

Hlavní technologická zařízení spalovny SAKO Brno

Cílem projektu „Odpadové hospodářství Brno“ byla náhrada existujícího, již provozně nevyhovujícího zařízení spalovny komunálních odpadů uvedené do provozu na konci osmdesátých let za zařízení, které bude svými environmentálními, ekonomickými a provozními parametry srovnatelné s moderními spalovny budovanými v současné Evropě. Samotné realizaci předcházela velmi dlouhá příprava na straně investora, v rámci které byly mj. definovány základní technologické požadavky a následně výběrové řízení, které vyústilo ve výběr dodavatele – konsorcia společností CNIM a SIEMENS. Obě společnosti v rámci realizace uplatnily osvědčené a spolehlivé technologie, které běžně jsou základem řady obdobných spaloven komunálních odpadů ve světě. Autor v článku popisuje technologický proces spalování, skladování a dávkování, dále popisuje hlavní technologická zařízení spalovny – spalovací zařízení a parní kotel, systém čištění a monitoringu spalin, popisuje turbínu a parovodní trakt a zaměřuje se na způsob nakládání s doprovodnými produkty – např. škvárou. V závěru se pak zaměřuje na pomocné provozy a dodavatelský model.



Celkový pohled na SAKO Brno, a.s

Princip technologického procesu

Technologie je založena na transformaci energie v odpadu jeho spalováním a následném využití této energie v kogenačním režimu pro výrobu elektřiny a tepla. Smyslem kogenační technologie je umožnit nezávislost provozu na odběru tepla a zároveň zachovat vysokou účinnost využití energie v odpadu. Srdcem procesu jsou dva parní kotle s roštovým ohništěm, na kterém je odpad řízeně spalován. Každý z nich je schopen spálit za hodinu až 16 tun odpadů a vyrobit 50 tun páry o tlaku 40 bar a teplotě 400°C. Tato pára následně proudí do turbosoustrojí, ve kterém se využívá pro výrobu elektřiny. Část páry je pak

z turbíny dodávána do městské sítě centrálního zásobování teplem CZT.

Spaliny vzniklé spalováním odpadů jsou čištěny a vypouštěny do atmosféry, škvára je tříděna a dále materiálově využívána, popílek je ukládán na skládku. Součástí technologie je i dotřídňovací linka na odpady ze separovaného sběru (PET lahve, papír a podobně), která umožňuje následně kvalitnější materiálové využití těchto odpadů.

Skladování a dávkování odpadů

Komunální odpad je do spalovny přivážen svozovými vozidly a velkoobjemovými kontejnery.



Zásobník odpadů



Materiál je do prostoru drtírný dopravován speciálními vozidly a do drtiče je podáván širokým pásovým dopravníkem.



Elektrohydraulický dvourotorový drtič velkoobjemových odpadů

Po zvažení ve vstupním objektu spalovny je vysypáván do betonového bunkru – zásobníku odpadů. Ten je původní a v současné konfiguraci vystačí na cca jeden týden provozu spalovny. V zásobníku pracují dva mostové jeřáby s drapákem, které odpad částečně homogenizují a nakládají do výsypek obou kotlů. Na jeřábech jsou umístěny tenzometrické váhy, které slouží k registraci množství odpadů dávkovaných do kotlů. V násypkách jsou umístěny hydraulicky ovládané uzavírací klapky, které slouží k oddělení spalovacího zařízení od prostoru zásobníku odpadů při odstavení a nájždění kotlů. Aby bylo zabráněno úniku zápachu a prachu ze zásobníku odpadů, je uvnitř udržován podtlak prostřednictvím sání primárního spalovacího vzduchu.

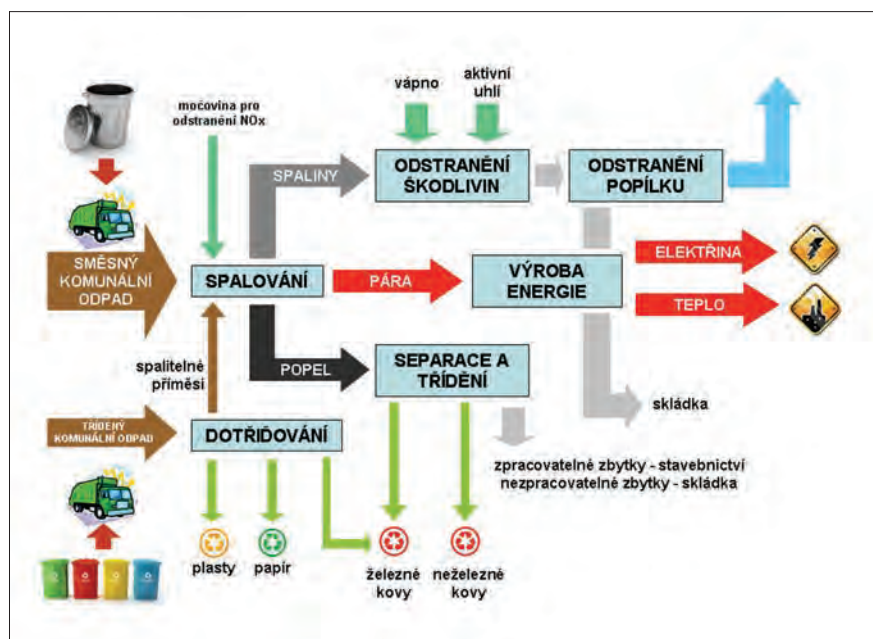
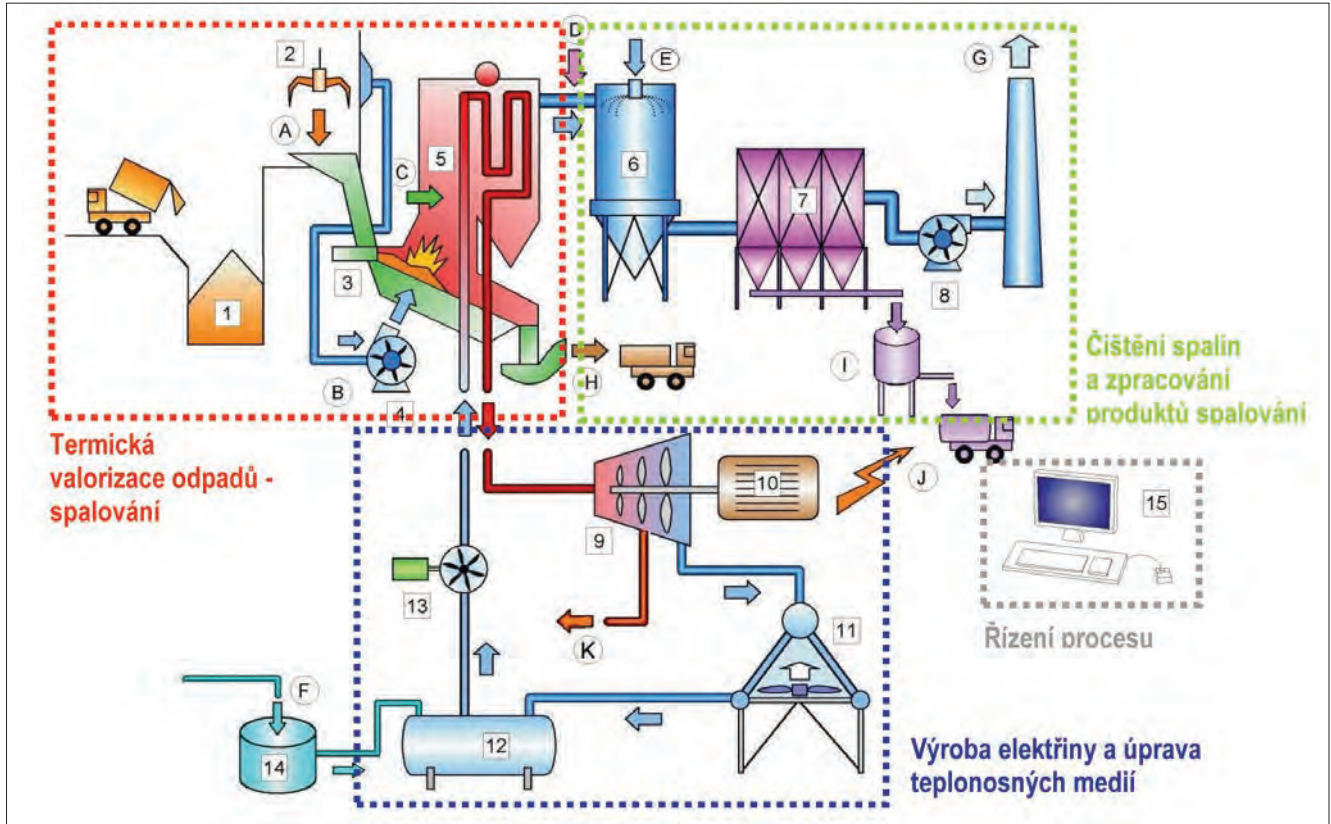


Schéma technologického procesu spalování odpadů



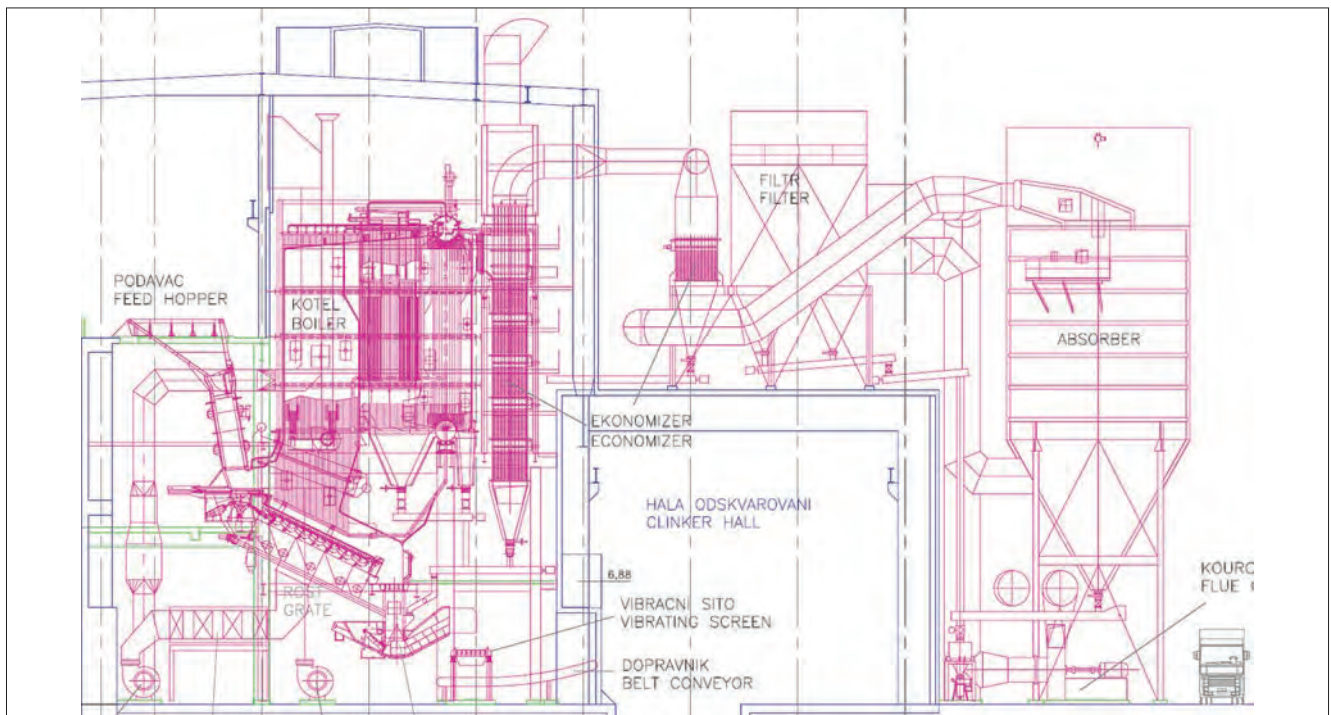
Principiální schéma technologického procesu spalovny SAKO Brno

Popisky čísel a písmen:

- 1 zásobník odpadů (bunkr)
- 2 mostový jeřáb s drapákem
- 3 spalovací rošt
- 4 ventilátor spalovacího vzduchu
- 5 parní kotel
- 6 absorbér
- 7 tkaninový filtr
- 8 spalinový ventilátor

- 9 parní turbína
- 10 generátor
- 11 aerokondenzátor
- 12 napájecí nádrž
- 13 napájecí čerpadla
- 14 kondenzátní nádrže
- 15 řídicí systém
- A odpad
- B spalovací vzduch

- C močovina
- D aktivní uhlí
- E vápenné mléko
- F vratný kondenzát
- G vyčištěné spaliny
- H škvára
- I end-produkt
- J elektrická energie
- K středotlaká pára (technologie/CZT)



Základní dispozice spalovacího zařízení a čištění spalin

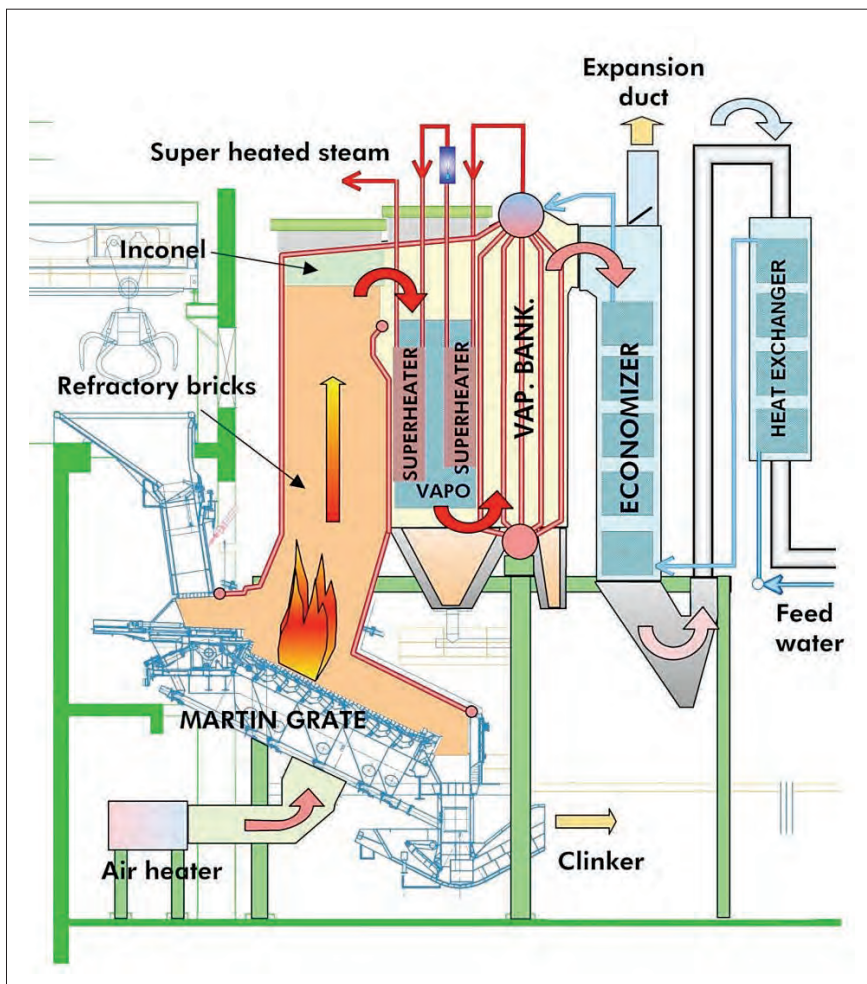


Schéma parního kotle

Nadrozměný odpad pocházející většinou ze sběrných dvorů společnosti SAKO Brno, je před vhozením do zásobníku drcen v elektrohydraulickém dvourotorovém drtiči, který je schopen zpracovat 10 tun za hodinu zcela nehomogenního materiálu.

Spalovací zařízení a parní kotel

Pro spalování odpadů je využívána vrtisuvný rošt MARTIN, jehož popis je předmětem samostatného článku (str. 24-27). Pod rošt je přiváděn primární spalovací vzduch, který je předehříván v parním ohříváku na cca 160 °C. Odpad na roštu hoří pouze pod přívodem tohoto spalovacího vzduchu, tj. bez přívodu dodatečného paliva, při teplotě cca 1 100 °C. Spalovací proces je řízen tak, aby na výstupu z ohniště byly dosahovány nízké primární emise NO_x (do 450 mg/Nm₃). Spalovací rošt je umístěn ve spodní části spalovací komory kotle a je tak s parním kotlem plně integrován.

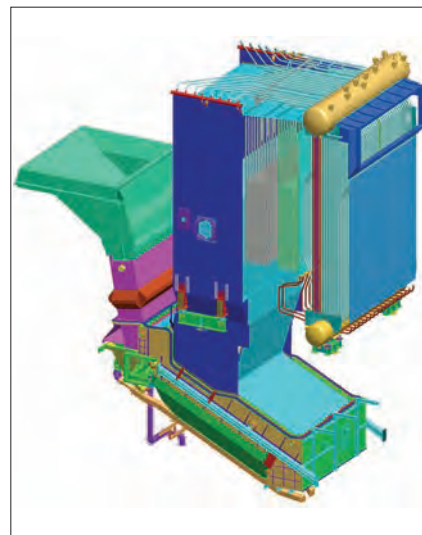
Samotný parní kotel byl zkonstruován a dodán společností CNIM, která byla rovněž i výrobcem některých tlakových částí. Vzhledem k nutnosti umístění kotlů do omezeného prostoru původní kotelně byla zvolena klasická koncepce se třemi tahy, dvěma bubny a kotlovým svazkem. Spalovací komora kotle je vyzděna žáruvzdornou vyzdívkou provedenou z cihel kotvených přímo na membránové stěny. Smyslem vyzdívkou je zajištění dostatečné teploty a doby setrvání spalin nutné pro vyhoření potenciálně

nebezpečných uhlovodíkových sloučenin, tak jak požaduje platná legislativa.

Ve druhém tahu kotle je umístěn deskový přehřívák páry, který je opatřen speciálním protikorozním návarem z austenitické chromniklové slitiny Inconel. Stejným návarem je chráněn i strop spalovací komory a částečně membránové stěny druhého tahu. Ve třetím tahu je pak umístěn



Pohony podávacího stolu spalovacího roštu



3D model parního kotle pro spalovnu SAKO Brno

kotlový svazek, který spojuje horní a spodní kotlový buben. Tlakový celek kotle je tvořen membránovými stěnami, které jsou spojeny systémem teplých a studených bandáží. Tlakový celek je samonosný a je uložen na podpěrách umístěných na úrovni spodního bubnu kotle a dilatuje směrem vzhůru. Za kotlem je následně umístěn dvoustupňový ekonomizer, jehož první část je umístěna v kotelně, a druhá část na střeše škvárovny společně s čištěním spalin.

Zvolená koncepce kotle umožnila dosažení kompaktních rozměrů při dostatečně vysokém výkonu kotle (nominální výkon každého kotle je 51 tun za hodinu přehřáté páry, v rámci teplých zkoušek byl dosažen i parní výkon kolem 70 t/h). Provozovatel se rozhodl těchto předností kotlů využít a v současné době jedná o povolení zvýšení kapacity spalovny (bez úprav technologie) o cca 10% množství spalovaných odpadů ročně.

Čištění spalin

Čištění spalin je založeno na tzv. polosuché metodě, která je v dnešní době v Evropě velmi



Potrubní rozvody v kotelně



Spalovací rošt s položenými roštnicemi



Vzdávky ve spalovací komoře parního kotle

oblíbená díky své jednoduchosti a nízkým investičním i provozním nákladům a absenci odpadních vod. Zařízení bylo vyprojektováno a dodáno společností LAB, která patří do skupiny CNIM.

Emise oxidů dusíku jsou snižovány dávkováním močoviny do horní části spalovací komory kotle (SNCR). Spaliny dále proudí z kotle jsou přiváděny do absorbéru, v jehož horní části se vysokootáčkovou turbínou rozprašuje vápenné mléko. V absorbéru dochází k chemickým reakcím s kyselými složkami spalin v mokré fázi při odpařování vody. Směs spalin, popílku a reakčních produktů je následně vedena do tkaninového filtru, kde dále probíhají reakce v suché fázi ve vrstvách na rukávcích filtru. Takto se ze spalin odstraňují kyselé složky (HCl a SO₂).

Do absorbéru je současně dávkováno i aktivní uhlí, které slouží k navázání a odstranění těžkých kovů. Vyčištěné spaliny jsou pak z tkaninového filtru odsávány tahovým ventilátorem do komína spalovny. Systém je vybaven i dávkováním suchého vápenného hydrátu, který slouží k eliminaci špiček v produkci emisí kyselých složek v případě, kdy se do kotle dostane najednou např. větší množství PVC a hrozí krátkodobé překročení emisního limitu. Veškeré tuhé zbytky z čištění spalin, tzv. end-produkt, je zachycován na textilních filtrech a systémem mechanické a pneumatické dopravy veden do sila, odkud je periodicky odvážen v cisternách.

Jak už bylo řečeno, výhodou polosuchého čištění spalin je především absence jakýchkoliv odpadních vod z procesu, nicméně nejdůležitějším

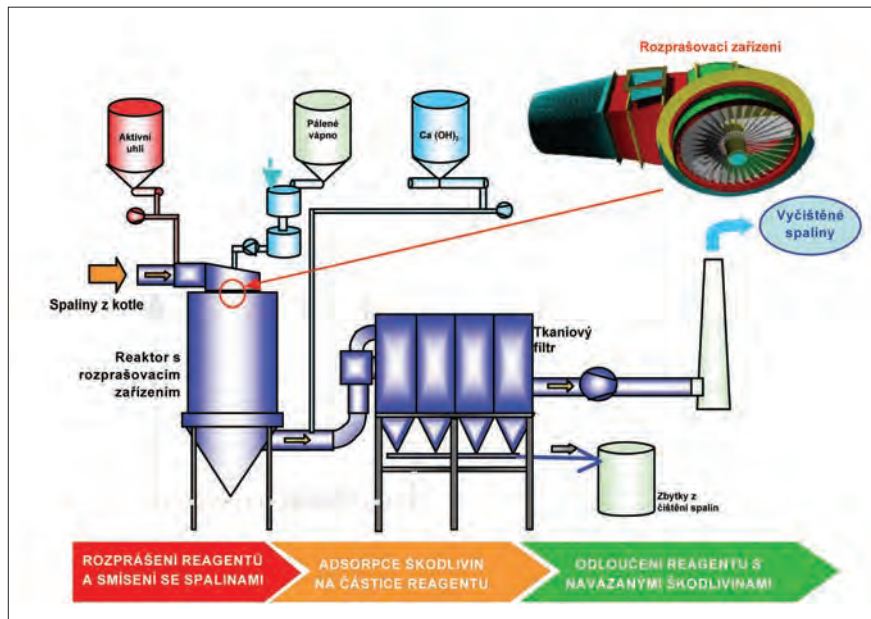


Schéma zařízení pro čištění spalin



Kouřovody čištění spalin



Titanový rozprašovací disk vápenného mléka

parametrem je samozřejmě provozně dosahovaná úroveň emisí. Výsledky prvního roku provozu brněnské spalovny jsou v tomto směru více než uspokojivé.

Emisní monitorovací systém

Spalovna je vybavena třemi nezávislými extraktivními analyzátorovými jednotkami, z nichž dvě jsou provozní a jedna záložní s okamžitou dostupností. Každá z těchto jednotek zahrnuje multifunkční analyzátor pracující na principu infračervené

spektroskopie a analyzátor uhlovodíkových látek. Každá linka je pak vybavena dvěma analyzátoru prachu a měřením souvisejících veličin. Zařízení pro čištění spalin je řízeno v závislosti na nastavení požadované půlhodinové hodnoty na výstupu z tkaninového filtru. Před čištěním spalin (na výstupu z kotle) jsou pak kontinuálně sledovány hodnoty HCl a SO₂, které slouží ke zrychlení reakce čištění spalin v případě vysokého nárůstu emisí kyselých složek. Výstup z analyzátorů emisí je realizován

Znečišťující látka	Emisní limit [mg/m ³]	Průměrné provozní hodnoty *) [mg/m ³]	
		Linka 2	Linka 3
TZL	10	0,1 - 2 (v rámci nejistoty měření)	
NO _x	200	150,1	152,2
HCL	10	2,4	2,6
SO ₂	50	16,2	13,8
CO	50	6,0	4,2
TOC	10	0,1	0,2
HF	1	0,4	0,1
NH ₃	50	18,4	18,4
Těžké kovy (Hg)	0,05	0,0044	0,003
Těžké kovy (Cd a Tl)	0,05	0,00011	0,00014
Těžké kovy (ostatní)	0,5	0,016	0,063
PCDD/DF	0,1 ng/m ³	0,002 ng/m ³	0,0019 ng/m ³

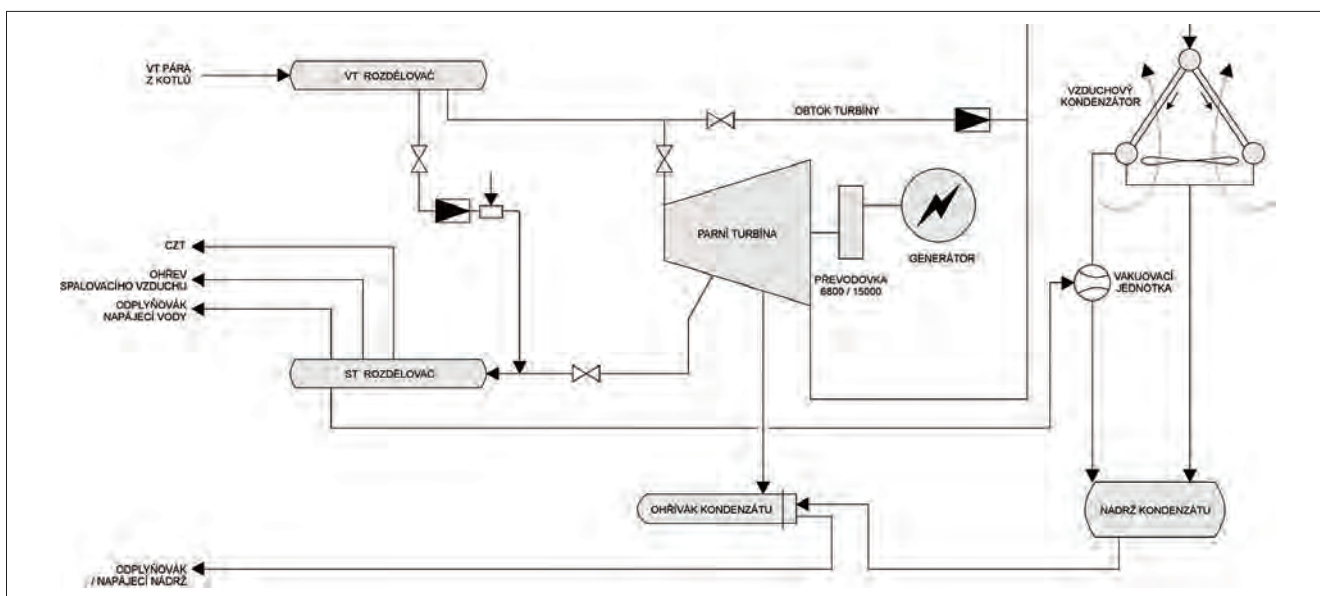
*) průměrné hodnoty emisí jsou vypočítány z půlhodinových hodnot vykazovaných vůči státní správě podle platné legislativy
Zdroj: emisní monitoring SAKO Brno



Absorbéry



Tkaninové filtry



Schématické znázornění turbíny a parovodního traktu

nezávisle do řídicího systému spalovny a do separátního monitorovacího systému, který slouží k dokladování plnění emisních limitů vůči státní správě.

Turbína a parovodní trakt

Parní turbína a celý související parovodní trakt byly navrženy tak, aby především splňovaly provozní požadavky zákazníka, čili velký regulační rozsah, schopnost ostrovního provozu, dodávka páry do CZT a rovněž možnost provozu spalovny na plný výkon bez provozu turbíny.

Pára je z obou kotlů dodávána do vysokotlakého parního rozdělovače, ze kterého je možno napájet buď turbínu, nebo redukční stanici. Ta je schopna přijmout celkovou produkci páry z obou kotlů. Turbína je vybavena jedním regulovaným odběrem, ze kterého je napájen středotlaký parní rozvaděč, ze kterého je pára dodávána jednak do městské parní sítě a dále k odběrům v rámci technologického procesu, především pro odplyňování napájecí vody a přehřev primárního spalovacího vzduchu. Neregulovaný odběr turbíny je pak využíván pro přehřev vratného kondenzátu před jeho vstupem do napájecí nádrže.

Pára vystupující z turbíny je vedena do vzduchového kondenzátoru, který je dimenzován tak, aby v případě potřeby pojmul veškerou produkci páry (100 t/h). Provoz kondenzátoru je plně automatický (plynulá regulace otáček vrtulí, připojování, odpojování jednotlivých sekcí, ovládání žaluzií atd.) Vakuum v kondenzátoru je udržováno jednak samotnou kondenzací páry a jednak pomocí parní vakuovací jednotky.

Kondenzát je shromažďován odděleně ve dvou nádržích, jedna je určena pouze pro kondenzát z procesu spalovny, tzn. ze vzduchového kondenzátoru a odvodnění různých potrubí. Druhá nádrž pak slouží ke shromažďování vratného kondenzátu z městské parní sítě.

Třídění škváry

Škvára vystupující z kotlů je dopravována do betonové jámy, ze které je následně drapákovým jeřábem nakládána do systému třídění škváry. Součástí systému jsou dva velké třídící bubny, které třídí škváru na hrubou, střední a jemnou frakci. Tříděná škvára je dopravována pásovými dopravníky, ze kterých jsou magnetickými separátory odtříděny železné kovy. Mezi oběma bubnovými třídíči je vřazen separátor neželezných kovů, který pracuje na principu změny hybnosti vlivem indukce elektrického proudu při průchodu magnetickým polem (Foucaultův jev). Jednotlivé frakce jsou následně shromažďovány v kontejnerech odvážených nákladními vozidly. Celé zařízení bylo dodáno společností Burton Steel na základě projektu společnosti CNIM.

Pomocné provozy

Součástí spalovny je samozřejmě několik provzdušňovacích souborů zajišťujících media pro provoz technologie. Jedná se především o chemickou úpravnu vody, ve které je připravována přídavná demineralizovaná voda pro napájení



Turbosoustroji bez protihlukového krytu



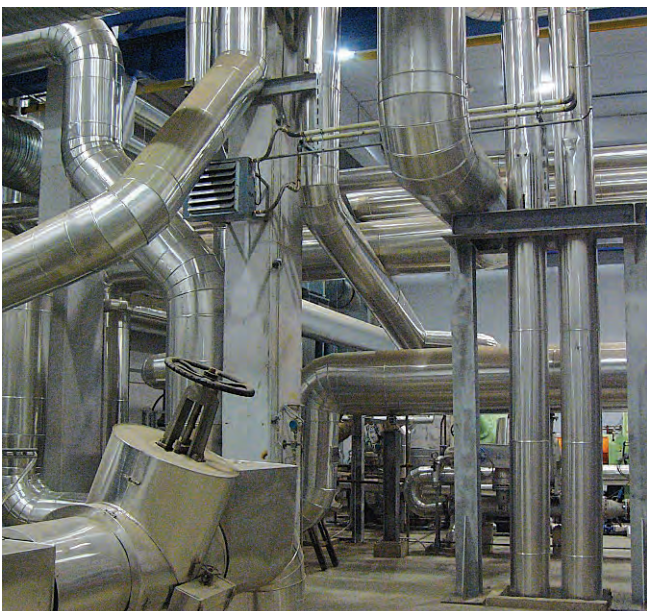
Aerokondenzátor bez protihlukového krytu a izolací



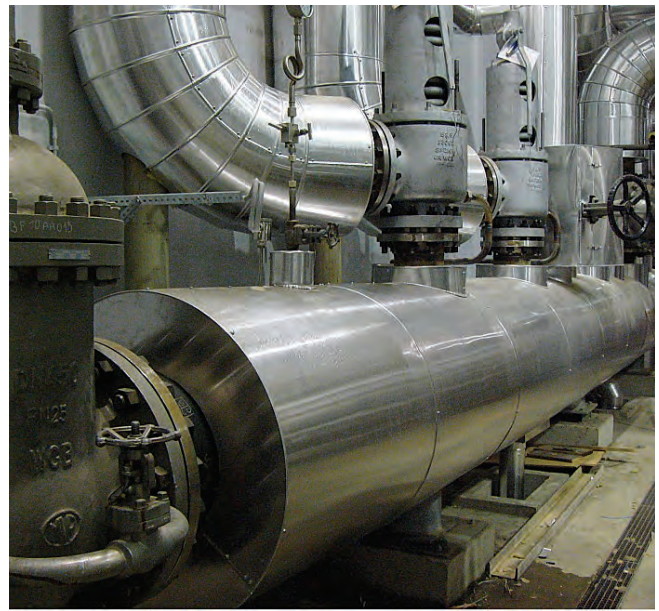
Vakuovací jednotka aerokondenzátoru



Napájecí čerpadla parních kotlů



Potrubií rozvody



Středotlaký parní rozdělovač

kotlů. Celkový výkon této úpravy je 48 t/h demineralizované vody. Zařízení je tvořeno dvěma identickými linkami sestávajícími s katexu, anexu, odvzdušňovací věže CO₂, nádrží regeneračních prostředků a neutralizace. Zařízení bylo vyrobeno a dodáno společností Babcock Wanson, která patří do skupiny CNIM.

Dalším zásadním pomocným provozem je příprava vápenného mléka. To se vyrábí z práškového vápna skladovaného v síle. Vápno je v hasnici mícháno s vodou a následně dopravováno separátními linkami do obou absorberů, kde je podle řídicích algoritmů ředěno vodou a rozprašováno do spalin. Součástí tohoto provozu je i skladování a doprava adsorbentu – aktivního uhlí. Aktivní uhlí je dodáváno v pytlích typu „big-bag“.

Méně viditelným, avšak důležitým provozem je kompresorová stanice, která dodává stlačený vzduch jednak pro ovládání ventilů a jednak pro řadu provozních měřicích přístrojů.

Technologie a dodavatelský model

Projekt byl realizován formou dodávky na klíč konsorciem společností CNIM S.A. a Siemens s.r.o. Společnost CNIM jako vedoucí konsorcia navrhla technologický proces vč. zpracování basic engineeringu. Dodávka hlavních komponentů byla pak rozdělena následovně:

Členové konsorcia

- CNIM:** kotel, čištění spalin, parovodní trakt, vzduchový kondenzátor a všechna ostatní technologická zařízení, stavební část
- SIEMENS:** parní turbína, řídicí systém, veškeré silnoproudé a slaboproudé elektroinstalace,

Základem této spolupráce bylo vlastní, nikoliv nakupované, know-how pro základní technologická zařízení (kotel a čištění spalin, turbína, řídicí systém) a rovněž vlastní kapacity pro engineering

a realizaci celého projektu včetně uvádění do provozu. Obě společnosti v této oblasti disponují dostatečnými inženýrskými i výrobními kapacitami, společnost CNIM je dále v některých zemích i provozovatelem spaloven komunálních odpadů. Potvrzením schopnosti a zájmu o dlouhodobé partnerství v oblasti spaloven komunálních odpadů bylo

uzavření smluv na servis hlavních zařízení po předání díla mezi provozovatelem spalovny, společností SAKO Brno a konsorciálními partnery.

Ing. Ladislav Pazdera,
zástupce vedoucího projektu,
CNIM S.A.

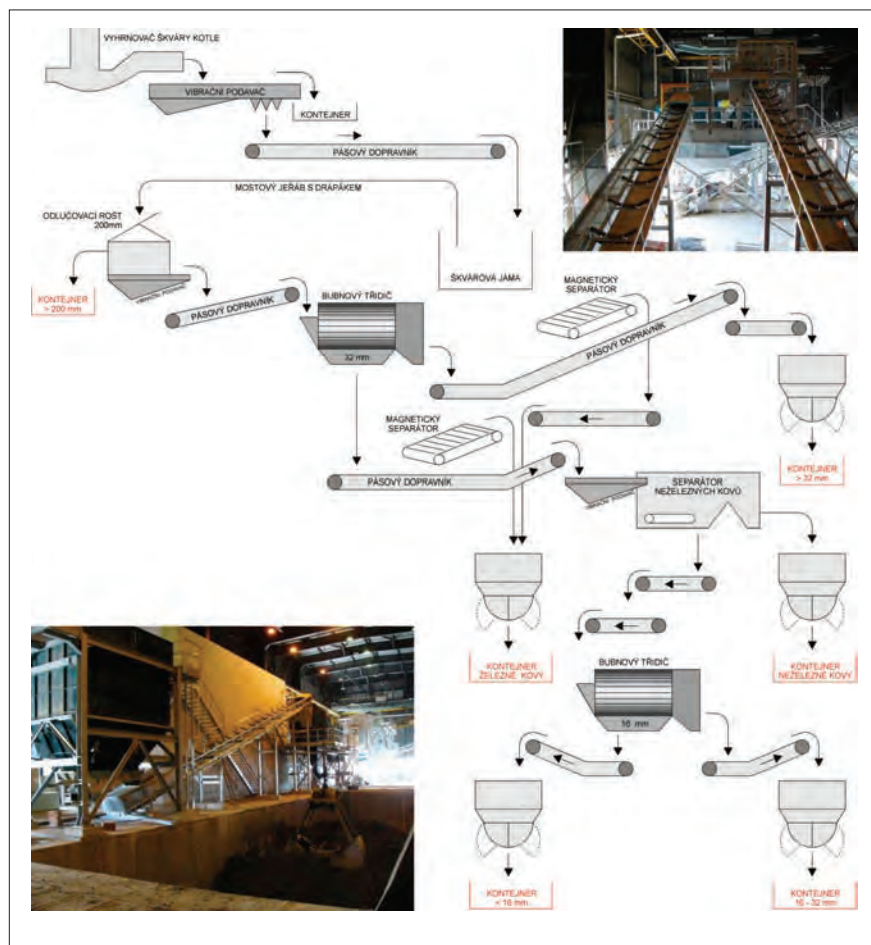


Schéma zařízení pro třídění škváry

The main technological equipment of the SAKO Brno incineration plant

The objective of the project "Waste Management Brno" was the replacement of the existing obsolete communal waste incineration equipment which was installed at the end of the 1980s with equipment on par with the environmental, economic and operating parameters of similar European facilities. The implementation was preceded by lengthy preparation on the part of the investor, including the definition of the basic specifications, followed by tenders that yielded the general contractor - a consortium of the companies CNIM and SIEMENS. During project implementation, both companies made full use of proven and reliable technology, frequently installed in a whole range of similar communal incinerators throughout the world. In the article the author describes the technological process of combustion, storage and dosage, as well as the major technological components of the incineration plant - combustion plant and steam boiler, flue gas cleaning and monitoring system, describing the turbine and the steam pipelines and focusing on the management of the associated materials - such as cinder. Finally the author focuses on the support functions and supplier model.

Главное технологическое оборудование фабрики по сжиганию мусора «SAKO - Brno»

Целью проекта «Переработка мусора. Brno» была замена рабочего, но технологически устаревшего оборудования фабрики по переработке коммунальных отходов, введенного в эксплуатацию в конце 80-х годов прошлого века, на оборудование, которое будет своими экологическими, экономическими и эксплуатационными параметрами сравнимо с современными фабриками по переработке отходов, построенными в Европе. Реализации этого проекта предшествовала длительная подготовка на стороне инвестора, в рамках которой были определены технологические требования, проведен тендер и выбран поставщик – консорциум фирм «CNIM» и «SIEMENS». Обе фирмы в этом проекте использовали проверенные и надёжные технологии, которые обычно являются основой для ряда подобных фабрик по переработке мусора в мире. Автор в статье описывает технологический процесс сжигания, складирования, распределения и подачи. Далее рассказывает о главном технологическом оборудовании – оборудовании для сжигания и паровом котле, системе очистки и мониторинга продуктов сгорания. Пишет о турбине и пароводном тракте, а так же обращает внимание на использование побочных продуктов, например шлака. В завершении обращается к вспомогательным службам и различным моделям поставок.