

„Spalovny? - Bez obav!“

Jak a proč spalovny vznikly?

V pravěku činila „recyklační kvóta“ téměř 100 %. Zbytky potravy, pokud nějaké zbyly, se zužitkovaly pro krmení domestikovaných zvířat. Z kůží se vyráběly oděvy a kosti se využívaly na výrobu nástrojů, ozdob či zbraní. S postupným zpracováním kovů a tkanin však mnohé z těchto surovin začaly ztrácet na významu. Začaly se tedy postupně odstraňovat buď doslova před vlastní dveře, anebo ukládat v bezpečnější vzdálenosti od osídlení. Poté byly neupravené odpady způsobem „try and error“ identifikovány jako zdroj zápachu a různých chorob.

Pragmatický přístup k této problematice zvolilo sousední Německo. Například již v roce 1507, když v Hamburku vypukla epidemie moru, poukazuje Dr. Johannes Bökel v tzv. „Morovém řádu pro Hamburg“, na možné souvislosti mezi epidemiemi a městskou hygienou. Mnoho německých měst proto začalo čištění organizovaně regulovat. Hamburg začal s organizovaným úklidem města až kolem roku 1600, po vypuknutí další morové epidemie v roce 1597. Součástí úklidu byl i odvoz odpadu z města a jeho částečné využití v sousedních zemědělských usedlostech jako krmivo, resp. hnojivo.

Když však roku 1892 vypukla epidemie cholery, prušští sedláci, kteří toho času odebírali 300 m³ odpadu denně, odmítli kontaminovaný odpad dále přebírat. Hned následující rok proto rozhodla správa města o stavbě první spalovací pece podle anglického vzoru (první řízené „spalování“ komunálních odpadů v Evropě se datuje na rok 1870 v londýnské městské části Paddington, následovalo zkušební dvoulinkové zařízení v Bruselu v roce 1892). Spalovna v Hamburku se svými 36 pecemi se stala v roce 1896 první velkou spalovnou městského odpadu na evropské pevnině. Primárním úkolem tohoto zařízení byla eliminace choroboplodných zárodků v odpadech a redukce jeho množství /1/.

Změny našich návyků a zvyšování hygienických standardů v uplynulých stoletích bezpochyby vedly ke snížení nemocnosti a tím i úmrtnosti - avšak částečně za cenu vyšší produkce různorodějších odpadů. S otázkou „kam s nimi?“ se proto potýkáme dnes stejně jako tehdy naši předci, avšak s tou výhodou, že disponujeme nesrovnatelně vyspělejšími technologiemi.

Skládkování komunálního odpadu (KO) v Evropě v rozsahu, jak jsme jej znali doposud, končí. K ukončení tohoto ekologického přežitku vedla legislativa /2/, která jasně reguluje možnosti ukládání biologicky rozložitelného komunálního odpadu, potažmo tedy i KO.

Metody úpravy KO před jeho uložením na skládky, jako je mechanicko-biologická úprava (MBÚ), bohužel ne vždy dokáží splnit tak vysoká očekávání, jaká zastánci těchto metod mnohdy proklamují. Existuje celá řada zařízení, která jsou sice funkční, avšak kvůli nízkým kvalitám výstupů (silně znečištěné recyklovatelné materiály) a problematickému „odbytu“ jedné z hlavních získaných surovin (vysokovýhřevné frakce), se často potýkají i s ekonomickými problémy. Několik zařízení nesplnilo ani základní technické parametry a muselo být odstaveno (Heilbronn, Buchen) /3, 4/ Neúspěchy se však nevyhnuly ani některým alternativním technologiím termického zpracování, jak to dokazují příklady zařízení v bavorských městech Ansbach a Fürth.

Spalovny s roštovými ohništi mají otázku provozní spolehlivosti, emisí a dodržení limitních hodnot zbytkového organického uhlíku pod 3 hm. %, resp. nedopalu < 5 hm. %, a tím i materiálového využití nebo bezpečného uložení zbytkových látek vyřešenu.

Vývoj spaloven a jejich dnešní technologický stav

První zařízení neměla využití tepla a pracovala bez jakéhokoli čištění spalin. Avšak s postupem času se stal odpad zdrojem energie a spalovny se začaly vybavovat spalinovými kotli pro získávání uvolněné tepelné energie. Od tohoto okamžiku by měly být spalovny v technické terminologii „povyšeny“ na zařízení k **energetickému využití odpadů**. Účinnost spalinových kotlů se postupně zvyšovala, moderní kotle posledních generací dosahují účinnosti přes 80 %. Cestu vývoje čištění spalin bych rád popsal na příkladu sousedního Německa, které je jednou z kolébek environmentálních technologií.

Na počátku šedesátých let se začaly spaliny ze spaloven čistit. Nejprve mechanicky pomocí filtrů, které byly schopny zadržet až 95 % úletového popílku, což již samo o sobě vedlo k radikálnímu zlepšení emisí z těchto zařízení. V sedmdesátých letech došlo k dalšímu omezení emisí TZL,

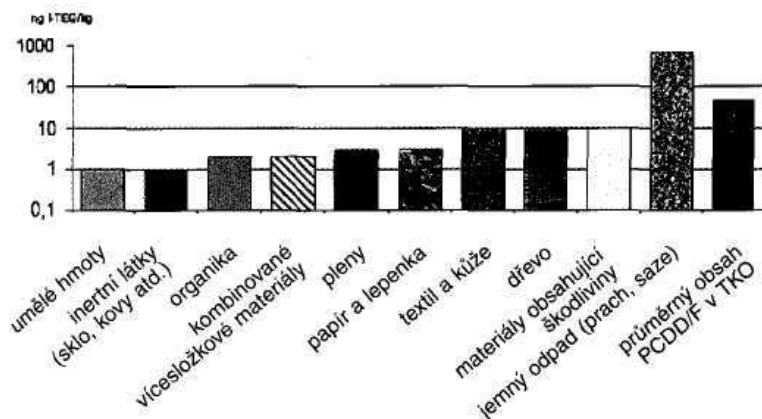
chlorovodíku a CO. To vedlo k vývoji účinnějších elektrostatických filtrů, aplikaci praček a absorbérů a ke zefektivnění spalovacího procesu. Od osmdesátých let byly spalovny vybaveny odsiřovacími zařízeními a byly sníženy i limity pro emise oxidů dusíku a těžkých kovů. To se projevilo v primárních opatřeních na kotlích, zavedení tzv. SNCR metod a adsorpčních technologií na bázi aktivního uhlí. Na přelomu osmdesátých a devadesátých let pronikly na trh první zařízení typu SCR DeNOx, resp. SCR DeNOx/DeDiox k odstraňování oxidů dusíku a dioxinů a furanů ze spalin /5/.

Ruku v ruce s vývojem těchto technologií šla i legislativa, resp. potřeba tyto technologie a požadavky na ně metodicky sjednotit a regulovat v předpisech, jako jsou např. německá TA-Luft a BImSchV, na jejichž základech stojí dnešní evropský zákon o ovzduší, zákon o spalování odpadů a s nimi spjaté prováděcí předpisy.

Žádné jiné energetické odvětví s výjimkou jaderných elektráren není tak silně pod drobnohledem legislativy a ekologických organizací jako spalovny. A to je dobře, neboť tento přístup vedl k vývoji špičkové technologie s emisemi na úrovni plynových kotlen /3, 6/. Referenční dokument BREF WI popisuje v rámci uváděných BAT přes 400 možných kombinací v typech a řazení jednotlivých stupňů čištění spalin a téměř tolik existuje i filozofií. Důležitý je integrovaný pohled na výstupy. A zde se spalovny ve srovnání s ostatními energetickými zdroji opravdu nemusí stydět.

A co emise?

Limity sledovaných polutantů a skutečné emise většiny spaloven jsou v současnosti již na tak nízké úrovni, že téměř přestaly být diskutovaným tématem. Vezměme přesto jako příklad často zmiňované a nezřídka i hysterizované téma dioxiny a furany (PCDD/F). Dioxiny se nacházející všude kolem nás, např. průměrná zátěž půdy v SRN se pohybuje mezi 10 ng (pro venkovské oblasti) a 60 ng (oblasti s průmyslovým charakterem) TEQ/kg zeminy /7, 8/ Dioxiny se do životního prostředí dostávají přirozenou cestou od té doby, co vzplály první lesní požáry. Průmyslovým způsobem se do životního prostředí dostávají od dob, kdy Římané začali pálit první cihly.



Obrázek I: Koncentrace PCDD/F v jednotlivých složkách KO /8/
(redakce upozorňuje na logaritmickou stupnici na ose koncentrací PCDD/F)

Oproti přežívajícímu mýtu o spalovnách jako hlavních producentech dioxinů a furanů je při střízlivém pohledu situace poněkud jiná, jak následující bilanční úvaha na příkladu Závodu pro energetické využití odpadů (ZEVO) Malešice ukáže. Mezi koncentracemi PCDD/F v jednotlivých složkách KO jsou velmi velké rozdíly (*obrázek 1*). Jemná frakce (prach, saze) obsahuje koncentrace PCDD/F 700 ng TEQ/kg, plasty pouze 1 ng TEQ/kg a biosložka, tedy zeleň, zbytky potravin apod. 2 ng TEQ/kg. Podíl celkového množství PCDD/F v KO pocházející z jemné frakce odpadu činí více než 95 % /8/. Průměrný obsah dioxinů a furanů v KO v Německu je v literatuře uváděn hodnotami mezi 50 a 60 ng TEQ/kg odpadu /8, 9/ Pro bilanci ZEVO Malešice počítejme se střední hodnotou PCDD/F 55 ng TEQ/kg pražského odpadu.

ZEVO Malešice přijalo mezi lety 2000 a 2006 k termickému zpracování více než 1,4 milionu tun odpadu. Spolu s tímto odpadem bylo při uvažované koncentraci navedeno a složeno v bunkru odpadů celkem 77,3 g dioxinů a furanů. Ze ZEVO mohou PCDD/F odcházet třemi cestami: ve škváře, v popílku a úsuších z čištění spalin a ve spalinách tzv. po vzdušné stezce. **Tabulka** obsahuje toky

vstupů a výstupů ZEVO, průměry naměřených koncentrací a hmotnostní toky PCDD/F v období mezi 2000 až 2006. Pozorného čtenáře jistě zaujal hmotnostní deficit mezi vstupem a celkovým výstupem ve výši cca 8 gramů, tzn. 11 %. Odpověď je jednoduchá: **termická destrukce**.

Dioxiny a furany jsou při teplotách vyšších než cca 700 °C nestabilní. Teploty v kotlích se pohybují kolem 900 °C, což vede ke spolehlivé termické destrukci všech PCDD/F obsažených v odpadu. Dioxiny ve spalovnách vznikají hlavně tzv. *de-novo* syntézou na precursorech (chlorované fenoly, benzoly) za katalytického působení mědi v rozmezí teplot cca 200 °C a 550 °C. Nová tvorba PCDD/F *de-novo* syntézou při průchodu spalin výměníkovou částí kotlů je slabší než efekt termické destrukce v roštové části.

Navíc karbonizací ve škváře a především solidifikací popílku a úsušků na skládce dochází k imobilizaci PCDD/F z těchto výstupů. Zpět do dioxinového cyklu se tak dostávají pouze dioxiny emitované po vzdušné stezce. ZEVO tak imobilizuje 81 % PCDD/F v popílku a úsušcích, spolu s termickou destrukcí je tedy redukováno 92 % vstupního množství PCDD/F a zahrneme-li do této úvahy i škváru, pak dokonce 99 % (**obrázek 2**). Takové bilance byly postaveny s podobným výsledkem i pro jiná zařízení /9/. **Moderní spalovny nejsou producentem, ale zneškodňovatelem dioxinů a furanů.**

ZEVO Malešice splňuje od roku 2000 předepsaný limit 0,1 ng TEQ/Nm³ PCDD/F s pomocí adsorbentu na bázi aktivního uhlí dávkovaného do stávajícího systému čištění spalin. Pro představu - množství 0,1 nanogramu odpovídá takové části gramu, jakou je jedna kapka v porovnání s objemem pětadvacetimetrového plaveckého bazénu. Aplikací tzv. SCR DeDiox metody, kterou jsme v letošním roce zrealizovali, bude limit plněn s výraznou rezervou. Garanční měření prvních tří linek prokázalo během zkušebního provozu výsledky mezi 0,02 - 0,04 ng TEQ/Nm³. Účinnost aplikovaného katalytického zařízení SCR DeDiox je vyšší než 99 %. Emise po vzdušné stezce se tím sníží na pouhých cca 3 promile! vstupního množství PCDD/F.

Škvára se svým minerálním složením podobá čediči a obsah PCDD/F je srovnatelný s obsahem PCDD/F v zemině /7, 8/. Porovnání chemického složení škváry a čediče je graficky znázorněno na **obrázku 3**.

Bavorsko využívá 75 % spalovenského škváry jako stavebního materiálu /10/. Podle zdroje /7, 11/ povoluje Spolkový zdravotní úřad SRN omezené zemědělské využití půdy s koncentrací PCDD/F do 40 ng TEQ/kg suché zeminy. Škvára ze ZEVO obsahuje průměrně méně než 20 ng TEQ/kg sušiny.

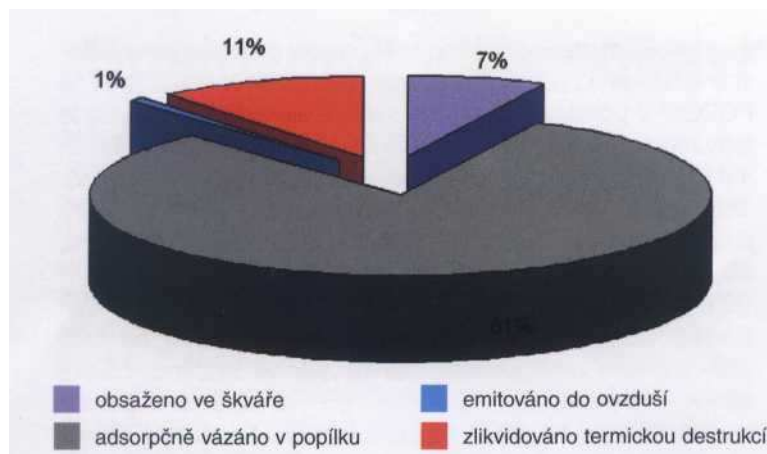
Jak je to u našich německých sousedů s budoucností spaloven?

V Německu se nachází ve výstavbě nebo ve fázi plánování několik nových projektů spaloven KO. Němci jsou ekologicky a bezpečnostně považováni za přední evropský stát a spaloven se nebojí. V roce 1999 využilo 57 německých spaloven energeticky zhruba 13 milionů tun odpadu. V roce 2003 bylo v Německu již 65 zařízení, která zpracovala 17,4 milionů tun odpadu a v roce 2010 má být v provozu přes 70 zařízení s celkovou kapacitou 19 milionů tun /12/. Jestliže se v roce 1990 tato zařízení podílela na celkové průmyslové produkci PCDD/F v Německu ještě zhruba 30 %, pak byl tento přínos v roce 2000 již méně než 1 % /13/. Podíl evropských spaloven na celkové produkci PCDD/F v Evropě činil v roce 2005 pouhých 0,07 % /14/.

Tabulka: Hmotnostní bilance PCDD/F pro ZEVO Malešice od roku 2000 do roku 2006

	Množství [t]	Průměrná koncentrace	Hmotnostní tok PCDD/F [g]
Vstup			
TKO	1 406 019	55 [ng TEQ/kg]	77,33
Výstupy			
Škvára	367 537*	17,3 [ng TEQ/kg sušiny]	5,61
Popílek a úsušky	37 538	1688 [ng TEQ/kg]	62,73
Spaliny	7 356 200 881 [Nm ³]	0,085 [ng TEQ/Nm ³]	0,63

Škvára obsahuje cca 88 % sušiny



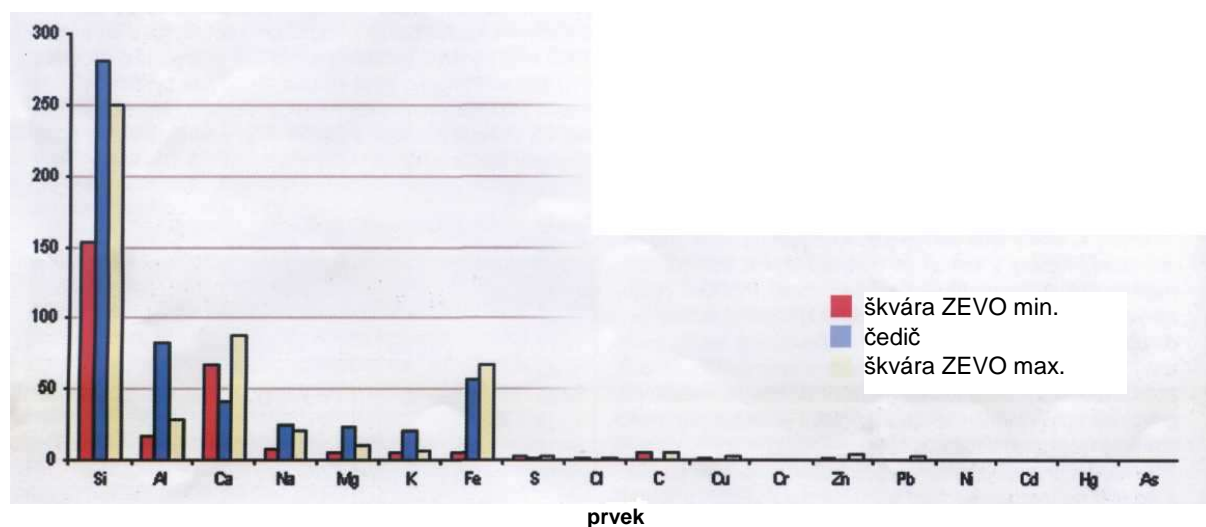
Obrázek 2: Grafické znázornění hmotnostní bilance PCDD/F v letech 2000 až 2006

Co bude dál?

Spalovny nejsou všelékem, pouze jedním z článků odpadového hospodářství. Vzhledem k využití energetického obsahu odpadu jsou však tato zařízení také neopominutelným energetickým zdrojem se špičkovými emisními parametry. V případě aplikace kogenerace pro využití energetických potenciálů ke kombinované výrobě tepla a elektřiny dosahují tato zařízení účinnosti kolem 80 %. Tato zařízení by ale měla zůstat a plnit funkci na tom místě odpadové hierarchie, pro které jsou určena, tzn. energeticky využívat pouze ty odpady, které již nelze za přijatelných ekologických a ekonomických podmínek materiálově využít.

Ekologicko-ekonomický provoz zařízení na energetické využití odpadů souvisí s rozumnou separací odpadu v místě jeho vzniku, tedy již u původců, převážně v našich domácnostech. Extrémy, jako vymývání jednotlivých jogurtových kelímků pomocí detergentů pod proudem horké vody na straně jedné stejně, tak jako zarputilé ignorování barevných kontejnerů na straně druhé, zcela jistě životnímu prostředí neprospívají.

Zdravý pohled na věc ukázal před časem můj šestiletý syn. Povídali jsme si o tom, jak bude fungovat parní turbína, jejíž realizaci v Malešicích připravujeme. Nedlouho poté domlsal u televize jogurt, šel kelímek vyhodit do odpadkového koše a na cestě zpět k obrazovce sám pro sebe utrousil: „Tak a teď ve spalovně vyrobí elektřinu, abych se mohl dokoukat.“



Obrázek 3: Porovnání chemického složení škváry ZEVO s čedičem

Zkratky

BAT	Best Available Techniques (nejlepší dostupné techniky)
BImSchV	Bundesimmissionsschutzverordnung
BREF WI	Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration
BRKO	biologicky rozložitelný komunální odpad
CO	oxid uhelnatý
MBÚ	mechanicko-biologická úprava
PCDD/F	dioxiny a furany
SCR	selektivní katalytická redukce
SNCR	selektivní ne-katalytická redukce
TA Luft	Technische Anleitung zur Reinhaltung der Luft
TEQ	ekvivalent toxicity
KO	komunální odpad
TOC	celkový organický uhlík
TZL	tuhé znečišťující látky
ZEVO	Zařízení na energetické využití odpadu

Literatura

- /1/ Stadtreinigung Hamburg, *www.srhh.de*
- /2/ Council Directive 1999/31 EC of 26 April on the landfill of waste
- /3/ Hyžík J.: Význam energetického využívání odpadu roste, *Odpadové Fórum 5/2007*
- /4/ Prognos AG, Europaisches Zentrum für Wirtschaftsforschung und Strategieberatung Berlin, osobní sdělení, 2007
- /5/ CERAM Catalysts + Honeycombs, Reference List, January 2007
- /6/ Hyžík J.: Energetische Verwertung von Siedlungsabfällen, *Wissenschaftlicher Bericht*, 2006
- /7/ Dioxinbericht des Landes Sachsen-Anhalt, Landesamt für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Halle (Saale), 1996
- /8/ Dioxin-Bilanz für Hamburg, Universität Bayreuth und Trischler & Partner GmbH im Auftrag der Umweltbehörde Hamburg, September 1995
- /9/ Müllverbrennung: Die thermische Behandlung von Abfällen, Fachinformation, Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen, 2002
- /10/ Verwertung von MV-Rostschlacke in Bauvorhaben, Bayerisches Landesamt für Umweltschutz, Josef-Vogl-Technikum, Augsburg, 2002
- /11/ Bericht der Bund/Länder-Arbeitsgruppe DIOXINE, Bundesministerium für Umwelt, 1992
- /12/ ITAD e.V. Würzburg, osobní sdělení, 2007
- /13/ Müllverbrennung-Ein Gefahrenherd? Abschied von der Dioxinschleuder, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit, 09/2005
- /14/ Rechenberger, TU Wien, Cewep Congress 2006

Dr. Ing. Aleš Bláha

Závod na energetické využití odpadu Praha-Malešice

Pražské služby, a. s.

ODPADOVÉ FÓRUM 11/2007

Na pomoc energetickému využití odpadů I. díl

(Mimořádná příloha České ekologické manažerské centrum Listopad 2007)