

Spalování odpadu (WI)

Spalování se používá jako metoda úpravy pro velmi široký okruh druhů odpadu. Spalování samo o sobě je obecně pouze částí komplexního systému úpravy odpadu vesměs provozovaného k souhrnnému nakládání s rozsáhlým sortimentem odpadů vznikajících ve společnosti.

V odvětví spalování odpadu došlo během posledních 10 až 15 let k rychlému vývoji. Hnací silou u mnohých z těchto změn byla specifická legislativa pro průmysl, na základě které se především snížily emise do ovzduší z příslušných zařízení. Nepřetržitý proces vývoje v odvětví pokračuje vyvíjením technologií, které omezují náklady při současném udržení nebo zlepšení stávající úrovně dopadů na životní prostředí.

Cíl spalování odpadu je stejný jako u většiny metod úpravy odpadů, a to upravovat odpady tak, aby se snížil jejich objem a nebezpečnost a současně byly zachyceny (a tím koncentrovány) nebo zničeny potenciálně škodlivé látky. Prostřednictvím spalovacích procesů lze též umožnit využití energie, nerostných a/nebo chemických látek obsažených v odpadu. V zásadě je spalování odpadu oxidací hořlavých materiálů v něm obsažených. Odpad je obecně vysoce heterogenní materiál složený v podstatě z organických látek, minerálů, kovů a vody. Během spalování vznikají spaliny, které obsahují převážně energii k tepelnému využití. Organické látky v odpadu budou hořet, pokud dosáhnou nezbytnou teplotu vznícení a dostanou se do kontaktu s kyslíkem. Skutečný proces hoření proběhne v plynné fázi ve zlomku sekundy a současně se uvolňuje energie. Je –li dostatečná výhřevnost odpadu i množství přiváděného kyslíku, může to vést k tepelné řetězové reakci a samospalování, tzn. že nenastane potřeba přídavku jiných paliv.

Údaje v tomto dokumentu v čase, kdy byly sestaveny:

- Přibližně 20-25 % komunálního tuhého odpadu (KTO) produkovaného v EU-15 je upraveno spalováním (celková produkce KTO se blíží 200 mil. t/rok)
- Procentuální obsah KTO upraveného spalováním se v jednotlivých členských státech EU-15 pohybuje od 0 do 62 %.
- Celkový počet zařízení k úpravě KTO v EU-15 přesahuje 400.
- Roční kapacita spalování KTO se v jednotlivých evropských zemích pohybuje od 0 kg do množství přesahující 550 kg/obyv.
- V Evropě je průměrná kapacita spaloven KTO těsně pod 200 000 t/rok.
- Průměrná celková kapacita zařízení pro spalování KTO se v jednotlivých členských státech rovněž liší. Nejmenší zaznamenaná průměrná velikost zařízení je 60 000 t/rok a největší se blíží 500 000 t/rok.
- Přibližně 12 % produkce nebezpečného odpadu v EU-15 je spáleno (celková produkce se blíží 22 mil. t/rok).

Očekává se, že v Evropě se za 10 až 15 let rozšíří odvětví spalování KTO, neboť se hledají alternativy nakládání s odpady odkloněnými od skládek uplatňováním Směrnice o skládkách a jak tradiční, tak i nové členské státy zkoumají a implementují své strategie nakládání s odpady ve světle této legislativy.

Klíčové environmentální problémy

Odpady a nakládání s nimi představují významné environmentální problémy. Tepelná úprava odpadu může být proto považována za odpověď na environmentální hrozby v důsledku toho, že se špatně nakládá s proudy odpadu nebo se s nimi nenakládá vůbec. Cílem tepelné úpravy je celkové snížení dopadu na životní prostředí jako celek, které by mohl jinak odpad způsobit.

Bohužel v průběhu operace spalování ve spalovacím zařízení dochází ke zvýšení emisních a spotřebních hodnot a jejich výskyt nebo množství je ovlivněno designem a provozem zařízení.

Potenciální vliv samotných zařízení ke spalování odpadu spadá do následujících kategorií:

- Celkové emise z procesu do ovzduší a vody (včetně zápachu)
- Celková odpadní produkce z procesu
- Hluk a vibrace z procesu

- Spotřeba a výroba energie
- Spotřeba surovin (reagencií)
- Přechodné emise (ze skladování odpadu)
- Snížení rizika nebezpečných odpadů při skladování, nakládání a zpracování.

Uplatňováním a prosazováním moderních emisních norem a použitím moderních technologií pro kontrolu znečištění se snížily emise spaloven odpadu do ovzduší na úroveň obecně považovanou za velmi nízkou z hlediska rizika znečištění. Nepřetržité a efektivní používání těchto technologií kontroly emisí do ovzduší je klíčovou environmentální záležitostí.

Kromě toho, že zajišťují efektivní úpravu jinak potenciálně znečišťujících odpadů, se kterými se nenakládá, mají mnohá zařízení ke spalování odpadů zvláštní roli z hlediska procesu energetického využití odpadu. Pokud jsou v zařízeních ke spalování odpadů (všeobecně komunálních) uplatněny politiky zvyšování možností energetického využití hodnoty odpadů, zvyšuje se hodnota tohoto příspěvku pro životní prostředí. Významnou environmentální příležitostí pro průmysl je proto zvyšování jeho potenciálu jako dodavatele energie.

Technologie zvažované při určování BAT

Zvažované technologie zde zahrnuté mají potenciál stát se příspěvkem ke zvýšení úrovně ochrany životního prostředí z hlediska průmyslu spalování odpadů.

Obecné technologie BAT

Základní BAT zdůrazňuje význam výběru takového návrhu zařízení, které vyhovuje charakteristikám odpadu přijímaného do zařízení z hlediska fyzikálních i chemických podmínek. Tato BAT je základem pro zabezpečení toho, aby zařízení mohlo upravovat přijímané odpady s minimálními poruchami procesu, které by samy o sobě mohly vyvolat dodatečné dopady na životní prostředí. Z tohoto pohledu se jedná též o BAT minimalizující plánované i neplánované uzavírky. BAT obsahuje zřízení a provádění kontrol kvality na vstupu odpadu. Cílem toho je zajistit, aby charakteristiky odpadu zůstaly odpovídající návrhu zařízení, do kterého jsou odpady přijímány. Takové postupy kontroly kvality jsou kompatibilní s uplatněným systémem environmentálního managementu, se kterým je rovněž v BAT uvažováno.

Obecně je uplatnění provozních podmínek spalování specifikováno v článku 6 Směrnice 2000/76/ES (WID) zvažováno ve shodě s BAT. Nicméně, skupina TWG se vyjádřila, že překročením těchto podmínek (např. vyšší teploty) by mohlo dojít k celkovému zhoršení dopadů na životní prostředí a že je známo několik příkladů zařízení k nakládání s nebezpečnými odpady, ve kterých bylo prokázáno celkové zlepšení environmentální účinnosti, když byly provozovány při teplotách nižších než 1 100 °C, což je teplota specifikována ve Směrnici WID pro určité nebezpečné odpady. U obecných BAT byl učiněn závěr, že spalovací podmínky by měly být dostatečné k destrukci odpadu, ale omezení potenciálních dopadů interakcí médií bude při překročení těchto podmínek vcelku nevýznamné. Za BAT je považována technologie spalování odpadu používající přídavný(é) hořák(y) k dosažení a udržení provozních podmínek.

Metody čištění spalin (FGT – Flue Gas Treatment) uplatněné v zařízeních ke spalování odpadu byly vyvíjeny řadu let s cílem splnit přísně kontrolované standardy a jsou nyní na vysoce moderní technické úrovni. Jejich návrh a provoz jsou rozhodující pro zajištění toho, aby všechny emise byly dobře kontrolovány.

Kromě těchto obecných BAT jsou určeny specifitější BAT pro ta pododvětví průmyslu, ve kterých jsou upravovány hlavně následující odpady:

- komunální odpady
- předem upravené nebo vytříděné komunální odpady
- nebezpečné odpady
- kaly z čistíren odpadních vod
- klinické odpady

Tento BREF je založen na stovce zdrojů informací a více než 700 konzultačních připomínek předložených velmi širokou pracovní skupinou. Jak z průmyslu, tak i z členských států byly poskytnuty

důležité informace. Kvalita údajů byla obecně dobrá, především údajů týkajících se emisí do ovzduší, a umožňovala v některých případech provést odůvodněné srovnání.

Úroveň shody

Bylo dosaženo shody na všeobecně dobré úrovni. Ve vztahu k technickým otázkám BAT byla úplná jednota a žádné rozpory. Obecně dobrý konsensus byl též v kvantitativních parametrech BAT, i když provozní hodnoty emisí spojené s užitím BAT vedly k některým rozporuplným názorům, konkrétně u jednoho členského státu a ekologické nevládní organizace byly zaznamenány nesouhlasné názory ve vztahu k více BAT ohledne emisí uvolňovaných do ovzduší i do vody.

ES zahajuje a podporuje prostřednictvím svých RTD programu (Research and Technology Development – Výzkum a vývoj technologií) řadu projektů čistších technologií, které objevují technologie čištění odpadních vod a recyklační technologie i strategie řízení. Tyto projekty by potenciálně mohly užitečně přispět budoucím revizím BREF. Čtenáři proto vyzýváme, aby informovali EIPPCB (European IPPC Bureau – Evropská kancelář IPPC) o každém výsledku výzkumu v působnosti tohoto dokumentu.

PŘEDMLUVA

Pokud není určeno jinak, odkazy na „Směrnici“ v tomto dokumentu znamenají směrnici Rady 96/61 ES o integrované prevenci a omezování znečištění.

Cílem Směrnice je dosáhnout integrované prevence a omezení znečištění pocházejícího z činností uvedených na seznamu v její příloze I a vést k celkově vysoké úrovni ochrany životního prostředí. Právní základ Směrnice se vztahuje k ochraně životního prostředí. Při jejím zavádění by měly být zohledněny také ostatní cíle Společenství, jako např. volná průmyslová soutěž ve Společenství, a tím přispět k udržitelnému rozvoji.

Konkrétněji řečeno, Směrnice stanoví povolovací systém pro určité kategorie průmyslových zařízení, který požaduje jak od provozovatelů, tak i od řídicích orgánů integrovaný ucelený pohled na potenciál znečištění a spotřeby u zařízení. Všeobecným cílem takového integrovaného přístupu musí být zlepšení řízení a kontroly průmyslových procesů, aby byla zajištěna vysoká úroveň ochrany životního prostředí jako celku. Ústředním principem tohoto přístupu je obecný princip uvedený v článku 3, který stanoví, že provozovatelé musejí učinit všechna vhodná preventivní opatření proti znečišťování, zejména využitím nejlepší dostupné techniky umožňující jim zlepšit jejich environmentální kredit.

Pojem „nejlepší dostupné techniky“ je definován v článku 2(11) Směrnice jako „nejúčinnější a nejpokročilejší stadium vývoje činností a jejich provozních metod dokládající praktickou vhodnost určité techniky jako základu pro stanovení mezních hodnot emisí, jejichž smyslem je předejít vzniku emisí, a pokud to není možné alespoň tyto emise omezit a zabránit tak nepříznivým dopadům na životní prostředí jako celek“. Článek 2(11) pokračuje dále následujícím objasněním definice:

"technikou" se rozumí jak používaná technologie, tak způsob, jakým je zařízení navrženo, budováno, udržováno, provozováno a vyřazováno z činnosti,

"dostupnou" technikou se rozumí technika, která byla vyvinuta v měřítku umožňujícím její zavedení v příslušném průmyslovém odvětví za ekonomicky a technicky přijatelných podmínek s ohledem na náklady a přínosy, ať již tato technika je nebo není v příslušném členském státě používána či vyráběna, pokud je provozovateli za rozumných podmínek dostupná,

"nejlepší" technikou se rozumí nejúčinnější technika z hlediska dosažení vysoké úrovně ochrany životního prostředí jako celku.

Příslušné úřady odpovědné za vydávání povolení musejí při určování podmínek povolení zohledňovat obecné principy stanovené v článku 3. Tyto podmínky musejí obsahovat mezní limitní hodnoty, doplněné nebo nahrazené v případě nutnosti rovnocennými parametry nebo technickými opatřeními. Podle článku 9(4) Směrnice tyto emisní mezní hodnoty, rovnocenné parametry a technická opatření musejí vycházet, aniž by byla dotčena shoda s environmentálními standardy kvality, z nejlepší dostupné techniky, aniž by však bylo předepsáno použití jakékoli technologie nebo konkrétní metody, se zřetelem k technickým charakteristikám příslušného zařízení, jeho zeměpisné poloze a místním podmínkám životního prostředí. Za všech okolností budou podmínky povolení obsahovat ustanovení o minimalizaci dálkového přenosu znečištění nebo znečištění přesahujícího hranice států a zajištění vysoké úrovně ochrany životního prostředí jako celku.

Členské státy mají povinnost podle článku 11 Směrnice zajistit, aby odpovědné orgány sledovaly nebo byly informovány o vývoji v oblasti nejlepších dostupných technik.

Kapitola 5 uvádí technologie a hodnoty spotřeb a emisí, uvažované v obecném slova smyslu jako kompatibilní s BAT. Účelem tedy je poskytnout všeobecné údaje týkající se hodnot emisí a spotřeby, které mohou být považovány za vhodnou srovnávací základnu pro pomoc při určování podmínek povolení ohledně BAT nebo pro stanovení obecných závazných pravidel podle článku 9(8). Nicméně by mělo být zdůrazněno, že tento dokument nenavrhuje mezní emisní hodnoty. K určení vhodných podmínek povolení se zohlední místní faktory specifické pro stanoviště, např. technické charakteristiky dotčených zařízení, jejich zeměpisná poloha a místní podmínky životního prostředí. V případě stávajících zařízení je třeba také vzít v úvahu ekonomickou a technickou způsobilost k modernizaci. Dokonce samotný cíl zajištění vysoké úrovně ochrany životního prostředí jako celku bude často zahrnovat kompromisní úsudky o různých typech vlivu na životní prostředí a tyto úsudky budou často ovlivněny místními názory.

I když je v tomto dokumentu učiněn pokus řešit některé tyto problémy, nelze je posoudit plně. Technologie a hodnoty uvedené v kapitole(ách) BAT, které mají být přidány, proto nebudou nezbytně odpovídat všem zařízením. Na druhé straně povinnost zajistit vysokou úroveň ochrany životního prostředí včetně minimalizace dálkového přenosu znečištění nebo znečištění přesahujícího hranice státu vede k tomu, že podmínky povolení nemohou být stanoveny na základě čistě místních názorů. Je proto krajně důležité, aby byly informace obsažené v tomto dokumentu plně zohledněny úřady udělujícími povolení.

2.3.2 Rotační pece

Rotační pece jsou velmi masivní a lze v nich spalovat téměř všechny odpady bez ohledu na druh či složení. Rotační pece mají velmi široké uplatnění především při spalování nebezpečných odpadů. Technologie je také všeobecně používána pro spalování klinických odpadů (většina nebezpečných klinických odpadů se spaluje v rotačních pecích spaloven při vysokých teplotách [64, připomínky TWG, 2003], ale v menší míře pak komunální odpady).

Provozní teploty dosahované v rotačních pecích při spalování odpadu se pohybují v rozmezí od 500 °C (např. zplyňování) do 1450 °C (např. vysokoteplotní tavení popela). Někdy se vyskytují vyšší teploty, ale obvykle nikoliv v aplikacích odpadových.

Při běžném oxidačním spalování jsou obvykle teploty vyšší než 850 °C. Teploty v rozpětí 900-1 200 °C jsou běžné pro spalování nebezpečných odpadů.

Všeobecně platí v závislosti na vstupujícím odpadu, že čím vyšší je provozní teplota, tím větší je riziko poškození žáruvzdorného obložení pece vlivem usazenin a teploty. Některé pece mají tepelně izolační vrstvy (vzduchové nebo vodní), které pomáhají prodlužovat životnost vyzdívky, a tím dobu mezi odstávkami za účelem údržby.

Rotační pec je tvořena válcovou nádobou nakloněnou podél vodorovné osy. Nádoba je obvykle umístěna na válečcích, které umožňují, aby se pec otáčela nebo oscilovala podél této osy (vratný pohyb). Odpad prochází pecí působením gravitace při rotaci. Přímé vstřikování se uplatňuje především u kapalných, plyných nebo kašovitých (čerpateľných) odpadů – obzvláště pokud existují bezpečnostní rizika a pokud vyžadují zvláštní péči, aby se zamezilo ohrožení obsluhy.

Doba zdržení tuhého materiálu v peci je určena úhlem sklonu nádoby a rychlostí rotace: doba zdržení mezi 30 až 90 minutami běžně postačuje k dosažení dobrého vyhoření odpadu.

Tuhé odpady, kapalně odpady, plyné odpady a kaly lze spalovat v rotačních pecích. Tuhé materiály jsou obvykle podávány přes násypku, která se neotáčí; kapalně odpady lze do pece vstřikovat přes trysky hořáku; čerpateľné odpady a kaly mohou být vstřikovány do pece přes vodou chlazenou trubici.

Aby se zvýšilo odbourávání jedovatých sloučenin, zařazuje se obvykle dohořivací komora. Přídavné spalování s použitím kapalných odpadů nebo přídavného paliva lze provádět, je-li třeba udržet teplotu potřebnou k odbourání spalovaného odpadu.

Provozní teplota v peci ve spalovacím zařízení se obvykle pohybuje od 850 do 1 300 °C. Teplotu je možno udržovat spalováním vysoce výhřevného odpadu (např. kapalného), odpadních olejů, topných olejů nebo plynu.

Teploty v dohořivací komoře se běžně pohybují mezi 900-1 200 °C podle typu zařízení a způsobu podávání odpadu. Většina zařízení je uzpůsobena ke vstřikování sekundárního vzduchu do dohořivací komory. V důsledku vysokých teplot a zavádění sekundárního vzduchu je vyhoření spalin úplné a

organické sloučeniny (např. polyaromatické uhlovodíky, PCB a dioxiny) včetně uhlovodíku s nízkou molekulovou hmotností jsou zcela odbourány. V několika zemích jsou uplatněny výjimky z pravidla optimální teploty 1 100 °C, a to na základě studií dokazujících, že snižování teplot v dohořovací komoře neovlivňuje kvalitu emisí do ovzduší.

2.5 Používané systémy čištění a kontroly spalín

2.5.3 Technologie snižování emisí částic

2.5.3.5 Tkaninové filtry

Tkaninové filtry, také nazývané rukávcové filtry, jsou velmi široce používány v zařízeních ke spalování odpadu. Účinnost filtrace je velmi vysoká pro široké rozpětí velikosti částic. U částic o velikosti menší než 0,1 mikronu je účinnost nižší, ale takové frakce jsou v toku spalín ze spaloven odpadu relativně málo zastoupeny. Pomocí této technologie se dosahuje nízkých hodnot emisí prachu. Technologie může být použita následně po použití ESP (electrostatic precipitator – elektrostatický odlučovač) a mokrých skrubrů. [74, připomínky TWG, 2004]

Kompatibilita filtračního média s charakteristikami spalín a popela a procesní teplota filtru jsou důležité pro efektivní výkon. Filtrační médium musí mít vhodné vlastnosti se zřetelem na tepelnou, fyzikální a chemickou odolnost (např. hydrolyza, kyselina, alkálie, oxidace).

Rychlost toku plynu určuje vhodný filtrační povrch, tj. rychlost filtrace.

Mechanické a tepelné působení na filtrační materiál určuje životnost, požadavky na energii a údržbu.

V kontinuálním provozu se postupně ztrácí tlak filtračního média vzhledem k usazování částic. Když jsou použity suché sorpční systémy, pomáhá tvorba koláče na médiu při odstraňování kyselin. Vcelku je potřeba čištění monitorována na základě diferenciálního tlaku napříč filtrem. Pravidelná výměna filtru je požadována tehdy, když je dosaženo zbytkové životnosti nebo v případě neodstranitelného poškození (např. neodstranitelné usazeniny jemného prachu na materiálu filtru zvyšují ztrátu tlaku). Ke kontrole životnosti filtračního materiálu rukávcového filtru slouží několik parametrů: odchylka poklesu tlaku, vizuální kontrola, mikroskopická analýza atd. Možné průsaky v rukávcovém filtru mohou být také zjištěny podle zvýšených emisí nebo některé poruchy procesu. [64, připomínky TWG, 2003]

Uplatnění suchého usazování je omezeno na prach, který je při vysokých teplotách (300 – 600 °C) hygroskopický a lepkavý. Tento druh prachu vytváří v usazovacím zařízení usazeniny, které nelze v dostatečné míře extrahovat pomocí běžných metod čištění během provozu, ale bude zřejmě nutné je odstraňovat pomocí ultrazvuku. Může se jednat o prach z komplexu solí, např. z odpadů obsahujících fosfor, síru nebo silikon.

2.5.8.3 Katalytické rukávcové filtry

(Belgie, 2002) Rukávy filtru jsou buď impregnované katalyzátorem nebo se katalyzátor přímo smísí s organickým materiálem při výrobě vlákna. Takové filtry se používají ke snižování emisí PCDD/F.

Plynné PCDD/F mohou být zničeny na katalyzátoru spíše než adsorpcí na aktivním uhlí (v systémech vstřikováním aktivního uhlí). Frakce částic s vázanými PCDD/F může být odstraněna filtrací.

Teplota plynu vstupujícího do rukávcového filtru by měla dosahovat hodnoty nad 190 °C k zajištění účinného odbourání PCDD/F a k prevenci adsorpce PCDD/F na médiu [74, připomínky TWG, 2004]

2.8.5 Přehled bezpečnostních přístrojů a opatření

Tento oddíl pojednává o bezpečnosti ve smyslu prevence havárií, které by mohly nastat vlivem emisí znečišťujících látek. [64, připomínky TWG, 2003]

Bezpečnost zařízení je důležitým hlediskem při plánování a zřizování provozu spalovny odpadu. Zajištění vysoké úrovně bezpečnosti zařízení a jeho provozu vyžaduje vybavení příslušnými bezpečnostními a ochrannými systémy. Ta slouží k co možná nejlepší prevenci výskytu poruch nebo havárií, které by mohly mít negativní dopady na životní prostředí v blízkosti zařízení, nebo k omezení takových dopadů při výskytu poruch nebo havárií.

Příslušné bezpečnostní prvky ve spalovně odpadu slouží proto k tomu, aby pokryly potenciální zdroje nebezpečí, především v oblastech, kde jsou přítomny nebo mohou vzniknout určité látky, tak aby množství těchto látek byla v bezpečná.

Jde především o:

- bunkr s odpadem a ostatní prostory pro skladování potenciálně nebezpečných odpadů
- zařízení ke spalování odpadů a čištění spalin a
- skladovací zařízení pro potřebné pomocné materiály (např. čpavek, aktivní uhlí atd.).

Ochranné systémy používané k odstraňování rizik zahrnují:

- systémy kontroly uvolňovaných znečišťujících látek, jako jsou např. systémy zadržování vody pro případné hašení požáru, zabezpečování nádrží s látkami představujícími nebezpečí kontaminace vody
- protipožární systémy a zařízení, např. protipožární stěny, hlásiče požáru, hasicí systémy
- ochranné systémy proti explozi, např. přetlakové pojistné ventily, obtokové objekty, uspořádání zabezpečené proti možnosti vznícení, systémy inertních plynů, uzemňovací systémy atd.
- systémy ochrany před sabotáží (bezpečnostní služby v budovách, kontrola přístupu a opatření dozoru)
- systémy ochrany před úderem blesku
- protipožární zdi oddělující transformátory a retenční zařízení
- detektory požáru a ochrana před požárem v místech, kde jsou nízkonapěťové rozvodné panely
- zjišťování znečištění (čpavkem, plyny atd.) v blízkosti příslušných skladů, distribuce atd.

Ostatní složky zařízení potřebné k zajištění bezpečnosti provozu:

- stroje a vybavení navržené k zabezpečení vstupu a výstupu energie (např. nouzový generátor elektřiny)
- složky určené k vypouštění látek, k odstranění nebo zadržení nebezpečných látek nebo směsí nebezpečných látek, např. v zadržovacích cisternách a v systémech nouzového vypouštění a vyprazdňování
- varovné a bezpečnostní systémy, které spouštějí poplach při poruchách provozu, zajišťují prevenci narušení normálního provozu nebo obnovují normální provoz. Tyto systémy zahrnují veškeré přístrojové a kontrolní vybavení ve spalovně. Především zahrnují na jedné straně všechny přístroje a kontrolní přístroje sledující různé procesní parametry, které jsou významné pro zabezpečení normálního provozu, a na druhé straně takové systémy, které v případě poruchy negativně ovlivňující složky provozu zabezpečí podmínky a informují personál včas o poruše.

Jako odezva ochranných prostředků na poruchy funkce nebo havárie může nastat přechodné zvýšení emisí. Cílem všech bezpečnostních opatření musí být zkrácení tohoto přechodného období na minimum a znovuoobnovení bezpečnosti zařízení. [64, připomínky TWG, 2003]

3.1.2 Příklady dioxinového zůstatku pro spalovnu tuhého komunálního odpadu

[1, UBA, 2001] PCDD/PCDF jsou obsaženy ve vstupu (komunální odpad), stejně jako ve výstupu (odcházející vzduch, odpadní voda a zbytky) spaloven komunálního odpadu. Většina z vstupujících látek PCDD/PCDF je během spalovacího procesu zničena, mohou však být také znovu vytvořeny.

Níže jsou uvedeny zůstatky typické pro spalovnu v Německu, která pracuje bez uvolňování vody a odpovídá německým limitům emisí:

Výstupní toky	Množství na kg vstupního odpadu	Měrné zatížení	Zvlášť sledovaný proud na kg vstupního odpadu
Spaliny	6,0 m ³	0,08 ng/m ³	0,48 ng/kg
Popílek	0,25 kg	7,0 ng/kg	1,75 ng/kg
Odpadní voda	0	není k dispozici	0
Filtrační prach a další zbytky z čištění spalin	0,07 kg	220 ng/kg	15,40 ng/kg
Celkový tok do všech prostředí: 17,6 ng TEQ/kg odpadu			
Poznámka: odhadnutý vstup s odpadem: 50 ng TEQ/kg odpadu			

Tab. 3.4: Zůstatky PCDD/PCDF pro spalovnu komunálního odpadu v Německu

[1, UBA, 2001], [64, TWG Připomínky, 2003]

Z výše uvedené tabulky 3.4 lze vyčíst, že pro tento daný příklad činí odhadovaný výstup uvolněný do ovzduší přibližně 1 % vstupu (0,48 ng TEQ/kg z 50 ng TEQ/kg). Odhadovaný výstup do všech prostředí je 17,63 ng TEQ/kg z vstupního odpadu. To odpovídá 35,3 % odhadovaného vstupu (tj. čistý rozklad 64,7 % PCDD/F původně obsažených v odpadu). Z toho lze usuzovat, že v tomto případě funguje zařízení jako čistý sink pro PCDD/F. [64, TWG Připomínky, 2003]

3.1.3 Složení nezpracovaných spalín ve spalovnách odpadu

Složení nezpracovaných spalín ve spalovnách odpadu závisí na struktuře odpadu a na technických parametrech pece.

Tab. 3.6 poskytuje přehled typických koncentrací nezpracovaných spalín po průchodu kotlem a před čištěním spalín.

Složky	Jednotky	Komunální odpad	Nebezpečný odpad
Prach	mg/Nm ³	1000 – 5000	1000 - 10000
Oxid uhelnatý (CO)	mg/Nm ³	5 – 50	<30
Celkový organický uhlík (TOC)	mg/Nm ³	1 – 10	1 – 10
PCDD/PCDF	ngTEQ/Nm ³	0,5 – 10	0,5 – 10
Rtuť	mg/Nm ³	0,05 – 0,5	0,05 – 3
Kadmium + Thalium	mg/Nm ³	<3	<5
Další těžké kovy (Pb, Sb, As, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V, Sn)	mg/Nm ³	<50	<100
Anorganické složky s obsahem Cl (jako HCl)	mg/Nm ³	500 - 2000	3000 – 100000
Anorganické složky s obsahem F (jako HF)	mg/Nm ³	5 - 20	50 – 550
Složky s obsahem S, celkové množství SO ₂ /SO ₃ , vyjádřeno jako SO ₂	mg/Nm ³	200 - 1000	1500 – 50000
Oxidy dusíku, vyjádřeno jako NO ₂	mg/Nm ³	250 - 500	100 – 1500
Oxid dusný	mg/Nm ³	<40	<20
CO ₂	%	5 – 10	5 – 8
Vodní pára (H ₂ O)	%	10 - 20	6 – 20

Tab. 3.6: Koncentrace spalín po průchodu kotlem (nezpracované spaliny) v různých spalovnách odpadu (referenční hodnota kyslíku 11 %) [1, UBA, 2001], [64, TWG Připomínky, 2003]

3.2 Emise do ovzduší**3.2.1 Látky uvolňované do ovzduší****Polychlorované bifenyle**

V tocích komunálního odpadu, stejně jako v průmyslovém odpadu, jsou nacházena malá množství polychlorovaných bifenylů (PCB). Odpady s velkým podílem PCB však obecně vznikají pouze ze speciálních sběrů PCB a destrukčních programů, kde mohou být koncentrace PCB v takovém odpadu velmi vysoké.

Ve spalovnách nebezpečného odpadu jsou spalovány odpady s obsahem PCB dosahujícím až 60 – 100 %. Totéž platí pro speciální spalovny pro spalování vysoce chlorovaných uhlovodíků. PCB jsou efektivněji zneškodňovány za vyšších teplot spalování (např. nad 1 200 °C), avšak nižší teploty (např. 950 °C), společně s odpovídajícími podmínkami turbulence a dobou zdržení, byly také shledány vhodnými pro efektivní spalování PCB. [74, TWG Připomínky, 2004] PCB, obsažené v karbonizačních spalínách spaloven odpadu, mohou být výsledkem nedokonalého rozkladu.

PCB jsou některými mezinárodními organizacemi (např. Světovou zdravotnickou organizací) klasifikovány jako potenciálně jedovaté. Potenciál toxicity (podobný, jako u dioxinů a furanů) je připisován některým PCB (koplanárním PCB).

Polychlorované dibenzo-dioxiny a furany (PCDD/F)

Dioxiny a furany jsou skupinou sloučenin, z nichž některé jsou mimořádně jedovaté a jsou považovány za karcinogeny. Dioxiny a furany hrají již řadu let hlavní roli v debatě o spalování odpadu. Jejich produkce a uvolňování není specifické pro spalování, ale za určitých podmínek se objevují při všech termálních procesech. [64, TWG Přípomínky, 2003]

V nedávných letech bylo dosaženo značných pokroků v regulaci emisí PCDD/F v oblasti spalování odpadů. Zlepšování konstrukcí a činnosti spaloven a systému na úpravu spalin vyústila v systémy, které umí spolehlivě dosáhnout velmi nízkých limitních hodnot emisí. Státní [44, RVF, 2001] a místní výzkumy emisí potvrzují, že tam, kde je zajištěno dodržování Směrnice 2000/76/EC, přispívá spalování k celkovým emisím dioxinů a furanů do ovzduší jen nízkou měrou [45, FEAD, 2002].

[64, TWG Přípomínky, 2003] V dobře navržených a pracujících spalovnách ukazuje hmotová rovnováha, že spalování efektivně odstraňuje dioxiny z prostředí (viz. kapitola 3.1.2). Tato rovnováha je velmi příznivá, protože zajišťuje:

- Efektivní zničení přicházejících dioxinů a jejich prekurzorů za použití vhodných podmínek spalování.
- Menší používání podmínek, které mohou způsobit tvorbu a reformaci PCDD/F včetně syntézy de-novo.

Pokud jsou použity vysoké teploty spalování a odpovídající podmínky procesu, jsou dioxiny a furany, vstupující do procesu s odpadem, zničeny velmi efektivně. Standardy pro podmínky činnosti jsou uvedeny v současné evropské legislativě o spalování (např. Směrnice 2000/76/EC). Dioxiny a furany, nacházené v karbonizačních spalinách spaloven odpadu, pocházejí z rekombinace reakce uhlíku, kyslíku a chlóru. Odpovídající prekurzorové látky (např. z chlorofenolu) mohou také reagovat a vytvářet dioxiny a furany. Při tvorbě těchto látek hrají také významnou roli určité katalyzátory ve formě přechodných sloučenin kovů (např. měď).

3.2.3 Spalovny nebezpečného odpadu

3.2.3.1 Souhrnné údaje o emisích do ovzduší ze spaloven nebezpečného odpadu

Tab. 3.20 udává výsledky výzkumu evropských (hlavně německých a nizozemských) provozovatelů spaloven, pokud se týče charakteristických emisí ze spaloven. Jsou ukázány třicetiminutové, denní a roční průměry. Je důležité poznamenat, že v tabulce jsou také zahrnuty údaje, které jsou výsledkem přetržitých měření, a jsou označeny (N) ve sloupci „typ měření“. Dále tam, kde se přetržitá měření objevují ve sloupci průměrů, nejsou hodnoty pro přetržitá měření sbírány v průběhu dané průměrovací periody pro sloupec, a měly by být interpretovány pouze jako přetržitá měření:

Parametr	Typ měření	Denní průměry (za použití kontinuálního měření) v mg/m ³		Půlhodinové průměry (za použití kontinuálního měření) v mg/m ³		Roční průměry v mg/m ³
		Limity uvedené ve 2000/76/ EC	Rozpětí hodnot	Limity uvedené ve 2000/76/ EC	Rozpětí hodnot	Rozpětí hodnot
Prach	K	10	0,1 – 10	20	0,1 – 15	0,1 – 2
HCl	K	10	0,1 – 10	60	0,1 – 60	0,3 – 5
HF	K/N	1	0,04 – 1	4	0,1 – 2	0,05 – 1
SO ₂	K	50	0,1 – 50	200	0,1 – 150	0,1 – 30
NO _x	K	200	40 – 200	400	50 – 400	70 – 180
TOC	K	10	0,1 – 10	20	0,1 – 20	0,01 – 5
CO	K	50	5 – 50	100	5 – 100	5 – 50
Hg	K/N	0,05	0,0003 – 0,03	*	0,0003 – 1	0,0004 – 0,05
Cd a Tl	N	0,05	0,0005 – 0,005	*		0,0005 – 0,05
ost. kovy	N	0,5	0,0013 – 0,5	*		0,004 – 0,4
PCDD/F (ng TEQ/m ³)	N	0,1	0,002 – 0,1	*		0,0003 – 0,08

* není k dispozici

Ostatní kovy = Sb, As, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V

Data jsou standardizována při 11 % O₂, suchém plynu, 273 K a 101,3 kPa.

Tab. 3.20: Charakteristické rozpětí emisí čištěného plynu do ovzduší ze spaloven nebezpečného odpadu. [1, UBA, 2001], [2, infomil, 2002], [64, TWG Připomínky, 2003], [74, TWG Připomínky, 2004]

3.2.3.2 Výsledky evropského výzkumu vzdušných emisí pro spalovny nebezpečného odpadu

[41, UERITS, 2002]

Tato kapitola podává přehled o komerčním sektoru spalování nebezpečného odpadu v EU. Jsou zde podané informace o 24 evropských komerčních rotačních pecích, které dohromady mají celkovou roční kapacitu 1 500 000 tun odpadu (70 % celkové kapacity specializovaných spaloven odpadu v EU, které jsou komerčně přístupné třetím stranám). Technologie k výrobě plynu přímo na místě spotřeby (zařízení on-site), jako například v chemickém průmyslu, nejsou v tomto přehledu uvažovány. Referenční rok pro sběr dat je rok 1999 – 2000. Některá specifická data jsou pozdější a vztahují se k roku 2001 – 2002.

Odpadní toky, upravované v těchto zařízeních, jsou velmi rozmanité. Skladba a fyzikální složení se mohou velmi lišit mezi jednotlivými pecemi nebo v rámci jedné pece v průběhu času. Z tohoto důvodu jsou pece vybaveny sofistikovanými systémy na čištění spalin.

Obecný přehled

Díky účinnému čištění spalin dosahují již vzdušné emise různých zařízení, zahrnutých v tomto výzkumu, emisních standardů Směrnice 2000/76/EC o spalování odpadu.

V tabulce 3.21 je podán přehled emisí spaloven odpadu jako průměrných ročních koncentrací. Dále jsou zaznamenány minimální a maximální hodnoty jednotlivých zařízení a průměr všech zařízení.

Parametr mg/Nm ³ (pokud není udáno jinak)	Roční průměry		
	Minimum	Maximum	Průměr
HF	0,01	< 1	0,3
TOC	0,01	6	1,5
O ₂ (%)	8	13,66	11,0
NO _x	44,4	< 300	139
Prach	0,075	9,7	1,69
HCl	0,25	8,07	1,56
SO ₂	0,1	22,7	7,8
Hg	0,0004	0,06	0,01
Cd + Tl	0,00014	0,046	0,01
Kovy celkem	< 0,004	0,84	0,2
PCDD/PCDF (ngTEQ/Nm ³)	0,0003	< 0,1	0,038
CO	3	26	12,9

Tab. 3.21: Výsledky výzkumu průměrných ročních emisí do ovzduší z evropských spaloven nebezpečného odpadu. [41, EURITS, 2002]

V tabulce 3.22 jsou udány průměrné toky hmoty (v kg/t spáleného odpadu) pro některé látky společně s celkovým množstvím všech zařízení (pokud jsou zaznamenána). Sloupec „celkové zaznamenané množství“ ukazuje výstup odvětví, jako výsledek čištění zhruba 1,3 až 1,5 milionu tun odpadu za rok.

Parametr	Průměrný tok hmoty (kg/t spáleného odpadu)	Celkové zaznamenané množství (t/rok)
Prach	0,0098	16,2
SO ₂	0,047	60,6
NO _x	0,87	1191
Hg	0,000056	0,083
Kovy celkem	0,0013	1,3
CO	0,07	76,2
HCl	0,0097	16,8

Tab. 3.22: Výzkumná data toku hmoty a roční emise do ovzduší z komerčních spaloven nebezpečného odpadu v Evropě. [41, EURITS, 2002]

Dioxiny a furany

Následující graf udává data pro polychlorované dibenzo-dioxiny (PCDD) a polychlorované dibenzofurany (PCDF) pro všechna zkoumaná zařízení. Údaje jsou zaznamenány jako průměrné koncentrace vyjádřené v TEQ ng/Nm³ při 11 % O₂, suchu a standardních podmínkách. Pro většinu zařízení je ukázán průměr dvou nekontinuálních měření za rok (založeno na CEN:EN1948).

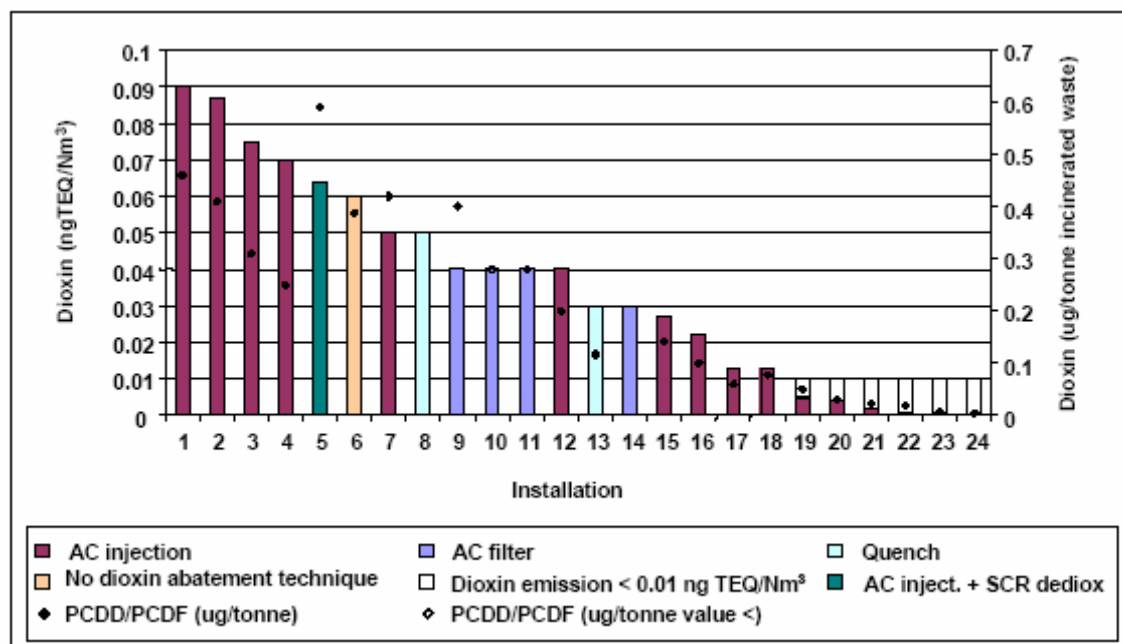
Rozdíly v hladině detekce

Oficiální laboratoře, které mají certifikát na určování dioxinů, se velmi liší v udávané dosažitelné limitní hodnotě detekce analytické metody. Pohybuje se od 0,01 do méně než 0,001 ng TEQ/ Nm³, navzdory tomu, že používají srovnatelné vzorkovací metody (např. vzorkovací periodu 6 – 8 hodin). Nejnížší limitní hodnoty detekce jsou zaznamenávány německými laboratořemi.

V grafu jsou proto ukázány pouze údaje rovnající se nebo vyšší než 0,01 ng TEQ/Nm³ a výsledky pod 0,01 ng TEQ/Nm³ jsou označeny jako méně než 0,01 ng TEQ/Nm³.

Možný klíčový rozdíl v zaznamenaných hodnotách je zřejmě způsoben nestejným nakládáním s nedetekovanými PCDD/PCDF izomery, přičemž některé jsou vypočteny ve standardu LOD (EN 1948 pt 3 refs), jiné jsou počítány jako nulové. Relativní vliv těchto rozdílů je funkcí pouze vzájemně přiřazených mezinárodních faktorů toxicity (TEF) pro tento izomer.

Z grafu nelze vyvodit žádný specifický závěr týkající se činnosti rozdílných metod, jelikož výsledek nemá přímý vztah k používané metodě snižování emisí. Dalšími matoucími proměnnými jsou nízké emisní hodnoty a proměnlivá přesnost analytických měření při této hladině. Výsledky monitorování ze spaloven používajících kontinuální vzorkování ukazují podobné hladiny, jako měření po krátkých periodách.



Obr. 3.8: Graf průměrných ročních vzdušných emisí PCDD/PCDF a použitých metod jejich snižování v evropských spalovnách nebezpečného odpadu [41, EURITS, 2002]

Legenda:

Installation	- zařízení
AC injection	- vstřikování aktivního uhlíku
AC filter	- filtr s aktivního uhlíku
Quench	- šokové chlazení
No dioxin abatement technique	- žádná metoda snižování dioxinu
Dioxin emission < 0,01 ng TEQ/Nm ³	- emise dioxinů < 0,01 ng TEQ/Nm ³
AC inject. + SCR dediox	- vstřikování aktivního uhlíku + snižování dioxinů pomocí SCR
PCDD/PCDF (µg/tonne value <)	- PCDD/PCDF (µg/tunu hodnota <)

Dioxin ($\mu\text{g}/\text{tonne}$ incinerated waste) - dioxiny ($\mu\text{g}/\text{tunu}$ spáleného odpadu)

3.3.4 Spalovny s fyzikálně-chemickým čištěním odpadní vody [1, UBA, 2001]

Úprava odpadní vody z čištění spalin ve spalovnách odpadu není v zásadě odlišná od úpravy odpadních vod pocházejících z jiných průmyslových postupů.

Odpadní voda ze spaloven komunálního odpadu obsahuje především následující látky, které vyžadují čištění vody:

- Těžké kovy, včetně rtuti
- Anorganické soli (chloridy, sírany atd.)
- Organické sloučeniny (fenoly, PCDD/PCDF)

3.3.5 Spalovny nebezpečných odpadu – data evropského výzkumu

[EURITS, 2002 #41]

Data v této části udávají emise do vody, vznikající ze zdrojů odpadních vod z čištění spalin. Data jsou převzata z výzkumu evropských komerčních spaloven nebezpečného odpadu tak, jak byla zaznamenána. [EURITS, 2002 #41]

3.3.5.1 Obecný přehled emisí do vody z evropských spaloven nebezpečného odpadu

V tabulce 3.28 je dán přehled ročních průměrných minimálních a maximálních koncentrací pro různá zařízení.

Koncentrace většiny parametrů je mezi různými zařízeními velmi proměnlivá, stejně jako tok vody (vyjádřený v litrech na kilogram spáleného odpadu).

Roční průměr	Parametr (mg/l, pokud není udáno jinak)	
	Minimum	Maximum
Suspendované látky	3	60
COD	< 50	< 250
Cd	0,0008	0,02
Tl	0,01	0,05
Hg	0,0004	0,009
Sb	0,005	0,85
As	0,0012	0,05
Pb	0,001	0,1
Cr	0,001	0,1
Co	< 0,005	< 0,05
Cu	0,01	0,21
Mn	0,02	0,2
Ni	0,004	0,11
V	< 0,03	0,5
Sn	< 0,02	< 0,5
Zn	< 0,02	0,3
Cl ⁻	3000	72000
SO ₄	2- 300	1404
Dioxiny (ng TEQ/l)	0,0002	< 0,05
Tok vody (l/kg odpadu)	0,2	20

Tab. 3.28: Roční průměrné rozpětí koncentrací emisí do vody po čištění z komerčních spaloven nebezpečných odpadů, vypouštějících odpadní vodu [EURITS, 2002 #41]

Následující Tab. 3.29 ukazuje emise do vody jako hmotnostní tok těchto sloučenin v mg/kg vstupního odpadu:

Parametr	mg/kg spáleného odpadu
----------	------------------------

	Minimum	Maximum
Suspendované látky	2,4	325
COD	76,5	1040
Cd	0,001	0,16
Hg	0,00048	0,112
Sb	0,0325	0,72
As	0,001	0,325
Pb	0,0084	0,65
Cr	0,0024	2
Co	0,045	0,325
Cu	0,0085	4,2
Mn	0,023	1
Ni	0,0042	2
V	0,0325	0,6
Sn	0,09	0,565
Zn	0,0226	1,95
Cl ⁻	4520	60000
SO ₄ ²⁻	240	6572

Tab. 3.29: Hmotnostní toky emisí do vody ze zkoumaných komerčních spaloven nebezpečného odpadu v Evropě [EURITS, 2002 #41]

3.3.5.2 Přehled podle parametrů emisí do vody z evropských spaloven nebezpečného odpadu

Suspendované látky

V následujícím grafu jsou zaznamenány roční průměrné hodnoty uvolněných suspendovaných látek pro všechna zkoumaná zařízení, jako „suspendované látky“ v mg/l odpadních vod.

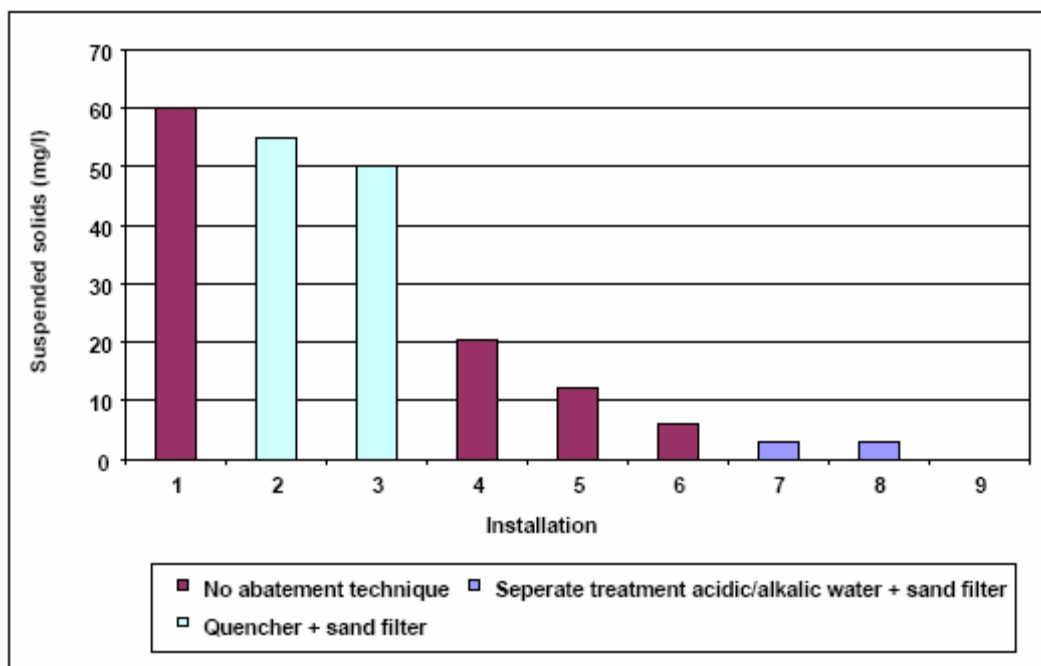
Pro každé zařízení je zaznamenána metoda čištění odpadních vod, účinná pro suspendované látky. Tyto metody jsou:

- použití pískového filtru
- oddělená úprava kyselých a zásaditých vod z praček – v tomto případě neprobíhá nucené srážení ani následné srážení CaSO₄ a jsou vypouštěna větší množství síranů
- žádný dodatečný krok čištění vody

Z grafu těžkých kovů (Obr. 3.6) lze vyzorovat, že dotyčné těžké kovy jsou pouze menšinovou složkou suspendovaných látek.

Pro původ zbytkových suspendovaných látek ve vypouštěných odpadních vodách se nabízejí tři scénáře:

- zbytkové frakce sražených sloučenin, které nejsou odstraňovány dekantací ani filtrací
- pokud je spodní voda obsahující Fe (II) používána na mokré čištění spalin, může nastat pomalá oxidace Fe (II) na Fe (III) a následné srážení Fe (OH)₃ v suspendovaných látkách, kdy doba zdržení v čističce odpadních vod je kratší než doba potřebná k dokončení reakce
- v ostatních případech mohou suspendované látky pocházet z reakcí následného srážení síranů a uhličitánů s Ca²⁺, přítomného v odpadních vodách nebo v jiných zdrojích vody, které přicházejí do kontaktu s odpadními vodami před vypouštěním, nebo pokud je doba zdržení kratší než doba nutná k proběhnutí reakce



Obr. 3.10: Graf průměrných ročních množství suspendovaných látek vypouštěných do vody a metod používaných v evropských spalovnách nebezpečného odpadu na jejich snižování [EURITS, 2002 #41]

Legenda:

Suspended solids (mg/l) - suspendované pevné látky

Installation - zařízení

No abatement technique - žádná metoda snižování

Separate treatment acidic/alkalic water + sand filter - oddělená úprava kyselých/zásaditých vod + filtr s pískem

Quench + sand filter - šokové chlazení + filtr s pískem

Obecné závěry z grafu:

- všechna zařízení pracují pod 60 mg/l
- zařízení, která mají oddělenou úpravu kyselých a zásaditých vod z pracek, dosahují nejnižších emisí suspendovaných látek (3 mg/l)

3.4 Pevné zbytky

3.4.1 Hmotnostní toky pevných zbytků ve spalovnách tuhého komunálního odpadu

V tab. 3.30 jsou shrnuta některá typická data týkající se zbytků ze spaloven komunálního odpadu:

Typy odpadu	Specifické množství (suché) (kg/t odpadu)
Struska / popel (včetně propadu roštem)	200 – 350
Prach z kotle a z odlučování prachu	20 – 40
Zbytky z čištění spalin, pouze produkty reakcí:	
mokrý sorpce	8 – 15
polomokrý sorpce	15 – 35
suchý sorpce	7 – 45
Produkty reakcí a filtrační prach z:	
mokrý sorpce	30 – 50
polomokrý sorpce	40 – 65
suchý sorpce	32 – 80
Dodávaný aktivní uhlík	0,5 - 1
Poznámka: zbytky mokré sorpce mají specifickou suchost (např. 40 – 50 % d.s.) [74, TWG Přípomínky, 2004]	

Tab. 3.30: Typické údaje o množstvích zbytku, vznikajících ve spalovnách komunálního odpadu [1, UBA, 2001]

Moderní spalovny tuhého komunálního odpadu obvykle vytvářejí mezi 200 a 350 kg pecního popelu na tunu upraveného odpadu. Většina publikovaných čísel zahrnuje propad roštem, který je až v poslední době (a pouze v některých zemích) držen odděleně od pecního popelu. Hmotnostní tok propadu roštem závisí na typu roštu a na době jeho provozu. Propad může zvyšovat množství nespálené hmoty v pecním popelu a může přispívat k vyluhování mědi. Pokud počítáme se znovupoužitím pecního popelu, měly by být oddělovány železné a neželezné materiály (např. Al). Větší význam však má množství kovového Al, který propadne skrz rošt (může například zablokovat rošt). [74, TWG Připomínky, 2004]

Produkce kotlového popelu závisí na typu kotle a na množství prachu původně uvolněného z roštu.

[Vehlow, 2002, #38] Hmotnostní tok zbytku z čištění spalin vykazuje nejvyšší variabilitu všech zbytků. Pro mokré systémy, které pracují v blízkosti stechiometrického poměru, je průměrná hodnota 10 – 12 kg/t. Toto číslo zahrnuje suchou neutrální strusku (2 – 3 kg/t) a rozpustné soli (8 – 9 kg/t). U polomokrých nebo suchých vápencových systému je toto množství zvýšeno díky nezureagovaným aditivům, zatímco nejnižší hodnoty vykazuje suchý proces s uhličitánem sodným [64, TWG Připomínky, 2003].

Tab. 3.31, uvedená níže, udává hmotnostní zdroje pevných zbytků pro různé látky na tunu spáleného KTO. Data jsou průměrnými údaji pro 12 spaloven tuhého komunálního odpadu ve Flandrech v Belgii, v roce 1999.

Typ pevného zbytku	Procento (%)
Pecní popel	21
Popílek + zbytky z čištění plynu + kal z mokrých praček	4,2
Šrot zpětně získaný z pecního popelu	1,2

Tab. 3.31: Hmotnostní toky pevných zbytků ze spaloven tuhého komunálního odpadu, vyjádřené na tunu spáleného odpadu [64, TWG Připomínky, 2003]

3.4.2 Složení a vyluhovatelnost pecního popelu

Požadavky týkající se kvality zbytku z procesu spalování jsou zahrnuty v evropské legislativě o spalování. Směrnice 2000/76/EC (článek 6.1) zahrnuje provozní podmínky požadující, že spalovny musí dosahovat takové úrovně spalování, aby ve strusce a pecním popelu byla ztráta při zapalování menší nebo rovna 5 % nebo aby celkový obsah uhlíku (TOC) byl menší nebo roven 3 %. V moderních, dobře řízených spalovnách komunálního tuhého odpadu je obsah TOC ve pecním popelu pod 1 hmot.%. Zkoušky spalování prokázaly, že zvýšení výhřevnosti dodávaného odpadu a výsledné vyšší teploty zlepšily vyhoření pecního popelu [Vehlow, 2002, #38].

Charakteristické koncentrace organických složek v různých pevných zbytcích jsou shrnuty v tabulce 3.32. Do tabulky byla použita pouze data z moderních zařízení. Určení TOC podle standardu EN 13137 také detekuje jako TOC elementární uhlík, který nezpůsobuje žádné problémy při závážkách. TOC ve pecním popelu obsahuje hlavně elementární uhlík, ale do určité míry jsou zde nacházeny také organické látky (pocházející např. z prosévání plastů. Ty pokrývají spektrum od sloučenin s krátkým řetězcem po málo těkavé typy látek, jako jsou PAH nebo PCDD/PCDF. Hladiny I-TEQ, detekované ve pecním popelu moderních spaloven, jsou stejného řádu důležitosti, jako ty, které jsou nacházeny v některých městských a průmyslových půdách.

Parametr	Pecní popel ng/g	Kotlový popel ng/g	Filtrový popel ng/g
PCDD/F (I-TEQ)	< 0,001 – 0,01	0,02 – 0,5	0,2 – 10
PCB	< 5 – 50	4 – 50	10 – 250
PCBz	< 2 – 20	200 – 1000	100 – 4000
PCPh	< 2 – 50	20 – 500	50 – 10000
PAH	< 5 – 10	10 – 300	50 – 2000

Tab. 3.32: Rozpětí koncentrací organických látek ve pecním, kotlovém a filtrovém popelu [Vehlow, 2002, #38]

Níže uvedená tab. 3.34 udává výzkumná data týkající se přehledu obsahu PCDD/F ve zbytcích ze spaloven tuhého komunálního odpadu. Data neobsahují vysoké extrémní hodnoty a nízké hodnoty:

Zbytek	Rozpětí hodnot	Jednotky
--------	----------------	----------

Pecní popel	1 – 68	ng TEQ/kg suchého tuhého
Kotlový popel	< 40 – 600	ng TEQ/kg suchého tuhého
Popílek (elektrostatický odlučovač)/filtrový prach	140 - 5720	ng TEQ/kg suchého tuhého
Poznámka: z této tabulky byly odstraněny extrémní vysoké a nízké hodnoty		

Tab. 3.34: Rozpětí koncentrací PCDD/F ve zbytcích ze spalování tuhého komunálního odpadu (s vyloučením vysokých a nízkých odlehklých hodnot)

Relativní štěpení částic ve pecním popelu závisí především na složení KTO, dodávaného do spalovny, těkavosti obsažených prvků, typu spalovny, na použitém roštovém systému a na činnosti spalovacího systému. [4, IAWG, 1997]

Snižování objemu a hmotnosti spalování odpadu způsobuje obohacení o řadu těžkých kovů v pecním popelu v porovnání s jejich koncentrací v dodávaném odpadu. Některé těžké kovy, např. As, Cd nebo Hg do značné míry unikají z palivové vrstvy. Je evidentní, že s výjimkou především lipofilní Cu, jsou všechny vybrané těžké kovy ve filtrovém popelu vysoce obohaceny.

Poznámka: je důležité poznamenat, že riziko spojené se pecním popelem není určeno pouze přítomností nebo nepřítomností látek – pro zabránění emisí z popelu do prostředí je také důležitá jejich chemická a fyzikální povaha, stejně jako charakter prostředí, kde bude materiál použit. [64, TWG Připomínky, 2003] Důležité tedy není to, zda pecní popel obsahuje nečistoty, ale to, aby byly kontrolovány případné emise z popelu do prostředí.

Téměř všechna nařízení k nakládání nebo využívání produktu odpadu jsou založena na standardizovaných testech vyluhování. V různých zemích jsou však používány rozdílné testy. Evropská komise pro standardizaci TC 292 (CEN) nyní vyvíjí harmonizaci a standardizaci testovacích postupů. Z tohoto důvodu jsou testy prováděny za specifických podmínek té které země a interpretace výsledků různých testů tento fakt musí brát na vědomí.

Tab. 3.35 udává průměrné hodnoty pro pecní popel po mechanické úpravě z nizozemské spalovny KTO, jak byly naměřeny v letech 1993 až 1997. Data byla získávána z pravidelných kontrol kvality, prováděných národní organizací odpadového hospodářství (VVAV) na všech spalovnách KTO a z holandského ústavu pro zdraví a životní prostředí (RIVM).

Látka	Vyluhovací hodnota (mg/kg)	Látka	Vyluhovací hodnota (mg/kg)	Látka	Vyluhovací hodnota (mg/kg)
Sb	0,22	Hg	0,001	Zn	0,09
As	0,022	Pb	0,07	Br ⁻	7,6
Ba	0,6	Mo	1,52	Cl ⁻	2615
Cd	0,003	Ni	0,13	CN ⁻ (volný)	0,01
Cr	0,08	Se	0,01	CN ⁻ (celkový)	0,048
Co	0,05	Sn	0,04	F ⁻	14,1
Cu	3	V	0,23	(SO ₄) ²⁻	5058

Tab. 3.35: Vyluhovací vlastnosti mechanicky upraveného pecního popelu, měřené za použití NEN7343

Vyluhování pecních popelů může velmi podstatně záviset na typu odpadu. Nedávné hodnoty ze širokého souboru KTO ukazují hodnoty průměrného vyluhování pro měď 5,79 mg/kg v roce 2001 a 6,21 mg/kg v roce 2002. [74, TWG Připomínky, 2004]

V porovnání s nerostnými nebo inertními látkami mohou být pro pecní popel KTO považovány za kritické následující složky: Cu, Zn, Sb, Mo, Cl a sírany. Různé metody úpravy se snaží snižovat vyluhovatelnost těchto klíčových látek.

Zbytky ze spaloven nebezpečného odpadu:

Zbytky ze spaloven nebezpečného odpadu se v zásadě neliší od zbytků ze spaloven tuhého komunálního odpadu. Mohou však být zaznamenány následující rozdíly:

- v případě popelu a strusky: spalování nebezpečných odpadů v bubnech obvykle probíhá při teplotách vyšších než spalování komunálního odpadu. To může způsobit jiné štěpení kovů.
- Vzhledem k rozdílům v typu odpadu a v jeho složení může určité množství pecního popelu podléhat mnohem větším změnám než jaké jsou pozorovány ve spalovnách komunálního odpadu.

Tyto změny lze pozorovat v rámci jedné spalovny v závislosti na dodávaném odpadu, stejně jako mezi různými spalovnami a technologiemi.

- Co se týká filtrového prachu nebo zbytků z čištění spalin, mohou vytvářené pevné zbytky, díky vyšší koncentraci těžkých kovů v nebezpečném odpadu oproti komunálnímu odpadu, obsahovat také mnohem vyšší koncentrace těžkých kovů.

Níže uvedená tab. 3.36 udává data z evropského výzkumu provozovatelů komerčních spaloven nebezpečného odpadu, týkající se celkové produkce různých zbytků:

	Produkce zbytků (kg/t vstupního odpadu)			(tuny)
	Minimum	Maximum	Průměr	Celkové roční množství (zaznamenáno)
Pecní popel	83	246	140	193 372
Kotlový popel + popílek + pevné zbytky z čištění spalin	32	177	74	79 060
Filtrační koláč z ESP	9	83	30	16 896

Tab. 3.36: Množství hlavních zdrojů odpadu, produkováných spalováním nebezpečných odpadu (evropská výzkumná data) [EURITS, 2002 #41]

Typické hodnoty vyluhování pro zbytkové popely ze spaloven nebezpečného odpadu jsou zaznamenány v tabulce 3.37. Je nutné poznamenat, že byl použit německý test vyluhování DIN-S4 a výsledky jsou tedy udány v mg/l. Pro porovnání s údaji z tabulky 3.35 mohou být získány přibližné hodnoty v mg/kg vynásobením deseti.

Složka	Minimum (mg/l)	Maximum (mg/l)
Cr (VI)	< 0,03	2,87
Cr (celkem)	< 0,001	2,87
As	< 0,01	0,08
Pb	< 0,01	0,18
Cu	< 0,01	1,50
Hg	0,00	< 0,01
Zn	< 0,01	0,3
Cd	< 0,001	0,001
Ni	< 0,01	0,02
Cl ⁻	2	450
F ⁻	0,8	13
(SO ₄) ²⁻	5	300

Tab. 3.37: Typické hodnoty vyluhování pro pecní popel ze spaloven nebezpečného odpadu, měřené za použití DIN-S4 [1, UBA, 2001]

3.7.2.2 Činidla odstraňující NOx

Typickými činidly na odstraňování NOx ze spalin jsou amoniak, čpavková voda (25% NH₃) a roztok močoviny. Posledně jmenované závisí především na výrobci, a je často nahrazováno dodatečnými aditivami.

Znalost počátečních koncentrací NOx napomáhá dobře regulovatelnému procesu. [74, připomínky TWG, 2004]

Použití těchto látek musí probíhat cíleným způsobem a musí být dobře řízeno, aby bylo zabráněno nadměrné tvorbě amoniaku nebo přímému úniku amoniaku.

Pro čpavkovou vodu je citována míra spotřeby 2,5 kg/t odpadu. Výzkumy ukázaly rozpětí od 0,5 do 5 kg/t odpadu.

3.7.2.3 Topný olej a zemní plyn

Lehký topný olej (diesel), těžký topný olej (kolem 0,03 – 0,06 m³ na tunu odpadu) a zemní plyn (v rakouských spalovnách mezi 4,5 a 20 m³ na tunu odpadu) jsou používány pro zahřívání procesu a podporu hoření. [74, připomínky TWG, 2004]

Jako podpůrná paliva jsou v některých spalovnách používána také odpadní rozpouštědla (obvykle s výhřevností > 25 MJ/kg).

Vysoce výhřevné odpady (např. oleje, rozpouštědla, obvykle s výhřevností $> 15 \text{ MJ/kg}$) jsou běžně používány jako podpůrná paliva ve spalovnách nebezpečného odpadu s rotační pecí.

Pokud jsou spaliny znovu ohřívány pro jednotlivé kroky procesu (např. selektivní katalytickou redukcí), obvykle je to prováděno zemním plynem.

4.1.3.3 Kontrolování kvality přijímaného odpadu na straně spalovny

Popis

Prostředkem kontroly kvality přijímaného odpadu, a tudíž stabilizace spalovacího procesu v rámci navržených parametrů, může být sada jakostních požadavků, určených pro odpad dodávaný do spalovací komory. Požadavky na kvalitu odpadů mohou být odvozeny z porozumění provozních omezení procesu, jako jsou:

- kapacita výkonu spalovny
- fyzické požadavky podavače (velikost částic)
- kontroly využívané ve spalovacím procesu (např. využití čisté výhřevnosti, produkce páry, obsah O_2 atd.)
- kapacita systému zpracování spalin a odvozené maximální vstupní koncentrace/rychlosti nezpracovaných plynů
- limitní hodnoty emisí, které je nutné splnit
- požadavky na kvalitu pecního popela.

Odpady mohou být uloženy, smíšeny nebo namíchány (což je v některých zemích omezeno legislativou), aby bylo zajištěno, že konečný odpad, dodávaný do spalovací komory, spadá do odvozených jakostních požadavků.

Klíčové látky/vlastnosti, které budou obvykle pro zpracování vyžadovat umístění zvláštních postupů, souvisejí s rozdíly v koncentraci a distribuci následujících položek v odpadu:

- rtuti, alkalických a těžkých kovů
- jódu a brómu
- chlóru a síry
- rozdílech ve výhřevnosti/obsahu vlhkosti
- kritických organických nečistot, např. PCB
- fyzikální konzistence odpadu, např. splaškových kalů
- mísitelnosti různých typů odpadu

Výsledky CEN/TC 292 a CEN/TC 343 mohou být významné z hlediska provádění vzorkování těchto látek v odpadu.

Dosažené zisky pro životní prostředí

Snížení emisí do spalin díky:

- hladkému průběhu procesu
- účinnému spalování
- zlepšení obnovy energie
- vyrovnanějším koncentracím nezpracovaných plynů, a tudíž zlepšenému provozu zařízení na čištění spalin snížením prášivosti a nánosu v kotli.

Použitelnost

Všechna zařízení si musejí odvodit vlastní sady klíčových vstupních omezení, zavést vhodná přijímací omezení a případně předběžnou úpravu odpadu pro zajištění dodržování těchto omezení.

Tento požadavek bude nutný především tam, kde se pracuje s vysoce různorodým složením odpadu (např. obchodní spalovny nebezpečného odpadu) a v provozech s menší kapacitou z důvodu nižší nárazové provozní kapacity.

[64, připomínky TWG, 2003] Hlavní výhody a uplatnění nachází tato metoda ve spalovnách nebezpečného odpadu, ačkoli v některých zemích (např. v Rakousku) je zavedena ve všech spalovnách.

4.1.3.4 Ověřování, vzorkování a testování příchozího odpadu

Tato metoda zahrnuje využití vhodného režimu pro hodnocení příchozího odpadu. Prováděná hodnocení jsou vybrána tak, aby zajišťovala:

- vhodný rozsah přijímaného odpadu pro dané zařízení
- zda je třeba speciální nakládání/uskladnění/čištění/odstranění odpadu pro přepravu na jiné místo
- zda odpady odpovídají popisu dodavatele (ze smluvních, provozních či zákonných důvodů)

Použité metody se pohybují od jednoduchého vizuálního hodnocení až k úplné chemické analýze. Rozsah zavedených procedur bude záviset na:

- povaze a složení odpadu
- heterogenitě odpadu
- známých potíží s odpady (určitého druhu či z určitého zdroje)
- specifických vlastnostech daného zařízení (např. o určitých látkách je známo, že způsobují provozní problémy)
- tom, zda je odpad známého či neznámého původu
- existenci či absenci jakostní specifikace odpadu
- tom, zda byl odpad již zpracováván a na předchozích zkušenostech s ním.

Níže (v provozních údajích) jsou uvedeny příklady postupů.

Dosažené zisky pro životní prostředí

Rozpoznání nevhodného odpadu, látky či vlastnosti v předstihu může snížit provozní problémy, a tudíž předejít dalším únikům.

Provozní údaje

Druh odpadu	Příklad použitých metod	Poznámky
Smíšený komunální odpad	<ul style="list-style-type: none"> • vizuální kontrola v zásobníku • bodová kontrola jednotlivých dodavatelů pomocí oddělené vykládky • vážení přijímaného odpadu • detekce radioaktivity 	Průmyslové a komerční náklady mohou zvyšovat riziko a vyžadují větší pozornost
Přetříděný komunální odpad a palivo z odpadu	<ul style="list-style-type: none"> • vizuální kontrola • pravidelné vzorkování a analýza klíčových vlastností/látek 	
Nebezpečný odpad	<ul style="list-style-type: none"> • vizuální kontrola • kontrola korespondence informací z průvodních papírů v porovnání s obdrženým odpadem • vzorkování/analýza všech zásobníku a náhodná kontrola bubnových nákladu • rozbalení a kontrola zabalených nákladu • hodnocení spalovacích parametrů • směšovací testy kapalných odpadu před jejich uskladněním • kontrola bodu vznícení odpadu v zásobníku • prověřování vstupního odpadu na prvkové složení např. použitím EDXRF 	V tomto sektoru jsou zvláště důležité rozsáhlé a účinné postupy. Zařízení přijímající jeden tok odpadu mohou zavést zjednodušené postupy.
Čistírenské kaly	<ul style="list-style-type: none"> • pravidelné vzorkování a analýza klíčových vlastností a látek • kontrola tvrdosti materiálu, např. kameny/kovy/dřevo/plasty před čerpáním, 	Vhodnost metody je závislá na druhu splaškového kalu, např. nezpracovaný kal,

	odvodňováním a sušením <ul style="list-style-type: none"> kontrola provozu, aby byl přizpůsoben rozdílným kalům 	vyhnilý kal, zoxidovaný kal atd.
Klinický odpad	<ul style="list-style-type: none"> kontrola korespondence informací z průvodních papírů v porovnání s obdrženým odpadem prověřování radioaktivity 	Vzorkování se nedoporučuje z důvodu rizika infekce. Kontrola je vyžadována na dodavateli odpadu
Vedlejší živočišné produkty	<ul style="list-style-type: none"> kontrola korespondence informací z průvodních papírů v porovnání s obdrženým odpadem vzorkování/testování málo rizikového materiálu na obsah tuku a vlhkosti 	Vzorkování se u vysoce rizikových materiálu nedoporučuje z bezpečnostních důvodů.

Tab. 4.3: Některé kontrolní a vzorkovací metody používané na různé druhy odpadu. [1, UBA, 2001, 2, infomil, 2002, 41, EURITS, 2002], [64, připomínky TWG, 2003]

Použitelnost

Nejrozsáhlejší vzorkovací a analytické postupy jsou vhodné, pokud jsou složení a toky odpadu velmi proměnlivé (např. obchodní spalovny nebezpečného odpadu), nebo tam, kde jsou známy nějaké problémy, např. s určitým druhem či tokem odpadu.

4.1.4.4 Extrakce spalovacího vzduchu ze skladovacích míst z důvodu regulace zápachu, prachu a nežádoucích úniku

Dodávky vzduchu (primární či sekundární) spalovny mohou být brány ze skladovacích prostor odpadu (nebo chemikálií). Kvalitním uzavřením a omezením velikosti vstupu skladovacího prostoru se může dosáhnout toho, že celý skladovací prostor bude pod mírným negativním tlakem.

Omezení rizika úniku zápachu a zajištění likvidace nežádoucích úniku přímo ve spalovně.

Je také možné ventilovat plyny ze skladu nezpracovaného materiálu přímo do spalovací komory či do zařízení na čištění spalín, závisí to však na povaze ventilovaného plynu.

Hlavní používané metody jsou:

Metoda	Použití
Pevný odpad v uzavřených budovách, ze kterých je odebrán spalovací vzduch	<ul style="list-style-type: none"> Komunální odpad Neskladný pevný odpad a kašovité nebezpečný odpad Palivo z odpadu Splaškové kaly Klinický odpad Další zápachající odpad
Cisterna se sacím ventilem k dodávkám spalovacího vzduchu	<ul style="list-style-type: none"> Zápachající a těkavé nebezpečné odpady, např. odpadní rozpouštědla Zápachající kaly, např. splaškové kaly Další zápachající či těkavý odpad

Tab. 4.5: Hlavní metody omezující nežádoucí úniky zápachu a emise skleníkových plynů [2, infomil, 2002] p 150, [1, UBA, 2001] p 36, [40, EURITS, 2003]

Dosažené zisky pro životní prostředí

Obecné snížení nežádoucích úniků, zápachu, emisí skleníkových plynů a hygienických rizik.

Vlivy interakce médií

Alternativní opatření pro nakládání a zpracování vzduchu (např. pro zápach, TOL či jiné látky dle druhu odpadu) mohou být požadována v době zastavení provozu spalovny. Dokonce i pro spalovny s více linkami, kde je obvyklé, že alespoň jedna linka stále běží, je nutné zajistit alternativní způsoby řešení a zpracování vzduchu, protože se může stát, že všechny linky budou muset zastavit provoz (např. v případě havárie, údržby jedné linky a současněmu selhání jiné linky, skončení údržby, když byl odpad již dodán).[74, připomínky TWG, 2004]

Použitelnost

Pro všechny spalovny, kde je riziko zápachu nebo úniku jiných látek ze skladovacích prostor.

Zařízení, která ukládají tekavé rozpouštědla, mohou touto metodou výrazně snížit svoje emise TOL.

V některých zařízeních je tato metoda používána pouze z důvodů regulace zápachu. V místech, která jsou citlivá na zápach, je potřeba použití této metody vyšší.

Příklady zařízení

Široce používáno ve spalovnách odpadu po celé Evropě. V Německu má s tímto opatřením dlouhou zkušenost až 60 spaloven nebezpečného odpadu.

4.1.4.5 Oddělování typu odpadu z důvodů bezpečného zpracování

Postupy přijímání a uskladňování odpadu závisejí na chemických a fyzikálních vlastnostech odpadu. Vhodné zhodnocení odpadu je zásadním prvkem výběru skladování odpadu a vstupních operací.

Tato metoda je silně spojená s kontrolou, vzorkováním a hodnocením vstupního odpadu, jak bylo popsáno v oddíle 4.1.3.4.

Použité metody dělení se liší podle typu odpadu dodávaných do zařízení, schopnosti zařízení tyto odpady zpracovávat, a podle dostupnosti alternativních metod zpracování nebo úpravy před spalováním. V některých případech, především pro některé reaktivní směsi nebezpečných odpadu je z důvodu bezpečného balení, přepravy, vykládání, skladování a nakládání oddělování vyžadováno, pokud jsou materiály baleny v místě své produkce. V těchto případech je oddělení těchto materiálů pouze udržováním jejich separace, aby se předešlo tvorbě nebezpečných směsí. [64, připomínky TWG, 2003].

4.2.6 Výber a použití vhodných kontrolních systému a parametru spalování

[2, infomil, 2002] Spalování odpadu s rozdílným složením vyžaduje proces, který si s takovými velkým rozdíly v procesních podmínkách dokáže poradit. Někdy je nutný zásah do procesu, a to když nastanou nevhodné procesní podmínky.

Aby bylo možné kontrolovat proces, jsou zapotřebí podrobné procesní informace a musí být návrh kontrolního systému („filosofie“) a je nutné, aby bylo možné do procesu zasahovat. Detaily používaných systémů se liší podle zařízení. Následující řádky poskytují přehled procesních informací, kontrolní filosofie systému a procesní zásahy, které je možné použít.

Procesní informace mohou zahrnovat:

- teploty roštu na různých místech
- tloušťku odpadní vrstvy na roštu (vizuální kontrola)
- pokles tlaku nad roštem
- teplotu pece a spalín na různých místech
- určení teplotní distribuce přes celý povrch roštu pomocí optických a infračervených měřicích zařízení
- měření CO, O₂, CO₂ a/nebo H₂O (na různých místech)
- informace o výrobě páry (např. teplota, tlak)
- otvory ve stěně spalovací komory k vizuální kontrole člověkem či kamerou
- délka a umístění ohně v peci
- emisní informace pro látky spojené se spalováním (nesnížené hladiny)

[74, připomínky TWG, 2004]

Kontrolní filosofii může být klasický kontrolní systém, který už může být zahrnut v počítači kontrolujícím proces. Další fuzzy kontrolní systémy jsou použitelné.

Kontrolní zásahy zahrnují úpravu:

- dávkovacího systému odpadu
- frekvencí a rychlosti pohybu roštu v různých částech roštu
- množství a distribuce primárního vzduchu (pokud je k dispozici předehřívací vybavení)
- množství a distribuci sekundárního vzduchu v peci (a pokud je dostupný opětovně cirkulující vzduch)

- poměru primárního a sekundárního vzduchu

[74, připomínky TWG, 2004]

Dosažené zisky pro životní prostředí

Používání náročných kontrolních systémů ve spalovacím procesu může mít za následek menší rozdíly ve spalovacím procesu v čase (např. zlepšená stabilita) a místě (např. více homogenní), a tudíž umožňuje celkové zlepšení výkonu spalování a snížení emisí pro všechny látky.

Zlepšená procesní kontrola má následující zvláštní výhody:

- lepší kvalitu pecního popele (díky dostatečné distribuci primárního vzduchu a lepšímu umístění spalovacího procesu na roštu)
- menší produkci popílku (díky menším změnám v množství primárního vzduchu)
- lepší kvalitu popílku (méně nespáleného materiálu díky stabilnějším procesním podmínkám v peci)
- nižší tvorbu CO a TOL (díky stabilnějším procesním podmínkám v peci nejsou např. žádná „studená místa“)
- nižší tvorbu NO_x (díky stabilnějším procesním podmínkám v peci např. žádná „horká“ místa)
- nižší riziko tvorby dioxinů (a prekurzorů) díky stabilnějšímu procesu v peci
- lepší využití kapacity (díky snížení ztrát v tepelné kapacitě v důsledku procesních variací)
- nárůst energetické efektivity (protože průměrné množství spáleného vzduchu je nižší)
- lepší provoz kotle (protože teplota je stabilnější a je méně teplotních výkyvů, a tudíž i nižší riziko koroze a tvorby blokujícího popílku)
- lepší funkci systému čištění spalin (protože množství a složení spalin je stabilnější)
- vyšší potenciál rozkladu, spojený s vyšší efektivitou spalování odpadu [74, připomínky TWG, 2004]

Uvedené výhody mají také za následek nižší údržbu a tudíž lepší dostupnost zařízení.

Výběr a použití vhodných kontrolních systémů a parametrů spalování je použitelné pro všechny spalovny odpadu. Podrobné složení takovýchto systémů se bude lišit. Většina výše popsaných specializovaných metod je použitelná na roštové systémy, spíše než na jiné typy spalování.

Tato metoda je zejména výhodná tam, kde je do pece dodáván vysoce heterogenní odpad, např. variabilní ve složení, nebo je složité předpovědět či mít jistotu o jeho kvalitě.

Příklady zařízení

Velmi rozšířené po celé Evropě, zvláště v moderních zařízeních.

4.2.17 Zvýšení promíchávání a času zdržení odpadu v peci

Odpad dodávaný do pece by měl být dobře promíchán a měl by zde zůstat po dostatečně dlouhou dobu k reakci a mělo by být zajištěno jeho účinné spálení, to znamená, že zbytek po spálení by měl obsahovat nízké hodnoty organického uhlíku. Při procesu navíc, pomáhají dodávky dostatečného množství dobře distribuovaného primárního vzduchu, který nezpůsobí přílišné chlazení.

Delší doby vystavení odpadu vyšším teplotám ve spalovací komoře, vyšší teplota lože odpadu a fyzické promíchávání odpadu, to vše dohromady zajišťuje, že produkováný popel bude obsahovat nízké hodnoty organických látek.

Lepší účinnosti hoření může být dosaženo pomocí:

- pecí, které účinně otáčejí a mísí odpad
- používání rotačních pecí
- předběžné úpravy odpadu a následného použití fluidních loží (pokud je odpad pro tuto technologii vhodný)
- delších časů zdržení v zónách spalování pece
- návrhu pece, která by odrážela vyzářené teplo a zvýšila hoření

- optimalizace dodávek a distribuce primárního vzduchu
- přidavku dalšího odpadu/paliva k podpoře účinného spalování
- rozkladu velkých kusů v odpadu
- prosívání (propadání) zpět pro opakované spalování.

Používáním této metody lze dosáhnout hladin organického uhlíku v popelu pod 1 %.

Stupeň vyhoření dosažitelný touto metodou závisí na vlastnostech spalovaného odpadu. Na praktičnost dodávání různých typů odpadu do různě navržených spalovacích komor budou mít také značný vliv fyzické vlastnosti odpadu, např. směsný komunální odpad nemůže být zpracováván na fluidním loži bez předchozího předběžného třídění.

Obvykle je dosahováno lepšího hoření pokud byl odpad rozdrčen a homogenizován (např. mícháním). Předběžné třídění vysoce heterogenních odpadů může zlepšit jejich hoření.

Dosažené zisky pro životní prostředí

Účinné hoření odpadu má za následek:

- účinnou likvidaci odpadu
- zlepšení vlastností pevných zbytků pro možné využití
- zvýšení hodnot odběru energie z odpadu

Vlivy interakce médií

Přílišné fyzické míchání odpadu může mít za následek vyšší množství nespáleného materiálu, který je převáděn do sekundárních spalovacích komor. To může způsobit zvýšení obsahu prachu a dalších nečistot ve snižovacích procesech umístěných ve směru proudu. Přílišné míchání může mít také za následek větší propad, tj. nespálený materiál procházející mezerami v roštu. [74, připomínky TWG, 2004]

Provozní údaje

Mělo by být poznamenáno, že některé technologie zahrnují větší míchání, které ve výsledku přináší lepší hoření, a tudíž menší množství nespáleného materiálu ve zbytcích. Tyto technologie nejsou obecně vybírány z těchto důvodů, ale na základě toho, jak mechanicky vyhovují fyzickým vlastnostem přijímaného odpadu, tj. homogenitě odpadu atd. [64, připomínky TWG, 2003]

Zaznamenané hladiny dosažené v rakouských spalovnách odpadu při stabilním provozu jsou 1 % TOC (suchý materiál) a kolem 3 % TOC (suchý materiál) při startu a ukončení procesu.

Použitelnost

Povaha přijímaného odpadu může omezit výběr spalovací technologie (např. fluidní lože nebo rošt, atd.) a tudíž omezuje možnost provozovatele vybírat mezi technologiemi. Principy zvýšeného míchání a dostatečných časů zdržení odpadu v peci jsou však použitelné ve všech případech. Pro každou vybranou technologii je možné posoudit zde popsané možnosti vedoucí ke zlepšení hoření.

Ekonomika

Nové projekty mohou zohlednit potřebu zajištění účinného hoření bez zásadního navýšení nákladu.

Ve stávajících zařízeních jsou zásadní rekonstrukce spalovacích komor nákladné. Dodatečné vybavení je tudíž možné, pokud je plánována celková rekonstrukce (pokud není dosaženo zákonného standardu 3 % TOC, je povinnost splnění tohoto standardu zajistit).

Příklady zařízení

Po celé Evropě.

Reference [4, IAWG, 1997] [64, připomínky TWG, 2003]

4.2.18 Udržení kvalitního hoření a spalovacích podmínek úpravou výkonu

Dosažený stupeň vyhoření zbytků pecního popele je parametrem, který je nutné brát v úvahu při určování výkonnostních omezení procesu s určitým vstupním odpadem.

Hladiny TOC nad 3 % (5% ztráty při zážehu) jsou zakázané evropskou legislativou. Hladiny pod 1 % jsou dosahovány za určitých okolností (viz. oddíl 4.2.17 výše)

Pro daný rozsah vlastností odpadu je omezujícím faktorem tepelná kapacita spalovací komory spíše než hmotnostní výkon. Překročení tepelné kapacity zařízení vede ke zhoršení spalovacího výkonu a ke zhoršení kvality produkovaných zbytků.

Dosažené zisky pro životní prostředí

Udržení procesu v rozsahu kapacity tepelného výkonu zajišťuje správnou likvidaci odpadu a lepší kvalitu zbytků, které mají zvýšenou možnost dalšího využití.

4.2.19 Optimalizace času, teploty, víření plynu ve spalovací komoře a koncentrace kyslíku

K dosažení účinného spalování produkovaných plynů během spalovacího procesu je potřeba, aby byl plyn dobře promícháván s dostatečným množstvím kyslíku, za dostatečně vysoké teploty a po dostatečně dlouhou dobu. Na základě těchto principů a praktické zkušenosti spalovacích zařízení průmyslového měřítka byla navržena minimální kritéria v různých evropských a národních legislativách. Účelem těchto kritérií je zajistit navržené a provoz procesu způsobem, který zajišťuje dostatečnou oxidaci vyprodukovaných plynů a zničení organických znečišťujících látek, a tudíž snižuje škodlivé emise těchto látek.

Tab. 4.12 níže poskytuje krátký přehled některých specifikací, které byly použity při spalování plynu vyprodukovaných během spalovacího procesu:

Parametr	Specifikace	Účel
Minimální spalovací teplota během doby zdržení plynu	<ul style="list-style-type: none"> alespoň 850 °C, nebo alespoň 1 100 °C pro nebezpečné odpady s vyšším než 1 % obsahem halogenovaných organických látek (jako Cl) 	<ul style="list-style-type: none"> vhodná teplota k umožnění oxidace
Minimální doba zdržení plynu	<ul style="list-style-type: none"> 2 sekundy po posledním vstřiku spalovacího vzduchu 	<ul style="list-style-type: none"> dostatečná doba zdržení při dostatečně vysokých teplotách a v přítomnosti dostatečného množství kyslíku pro reakci a oxidaci
Víření	<ul style="list-style-type: none"> dostatečné k zajištění účinného míšení plynu a spalovací reakce 	<ul style="list-style-type: none"> míšení plynu umožňuje pokračování reakce během celého toku plynu
Koncentrace kyslíku (přebytek)	<ul style="list-style-type: none"> vyšší než 6 % (poznámka: přesné množství požadovaného kyslíku bylo z většiny legislativ v EU odstraněno) 	<ul style="list-style-type: none"> aby byla umožněná oxidace musí být dodané dostatečné množství kyslíku

Tab. 4.12: Některé spalovací specifikace používané při spalování

Provozní zkušenosti ukázaly, že jsou tato kritéria vhodná a že dosahují dobrých likvidačních stupňů. Mnoho stávajících zařízení však pracuje při snížených teplotách, dobách zdržení a koncentracích kyslíku a stále dosahuje účinného spalování a nízkých emisí pro všechna životní prostředí. V některých zařízeních bylo skutečně dosaženo snížení (především) emisí NO_x bez podstatného zhoršení jiných výkonnostních parametru či korozních problémů.

Za určitých okolností a pro určité typy odpadu je tudíž možné tyto základní kritéria, která reprezentují optimální výstup do životního prostředí, opustit. Pokud by měla být takováto výjimka povolena, pak by měly být pro zajištění celkově účinného výkonu prošetřeny následující aspekty:

- nízké a stabilní koncentrace CO v emisích do ovzduší (< 50 mg/m³ denní průměr)
- kvalitní vyhoření pecního popela (TOC < 3 %)
- výhody převažují nad riziky (např. podstatné snížení emisí NO_x)
- Je odpad (pro dodávky do pece) dostatečně homogenní, konzistentní a kvalitní pro zajištění dostatečné likvidace škodlivin v celém spektru provozu?
- Je stupeň víření ve spalovací zóně dostatečný, aby umožnil snížení teploty či dobu zdržení?

Doba zdržení je vysoce závislá na velikosti pece, a tudíž existuje málo možností jejího prodloužení poté, co byla celá pec již postavena, pokud není naplánována její zásadní přestavba, která může být velmi nákladná. Nová zařízení jsou obvykle navržena tak, aby zajistila dobu zdržení dvou sekund nebo více, pokud není spalován zvláště specializovaný a vysoce regulovatelný a homogenní odpadní tok.. Tímto je umožněna vyšší jistota ohledně dosažených emisních hladin. [64, připomínky TWG, 2003]

Dosažené zisky pro životní prostředí

Potenciální výhody snížení minimální koncentrace kyslíku a minimálních teplotních stupňů jsou:

- snížení tvorby NO_x, a tudíž požadavku na jejich zpracování a/nebo vypouštění
- snížení objemu spalin může mít za následek snížení požadavku na systém jejich čištění
- zlepšení energetické účinnosti

Obecně samotné snížení doby zdržení plynu nebude mít žádné zvláštní výhody pro životní prostředí, ty budou důsledkem menší spalovací komory.

Zvýšení vířivosti plynu obecně zlepšuje míšení, a rychlost oxidační reakce poté tedy vede k účinnému spalování. Pokud je však víření dosahováno především vstřikováním sekundárního vzduchu, je zapotřebí rovnováha, jelikož je zároveň nutné vyhnout se přílišným dodávkám vzduchu, které mohou vést k: nadměrnému chlazení nebo přílišnému dodávání dusíku se vzduchem, které mohou zvýšit produkci NO_x.

Vlivy interakce médií

Snížení doby zdržení, teploty, koncentrace kyslíku a vířivosti mohou vést ke zvýšeným emisím produktu nekompletního spalování, pokud jsou podmínky sníženy natolik, že spalování není úplné. Tato rizika jsou větší v případě, že je dodáván (do pece) vysoce heterogenní odpad o různém složení nebo pokud je složité zajistit kvalitu odpadu.

Emisní koncentrace N₂O (oxidu dusného) (a tudíž celkového dopadu na globální oteplování) jsou za nižších spalovacích teplot zvýšeny. Za nižších teplot mohou být také zvýšeny hladiny CO.

Používání vyšších teplot, které jsou nutné pro likvidaci určitých typů spalovaného odpadu, obecně přináší pouze malé snížení množství produktu nekompletního spalování v nezpracovaných spalinách a po průtoku čistícím systémem plynu je relativní výhoda ještě menší. Na druhou stranu používání vyšších teplot může vést k podstatnému nárůstu v produkci NO_x. Dokud není hledána jiná výhoda pro životní prostředí (např. zlepšení kvality zbytku využitím struskování nebo zajištění vysoké destrukce molekul PCB), pak může být snížení emisí do ovzduší převážené negativními aspekty spalování za vyšších teplot, jako je spotřeba přídavných paliv, produkce NO_x atd. [64, připomínky TWG, 2003]

4.2.20 Používání automaticky řízených pomocných hořáků

Pomocné hořáky jsou používány během zahájení pro vytvoření zóny o vyšší teplotě, než je požadované teplotní minimum, skrze kterou jsou spaliny dodávány ze zóny pece do sekundárního spalování. Toto je převládající provozní využití pro návrh hořáku.

Aby byla zajištěna dostatečná teplota i za extrémních podmínek, jsou instalovány pomocné hořáky. Jsou používány, když teplota klesne pod vyžadované teplotní minimum.

Když je zastaven chod spalovny, jsou pomocné hořáky použity pokud teplota poklesla pod limit návrhu pece a nebo pokud teplota klesne pod vyžadované teplotní minimum. Fungují do té doby, dokud ve spalovací komoře nezbude žádný odpad.

Dosažené zisky pro životní prostředí

Automaticky řízené hořáky zajišťují dostatečnou spalovací teplotu a řádné spálení všech vyprodukovaných plynů a stejně tak snížení koncentrací produktů nekompletního spalování nezpracovaných plynů na výstupu z pece, a tudíž emise všech látek.

Vlivy interakce médií

Spotřeba paliv hořáky (obvykle lehké oleje či zemní plyn).

Pomocné hořáky musí být optimalizovány pro nízké emise CO, jinak může dojít k velkým emisím během ukončování či zahajování spalování.

Provozní údaje

Zahájení spalování bez pomocných hořáků je možné, ale s pomocí hořáků je dosaženo hladšího zahájení se sníženým množstvím sazí a s lépe regulovatelnou teplotou. Zahájení bez pomocných hořáků ve spalovnách tuhého komunálního odpadu může zvýšit riziko koroze vznikající díky obsahu chlóru v odpadu. [64, připomínky TWG, 2003]

Použitelné pro všechny spalovny, především pro spalovny přijímající odpady o nízké výhřevnosti a/nebo odpady s nestálou kvalitou.

Hnací síla realizace

Zajištění snížení emisí do všech prostředí a regulovatelného průběhu zahájení a ukončení provozu bez vzniku dalších emisí nečistot kromě těch, které vznikají z hoření plynového oleje či jiných paliv.

Legálně vyžadováno směrnicí 2000/76/EC, ačkoli tato legislativa za určitých okolností povoluje při používání zahajovacího hořáku výjimky (2000/76/EC článek 6 odstavec 4).

4.3.11 Optimalizace struktury kotle

Popis

[28, FEAD, 2002] Obnovené teplo je energie přenesená ze spalín na páru (či horkou vodu). Energie, která spalínám zůstane na výstupu z kotle, je většinou ztracena (pokud nejsou používány další výměníky tepla dále). Obvykle je na výstupu z kotle výhodné snížit teplotu spalín, aby byla maximalizována obnova energie.

Zanášení bojleru má dva významy pro obnovu energie. Prvním je snížení koeficientu tepelné výměny, a tudíž snížení množství obnoveného tepla. Druhým, a důležitějším, je zablokování svazku tepelných výměníků, což vede k odstávce zařízení. Další nechtěný jev provázející zanášení je zvýšené riziko koroze pod vrstvou nánosů. Obvykle je bojler navržen tak, aby byl jednou do roka manuálně vyčištěn, což je maximum pro zabránění zanášení kotle (viz. Oddíl 4.3.19).

Dobrý kotel musí mít dostatečný povrch pro výměnu tepla, ale také dobře navrženou geometrii, která by omezovala zanášení. Toho může být dosaženo buďto pomocí vertikálního, horizontálního, nebo kombinovaného vertikálně horizontálního návrhu kotle (viz. Oddíl 2.4.4.2) [74, připomínky TWG, 2004] Následující příklady jsou dobrými návrhy z praxe:

- rychlosti plynu musí být nízké (prevence eroze) a homogenní (prevence oblastí vysokých rychlostí a prevence nepohyblivých oblastí, které mohou být příčinou zanášení) skrze celý průměr (prostor) kotle.
- k udržení nízkých rychlostí plynu je nutné, aby průchody měly široký průřez a aby jejich geometrie byla „aerodynamická“
- první průchod kotle by neměl obsahovat tepelné výměníky a měl by být dostatečně prostorný (hlavně vysoký), aby byl umožněn průchod spalín o teplotě nižší než 650 - 700 °C. Mohou však být chlazeny vodními stěnami (fungují na principu konvekce). (Tyto stěny z trubek prakticky zakrývají celý kotel kromě ekonomizéru. Obvykle jsou u parních kotlů součástí výparníku). Při vyšších teplotách mohou být v otevřených průchodech umístěny tepelné výměníky na vyzážené teplo.
- první svazky trubek nesmí být umístěny v místech, kde je popílek stále lepivý, tj. kde je teplota příliš vysoká
- mezery mezi svazky trubek musí být dostatečně široké, aby mezi nimi nemohlo docházet k nánosům
- cirkulace vody-páry v membránové stěně a konvekční výměníky by měly být optimální, aby bylo předcházeno vzniku horkých míst, málo účinnému chlazení spalín, atd.
- horizontální bojler by měl být navržen tak, aby zabránil preferované trase spalín, která by vedla k teplotnímu rozvrstvení a k málo účinné tepelné výměně
- mělo by být poskytnuto vhodné zařízení na čištění kotle od nánosů
- optimalizace návrhu konvekčního výměníku (protiproud, souběžný tok, atd.) z důvodu optimalizace povrchu podle teploty stěn trubek a zabránění korozi [74, připomínky TWG, 2004]

Dosažené zisky pro životní prostředí

Větší provozuschopnost a lepší tepelná výměna umožňují celkově zvýšenou obnovu energie.

Návrhy ke snížení zanášení kotle také snižují čas zdržení prachu v teplotních zónách se zvýšeným rizikem tvorby dioxinů.

Použitelné ve fázi vývoje návrhu pro všechny spalovny s kotli na obnovu energie a, pokud existují důvody, tak ke zvýšení účinnosti a životnosti zařízení.

4.4 Čištění spalín

4.4.1.3 Celková optimalizace a přístup k systému jako k celku

Stejně jako zvážení energetických aspektů (viz. oddíl o energii výše), může být vhodné zvážit jako celek systém čištění spalin. To je důležité zejména u odstraňování některých nečistot, protože jednotky spolu často reagují, přičemž poskytují primární snížení pro některé nečistoty a zároveň ovlivňují jiné nečistoty. Při různém pořadí čistících jednotek jsou získávány různé hodnoty účinnosti čištění. Zařízení s více funkcemi jsou běžná, například:

- pokud je rukávový filtr použit ve směru proudu od vstřikování činidel, působí kromě odstraňování prachu jako doplňkový reaktor. Pokles tlaku skrze tkaninový materiál rozděluje spaliny na přilnavém koláči, který obsahuje některá odložená činidla, a díky nízké rychlosti plynu je doba zdržení dlouhá. Rukávový filtr může tudíž přispívat ke zpracování kyselých plynů, plynných kovů jako jsou Hg a Cd a trvanlivé organické nečistoty (POP), například PAH, PCB, dioxiny a furany.
- kromě zpracování kyselých plynů mohou mokré skrubry pomáhat se zachycováním jemných pevných či kapalných částic a, pokud je dostatečně nízké pH nebo za použití skrubrových činidel, se zachycováním rtuti
- jednotka SCR na snižování emisí NO_x má likvidační účinky na dioxiny, pokud je k tomu navržena (přízpůsobena), jelikož adsorpce na aktivním uhlí a hnedouhelném koksu účinkuje jak na dioxiny, tak na Hg a další látky [64, připomínky TWG, 2003] [54, dechefdebien, 2003]

4.4.1.4 Výběr metod pro stávající či nové zařízení

Celková optimalizace a rozhraní mezi jednotlivými částmi systému čištění spalin (stejně tak jako se zbytkem spalovacího procesu) je důležité pro stávající i nová zařízení. U stávajících zařízení může být počet možností velmi omezený než u nových zařízení. Komentáře týkající se vnitřní procesní kompatibility mohou být nalezeny v oddílech, které se zabývají jednotlivými metodami zpracování spalin.

4.4.2 Snižování emisí prachu

Používání systému na odstraňování prachu ze spalin je obvykle považováno za nutné ve všech spalovnách. Tento oddíl uvažuje umístění fáze odstraňování prachu před systém následného čištění spalin nebo za jiný systém čištění spalin, jako konečného čistícího systému spalin.

4.4.2.1 Použití předběžného odstraňování prachu před dalším zpracováním spalin

Tento oddíl zvažuje umístění fáze odstraňování prachu obvykle za předběžným odstraňováním prachu ve stupni kotle, ale před dalšími následujícími stupni čištění spalin.

Na předběžné odstraňování prachu ve spalovnách se dají použít následující systémy:

- vírový odlučovač a mnohonásobné vírové odlučovače
- elektrostatický odlučovač (ESP)
- rukávcové filtry

Jednotlivé metody již byly popsány v oddíle 2.5.3.

Dosažené zisky pro životní prostředí

Snížení emisí prachu pomocí snížení množství jemných kapalných a pevných částic v pozdějším čištění spalin.

Oddělení popílku ze zbytků z čištění spalin umožňuje:

- snížení množství vyprodukovaných zbytků z čištění spalin
- oddělené zpracování popílku pro možnou recyklaci

Oddělený sběr částí spalin nebude mít žádnou výhodu pro životní prostředí, pokud budou oddělené zbytky později opět smíseny. Zvážení aspektu pozdějšího zpracování je tudíž zapotřebí pro zhodnocení reálných zisků pro životní prostředí. [64, připomínky TWG, 2003]

Samotné ESP a vírové odlučovače mohou mít problémy s dosažením nižších z obecně používaných emisních standardů prachu. Jsou však užitečné při předběžném odstraňování prachu a spolu s dalšími metodami přispívají ke splnění nejnižších emisních hladin.

[2, infomil, 2002] Účinnost sběru prachu pomocí vírového odlučovače roste přímo jako funkce množství prachu, rychlosti toku spalin a velikosti a hustoty částic. Jelikož jsou částice popílku jemné, je nízká hustota a množství prachu a rychlost toku spalin se mění, což vede k omezené účinnosti vírových odlučovačů. Za normálních okolností nejsou dosažené hodnoty nižší než 200 - 300 mg/m³. Mnohonásobné vírové odlučovače, založené na stejném dělicím principu, mohou dosáhnout nižších hodnot, hodnoty pod 100 - 150 mg/m³ jsou však těžko dosažitelné.

[2, infomil, 2002] ESP může dosáhnout podstatně nižších hodnot koncentrací než (mnohonásobné) vírové odlučovače. V závislosti na návrhu a umístění v systému čištění spalin (předběžné nebo koncové) a na množství polí mohou být běžně dosahovány hodnoty emisních koncentrací 5 až 25 mg/m³. S větším množstvím polí (2 či 3) a se zvýšeným povrchem ESP (a tudíž s většími náklady a požadavky na prostor při implementaci) je možné dosažení hodnot pod 5 mg/m³.

Speciální variantou ESP je mokrá ESP. Obvykle není používán u předběžného odstraňování prachu, z důvodu teploty spalin v této oblasti. [64, připomínky TWG, 2003] obvykle je více používán pro přečištění po výstupu spalin ze skrubru. [74, připomínky TWG, 2004]

Rukávcové filtry jsou obvykle pro odstraňování prachu velmi účinné. Tam, kde jsou používány, jsou také nejčastěji vstříkována činidla (i když tomu tak není vždy), aby se vytvořila vrstva přes rukávcové filtry chránící před korozí a napomáhající filtraci (zvláště u hloubkové filtrace). [74, připomínky TWG, 2004] Nejčastěji používaná činidla jsou hnědý koks a aktivní uhlí. Přítomnost aktivního uhlí snižuje množství dioxinů, které procházejí do následující fáze čištění. U mokrého systému to pomáhá snižovat „paměťový“ vliv tvorby dioxinů v materiálech skrubru.

U těchto metod jsou nejpodstatnějšími negativními aspekty:

- spotřeba energie rukávcových filtrů je vyšší než u dalších systémů z důvodu vyšší ztráty tlaku
- potřeba elektrické energie pro provoz ESP
- produkce popílku z čištění plynu
- koncentrace PCDD/F ve spalinách se mohou zvýšit během doby zdržení v ESP, zejména pokud pracuje při teplotách nad 200 do 450 °C
- zbytky z čištění spalin a popílek mohou být odděleny použitím předběžné metody na odstraňování prachu

Předběžné odstraňování prachu snižuje množství prachu v následujících systémech čištění spalin. Ty mohou mít následně nižší kapacitu a nižší riziko ucpávání, a tudíž mohou být navrženy menší a do určitého stupně i s nižšími náklady.

Je nutná opatrnost týkající se hladin popela v násypce a přítomnosti žhavých uhlíků (zvláště pokud jsou rukávcové filtry přímo za kotlem) z důvodu prevence rizika požáru.

[2, infomil, 2002] Vírové odlučovače mají jednoduchý design bez pohyblivých částí (kromě transportního systému používaného pro odstraňování popílku ze dna), a tudíž jsou dostupné za relativně nízkou cenu. Pokles tlaku spalin je poměrně vysoký, což má za následek vyšší energetické požadavky spalínového ventilátoru, a vírové odlučovače tudíž vedou ke zvýšené energetické spotřebě.

[2, infomil, 2002] Pro správnou funkci ESP je důležité, aby byl tok spalin rovnoměrně rozložen přes celý povrch ESP. Pokles tlaku spalin v průběhu ESP je nízký, což snižuje energetickou spotřebu. Některá zařízení na předběžné odstraňování prachu (např. ESP, filtry) však vyžadují elektřinu pro svoji funkci. [74, připomínky TWG, 2004]

ESP může být rozdělen do více částí (obvykle 1 - 4 následná pole), kde každá z nich má vlastní elektrický systém. Výhodou je, že při výpadku jedné z nich (např. při zkratu způsobeném prachovým ucpáním nebo přerušením vysokonapěťových kabelů) je stále provozuschopná poměrně velká část kapacity odstraňování prachu.

Rukávcové filtry jsou často rozděleny do částí, které mohou být pro účely údržby odděleny, a pro optimální výkon je důležitá rovnoměrná distribuce spalin.

V níže uvedené tabulce jsou srovnány údaje různých systémů na odstraňování prachu (používaných jako předběžné či koncové stupně odstraňování prachu):

Systém na odstraňování prachu	Typické emisní koncentrace	Výhody	Nevýhody
Vírové odlučovače a mnohonásobné vírové odlučovače	- vírové odlučovače: 200 - 300 mg/m ³ - mnohonásobné vírové odlučovače: 100 - 150 mg/m ³	- důkladný, poměrně jednoduchý a spolehlivý - používán ve spalovnách odpadu	- pouze pro předběžné odstraňování prachu - poměrně vysoká spotřeba energie (ve srovnání s ESP)
ESP – suchý	< 5 - 25 mg/m ³	- poměrně nízké energetické požadavky - může využívat teplot plynu v rozsahu 150 - 300 °C	- riziko tvorby PCDD/F, pokud je používán v rozsahu 450 - 200 °C
ESP – mokrý	< 5 - 25 mg/m ³	- velmi používán ve spalovnách odpadu - možné dosažení nízkých koncentrací emisí – někdy používáno ve spalovnách odpadu	- málo zkušeností s tímto systémem ve spalovnách odpadu - používán především jako koncová fáze odstraňování prachu - produkce procesní odpadní vody - zvyšování viditelnosti kouře
Rukávcové filtry	< 5 mg/m ³	- velmi využíváno ve spalovnách odpadu - vrstva zbytku funguje jako další filtr a jako adsorpční reaktor	- poměrně vysoká spotřeba energie (ve srovnání s ESP) - citlivé na kondenzaci vody a na korozi

Tab. 4.22: Srovnání systému na odstraňování prachu [2, infomil, 2002]

Použitelnost metod na předběžné odstraňování prachu je ohodnocena v níže uvedené tabulce:

Kritérium	Zhodnocení/Komentář
Typ odpadu	· použitelné u všech typů odpadu · nemusí být vyžadováno u nízkých koncentrací prachu v nezpracovaném plynu
Velikost zařízení	žádné omezení
Nové/Stávající zařízení	u stávajících zařízení může hrát roli prostor
Kompatibilita vnitřního procesu	u rukávcových filtrů je zapotřebí vyšší kontrola teploty
Klíčové faktory umístění	nutný prostor pro provozní jednotku

Tab. 4.23: Hodnocení využitelnosti předběžného odstraňování prachu

Velmi používaná metoda v mnoha spalovnách odpadu.

Reference

[2, infomil, 2002], [55, návštěvy EIPPCB v zařízeních, 2002] [64, připomínky TWG, 2003]

Také přidání koncového mokrého čištění spalin za jiné systémy, které zpracovávají kyselé plyny, je možné považovat za dočišťovací techniku. Toto přidání je obvykle realizováno pro kontrolu emisí HCl, které jsou vysoce proměnné. Toto přídatné zpracování je popsáno v oddíle 4.4.3.6. [64, připomínky TWG, 2003]

Hlavní technické části byly popsány v oddíle 2.5.3.

Dosažené zisky pro životní prostředí

Další snižování emisí do ovzduší za emise již dosažené jinými částmi systému čištění spalín, jsou následující:

Látka	Rozsah účinnosti snižování	Dosažené emisní rozsahy			
		½hodinový průměr (mg/Nm ³)	Denní průměr (mg/Nm ³)	Roční průměr (mg/Nm ³)	Specifické emise (g/tunu vstupního odpadu)
Prach		< 30	0,04 - 5	< 0,5	
Poznámka: přesné celkové emisní hladiny budou záviset na vstupní hladině do konečné fáze odstraňování prachu (tato fáze závisí na výkonu předchozích použitých fází) a na účinnosti použité konečné fáze odstraňování prachu. Tato poskytnutá čísla poskytují vysvětlení emisních hodnot, které jsou běžně pozorované při přidání dočišťující fáze.					

Tab. 4.24: Emisní hladiny spojené s použitím čistícího systému rukávových filtrů.

[2, infomil, 2002], [1, UBA, 2001]

Kromě snížení emisí prachu do ovzduší mohou být také sníženy emise dalších látek:

- těžké kovy – jejich emisní koncentrace jsou obvykle spojené s účinností odstraňování prachu
- rtuť a PCDD/F – pokud je přidáván uhlík (obvykle s alkalickým činidlem) jako absorbent na rukávových filtrech
- kyselé plyny – pokud jsou přidávána alkalická činidla k ochraně rukávových filtrů

Výhody těchto snížení mohou být malé, pokud již byly proti směru proudu použity metody, které již snížily koncentrace ve spalínách na nízkou hladinu.

Provozní údaje

K zajištění účinného provozu rukávových filtrů, a tedy k zajištění nízkých emisí je velmi důležitá jejich účinná údržba. Pokles tlaku přes rukávové filtry je monitorován, aby byl udržen koláč na filtru. Může být také používán k detekci poškození rukávového filtru (jako je nevratné zanesení). Prachové emise mohou být obvykle regulovány do velmi nízkých hladin jednoduše bližším pozorováním poklesu tlaku a zavedením přísnějších kritérií pro výměnu rukávového filtru (tj. menší rozsah před provedením údržby). Analýza filtrátu může být použita k posouzení rychlosti dávkování činidel a k odhadu zbývajících životnosti.

Vícenásobné komorové systémy, které jsou nezávisle monitorovány na pokles tlaku, a rukávové filtry s dostatečnou nadbytečnou kapacitou, která umožňuje uzavřít poškozené oblasti z důvodu jejich výměny, zlepšují schopnost vyhovět nejnižším hodnotám emisních limitů.

Rukávové filtry jsou často rozdělené na části, které mohou být z důvodu údržby separovány. Pro optimální výkon je důležitá rovnoměrná distribuce spalín.

4.4.3 Snižování emisí kyselých plynů

Tento oddíl se zabývá následujícími otázkami:

- popisem a hodnocením výkonu, který je obecně dosažitelný hlavními používanými metodami pro snižování kyselých plynů – včetně zvážení využití v různých situacích
- popisem a hodnocením dalších technologií a možností postupu, které jsou důležité pro odstraňování kyselých plynů.

4.4.3.1 Systémy mokrého praní

Popis Tato metoda je popsána v oddíle 2.5.4.

Mokré skrubry mají obecně alespoň dvě fáze. Při první se při nízkých pH odstraňuje HCl a HF a při druhé jsou při pH 6 - 8 dodávány vápno či hydroxid sodný, především z důvodu odstraňování SO₂. Skrubry mají někdy tři a více fází – další fáze jsou obvykle podsekcí první fáze se speciálním účelem.

Dosažené zisky pro životní prostředí

Snížení následujících emisí do ovzduší:

Látka	Dosažené emise				Komentář
	½hodinový průměr (mg/Nm ³)	Denní průměr (mg/Nm ³)	Roční průměr (mg/Nm ³)	Specifické emise (g/t vstupního odpadu)	

HCl	0,1 - 10	< 5	0,1 - 1	1 - 10	Velmi stabilní výstupní koncentrace
HF	< 1	< 0,5	< 0,1 - 0,5	< 0,05 - 2	Velmi stabilní výstupní koncentrace
SO ₂	< 50	< 20	< 10	< 50	Je zapotřebí reakční fáze a absorbent (vápno či NaOH). Půlhodinové průměry SO ₂ mohou fluktuovat

Tab. 4.32: Emisní hladiny spojené s používáním mokrých skrubů

[1, UBA, 2001, 2, infomil, 2002, 12, Achternbosch, 2002]

Mokrý systém čištění spalin poskytuje nejvyšší účinnost při odstraňování (rozpustných kyselých plynů) ze všech systému čištění spalin a s nejnižšími stechiometrickými přebytky. [74, připomínky TWG, 2004]

Systémy čištění spalin založené na jednofázové filtraci (např. polosuchý, suchý) spojují a sbírají zbytky z čištění dohromady, v případě mokrého systému tomu tak obvykle není. Mokrý systém může zpracovávat HCl, HF a SO₂ odděleně od zbytku jemných pevných částic atd., které jsou často odstraňovány před mokrým čištěním. Mokré systémy poskytují další snižování emisí následujících látek:

- prachu - pokud je dostatečná kapacita skrubru, aby bylo zabráněno zanášení (obvykle je před skrubrem použita předběžná fáze odstraňování prachu, která snižuje množství vstupního prachu až o 50 % a předchází provozním problémům) [74, připomínky TWG, 2004]
- PCDD/F - pokud jsou použity materiály naimpregnované uhlíkem, je pozorováno snížení o 70 % v průběhu skrubru, v jiných případech je rychlost odstraňování zanedbatelná. Aktivní uhlí nebo koks mohou být přidány do skrubru z podobných důvodů s vyššími zaznamenanými účinnostmi odstranění [74, připomínky TWG, 2004]
- Hg²⁺ - pokud je použita první fáze skrubru o nízkém pH (~1) a koncentrace HCl v odpadu způsobuje okyselování této fáze, pak je možné odstranit HgCl₂, avšak kovová Hg není ovlivněna. [64, připomínky TWG, 2003]
- další nečistoty - pokud jsou v nezpracovaném plynu přítomny další rozpustné nečistoty, jako bromidy či jodidy, pak mohou být za nízké teploty ve skrubru zkondenzovány, a tím převedeny do odpadní vody skrubru.

Nevýznamnější vlivy interakce médií této metody ve srovnání s jinými metodami jsou:

- nejnižší spotřeba činidel
- nejnižší produkce pevných zbytků
- vyšší spotřeba vody
- produkce odpadní vody, která vyžaduje zpracování
- zvýšená viditelnost kouře
- hromadění („paměťový efekt“) PCDD/F na plastových částech skrubru vyžaduje pozornost
- pokud je vstupní teplota příliš vysoká, může být poškozen materiál používaný v mokrých skrubrech. [74, připomínky TWG, 2004]

Produkce odpadní vody je odhadována na 300 kg/t vstupního KTO, předpokládaná spotřeba vody je 1000 kg/t vstupního KTO.

Příklady zařízení: Mokrý praní spalin je široce používáno v Evropě pro velký rozsah typu odpadu.

Reference [1, UBA, 2001, 2, infomil, 2002, 3, Rakousko, 2002, 12, Achternbosch, 2002] [64, připomínky TWG, 2003]

4.4.4.2 Selektivní nekatalytická redukce (SNCR)

[2, infomil, 2002] V procesu SNCR jsou pro snižování emisí NO_x vstřikovány do pece amoniak (NH₃) nebo močovina (CO(NH₂)₂). NH₃ reaguje s NO_x efektivněji mezi 850 a 950 °C, kdežto v případě použití močoviny jsou efektivní teploty až kolem 1050 °C. Pokud je teplota příliš vysoká, vytváří konkurenční oxidační reakce nechtěný NO_x. Pokud je teplota příliš nízká, nebo doba zdržení pro reakci mezi NH₃ a

NO_x nedostatečná, snižuje se efektivita redukce NO_x a emise zbytkového amoniaku se mohou zvyšovat. Tento jev je znám jako únik NH_3 . Díky chemii reakce se určitý únik amoniaku objevuje vždy. Dodatečný únik amoniaku může být způsoben jeho nadbytkem nebo špatným vstřikováním činidla. [74, připomínky TWG, 2004]

Dosažené přínosy pro životní prostředí

Snižování emisí do ovzduší je následující:

Látka	Rozpětí efektivit snižování (%)	Dosažené rozpětí emisí				Komentář
		1/2hodinové průměry (mg/Nm^3)	24hodinové průměry (mg/Nm^3)	roční průměry (mg/Nm^3)	Specifické emise (g/t vst. odpadu)	
NO_x	30 – 75 %	150 - 400	80 – 180	70 - 180	0,4 – 1,2	Liší se podle rychlosti dávkování, typu odpadu a typu spalovací komory.
NH_3	není k dispozici		5 – 30			Nejnižší za použití mokrých praček. Viz. poznámky k této tabulce.
N_2O	není k dispozici		10 - 30			Viz. poznámky k této tabulce.

Poznámky: Při použití vyšších dávek činidel, požadovaných k dosažení obsahu NO_x pod $120 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ se emise N_2O rychle zvyšují. Emise N_2O závisí na teplotě reakce (spalování) a na činidle. Obecně jsou dosahovány vyšší emise N_2O za použití močoviny než za použití amoniaku. Aby bylo dosaženo vyšších procentuálních efektivit snižování NO_x , je nutné použít vyšší rychlost dávkování činidla, která může vést k vyššímu úniku NH_3 – s mokřím čištěním spalin ve směru proudu může být poté NH_3 absorbováno, jsou však nutná opatření týkající se jeho přítomnosti v odpadní vodě, např. vytěšňování NH_3 .

Tab. 4.61: Hladiny emisí dosažené za použití SNCR [1, UBA, 2001, 2, infomil, 2002, 3, Rakousko, 2002, 12, Achternbosch, 2002, 60, Reimann, 2002]

Hlavním zdrojem emisí N_2O v SNCR je používání močoviny namísto amoniaku (což vede k 2 – 2,5krát vyšším emisím N_2O , než v případě snižování za pomoci amoniaku). Pro snižování tvorby N_2O je tudíž důležité optimalizovat výběr činidla (močoviny nebo amoniaku) a regulovat podmínky procesu (zvláště míšení plynu, teplotu a únik amoniaku) [64, připomínky TWG, 2003].

Udává se, že použití SNCR může také snižovat tvorbu PCDD/F (ačkoli kvantitativní důkazy pro to zatím nebyly předloženy) [64, připomínky TWG, 2003].

Únik amoniaku je absorbován, pokud jsou používány mokré skrubry. Může také být odstraňován z proudu odpadní vody za použití zařízení k vytěšňování amoniaku – ačkoli toto přidává procesu na složitosti a zvyšuje kapitálové a provozní náklady [74, připomínky TWG, 2004]. Obnovený amoniak může být poté použit jako výchozí surovina pro proces SNCR

Koncentrace N_2O obecně vzrůstají s tím, jak klesají koncentrace NO_x . Za nepříznivých podmínek mohou být dosaženy až hladiny přes $50 \text{ mg}/\text{m}^3$, zatímco za příznivých podmínek mohou být emise pod $10 \text{ mg}/\text{m}^3$. Aby byla snížena tvorba N_2O , je tedy důležité optimalizovat a regulovat podmínky procesu.

Množství vstřikovaného NH_3 závisí na koncentraci nečištěných plynů NO_x , stejně jako na požadovaném snížení NO_x . NH_3 je vpraven do spalin vstřikováním vodného roztoku amoniaku. Nejčastěji používanými roztoky jsou (koncentrované nebo zředěné) žrávý amoniak (NH_4OH) nebo močovina ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$). Použití močoviny je efektivní pro relativně malé jednotky, jelikož močovina může být skladována v pevném stavu (v pytlích) a skladování amoniaku (včetně příslušných bezpečnostních opatření) není tedy nutné. Pro větší jednotky je obvykle efektivnější použití amoniaku.

Pro dosažení vysoké efektivit odstraňování NO_x je nezbytné efektivnější míšení činidel a NO_x ve spalinách při optimální teplotě. Aby bylo dosaženo optimální teploty a kompenzovány její fluktuační, může být instalováno několik sad vstřikovacích trysek na různých úrovních pece, obvykle při prvním průchodu. V principu může být SNCR použito tam, kde je dostupné teplotní okno v rozpětí 850 až 1050 °C. Ve většině spaloven se toto okno nachází v horní části pece.

Systémy SNCR pracují nejlépe za stálých provozních podmínek (rovnoměrná distribuce amoniaku a koncentrace NO_x). Pokud provozní podmínky stabilní nejsou, mohou se objevit únik amoniaku (nadměrné emise amoniaku), nevhodná úprava NO_x nebo tvorba N_2O .

Příklady zařízení: Široce používáno v celé Evropě.

Reference [1, UBA, 2001, 2, infomil, 2002, 3, Rakousko, 2002, 12, Achternbosch, 2002, 60, Reimann, 2002] [64, připomínky TWG, 2003]

4.4.4.3 Optimalizace výběru čínidla pro snižování NO_x pomocí SNCR

Čínidla používaná v SNCR jsou amoniak a močovina. Výhody a nevýhody jejich výběru jsou nastíněny v následující tabulce. Aby byl zajištěn optimální výběr pro dané zařízení musí být při výběru čínidla brána v úvahu rada faktorů týkajících se provozu procesu, nákladu a výkonu.

Čínidlo	Výhody	Nevýhody
Amoniak	<ul style="list-style-type: none"> vyšší potenciál snižování extrémních koncentrací NO_x (za dobré optimalizace) nižší emise N₂O (10 – 15 mg/Nm³) 	<ul style="list-style-type: none"> užší efektivní rozpětí teplot (850 – 950 °C), požadována tudíž větší optimalizace vyšší riziko při nakládání a skladování vyšší náklady na tunu odpadu únik amoniaku přibližně 10 mg/Nm³ zapáchající zbytky, pokud se dostanou do kontaktu s vlhkostí
Močovina	<ul style="list-style-type: none"> širší efektivní teplotní rozpětí (540 – 1000 °C), regulace teploty je tedy méně kritická nižší riziko při skladování a nakládání nižší náklady na tunu odpadu 	<ul style="list-style-type: none"> nižší potenciál snižování extrémních koncentrací NO_x (v porovnání s optimalizovaným použitím amoniaku) vyšší emise N₂O (25 – 35 mg/Nm³) a tudíž celkový potenciál oteplování (GWP) únik amoniaku přibližně 1 mg/Nm³
Poznámky: Nižší náklady na močovinu jsou významnější u relativně malých zařízení. Pro větší zařízení mohou být vyšší náklady na skladování amoniaku plně kompenzovány nižšími chemickými náklady.		

Tab. 4.65: Výhody a nevýhody použití močoviny a amoniaku pro SNCR [62, Tyseley, 2001] [64, připomínky TWG, 2003]

Nové procesy mohou být navrženy specificky pro dosažení stabilních a předvídatelných podmínek spalování a vybrání optimálního umístění vstřikování čínidla, což poté zajistí využití výhod amoniaku (např. největší snižování extrémních koncentrací NO_x a nejnižší emise N₂O). Stávající procesy, které mají stabilní a dobře regulované spalování a teplotní profily v peci, budou také schopny maximalizovat tento zisk.

Stávající procesy, které se potýkají s problémy se stabilizováním podmínek spalování (např. z důvodu návrhu, regulace nebo typu odpadu), mohou s menší pravděpodobností optimalizovat vstřikování čínidla (umístění, teplotu, míšení) a mohou tudíž profitovat z použití močoviny. Pokud jsou však očekávatelné teploty kolem 1000 °C, bude produkce N₂O za použití močoviny významnější.

V případech, kdy jsou výhody a nevýhody jemně vyvážené, mohou mít na konečný výběr čínidla větší dopad rizika spojená se skladováním a nakládáním.

Dosažené zisky pro životní prostředí

Obě čínidla způsobují snížení emisí NO_x. Výběr čínidla, které se nejlépe hodí ke spalovacím charakteristikám pece bude mít za následek nejefektivnější snížení emisí, tj. efektivní snížení NO_x s minimálním únikem amoniaku a produkcí N₂O.

Vlivy interakce médií

Optimalizace výběru čínidla může vyústit v optimální snižování NO_x s minimálním únikem amoniaku a uvolňováním N₂O.

Provozní údaje

Základním předpokladem výběru čínidla je dobré porozumění teplotním profilům ve spalovací komoře.

Reakce močoviny s N₂O velmi závisí na teplotě, při 1000 °C se až 18 % odstraněného NO_x objevuje jako N₂O (při 780 °C je toto množství zanedbatelné).

Použitelnost

Všude, kde dochází ke snižování NO_x pomocí SNCR, je vhodné zvážit, jaké čínidlo bude použito.

Ekonomika

Udává se, že amoniak je poněkud dražší než močovina. Požadavky na nakládání a skladování kapalného a plynného amoniaku a roztoku amoniaku jsou obecně přísné a tudíž nákladnější, než u močoviny, která může být skladována jako pevná látka, což přispívá k rozdílům v nákladech na tato dvě činidla.

Ve většině případů je amoniak používán jako roztok. Stále zde existují bezpečnostní požadavky, ale méně přísné, než u plynného nebo zkapalněného amoniaku.

Nižší náklady na močovinu platí pouze pro relativně malá zařízení. Pro větší zařízení mohou být vyšší náklady na skladování plně kompenzovány nižšími chemickými náklady.

Hnací síla pro realizaci

Požadavky na efektivní snižování NO_x bez zvýšeného uvolňování N^2O , který má vysoký potenciál jako skleníkový plyn (310krát vyšší než CO_2).

Příklady zařízení

SNCR je v Evropě široce využíváno.

Reference [62, Tyseley, 2001] [64, připomínky TWG, 2003]

4.4.5 Snižování emisí PCDD/F

U většiny odpadů není pro spalovny odpadu možné vyhovět mezním hodnotám emisí uvedených v EC 2000/76 ($0,1 \text{ ng/Nm}^3$) jen za použití primárních opatření (tj. těch, které se vztahují ke spalování). Sekundární (tj. snižovací) opatření jsou tudíž nezbytná. Dosažení takových hladin emisí obvykle zahrnuje použití kombinace primárních technik na snižování produkce PCDD/F a sekundárních opatření pro další snížení hladin emisí. [64, připomínky TWG, 2003]

4.4.5.4 Rozklad PCDD/F za použití katalytických rukávových filtru

Dosažený přínos pro životní prostředí

Účinnosti rozkladu PCDD/F zavedením katalytických rukávových filtru ve spalovnách komunálního tuhého odpadu jsou zaznamenávány kolem 99 %. Koncentrace emisí PCDD/F se z počátečních koncentrací kolem $1,9 \text{ ng/Nm}^3$ sníží na $0,02 \text{ ng/Nm}^3 \text{ TEQ}$. [27, Belgie, 2002]

Filtry zajišťují také odstraňování prachu. U příkladu zde uvedeného používala spalovna tuhého komunálního odpadu pro odstranění prachu elektrostatický odlučovač, což s použitím dalších filtrů dávalo hladiny emisí prachu v rozmezí $0,2$ až $0,6 \text{ mg/Nm}^3$. S použitím těchto filtrů dochází také ke snižování NO_x [64, připomínky TWG, 2003].

Celkové uvolňování dioxinů ze zařízení (do všech prostředí) je také, na rozdíl od adsorpce (s aktivním uhlíkem) sníženo rozkladem. Jak bylo popsáno výše, ukázaly vzorky prachu z násypky rukávového filtru současně se snížením emisí do vzduchu snížení průměrných koncentrací z $3659 \text{ ng I-TEQ/kg prachu}$ (za použití aktivního uhlíku) na $283 \text{ ng I-TEQ/kg prachu}$ (za použití katalytických rukávových filtru).

Katalytické filtry jsou obecně používány jako náhrada jiných filtrů. Ty již mohou díky vstřikování aktivního uhlíku adsorbovat dioxiny. Pokud vstřikování aktivního uhlíku ve vyjmenovaném systému také zajišťuje hlavní adsorpci kovové rtuti, může odstranění aktivního uhlíku způsobit vzrůst emisí Hg do ovzduší, v případě, že nejsou použity alternativní techniky pro Hg.

Teplotní rozpětí, při kterém se objevuje katalytická reakce, se pohybuje od 180 do 260°C . [27, Belgie, 2002], [74, připomínky TWG, 2004]

Testy na vstupní a výstupní koncentrace PCDD/F ve spalovně komunálního pevného odpadu (bez odstraňování kyselého plynu proti proudu, ale s předběžným elektrostatickým odlučováním prachu), prováděné v průběhu 21 měsíců, ukázaly následující výsledky:

Počet měsíců provozu	0,25	1,5	3	4,8	8	13	18	21
Vstupní koncentrace PCDD/F v ngTEQ/Nm^3	3,4	7	11	10,5	11,9	11,8	8,1	5,9
Výstupní koncentrace PCDD/F v ngTEQ/Nm^3	0,01	0,0035	0,005	0,004	0,01	0,011	0,002	0,023
Vypočítaná účinnost	99,7 %	99,9 %	99,9 %	99,9 %	99,9 %	99,9 %	99,9 %	99,6 %

Tab. 4.68: Údaje týkající se účinnosti rozkladu pro katalytické rukávové filtry v průběhu 21 měsíců provozu

4.5 Čištění a kontrola odpadních vod

4.5.13 Oddělené čištění odpadních vod vznikajících z různých stupňů mokrého praní

Technika zahrnuje oddělení a oddělenou úpravu kyselých a zásaditých toků ze skrubrů pro umožnění zlepšení optimalizace odpadních vod a zvýšení možnosti obnovení složek z toku odpadní vody.

Dosažené zisky pro životní prostředí

- emise do vody mohou být sníženy více než se společnou úpravou
- optimalizace oddělených toků snižuje spotřebu činidla a dovoluje cílenou úpravu
- ze sírových skrubrů může být obnovena sádra (viz. oddíl 4.5.17), což snižuje vypouštění síry s odpadní vodou a obsah síry v pevných zbytcích ze zařízení na čištění odpadních vod
- z prvního stupně kyselých skrubrů může být obnoven HCl (viz. oddíl 4.5.16).

Použitelné pouze pro spalování odpadu s mokkými skrubry – může být v principu použito na všechna zařízení.

Náklady na nahrazení stávajících společných systémů čištění budou pravděpodobně velmi vysoké – technika tudíž může být obecně vhodná pouze pro nová zařízení, kde existují určité důvody pro čistotu odpadních vod atd.

Nejlépe použitelné v případě existence potřeby nejvyšší konečné kvality odpadních vod a/nebo pokud existují odbytiště pro výhodné využití obnovené HCl/sádry.

Hnací síla pro realizaci

Zavedení tohoto systému může podporovat existence trhu pro obnovené materiály. Hlavním důvodem je obecně použití mimořádně nízkých limitů emisí vypouštěné odpadní vody, pravděpodobně pro ochranu citlivých vod.

Příklady zařízení

Používání zaznamenáno v Nizozemsku, Německu a Rakousku.

4.6 Technologie úpravy pevných zbytku

Možnost využití pevných zbytku ze spaloven odpadu je obvykle určena:

- obsahem organických sloučenin ve zbytcích
- celkovým obsahem těžkých kovů ve zbytcích
- vyluhovatelností kovů, solí a těžkých kovů ve zbytcích
- fyzikální vhodností, např. velikostí částecí a odolností zbytků

Velký vliv na rozsah používání mají navíc tržní faktory, nařízení týkající se jejich používání a specifické místní environmentální otázky.

Na zlepšení environmentální kvality zbytku ze spalování odpadu a na recyklaci nebo využití alespoň části specifických toků zbytku bylo vynaloženo mnoho úsilí. Jsou používány jak techniky v rámci procesu, tak techniky následující po čištění. Opatření v rámci procesu se zaměřují na změnu spalovacích parametrů, na zlepšení vyhoření nebo přesunutí distribuce kovů za různé zbytky. Techniky probíhající po čištění zahrnují: zrání, mechanickou úpravu, praní, teplotní úpravu a stabilizaci. Různé techniky budou probírány dále.

Mezinárodní pracovní skupina pro nakládání s popelem International Ash Working Group (IAWG) určila radu pravidel, která musí být zvážena při hodnocení výhod, ale také omezení dané metody úpravy:

- Vede proces ke značnému zlepšení kvality?
- Má proces nějaké dopady na zdraví, životní prostředí nebo na bezpečnost?
- Jsou zde sekundární zbytky a kde skončí?
- Je zde vysoce kvalitní konečný produkt?

- Je zde dlouhodobý trh pro tento produkt?
- Jaké jsou náklady na proces?

[4, IAWG, 1997]

Určité zákony mohou vyžadovat likvidaci některých zbytků, vytvářených spalovacím procesem. Pokud nastává tento případ, je zde menší snaha pro zavedení technik, které by zlepšily kvalitu a recyklovatelnost zbytku. [64, připomínky TWG, 2003]

4.6.1 Zlepšování vyhoření pecního popele

Zlepšení vyhoření zbytků může být dosaženo optimalizací parametrů hoření, vedoucí ke kompletnímu shoření pevného uhlíku. To může být provedeno za použití jednoho nebo více opatření, určených v oddíle o tepelném zpracování (viz. oddíl 4.2).

Delší vystavení odpadu zvýšeným teplotám ve spalovací komoře, vyšší teploty lože a fyzikální míchání odpadu celkově zajišťují, že v organických látkách je obsaženo méně popelu.

Dosažené přínosy pro životní prostředí

Organický obsah pecního popele je vyjádřen v TOL (těžké organické látky) nebo LOI (loss on ignition – ztráta žháním). Toto jsou klíčové parametry jak pro odstraňování, tak pro použití pecního popele. Kritéria pro skládkování obvykle určují maximální hladinu TOL, kritéria pro využití obvykle určují buďto maximální hladinu TOL nebo specifické limitní hodnoty pro organické sloučeniny. Zlepšení vyhoření sníží pecní obsah uhlíku, a tudíž TOL.

TOL se také vztahuje k reaktivnosti těžkých kovů v popelu. Například měď se vyluhuje ve formě komplexu s organickými látkami. Zlepšení vyhoření tedy také sníží vyluhovatelnost mědi.

Určení TOL v souladu se standardem EN 13137 také stanovuje jako TOL elementární uhlík, který nezpůsobuje žádné problémy se skládkováním. TOL pecních popelů se skládá především z elementárního uhlíku, ale do určité míry jsou zde nacházeny také organické sloučeniny. [74, připomínky TWG, 2004]

Vlivy interakce médií

Je zaznamenáno, že zvýšení spalovací teploty, společně s teplotou palivového lože, způsobuje zvýšenou tvorbu CaO v pecním popelu. To způsobuje vzrůst hodnoty pH pecního popele. Hodnota pH čerstvého pecního popele často převyšuje 12 [Vehlow, 2002 #38].

Tento vzrůst pH může také zvýšit rozpustnost amfoterních kovů, jako je olovo a zinek, které jsou ve pecních popelech přítomny ve velkém množství. Hodnota pH pecního popele může po spalovací fázi díky zrání klesat (viz. oddíl 4.6.6.). Vzrůst pH může být kritický, zvláště díky tomu, že olovo je amfoterní a při pH 11 – 12 může být rozpouštěno a poté vyluhováno.

Použití předběžné úpravy pro zvýšení vyhoření způsobí další spotřebu energie ve stupni předběžné úpravy (a emise), a jsou s ním tudíž spojené dodatečné náklady. Pokud je prováděno rozsáhlé předběžné čištění, např. produkce paliva z odpadu, mohou být náklady velmi významné.

Pokud jsou pro podporu hoření požadována přídatná paliva, je jejich spotřeba vlivem interakce médií.

Tato technika je použitelná jak pro nová, tak pro stávající zařízení.

Přestavba nebo výměna spalovacích komor a komponent může být pro stávající zařízení velmi nákladná, avšak může být snadno součástí celkového konceptu konstrukce pro všechny nové provozy nebo pro ty, které jsou podstatně rekonstruovány.

Optimalizace provozu pro různé odpady může vyžadovat další regulační zařízení, např. přístroj, kontrolní prvek, kontrolní smyčku atd. Ty mohou vést k dalším nákladům navíc k jakékoli předběžné úpravě.

Některé techniky mohou způsobit nižší hladiny organického uhlíku v popelu, než jaké jsou vyžadovány směrnici ES/2000/76. Zásadní zvýšení nákladu může být pozorováno pro zaručení nejnižších dosažitelných hladin TOL. Snížení hladin uhlíku obvykle není pro znovupoužití tuhých odpadů nutným požadavkem. [74, připomínky TWG, 2004]

Hnací síla pro realizaci

Směrnice stanovující limitní hodnoty TOL ve zbytcích určených k využití a odstranění.

Příklady zařízení

Optimalizace vyhoření za použití různých postupů je součástí standardního provozu v mnoha evropských spalovnách. Reference [Vehlow, 2002 #38] [64, připomínky TWG, 2003]

4.6.2 Oddělení pecního popele ze zbytku z čištění spalin

Míšení zbytků z čištění spalin s pecním popelem způsobuje znečištění pecního popele. Díky vyššímu obsahu kovů, vyluhovatelnosti kovů a organickému obsahu zbytku z čištění spalin je snížena environmentální kvalita pecního popele. To omezuje cíle následného využití pecního popele.

Oddělení pecního popele a zbytku z čištění spalin spočívá v odděleném sběru, skladování a transportu obou pecních toků. To zahrnuje např. specializovaná skladovací síla a kontejnery a specifické systémy nakládání s jemnými a prachovými zbytky z čištění spalin.

Dosažené přínosy pro životní prostředí

Oddělení zbytků z čištění spalin od pecního popele umožňuje další úpravu pecního popele (např. suchou úpravu nebo vymývání solí rozpustných ve vodě, extrakci těžkých kovů z popele), pro získání materiálu pro využití. Smíšené toky nedovolují zpracování do materiálu, který by byl opětovně využit a pro celý proud zbytku neexistuje tedy jiná varianta odstranění kromě skládkování. [74, připomínky TWG, 2004]

Přírodní stavební materiály, např. písek a šterk, jsou nahrazovány. [74, připomínky TWG, 2004]

Tato technika je používána jak pro nová, tak pro stávající zařízení.

Odstraňování zbytků z čištění spalin může být vyšší, ale objemy jsou značně sníženy (samotné zbytky z čištění spalin tvoří obvykle 2 – 3 % hmotnosti vstupního odpadu, zatímco společně s pecním popelem to bude kolem 15 %).

Hnací síla pro realizaci

Zvýšené možnosti recyklace pecního popele a možné snížení nákladu.

Jedná se o rozšířený postup a v některých zemích EU dokonce vyžadovaný směrnicemi.

Příklady zařízení

Široce používaný postup ve spalovnách po celé Evropě.

Reference [64, připomínky TWG, 2003]

4.6.3 Oddělení stupně odlučování prachu od ostatních úprav spalin

Odlučování prachu před stupni regulace znečištění ovzduší (pro kyselé plyny a odstraňování dioxinů) za použití elektrostatických odlučovačů, cyklonu nebo rukávcových filtrů bez přidávání činidel (aditiv), umožňuje zvážení úpravy a následného využití odstraněného prachu. Pokud je instalován kotel, slouží oddělený sběr, přeprava a skladování kotlového prachu stejným účelům, i když s menší účinností sběru.

Oddělený popel může být pro další rozklad jakýchkoli PCDD/F navrácen do spalovacího stupně, což může vést ke snížení celkového výstupu dioxinů ze zařízení. Opětovná cirkulace popílku však může způsobit riziko vzniku usazenin ve vysoké peci a příležitostné koncentrace nečistot obsažených v popelu. [74, připomínky TWG, 2004]

Dosažené přínosy pro životní prostředí

Oddělení popílku a zbytku z čištění spalin může umožnit jejich další oddělenou úpravu a/nebo využití (pokud je povoleno místními směrnicemi), a tudíž snížení množství vyžadujícího konečné odstranění.

Snížením výstupu pevných zbytků opětovnou cirkulací popílku do spalovací komory je možné snížit celkový výstup dioxinů z provozu. Netepelné úpravy popílku (buďto odděleného pecního popele nebo kombinovaného s ostatními zbytky z čištění) obecně nemění celkovou hmotnostní rovnováhu PCDD/F, ale koncentrují PCDD/F do menších množství zbytků.

Vlivy interakce médií

Předběžné odlučování prachu může zlepšit spolehlivost polosuchého čištění spalin a dalších systémů čištění spalin.

5 NEJLEPŠÍ DOSTUPNÉ TECHNOLOGIE

5.4 Specifické BAT pro spalování nebezpečných odpadů

Kromě obecných opatření uvedených v oddíle 5.1 se obvykle jako BAT pro spalování nebezpečných odpadů zvažuje:

69. Mimo kontrol kvality popsaných v BAT4 se ve spalovnách nebezpečných odpadů používají specifické systémy a postupy pro značení, kontrolu, odběr vzorků a zkoušení odpadů, který má být skladován/upravován (viz 4.1.3.4) při použití přístupu se zřetelem na hodnocení rizik a v závislosti na zdroji odpadu. Analytické postupy musí být prováděny příslušným kvalifikovaným personálem a s použitím vhodných postupů. Obvykle je nutno

v zařízení provádět zkoušky:

- výhřevnosti
- bodu vznícení
- PCB
- halogenů (např. Cl, Br, F) a síry
- těžkých kovů
- kompatibility a reaktivity odpadu
- radioaktivity (pokud již není v rozsahu BAT3 prostřednictvím detektorů pevně instalovaných u vchodu do zařízení)

Znalosti o procesu nebo původu odpadu jako důležitých charakteristikách nebezpečnosti, (např. toxicita nebo infekčnost), se analyticky obtížně zjišťují.

70. míchání, míšení a předběžná úprava odpadu za účelem zlepšení jeho homogenity, spalovacích charakteristik a stupně vyhoření s ohledem na bezpečnost. Příkladem je úprava nebezpečných odpadů v sudech a balících pomocí šrédrů, popsaná v bodech 4.1.5.3 a 4.1.5.6. Pokud se provádí šředrování, musí potom následovat pokrytí inertní atmosférou.

71. použití vyrovnávacího systému k rovnoměrnému přísunu tuhých nebezpečných odpadů (např. dle popisu v oddíle 4.1.5.4 nebo jiná podobná technologie plnění) s cílem zlepšit spalovací charakteristiky podávaného odpadu a zlepšit stabilitu složení spalin včetně kontroly krátkodobých extrémních emisí CO.

72. přímé vstřikování kapalných a plyných nebezpečných odpadů, pokud tyto odpady vyžadují zvláštní omezení expozice vzhledem k nebezpečí úniků nebo zápachu, jak je popsáno v oddíle 4.1.6.3

73. použití návrhu spalovací komory, který zaručuje uzavřený prostor, promíchání a dopravu odpadu, např.: rotační pece – buď s nebo bez vodního chlazení. Chlazení rotačních pecí vodou (viz 4.2.15) může být prospěšné v situacích, kdy

a) je vyšší výhřevnost podávaného odpadu (např. > 15-17 GJ/t) nebo

b) jsou použity vyšší teploty, např. > 1100 °C (např. při spékání popela nebo destrukci specifických odpadů)

74. snížení energetické náročnosti zařízení a vcelku dosažení průměru spotřeby elektrické energie v zařízení (kromě předběžné úpravy nebo úpravy zbytku) obecně pod hodnotou 0,3-0,5 MWh/t zpracovaného odpadu (viz 3.55 a 4.3.6). Menší zařízení celkem dosahují úrovně spotřeby vyšších hodnot tohoto rozpětí. Významný vliv na spotřebu vzhledem k požadavkům na vytápění atd. mohou mít klimatické podmínky.

75. pro obchodní a jiné spalovny nebezpečných odpadů, kde jsou spalovány odpady velmi proměnlivého složení a z mnoha různých zdrojů, je BAT použití:

a) mokrého čištění spalin, jak je popsáno v oddíle 4.4.3.1, ve smyslu obecné BAT ke zlepšení kontroly krátkodobých emisí do ovzduší (viz závěrečné poznámky 7.4.3 týkající se ostatních systémů a BAT37 pro výběr systému čištění spalin)

b) specifických technologií snižování emisí elementárního jódu a brómu, popsanych v oddíle 4.4.7.1, pokud jsou tyto látky přítomny v odpadu ve zjištěných znatelných koncentracích.

7.4.6 Vývoj a implementace strategií odpadu

Míra využití spalování jako varianty úpravy odpadu se v jednotlivých členských státech EU i v jednotlivých regionech velmi liší. Obecně ty členské státy, které mají nejvyšší úroveň skládkování, mají také nejnižší úroveň spalování. Progresivní implementace směrnice 1999/31/ES o skládkách odpadu vedla ke snížení množství biodegradabilního odpadu ukládaného na skládkách. Především tam, kde byla závislost na skládkách největší, budou potřebné alternativní kapacity pro úpravu a odstraňování těchto odpadů, jejichž produkci není zabráněno. V takových případech lze proto očekávat rozšíření kapacity tepelné úpravy spolu s určitým rozšířením dalších úprav včetně recyklace.

Vývoj a efektivní implementace strategií odpadu na různých úrovních (členské státy, regionální, místní) jsou důležité nástroje, které pomohou zajistit účinné, dobře plánované a organizované odpadové hospodářství při současném zabezpečení hierarchie způsobů nakládání s odpady. Tyto plány mohou napomoci při vývoji zařízení tepelné úpravy:

- a) zajistit, aby velikost navrhovaného zařízení dobře vyhovovala místní strategii odpadu
- b) určit vhodné lokality pro zařízení.

7.4.7 Trhy a standardy pro pecní popel a jiné zbytky

Stupeň využití zbytků z tepelné úpravy v Evropě se velmi liší. V některých případech je téměř všechno pecní popel dopraven k odstranění, v jiných se velký podíl využije, často po úpravě ke stavebním účelům. Obecně ty členské státy, které jsou schopny zvýšit použití popela (obvykle pecního popela, ale někdy též určité frakce popílku, např. kotelní popel) a tak omezit odstraňování, vyvíjejí příslušné standardy pro použití popela a pro jeho vzorkování a zkoušení kvality.

V některých případech členské státy rozšířily své politiky dále k označování zón, ve kterých mohou být různé stupně spalování popela použity jako náhražky agregátů, ke stanovení požadavků na ochranu životního prostředí při jejich použití a k rozlišení úrovně testu kvality v závislosti na velikosti rizika pro životní prostředí v dané zóně. Tímto způsobem může být možné přiřadit k tomuto použití odpadních materiálů potenciální problémy se znečištěním. Je snaha, aby vyvíjené standardy odpovídaly těmto problémům znečištění a mohly se tak samy o sobě stát přídatnými kritérii vývojových pracovníků navrhujících zařízení k tepelné úpravě při volbě technologie a úprav, které mají specifický vliv na kvalitu zbytků.

Taková opatření jsou vcelku považována za zlepšení odbytových možností pecního popela a tím vedoucí ke snížení množství odpadu k odstranění, přičemž nahrazují použití minerálních surovin. V jiných případech přijímají členské státy opatření zaměřená na zlepšení charakteristik skládek zbytků ze spalování odpadu.

Jinými hlavními zbytky ze spalování odpadu jsou ty, které pocházejí z čištění spalin. Ty jsou v některých případech částečně využívány (k využití určitých frakcí některých zbytků z čištění spalin se používají některé průmyslové procesy), ale vcelku jsou zbytky určeny k odstranění, často na skládky a obvykle následně po specifické úpravě. V některých případech se zbytky z čištění spalin ukládají jako výplň do solných dolů. Náklady na čištění spalin, na odstranění nebo využití mohou do určité míry ovlivnit výběr technologie pro čištění spalin, kdy vyšší ceny využití/úpravy/odstranění obecně povzbuzují přijetí mokřých systémů čištění spalin, které mohou produkovat menší množství tuhých zbytků ve srovnání s jinými systémy. Tato situace není nicméně jednoduchá a jak naznačují závěry BAT v tomto dokumentu, volba systému čištění spalin vyžaduje multikriteriální hodnocení, při kterém se zvažuje široký rozsah hnacích sil (např. spotřeba vody a vypouštění vody, spotřeba energie atd.) za účelem dosažení celkově vyváženého řešení.

7.4.8 Koordinované vzdělávání a vysvětlování vlivu na zdraví a životní prostředí

V tomto dokumentu je uvedeno, že výsledky evropských studií o vlivu na zdraví na základě současných důkazů a moderní úrovně emisí ukazují, že místní vlivy emisí spaloven odpadu do ovzduší jsou buď zanedbatelné nebo nezjistitelné. Nicméně, navzdory těmto důkazům je přijímání spaloven a jejich vliv hlavním problémem odvětví, především s ohledem na nová zařízení. Navzdory výrazným snahám části vývojových pracovníků a místních úřadů poskytnout informace o vlivu a rizicích zůstávají návrhy na

nová zařízení v mnoha případech středem velké kritiky veřejnosti. Zájem o nově vyvíjená zařízení není však v odvětví spalování odpadu nijak výjimečný. Jiná zařízení k úpravě odpadů, průmysl nezpracovávající odpady, komerční zařízení, maloobchod a infrastruktura se do určité míry mohou všechna setkat s politickým a veřejným odporem. Během této informační výměny byly předloženy některé informace týkající se akcí uskutečněných v průmyslu jako odezva na veřejnou kritiku.

Je zřejmé, že toto je záležitost, která třebaže v některých místech má větší význam oproti jiným místům, je všeobecným problémem evropského průmyslu spalování odpadu. Proto se doporučuje, aby průmysl a subjekty, které zodpovídají za vývoj a implementaci strategií odpadu, pokračovaly v rozvoji svých strategií v této oblasti.