



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

POTENCIÁL TERMICKÉHO VYUŽITÍ ODPADU V ČR

POTENTIAL OF THERMAL UTILIZATION OF WASTE IN THE CZECH REPUBLIC

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Vojtěch Studený

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Petr Kracík, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Vojtěch Studený**
Studijní program: Strojirenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Petr Kracík, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

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

Potenciál termického využití odpadu v ČR

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Nejen v Evropské unii je v současné době kladen důraz na snižování množství vznikajícího komunálního odpadu a jeho případné třídění a recyklace, aby nebyl skládkován, což bude výhledově v ČR zakázáno. Další možností, jak neskládkovat komunální odpad je jeho termické využití. Hlavní náplní práce je prověřit potenciál malých spaloven komunálního odpadu v České republice.

Cíle bakalářské práce:

- Popis problematiky komunálního odpadu.
- Současný stav nakládání s komunálním odpadem v ČR.
- Popis a základní návrh energetického celku pro energetické využití odpadu.

Seznam doporučené literatury:

KRBEK, J., J. FIEDLER a B. POLESNÝ. Strojní zařízení tepelných centrál: návrh a výpočet. Brno: PC-DIR, 1999, 217 s. ISBN 80-214-1334-4.

KLINGHOFFER, N. B. a M. J. CASTALDI. Waste to energy conversion technology. Oxford: Woodhead Publishing, 2013, xxi, 234 s. ISBN 978-0-85709-011-9.

HRDLIČKA, F., M. KOLOVRATNÍK a T. DLOUHÝ. Průmyslová energetika. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2004, 138 s. ISBN 80-01-02883-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18.

V Brně, dne 2. 10. 2017



J. Pospíšil

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

J. Katoňický

doc. Ing. Jaroslav Katoňický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá potenciálem energetického využití odpadu v ČR. První část se zabývá současnými způsoby nakládání s odpadem. V práci jsou shrnuty popisy jednotlivých metod a jejich klady a zápory. Další část se podrobněji věnuje metodám termického využití. Dále jsou popsány základy teplárenství a vliv termického využití na životní prostředí. Poslední část se zabývá teoretickým návrhem energetického celku pro energetické využití odpadu. Samotný návrh je založen na výpočtu potenciálu energie v odpadu.

Klíčová slova

Komunální odpad, termické využití, spalovna, ZEVO

ABSTRACT

Bachelor thesis is discussing the potential of energy use of waste in the Czech republic. First part is describing the current ways of dealing with the waste. The thesis includes description of each procedure and its positive and negative aspects. The next part is dedicated to methods of technical use. Then there are described the basics of heating industry and effect thermal use on the environment. The last part is dealing with theoretical idea of energetic complex for energetic use of waste. The idea itself is based on calculations of the potential of energy in the waste.

Key words

Communal waste, thermal utilization, incineration plant, WtE Plant

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STUDENÝ, V. *Potenciál termického využití odpadu v ČR*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 44 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Petr Kracík, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Potenciál termického využití odpadu v ČR** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Vojtěch Studený

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Petru Kracíkovi, Ph.D. za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.

Rád bych také poděkoval mé rodině a mým přátelům za projevenou pomoc a podporu během studia.

OBSAH

ÚVOD.....	11
1 Současný stav nakládání s komunálním odpadem v ČR.	12
1.1 Právní rámec	13
1.2 Skládkování.....	16
1.2.1 Postup skládkování.....	16
1.2.2 Problémy skládkování	17
1.2.3 Rekultivace.....	18
1.3 Recyklace	18
1.3.1 Proč recyklovat.....	18
1.3.2 Kde se recykluje	18
1.3.3 Omezení recyklace	19
1.3.4 Porovnání s evropskými zeměmi	19
1.4 Termické využití	20
1.5 Možnosti po roce 2024.....	21
2 Termické využití odpadu	23
2.1 Přednosti a nevýhody spalování.....	23
2.2 Možnosti energetického využití odpadu	23
2.2.1 Spalování odpadu.....	23
2.2.2 Pyrolýza.....	26
2.2.3 Plazmové zplyňování	27
2.2.4 Další technologie.....	27
2.3 Výroba energie	28
2.4 Vliv na životní prostředí	29
3 Základní návrh energetického celku pro energetické využití odpadu	31
3.1 Porovnání – stavba spalovny x rekonstrukce teplárny.....	31
3.2 Návrh.....	32
3.3 Potenciál energie v odpadu pro výrobu tepla v Přerově a okolí	33
ZÁVĚR.....	36
SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....	37
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	42
SEZNAM OBRÁZKŮ	43
SEZNAM TABULEK	44

ÚVOD

Produkce odpadu je nedílnou součástí moderní civilizace. S tím, jak odpad vzniká, musíme rovněž přemýšlet, jak s ním dále naložit, a to ekologicky a efektivně. V dnešní době je proto kladen důraz na zamezení skládkování odpadu. S využitím současných technologií můžeme odpad spalovat bez ohrožení životního prostředí. Navíc spalováním získáme tepelnou energii, kterou využíváme k vytápění domů nebo k výrobě elektřiny.

Současná legislativa počítá s koncem skládkování v roce 2024. Odpad by měl místo na skládkách končit ve spalovnách. Pro tak velké množství odpadu nejsou v současnosti kapacity.

První část této práce je věnována současnému nakládání s komunálním odpadem v České republice. Jsou zde popsány jednotlivé metody odstranění a využití odpadu a jejich výhody a nevýhody. Dále jsou uvedeny plány odpadového hospodářství a související právní předpisy.

Další část je zaměřena na možnosti termického využití odpadu a současné metody. Jsou zde shrnuty postupy jednotlivých metod a jejich výhody a nevýhody. Dále se zabývá ovlivněním životního prostředí.

Poslední část se zabývá základním návrhem energetického celku pro energetické využití odpadu. Zařízení je navrhováno pro město do 50 000 obyvatel. Porovnává se zde více variant. Samotný návrh spočívá ve výpočtu potenciálu energie v odpadu produkovaného v městě Přerově a okolí.

1 Současný stav nakládání s komunálním odpadem v ČR.

V České republice ročně vzniká více než 3 miliony tun komunálního odpadu. Jeho produkce se navíc každým rokem zvyšuje. I přes zavedení nových technologií pro úpravu odpadu a legislativní změny, stále nedokážeme plně využít komunální odpad jako zdroje surovin a energie. [1]

V tab. 1.1 jsou uvedeny data o produkci KO a s jeho nakládáním. Z dat je patrná rostoucí produkce KO i měnící se způsoby jeho zpracování. Zatímco podíl skládkování klesá, podíl recyklace se spolu s kompostováním zvyšuje. Zároveň klesá podíl energetického využití.

Tento pokles se dá vysvětlit právě navýšením recyklace a kompostování. Díky efektivnějšímu třídění se snížil podíl materiálově nevyužitelného odpadu. Obce, tak do spaloven odvezou méně odpadu. Zbylé obce stále vyvážejí odpad na skládku, místo aby využili uvolněnou kapacitu spaloven. Je to pro ně často levnější a zákon jim to zatím nezakazuje. Ve výsledku se sníží jak podíl skládkování, tak i podíl energetického využití.

Tab. 1.1: Produkce KO a vybrané způsoby zpracování 2012–2016 [1]

[t, (%)]/rok	2012	2013	2014	2015	2016
Celková produkce KO	3233000	3228000	3261000	3337000	3580000
Recyklace	665279 (20,6)	685920 (21,2)	736022 (22,6)	850907 (25,5)	957598 (26,7)
Energetické využití	651563 (20,2)	628413 (19,5)	600147 (18,4)	585784 (17,6)	584159 (16,3)
Spalování bez energ. využití	2834 (< 0,1)	2696 (< 0,1)	4008 (0,1)	4012 (0,1)	3865 (0,1)
Skládkování	1827868 (56,5)	1815103 (56,2)	1826974 (56,0)	1755438 (52,6)	1789366 (50,0)
Kompostování	85099 (2,6)	96101 (3,0)	93429 (2,9)	141194 (4,2)	244626 (6,8)

Při výpočtu celkové produkce komunálního odpadu dochází k nesouladu mezi Ministerstvem životního prostředí (MŽP) a Českým statistickým úřadem (ČSÚ). Pro porovnání je uvedena tab. 1.2. Tyto nesrovnalosti řeší vláda i Evropská komise. V tabulce je také uveden poměr mezi uváděnými hodnotami od obou institucí, který se za roky 2012 až 2016 příliš nemění. V případě chybějících údajů od jedné či druhé instituce lze hodnoty, s připuštěním snížené přesnosti, přepočítat. [2]

Protože jsou oficiální statistiky ČSÚ potvrzeny Eurostatem, budou další údaje o odpadech uvedeny právě z dat ČSÚ.

Tab. 1.2: Produkce KO podle ČSÚ a VISOH

rok/množství KO podle organizace	ČSÚ [tis. t] [1]	VISOH [tis. t] [3]	$\frac{\text{ČSÚ}}{\text{VISOH}} \cdot 100$ [%]
2012	3233	5192	62,3
2013	3228	5167	62,5
2014	3261	5323	61,3
2015	3337	5274	63,3
2016	3580	5612	63,8

1.1 Právní rámec

Komunální odpad dle zákona o odpadech a o změně některých dalších zákonů č. 185/2001 je „veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.“ [4] Zákon dále upravuje nakládání s odpadem a definuje zařazování odpadů a hodnocení nebezpečných vlastností odpadů a plány odpadového hospodářství.

Veškeré právní předpisy upravující nakládání s odpadem jsou v souladu s právem Evropské unie. Směrnice evropského parlamentu a rady evropského společenství č. 98/2008 o odpadech a o zrušení některých směrnic stanovuje „opatření na ochranu životního prostředí a lidského zdraví předcházením nepříznivým vlivům vzniku odpadů a nakládání s nimi nebo jejich omezováním a omezováním celkových dopadů využívání zdrojů a zlepšováním účinnosti tohoto využívání“. [5]

Směrnice dále určuje hierarchii způsobů nakládání s odpady:

- a) předcházení vzniku
- b) příprava k opětovnému použití,
- c) recyklace,
- d) jiné využití, například energetické využití, a
- e) odstranění. [5]

Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. určuje přípustnou úroveň znečištění a znečišťování ovzduší, dále určuje nástroje ke snižování znečištění a znečišťování ovzduší. [6]

Tab. 1.3 je součástí přílohy č. 1 zákona o ochraně ovzduší a stanovuje imisní limity a povolený počet jejich překročení za kalendářní rok. Příloha dále uvádí limity pro ochranu ekosystémů a vegetace a pro troposférický ozon. [6]

Tab. 1.3: Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí [6]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limity	Max. počet překročení
Oxid siřičitý	1 hodina	350 $\mu\text{g.m}^{-3}$	24
Oxid siřičitý	24 hodin	125 $\mu\text{g.m}^{-3}$	3
Oxid dusičitý	1 hodina	200 $\mu\text{g.m}^{-3}$	18
Oxid dusičitý	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0
Oxid uhelnatý	max denní osmihodinový průměr	10 mg.m^{-3}	0
Benzen	1 kalendářní rok	5 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0
Částice PM₁₀	24 hodin	50 $\mu\text{g.m}^{-3}$	35
Částice PM₁₀	1 kalendářní rok	40 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0
Částice PM_{2,5}	1 kalendářní rok	25 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0
Olovo	1 kalendářní rok	0,5 $\mu\text{g.m}^{-3}$	0

Specifické emisní limity upravuje Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší. [7] V tab. 1.4 jsou shrnuty limity pro zdroje znečištění spalující odpad a pro porovnání uvedeny limity stacionárních zdrojů využívajících jiná paliva. Limity jsou až na výjimky podobně nastaveny. Zdroje spalující odpad mají emisní limity nastaveny přísněji nebo srovnatelně se zdroji spalující konvenční paliva. Výjimkou jsou pouze limity pro oxidy dusíku (NO_x).

Tab. 1.4: Specifické emisní limity

Znečišťující látka	Emisní limit (Denní průměr) [mg.m^{-3}]					
	Spalovna	Cementárna	Spalovací stacionární zdroje			
			Pevné palivo	Biomasa	Zemní plyn	Kapalné palivo
TZL	10	30	30	30	5	30
NO_x	400	500	300	300	200	450
SO₂	50	50	400	200	35	350
TOC	10	10	-	-	-	-
HCl	10	10	-	-	-	-
HF	1	1	-	-	-	-
CO	50	-	250	250	100	175

Součástí této práce je i základ návrhu energetického celku pro energetické využití odpadu. Tato zařízení musí splňovat environmentální kritéria podle zákona o posuzování vlivů na životní prostředí č. 100/2001 Sb. Zákon je v souladu s právem Evropské unie. Posuzuje vliv lidské činnosti na životní prostředí a veřejné zdraví. Podle daného zákona se vyhodnocuje vliv na životní prostředí (proces EIA, Environmental Impact Assessment). [8]

Proces EIA má tyto fáze: [9]

1. Oznámení

V této fázi oznamovatel předkládá oznámení o záměru příslušnému úřadu (krajský úřad, Ministerstvo životního prostředí). Úřad rozhodne, zda se jedná o podlimitní či nadlimitní záměr. Pokud záměr podléhá posouzení podle přílohy č. 1 zákona o posuzování vlivů

na životní prostředí, oznamovatel je povinen uvést nástin hlavních variant a hlavní důvody jeho volby. Příslušný úřad následně zveřejní informace o oznámení.

2. Zjišťovací řízení

Zjišťují se specifikace nejdůležitějších informací o daném záměru. V úvahu jsou brány faktory jako půda, voda, ovzduší, klima, krajina atd. Tyto faktory mohou být uskutečněním záměru ovlivněny. Po ukončení řízení pošle příslušný úřad odůvodněný a písemný závěr oznamovateli. V případě, že v závěru bude vznesen požadavek na zhotovení celé dokumentace, lze předložené oznámení použít pro další část EIA.

3. Dokumentace

Oznamovatel je povinen dodat příslušnému úřadu dokumentaci v rozsahu přílohy č. 4 příslušného zákona [8]. V případě, že dokumentace neobsahuje veškeré náležitosti, je vrácena oznamovateli k doplnění. V opačném případě je neprodleně doručena zpracovateli posudku k vypracování odborného posudku.

4. Odborný posudek

Zpracovateli posudku je předána veškerá dokumentace, případně i oznámení a vyjádření. Náležitosti posudku určeny podle přílohy č.5 zákona [8]. Vypracovaný posudek posílá zhotovitel příslušnému úřadu. Úřad jej následně pošle oznamovateli, správním úřadům a územním samosprávním celkům. Pro veřejnost je posudek zveřejněn na internetových stránkách.

5. Veřejné projednání

Je nařízené příslušným úřadem, který určí místo a čas. Na otázky týkající se hodnocení vlivů zde odpovídají zpracovatelé dokumentace a posudku. Oznamovatel informuje o cílech záměru. Osoba pověřená úřadem zhotoví zápis projednání a předá ho příslušnému úřadu.

6. Závazné stanovisko úřadu

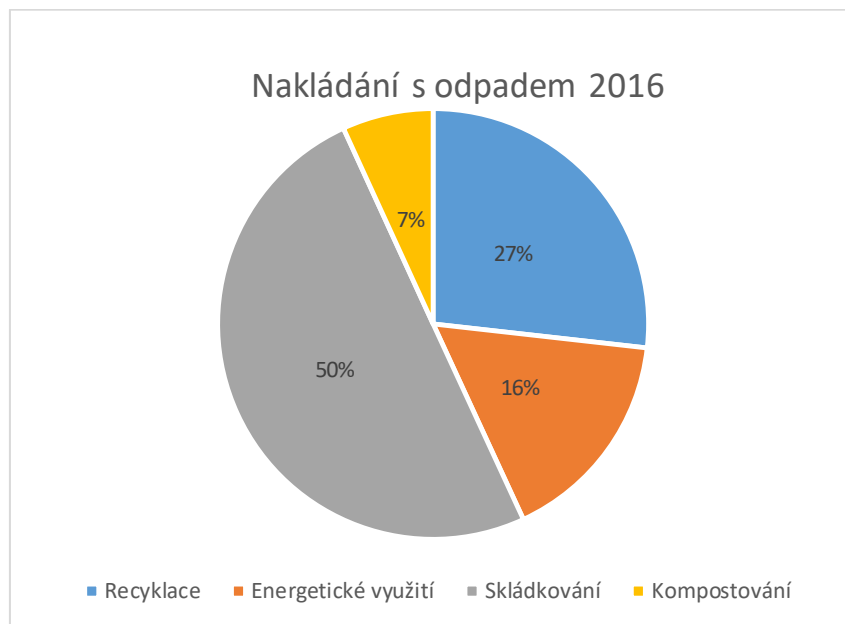
Na závěr celého procesu příslušný úřad vydá stanovisko k posouzení vlivů zhotovení záměru na životní prostředí. Stanovisko je vydáno na základě všech příslušných podkladů (dokumentace, oznámení, posudek, výsledek veřejného projednávání). Výsledné stanovisko je zveřejněno na internetových stránkách a posláno všem účastníkům procesu.

Současná evropská politika cílí na snižování objemu skládkování komunálního odpadu na 10 % a to do roku 2030. V České republice bude platit zákaz skládkování komunálního odpadu od roku 2024 podle Nařízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015-2024 č. 353/2014 Sb. Skládkování má být nahrazeno recyklací, která se má zvýšit alespoň na 50 % a energetickým využitím. [10]

1.2 Skládkování

Skládka je „zařízení zřízené v souladu se zvláštním právním předpisem a provozované ve třech na sebe bezprostředně navazujících fázích provozu, včetně zařízení provozovaného původcem odpadů za účelem odstraňování vlastních odpadů a zařízení určeného pro skladování odpadů“. [4]

Skládkování patří mezi nejstarší způsoby nakládání s odpady. Současně jde i o nejméně vhodné řešení, ale také nejlevnější. Proto je na našem území stále nejpoužívanější. Jen v minulém roce bylo na skládky vyvezeno 50 % celkové produkce komunálního odpadu viz obr. 1.1.



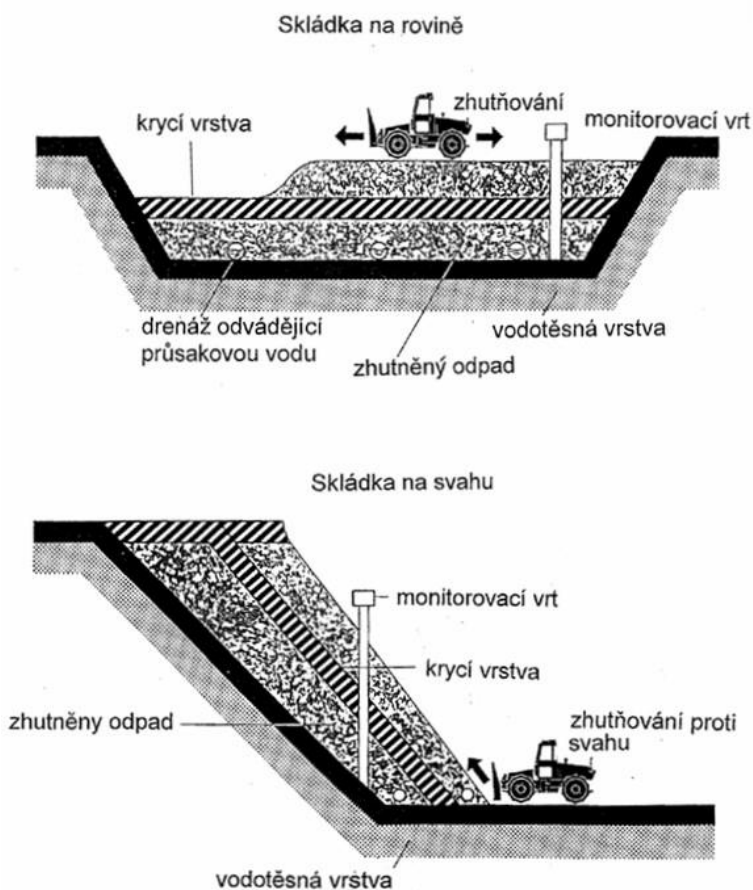
Obr. 1.1: Graf nakládání s odpadem 2016

V České republice se nachází desítky skládek pro ukládání komunálního odpadu. Se zákazem skládkování většina skládek zanikne a začne jejich postupná rekultivace. Část komunálního odpadu bude vyváženo na skládky i po roce 2024, protože zatím není vyřešené kam se odpad mimo skládky přesune, respektive v současnosti není v česku kapacita pro energetické využití tak velkého množství odpadu, i přes zvýšení objemu recyklovaného odpadu na 50 % podle [10].

1.2.1 Postup skládkování

Výběr místa pro založení skládky se posuzuje podle ochrany přírodního a životního prostředí, technické realizovatelnosti a hospodárnosti výstavby. Skládky komunálního odpadu musí být umístěny na přirozeném nebo umělém(technickém) málo propustném podloží a musí být opatřeny zemním těsněním. Podklad tvoří bariéru, která má hodnotu součinitele filtrace $k \leq 1.10^{-9} \text{ m.s}^{-1}$. pro technickou bariéru a alespoň $k \leq 1.10^{-7} \text{ m.s}^{-1}$ pro bariéru přirozenou. Podklad dále pokrývá nepropustná plastová folie a vrstva štěrkopísku. Teprve pak se může ukládat první vrstva odpadu. Odpad se následně zhuťuje a prokládá inertním materiálem(zeminou). [11] [12]

Na obr. 1.2 je v řezu znázorněno ukládání a zhutňování odpadu. Je zde zároveň zobrazen rozdíl mezi skládkováním na rovině a na svahu.



Obr. 1.2: Skládka na rovině, Skládka na svahu [13]

1.2.2 Problémy skládkování

Jedním z největších problémů skládkování je produkce průsakových vod (výluhů) a vytváření skládkového plynu. Dno skládky je pokryto systémem perforovaných trubek odvádějící průsakové vody do čističky odpadních vod. Srážkové vody se odvádí koryty a drenážními trubkami pryč od skládky, aby neunikaly do skládky. Skládkový plyn vzniká rozkladem organických látek. Je tvořen směsí methanu a oxidu uhličitého. Pokud není plyn ze skládky odváděn, hromadí se ve svrchních vrstvách skládky a může vytvořit nebezpečnou výbušnou směs. Pro kontrolu produkce výluhů a skládkového plynu jsou na skládce umístěny monitorovací vrty.

Mezi další nevýhody skládkování komunálního odpadu patří prašnost, úlety materiálu, zápach, koncentrovaný výskyt hlodavců a ptáků, hlučnost z provozu skládky. [11]

1.2.3 Rekultivace

Rekultivace skládky se dělí na technickou a biologickou. Technická rekultivace zahrnuje následující činnosti:

- Odvodnění – využívá se původní systém navržený při stavbě skládky, přítoku atmosférických srážek je zabráněno horní těsnicí vrstvou
- Odplynění – vybudování jímacích studen a potrubí
- Vybudování zařízení na zkrácení doby péče o uzavřenou skládku – zrychlení biochemických a chemických procesů, výsledkem je zkrácení doby produkce skládkového plynu a průsakových vod
- Zneškodnění průsakových vod – vybudování čističky odpadních vod
- Monitorování rekultivované skládky – vliv skládky na okolní prostředí vody, půdy a ovzduší [14]

Biologická rekultivace navazuje na technickou. Postup je závislý na způsobu využití rekultivované skládky. Podle typu se dělí na zemědělskou, lesnickou a sadovnickou. Další možnosti rekultivace nabízí zástavba plochy skládky, příkladem mohou být letiště, golfové hřiště a sportovní areály. [14]

1.3 Recyklace

Recyklace odpadů je dle zákona „jakýkoliv způsob využití odpadů, kterým je odpad znovu zpracován na výrobky, materiály nebo látky pro původní nebo jiné účely jejich použití, včetně přepracování organických materiálů; recyklací odpadů není energetické využití a zpracování na výrobky, materiály nebo látky, které mají být použity jako palivo nebo zásypový materiál“. [4]

1.3.1 Proč recyklovat

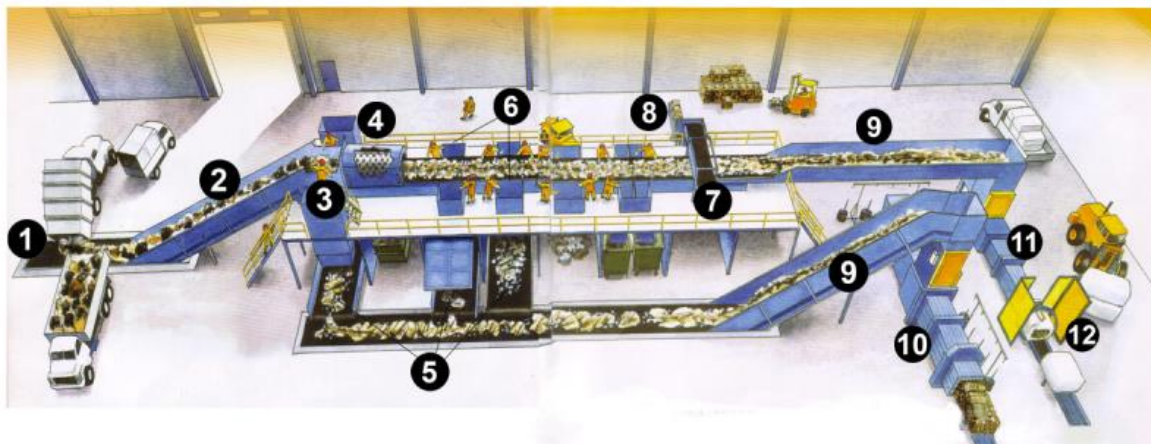
Suroviny vstupující do lidské společnosti jsou čerpány ze zdrojů. Ročně vytěžíme ze Země až 70 miliard tun surových materiálů. Zdroje těchto surovin jsou ale omezené, díky recyklaci můžeme snížit jejich těžbu. Při těžbě dochází k negativnímu ovlivnění životního prostředí, při snížení těžby tak zároveň zvyšujeme jeho ochranu. [15]

Další důvod je čistě ekonomický, recyklovaný materiál a odpad jsou komodity, se kterými se obchoduje a nabízí možnosti podnikání. Správné fungování recyklačního systému vede ke zvýšení ekonomické efektivity. [16]

1.3.2 Kde se recykluje

Aby mohl být odpad recyklován, musí být nejprve roztříděn. Třídění začíná separací složek odpadu v domácnostech, následuje umístění vytríděného odpadu do připravených kontejnerů ve sběrných místech. V Česku lze třídit papír, barevné a bílé sklo, plast, tetrapak a drobný kovový odpad. Další odpad produkovaný v domácnosti jako tužkové baterie a žárovky se odebírají na speciálních sběrných místech a u obchodníků.

Částečně vytríděný odpad se sváží k dotřídění na třídící linky. Zde se roztrídí na jednodruhové materiály (např. z plastového odpadu se vytrídí PET, polystyren, PVC) a odseparuje se nerecyklovatelný materiál, který se buď spaluje nebo skládkuje. Správně roztríděný materiál se následně zpracovává podle vhodné recyklační technologie. [15]



- | | | | |
|-----------------------------|--------------------------|-------------------------|--------------------------------|
| 1) přijímací dopravník | 4) bubnové sito | 7) magnetický separátor | 10) balička netříděného odpadu |
| 2) plnicí dopravník | 5) zásobníkový dopravník | 8) kovový lis | 11) balička tříděného odpadu |
| 3) předtřídovací stanoviště | 6) třídící stanoviště | 9) plnicí dopravník | 12) balička fólie |

Obr. 1.3: Schéma třídící linka [17]

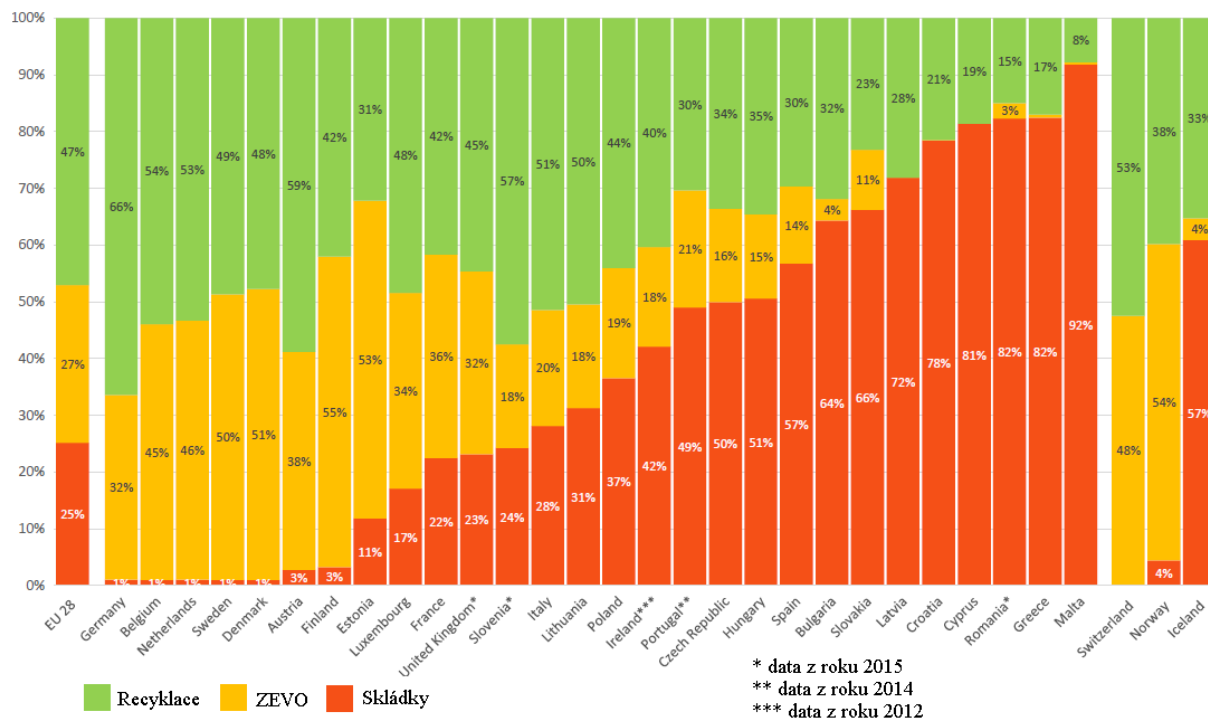
1.3.3 Omezení recyklace

Uplatnění recyklačních technologií v technické praxi brání několik problémů, které omezují přeměnu odpadu zdroje druhotných surovin a energie.

- Materiálová omezení – ztráta části materiálu při recyklaci, omezený počet stupňů recyklace, snížená jakost recyklovaného materiálu
- Technologická omezení – nedostatek sběrových, zpracovatelských a úpravárenských kapacit, technologické možnosti zpracování
- Ekonomická omezení – vysoké investiční náklady, provozní náklady
- Enviromentální omezení – emise, nároky recyklační technologie na energii
- Organizační omezení – nutnost zajišťovat sběrná místa a svoz odpadu [18]

1.3.4 Porovnání s evropskými zeměmi

V současné době se v Česku recykluje asi 45 % komunálního odpadu. Česká republika se zavázala zvýšit do roku 2020 tento objem alespoň na 50 %. [10] Současný průměr Evropské unie je 47 % recyklovaného odpadu. Nejvíce odpadu se třídí v Německu, nejméně ve státech jižní Evropy. V české republice se ukládá na skládky dvakrát více odpadu, než je evropský průměr.



Obr. 1.4: Podíl skládek, recyklace a ZEVO ve 28 evropských státech [19]

1.4 Termické využití

Tato kapitola se zabývá pouze zařízeními, která termicky zpracovávají odpad na území ČR. Samotné technologie a možnosti termického využití jsou popsány v kapitole 2 „Termické využití odpadu“.

Termické využití KO je způsob odstranění odpadu, při kterém se uvolňuje energie. Tato technologie nemá momentálně v České Republice takový význam, jako v jiných evropských státech viz obr. 1.4 a podle dat ČSÚ má podíl na nakládání s odpadem jen ve výši cca 16 %. [1]

V České republice se nachází 4 velké zařízení pro energetické využití odpadu (ZEVO) zpracovávající komunální odpad viz tab. 1.5. Celková kapacita ZEVO činí přibližně 770 000 tun spáleného odpadu za rok. [20] V různých fázích jsou rozpracované další zařízení, nejbliže dokončení je EVO Komořany. Všechny nové projekty jsou napadány ze strany ekologických a občanských sdružení a doba jejich realizace se protahuje i o několik let.

Tab. 1.5: Spalovny komunálního odpadu v ČR [20]

Město/Provozovatel	Provoz od roku	Kapacita t/rok	Množství spáleného odpadu (t/rok 2016)
Brno / SAKO Brno, a.s.	1989	248 000	226 857
Praha / Pražské služby, a.s.	1998	330 000	307 099
Plzeň / Plzeňská teplárenská, a.s.	2016	95 000	38 658
Liberec / TERMIZO a.s.	1999	96 000	97 422

Plánovaná ZEVO:

- EVO Komořany – projekt obdržel všechna potřebná povolení a je zahájena stavba, plánovaná kapacita je 150 000 t/rok [21]
- ZEVO Cheb – projekt má vydané souhlasné stanovisko EIA [22] a dále se připravuje, plánovaná kapacita je 20 000 t/rok [23]
- ZEVO Přerov – modernizace a přestavba teplárny k využití KO jako paliva, plánované dokončení v roce 2022 [24]
- ZEVO Mělník – stavba v areálu současné uhelné elektrárny, plánovaná kapacita je 320 000 t/rok [25]

Další možností, kde se odpad efektivně spaluje, jsou cementárny. V Česku je momentálně v provozu 5 cementáren viz tab. 1.6. [20]

Tab. 1.6: Cementárny s možností spalování komunálního odpadu [20]

Město/Provozovatel	Kapacita t/rok	Množství spáleného odpadu (t/rok 2016)*
Radotín / Českomoravský cement, a.s.	88 000	6 167
Čížkovice / Lafarge Cement, a.s.	100 000	75 640
Prachovice / CEMEX Cement, k.s.	70 000	88 981
Mokrá / Českomoravský cement, a.s.	113 800	60 250
Hranice / Cement Hranice, a.s.	45 000	58 654

*Jedná se o množství celkového spáleného odpadu, nikoli pouze komunálního odpadu

Pro výpočet celkového množství spáleného komunálního odpadu používají různé instituce svých vlastních metod výpočtu, proto se jejich data liší. Pro porovnání je uvedeno více zdrojů.

Tab. 1.7: Množství spáleného odpadu v ČR, různé zdroje

rok/organizace [tis. t/rok]	ČSÚ [1]	VISOH [3]	ČHMÚ [20]	MPO [26]
2013	631	613	-	637
2014	604	631	643	643
2015	588	624	632	632
2016	588	684	670	666

1.5 Možnosti po roce 2024

Po roce 2024 by měl všechny nerecyklovatelný a jinak nevyužitelný odpad směřovat do spaloven a dalších energetických zařízení. Pokud se podaří splnit limity a zvýší se podíl recyklovaného odpadu na více jak 50 %, bude nutné ročně spálit přes 1,5 mil. t odpadu. Plán odpadového hospodářství [10] zmiňuje 1,47 mil. t spalovaného odpadu. Při zvyšující se produkci KO a pomalém navyšování podílu recyklace, pravděpodobně nebude tohoto limitu splněno. Při současné kapacitě spaloven (Tab. 1.5) bude chybět kapacita pro 730 tis. t odpadu.

Po zahrnutí cementáren jako možné ZEVO (Tab. 1.6), by se snížila potřebná kapacita na 315 tis. t. Cementárny neslouží primárně jako ZEVO, a kromě komunálního odpadu, spalují i jiné druhy odpadu. Z tohoto důvodu dále nebudou do výpočtu kapacity spaloven zahrnuty.

Pro zvýšení kapacity spalovaného odpadu, se nejčastěji mluví o postavení nového ZEVO. Stavba zcela nových zařízení, tzv. na zelené louce, ale často naráží na odpor obyvatel a ekologických sdružení. Obyvatelé se často obávají zhoršení ovzduší a zvýšeného provozu, ekologické organizace napadají samotnou koncepci spaloven a poukazují na to, že by mohl být splován odpad, který se dá ještě recyklovat. Plánování stavby ZEVO je proto zdlouhavý proces a zahrnuje i diskuzi s obyvateli.

Další možností je navýšení současných kapacit ZEVO. O tomto kroku uvažují například ve společnosti SAKO Brno. Kapacita by se tak zvýšila ze současných 248 na 330 tis. t. [27] Výhodou rozšiřování současných spaloven oproti stavbě nových zařízení je, že nenaráží na takový odpor obyvatel.

Jednou z možností, jak splnit nařízení o zákazu skládkování, a to bez dostatečné kapacity ZEVO na našem území, je vyvážení odpadů do spaloven v zahraničí. Odpad se v tomto případě prodává jako palivo.

2 Termické využití odpadu

Termické využití odpadu používá KO jako energetickou surovinu. Pro uvolnění energie se běžně používá několik způsobů termického využití. Základním termickým druhem využití odpadu je spalování. Dalším častým způsobem je pyrolýza, kdy je odpad zahříván bez přístupu vzduchu. Následně jsou spalovány vzniklé produkty pyrolýzy jako je pyrolýzní plyn a olej.

Všechny KO se nedá recyklovat. Pro termické využití je tedy určen jinak nevyužitelný odpad. Vznikající KO je dobrou náhradou neobnovitelných zdrojů energie, jako je třeba hnědé uhlí. Přibližně 1 t hnědého uhlí může být nahrazena 1,5 t komunálního odpadu. [28]

2.1 Přednosti a nevýhody spalování

Výhody

- Jedná se rychlý způsob zneškodnění odpadu viz tab. 2.1
- Dochází k podstatnému snížení objemu. Zbytek po spalování tvoří obvykle (25–40) % hmotnosti nespáleného odpadu a asi 10 % jeho objemu.
- Zbytek po spalování je tuhý, sterilní a nepodléhá rozkladu
- Výroba energie (teplo, elektřina)
- Úspora konvenčních paliv
- Možné využití produktů spalování [11] [29]

Tab. 2.1: Doba nutná pro zneškodnění odpadů [11]

Metoda	Doba nutná pro zneškodnění
Spalování Vortex (vzduch je obohacen kyslíkem)	sekundy (drcený odpad)
Spalování v suspenzi	sekundy (drcený odpad)
Fluidní spalování	minuty (drcený odpad)
Spalování na roštu	1 hodina
Kompostování	2-10 dní + doba zrání několik měsíců
Skládkování	roky

Nevýhody

- vysoké investiční náklady do moderních technologií
- potřeba kvalifikované obsluhy
- emise některých plyných škodlivin
- ztráta recyklovatelných surovin
- bránění výstavby od ekologických organizací a občanských sdružení [11] [29]

2.2 Možnosti energetického využití odpadu

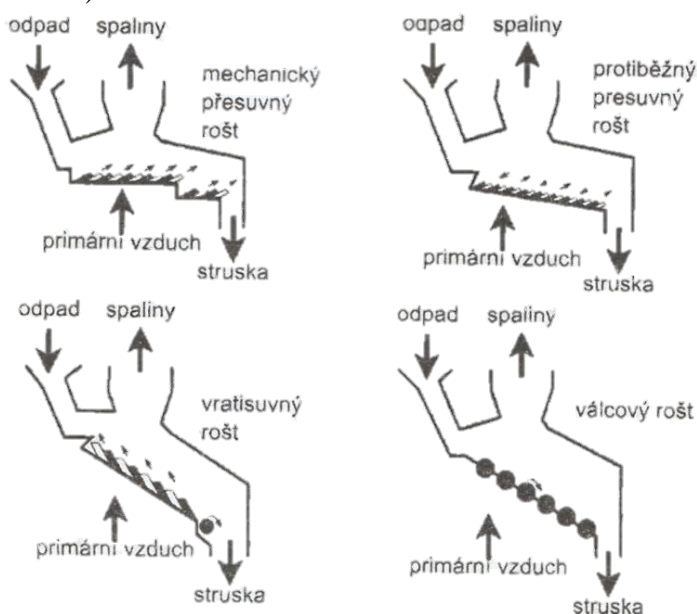
2.2.1 Spalování odpadu

Vznik tepelné energie při spalování je vedlejším jevem při tepelném zneškodňování odpadu. Aby mohl být tento proces posuzován jako energetické využití, musí být vznikající teplo využito pro vytápění nebo pro výrobu elektrické energie. Spalování bez energetického využití se podílí na celkovém objemu spáleného KO podle ČSÚ méně než jedním procentem a je tedy zanedbatelné. Spalování bez využití energie se spíše používá pro zneškodňování nebezpečného odpadu. [1]

Při spalování dochází nejdříve k vysušování odpadu, a to při teplotách 50–150 °C. Při vyšších teplotách dochází k chemickému rozkladu odpadu a začnou se uvolňovat těkavé látky. Tyto látky se vznítí a hoří plamenem. U zbylého materiálu dochází k odplynění a jeho hoření je mnohem pomalejší. [30]

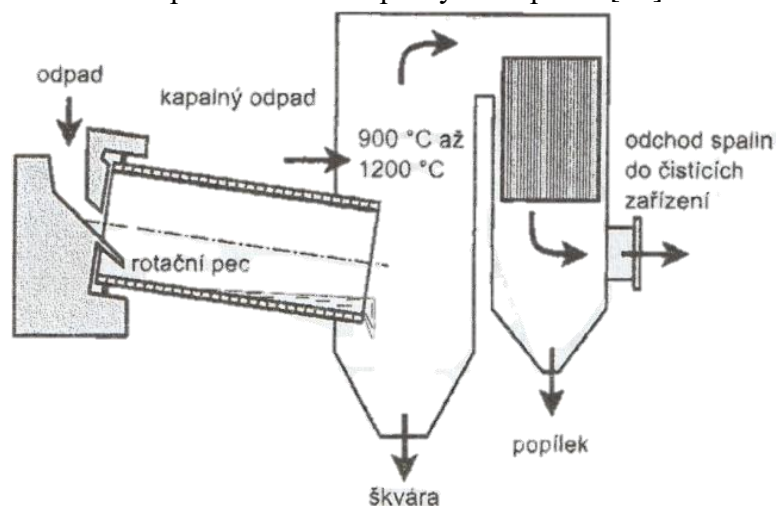
Pro spalovny jsou typické dva druhy pecí:

- Roštová – pec je tvořena pohyblivým roštem, na kterém odpad prochází fázemi zahřívání, vysoušení, zplyňování, hoření a dohoření. Dochází k dobrému prohoření odpadu, nevýhodou je zapékání odpadu do roštu. (Typy roštů jsou uvedeny na obr. 2.1)



Obr. 2.1: Typy roštů pro spalovny komunálního odpadu [29]

- Rotační – pec je tvořena nakloněným pomalu rotujícím válcem. Je ekonomičtější než roštová pec od kapacity 500 kg·h⁻¹. Je vhodná i pro tekuté a pastovité odpady. Využívá se hlavně ve spalovnách nebezpečných odpadů. [31]



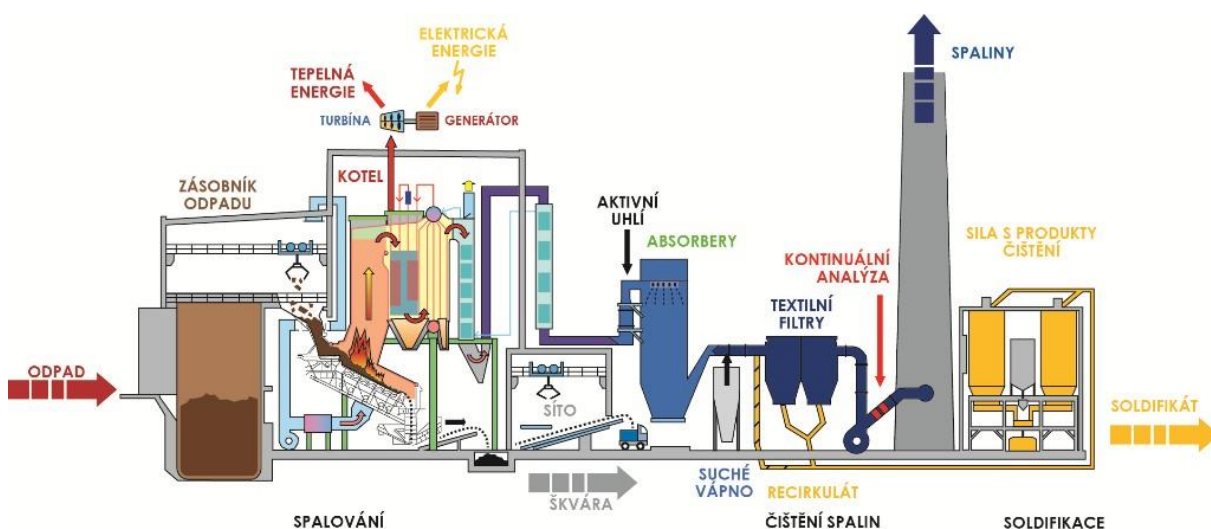
Obr. 2.2: Rotační pec pro spalování nebezpečných odpadů [29]

Pro efektivní a ekologické spalování musí být dodrženy základní podmínky:

- Dostatek spalovacího vzduchu – kvůli různorodému složení odpadu je nutné zajistit přebytek kyslíku, a to až dvojnásobně
- Dostatek tepla – při pomalém zahřívání odpadu se může část škodlivin odpařit a uniknout do ovzduší, aniž by došlo k zapálení, nebo může dojít k rozkladu na nebezpečné látky
- Dostatečná teplota hoření – kvůli zápalné teplotě sazí, musí ve spalovnách KO být teplota spalin ve spalovací komoře vyšší než 850 °C
- Dostatečné zdržení spalin v pásnu vysokých teplot – spaliny se musí zdržet v dohořivací komoře alespoň 2 sekundy, aby došlo k úplnému vyhoření odpadu [30]

Na obr. 2.3 je schéma technologického procesu spalování. Nedílnou součástí spalovny je technologie na čištění spalin. Čištění probíhá v několika krocích:

- Přímo ve spalovacím kotli se pomocí chemické reakce redukuje množství NO_x
- Absorpce těžkých kovů perzistentních organických polutantů (POPs – toxické, perzistentní, bioakumulující látky, u nichž dochází k dálkovému přenosu v ovzduší přesahujícímu hranice států, mají významný škodlivý vliv na lidské zdraví nebo na životní prostředí [32])
- v absorbérech se spaliny čistí pomocí jemně rozprašené vodní vápenné suspenze do proudu spalin
- přidávání suchého hašeného vápna do proudu spalin – spouští se při zvýšení koncentrace kyselých složek spalin
- textilní filtry oddělují veškeré pevné reakční produkty spalin [33]



Obr. 2.3: Technologický proces spalování [33]

Škvára, a další zbytky po spálení se budou po roce 2024 vyvážet na skládky. Počítá s tím i Nařízení vlády o odpadovém hospodářství. V nařízení se uvádí, že skládkování komunálního odpadu se sníží na 10 %. [10]

Jiné využití zbytků po spálení spočívá v uplatnění ve stavebnictví. Škváru lze využít při stavbě silnic a dálnic jako podkladová vrstva. V současnosti se testuje přidávání škváry jako náhrada složek v betonu. [34]

Popílek, který také vzniká při spalování KO je nebezpečným odpadem z důvodu vysokého obsahu anorganických solí. Pomocí vymývání a přidáním pojiva se popílek stabilizuje a může být také použit jako stavební materiál. [31]

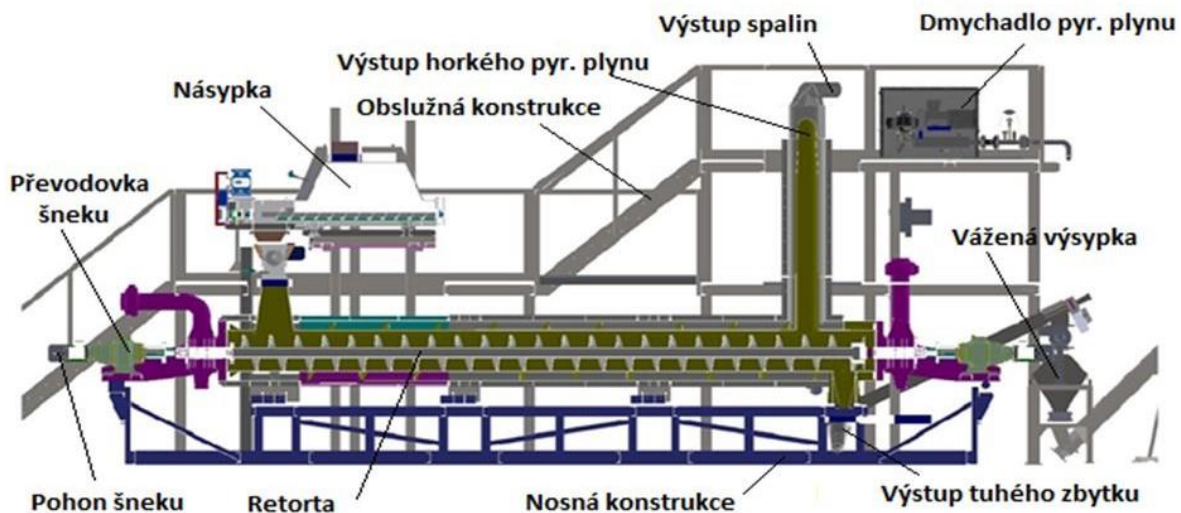
2.2.2 Pyrolýza

Jedná se termické zpracování odpadu bez přístupu kyslíku, vzduchu a dalších zplyňovacích látek. Při pyrolýze se dosahuje teplot 500 až 800 °C, u vysokoteplotní pyrolýzy i nad 800 °C. Po dosažení požadované teploty, se štěpí vysokomolekulární látky a rozkládají se na látky nízkomolekulární. [35]

Hlavními produkty pyrolýzního procesu jsou tuhý zbytek, pyrolýzní plyn, pyrolýzní olej, pyrolýzní voda. Pyrolýzní plyn a olej lze využít jako palivo a je možné je rafinací zušlechťovat. [35]

Technologie se používá zpracování komunálního odpadu, biomasy (dřevo, sláma, energetické plodiny apod.), pneumatiky, plasty a také ke zneškodňování nebezpečného odpadu jako je infekční nemocniční odpad. [31]

Na obr. 2.4 je znázorněno schéma pyrolýzního zařízení vyvinutého v centru ENET. V zařízení je instalován 8 metrů dlouhý válcový reaktor se šnekovým dopravníkem. K vyhřívání jsou použity spaliny zemního plynu. Zařízení je schopno zpracovat až 250 kg materiálu za hodinu a dokáže vyrobit až 130 m³ plynu za hodinu. [36]



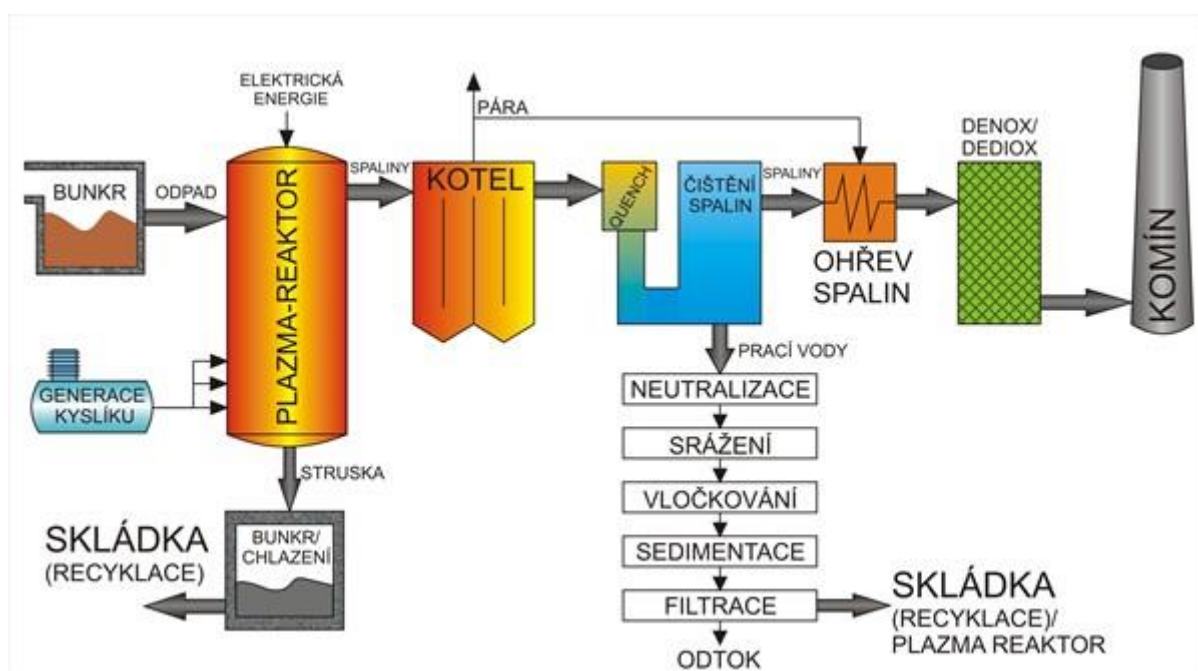
Obr. 2.4: Schéma pyrolýzy [36]

2.2.3 Plazmové zplyňování

Technologie pracuje na způsobu vysokoteplotní pyrolýzy. Využívá ionizovaného plynu o teplotě převyšující 3000 °C. Při takto vysoké teplotě dochází k rozštěpení molekulární struktury a rozkladu na jednoduché sloučeniny. [37]

Výsledným produktem procesu je syntézní plyn, jehož hlavní složkou je vodík, dále pak oxid uhličitý a v malém množství se může vyskytovat oxid siřičitý, chlorovodík a vodní pára. Plyn je energeticky využíván. Vedlejším produktem je sklovitá tavenina, tzv. vitrifikát. Vitrifikát není potencionálním zdrojem nebezpečných látek, ty jsou pevně vázány uvnitř jeho krystalické mřížky. Strusku lze použít jako stavební materiál. [37]

Hlavní surovinou pro plazmové zplyňování je komunální odpad, bioodpad, kaly z čistíren odpadních vod. Díky vysoké teplotě se plazmové zplyňování rovněž používá pro zneškodnění nebezpečného odpadu. [37]



Obr. 2.5: Schéma plazmového zplyňování [38]

2.2.4 Další technologie

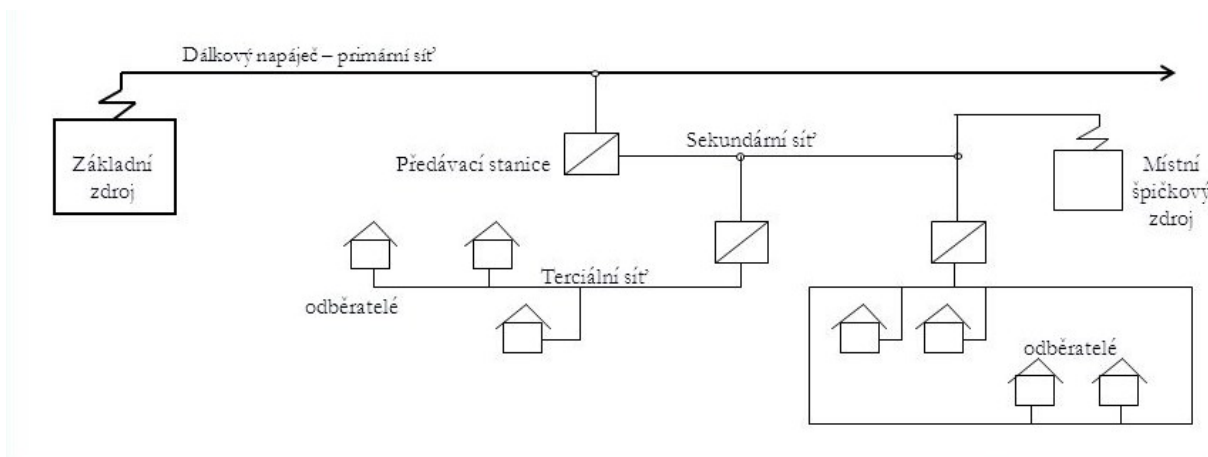
- Mokrý oxidace – používá se pro zpracování čistírenských kalů, sulfitových výluhů a odpadu z farmaceutického průmyslu. Probíhá za zvýšených teplot (200 až 300 °C) a tlaků (4 až 20 MPa). Při daných podmínkách dochází k přeměně až 90 % organických látek na kapalnou fázi. Kapalina následně oxiduje. Jedná se o exotermický proces. [39]
- Přeměna plastů na olej – jedná se o souhrn několika technologií, které jsou v praxi používané nebo teprve vyvíjené. Společnou charakteristikou je přeměna plastového odpadu na olej pomocí depolymerace. Při procesu dochází k rozpadu dlouhých molekulárních řetězců plastů a vznikají krátké řetězce ropných uhlovodíků. Vzniklý olej lze použít jako ekologické palivo. [40] [41]

2.3 Výroba energie

Hlavním důvodem energetického využití odpadu je produkce energie ve formě tepla nebo elektřiny. K dodávání tepla odběratelům slouží centrální zásobování teplem (CZT). V České republice je celkem 10 000 km tepelných sítí, které dodávají teplo pro téměř 1,5 milionu domácností. Na CZT bývá připojeno více zdrojů tepla, které se dělí do několika typů: výtopna, teplárna / elektrárna, paroplynová teplárna / elektrárna, kogenerační motor. Spalovny fungují stejně jako teplárny, jediný rozdíl je použité palivo. [42]

Podle teplotního média se nazývají rozvody: [43]

- parovody – přehřátá nebo sytá pára
- horkovody – teplota vody je vyšší než 110 °C, primární a sekundární sítě
- teplovody – teplota vody je nižší než 110 °C, terciální sítě

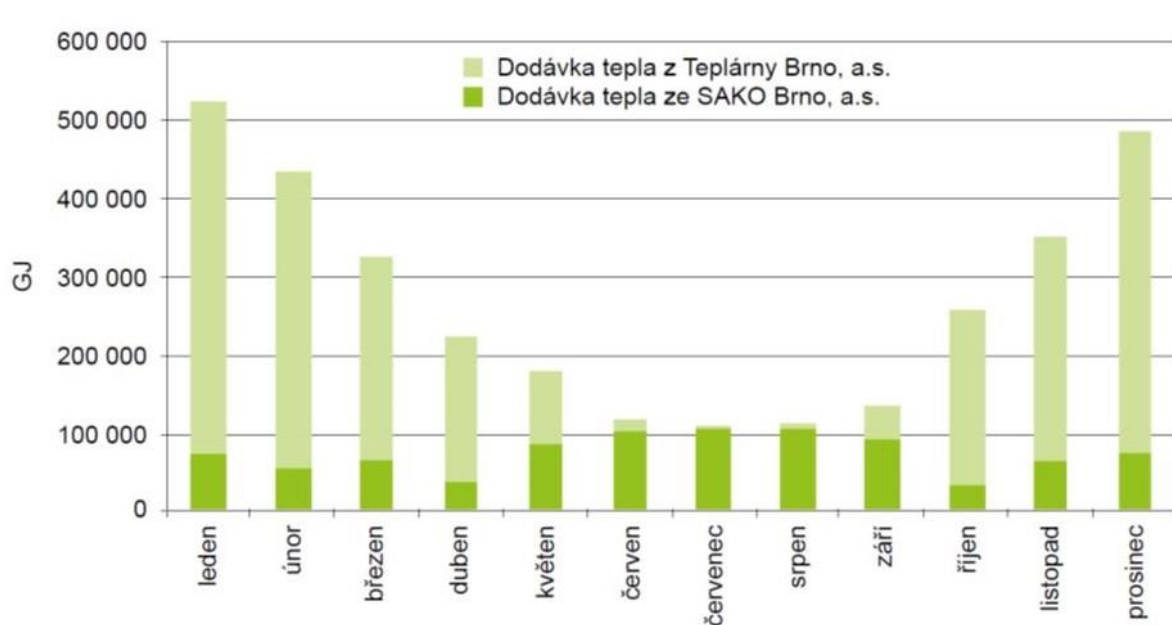


Obr. 2.6: Systém centrálního zásobování teplem – SCZT [43]

Teplo je přivedeno do domovní předávací stanice nebo do centrální výměňkové stanice, která je společná pro více domů. Zde se ohřívá voda pro tepelný okruh s radiátory a pro okruh teplé užitkové vody v domě. [42]

Na obr. 2.7 je znázorněno množství tepla dodávaného do brněnské soustavy centralizovaného zásobování teplem (SCZT). Zatím co přes letní měsíce, zvládne SAKO Brno pokrýt téměř celou spotřebu tepla v Brně, přes zimní měsíce se stává sekundárním dodavatelem. [44]

Přes zimní měsíce produkce tepla ze spalovny nedosahuje produkce přes léto. Je to způsobeno sníženou výhřevností odpadu, protože obsahuje popel z domácích kotlů.



Obr. 2.7: Dodávky tepla do SCZT v Brně za rok 2015 [44]

Komunální odpad má v porovnání s běžnými palivy nižší výhřevnost. Nejčastěji se komunálním odpadem nahrazuje spalování hnědé uhlí.

Tab. 2.2: Výhřevnost paliv [45]

Palivo	Výhřevnost [MJ/kg]
Palivové dřevo	14,62
Hnědé uhlí (Most)	17,18
Černé uhlí (Kladno)	22,61
Kaly (Ostrava)	16,71
Koks otopový	27,49
Brikety	23,05
Sláma	15,50
Komunální odpad	9,12*
Papír	14,11
Motorová nafta	42,61

*Výhřevnost komunální odpadu je proměnná a závisí na oblasti, kde je odpad vyprodukován a ročním období (v zimě je v KO více popele, který výhřevnost snižuje). Běžně se uvádí rozsah výhřevnosti 7 až 15 MJ/kg. [28]

2.4 Vliv na životní prostředí

Při spalování odpadu dochází ke znečištění životního prostředí vlivem nedokonalých technologií. Veřejnost nejčastěji znepokojuje znečištění ovzduší. Proto musí ZEVO splňovat přísné emisní limity podle „Zákona o ochraně ovzduší“ [6]. Spalovny jsou vybaveny technologiemi na čištění spalin, které výrazně redukuje množství vypouštěných znečišťujících látek, viz kapitola 2.1.1.

Emisní limity pro měřené znečišťující látky jsou uvedeny v tab. 1.4 v kapitole 1.1. Limity jsou nejméně přísné pro oxidy dusíku (NO_x). Ty se spolu s oxidy síry podílí na vzniku kyselých

dešťů a jsou pro životní prostředí zvláště nebezpečné. Současné technologie používané ve spalovnách jsou dostatečně účinné, dochází tak k minimálnímu znečištění. K velkému zlepšení došlo i v případě znečištění prachovými částicemi (TZL). Spalovny mají v tomto případě přísnější limity než jiné zdroje znečištění (tab. 1.4). Nepřispívají tedy tolik ke vzniku smogu, jak si obyvatelé často myslí. V zahraničí nejsou spalovny tak negativně vnímány. Příkladem je spalovna odpadu ve Vídni umístěná téměř v centru města, z které se stal jeden z turistických cílů. [46]

Ke znečištění může dojít i z popílku a dalších tuhých zbytků po spalování ukládaných na skládky. Jedná se hlavně o těžké kovy a anorganické soli. Obsahy nebezpečných látek se proto kontrolují a používají se metody ke snížení koncentrace jako například vymývání. [31]

3 Základní návrh energetického celku pro energetické využití odpadu

Zařízení pro energetické využití odpadu se staví blízko měst, protože je zde velká produkce odpadu. Zároveň je zde velké množství potenciálních odběratelů produkovaného tepla. Protože jsou ZEVO umístěna blízko obydlí, jsou na ně kladena přísná environmentální kritéria.

V době tvorby této bakalářské práce bylo Městem Přerov rozhodnuto o modernizaci městské teplárny Přerov, kterou provozuje společnost Veolia, a.s., při které dojde k rekonstrukci jednoho kotle a postavení dvou nových. Po rekonstrukci bude jako palivo sloužit biomasa a tzv. tuhé alternativní palivo (TAP – palivo vyrobené z odpadu). Tímto rozhodnutím zaniká možnost stavby zcela nového ZEVO v blízkosti Přerova. [24]

Před odevzdáním práce, nebylo zatím pro modernizaci vydáno stanovisko EIA ani povolení BREF.

3.1 Porovnání – stavba spalovny x rekonstrukce teplárny

Úprava teplárny má oproti stavbě spalovny několik výhod:

- Existující infrastruktura – při přestavbě dojde k výměně kotle a modernizuje se systém čištění spalin. Ostatní technologie zůstane zachována.
- Rychlejší realizace – plánování spalovny trvá řadu let a vyžaduje četná povolení (stavební, EIA). Modernizace zařízení je méně náročný proces.
- Malý odpor obyvatelstva – stavba spaloven naráží na odpor ze strany místních obyvatel, kteří se obávají zhoršení ovzduší. Přestavba fungující teplárny zjednodušeně změní pouze používané palivo.
- Náhrada za uhlí – komunální odpad má výhřevnost 7 až 15 MJ/kg. Výhřevností se tak blíží hnědému uhlí, které má výhřevnost cca 17 MJ/kg.

Stavba spalovny pak má výhody:

- Určení vhodné lokality – současná poloha teplárny nemusí být pro svoz odpadu nejvýhodnější.
- Vstupní náklady – plánovaná spalovna v Přerově (kapacita 100 tisíc tun odpadu za rok) měla stát cca 2 miliardy korun. [47] Stejnou sumu si vyžádá přestavba teplárny. [24] Protože stále není zveřejněno kolik odpadů po rekonstrukci teplárna využije, bude toto množství pravděpodobně nižší než u plánované spalovny. Tato skutečnost je dána také tím, že teplárna i nadále bude využívat i jiná paliva. Z pohledu množství spáleného odpadu, je tedy spalovna výhodnější.

Dalším možným řešením, které nebylo zvažováno, je svážení odpadu do cementárny v Hranicích (Cement Hranice, a.s.), vzdálené cca 25 km od Přerova. Výhodou cementárny oproti spalovně je, že nemá tak přísné limity na oxidy dusíku viz tab.1.4. Tato cementárna ale nemá volnou kapacitu pro spalování komunálního odpadu viz tab. 1.6. Pokud se tedy kapacita neuvolní nebo nezvýší, nebude tato možnost reálná.

3.2 Návrh

Zařízení pro energetické využití odpadu bude navrhováno podle současného plánu rekonstrukce teplárny. Návrh tedy bude zaměřen na energetické hledisko a nebude se zabývat dalšími návrhy jako je třeba odstranění tuhých zbytků po spalení, kde se předpokládá stejný způsob nakládání před i po rekonstrukci.

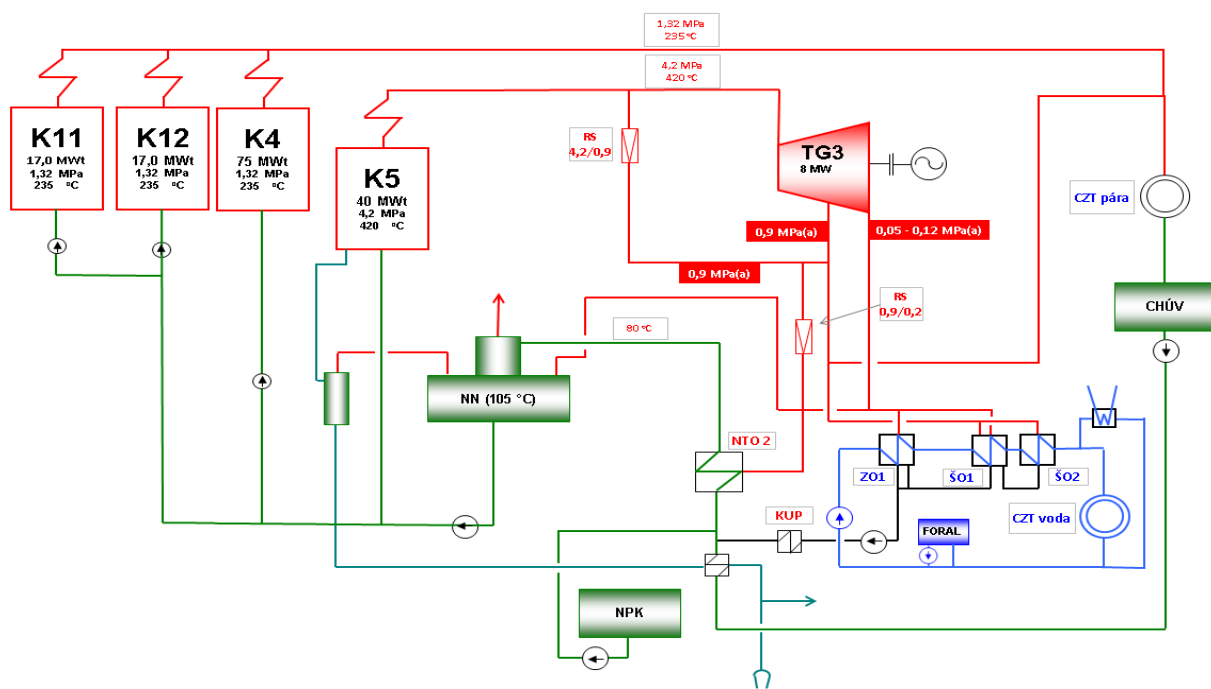
V návrhu se bude uvažovat s technologií přímého spalování, která se využívá podobných zařízení v ČR. Je také vhodná pro směsný komunální odpad.

V ekonomicky vhodné vzdálenosti od Přerova se nenachází žádná jiná spalovna a ani se žádná neplánuje. Nejbližší zařízení, kde lze odpad energeticky využít je cementárna Hranice vzdálená asi 25 km, která již nemá další kapacitu ke spalování odpadu (viz tab. 1.6). Stavba spalovny v této lokalitě je tedy strategickým krokem.

V Přerově se ročně vyprodukuje okolo 17 tisíc tun KO a na skládce končí asi 60 % odpadu. [48] V případě stavby spalovny, by bylo toto množství nedostačující a odpad by musel být svážen z okolí. V případě rekonstrukce teplárny nebude odpad jediným používaným palivem a teplárna bude pracovat i při nedostatku komunálního odpadu. Lze očekávat, že odpad bude z okolních obcí přesto svážen, a to kvůli budoucímu zájmu jeho skládkování.

Podle MŽP bylo v roce 2016 na území ORP Přerov a přilehlých obcí s rozšířenou působností (Bystřice pod Hostýnem, Holešov, Kroměříž, Lipník nad Bečvou, Prostějov) vyprodukováno 145 251 tun KO. Odpad by tak byl svážen z okruhu cca 20 km od Přerova. Protože nejsou k dispozici údaje ČSÚ o produkci odpadu z tohoto územního celku, jsou zde použita data MŽP s přepočtem viz kapitola 1, tab. 1.2. Po přepočtu vychází produkce odpadu cca 172 000 tun. Z toho k energetickému využití lze využít 103 000 tun (60 % produkce).

Na obr. 3.1 je schéma teplárny v Přerově. Při modernizaci teplárny budou rekonstruovány kotle K4 a K5. [49]



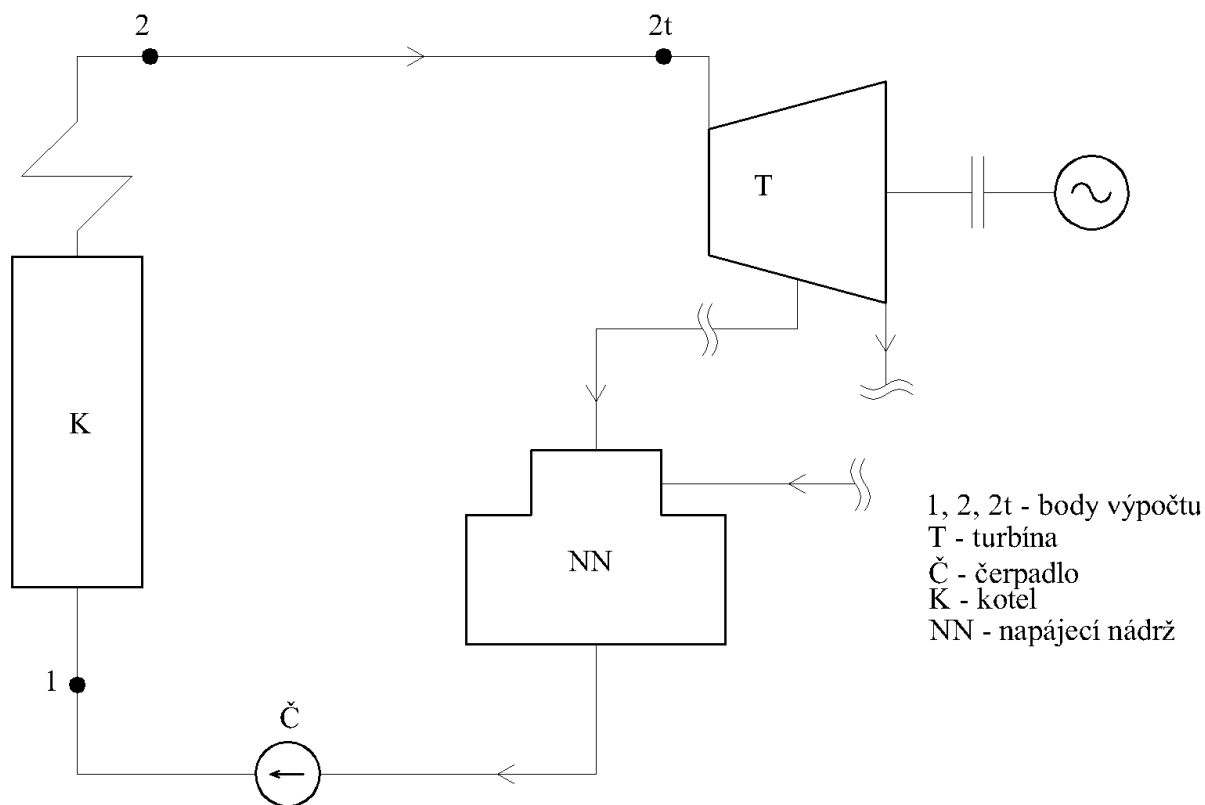
Obr. 3.1: Zapojení ohříváků vody ve výměňkové stanici teplárny Přerov [49]

CZT - Centrální zásobování teplem
CHÚV - Chemická úpravna vody
NN - Napájecí nádrž
NPK - Nádrž provozních kondenzátů

NTO - Nízkoteplotní okruh
RS - Redukční stanice (páry)
ŠO - Špičkový ohřívák (výměník pára/voda)
TG - Turbogenerátor (turbína)

3.3 Potenciál energie v odpadu pro výrobu tepla v Přerově a okolí

Teploty a tlaky v důležitých bodech tepelného schématu byly převzaty z oficiálního schématu Teplárny Přerov, který je uveden na obr. 3.1. Pro znázornění je uvedeno také zjednodušené schéma teplárny, kde jsou zakresleny důležité body výpočtu.



Obr. 3.2: Zjednodušené schéma teplárny

Důležitou hodnotou pro výpočet je teplota napájecí vody před kotlem t_1 , která je shodná s teplotou odplynění v napájecí nádrži při zanedbání zvýšení teploty v napájecím čerpadle.

$$t_1 = 105 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{rov. 3.1}$$

Dále stav páry na výtlaku z kotle (t_2, p_2), resp. stav páry před turbínou (t_{2t}, p_{2t}), které jsou shodné, neboť není uvažována tlaková ani tepelná ztráta v parovodu mezi kotlem a turbínou.

$$t_2 = t_{2t} = 420 \text{ } ^\circ\text{C} \quad \text{rov. 3.2}$$

$$p_2 = p_{2t} = 42 \text{ bar} \quad \text{rov. 3.3}$$

Dalšími důležitými hodnotami jsou tlaková ztráta kotle a účinnost spalovacího procesu, které jsou zvoleny na základě doporučení vedoucího bakalářské práce.

$$\Delta p_k = 0,15 \quad \text{rov. 3.4}$$

$$\eta_k = 0,85 \quad \text{rov. 3.5}$$

Výhřevnost paliva byla zvolena z intervalu výhřevnosti komunálního odpadu podle [28]

$$Q_i^r = 12000 \text{ kJ/kg} \quad \text{rov. 3.6}$$

Při dané tlakové ztrátě lze vypočítat tlak před kotlem:

$$p_1 = \frac{p_2}{1 - \Delta p_k} = \frac{42}{1 - 0,15} = 49,4 \text{ bar} \quad \text{rov. 3.7}$$

Výpočet je zaměřen na množství energie, kterou lze vyrobit z dovezeného odpadu a výstupem je pokrytí spotřeby tepla města Přerova spalováním odpadu.

V základních bodech schématu je potřeba určit entalpii. Ta byla stanovena pomocí parních tabulek XSteam [50]:

$$i_1 = f(p_1; t_1) = 443,8 \text{ kJ/kg} \quad \text{rov. 3.8}$$

$$i_2 = f(p_2; t_2) = 3258,2 \text{ kJ/kg} \quad \text{rov. 3.9}$$

Hmotnostní tok paliva lze stanovit z roční produkce odpadu při uvažování průměrné denní spotřeby:

$$\dot{M}_{pal} = \frac{m_d}{\text{dny} \cdot \text{hod} \cdot \text{min} \cdot \text{s}} = \frac{36\,431}{365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60} = 1,16 \text{ kg/s} \quad \text{rov. 3.10}$$

Pak celkové teplo v palivu je

$$\dot{Q} = Q_i^r \cdot \dot{M}_{pal} \cdot \eta_k = 12000 \cdot 1,16 \cdot 0,85 = 11,784 \text{ MWt} \quad \text{rov. 3.11}$$

Na základě zákona zachování energie musí platit rovnost tepla uvolněného a tepla dodaného vodě / vodní páře:

$$\dot{Q} = Q_i^r \cdot \dot{M}_{pal} \cdot \eta_k = \dot{M}_p \cdot (i_{3k} - i_2) \quad \text{rov. 3.12}$$

Pak teplo dodané na straně kotle lze stanovit z dané rovnice zákona zachování energie:

$$\dot{Q} = \dot{M}_p \cdot (i_{3k} - i_2) \Rightarrow \dot{M}_p = \frac{\dot{Q}}{i_{3k} - i_2} = \frac{11784}{3258,2 - 443,8} = 15,1 \text{ t/h} \quad \text{rov. 3.13}$$

Vyrobená energie za rok

$$Q = \dot{Q} \cdot \text{dny} \cdot \text{hod} \cdot \text{min} \cdot \text{s} = 9,19 \cdot 365 \cdot 24 \cdot 60 \cdot 60 = 371627 \text{ GJ} \quad \text{rov. 3.14}$$

Pro zjištění, jaký podíl na spotřebě tepla v Přerově má teplo vyrobené z odpadu, je třeba znát samotnou spotřebu E_s . Ta byla zjištěna ze zveřejněné Výroční zprávy pro rok 2016. [51]

$$E_s = 391649 \text{ GJ} \quad \text{rov. 3.15}$$

Pak pokrytí spotřeby tepla je

$$\delta = \frac{Q}{E_s} \cdot 100 = \frac{371627}{391649} \cdot 100 = 94,9 \% \quad \text{rov. 3.16}$$

Z výpočtů vyplívá, že komunální odpady vyprodukované v okruhu přibližně 20 km od Přerova, mohou zajistit městu 95 % spotřebovaného tepla. Další energii zajistí městu, podle plánu rekonstrukce, spalování biomasy. Pokud bude vzniklá pára přivedena na turbínu, lze odhadnout výkon turbíny na 2 MW. Lze vyjit ze schématu teplárny, kde je na 8 MW turbínu přivedena pára ze 40 MWt kotle. Protože výkon kotle spalujícího odpad vychází přibližně 4x menší, lze očekávat, že snížený výkon turbíny bude obdobný.

ZÁVĚR

V první části bakalářské práce byl shrnut současný stav nakládání s komunálním odpadem v ČR včetně souvisejících právních předpisů. P

Jako nejlepší způsob nakládání s odpadem vychází recyklování. Šetří se tak přírodní zdroje a zabraňuje znečišťování životního prostředí. Pro odpad, který se již nedá recyklovat, je pak vhodné termické využití. Naopak nejhorší způsob nakládání s odpadem se jeví skládkování, které je v ČR nejrozšířenější. Z odpadu uložené v zemi se uvolňují nebezpečné látky ve formě výluhů a také plynů jako je methan a oxid uhličitý. Důvodem, proč je v ČR skládkování tak rozšířené, je skutečnost, že je nejlevnější.

Do roku 2024 se má zvýšit podíl recyklovaného odpadu alespoň na 50 %. Počítá se i s nárůstem termického využití až na 1,47 mil t spáleného odpadu, tedy více než dvojnásobek. Skládkování komunálního odpadu bude naopak od roku 2024 zakázáno. Nerecyklovatelný odpad bude končit ve spalovnách. Na území ČR jsou v současnosti 4 spalovny KO. Jejich kapacita nebude ale po zákazu skládkování stačit. Plánuje se proto rozšíření současných provozů nebo stavba nových zařízení.

Termické využití je označení, které se používá pro několik technologií. Technologie spalování odpadu se používá hlavně pro směsný komunální odpad, využívá se proto ve všech tuzemských spalovnách KO. Samotné spalování probíhá v roštových nebo rotačních pecích. Produkované teplo se používá v systémech centrálního zásobování teplem a pro výrobu elektřiny.

Pyrolýza je technologie, při které je odpad zahříván bez přístupu vzduchu. Dochází k rozkladu vysokomolekulárních látek a vzniká pyrolýzní plyn a olej, které se využívají jako palivo. Podobnou technologií je plazmové zplyňování, které probíhá při teplotách přes 3000 °C. Nevýhodou těchto technologií je, že nejsou vhodné pro různorodý odpad, který tak musí být roztríděn. Nevýhodou je rovněž vyšší pořizovací cena. Výhodou oproti spalování je snížený vznik tuhých zbytků.

Vliv na životní prostředí je ze strany technologií termického využití nízký. Zákonné limity pro vypouštěné nebezpečné látky jsou přísné, a to i v porovnání s jinými zdroji znečištění. Velké nebezpečí ovšem hrozí v případě nedodržení technologických postupů nebo nehody.

Poslední část práce je zaměřena na návrh energetického celku pro energetické využití odpadu. Návrh je zaměřen na město Přerov, ve kterém se o spalovně dlouho uvažovalo. Při tvorbě této práce ale bylo rozhodnuto o zrušení plánů na stavbu spalovny. Náhradou bude přestavba teplárny, tak aby mohla spalovat odpad. Z porovnání obou možností, vychází lépe varianta přestavby teplárny, která využije infrastruktury současné teplárny a může být dříve realizovaná.

Návrh vychází z oficiálního schéma teplárny. Návrh spočívá ve výpočtu energie, kterou lze získat spalováním odpadu z Přerova a okolí a jaký bude podíl energie z odpadu na celkové spotřebě. Podle výpočtu by při kontinuální produkci odpadu a spotřebě energie, mohlo být z odpadu vyrobeno téměř 95 % vyrobené energie.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Český statistický úřad: *Produkce, využití a odstranění odpadů - 2016* [online]. 2017 [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu>
- [2] *Vláda se zabývala vykazováním dat o odpadech* [online]. b.r., , 1 [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/vlada-se-zabyvala-vykazovanim-dat-o-odpadech>
- [3] *VISOH* [online]. 2017 [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: <https://isoh.mzp.cz/VISOH/?fillFilter=True>
- [4] *Zákon o odpadech a o změně některých dalších zákonů č. 185/2001 Sb.* In: . 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185>
- [5] EU. *Směrnice o odpadech a o zrušení některých směrnic č. 69/2009 Sb.* In: . 2008. Dostupné také z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/?uri=celex%3A32008L0098>
- [6] *Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.* In: . 2012. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>
- [7] *Vyhláška o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší č. 415/2012 Sb.* In: . 2012. Dostupné také z: https://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/AE682A6B5E42E986C1257BA60025D8B5/%24file/V%20415_2012.pdf
- [8] *Zákon o posuzování vlivů na životní prostředí a o změně některých souvisejících zákonů č. 100/2001 Sb.* In: . 2001. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-100>
- [9] *Průběh procesu EIA.* [Tretiruka.cz](http://www.tretiruka.cz) [online]. 2013 [cit. 2018-04-16]. Dostupné z: <https://www.tretiruka.cz/eia/prubeh-procesu-eia/>
- [10] *Nářízení vlády o Plánu odpadového hospodářství České republiky pro období 2015–2024 č. 352/2014 Sb.* In: . 2014. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-352>
- [11] KURAŠ, Mečislav. *Odpady, jejich využití a znečišťování*. 1. vyd. Praha: Český ekologický ústav, 1994, 241 s. : il. ISBN 80-85087-32-4.
- [12] ČSN 83 8030. *Skládkování odpadů – Základní podmínky pro navrhování a výstavbu skládek*. b.r.

- [13] *Skládka na rovině, Skládka na svahu*. In: Old.vscht.cz [online]. b.r. [cit. 2018-02-27]. Dostupné z: <http://old.vscht.cz/uchop/udalosti/skripta/1ZOZP/odpady/odpady4.htm>
- [14] ZIGOVÁ, Kateřina. *Rekultivace skládky tuhého komunálního odpadu*. Brno, 2009. Diplomová práce. Mendlova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. Vedoucí práce Prof. Ing. Bořivoj Groda, DrCs.
- [15] *TRÍDĚNÍ ODPADU.CZ* [online]. b.r. [cit. 2018-02-07]. Dostupné z: <https://www.trideniodpadu.cz>
- [16] BEŇO, Zdeněk. *Recyklace: efektivní způsoby zpracování odpadů*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství, 2011, 149 s. : il. (převážně barev.). ISBN 978-80-214-4240-5.
- [17] Schéma třídící linka. In: *SCHWÁKOV: metal and plastic products* [online]. b.r. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.schwakov.cz/cs/recyklace-plastu>
- [18] BOŽEK, František, Rudolf URBAN a Zdeněk ZEMÁNEK. *Recyklace*. 1. vyd. Vyškov: MoraviaTisk Vyškov, spol. s r.o, 2003, 202 s. ISBN 80-238-9919-8.
- [19] *ZEVO v zahraničí*. In: Skupina ČEZ [online]. b.r. [cit. 2018-05-05]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/zevo-v-zahranici.html>
- [20] *Český hydrometeorologický ústav: Seznam spaloven odpadů v ČR* [online]. b.r. [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: <http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emise/spalovny/>
- [21] *EVO Komořany* [online]. b.r. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.evokomorany.cz/>
- [22] *ZEVO - Závod na energetické využití odpadu - Cheb*. 2016. Dostupné také z: https://portal.cenia.cz/eiasea/detail/EIA_KVK458
- [23] *ZEVO Cheb: energie pro budoucnost* [online]. b.r. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.zevo-cheb.cz/>
- [24] *Přerov bude získávat teplo efektivním spalováním komunálního odpadu*. Oenergetice.cz [online]. b.r. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/prerov-bude-ziskavat-teplo-efektivnim-spalovanim-komunalniho-odpadu/>
- [25] *ZEVO Mělník*. Skupina ČEZ [online]. b.r. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/cs/zevo/zevo-melnik.html>

- [26] *Ministerstvo průmyslu a obchodu: Statistika energetického využívání odpadů a alternativních paliv 1989–2016* [online]. In: . 2017, s. 42 [cit. 2018-02-13]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/assets/cz/energetika/statistika/obnovitelne-zdroje-energie/2017/5/Statistika-EVO-2016.pdf>
- [27] MOLEK, Tomáš. *Česku hrozí nedostatek kapacit pro energetické využití odpadu* [online]. b.r., , 1 [cit. 2018-03-07]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/energetika-v-cr/cesku-hrozi-nedostatek-kapacit-pro-energeticke-vyuziti-odpadu/>
- [28] JIROUŠ, František. *Efektivní spalování paliv*. Vyd. 1. Praha: Český svaz zaměstnavatelů v energetice, 2013, 133 s. : il. (některé barev.). ISBN 978-80-260-5393-4.
- [29] BALÁŠ, Marek. *Kotle a výměníky tepla*. Vydání druhé. Brno: Akademické nakladatelství CERM®, s.r.o. Brno, 2013, 119 stran : ilustrace. ISBN 978-80-214-4770-7.
- [30] KURAŠ, Mečislav, Vojtech DIRNER, Vladimír SLIVKA a Milan BŘEZINA. *Odpadové hospodářství*. Vyd. 1. Chrudim: Ekomonitor, 2008, 143 s. ; 25 cm. ISBN 978-80-86832-34-0.
- [31] KIZLINK, Juraj. *Odpady: sběr, zpracování, využití, zneškodnění, legislativa*. 3., upr. a rozš. vyd., V Akademickém nakl. CERM 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014, 483 s. : il. (převážně barev.), mapy ; 30 cm. ISBN 978-80-7204-884-7.
- [32] HOLOUBEK, Ivan, Anton KOČAN, Irena HOLOUBKOVÁ a Jiří KOHOUTEK. *Persistentní organické polutanty* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: http://www.recetox.muni.cz/res/file/narodni_centrum/reg-centrum/unipo/Anex_11.pdf
- [33] *Technologický proces spalování*. In: *SAKO Brno* [online]. b.r. [cit. 2018-03-01]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/62/technologicky-proces/>
- [34] ŠYC, Michal a Petr SVORA. *Využití popelovin ze spalování směsného komunálního odpadu jako složek betonu* [online]. Buštěhrad, 2015 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z: http://www.uceeb.cz/system/files/souboryredakce/reireman_vyuziti_popelovain_ze_spalovani_smesneho_komunalniho_odpadu.pdf. ČVUT v Praze.
- [35] MOLEK, Tomáš. *Pyrolýza – princip, historie a současnost* [online]. b.r. [cit. 2018-02-17]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/obnovitelne-zdroje/pyrolyza-princip-historie-a-soucasnost/>
- [36] *Schéma pyrolýzy*. In: SlidePlayer [online]. b.r. [cit. 2018-02-28]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/11146413/>

- [37] MOLEK, Tomáš. *Plazmové zplyňování odpadů – princip a využití*. OEnergetice [online]. b.r., , 1 [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/plazmove-zplynovani-odpadu-princip-a-vyuziti/>
- [38] *Příklad zařízení plazmové technologie – blokové schéma*. In: Odpad je energie [online]. b.r. [cit. 2018-03-19]. Dostupné z: <http://www.odpadjeenergie.cz/mbu-a-jine/pyrolyza-a-plazma/plazma-technologie>
- [39] MIKLUŠ, Michal. *SPALNÉ TEPLLO ČISTÍRENSKÝCH KALŮ* [online]. Brno, 2010 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=27321. Diplomová práce. VUT v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav procesního a ekologického inženýrství.
- [40] MAJLING, Eduard. *Vědci objevili novou metodu pro výrobu paliva z odpadního plastu*. Oenergetice.cz [online]. b.r. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/technologie/ropa-prumysl/vedci-objevili-novou-metodu-pro-vyrobu-paliva-z-odpadniho-plastu/>
- [41] *Technologie - mobilní zařízení POL 1* [online]. 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <https://www.plastoil.eu/technologie>
- [42] *Jak funguje soustava centrálního zásobování teplem v ČR?*. Oenergetice.cz [online]. b.r. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/teplarenstvi/jak-funguje-soustava-centralniho-zasobovani-teplem-v-cr/>
- [43] *Systém centrálního zásobování teplem – SCZT*. In: Slideplayer [online]. b.r. [cit. 2018-04-19]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/5628316/#>
- [44] JURENOVÁ, Iveta. *Dodávky tepla do sítě CZT v roce 2015* [online]. In: . b.r. [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/11203285/#>
- [45] *TZB-info: stavebnictví úspory energií, technická zařízení budov* [online]. b.r. [cit. 2018-05-09]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/11-vyhrevnosti-paliv>
- [46] *Videňská spalovna nepohoršuje, naopak přitahuje turisty*. Třípól [online]. b.r. [cit. 2018-04-21]. Dostupné z: <http://www.3pol.cz/cz/rubriky/fyzika-a-klasicka-energetika/1995-videnska-spalovna-nepohorsuje-naopak-pritahuje-turisty>
- [47] *"Malá" spalovna za 2 miliardy Přerovany nenadchla. Potřebujeme ji?*. Přerovský deník.cz [online]. 2014, , 1 [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: https://prerovsky.denik.cz/zpravy_region/mala-spalovna-za-2-miliardy-prerovany-nenadchla-potrebujeme-ji-20140417.html

- [48] *Data o odpadech*. Statutární město Přerov [online]. b.r. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: <http://www.prerov.eu/redakce/tisk.php?lanG=cs&clanek=4753&slozka=1926&xsekce=510&>
- [49] *Příloha č. A. Výzvy: TECHNICKÁ ČÁST ZADÁVACÍ DOKUMENTACE NA VYPRACOVÁNÍ PROJEKTOVÉ DOKUMENTACE STAVBY*. b.r. Dostupné také z: https://profil.vecr.cz/uploaded_files/bjRGYvda1G2bDq67/priloha-a-vyzvy-technicka-cast-zd.doc
- [50] *Parní tabulky XSteam* [online]. b.r. [cit. 2018-05-17]. Dostupné z: ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/eromuvek_%28BSc%29/gyak/XSteam/XSteam_Excel_v2.6/XSteam_Excel_v2.6_US.xls
- [51] *Výroční zpráva 2016: TEPLŮ PŘEROV a.s.* Přerov, 2017. Dostupné také z: <http://www.teploprerov.cz/file.php?nid=1130&oid=5809606>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Veličina	Jednotka
Q	Teplo	J
t	Teplota	$^{\circ}C$
k	Součinitel filtrace	$m.s^{-1}$
p	Absolutní tlak	bar
Δp_k	Tlaková ztráta	-
η_k	Účinnost spalovacího procesu	-
Q_i^r	Výhřevnost	kJ/kg
i	entalpie	kJ/kg
\dot{M}_{pal}	Hmotnostní tok paliva	kg/s
m_d	Hmotnost paliva	t
\dot{Q}	Výkon	MWt
\dot{M}_p	Hmotnostní tok páry	kg/s
E	Energie	J
δ	Pokrytí spotřeby	$\%$

Zkratka	Význam
CO	Oxid uhelnatý
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSÚ	Český statistický úřad
EIA	Vyhodnocení vlivů na životní prostředí
EVO	energetické využívání odpadu
HCl	Kyselina chlorovodíková
HF	Fluorovodík
KO	Komunální odpad
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NO _x	oxidy dusíku
ORP	Obec s rozšířenou působností
PET	Polyethylentereftalát
PM	Pevné (prachové) částice
PVC	Polyvinylchlorid
SCZT	Soustava centralizovaného zásobování teplem
SO ₂	oxid siřičitý
TOC	Celkový organický uhlík
TZL	prachové částic
VISOH	Veřejné informace o produkci a nakládání s odpady
ZEVO	Zařízení pro energetické využití odpadu

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.1: Graf nakládání s odpadem 2016	16
Obr. 1.2: Skládka na rovině, Skládka na svahu [13]	17
Obr. 1.3: Schéma třídící linka [17].....	19
Obr. 1.4: Podíl skládek, recyklace a ZEVO ve 28 evropských státech [19]	20
Obr. 2.1: Typy roštů pro spalovny komunálního odpadu [29].....	24
Obr. 2.2: Rotační pec pro spalování nebezpečných odpadů [29]	24
Obr. 2.3: Technologický proces spalování [33].....	25
Obr. 2.4: Schéma pyrolýzy [36]	26
Obr. 2.5: Schéma plazmového zplyňování [38].....	27
Obr. 2.6: Systém centrálního zásobování teplem – SCZT [43]	28
Obr. 2.7: Dodávky tepla do SCZT v Brně za rok 2015 [44]	29
Obr. 3.1: Zapojení ohříváků vody ve výměníkové stanici teplárny Přerov [47].....	32
Obr. 3.2: Zjednodušené schéma teplárny	33

SEZNAM TABULEK

Tab. 1.1: Produkce KO a vybrané způsoby zpracování 2012–2016 [1]	12
Tab. 1.2: Produkce KO podle ČSÚ a VISOH.....	13
Tab. 1.3: Imisní limity vyhlášené pro ochranu zdraví lidí [6]	14
Tab. 1.4: Specifické emisní limity	14
Tab. 1.5: Spalovny komunálního odpadu v ČR [20]	20
Tab. 1.6: Cementárny s možností spalování komunálního odpadu [20]	21
Tab. 1.7: Množství spáleného odpadu v ČR, různé zdroje	21
Tab. 2.1: Doba nutná pro zneškodnění odpadů [11]	23
Tab. 2.2: Výhřevnost paliv [45].....	29