

Realizace snížení emisí NO_x na Elektrárně Mělník I na kotlích K1-K6


ALSTOM

Společnost Alstom s.r.o. koncem minulého roku úspěšně dokončila zakázku na snížení emisí NO_x na Elektrárně Mělník I, která je dodavatelem elektrické energie a tepla pro hlavní město Prahu. Předmětem díla bylo snížení emisí na šesti kotlích o maximálním parním výkonu 250 t/h. Během trvání projektu došlo k akvizici společnosti ALSTOM společností GE, která je jedním z největších hráčů na poli energetiky.

Díky výraznému snížení emisí oxidů dusíků oproti současným hodnotám projekt významně přispěje ke zlepšení životního prostředí. ALSTOM pro snížení emisí využil jak primárních technologických opatření zahrnujících úpravy a seřízení spalovacího procesu a systému přípravy a dopravy paliva, tak i sekundární metody zahrnující instalaci SNCR (Selektivní nekatalytické redukce), tedy technologie na bázi vstříkování reagentu do spalovacích komor kotlů.

Společnost ALSTOM již realizovala obdobné projekty na snížení emisí oxidů dusíků pro elektrárnu ALPIQ v Kladně (dva fluidní kotle) a pro Elektrárnu Počerady (čtyři uhelné práškové kotle). V současné době je v realizaci i projekt v polském Gdaňsku.

V případě všech zmíněných projektů se jedná o ekologizaci vyplývající ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU upravující emisní limity pro průmyslové zdroje.

POPIS PŮVODNÍHO ZAŘÍZENÍ

Zařízení EMÉ I tvoří šest energetických bloků uvedených do provozu v letech 1960 - 1961. Každý blok se sestává z parního kotle typu G 230, později přetypovaného na G 250,



Obr. 1 – Pohled na elektrárnu Mělník I

propojeného společnou parní sběrnou na parní turbíny. Kotle jsou práškové, granulační s přirozenou cirkulací vody ve výparníku ve dvoutahovém provedení. Základním palivem je hnědé uhlí severočeských a západočeských dolů.

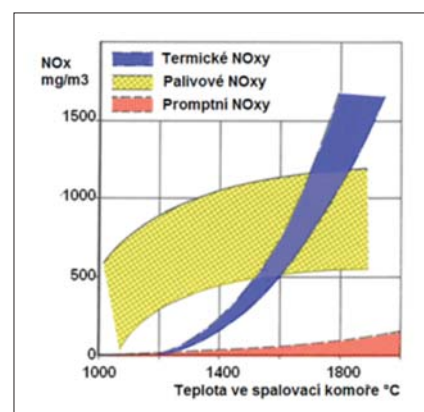
Spalovací vzduch je přiváděn dvěma vzduchovými ventilátory přes dvoustupňový trubkový ohřívák vzduchu. Vzduch slouží současně k sušení paliva do mlýnů a vstupuje spolu s práškem do kotle.

Ohniště kotle má přibližně čtvercový průřez a jeho spodní část je zakončena výsypkou a vynašečem strusky, který tvoří zároveň vodní uzávěr ohniště.

Původní spalovací systém vycházel z aplikace Krämerova ohniště sestávajícího se z tlukadlových mlýnů a šachtových třídačů prášku. Práškové hořáky skříňového typu navazovaly přímo na šachtu třídače a byly umístěny po dvou na obou bočních stěnách spalovací komory. Před rekonstrukcí se hodnoty emisí NO_x na instalovaných zařízeních pohybovaly okolo 380 mg/m₃.

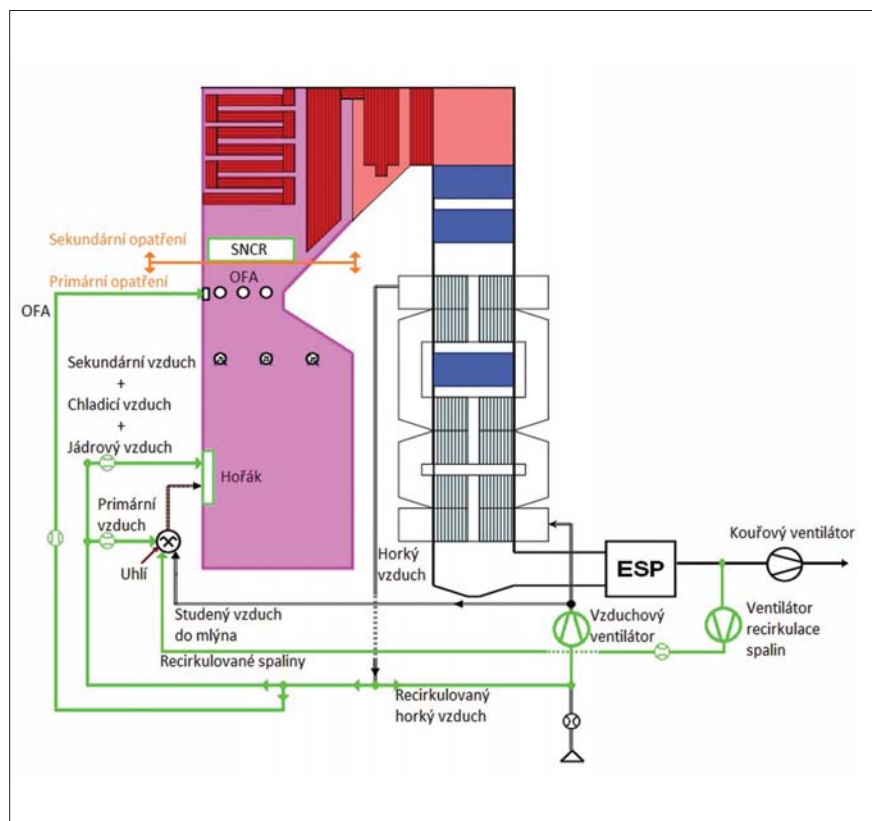
Faktory ovlivňující tvorbu NO_x

Hlavními zdroji oxidů dusíků (NO_x) ze spalování práškového uhlí jsou palivové NO_x a termické NO_x. Spalováním vznikají rovněž i tzv. promptní NO_x, které ve výsledné hodnotě emisí NO_x mají minoritní význam (obr. 2).



Obr. 2 – Zdroje NO_x

Palivové NO_x se formují na základě složité a ne do detailu známé chemické reakce vyplývající z uvolňování dusíku vázaného v hořlavině paliva.



Obr. 3 – Rozsah dodávky nově dodávaných nebo modifikovaných částí/zařízení (rozsah vyznačen zeleně)

Termické NO_x vznikají z atmosférického dusíku obsaženého ve spalovacím vzduchu a tvoří přibližně 20 % celkových emisí NO_x. Množství termických NO_x lze minimalizovat použitím nízkoemisních hořáků, udržováním nižší teploty ve spalovací komoře a minimalizací přebytku vzduchu.

Výsledná úroveň NO_x je závislá na následujících faktorech:

- obsahu dusíku v palivu,
- podílu prchavé hořlaviny v palivu,
- velikosti spalovací komory (objemové tepelné zatížení),
- době setrvání částice v komoře (závislé na délce spalovací komory a jejím průřezu),
- přebytku vzduchu v hořáku,
- přebytku vzduchu na konci spalovací komory,
- tepelném zatížení v pásmu hořáků,
- průřezovém tepelném zatížení,
- vzdálenosti dohořivacích vzduchů od pásma hořáků (doba setrvání částice v podstechiometrické oblasti).

REALIZOVANÁ OPATŘENÍ

Rozsah nově dodávaných částí a zařízení nebo částí dotčených rekonstrukcí je vyznačen na obrázku 3 (viz. předchozí strana).

Popis primárních opatření:

Základem pro primární opatření byla úprava spalování, která spočívala ve změně provedení hořáků na nízkoemisní a úpravě jejich uspořádání, tak aby bylo docíleno tangenciálního spalování.

Zároveň došlo k modifikaci zařízení pro přípravu a dopravu paliva a proběhla instalace recirkulace spalin. Rozsah dodávek a úprav jednotlivých částí (viz obrázky 4, 5, 6 a 7):

- Nízkoemisní hořáky.
- Výměna převážné části kanálů horkých vzduchů v návaznosti na instalaci nových hořáků.
- Nové dýzy dohořivacích vzduchů včetně kanálů.
- Úprava třídiče.
- Nové práškovody.
- Úprava vzduchových kanálů.
- Nová dodávka vzduchových ventilátorů.
- Instalace recirkulace spalin včetně nového ventilátoru recirkulovaných spalin.

Mezi hlavní omezující faktory, ke kterým bylo nutné přihlédnout při rekonstrukci a následné optimalizaci, patřily zejména:

- Malý průřez komory - vysoké tepelné zatížení.
- Malá délka spalovací komory.
- Netěsnosti spalinového traktu.
- Dosažitelná jemnost mletí.

Popis sekundárních opatření:

Pro realizaci sekundárních opatření byla zvolena metoda SNCR (Selektivní nekatalytická redukce), která společně s primárními opatřeními snižuje výsledné emise NO_x na požadované hodnoty.

Popis technologie SNCR:

Základním principem systému je vstřikování látky (reagentu) obsahující dusík do horní části spalovací komory kotle, do oblasti vhodného teplotního pásma, pro dosažení optimální reakce mezi reagentem a oxidy dusíku ve spalinách (viz obrázek 8).



Obr. 4 - Pohled na modifikované hořákové okno pro nové hořáky (kotel K4)



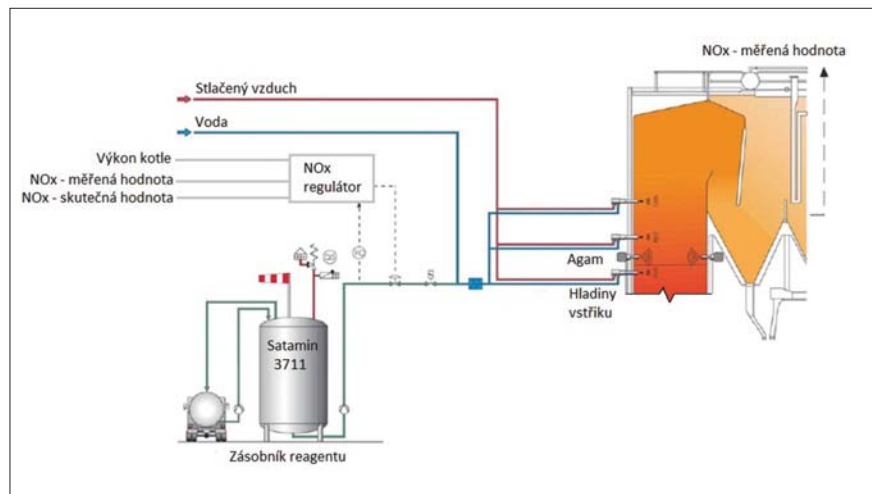
Obr. 5 - Instalace hořáku (kotel K4)



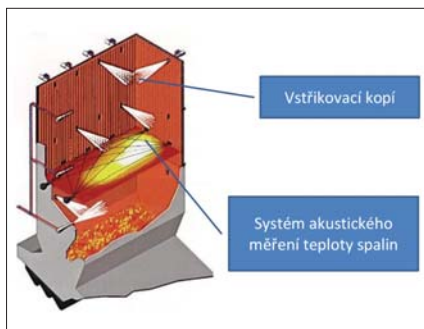
Obr. 6 - Výhyby pro dýzy dohořivacích vzduchů



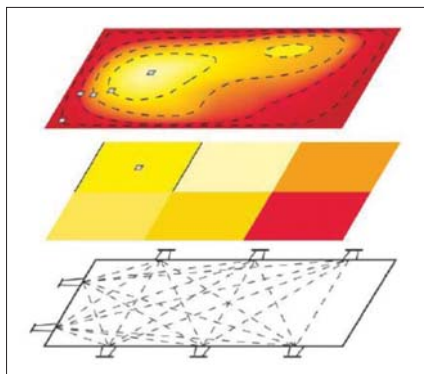
Obr. 7 - Potrubí recirkulovaných spalin (kotel K4)



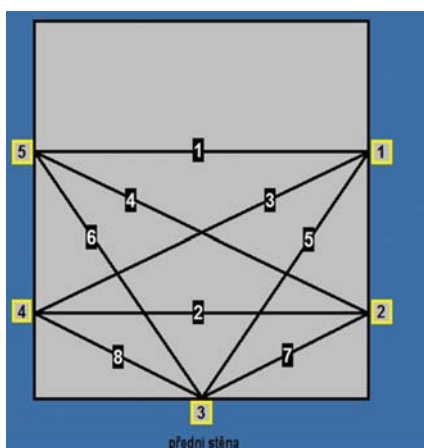
Obr. 8 - Schéma instalace technologie SNCR



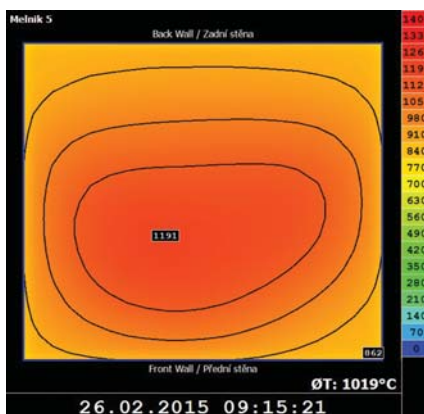
Obr. 9 – Znázornění akustického měření teplot AGAM a vstřikovacích kopí ve spalovací komoře – ilustrační obrázek



Obr. 11 – Zobrazení vygenerování výsledného teplotního profilu – ilustrační obrázek



Obr. 12 – Znázornění cest akustického měření teploty napříč spalovací komorou v EMĚ I



Obr. 13 – Výsledný teplotní profil (K5, výkon 212 t/h) v EMĚ I

reakce pro redukci NO_x následující:

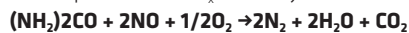


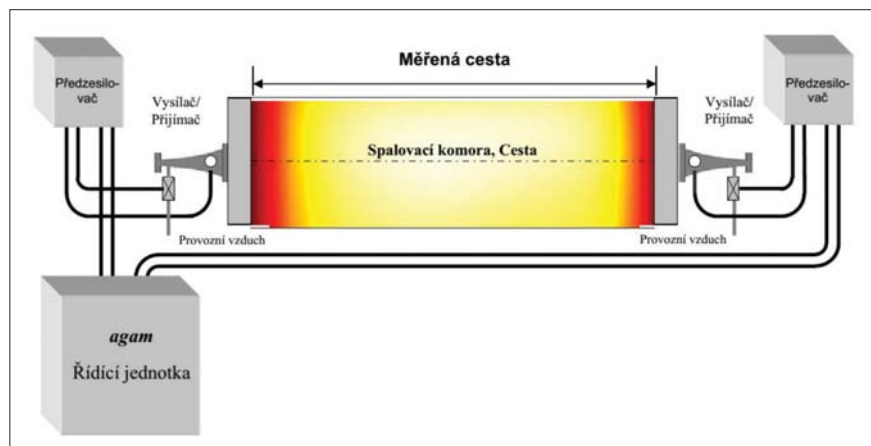
Schéma instalované technologie SNCR

(viz. obr. 8 na předchozí straně)

V případě že dojde ke vstřikování reagentu mimo optimální teplotní pásmo, dochází buď ke spálení reagentu (při vstřikování do teplot nad optimálním reakčním pásmem) anebo ke

vzniku čpavkového skluzu (při vstřikování do teplot nižších než je optimální reakční pásmo).

Při realizaci bylo tedy nutné minimalizovat produkci čpavku při chemické reakci reagentu se spaliny ve spalovací komoře a současně zajistit maximální možné snížení emisí NO_x na výstupu z kotle. Z tohoto důvodu bylo naprosto nezbytné zajistit, aby v průběhu reakce došlo k dokonalému promíchání reagentu se spaliny.



Obr. 10 – Princip akustického měření teploty (ve spalovací komoře je znázorněna cesta mezi vysílací a přijímací jednotkou) – ilustrační obrázek



Obr. 14 – Skladování reagentu umístěného na úrovni +0 vedle budovy elektro odlučovače popílku kotle K6



Obr. 15 – Směšovací a rozdělovací modul + řídicí jednotka AGAM (pro kotle K1 a K2) ve strojovně (+18 m)



Obr. 16 – Vstřikovací kopí (Hladina 2, úroveň +28 m)

Bylo také nutné vzít do úvahy, že výkon systému SNCR není pouze funkcí procesní chemie, ale také funkcí procesních parametrů spalovací komory, které jsou kompromisem mezi přijatelným čpavkovým skluzem ve spalínách a dosažitelnou redukcí NO_x.

Stručný přehled provozních omezení/vlivů:

- Teplotní pásmo.
- Tvoření čpavkového skluzu v dolní oblasti procesního teplotního pásma.
- Snížené využití redukčního činidla spojené s horní oblastí procesního pásma.
- Změna lokalizace procesního teplotního pásma při změně výkonu kotle.
- Doba pobytu v reakční zóně – degradace pro dobu pobytu menší než 200 ms.
- Obsah a složení popelovin, množství spalitelné síry v palivu.
- Nerovnoměrnost teplotního pásma v průřezu toku spalín.
- Vznik amonných solí.
- Rozsah spalovaných paliv.

Pro měření teploty a tím i určování vhodného teplotního pásma pro vstřikování reagentu se používá akustické měření teploty AGAM

Měření teploty spalín probíhá na principu rychlosti zvuku v prostředí spalovací komory. Systém AGAM pomocí plošného akustického měření vyhodnocuje teploty v předem definované výšce kotle. Na základě měření následně vypočítává teplotní model čtvercových ploch s přepočtem na jednotlivé úrovně vstřikování, čímž je následně řízeno vstřikování reagentu do



Obr. 17 – Vstřikovací kopí – Hladina 2 – úroveň +28m

spalovací komory. Principy a výstupy akustického měření teploty AGAM - viz. obr. 10, 11, 12, 13.

Rozsah dodávky sekundárních opatření (SNCR technologie):

- Skladování reagentu (obr. 14).
- Doprava reagentu k mísicím a měřicím modulům.
- Mísicí a měřicí moduly (obr. 15).
- Systém měření teplotního profilu spalín AGAM (obr. 17).
- Vstřikovací kopí (obr. 16).
- Stanice tlakového vzduchu.
- Stanice zvyšování tlaku procesní vody.
- Měření čpavkového skluzu.

Úprava MaR a elektro

Součástí dodávky pro primární a sekundární opatření byla úprava MaR a elektro

- Dodávka a modifikace rozvaděčů VN a NN.
- Frekvenční měniče pro recirkulační ventilátory.
- Polní instrumentace.
- Úpravy v ŘS (primární a sekundární opatření).

GARANČNÍ TESTY

Garanční testy probíhaly samostatně na všech šesti kotlech na čtyřech výkonových úrovních (140, 180, 230, 250 t/h) za účelem ověření parametrů pro primární a sekundární opatření.

Primární opatření

Limity stanovené smlouvou NO_x max. 230 mg/m³, CO max. 100 mg/m³. Dále bylo

prokazováno 9 dalších parametrů. Vyhodnocené výsledky u všech parametrů splnily závazky Smlouvy.

Sekundární opatření

Limity stanovené smlouvou nebo evropskou legislativou NO_x max. 200 mg/m³, CO max. 100 mg/m³, čpavkový skluz (měřeno před odlučovači popílku) 5 mg/m³. Dále bylo prokazováno 11 dalších parametrů. Vyhodnocené výsledky u všech parametrů splnily závazky garancí vyplývající ze Smlouvy.

KLÍČOVÍ DODAVATELÉ

Na tak komplexním projektu jako je DeNO_x šesti kotlů pro Elektrárnu Mělník se standardně podílí desítky dodavatelů, níže bychom však chtěli uvést ty klíčové.

- ERC Emise Redukce Concepty s.r.o. - Kompletní SNCR technologie
- OT Energy Services a.s. - MaR a elektro
- DITHERM a.s. - Vyzdívký hořáků a kotle
- ZVVZ MACHINERY, a.s. - Vzduchové ventilátory
- Ido EET s.r.o. - Recirkulační ventilátory, kanály dohořívacích vzduchů, výroba hořáků
- ALUP CZ, spol. s r.o. - Vzduchové kompresory
- IPH Servis Morava s.r.o. - Dodávka klapek k nově dodávaným vzduchovým a spalínovým kanálům.

Josef Kryštof,
Hlavní inženýr projektu,
GE Power, Power Services.

Implementation of reduction in NO_x emissions at Mělník I Power Plant in boilers K1 to K6

At the end of last year, Alstom successfully completed contract to reduce emissions of NO_x at the Mělník I Power Plant, which supplies electricity and heat to the capital city of Prague and its surroundings. During the course of the project, Alstom was acquired by GE, one of the largest players in the energy field. The subject of the work was to reduce the emissions of six boilers of the G250 type delivering up to 250 tons of steam per hour.



 **K2** LEŠENÍ
S.R.O.

SÍLA V PARTNERSTVÍ

kompletní lešenářský servis
v energetických a chemických provozech

 rychlost  spolehlivost
 odbornost  bezpečnost

www.k2leseni.cz