovaná osoba a výsledky budou doložené orgánu ochrany veřejného zdraví. [29]

Roční monitoring k uplynulému roku bude ke dni 15.4.2017 doložen závěrečnou zprávou. Provozovatel zašle zprávu OŽP a KÚPK. [29]

3 Vytvoření energetické bilance



Obr. 13 - Vstupy a výstupy v ZEVO Chotíkov [9, 29]

V zařízení na energetické využití odpadů se využije energie v podobě kogenerace odváděného tepla a dodávky elektrické energie do sítě. Poměr ve výrobě tepla a elektrické energie se mění v závislosti na ročním období a teplotě. Fungování v kogeneraci využívá ideálně veškeré teplo, které je uvolněné ze spalování komunálního odpadu. Účinnost tohoto kogeneračního procesu může nabývat cca 60 % při splnění ideálních podmínek provozu.

Při vstupu 95 000 tun SKO vzniká na výstupu cca 27 000 tun zbytků, což znamená snížení odpadu o více než 1/3 hmotnosti. Z toho železný šrot se dále využívá. Možné využití má i škvára, ovšem v dnešní době ZEVO Chotíkov nemá podepsanou žádnou smlouvu o odběru a dalším využití.

3.1 Teoretické výpočty pro zhodnocení energetické bilance

Hodnoty jsou vybrány z informací případových studií a projektů. Je to z důvodu krátkého plného provozu ZEVO Chotíkov, kdy není ustálený stav spalovny. Spalovna je stále ve zkušebním provozu a zjišťuje se, jestli naměřené hodnoty odpovídají navrženým a vypočteným parametrům, emisím a účinnostem.

Vstupní směsný komunální odpad je $m=95\,000$ tun/rok a požadovaná výhřevnost pro spalování $h=10,5$ MJ/kg = 10,5 GJ/t. Z těchto hodnot je možné spočítat energii v palivu za 1 rok.

$$E_{IN} = m \cdot h \quad (1)$$

$$E_{IN} = 95\,000 \cdot 10,5 \cdot 10^9$$

$$E_{IN} = 997,5 \text{ TJ}$$

$$997,5/3,6 = 277\,083 \text{ MWh}$$

$$1 \text{ J} = 2,778 \cdot 10^{-4} \text{ KWh}$$

Kde: m ...hmotnost směsného komunálního odpadu

h ...výhřevnost paliva SKO

E_{IN} ...vstupní tepelná energie

Celková výstupní energie je rovna součtu tepelné energie a elektrické energie. Poprvé vypočtu hodnotu z celkově získané elektrické energie a při druhém výpočtu budu odečítat využitou elektrickou energii na provoz spalovny ZEVO Chotíkov viz kapitola 2.3.

Výpočet výstupní energie s celkově získané elektrické energie E_{EL} :

$$E_{OUT} = E_{IN} + E_{EL} \quad (2)$$

$$E_{OUT} = 110\,213,6 \text{ MWh} + 54\,198 \text{ MWh}$$

$$E_{OUT} = 164\,411,6 \text{ MWh}$$

Výpočet výstupní energie s elektrickou energií E_{EL} poskytnutou do distribuční sítě společnosti ČEZ Distribuce, a.s.:

$$E_{OUT} = E_{IN} + E_{EL} \quad (2)$$

$$E_{OUT} = 110\,213,6 \text{ MWh} + 36\,041 \text{ MWh}$$

$$E_{OUT} = 146\,254,6 \text{ MWh}$$

Z vypočtené výstupní energie lze vypočíst celkovou teoretickou účinnost kogeneračního cyklu η .

Výpočet celkové teoretické účinnosti získané z celkové elektrické energie:

$$\eta = (E_{OUT} / E_{IN}) \cdot 100 \quad (3)$$

$$\eta = (164\,411,6 / 277\,083) \cdot 100$$

$$\eta = 59,33 \%$$

Výpočet celkové teoretické účinnosti po odečtení vlastní spotřeby spalovny:

$$\begin{aligned}\eta &= (E_{\text{OUT}} / E_{\text{IN}}) \cdot 100 & (3) \\ \eta &= (146\,254,6 / 277\,083) \cdot 100 \\ \eta &= 52,78 \%\end{aligned}$$

Kde: E_{OUT} ...výstupní energie
 E_{IN} ...vstupní tepelná energie
 E_{EL} ...elektrická energie
 η ... účinnost cyklu

Z toho vyplývá, že účinnost kogeneračního cyklu při splnění ideálních podmínek provozu po odečtení vlastní spotřeby je na úrovni 53 % a celková účinnost z celkové vyrobené energie je 59 %.

4 Porovnání ZEVO Chotíkov s ostatními zařízeními tohoto druhu

4.1 V České republice

V České republice jsou v provozu 4 zařízení na energetické využití komunálního odpadu. Největší zařízení tohoto typu v České republice se nachází v Praze, druhé v Brně, třetí v Liberci a nejnovější v Chotíkově. ZEVO Chotíkov je nejmodernější zařízení na spalování odpadu v celé Evropě. V roce 2015 bylo v České republice vyprodukováno 5,3 mil. tun komunálního odpadu a 47 % z toho je dále využíváno. [35]

4.1.1 ZEVO Malešice

Spalovna v pražských Malešicích společnosti Pražské služby, a.s. byla uvedena do trvalého provozu roku 1998. Je to v České republice největší zařízení na energetické využití komunálního odpadu. S roční kapacitou 310 000 tun odpadu vyrobí tepelnou a elektrickou energii pro cca 20 000 domácností. Hlavní město Praha dodává do spalovny 80% veškerého komunálního odpadu. Spalovna od počátku byla technicky vylepšována z důvodu snížení emisí a zvýšení účinnosti. Hlavní mezníky ve vylepšení byly v letech 1999, 2007 a 2010. Kdy v roce 1999 bylo ve spalovně zapojeno zařízení pro zachycení rtuti a

dioxinů pomocí selektivní redukce bez katalyzátorů (SNCR). DeNOx technologie a další snížení emisí dioxinů pomocí dioxinových filtrů dne 17.10. 2007. Rok 2010 přinesl zapojení nové kondenzační turbíny a katalyzátory pro snížení oxidů dusíku. Spalovna emisní normy dané zákonem bezpochyby splňuje. Základ ZEVO Malešice tvoří 4 kotle s válcovými rošty. Každý kotel zvládne spálit 15 tun komunálního odpadu za hodinu. Pro odvod spalin do ovzduší je použit 177,5 metrů vysoký komín. [23, 36–38]



Obr. 14 – ZEVO Malešice (převzato z[39])

4.1.2 Spalovna SAKO, a.s.

Spalovna SAKO, a.s. je nejstarší zařízení na energetické využití komunálního odpadu a vlastníkem je statutární orgán město Brno. Brněnská spalovna vyrábí teplo i elektrickou energii. V České republice jako první tohoto druhu je od roku 1905, ale ve druhé světové válce byla zbombardována. Do provozu byla opět uvedena roku 1989, kdy ve spalovně byly namontovány dva kotle s válcovými rošty. Roku 1994 byl uveden do provozu 2. stupeň čištění spalin. Poté v letech 2008-2010 přišla velká inovace, kdy se vyměnily kotle, namontovaly turbíny s elektrickým výkonem 22,7 MW_E, nové filtrační zařízení, vzduchový kondenzátor. Spouštění provozu proběhlo v roce 2010 s kapacitou spalovny 248 000 tun odpadu za rok. [40, 41]



Obr. 15 – Spalovna SAKO Brno, a.s. (převzato z [42])

4.1.3 Spalovna Termizo, a.s.

Spalovna Termizo, a.s. je v provozu od roku 1999 v Liberci a je zařízením na energetické využívání odpadů s roční kapacitou 96 000 tun. ZEVO pracuje jako kogenerační zdroj na výrobu elektrické energie pro vlastní chod celé spalovny a ještě dodává do sítě 13 GWh, což odpovídá roční spotřebě cca 3 000 domácností. Vyrobené teplo zásobuje cca 17 000 domácností a dokáže nahradit 30 mil. m³ zemního plynu. Liberecká spalovna byla oceněna titulem Stavba roku 2000 za náročnou průmyslovou funkci při dodržení ekologických podmínek. Celá spalovna má pouze 37 zaměstnanců. [43]



Obr. 16 – Spalovna Termizo, a.s. (převzato z [44])

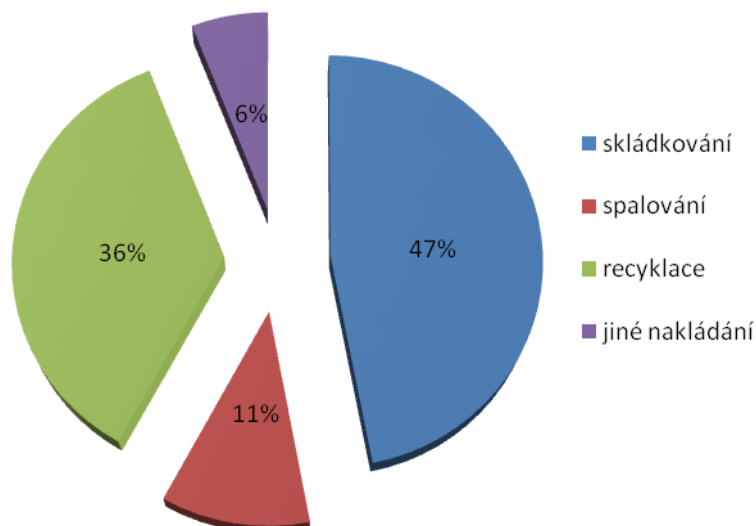
4.1.4 Další projekty

Jeden z projektů plánuje firma Terea ve městě Cheb. Investor měl v plánu zrealizovat malou spalovnu komunálního odpadu na 20 tisíc tun ročně. Vyrábělo by se tam pouze teplo a při 20 000 tun by vyrobilo 111 000 GJ tepla. Investice by se měla pohybovat cca 200 mil korun a návratnost se předpokládá na 10-15 let. [45] Teplo by se dodávalo do veřejné otopné soustavy v Chebu. V roce 2012 byla představena dokumentace a dále bylo nařízeno posouzení vlivu na životní prostředí EIA, které dopadlo souhlasem s podmínkami, který musí být splněny. Projekt se zastavil na získání potřebných povolení. [46]

Podle generálního ředitele Mgr. Tomáše Drápela by bylo možné v České republice vybudovat další 3 ZEVO. Jednalo by se o místa blízko velkých měst, které mají rozvinutý centrální zásobování tepla z důvodu vyšší účinnosti. Vhodné místo by bylo v severních Čechách u Mostu či severní Moravě u Opatovic. Pálí se zde černé uhlí a bylo by možno to nahradit energetickým spalování komunálního odpadu. [47] Ministerstvo životního prostředí hovoří o vzniku ZEVO v Mělníku a v Komořanech [48]. Také se vypracovávají studie proveditelnosti zařízení pro energetické využití odpadů na Vysočině.

Tab. 4 - Zhodnocení spaloven SKO v ČR [1, 23, 43, 49]

	ZEVO Chotíkov	SAKO, a.s. Brno	ZEVO Malešice	Termizo, a.s. Liberec
Uvedení do provozu	2016	1989	1998	1999
Kapacita zařízení [t/rok]	95 000	248 000	310 000	96 000
Roční dodávka tepla [TJ]	400	950	1 000	700
Roční dodávka el. energie [GWh]	36	55	70	13
Počet spalovacích linek	1	2	4	1



Obr. 17 - Graf Způsobů nakládání s komunálním odpadem v ČR v roce 2015 [50]

4.2 V Evropě

Lidé ve vyspělých zemích Evropy vnímají zařízení na energetické využití komunálního odpadu jako samozřejmost. Některé státy mají úplný zákaz skládkování a komunální odpad recyklují nebo energeticky zpracují. Tím je ovlivněna i jejich početnost v jednotlivých státech. Méně vyspělé státy ve větší míře SKO skládkují. V Evropě je v provozu přes 500 spaloven.

4.2.1 Švýcarsko

Švýcarsko vsází na více spaloven a tím ušetří za dovážení komunálního odpadu. Dále je Švýcarsko nejvyspělejším státem v odpadkovém hospodářství, má úplný zákaz skládkování a musí tedy komunální odpad energeticky nebo látkově využít, přičemž 45 % komunálního odpadu použije na recyklaci a 55 % na energetický využití odpadu. [51]

4.2.2 Švédsko

Švédsko je neuvěřitelně úspěšné v recyklaci, kdy pouhý 4 % komunálního odpadu se skládkuje. Zbytek se recykluje nebo využívá jako palivo. Za rok průměrně zrecyklují 1,5 mld. lahví a plechovek. Ve Švédsku je 32 zařízení na energetické vyžití odpadů. Komunální odpad musí pro své spalovny dovážet. Z Dánska, Itálie, Irska, Norska a Velké Británie se za rok doveze 800 000 tun komunálního odpadu. Tyto státy jsou vybrány z důvodu námořní dopravy, která umožňuje levnou a relativně ekologicky šetrnou dopravu

komunálního odpadu. Zařízení na energetické využití odpadu vytvoří 20 % dálkového vytápění a poskytne elektrickou energii pro cca 250 000 domácností. [52–54]

4.2.3 Nizozemsko

Zařízení na energetické využití odpadu v Nizozemsku dodávají téměř 12 % celkové produkce energie. Využívají to jako efektivní zdroj elektrické energie, dálkového vytápění nebo chlazení. Zařízení v Nizozemsku nahrazují fosilní paliva a tím přispívají ke snížení oxidu uhličitého. Zbytkový popel, škváru a železný šrot využívají ve stavebních projektech jako např. plnicí materiál při stavbě silnic. Popílek a jiné zbytky z čištění spalin se posílají do specializovaných zařízení. Sádra se extrahuje a je použita ve stavebnictví. [55, 56]

Největší zařízení na energetické využití odpadu v Evropě je v západní části Amsterdamu. Zařízení s roční kapacitou 1 400 000 tun je jednou ze sedmy největších a nejmodernějších spaloven na světě. Spalovna nevyužívá jen vyrobenou elektrickou energii a teplo, ale využívá i zbylý odpad. Odpadová a energetická společnost města Amsterdam (AEB) je největší světová společnost zabývající se odpadem. Společnost se skládá ze zařízení na energetické využití odpadu (AEC), dovezení odpadu do spalovny (HRC) a skladu nebezpečných odpadů. Zaměstnává přibližně 400 zaměstnanců. Za rok vyrobí cca 1 TWh elektrické energie, která je dostatečná pro cca 320 000 domácností. Zařízení také dodává až 600 TJ tepla pro místní vytápění. Unikátem této spalovny je čistý elektrický výkon dosahující přes 30 %. Evropským průměrem je 22 %. [56, 57]



Obr. 18 – AEB Amsterdam (převzato z [56])

Tab. 5 - Porovnání v Evropě roku 2014 [58, 59]

	Obyvatel na 1 ZEVO [tisíc]	Spáleného SKO [milion tun]	počet ZEVO	Počet obyvatel 2015 [mil]
Dánsko	218	3,5	26	5,7
Švýcarsko	276	3,8	30	8,3
Norsko	306	1,58	17	5,2
Švédsko	297	5,7	33	9,8
Lucembursko	570	0,13	1	0,57
Francie	530	14,7	126	66,81
Německo	822	25	99	81,4
Itálie	1 414	6,3	43	60,8
Velká Británie	2 036	7,9	32	65,14
Slovensko	2 712	0,19	2	5,4
Česká republika	2 637	0,75	4	10,6
Portugalsko	3 450	0,97	3	10,35
Maďarsko	9 850	0,4	1	9,85
Polsko	38 000	0,04	1	38
Finsko	609	1,2	9	5,5
Španělsko	3 868	2,5	12	46,42

4.3 Ve světě

Lidé po celém světě vyprodukují téměř 2,1 miliardy tun komunálního odpadu ročně. Kdyby se všechen odpad energeticky využil, tak by vzniklo teplo, které by pokrylo cca 10 % roční spotřeby elektrické energie. [60]

4.3.1 USA

Spojené státy americké mají 22 států se zařízeními na energetické využití komunálního odpadu. Celkem v USA je 77 zařízení, kdy ve větší míře fungují pouze na generování elektrické energie. Na výrobu elektrické energie je postaveno 59 zařízení, 3 zařízení na výrobu páry a pouhých 15 zařízení na kogeneraci. Denně spalovny komunálního odpadu spotřebují 95,023 tun a vyrobí z toho 2,547 MW_E a 2,75 MW_T. Podle studie pana Eileena Berenyi vytváří zařízení na energetické využití odpadů hrubé hospodářské výsledky částkou 5,6 miliard amerických dolarů. Zařízení poskytují téměř 14 000 pracovních pozic. Důležité přínosy jsou pro USA ve výnosech, zaměstnanosti a pracovních příjmech. [61]

Americký zaměření na výstavbu zařízení na energetické využití odpadů vedl ke snížení rtuti a emisí těžkých kovů o 99 % a emise dioxinů a furanu o 99,9 %. V USA se recykluje odpad většinou na pobřežních státech a zařízení na energetické využití odpadů je z převahy na východním pobřeží. Převládají zde 3 dominantní technologie spalovacích roštů od firem Martin, Von Roll a Keppel-Seghers. Podle shromážděných údajů amerického průmyslu v průměru 1 spálená tuna SKO v moderní ZEVO vytváří 600 KWh elektrické energie, co má za důsledek ušetření 25 % spotřeby uhlí. Dále bylo ze studií zjištěno, že ZEVO snižuje emise oxidu uhličitého do atmosféry. Oproti skládkování snižuje emise skleníkových plynů o 1 tunu CO₂ na tunu spáleného SKO. Tím jsou v USA sníženy emise oxidu uhličitého cca o 26 mil. tun. Za rok se z odpadu zrecykluje 702 727 tun a škvára a popel se využívá k výstavbě silnic. Mezi výhody ZEVO počítají životnost s řádnou údržbou na více než 30 let. Dále požadovaná půda pro výstavbu je mnohem menší než pro skládkování a také po určité době může být místo zařízení na energetické využití odpadů postavena nová elektrárna. Na místě skládkování se již dále nic stavět nemůže. [62]



Obr. 19 - Mapa zařízení na energetické využití odpadů v USA roku 2010 [63]

4.3.2 Asie

Asie vnímá energii z energetického využití odpadů jako další obnovitelný zdroj. První spalovací zařízení v Japonsku bylo postaveno roku 1924. První spalovna strojů podle japonské technologie byla dokončena roku 1960 a první zařízení na energetické využití

odpadu podle evropské technologie byla dokončena 5 let poté. Od roku 1997 jsou dané přesné pokyny na likvidaci odpadů a limity dioxinů. Čína měla roku 2001 v provozu 34 spaloven a roku 2009 měla v provozu 93 zařízení. V Japonsku bylo v provozu v roce 2009 cca 800 zařízení, v Číně 93, v Korei 15 a na Thaiwanu 24 zařízení na energetické využití odpadu. [64, 65]



Obr. 20 – Asaminami Kojo (převzato z[66])

5 Zhodnoťte získané poznatky a navrhňte alternativy

Společnost Plzeňská teplárenská, a.s. využívá více zdrojů pro výrobu elektřiny a tepla. Základním zdrojem je uhlí a dále je to biomasa a elektrické využití komunálního odpadu. Pro využívání čisté biomasy se využívá energetický blok z kotle K7 a turbína TG3 s tepelným výměníkem ŠO3. V kotli K6 se spalují dřevní štěpky společně s uhlím a slámovými peletami v kotlích K4 a K5. Biomasa se získává buď z cíleně pěstovaných rychle rostoucích dřevin, štěpek z lesní těžby, travních porostů a obilnin. Jako pomocné palivo se používají pelety EKOVER. Společnost Plzeňská teplárenská, a.s. využívá odvodněného pivovarského mláta se spotřebou 25 000 tun/rok z Plzeňského Prazdroje. Za rok spálí v zařízení na využití čisté biomasy v kotli K7 cca 115 000 tun. Celkem za rok 2015 využili 285 805 tun dřevních štěpek a 529 194 tun uhlí a zvodněných mourových

kalů. Využitím biomasy společnost ušetří 80 000 tun uhlí za rok. Pro snížení spotřeby uhlí dále napomáhá ZEVO Chotíkov, které nahradí cca 80 000 tun uhlí za rok. [9, 22, 67]

5.1 Ekonomické alternativy

ZEVO Chotíkov s kapacitou 95 000 tun komunálního odpadu za rok má přímý svoz SKO cca 60 000 tun/rok. Zbylé množství se dováží přes překládací stanice. Tímto způsobem, aby ZEVO Chotíkov mělo naplněnou svoji kapacitu, tak se prodražují náklady na dopravu SKO do spalovny. Možnost snížení nákladů, je snížení množství cest či snížení samotných nákladů na tyto cesty. V některých státech to mají vyřešené železniční dopravou, což je ekonomicky výhodnější než doprava ve velkoobjemových vozech. Podle společnosti Max Aicher Bischofswerda je nejlepším variantou směsný komunální odpad slisovat a snížit tím objem až o cca 75 %. Tím je ušetřeno na větší vzdálenosti za dopravu a spalovna zvyšuje ziskovost [68].

Možnost pro Českou republiku je také ve výstavbách menších zařízení na energetické využití odpadů, čímž se sníží celkové náklady na výstavbu a také na svoz komunálního odpadu, či provoz spalovny. Odpad by se mohl svážet jen z bezprostředního rádiusu určitého města. Takovýto projekt se studuje v Chebu, kde by se využívalo 20 000 tun SKO za rok. Vyčíslená stavba v projekci je cca 200 mil. Kč. Z jednoduchého uvážení, že ZEVO Chotíkov byl postaven firmou ČKD PRAHA DIZ, a.s. za téměř 2 mld. Kč bez DPH. Je tedy možné místo 1 velké spalovny postavit 10 malých spaloven. Problém je ale v tom, že legislativa v České republice je problematická a tedy jakákoli investice a výstavba je zdlouhavá. Legislativa a vyřizování mnoha nařízení, dokumentů a povolení odrazuje investory, kteří by o to měli potenciální zájem. Další znepríjemnění projektů jsou lidé, kteří proti těmto stavbám demonstrují. Další překážkou může být málo rozvinuté centrální zásobování tepla ve městě.

Vhodné ekonomické využití mají i zbytky ze spalování v ZEVO. Zaměřil bych se tedy na možnou spolupráci se stavební a dopravní společností, která by za určitých podmínek byla schopná škváru využívat. To by vedlo ke zlepšení životního prostředí a ušetření jiného materiálu. V tuto chvíli se totiž škvára zakopává na skládku bez jediného využití. ZEVO Chotíkov by tedy využíval další výstup ze zařízení a vedlo by to k nižším nákladům společnosti. Věřím, že o těchto poznatcích vedení Plzeňské teplárenské, a.s. ví,

zaobírá se jimi a do budoucnosti vzniknou návrhy a dohody se společnostmi v oboru stavitelství v blízkosti města Plzeň.

Závěr

Po celém světě každý den vzniká přes 500 tisíc tun odpadu. Vyspělé státy v dnešní době mají úplný zákaz skládkování, odpad recyklují a nebo energeticky využijí. Česká republika bohužel k těmto státům nepatří. U nás v tuto chvíli jsou 4 zařízení na energetické využití odpadu a na jedno ZEVO připadá 2 637 lidí. Průměrně člověk za jeden rok vyprodukuje cca 500 kg komunálního odpadu. Nejrozšířenější nakládání s odpadem je u nás stále skládkování, kdy takto končí 47 % komunálního opadu. Zahrabávání odpadu do země není nekonečné. Skládky mají určitou kapacitu a mnoho z nich už jí mají téměř vyčerpanou. Z tohoto důvodu byla 30.4.2017 zavřena skládka Chotíkově. Vhodné je začít se těmito zařízeními na energetické využití více zabývat, ulehčit problematiku ve směru rychlejšího vyřízení projektu. Přesvědčit lidi, že není třeba proti těmto zařízení demonstrovat. Základním problémem je neznalost problematiky spalování odpadů a nakládání s odpady. Komunální odpad lze klasifikovat za obnovitelný zdroj energie s relativně vysokou účinností v kogeneraci s nízkým dopadem na životní prostředí. Je třeba si uvědomit, že díky nezahrabávání odpadu pod půdu se dá ušetřit několik desítek tisíc tun uhlí v teplárnách.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] ZEVO PLZEN. *O ZEVO Chotíkov* [online]. 2015 [vid. 2017-02-21]. Dostupné z: <http://www.zevoplzen.cz/o-nas>
- [2] PLZEN.CZ. *Svoz odpadu* [online]. 2016 [vid. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://plzen.cz/tag/svoz-odpadu/page/2/>
- [3] PLZEN.EU. *Aktuality* [online]. 2016 [vid. 2017-02-18]. Dostupné z: <http://www.plzen.eu/obcan/aktuality/z-mesta/spalovna-v-chotikove-slavnostne-zahajila-plny-provoz-pojme-denne-az-300-tun-odpadu.aspx>
- [4] TEPLARENSKA, Plzenska. *Ekologický projekt roku 2015* [online]. 2016 [vid. 2017-02-22]. Dostupné z: http://www.plzenskateplarenska.cz/upload/Image/ekologicky_projekt_roku.png
- [5] PLZEŇ, ZEVO. *Projekt roku 2016* [online]. 2017 [vid. 2017-05-24]. Dostupné z: <https://www.zevoplzen.cz/novinky/projekt-roku-2016>
- [6] TEPLARENSKA, Plzenska. *Ing.Pavel Drápel .pdf*. 2016.
- [7] OENERGETICE.CZ. *Začala se zpracováním odpadu* [online]. 2016 [vid. 2017-02-21]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/spalovna-chotikov-plzen-zacala-se-zpracovanim-odpadu/>
- [8] PLTEP.CZ. *Odpady-problém 21.století* [online]. 2013 [vid. 2017-02-20]. Dostupné z: http://www.pltep.cz/index.php?goto=news&sekce=tisk_info&nid=56&lng=cz
- [9] DRÁPELA, Ing.Pavel. *ZEVO Chotíkov* [online]. 2015. Dostupné z: <http://docplayer.cz/8394203-Spalovna-zevo-chotikov.html>
- [10] ZEVO PLZEŇ. *Historie* [online]. 2015 [vid. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://www.zevoplzen.cz/historie>
- [11] CENTROPROJEKT.CZ. *Spalovna Chotíkov* [online]. 2015 [vid. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://www.centroprojekt.cz/en/reference/zevo-chotikov-incineration-plant/>
- [12] ŠŤASTNÁ, Jarmila. *Spalovna v Chotíkově zahájila provoz* [online]. 2016 [vid. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/spalovna-v-chotikove-zahajila-provoz/>
- [13] PLZEN.CZ, Apb. *ZEVO Chotíkov* [online]. 2014 [vid. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://www.apb-plzen.cz/zevo-chotikov#p2>
- [14] CZMONT.SK. *Objekt ZEVO Chotíkov* [online]. 2015 [vid. 2017-02-21]. Dostupné z: http://czmont.sk/admin/galleries/zevo-chotikov-cr/chotikov_04.jpg
- [15] OENERGETICE.CZ. *Zahájení plného provozu* [online]. 2016 [vid. 2017-02-21]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/spalovna-odpadu-v-chotikove-u-plzne-zahajila-plny-provoz/>
- [16] MACHANÍČEK, Bc. Martin. *Porovnání emisí škodlivin ze zařízení na energetické využívání odpadů, spaloven odpadů a klasických energetických zdrojů. Diplomová práce* [online]. 2013 [vid. 2017-05-10]. Dostupné z: <https://otik.uk.zcu.cz/bitstream/11025/10043/1/E10N0176P.pdf>
- [17] KAUFMANN, Pavel. *Energetické využití odpadu ve Švýcarsku* [online]. 2011 [vid. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/ve-svycarsku-se-energetickeho-vyuziti-komunalniho-odpadu-neboji/>
- [18] KIC-ODPADY.CZ. *Jak to chodí* [online]. 2016 [vid. 2017-03-04]. Dostupné z: <http://kic-odpady.cz/jak-to-chodi.html>
- [19] OENERGETICE.CZ. *Povolení ke zkusebnímu provozu* [online]. 2016 [vid. 2017-02-21]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/spalovna-u-plzne-za-21-mld-kc-ma-povoleni-ke-zkusebnimu-provozu/>

- [20] ENERGETIKA.TZB. *Energie z odpadu* [online]. 2014 [vid. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://energetika.tzb-info.cz/energie-z-odpadu/11897-spalovny-odpadu-odpad-jako-palivo>
- [21] BYZNYS.LIDOVKY.CZ. *Zpoždění provozu* [online]. 2016 [vid. 2017-02-21]. Dostupné z: http://byznys.lidovky.cz/supermoderni-spalovnu-vyradili-aktiviste-jej-spanek-vyjde-az-na-150-milionu-179-/statni-pokladna.aspx?c=A160115_120635_statni-pokladna_pave
- [22] PLTEP.CZ. *Zpráva o činnosti 2015* .pdf. 2015.
- [23] PRAZE, Univerzita Karlova V, Katedra CHEMIE a A Didaktiky CHEMIE. *Diplomová práce* .pdf [online]. 2009 [vid. 2017-05-20]. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/18821/1/DP_ZEVO_Jiri_Tvrdy.pdf
- [24] TIC. *Studie proveditelnosti integrovaného systému nakládání s komunálními odpady v území Plzeňského kraje* [online]. Dostupné z: www.plzensky-kraj.cz/cs/system/files/1004824110427113726.doc%0A
- [25] OENERGETICE.CZ. *Trnitá cesta spalovny* [online]. 2016 [vid. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/zevo-chotikov-trnita-cesta-moderni-spalovny-odpadu/>
- [26] ZEVO PLZEŇ. *Princip* [online]. 2015 [vid. 2017-02-20]. Dostupné z: <http://www.zevoplzen.cz/princip>
- [27] ZEVO PLZEŇ. *Svoz odpadu* [online]. 2015 [vid. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.zevoplzen.cz/svoz-odpadu>
- [28] PLZENSKY.DENIK.CZ. *Chotíkov palí první odpad* [online]. 2016 [vid. 2017-02-22]. Dostupné z: http://plzensky.denik.cz/zpravy_region/spalovna-v-chotikove-uz-pali-prvni-odpad-20160420.html
- [29] PROSTŘEDÍ, Odbor Životního. *Krajský úřad plzeňského kraje 2015* [online]. 2015 [vid. 2017-05-09]. Dostupné z: http://www.mzp.cz/www/ippc4.nsf/xsp/.ibmmodres/domino/OpenAttachment/www/ippc4.nsf/091126958662B146C1257E97003FFA30/files/Rozhodnutí_o_změně_č.1_IP-Plzeňská_tepelárenská,_a.s.-ZEVO_Chotikov.pdf
- [30] ENERGIE, Odpad je. *Zpracování skvavy a popílku* [online]. 2008 [vid. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces/zachyceni-popilku-zpracovani-skvavy-a-popilku-cisteni-spalin>
- [31] EKOLOGIE, Katedra elektroenergetiky a. Kogenerační technologie ve spalovnách KO .pdf [online]. 2013, 41–49. Dostupné z: https://www.google.cz/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&cad=rja&uact=8&ved=0ahUKEwi7tPSdyIjUAhXqDpoKHfTKDbUQFggpMAE&url=https%3A%2F%2Fotik.uk.zcu.cz%2Fbitstream%2F11025%2F18745%2F1%2FBP_Martin_Hejtmanek.pdf&usg=AFQjCNEz34Wdcvu8idTOZSTvIBgA48_N6Q
- [32] TECHNICKÝ TÝDENÍK. *Inovace turbinové rady sst300* [online]. 2006 [vid. 2017-03-04]. Dostupné z: http://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/inovace-turbinove-rady-sst300_14176.html
- [33] ZEVO PLZEŇ. *Ukončení provozu skládky* [online]. 2017 [vid. 2017-04-24]. Dostupné z: <https://www.zevoplzen.cz/novinky/ukonceni-provozu-skladky>
- [34] ZEVO PLZEŇ. *Monitoring* [online]. 2015 [vid. 2017-02-21]. Dostupné z: <http://www.zevoplzen.cz/monitoring>
- [35] ČR, MŽP. *Souhrnná data o odpadovém hospodářství ČR v letech 2009 - 2015* .pdf [online]. 2015 [vid. 2017-04-22]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_hospodarstvi_data_2015/\\$FILE/OODP-Souhrnna_data_2009_2015-20160930.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/odpadove_hospodarstvi_data_2015/$FILE/OODP-Souhrnna_data_2009_2015-20160930.pdf)

- [36] ALLFORPOWER.CZ. *Kogenerační jednotka denox* [online]. 2010 [vid. 2017-03-05]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/v-prazskych-malesicich-se-stavi-kogeneracni-jednotka-a-zarizeni-denox/>
- [37] DOCPLAYER.CZ. *Zevo malesice* [online]. 2016 [vid. 2017-03-05]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/19708801-Zavod-na-energeticke-vyuziti-odpadu-zevo-malesice-www-psas-cz.html>
- [38] PSAS.CZ. *ZEVO* [online]. 2017 [vid. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://www.psas.cz/index.cfm/sluzby-firmam/zarizeni-pro-energeticke-vyuzivani-odpadu/energeticke-vyuzivani-odpade5af/>
- [39] SPŠST. *exkurze ZEVO Malešice* [online]. 2014 [vid. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.panska.cz/exkurze-v-zevo-malesice>
- [40] SAKO.CZ. *Spalovna-zarizeni na energeticke vyuzivani komunalniho odpadu* [online]. 2017 [vid. 2017-02-22]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/256/spalovna-zarizeni-na-energeticke-vyuzivani-komunalniho-odpadu/>
- [41] LODA.KOMINARI.CZ. *Kominari* [online]. 2009 [vid. 2017-04-01]. Dostupné z: <http://koda.kominari.cz/?action=karta&cislo=1232>
- [42] SAKO BRNO, A.s. *Spalovna SAKO, a.s.* [online]. 2017 [vid. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/upload/1375861286.JPG>
- [43] TMZ.MVV.CZ. *Základní informace* [online]. 2017 [vid. 2017-03-04]. Dostupné z: <http://tmz.mvv.cz/o-spolecnosti/zakladni-informace/>
- [44] KOSÁK, Josef. *Spalovna Termizo, a.s. Klub českých turistů* [online]. 2015 [vid. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.kct.cz/cms/eurorando-2016-vytipovana-mista-liberecko>
- [45] HOUDEK, Michal. *spalovna v Chebu. idnes.cz* [online]. 2013 [vid. 2017-05-03]. Dostupné z: http://vary.idnes.cz/spalovna-v-chebu-podle-posudku-neovlivni-zivotni-prostredi-plh-/vary-zpravy.aspx?c=A131114_1999663_vary-zpravy_slv
- [46] ARNIKA.ORG. *Spalovna Cheb* [online]. 2016 [vid. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://arnika.org/planovana-spalovna-odpadu-cheb>
- [47] DRÁPELA, Mgr. Tomáš. *ZEVO Chotíkov a budoucnost spaloven u nás. TV Municipal* [online]. 2017 [vid. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://odpady-online.cz/video/zevo-chotikov-a-budoucnost-spaloven-u-nas/>
- [48] ČTK. MŽP: *V ČR by mohly vzniknout další dvě ZEVO. Oenergetice* [online]. 2017 [vid. 2017-05-03]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/mzp-v-cr-by-mohly-vzniknout-dalsi-dve-zarizeni-pro-energeticke-vyuziti-odpadu/#comments>
- [49] ING. BERAN, Pavel. *Odpady 2011* [online]. 2011 [vid. 2017-04-22]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/18271112-Odpady-2011-zkusenosti-s-provozem-zevo-spalovna-malesice-brno-25-5-2011-ing-pavel-beran.html>
- [50] MŽP, ČR. *Produkce komunálních odpadů v ČR* [online]. 2015 [vid. 2017-05-03]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/produkce_nakladni_odpady_2015/\\$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2015-20161005.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/produkce_nakladni_odpady_2015/$FILE/OODP-Produkce_a_nakladani_2015-20161005.pdf)
- [51] EVROPA, ČR a. Švýcarsko. *Odpad je energie* [online]. 2016 [vid. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.odpadjeenergie.cz/svet-a-cr/cr-a-evropa/svycarsko>
- [52] HÁJEK, Martin. *Švédsko a odpad* [online]. 2016 [vid. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://denikreferendum.cz/clanek/22938-jak-je-na-tom-svedsko-s-odpady>
- [53] SCIENCE, Tech & Environment. *Sweden imports waste from European neighbors to fuel waste-to-energy program* [online]. 2012 [vid. 2017-05-03]. Dostupné z: <https://www.pri.org/stories/2012-06-26/sweden-imports-waste-european-neighbors-fuel-waste-energy-program>

- [54] BARNES, Sara. *Recyklace ve Švédsku* [online]. 2016 [vid. 2017-05-25]. Dostupné z: <https://www.buzzworthy.com/sweden-good-recycling-import-trash/>
- [55] ASSOCIATION, Dutch Waste Management. *Waste to energy in the Netherlands* [online]. 2017 [vid. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.wastematters.eu/about-dwma/activities/waste-to-energy/activities-in-the-netherlands.html>
- [56] AEB AMSTERDAM. *Waste to energy* [online]. 2017 [vid. 2017-05-25]. Dostupné z: <http://www.aebamsterdam.com/>
- [57] STANISLAV, Ing.Cieslar. *Odpadová a energetická společnost města Amsterdam* [online]. 2010 [vid. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/odpadova-a-energeticka-spolecnost-mesta-amsterdam-nejvetsi-spalovna-na-svete/>
- [58] CWEP.EU. *waste to energy plants in Europe 2014* [online]. 2014 [vid. 2017-04-24]. Dostupné z: http://www.cewep.eu/information/data/studies/m_1488
- [59] BANKA, Světová. *počet obyvatel* [online]. 2015 [vid. 2017-04-24]. Dostupné z: https://www.google.cz/publicdata/explore?ds=d5bncppjof8f9_&met_y=sp_pop_totl&idim=country:CHE:SWE:AUT&hl=cs&dl=cs#!ctype=l&strail=false&bcs=d&nselem=h&met_y=sp_pop_totl&scale_y=lin&ind_y=false&rdim=region&idim=country:CHE:SWE:AUT:LUX:FRA:DEU:ITA:GBR:SVK:CZ
- [60] GLOBALGREEN. *Waste to energy* [online]. 2017 [vid. 2017-05-22]. Dostupné z: <https://www.thinkglobalgreen.org/wte.html>
- [61] TED MICHAELS a IDA SHIANG. *Energy Recovery council* [online]. 2016 [vid. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://energyrecoverycouncil.org/wp-content/uploads/2016/06/ERC-2016-directory.pdf>
- [62] PSOMOPOULOS, C. S., A. BOURKA a N. J. THEMELIS. Waste-to-energy: A review of the status and benefits in USA. *Waste Management* [online]. 2009, **29**(5), 1718–1724. ISSN 0956053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2008.11.020
- [63] COUNCIL, Data: Energy recovery. *WtE map in the U.S.A.* [online]. [vid. 2017-05-23]. Dostupné z: <https://need-media.smugmug.com/Graphics/Graphics/i-ssT4Jtb/A>
- [64] TSUKAHARA, Masanori. Presentation of Japanese technology of waste to energy [online]. 2014, 21. ISSN 0956-053X. Dostupné z: doi:10.1016/j.wasman.2008.11.020
- [65] DONG, Yani. Development of Waste To Energy in China; and Case Study of the Guangzhou Likeng WTE plant [online]. 2011, (December), 35. Dostupné z: http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Dong_thesis.pdf
- [66] INDUSTCARDS.COM. *Waste to energy plants in Japan* [online]. [vid. 2017-05-31]. Dostupné z: <http://www.industcards.com/wte-japan.htm>
- [67] PLTEP. *Zelená energie* [online]. 2017 [vid. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.pltep.cz/index.php?goto=text&sekce=Ar5bXRIQ&tid=V8TSTGNc&lng=cz>
- [68] STANISLAV, Ing.Cieslar. *Konference WtE 2017* [online]. 2017 [vid. 2017-05-22]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/konference-waste-to-energy-2017-ruznorode-nazory-na-nakladani-s-komunalnim-odpadem-na-jednom-miste/>

