

Dokončení projektu nových parních kotlů 285 t/hod

Autor: Ing. René Karásek, Ph.D., Provyko s.r.o.

Anotace: Příspěvek pojednává o dokončení projektu výstavby dvou nových parních kotlů 285 t/hod a navazuje tak na příspěvek z roku 2017, který detailně popisoval zejména projekční fázi prvně vystavěného zdroje.

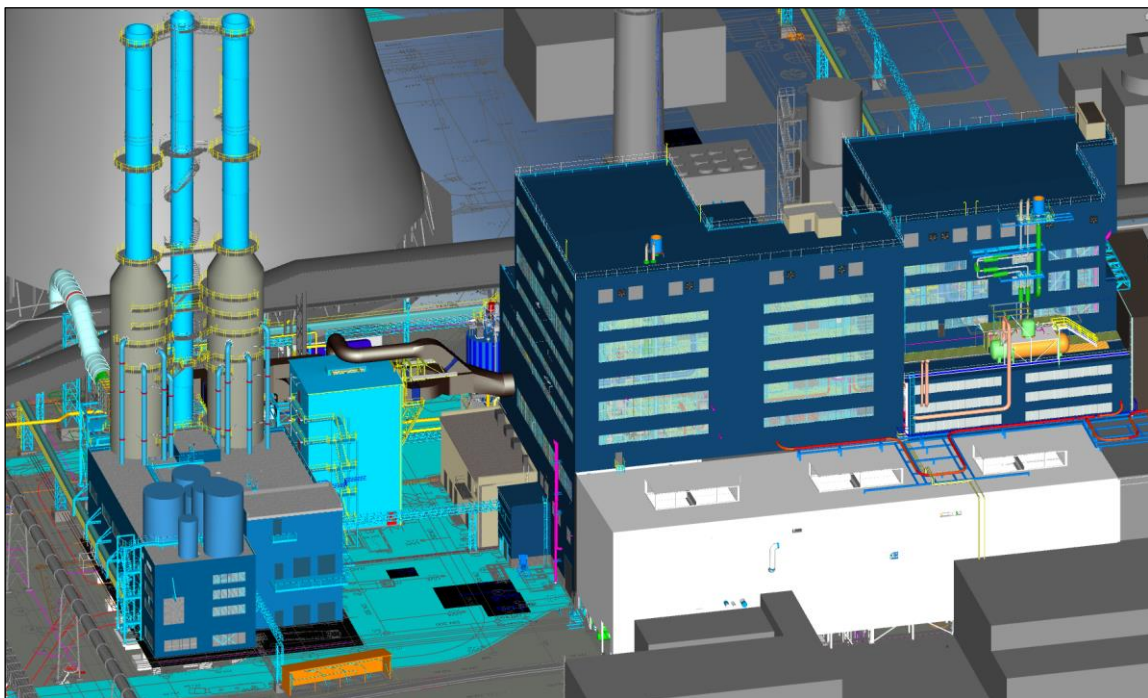
Oba kotle jsou projektovány na totožné parametry. Článek v úvodu popisuje rozdíly v projekční fázi, popisuje problémy, které se vyskytly během uvádění zařízení do provozu, a prezentuje dosažené výsledky při garančním měření obou kotlů.

Generálním zhotovitelem projektu byla firma ENERGYCO, s.r.o. Společnost Provyko s.r.o. byla zhotovitelem dokumentace kotle, dodavatelem vybraných zařízení kotle a rovněž se podílela na uvádění zařízení do provozu, tak jako u prvního kotle.

Klíčová slova: energetika, Provyko, nový tepelný zdroj, parní kotel, granulační kotel

1. Úvod

Projekt rekonstrukce a modernizace kotelny byl členěn do dvou etap. První etapa, jejíž součástí byl kotel K7, byla realizována v období 12/2014–02/2017. Druhá etapa byla zahájena v 10/2016 demontážními pracemi stávajícího kotle a dokončena v 09/2018, kdy byly provedeny garanční zkoušky kotle K6. Hlavní technologické části projektu jsou znázorněny na obr. č. 1 (barevně).



Obr. 1 Rekonstrukce a modernizace teplárny – model 1. a 2. etapy

Provyko s.r.o.
 Vinařská 3a, 603 00 Brno
 Česká republika
 Tel.: +420 511 189 111
 E-mail: marketing@provyko.cz
www.provyko.cz

Zapsána: Obchodní rejstřík, vedený Krajským soudem v Brně oddíl C, vložka 70283
 IČ: 292 77 451
 DIČ: CZ 292 77 451

2. Rozsah projektu

Předmětem projektu byla dodávka a montáž technologických zařízení, realizace stavebních objektů a vypracování jednotlivých stupňů projektové dokumentace. Hlavními technologickými celky jsou:

- dva nové granulační kotle 285 t/hod včetně OK, demontáž stávajícího kotle,
- zauhlování,
- mlýnice,
- denitrifikace spalin,
- odprášení a odsíření spalin,
- škvárové hospodářství apod.

Firma Provyko byla zhotovitelem engineeringu parních kotlů vč. příslušenství. Dodávky fy Provyko zahrnovaly zejména mlýnici, práškové hořáky, práškovody, plynové hořáky s příslušenstvím, vysokotlaký ohřívák vody (VTO), parní ohříváky vzduchu, systém pro potlačení výbuchu, systém pro monitorování spalování a jiné.

3. Technické požadavky na zařízení

3.1 Definice hlavního paliva a garantované parametry

Kotel je navržen pro spalování černého energetického uhlí se stabilizací zemním nebo koksárenským plynem (dále jen ZP nebo KP). Parametry černého uhlí jsou definovány ve velmi širokém rozsahu, což představuje pro provozovatele značnou variabilitu při jeho zajišťování – viz tab. č. 1. Předmětem garančních zkoušek bylo ověření parametrů kotle na garanční palivo.

Tab. č. 1 Definice hlavního paliva

Parametr		Jednotka	Garanční palivo	Provozní palivo
Výhřevnost	Q_r^r	MJ/kg	23–30	21–33
Obsah popelovin	A^r	%	max. 22	max. 25
Obsah prchavých látek	V^{daf}	%	15–42	8–42
Obsah síry	S^r	%	max. 2,5	max. 3
Obsah dusíku	N^{daf}	%	max. 2,4	max. 2,6
Obsah celkové vody	W^r	%	max. 10	max. 10

Požadované garantované parametry jsou uvedeny v tab. č. 4 v kap. 6. Teplota napájecí vody dosahuje 160 °C při provozu bez VTO a 200 °C při provozu s VTO. Koncentrace znečišťujících látek (dáné SoD) jsou pod hodnotami požadovanými legislativními předpisy – viz tab. č. 2.

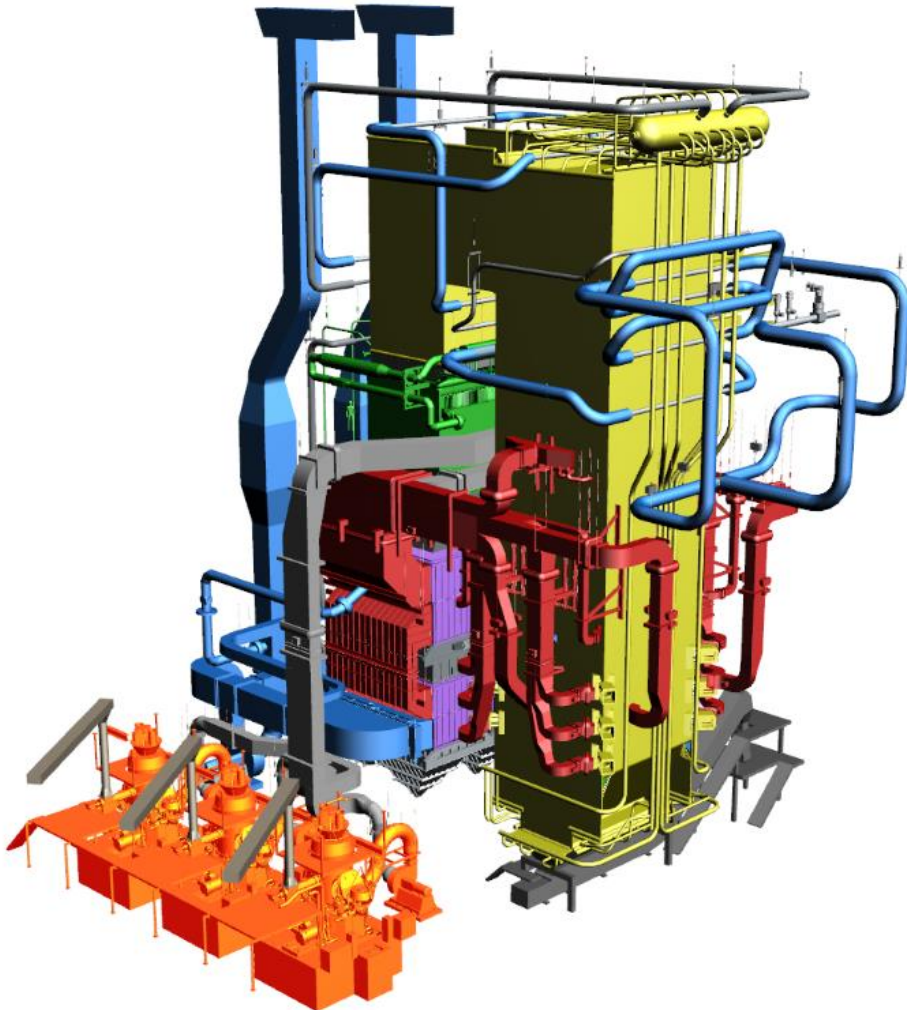
Tab. č. 2 Požadované provozní emisní koncentrační hodnoty

Znečišťující látka	Koncentrace znečišťujících látek [mg/Nm ³]		
	černé uhlí	zemní plyn	koksárenský plyn
TZL	7	5	5
SO ₂	120	35	400
NO _x	120	100	100
CO	225	100	100

4. Návrh technického řešení nového zdroje

4.1 Stručný popis technologie

Granulační kotel umožňuje spalování černého energetického uhlí. Pro najiždění a stabilizaci je kotel vybaven čtyřmi plynovými hořáky. Pro denitrifikaci spalin je navržen systém SCR. Na odprášení spalin je použit tkaninový hadicový filtr. Odsíření spalin za kotlem je realizováno mokrou metodou odsíření s použitím vápence. Kotel disponuje suchým vynašečem škváry.



Obr. 2 3D model kotle K6 (bez OK)

Mlýnice má tři mlecí okruhy s kladkovými mlýny s přímým foukáním prášku do ohniště. Jeden mlýn zásobuje primární směsí vždy jeden práškový hořák v každém rohu spalovací komory kotle ve stejné výškové úrovni. Plynové hořáky v samostatných vzduchových skříních jsou umístěny dva na čelní stěně kotle na úrovni +12,6 m a po jednom na bočních stěnách na úrovni +10,6 m. Dva hořáky umožňují spalování ZP+KP a dva jsou navrženy pouze na ZP. Jmenovitý výkon jednoho hořáku je 16 MW (ZP i KP).

4.2 Hlavní projekční rozdíly a provozní problémy

Umístění uhelných hořáků

Práškové hořáky jsou u prvního kotle umístěny v rozích spalovací komory ve výšce +9,6 m, +11,6 m a +13,6 m. Při uvádění do provozu kotle K7 se ukázalo, že při některých spalovaných typech uhlí docházelo při nízkých parních výkonech k nedostatečnému přehřátí výstupní páry. Toto mělo také negativní vliv na delší dobu najíždění kotle. Z těchto důvodů byla u spodní a střední sekce provedena konstrukční úprava a vzduchové poměry na hořáku seřizeny tak, aby došlo k vhodnějšímu tvaru plamene hořáku. Pro kotel K6 jsou pak všechny práškové hořáky posunuty o 2 m výše. Lze konstatovat, že úpravy na hořácích kotle K7 měly očekávaný efekt zvýšení teploty přehřáté páry při zachování požadovaných hodnot nedopalů ve strusce či popílku. Návrh hořáku z kotle K6 je vidět na obr. č. 3.



Obr. 3 Hořák kotle K6

Regulace teploty přehřáté páry

Regulace teploty přehřáté páry je realizována vstřikem napájecí vody mezi prvním a druhým dílem přehříváku a druhým a třetím svazkem přehříváku. Dle tepelného výpočtu je množství vstřikované vody do vstřiku 1 cca 11 t/hod pro jmenovitý parní výkon a teplotu napájecí vody 160°C a množství vody do vstřiku 2 cca 6 t/hod, což činí souhrnně 6-7 % z parního výkonu. Při provozu parních kotlů se ukázalo, že dimenzování vstřikovacích armatur je správné a i pro dosažení maximálního výkonu dostačující. Komplikace se vyskytly při dynamických změnách požadovaného parního výkonu (často i nad 15 t/hod/min) v kombinaci s dalšími faktory (některé typy spalovaného uhlí, režim ofukování kotle, zásahy operátorů apod.).

Při plánované odstávce kotle byly stávající trysky vstřikovacích hlavic nahrazeny novými tak, aby bylo možné požadované množství vstřikované vody zvýšit a zabezpečit tím vyšší komfort pro zákazníka.

Zahořívání v mlýnech

Kladkový mlýn byl navržen pro rozemletí surového uhlí s konkrétní granulometrií na požadovanou jemnost mletí 3–5 % na R90. Aby bylo možné provozovat mlýn i s jemnějším vstupním palivem, byl původně navržen na straně dýzového kruhu svislý profil – viz obr. č. 4. Mezi tímto profilem a stěnou mlecí komory docházelo k usazování rozemletého uhelného prachu. V případech, kdy bylo spalováno uhlí s vyšší vlhkostí a vyšším obsahem prchavých látek, docházelo bohužel poměrně často při uvádění kotle do provozu k zahoření v mlýně a následné aktivaci protivýbuchové ochrany. Problém byl vyřešen odstraněním svislých profilů – viz obr. č. 5.



Obr. 4 Segmenty vzdušného kruhu se svislým profilem



Obr. 5 Současné segmenty vzdušného kruhu

Zanešení ohříváku vzduchu

Trubkový ohřívák vzduchu sestává ze dvou částí pro každou stranu kotle. Bloky tvoří trubky $\phi 40 \times 1,6$ mm, uvnitř trubek proudí spaliny.

Vlivem netěsnosti na ekonomizéru došlo v nadcházejícím období k postupnému zanášení trubek OVT. Po odstavení kotle bylo zjištěno zanešení u 20–30 % plochy OVT1 na pravé i levé straně. Následkem zanešení OVT bylo nerovnoměrné ohřátí spalovacího vzduchu, vyšší teploty odchozích spalin a zhoršená účinnost kotle. Při plánované odstávce kotle byly trubky ohříváku vzduchu vyčištěny pomocí vodního proudu.

Nemelitelné části v mlýně

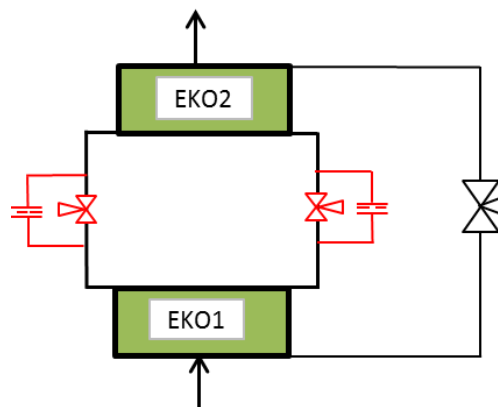
Po uvedení do provozu prvního kotle byl trvale zjišťován vyšší výskyt nemelitelných částí v surovém palivu. To mělo bohužel negativní dopad na stav částí mlýna, zejména bandáží mlecích běhounů, mlecích segmentů apod. – viz obr. č. 6. Problém byl částečně vyřešen zlepšenou údržbou stávajícího magnetického separátoru a instalací hvězdicového třídiče.



Obr. 6 Poškozená bandáž běhounu

Dodatečná montáž obtokových armatur na ekonomizéru

Plnění emisních limitů (konkrétně NOx) od doby najetí kotle ze studeného stavu závisí na dosažení požadované minimální teploty spalin pro spuštění sekvence startu katalyzátoru. Od začátku projekčních prací bylo uvažováno s bypassem ekonomizéru (viz armatura vpravo na obr. č. 7). I při plně otevřené armatuře byl očekávaný efekt v podobě zvýšení teploty spalin před katalyzátorem minimální. Proto se přistoupilo k dodatečné montáži armatur na propojích EKA (na schématu vyznačeno červenou barvou). Důvodem bylo zvýšit pomocí těchto regulačních ventilů tlakovou ztrátu ekonomizéru a tím snížit průtok vody přes EKO a zvýšit množství vody protékající přes bypass. Snížením průtoku vody ekonomizérem se dosáhlo zvýšení teploty spalin na vstupu do katalyzátoru (clony v obtocích mají pouze pojistnou funkci, aby nemohlo dojít k úplnému uzavření průtoku vody ekonomizérem).



Obr. 7 Schéma umístění obtokových armatur na ekonomizéru

Netěsnosti na trase pseudopravy škváry do sila

Jedná se o podtlakovou dopravu škváry ze suchého vynašeče škváry kotle do sila škváry. Parametry dopravované škváry: zrnitost 0–3 mm, teplota škváry max. 150 °C a dopravní výkonnost 2 t/hod. Již při uvádění kotle K7 do provozu se vyskytly potíže s plynulým odvodem škváry z kotle. Docházelo k občasnému ucpání trasy a později zejména k netěsnostem na potrubní trase pseudopravy. I přes všechna opatření, která byla prozatím uskutečněna, se problém nepodařilo doposud vyřešit ke spokojenosti investora.

Pozn.: Pseudoprava škváry do sila nebyla v rozsahu projekce ani dodávky firmy Provyko, nicméně pro souhrn hlavních provozních problémů celé technologie je zde uvedena.



Obr. 8 Netěsnost na potrubí pseudopravy



Obr. 9 Netěsnost na potrubí pseudopravy

5. Harmonogram 2. etapy projektu

05/2016	Odstavení původního kotle
10/2016	Zahájení demontáže původního kotle
05/2017	Zahájení montáže základů, OK a technologie kotle a kotelny
03/2018	Tlaková zkouška kotle
05/2018	Profuk kotle a parovodu, první pára provozních parametrů na turbínu
08/2018	Komplexní vyzkoušení
09/2018	Garanční měření

6. Srovnání výsledků garančních zkoušek

Garanční zkoušky pro 1. etapu projektu proběhly na ČU Jankowice, pro 2. etapu to bylo ČU Taldinskyi. Parametry surového paliva pro garanční zkoušky jsou uvedeny v následující tabulce:

Tab. č. 3 Parametry garančních paliv pro GM K7 a K6

Parametr		Jednotka	Garanční palivo	K7	K6
Výhřevnost	Q_i^r	MJ/kg	23–30	23,98	25,94
Obsah popelovin	A^r	%	max. 22	15,20	9,41
Obsah prchavých látek	V^{daf}	%	15–42	36,3	37,0
Obsah síry	S^r	%	max. 2,5	0,49	0,36
Obsah dusíku	N^{daf}	%	max. 2,4	1,59	2,53
Obsah celkové vody	W^r	%	max. 10	9,5	9,5
Zrnitost paliva 10-100mm		%	min. 68	32,90	41,74

Z následující tab. č. 4 je zřejmé, že oba kotle vykazovaly přibližně stejné výsledky při realizaci GZ bez ohledu na spalované palivo.

Tab. č. 4 Srovnání výsledků garančních zkoušek u kotle K7 a K6

	Jednotka	Garantovaný parametr	Výsledky GM K7	Výsledky GM K6
Parametry produkované páry				
Teplota	°C	540	540	537–540
tlak (abs.)	MPa	9,41	9,3–9,5	9,3–9,6
při napájecí vodě 200 °C				
jmenovitý parní výkon	t/hod	285	285–286	288
maximální parní výkon	t/hod	310	318	315
minimální parní výkon	t/hod	114	113–115	109–110
rychlost změny výkonu v celém regulačním rozsahu	t/hod/min	15	18,5	20,5
účinnost kotle při jmenovitém výkonu	%	min. 91	92,4 / 93,1	92,9 / 93,8
koncentrace znečišťujících látek v komíně				
NO _x (ČU/ZP, KP)	mg/m ³	120/100	splněno	splněno
CO (ČU/ZP, KP)	mg/m ³	225/100	splněno	splněno
amoniak a jeho sloučeniny	mg/m ³	<30	0,16–1,18	0,18–3,19
kvalita vedlejších produktů				
obsah nedopalu v popílku	%	<5	1,53 / 4,75	5,00 / 3,78
obsah nedopalu ve škváře	%	<3	0,32 / 1,14	1,05 / 2,99
provoz na jmenovitý výkon	počet mlýnů	max. 2 MO	2	2

7. Závěr

Účelem projektu Rekonstrukce a modernizace kotelny bylo zabezpečení výroby potřebného množství páry pro technologické účely výstavbou dvou nových parních kotlů o tepelném výkonu 208 MW.

Projekt byl realizován ve dvou etapách. Projekt 1. etapy výstavby zahrnoval zejména výstavbu nového kotle včetně mlýnice s rozšířením stávající kotelny, rozvod plynu, výstavbu zařízení pro odsíření spalín pro obě etapy projektu, odprášení spalín nového kotle a systémy pro odvod, skladování či zpracování vedlejších produktů spalování a odsíření. Druhá etapa projektu zahrnovala především demontáž stávajícího kotle, výstavbu nového kotle včetně odprášení spalín.

Součástí projektu bylo rovněž napojení na stávající trasu zauhlování a řešení nových tras vně i uvnitř kotelny včetně zásobníků uhlí a trasy nouzového zauhlování nových kotlů, dále tepelná úprava vody, nový transformátor, ASŘTP, AMS, výstavba stavebních objektů pro technologii (rozvodny TG, NN), rekonstrukce vlečky, uložistiště energosádrovce apod.

Celý projekt byl zahájen v 11/2014 předáním staveniště a ukončen v 09/2018. Náročná byla zejména druhá etapa výstavby, která začala demontáží stávající technologie kotle s příslušenstvím za běžného provozu ostatních tepelných zdrojů. Požadavky na přeložky či odstavení médií bez omezení výroby

s sebou nesly zvýšený důraz na pečlivé plánování pracovních činností za současného dodržení všech bezpečnostních podmínek.

Dnes již projekčními firmami standardně využívaný 3D software byl podmínkou pro úspěšný návrh celé technologie včetně kotle a včasné dokončení montáže bez řešení závažných kolizních situací. Při návrhu granulárního kotle a mlýnského okruhu se vycházelo z požadavku na širokospektrální pevné palivo a požadavku na nízké hodnoty nedopalů v popílku a strusce. I přes využití současně dostupného SW pro návrh parního kotle, ať už pro tepelné výpočty, 3D modelování, či použití simulačních nástrojů, se vyskytly po uvedení zařízení do provozu problémy (uvedeny v kapitole 4.2). Lze konstatovat, že i když uvedené nedostatky nebyly jen chybou projekčního návrhu, ale taktéž nedodržením vstupních parametrů na straně investora, **bylo zařízení dokončeno tak, aby splňovalo požadované environmentální parametry a sloužilo jako moderní, flexibilní tepelný zdroj dle potřeb investora. Garančním měřením po 1. i 2. etapě výstavby bylo prokázáno splnění všech požadovaných parametrů.**