

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky a ekologie**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Energetické využívání odpadu**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Pavel HOSPR**  
Osobní číslo: **E09B0469P**  
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**  
Studijní obor: **Technická ekologie**  
Název tématu: **Energetické využívání odpadů**  
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 v energetickém využívání odpadů, jeho bariéry a rozvoj.
2. Vysvětlete základní principy a rozdíly mezi zařízeními na energetické využívání odpadů (ZEVO) a spalovnou jako zařízeními na odstraňování nebezpečných odpadů.
3. Popište technologie pro energetické využívání odpadů a spoluspalování vytříděných a upravených odpadů.
4. Navrhněte optimální technologii pro ZEVO.

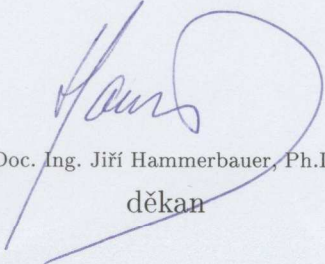


Rozsah grafických prací: **podle doporučení vedoucího**  
Rozsah pracovní zprávy: **20 - 30 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

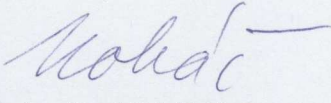
**Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.**

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

Datum zadání bakalářské práce: **17. října 2011**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **3. června 2012**

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



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

V Plzni dne 17. října 2011

## **Abstrakt**

První část této práce popisuje problémy v energetickém využívání odpadů, pojednává o současných bariérách v tomto odvětví a jakým způsobem se vyvíjí situace v České republice oproti zbytku Evropské unie. Dále řeší technologie a technologické procesy používané v zařízeních na energetické zpracování odpadu a druhy technologií vhodné pro budování nových zařízení.

## **Klíčová slova**

spalovna, odpad, ohniště, palivo, energie, filtr, emise, technologie, čištění, kapacita

**Abstract**

The first part of this work describes problems of energetical use of waste and barriers in this branch. How is the situation in Czech republic in compare with the rest of Europe. Next theme is the technology and technological processes used in the facilities for energetical use of waste and the kinds of technology suitable for construct of new facilities.

**Key words**

incinerator, waste, furnace, fuel, energy, filter, emission, technology, cleaning, capacity

## **Prohlášení**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

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

V Plzni dne 7.6.2012

Jméno příjmení

Pavel Hospr

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu bakalářské práce Mgr. Eduardu Ščerbovi, Ph.D. za poskytnuté materiály, cenné rady, připomínky a dobré vedení práce. Dále bych rád poděkoval všem, kteří mě podpořili při psaní této práce, především rodině, která se mnou neztratila trpělivost.

## Obsah

ÚVOD.....	9
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	10
<b>1 ODPAD A JEHO HISTORIE, ENERGETICKÉ VYUŽITÍ, SITUACE V ZEMÍCH EVROPY .....</b>	<b>11</b>
1.1 HISTORIE ZACHÁZENÍ S ODPADEM A PRVNÍ VYUŽITÍ SPALOVÁNÍ ODPADŮ.....	11
1.2 HISTORIE ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ ODPADŮ V ČESKÉ REPUBLICE .....	12
1.2.1 <i>Spalovny na území České republiky</i> .....	14
1.3 SOUČASNÉ ENERGETICKÉ VYUŽITÍ ODPADŮ U NÁS A VE SVĚTĚ .....	14
1.3.1 <i>Situace v České Republice</i> .....	14
1.3.2 <i>Situace ve světě</i> .....	17
<b>2 ZAŘÍZENÍ NA ODSTRAŇOVÁNÍ A ENERGETICKÉ VYUŽÍVÁNÍ ODPADU .....</b>	<b>19</b>
2.1 SPALOVNA ODPADŮ - PRO ODSTRAŇOVÁNÍ ODPADŮ .....	19
2.2 ZAŘÍZENÍ NA ENERGETICKÉ VYUŽÍVÁNÍ ODPADŮ .....	21
2.3 POROVNÁNÍ SPALOVNY ODPADŮ PRO ODSTRAŇOVÁNÍ ODPADŮ A ZAŘÍZENÍ NA ENERGETICKÉ VYUŽÍVÁNÍ ODPADŮ .....	23
<b>3 TECHNOLOGIE A ZAŘÍZENÍ.....</b>	<b>23</b>
3.1 PALIVO.....	24
3.1.1 <i>Palivo z pohledu energetického využití</i> .....	24
3.1.2 <i>Odpad jako energetické palivo</i> .....	24
3.2 TECHNOLOGIE PRO SPALOVÁNÍ.....	26
3.2.1 <i>Roštové ohniště</i> .....	27
3.2.2 <i>Pyrolýza</i> .....	28
3.2.3 <i>Plazma</i> .....	30
3.2.4 <i>Technologie mechanicko biologické úpravy</i> .....	31
3.3 KONCOVÉ TECHNOLOGIE NA ZACHYCOVÁNÍ ŠKODLIVÝCH LÁTEK DO OVZDUŠÍ .....	33
3.3.1 <i>Dioxiny a furany</i> .....	34
3.3.2 <i>Oxidy dusíku (NOx)</i> .....	36
3.3.3 <i>Zachytávání popílku a škváry</i> .....	36
3.4 KONCOVÉ TECHNOLOGIE NA ZACHYCOVÁNÍ ŠKODLIVÝCH LÁTEK DO VOD .....	37
3.5 VYUŽITÍ TEPELNÉ ENERGIE .....	39
<b>4 OPTIMÁLNÍ TECHNOLOGIE PRO ZEVO .....</b>	<b>40</b>
4.1 HIERARCHIE NAKLÁDÁNÍ S ODPADEM .....	40
4.2 ZKOUMÁNÍ STAVU V DANÉM REGIONU .....	40
4.2.1 <i>Odpad</i> .....	41
4.2.2 <i>Lokalita</i> .....	41
4.2.3 <i>Logistika</i> .....	41
4.3 VÝBĚR VHODNÉ TECHNOLOGIE .....	42
<b>5 NÁVRH ZEVO.....</b>	<b>43</b>
<b>6 ZÁVĚR.....</b>	<b>46</b>
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ .....	47
SEZNAM OBRÁZKŮ .....	51
SEZNAM TABULEK .....	51
SEZNAM GRAFŮ .....	51
PŘÍLOHY .....	52



## Úvod

Téma této bakalářské práce se jmenuje Energetické využívání odpadů. Vybral jsem si toho téma z několika důvodů. První důvod je, že problematika energetického využívání odpadů není jen aktuální téma, ale i věc, kterou by se mělo lidstvo zabývat do vzdálenější budoucnosti. Dalším důvodem je všeobecná neznalost byť jen základní problematiky spalování odpadů, a s tím spojené předsudky k tomuto nakládání s odpady. V neposlední řadě je to téma, které je spojené s každodenním životem a ovlivňuje nebo nás v budoucnosti ovlivní všechny.

V této práci bych se rád srozumitelnou formou věnoval nejdříve odpadům jako celku. Poté budu analyzovat problematiku likvidace odpadů pomocí spaloven a v zařízeních, které využívají odpady jako palivo pro výrobu energie (ZEVO). Budu se zabývat i porovnáním spaloven a zařízení na energetické využití odpadů. Také bych se rád věnoval technologiím, které využívají spalovny odpadů a jejich dopadu na životní prostředí. Na závěr celé práce je navržené možné sestavení technologií v zařízení na energetické zpracování odpadu.

## Seznam symbolů a zkratek

ZEVO.....	zařízení na energetické využívání odpadů
BRKO.....	biologicky rozložitelná část komunálního odpadu
TKO.....	tuhý komunální odpad
SKO.....	směsný komunální odpad
KO.....	komunální odpad
MBÚ.....	mechanicko biologická úprava
PCDD/PCDF.....	polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany
NO <sub>x</sub> .....	oxidy dusíku
SNCR.....	selektivní nekatalycká redukce
SCR .....	selektivní katalycká redukce
TiO <sub>2</sub> .....	oxid titaničitý
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> .....	oxid vanadičný
WO <sub>3</sub> .....	oxid wolframový
NH <sub>4</sub> OH.....	hydroxidu amonný
NH <sub>2</sub> CONH <sub>2</sub> .....	močovina
LTO.....	lehký topný olej
CO.....	oxid uhelnatý
CO <sub>2</sub> .....	oxid uhličitý
SO <sub>2</sub> .....	oxid siřičitý

# 1 Odpad a jeho historie, energetické využití, situace v zemích Evropy

**Definice slova odpad:** Odpad je definován jako movitá věc, které se člověk zbavuje nebo má úmysl či povinnost se jí zbavit a přísluší do některé ze skupin odpadů v katalogu odpadů. Definice je dále upřesněna legislativou a směrnicemi, které jsou v každém státě jiné.

## 1.1 Historie zacházení s odpadem a první využití spalování odpadů

Odpad je nedílnou součástí lidské existence již od doby, kdy lidé začali chodit po Zemi. V té době člověk s odpadem neměl žádný problém hlavně proto, že veškerý vyprodukovaný odpad byl čistě přírodního původu. Z toho plyne, že odpad vyprodukovaný člověkem se jednoduše rozložil a vrátil do koloběhu přírody. [1]

První problémy s odpady nastaly, až když se lidé začali sdružovat ve větších skupinách na jednom místě. Tím, že lidé byli ve větším počtu na jednom místě, se pevné odpady začaly hromadit a nestíhaly se rozkládat. Už v této době jsou první zmínky o spalování odpadu. Ve starém Jeruzalémě se hromady odpadů odnášely na skládku. Odpady, které bylo možné kompostovat, využívali lidé k zemědělství a ty, které šlo spalovat, spalovali v neustále udržovaném ohni.

Poté, co zanikly starověké civilizace, které měly odpadové hospodářství na tehdejší dobu velice vyspělé, nastala doba, kdy se s odpady nakládalo neuváženě. K prvnímu zdárnému kroku došlo až v polovině 19. století, kdy vypukla epidemie cholery zapříčiněná velmi špatnou hygienou ve městech. Tato epidemie dohnala vědce ke zkoumání příčin. Ze studie vyplynulo, že nedostatečně vyřešené odpadové hospodářství situaci velmi zhoršuje. V této době začalo efektivní budování odpadové sítě. Pevné odpady začaly být odváženy na skládky a pro splašky se vyvíjely kanalizační sítě.

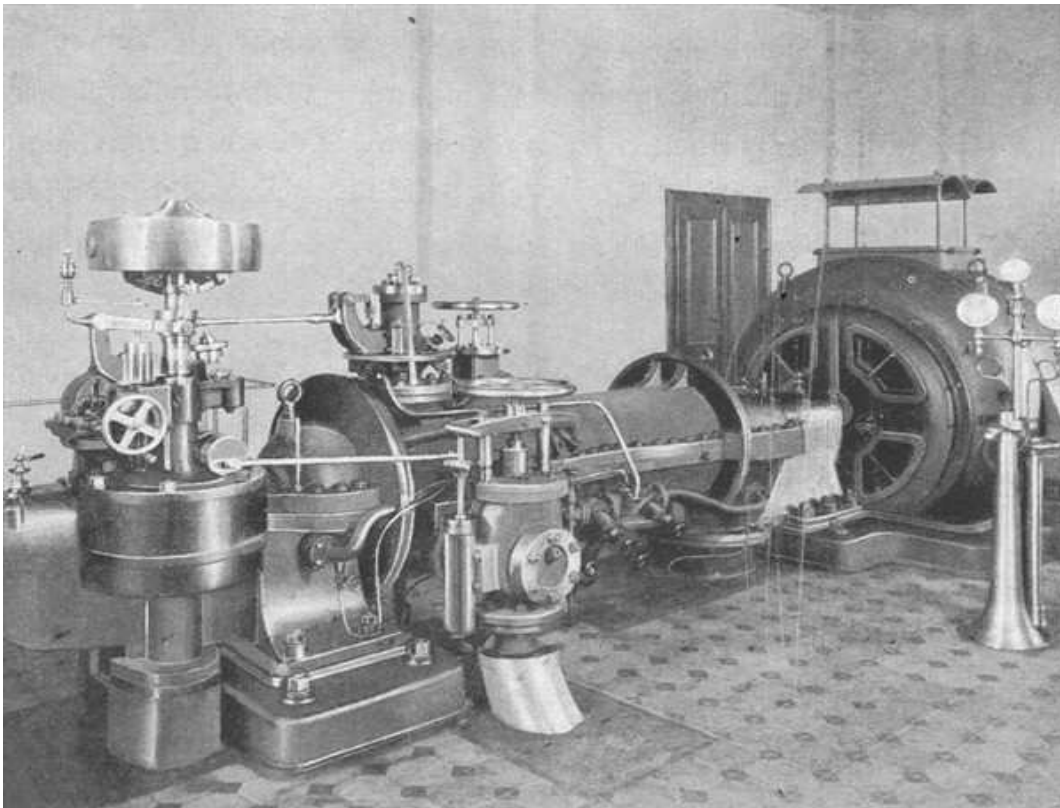
Kolem roku 1870 začaly mít skládky nedostatek kapacity. Z toho důvodu se začalo řešit, jakým způsobem by se odpady daly redukovat. Vhodným řešením bylo spalování odpadů, což velmi zmenšuje jeho objem. Od této doby se začaly stavět spalovny odpadů hlavně ve Velké Británii, Německu a Švýcarsku. V roce 1905 se postavila i první spalovna u nás. Spalovna byla postavena v Brně a sloužila až do roku 1941.

V současnosti je situace kolem odpadového hospodářství s historií nesrovnatelná. Existuje mnoho zákonů, jak má odpadové hospodářství vypadat a jakým způsobem se má nakládat s odpady. Odpad se třídí na využitelné a nevyužitelné složky a poměrná část odpadů se recykluje. Spalování odpadu už se nepoužívá pro zmenšování jeho objemu, ale snažíme se využívat energii spalovacího procesu k dalšímu použití. V České republice jsou v současnosti takové zařízení 3. Tato zařízení používají jako palivo zbytek komunálního odpadu, který zůstane po vytrídění recyklovatelných složek a vyrábějí elektrickou energii a teplo. [2]

## 1.2 Historie energetického využívání odpadů v České republice

Vůbec první spalovnou odpadu na našem území, která využívala energii získanou ze spalování komunálního odpadu, byla spalovna v Brně. Stavěla se v letech 1904 – 1905 a využívala spalování odpadů k výrobě elektrické energie. Spalovací pec měla tehdy 7 spalovacích komor, které zahřívaly parní kotel. Za parním kotlem byla zařazena Parsonova turbína o výkonu 300kW, která byla přímo napojena na trojfázový generátor o výkonu až 200kW.

Obr. 1 Parsonova turbína s turbogenerátorem [10]



Dříve než se odpad dostal ke spalovacímu roštu, se musely větší části drtit mezi drtícími válci. Nadrcený odpad se poté skladoval v zásobnících, které mohly zásobovat spalovací komory až na 2 dny. Ze zásobníku se odpad musel přemístit na podavač. Tuto funkci měli na starosti dělníci s lopatami, kteří odpad pohazovali na podavač a ten pak odpad dopravil až na spalovací rošt. Tímto způsobem byla spalovna schopna spálit až 27 tun odpadu denně. [3]

Další spalovna odpadu vystavěna na našem území v roce 1930 - 1933 byla spalovna v Praze. Spalovna byla umístěna do průmyslové části ve Vysočanech, kde mohla dodávat páru i elektřinu okolním podnikům. Odpady zde byly i tříděny a až po vytřídění se mohly dopravit do spalovacích baterií. Spalovna měla instalované dva kotle, každý o kapacitě 200 tun odpadu/den. Pára vyrobená spalovacím procesem se dodávala okolním podnikům a vlastní elektrárně, která měla dva turbogenerátory, každý o výkonu 5MW. Spalovna byla uzavřena roku 1997.

Kolem roku 1966 byly vyhodnocovány jednotlivé studie o efektivitě spalovacích systémů. Jako nejvýhodnější byl vybrán systém spalování TKO na šikmém válcovém roštu VKW Düsseldorf se šesti válci. V té době byl u nás dodavatelem velkých spaloven s energetickým využitím ČKD DUKLA s. p. V roce 1975 začala první výstavba spalovny s použitím této technologie v Berlíně. Poté následovala výstavba spaloven po celé Evropě. [4]

Tab. 1 Přehled spaloven tuhého komunálního odpadu realizovaných ČKD DUKLA [1t]

Lokalita	Výkon(t/h)	Rok
Berlín	2x15	1975
Bratislava	3x12	1978
Budapešť	4x15	1981
Charkov	3x15	1984
Sevastopol	2x15	1984
Soči	2x15	1985
Murmansk	2x15	1986
Pjatigorsk	2x15	1987
Kyjev	4x15	1988
<b>Brno</b>	3x15	1989
Košice	2x10	1989
Dněpropetrovsk	4x15	1993
<b>Praha - Malešice</b>	4x15	1998

### 1.2.1 Spalovny na území České republiky

V České republice jsou v současnosti 3 zařízení na energetické využívání odpadu, dále jen ZEVO, jejichž společná kapacita je přibližně 650 tisíc tun odpadu ročně.

Nejstarší velká spalovna je spalovna v Brně, která byla vybudována v letech 1984 - 1989. V Brně byly osazeny 3 parní kotle od společnosti ČKD DUKLA, každý o výkonu 15 t/h. Maximální kapacita spalovny činila 240 tisíc tun odpadu ročně, avšak plná provozní kapacita nebyla využívána. Nejvíce odpadů spálila v roce 1997, a to 174 127 tun. Od roku 1998 je zde také vyráběna elektřina.

V roce 1998 bylo v Praze postaveno ZEVO Malešice. Byly osazeny 4 parní kotle od společnosti ČKD DUKLA, každý o výkonu 15 tun odpadu za hodinu. Kapacita spalovny po uvedení do provozu byla spálení 310 tisíc tun odpadu ročně. Za pomoci spálení tohoto množství odpadů se získá 1000 TJ tepelné a 62 GWh elektrické energie. [5]

Poslední ZEVO u nás stojí v Liberci. Do provozu bylo uvedeno v roce 1999. Statistiky z roku 2009 říkají, že bylo energeticky využito 97 tisíc tun odpadů a do topného systému se dostalo 732 TJ tepla. Zařízení také dodalo do elektrické sítě 8,9 GWh elektřiny. [6]

## 1.3 Současné energetické využití odpadů u nás a ve světě

### 1.3.1 Situace v České Republice

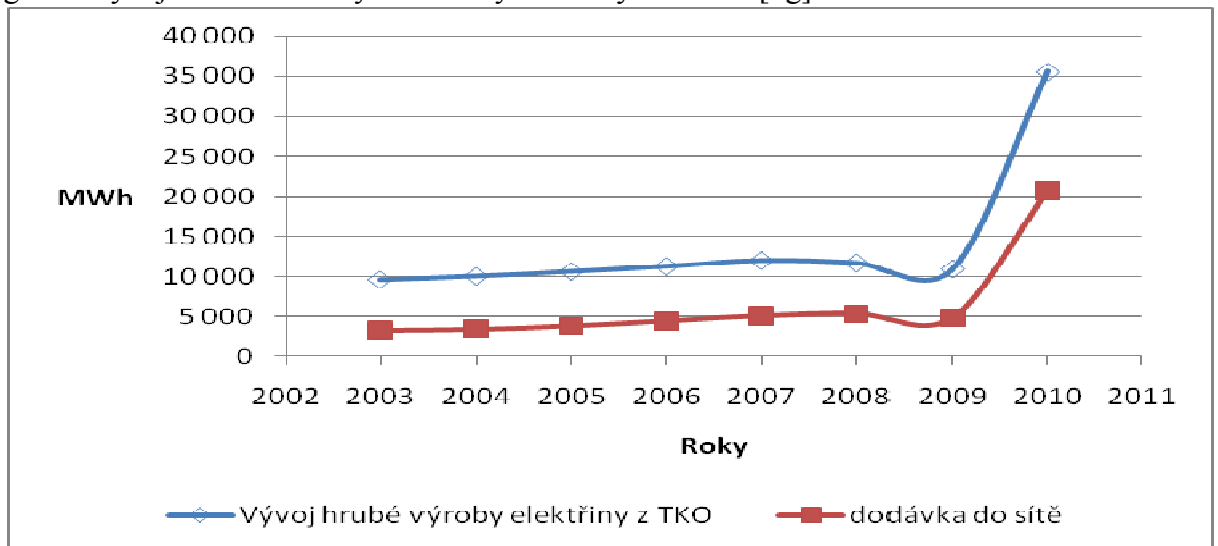
Jistým milníkem v energetickém využívání odpadu v České republice je rok 2010. V tomto roce prudce stouplo množství vyrobené hrubé elektrické energie spalovnami odpadů. Tento prudký nárůst je zapříčiněn hlavně modernizací našich dvou největších zařízení v Praze a v Brně.

Tab. 2 Vývoj hrubé elektřiny a dodávky elektřiny vyrobené z BRKO do sítě [2t]

Rok	Hrubá výroba elektřiny [MWh]	Dodávka do sítě [MWh]
2003	9 588	3 266
2004	10 031	3 421
2005	10 621	3 826
2006	11 264	4 436
2007	11 975	5 074
2008	11 684	5 348
2009	10 937	4 897
<b>2010</b>	<b>35 586</b>	<b>20 645</b>

V tabulce a v následujícím grafu můžeme vidět, jakým způsobem modernizace našich dvou největších ZEVO, ovlivnila výrobu elektrické energie.

graf 1 Vývoj hrubé elektřiny a dodávky elektřiny z BRKO [1g]



Ohledně nakládání s TKO v současné České republice by se dalo napsat, že situace poměrně stagnuje. V porovnání k ostatním vyspělým zemím okolo nás jsme stále ještě neudělali žádný významný pokrok.

Jedním z motorů pohánějícím toto odvětví jsou směrnice vydávané Evropskou komisí. Jedna ze směrnic upřesňující jakým způsobem by se mělo vyvíjet nakládání s odpady v Evropě je směrnice číslo 99/31/ES. V této směrnici je jednoznačně energetické využití odpadů preferováno před jeho skládkováním. Následující tabulka ukazuje, jakým způsobem by se měla vyvíjet situace v České republice.

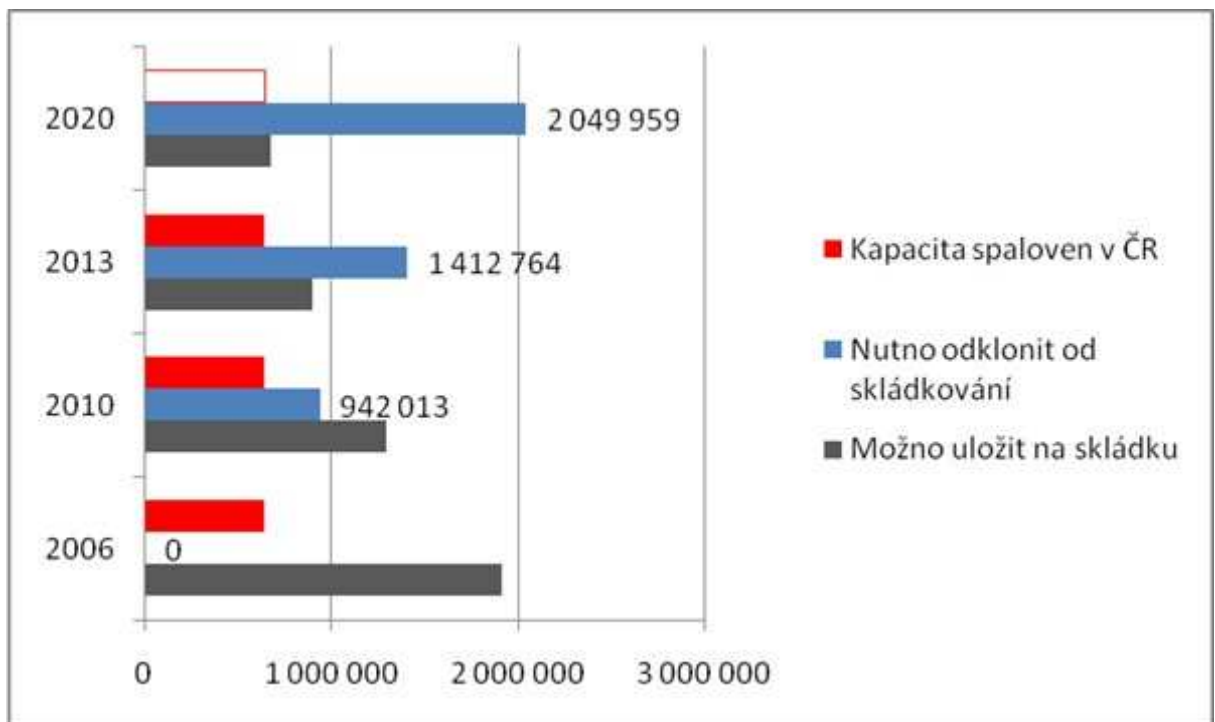
Tab. 3 Bilance směšného komunálního odpadu ve vztahu ke Směrnici 99/31/ES (t/rok) [3t]

Základní bilance	2006	2010	2013	2020
Produkce SKO*	2 208 034	2 243 465	2 318 923	2 726 380
Nutno odklonit od skládkování		942 013	1 412 764	2 049 959
Možno uložit na skládku	1 920 990	1 301 452	906 159	676 421

\* po vyřídění materiálově využitelných složek a bioodpadu.

Dodržování této směrnice má nasměrovat nakládání s komunálním odpadem na správnou cestu. V současnosti Česká republika nemá dostatečně vyhovující kapacity zařízení na energetické využití odpadu, z čehož vyplývá, že nebudeme schopni dostát dodržení závazku směrnice 99/31/ES. Z grafu můžeme vyčíst, že v roce 2013 už bude deficit v kapacitách ZEVO okolo 750 tisíc tun ročně.

graf 2 Jak nakládat se SKO v závislosti na závazky Směrnice 31/99/ES (t/rok) [2g]



Pozitivní zpráva se týká připravovaných projektů na výstavbu nových ZEVO. První z nich je projekt spalovny KIC Odpady. Toto zařízení na energetické využívání odpadů by mělo stát v Moravskoslezském kraji. Vize společnosti KIC Odpady je kapacita zařízení 180 000 t/rok, získané teplo ve výši 1 136 000 GJ/rok a elektřinu 23 000 MWh/rok. [7]



Druhým velmi očekávaným projektem je projekt Plzeňské teplárenské a.s.. Jedná se o zařízení ZEVO, které by mělo stát nedaleko města Chotíkov u Plzně. Zařízení bude mít kapacitu 100 000 tun odpadů za rok. Tepla by se mělo v Chotíkovské spalovně vyrobit 22,1 MW a elektrické energie 45 064 MWh/rok. Elektrická energie dodávaná do sítě by měla být přibližně 22 408 MWh/rok. Jednou z nesporných výhod tohoto zařízení je i jeho umístění. Stavba ZEVO bude stát hned nedaleko velké Chotíkovské skládky odpadů.

Díky těmto projektům se můžeme více přiblížit situaci nastavené v Evropské unii. [8]

V následujících tabulkách je vidět, jaká je současná kapacita a jaká bude kapacita připravovaných spaloven KO.

Tab. 4 Současný stav kapacit spaloven KO v ČR [4t]

Název a lokalita	Přepokládaná kapacita v roce 2011 v tisících tunách
ZEVO – Praha Malešice	310
TERMIZO, a. s., Liberec	100
SAKO Brno, a. s.	224

Tab. 5 Kapacitní stav připravovaných spaloven KO [5t]

Název a lokalita	Odhadovaná kapacita v tisících tunách za rok
Krajské integrované centrum – Integrovaný systém nakládání s komunálními odpady v Moravskoslezském kraji	192
Integrovaný systém nakládání s komunálními odpady v Plzeňském kraji	100
Integrovaný systém nakládání s odpady v kraji Vysočina	100

### 1.3.2 Situace ve světě

Na celém světě existují extrémní rozdíly jak v myšlence, tak v jejím uskutečňování na poli energetického využívání odpadů. Rád bych se tedy zaměřil na naše nejbližší okolí, abychom měli nejlepší porovnání. V Evropě stejně jako ve světě také existují velké rozdíly.

Když se zaměříme na země východně od našich hranic, tak narazíme na jeden extrém, a to je Bulharsko. V Bulharsku se neprovádí ani třídění odpadu, ani jeho energetické zpracování. Veškerý odpad je jednoduše skládkován.

Na druhé straně pomyslného extrému je Švýcarsko. Ve Švýcarsku existuje od roku 2000 zákon, který veškeré skládkování komunálního odpadu zakazuje. V zemi je 51 % komunálního odpadu recyklováno, tříděno nebo kompostováno a zbylých 49 % energeticky využito v ZEVO.

Pro přehled o hospodaření s komunálním odpadem v Evropě poslouží následující graf.

graf 3 Využití komunálního odpadu v zemích Evropy [3g]



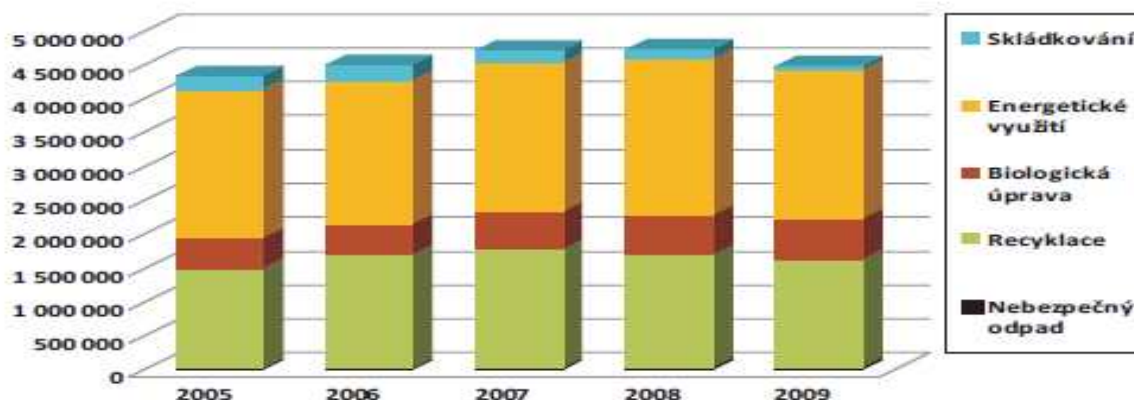
Na grafu můžeme přehledně vidět porovnání v množství skládkovaného, recyklovaného a energeticky využívaného odpadu. Česká republika má stále ještě převažující množství skládkovaného odpadu oproti využívanému.

Švédsko je další zemí v Evropě, která dělá v tomto odvětví velké pokroky. Je to země, která si zakládá na svém dobrém vztahu k životnímu prostředí. V roce 2009 se ve Švédsku vyprodukovalo 4 485 600 tun odpadu, což odpovídá 480,2 kg odpadu na osobu za jeden rok.

Pro porovnání v roce 2009 to v České republice bylo 3 310 000 tun odpadu, což je 315 kg odpadu na osobu ročně.

Na přiloženém grafu můžete vidět, jakým způsobem se ve Švédsku hospodaří s komunálním odpadem. [9]

graf 4 Nakládání s komunálním odpadem ve Švédsku v roce 2005 - 2009 [4g]



Množství energie vyprodukované KO ve Švédsku je zachycena v následující tabulce.

**Tab. 6** Objem energie získané z energetického využití odpadu ve Švédsku v MWh/rok [6t]

Energie [MWh/rok]	2005	2006	2007	2008	2009
Teplo	10 168 190	10 270 290	12 151 270	12 196 620	12 284 420
Elektrina	943 270	1 187 390	1 482 750	1 527 600	1 647 850
<b>Celkem</b>	<b>11 111 460</b>	<b>11 457 680</b>	<b>13 634 020</b>	<b>13 724 220</b>	<b>13 932 270</b>

Jen pro zajímavost, pokud by byl stejný objem energie vyroben čistě z hnědého uhlí, znamenalo by to spálení 5,5 milionu tun hnědého uhlí.

## 2 Zařízení na odstraňování a energetické využívání odpadu

Mezi moderní spalovnou odpadu, která slouží pro odstraňování nebezpečného odpadu a spalovnou odpadu, která využívá spalování odpadu i pro výrobu energie je několik rozdílů. Mezi širokou veřejností jsou bohužel tato dvě zařízení brána jako totožná. Následující kapitola popisuje rozdíly mezi těmito dvěma zařízeními.

### 2.1 Spalovna odpadů - pro odstraňování odpadů

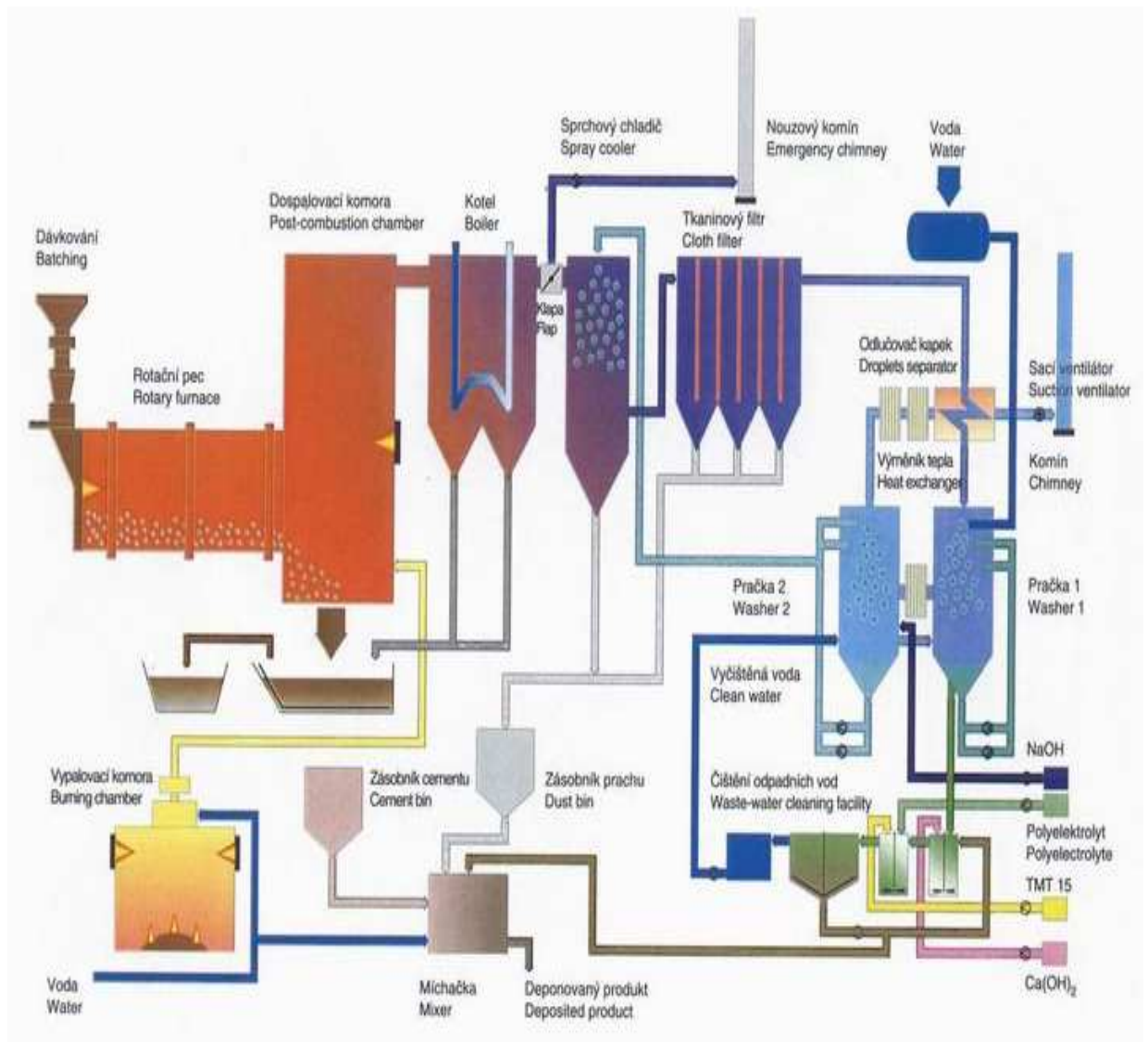
Spalovny odpadů vznikaly už v dávné minulosti. Jejich hlavním a jediným cílem bylo co nejvíce redukovat objem odpadu, který se nedokázal už nijak využívat. Kromě redukce odpadu se spalovny velmi využívaly i k likvidaci nebezpečného odpadu, který v minulosti byl tvořen hlavně při epidemiích moru a jiných infekčních onemocnění.

Princip spaloven odpadu zůstal stejný i v současnosti. Hlavním rozdílem od minulosti je, že se současné spalovny odpadů zaměřují na likvidaci nebezpečných částí odpadů. Redukce objemu odpadu je u současných spaloven nebezpečného odpadu jen druhotná věc.

Nebezpečný odpad ničený spalovnami odpadů je například nemocniční odpad, ropné produkty, produkty s vysokým obsahem síry, těžkých kovů nebo chlóru.

Jedno z možných schémat takové spalovny je na následujícím obrázku.

Obr. 2 Schéma spalovny odpadů [20]



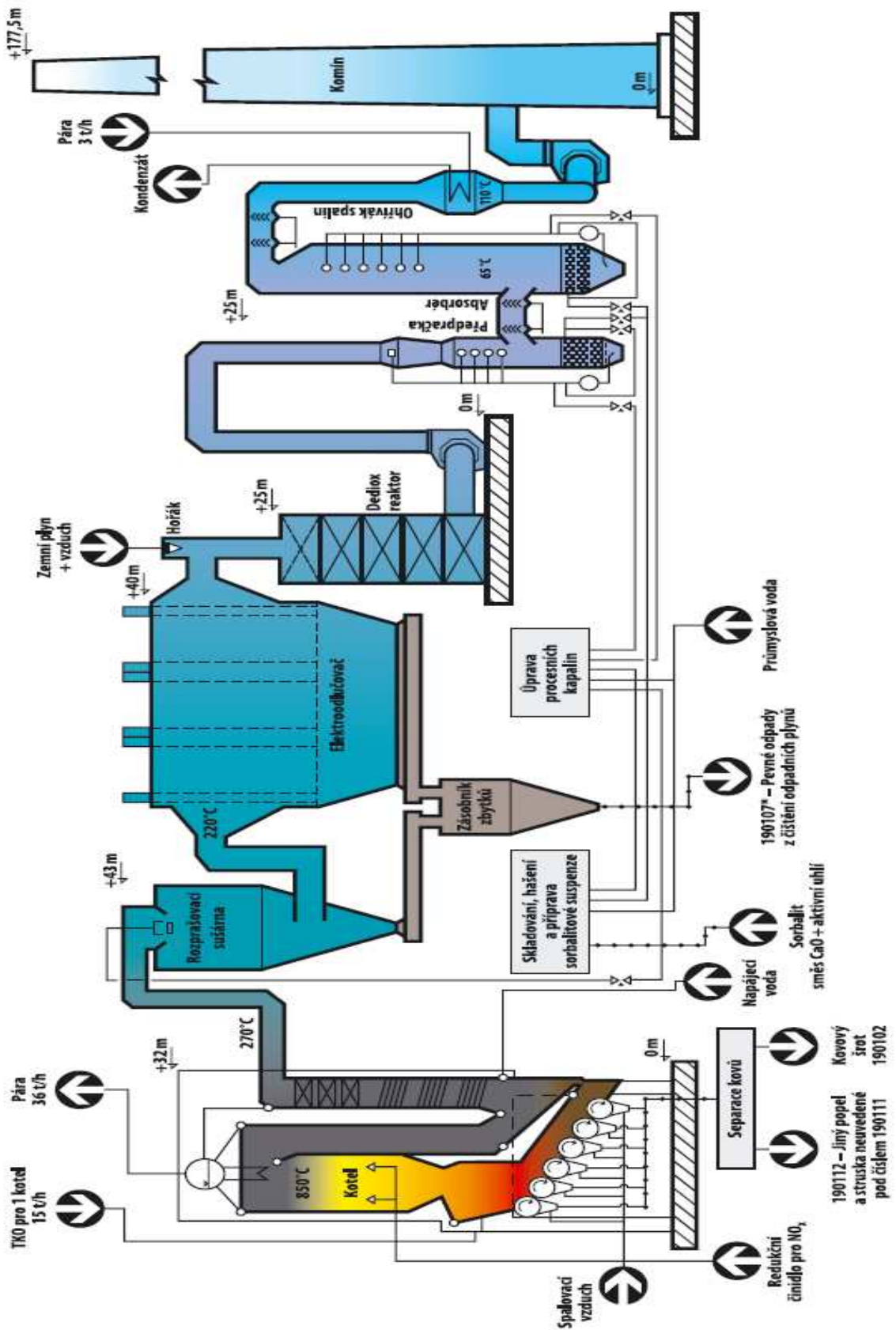
Toto schéma ukazuje jedno z možných řešení spalovny odpadů. Odpad se dávkovačem dostává do pece, kde je spálen. Větší tuhé zbytky v podobě škváry spadávají v peci dolů a jsou zachycovány ve škvárovém zásobníku. Kouřové spaliny, které s sebou nesou toxické látky a prach se nejprve ochlazují. Zde opět část tuhých ochlazených spalin spadne dolů a je odvedena do zásobníku. Zbytek spalin pokračuje v cestě a jsou čištěny v několika různých zařízeních na čištění kouřových spalin. Voda, která se dostala do styku se spalinami a voda používaná na čištění popílku a škváry je v procesu spalovny také čištěna několika různými způsoby.

## **2.2 Zařízení na energetické využívání odpadů**

Zařízení na energetické využívání odpadů nebo také zařízení koncipované pro spalování KO se zaměřuje nejen na redukci objemu spalovaných odpadů, ale i na výrobu energie. Tepelná energie převzatá ze spalovacího procesu přeměňuje vodu v kotli na páru. Pára je ihned poté využívána na výrobu elektrické energie a horké vody. Jedním z důležitých znaků ZEVO je jeho energetická soběstačnost. Díky vyrobené elektrické energii může zařízení pracovat téměř bez vnějších dodávek energie.

Na následující straně je schéma, které ukazuje, jakým způsobem pracuje a jaké technologie využívá ZEVO Praha Malešice.

Obr. 3 Schéma ZEVO Malešice [3o]



Princip celého procesu je u ZEVO stejný jako u běžné spalovny na odstraňování nebezpečných odpadů. Velký rozdíl je zde ve využití tepelné energie, ke kterému dochází ihned po spálení odpadu v ohništi. U ZEVO je tepelná energie převáděna na parní kotel, ze kterého pára pohání lopatky turbogenerátoru a vyrábí elektřinu. Zbytek chladnější páry je hned poté odváděn do výměňkové stanice, kde předává své teplo vodě. Jak voda, tak elektrická energie jsou poté využívány v procesech spalovny a přebytky jsou dodávány do rozvodné elektrické a tepelné sítě.

### 2.3 Porovnání spalovny odpadů pro odstraňování odpadů a zařízení na energetické využívání odpadů

V tabulce je několik nejdůležitějších rozdílů, kterými se odlišují spalovna odpadů, která se stará o zneškodňování nebezpečných odpadů a zařízení na energetické využití odpadů.

Tab. 7 Porovnání Spalovny odpadů a ZEVO

Zařízení	Palivo	Spalovací proces energeticky	technologie pro čištění spalin
Spalovna odpadů	Nebezpečné odpady	dotovaný proces spalování	speciální technologie*1
ZEVO	SKO	nemusí se energeticky dotovat	běžné technologie
<b>Využití energie</b>			
Spalovna odpadů	nutno energeticky dotovat zařízení		
ZEVO	pracuje v kogeneračním režimu*2		

\*1 - Nutno zařadit speciální technologie pro čištění spalin v případě spalování konkrétního nebezpečného odpadu.

\*2 - Vyrábí z tepelné energie teplou vodu a elektrickou energii. Je energeticky soběstačná a přebytek vyrobené energie dodává do sítě.

## 3 Technologie a zařízení

Zvolení správné technologie pro ZEVO je jedním z velmi důležitých faktorů. V současnosti existuje mnoho druhů technologií, kterými se dá ZEVO vybudovat. Výběr správné technologie nám velmi ovlivní vstupní náklady na vybudování ZEVO a do budoucna i celý ekonomický proces provozovaného zařízení.

## 3.1 Palivo

Palivo je všeobecné označení pro látky všech skupenství nebo pro jejich směs, které jsou za určitých podmínek schopny začít a udržet chemickou reakci spalování. Při spalování uvolňují tepelnou energii, kterou lze dále využívat.

Na palivo jsou kladeny určité nároky. Hlavními vlastnostmi dobrého paliva jsou vysoká výhřevnost, dobrá zápalnost nebo doba hoření. [10]

Například nejpoužívanější palivo pro výrobu elektrické energie v ČR je hnědé uhlí, které má výhřevnost přibližně od 8 do 20 MJ/Kg. Rozmezí závisí hlavně na kvalitě vytěžené suroviny. Výhřevnost KO je srovnatelná s výhřevností hnědého uhlí.

### 3.1.1 Palivo z pohledu energetického využití

Jako paliva pro energetické využití se používají v současnosti hlavně neobnovitelné zdroje. Nejvíce se využívají fosilní paliva, a to uhlí, ropa a zemní plyn.

Různé studie mluví o různé době, po kterou nám fosilní paliva ještě budou k dispozici. Většina těchto studií se však shodne, že za 100 let už hlavní využívané neobnovitelné zdroje budou takřka vyčerpány.

### 3.1.2 Odpad jako energetické palivo

Nejdříve bychom si měli ujasnit, jaký odpad se dá v současnosti používat jako náhražka běžných energetických paliv. Základem pro získání paliva pro spalovny stavěné jako ZEVO je komunální odpad.

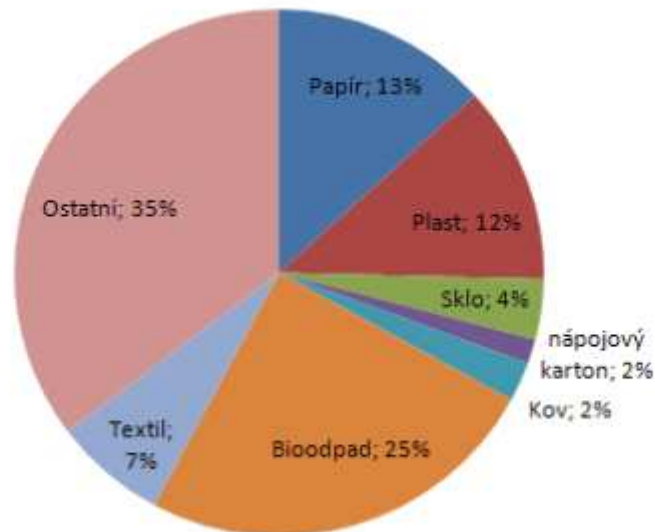
Komunálním odpadem, dále jen KO, je veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako KO v prováděcím právním předpisu s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. Dále upraveno v zákoně. Pod pojmem komunální odpad - KO si můžeme představit odpady z domácností, jejich vytříděné složky, dále odpady z měst a obcí (z odpadkových košů ve městech, z údržby trávníků a městské zeleně). [11]

Zastoupení jednotlivých frakcí v domovním odpadu je ovlivněno spoustou faktorů. Záleží z jaké lokality je odpad svážen, jakým způsobem v dané lokalitě probíhá vytápění nebo jaká je tam skladba obyvatel.



Na následujícím grafu můžeme vidět skladbu KO z domácností, které používají k vytápění plyn nebo elektřinu. Část grafu s názvem ostatní obsahuje například: minerální odpad, nebezpečný odpad, elektroodpad a jiný spalitelný odpad (dřevo).

graf 5 Skladba domovního KO [5g]



Důležité je, že k samotnému spalování v ZEVO se používá až směsný komunální odpad. Směsný komunální odpad, dále jen SKO, je odpad, který zůstává po oddělení využitelných složek a nebezpečných složek z KO. Někdy je také nazýván „zbytkovým“ odpadem. S tímto odpadem už se nedá dělat nic jiného, než ho uložit na skládku.

Fakt, že SKO nemá už žádné jiné využití, než ukládání na skládky, a že jeho produkce je v každé zemi v několika miliónech tun ročně, dělá ze SKO ideální náhražku fosilních paliv.

Následující obrázek popisuje situaci v roce 2006 v Evropské unii, kde díky energetickému využívání SKO bylo možné ušetřit 6-32 mil tun fosilních paliv (množství záleží na tom, jaký druh paliva nahrazujeme - uhlí, ropa, zemní plyn).

Obr. 4 Cyklus energetického využívání odpadů v Evropské unii v roce 2006. [40]



### 3.2 Technologie pro spalování

Samotný spalovací proces probíhá v ohništi daného zařízení. Nad tímto ohništěm se nachází kotel. Technologií a provedení těchto ohnišť existuje mnoho, ale jen několik technologií je v současné době dobře využitelných.

V ohništi dosahují teploty 850-1100 °C. Směsný komunální odpad hoří sám, a proto není nutné k němu přidávat žádné další palivo. Pouze při najíždění spalovny fungují omezenou dobu podpurné hořáky.

Ohniště a kotel musí být sestaveny tak, aby vznikající spaliny setrvaly minimálně dvě vteřiny při teplotě 850 °C. Toto je zákonná podmínka a při jejím dodržení je zaručena naprosto dostatečná destrukce všech organických složek. [12]

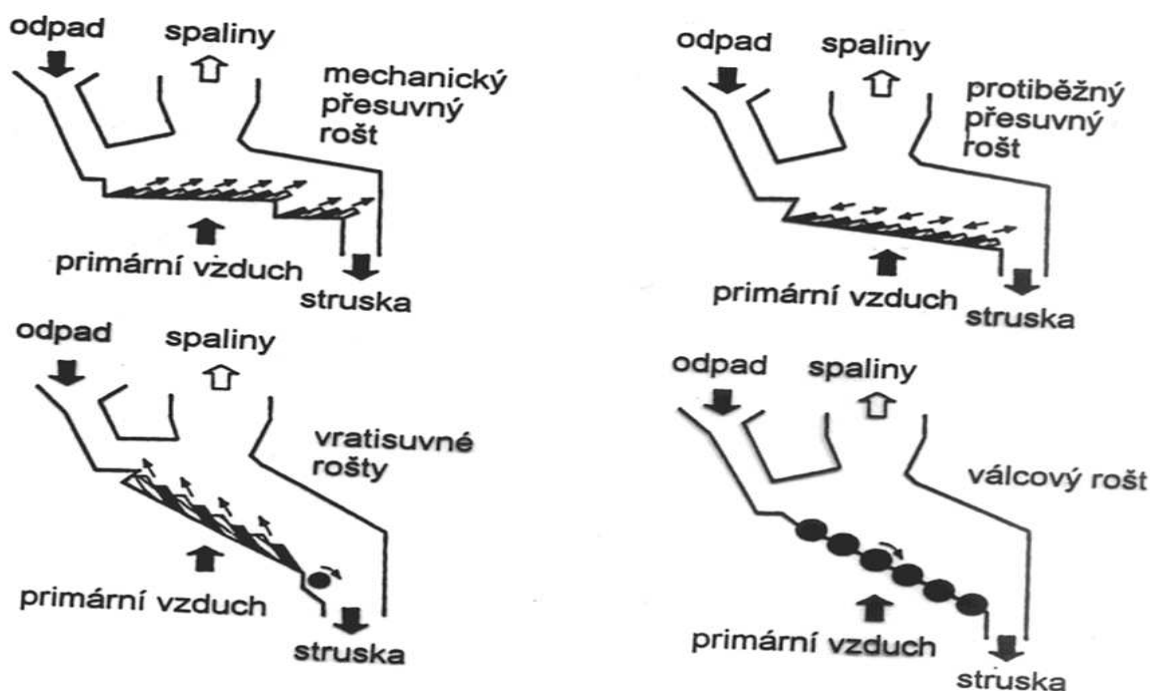
### 3.2.1 Roštové ohniště

Roštová ohniště jsou nejrozšířenější používaná technologie pro spalování odpadů ve světě. Jsou konstruována tak, aby umožňovala vstup spalovacího vzduchu do celého ohniště a zároveň automaticky posunují odpad přes celé ohniště od jeho vstupu až po výstup spáleného odpadu.

Roštová ohniště a tím i celý technologický řetězec se navrhuje na určitý rozsah výhřevnosti, který odpovídá charakteru komunálního odpadu v daném regionu. Proto se navrhuje jiné roštové ohniště například v přímořských oblastech než ve velké aglomeraci se spoustou živnostenského odpadu. [13]

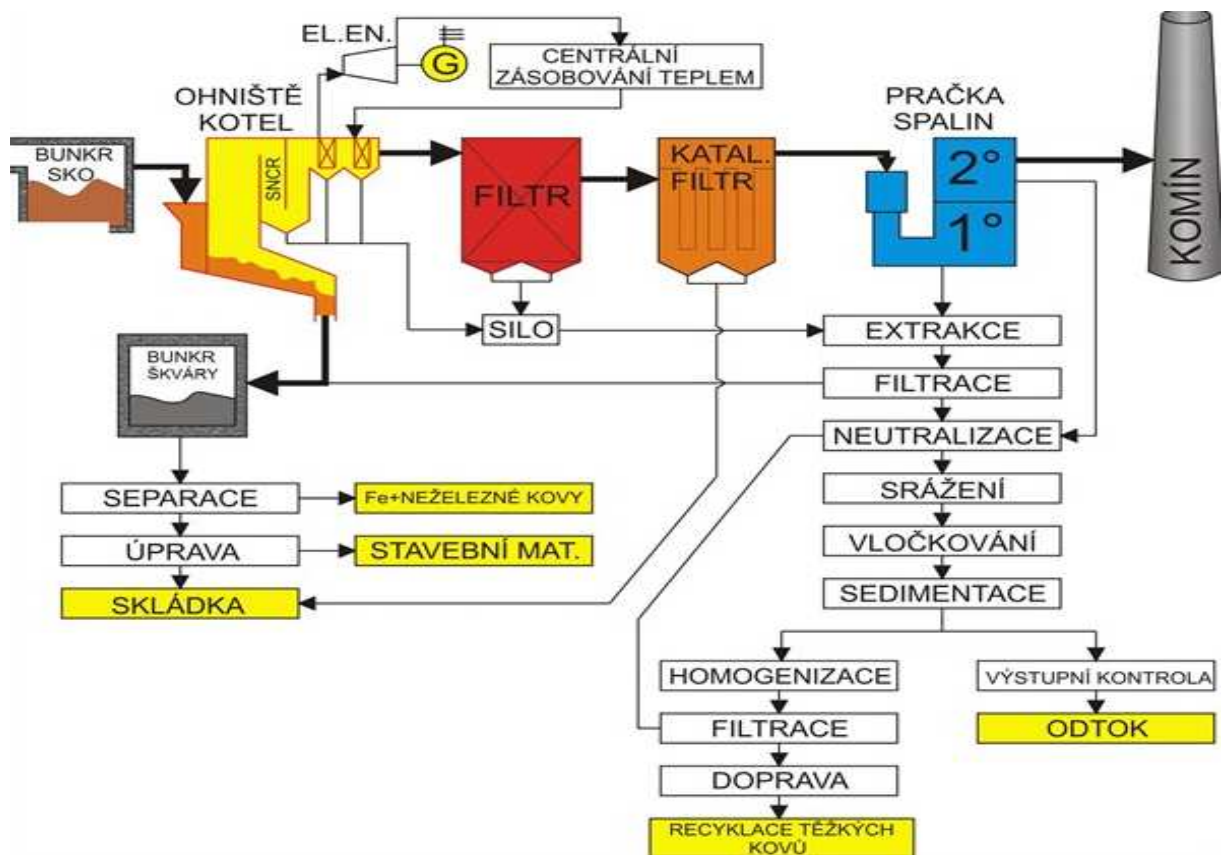
Dnes se v praxi používá několik různých druhů roštových ohnišť. Některé z nich můžeme vidět na následujících obrázcích.

Obr. 5 Schémata roštových ohnišť [50]



Na další straně je obrázek, který znázorňuje, jakým způsobem může vypadat ZEVO s roštovým ohništěm.

Obr. 6 Technologický řetězec s roštovým ohništěm [60]

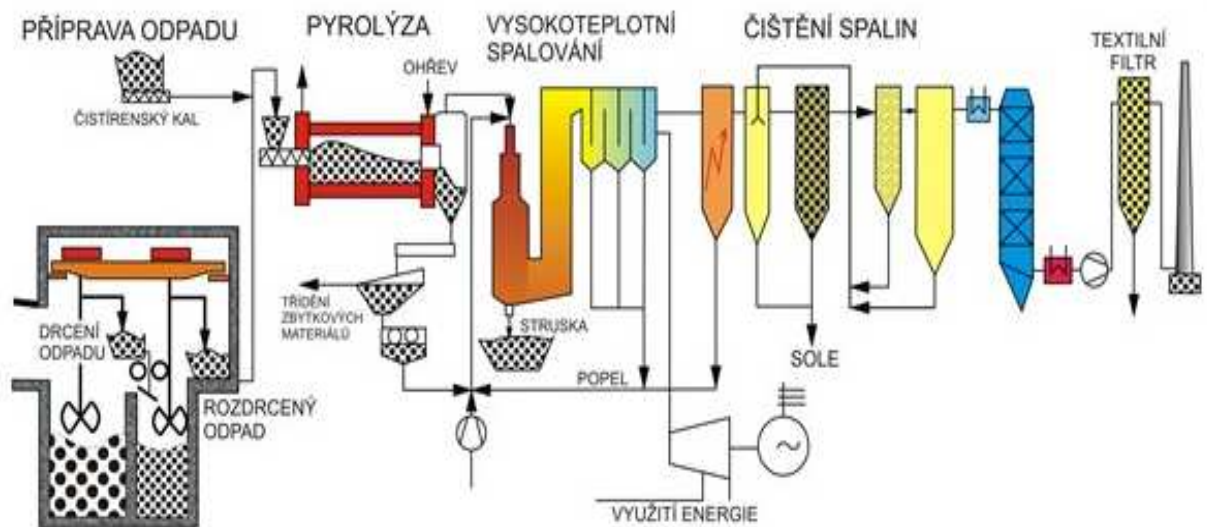


### 3.2.2 Pyrolýza

V 90. letech minulého století se začaly zpochybňovat klasické spalovací procesy. Nastalo takzvané technologické šílenství, ve kterém vznikl i proces spalování odpadů pomocí pyrolýzy.

Pyrolýza je tepelný rozklad organické hmoty bez přístupu vzduchu. Při tomto procesu jsou plyny rozštěpeny a zůstává jen pevný zbytek spolu s interním materiálem. Termický rozklad probíhá zpravidla při teplotách od 400 do 700°C. [14]

Obr. 7 Schéma zařízení společnosti Siemens využívající pyrolýzu [70]



Obrázek nám názorně ukazuje, jakým způsobem probíhá proces pyrolýzy. Proces probíhá v následujících krocích.

1. Drcení odpadu.
2. Pyrolýza celkového množství odpadu.
3. Třídění zbytkového materiálu z procesu pyrolýzy na hrubou frakci  $> 5\text{mm}$  (železné a neželezné kovy – k recyklaci, inertní podíly – sklo, keramika - k recyklaci nebo na skládku).
4. Mletí jemné frakce.
5. Spalování pyrolytického plynu spolu s rozemletou jemnou frakcí při  $1200\text{ }^{\circ}\text{C}$ - $1300\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
6. Odtah tekuté strusky.
7. Výroba páry ve spalínovém kotli.
8. Čištění spalin. [15]

Proces pyrolýzy vykazuje lepší energetické výsledky než běžné způsoby spalování odpadu. Také čištění spalin je méně náročné.

Největší handicapem pyrolýzních jednotek jsou špatné zkušenosti s jejich provozem, které často vedly k vysokým finančním nárokům na provoz.

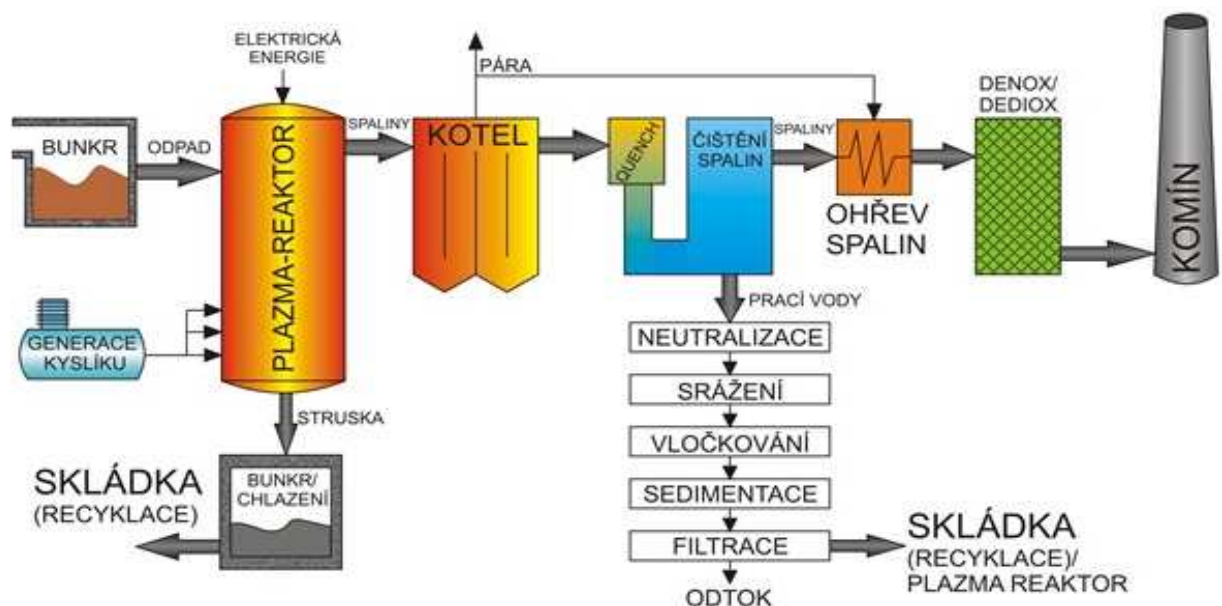
### 3.2.3 Plazma

Tato technologie dokáže spalovat pevné i tekuté odpady, které jsou dávkovány do prostoru plazmového reaktoru. V plazmovém reaktoru dochází účinkem plazmového hořáku k okamžité destrukci všech škodlivin obsažených v odpadech. Plazmový hořák pracuje na principu elektrického oblouku a je napájen stejnosměrným proudem.

Samotná plazma je ionizovaný vodivý plyn dosahující teploty 4000 - 5000°C. Je možné dosáhnout teplot i kolem 20 000°C. Instalovaný výkon hořáku se může pohybovat kolem 1500 kW.

Proces plazmové technologie je velice energeticky náročný a množství spalovaného odpadu v plazmových reaktorech se pohybuje kolem několika tun odpadu za hodinu. Tyto fakta staví plazmové reaktory do velké nevýhody. Proces je velmi pomalý a energeticky náročný.

Obr. 8 Schéma zařízení používajícího plazmový reaktor [80]



Zde je popsán proces spalování odpadu v plazmových reaktorech.

- Po vstupu odpadu do reaktoru je anorganická část odpadu za velmi vysokých teplot přeměněna na strusku v tekutém stavu. Struska je poté odpouštěna spodní částí reaktoru a po vychladnutí tvoří materiál se skelnou strukturou. Tento materiál se dá dále zpracovávat nebo odvézt na skládku.

- Organické podíly se pyrolyticky rozloží a vzniklý plyn se dále spálí za přidání kyslíku v oxidační části reaktoru.
- Následné spaliny přibližně o teplotě 1000°C předávají své teplo páře, která dále vyrábí energii.
- Ochlazené spaliny na 200°C jsou poté podrobeny několikasupňovému standardnímu čištění.
- Prací vody jsou také podrobeny několikasupňovému čištění (viz.Obr. 14). Cílem tohoto čištění je vypust vod do kanalizačního systému. V případě vyšších koncentrací škodlivin se škodliviny zachytí v takzvaném filtračním koláči, který může být dále použit jako palivo v plazmovém reaktoru. [16]

Výstupní emisní hodnoty plazmové technologie dosahují jen zlomků zákonných emisních limitů, avšak v porovnání s její energetickou náročností se ekonomicky tato technologie u běžného energetického využívání komunálních odpadů nevyplácí.

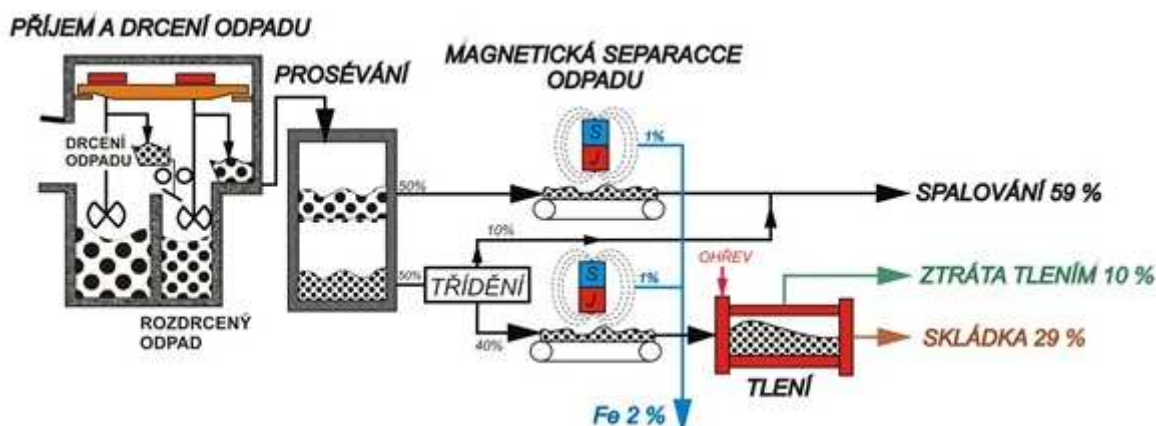
### 3.2.4 Technologie mechanicko biologické úpravy

Technologie mechanicko biologické úpravy, dále jen MBÚ, nespadá přímo do technologie pro spalování. MBÚ je jedna z možností, jakým způsobem se směsný komunální odpad, dále SKO, dá ještě před spalováním nebo skládkováním upravovat.

Myšlenka MBÚ je, že v SKO je ještě dost využitelných látek, a proto by stálo za to je zkusit nějak získat. Tímto procesem by se mohlo eliminovat využívání spaloven KO.

Náhled do zařízení MBÚ ukazuje následující schéma.

Obr. 9 Schéma technologie MBÚ [90]



V zařízení MBÚ se SKO drtí a pak třídí na různých drtičích a sítěch. SKO se tak rozdělí na dvě hlavní složky:

**Lehkou frakci:** Lehká frakce ("nadsítná"), v níž jsou hlavně kusy papíru, plastů a část biologických materiálů. Má sloužit k výrobě alternativního paliva, které by se spalovalo a vyráběla by se z něj energie.

**Těžkou frakci:** Těžká frakce ("podsítná"), v níž jsou všechny ostatní zbytky, hlavně biologicky rozložitelné látky. Tato frakce se ještě dále zpracovává za přístupu nebo nepřístupu vzduchu. Za přístupu vzduchu probíhá kompostování a výsledný produkt by měl sloužit jako kompost. Při zpracování za nepřístupu vzduchu se dá získat metan, který se dá dále spalovat a přeměnit na energii. Zbytek frakce se opět kompostuje.

Celá technologie se ale potýká s problémy jak u těžké, tak u lehké frakce:

**Těžká frakce:**

- Obtížné kompostování (bakterie, rozbité žárovky, lékovky).
- Frakce obsahuje příliš nežádoucích látek, takže ji není možné používat pro kompostování v surovém stavu.
- Zpracování za nepřístupu vzduchu je příliš nákladné a také se potýká s vysokými limity škodlivých látek.

**Lehká frakce:**

- Vykazuje vyšší výhřevnost, ale také stejně vysoké hodnoty škodlivých látek jako samotný odpad.
- Nemožnost spalování v klasických zdrojích jako elektrárny nebo teplárny. Hlavně proto, že alternativní palivo z lehké frakce je stále považováno za odpad a normy pro spoluspalování jsou velice přísné.
- Frakce je využitelná v klasických spalovnách KO nebo je nutné vystavět speciální spalovny zaměřené jen na spalování tohoto alternativního paliva. [22]

Za předpokladu dodržení myšlenky, že při využívání MBÚ se eliminuje množství spaloven KO, se tato technologie stává více než rozporuplnou. Při dodržení tvrzení, že by nakládání s odpady mělo být hlavně ekologické a ekonomické, se technologie MBÚ nejeví jako vhodné řešení. [21]

Technologii MBÚ je vhodné zařadit jen jako předstupeň při budování nového ZEVO.



### 3.3 Koncové technologie na zachycování škodlivých látek do ovzduší

Při spalování odpadu vznikají spaliny, které obsahují kromě kyslíku, dusíku, oxidu uhličitého a vodní páry také látky škodlivé pro životní prostředí. Tyto škodlivé látky je nutno odstranit, a proto jsou před jejich vypuštěním do ovzduší podrobeny několikasupňovému čištění. V každém stupni se postupně odstraní část škodlivých látek a do ovzduší poté odchází vyčištěné spaliny, které nemají negativní vliv na životní prostředí.

Znečištění životního prostředí provozem spalovny KO je jedním z nejčastějších argumentů veřejnosti proti vybudování těchto zařízení. Otázkou je, jestli jsou tato tvrzení pravdivá nebo ne.

Následující tabulky nám ukážou, jak to doopravdy s vypouštěním nebezpečných spalin ze spaloven KO je.

Tab. 8 Množství vypouštěných látek při výrobě tepla z různých zařízení (vztaženo na 1MWh) [8t]

Režim výroby tepla	Roštové spalování hnědého práškového uhlí	Zemní plyn <sup>1)</sup>	Zařízení na spalování biomasy s tepelným výkonem do 50 MW <sup>2)</sup>	Energetické využití odpadů s převážnou výrobou tepla
Účinnost výroby energie (% na LHV <sup>3)</sup> )	85 <sup>4)</sup>	92	85	66,5 <sup>5)</sup>
Měrná spotřeba paliva (t/MWh)	0,28	109 mN <sup>3</sup> /MWh	0,28	0,55
CO (g/MWh)	394	109	1475	133
SO <sub>2</sub> (g/MWh)	1339	38	5673	133
NO <sub>2</sub> (g/MWh)	630	163	1475	530
TZL (g/MWh)	79	5	567	27
produkce CO <sub>2</sub> (t/MWh)	0,42	0,22	0,33	0,46

Každé spalovací zařízení má ve spalinách látky, které jsou nebezpečné pro životní prostředí. Proto jsou určeny limity, které jsou stanoveny u každého druhu spalování jinak. Z následující tabulky můžeme vidět, že u spalovny odpadů je sledováno mnohem více nebezpečných látek než u ostatních zařízení. Dále je jasně vidět, že emisní limity u spalovny odpadů se nejvíce blíží kotlům spalujícím zemní plyn. Spalování zemního plynu je obecně považováno za jeden z nejčistších zdrojů energie vůbec.

Tab. 9 Emisní limity podle směrnice EU 76/2000 pro různé druhy zařízení [9t]

	SPALOVNY ODPADŮ	UHELNÉ KOTLE	KOTLE NA DŘEVO	KOTLE NA MAZUT	PLYNOVÉ KOTLE	FLUIDNÍ KOTLE
Tuhé emise	10	100	250	55	28	67
Organický uhlík	10	-	50	-	-	-
Oxidy síry (jako SO <sub>2</sub> )	50	1667	2500	945	19	533
Oxidy dusíku (jako NO <sub>2</sub> )	200	435	650	250	111	267
Amoniak	-	-	-	-	-	-
Oxid dusný	-	-	-	-	-	-
Oxid uhelnatý	50	267	650	97	55	167
Chlorovodík	10	-	-	-	-	-
Fluorovodík	1	-	-	-	-	-
PCDD/PCDF (ng TE/Nm <sup>3</sup> )	0,1	-	-	-	-	-
Rtuť	0,05	-	-	-	-	-
Kadmium	0,05	-	-	-	-	-
Ostatní těžké kovy	0,5	-	-	-	-	-

Tyto údaje vypovídají o tom, že spalovny odpadů používají nejmodernější technologie pro čištění spalin. Z tohoto důvodu se jejich vlivu na okolní ovzduší není třeba obávat.

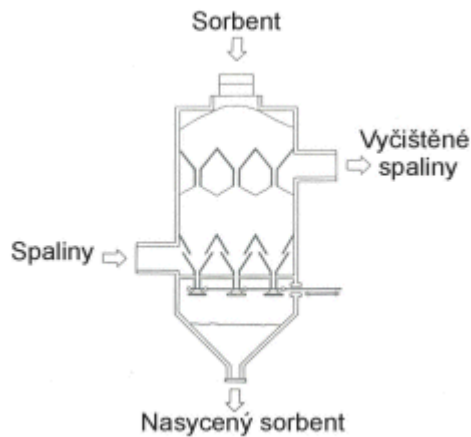
### 3.3.1 Dioxiny a furany

Nejsledovanější škodlivé látky jsou PCDD/PCDF - tzv. (polychlorované dibenzo-p-dioxiny a dibenzofurany). Tyto organické látky se velice špatně rozkládají, a proto se mohou hromadit v tělech lidí i zvířat a způsobovat různé nemoci. V tabulce můžeme vidět, že tyto látky mají u spalovny KO velmi malé povolené limity pohybující se v nanogramech. [17]

Prvním krokem pro zneškodnění těchto látek je, že spalovna udržuje minimální dobu zdržení spalin 2 vteřiny při 850°C.

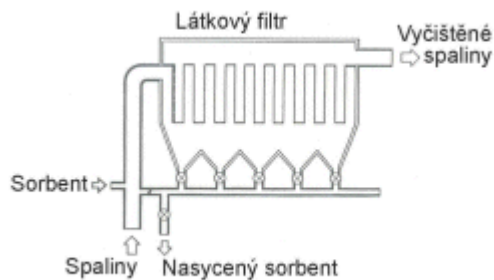
Jako další se nejčastěji používají dvě technologie. Jedna možnost jak redukovat tyto škodlivé látky je nastříknutím sorbentu do proudu spalin. Jako sorbent se nejčastěji používá aktivní uhlí nebo směs vápenného hydrátu a aktivního uhlí tzv. Sorbalit.

Obr. 10 Odstraňování dioxinů nástřikem sorbentu [10o]



Dále je možné vytvoření lože s hnědohelným koksem (adsorbér) umístěným v látkovém filtru. Znečištěný adsorbent se dále může termicky zlikvidovat přímo ve spalovně.

Obr. 11 Odstraňování dioxinů pomocí filtru s náplní sorbentu (hnědohelný koks) [11o]



Obr. 12 Katalytický filtr [12o]



Dále se využívá pro redukci zbylých PCDD/PCDF, kterých je ve spalinách jen několik setin ng speciálních katalytických filtrů či katalyzátorů, kde se metodou SCR rozkládají na neškodné složky. Touto metodou se primárně redukují oxidy dusíku, ale podílí se i na redukci dioxinů.

### 3.3.2 Oxidy dusíku (NO<sub>x</sub>)

Oxidy dusíku jsou další látkou, kterou je potřeba redukovat. V praxi se používají dvě metody.

Metoda SCR (selektivní katalytická redukce) je nejrozšířenější používaná metoda k redukcí oxidů dusíku a dioxinů. SCR pracuje na principu vstříkovaní vodného roztoku čpavku nebo močoviny do proudu spalin, které se nechají prostupovat speciálním katalyzátorem. Katalyzátor má v sobě plochy podobné včelím plástům. Účinnými složkami v katalyzátoru jsou oxidy Titanu(TiO<sub>2</sub>) Vanadu(V<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) a Wolframu(WO<sub>3</sub>). Díky přítomnosti katalyzátorů může metoda pracovat při nižších teplotách a rozkládá NO<sub>x</sub> na dusík a vodní páru.

#### Hlavní výhody SCR:

- + bezodpadový proces
- + vysoká účinnost
- + dlouhá životnost katalyzátorů

#### Nevýhody SCR

- možnost úniku čpavku (strhávání čpavku)
- vysoké investiční náklady
- vyšší provozní náklady oproti SNCR

Druhou metodou je redukce NO<sub>x</sub> pomocí SNCR (selektivní nekatalytická redukce). SNCR probíhá tak, že přímo do prostoru nad ohništěm, kde je teplota kolem 850°C, se vstříkuje redukční prostředek. Tento redukční prostředek je vodný roztok hydroxidu amonného(NH<sub>4</sub>OH) nebo močoviny(NH<sub>2</sub>CONH<sub>2</sub>). Po nástřiku se oxidy dusíku rozkládají na neškodný dusík a vodní páru. [18]

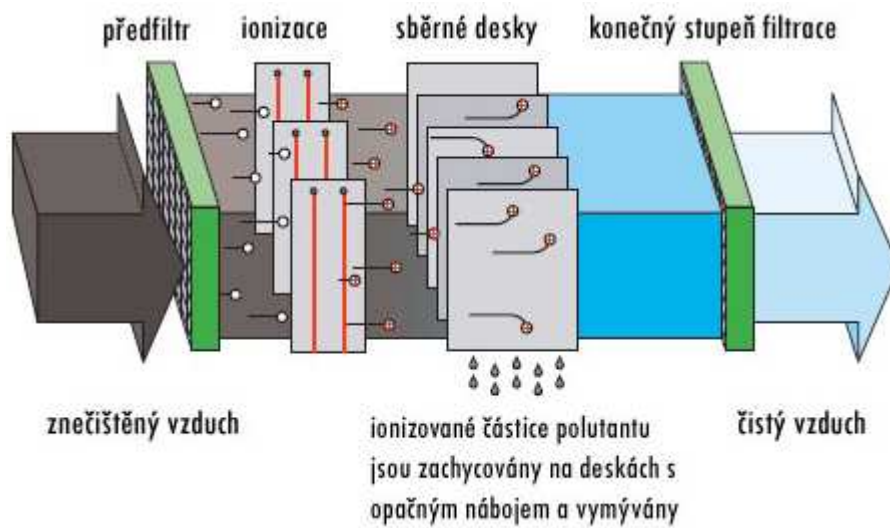
### 3.3.3 Zachytávání popílku a škváry

O zachytávání větších částí po spálení odpadu se starají filtry. Tyto filtry jsou zařazeny hned za kotlem a může jich být několik druhů. Od běžných tkaninových filtrů, až po elektrostatické filtry.

Elektrostatické filtry jsou nejpoužívanější druh filtru na odstraňování popílku ze spalin. Tento typ filtrů funguje na principu elektrostatického pole. Jsou napájeny stejnosměrným napětím od 30 až do 100kV. Nejdříve se získá vlivem elektrického pole elektrický náboj a pak se díky elektrostatické síle popílek usazuje na usazovací elektrodě filtru. Z této elektrody je pravidelně oklepáván a odváděn pryč z filtru. [19]

Následující obrázek nám zachycuje princip elektrostatického filtru.

Obr. 13 Princip elektrostatického filtru [13o]



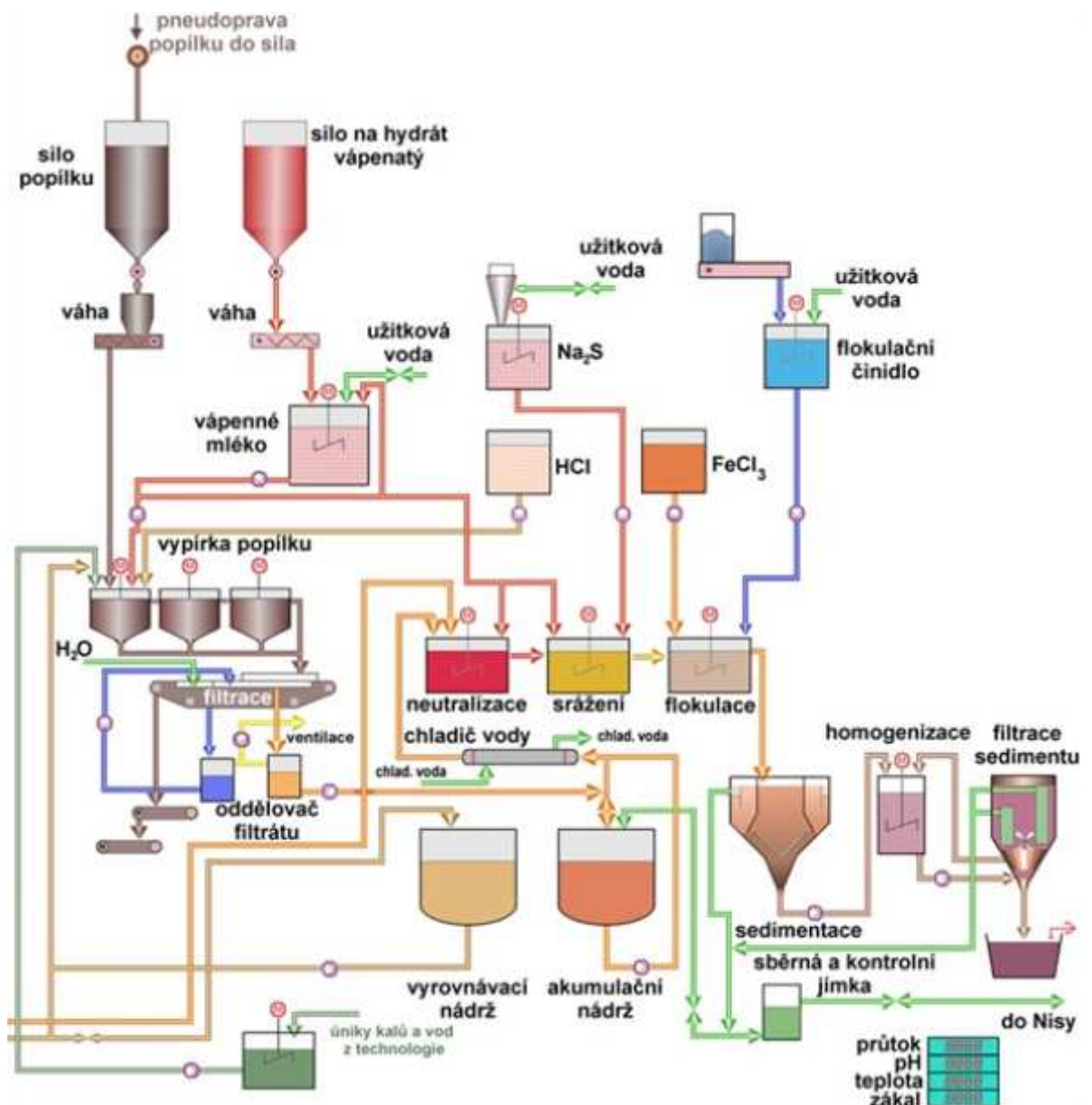
Zachycený popílek se poté čistí ve vodní lázni a jsou z něj odstraněny soli a těžké kovy. Vyčištěný popílek je ukládán na skládku.

### 3.4 Koncové technologie na zachycování škodlivých látek do vod

Voda používaná v procesu spalovny do sebe pojme spoustu škodlivých látek. Prací vody, které se používají na odstraňování škodlivých látek ze spalin a z popílku se proto musejí čistit. Čištění pracích vod je prováděno v několika po sobě jdoucích procesech.

Obrázek na další straně ukazuje, jakým způsobem může vypadat úprava pracích vod ve spalovně.

Obr. 14 Úprava pracích vod (používaná v Termizo Liberec) [14o]



Prací vody se nejdříve neutralizují, aby nebyly kyselé nebo zásadité a vysrážejí se z nich těžké kovy. Ve vzniklém kalu se zachytávají znečišťující látky. Tento kal se poté usadí na dno v sedimentačních nádržích a čistá voda, která zůstává na povrchu se po důkladné kontrole vypouští do centrální kanalizace. Kal se poté ve speciálním filtru zbavuje přebytečné vody a je v podobě tzv. filtračního koláče odvážen na skládku.

Obr. 15 Filtrační koláč [15o]

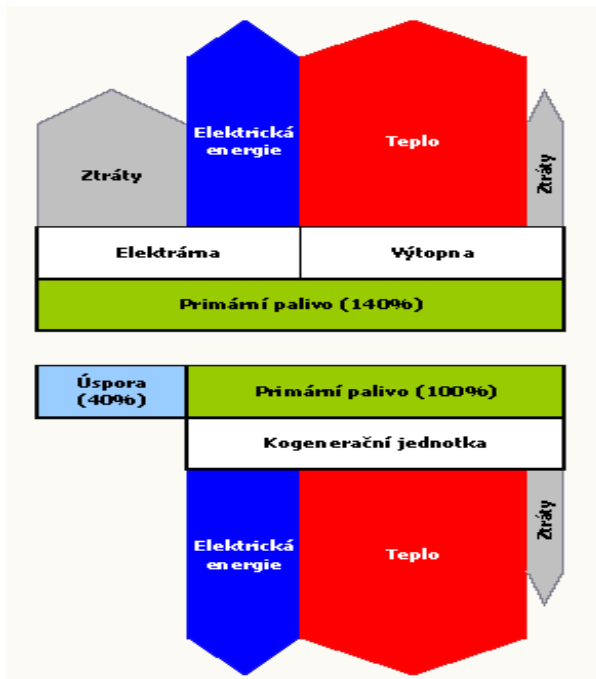


Filtrační koláč se dále dá využívat pro materiálové využití. Pro svůj vysoký obsah zinku se z něj tato surovina dá separovat a dále využívat. [20]

### 3.5 Využití tepelné energie

Tepelnou energii vzniklou spalováním se snažíme co nejúčinněji využít. Princip v ZEVO je stejný jako u ostatních elektráren. Spaliny vytvořené spalováním odpadu se odvádí do kotle, kde svoji energii předávají vodě a vyrábí páru. Zde nastupuje často kogenerační režim, kdy se ze vzniklé páry vyrábí jak teplá voda, tak elektrická energie.

Obr. 16 Kogenerační režim [16o]



Z obrázku můžeme vidět, že při využití kogeneračního režimu se uspoří až 40 % vyprodukované energie.

## 4 Optimální technologie pro ZEVO

Navržení optimální technologie pro vybudování nového zařízení na energetické využívání odpadů přechází mnoho studií. Je třeba zvážit celý proces od vzniku odpadu až po jeho zneškodnění a energetické využití.

### 4.1 Hierarchie nakládání s odpadem

Základním předpokladem pro správné zacházení s odpadem je prevence. V roce 2008 přijal Evropský parlament směrnici číslo 75/442/ES, ve které se nachází i obdobná tabulka upravující zacházení s odpadem.

Obr. 17 Hierarchie nakládání s odpady podle Evropské směrnice číslo 75/442/ES [17o]



### 4.2 Zkoumání stavu v daném regionu

První důležitá věc při navrhování nového ZEVO je průzkum v daném regionu, odkud by se odpady energeticky využívaly. Je několik základních věcí, které by se měly zvážit před samotným vybudováním ZEVO.



### 4.2.1 Odpad

Studie týkající se odpadu pojednává o druzích a množství odpadu vyskytujících se na daném území a o současném využívání odpadů v daném místě. Jde o zvážení vhodné technologie pro ZEVO z pohledu druhu a kvality odpadů a zda je vůbec vhodné vybudovat ZEVO v daném regionu.

Vhodnost vybudování ZEVO je dána několika parametry:

1. Množství produkce odpadů v daném regionu
2. Zvážení varianty svozu odpadů do nejbližšího ZEVO
3. Vhodná lokalita (napojení na rozvodné sítě)

### 4.2.2 Lokalita

Vybrání vhodné lokality pro vybudování ZEVO. Je důležité si uvědomit, že ZEVO pracuje v kogeneračním režimu, a proto je důležité vybudování zařízení blízko městské tepelné rozvodné sítě a elektrické rozvodné sítě. Připojení ZEVO na rozvodnou síť je důležité hlavně z důvodu dopravy horké páry v parovodech, která je na dlouhé vzdálenosti neekonomická.

### 4.2.3 Logistika

Odpady se musí nějakým způsobem dostat až ke spalovně. Nejčastějším způsobem svozu odpadů jsou kuka vozy. Logistika se řeší z dvou hlavních důvodů:

1. Ekonomičnost svozu
2. Dopad na životní prostředí

Z ekonomického hlediska by ZEVO mělo být umístěno tak, aby se cesta pro dovoz odpadů zbytečně neprodražovala.

Dopad na životní prostředí je relevantní pojem. Je to hlavně z toho důvodu, že ZEVO se zpravidla nestaví uprostřed velmi osídlené oblasti. Svoz odpadu je proto více lokálním problémem. Pokud se zařízení vybuduje, bude se část odpadu svážet do spalovny a část na skládku. Pokud ne, budou se všechny odpady svážet na skládku. Z tohoto příkladu je vidět, že se množství dopravy nezvýší, nýbrž jen lokálně přesune jinam. [22]

### 4.3 Výběr vhodné technologie

V případě schválení a rozhodnutí vybudování ZEVO v dané lokalitě je velmi důležité zvolení správné technologie.

Důležité parametry jsou:

- počáteční investice
- nákladovost provozu

V případě, že je cílem nového projektu:

- omezit skládkování odpadů
- nahrazovat neobnovitelné zdroje energie
- chovat se ekologicky a ekonomicky

Každá technologie je jinak náročná jak na počáteční pořízení, tak na udržování v chodu. Je důležité zvolit technologii kvalitní, ale zároveň ekonomickou.

Při dodržení předchozích tvrzení je velmi nevhodné vystavět ZEVO na neodzkoušených nebo jen málo prověřených technologiích.

Příklad: Zvážení nákladovosti provozu zařízení (plazmový reaktor X roštové ohniště).

Tab. 10 Porovnání kladů a záporů různých technologií

plazmový reaktor	roštové ohniště
<b>KLADY</b>	<b>KLADY</b>
minimální produkce zbytkového odpadu	nízké pořizovací náklady
vysoká účinnost spalování (možnost ničení nebezpečných odpadů)	dlouholeté zkušenosti (odzkoušené technologie)
<b>ZÁPORY</b>	samovolný proces spalování (není nutno energeticky dotovat)
vysoké pořizovací náklady	nízké náklady na údržbu
nutné energeticky dotovat (nákladný provoz)	široká škála druhu dopadu
méně odzkoušená technologie (náklady)	<b>ZÁPORY</b>
menší kapacita (množství spáleného odpadu)	odpadová technologie (vznik škváry a popílku)

Z tabulky vyplívá, že z ekonomického hlediska je při budování nového ZEVO technologie roštového ohniště výhodnější. U této technologie na rozdíl od plazmového reaktoru převažují kladné vlastnosti nad zápornými. Technologie plazmového reaktoru je velice finančně náročná.

## **5 Návrh ZEVO**

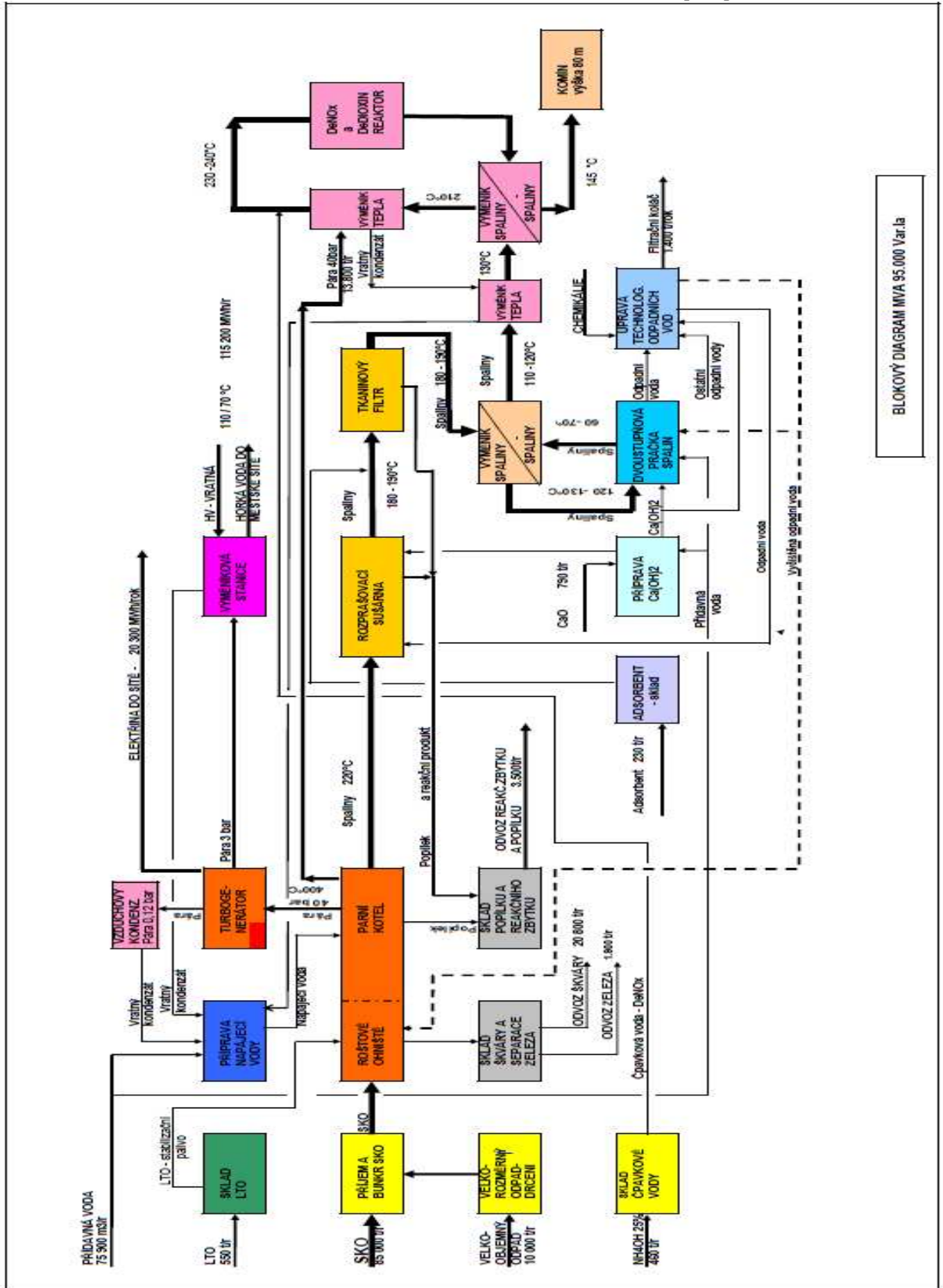
Při konkrétním návrhu ZEVO se dávají dohromady všechny předchozí studie a měření. Poté se podle situace vybere konkrétní nejvhodnější řešení pasující do dané lokality. V naší lokalitě, což je Plzeňský kraj, veškeré tyto studie proběhly a navržené ZEVO bude vypadat podle parametrů v následujícím schématu.

Z výběru technologií použitých v Plzni je vidět, že se projektanti Plzeňského ZEVO drželi už zmíněných třech hesel:

- omezit skládkování
- nahrazovat neobnovitelné zdroje energie
- chovat se ekologicky a ekonomicky

Zařízení bude vystavěno na odzkoušených a spolehlivých technologiích, které jsou v současnosti nejrozšířenější na světových trzích.

Obr. 18 Blokové schéma navrhovaného ZEVO Chotíkov u Plzně [180]



BLOKOVÝ DIAGRAM MVA 95 000 Var. Ia

- Silniční váhy a kontrola SKO a surovin jak na vstupu, tak na výstupu pevných zbytků
- Bunkr pro SKO vybavený dvěma drapákovými jeřáby a hydraulickými nůžkami na rozrušení velkoobjemového odpadu

- Roštové ohniště s navazujícím parním kotlem
- Čištění spalin ve složení:
  - Rozprašovací sušárna s nástřikem odpadní vody
  - Tkaninový filtr
  - Výměník spaliny-spaliny č. 1
  - Dvoustupňová pračka spalin, odlučovače kapek a aerosolů
  - Výměník spaliny-spaliny č.2
  - Parní ohřívák spalin
  - Katalytický reaktor pro destrukci NO<sub>x</sub> (metodou SCR) a dioxinů
  - Spalinový ventilátor
- Úprava technologických odpadních vod
- Využití tepelné energie ve složení:
  - Strojovna turbogenerátoru (výroba el. energie)
  - Vzduchové kondenzátory
  - Výměníková a čerpací stanice horkovodu (výroba horké vody)
- Pomocné provozy :
  - Vodní hospodářství (vodojem, čerpací stanice, bezpečnostní zásobník)
  - Sklad CaO a příprava hydroxidu vápenatého
  - Skladovací sila popílku, aktivního uhlí a reakčního produktu
  - Kompresorová stanice vzduchu
  - Sklad čpavkové vody pro potřeby DeNO<sub>x</sub> systémů
  - Úpravna napájecí vody
  - Sklad LTO
  - Vyvedení elektrického výkonu - zásobování el. energií
  - Vodovodní přípojka
  - Čistírna splaškových odpadních vod [23]

## 6 Závěr

Na začátku práce jsem se zaměřil na seznámení čtenáře s historií a s dřívějšími způsoby nakládání s odpady. Dále jsem chtěl poukázat, že za prvním větším budováním spaloven KO stála i tuzemská společnost ČKD DUKLA.

Při porovnávání současné situace kolem zařízení na energetické zpracování odpadů v České republice a v Evropě vždy nastane otázka, jakým způsobem bychom se mohli přiblížit Evropským standardům. U nás jsou největší bariéry pro rozvoj ZEVO hlavně v plnění legislativy a v přístupu veřejnosti k tomuto zařízení jako k velmi neekologickému způsobu nakládání s odpady. Proto je velmi důležité udělat pro budoucnost tohoto odvětví v České republice správné legislativní kroky a začít seznamovat veřejnost s používanými technologiemi. Legislativními kroky mám na mysli hlavně úpravu skládkování, které je u nás tolik rozšířené. Skládkovému lobby, které brzdí vývoj tohoto odvětví je nutné upravit pravomoc, a to právě v legislativách České republiky.

Technologií používaných v ZEVO je v současnosti mnoho, a proto je důležité zvolit správnou technologii pro správné využití. Zde nastupují hlavně dva faktory, a to ekologičnost a ekonomičnost. Je důležité, aby nově budovaná ZEVO byla stavěna s maximálním ohledem na ekologii a aby si byla schopna pokrýt svým provozem i provozní náklady. Tento model může fungovat v případě použití vhodné technologie s využitím kogeneračních režimů.

Proto cílem této bakalářské práce bylo ukázat čtenáři, jaké jsou v současnosti možnosti na trhu a proč jsou některé technologie někde vhodné a jinde ne. Dále je důležité si uvědomit nutnost odstraňování odpadu a možnost maximálního využití jeho potenciálu při tomto procesu.


Na konec celé práce přikládám autentické obrázky několika zařízení na energetické zpracování odpadů, aby si každý dokázal živě představit, jak takové zařízení nebo jeho části mohou vypadat.

## Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-15]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.odpadjeenergie.cz/historie/jak-to-bylo-kdysi-s-odpady-.aspx>>
- [2] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-15]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.odpadjeenergie.cz/historie/19-stoleti-meznik-pro-odpady.aspx>>
- [3] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-15]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.odpadjeenergie.cz/historie/prvni-spalovna-odpadu-byla-v-brne.aspx>>
- [4] MPO, [online]. [cit. 2012-4-17]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.mpo.cz/dokument72541.html>>
- [5] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-17]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.odpadjeenergie.cz/svet-a-cr/cr-a-evropa/statistika-energetickeho-vyuzivani-odpadu.aspx>>
- [6] ODPADOVÉ FÓRUM. Praha: CEMC, 2010, roč. 11, č. 10, s. 8-9. Vychází měsíčně. ISSN 1212-7779
- [7] KIC-ODPADY, [online]. [cit. 2012-4-17]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.kic-odpady.cz/o-spolecnosti.html>>
- [8] SPALOVNACHOTIKOV, [online]. [cit. 2012-4-20]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.spalovnachotikov.info/index.html>>
- [9] 3T, [online]. 2011, roč. 21, č. 4 [cit. 2012-4-20]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.tscr.cz>>. ISSN 1804-8129
- [10] WIKIPEDIA, [online]. [cit. 2012-4-20]. dostupné na World Wide Web: <<http://cs.wikipedia.org/wiki/Palivo>>
- [11] KOMUNALNIODPAD, [online]. [cit. 2012-4-23]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.komunalniodpad.eu/?str=pojmy>>
- [12] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-23]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/ohniste-zvladne-ruzne-odpady.aspx>>
- [13] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-25]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/ohniste-a-kotel-spalovny.aspx>>
- [14] VSB, [online]. [cit. 2012-4-25]. dostupné na World Wide Web: <[http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD\\_Biomasa\\_nove/Pdf/Pyrolyza.pdf](http://www1.vsb.cz/ke/vyuka/FRVS/CD_Biomasa_nove/Pdf/Pyrolyza.pdf)>
- [15] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-25]. dostupné na World Wide Web: <<http://www.odpadjeenergie.cz/jine-zpusoby/pyrolyza-a-plazma/siemens-technologie.aspx>>
- [16] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-28]. dostupné na World Wide Web:

- <<http://www.odpadjeenergie.cz/jine-zpusoby/pyrolyza-a-plazma/plazma-technologie.aspx>>
- [17] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-28]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.odpadjeenergie.cz/ochrana-zp/spalovny-a-ovzdusi/dioxiny-a-furany.aspx>>
- [18] RUMÁREK, Tomáš. Redukce NO<sub>x</sub> ve spalínách: diplomová práce. Brno UPEI FSI VUT, 2010. 54 l., 8 l. příl. Vedoucí diplomové práce Ing. Radek Dvořák Ph. D.
- [19] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-4-28]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/zachyceni-popilku-zpracovani-skvary-a-popilku-cisteni-spalin.aspx>>
- [20] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-5-5]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/cireni-uprava-pracich-vod.aspx>>
- [21] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-5-5]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.odpadjeenergie.cz/jine-zpusoby/mbu/mbu-ekologictejsi-.aspx>>
- [22] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-5-5]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.odpadjeenergie.cz/mbu-a-jine/mbu/jak-je-to-s-mbu.aspx>>
- [22] JSOU SPALOVNY KO OPRAVDU TAK NEBEZPEČNÉ, Ing. Mgr. Miroslav Zajíček, [online]. [cit. 2012-8-5]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.spalovnachotikov.info/veda-odpady-spalovny.html>>
- [23] ODPADJEENERGIE, [online]. [cit. 2012-15-5]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.spalovnachotikov.info/veda-technologie.html>>
- [1o] Zdroj:<http://www.odpadjeenergie.cz/historie/prvni-spalovna-odpadu-byla-v-brne.aspx>
- [1t] Zdroj:<http://www.odpadjeenergie.cz/svet-a-cr/cr-a-evropa/statistika-energetickeho-vyuzivani-odpadu.aspx>
- [2t] Zdroj:[www.mpo.cz](http://www.mpo.cz)
- [1g] Zdroj: [www.mpo.cz](http://www.mpo.cz)
- [3t] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/fakta/cr-a-evropa/pozadavky-evropske-unie.aspx>
- [2g] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/fakta/cr-a-evropa/pozadavky-evropske-unie.aspx>
- [4t] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/uzitecne/ke-stazeni/soubory-ke-stazeni.aspx>
- [5t] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/uzitecne/ke-stazeni/soubory-ke-stazeni.aspx>
- [3g] 3T, [online]. 2011, roč. 21, č. 4 [cit. 2012-4-20]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.tscr.cz>>. ISSN 1804-8129
- [4g] 3T, [online]. 2011, roč. 21, č. 4 [cit. 2012-4-20]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.tscr.cz>>. ISSN 1804-8129
- [6t] 3T, [online]. 2011, roč. 21, č. 4 [cit. 2012-4-20]. dostupné na World Wide Web:  
<<http://www.tscr.cz>>. ISSN 1804-8129



- [2o] Zdroj: <http://www.fs.cvut.cz/cz/u218/peoples/hoffman/PREDMETY/COVP/OPE/Foto-OPE/Resize%20of%20Spalovna%20odpadu-schema.jpg>
- [3o] Zdroj: <http://www.psas.cz>
- [5g] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/fakta/cr-a-evropa/skladba-komunalniho-odpadu-z-domacnosti.aspx>
- [4o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/prepoklady/cyklus-energetickeho-vyuzivani-odpadu.aspx>
- [5o] Zdroj: Seminář žáruvzdorné vyzdívky spaloven Doc. Ing. Zdeněk Skála CSc. VUT v Brně FSI - energetický ústav
- [6o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/technologicky-retezec.aspx>
- [7o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/jine-zpusoby/pyrolyza-a-plazma/siemens-schema.aspx>
- [8o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/jine-zpusoby/pyrolyza-a-plazma/plazma-technologie.aspx>
- [9o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/jine-zpusoby/mbu/proces-mbu.aspx>
- [8t] ODPADOVÉ FÓRUM. Praha: CEMC, 2010, roč. 11, č. 10, s. 8-9. Vychází měsíčně. ISSN 1212-7779
- [9t] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/ochrana-zp/spalovny-a-ovzdusi/spalovny-ovzdusi-neskodi.aspx>
- [10o] Zdroj: <http://www.evecopraha.cz/vyrobní-program/separace-dioxinu-pcdd-f/>
- [11o] Zdroj: <http://www.evecopraha.cz/vyrobní-program/separace-dioxinu-pcdd-f/>
- [12o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/zachyceni-popilku-zpracovani-skvary-a-popilku-cisteni-spalin.aspx>
- [13o] Zdroj: <http://www.vzduchotechnik.cz/cz/katalog/elektrostaticke-filtry/>
- [14o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/cireni-uprava-pracich-vod.aspx>
- [15o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/zadne-zbytky-vyuzitelny-material.asp>
- [16o] Zdroj: <http://www.pe.cz/ekologie/vyroba-elektřiny-a-tepla-kvet.htm>
- [17o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/ochrana-zp/vychodiska/hierarchie-nakladani-s-odpady.aspx>
- [18o] Zdroj: <http://www.spalovnachotikov.info/veda-technologie.html>
- [19o] Foto: Josef Mašek / Ekolist.cz, Licence: Creative Commons 

- [20o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/zarizeni-evo-v-cr/kde-se-u-nas-vyrabi-energie-z-odpadu.aspx>
- [21o] Zdroj: <http://www.mestasveta.cz/viden/zajimava-mista/teplarna-ve-spittelau>
- [22o] Zdroj: <http://www.spalovnachotikov.info/vizualizace.html>
- [23o] Zdroj: <http://www.noah.no/Forkunder/Kundeguide/Hvabehandlervi/Askefraforbrenningsanlegg/tabid/573/Default.aspx>
- [24o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/zachyceni-popilku-zpracovani-skvary-a-popilku-cistení-spalin.aspx>
- [25o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/vstup-odpadu.aspx>
- [26o] Zdroj: <http://www.odpadjeenergie.cz/vyroba-energie/proces-1/vstup-odpadu.aspx>

## Seznam obrázků

OBR. 1 PARSONOVA TURBÍNA S TURBOGENERÁTOREM [10]	12
OBR. 2 SCHÉMA SPALOVNY ODPADŮ [20]	20
OBR. 3 SCHÉMA ZEVO MALEŠICE [30]	22
OBR. 4 CYKLUS ENERGETICKÉHO VYUŽÍVÁNÍ ODPADŮ V EVROPSKÉ UNII V ROCE 2006. [40]	26
OBR. 5 SCHÉMATA ROŠTOVÝCH OHNIŠŤ [50]	27
OBR. 6 TECHNOLOGICKÝ ŘETĚZEC S ROŠTOVÝM OHNIŠTĚM [60]	28
OBR. 7 SCHÉMA ZAŘÍZENÍ SPOLEČNOSTI SIEMENS VYUŽÍVAJÍCÍ PYROLÝZU [70]	29
OBR. 8 SCHÉMA ZAŘÍZENÍ POUŽÍVAJÍCÍHO PLAZMOVÝ REAKTOR [80]	30
OBR. 9 SCHÉMA TECHNOLOGIE MBŮ [90]	31
OBR. 10 ODSTRAŇOVÁNÍ DIOXINŮ NÁSTRÍKEM SORBENTU [100]	35
OBR. 11 ODSTRAŇOVÁNÍ DIOXINŮ POMOCÍ FILTRU S NÁPLNÍ SORBENTU (HNĚDOUHELNÝ KOKS) [110]	35
OBR. 12 KATALYTICKÝ FILTR [120]	35
OBR. 13 PRINCIP ELEKTROSTATICKÉHO FILTRU [130]	37
OBR. 14 ÚPRAVA PRACÍCH VOD (POUŽÍVANÁ V TERMIZO LIBEREC) [140]	38
OBR. 15 FILTRAČNÍ KOLÁČ [150]	39
OBR. 16 KOGENERAČNÍ REŽIM [160]	39
OBR. 17 HIERARCHIE NAKLÁDÁNÍ S ODPADY PODLE EVROPSKÉ SMĚRNICE ČÍSLO 75/442/ES [170]	40
OBR. 18 BLOKOVÉ SCHÉMA NAVRHOVANÉHO ZEVO CHOTÍKOV U PLZNĚ [180]	44
OBR. 19 ZEVO PRAHA MALEŠICE [190]	52
OBR. 20 ZEVO PRAHA MALEŠICE JINÝ POHLED [200]	52
OBR. 21 TEPLÁRNA VE SPITTELAU RAKOUSKO [210]	53
OBR. 22 NÁVRH ZEVO PLZEŇSKÉ TEPLÁRENSKÉ A.S. [220]	53
OBR. 23 ŠVÉDSKÉ ZAŘÍZENÍ SYSAV [230]	54
OBR. 24 BUDOVA PRAČKY SPALIN V TERMIZO LIBEREC A POHLED NA TĚLESO PRAČKY UVNITŘ [240]	55
OBR. 25 JEŘÁB NAKLÁDAJÍCÍ ODPADY V TERMIZO LIBEREC [250]	55
OBR. 26 BUNKR NA SVOZ ODPADU V TERMIZO LIBEREC [260]	56

## Seznam tabulek

TAB. 1 PŘEHLED SPALOVEN TUHÉHO KOMUNÁLNÍHO ODPADU REALIZOVANÝCH ČKD DUKLA [1T]	13
TAB. 2 VÝVOJ HRUBÉ ELEKTŘINY A DODÁVKY ELEKTŘINY VYROBENÉ Z BRKO DO SÍTĚ [2T]	15
TAB. 3 BILANCE SMĚSNÉHO KOMUNÁLNÍHO ODPADU VE VZTAHU KE SMĚRNICI 99/31/ES (T/ROK) [3T]	16
TAB. 4 SOUČASNÝ STAV KAPACIT SPALOVEN KO V ČR [4T]	17
TAB. 5 KAPACITNÍ STAV PŘIPRAVOVANÝCH SPALOVEN KO [5T]	17
TAB. 6 OBJEM ENERGIE ZÍSKANÉ Z ENERGETICKÉHO VYUŽITÍ ODPADU VE ŠVÉDSKU V MWH/ROK [6T]	19
TAB. 7 POROVNÁNÍ SPALOVNY ODPADŮ A ZEVO	23
TAB. 8 MNOŽSTVÍ VYPOUŠTĚNÝCH LÁTEK PŘI VÝROBĚ TEPLA Z RŮZNÝCH ZAŘÍZENÍ (VZTAŽENO NA 1MWH)[8T]	33
TAB. 9 EMISNÍ LIMITY PODLE SMĚRNICE EU 76/2000 PRO RŮZNÉ DRUHY ZAŘÍZENÍ [9T]	34
TAB. 10 POROVNÁNÍ Kladů a záporů různých technologií	42

## Seznam grafů

GRAF 1 VÝVOJ HRUBÉ ELEKTŘINY A DODÁVKY ELEKTŘINY Z BRKO [1G]	15
GRAF 2 JAK NAKLÁDAT SE SKO V ZÁVISLOSTI NA ZÁVAZKY SMĚRNICE 31/99/ES (T/ROK) [2G]	16
GRAF 3 VYUŽITÍ KOMUNÁLNÍHO ODPADU V ZEMÍCH EVROPY [3G]	18
GRAF 4 NAKLÁDÁNÍ S KOMUNÁLNÍM ODPADEM VE ŠVÉDSKU V ROCE 2005 - 2009 [4G]	18
GRAF 5 SKLADBA DOMOVNÍHO KO [5G]	25

## Přílohy

Obr. 19 ZEVO Praha Malešice [19o]



Obr. 20 ZEVO Praha Malešice jiný pohled [20o]



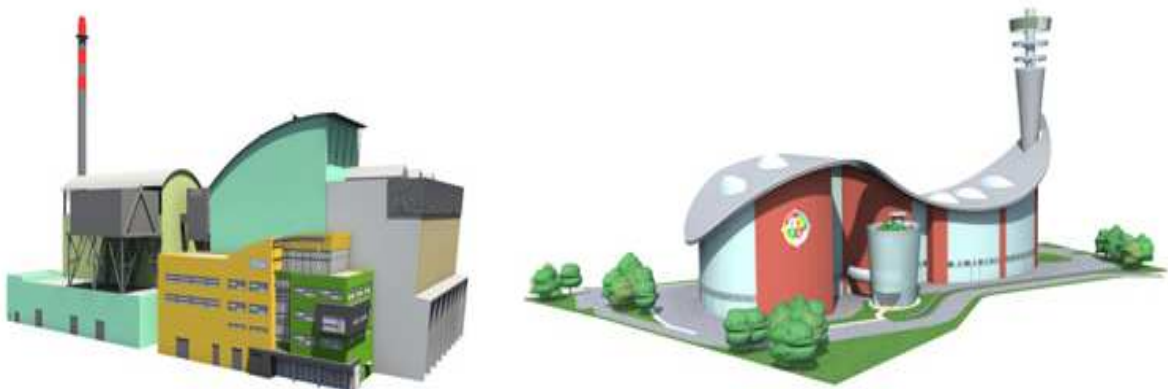
Obr. 21 Teplárna ve Spittelau Rakousko [21o]

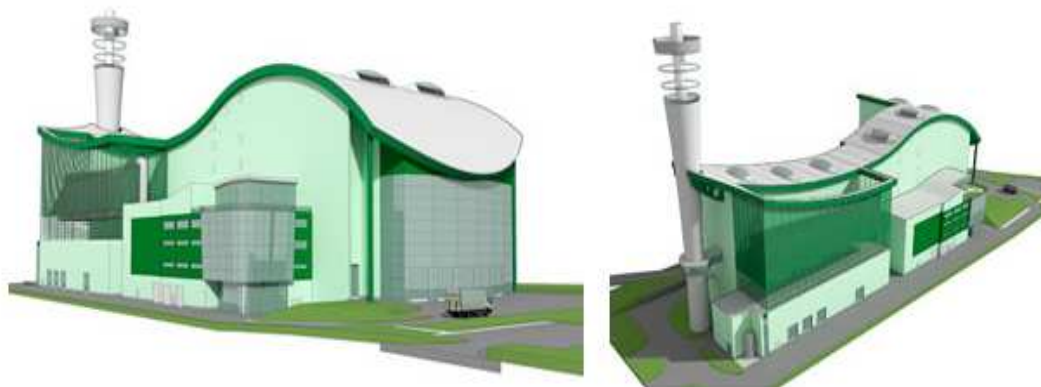


Zde je vidět, že zařízení mohou vypadat velmi originálně. Toto je teplárna využívající KO v Rakouském Spittelau. Její design navrhl Friedrich Hundertwasser.

Další obrázek ukazuje připravené návrhy ZEVO v Plzeňském kraji.

Obr. 22 Návrhy ZEVO Plzeňské Teplárenské a.s. [22o]





Obr. 23 Švédské zařízení SYSAV [23o]



Obr. 24 Budova pračky spalin v Termizo Liberec a pohled na těleso pračky uvnitř [24o]



Obr. 25 Jeřáb nakládající odpady v Termizo Liberec [25o]



Obr. 26 Bunkr na sovoz odpadu v Termizo liberec [26o]





