

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Agronomická fakulta**  
Ústav zemědělské, potravinářské a environmentální techniky

---



**Termické zpracování komunálních odpadů**  
**v České republice**  
Bakalářská práce

*Vedoucí práce:*  
Bc. Ing. Zdeněk Konrád, Ph.D.

*Vypracovala:*  
Žaneta Krábková

---

Brno 2015

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Žaneta Krábková**  
Studijní program: Technologie odpadů  
Obor: Odpadové hospodářství  
Název tématu: **Termické zpracování komunálních odpadů v České republice**  
Rozsah práce: 30-40 stran A4 + přílohy

## Zásady pro vypracování:

1. Specifikujte základní pojmy z oblasti termického zpracování komunálních odpadů ve vztahu k souvisejícím legislativním předpisům.
2. Charakterizujte současný stav termického zpracování komunálních odpadů ve vztahu k jeho historickému vývoji.
3. Uveďte přehled technologií a technického zařízení využívaných v rámci termického zpracování komunálních odpadů.
4. Formulujte závěry a předpokládané tendence pro další vývoj Vámi řešené problematiky.

Seznam odborné literatury:

1. GRODA, B. *Technika zpracování odpadů*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1995. 213 s. ISBN 80-7157-164-4.
2. GRODA, B. *Technika zpracování odpadů, II*. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997. 168 s. ISBN 80-7157-264-0.
3. KURAŠ, M. *Odpady, jejich využití a zneškodňování*. Praha: Český ekologický ústav, 1994. 241 s. ISBN 80-85087-32-4.
4. BILITEWSKI, B. – HAERTLE, G. – MAREK, K. *Abfallwirtschaft : Handbuch für Praxis und Lehre*. 3. vyd. Berlin: Springer, 2000. 16 s. ISBN 3-540-64276-5.
5. GOLUSH, T V. *Waste management research trends*. New York: Nova Science Publishers, 2008. 401 s. ISBN 978-1-60456-234-7.
6. LAVELLE, J R. *Waste management : research, technology and developments*. New York: Nova Science Publishers, 2009. 371 s. ISBN 978-1-60456-256-9.
7. FILIP, J. a kol. *Odpadové hospodářství*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. 116 s. ISBN 80-7157-608-5.
8. FILIP, J. – ORAL, J. *Odpadové hospodářství : II*. 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 75 s. ISBN 80-7157-682-4.
9. PONÍŽILOVÁ, H. *Analýza procesů spalovny odpadů*. Diplomová práce. Brno: MZLU v Brně, 2005. 97 s.
10. VYKOUŘILOVÁ, A. *Spalovny a multifunkční zařízení pro nakládání s KO*. Diplomová práce. Brno: MZLU v Brně, 2008. 64 s.
11. PELIKÁN, M. *Vyhodnocení efektivnosti investice na vybudování spalovny komunálního odpadu*. Diplomová práce. MZLU v Brně, 2002.
12. Internetové informační zdroje
13. Odborná periodika
14. Související platné právní předpisy

Datum zadání bakalářské práce: říjen 2013

Termín odevzdání bakalářské práce: duben 2015

  
**Žaneta Krábková**  
Autorka práce



  
**Bc. Ing. Zdeněk Konrád, Ph.D.**  
Vedoucí práce

  
**prof. Ing. Jan Mareček, DrSc.**  
Vedoucí ústavu

  
**prof. Ing. Ladislav Zeman, CSc.**  
Děkan AF MENDELU

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: „Termické zpracování komunálních odpadů v České republice“ vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací*.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně dne 20. dubna 2015

.....  
podpis

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěla poděkovat panu Bc. Ing. Zdeňku Konrádovi, Ph.D. za odbornou pomoc při psaní mé bakalářské práce. Dále bych ráda poděkovala paní Ing. Ivetě Jurenové, obchodní náměstkyni a RNDr. Janě Suzové, environmentální specialistce, za ochotu a poskytnuté informace společnosti SAKO Brno, a.s. Děkuji také panu Ing. Martinu Křehlíkovi, energetikovi společnosti TERMIZO, a.s., za doplňující informace.

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se zabývá termickým zpracováním komunálních odpadů v České republice. V první části práce jsou vymezeny základní pojmy a platné právní předpisy v oblasti termického zpracování odpadů. Je zde charakterizován pojem spalovna, spalování, komunální odpad, jejich energetické využití apod. Další část je zaměřena na historický vývoj a současné nakládání s odpady a jejich energetické využití. Značná část práce je věnována technologiím a technickým zařízením využívaných v rámci termického zpracování komunálních odpadů v České republice. Závěrem práce je diskutována problematika termického zpracování komunálních odpadů v České republice, možnosti řešení negativního postoje ke spalovnám komunálních odpadů v České republice apod.

**Klíčová slova:** komunální odpad, spalování odpadu, spalovna, termické zpracování komunálních odpadů, energetické využití odpadů

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the thermal treatment of municipal waste in the Czech Republic. The first part defines basic concepts and legislation in the field of thermal waste treatment. There is characterized by the concept of incineration, combustion, waste, energy recovery, etc.. The next part focuses on the historical development and current waste management and energy recovery. Much of the work is devoted to technologies, equipment and supplies used within the thermal treatment of municipal waste in the Czech Republic. Finally, work is discussed thermal treatment of municipal waste in the Czech Republic, the possibility of addressing the negative attitudes towards incineration of municipal waste in the Czech Republic, etc.

**key words:** municipal waste, waste inceneration, incinerator, thermic disposal of waste, energy recovery of waste

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
<b>3</b>	<b>LEGISLATIVA</b> .....	<b>11</b>
<b>3.1</b>	<b>Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2</b>	<b>Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady č. 383/2001 Sb.</b> .....	<b>12</b>
<b>3.3</b>	<b>Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.</b> .....	<b>13</b>
<b>3.4</b>	<b>Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů</b> .....	<b>15</b>
<b>3.5</b>	<b>Vývoj legislativy v ČR v oblasti odpadového hospodářství</b> .....	<b>15</b>
<b>4</b>	<b>HISTORIE NAKLÁDÁNÍ S ODPADY V ČR</b> .....	<b>16</b>
<b>4.1</b>	<b>První spalovna v České republice</b> .....	<b>17</b>
<b>4.2</b>	<b>Druhá spalovna v České republice</b> .....	<b>18</b>
<b>5</b>	<b>SOUČASNÝ STAV TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ</b> .....	<b>19</b>
<b>5.1</b>	<b>Česká republika</b> .....	<b>19</b>
5.1.1	Současné spalovny v ČR .....	19
5.1.2	Roční produkce a využití komunálních odpadů .....	20
5.1.3	Emisní limity .....	22
5.1.4	Budování nových spaloven .....	23
<b>5.2</b>	<b>Zahraničí</b> .....	<b>23</b>
<b>6</b>	<b>TECHNOLOGIE A TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ VYUŽÍVANÝCH V RÁMCI TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ</b> .....	<b>25</b>
<b>6.1</b>	<b>Odpad jako palivo</b> .....	<b>25</b>
<b>6.2</b>	<b>Spalování odpadů</b> .....	<b>26</b>
<b>6.3</b>	<b>Termické metody zpracování odpadů</b> .....	<b>26</b>
6.3.1	Spalovací režimy .....	26

<b>6.4</b>	<b>Popis vybraných uzlů procesů zařízení spalovny .....</b>	<b>29</b>
6.4.1	Zařízení pro chlazení spalin a využití odpadního tepla .....	29
<b>6.5</b>	<b>Produkty termických procesů a způsoby jejich odstranění .....</b>	<b>31</b>
<b>6.6</b>	<b>Technologie spaloven komunálních odpadů v České republice.....</b>	<b>33</b>
6.6.1	SAKO Brno, a.s. ....	33
6.6.2	ZEVO Praha Malešice a.s.....	35
6.6.3	TERMIZO, a.s. ....	36
<b>7</b>	<b>DISKUZE.....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>43</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....</b>	<b>45</b>
9.1	Literární zdroje .....	45
9.2	Právní normy .....	45
9.3	Internetové zdroje .....	46
9.4	Ostatní zdroje .....	47
<b>10</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK.....</b>	<b>48</b>
<b>11</b>	<b>SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ .....</b>	<b>49</b>
11.1	Seznam tabulek.....	49
11.2	Seznam obrázků .....	49
<b>12</b>	<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>50</b>



# 1 ÚVOD

Odpad provází lidstvo už od nepaměti. Lidé si žili kočovným způsobem života, kdy jim odpad nezpůsobil žádné problémy. V té době byla většina věcí přírodního původu. Díky tomu si s nimi příroda dokázala dokonale a rychle poradit. Problémy nastaly ve chvíli, kdy se lidé začali stěhovat do měst. Města sice měla oproti venkovu nakládání s odpady mnohem rozvinutější, přistěhovalci však měli určité návyky, které ve městech začali aplikovat.

Postupem času se města stále více rozrůstala a obyvatel přibývalo. To vedlo k nárůstu množství odpadků a s nimi spojenými nemocemi jako cholera či tyfus. Odpadky se tak staly pro města velkým problémem, který musela začít řešit.

Na přelomu 19. a 20. století vznikají první spalovny, skládky a kompostárny. První spalovna v Rakousko - Uherské monarchii vznikla v roce 1904 v Brně. Již tehdy dokázala ze shořelých odpadků vyrobit elektrickou energii. V současné době má Česká republika celkem 31 spaloven odpadů, z toho 3 spalovny komunálních odpadů a 28 spaloven nebezpečných odpadů, které především spalují zdravotnický a průmyslový odpad.

Spalování se postupně stává moderním způsobem zneškodňování odpadů. Vyspělé státy z velké části KO spalují nebo recyklují. Skládají jen nezbytně nutné množství. Takový odpad, který se nedá využít či úplně zneškodnit. V České republice však ke spalovnám přistupují s obavami. Strach mají ze zápachu a kouře. Spalovnu vidí jako vysoký zdroj znečištění a obávají se tak o své zdraví. Moderní technologie spalování však umožňuje vysoké množství vyčištění spalin a současná nastavená legislativa nedovolí, aby tato zařízení vypouštěla do ovzduší životu ohrožující koncentrace nebezpečných látek. Dokonce emisní limity, které jsou v naší zemi nastaveny, jsou mnohem přísnější, než v jiných zemích. Pravidelné kontroly měření emisí dokazují, že si naše spalovny vedou velmi dobře. Naměřené koncentrace nebezpečných látek, které jsou vypouštěny z komínů těchto spaloven, se pohybují pod hranicí emisních limitů.

Spalovny sice patří mezi drahá zařízení, ale oproti skládkování jsou ekologicky přijatelnější. Spalováním nejen snížíme hmotnost a objem odpadu, ale vzniklou energii můžeme využít na výrobu tepelné a elektrické energie. Za velké pozitivum můžeme považovat úsporu primárních neobnovitelných zdrojů surovin a energie, jejichž množství se neustále snižuje.

## **2 CÍL PRÁCE**

Cílem mé práce je vymezit základní pojmy a platné legislativní předpisy v oblasti termického zpracování odpadů. Dále charakterizovat současný stav termického zpracování komunálních odpadů v České republice a popsat technologii jednotlivých spaloven na území České republiky. V závěru práce se na základě zjištěných skutečností pokusit nalézt řešení negativního postoje ke spalovnám odpadů.

### 3 LEGISLATIVA

Spalovna jako každé zařízení v České republice má povinnost řídit se právními předpisy pro ně vydané. V České republice se nachází tři spalovny komunálních odpadů. v Brně, Praze a Liberci. Tato zařízení kromě samotného spalování KO zahrnují také komplex činností, jako je manipulace s odpady či jejich doprava. S těmito činnostmi je tedy potřeba v rámci právních předpisů daného zařízení počítat.

Vybrané právní předpisy z oblasti termického zpracování komunálních odpadů:

- Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů.
- Vyhláška č. 383/2001 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady.
- Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.
- Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů.
- Zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (Energetický zákon).

#### 3.1 Zákon o odpadech č. 185/2001 Sb.

Zákon zahrnuje především pravidla pro předcházení vzniku odpadů a nakládání s nimi, a to v souladu s ochranou životního prostředí a lidského zdraví. Dále vymezuje práva a povinnosti právnických a fyzických osob a orgánů veřejné správy působící v odpadovém hospodářství (ZÁKON č. 185/2001 Sb.).

Základní pojmy z oblasti termického zpracování komunálních odpadů:

**Odpad** je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl či povinnost se jí zbavit a patří do některé ze skupin odpadů uvedených v Příloze č. 1 tohoto zákona.

**Komunální odpad (KO)** je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů. Do komunálního odpadu však neřadíme odpad vznikající u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.

**Nakládáním s odpady** myslíme jejich shromažďování, sběr, výkup, přepravu, dopravu,

skladování, úpravu, využití a odstranění.

**Úprava odpadů** je každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za účelem umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jejich objemu, případně snížení jejich nebezpečných vlastností. U spaloven komunálních odpadů se můžeme setkat s úpravou odpadů především za účelem jeho odstranění, případně snížení jejich nebezpečných vlastností, např. solidifikace popílku nebo například za účelem snížení objemu odpadu.

**Zpracováním odpadů** se rozumí jejich využití nebo odstranění zahrnující i přípravu před využitím nebo odstraněním odpadů.

**Zařízením** se myslí technické zařízení, místo, stavba nebo část stavby.

**Odstraněním odpadů** se myslí činnost, která není využitím odpadů, a to i v případě, že tato činnost má jako druhotný důsledek znovuzískání látek nebo energie.

**Oprávněná osoba** je každá osoba, která je oprávněna k nakládání s odpady podle tohoto zákona nebo dle zvláštních právních předpisů.

**Obchodníkem** je právnická osoba nebo fyzická osoba oprávněná k podnikání, které nakupují nebo prodávají odpad a jednají přitom na vlastní odpovědnost (ZÁKON č. 185/2001 Sb.).

Dle zákona o odpadech lze odpady spalovat, pouze jsou-li splněny podmínky stanovené právními předpisy o ochraně ovzduší a o hospodaření energií.

Spalování odpadu ve spalovně komunálních odpadů, která dosahuje vysokého stupně energetické účinnosti, se považuje za využívání odpadů způsobem uvedeným pod kódem R1 v příloze č. 3 k tomuto zákonu, tj. „využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie“ (ZÁKON č. 185/2001 Sb.).

### **3.2 Vyhláška o podrobnostech nakládání s odpady č. 383/2001 Sb.**

Vyhláška stanovuje náležitosti žádosti o souhlas k provozování zařízení k využívání, odstraňování, sběru či výkupu odpadů. Dále zahrnuje technické požadavky na nakládání s odpady vzniklými při spalování komunálních a nebezpečných odpadů.

Zakazuje znečišťovat okolní prostředí spaloven prachem a nařizuje uložení vzniklého popílku po spalování na jednodruhovou skládku, a to jen po předchozí stabilizaci (VYHLÁŠKA č. 283/2001).

### **3.3 Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.**

Dle zákona o ochraně ovzduší se ochranou ovzduší především rozumí předcházení znečišťování ovzduší a snižování úrovně znečišťování tak, aby byla omezena rizika pro lidské zdraví způsobená znečištěním ovzduší.

Tento zákon upravuje, posuzuje a vyhodnocuje přípustné úrovně znečištění a znečišťování ovzduší. Dále vymezuje například práva a povinnosti osob a působnost orgánů veřejné správy při ochraně ovzduší, práva a povinnosti dodavatelů pohonných hmot a působnost orgánů veřejné správy při sledování a snižování emisí skleníkových plynů z pohonných hmot v dopravě (ZÁKON č. 201/2012 Sb.).

Základních pojmy z oblasti termického zpracování komunálních odpadů:

***Ovzduším*** se dle tohoto zákona rozumí vnější ovzduší v troposféře.

***Znečišťující látka*** je každá látka, která svou přítomností v ovzduší má nebo může mít škodlivé účinky na životní prostředí nebo lidské zdraví anebo obtěžuje svým zápachem.

***Znečišťováním (emisi)*** se myslí vnášení jedné či více znečišťujících látek do ovzduší.

***Úrovní znečištění*** rozumíme hmotnostní koncentraci znečišťující látky v ovzduší neb její depozice na zemský povrch za jednotku času.

***Emisní limit*** je nejvíce přípustné množství znečišťující látky nebo skupiny znečišťujících látek vnášené do ovzduší ze stacionárního zdroje.

***Emisní strop*** je nejvýše přípustné množství znečišťující látky vnesené do ovzduší za kalendářní rok.

***Imisní limit*** je nejvýše přípustná úroveň znečištění stanovená tímto zákonem.

***Stacionární zdroj*** je ucelená technicky dále nedělitelná stacionární technická jednotka nebo činnosti, které znečišťují nebo by mohly znečišťovat.

**Spalovací stacionární zdroj** je stacionární zdroj, ve kterém dochází k oxidaci paliva za účelem využití uvolněného tepla.

**Provozovatel** je právnická či fyzická osoba provozující stacionární zdroj. Pokud taková osoba není známa nebo neexistuje, za provozovatele stacionárního zdroje se považuje jeho vlastník.

**Palivem** se rozumí spalitelný materiál v pevném, plynném nebo kapalném skupenství, který je určen jeho výrobcem ke spalování za účelem uvolnění energetického obsahu tohoto materiálu.

**Tepelným zpracováním odpadu** se myslí oxidace odpadu nebo jeho zpracování jiným termickým procesem, včetně spalování vzniklých látek, pokud by tím mohlo dojít k vyšší úrovni znečišťování oproti spálení odpovídajícího množství zemního plynu o stejném energetickém obsahu.

**Spalovnu odpadu** považujeme za stacionární zdroj určený k tepelnému zpracování odpadu, přičemž jeho hlavním účelem není výroba energie ani jiných produktů. Dále se za spalovnu odpadu považuje jakýkoliv stacionární zdroj, ve kterém více než 40 % tepla vzniká tepelným zpracováním nebezpečného odpadu nebo ve kterém se tepelně zpracovává neupravený směsný komunální odpad (ZÁKON č. 201/2012 Sb.).

Dle zákona o ochraně ovzduší je provozovatel stacionárního zdroje, uvedeného v příloze č. 4 k tomuto zákonu, povinen zjišťovat úroveň znečišťování pravidelným měřením u znečišťujících látek uvedených v téže příloze.

Úroveň znečišťování se zjišťuje jednorázovým měřením emisí v intervalech stanovených prováděcím právním předpisem či kontinuálním měřením emisí. Přičemž jednorázové měření emisí je prováděno prostřednictvím autorizované osoby, a to minimálně jednou za kalendářní rok.

Dle přílohy č. 2 k zákonu č. 201/2012 Sb. je u zdroje sloužícího k tepelnému zpracování odpadu nutno zpracovat rozptylovou studii, provozní řád jako součást povolení provozu a kompenzační opatření dle § 11 v tomto zákoně. Dále dle této přílohy se spalovna komunálních odpadů stává poplatníkem poplatku za znečišťování (ZÁKON č. 201/2012 Sb.).

### **3.4 Zákon č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů**

Účelem zákona č. 76/2002 Sb., o integrované prevenci a omezování znečištění je dosáhnout vysoké úrovně ochrany životního prostředí jako celku. Zákon například stanovuje povinnosti provozovatelů zařízení podléhajících tomuto zákonu. Spalovny, jakožto zařízení na spalování komunálního odpadu o kapacitě větší než 3 t za hodinu, musí mít, dle přílohy č. 1 k tomuto zákonu, schválené integrované povolení k provozování tohoto zařízení. Zařízení musí být provozováno v rámci použití nejlepších dostupných technik, tzv. BAT (ZÁKON č. 76/2002 Sb.).

### **3.5 Vývoj legislativy v ČR v oblasti odpadového hospodářství**

Prvním právním předpisem, který oblast odpadového hospodářství upravoval, byl zákon č. 238/1991 Sb., o odpadech. Do té doby žádná právní úprava na úseku odpadů neexistovala, pouze místní vyhlášky. Tento zákon však vykazoval v mnoha ohledech jisté nedostatky, a tak byl nahrazen zákonem č. 125/1997 Sb. Tento zákon byl následně doplněn řadou vyhlášek. Mezi základní z nich patřila například vyhláška č. 337/1997 Sb., kterou se stanoví Katalog odpadů. Dále vyhláška č. 338/1997 Sb., o podrobnostech nakládání s odpady a vyhláška č. 339/1997 Sb., o hodnocení nebezpečných vlastností odpadů. Všechny tyto právní předpisy se však časem, s ohledem na požadavky praxe a Evropské unie, ukázaly být nedostačující. Vstup České republiky do Evropské unie si vyžádal implementaci právních předpisů Evropské unie do českého právního řádu, a to i v oblasti odpadového hospodářství (Fiedor 2012).

Dle směrnic Evropské unie je třeba dbát na to, aby se odpadem neplýtvalo. Směrnice přináší například tzv. Hierarchii nakládání s odpady. Ta hovoří o povinnosti států zajistit materiálové či energetické využití odpadů. Teprve pokud odpady není možno využít jedním z těchto způsobů, je třeba je bezpečným způsobem odstranit (Internet 6; Fiedor 2012).

Od roku 2001 se řídíme Zákonem o odpadech č. 185/2001 Sb., a od roku 2012 Zákonem o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb. Mezi nejdůležitější změny, které nový zákon o ochraně ovzduší přinesl, patří například změna v rozdělení stacionárních zdrojů znečištění, kdy se již nedělí na velké, střední a malé, ale pouze na vyjmenované a nevyjmenované (Internet 7).

## 4 HISTORIE NAKLÁDÁNÍ S ODPADY V ČR

„Zbavit se odpadků pouhým zvednutím víka popelnice je pro nás dnes tak snadné a samozřejmé jako si rozsvítit světlo pouhým vypínačem“ (Internet 1).

Komfort a samozřejmost, to je dnešní doba. Minulost však zdaleka tak pohodlná nebyla. V minulosti lidé odpadky příliš neřešili. Na vesnicích jednoduše vše končilo v kamnech nebo zkrmil dobytek, a co nešlo spálit nebo zkrmit, končilo v hlubokých jámách za domy. Problém nastal na počátku průmyslové revoluce, kdy se lidé začali z vesnic stěhovat do měst za prací. Svě zažité návyky začali pak aplikovat i ve městech.

V jímkách za domy končily nejen fekálie, ale také popel, odpadky z kuchyní nebo například rozbité nádoby či odpad z řemeslných dílen. To však nemohlo trvat věčně. Města se rozrůstala, počet obyvatel ve městech stále stoupal a soukromé jímky obyvatel přestávaly být dostačující. Města se proto rozhodla svůj odpad odvázet.

V brněnských ulicích se první svoz odpadu datuje k počátku 19. století. „Pravděpodobně již tehdy probíhal sběr odpadků tak, že pravidelně v určitý den městem projížděl vůz a obyvatelé přicházeli před domy, aby na něj vysypali odpadky ze svých domácností.“ Takto naložené odpadky končily na hromadách v členitém terénu za městy, tehdejších skládkách

V důsledku stále se rozrůstajících měst, končily některé ulice takřka ve středu skládek. Ty byly ohniskem veškerých nákaz jako například cholery, úplavice či tyfu. Například v roce 1901 v Brně vypukla opět tyfová nákaza. Tehdy si obyvatelé Brna začali pohrávat s myšlenkou vybudovat spalovnu odpadů. V roce 1902 obecní rada rozhodla o vytvoření komise pro posuzování vhodné technologie pro spalování odpadů v Brně. Komise podnikala nejrůznější zahraniční cesty, především do Německa, kde se snažila právě takovou technologii najít. Nakonec se rozhodla pro technologii spalování od vídeňské firmy Alfons Custodis, která svým konstrukčním řešením vybavila spalovny v Hannoveru, Frankfurtu a Dortmundu. V březnu roku 1904 bylo zástupcům Brna umožněno si spálit v kolínské spalovně brněnský odpad. Výsledkem po spálení sedmi tun odpadu bylo tehdy pouhých čtyřicet dva procent původní hmotnosti. Dnes hmotnost škváry tvoří přibližně dvacet pět procent, a to včetně okolo dvaceti procent vlhkosti. Na tehdejší dobu to ale nebylo vůbec špatné. Dým, který se z dvacetimetrového komína linul, dotvářel tenkrát standart životního prostředí a hodnotě oxidu uhličitého v kouřových plynech, která tvořila okolo šestnácti procent, nebyl v té době



příkládán téměř žádný význam (Internet 1).

#### **4.1 První spalovna v České republice**

Dne 17. května roku 1904 se rada brněnských radních rozhodla vybudovat v Brně spalovnu odpadu, tehdy pojmenovanou jako smetárna. V roce 1905 byla uvedena do provozu. Jednalo se o první spalovnu na území Rakousko - Uherské monarchie (Obr. č. 1). Již tehdy brněnská spalovna využívala energetického potenciálu z odpadu k výrobě elektrické energie. Spalovna měla rozměry přibližně dvacet na dvacet čtverečních metrů a o její každodenní jedenáctihodinový provoz se na počátku provozu staralo šest až osm pracovníků. Odpadky byly dováženy otevřenými koňskými povozy a vhazovány do podzemního krytého zásobníku. Odtud byl odpad elektricky dopravován pod střechu spalovny do nadpecního zásobníku. Cestou odpad procházel přes dva rotující válce, které měly za úkol drtit objemné části odpadu. Ze zásobníku odpadu byl odpad pomocí bidel postrkován na podavač, umístěný nad jednotlivými sedmi spalovacími komorami. Pára z kotlů roztáčela Parsonovu turbínu, jejíž alternátor dodával do sousední městské elektrárny střídavý elektrický proud o výkonu 220 kW při napětí 2200 V. Vyseparovaná škvára, která byla odvážena na skládku na dvoře spalovny, tvořila okolo padesáti procent hmotnosti spáleného odpadu. Škvára, která však obsahovala přes šedesát procent křemíku, byla prodávána stavebníkům jako plnicí materiál. Popílek se zase využíval při přípravě malt apod. Spalovna během svého provozu prošla mnohými změnami a rekonstrukcemi. Například v roce 1908 přešla smetárna na dvousměnný provoz po osmi hodinách. Rozrostla se o nová svozová vozidla, která se v průběhu let stále vylepšovala. Provoz spalovny byl také značně ovlivněn druhou světovou válkou, kdy byl problém s nedostatkem kvalitního odpadu, který se podepsal na snížení produkce elektrické energie. Válka způsobila také výrazný úbytek zapracovaných dělníků, kteří museli být nahrazeni ženami. Smetárna sloužila do roku 1941, kdy byla v posledních dnech druhé světové války vybombardována (Internet 1; Internet 2).

V té době však smetárna nebyla jedinou spalovnou na území Evropy. Vůbec první spalovna v Evropě vznikla v roce 1876 ve Velké Británii. Později se k ní připojily také spalovny v Německu, a to například spalovna v Hamburku, která byla spuštěna v roce 1896 (Filip a kol., 2006, Internet 3).

Obr. č. 1: První spalovna odpadů na území Rakousko - Uherska (Internet 1)



## 4.2 Druhá spalovna v České republice

Druhou spalovnou komunálních odpadů na území dnešní České republiky se stala v roce 1934 spalovna v pražských Vysočanech. Spalovna měla dva kotle o kapacitě 2000 Mg/rok. Odpad byl spalován za přidání práškového uhlí. Vzniklá pára byla použita k výrobě elektrické energie. Během svého provozu prošla mnoha rekonstrukcí a v posledních letech spalovala převážně uhlí a fungovala jako teplárna pro oblast Vysočan. V provozu byla do šedesátých let minulého století. Později sloužila jako teplárna (Kuraš, 1994; Internet 4).

## **5 SOUČASNÝ STAV TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ**

Současná doba je charakteristická rychlým rozvojem společnosti a technologií. To samozřejmě souvisí s produkcí odpadů. Dnešní společnost je velmi náročná na sortiment a s ním spojenou spotřebu. Se zvyšující se spotřebou však ubývá čím dál více primárních surovin a současně narůstá objem odpadů. Společnost, která si je vědoma této problematiky, se proto snaží vymyslet nejrůznější způsoby, jak dále odpad využít. Vyvíjejí se stále nové technologie zaměřené především na recyklaci odpadů neboli opětovném využití odpadů jako druhotné suroviny pro další výrobu. Za velmi perspektivní směr považujeme energetické využití odpadů.

Za posledních dvacet let se z odpadového hospodářství stal moderní obor, který využívá nejnovějších postupů v nakládání s odpady. Musíme však konstatovat, že i přesto v dnešní době naprostá většina komunálních odpadů končí na skládkách odpadů. Skládkování je totiž ve srovnání s termickým zpracováním odpadů stále nejlevnějším způsobem odstranění odpadů. Dle hierarchie nakládání s odpady to však není příliš šťastné řešení.

### **5.1 Česká republika**

#### **5.1.1 Současné spalovny v ČR**

Na území České republiky jsou provozovány tři spalovny komunálních odpadů o celkové kapacitě 646 000 Mg/rok. Jako první byla vybudována spalovna v Brně, posléze v Praze a Liberci. Tyto spalovny již dnes pomocí kogenerační jednotky vyrábí z vyprodukované páry jak teplo, tak elektrickou energii, kterou dále dodávají do sítě.

##### **5.1.1.1 Spalovna SAKO Brno, a.s.**

„Snaha o znovuoobnovení spalovny ve městě Brně se datuje od roku 1946, avšak realizovat tento záměr trvalo více než 40 let“ (Internet 2).

Stavba nové spalovny započala v roce 1984 a zkušební provoz byl započat v lednu roku 1989. Stavbu projektoval Hutní projekt Ostrava. Dodavatelem stavební části byly Průmyslové stavby Brno a generálním dodavatelem technologické části byla ČKD Dukla Praha. Hodnota dostavěné spalovny byla vyčíslena na 380 milionů korun. Svou současnou podobu získala

v roce 2010, kdy byla zrekonstruována (Internet 1; Internet 2).

#### **5.1.1.2 Spalovna ZEVO Praha Malešice, a.s.**

V roce 1988 byla v Praze postavena v současnosti druhá spalovna komunálních odpadů v České republice s oficiálním názvem ZEVO Praha Malešice. Zkušební provoz byl zahájen v roce 1997 a o rok později, v roce 1998, byla spalovna uvedena do trvalého provozu. V průběhu let se emisní parametry této spalovny výrazně zlepšily díky instalaci katalyzátorů, které byly uvedeny do provozu v roce 2007. Jejich hlavní funkcí je zneškodnění oxidu dusíku a dioxinů ze spalín. Od roku 2010 pražská spalovna komunálních odpadů vyrábí pomocí kogenerace teplo i elektřinu (PRAŽSKÉ SLUŽBY)

#### **5.1.1.3 Spalovna TERMIZO, a.s.**

Výstavba třetí spalovny komunálních odpadů v České republice byla zahájena v roce 1996 v Liberci. Stavbu financovala společnost TERMIZO a.s., která se v témže roce sloučila se společností SMOZKO, zájmovým sdružením právnických osob, podnikající v téže oblasti. Zařízení na energetické využití odpadů je provozováno od roku 1999. Kapacita zařízení je od počátku uvedení do provozu naplněna na cca 95 - 100 %.

Při výstavbě spalovny byl kladen důraz nejen na architektonické řešení celé stavby, ale i na to, aby byl provoz spalovny v souladu se všemi předpisy týkajícími se životního prostředí. V roce 2000 byla spalovna oceněna titulem Stavba roku 2000 za vytvoření objektu pro náročnou průmyslovou funkci při dodržení přísných ekologických a dopravních podmínek. Vše vybudované na vysoké architektonické úrovni a s citem pro začlenění do organismu města (Internet 5).

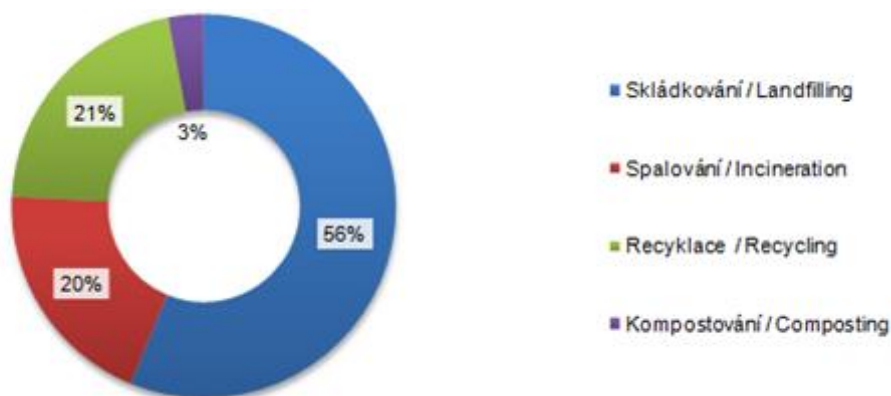
### **5.1.2 Roční produkce a využití komunálních odpadů**

Na území České republiky se nyní nachází tři spalovny komunálních odpadů. Jak již bylo zmíněno, jedná se o spalovny v Brně, Praze a Liberci. I přes tyto spalovny se Česká republika řadí mezi země, kde skládkování výrazně převažuje nad spalováním. Důkazem je následující tabulka s grafem.

Tab. č. 1: Produkce průmyslových a komunálních odpadů podle krajů v roce 2013  
(Internet 10)

ČR, kraj CZ, Region	Průmyslové odpady <sup>1)</sup> v t Industrial waste <sup>1)</sup> Tonnes	Průmyslový odpad v kg/obyvatele Industrial waste kg per capita	Komunální odpady v t Municipal waste Tonnes	Komunální odpad v kg/obyvatele Municipal waste kg per capita	Oddělené sbírané složky v kg/obyvatele Waste components collected separately
<b>Česká republika Czech Republic</b>	<b>4 416 842</b>	<b>420</b>	<b>3 228 232</b>	<b>307</b>	<b>43</b>
v tom:					
HL. m. Praha	384 489	309	377 772	303	51
Středočeský	557 807	430	482 253	372	41
Jihočeský	199 595	314	200 283	315	44
Píseňský	212 742	371	132 252	231	41
Karlovarský	44 475	148	86 896	289	38
Ústecký	324 008	392	269 897	327	35
Liberecký	130 723	298	116 273	265	39
Královéhradecký	162 929	295	151 912	275	47
Pardubický	132 339	257	154 001	299	42
Kraj Vysočina	187 090	366	162 188	318	54
Jihomoravský	316 769	271	336 149	288	31
Olomoucký	250 927	394	196 246	308	37
Zlínský	168 184	287	174 388	297	52
Moravskoslezský	1 344 764	1 099	387 721	317	47

<sup>1)</sup> Průmyslové odpady zahrnují odpady z odvětví CZ-NACE 10 - 33 <sup>2)</sup> Industrial waste includes waste generated by activities classified under CZ-NACE divisions 10 - 33.



Obr. č. 2: Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2013 (Internet 10)

Dle tabulky č. 1 se v roce 2013 produkce komunálních odpadů v České republice pohybovala okolo 3 mil. Mg. Každý obyvatel České republiky tak průměrně vyprodukoval okolo 307 kg KO. Z obrázku č. 2 je patrné, že v roce 2013 byla většina KO v České republice skládkována. Komunálního odpadu bylo spáleno pouze 20 % a 21% bylo použito na recyklaci, zbytek bylo uloženo na kompostárny.

### 5.1.3 Emisní limity

Spalovna, jakožto stacionární zdroj znečištění, má povinnost řídit se emisními limity dle vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb. Tyto emisní limity a znečišťující látky, které jsou u těchto zdrojů znečištění sledovány, jsou zobrazeny v tabulce níže.

Tab. č. 2: Emisní limity pro znečišťující látky zjišťované primárně kontinuálním měřením (VYHLÁŠKA č. 415/2012 Sb.)

Znečišťující látka	Emisní limit <sup>1)</sup> [mg.m <sup>-3</sup> ]			
	Denní průměr	Půlhodinové průměry		10 minutový průměr
		97%	100 %	95%
TZL	10	10	30	
NO <sub>x</sub>	400 <sup>2)</sup>			
	200	200	400	
SO <sub>2</sub>	50	50	200	
TOC	10	10	20	
HCl	10	10	60	
HF	1	2	4	
CO	50		100 <sup>3)</sup>	150 <sup>3)</sup>

Spalovny komunálních odpadů v České republice tyto emisní limity dodržují, což dokazují pravidelné jednorázové kontroly, které jsou prováděny autorizovanou osobou, a to 1 - 2krát za rok. Tabulka č. 3 dokazuje, že koncentrace znečišťujících látek, které byly ze spalovny ZEVO Praha Malešice v roce 2013 vnášeny do ovzduší, nebyly překročeny, dokonce se pohybovaly pod hranici emisních limitů.

Tab. č. 3: Dosažené průměrné koncentrace vypouštěných škodlivin do ovzduší v porovnání s platnými emisními limity (Internet 11)

Emise 2013					
emise	koncentrace	emisní limit	jednotka	% z limitu	měření
TZL	2,78	10	mg. Nm <sup>-3</sup>	28	kontinuální
SO <sub>2</sub>	1,13	50	mg. Nm <sup>-3</sup>	2	
NO <sub>x</sub>	116,19	200	mg. Nm <sup>-3</sup>	58	
CO	26,43	50	mg. Nm <sup>-3</sup>	53	
HCl	0,09	10	mg. Nm <sup>-3</sup>	1	
TOC	1,00	10	mg. Nm <sup>-3</sup>	10	
HF	0,3400	1	mg. Nm <sup>-3</sup>	34	
Cd	0,0008	0,05	mg. Nm <sup>-3</sup>	2	
Tl	0,0001				
Hg	0,0098	0,05	mg. Nm <sup>-3</sup>	20	
Sb	0,0014	0,5	mg. Nm <sup>-3</sup>	22	diskontinuální
As	0,0002				
Pb	0,0116				
Cr	0,0096				
Co	0,0003				
Cu	0,0125				
Mn	0,0154				
Ni	0,0592				
V	0,0003				
PCDD/F	0,0260				

#### 5.1.4 Budování nových spaloven

Současná kapacita spaloven v České republice je naplněna. Legislativa EU a České republiky spěje ke snižování skládkování a navyšování materiálového a energetického využití odpadu. V České republice je tedy snaha vybudovat další spalovny komunálních odpadů.

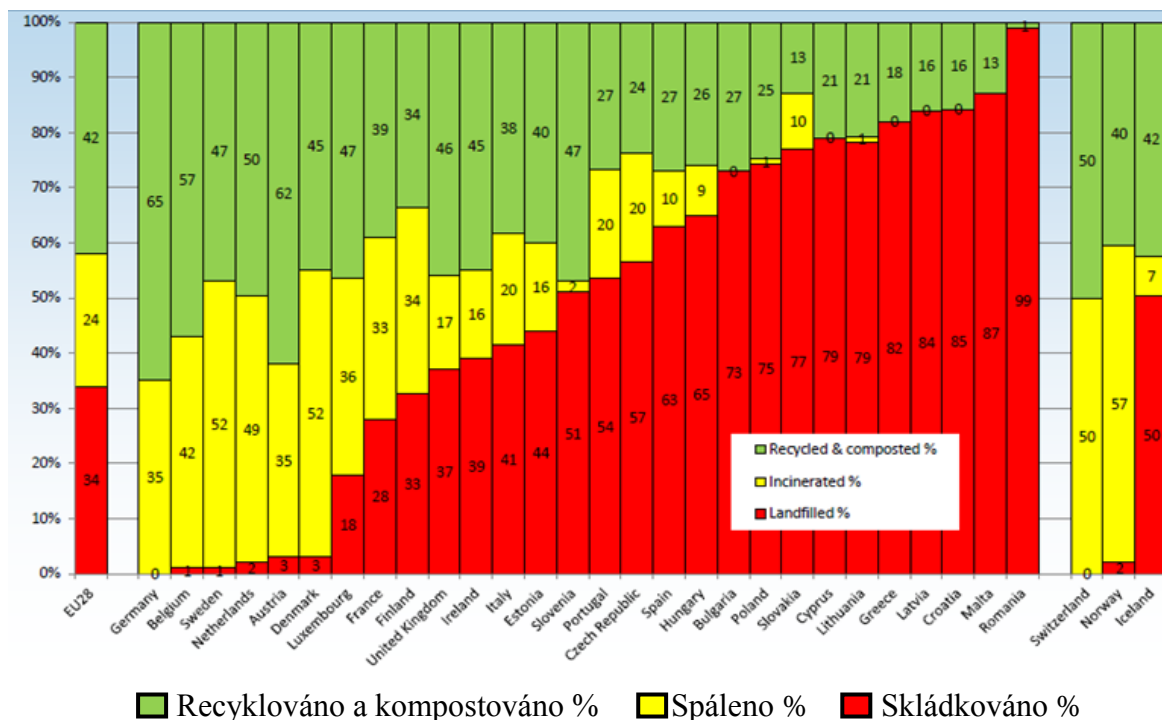
Oproti skládkování, je však jejich vybudování a následný provoz velmi drahý a bez dotací z EU téměř nereálný.

Mezi uvažované spalovny KO patří například spalovna v Karviné, Komořanech, Chebu, či v Chotíkově.

## 5.2 Zahraničí

Ve srovnání s Českou republikou je výskyt spaloven odpadů ve vyspělých zemích Evropy daleko častější. Setkáme se zde spíše se spalovnami vybudovanými o nižší kapacitě odpadů, jejich četnost je však v jednotlivých zemích vyšší. Dalo by se říci, že čím je hospodářsky země vyspělejší, tím více provozuje spaloven a skládkování je zde méně časté. V některých vyspělých zemích se skládkování zakázalo úplně. V České republice by mělo být od roku 2024 zakázáno skládkovat biologicky rozložitelný odpad a omezit tak částečně skládkování KO.

Obr. č. 3 znázorňuje nakládání s KO v Evropě v roce 2012. Z tohoto grafu lze vyčíst skutečnost, že ve vyspělých zemích Evropy, jako je například Německo, Belgie nebo Švédsko, je naprostá většina KO spalována ve spalovnách, recykluje se nebo kompostuje. Skládkování je v těchto zemích zakázáno či velmi omezeno. Oproti tomu u zemí jako je Chorvatsko, Řecko či Bulharsko, skládkování naprosto převládá a odpad se v těchto zemích vůbec nespaluje. Česká republika se se svými 57 %, nakládání s odpady formou skládkování, pohybuje ve střední části.



■ Recyklováno a kompostováno %   ■ Spáleno %   ■ Skládkováno %

Obr. č. 3: Nakládání s komunálním odpadem v evropských zemích v roce 2012, vč. Švýcarska, Norska a Irska (Internet 8).

Tabulka č. 4 poukazuje na četnost a výskyt spaloven ve vybraných zemích Evropy v roce 2012. Již na první pohled je patrná značná převaha spaloven oproti České republice.

Tab. č. 4: Počet spaloven ve vybraných zemích Evropy v roce 2009 (Internet 9)

<b>Francie</b>	130
<b>Německo</b>	70
<b>Itálie</b>	49
<b>Švýcarsko</b>	28
<b>Belgie</b>	16
<b>Rakousko</b>	14
<b>Norsko</b>	12
<b>Španělsko</b>	10
<b>Česká republika</b>	3



## 6 TECHNOLOGIE A TECHNICKÁ ZAŘÍZENÍ VYUŽÍVANÝCH V RÁMCI TERMICKÉHO ZPRACOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ

### 6.1 Odpad jako palivo

Všeobecně lze odpad považovat za méněhodnotné palivo, a to především díky své nehomogenitě. Palivo je charakterizováno obsahem hořlaviny a obsahem balastních látek a popela. (Filip, 2003)

Hořlavinu je možno rozdělit na prchavou a neprchavou. Přičemž prchavá hořlavina se uvolňuje při zahřívání odpadu a hoří plamenem. Je tvořena převážně uhlíkem vázaným ve sloučeninách a sloučeninami chloru a fluoru. Dokonalost jejího spálení lze kontrolovat přítomností uhlovodíků, např. PCB a množstvím oxidu uhelnatého. Neprchavá hořlavina je tvořena především uhlíkem a malým množstvím síry a vodíku. Nechoří plamenem, pouze žhne. Celkové složení hořlaviny dokážeme stanovit z tabulek nebo pomocí elementární analýzy. (Filip, 2003)

Voda se považuje za nehořlavou látku, která nám může za určitých podmínek sloužit jako oksylichovadlo. V odpadech je přítomna v krystalicky vázané formě nebo jako voda povrchová. Krystalicky vázaná voda je vázána v molekulách a nelze ji odstranit sušením v průběhu spalovacího procesu. Povrchová voda se do odpadu dostává například dopravou, manipulací a skladováním odpadu. Přítomnost povrchové vody snižuje výhřevnost odpadu a ve větším množství může způsobit i zhoršení hoření. Voda se nachází především v tuhých odpadech, ale také v kapalných a plynných. (Filip, 2003)

Popel se nachází u tuhých odpadů v množství 3 až 70 % u vysušeného vzorku. V případě tekutých odpadů je obsah popela až 5 %. Plynné odpady popel netvoří. (Groda, 1997)

Mezi další významné parametry paliva řadíme množství tepla obsaženého v palivu, které se udává pomocí spalného tepla a výhřevností.

**Spalné teplo:** Udává se v kJ nebo MJ na 1 kg či 1 m<sup>3</sup> paliva. Jedná se o množství tepla, které vznikne dokonalým spálením jednotkového množství paliva, jestliže se spaliny ochladí na původní teplotu paliva. Voda v tomto případě zůstane v kapalném stavu.

**Výhřevnost:** Představuje množství tepla, které vznikne dokonalým spálením jednotkového množství paliva, jestliže se spaliny ochladí na původní teplotu paliva. Voda po spálení zůstává

v plynném stavu. Výhřevnost je udána ve stejných jednotkách jako spalné teplo. (Filip, 2003)

## 6.2 Spalování odpadů

Spalování je proces, při kterém probíhá prudká oxidační exotermní reakce. Jde o řízené exotermické slučování hořlavých složek odpadů s kyslíkem za stechiometrických či nadstechiometrických podmínek. (Včelák, 1993; Filip, 2003)

Hlavním cílem spalování odpadů je snížit jeho množství, snížit množství organických kontaminantů v odpadech a zakoncentrovat těžké kovy v zachycovaném popílku. (Kuraš, 1994)

Při spalování vzniká mnoho tepla, které dále můžeme využít například k výrobě elektrické energie.

**Spalování komunálních odpadů:** Komunální odpad je tvořen převážně odpady z domácností, jehož složení je velmi proměnlivé. Složení tohoto komunálního odpadu závisí například na typu zástavby, odkud KO pochází nebo také závisí na ročním období. (Filip, 2003)

Díky značné heterogenitě KO, je tento odpad ve spalovnách před samotným hořením pečlivě promísen neboli homogenizován. Tím se docílí převážně konstantní výhřevnosti, která se u jednoho Mg KO pohybuje okolo 8 až 12 MJ. Tato výhřevnost se tak například vyrovná výhřevnosti hnědého uhlí.

## 6.3 Termické metody zpracování odpadů

Metody termického zpracování odpadů jsou postupy, při kterých dochází, působením teploty a kyslíku k chemickému rozkladu odpadní látky. Proces se děje, ve většině případů, za přítomnosti kyslíku. Těmito metodami docílíme přeměny nebezpečných látek, obsažených v hořlavých odpadech, na poměrně neškodné produkty. Mezi vedlejší produkty řadíme spaliny a popeloviny, přičemž popeloviny dále rozlišujeme na popel, strusku a škváru. (Filip, 2003)

### 6.3.1 Spalovací režimy

Rozumíme tím průběh tepelných toků, teplot spalovaného odpadu, teplot spalin a teplot pece.

Spalovací režim závisí především na době setrvání odpadu ve spalovacím zařízení

a je do určité míry ovlivněn vlastním provedením konstrukce spalovací pece.

Režimy členíme na:

- 1) *Kontinuálně pracující pece*: Odpadní látka prochází přerušovaně či plynule po dobu termického odstranění odpadu. Tepelný režim je ustálený a teploty i tepelné toky jsou konstantních hodnot.
- 2) *Periodicky pracující pece*: Řadíme sem pece komorového typu. Teploty a tepelné toky se v reakčním prostoru mění v závislosti na čase.

Do nejčastěji používaných režimů spalování řadíme spalování na roštu, spalování v rotační peci a spalování v šachtové peci, Přičemž jsou, v rámci českých spaloven komunálních odpadů, používány spalovací rošty pohyblivé.

**Spalování na roštu** je jeden z nejstarších způsobů spalování pevných paliv a jak již bylo zmíněno, je využíván ve všech spalovnách komunálních odpadů v České republice. Základem je rošt, na němž probíhá vlastní spalování. Spalovací cyklus je rozdělen do šesti fází, které obvykle probíhají postupně, v závislosti na teplotách v reakčním prostoru. (Filip, 2003)

#### **Pochody probíhající při spalování na roštích:**

1. *Fáze předsoušení*: Probíhá sáláním plamene, spalin a spalovacím vzduchem přiváděným pod rošt za teploty kolem 100 °C.
2. *Fáze odplyňování*: Odpady se ohřívají na teplotu 200 - 600 °C. Dochází k reakcím mezi uhlíkatými látkami v odpadech a kyslíkem. V důsledku toho, se vyvíjí hořlavé plyny.
3. *Fáze zapálení*: Na povrchu odpadového lože vznikají místní ložiska hoření.
4. *Fáze spalování plynů*: Přivádí se spalovací vzduch s přebytkem 10 - 30 %. Vznikají nová ložiska hoření, kdy je v samotném loži teplota kolem 500 - 800 °C. Plyny následně prochází vyšší vrstvou odpadů a nad nimi vyhořívají.
5. *Fáze hoření*: V této fázi hoří plyny i polokoks. Teplota se zvyšuje až na 1000 °C. Vzniklé teplo z lože je odváděno spalinami. Vzniká popel a škvára.
6. *Fáze vyhořívání a odvádění tepla*: Vzniká velké množství tepla, které je opět odváděno. Teplota se pohybuje kolem 1200 °C. Z roštu je odváděn popel, škvára a nespalitelné zbytky odpadu jako například kov. (Kuraš, 1994)

Pece dělíme na:

- 1) Roštové pece,
- 2) rotační pece,
- 3) šachtové pece,
- 4) etážové pece,
- 5) muflové pece,
- 6) fluidní pece a
- 7) komorové pece a vozové komorové pece.

V rámci spalování komunálních odpadů jsou používány pece roštové, které se dělí na:

- *Pece s pevnými rošty.*
- *Pece s pohyblivými rošty.*

Pece s pevnými rošty jsou omezeny malým výkonem 200 kg/h. Jsou tedy určeny pro malé výkony. Jejich využití je omezeno pouze na spalování tuhých kusových odpadů. (Filip, 2003)

U spaloven komunálních odpadů v České republice se setkáme pouze s pecí s pohyblivým roštem.

- *Pece s pohyblivými rošty:* Pracují o výkonu nad 200 kg/h. Jejich úkolem je zajistit spolehlivý a rovnoměrný průchod tuhých odpadů reakčním prostorem pece a také plynulé odstraňování popelovin. Pomocí násypky a podavače je odpad dávkován do vstupní části roštového ohniště. Zde je spalovací vzduch přiváděn pod tlakem přímo pod rošt. Jedná se obvykle o kontinuální provoz. Reakční komora je vybavena stabilizačním hořákem, který spaluje plynné či kapalné palivo. Plynné produktů, které vznikly v průběhu hoření, jsou vedeny do dohořivací komory s instalovaným hořákem pro spalování přídatného paliva. Zajistí se tak vyhoření nespálených podílů a přehřátí spalin na požadovanou teplotu.

Rošt, jakožto základní článek pece, je složen ze soustavy roštnic různého tvaru. Tvar roštnic je přizpůsoben vlastnostem spalovaného odpadu a podmínkám spalovacího procesu. Mezery mezi jednotlivými roštnicemi umožňují přívod spalovacího vzduchu k vrstvě odpadu i odstranění vzniklé škváry, která na něm zbyla po spálení odpadu.

Dle konstrukce vlastního roštu rozlišujeme pohyblivé rošty *pásové, posuvné a válcové*.

Používané rošty, v rámci spalování komunálních odpadů, jsou rošty posuvné a válcové.

- *Posuvné (vratisuvné) rošty:* Jedná se o šikmo sestupující pohyblivé rošty posunující odpad dopředu ve směru spalování. Díky mezerám mezi jednotlivými zónami pro sušení, spalování a vyhořívání, odpad přepadává, a tím dochází k jeho načechrávání a lepšímu prohořívání. Takovýto typ roštu je používán ve spalovnách v Brně a Liberci.
- *Válcové rošty:* Jsou používány ve spalovně v Praze. Tento typ roštu je většinou tvořen šesti válci. Jednotlivé válce mají zpravidla svůj vlastní pohon s měnitelnou rychlostí otáčení a samostatný regulovatelný přívod spalovacího vzduchu. Jsou uspořádány stupňovitě za sebou se sklonem asi 30°. Odpad se postupně přesouvá z nejnvýše položeného válce na další, kde dochází k jednotlivým fázím spalování. Válcové rošty jsou používány v rámci spalovny v Praze. (Filip, 2003)

## 6.4 Popis vybraných uzlů procesů zařízení spalovny

### 6.4.1 Zařízení pro chlazení spalin a využití odpadního tepla

Spalováním odpadů vzniká velké množství tepla ve formě horkých spalin. Tyto spaliny opouštějící dohořivací komoru mají příliš vysokou teplotu pro přímý vstup do zařízení na čištění spalin. Výběr vhodného způsobu chlazení spalin a využití jejich tepla závisí především na výkonu spalovacího zařízení, složení odpadu, ceny energie a požadavcích na čištění spalin. (Filip, 2003)

#### *Aparáty na chlazení spalin*

Výměník tepla: Jedná se o zařízení na výměnu tepelné energie mezi dvěma nebo více proudy pracovních látek. Účelem výměníku tepla je v procesu termického zpracování odpadů využití odpadního tepla spalin při jejich chlazení. Teplo se tak použije k ohřevu pracovní látky, především vody a vzduchu, případně k výrobě páry.

Rozdělení výměníků tepla:

- *Z hlediska provedení teplosměnných ploch:* Do této skupiny řadíme výměníky trubkové, deskové a výměníky bez teplosměnných ploch.
- *Dle uspořádání proudů pracovních látek ve výměníku:* Souproudé, protiproudé křížové apod.

- *Dle pracovního pochodu:* Rekuperační, regenerační, kontaktní a směšovací.
- *Dle způsobu přenosu tepla:* konvenční, sálový a kombinovaný výměník.
- *Dle konstrukčního řešení výhřevné plochy:* Z nichž nejčastější jsou bubnové, skříňové, deskové, trubkové, hadové, žebrové apod. (Filip, 2003)

#### *Zařízení na odprášení a čištění spalin*

Odlučovače prachových částic: „Prachové částice představují hlavní zdroj potenciálních emisí spaloven.“ Prachové částice mohou být zachycovány různými typy odlučovačů. Tyto odlučovače pracují na základě rozdílných principů, s různou činností a různou vhodností pro jednotlivé druhy prachů.

Dle principu funkce, zařízení členíme na:

- *Odlučovače mechanické:* Jsou založeny na využití gravitační či setrvačné síly k oddělení tuhých částic z plyných spalin, a to na základě jejich odlišné hustoty oproti plyným spalinám. Mezi nejpoužívanější typ *suchých mechanických odlučovačů* patří odlučovače vírové neboli cyklóny. Funkce cyklónů je založena na využití odstředivé síly, která vzniká při uvedení proudu plynu do rychlého rotačního pohybu. Pro odlučování tuhých se v současné době používají *mokrý odlučovače vírníkové* a *mokrý proudové odlučovače*. Jejich princip je založen na směšování vody a plynu s prachovými částicemi. Za jejich přednost se považuje vysoká odlučivost a bezporuchový provoz. Nevýhoda je však značná tlaková ztráta a velká spotřeba vody.
- *Odlučovače elektrické:* Jsou založeny na využití přitažlivých sil mezi elektricky nabitými částicemi prachu a opačně nabitou sběrací elektrodou. Základem je nabíjecí elektroda o malé ploše a opačně nabitá sběrací elektroda o relativně velké ploše. Sběrací elektrodu je nutno pravidelně v intervalech zbavovat usazené vrstvy prachu oklepáváním. Za výhody elektrických odlučovačů se považuje vysoká účinnost a malá ztráta tlaku spalin. Nevýhoda je však jejich pořizovací cena a velké rozměry.
- *Filtry:* Prach z plynů je odlučován přes vhodnou tkaninu s dostatečnou tepelnou a mechanickou odolností. Dle tvaru filtrační látky dělíme látkové filtry na hadicové, neboli rukávové a na kapsové. Při vysokých teplotách se využívají filtry keramické.

### *Komín*

Jeho funkcí je odvod spalin do ovzduší. Výška je určena z hlediska hygienického, popřípadě urbanistického. Jejich provedení bývá zděné, železobetonové a nejčastěji ocelové, a to s vyzdívkou či bez vyzdívky. Komíny jsou stavěny jako kotvené nebo samostatné. (Filip, 2003)

### *Odstraňování popela*

Procesy spalování odpadů produkují pevné zbytky, a to z propadu jemných částic roštem, ze zbytků po spalování a z chlazení a čištění spalin. Přičemž zbytky po spalování, tj. popel, škvára, kovové části apod., jsou odstraňovány ze spalovacího procesu kontinuálně či po dávkách. (Filip, 2003; Obroučka, 2003)

## **6.5 Produkty termických procesů a způsoby jejich odstranění**

Spalováním všech odpadů vznikají spaliny. Z tuhých a některých kapalných odpadů vznikají také tuhé zbytky, tj. popel složený ze škváry a strusky a popílek. Tyto produkty se dále zpracovávají a upravují do podoby, která nezpůsobí poškození ŽP, neboť se jedná o odpady nebezpečné.

**Spaliny:** Obsahují nejen neškodné plyny jako například dusík, oxid uhličitý a vodní páru, ale také škodlivé složky jako jsou oxidy dusíku  $\text{NO}_x$ , oxidy síry  $\text{SO}_x$ , oxid uhelnatý  $\text{CO}$ , chlorovodík  $\text{HCl}$  a fluorovodík  $\text{HF}$ , prach, těžké kovy a jejich sloučeniny, sloučeniny fosforu a organické sloučeniny.

- *Chlazení spalin:* Jedná se o jednu z prvních operací zpracování horkých spalin. Způsob chlazení může mít vliv na jejich kvalitu i množství. V případě nevhodného způsobu chlazení spalin může dojít ke vzniku škodlivin, jako jsou například dioxiny. Je tedy vhodné zvolit rychlý způsob ochlazení spalin, kdy se do horkých spalin přimíchá studené chladicí medium. Rozlišujeme dva způsoby chlazení spalin, a to s využitím tepla a bez využití tepla.
- *Čištění spalin:* Metody čištění spalin lze rozdělit dle aplikovaného fyzikálního a chemického principu, a to například na odloučení tuhých znečišťujících látek od plynu, odlučování aerosolů, absorpci plyných znečišťujících látek apod. Dále dle skupenství používaných chemických reagentů na suché, polosuché a mokré metody.

### **Tuhé zbytky po spalování:**

Jsou tvořeny nespalitelným podílem obsaženým v odpadu. Z procesu spalování odchází v podobě popelovin, které jsou ve formě strusky, popela, škváry a velmi jemného popílku. Struska, popel či škvára jsou odváděny ze spalovací komory kontinuálně či diskontinuálně a po vychladnutí jsou ukládány na skládky. Popílek je unášen proudem spalin, přičemž se jeho většina odloučí v odprašovacích zařízeních. Popílek je charakterizován jako zvláště nebezpečná odpadní látka, která je nasycená škodlivinami, a to například dioxinami. Z tohoto důvodu je na vysokou odlučivost filtrů a odlučovačů kladen zvláště velký důraz. Odloučený popílek je zneškodňován solidifikací, nebo je ukládán na speciálních skládkách.

Mezi nejpoužívanější metody solidifikace patří:

- *Cementace:* Dochází k fixaci popílku obsahujícího těžké kovy. Popílek je smíchán se speciálním cementem a vodou. Jednotlivé částice popílku se tak jednoduše obalí cementem, tím dojde k vytvrnutí cementové směsi, čímž se nám významně sníží vyluhovatelnost škodlivin z takto upraveného popílku. Výsledným produktem cementace je cementová kaše, která je ukládána na vhodné úložiště.
- *Bitumenace:* Je používán pro zpracování radioaktivních odpadů. Odpad se zatavuje do látky podobné asfaltu, tzv. bitumenu.
- *Vitrifikace:* Metoda určená pro zpevňování popílku s vysokou polétavostí a s vysokým obsahem ve vodě rozpustných těžkých kovů, jako jsou například dioxiny, PCB látky či furany. Za působení vysokých teplot po dobu několika sekund se popílek rozloží na nerozpustnou skelnou taveninu. Dochází tak k rozkladu všech organických látek, a tím i k odstranění jejich toxicity.

**Zpracování kapalných zbytků a kalu ze spalování odpadů:** Při termickém zpracování odpadů vzniká odpadní voda a kal. Ke vzniku dochází při některém způsobu čištění spalin nebo například při provozu kotle. Vzniklá odpadní voda se zpracovává v čistírnách odpadních vod. (Filip, 2003; Obroučka, 2003)

V následující části své bakalářské práce bych se ráda podrobněji věnovala technologiím jednotlivých spaloven komunálních odpadů v České republice.



## 6.6 Technologie spaloven komunálních odpadů v České republice

### 6.6.1 SAKO Brno, a.s.

V roce 2010 došlo v brněnské spalovně k zásadní rekonstrukci. Její předností se staly nové vratisuvné rošty, které nahradily dosavadní princip šesti válců. Nově byla také nainstalována parní odběrová kondenzační turbína.

#### Technologie

- **Vážení a kontrola radiace odpadů:** Každý den do spalovny přijede okolo 200 nákladních vozidel, přičemž kapacita jednoho vozidla se pohybuje okolo 5,5 Mg komunálního odpadu. Vstupním objektem je váhovna. Vážení probíhá automaticky a data jsou zpracovávána speciálním softwarovým programem. Při vjezdu do areálu se nachází detekční systém, který kontroluje odpad na radioaktivní odpad na případný zdroj ionizujícího záření. Je zde také vedena evidence vstupů a výstupů do celého zařízení.
- **Zásobník odpadu:** Vozidlo se spalitelným odpadem pokračuje dále k jednomu z šesti vsypových vrat. Po zkontrolování odpadu obsluhou, je odpad vysypán do zásobníku odpadu neboli bunkru. Zde je odpad polypovým drapákem tzv. homogenizován a postupně přidáván do násypky jednotlivých kotlů.
- **Kotle:** Odpad je sypán do dvou pětitažových kotlů s vratisuvnými rošty typu Martin. Teplota se pohybuje v rozmezí od 850 °C do 1200 °C. Při hoření se uvolňuje značné množství tepla, které se předává varnému systému kotlů. Odpad prochází na vratisuvném roštu jednotlivými fázemi jako je zahřívání, vysoušení, zplyňování, hoření a dohoření. Hoří sám bez přídavného paliva.
- **Napájení varného systému kotle:** K napájení se používá speciálně chemicky upravená voda. Surová voda obsahuje vysoký obsah solí. Mohlo by tak dojít k zanesení celého varného systému kotle minerálními usazeninami i k poškození turbíny a kyslík rozpuštěný ve vodě by se značně podílel na korozi varného systému kotle.
- **Teplota a elektrická energie:** Pomocí turbíny dochází k regulovanému odběru páry o teplotě 220 °C a tlaku 1,37 MPa. V turbíně expanzují vysokotlaké přehřáté páry. Tepelná a tlakové energie se přeměňují na energii mechanickou. Pohonem

lopatkového rotoru se koná mechanická práce. Turbína, konkrétně rotor, je spojen s převodovkou a generátorem, který vyrábí elektrickou energii dodávanou do sítě. Takto dodaná elektřina pokryje roční spotřebu 20 tisíc domácností.

➤ **Čištění spalin:** Je zde použit systém pěti stupňového čištění spalin, který garantuje účinné odloučení sledovaných škodlivin ze spalin. Tyto vyčištěné spaliny následně 25metrovým komínem odchází do ovzduší, kde dochází k jejich naředění.

- *První stupeň čištění spalin* je realizován přímo do spalovací komory kotle. Je zde instalován systém na redukci oxidu dusíku ve spalinách pomocí nástřiku močoviny, která má zde funkci redukčního činidla. Každý kotel má vlastní linku čištění spalin pracující na způsobu polosuché metody.
- *Druhý stupeň čištění spalin:* Pomocí reagentů, vápenného mléka, dochází k adsorbci těžkých kovů a dioxinů.
- *Třetí stupeň čištění spalin:* Do proudu spalin je vstříknuta jemně rozprášená vodní vápenná suspenze. Plynné spaliny z kotlů jsou kouřovody přivedeny do absorberů, kde probíhá vyčištění spalin.
- *Čtvrtý stupeň čištění spalin:* Mezi absorber a textilní filtr je instalován systém čtvrtého stupně čištění spalin založen na suché vápenné metodě, kdy se do proudu spalin přidá hašené vápno. Systém se spouští automaticky, vždy když dochází ke zvýšení koncentrace kyselých složek spalin.
- *Pátý stupeň čištění spalin:* Za pátý stupeň čištění spalin se považují samotné textilní filtry, díky kterým dochází k odloučení mechanických nečistot a pevných reakčních produktů ze spalin. Konečný produkt z čištění spalin, tzv. end produkt, je složen z vápenných solí, aktivního uhlí, popílku a přebytků reagentů. Veškerý proces čištění spalin je ovládán řídicím systémem automaticky. Je požadováno, aby zbytkový obsah sledovaných škodlivin po čištění spalin byl nižší, než přípustné emisní limity. V brněnské spalovně se účinnost čištění spalin u znečišťujících látek pohybuje okolo 99 %. Samozřejmostí je kontinuální monitorování a vyhodnocování spalin, než se pustí do komína.

- **Škvárové hospodářství:** Spálením odpadu vzniká škvára, která padá do mokrého vynašeče, kde je zchlazena a přes vibrační třídič pásovým dopravníkem dopravena až do betonového zásobníku škváry. Škvára obsahuje železné i neželezné kovy, které jsou vyseparovány a jako druhotné suroviny dále odváženy k dalšímu využití. Ročně se tak vrátí do oběhu okolo 4000 Mg železa a 250 Mg hliníku. Vlastní škvára po vytrídění železa a hliníku slouží jako technické zabezpečení skládek. SAKO Brno, a.s. nejčastěji spolupracuje se skládkou v Žabčicích nebo v Únanově. Cílem této společnosti je upravit parametry škváry tak, aby bylo možné její další využití, a to především jako stavební materiál a snížit tak produkci odpadu. (SAKO, a.s.; Kniha SAKO)

## 6.6.2 ZEVO Praha Malešice a.s.

### Technologie:

- **Vážení a kontrola radiace odpadů:** Vozidlo s odpadem je nutné nejdříve zvážit a zkontrolovat odpad na výskyt případné radiace. To vše se děje pomocí váhy, která je opatřena čidlem na zjištění radiace. Odtud je odpad dopraven až do bunkru o velikosti 11,5 tisíc m<sup>3</sup>. Zde je veškerý odpad pomocí dvou hydraulických drapáků homogenizován a následně sypán do násypky kotle, odkud postupně putuje přes válcové rošty do samotného kotle. Velkoobjemový odpad je ve speciální násypce drcen hydraulickými nůžkami.
- **Kotle:** V zařízení jsou instalovány čtyři tři tahové kotle o kapacitě 15 Mg za hodinu pro každý kotel. V provozu jsou však pouze tři kotle, čtvrtý je rezervní. Odpad je spalován na šesti válcových roštech se sklonem 30°. Na prvním a druhém roštu se odpad vysuší, zapálí a následně hoří, z posledního válce vypadává nespalitelná škvára výsypkou do vynašeče a odtud do zásobníku škváry. Teplota spalování se pohybuje okolo 850 - 1200 °C a doba zdržení odpadu v topeništi je okolo devadesáti minut. Pod rošty je přiváděn ventilátory spalovací vzduch, umožňující lepší prohořívání odpadu. Tyto ventilátory vzduch nasátý z bunkru udržují v podtlaku a zamezují tak případnému šíření zápachu do okolí. Ve stěně kotle, druhého a třetího válce, je umístěno pět plynových hořáků na zemní plyn. Tyto hořáky zabezpečují

minimální předepsanou teplotu ve spalovací komoře, a to 850 °C. Kotel je napájen upravenou vodou z Teplárny Malešice, která je dopravována do bubnu jednotlivých kotlů.

- **Teplota a elektrická energie:** Energie, která se uvolní při spalování odpadu je ve formě tepla odebírána spalinám a předávána k výrobě vodní páry. Vzniklá pára postupuje do přehříváku páry, umístěného ve třetím tahu kotle. Zde dosáhne pára požadovaných parametrů, teploty 235 °C a tlaku 1,37 MPa. Následně je pára parovodem vedena do energetické sítě Pražské teplárenské, a.s. Od roku 2010 je v zařízení nainstalována kogenerační jednotka, která umožňuje také ze vzniklé páry vyrobit elektrickou energii, kterou dále dodává do sítě.
- **Čištění spalin:** V zařízení jsou instalovány 4 linky čištění spalin. Každý kotel má samostatnou linku na čištění spalin, přičemž každá čistící linka je sestavena z rozprašovací sušárny, elektrofiltru, předpračky, absorberu, parního ohříváče spalin a kouřového ventilátoru. V sušárně jsou spaliny uvedeny do rotačního pohybu, v opačném směru točení je pak do spalin vstříkována odpadní suspenze z předpračky a absorberu. Elektrofiltr je tříkomorový. Jeho úkolem je odloučit prachové částice. Z elektrofiltru spaliny o teplotě okolo 190 °C postupují do pračky spalin. Zde se při pH 1,1 odlučuje převážně HCl, HF, HBr, Hg a těžké kovy. Dále spaliny odchází do absorberu, do kterých je vstříkována suspenze, tzv. sorbalit, Odloučí se tak zbytky HCl, HF a především SO<sub>2</sub>, Hg a PCDD/PCDF. K systému čištění spalin patří také zařízení pro denitrifikaci. Tato metoda je založena na principu selektivní nekatalytické redukci NO<sub>x</sub> nástřikem redukčního činidla na bázi močoviny, přímo do spalovacího prostoru.
- **Škvára a popílek:** Škvára, která vypadne z kotlů, je rozdělena na hrubou a jemnou frakci. Následně je z ní na pásovém dopravníku elektromagnetem vyseparován kovový šrot, který se prodává do hutí. Zbytek škváry slouží například jako technické zabezpečení skládek nebo je použit pro stavební účely. Vzniklý popílek je po solidifikaci uložen na skládku nebezpečných odpadů (PRAŽSKÉ SLUŽBY).

### 6.6.3 TERMIZO, a.s.

Akciová společnost TERMIZO je moderní zařízení na energetické využití odpadu. Tato liberecká spalovna komunálních odpadů byla uvedena do provozu v roce 1999. Její roční kapacita se pohybuje okolo 117 000 Mg, což odpovídá až polovině odpadů vyprodukovaných v Libereckém kraji. Roční dodávka tepla do centrální distribuční sítě činí 600 000 GJ. Dále zařízení odvádí do rozvodné sítě 13 tisíc MWh energie za rok.

Množství přijímaného odpadu do zařízení činí 96 000 Mg, přičemž je tento odpad zredukován až na jednu desetinu objemu a jednu třetinu hmotnosti. (Internet 12)

### Technologie

- **Zásobník odpadu:** Po zvážení a zkontrolování radiace je odpad dovezen do bunkru o kapacitě 3000 m<sup>3</sup>. Zde je odpad pomocí drapáku promíchán, tzv. homogenizován, a průběžně nakládán do násypky kotle. Odtud odpad putuje k hydraulickému podavači, který jej dále posílá na rošt. Velkoobjemový odpad je v případě potřeby drcen hydraulickými nůžkami.
- **Kotel:** Odpad je sypán do čtyřtáhového kotle s dopředu posuvným roštem, na kterém je při teplotě 900 °C - 1100 °C spalován. Pod rošt je přiváděn spalovací vzduch, který je vháněn z bunkru odpadu ventilátorem a je ohříván parním ohřívákem. To způsobuje v bunkru mírný podtlak. Tím jsou redukovány emise zápachu a prachu do nejbližšího okolí. Dále je přiváděn sekundární vzduch a recirkulované spaliny, které jsou vedeny z kotle a ventilátorem vháněny do spalovací komory. Dochází tak ke snížení množství spalin, které jsou odváděny komínem do ovzduší. Samotný kotel je zásobován napájecí vodou, která je přiváděna jako demineralizovaná voda z chemické úpravy vody v přílehlé Teplárně. Proces spalování je plně automatizovaný a neustále kontrolovaný.
- **Teplota a elektrická energie:** Vzniklá pára má jmenovitý výkon na kotli 43 Mg/h. Vyrobená přehřátá vodní pára má 400 °C a tlak 40 barů. Tato pára je nejdříve vedena na protitlakou turbínu o jmenovitém výkonu 3,5 MW, zde dochází ke snížení parametrů páry na tlak 8 barů a teplotu 230 °C. Účinnost využití vyrobené páry se pohybuje okolo 80 %. Pára je z turbíny odvedena do soustavy centrálního zásobování teplem v Liberci. Užitečná dodávka tepla činí okolo 600 000 GJ za rok.

V letních měsících, kdy není dostatečný odběr tepla, je vzniklé teplo využito k výrobě elektrické energie v parní kondenzační turbíně o jmenovitém výkonu 1 MW. Přičemž je část této elektrické energie použita pro vlastní potřeby zařízení a zbytek je dodán do energetické sítě. Je tak umožněna kombinovaná výroba tepelné i elektrické energie, tzv. kogenerace.

➤ **Čištění spalin:** Ve spalovně jsou instalovány čtyři stupně čištění spalin.

- *První stupeň čištění spalin:* Probíhá ve spalovací komoře. Zde je dávkován 25% roztok hydroxidu amonného neboli čpavkové vody. Dochází tak k redukci oxidů dusíku,  $\text{NO}_x$ . Proces probíhá při teplotách 850 °C až 950 °C.
- *Druhý stupeň čištění spalin:* Umožňuje zachycení popílku, obsaženého ve spalinách, za pomoci elektroodlučovače. Odtud je transportován do sila popílku, kde dochází k jeho další úpravě, viz. odstavec „Škvára a popílek“.
- *Třetí stupeň čištění spalin:* Zbytkovou část popílku zachycuje textilní katalický filtr, jehož hlavním úkolem je rozklad dioxinů. Dioxiny jsou likvidovány speciálním dioxinovým filtrem, kdy jsou pomocí katalické oxidace rozloženy na vodu, oxid uhličitý a chlorovodík.
- *Čtvrtý stupeň čištění spalin:* Zbylé plynné škodliviny jsou ze spalin čištěny pomocí pračky spalin, která funguje ve třech stupních.

První stupeň pračky spalin - spaliny se vstříkáním prací vody ochladí na teplotu okolo 65 °C. Následně jsou nasycovány vodou. Ta pohlcuje největší díl anorganických kyselin, jako je chlorovodík a fluorovodík. Také zde dochází k odloučení těžkých kovů, například rtuti, kadmia či olova.

Druhý stupeň pračky spalin - umožňuje absorpci oxidu siřičitého a oxidu sírového. Dochází zde k intenzivnímu styku spalin se změkčenou vodou, do které je regulovaně dávkován hydroxid sodný. Spaliny míří zdola nahoru a prochází tak výplní pračky proti proudu prací vody. Tímto, při udržování pH 6 v prací vodě, docílíme výměny látek a odstranění oxidů síry ze spalin.

Třetí stupeň pračky spalin - spaliny prochází soustavou Verturiho trysek. Zde zkrápěním tlakovou vodou dochází k odloučení aerosolů, které vznikají při spalování a především při redukčních procesech  $\text{NO}_x$ . Po tomto posledním

stupni pračky spalin jsou spaliny vedeny přes výstupní odlučovač kapek a následně vypouštěny komínem do ovzduší.

- **Škvára a popílek:** Vzniklá škvára po spálení odpadu končí na konci roštu ve vodní lázni, kde dochází k protiproudé promývce vodou, která odstraní zbytek rozpuštěných solí. Odtud je kontinuálně vyvážena do bunkru škváry. Úletový popílek, zachycený v kotli, je periodicky oklepáván a dále transportován do sila popílku. Z něj je odebírán k fyzikálně - chemické úpravě, při níž jsou odstraněny nebezpečné vlastnosti. Ostatní úletový popílek je ze spalin odlučován za pomoci elektroodlučovačů, a po té transportován do sila popílku. Takto uložený popílek v silu je postupně dávkován do trojice extrakčních nádrží, kde je za přidání kyselé prací vody z prvního stupně pračky spalin vyluhován. Děj probíhá v kyselém prostředí při pH 3,5 a při teplotě pohybující se okolo 65 °C. Vzniklá vodní suspenze je následně odvodněna na vakuovém pásovém filtru. Tento odvodněný popílek je promyt vodou a odveden do bunkru škváry, kde je smíchán se škvárou vykazující podobné vlastnosti. Popeloviny, které se shromáždily v bunkru škváry, se dále upravují. Pomocí hřebenového roštu dochází k oddělení hrubých kovových částí popelovin. Následně je v magnetickém separátoru od popelovin oddělen železný šrot, který je odvezen k dalšímu zpracování. Zbylý materiál je využíván ve stavebnictví například k rekultivaci krajiny.
- **Úprava odpadních vod:** Vodu, která se využila při mokřém čištění spalin v pračce a při vyluhování popílku, je třeba vyčistit. Tato kyselá voda přichází do úpravny, která se skládá ze tří nádrží. Do nádrží naplněnou touto vodou jsou postupně přidávány chemikálie, jako například vápenné mléko nebo kyselina chlorovodíková. Při dosažení pH 9,5 dochází k vyloučení těžkých kovů z kyselé vody. Ty následně sedimentují do jemného kalu v podobě vloček, které se usazují v sedimentační nádrži. Odtud teče již čirá voda ke konečné kontrole, která je dále vypuštěna do kanalizačního řádu. Kal ze sedimentační nádrže je propírán a následně odvodněn ve svíčkovém filtru. Tak vznikne konečný pevný odpad, tzv. filtrační koláč, který je skladován ve speciálních kontejnerech a odvážen k solidifikaci. Po té je uložen na skládku nebezpečných odpadů. (Internet 13)

## 7 DISKUZE

Je spalování odpadů opravdu tak nebezpečné? Je třeba mít obavy? Takovou otázku jsem si pokládala i já na začátku své práce a věřím tomu, že si ji pokládá mnoho lidí mezi námi. Někteří se snaží pomocí informací zjistit, kde je pravda. Někteří však, a je to možná většina, spalovny odsoudí rovnou.

Možných důvodů odepsání spaloven občany může být mnoho. Může to být způsobené nedostatkem informací nebo nasloucháním tzv. ekoteroristům, kterých je v České republice více než dost. Možná je problém i v typicky české povaze, kdy převládá automatická nedůvěra či obava z čehokoliv nového.

Spalovna je ve srovnání se skládkováním ekologicky přijatelnější. Odpad zde výrazně sníží svou hmotnost a objem. Dochází zde k odloučení sledovaných škodlivin ze spalin na hodnoty splňující legislativní požadavky. Vzniklé teplo dále využíváme k výrobě tepelné a elektrické energie. Ze škváry dokážeme vyseparovat neshořelé kovy, které slouží k dalšímu použití. Zbytek škváry můžeme použít jako stavební materiál. Je zde mnoho výhod oproti skládkování. Snad jediným negativem je cena. Vybudování spalovny je oproti vybudování skládky velice nákladné a bez dotací téměř nereálné. Jen samotný schvalovací proces stojí nemalé peníze, a to ani není jisté, zda bude spalovna vůbec postavena a nakonec i uvedena do provozu.

Značné potíže působí investorům již zmiňovaní ekoteroristé, kteří se neustále snaží spalovny pošpinit a hledat způsoby, jak je vůbec nepostavit. Názorným příkladem je spalovna Chotíkov, jejíž stavba měla být dokončena v prosinci 2015. To se však s největší pravděpodobností nestane. Momentálně jsou stavební práce pozastaveny z důvodů údajné podjatosti krajských úředníků (ODPADY 9/2014).

Dle novely č. 229/2014 Sb. bude od roku 2024 zakázáno ukládat na skládky směsný komunální odpad a recyklovatelné a využitelné odpady stanovené prováděcím právním předpisem. Tento fakt způsobí v oblasti nakládání s odpady značné změny. Stát chce tímto krokem docílit zvýšení recyklace a energetického využití odpadů. Skládkování však nelze zrušit úplně. Vždy bude existovat nějaký odpad, který se nedá nijak využít či zcela zneškodnit a bude muset být uložen na skládku. Každopádně se tato novela může stát jakýmsi zlomem ve výstavbách nových spaloven na území České republiky (ODPADY 1/2015).



Jak ale podpořit výstavbu spaloven, když je kolem nás tolik odpůrců? Hnutí DUHA, Arnika a jiné neziskové organizace nebo samotní občané. Ti mají obavy hlavně ze zápachu, kouře aj.

Dle mého názoru, řešením celé problematiky je neustálá osvěta občanů, která je již v České republice rozšířena. Všechny spalovny komunálních odpadů pořádají v rámci svého provozu různé exkurze, Dny otevřených dveří či přednášky. K těmto účelům bylo například v brněnské spalovně SAKO Brno, a.s. založeno tzv. ENVICENTRUM, které v roce 2013 zaznamenalo téměř 3000 návštěvníků (viz. příl. č. 7). (SAKO Brno, a.s. - Výroční zpráva 2013)

Dalším aspektem problému může být samotná výuka na školách. Ať se jedná o Základní školu či Střední školu, všude slyšíme pouze o skládkování, recyklaci či kompostování. Jiné nakládání s odpady jakoby neexistovalo. Přitom mladá generace je naše budoucnost. Právě tyto lidé ovlivní budoucí myšlení celé společnosti, a proto bychom vzdělávání této generace měli brát jako prioritu číslo jedna a do osnov škol spalování odpadů a jejich energetické využití více zahrnout. Moderní doba plná tzv. mass medií a interaktivní výuky nám v mnohém hraje do karet. Proto bych se snažila jít ve výuce i tímto směrem. Jako první krok k úspěchu vidím již zmíněné exkurze a doprovodný program jednotlivých spaloven. Ne všechny školy se jich však účastní. Základem jsou tedy opět osnovy a přístup vyučujících, to zde hraje klíčovou roli.

Podíváme-li se na odpadové hospodářství ve vyspělých zemích, uvidíme zde převážně recyklaci a spalování odpadů. Skládkuje se zde minimálně a jen to nejnужnější. Názorným příkladem je Švédsko. Dle časopisu ODPADY je základem nakládání s odpady v této zemi výroba energie z odpadu. To však podle Jacobssona, ze společnosti Tekniska verken i Linköping, rozhodně neomezuje třídění odpadů. „Polovina komunálního odpadu se využije pro výrobu energie, maximálně do 5 % se skládkuje, zbytek tvoří vytříděné složky, které se recyklují“ (Stellan Jacobsson - ODPADY 1/2015). To vyvrací názory mnohých odpůrců spaloven, kteří se obávají možné snížené recyklace díky spalování. „Spalovny potřebují stálý přísun odpadů a blokují tím zvýšení recyklace“ (ARNIKA).

Pokud se k budování spaloven postavíme se zdravým rozumem, nevidím důvod, proč by spalovny měly blokovat zvýšení recyklace. I zde platí známé „všeho s mírou“. Proto se přikláním k vybudování spaloven komunálních odpadů o nízké kapacitě, v rámci regionů

tak, aby svozová místa byla co nejbližší spalovnám. Vzniklou energii by regiony využívaly svou potřebu a staly by se tak z části či úplně energeticky soběstačné.

## 8 ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývá termickým zpracováním komunálních odpadů v České republice. V první části své práce jsem vymezila základní pojmy a právní předpisy v oblasti termického zpracování odpadů. Dále jsem se věnovala historickému vývoji a současnosti nakládání s odpady a jejich energetického využití. Popsala jsem technologii spalování komunálních odpadů v České republice a následně se zaměřila na technologii jednotlivých spaloven v naší zemi. V závěru práce jsem se věnovala problematice termického zpracování komunálních odpadů. Zmínila jsem zde klady a zápory spaloven a současnou situaci v oblasti výstavby nových spaloven KO v České republice.

Během svého studia jsem osobně navštívila spalovny komunálních odpadů v Brně a Praze. Měla jsem tak možnost blíže poznat technologii a techniku těchto zařízení a získat potřebné informace k této práci. Dle mého názoru je provoz a technologie těchto zařízení na dobré úrovni. Svědčí o tom např. každoroční plnění emisních limitů, což poukazuje nejen na dobrou technologii čištění spalin, ale také na dobrou kázeň pracovníků spaloven. Za velké pozitivum považuji fakt, že vzniklé teplo při spalování dále využíváme k výrobě tepelné a elektrické energie. Ze škváry dokážeme vyseparovat neshořelé kovy, které slouží k dalšímu použití. Zbytek škváry používáme např. jako stavební materiál.

Technologie spalování komunálních odpadů prošla za svou existenci značnou modernizací. Vysoké požadavky na technologii čištění spalin nám dnes umožňují minimalizovat negativní vlivy na životní prostředí a plnit tak přísné legislativní požadavky České republiky i EU.

Spalování se postupně stává moderním způsobem zneškodňování odpadů. Vyspělé státy z velké části KO spalují nebo recyklují. Skládají jen nezbytně nutné množství, a to takový odpad, který se nedá využít či úplně zneškodnit. Česká republika má namířeno stejným směrem. Zlomovým rokem by se mohl stát rok 2024. Do tohoto roku by mělo být zakázáno ukládat na skládky směsný komunální odpad a recyklovatelné a využitelné odpady stanovené prováděcím právním předpisem. To má za cíl zvýšit recyklaci a energetické využití odpadů.

V České republice však ke spalovnám přistupují jako ke zdroji velkého znečištění ovzduší. Všeobecně jsou obavy především ze zápachu a kouře. To může být způsobeno např. nedostatkem informací. Oproti skládkování je však spalování KO mnohem ekologicky

přijatelnější. Spálením docílíme snížení hmotnosti a objemu odpadu. Vzniklou energii můžeme využít na výrobu tepelné a elektrické energie. Docílíme tak značné úspory primárních neobnovitelných zdrojů surovin a energie, jejichž množství se neustále snižuje.

## 9 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

### 9.1 Literární zdroje

GRODA, Bořivoj. *Technika zpracování odpadů II*. Vyd. 1. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 1997, 168 s. ISBN 80-715-7264-0.

KURAŠ, Mečislav. *Odpady, jejich využití a zneškodňování*. Vyd. 1. Praha: Český ekologický ústav, 1994, 243 s. ISBN 80-85087-32-4.

OBROUČKA, Karel. *Termické odstraňování a energetické využívání odpadů*. Dotisk 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta metalurgie a materiálového inženýrství, 2003, 143 s. ISBN 80-248-0009-8.

FIEDOR, Jiří. *Odpadové hospodářství I*. 1. Vyd. Ostrava: Technická univerzita Ostrava, 2012, 128 s. ISBN 978-80-248-2573-1.

FILIP, Jiří. *Odpadové hospodářství*. 1. Vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. 118 s. ISBN 80-7157-608-5.

FILIP, Jiří a Jaroslav ORAL. *Odpadové hospodářství*. Dotisk 1. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 78 s. ISBN 80-7157-682-4.

### 9.2 Právní normy

ZÁKON č. 185/2001 Sb. ze dne 15. května 2001 o odpadech a o změně některých dalších zákonů ve znění pozdějších předpisů

ZÁKON č. 201/2012 Sb. ze dne 2. května 2012 o ochraně ovzduší

ZÁKON č. 76/2002 Sb. ze dne 5. února 2002 o integrované prevenci a omezování znečištění, o integrovaném registru znečišťování a o změně některých zákonů

ZÁKON č. 458/2000 Sb. ze dne 28. listopadu 2000 o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (Energetický zákon)

VYHLÁŠKA č. 383/2001 Sb. Ministerstva životního prostředí ze dne 17. října 2001  
o podrobnostech nakládání s odpady ve znění pozdějších předpisů

VYHLÁŠKA č. 415/2012 Sb. ze dne 21. listopadu 2012 o přípustné úrovni znečišťování  
a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší  
ve znění pozdějších předpisů

### **9.3 Internetové zdroje**

Internet 1:

BRNĚNSKÉ ODPADKY V ČASE aneb Kronika společnosti SAKO Brno, a.s. Dostupné z:  
[http://issuu.com/sakobrno/docs/sako\\_brno\\_-\\_historie/1](http://issuu.com/sakobrno/docs/sako_brno_-_historie/1)

Internet 2:

SAKO Brno, a.s. [online]. Dostupné z:  
<http://www.sako.cz/stranka/cz/142/historie-spalovani/>

Internet 3:

MVR Müllverwertung [online]. Dostupné z:  
<http://www.mvr-hh.de/Muellverbrennung-in-Hamburg.53.0.html>

Internet 4:

PRAŽSKÉ SLUŽBY [online]. Dostupné z:  
<http://www.psas.cz/index.cfm/o-spolecnosti/predstaveni-spolecnosti/historie/>

Internet 5:

TERMIZO, a.s. [online]. Dostupné z:  
<http://www.termizo.mvv.cz/o-spolecnosti/historie-a-soucasnost/>

Internet 6:

EUROPEUM [online]. Dostupné z:  
<http://www.europeum.org/cz/integrace/29-integrace--7/674-pripravovany-zakon-o-odpadech-v-evropskem-kontextu>

Internet 7:

Frank Bold [online]. Dostupné z:

<http://frankbold.org/zpravodaj/kategorie/aktualne/co-zmenil-novy-zakon-o-ochrane-ovzdusi>

Internet 8:

CEWEP [online]. Dostupné z:

[http://www.cewep.eu/information/data/graphs/m\\_1217](http://www.cewep.eu/information/data/graphs/m_1217)

Internet 9:

CEWEP

[http://www.ecmost.cz/img/clanky/od\\_mapa.jpg](http://www.ecmost.cz/img/clanky/od_mapa.jpg)

Internet 10:

ČSÚ [online]. Dostupné z:

<https://www.czso.cz/csu/czso/produkce-vyuziti-a-odstraneni-odpadu-2013-tywmw59yke>

Internet 11:

PRAŽSKÉ SLUŽBY - Výroční zpráva [online]. Dostupné z:

<http://www.psas.cz/index.cfm/info-pro-akcionare/2014/vyrocni-zprava-2013/>

Internet 12:

TERMIZO, a.s. [online]. Dostupné z:

<http://www.termizo.mvv.cz/o-spolecnosti/zakladni-informace/>

Internet 13:

TERMIZO, a.s. [online]. Dostupné z:

<http://www.termizo.mvv.cz/technologie/technologie/>

## **9.4 Ostatní zdroje**

SAKO Brno, a.s. - propagační materiály, dokumentace firmy, videa

PRAŽSKÉ SLUŽBY - propagační materiály, dokumentace firmy, videa

TERMIZO, a.s. - propagační materiály, dokumentace firmy, videa

ČASOPIS ODPADY

## **10 SEZNAM ZKRATEK**

BAT Best Available Techniques (Nejlepší dostupné techniky)

ČR Česká republika

EU Evropská unie

KO Komunální odpad

MŽP Ministerstvo životního prostředí

Mass media Hromadné sdělovací prostředky



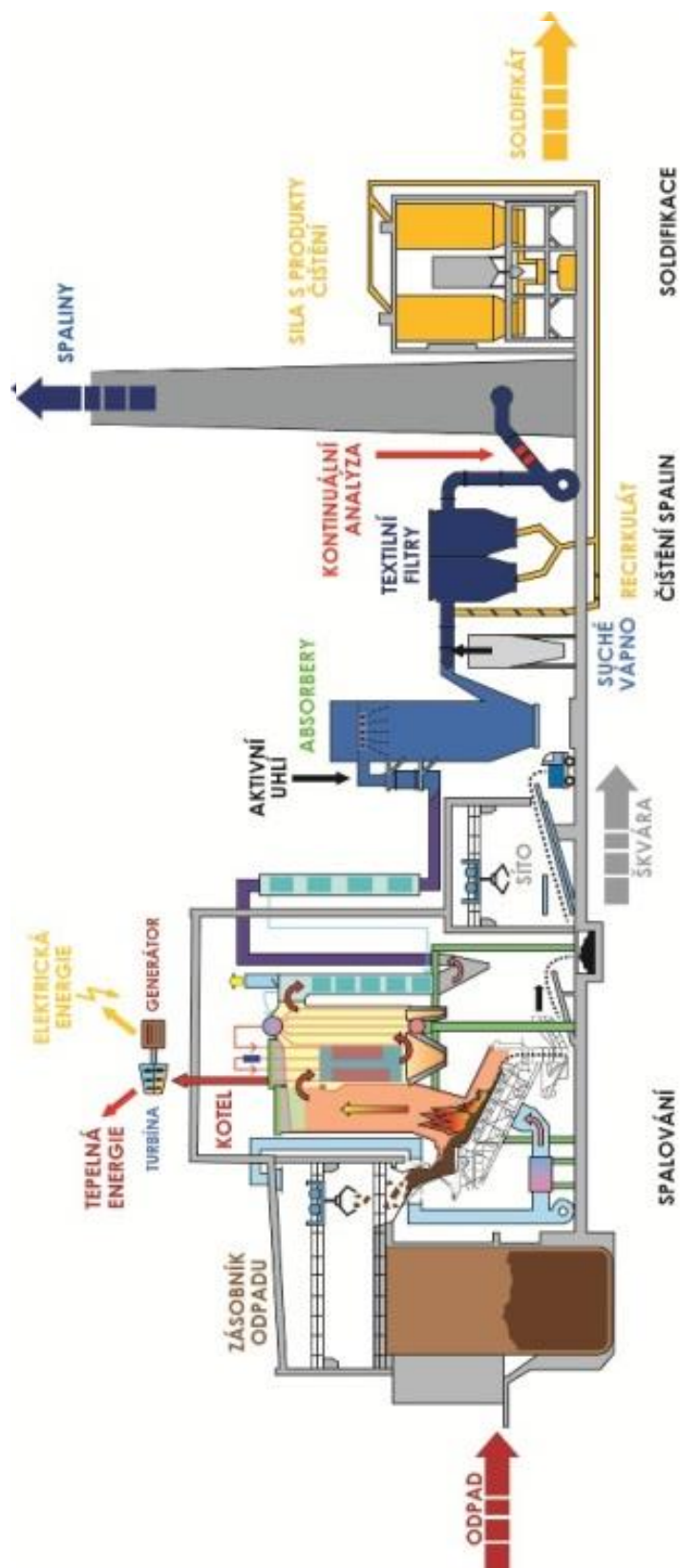
## 11 SEZNAM TABULEK A OBRÁZKŮ

### 11.1 Seznam tabulek

Tab. č. 1: Produkce průmyslových a komunálních odpadů podle krajů v roce 2013 .....	21
Tab. č. 2: Emisní limity pro znečišťující látky zjišťované primárně kontinuálním měřením.....	22
Tab. č. 3: Dosažené průměrné koncentrace vypouštěných škodlivin do ovzduší v porovnání s platnými emisními limity.....	23
Tab. č. 4: Počet spaloven ve vybraných zemích Evropy v roce 2009.....	24

### 11.2 Seznam obrázků

Obr. č. 1: První spalovna odpadů na území Rakousko - Uherska .....	18
Obr. č. 2: Způsoby nakládání s komunálními odpady v roce 2013 .....	21
Obr. č. 3: Nakládání s komunálním odpadem v evropských zemích v roce 2012, vč. Švýcarska, Norska a Irska.....	24



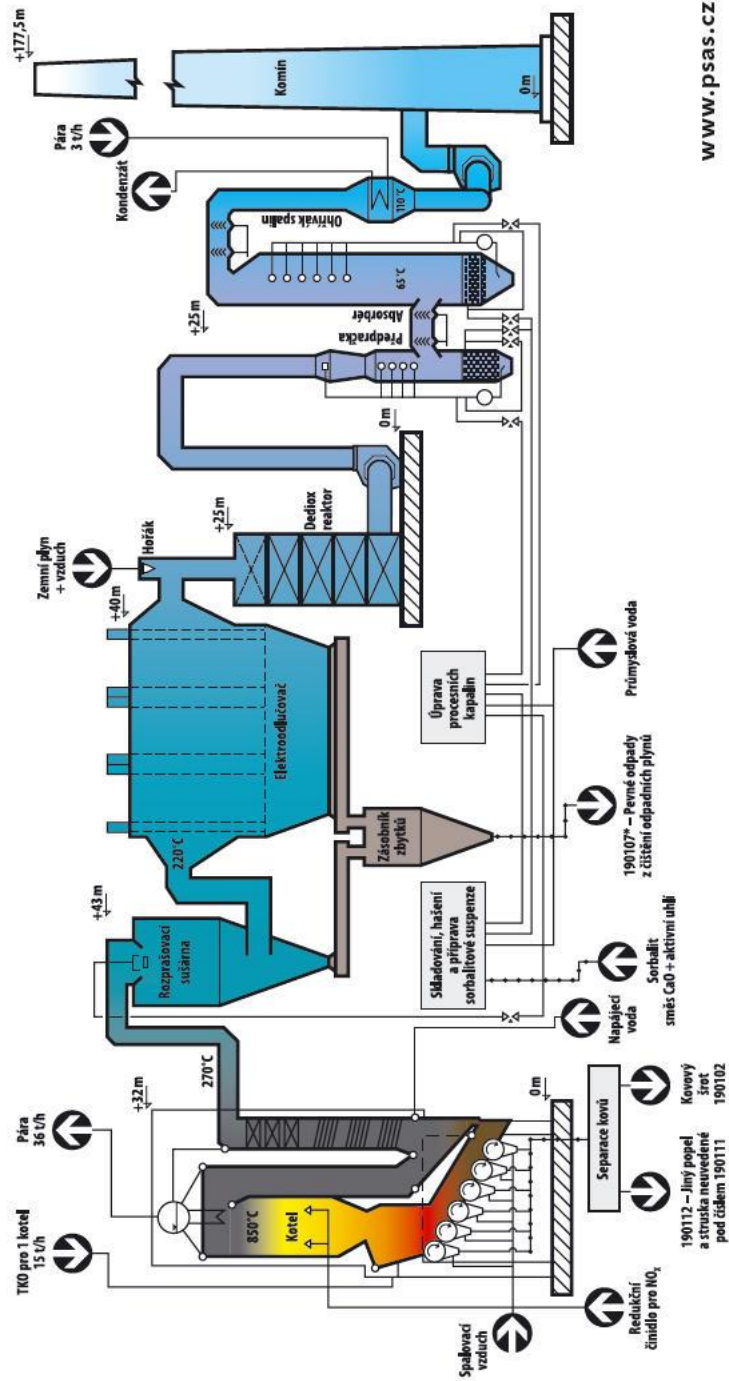
**Příloha č. 1:** Schéma technologického procesu spalovny SAKO Brno, a.s. (SAKO Brno, a.s.)

**Příloha č. 2:** Spalovna SAKO Brno, a.s. (Internet 1)



**Příloha č. 3:** Spalovna ZEVO Praha Malešice (PRAŽSKÉ SLUŽBY)



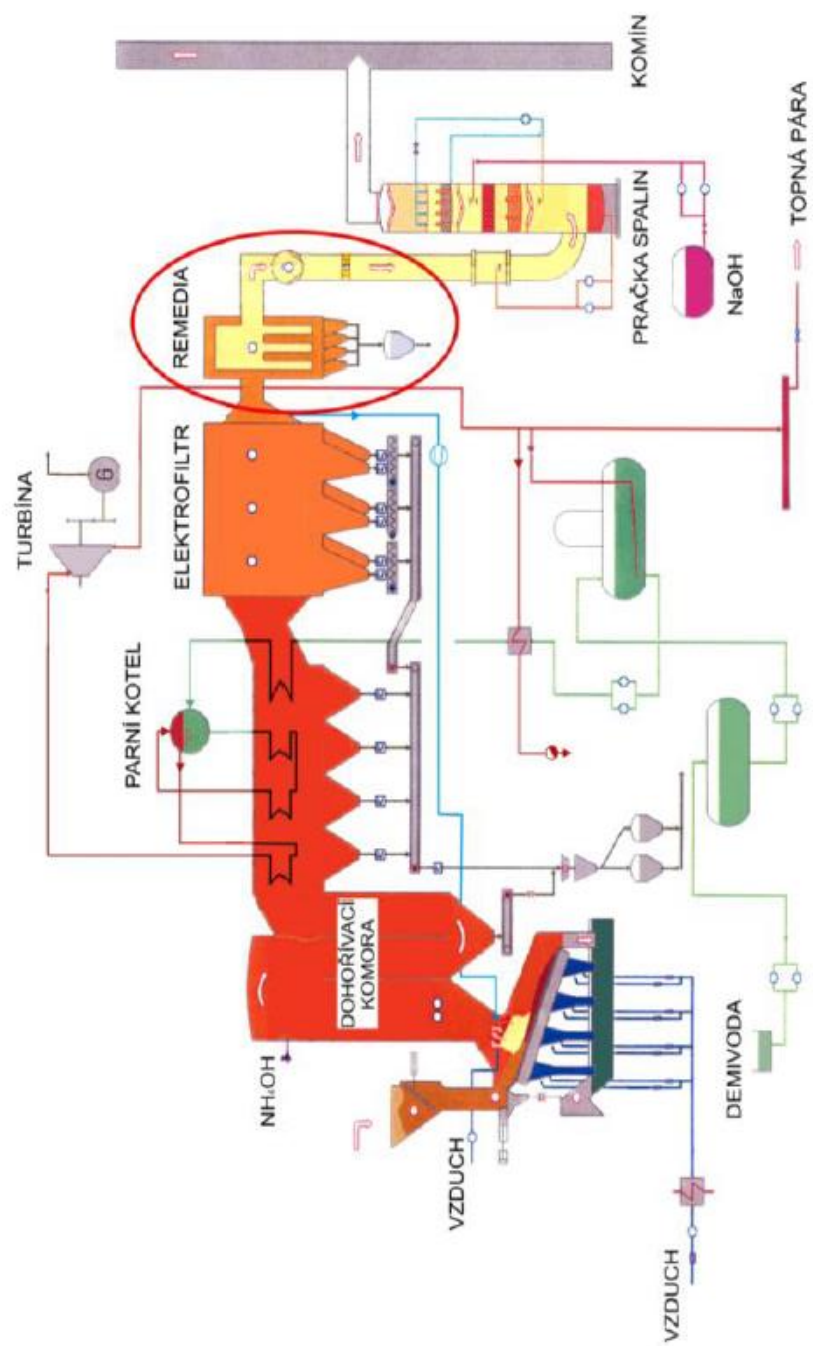


**Příloha č. 4: Schéma technologického procesu spalovny ZEVO Praha Malšovice (PRAŽSKÉ SLUŽBY)**



**Příloha č. 5: Spalovna TERMIZO, a.s. (TERMIZO, a.s.)**





**Příloha č. 6:** Schéma technologického procesu spalovny TERMIZO, a.s. (TERMIZO, a.s.)

**Příloha č. 7: Návštěvnost ENWICENTRA v roce 2013 (SAKO Brno, a.s.)**

	<b>počet skupin</b>	<b>počet návštěvníků</b>
Workshopy 1.stupeň ZŠ	13	310
Exkurze 2.stupeň ZŠ	27	672
SŠ	19	398
VŠ	27	702
organizace a veřejnost	68	805
<b>CELKEM</b>	<b>154</b>	<b>2 887</b>
Den otevřených dveří	provozem prošlo 800 návštěvníků	celkem návštěvníků 2000