

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ  
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

## **DIPLOMOVÁ PRÁCE**

**Případová studie zařízení na energetické využívání  
odpadu (ZEVO)**

**ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**  
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jiří TVRDÝ**  
Osobní číslo: **E13N0064P**  
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Případová studie zařízení na energetické využívání odpadů (ZEVO)**  
Zadávající katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

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

1. Popište současný stav energetického využívání směsných komunálních odpadů (SKO) v ČR a v zahraničí.
2. Analyzujete potenciál SKO pro modelový region.
3. Navrhněte vhodné technologie, logistiku a využití energií.
4. Vypracujte případovou studii pro malou jednotku ZEVO o zpracovatelské kapacitě do 20kt (SKO) za rok.

Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah pracovní zprávy: **30 - 40 stran**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:


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

Vedoucí diplomové práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**  
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2014**  
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2015**

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



  
Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2014

## **Abstrakt**

TVRDÝ, J. Případová studie zařízení na energetické využívání odpadů (ZEVO).

Diplomová práce. Plzeň – fakulta elektrotechnická ZČU v Plzni, 85 s., 2015

Diplomová práce „Případová studie zařízení na energetické využívání odpadů (ZEVO)“ popisuje produkci odpadů v EU, v ČR a v Karlovarském kraji. Obecně uvádí možnosti nakládání se směsným komunálním odpadem a podrobně popisuje situaci ve vybraných regionech. Případová studie zahrnuje konkrétní technologický návrh, distribuci tepelné energie, vliv na odpadové hospodářství a vliv na životní prostředí v Karlových Varech.

**Klíčová slova:** Odpad, komunální odpad, odstraňování odpadů, energetické využívání odpadů, spalovna, zařízení na energetické využívání odpadů, případová studie, čištění spalin.

## **Abstract**

TVRDÝ, J. Case study of equipment for energetic waste utilization (ZEVO). Diploma Thesis. Pilsen – Faculty of Electrical Engineering ZČU in Pilsen, 85 p., 2015

Diploma Thesis „Case study of equipment for energetic waste utilization (ZEVO)” describes waste production in the European Union, Czech Republic and Karlovy Vary Region. Generally presents options of waste processing and describes in detail the situation in selected regions. Case study includes specific technological design, distribution of thermal energy, influence on waste management and effect on environment in Karlovy Vary.

**Key words:** Waste, municipal waste, waste removal, waste to energy, incinerator, waste to energy equipment, case study, flue gas cleaning.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

*„Případová studie zařízení na energetické využívání odpadů (ZEVO)“*

vypracoval samostatně pod odborným dohledem vedoucího bakalářské práce Mgr.

Eduarda Ščerby Ph.D. za použití pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

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

.....

podpis

V Plzni, dne 6. 5. 2015

Bc. Jiří Tvrdý

## **Poděkování**

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu mé práce Mgr. Eduardu Ščerbovi, Ph.D. za vstřícný přístup, věcné připomínky a odborné rady, které mi pomohly k vypracování této diplomové práce.

## Obsah:

ÚVOD .....	8
1. ODPAD A JEHO ENERGETICKÉ VYUŽÍVÁNÍ.....	9
1.1 Základní pojmy .....	10
1.2 Produkce a nakládání s odpady .....	11
1.3 Energetické využívání odpadů .....	18
1.3.1 Česká republika.....	19
1.3.2 Zahraníčí .....	26
2. ANALÝZA KARLOVARSKÉHO KRAJE.....	31
2.1 Produkce odpadů.....	32
2.2 Nakládání s odpady .....	33
2.3 Potenciál odpadů pro energetické využití .....	36
3. MOŽNOSTI NAKLÁDÁNÍ S ODPADY, TECHNOLOGIE EVO .....	39
3.1 Nakládání se SKO .....	39
3.1.1 Skládkování .....	40
3.1.2 Přímé energetické využití .....	42
3.1.3 Další možnosti .....	44
3.2 Technologie EVO.....	47
3.2.1 Emise a jejich čištění .....	48
3.2.2 Využití energií .....	51
4. PŘÍPADOVÁ STUDIE PRO ZEVO O KAPACITĚ 20 KT/ROK.....	54
4.1 Technologický popis .....	55
4.1.1 Logistika .....	56
4.1.2 Spalovací zařízení .....	57
4.1.3 Čištění spalin.....	58
4.2 Distribuce energií .....	60
4.3 Vliv na odpadové hospodářství .....	63
4.4 Vliv na životní prostředí.....	65
ZÁVĚR .....	69
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY .....	70
SEZNAM TABULEK A GRAFŮ .....	77
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	79
SEZNAM PŘÍLOH.....	81



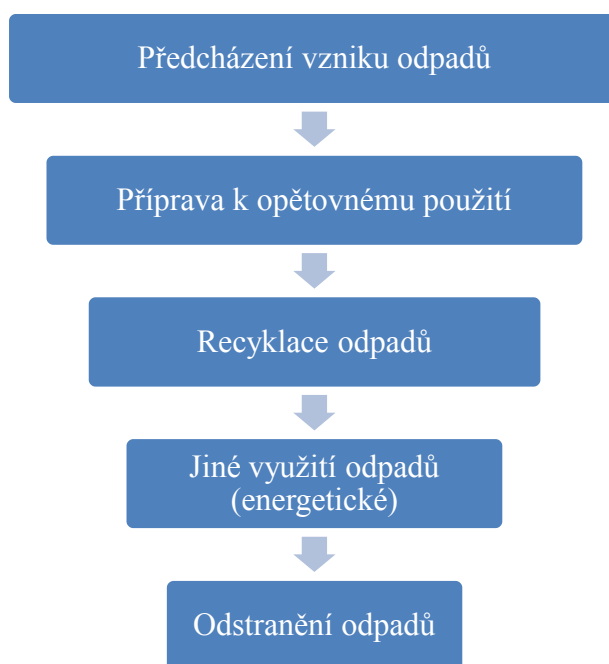
## ÚVOD

Vysoká produkce odpadů je jedním z největších problémů dnešní společnosti, dříve bylo zvykem ponechávat si výrobky téměř po celý život nebo je dokonce předávat následující generaci. V dnešní době se téměř po skončení záruční doby stává výrobek morálně zastaralým a je společenský tlak na jeho výměnu za novější a lepší variantu. Je to dáno i velkým technickým pokrokem, kdy se parametry elektroniky v každé generaci výrazně vylepšují. Tomu se přizpůsobila i samotná výroba a prioritou je nabídnout za co nejnižší cenu nový produkt, s další přidanou hodnotou. Výrobky jsou také konstruovány tak, aby se nevyplatila jejich oprava a zákazník raději koupil nové zboží. Vzniká značné množství odpadů nejen ze samotných produktů, ale také jejich výrobou a úpravou materiálů pro ni potřebnou. Produkce odpadů má přímou souvislost s životní úrovní, a protože ta postupně narůstá, lze předpokládat i zvyšující se množství odpadů. Zatímco odpady z průmyslové výroby jsou snáze opětovně využity, komunální odpad, produkováný každým z nás, má velmi široké spektrum složení a jeho opětovné využití je složité. Nejjednodušším způsobem, jak takový odpad odstranit, je skládkování. To má ale výrazný vliv na životní prostředí, dokonce i mnoho let po uzavření skládky. Navíc dochází k jejich postupnému zaplňování. Díky vysoké výhřevnosti komunálních odpadů je možné jejich využití jako paliva v zařízeních pro to určených. Výrazně se sníží objem i hmotnost odpadu a vznikne také nezanedbatelné množství tepelné nebo elektrické energie.

Tato práce má za cíl navrhnout zařízení na energetické využívání odpadů o roční kapacitě 20 tisíc tun. Jako modelový region jsem zvolil Karlovarský kraj. V následujících kapitolách je podrobná analýza produkce odpadů, jsou popsány nejdůležitější možnosti, jak s odpadem nakládat a samotná případová studie hodnotící zařízení z environmentálního, odpadového a části i ekonomického hlediska.

# 1. ODPAD A JEHO ENERGETICKÉ VYUŽÍVÁNÍ

Odpady vznikají běžnou lidskou činností a každý z nás denně určité množství produkuje. Vznikají také průmyslovou výrobou, úpravou surovin a každý výrobek se po uplynutí životnosti stává odpadem. Základní hierarchii nakládání s odpady určuje směrnice Evropského parlamentu č. 2008/98/ES, která se také stala součástí českého odpadového zákona č. 185/2001 Sb [40].



Nejvýhodnější je vzniku odpadu předcházet, třeba minimalizací obalových materiálů. Následuje snaha výrobky, které dosud nejsou odpadem, upravit tak, aby sloužily k původnímu účelu. Třetím bodem v hierarchii je recyklace, čili využití materiálu k původnímu nebo jinému účelu. Následuje jiné využití a tím je nejčastěji právě energetické využívání, pro získání tepelné energie. Na konci je odstranění, čímž je myšleno skládkování odpadů nebo spálení bez využití energetického potenciálu.

Touto hierarchií je tak v celé EU stanovena shodná strategie nakládání s odpady. V současné době je také snaha již při návrhu výrobku uvažovat nad jeho celým životním cyklem.

## 1.1 Základní pojmy

Abych se mohl podrobně zabývat energetickým využíváním odpadů, musím na úvod nejprve uvést základní rozdělení odpadů a definovat pojmy. Vycházím ze zákona č. 185/2001 Sb o odpadech a předpisu č. 381/2001 Sb., což je Katalog odpadů.

- **Odpad** je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů uvedených v příloze č. 1 k Zákonu o odpadech.
- **Komunální odpad** (dále jen „KO“) je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden pod kódem 20, jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání.
- **Živnostenský odpad** není v zákonu o odpadech přímo definován, ovšem označuje se jím odpad vznikající při nevýrobní činnosti podnikajících nebo právnických osob. Je svým složením podobný odpadům z domácností, vzniká v kancelářích, obchodech, školách, atd.
- **Objemný odpad** (dále jen „OO“) je domovním komunálním odpadem, který vzhledem ke svým rozměrům nebo hmotnosti nelze odkládat do běžných sběrných nádob (80-1100 dm<sup>3</sup>). Např. nábytek, koberce, sanitární keramika, objemné lepenkové, skleněné, plastové a kovové obaly apod.
- **Nebezpečné složky komunálního odpadu** jsou druhy odpadů získané odděleným sběrem a označené v Katalogu odpadů jako nebezpečný odpad. Nebezpečný odpad je odpad uvedený v Seznamu nebezpečných odpadů a odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze č. 2 k Zákonu o odpadech. Nebezpečné složky komunálního odpadu jsou v Katalogu odpadů vedeny ve skupině 20 01.
- **Využitelné složky komunálního odpadu** jsou druhy odpadů získané odděleným sběrem, které lze po úpravě nebo přímo využít jako druhotnou surovinu. Jedná se např. o odděleně sebraný papír, sklo, plasty, železné a neželezné kovy, jejich slitiny, textil, biologický odpad. V Katalogu odpadů vedeny pod označením 20 01 a 15 01.

- **Směsný komunální odpad** (dále jen „SKO“) zůstává po oddělení využitelných složek a nebezpečných složek z komunálních odpadů. Je nazýván také „zbytkovým“ odpadem. Směsný odpad je v Katalogu odpadů veden pod označením 20 03 01.
- **Biologicky rozložitelný komunální odpad (dále jen „BRKO“)** tvoří odpady, které jsou schopny anaerobního nebo aerobního rozkladu (za nebo bez přístupu kyslíku). Jedná se např. o potraviny, odpad ze zeleně, papír, nebo přírodní textilie.

[40]

Zákon definuje i další pojmy, ale pro tuto práci stačí seznam pojmů výše uvedených. Důležité je pochopení vazeb mezi nimi, zejména co všechno je označováno jako komunální odpad. Jsou to všechny odpady od občanů, podnikatelů, obcí, úřadů, objemný komunální odpad, odpady ze zahrad a parků, uliční smetky. Jako komunální odpad označujeme i vytríděné separovaně sbírané složky, papír, sklo a plasty, ale i kovy, elektrospotřebiče, baterie a vše, co nám přijmou ve sběrném dvoře. Přibližně poloviční podíl komunálních odpadů jsou pak směsné komunální odpady, což je zbytkový odpad po vytrídění těchto složek. A právě tato složka se využívá k energetickému využití odpadů.

## 1.2 Produkce a nakládání s odpady

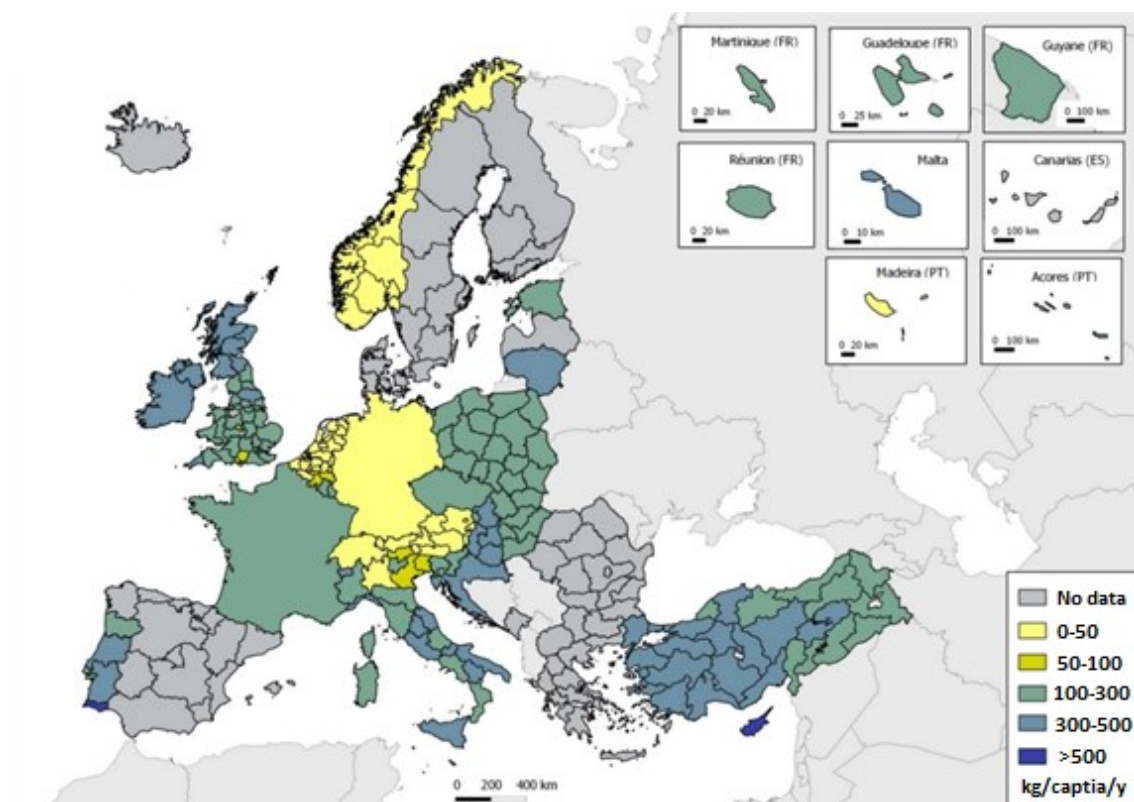
V této kapitole je popsána produkce odpadů v EU a podrobněji v České republice. Jako zdroje dat jsem využil Evropského statistického úřadu (Eurostat) a Českého statistického úřadu (ČSÚ).

### Evropská Unie

Dle nejaktuálnějších údajů Eurostatu za rok 2013 (data z března 2015) se v EU vyprodukovalo celkem 2,515 miliard tun odpadů [21]. Z toho bylo 246,6 milionů tun odpadů komunálních, na které se dále zaměřím. Největší část z nich, 42%, byla recyklována, 34% bylo uloženo na skládku a 24% energeticky využito [23]. Při pohledu na EU jako celek se tento poměr zdá být poměrně vyvážený, ovšem z detailnějšího pohledu plyne, že mezi jednotlivými zeměmi jsou diametrální rozdíly. Například

Německo recykluje 65% veškerého komunálního odpadu a energeticky využívá zbylých 35%. Řecko, Litva, Chorvatsko a Malta naopak ukládají na skládky více než 80% komunálních odpadů, zbylou část recyklují a energeticky nevyužívají ani malou část vyprodukovaných odpadů. Obrázek č. 1 ukazuje množství ukládaného komunálního odpadu na obyvatele, starší členové Evropské unie, jako Německo, Rakousko, Švýcarsko a země Beneluxu již vůbec neskládkují.

**Obrázek 1: Skládkování komunálního odpadu v EU**



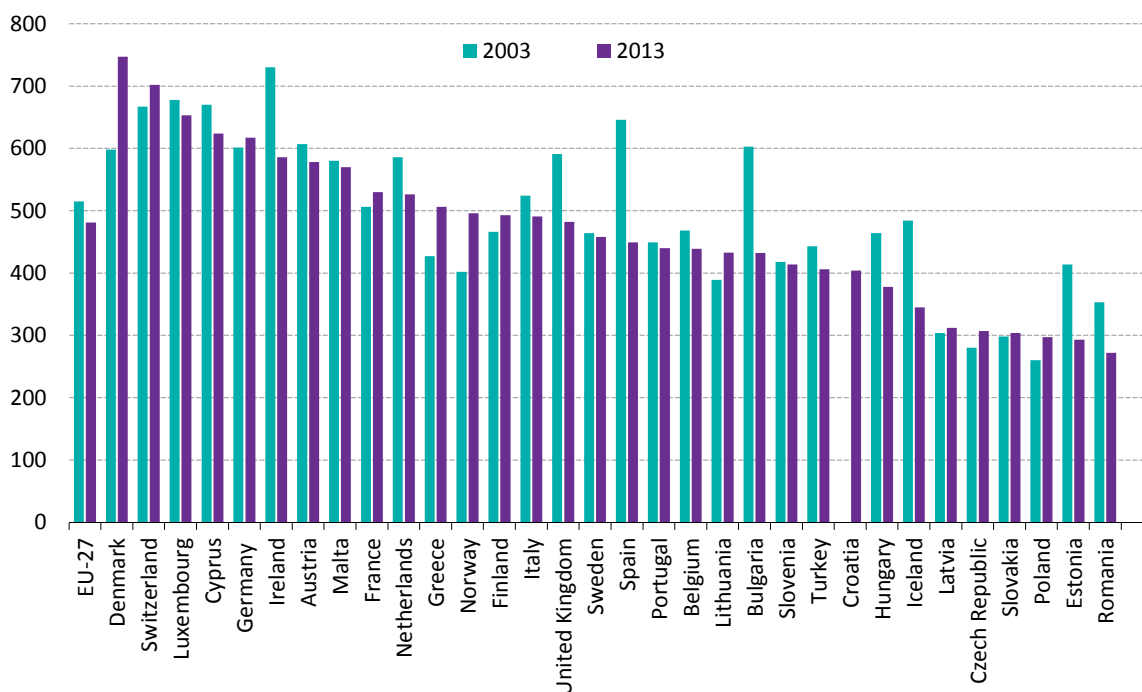
*Zdroj: Eurostat, 2012 dle [23]*

Detailnější graf nakládání s odpadem 28 zemí EU, Švýcarska, Norska a Islandu je v Příloze A. Minimum odpadu skládkují mimo již zmíněných zemí ještě Švédsko, Norsko a Dánsko. Množství takto uloženého odpadu je menší než 4%. Energeticky přitom využijí více než 52% komunálního odpadu. Z řady severských zemí ale vybočuje Finsko, které skládkuje více než 33% komunálního odpadu. To je z velké části dáno tím, že tato země má nejnižší zalidnění v EU (pouze 17,8 obyvatel na km<sup>2</sup>, v nejsevernější části Finska se tato hodnota snižuje pouze na 2 obyvatele na km<sup>2</sup>) [24]. V takto řídké zabydlené oblasti je složité centrální zpracování odpadů nebo využití získané tepelné energie. Některé státy již dokonce mají zákonem stanovený zákaz ukládání komunálního odpadu na skládky.

Dánsko a Švédsko nesmí skládkovat energeticky využitelný odpad od roku 1997, resp. 2002. Německo od roku 2004 a Švédsko od roku 2005 nesmí skládkovat organický odpad. V Nizozemí a Rakousku od roku 2003 a 2004 není možné uložit na skládku směsný komunální odpad bez předchozí úpravy [17].

Další výrazný rozdíl mezi jednotlivými zeměmi EU je vyprodukované množství KO na obyvatele. To se pohybuje mezi hodnotami 272 kg (Rumunsko) až 747 kg na osobu (Dánsko).

**Graf 1: Produkce komunálních odpadů v EU na obyvatele**



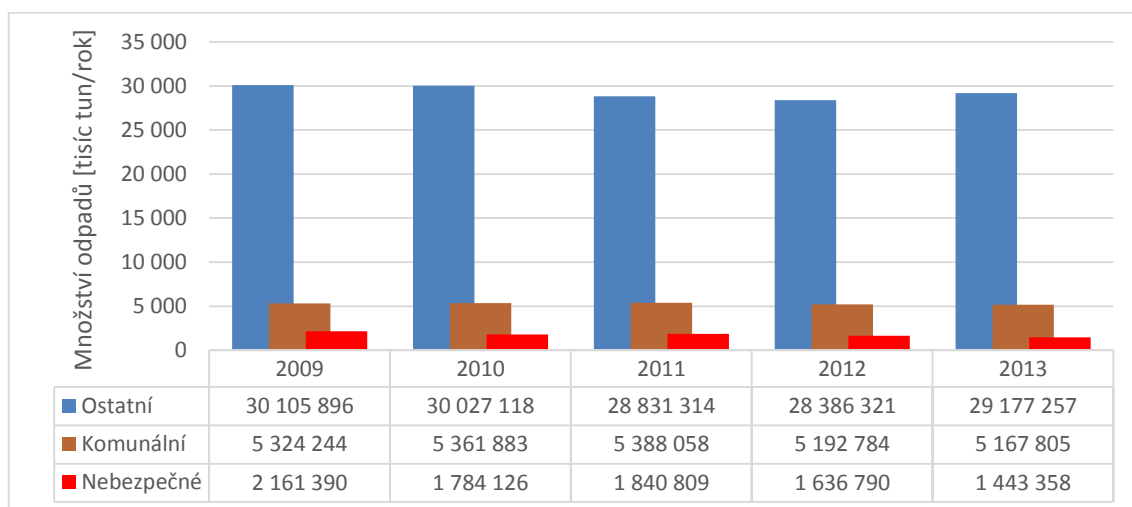
*Zdroj: Eurostat, 2013 dle [23]*

V grafu je pro přehlednost kromě nejnovějších dat za rok 2013 i srovnání s rokem 2003 (pro Chorvatsko jako nejmladšího člena EU nejsou data k dispozici). V porovnání s ještě dřívějším obdobím, s rokem 1995, produkce odpadů v 18 zemích poklesla, nejvíce ve Španělsku (-3,6%), Estonsku (-3,4) Irsku (-3,3) a Velké Británii (-2%). Naopak největší přírůstek vykazovaly Řecko (2,3%), Malta (2,1%) a Dánsko (2%).

## Česká republika

V roce 2013 bylo v České republice vyprodukováno 35 788 420 tun odpadů, což odpovídá 3 405 kg na osobu. Z toho bylo 1 443 358 tun odpadů nebezpečných a 29 177 257 tun se řadilo do kategorie *ostatní*. Pro tuto práci je nejdůležitější množství komunálních odpadů, které bylo 5 167 805 tun. Na každého obyvatele tak připadalo 491,7 kg KO.

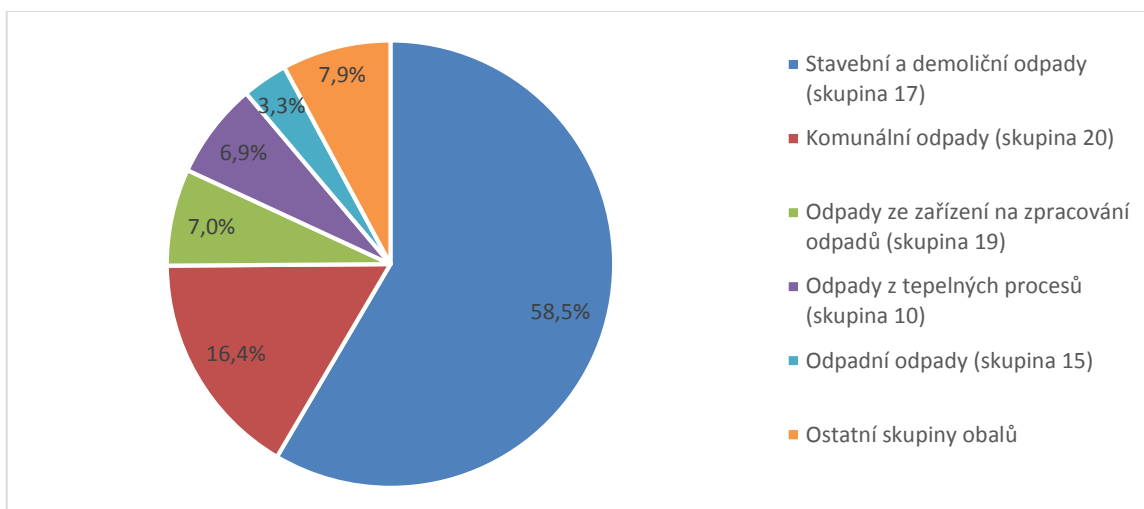
**Graf 2: Celková produkce odpadů v ČR 2009-2013**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [39]*

Graf č. 1 zobrazuje celkové množství vyprodukovaných odpadů v ČR mezi roky 2009-2013. Množství komunálních odpadů má stagnující nebo mírně klesající tendenci, stejně jako celková produkce odpadů. Následující graf ukazuje přesnou strukturu odpadů.

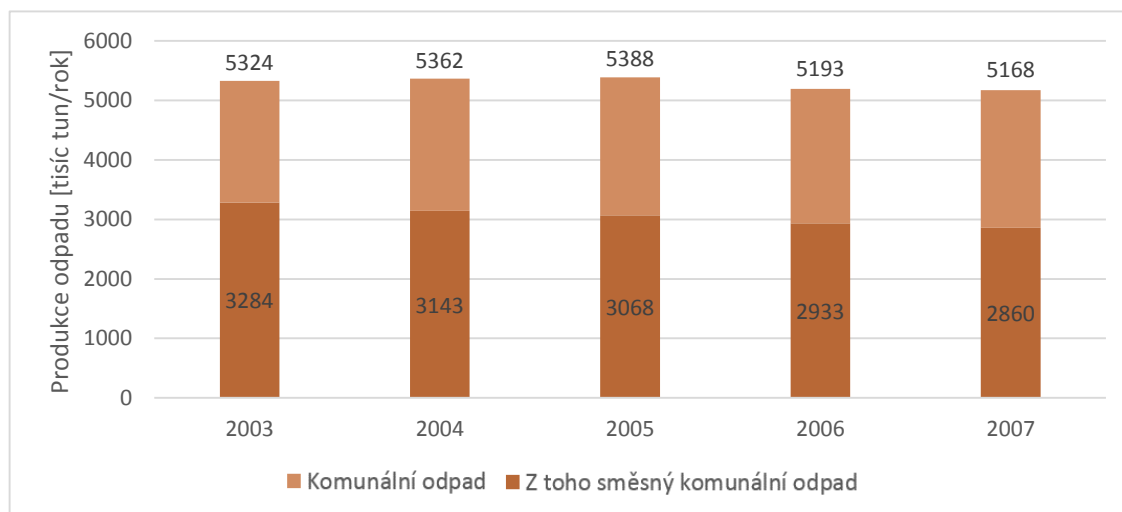
**Graf 3: Struktura celkové produkce odpadů v ČR 2013**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [39]*

Na druhém grafu je znázorněna struktura celkového množství odpadů. Největší podíl mají stavební a demoliční odpady (20 936 tisíc tun), KO pak 16,4% z celkového množství. Může se to zdát jako malý podíl, ale většina odpadů ze skupiny *ostatní* jsou materiálově nebo jinak využity. KO má velmi různorodé složení a jejich opětovné využití v takové míře představuje složitý úkol. Přesné množství KO za posledních 5 let, jeho významné složky SKO, složení a způsob nakládání ukazují následující grafy.

**Graf 4: Celková produkce komunálních odpadů v ČR 2009-2013**

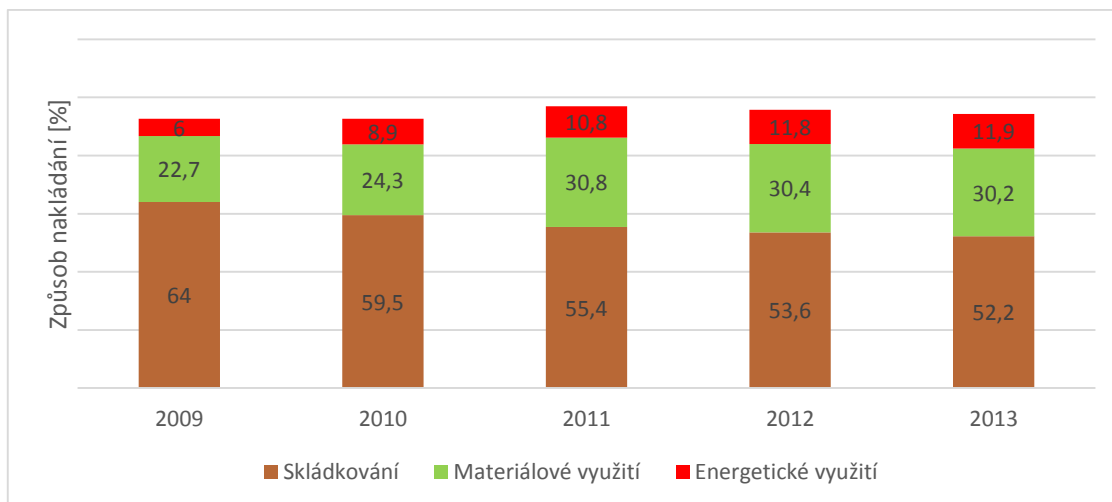


*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [39]*



Největší podíl KO je SKO (50-60%), což je dále netříděný zbytek. Další významnou složkou jsou objemné odpady (8-10%) a separovaný papír (5%), sklo (4%), plasty (3%). Jak je v ČR s tímto odpadem nakládáno, ukazuje následující graf.

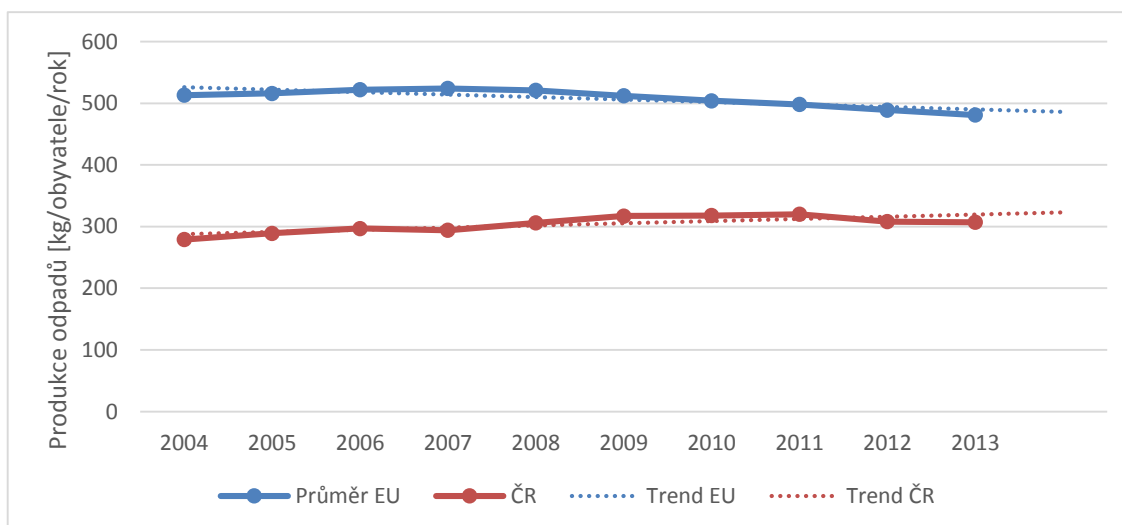
**Graf 5: Nakládání s komunálními odpady v ČR 2009-2013**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [39]*

Více než polovina KO je skládkována. Pro přímé porovnání České republiky s ostatními zeměmi EU jsem vytvořil grafy, které srovnávají produkci, skládkování a energetické využívání komunálních odpadů. Grafu jsem přidal trend, aby z něj bylo na první pohled patrné, jakým směrem se vyvíjí.

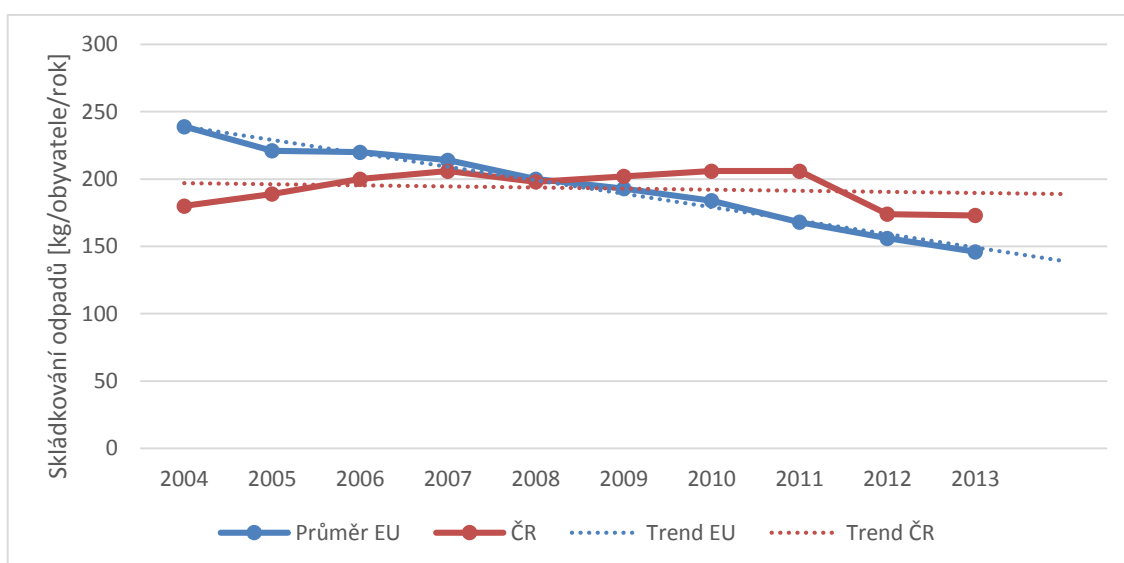
**Graf 6: Produkce KO v České republice a EU 2004-2013**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [22]*

Na srovnání je vidět, že v EU je trend produkce komunálních odpadů klesající, zatímco v ČR rostoucí. Produkce má přímou souvislost s životní úrovní, a tak předpokládám, že pozvolný růst bude pokračovat. ČR patří s produkcí komunálních odpadů kolem 300 kg na obyvatele k zemím s nejnižší produkcí. ČSÚ uvádí produkci kolem 500 kg na obyvatele, vykazované rozdíly jsou dány odlišným hodnocením KO, kdy ČSÚ počítá do produkce i odpady kategorie 1501 (obaly, separovaný sběr).

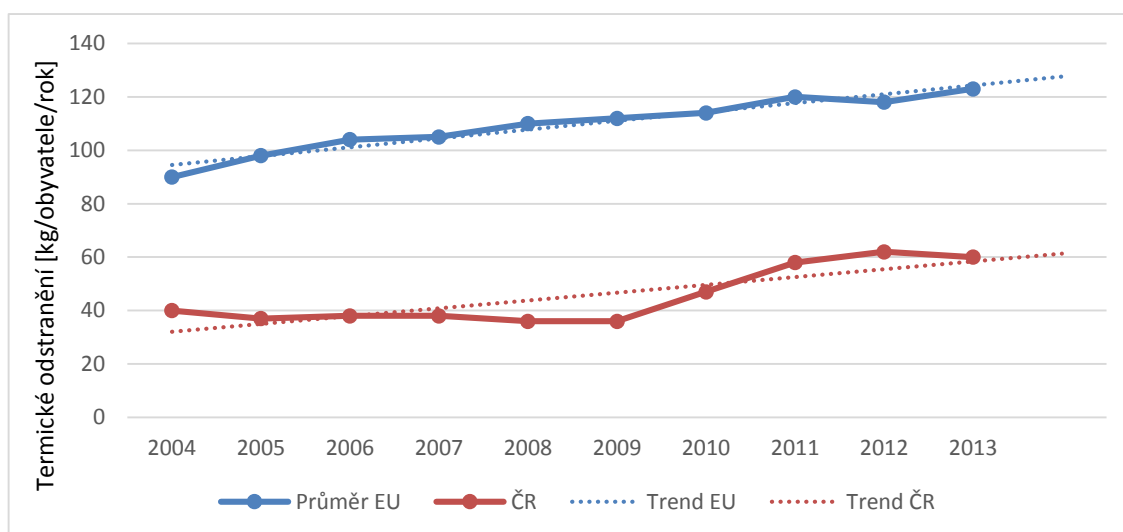
**Graf 7: Skládkování KO v České republice a EU 2004-2013**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [22]*

V množství skládkovaných odpadů na obyvatele byla ČR dlouhou dobu pod průměrem EU, v roce 2008 se dostala nad tento průměr. Předpokládám, že se tento rozdíl bude postupně zvětšovat, protože v zahraničí jsou ve výstavbě nová zařízení na energetické využívání odpadů (viz kapitola 1.3.2) a snižuje se množství ukládané na skládku, zatímco v ČR se situace v posledních letech příliš nezměnila.

**Graf 8: Spalování KO v České republice a EU 2004-2013**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [22]*

Z grafu je patrné, že proti průměru EU máme více než o polovinu nižší množství odpadů odstraněných spalováním (včetně energetického využití), přesto, že ČR patří k zemím s nejnižší produkcí KO. Trend navíc naznačuje, že pokud by nedošlo ke změně, rozdíl se bude dále zvětšovat. Změna dle mého názoru nastane po spuštění ZEVO Chotíkov, které je plánováno na konec roku 2015. Aktuální situaci energetického využívání odpadů a plány na nová zařízení popisuje následující kapitola.

### 1.3 Energetické využívání odpadů

V předchozí kapitole jsem popsal množství vyprodukovaných odpadů a nakládání s nimi. Zaměřil jsem se na komunální odpad, který lze třídit jen do určité míry a jeho nejvýznamnější část, směsný komunální odpad. Zatímco spalování odpadů bez energetického využívání je bráno na stejné úrovni jako skládkování, čili na konci základní hierarchie nakládání s odpady, energetické využití odpadů se považuje za smysluplné využití. Jak je vidět z předchozích grafů, dva hlavní způsoby nakládání se SKO jsou ukládání na skládky a jejich energetické využívání. V ČR převažuje skládkování odpadů, ve vyspělých státech západní Evropy energetické využívání. I u nás ale taková zařízení máme, v Praze, Brně a Liberci. Ty nyní podrobně popíši, společně s některými zahraničními. Technologické informace o ZEVO a energetickém využívání popisuje kapitola 3.1.3.

### 1.3.1 Česká republika

V České republice jsou v současné době v provozu 3 zařízení na energetické zpracování odpadů. Další se plánují, nebo jsou již ve výstavbě.

#### **Praha – ZEVO Malešice Pražské služby, a.s.**

Největší zařízení na energetické využití odpadů v ČR, s roční zpracovatelskou kapacitou 310 kt odpadu ročně. Uvedeno bylo do provozu v roce 1998 a od té doby je technologicky vylepšováno, s cílem snižování emisí a zvyšování účinnosti. V roce 1999 bylo instalováno zařízení na zachyt rtuti a dioxinů, následoval projekt Dediox, který byl dokončen v březnu 2007 a přinesl další výrazné snížení emisních hodnot dioxinů. V polovině roku 2010 byl dokončen projekt Kogenerace, čili instalace nové kondenzační turbíny. Zároveň s kogenerační jednotkou byly instalovány katalyzátory, které snižují emise oxidů dusíku. Základem zařízení jsou čtyři kotle s válcovými rošty, každý z nich o kapacitě 15 tun odpadu za hodinu. Souběžně se ale provozují vždy jen tři kotle, čtvrtý zůstává jako studená rezerva a změna odstaveného kotle nastává vždy po 2 měsících. V jednom kotli vznikne za hodinu 36 tun páry o teplotě 235 °C a tlaku 1,37 MPa.

Je zde energeticky zpracováno 80% směsného komunálního odpadu, který je vyprodukován na území Prahy. Zajímavostí je detekční zařízení na ionizující záření, kterým je každý přivezený odpad zkontrolován, aby nedošlo k neřízené kontaminaci radioaktivitou. Vzniklá tepelná energie ve formě páry je dodávána do nedaleké Teplárny Malešice, odkud je rozváděna systémem centrálního vytápění a část páry je pak přímo exportována velkým průmyslovým odběratelům. Ročně tak dodá do sítě celkem 850 TJ tepelné energie [10], [11], [43].

**Obrázek 2: ZEVO Malešice Pražské služby, a.s.**



*Zdroj: Pražské služby, 2015 [43]*

### **Brno – SAKO, a.s.**

Nejstarší a druhé největší ZEVO v České republice, jeho historie sahá až do roku 1905. Už v té době začalo vyrábět elektrickou energii a dodávalo jí do sítě až do roku 1941. Zařízení bylo poškozeno při válečném bombardování a nové bylo uvedeno do provozu až v roce 1989. Instalovány byly 2 kotle s válcovými rošty (6 válců), s projektovanou kapacitou 248 kt odpadu ročně. Od té doby opět prošla velkými rekonstrukcemi, bylo zlepšeno čištění zplodin, provedena výměna kotlů za kotle s vyšší účinností a instalována nová kondenzační turbína pro výrobu elektrické energie, o výkonu 22 MW. Od roku 2010 je to tedy nejmodernější ZEVO v České republice. V objektu byla vybudována i dotříd'ovací linka, která zlepší výstupní kvalitu již separovaně sbíraného odpadu, vytríděním nežádoucích příměsí. Ty jsou jako zbytkový odpad následně spáleny spolu se směsným komunálním odpadem, a tím energeticky využity. Zásobník na odpady má kapacitu 5 tisíc tun a dokázal by zásobovat zařízení po dobu jednoho týdne. Do kotlů je nasáván vzduch právě z těchto prostor, čímž se eliminuje zápach a prašnost v okolí zásobníku. ZEVO zpracuje přibližně 50% odpadů z Brna, další jsou dováženy z Jihomoravského kraje. Ročně dodá do centrálního zásobování teplem (CZT) 950 TJ tepelné energie.

Brněnské SAKO se mi líbí v otevřenosti veřejnosti, kdy při každoročním dni otevřených dveří nabízí možnost diskuze návštěvníků s vedením společnosti. Na stránkách společnosti je k dispozici 3D prohlídka areálu včetně technologií. Dále realizovalo zajímavé projekty, jako sběr použitého oleje z domácností [46], občané mohou také hlásit přeplněné kontejnery na tříděný odpad pomocí mobilní aplikace. Ten je ihned vyvezen a v případě častějšího hlášení je upravena intenzita odvozu tříděného odpadu v dané lokalitě [11], [45].

**Obrázek 3: ZEVO Brno SAKO, a.s.**



*Zdroj: SAKO a.s., 2015 [45]*

### **Liberec – Termizo, a.s.**

Nejmenší zařízení na energetické využívání odpadů v České republice bylo uvedeno do provozu v roce 1999, s roční spalnou kapacitou 96 kt odpadů. Instalován je zde pouze jeden spalovací kotel, za hodinu zpracuje 12 tun odpadů, vyrobí 43 tun páry o tlaku 4,3 MPa a teplotě 400 °C. V roce 2003 byl instalován textilní katalytický filtr k záchytu dioxinů a v roce 2009 proběhla další velká rekonstrukce. Nasazena byla modernější technologie řízení a byla instalována nová kondenzační turbína. Elektrickou energii tak vyrábějí dvě turbíny, o výkonech 3,5 MW a 1 MW, které ročně dodají do sítě 13 GWh. ZEVO zásobuje odpad hlavně z Liberce a Jablonce nad Nisou, částečně z okolních měst. Teplo je dodáváno přímo do centrálního rozvodu tepla Teplárně Liberec, ročně dodá přibližně 700 TJ tepelné energie [11], [48].

Liberecké Termizo má několik evropských unikátů. Od února 2012 obdržela jako první v EU registraci potvrzující Nařízení Evropského parlamentu (ES) č.190/2006 – REACH. Je to nejvyšší možný stupeň bezpečnosti, kontroly toxicity a mutagenity. Termizo navíc může, jako jediné, udělovat tuto certifikaci dalším evropským ZEVO. Při instalaci katalytického dioxinového filtru, v roce 2003, bylo zvoleno světově unikátní umístění – přímo za elektrofiltrem, čili zatím jen v částečně vyčištěných spalinách. Toto řešení, spolu se zvolenou technologií, se ukázalo jako velmi efektivní. Proto bylo liberecké Termizo v roce 2004 zvoleno výzkumnou organizací EUREKA, jako hlavní řešitel projektu DIOXIN [20]. Dalšími velmi zajímavými projekty EUREKY (BIOFIX, ALGANOL), bylo využívání CO<sub>2</sub> z vyčištěných spalin, jako živiny pro rychle rostoucí řasu, a tím přímou transformací tohoto skleníkového plynu do pevného stavu. Takto produkované řasy dokonce splňovaly požadavky a limity pro zvířecí krmivo nebo jako doplněk lidské stravy. Další projekt byl zaměřen na maximalizaci obsahu škrobů a lipidů v pěstovaných řasách. Tyto látky jsou energeticky velmi bohaté a sloužily by k produkci biopaliv. Bylo dokázáno, že není problém produkovat řasy obsahující 50% škrobu [1].

**Obrázek 4: ZEVO Liberec Termizo, a.s.**



*Zdroj: Termizo a.s., 2015 [48]*



**Tabulka 1: Technické parametry českých ZEVO**

	ZEVO Malešice	SAKO Brno	Termizo Liberec
Uvedení do provozu	1998	1989	1999
Počet spalovacích linek	4	2	1
Kapacita zařízení [t/rok]	310 000	248 000	96 000
Zpracováno v roce 2011 [t]	285 761	232 985	94 336
Zpracováno v roce 2012 [t]	297 759	238 454	98 066
Zpracováno v roce 2013 [t]	304 166	237 643	95 817
Roční dodávka tepla [TJ]	850	950	700
Dodávka elektřiny [GW/h]	34	55	13
Typ spalovacího roštu	válcový	vratisuvný	posuvný
1. stupeň čištění	SNCR	SNCR	SNCR
2. stupeň čištění	elektroodlučovač	polosuchá vypírka	elektroodlučovač
3. stupeň čištění	DeNOx / DeDiox	mokrý vypírka	DeDiox
4. stupeň čištění	mokrý vypírka	textilní filtr	mokrý vypírka

*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [10], [11]*

Tabulka shrnuje nejdůležitější informace o českých ZEVO, které ročně dodají průměrně 36 GWh elektrické a 2500 TJ tepelné energie. Uvažuje se i nad dalšími ZEVO, informace o připravovaných projektech jsem získal z informačního portálu EIA [31].

### **ZEVO Chotíkov, Plzeň**

Plzeňské zařízení na energetické využívání odpadů bude brzy čtvrtým svého druhu v České republice. Ročně bude schopno zpracovat 95 tisíc tun odpadů a dodat do systému centrálního vytápění 360 TJ tepelné energie. Tím ušetří ekvivalentní množství uhlí Plzeňské teplárenské a.s., která je rovněž investorem nového projektu. Investice dosahuje zhruba 2,3 miliardy korun. Pokud nenastanou žádné komplikace, bude uvedeno do provozu již na konci roku 2015 [56].



**Obrázek 5: ZEVO Chotíkov**



*Zdroj: ZEVO Chotíkov, 2015 [56]*

### **ZEVO Cheb**

Zařízení s nejmenší plánovanou kapacitou v České republice, ročně by mělo využít 20 tisíc tun (dvě spalovací linky o kapacitě 10 kt/rok) komunálních odpadů z Chebu a blízkých obcí. Roční produkce v tomto okrese dosahuje přibližně 32 tisíc tun komunálních odpadů. Využití přibližně 2/3 energetického potenciálu uloženého v komunálních odpadech, které jsou v současnosti ukládány na skládku, by přineslo 111 TJ tepelné nebo 38 TW elektrické energie. Chebské ZEVO již dokonce získalo souhlasné stanovisko k posouzení vlivu na životní prostředí EIA a na základě tohoto výsledku vydal souhlasné stanovisko i Karlovarský kraj. Zařízení o této zpracovatelské kapacitě by mělo stát 200 milionů korun [55].

### **Regionální centrum zpracování odpadů Vřesová (okres Sokolov)**

Jiný přístup volí Sokolovská uhelná, právní nástupce, a.s., která chce využít stávající technologii zplyňování uhlí. Z Karlovarského kraje by se do zařízení mělo ročně vozit 60 tisíc tun komunálních odpadů, odpad bude pomocí mechanicko-biologické úpravy zpracován na granulát a zplyněn spolu s uhlím ve stávajícím provozu. Produktem tohoto procesu je energoplyn, ze kterého je v paroplynové elektrárně vyrobena elektrická energie. Zplyňování komunálních odpadů se již několikrát vyzkoušelo s dobrým výsledkem. Vřesová se oproti podobným připravovaným projektům liší tím, že již disponuje technologií zplyňování a z KO hodlá získat výhřevnou složku právě pro tyto účely. Zbývající biologicky rozložitelné složky odpadu budou pouze aerobně stabilizovány. Jsou v přípravě i další projekty MBÚ, u kterých se na rozdíl od Vřesové počítá i s produkcí bioplynu a jeho využitím pro výrobu elektřiny. Data jsem získal z EIA a jedná se o následující projekty: Kolín (75 kt/rok), Rakovník (60 kt/rok), Mladá Boleslav (42 a 40 kt/rok), Mníšek pod Brdy (40 kt/rok).

Chebský záměr na ZEVO o kapacitě 20 tisíc tun komunálních odpadů a záměr Sokolovské uhelné na zpracování 60 tisíc tun odpadů se částečně kryjí. Sokolovská uhelná totiž plánuje stát se zpracovatelem odpadů pro celý Karlovarský kraj a počítá právě i s dovozem odpadů z Chebu a jeho přilehlých obcí. V celém Karlovarském kraji se ale vyprodukuje ročně přibližně 135 tisíc tun komunálních odpadů, obě zařízení by tak dle mého názoru mohla vzájemně koexistovat.

### **EVO Komořany (okres Most)**

Projekt na energetické využití 150 tisíc tun komunálních odpadů v Ústeckém kraji. Plánován v těsné blízkosti mostecké teplárny, počítalo se s provozem ve dvou režimech, zaměření na teplo nebo elektřinu. Zařízení by tak ročně do sítě dodalo 833 TJ tepelné a 43 GWh elektrické, resp. 260 TJ tepelné a 70 GWh elektrické energie. Projekt získal souhlasné stanovisko v posuzování vlivu na životní prostředí EIA. Investor již dokonce vybral dodavatele stavby, plánovaný rozpočet byl kolem 3 miliard korun. Ovšem s ohledem na nejisté dotace z EU (neschválení novely zákona o odpadech) se investor nakonec v roce 2013 rozhodl od záměru upustit [25].

## **KIC, Karviná**

Projekt krajského integrovaného centra Ostrava, který zahrnuje vybudování zařízení na energetické využívání odpadů, společně s pěti překladovými stanicemi pro zefektivnění logistiky. Roční kapacita zařízení měla být 190 tisíc tun odpadů a Moravskoslezský kraj by díky tomu ročně získal odhadem 1 136 TJ tepelné a 23 GWh elektrické energie, což by nahradilo část výkonu uhelné teplárny Karviná. Projekt měl stát zhruba 5 miliard korun (počítalo se s čerpáním 40% dotace) a uvedení do provozu se plánovalo na rok 2015. Stavební povolení bylo ale krajským soudem zrušeno, protože vyhověl ekologům, kteří namítali, že stavbou zařízení by došlo k ohrožení vzácného druhu, vážky plavé. Bez stavebního povolení není možné žádat dotace z evropských fondů, projekt byl proto zatím odložen a rozhodlo se o výstavbě třídící linky, schválený rozpočet je pro ni 150 miliónů korun [34].

### **1.3.2 Zahraničí**

Jak jsem již zmínil v kapitole o energetickém využívání odpadů, přístup jednotlivých zemí k nakládání s komunálním odpadem se napříč Evropou a celým světem podstatně liší. Obecně lze říci, že vyspělejší země odpad převážně recyklují a energeticky využívají, méně vyspělé země a regiony se zbavují většiny odpadu skládkováním. V následující kapitole je popsáno nakládání s komunálním odpadem v Evropské unii a mimo ní. V EU je v současné době v provozu více než 440 zařízení na energetické využití odpadů a každým rokem se spouští další. Vytvořil jsem tabulku, která ukazuje množství obyvatel připadajících na jedno ZEVO.

**Tabulka 2: Množství ZEVO na obyvatele ve vybraných státech EU**

	Obyvatel na 1 ZEVO [tisíc]	Spáleného SKO [milion tun]	Množství ZEVO	Nová ZEVO od r. 2001
Dánsko	212	3,3	26	-5
Švýcarsko	267	3,9	30	2
Norsko	275	1,5	17	10
Švédsko	289	5,2	32	8
Lucembursko	491	0,1	1	0
Francie	500	13,6	128	-2
Německo	1 025	21,3	80	24
Itálie	1 306	5,2	46	2
Velká Británie	2 464	5,7	25	9
Slovensko	2 705	0,17	2	2
Česká republika	3 491	0,7	3	0
Portugalsko	3 543	1	3	0
Maďarsko	10 029	0,4	1	0
Polsko	38 130	0,05	1	0

*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [9], [32]*

Z tabulky je na první pohled patrné, jak velké bude přibližně procentuální energetické využití odpadů. Tyto hodnoty jsou také důležité pro následnou analýzu modelového regionu.

Poměrně velkým překvapením je situace ve Velké Británii, kde se v počtu ZEVO na obyvatele řadí vedle zemí jako je Česká republika, Slovinsko, nebo Slovensko. Sousední Francie má při podobném počtu obyvatel o 103 zařízení více. Odpovídá tomu také celkové nakládání s komunálním odpadem, kterého Velká Británie stále 37% skládá. Je to dáno tím, že zde v minulosti bylo vybudováno mnoho skládek svou kapacitou převyšující produkci odpadů. S postupným přejímáním legislativy EU a závazkům z toho plynoucích, se situace mění a v současné době je ve výstavbě několik nových zařízení. Plánem Velké Británie je v příštích 10 letech uvést do provozu minimálně 50 nových ZEVO [49].

V mnoha velkých evropských městech je spalování komunálního odpadu hlavním zdrojem tepelné energie. Nizozemský Amsterdam je zásobován teplem z komunálních odpadů od roku 1993, a protože se koncept velmi osvědčil, o 10 let později bylo postaveno druhé zařízení. Dohromady mají obě kapacitu 1,380 milionů tun odpadů ročně a zásobují více než 12 000 domácností teplem [6].

Paříž zásobují teplem a elektrickou energií 3 ZEVO, o celkové kapacitě 1 760 tisíc tun odpadů ročně. První z nich bylo vybudováno již v roce 1969, další v roce 1990. Třetí z nich je přebudovaná původní elektrárna a spuštěna byla v roce 2007. Všechna tato 3 zařízení dodají Paříži 50% potřebného tepla [8].

Vídeň je zásobována tepelnou a elektrickou energií ze 4 ZEVO, první z nich bylo uvedeno do provozu už v roce 1963, nejmladší bylo spuštěno v roce 2008. Celková kapacita těchto zařízení je 780 tisíc tun odpadů ročně a dodají teplo přibližně 1/3 domácností. Směsný komunální odpad je před spálením ještě dotříděn a přepracován na balíky, které mohou být skladovány ve venkovním prostředí. [51].

V EU se uvádí nová ZEVO průběžně do provozu, ve Finsku bylo na konci roku 2014 uvedeno do provozu nové zařízení o kapacitě 320 tisíc tun odpadů ročně (Helsinky), ve Velké Británii 2 ZEVO s kapacitou 350 tisíc tun (Middlesbrough) a 210 tisíc tun (Newhaven) odpadů ročně. V roce 2011 dostala povolení dvě ZEVA na 300 tisíc tun odpadů (Newhurst Quarry) a 240 tisíc tun odpadů (Cornwall) [35].

Švýcarsko je v několika věcech jedinečné a zajímavé. Počet obyvatel v roce 2014 byl 8,140 milionů a množství vyprodukovaného odpadu na osobu 694 kg patřilo k nejvyšším v Evropě [23]. Švýcarsko má od roku 2000 v zákoně stanoveno, že veškerý komunální odpad musí být využit buď materiálově, nebo energeticky [26]. Poměr Švýcarska nakládání s komunálními odpady je zhruba 50:50, recyklace vs. energetické využívání. Na počet obyvatel je zde vybudováno velké množství ZEVO, aktuálně je v provozu 30 zařízení na energetické využívání odpadů. Švýcarsko jde ale cestou nižších zpracovatelských kapacit, průměr je 7,9 tun odpadů za hodinu na jedno ZEVO. Pro porovnání, pražské Malešice mají 4 kotle a každý z nich může za hodinu spálit 15 tun odpadu. Čtvrtina švýcarských ZEVO jsou tak zařízení malých kapacit, které spálí do 5 tun odpadu za hodinu. To odpovídá roční kapacitě 30-40 kt. Díky tomu se komunální odpady nemusí přepravovat na velkou vzdálenost a efektivněji se využije teplo ze spalovacího

procesu. Švýcarské ZEVO jsou vůbec nejmodernější z celé Evropy, švýcarské ministerstvo životního prostředí se chlubí tím, že všechna zařízení mají již od roku 2002 instalován systém DeNOx (v Praze až v roce 2007) [26].

### Obrázek 6: Zařízení na energetické zpracování odpadů, Švýcarsko



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [53]*

Švýcarsko se dělí na 23 samosprávních celků, tzv. kantonů. Zařízení na energetické využívání odpadů jsou strategicky rozmístěna tak, aby každý kanton měl alespoň jedno ZEVO. Díky tomu má Švýcarsko nejvyspělejší odpadové hospodářství v EU.

### Zbytek světa

Zde je situace obdobná jako v EU, vyspělejší státy mají vyšší podíl recyklace a energetického využívání, státy méně vyspělé většinu komunálního odpadu skládkují. Rekordmanem po státech západní Evropy je Japonsko, první spalovna zde byla postavena roku 1924 a první zařízení na energetické využití odpadů již v roce 1965. Japonsko mělo již od roku 1966 vyšší podíl spalování, než skládkování a po roce 2000 se zde skládkuje jen velmi malá část komunálních odpadů. V současné době je zde v provozu více než 800 spaloven, z toho přibližně polovina odpad mimo spalování i energeticky využívá [41]. Stejně jako v jiných evropských státech, přímo v Tokiu se nachází 2 ZEVO, o kapacitě 400 tisíc tun zpracovaných odpadů ročně, zásobující město elektrickou a tepelnou energií. USA se svými 86 ZEVO energeticky využívá přibližně 90 kg odpadů

na obyvatele, v některých oblastech (severovýchod) tento způsob převažuje, na jihu je zase vyšší podíl skládkování. V průměru je situace podobná EU [18]. Velký rozvoj probíhá také v Číně a ostatních rozvojových zemích, Čína plánuje zvýšit počet více než pětinasobně během následujících 10 let (v současné době je v provozu více než 100 ZEVO) [4].

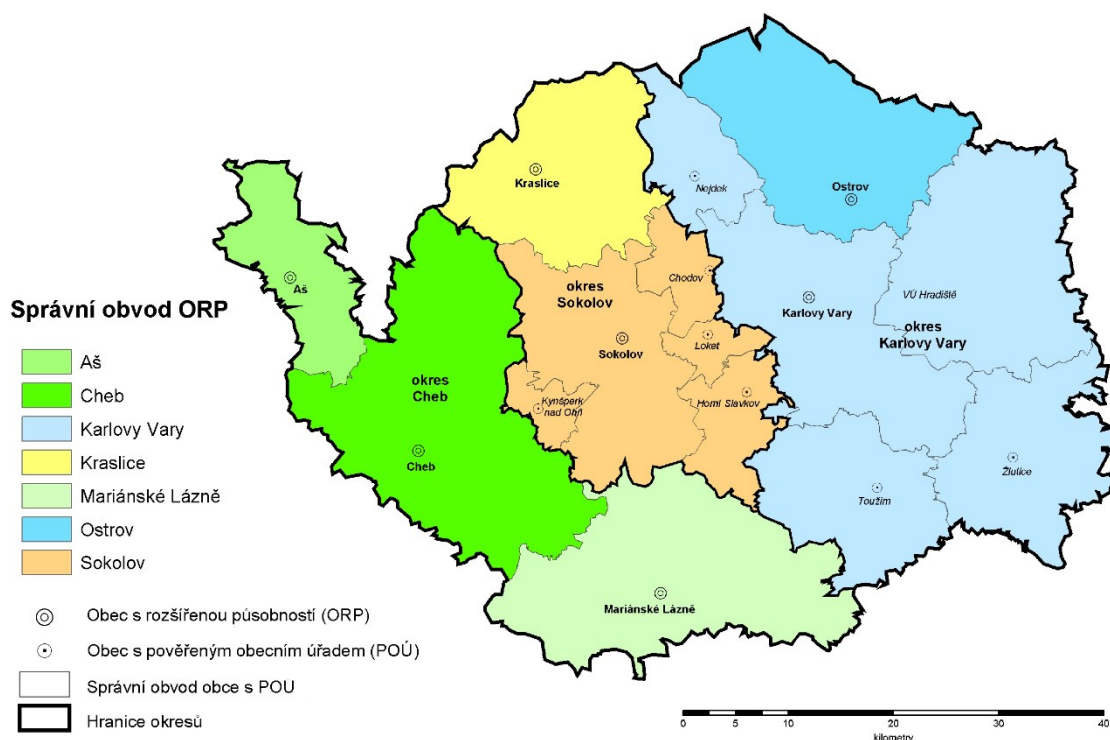
Jak je vidět na příkladech výše, mnoho evropských států má jedno nebo více ZEVO přímo ve svém hlavním městě. Výhoda je minimalizace transportu a významná dodávka tepelné energie. Vyspělé země EU již téměř neskládkují a v tomto ohledu ČR velmi zaostává, je zde velký prostor pro nová zařízení na energetické využívání odpadů.

Při analýze jsem narazil i na problém z druhé strany, a to, že v některých zemích je kapacita zařízení předimenzována, není co pálit a provozování těchto zařízení se tak prodražují. Například Švédsko se dle tohoto zdroje [44] potýká s vážným nedostatkem odpadu a problém je o to závažnější, protože domácnosti jsou z 20% vytápěny právě tímto způsobem. Uvažuje se o dovozu odpadu až z Bulharska, nebo Rumunska, kde se v současné době většina odpadů skládkuje. Problém s nadbytečnou zpracovatelskou kapacitou vzniká hlavně z důvodu lepšího třídění a recyklace odpadů a s tím i souvisejícím snižováním výhřevnosti. Tento stav nám v ČR zatím rozhodně nehrozí.

## 2. ANALÝZA KARLOVARSKÉHO KRAJE

Nejzápadnější kraj v České republice se skládá ze tří okresů: Karlovy Vary, Cheb a Sokolov. Více než polovinu délky hranic tvoří státní hranice s Německem, dále sousedí s krajem Plzeňským a Ústeckým. Rozloha je 3314 km<sup>2</sup> a na tomto území žije celkem 299 293 obyvatel v 518 obcích. Tento kraj je tedy druhý nejmenší svou rozlohou a zároveň nejmenším krajem dle počtu obyvatel [13].

Obrázek 7: Administrativní členění Karlovarského kraje



Zdroj: Český statistický úřad, 2015 [14]

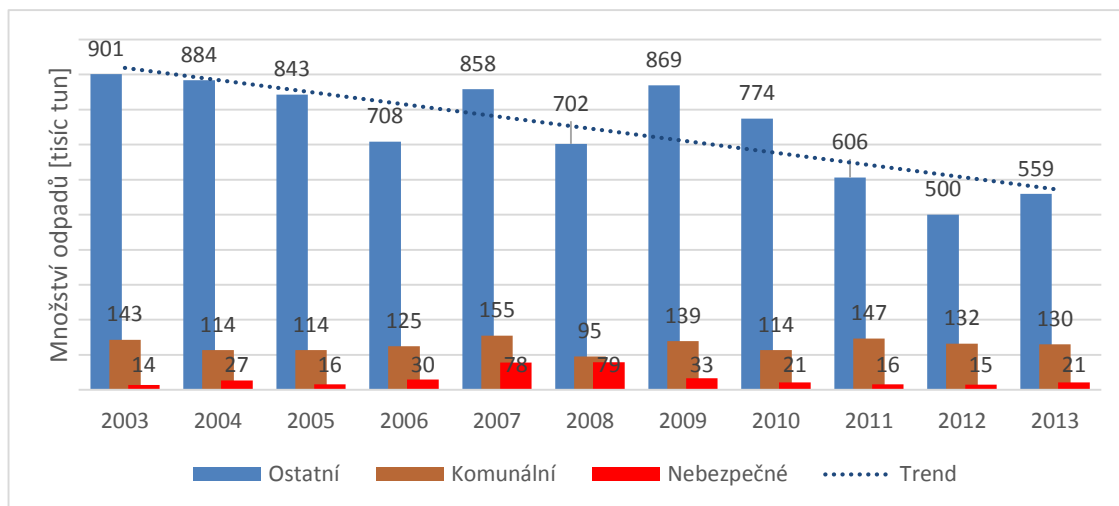
Pro analýzu produkce a nakládání s odpadem jsem využil statistiky Ministerstva životního prostředí, Zprávy o stavu životního prostředí a data Českého statistického úřadu. Pro podrobný pohled na jednotlivé složky komunálních odpadů a nakládání s nimi, jsem čerpal data z celostátní databáze Informačního systému odpadového hospodářství ISOH.



## 2.1 Produkce odpadů

Za rok 2013 se v Karlovarském kraji vyprodukovalo celkem 710 714 tun odpadů, což odpovídá přibližně 2 372 kg odpadu na obyvatele. Z toho 21 290 tun bylo nebezpečných odpadů a 559 443 tun odpadů *ostatních*. Množství komunálních odpadů bylo 129 981 tun, každý obyvateľ vyprodukoval průměrně 432 kg. V celorepublikovém průměru patří tento kraj mezi kraje s nejnižším vyprodukovaným množstvím komunálních, nebezpečných i *ostatních* odpadů na obyvatele. Podíl materiálově využitých odpadů je 78%, znovu připomínám, že největší složkou je odpad ze stavební činnosti [29]. Abych mohl určit trend vývoje produkce odpadů, zpracoval jsem data za posledních 10 let přehledně do grafu.

**Graf 9: Celková produkce odpadů v Karlovarském kraji 2003-2013**

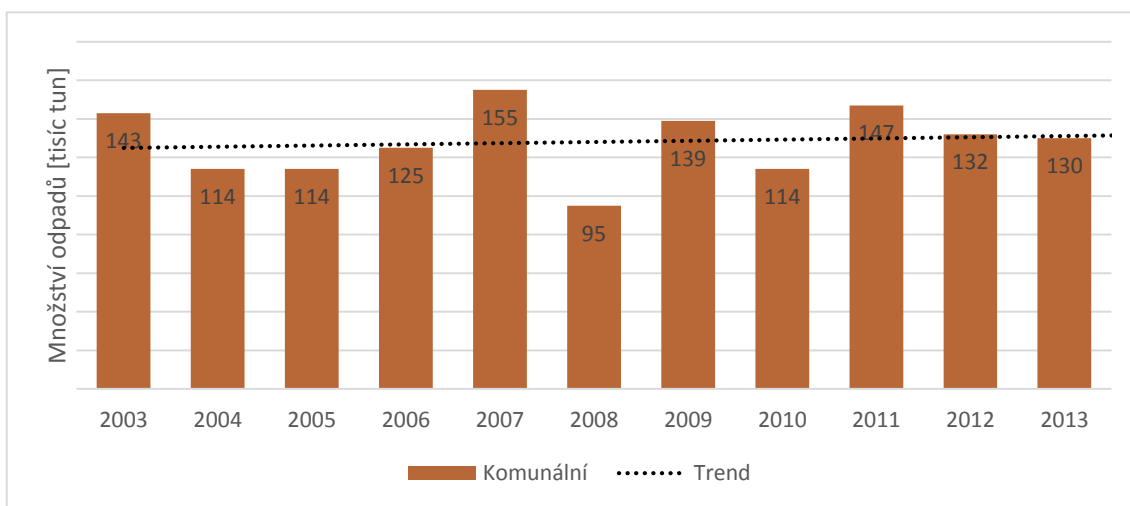


*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [39]*

V časové řadě je zřejmá poměrně silná klesající tendence celkového množství vyprodukovaných odpadů, přestože v České republice produkce odpadů spíše stagnuje. Tento pokles není možné vysvětlit ani mírným úbytkem obyvatelstva v Karlovarském kraji. Klesající množství všech odpadů je dáno spíše jeho specifickým složením, odpad *ostatní* totiž zahrnuje z velké části i odpady vznikající při těžbě nerostných surovin, zejména hnědého uhlí. V posledních letech množství vytěženého hnědého uhlí klesalo [39] a dochází také k lepšímu materiálovému využití dřívě odpadních složek, vznikajících při těžbě uhlí. Podobný výrazný klesající trend snižující se produkce odpadů lze pozorovat i v sousedním Ústeckém kraji, kde se také těží velké množství hnědého uhlí.

Množství nebezpečného odpadu se od roku 2008, kdy dosáhlo svého vrcholu, postupně snižovalo. Mírný nárůst v posledním roce byl způsoben likvidací kontaminované zeminy z areálu bývalých kasáren v kraji a také stavbou chebského nádraží [29]. Ze souhrnného grafu nelze vypožorovat žádný trend odpadů komunálních, které se na celkové produkci všech složek odpadů podílejí 20-25%, proto jsem zpracoval další graf, zobrazující pouze tuto složku odpadů.

**Graf 10: Produkce komunálních odpadů v Karlovarském kraji 2003-2013**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [39]*

Z grafu je patrné, že produkce komunálních odpadů má mírně rostoucí, nebo stagnující tendenci a že snižující se množství celkově vyprodukovaných odpadů nemá vliv na množství produkovaných komunálních odpadů. Naopak předpokládám postupný růst množství produkce KO podobně, jak tomu je v ostatních krajích. Česká republika má totiž v Evropském srovnání nízkou produkci KO, a ta poroste spolu se zvyšující se životní úrovní.

## 2.2 Nakládání s odpady

Z databáze ISOH jsem vybral nejdůležitější složky KO Karlovarského kraje. Separovaný sběr má v Karlovarském kraji dlouhou tradici a vytříděné množství je tak nad průměrem ČR. V roce 2013 bylo materiálově využito 39% komunálních odpadů (průměr ČR je 30%) [29]. Na obyvatele bylo vytříděno 88,7 kg odpadů, což je podobné číslo jako roky předchozí. Majoritní podíl na celkovém množství KO má právě SKO, na který se dále zaměřím.

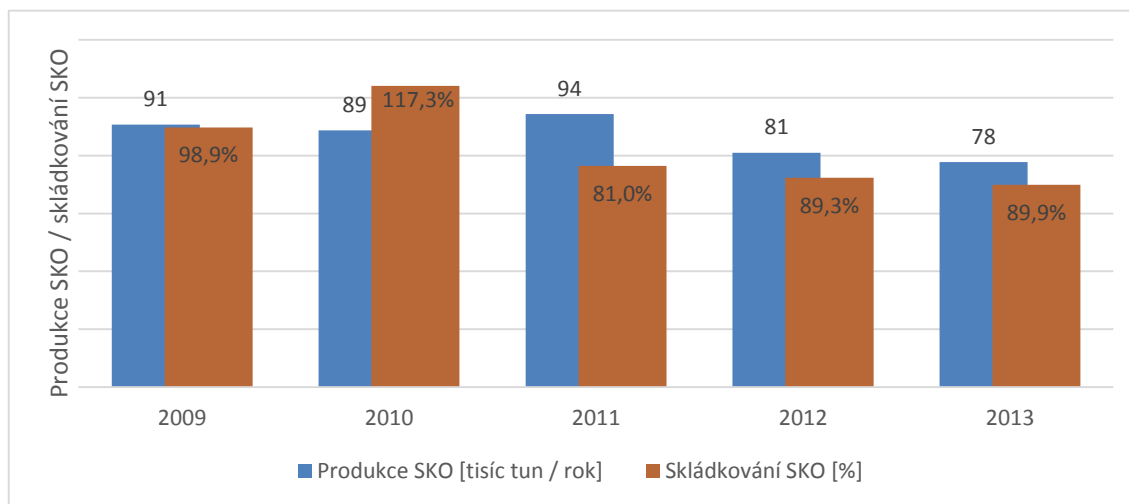
**Tabulka 3: Podíl vybraných složek komunálních odpadů**

Druh odpadu (katalogové číslo)	Vyprodukované roční množství v tunách				
	2009	2010	2011	2012	2013
Papír a lepenka (20 01 01)	1 957	2 239	2 997	3 169	4 118
Sklo (20 01 02)	904	925	1 263	1 032	1 160
Plasty (20 01 39)	577	835	1 020	1 018	1 564
Kovy (20 01 40)	200	1 049	1 110	337	317
BRKO (20 02 01)	7 384	6 336	4 214	4 847	6 053
<b>SKO (20 03 01)</b>	<b>90 682</b>	<b>88 682</b>	<b>94 393</b>	<b>81 021</b>	<b>77 782</b>
OO (20 03 07)	16 544	14 381	15 679	15 033	15 363

*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [2]*

Protože v současné době v kraji není žádné větší zařízení na další zpracování SKO, téměř většina odpadů se skládkuje. Procentuální podíl SKO ukládaného na skládky ukazuje následující graf.

**Graf 11: Podíl skládkovaných SKO v Karlovarském kraji**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [2]*

Jak je z grafu patrné, průměrně více než 90% SKO se ukládá bez dalšího využití na skládky odpadů. V roce 2010 bylo na skládky v Karlovarském kraji uloženo dokonce víc SKO, než zde bylo vyprodukováno. Zbytkové množství bylo předáno jiné osobě ke

zpracování, mimo území kraje. Celkové množství ukládaného SKO na skládky má za poslední 3 roky klesající tendenci. Jak jsem ale již popisoval výše, předpokládám spíše mírný nárůst produkovaného množství.

V kraji jsou v současné době v provozu 4 skládky řadící se do kategorie S-OO3, skládka S-IO a není zde žádná skládka nebezpečných odpadů S-NO (více informací o skupinách skládek v kapitole 3.1.1). Zaměřím se na první 4 skládky, kam je možno ukládat právě SKO. Jsou v lokalitách, Činov/Hradiště, Tisová (Březová), Vintířov (Chodov) a Božičany, mapa v Příloze B.

**Tabulka 4: Skládky KO v Karlovarském kraji**

Umístění / obec	Kapacita [m <sup>3</sup> ]	Roční příjem [t/rok]	Kompostárna [t/rok]
Činov, Hradiště	772 594	53 621	10 000
Tisová, Březová	860 000	91 758	10 000
Vintířov, Chodov	1 422 000	37 379	
Božičany	128 000	15 736	

*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [27]*

První tři skládky jsou vybaveny i odplyňovacím systémem, skládky Činov/Hradiště a Tisová mají navíc ve svém areálu i kompostárnu, skládka Tisová biodegradační plochu. Karlovy Vary nejvíce využívají pro odstranění odpadů skládku Činov, která již nepočítá s budoucím rozšířením kapacity. Pro Sokolov a okolí je nejdůležitější skládkou Vintířov, kde byla v roce 2014 otevřena nová kazeta a má potenciál se rozšířit i do budoucna, na rozdíl od Činova. Skládka Tisová je nejvýznamnější pro města Březová, částečně Sokolov, Aš, Mariánské Lázně a Cheb.

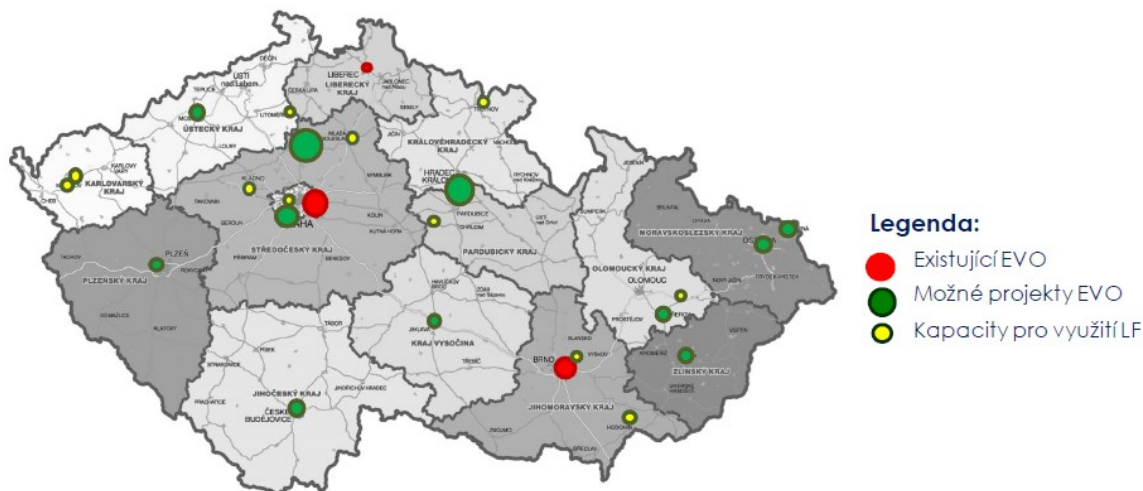
V kraji jsou dále 3 třídičky obalových odpadů. Separovaným odpadem se zabývá firma v Novém Sedle, Svatavě a přímo v Otovicích u Karlových Varů RESUR, spol. s r.o. V poslední jmenované se dotřídíují hlavně separované komunální odpady od obyvatel z Karlových Varů. Výstupem po třídění jsou 300 kg balíky papíru, plastů, nebo nápojových kartonů, kapacita lisovací linky je 10 tisíc takových balíků ročně. Ty jsou předány odběratelům, kteří je materiálově využijí, celý systém je postaven na tržním principu.

Na území kraje je jedno zařízení na termické odstranění odpadů, nejedná se však o spalovnu, jak je zvykem v ostatních krajích, ale odpady se zde zplyňují. Ve Vřesové je možno ročně odstranit 20 tisíc tun nebezpečných odpadů, jako jsou dehty, destilační a reakční zbytky a další. Zařízení je tím pádem vhodné i na termické zpracování KO.

### 2.3 Potenciál odpadů pro energetické využití

V kapitole o energetickém využívání odpadů v zahraničí (1.3.2) jsem vytvořil tabulku, ukazující kolik obyvatel připadá na jedno ZEVO. Evropské země s největším podílem energetického využívání odpadů (Dánsko, Švýcarsko, Norsko, Švédsko) mají jedno ZEVO na 220-290 tisíc obyvatel. Tento počet je blízký počtu obyvatel v krajských městech s přílehlou aglomerací. Přesně také odpovídá analýze Ministerstva průmyslu a obchodu, která předpokládá minimálně jedno ZEVO v každém kraji České republiky [36].

**Obrázek 8: Možné rozmístění nových ZEVO**



*Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2011 [36]*

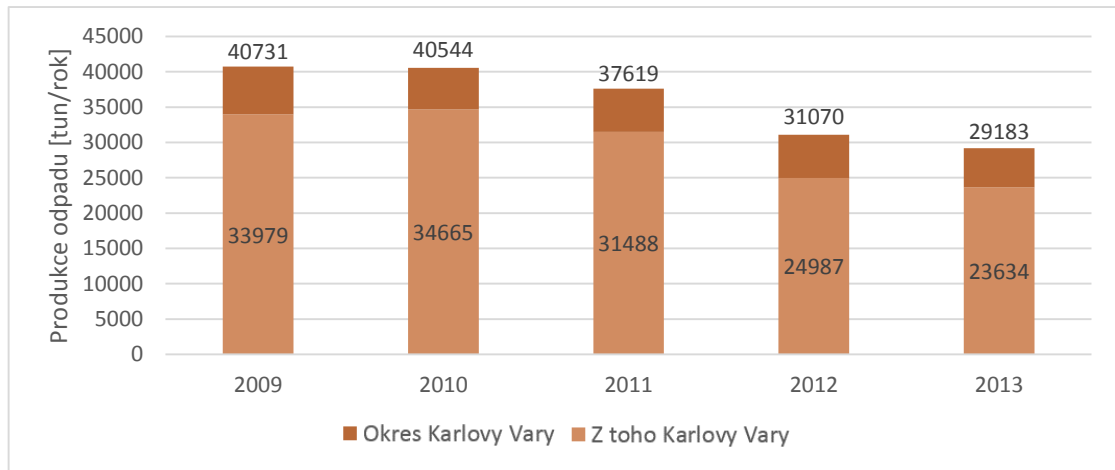
Analýza MPO nehodnotí lokality podle množství vyprodukovaných odpadů, ale podle maximálního možného využití vzniklé tepelné energie ve stávajících sítích centrálního zásobování teplem. V Karlovarském kraji je zobrazena stávající kapacita Vřesové. Dle zahraničních zkušeností vyspělých evropských států a analýzy MPO na

odběr tepelné energie hodnotím minimálně jedno až dvě ZEVO v každém kraji jako ideální řešení. Výhodou budou menší vzdálenosti, na které se odpad bude muset přepravit. Analýza překladových stanic [50] říká, že ekonomicky se vyplatí dovážet odpad ke zpracování jednotlivými nákladními vozy do 24 km od produkce a pokud bude přepravovaná vzdálenost větší, vyplatí se již vybudování překladové stanice. Více menších ZEVO je tak možno realizovat na území většího města, nebo mikroregionu, nikoliv celého kraje.

Z hlediska exportované tepelné energie jsou zařízení na energetické využívání odpadů o velkých zpracovatelských kapacitách (100 kt ročně a více) konkurenty spíše větších uhelných elektráren a tepláren, které vyrábějí tepelnou energii levněji, než kdyby se vyráběla spalováním zemního plynu. Naopak ZEVO nižší zpracovatelské kapacity (a menšího tepelného výkonu) snáze nahradí tepelný zdroj v menších centrálních rozvodech tepla, kde je často energie získávána právě ze zemního plynu, tedy dražší než z uhelných elektráren. Na druhé straně ale snižující se kapacita ZEVO neznamena přímo úměrně snižující se náklady. Personální obsazení je podobné u malých i velkých ZEVO, řídicí a měřicí technika je také na velmi podobné úrovni. Například cena automatického monitoringu emisí je stejná pro všechny kapacity zařízení, projeví se proto nepříznivě u menších kapacit. Přímou úměrně naopak klesají např. náklady na zpracování odpadních složek ze spalovacích procesů.

Ideální bude tedy nové zařízení umístit přímo do krajského města, Karlových Varů. Následující graf ukazuje zdejší produkci směsných komunálních odpadů.

**Graf 12: Produkce SKO v okrese Karlovy Vary**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [2]*

S přihlédnutím k současné klesající tendenci produkce SKO a možnému zvýšení efektivity sběru separovaných složek, spolu s jejich materiálovým využitím, je potenciál v okrese Karlovy Vary minimálně **25 tisíc tun SKO** ročně, z toho přímo Karlovy Vary nabízí roční potenciál **20 tisíc tun SKO**.

V první kapitole jsem se zmínil o tom, že struktura odpadů se liší podle toho, zdali se jedná o městskou nebo venkovskou produkci. Venkovský SKO obsahuje více popelovin a méně BRKO (lidé kompostují), tím pádem je méně výhřevný. Karlovarský kraj má po Praze druhou největší městskou aglomeraci, ve městech žije více než 80% obyvatel kraje a právě tato skutečnost se kladně projeví na celkové výhřevnosti odpadu, při energetickém využívání.

Z vyhodnocení Plánu odpadového hospodářství Karlovarského kraje plyne, že se postupně daří využívat více složek KO, ale nesnižuje se množství skládkovaného SKO, což dokládá i můj graf č. 10. Dále cituji: „*Je zřejmá potřeba dovybavení území kraje technologickými zařízeními pro nakládání s komunálními odpady tak, aby bylo reálné v požadovaném časovém horizontu plnit cíle stanovené v POH KK, POH ČR a v platné legislativě*“ [29].

### 3. MOŽNOSTI NAKLÁDÁNÍ S ODPADY, TECHNOLOGIE EVO

#### 3.1 Nakládání se SKO

Složení směsného komunálního odpadu je velmi různorodé a ovlivňuje ho celá řada faktorů. Je proměnné během roku, rozdíl je v městské nebo venkovské produkci, působí i lokální zvyky, způsob vytápění a chování obyvatel. Rozmanitost složení SKO ukazuje následující tabulka.

**Tabulka 5: Elementární rozbor SKO**

Prvek	Podíl [%]	Prvek	[mg/kg]	Prvek	[mg/kg]
Voda [%]	15-40	Olovo	100-2000	Kobalt	3-10
Uhlík [%]	18-40	Zinek	400-1400	Kadmium	1-15
Vodík [%]	1-5	Měď	200-700	Rtuť	1-15
Dusík [%]	0,2-1,5	Mangan	250	Arsen	2-5
Kyslík [%]	15-22	Nikl	30-50	Selen	0,21-15
Síra [%]	0,1-0,5	Chrom	40-200	Thalium	< 0,1
F, Cl [%]	0,1-1	Vanad	4-11		

*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [33]*

Jak je vidět, v odpadech se běžně vyskytuje velké množství kovů, včetně těžkých. Tyto prvky by se zde vůbec nacházet neměly, ale obyvatelstvo nerespektuje třídění nebezpečných odpadů a běžně jsou součástí baterie, zářivky apod. Na tuto skutečnost se musí myslet při dalším zpracování odpadů, ať už se jedná o skládkování nebo energetické využívání odpadů.



### 3.1.1 Skládkování

Jak jsem popsal v kapitole o produkci a nakládání s odpady (kap. 1.2.1), skládkování je v ČR stále dominantní způsob nakládání s odpady. Odpad je odstraněn tím způsobem, že se trvale uloží do zemské kůry. V takto uložených odpadech ale probíhají složité fyzikální a chemické procesy, zejména anaerobní rozklad organických materiálů a výluh různých složek odpadů. Je tedy jasné, že skládka musí být pro tento účel přizpůsobená a dostatečně zabezpečená. Proto se rozdělují do skupin, definované jsou Vyhláškou č. 294/2005 Sb. k Zákonu o odpadech a dělení je přímo podle technického zabezpečení skládek:

- **S-IO** – Skládka určená pro inertní odpad.
- **S-OO1** – Pro odpady kategorie *ostatní*, s nízkým obsahem organických biologicky rozložitelných látek a odpadů z azbestu (za dodržení podmínek stanovených v zákoně).
- **S-OO2** – Pro odpady kategorie *ostatní*, s nízkým obsahem organických biologicky rozložitelných látek, nereaktivních nebezpečných odpadů a odpadů z azbestu (za dodržení podmínek stanovených v zákoně).
- **S-OO3** – Pro odpady kategorie *ostatní*, včetně odpadů s podstatným obsahem organických biologicky rozložitelných látek, odpadů, které nelze hodnotit na základě jejich vodného výluhu, a odpadů z azbestu (za dodržení podmínek stanovených v zákoně).
- **S-NO** – Skládka určená pro nebezpečné odpady.

Skládka S-IO určená pro inertní odpady nemusí mít žádnou technickou izolační bariéru a uložen zde může být pouze odpad, jehož výluh splňuje zákonné limity ve vyhlášce, jedná se např. o stavební suť, kameny, hlínu. S-OO již musí mít technickou bariéru a s rostoucí kategorií rostou i nároky na zabezpečení skládek (KO, OO), nejvyšší je u S-NO (barvy, chemikálie, kaly).

Skládkování odpadů je soubor procesů, probíhajících uvnitř skládky po dobu desítek let, tedy i po uzavření a rekultivaci skládky. Nejvýznamnějším vlivem na okolní prostředí jsou emise skleníkového plynu – metanu. Ten ve skládce vzniká anaerobním rozkladem organických materiálů, jako jsou např. zbytky potravin, papíru, nebo textilu. Jeho tvorba

je závislá na vlhkosti a homogenitě odpadu, teplotě, hodnotě pH, hloubce a stáří skládky. Optimální hodnoty pro jeho tvorbu jsou: teplota 20-40°C, vlhkost vyšší než 20% a pH 6,5–8. Nejvíce se tvoří mezi 6–12 rokem po uložení odpadu a celková produkce se odhaduje kolem 200 m<sup>3</sup> na tunu odpadů. Metan musí být jímán, aby nedošlo k jeho lokálnímu nahromadění, porušení těsnosti skládky nebo velkému neřízenému úniku do atmosféry. Jímání je zajištěno plynovými studnami, které jsou rozmístěny rovnoměrně po ploše skládky. Tímto způsobem lze zachytit 30–70% vyprodukovaného plynu.

Metan se označuje za velmi významný skleníkový plyn, při 20krát menší koncentraci má stejný efekt jako CO<sub>2</sub>. Jestli tyto plyny způsobují globální oteplování nebo nikoliv, není předmětem této práce, pravdou však zůstává, že v posledních několika desítkách let byly emise těchto plynů natolik výrazné, že změnilo složení atmosféry. Proto by v každém případě měl platit princip prevence, opatrnosti a snažit se o to, aby byl vliv lidské činnosti co nejmenší. Z toho důvodu je také legislativně zakázáno jeho volné vypouštění do atmosféry a musí se buď pálit nebo ideálně energeticky využívat [34], [56].

Další environmentální rizika skládek jsou:

- únik průsakových vod,
- úlet odpadů,
- zápach,
- prašnost,
- hygienická rizika (hlodavci).

Průsakové vody s obsahem znečišťujících látek musí být také jímány a upravovány, dokonce i po uzavření skládky. Poplatky za skládkování SKO se postupně navyšují, v letech 2004 až 2009 došlo k postupnému navýšení z 200 Kč na 500 Kč za uloženou tunu odpadu [40]. Tento poplatek pak náleží přímo obci, která na svém území skládku provozuje. Spolu s dalšími poplatky (vytváření finanční rezervy pro budoucí rekultivaci skládky) je dnes cena uložení 1 tuny komunálních odpadů přibližně 1200 Kč (liší se dle regionu). Často se hovořilo také o více či méně radikálním navýšení tohoto poplatku, v současné době ale zůstávají tyto poplatky na původní výši. Poměrně zásadní novela č. 229/2014 Sb k Zákonu o odpadech ale **zakazuje skládkování neupraveného SKO od roku 2024**. Další povinnost přidává obcím, nově musí zajistit místa pro sběr

separovaných odpadů, konkrétně nebezpečných odpadů, papíru, plastů, skla, kovů a biologicky rozložitelných odpadů (v období 1. 4. – 31. 10.). Zmíněná novela také stanovuje maximální množství odpadů, použitých jako technické zabezpečení skládek. To může být od roku 2015 pouze 20% (dříve až 35%) celkového množství uloženého na skládky.

Česká republika se tedy snaží skládkování SKO v co největší míře omezit, je to krok správným směrem, protože se v podstatě jedná o plýtvání surovinami. Přibližuje se tak vyspělým evropským zemím, které již odpad ve větší míře neskládkují. Jedná se ale hlavně o SKO, skládky NO a skládky inertních materiálů budou potřebné vždy. Také energetickým využitím odpadů se vždy vyprodukuje zbytkové množství odpadů. Skládkování je stále nejlevnějším způsobem, jak KO zlikvidovat. Vybudování skládky a její provoz jsou technologicky velmi nenáročné, mělo by se však myslet i na budoucí náklady, které skládka přinese. Jedná se o náklady na uzavření skládky, sanaci a rekultivaci a další dlouhodobé monitorování, hlavně průsakových vod. Skládkováním se tak tento problém z části přesouvá na následující generace.

### **3.1.2 Přímé energetické využití**

Výhřevnost komunálních odpadů je podobná výhřevnosti hnědému uhlí (obvykle se udává 8-12 MJ/kg). Přímo se tak nabízí odpad termicky využít, tzn. spálit. Slouží k tomu zařízení na energetické využití odpadů = ZEVO (angl. WTE). V ČR se stále největší podíl SKO ukládá bez využití na skládky, ovšem odstraněním odpadů v ZEVO získáme zpět ve formě tepla nebo elektřiny alespoň částečně jejich energetický potenciál, který do nich byl vložen při výrobě. Je to ovšem technologie velmi složitá a nákladná. Samotný spalovací proces je dlouhodobě odzkoušený a prověřený, náročné a nákladné je ovšem čištění spalin, aby byla zajištěna ochrana ovzduší a zdraví obyvatel. Proto je také v moderním ZEVO více než polovina celé technologie samotné čištění spalin, a to hned v několika stupních.

Největší přínosy energetického využití odpadů shrnu v bodech:

- Redukce hmotnosti o 75%,
- redukce objemu o 90%
- výhřevnost srovnatelná s hnědým uhlím (viz tab. 5).

**Tabulka 6: Výhřevnost vybraných surovin**

Surovina	Výhřevnost [MJ/kg]
Dřevo	14 – 16
Černé uhlí	21 – 30
Hnědé uhlí	10 – 18
<b>SKO v ZEVO Malešice</b>	<b>12</b>

*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [43]*

Spalování je termooxidační děj, při kterém biogenní prvky (C, S, N) oxidují a uvolňují teplo (exotermický děj). Organická hmota je mineralizována, čímž se imobilizují škodliviny a těžké kovy z odpadů. Spaliny musí být zadrženy v kotli minimálně po dobu 2 sekund, aby došlo k dostatečnému rozložení organických látek. Většina PCDD/PCDF (dioxiny) se tím zničí, ovšem částečně se obnovují při zchlazování spalin, ty proto postupují několikafázovým čištěním. Zbytkový odpad, jako škvára (organické zbytky 1-3%), popílek, odchycené škodliviny z čištění spalin, je skládkován, a tím stabilizován. V kotli se odpad spaluje při teplotách 850 – 1100°C, spalování má následující fáze:

- Zahřívání – Odpad je vložen na rošt, odpaření vody.
- Vysoušení – Začínají se rozkládat organické látky, odpar uhlovodíků 50-300°C.
- Zplyňování – Rozklad organiky se velmi zrychlí, 300-700°C.
- Hoření – Oxidace kyslíkem, 800-1400°C.
- Dohoření – Oxidace posledního uhlíku v popelu, 1300-500°C.

Část vyrobené páry se spotřebuje přímo zařízením, větší množství se exportuje do centrálního zásobování teplem, slouží k výrobě elektrické energie nebo se kombinuje výroba tepla i elektřiny. Ke generování elektrické energie se používají 2 základní typy turbín. Volba konkrétního typu závisí, zjednodušeně řečeno, na kapacitě samotného

zařízení, a tím pádem na množství produkované páry. Protitlaká turbína se používá v zařízeních o větší kapacitě, tedy tam, kde je zajištěn větší a konstantní odběr. Kondenzační turbíny pak využívají nízkopotenciální páru, která by jinak byla předána do centrálního zásobování teplem a je vhodná, pokud chceme vyrábět elektřinu bez současné dodávky tepla. Účinnost této turbíny je ovšem nižší. Pro regulaci množství exportovaného tepla se použije odběrová kondenzační turbína. Export se provede v prvním stupni a ve druhém stupni zkondenzuje. Takovému technologickému procesu se říká kogenerace.

Často se používá kombinace turbín, zejména hlavní protitlaké a doplňkové kondenzační. Je to vidět i na příkladu ZEVO Malešice v Praze, kde byla poslední rekonstrukcí přidána právě kondenzační turbína pro zlepšení účinnosti v letních měsících, kdy je násobně menší poptávka po tepelné energii. Tím se může využít plná kapacita ZEVO a pára se nemusí mařit, je také možno za provozu měnit podíl exportované tepelné a elektrické energie.

Energetické využití odpadů je konečným řešením nakládání s odpady, bohužel v současných podmínkách je ekonomicky znevýhodňováno, vzhledem k levnějšímu skládkování. Mimo svého primárního úkolu navíc přináší úsporu primárních neobnovitelných zdrojů (uhlí, plyn) a z produktů spalování je možné získat železo a barevné kovy.

### 3.1.3 Další možnosti

#### Pyrolýza, zplyňování

Hlavním rozdílem proti přímému energetickému využití odpadů (termooxidační děj) je, že v tomto případě jsou organické látky v odpadech rozkládány bez, nebo za částečného přístupu kyslíku (termochemická konverze). Přebytek spalovacího kyslíku se označuje jako  $\alpha$  :

- $\alpha > 1$  ... spalování,
- $\alpha \approx 0,5$  ... zplyňování,
- $\alpha \approx 0$  ... pyrolýza.

V případě pyrolýzy jsou vstupní média nejprve proplachována inertním plynem, aby se zabránilo přístupu okysličovadel. Při teplotě 400-800°C a vysokém tlaku jsou v pyrolýzní jednotce minimálně po dobu 30 minut. Za těchto podmínek se z odpadů uvolňují prchavé hořlaviny. Jedná se o endotermickou reakci, proto musí do tohoto procesu být dodávána tepelná energie. Vznikne pevný uhlíkový zbytek a pyrolýzní plyn, který je čištěn a ochlazován.

Při zplyňování probíhají současně i oxidační reakce (hoření), a proto se již nemusí dodávat vnější teplo. V obou případech většinou není primárním cílem odstraňování odpadů, těch se přidává přibližně 10-20% k biomase nebo uhlí. Je to z důvodu různorodosti složení SKO, jeho nehomogenity nebo obsahu těžkých kovů. Výhodou je možnost odstranění odpadů i s větším obsahem dusíku, který se následně mění na amoniak, a síry, která je konvertována na sirovodík (sulfan). Naopak technologie je citlivější na větší obsah chloridů a fluoridů, jejich přítomnost zvyšuje riziko koroze v celém zařízení. Z toho důvodu není možné zpracovávat odpady s obsahem PVC, teflonu apod.

### **Mechanicko-biologická úprava**

MBÚ je dodatečné fyzikálně-chemické zpracování směsných komunálních odpadů, které má za cíl tyto odpady rozdělit na 3 základní složky (frakce). Mechanické a fyzikální postupy jsou drcení, sušení, poté separace jednotlivých složek pomocí gravitace, proudů větru, magnetických sil nebo vířivými proudy. Výsledkem těchto postupů je:

- Frakce nadsítná, skládající se z lehčích částí SKO, jako jsou plasty, papír a textil.
- Frakce podsítná, což je biologicky rozložitelná část odpadů (BRKO).
- Frakce těžká, která se skládá z hlíny, písku, kamení, zbytky cihel atd.

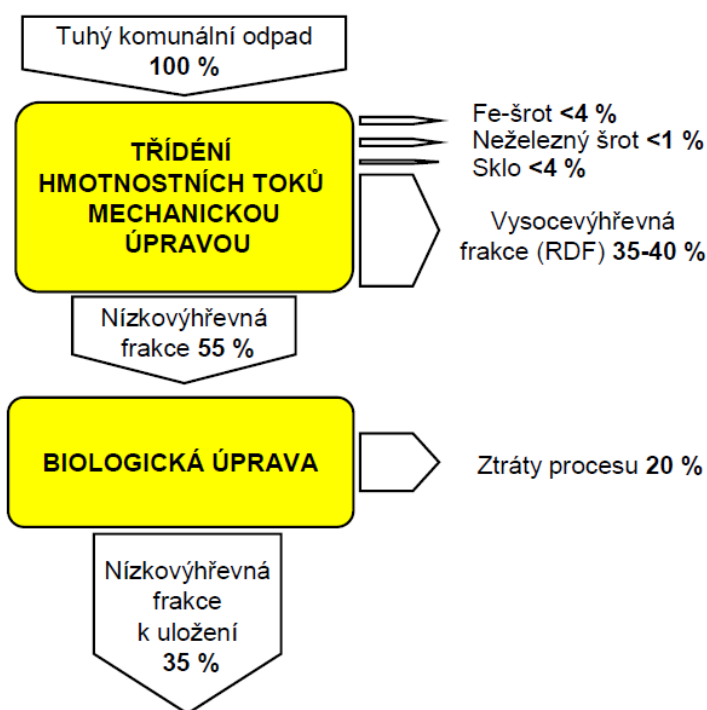
Nejhodnotnějším produktem této úpravy je frakce nadsítná, protože je kaloricky nejvydatnější, tzn. výhřevná. Je to asi 38% celkového objemu. Nejčastěji se využívá jako velmi výhřevné doplňkové palivo, například v cementárnách.

Biologická úprava je aplikována na druhou největší složku výsledných produktů, na frakci podsítnou, které je asi 35%. Procesem je buď aerobní nebo anaerobní fermentace (za nebo bez přísunu kyslíku). Produktem je bioplyn nebo kompost. V každém případě se tím BRKO stabilizuje a nedochází v něm již k dalším výrazným změnám a procesům.

Nezanedbatelným produktem, získaným hlavně působením magnetických sil, jsou kovy, představující přibližně 6%. Zbytková a nijak dál nevyužitelná složka je těžká frakce, které je přibližně 21%, ta se nejčastěji skládkuje.

Mechanicko-biologickou úpravou výrazně snížíme tvorbu emisí ze skládek (hlavně metanu), odpad tím stabilizujeme a získané složky je možno dále materiálově nebo energeticky využít. MBÚ ovšem není metodou konečného odstranění odpadů, ekonomicky je výhodná pouze pokud se použije v místě, kde je možné využít výstupy takového zpracování. MBÚ také neřeší problém se zaplněním skládek a přibližně třetina se stejně přesune do dalšího stupně zpracování – spalování. Na obr. č. 6 je princip MBÚ.

**Obrázek 9: Princip mechanicko – biologické úpravy**



*Zdroj: Ministerstvo průmyslu a obchodu, 2011 dle [36]*

Při porovnání skládkování, EVO a MBÚ se jeví jako nejvýhodnější řešení právě jejich energetické využití. Tento proces je dobře zvládnutý a velmi kontrolovaný. U skládkování se jedná o nekontrolovatelný proces s menší znalostí všech produkovaných

emisí, obsahujících několik tisíc druhů organických sloučenin z odpadu. Těžké kovy se z odpadů postupně vyluhují spolu s průsakovou vodou. V ZEVO je velká většina organických látek a všechny choroboplodné látky zlikvidovány a imobilizovány. V případě poruchy zařízení je spalovací proces ihned zastaven a nedojde ke kontaminaci životního prostředí. U skládek je monitoring i náprava složitější. Výstupem z MBÚ jsou tři hlavní frakce, se kterými se musí nějakým způsobem dál nakládat (spálení, kompostování, velký podíl skládkování). Z tohoto pohledu se nejedná o konečné řešení a nakládání s odpadem. ZEVO by se ovšem mělo brát jako koncová technologie pro odpady, pro které již není další využití a stále zvyšovat materiálové využití všech složek odpadů.

### 3.2 Technologie EVO

Na úvod této kapitoly definuji rozdíl mezi pouhým spalováním odpadů a jejich energetickým využíváním. Ten je stanoven Rámcovou směrnicí Evropského parlamentu č. 98/2008, která zavádí kritérium „Energy Efficiency R1“.

$$R1 = \eta = \frac{E_p - (E_f - E_i)}{0,97 \cdot (E_w + E_f)}$$

$\eta$ ... Účinnost

$E_p$ ... Roční vyrobená energie (elektrickou násobíme 2,6x a tepelnou 1,1x) [GJ/rok]

$E_w$ ... Výhřevnost odpadů [GJ/rok]

$E_f$ ... Roční vstup energie dalším palivem přispívajícím k výrobě páry [GJ/rok]

$E_i$ ... Roční vstup energie mimo  $E_f$  a  $E_w$  [GJ/rok]

0,97... Koeficient ztrát v důsledku vzniklého popela a vyzářování

Pokud je  $R1 \geq 0,65$  (0,6 pro zařízení v provozu před 1. 1. 2009), po vlastním zapálení odpadů není potřeba další podpurné palivo a vznikající teplo se použije pro potřebu vlastní nebo dalších osob, zařízení je bráno jako zařízení pro energetické využití odpadů. Pokud je  $R1 \leq 0,65$  (ev. 0,6), jedná se „pouze“ o zařízení na odstranění odpadů. Dodržení kritéria R1 je také nutnou podmínkou, aby novému zařízení mohla být přiznána dotace z fondů EU.



### 3.2.1 Emise a jejich čištění

Spalovacím procesem vzniká mnoho škodlivých látek, např.: popílek, oxidy dusíku, oxidy síry, chlorovodík, fluorovodík, dioxiny a furany, rtuť, kadmium, olovo. Proto musí postoupit několikastupňovým čištěním, kdy se v každém stupni odstraňují určité škodliviny. Zde je výčet těch nejdůležitějších a jejich redukce:

- TZL ( $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$ ) – Je to polétavý prach, čím menší jsou rozměry, tím nebezpečnější je pro organismus. Částičky menší než  $2,5 \mu m$  se dostávají do plicních sklípků a snižují kapacitu plic. Zachytává se látkovými a textilními filtry, nebo elektroodlučovačem.
- $NO_x$  – Oxidy dusíku, při vyšších koncentracích způsobuje snížení imunity a ovlivňuje plicní funkce. Odstraňuje se recirkulací spalin, nebo selektivní (ne)katalytickou redukcí. Nejčastěji se přímo v prostoru kotle vstříkuje močovina, nebo čpavek, jedná se tedy o selektivní nekatalytickou redukcí, při teplotách  $850^\circ C$  se oxidy dusíku redukují na dusík a vodní páru.
- PCDD/PCDF (polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany) – Již ve velmi nízkých koncentracích způsobují hormonální poruchy, poškození imunitního systému a jsou karcinogenní. Jsou chemicky velmi stabilní a setrvávají tak dlouho v životním prostředí. Nejrizikovější pro jejich tvorbu je spalování materiálů PVC, PCB, obecně obsahujících chlór. Jsou rozkládány selektivní katalytickou redukcí na neškodné složky v katalytických filtrech, katalyzátorech nebo adsorpčních reaktorech.
- CO – Oxid uhelnatý se váže na hemoglobin, zvýšené koncentrace vzniklého karboxyhemoglobinu pak omezují kapacitu krve pro přenos kyslíku. Vzniká při nedokonalém spalování, proto se musí správně regulovat přívod spalovacího vzduchu, popř. provádět recirkulaci spalin.
- HCl, HF – Chlorovodík a fluorovodík se ze spalin odstraňuje nejčastěji suchou sorpcí za pomoci  $NaHCO_3$ .
- Těžké kovy (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V) – Při dlouhé expozici mají vliv na krevní tlak, poškozují nervový systém, jsou to silné alergen. Nejčastěji se srážejí v mokré louhové vypírce NaOH, nebo metalsorb.

V ZEVO mají technologické prvky čištění obvykle následující pořadí:

DeNO<sub>x</sub> – Snižování množství NO<sub>x</sub> – Selektivní nekatalytická redukce (SNCR) vstřikováním redukčního činidla (čpavku, močoviny) přímo ve spalovací komoře při teplotách 850°C. Druhým způsobem je se selektivní katalytická redukce (SCR), která je schopna NO<sub>x</sub> rozkládat při nižších provozních teplotách.

DeDIOX – Polosuché čištění spalin, odstranění SO<sub>2</sub>, HCl, HF, těžké kovy a PCDD/F – Dávkování páleného vápna CaO, bezvodného hydroxidu vápenatého Ca(OH)<sub>2</sub> a aktivního uhlí.

Následuje mokrá nebo suchá metoda čištění spalin (vypírka). Mokrá je realizována nejčastěji jako jedno nebo vícestupňová skrápěná kolona, jemně rozprášené vodní vápenné suspenze se mísí s proudem spalin. Výhodou je vysoký stupeň čištění spalin i při rychlých změnách koncentrací. Klade ale vyšší nároky na technologii, spotřebu energií a vody, která se posléze musí dále zpracovávat. Suchá metoda se realizuje přidáním hašeného vápna do proudu spalin. Aby se však dosáhlo stejné úrovně čištění, musí se dávkovat více těchto reagentů, což zvyšuje množství tuhých zbytků. Kompromisem je metoda polosuchá, která má nižší spotřebu vody, ale tento způsob neumí rychle reagovat na případnou změnu koncentrací škodlivin ve spalinách.

Obvykle posledním prvkem před vypuštěním spalin komínem do ovzduší je elektroodlučovač nebo textilní filtr. Odloučí se mechanické nečistoty a pevné reakční produkty ze spalin

Pro zařízení na energetické využívání odpadů menších kapacit je ideální použití 4D filtrace, která spojuje všechny důležité prvky v jedno zařízení. Přináší úsporu prostoru, nákladů a zjednodušení údržby:

- 1D – DeDusting: filtrace TZL.
- 2D – DrySorption: neutralizace kyselých složek SO<sub>2</sub>, HCl, HF, částečně NO<sub>x</sub>.
- 3D – DeDiox: katalytický rozklad PCDD/F.
- 4D – DeNO<sub>x</sub>: katalytická redukce NO<sub>x</sub>.

**Obrázek 10: 4D filtrace**



*Zdroj: Termizo, 2015 [48]*

Technologie je založena na keramických katalyzátorech ( $V_2O_5/TiO_2$ ), na kterých dochází k rozkladu PCDD/F, těkavých uhlovodíků a redukcí  $NO_x$  pomocí SCR. Několikakomorový filtr potom zachytí až 99,9% TZL.

Díky přísným limitům a kvalitnímu čištění spalin jsou emise mnohem nižší, než třeba u běžných uhelných elektráren, které jsou u nás stále hlavním zdrojem elektrické i tepelné energie. Část zbytkového odpadu z procesu čištění je možné využít jako zdroj surovin (zinek, kyselina solná) a zbytek je solidifikován (stabilizován vhodnými přísadami) a uložen na skládku NO. Ve srovnání se škvárou se však jedná pouze o zhruba 3% původní hmotnosti odpadu.

**Tabulka 7: Provozní parametry předepsané vyhláškou č. 354/2002 Sb.**

Parametr	Požadavek
Teplota*	min. 850°C pro obsah Cl < 1% hm. min. 1100°C pro obsah Cl > 1% hm.
Doba zdržení*	min. 2 s při požadované teplotě
Zbytkový obsah hořlaviny	max. 3% hm., pro tuhé zbytky max. 3% hm., pro ztráty žiháním

\*za posledním přívodem kyslíku

*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [40]*

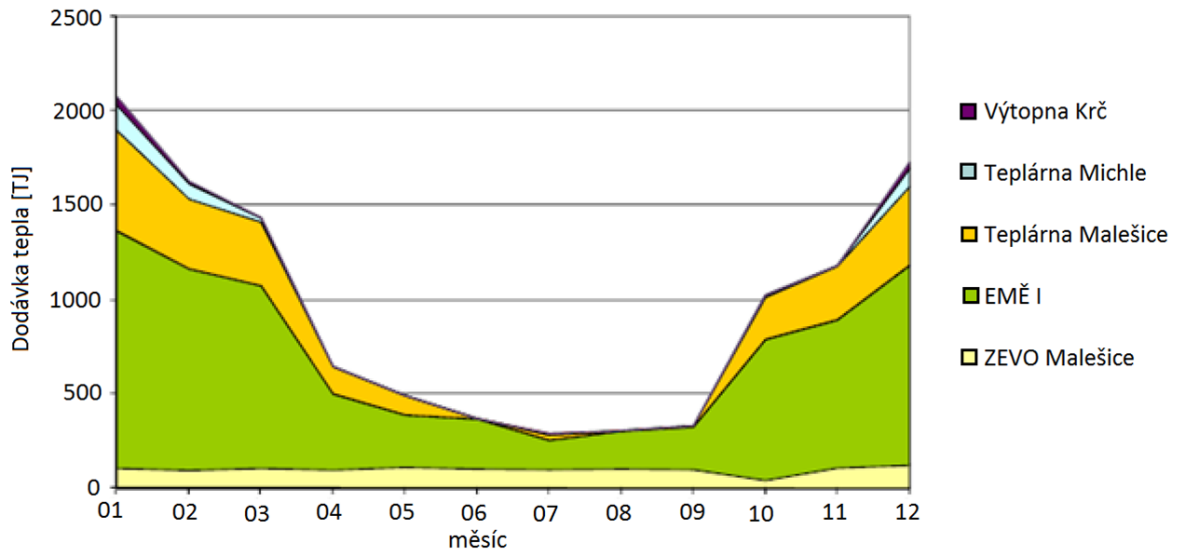
Moderní ZEVO jsou nejlépe a nejpřísněji sledované technologie z hlediska emisí a vlivu na životní prostředí. Je nařízeno trvalé monitorování emisí a limity (viz kapitola 4.4) jsou velmi přísné. V porovnání s ostatními regulovanými znečišťovateli, jako jsou teplárny a elektrárny nebo neregulovanými, jako doprava a lokální topeniště, se ve výsledku jedná o velmi malé znečišťovatele.

### 3.2.2 Využití energií

Velmi důležitým přínosem ZEVO, po trvalém odstranění směsných komunálních odpadů, je také výroba tepelné a elektrické energie. Při návrhu zařízení je třeba mít zajištěn dostatečný odbyt tepelné energie, bez čehož by nebylo možné dosáhnout požadované efektivity, kterou definuje koeficient R1 Evropské směrnice (kap. 3.2). R1 je vlastně výpočet účinnosti zařízení, který ještě dále zvýhodňuje výrobu elektrické energie 2,6 krát a výrobu tepelné energie 1,1 krát.  $R1 \geq 0,65$  nemusí být splněn v každém časovém okamžiku, ale jako roční průměr bilance energií v zařízení.

Zde nastává poměrně velký rozdíl mezi jednotkami ZEVO o malé a velké roční zpracovatelské kapacitě. Je třeba brát v úvahu značný rozdíl v odběru tepla během roku. Zatímco v zimním období nemůže být problém s odběrem tepelné energie ani z těch největších jednotek, v letních měsících města spotřebují pouze přibližně 1/5 z celkové dodávky v zimních měsících. Tato situace je názorně vidět na následujícím obrázku, který představuje dodávanou tepelnou energii do centrálního rozvodu tepla z různých zdrojů během roku.

**Obrázek 11: Dodávka tepla do Pražské teplotné soustavy**



*Zdroj: Pražské služby, 2009 dle [43]*

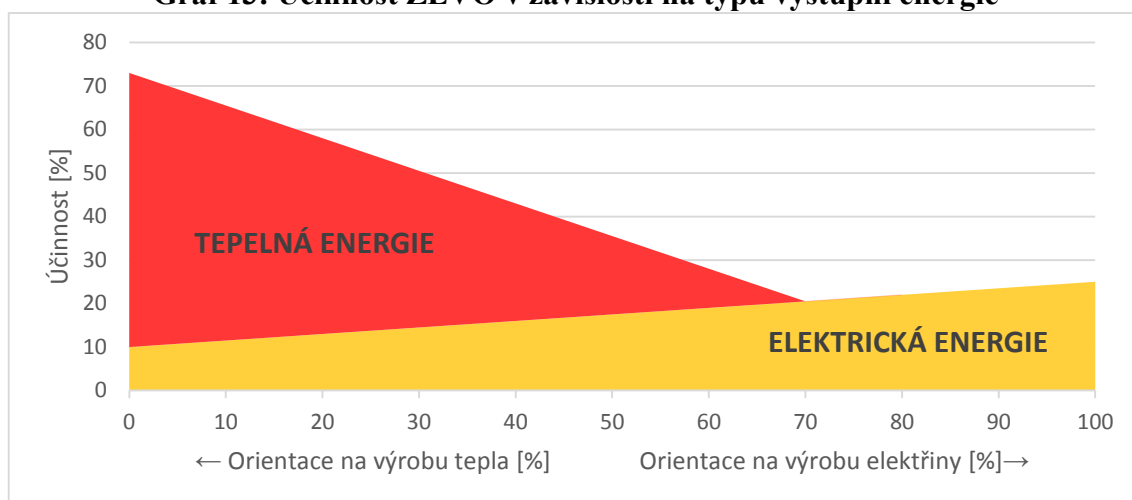
ZEVO Malešice je v obrázku znázorněno světle žlutou barvou a je vidět konstantní dodávka tepelné energie během celého roku. Naopak zeleně je znázorněna elektrárna Mělník, u které je vidět značný rozdíl dodávaného tepla v zimních a letních měsících, který je přibližně sedminásobný. Při návrhu ZEVO se proto musí k celé věci přistupovat komplexně a nelze jednoduše říci, že podle grafu by nebyl problém rozšířit kapacitu stávajícího zařízení třeba 4krát. Musí se brát v úvahu i to, jak bude využita stávající tepelná energie (v tomto případě z elektrárny Mělník), pro kterou je jistě dodávka tepla do Prahy velmi důležitá.

Obecně lze páru produkovanou spalováním odpadů využívat následujícími způsoby:

- Využití páry technologií ZEVO.
- Generování elektrické energie v ZEVO.
- Export páry do CZT.
- Export páry a produkce elektrické energie mimo ZEVO.

Výše uvedené možnosti lze vzájemně kombinovat, pro určení nejvhodnějšího řešení poslouží studie CEWEP (Confederation of European Waste-to-Energy Plants), která porovnává účinnost 97 evropských ZEVO. Ty jsou rozděleny do 3 kategorií, s převažující produkcí tepla, elektřiny a kombinované výroby. Velikost účinnosti je závislá na tom, na jaký typ energie se produkce ZEVO soustřeďuje.

**Graf 13: Účinnost ZEVO v závislosti na typu výstupní energie**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [5]*

Ve skupině ZEVO, zaměřujících se na výrobu elektřiny, bylo hodnoceno 25 jednotek. Nejde v žádném případě říci, že by tato zařízení měla chybné zaměření, pouze distribuce tepla není ve velkém rozsahu v dané lokalitě možná. Z pohledu využití co největšího množství energie uložené v odpadech je tedy nejvýhodnější zaměření na výrobu tepla.

## 4. PŘÍPADOVÁ STUDIE PRO ZEVO O KAPACITĚ 20 KT/ROK

V předchozích třech kapitolách jsem podal základní informace o produkci odpadů a nakládání s nimi, podrobně jsem popsal aktuální situaci energetického využívání odpadů ve světě a ve třech českých ZEVO. Hlouběji jsem analyzoval nakládání s odpady ve vybraném regionu – Karlovarském kraji a zjistil možný potenciál směsných komunálních odpadů pro další energetické využití v Karlových Varech. V kapitole č. 3 je k dispozici pohled na možnosti nakládání se směsnými komunálními odpady a podrobněji jsou rozepsány technologické možnosti energetického využívání. ZEVO se obvykle plánují větších zpracovatelských kapacit, tj. 100-200 tisíc tun využitých odpadů ročně. Tato případová studie bude na zařízení o menší zpracovatelské kapacitě, ale jak je vidět na zkušenostech ze světa, jedná se stále o ekonomicky zajímavou a provozuschopnou variantu. Navrhnou ZEVO o zpracovatelské kapacitě 20 000 tun odpadů ročně, tedy podobné kapacity, jakou má mnoho takových zařízení ve Švýcarsku (viz kapitola 1.4.2.). Výhodou bude snazší lokální distribuce tepelné energie a usnadněná logistika, protože odpady budou dováženy z menších svozových vzdáleností. Kapacita zařízení odpovídá produkci odpadů v Karlových Varech, ZEVO se tak v tomto krajském městě může stát hlavním nástrojem odpadového hospodářství.

Návrh ZEVO je složitý a rozsáhlý úkol, komplexně spojuje celou řadu odlišných technologií, navíc musí vždy respektovat často se měnící legislativu. Snadnější orientaci v aktuálních technologiích a platné legislativě přináší databáze nejlepších dostupných technologií BAT (Best Available Techniques), která je definována Rámcovou směrnicí Evropské unie - O integrované prevenci a omezování znečištění (IPPC), 96/61 ES. Shrnuje nejpokročilejší a nejúčinnější technologie a dokládá praktickou vhodnost jejich použití. Nejedná se o závazné informace, cílem je prevence vzniku znečištění a dosažení vysokého stupně ochrany životního prostředí. S postupným vývojem technologií dochází i k posunu standardů BAT. V dokumentech BREF (Reference Document on Best Available Techniques) jsou pak k dispozici podrobné technologické informace o jednotlivých technikách.

Vhodné bude zaměřit se primárně na produkci tepelné energie, aby byla dosažena co nejvyšší hodnota koeficientu efektivity R1. Budu uvažovat standardní roční vytížení zařízení 8000 hodin provozu ročně, ve zbylých 25 dnech je rezerva na plánované odstávky a údržbu. Roční kapacita zařízení 20 tisíc tun odpadu odpovídá zpracovatelské kapacitě 2500 kg/h. Při předpokládané průměrné výhřevnosti paliva 8 MJ/kg se termickým zpracováním ročně získá 160 TJ tepelné energie. Při respektování 85% účinnosti v kotli (dle BAT) získáme 130 TJ tepelné energie ročně. Ze zkušeností v podobných zařízeních je třeba odečíst dalších 15% tepla pro zajištění vlastního provozu, budu tak počítat s ročním exportem tepelné energie **110 TJ**.

V následujících kapitolách zhodnotím využití tepelné energie v Karlových Varech, vliv na odpadové hospodářství a vliv na životní prostředí.

#### 4.1 Technologický popis

S definicí jednotlivých bodů, který by měl nový projekt na ZEVO obsahovat, opět pomůže BAT, kde je tato osnova definována [3]

- příjem odpadu,
- skladování odpadu,
- předúprava odpadu,
- dávkování a manipulace s odpadem,
- technologie spalování,
- využití a distribuce energií,
- technologie čištění spalin,
- kontrola a monitoring emisí,
- nakládání s odpadními vodami a produkty ze spalování.

Technologický popis bude ve třech podkapitolách, ale bude dodržena struktura návrhu dle BAT. Jako vzorové technologické schéma poslouží koncepce společnosti EVECO Brno, a.s., zobrazující klasické technologické uspořádání jednotlivých prvků v malých jednotkách ZEVO o kapacitě 10-30 kt odpadů ročně, využívající 4D filtraci pro





množství nadměrně výhřevné složky odpadů. Zásobníky na odpad musí mít dostatečnou kapacitu na několikadenní provoz. Ideální bude v zásobnících odpadů udržovat mírný podtlak a spalovací vzduch nasávat přímo z těchto prostor, čímž se zabrání úniku prachu a zápachu. Odpadem se zde manipuluje pomocí jeřábového drapáku a v určených časových intervalech je kotel plněn novou dávkou odpadů. Drapáky mají zabudovanou váhu a vše je zaznamenáváno. Musí se dbát na to, aby byl dávkován starší odpad před nově přivezeným, již zhruba po 14 dnech totiž v odpadu probíhají fermentační procesy. Dávkování do kotle je realizováno pístovým podavačem, pomocí něj je odpad vytlačován přímo na rošt.

**Obrázek 13: Jeřábový drapák**



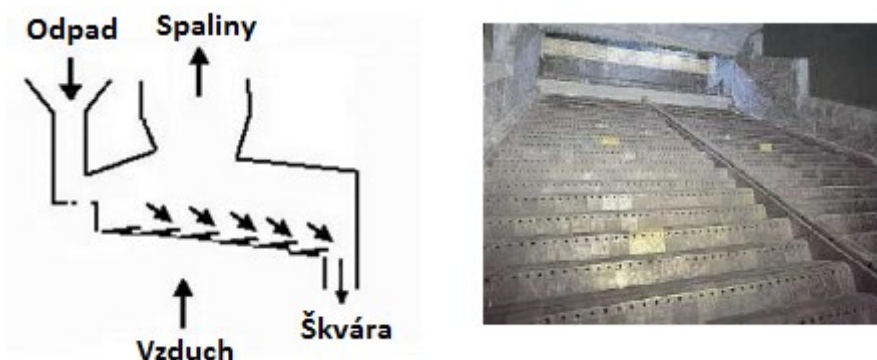
*Zdroj: KIC Odpady, a.s., 2015 [34]*

#### **4.1.2 Spalovací zařízení**

Nejvhodnější bude použít klasickou technologii roštového spalování při teplotách 900 – 1100°C, s posuvným hydraulickým roštem (viz Obrázek č. 8). Primární spalovací vzduch je předehřátý na 150°C a je přiváděn přímo pod spalovací rošt, sekundární vzduch je přiváděn nad rošt. Přívody musí být optimálně regulovány, aby se spálilo co nejvíce organických látek, ale aby nedocházelo k nadměrné tvorbě NO<sub>x</sub>, poléťavého prachu

a popílku. Ve spalovací komoře je také hořák na zemní plyn, kterým se vyhřívá pec při uvedení do provozu. Následuje dohořivací komora, ve které je další hořák. Ten se spustí při poklesu výhřevnosti paliva, protože musí být splněna požadovaná teplota spalin. Ve spalovacím zařízení také dochází k nástřiku redukčního činidla pro redukci  $\text{NO}_x$ . Přivedené palivo rovnoměrně vyhořívá a vzniklá škvára padá do odpopelňovacího kanálku, odkud je pásovým přepravníkem přesunuta do skladovacího kontejneru. Cestou jsou z ní ještě odstraněny kovy magnetickým separátorem. Spaliny postupují do kotle, kde se ochlazují a vyrábějí při tom páru o teplotě  $220^\circ\text{C}$  a tlaku 1,3 MPa. Snižené parametry páry, oproti obvyklejším 4 MPa a  $400^\circ\text{C}$ , se u malých zařízení ukázaly jako vhodnější. Díky tomu může mít kotel jednodušší konstrukci a tím pádem nižší investiční náklady. Pára je dodávána do centrálního rozvodu tepla. Ochlazené spaliny na  $250^\circ\text{C}$  postupují do prvního samostatného stupně čištění spalin.

**Obrázek 14: Princip posuvného roštu**



*Zdroj: Vlastní zpracování 2015, dle [52]*

### 4.1.3 Čištění spalin

Prvním stupněm snižování škodlivin bude samotný spalovací proces, který musí být dobře regulovaný, aby docházelo k co nejmenší tvorbě  $\text{NO}_x$ , CO a PCDD/F. Snižování množství  $\text{NO}_x$  se provádí selektivní nekatalytickou redukcí (SNCR) již zmíněným nástřikem redukčního činidla (25% roztok čpavkové vody  $\text{NH}_4\text{OH}$ ) a spaliny poté

postupují do procesu suché sorpce (aplikace NaHCO<sub>3</sub>), které obsah oxidů dusíku dále sníží. Primárním cílem této metody je však snížení množství HCl, HF a SO<sub>2</sub>, účinnost se pohybuje okolo 95%. Odloučí se také těžké kovy jako Hg, Cd, Zn, a Pb. Suchá metoda byla zvolena z investičních důvodů. Druhým stupněm je 4D filtr (popsán v kapitole 3.2.1), tímto filtrem jsou odstraněny TZL, kyselé složky, PCDD/F a také NO<sub>x</sub>. Prachové částice z filtrů jsou regenerací periodicky odstraňovány a opět uloženy do skladovacích kontejnerů. Posledním stupněm čištění spalin je mokrá vypírka, která odstraní oxidy těžkých kovů a zbylé kyselé složky. Koncentrace předpokládaných škodlivin za jednotlivými stupni čištění ukazuje následující tabulka.

**Tabulka 8: Koncentrace škodlivin dle stupňů čištění**

	Za kotlem	Za 4D filtrací	Za pračkou
Teplota [°C]	230	220	60
Průtok [m <sup>3</sup> /hod]	9280	9387	8368
TZL [mg/m <sup>3</sup> ]	4150	< 10	< 7
TOC [mg/m <sup>3</sup> ]	< 10	< 6	< 6
CO [mg/m <sup>3</sup> ]	< 40	< 40	< 40
SO <sub>2</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]	440	25	< 20
HCl [mg/m <sup>3</sup> ]	415	19	< 10
HF [mg/m <sup>3</sup> ]	20	3	< 1
NO <sub>x</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]	183	175	< 170
PCDD/F [ng/m <sup>3</sup> ]	1,9	< 0,1	< 0,1
Cd+Tl [mg/m <sup>3</sup> ]	0,056	< 0,05	< 0,04
Hg [mg/m <sup>3</sup> ]	0,047	< 0,04	< 0,03
Ostatní těžké [mg/m <sup>3</sup> ] (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	0,62	< 0,5	< 0,4
NH <sub>3</sub> [mg/m <sup>3</sup> ]	< 30	< 15	< 10

*Vlastní zpracování, 2015 dle [30]*

Výstupy ze spalovacího procesu jsou následující:

- ~ 4,3 tun páry za hodinu 220°C, 1,3 MPa,
- ~ 5000 tun škváry ročně,
- ~ 500 tun popílku ročně,
- ~ 300 tun železa ročně.

**Obrázek 15: Škvára ze spalovacího procesu**



*Zdroj: Confederation of European Waste-to-Energy Plants 2015, [18]*

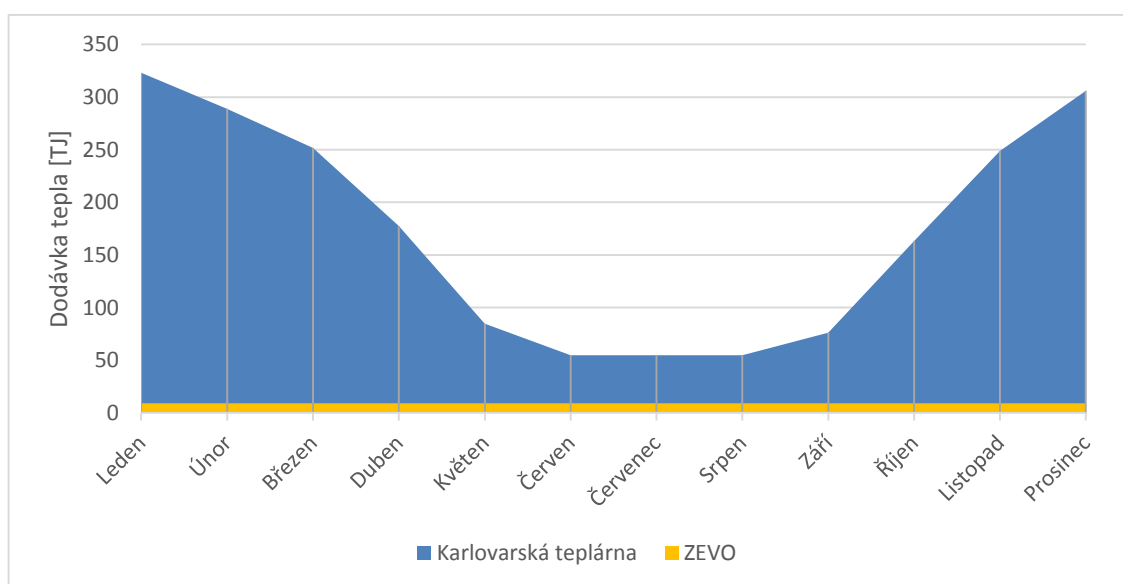
Často se uvádí možnost použití vzniklé škváry pro stavební účely, ovšem obvykle je ukládána na skládku S-IO. Po takovém produktu není v současné době na trhu poptávka nebo by její úprava byla ekonomicky nezajímavá. V každém případě je tento konečný produkt po spalování inertním materiálem, v čase se jeho vlastnosti již významně nebudou měnit. Ideální využití škváry vidím pro technické zabezpečení skládek, uložení takového prvku do zemské kůry je konečné řešení.

## **4.2 Distribuce energií**

Nejdůležitějším úkolem při návrhu zařízení na energetické využívání odpadů je zajistit dostatečný odbyt tepelné energie. V Karlových Varech zajišťuje výrobu a rozvod tepelné energie Karlovarská teplárenská, a.s., která nakupuje většinu (95%) z tepelného

zdroje Sokolovská uhelná, a.s. Z operačního plánu pro řešení krizové situace: „Narušení dodávek elektrické energie, plynu a tepelné energie velkého rozsahu“ jsem získal informace o množství dodané energie pro vytápění a pro ohřev [28]. Z Teplárenského sdružení České republiky pak přesné hodnoty o procentuální dodávce tepla pro vytápění pro dané měsíce [47]. Z těchto hodnot jsem sestavil graf, který zobrazuje odebíranou tepelnou energii během roku v Karlových Varech.

**Graf 14: Dodávka tepelné energie pro Karlovy Vary**

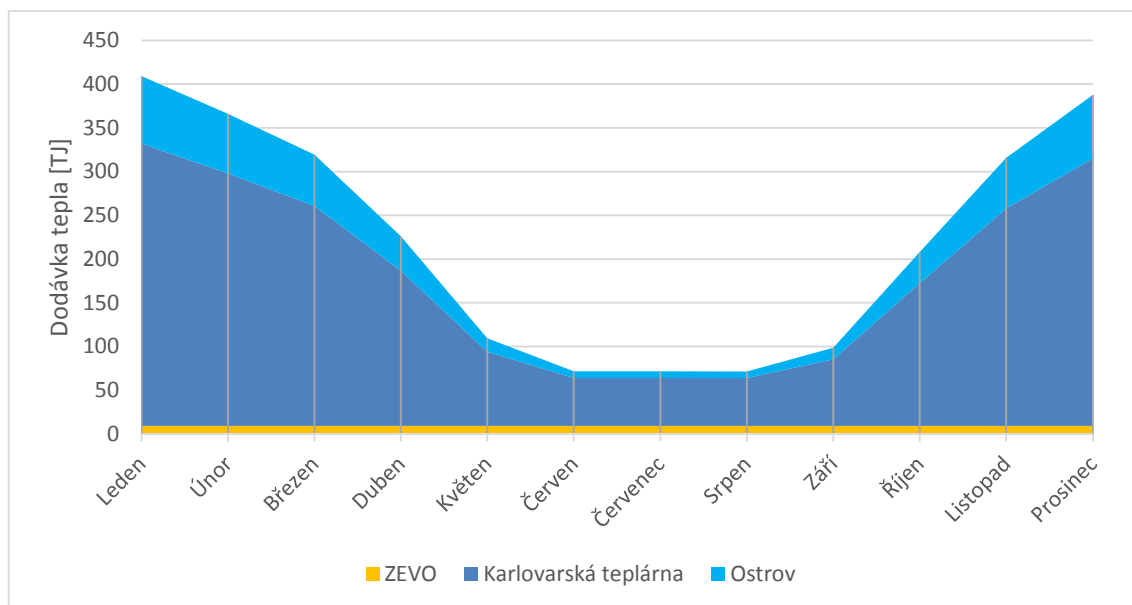


*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [28], [47]*

Graf je dále doplněn o nový zdroj ZEVO, s předpokládanou roční dodávkou 110 TJ tepelné energie. Z grafu je patrné, že zaměření se na produkci tepla byl správný krok, jelikož ZEVO bude schopno dodávat veškerou vyrobenou tepelnou energii do centrálního zásobování teplem po celý rok, čímž si bude držet vysoký koeficient efektivity R1.

Navrhnou ještě variantu zásobování teplem i blízkého Ostrova (okres Karlovy Vary). V současné době je Ostrovská teplárenská, a. s. majetkem města. V blízké době ale budou potřebné investice z důvodu stárnoucího technologického vybavení. Město zvažuje teplárnu pronajmout soukromé společnosti, která by ji zmodernizovala a investovala tak 250 – 300 milionů Kč [16]. Druhá varianta je odstavení této teplárny (možno ponechat jako studenou zálohu) a napojení na CZT Karlových Varů. Následující graf ukazuje, jak by se tato situace promítla do distribuce tepelné energie z nového zařízení na energetické využívání odpadů.

**Graf 15: Dodávka tepelné energie pro Karlovy Vary a Ostrov**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [28], [47]*

V grafu je zobrazen nový tepelný zdroj s plánovanou roční dodávkou 110 TJ a průběh roční spotřeby měst Karlovy Vary a Ostrov. Obě města by tak získala nový tepelný zdroj, v letních měsících by poskytl plnou náhradu pro Ostrov a doplňkový zdroj pro Karlovy Vary. Musí se ovšem přihlídnout i k vazbám ke zdroji původnímu, v současné době je teplo do Karlových Varů dodáváno ze Sokolovské uhelné, Ostrov má vlastní zdroj tepla. V případě napojení obou měst na stejný tepelný rozvod by se situace pro dodavatele v letních měsících nijak nezměnila, naopak by mohl využít potenciál nové spotřeby v zimních měsících. Pokud by se připojily jenom Karlovy Vary, v letních měsících poklesne poptávka po tepelné energii o 20%. Tento případný deficit by pro Sokolovskou uhelnou nemusel být problémem, jelikož se v budoucnu uvažuje o připojení Sokolova (roční dodávka zde přesahuje 2000 TJ), místo současné zastarávající hnědouhelné elektrárny Tisová.

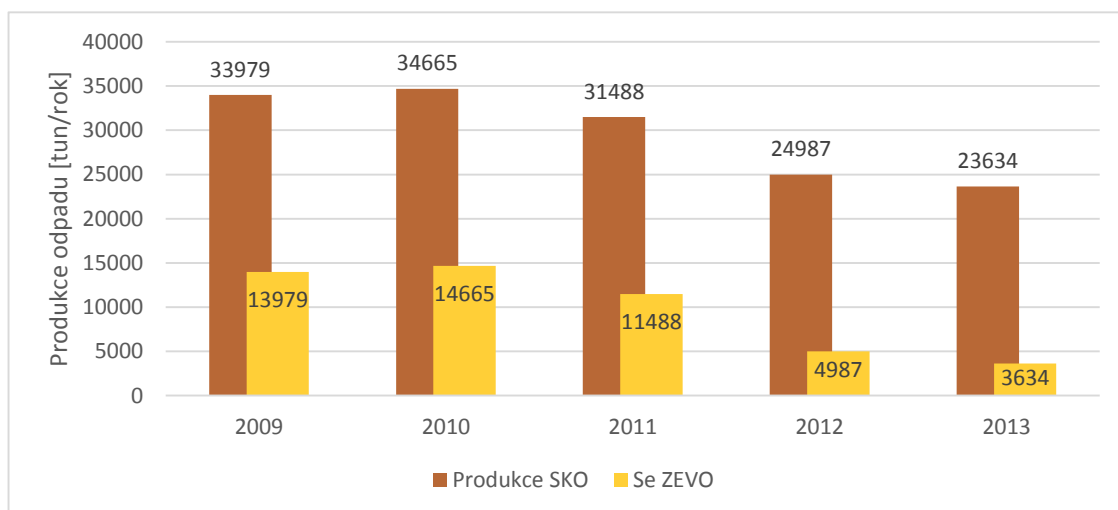
Pokud by se nové zařízení zaměřilo na produkci spíše elektrické energie, vyžádá si to vyšší investiční náklady (turbína a kotel na vyšší parametry páry) a navíc se celková efektivita zařízení snižuje z důvodu vyšších ztrát transformací. Zaměření na produkci tepelné energie tak umožní výhodnější ekonomickou situaci zařízení, bude tedy možné odpad zpracovávat za nižší poplatek a bude větším konkurentem pro stále velmi levné skládkování.



### 4.3 Vliv na odpadové hospodářství

Závěrem kapitoly č. 2.3 je potenciální množství směsných komunálních odpadů k energetickému využití. Jaký vliv bude mít nové zařízení na produkci odpadů, ukazuje následující graf.

**Graf 16: Vliv ZEVO 20 kt/rok na produkci odpadů v Karlových Varech**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [2]*

Z grafu by se mohlo zdát, že kapacita zařízení je příliš vysoká a v budoucnu hrozí nedostatek odpadů ke zpracování. Graf ale ukazuje produkci odpadů pouze v Karlových Varech, v celém okrese Karlovy Vary je potenciál odpadů o 5 000 tun ročně vyšší. Prostor pro snížení produkce nebo lepší třídění zde tedy bude dostatečný.

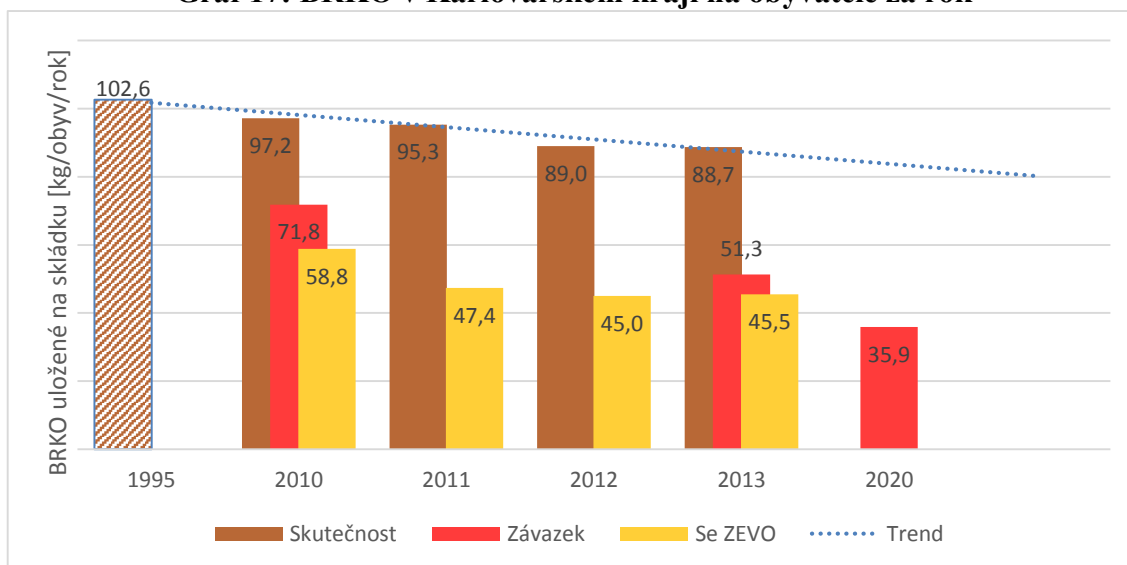
Plán odpadového hospodářství [38] počítá s výrazným snížením BRKO ukládaného na skládky. Respektuje tak vyhlášku 294/2005 Sb. (Směrnice Evropského parlamentu 1999/31/ES), která nařizuje postupné snižování množství skládkovaného BRKO s těmito závaznými cíli:

- 2010: ukládat pouze 75% hmotnosti ve srovnání s rokem 1995.
- 2013: ukládat pouze 50% hmotnosti ve srovnání s rokem 1995.
- 2020: ukládat pouze 35% hmotnosti ve srovnání s rokem 1995.

Pro hodnocení tohoto plnění jsem zpracoval data z ISOH za období 2010 – 2013, přidal jsem stanovené cíle jednotlivých let a možný příspěvek nového ZEVO v Karlových Varech.



**Graf 17: BRKO v Karlovarském kraji na obyvatele za rok**



*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [2]*

Hnědě je zobrazeno množství skládkovaného BRKO v Karlovarském kraji, vztaženo na obyvatele. Červeně jsou zobrazeny závazné cíle let 2010 (75%), 2013 (50%) a 2020 (35%), vztažené a přepočtené k referenčnímu roku 1995. Pro zobrazení změny, která by znamenala vybudování nového ZEVO v Karlových Varech, jsem vždy vypočítal podíl BRKO v SKO v konkrétním roce, celkové množství skládkovaných odpadů jsem snížil o plánovanou zpracovatelskou kapacitu zařízení (20 kt/rok) a opět jsem vyjádřil zbylé procento BRKO, které by se uložilo na skládky. V grafu zobrazeno žlutě. Trend naznačuje, jaký bude skutečný podíl v roce 2020, pokud v odpadovém hospodářství Karlovarského kraje nenastane významnější změna.

Z grafu je patrné, že závazné cíle pro roky 2010 ani 2013 splněny nebyly. Množství ukládaného BRKO sice postupně klesá, jeho snižující se podíl ve SKO je dán lepší separací obyvateli, pokles však není dostatečně rychlý k plnění cílů. Dlouhodobým neplněním cílů EU se vystavujeme sankcím a ohrožujeme budoucí možnost čerpání z fondů Evropské unie.

Pokud by v kraji bylo uvedeno do provozu ZEVO o zpracovatelské kapacitě 20 tisíc tun odpadů ročně, v letech 2010 i 2013 by došlo ke splnění závazku. Výrazně by také napomohlo i k plnění budoucího cíle v roce 2020.

#### 4.4 Vliv na životní prostředí

Zákon č. 76/2002 Sb. (nebo 2010/75/EU) stanovil, že plánované ZEVO vzhledem ke své zpracovatelské kapacitě (2,5 tun za hodinu) nepodléhá ustanovením Zákona o integrované prevenci, omezování znečištění a o integrovaném registru znečišťování (IPPC). Tam spadají až zařízení s kapacitou větší než 3 tuny za hodinu. Na všechna taková zařízení se pak pohlíží komplexně a je zde snaha předcházet tvorbě emisí, nikoliv pouze jejich následné eliminace [37].

Zařízení je dále, dle Přílohy č. 3 Zákona o odpadech, klasifikováno kategorií R1 (Využití odpadu způsobem obdobným jako paliva nebo jiným způsobem k výrobě energie) a část zařízení spadá do kategorie R12 (Předúprava odpadů). Emisní limity pro zdroje tepelně zpracovávající odpad jsou stanoveny směrnicí EU č. 76/2000 (o spalování odpadů) a také Přílohou č. 4 k vyhlášce č. 415/2012 Sb. k Zákonu o ovzduší., viz následující tabulka.

**Tabulka 9: Porovnání emisních limitů ZEVO s uhlím a plynem**

Znečišťující látka, denní průměr [mg/m <sup>3</sup> ]	ZEVO	Palivo v kotli		Termizo Liberec, 2010
		Uhlí	Plyn	
TZL	10	100	28	0,004
Organický uhlík (TOC)	10			0,01
SO <sub>2</sub>	50	1667	19	3
NO <sub>x</sub>	200	435	111	137
CO	50	267	55	6
HCl	10			0,7
HF	1			0,52
PCDD/PCDF [ng/m <sup>3</sup> ]	0,1			0,036
Hg a její sloučeniny	0,05			0,01
Cd+Tl a jejich sloučeniny	0,05			0,012
Ostatní těžké kovy (Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	0,5			0,053

*Zdroj: Vlastní zpracování 2015, dle [19], [48]*

Vytvořil jsem přehlednou tabulku s emisními limity pro zařízení spalující nebo spoluspalující odpad. Pro porovnání jsem přidal limity pro uhelné a plynové zdroje a skutečné hodnoty ze zařízení spalující odpad, libereckého Termiza. Limity pro ZEVO jsou v porovnání s ostatními zdroji (včetně spalujících dřevo, mazut a jiné) velmi přísné, nejvíce se blíží zemnímu plynu. Navíc skutečné emise ze zařízení spalující odpad jsou téměř řádově nižší. Na druhé straně složení komunálních odpadů je různorodé, proto se pro ZEVO nastavily limity i pro těžké kovy, PCDD/F.

Nejvíce se v souvislosti spalování odpadů hovoří o dioxinech, což jsou právě poslední jmenované PCDD/PCDF. Tuto situaci bych přirovnal k radioaktivitě. Všichni se jí bojí, ale málokdo ve skutečnosti ví, že je přirozenou součástí přírody a kolik jí ve skutečnosti na člověka v běžném prostředí působí. Stejně tak dioxiny neprodukuje pouze ZEVO, přijímáme je v pitné vodě i v potravě a do ovzduší se dostávají z každého nedokonalého spalovacího procesu, např. z elektráren, ohňostrojů, ale i z grilování. Podle WHO většina všech přijatých dioxinů pochází právě z potravy a pouze 5% z ovzduší. Průměrný Evropan je denně vystaven dávce 1.5–2 pg/kg dioxinů [54]. Pro porovnání, ze všech cigaret se ročně do ovzduší uvolní 6,3 mg dioxinů a z novoročního ohňostroje většího města se do ovzduší uvolní 15mg dioxinů [42]. Ve srovnání s denním limitem 0,1 ng/m<sup>3</sup> je jasné, že ZEVO výrazným způsobem neovlivní koncentraci těchto látek v ovzduší. Protože dioxiny představují závažné riziko pro lidské zdraví, musí se aplikovat maximálně opatrný přístup. Aby k jejich produkci docházelo co nejméně, je zákonem stanovena doba zdržení spalin v kotli po dobu 2 s při minimální teplotě 850°C. Tímto samozřejmě nejde zcela zabránit jejich rozkladu, proto následuje několikastupňové čištění spalin. Na druhé straně skládkováním odpadů nejsou odbourány vůbec, představují riziko kontaminací vod s následným vstupem do potravního řetězce.

Pro přímé určení vlivu nového emisního zdroje jsem porovnal roční emise původních zdrojů v Karlových Varech dle ČSÚ [15] a předpokládané roční emise zařízení na zpracování odpadů o roční kapacitě 20kt, vypočtené poměrnou částí kapacity zařízení a skutečných emisí českých ZEVO.

**Tabulka 10: Srovnání předpokládaných emisí se skutečnými v Karlových Varech**

Znečišťující látka	Předpokládané emise ZEVO 20 kt [kg/rok]	Skutečná produkce 2014 K. Vary [kg/rok]
TZL	98	240 939
SO <sub>2</sub>	926	761 171
NO <sub>x</sub>	14 083	281 131
CO	1 583	3 360 709

*Zdroj: Vlastní zpracování, 2015 dle [45], [48]*

Při porovnání ročních emisí hlavních znečišťujících látek s produkcí emisí z ostatních zdrojů hodnotím nové zařízení jako nevýznamný příspěvek. Pokud přidám ještě srovnání ročních emisí PCDD/F brněnského zařízení (3,819 mg) a jednoho pražského silvestrovského ohňostroje (15 mg), ani v dalších sledovaných látkách nebude mít ZEVO výrazný vliv na životní prostředí.

Skutečný vliv na životní prostředí ukáží ještě na příkladu SAKO Brno a.s., s kapacitou 248 kt odpadů ročně. V roce 2009 došlo k odstavení zařízení z důvodu rekonstrukce. CHMÚ tuto situaci velmi pečlivě sledoval a vybral ve městě 4 monitorovací stanice neovlivněné dopravou. Na grafech 24hodinových koncentrací není žádná viditelná změna při odstavení ZEVO, ani při jeho opětovném uvedení do provozu. Viditelné jsou běžné změny koncentrací znečišťujících látek, v závislosti na meteorologických podmínkách, zejména srážkách. Nejvýznamnější lokalita je Brno – Líšeň, je totiž nejbližší zdroje a dle rozptylové studie se jedná o oblast, kde má být koncentrace znečišťujících látek nejvyšší. Ani tady není žádná změna pozorovatelná. [12] Grafy jsou v Příloze C.

Faktem je, že při každém spalovacím procesu vznikají škodlivé látky, jejich míra škodlivosti ale záleží na koncentraci. Ta je vůči existujícímu emisnímu pozadí prokazatelně velmi nízká. Pokud nebude odpad energeticky využíván, alternativním řešením je jeho skládkování se všemi negativními vlivy na životní prostředí. ZEVO má nespornou výhodu v produkci tepelné energie, která při spalovacím procesu vzniká. Teplo vzniklé likvidací odpadů by stejně muselo být vyrobeno v jiném spalovacím procesu.

**Tabulka 11: SWOT analýza**

<b>Výhody</b>	<b>Nevýhody</b>
Lokální nástroj odpad. hospodářství Využití energetického potenciálu Trvalé odstranění odpadů Nízké emise škodlivin	Zajištění odbytu tepelné energie Popílek se musí solidifikovat Odpad materiálů nevyužit Velká finanční investice
<b>Příležitosti</b>	<b>Hrozby</b>
Snižování skládkovaného odpadu Náhrada primárních zdrojů Plnění závazků EU Nová pracovní místa	Budoucí vývoj poplatků za skládkování Získání kladného EIA stanoviska Návratnost investice Odpor občanů

*Vlastní zpracování, 2015*

## ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo zhodnotit reálné uplatnění zařízení na energetické využívání odpadů v Karlových Varech. V prvních třech kapitolách podávám informace o produkci odpadů v EU, ČR, Karlovarském kraji a možnostech, jak vzniklý komunální odpad odstraňovat. Poslední kapitola je případová studie s podrobným technologickým popisem, možným využitím vzniklé tepelné energie, vlivem na odpadové hospodářství a na životní prostředí. Přestože je výstavba takového zařízení finančně velmi nákladná, z environmentálního hlediska a vzhledem k blížícímu se zaplnění skládek v Karlovarském kraji, se jeví jako neoptimálnější řešení. V porovnání s ostatními technologiemi výroby tepelné energie vypouští ZEVO malé množství škodlivých látek a zanedbatelné množství v porovnání s celkovou roční produkcí v Karlových Varech. To je dáno přísnými limity a několikanásobným čištěním spalin.

Česká republika také neplní závazky na snižování množství skládkovaného BRKO, čímž se vystavuje možným sankcím ze strany EU. Pokud by došlo k výstavbě této konkrétní jednotky, závazky za předchozí roky by byly splněny a výrazně by to napomohlo k plnění v roce 2020, alespoň v Karlových Varech. Aktuální novela k Zákonu o odpadech zakázala po roce 2024 skládkování směsných komunálních odpadů. Pokud nebude s předstihem zahájena stavba nových zařízení, může to pro ČR znamenat nutnost vývozu odpadů k odstranění do zahraničí. Často volený směr MBÚ není dle mého názoru řešením, ale pouze odsouváním daného problému. Výstupem této úpravy je alternativní palivo, které se spaluje ve stávajících provozech. Protože se ale použije množství v řádu jednotek procent, provozovatele nic nenutí k tomu spaliny čistit tak efektivním a účinným procesem, jaký probíhá v ZEVO. Spaliny se naředí a celkový zdroj emisním limitům bez problémů vyhoví, spadá totiž pod emisní limity původního, např. hnědouhelného zdroje.

Snažil jsem se podat objektivní pohled na věc a vždy uvést pozitiva i negativa daného problému. Malé jednotky ZEVO, využívající potenciál odpadů přímo v místě vzniku, jsou dle mého názoru ze všech nabízených možností tím nejlepším řešením. Potvrzují to také zkušenosti ze zahraničí. Vzhledem k závazkům EU a výše zmíněné novele zákona, se nakonec může jednat o výrazně levnější řešení problému nakládání s odpady.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] BIOM: *Pokrok v produkci řasové biomasy využívající spalínový CO<sub>2</sub> z bioplynové stanice na farmě skotu (projekt EUREKA ALGANOL)* [online]. 2012 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pokrok-v-produkci-rasove-biomasy-vyuzivajici-spalinovy-co2-z-bioplynovy-stance-na-farme-skotu-projekt-eureka-alganol>
- [2] CENIA, česká informační agentura životního prostředí: *Informační systém odpadového hospodářství* [online]. 2015 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <http://isoh.cenia.cz/groupisoh/>
- [3] CENIA, česká informační agentura životního prostředí: *Referenční dokument o nejlepších dostupných technologiích spalování odpadů* [online]. 2012 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: [http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/\\$pid/CENMSFLZ7HNS/\\$FILE/Překlad%20BREF%20Zpracování%20odpadů.pdf](http://www.cenia.cz/web/www/web-pub2.nsf/$pid/CENMSFLZ7HNS/$FILE/Překlad%20BREF%20Zpracování%20odpadů.pdf)
- [4] Columbia University in the city of New York: *Development of Waste-To-Energy in China; and Case Study of the Guangzhou Likeng WTE plant* [online]. 2011 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: [http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Dong\\_thesis.pdf](http://www.seas.columbia.edu/earth/wtert/sofos/Dong_thesis.pdf)
- [5] Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP): *CEWEP Energy Report* [online]. 2014 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: [http://www.cewep.eu/storage/med/media/statements/106\\_11\\_07\\_06\\_CEWEP-Report\\_Final\\_Version.pdf](http://www.cewep.eu/storage/med/media/statements/106_11_07_06_CEWEP-Report_Final_Version.pdf)
- [6] Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP): *Energy from Waste in Amsterdam* [online]. 2014 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: [http://www.cewep.eu/information/energyclimate/goodpractice/m\\_929](http://www.cewep.eu/information/energyclimate/goodpractice/m_929)
- [7] Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP): *Graph on European Waste Management 2015* [online]. [cit. 2015-01-07]. Dostupné z: [http://www.cewep.eu/information/data/graphs/m\\_1415](http://www.cewep.eu/information/data/graphs/m_1415)

- [8] Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP): *Waste-to-Energy – Helping to keep the Mona Lisa smiling* [online]. 2014 [cit. 2015-02-24].  
Dostupné z:  
[http://www.cewep.eu/information/energyclimate/goodpractice/m\\_779](http://www.cewep.eu/information/energyclimate/goodpractice/m_779)
- [9] Confederation of European Waste-to-Energy Plants (CEWEP): *Waste-to-Energy in Europe in 2012* [online]. 2012 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z:  
[http://www.cewep.eu/information/data/studies/m\\_1342](http://www.cewep.eu/information/data/studies/m_1342)
- [10] Český hydrometeorologický ústav (CHMÚ): *Informace o spalovnách za rok 2013* [online]. 2013 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z:  
[http://www.chmu.cz/files/portal/docs/uoco/web\\_generator/incinerators/index\\_CZ.html](http://www.chmu.cz/files/portal/docs/uoco/web_generator/incinerators/index_CZ.html)
- [11] Český hydrometeorologický ústav (CHMÚ): *Seznam spaloven odpadů v ČR* [online]. 2015 [cit. 2015-01-08]. Dostupné z:  
<http://www.chmu.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emise/spalovny/index.html>
- [12] Český hydrometeorologický ústav (CHMÚ): *Variantní řešení umístění energetického zdroje ZEVO Jihlava pomocí výpočtu do zadaných lokalit v území města Jihlavy* [online]. 2012 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: [https://www.kr-vysocina.cz/VismoOnline\\_ActionScripts/File.ashx?id\\_org=450008&id\\_dokumenty=4044458](https://www.kr-vysocina.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=450008&id_dokumenty=4044458)
- [13] Český statistický úřad: *Krajská správa ČSÚ v Karlových Varech* [online]. 2014 [cit. 2015-02-27]. Dostupné z:  
<https://www.czso.cz/documents/11244/17816755/33008414q4b1.pdf>
- [14] Český statistický úřad: *Krajská správa ČSÚ v Karlových Varech, mapy* [online]. 2014 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xk/mapy>
- [15] Český statistický úřad: *Statistická ročenka Karlovarského kraje - 2014* [online]. 2014 [cit. 2015-03-14]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/3-zivotni-prostredi106-wyki>
- [16] Deník.cz: *Pod kotli teplárny v Ostrově to vře* [online]. 2014 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: [http://karlovarsky.denik.cz/zpravy\\_region/pod-kotli-teplarny-v-ostrove-to-vre-20121121.html](http://karlovarsky.denik.cz/zpravy_region/pod-kotli-teplarny-v-ostrove-to-vre-20121121.html)



- [17] ECMOST: *Kam kráčí komunální odpad v EU a v ČR?* [online]. 2014 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: [http://www.ecmost.cz/clanky.php?page=nakladani\\_KO](http://www.ecmost.cz/clanky.php?page=nakladani_KO)
- [18] Energy Recovery Council: *The 2010 ERC Directory of Waste-to-Energy Plants* [online]. 2010 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: [http://www.energyrecoverycouncil.org/userfiles/file/ERC\\_2010\\_Directory.pdf](http://www.energyrecoverycouncil.org/userfiles/file/ERC_2010_Directory.pdf)
- [19] EUR-Lex: *Access to European Union law* [online]. 2015 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1429106582901&uri=CELEX:32000L0076>
- [20] EUREK: *EUREKA PROJECT > 3108 DIOXIN* [online]. 2008 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z: <http://www.eurekanetwork.org/project/-/id/3108>
- [21] European Commission – Eurostat: *Generation of waste* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: [http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env\\_wasgen&lang=en](http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=env_wasgen&lang=en)
- [22] European Commission – Eurostat: *Municipal waste generated by country in selected years (kg per capita)* [online]. 2015 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=env\\_wasmun&language=en&mode=view](http://ec.europa.eu/eurostat/product?code=env_wasmun&language=en&mode=view)
- [23] European Commission – Eurostat: *Municipal waste statistics* [online]. 2015 [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal\\_waste\\_statistics](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics)
- [24] European Commission – Eurostat: *Population statistics at regional level* [online]. 2015 [cit. 2015-02-03]. Dostupné z: [http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population\\_statistics\\_at\\_regional\\_level](http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Population_statistics_at_regional_level)
- [25] EVO Komořany: *Rozumné řešení pro využití odpadů* [online]. 2015 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.evokomorany.cz/>

- [26] Federal Office for the Environment (FOEN): *Waste, Landfilling* [online]. 2015 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.bafu.admin.ch/abfall/01495/01496/index.html?lang=en>
- [27] Informační portál Karlovarského kraje: *Integrovaný systém nakládání s odpady v Karlovarském kraji* [online]. 2013 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: [http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/dokumenty/Stranky/koncepce/seznam/Studie\\_proveditelnosti.aspx](http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/dokumenty/Stranky/koncepce/seznam/Studie_proveditelnosti.aspx)
- [28] Informační portál Karlovarského kraje: *Správní oblast Karlovy Vary* [online]. 2011 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: [http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/dokumenty/Documents/spravni\\_oblast\\_karlovy\\_vary.pdf](http://www.kr-karlovarsky.cz/samosprava/dokumenty/Documents/spravni_oblast_karlovy_vary.pdf)
- [29] Informační portál Karlovarského kraje: *Vyhodnocení Plánu odpadového hospodářství Karlovarského kraje za rok 2013* [online]. 2012 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: [http://www.kr-karlovarsky.cz/zivotni/Documents/ODPADY\\_POH\\_vyhodnoceni\\_2013.pdf](http://www.kr-karlovarsky.cz/zivotni/Documents/ODPADY_POH_vyhodnoceni_2013.pdf)
- [30] Informační systém EIA: *Záměr ZEVO - Závod na energetické využití odpadu - Cheb* [online]. 2015 [cit. 2015-03-24]. Dostupné z: [http://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX0tWSzQ1OF96YXZlcnlTdGFuRE9DXzQyNzI0NDYzNzgxMDM0OTUwMzkuemlw/KVK458\\_zaveryStan.zip](http://portal.cenia.cz/eiasea/download/RUIBX0tWSzQ1OF96YXZlcnlTdGFuRE9DXzQyNzI0NDYzNzgxMDM0OTUwMzkuemlw/KVK458_zaveryStan.zip)
- [31] Informační systém EIA: *Záměry na území ČR* [online]. 2015 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: [http://portal.cenia.cz/eiasea/view/eia100\\_cr](http://portal.cenia.cz/eiasea/view/eia100_cr)
- [32] International Solid Waste Association (ISWA): *Waste-to-Energy State of the Art Report* [online]. 2013 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: [http://www.iswa.org/index.php?eID=tx\\_iswaknowledgebase\\_download&documentUid=3119](http://www.iswa.org/index.php?eID=tx_iswaknowledgebase_download&documentUid=3119)
- [33] KARÁSEK, René: *Transfer těžkých kovů při spalování odpadů* [online]. 2010 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: [https://www.vutbr.cz/www\\_base/zav\\_prace\\_soubor\\_verejne.php?file\\_id=33099](https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=33099)
- [34] KIC Odpady, a.s. [online]. 2015 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://kicodpady.cz/o-projektu.html>

- [35] Kraj Vysočina: *Rešerše situace v rozvinutých evropských zemích* [online]. 2012 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: [http://www.kr-vysocina.cz/VismoOnline\\_ActionScripts/File.ashx?id\\_org=450008&id\\_dokumenty=4055749](http://www.kr-vysocina.cz/VismoOnline_ActionScripts/File.ashx?id_org=450008&id_dokumenty=4055749)
- [36] Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO): *Optimální nastavení výše podpory výroby elektřiny z odpadu ve vztahu k ceně elektřiny pro spotřebitele* [online]. 2011 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: [http://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2013/11/eveco\\_studie\\_mpo\\_efekt\\_odpady.pdf](http://www.hnutiduha.cz/sites/default/files/publikace/2013/11/eveco_studie_mpo_efekt_odpady.pdf)
- [37] Ministerstvo průmyslu a obchodu (MPO): *Základní informace o integrované prevenci a omezování znečištění* [online]. 2015 [cit. 2015-03-16]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument143220.html>
- [38] Ministerstvo životního prostředí: *Plán odpadového hospodářství České republiky pro období 2015-2024* [online]. 2015 [cit. 2015-04-10]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh\\_cr\\_prislusne\\_dokumenty/\\$FILE/OODP-POH\\_CR\\_2015\\_2024\\_schvalena\\_verze\\_20150113.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poh_cr_prislusne_dokumenty/$FILE/OODP-POH_CR_2015_2024_schvalena_verze_20150113.pdf)
- [39] Ministerstvo životního prostředí: *Statistická ročenka životního prostředí České republiky 2014* [online]. 2014 [cit. 2015-02-26]. Dostupné z: <http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Rocenka%20ŽP%20ČR%202014.pdf>
- [40] Ministerstvo životního prostředí: *Zákon o odpadech - 185/2001 Sb.* [online]. 2015 [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: [http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/\\$file/Z\\_185\\_2001.pdf](http://www.mzp.cz/www/platnalegislativa.nsf/d79c09c54250df0dc1256e8900296e32/8FC3E5C15334AB9DC125727B00339581/$file/Z_185_2001.pdf)
- [41] Ministry of Foreign Affairs of Japan: *Presentation of Japanese technology of waste to energy* [online]. 2012 [cit. 2015-02-27]. Dostupné z: [http://www.mofa.go.jp/region/latin/fealac/pdfs/4-9\\_jase.pdf](http://www.mofa.go.jp/region/latin/fealac/pdfs/4-9_jase.pdf)
- [42] Praha.eu: *Dioxiny Praze nehrozí* [online]. 2013 [cit. 2015-03-12]. [http://www.praha.eu/jnp/cz/o\\_meste/zivot\\_v\\_praze/sluzby/dioxiny\\_praze\\_nehrozi.html](http://www.praha.eu/jnp/cz/o_meste/zivot_v_praze/sluzby/dioxiny_praze_nehrozi.html)

- [43] Pražské služby: *Zařízení pro energetické využívání odpadu* [online]. 2015 [cit. 2015-01-09]. Dostupné z: <http://www.psas.cz/index.cfm/sluzby-firmam/zarizeni-pro-energeticke-vyuzivani-odpadu/>
- [44] PRI Tech & Environment: *Sweden imports waste from European neighbors to fuel waste-to-energy program* [online]. 2012 [cit. 2015-04-08]. Dostupné z: <http://www.pri.org/stories/2012-06-26/sweden-imports-waste-european-neighbors-fuel-waste-energy-program>
- [45] Spalovna a komunální odpady Brno (SAKO): *Energetické využití odpadu* [online]. 2015 [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/stranka/cz/79/energeticke-vyuzivani-odpadu/>
- [46] Spalovna a komunální odpady Brno (SAKO): *SAKO zavádí na sběrných střediscích sběr použitých rostlinných olejů* [online]. 2015 [cit. 2015-01-18]. Dostupné z: <http://www.sako.cz/novinka/cz/511/sako-zavadi-na-sbernych-strediscich-sber-pouzitych-rostlinnych-oleju/>
- [47] Teplárenské sdružení České republiky: *Měsíční podíly na spotřebě tepla pro vytápění* [online]. 2015 [cit. 2015-03-11]. Dostupné z: <http://www.tscr.cz/?pg=0750&ta=95>
- [48] Termizo: *Základní technické informace* [online]. 2015 [cit. 2015-01-30]. Dostupné z: <http://www.termizo.mvv.cz/technologie/zakladni-technicke-informace/>
- [49] UK Government, Department for Environment Food and Rural Affairs: *Energy from waste* [online]. 2014 [cit. 2015-03-27]. Dostupné z: [https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/284612/pb14130-energy-waste-201402.pdf](https://www.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/284612/pb14130-energy-waste-201402.pdf)
- [50] United States Environmental Protection Agency (EPA): *A Manual for Decision-Making* [online]. 2002 [cit. 2015-03-30]. Dostupné z: <http://www.epa.gov/osw/nonhaz/municipal/pubs/r02002.pdf>
- [51] Vienna City Administration: *Waste to Energy – Treatment of Residual Waste* [online]. 2014 [cit. 2015-02-24]. Dostupné z:

<https://www.wien.gv.at/umwelt/ma48/service/publikationen/pdf/waste-to-energy-en.pdf>

- [52] Von Roll Umwelttechnik [online]. 2009 [cit. 2015-03-25]. Dostupné z: [http://www.vonrollinova.ch/var/aeeweb\\_site/storage/original/application/55d47ce21d51ef94e572a803b9da16c3.pdf](http://www.vonrollinova.ch/var/aeeweb_site/storage/original/application/55d47ce21d51ef94e572a803b9da16c3.pdf)
- [53] Waste Atlas: *Map "Waste-to-Energy"* [online]. 2015 [cit. 2015-02-15]. Dostupné z: <http://www.atlas.d-waste.com/>
- [54] World Health Organization: *Polychlorinated dibenzodioxins and dibenzofurans* [online]. 2000 [cit. 2015-03-12]. [http://www.euro.who.int/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0017/123065/AQG2ndEd\\_5\\_11\\_PCDDPCDF.pdf](http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0017/123065/AQG2ndEd_5_11_PCDDPCDF.pdf)
- [55] ZEVO Cheb: *Energie pro budoucnost* [online]. 2015 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.zevo-cheb.cz/>
- [56] ZEVO Chotíkov: *Zařízení pro energetické využití odpadů* [online]. 2015 [cit. 2015-03-02]. Dostupné z: <http://www.spalovna.info/>

## SEZNAM TABULEK A GRAFŮ

Graf 1: Produkce komunálních odpadů v EU na obyvatele.....	13
Graf 2: Celková produkce odpadů v ČR 2009-2013 .....	14
Graf 3: Struktura celkové produkce odpadů v ČR 2013.....	15
Graf 4: Celková produkce komunálních odpadů v ČR 2009-2013 .....	15
Graf 5: Nakládání s komunálními odpady v ČR 2009-2013 .....	16
Graf 6: Produkce KO v České republice a EU 2004-2013 .....	16
Graf 7: Skládkování KO v České republice a EU 2004-2013 .....	17
Graf 8: Spalování KO v České republice a EU 2004-2013 .....	18
Graf 9: Celková produkce odpadů v Karlovarském kraji 2003-2013.....	32
Graf 10: Produkce komunálních odpadů v Karlovarském kraji 2003-2013.....	33
Graf 11: Podíl skládkovaných SKO v Karlovarském kraji.....	34
Graf 12: Produkce SKO v okrese Karlovy Vary .....	38
Graf 13: Účinnost ZEVO v závislosti na typu výstupní energie .....	53
Graf 14: Dodávka tepelné energie pro Karlovy Vary.....	61
Graf 15: Dodávka tepelné energie pro Karlovy Vary a Ostrov .....	62
Graf 16: Vliv ZEVO 20 kt/rok na produkci odpadů v Karlových Varech .....	63
Graf 17: BRKO v Karlovarském kraji na obyvatele za rok.....	64
Tabulka 1: Technické parametry českých ZEVO.....	23
Tabulka 2: Množství ZEVO na obyvatele ve vybraných státech EU .....	27
Tabulka 3: Podíl vybraných složek komunálních odpadů .....	34
Tabulka 4: Skládky KO v Karlovarském kraji .....	35
Tabulka 5: Elementární rozbor SKO .....	39
Tabulka 6: Výhřevnost vybraných surovin.....	43

Tabulka 7: Provozní parametry předepsané vyhláškou č. 354/2002 Sb. ....	50
Tabulka 8: Koncentrace škodlivin dle stupňů čištění .....	59
Tabulka 9: Porovnání emisních limitů ZEVO s uhlím a plynem .....	65
Tabulka 10: Srovnání předpokládaných emisí se skutečnými v Karlových Varech .....	67
Tabulka 11: SWOT analýza.....	68
Obrázek 1: Skládkování komunálního odpadu v EU.....	12
Obrázek 2: ZEVO Malešice Pražské služby, a.s. ....	20
Obrázek 3: ZEVO Brno SAKO, a.s. ....	21
Obrázek 4: ZEVO Liberec Termizo, a.s. ....	22
Obrázek 5: ZEVO Chotíkov .....	24
Obrázek 6: Zařízení na energetické zpracování odpadů, Švýcarsko .....	29
Obrázek 7: Administrativní členění Karlovarského kraje .....	31
Obrázek 8: Možné rozmístění nových ZEVO .....	36
Obrázek 9: Princip mechanicko – biologické úpravy.....	46
Obrázek 10: 4D filtrace.....	50
Obrázek 11: Dodávka tepla do Pražské teplárenské soustavy .....	52
Obrázek 12: Klasická koncepce malých jednotek ZEVO 10-30 kt/rok.....	56
Obrázek 13: Jeřábový drapák .....	57
Obrázek 14: Princip posuvného roštu .....	58
Obrázek 15: Škvára ze spalovacího procesu.....	60

## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

BAT .....	Best Available Techniques
BREF .....	Reference Document on Best Available Techniques
BRKO .....	Biologicky rozložitelný komunální odpad
Cd.....	Kadmium
CEWEP.....	Confederation of European Waste-to-Energy Plants
CHMÚ .....	Český hydrometeorologický ústav
CO .....	Oxid uhelnatý
CO <sub>2</sub> .....	Oxid uhličitý
ČR .....	Česká republika
CZT .....	Centrální zásobování teplem
ČSÚ.....	Český statistický úřad
EU .....	Evropská Unie
EVO .....	Energetické využití odpadů
HCl.....	Chlorovodík
HF .....	Fluorovodík
Hg.....	Rtuť
ISOH .....	Informační systém odpadového hospodářství
KO.....	Komunální odpad
MBÚ .....	Mechanicko-biologická úprava
MPO.....	Ministerstvo průmyslu a obchodu
NO.....	Nebezpečný odpad
NO <sub>x</sub> .....	Oxidy dusíku
OO.....	Objemný odpad



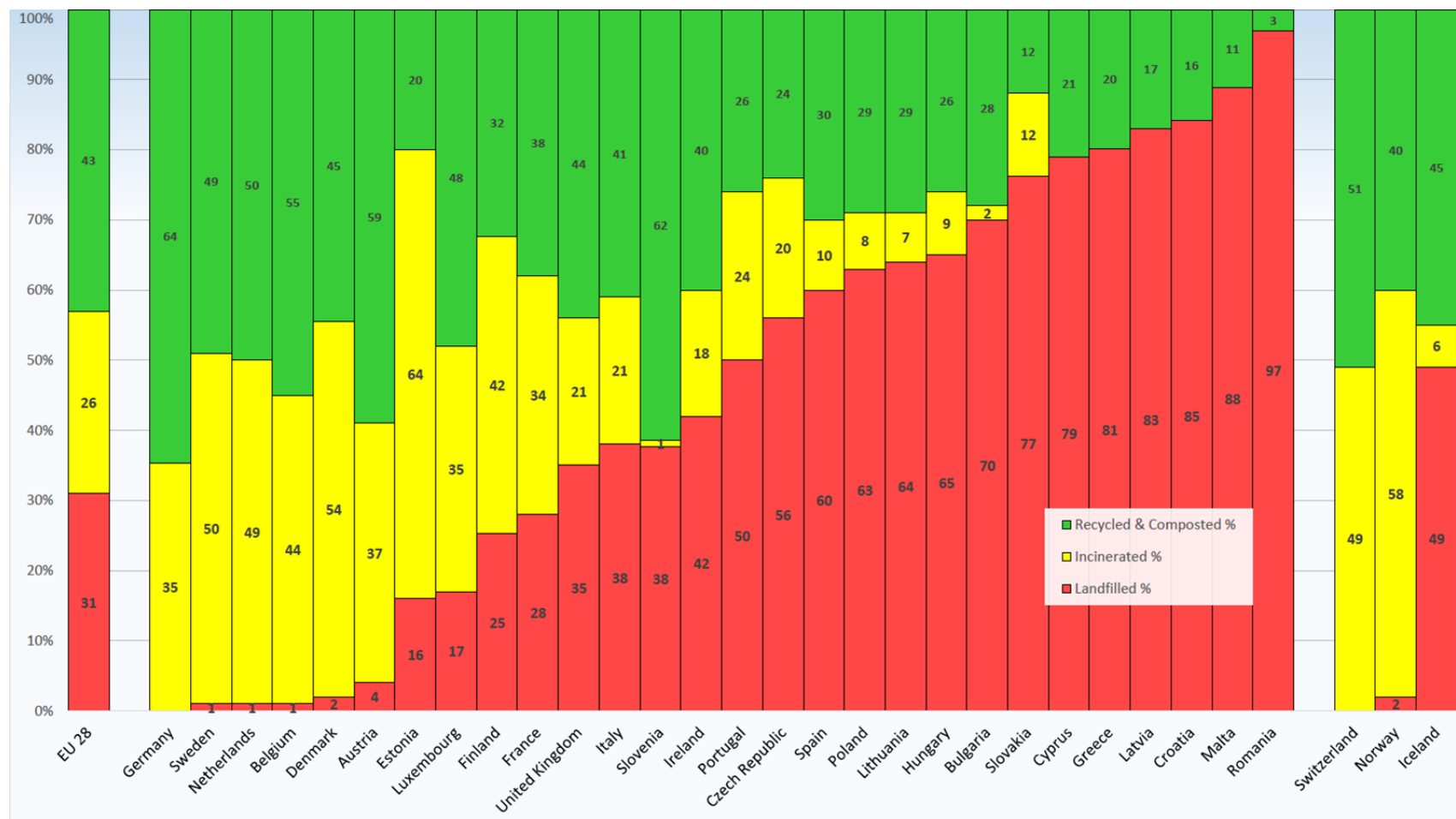
PCDD/PCDF	.....	Polychlorované dibenzo-p-dioxiny/dibenzofurany
POH	.....	Plán odpadového hospodářství
PVC	.....	Polyvinylchlorid
R1	.....	Kritérium Energy Efficiency
SCR	.....	Selektivní katalytická redukce
SNCR	.....	Selektivní nekatalytická redukce
SKO	.....	Směsný komunální odpad
SO <sub>2</sub>	.....	Oxid siřičitý
Tl	.....	Thallium
TOC	.....	Celkový organický uhlík
TZL	.....	Tuhé znečišťující látky
WTE	.....	Waste to energy
ZEVO	.....	Zařízení na energetické využívání odpadů
kt	.....	Kilotuna (10 <sup>3</sup> tun)
mg	.....	Miligram (10 <sup>-3</sup> gramů)
μg	.....	Mikrogram (10 <sup>-6</sup> gramů)
ng	.....	Nanogram (10 <sup>-9</sup> gramů)
pg	.....	Pikogram (10 <sup>-12</sup> gramů)
MJ	.....	Megajoule (10 <sup>6</sup> joule)
TJ	.....	Terajoule (10 <sup>12</sup> joule)
MW	.....	Megawatt (10 <sup>6</sup> watt)
TW	.....	Terawatt (10 <sup>12</sup> watt)

## SEZNAM PŘÍLOH

### Obsah příloh:

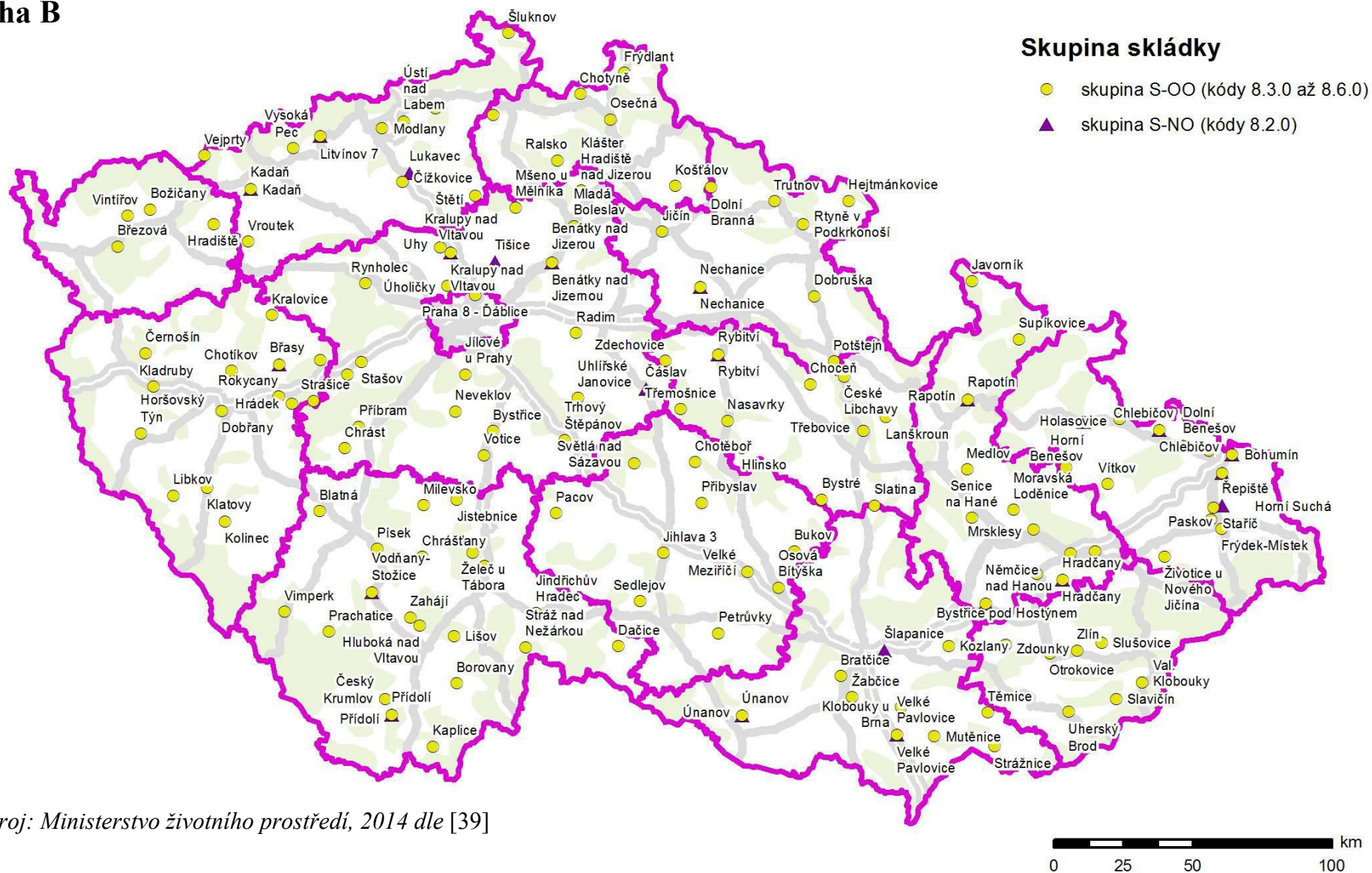
PŘÍLOHA A .....	1
PŘÍLOHA B .....	2
PŘÍLOHA C .....	3

# Příloha A



Zdroj: Confederation of European Waste-to-Energy Plants, 2013 dle [7]

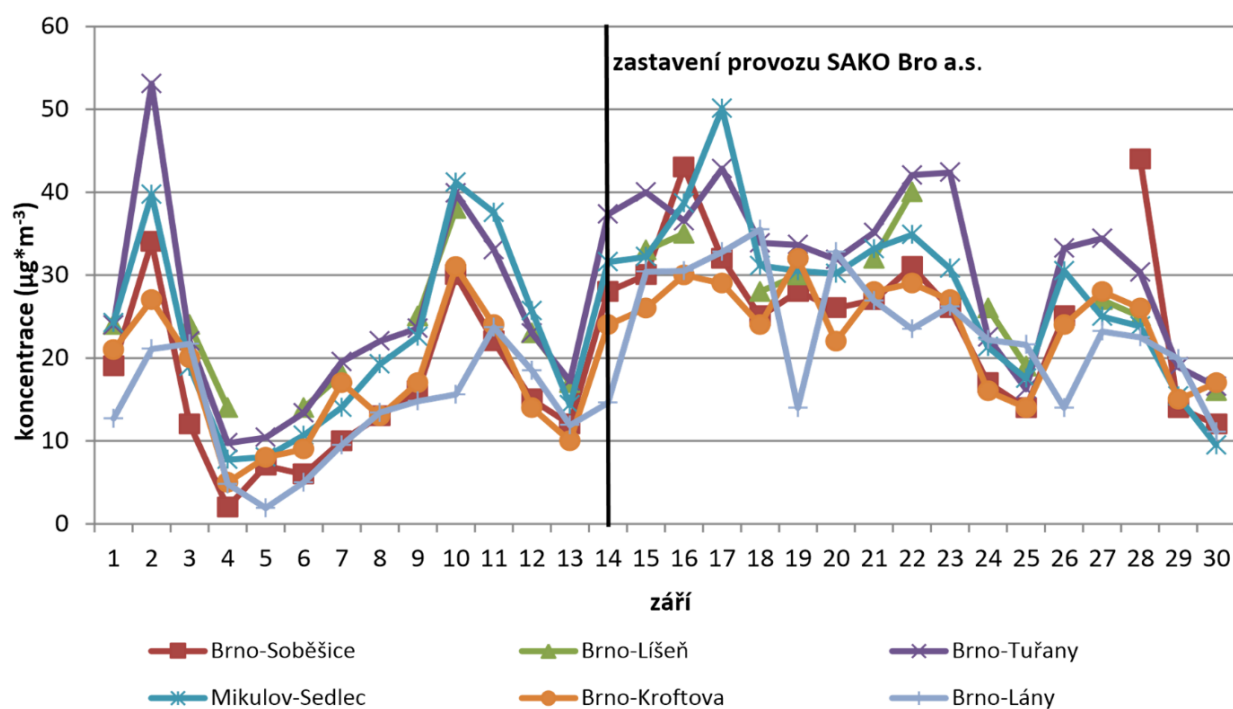
## Příloha B



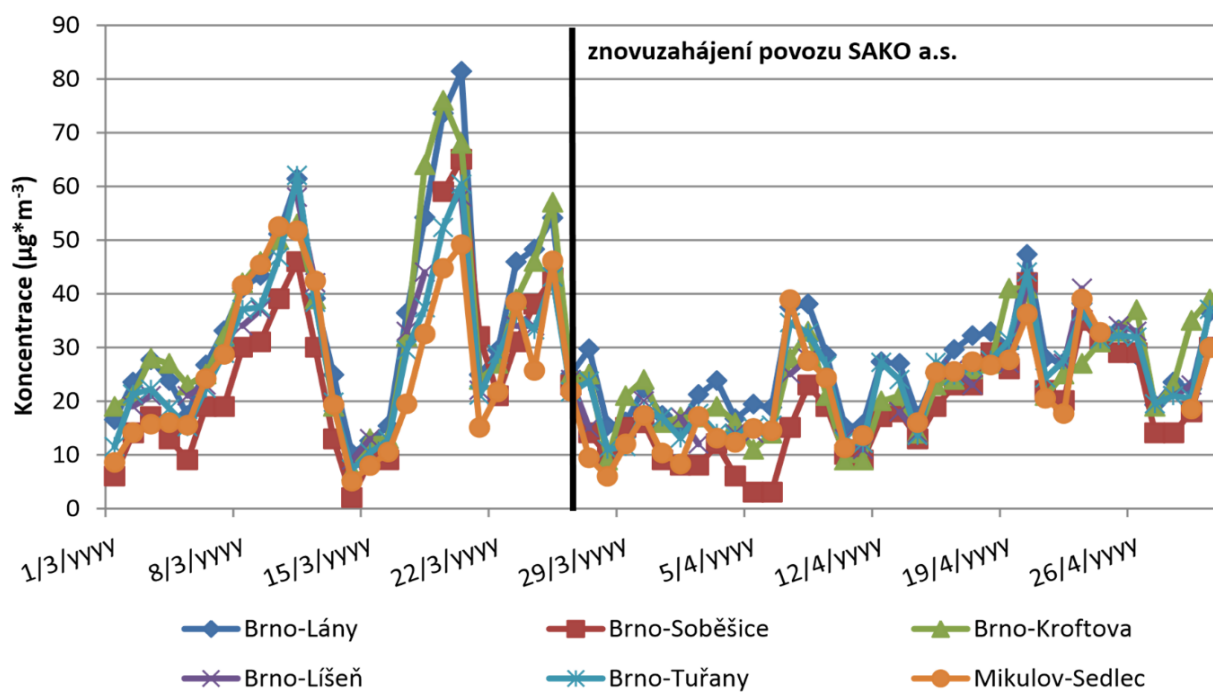
Zdroj: Ministerstvo životního prostředí, 2014 dle [39]

## Příloha C

### Vývoj průměrných 24hodinových koncentrací PM<sub>10</sub> v září 2009



### Průměrné 24hodinové koncentrace PM<sub>10</sub> v březnu a dubnu 2010



Zdroj: Český hydrometeorologický ústav, 2011 dle [12]