

# Projekt ekologizace a obnovy teplárny v Plané nad Lužnicí

V září 2011 teplárna v Plané nad Lužnicí změnila majitele a společnost C-Energy Bohemia s.r.o., nový vlastník a provozovatel, začala připravovat záměr celkové rekonstrukce teplárny, která zahájila svůj provoz již více než před 50 lety. Investiční záměr celkové obnovy v hodnotě cca 1,4 miliardy korun má splnit následující hlavní cíle: zajistit provoz teplárny v dlouhodobém horizontu, snížit ekologickou zátěž a také náklady na provoz výrobního zařízení. Výsledkem má být pokračující schopnost teplárny dodávat tepelnou energii zákazníkům za dostupné a výhodné ceny a zároveň rozšířit schopnost teplárny vyrábět elektřinu flexibilním způsobem s vysokou schopností měnit výkon při současném zvýšení účinnosti. Tímto projektem teplárna získává možnost využívat vedle hnědého uhlí také plyn při výrobě elektřiny a tepla, a ze strategického hlediska bude lépe připravena na možné výkyvy v cenách primárních paliv nebo na důsledky změn v oblasti legislativy nebo regulace výroby energie či případných politických rozhodnutí v této oblasti. Teplárna po dokončení projektu také sníží výrazným způsobem produkci emisí, kdy zvláště emise  $\text{SO}_2$  a  $\text{NO}_x$  se sníží o více než 50 % oproti stavu před rekonstrukcí.

## PŮVODNÍ STAV

Provoz teplárny před rekonstrukcí byl založen na čistě uhelné technologii, byly instalovány tři granulační kotle ČKD Dukla s výkonem 65 t/h páry o parametrech 3,5 MPa a 450°C a parní turbogenerátor 46,5 MWe se dvěma regulovanými odběry páry. Celková rekonstrukce a modernizace teplárny je realizována v rámci několika menších investičních akcí a jednoho velkého projektu nazvaného „Ekologizace a obnova teplárny v Plané nad Lužnicí“.

Příprava projektu začala bezprostředně po akvizici v září 2011. Projekt je výsledkem intenzivní spolupráce vlastníků a vedení teplárny, kdy byla v poměrně krátké době společných jednání a za spolupráce několika inženýrských firem formována koncepce nového zdroje. Základní společnou myšlenkou bylo vybudovat novou teplárnu, která bude splňovat několik základních požadavků: maximální flexibilitu při výrobě energií, vysokou účinnost v kombinované výrobě elektřiny a tepla a možnost volby primárního paliva.

Rozšíření palivové základny o plyn bylo první zásadní a poměrně rychlé rozhodnutí při řešení nové koncepce zdroje. Z hlediska volby plynové technologie byly zvoleny plynové motory, protože porovnání rozhodujících parametrů (účinnost při jmenovitém provozu a při sníženém výkonu, rychlost najetí, provozní flexibilita menší plynové turbíny a plynových motorů) vyšlo celkem jednoznačně ve prospěch motorů.

V návaznosti na volbu plynových motorů bylo však nutné vyřešit vyvedení páry ze spalínových kotlů motorgenerátorů, což není zcela běžně používané řešení. Potřeba získání páry ze spalínových kotlů vyplynula zejména z důvodu celoroční dodávky technologické páry zákazníkům, kteří páru používají v jejich technologických výrobních procesech. Po mnoha konzultacích s několika inženýrskými firmami a s výrobcí motorů bylo nakonec nalezeno optimální řešení vyvedení páry o parametrech 1,1 MPa a 300°C ze spalínových kotlů ve spojení s plynovými motorgenerátory o výkonu cca 10 MWe. Teplárna Planá nad Lužnicí je tedy prvním teplárenským zdrojem v Česku, který vyrábí páru ve spalínových kotlích topených výfukovými plyny plynových motorů.

Poměrně složitější bylo rozhodování o zachování uhelného zdroje. Vzhledem k současné situaci, kdy výroba tepla stále vychází levněji

z uhlí a také díky tomu, že se podařilo dohodnout dodávky uhlí na další období, bylo rozhodnuto, že studie proveditelnosti rozpracuje i některé varianty budoucího zdroje, ve kterých se zachová menší uhelný zdroj ve spojení s novou malou protitlakou turbínou nebo ve spojení s rekonstruovanou stávající kondenzační turbínou se dvěma regulovanými odběry páry.

Na jaře roku 2012 byla tak zadána studie proveditelnosti, která porovnávala asi 16 různých variant budoucího zdroje a výsledkem byla

varianta, která se v současnosti realizuje. Řešení koncepce nového zdroje tedy vyplynulo ze společného úsilí vlastníků a vedení optimalizovat nový zdroj z hlediska použité technologie, který by měl splnit předem definované základní požadavky. Při přípravě koncepce byly využity především naše vlastní znalosti a zkušenosti. Formování finálního konceptu napomohla spolupráce se specializovanými inženýrskými firmami a snaha uplatnit nejmodernější technologii pro výrobu tepla a elektřiny v režimu kom-



Odsíření kotlů se stává novou dominantou teplárny





Nové teplovodní rozvody

binované výroby. Při přípravě realizace projektu bylo požádáno o jeho zařazení do dotačního programu EU, konkrétně do Fondu soudržnosti v rámci Operačního programu Životní prostředí. Vzhledem k tomu, že projekt má velmi vysoký ekologický přínos, zejména přináší podstatné snížení emisí  $SO_2$  a  $NO_x$ , byla podpora získána a dotace je poskytnuta ve výši 30 % oprávněných výdajů projektu.

#### FÁZE PŘÍPRAVY

Po konečném rozhodnutí o realizaci záměru na ekologizaci a obnovu teplárny v konkrétní koncepční podobě se jeho příprava zajišťovala souběžně v několika oblastech. V prvním kroku bylo nezbytné zajistit zpracování dokumentace pro žádost o vydání územního rozhodnutí, resp. stavebního povolení. V případě našeho projektu bylo využito možnosti spojení územního

a stavebního řízení dané stavebním zákonem, což nám významně zkrátilo časovou lhůtu pro získání pravomocného územního rozhodnutí a stavebního povolení. Souběžně se zpracováním a projednáním dokumentace pro spojené územní stavební řízení s účastníky řízení, dotčenými správními úřady a ostatními subjekty bylo nezbytné zajistit podklady pro zjišťovací řízení v rámci procesu EIA (včetně rozptylové



Plynový motor - pohled ve směru od generátoru



Únor 2014 - usazování motor-generátorů na pozice

a hlukové studie) a pro řízení o změně integrovaného povolení (plánovaná změna v provozu zařízení).

Při zpětném zhodnocení této fáze přípravy je možno konstatovat, že vše mělo relativně rychlý průběh, bez zbytečných průtahů, což bylo umožněno jednak aktivním přístupem všech účastníků tohoto procesu (našimi pracovníky počínaje, projektantem, zpracovateli odborných podkladů, úředníky konče) a zejména tím, že bylo jednoznačně prokázáno a doloženo, že po realizaci projektu dojde k celkovému a výraznému snížení emisní zátěže ze zdrojů v teplárně Planá nad Lužnicí oproti současnému stavu a že bude i do budoucna zajištěna spolehlivá a hospodárná dodávka tepla a elektřiny pro odběratele z veřejného i soukromého sektoru při provozování teplárny v souladu se stále přísnějšími ekologickými podmínkami.

Tato etapa přípravy stavby začala v červenci 2012, žádost o vydání územního rozhodnutí a stavebního povolení byla podána v prosinci 2012, územní rozhodnutí a stavební povolení bylo vydáno v polovině února 2013 a do právní moci vstoupilo 21. března 2013. Souběžně s první fází přípravy byly připravovány podklady a žádost pro přiznání dotace z fondu Evropské unie (Operační program Životní prostředí). Dotace ve výši 30 % uznatelných nákladů byla přiznána v říjnu 2013 (před reálným zahájením výstavby).

Ještě v prosinci 2012 bylo uveřejněno ve věstníku EU Oznámení o zakázce v intencích zákona o veřejných zakázkách a byla zpracována kvalifikační a zadávací dokumentace. Výběr zhotovitele stavby proběhl v první polovině roku 2013. Z devíti uchazečů splnily kvalifikační předpoklady pouze tři subjekty. Výběr skončil v červnu 2013 podepsáním smlouvy o dílo se Sdružením PSG a INVELT – Planá, jehož účastníky jsou PSG – International a. s. a INVELT SE-RVIS, s. r. o. Hlavní staveniště bylo předáno zhotoviteli koncem srpna téhož roku.

V dalším postupu přípravy a realizace jednotlivých etap projektu byl kladen maximální důraz na včasné vypracování základního projektu (Basic Design) pro posouzení a ověření způsobu a úrovně plnění požadavků smlouvy o dílo a dále na postupné zpracovávání a schvalování prováděcích projektů tak, aby nebyl narušen plynulý průběh výstavby. Nutno přiznat, že tato fáze přípravy byla pro objednatele i zhotovitele (jehož subdávatelem byl i generální projektant) dosti náročná a vyčerpávající (zejména v období září 2013 až březen 2014).

## ETAPIZACE PROJEKTU

Projekt ekologizace a obnovy teplárny byl rozdělen do tří etap, jejichž časová a věcná vymezení (Dílo I, Dílo II a Dílo III) byla vedena především potřebou zajistit, v rámci daných možností, co neoptimálnější podmínky pro výstavbu nových zařízení při souběžném zajištění spolehlivého a nepřetržitého provozu stávajícího zařízení teplárny.

V rámci první etapy (Dílo I) byla zrealizována ta zařízení, při jejichž výstavbě bylo možno, pouze s minimálními výlukami, provozovat stávající uhelné kotle K1, K2 a K3 a v návaznosti na to i stávající kondenzační odběrovou turbínu (TG3). Jednalo se o rekonstrukci stávajícího kotle na LTO K4 pro spalování zemního plynu, výstavbu nového plynového zdroje (4 motorgenerátorové jednotky s pomocnými provozy), výstavbu zařízení pro využití zbytkového tepla ve spalínách plynových motorů a odvod spalin (spalinový parogenerátor s příslušenstvím, zařízení na katalytické čištění spalin a komín – pro každý plynový motor). Ve stávající strojovně byla instalována nová horkovodní výměníková stanice. Předběžně převzetí Díla I jako celku do zkušebního provozu proběhlo v říjnu 2014 (některé části Díla I schopné samostatného provozu, např. kotel K4 a dvě motorgenerátorové jednotky, byly uvedeny do zkušebního provozu již v období březen – srpen 2014, v návaznosti na provozní a komerční potřeby teplárny).

Teprve po zprovoznění kotle K4 (03/2014) bylo možno odstavit stávající uhelný kotel K3, jehož demontáží byla zahájena druhá etapa projektu – Dílo II, do něhož náleží nový uhelný kotel K5 a zařízení na odsíření spalin nových uhelných kotlů K5 a K6. Uvedení Díla II do zkušebního provozu se předpokládá v březnu 2015. Po dobu výstavby kotle K5 je výroba páry v teplárně zajišťována kotli K4, K2, K3 a dále případně i spalinovými parogenerátory HRSG1 až 4.

Po zprovoznění Díla II bude přistoupeno k realizaci závěrečné etapy projektu ekologizace a obnovy teplárny. V rámci Díla III bude demontován stávající uhelný kotel K2 a na jeho místě bude instalován nový uhelný kotel K6. Uvedení Díla III do zkušebního provozu je plánováno v říjnu 2015.

Po uvedení kompletního Díla do provozu bude poslední stávající kotel K1 administrativně i technicky trvale odstaven z provozování a vyjmut z instalovaných zdrojů teplárny.

V rámci komplexní modernizace teplárny byla dále zajišťována plynofikace jejího areálu, investovali jsme do posílení vyvedení elektrického výkonu z teplárny do distribuční/přenosové sítě. Dále proběhla první etapa přechodu parního vyvedení tepla na horkovodní systém, bylo a ještě bude investováno do realizace protiprašných opatření v oblasti uhelného hospodářství a odběru popílku. Ještě v průběhu letošního roku bude zrekonstruována stávající kondenzační odběrová turbína (její přizpůsobení na změněné kvantitativní a kvalitativní parametry páry z nových uhelných kotlů, optimalizace elektrického výkonu).

## VYVEDENÍ VÝKONU

Elektrický výkon plynových motorgenerátorů (4 × 9,2 MW) je vyveden silovými kabelovými vývody do nově vybudované rozvodny 10,5 kV (skříňový rozvaděč ABB osazený vakuovými vypínači s dvěma systémy přípojnic). Z této rozvodny je výkon motorgenerátorů vyveden

svazky silových kabelů (šest kabelů na jednu fázi) na dva trojvínutové transformátory 110/10,5/6,3 kV, 65/65/25 MW. Z těchto transformátorů je elektrický výkon teplárny vyveden do stávající rozvodny 110 kV, vlastní spotřeba teplárny je zásobována z těchto transformátorů z vinutí na úrovni 6,3 kV. Výkon stávajícího TG3 (46,5 MW) je v současnosti vyveden přímo v úrovni 10,5 kV (zapouzdřenými vodiči) na jeden z těchto transformátorů, po rekonstrukci turbíny bude výkon TG3 (cca 20 MW) také vyveden silovými kabely do rozvodny motorgenerátorů 10,5 kV, vývody zapouzdřenými vodiči budou demontovány.

Parní a tepelný výkon teplárny bude vyváděn prostřednictvím rekonstruovaných/nových parovodů z kotlů a parogenerátorů a z regulovaných odběrů TG3, nebo prostřednictvím soustav nových RS/RCHS na úrovni 20/10/2 bar, případně prostřednictvím horkovodní výměníkové stanice vytápěné parou 2 bar.

## TECHNOLOGIE

Probíhající přestavba teplárny již nyní významně mění podmínky jejího provozování a tento trend bude pokračovat i v budoucím období. Například palivová základna již není zastoupena výhradně hnědým uhlím, ale byla rozšířena o zemní plyn. Hnědé uhlí bude i nadále spalováno v nových kotlích K5 a K6, zatímco zemní plyn je již využíván jako základní palivo pro plynové motory a záložní kotel K4. U kotlů K5 a K6 bude zemní plyn spalován i v jejich nájízdcích/stabilizačních hořácích, čímž dojde k úplnému vytlačení LTO, který je nyní ještě spalován v podpurných hořácích dosluhujících kotlů K2 a K1.

Významnou skutečností je i rozšíření výrobního zařízení o motor-generátorové jednotky, s jejichž provozováním nejsou v rámci teplárny žádné historické zkušenosti, jako například u kotlů a turbíny. Komplexní osvojení tohoto zařízení pro zabezpečení jeho řádné údržby a spolehlivého provozování, např. v režimech zajištění podpurných služeb pro ČEPS (MZ 5, MZ 15, případně i sekundární regulace), startu ze tmy a ostrovního provozu, klade nemalé nároky na personál teplárny. Další zcela novou technologii bude představovat zařízení na odsíření spalin z nových uhelných kotlů.

Popsat komplexně všechna nová zařízení a technologie pořizované v rámci její ekologizace a obnovy není cílem tohoto článku, nicméně nemohou chybět alespoň základní charakteristiky a technické parametry nejvýznamnějšího zařízení.

## Plynové motory Rolls-Royce

V novém objektu strojovny byly instalovány čtyři motor-generátorové jednotky sestávající ze čtyřtaktního 20válcového motoru společnosti Rolls-Royce (z výrobního závodu v norském Bergenu) a elektrického generátoru (výrobce ABB) – kliková hřídel motoru spojena spojku s hřídelí generátoru – vše na společném rámu,



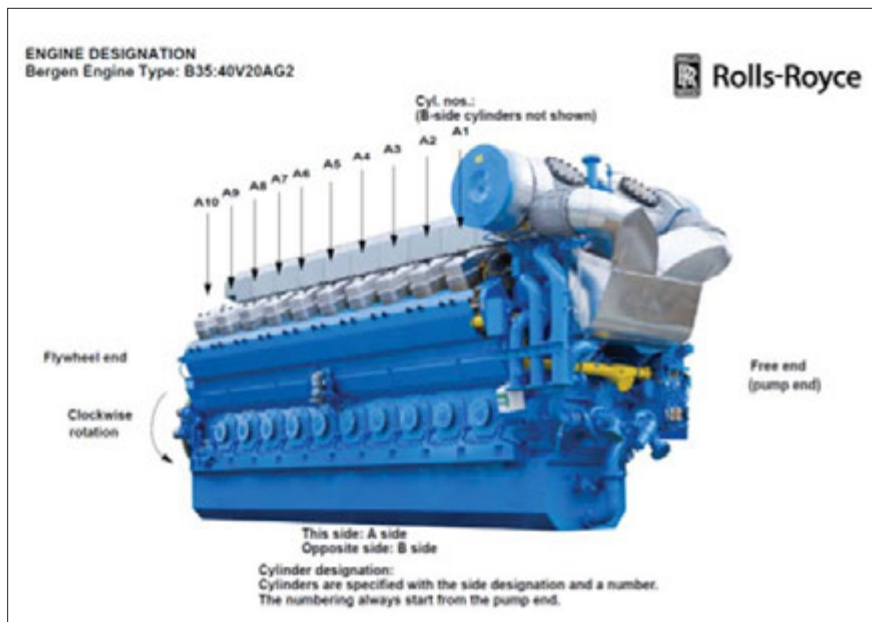


Schéma – Plynový motor typ B35:40V20AG2

Parametr	Jednotka	Zatížení	
		100 %	50 % (min.)
Vrtání	mm	350	
Zdvih	mm	400	
Počet otáček	ot/min	750	
Elektrický výkon	kW	9 174	4 573
Elektrická účinnost	%	45,8	42,0
Startovací doba do dosažení jmenovitého výkonu	min	5	
Průtok spalin	kg/h	52 100	27 500
Teplota spalin	°C	370	450
Délka	mm	13 400	
Šířka	mm	3 306	
Výška	mm	4 540	
Hmotnost	kg	133 000	
Příkon v plynu (v palivu)	kWt	20 053	10 888
Měrná spotřeba paliva	kJ/kWhe	7 680	8340
Měrná spotřeba mazacího oleje	g/kWh	0,4	0,4

**Nejvýznamnější parametry motor-generátorové jednotky**

každá jednotka je umístěna ve vlastní kobce. Elektrický výkon jednotky činí 9,17 MWe, tj. celkem 36,68 MWe. Motor je vybaven turbodmychadlem a dvoustupňovým mezichladičem vzduchu.

Motory se startují tlakovým vzduchem o 30 bar(g), který je zajišťován kompresorovou stanicí společnou pro všechny čtyři jednotky. Plynové motory budou provozovány v kogeneračním režimu a primárně budou poskytovat služby elektrizační soustavě. V pohotovostním režimu motorů musí být zabezpečeny podmínky pro spolehlivý start a najetí motoru na jmenovitý výkon ve stanoveném čase, podmínky jsou limitovány především zajištěním rychlého startu motoru v rámci plnění služby MZ5.

V pohotovostním režimu je proto předehřevem udržována plášťová voda motoru na teplotě 70°C a v okruhu mazacího oleje motoru je udržována teplota oleje na hodnotě 50°C. V kobce motoru je dále ventilací a klimatizací udržována předepsaná výměna vzduchu a požadovaná teplota prostředí, v neposlední řadě je nezbytné pravidelně odvětrávat spalínové cesty z motoru.

Naopak při provozu spalovacích motorových jednotek je do prostoru vysíláno nezanedbatelné množství tepla (cca 4 % v příkonu v palivu, což odpovídá asi 900 kW na jeden motor). Toto množství tepla je odváděno z prostoru kobek tak, aby teplota v prostoru kobky nepřekročila 45–50°C, teplota vzduchu na sání turbodmychadel, která nasávají spalovací vzduch do

motoru (každý motor je vybaven dvěma paralelně umístěnými turbodmychadly - jedním pro každou řadu válců) musí být udržována v rozmezí 5 až 35°C, teplota v bezprostřední blízkosti generátoru nesmí překročit 40°C.

Prostor strojovny plynových motorů, rozvodny 10,5 kV a olejového hospodářství je vybaven stabilním hasicím zařízením (SHZ) využívajícím nízkotlakou vodní mlhu (patentováno firmou TELESTO Polsko, realizováno firmou František Kregl FK servis). Vodní mlha je generována z vody a inertního plynu při vytváření kapek malých velikostí. Hasící schopnost vodní mlhy je založena na více mechanismech (rychlé ochlazení, snížení koncentrace kyslíku, absorpce radiačního tepla, vyloučení možnosti nedokonalého spalování pomocí objemového hašení). Maximální účinnost vodní mlhy je dána velikostí kapek vody generovaných mlhovou hubicí. Čím jemnější kapky, tím větší je plocha výměny tepla, rychlejší odpařování a vyšší chladicí efekt. Velikost kapek nepřesahuje 50 µm, z jednoho litru vody je vytvářeno 15 miliard kapek o měrném povrchu 100 m<sup>2</sup>. Rychlá tvorba páry přispívá ke snížení koncentrace kyslíku v prostoru požáru. Tento systém nahradil původně uvažovaný systém SHZ na bázi CO<sub>2</sub>.

Každá motor-generátorová jednotka je vybavena vlastní plynovou řadou pro doregulování tlaku plynu před vstupem do spalovací komory na 4,2 bar(g) (dodavatel Rolls-Royce) a tepelným modulem (dodavatel TEDOM). Tepelný modul zajišťuje regulaci teplot jednotlivých okruhů motoru, odvedení tepla (chlazení oleje, chlazení plášťové vody) a realizaci dalších podpůrných procesů (elektrický předehřev plášťové vody/mazacího oleje, filtrace oleje, nouzové chlazení, expanzní systém,...). Jedná se o samostatný modul s vlastním základových rámem (SKID), kde jsou umístěny a vzájemně propojeny jednotlivé technologické prvky a zařízení (čerpadla, výměníky, ventily, filtry, expanzní nádoby, předehřívací jednotky a podobně).

Vedle již zmíněných systémů startovacího (a řídicího) vzduchu, přívodu zemního plynu, větrání kobek motorů, spalovacího vzduchu a chlazení motoru podmiňují řádný a spolehlivý provoz motorů další pomocné provozy jako hospodářství mazacího oleje, hospodářství močoviny (nezbytné pro čištění spalin) a systém vvedení tepla plynových motorů.

**Spalínové parogenerátory HRSG**

Teplu z chlazení motorů a z jejich spalin se využívá na výrobu páry ve spalínových parogenerátorech HRSG (Heat Recovery Steam Generator) a na předehřev topné vody. Výkonová kapacita zařízení na předehřev topné vody z 65°C na 92°C (vratná voda pro horkovodní výměníkovou stanicí) je:

4 × 4,79 MWt, tj. celkem 19,16 MWt v topné vodě.

V parogenerátorech HRSG lze vyrábět páru o parametrech: teplota 280°C, tlak 1,1 MPa.

Parametr	Hodnota
Jmenovitý parní výkon	4,0 t/hod
Minimální parní výkon	2,0 t/hod
Tlak páry	1,1 MPa(a)
Teplota páry	275 ± 5 °C
Teplota spalin na vstupu (jmenovitý výkon motoru)	370 °C
Teplota spalin na vstupu (minimální výkon motoru)	450 °C
Teplota spalin na výstupu z HRSG před vstupem do chladiče spalin	cca 189 °C
Teplota spalin na výstupu z HRSG za chladičem spalin (předehřev vratné vody do HVS)	cca 108 °C
Množství spalin	14,47 kg/s
Teplota napájecí vody	105 °C

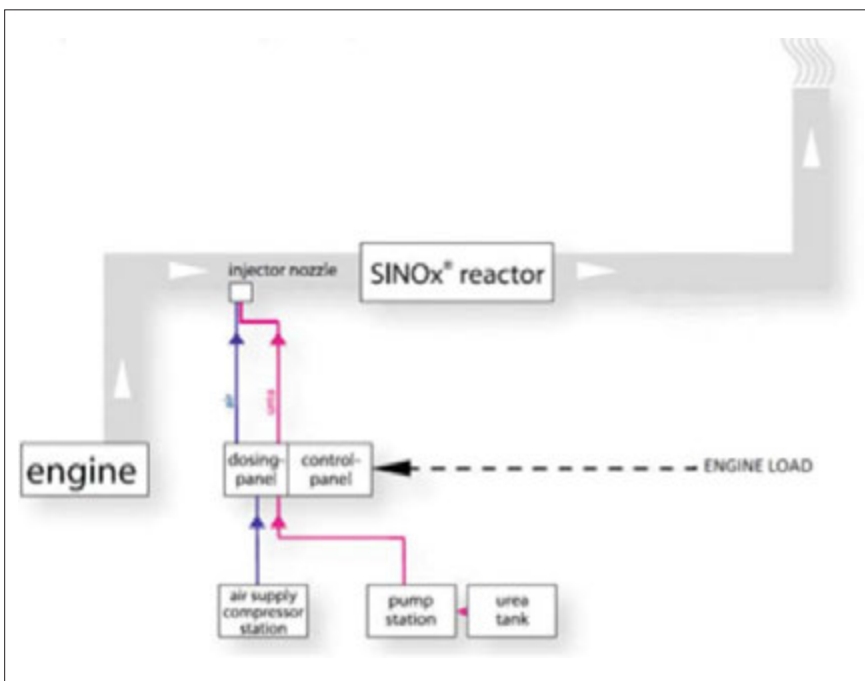
Parametry parogenerátoru

Parametry spalin 1 motoru	Hodnota	
Zatížení motoru – jmenovitý výkon	100 %	50 %
Množství spalin	52 100 kg/h	27 500 kg/h
Teplota spalin	370 °C	450 °C

Parametry spalin pro jmenovitý a minimální výkon jednoho motoru

Garantované hodnoty emisních limitů		
Oxidy dusíku NO <sub>x</sub>	mg/Nm <sup>3</sup>	75 @ 15 % O <sub>2</sub>
Oxid uhlíku CO	mg/Nm <sup>3</sup>	100 @ 15 % O <sub>2</sub>

Limity za katalyzátorem SINOx®



Funkční schéma SCR

Celkové množství páry při provozu motorů na jmenovitý výkon bude 4 × 4 t/h = 16 t/h, což odpovídá výkonu:

4 × 2,85 MWt, tj. celkem 11,4 MWt v páře.

Zařízení HRSG je navrženo jako parogenerátor s přirozenou cirkulací. HRSG se sestává z několika hlavních montážních bloků – bubnu;

bloku parogenerátoru, který obsahuje přehřívák výstupní, přehřívák vstupní se vstříkovou regulací teploty přehřáté páry, výparníkový svazek a ekonomizér, které jsou uloženy ve společné nosné konstrukci. Jsou navzájem spojeny spalinovými plechovými kanály. U přehříváků a výparníkového svazku je s ohledem na vyšší teploty spalin provedena ještě vnitřní izolace.

Parametry parogenerátoru

Pro zvýšení celkové účinnosti oběhu je zajišťováno vychlazení spalin po jejich využití v parogenerátoru ohřevem oběhové vody. Přenos tepla je realizován prostřednictvím trubkového výměníku tepla. Ten vychlazuje spaliny z teploty cca 189 °C na teplotu cca 108 °C a odvádí z nich odpovídající tepelný výkon. Oběhová voda je ohřátá až na teplotu 92 °C a v optimálním případě je vedena jako vrátná voda do nové horkovodní stanice.

V budově HRSG jsou nainstalovány 4 parogenerátory. Každý je samostatně propojen s jedním plynovým motorem. Dodavatelem parogenerátorů byla firma INVELT SERVIS.

Spaliny z každého HRSG (případně pomocí obchvatu i přímo z katalytického reaktoru čištění spalin) jsou zavedeny do samostatného komína, jehož výška činí 30 metrů. Komíny jsou samonosné a jsou dvouplášťové konstrukce, součástí komínů jsou vestavěné tlumiče hluku.

Čištění spalin plynových motorů

Výfukové plyny z plynových motorů Rolls-Royce jsou před vstupem do spalinových parogenerátorů, resp. komínů vyčištěny tak, aby byly dodrženy koncentrace škodlivin NO<sub>x</sub> a CO v souladu s garantovanými limity.

Technologie čištění spalin plynových motorů je založena na selektivní katalytické redukci (Selective Catalytic Reduction – SCR) – nejučinnějším a osvědčeném procesu redukce NO<sub>x</sub>. Škodlivé kysličníky dusíku jsou redukovány na neškodný dusík a vodu užitím močoviny na katalyzátoru SINOx®. Zařízení bylo dodáno německou firmou Johson Matthey Catalysts v rámci subdodávky TEDOM.

Systém SINOx® je instalován za každým motorem ve směru proudění ve výfukovém traktu a sestává z patentovaných statických mixérů SINOx®, katalytického reaktoru, katalyzátoru SINOx® a společné řídicí jednotky SINOx® založené na buď otevřené, nebo uzavřené smyčce, a dále společné dávkovací jednotky Quattro.

Řídicí jednotka zajišťuje optimální a bezpečný provoz a reguluje vstříkávání redukčního činidla v závislosti na aktuálním výkonu motoru.

Základem použitého katalyzátoru SCR je keramická voština. Nosný materiál je TiO<sub>2</sub>; aktivní elementy jsou V<sub>2</sub>O<sub>5</sub> a WO<sub>3</sub>.

Pro redukci CO je část reaktoru vyplněna katalyzátory OXI (kovové provedení využívající moderní platinové technologie). Reaktor je tvořen plechovým vyztuženým pláštěm, ve kterém jsou naskládány jednotlivé moduly katalyzátoru. Je konstruován pro horizontální uspořádání, aby umožňoval vkládání a vyjímání modulů katalyzátoru ručně ze strany. Skládá se z jedné vrstvy SCR a OXI katalytických vložek a jedné nevyplněné vrstvy pro každý typ pro případné dodatečné osazení. Vyčištěné spaliny jsou z reaktorů zavedeny do parogenerátorů HRSG za účelem využití zbytkového tepla ve spalinách k výrobě páry.

Parametr	Hodnota
Jmenovitý výkon	18,5 t/hod
Minimální výkon při dodržení všech parametrů	11 t/hod
Minimální výkon bez dodržení parametrů	6 t/hod
Jmenovitý tlak přehřáté páry	2,1 ± 0,2 MPa(g)
Jmenovitá teplota přehřáté páry	300 ± 5 °C
Teplota napájecí vody	105 °C
Množství paliva při jmenovitém výkonu	1 480 Nm <sup>3</sup> /h

Parametry kotle K4

Parametr	Hodnota
Jmenovitý výkon	40 t/hod
Maximální výkon	44 t/hod
Minimální výkon při dodržení všech parametrů	16 t/hod
Minimální výkon bez dodržení parametrů	12 t/hod
Jmenovitý tlak přehřáté páry	4,5 ± 0,2 MPa(g)
Jmenovitá teplota přehřáté páry	486 °C ± 5 °C
Teplota napájecí vody	105 °C
Účinnost při jmenovitém výkonu	91,8 % HU Bílina
	90,2 % HU Sokolov

Parametry kotle K5/K6

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>x</sub>	TZL	CO
	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>	mg/Nm <sup>3</sup>
Uhelný zdroj *)	400	300	20	250

Tab. 1 – Emisní limity kotle K5/K6

\*) Suché spaliny, normální stavové podmínky, referenční obsah kyslíku 6 %

### Kotel K4

Dalším výhradním spotřebičem zemního plynu je rekonstruovaný kotel K4, dříve spalující LTO. V hierarchii zařízení teplárny slouží tento kotel jako záložní (havarijní) zdroj tepla, umožňující v případě potřeby, díky plynovému palivu, relativně rychlé najetí do provozního stavu.

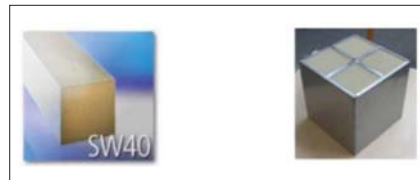
Kotel po rekonstrukci je jednobubnový s přirozenou cirkulací, dvoutahový, přetlakový, s ohřívákem vody, s přehřívákem páry a regulací výstupní teploty páry vstříkem napájecí vody. Nový plynový hořák je instalován v přední stěně prvního vodorovného tahu kotle. Jedná se o průmyslový plynový hořák Weishaupt. Speciální míchací zařízení pro redukované emise NO<sub>x</sub> a CO, přestavující se podle provozovaného výkonu, zajišťuje optimální spalování paliva v celém výkonovém rozsahu 2200 až 22 000 kW. Na spalovací komoru navazují výparníkové šoty a na konci prvního tahu je umístěn přehřívák páry. Rekonstrukci kotle provedla firma INVELT SERVIS.

### Kotle K5 a K6

Významnou investicí v rámci přestavby teplárny představuje náhrada starých uhelných granulačních kotlů K3 a K2 o parním výkonu každého z nich 65 t/h (teplota / tlak páry: 445 °C / 3,6 MPa) novými kotli K5 a K6 s prvky fluidní techniky, dodávanými firmou INVELT SERVIS.

Dispozičně jsou nové uhelné kotle umístovány do stávajícího hlavního výrobního bloku teplárny – do místa uvolněného po demontáži kotle K3, resp., K2. Kotle jsou konstrukčně i výkonově identické.

Kotel K5 (resp. K6) je jednobubnový, s přirozenou cirkulací, podtlakový, čtyřtahový. Je vybaven dvěma pevnými stacionárními rošty umístěnými ve spodní části spalovací komory. Příslušenství roštu obsahuje zavzdušňovací komory, vypouštěcí potrubí vrstvy a odsávací potrubí. Do nich je přiváděn primární spalovací vzduch a palivo. Nad rošty je do ohniště přiváděn dýzami sekundární a terciární spalovací vzduch pro dohoření hořlavých plynů z vrstvy



Aktivní materiál SW40 a základní prvek katalyzátoru SCR

a úletového podílu odcházejícího z ní. Spalovací komora je tvořena membránovými stěnami a jsou do ní zaústěny dva najížděcí monoblokové plynové hořáky (Weishaupt, tepelný výkon 2 × 6 MW). Spaliny následně přecházejí obrem pod stropem kotle do prázdného druhého tahu, v jehož spodní dohořivací části je umístěn žaluziový odlučovač.

Odloučený popílek je recirkulován zpět do ohniště kotle. V třetím membránovém tahu jsou umístěny další výhřevné plochy kotle (čtyři svazky přehříváku páry). Ve čtvrtém plechovém tahu je umístěno pět svazků ohříváku vody. Kotel není z důvodu pozitivního vlivu neohřívání spalovacího vzduchu na tvorbu emise a se zřetelem na vyšší teploty rosného bodu spalin vlivem vyššího obsahu síry vybaven ohřívákem vzduchu. Kotel plní předepsané emise NO<sub>x</sub> pomocí primárních opatření (nízká teplota spalování, recirkulace spalin apod.), proto nejsou sekundární opatření použita. Za provozu je teplota přehřáté páry udržována zástříkem napájecí vodou mezi třetím a čtvrtým přehřívákem.

### Čištění spalin – odsíření

Pro provoz nových uhelných kotlů ve všech provozních režimech jsou povoleny následující maximální emisní limity uvedené v tabulce (Tab. 1).

Čištění kouřových plynů odcházejících z kotlů K5 a K6 od pevných částic je primárně řešeno stávajícími elektrostatickými filtry instalovanými před vstupem spalin do jednotky na odsíření spalin. Provozní spolehlivost těchto filtrů a jejich účinnost je posílena jejich částečnou rekonstrukcí. Za těmito odlučovači jsou instalovány nové kouřové ventilátory, které svým výkonem zohlední i tlakové ztráty na spalinových cestách způsobené instalací nové technologie odsíření. Spaliny jsou pak zavedeny od každého spalinového ventilátoru až do společného odsířovacího absorberu samostatnou cestou.

Pro odsíření spalin těchto kotlů bylo v teplárně instalováno zcela nové odsířovací zařízení (dodavatel: ZVVZ – ENVEN Engineering + EVECO). Odsíření bude dimenzované pro provoz obou dvou kotlů na maximálním výkonu. Odsířovací technologie zajišťuje plnění emisního limitu pro SO<sub>2</sub> a TZL, požadovanou účinnost zachytu SO<sub>2</sub> min. 93,5 % a dodržení molového poměru Ca/S max. 2 za předpokladu dodržení zadaných vstupních parametrů.

Pro redukcí síry ve spalinách je používán postup mokré vápencové vypírky v odsířovacím absorberu společném pro oba uhelné kotle. Komin pro odsířené spaliny je umístěn přímo jako

nástavec na absorbéru – z něj jsou odsířené spaliny vypouštěny přímo do ovzduší. Nadmožská výška koruny komínu činí 85 m a byla navržena na základě rozptylové studie tak, aby stávající imisní zatížení nebylo v žádném provozním stavu překročeno. Produkt mokré odsiřovací technologie, energosádrovec, je získáván odvodněním zahuštěné energosádrovcové suspenze ze spodní části absorbéru, přebytečná suspenze (sádrovcová voda) se vrací zpět do odsiřovacího reaktoru. Odvodněný energosádrovec se shromažďuje v kontejneru a odváží se k likvidaci, případně k dalšímu využití.

### Chemický režim

Souběžně s přestavbou teplárny jsou realizována i opatření ke změně jejího chemického režimu tak, aby lépe vyhovoval novému zařízení, nejpřísnějším standardům, plně odpovídal bezpečnostním a ekologickým předpisům a v neposlední řadě i odběratelům páry zejména z potravinářského průmyslu (MASO Planá, MADETA).

Chemické odplynění napájecí vody kotlů (snížení obsahu volných rozpuštěných plynů ve vodě a to hlavně kyslíku  $O_2$  z důvodu ochrany systému kotlů a turbogenerátoru před účinky korozivních plynů), spočívající v dávkování roztoku siřičitanu sodného ( $Na_2SO_4$ ) do napájecích nádrží, bylo plně nahrazeno termickým odplyněním. Pro potřeby termického odplynění napájecí vody byly upraveny obě nádrže napájecí vody v teplárně (společné pro všechny kotle) a jejich odplyňovače. Odplynění je prováděno ohřevem vody na minimálně  $105^\circ C$ . Ohřev vody je v odplyňovači prováděn přímým vstříkem páry. Topná pára pro odplyňovač se přivádí do zásobníku odplyněné vody

(napájecí nádrž) pod hladinu vody, kde je distribuována rozvodem přímé barbotáže. Pára zajišťuje ohřev vody na požadovanou teplotu, prostupuje vodou a nad hladinou vody vytváří parní polštář. Pára dále prochází odplyňovačem proti toku vstříkované vody. Vstupní voda je rozstříkována do mikro kapének. Uvolněné plyny jsou odváděny do atmosféry, odváděčem brýd. Z odplyňovače odplyněná voda stéká do nádrže odplyněné vody (napájecí nádrž), která je parní barbotáží ohřívána minimálně na  $105^\circ C$ , v níž dochází k odplynění zbytkového množství kyslíku.

Pro ochranu kotelního systému před korozí a tvorbou nánosů na teplosměnných plochách je do kotelního systému dávkován fosforečnan trisodný ( $Na_3PO_4$ ). Fosforečnan je do kotelního systému dávkován zároveň jako netěkavý alkalizační prostředek. Při reakci fosforečnanu, za dodržení reakční teploty, vznikají fosfáty železa a uvolňují se ionty sodíku, které reagují s vodou za vzniku hydroxidu sodného ( $NaOH$ ). Fosforečnan trisodný je dávkován do bubnu jednotlivých kotlů. Z důvodu nutnosti přechodu alkalizačního prostředku do páry je nutné, aby byl do kotelního systému dávkován těkavý alkalizační prostředek, z tohoto důvodu je pro úpravu pH používán hydroxid amonný  $NH_4OH$  (25% roztok čpavkové vody), který je dávkován přímo do napájecích nádrží, podle kontinuálně měřeného průtoku napájecí vody a dle zpětné laboratorní kontroly. Používání těkavého alkalizačního prostředku je významnou změnou oproti dřívějšímu stavu.

### AKTUÁLNÍ STAV

V současné době se kompletní zařízení

I. etapy stavby (Dílo I) nachází ve fázi zkušebního provozu, jak podle smlouvy o dílo, tak i dle intencí stavebního zákona. Nejdéle je ve zkušebním provozu záložní kotel K4 (od 03/2014), po něm byly koncem srpna 2014 uvedeny do zkušebního provozu samostatně (bez svých parogenerátorů HRSG) plynové motorgenerátory č. 3 a 4. V polovině října 2014 bylo ukončeno předběžné převzetí Díla I jako celku, čímž byly do zkušebního provozu uvedeny zbylé motor-generátory č. 1 a 2, všechny 4 parogenerátory HRSG a horkovodní výměňková stanice. Zkušební provoz zařízení v rámci Díla I je stavebním úřadem povolen do konce dubna letošního roku, v současné době připravujeme podklady pro úspěšnou kolaudaci zařízení a jeho přechod do trvalého provozu.

Na kotli K5 a odsiřovacím zařízení obou nových uhelných kotlů probíhají závěrečné činnosti v rámci předkomplexního vyzkoušení (testování a ladění kotle K5 při spalování uhelného paliva, zkoušky odsíření s náhradním médiem). Předběžné převzetí zařízení v rámci Díla II se předpokládá po ukončení komplexního vyzkoušení a zdárného provedení komplexní zkoušky (včetně garančního měření) v průběhu března 2015. Od března do dubna 2015 by měla probíhat demontáž odstaveného kotle K2, na jehož místě bude instalován nový kotel K6.

**Ing. Libor Doležal,**  
generální ředitel

**Ing. Vladimír Dufek,**  
hlavní technolog

**C-Energy Bohemia s.r.o.**

### **The ecologization and refurbishment of the power plant in Planá nad Lužnicí**

*In September 2011 the power plant in Planá nad Lužnicí changed ownership and the company C-Energy Bohemia s.r.o, the new owner and operator, began preparing a plan for the total reconstruction of the power plant which began operating more than 50 years ago. The investment plan of the total refurbishment worth ca. 1.4 billion crowns is to meet the following main objectives: to safeguard the plant's operation for a long-term period, reduce the environmental burden and the operating costs of the generating facility. The result is that the plant can continue supplying thermal energy to customers at reasonable and advantageous prices and to expand the plant's capacity to generate electricity in a flexible way with a high capacity to change output but at the same time increase efficiency. This project will enable the plant to utilise gas as well as lignite to generate electricity and heat, and in strategic terms it will be better prepared for possible fluctuations in the prices of primary fuels or for the consequences of changes in legislation or regulation of the generation of energy or any political decisions in this area. Once completed, the power plant will also be able to significantly reduce the production of emissions, particularly a more than 50% reduction of  $SO_2$  and NOC emissions compared to the plant's condition before reconstruction.*

### **Проект экологизации и обновления теплостанции в Плана над Лужницы**

*В сентябре 2011 года на теплоэлектростанции в Плана над Лужницы изменился владелец. Новым владельцем стала фирма C-Energy Bohemia s.r.o., которая начала подготовку к полной реконструкции теплостанции, так как теплостанция находится в эксплуатации более 50-ти лет. Инвестиционная бизнес-концепция полного обновления стоимостью около 1,4 миллиарда крон должна выполнить следующие задачи: обеспечить эксплуатацию теплоэлектростанции на протяжении длительного периода, снизить вредное влияние на окружающую среду, снизить затраты на эксплуатацию оборудования. Результатом должна стать возможность теплоэлектростанции поставлять тепловую энергию заказчикам по доступным и выгодным ценам, и одновременно, достаточно гибко расширить производство электроэнергии с возможностью изменять мощность при одновременном повышении производительности. Благодаря этому проекту теплоэлектростанция получает возможность использовать в качестве топлива не только бурый уголь, но и газ для производства электроэнергии и тепла. Со стратегической точки зрения теплоэлектростанция будет лучше подготовлена к возможным изменениям цен на топливо и энергию, к изменениям в области законодательства или регулирования производства энергии, к политическим решениям в этой области. После завершения проекта реконструкции теплоэлектростанция снизит производство эмиссии, например, эмиссии  $SO_2$  и NOX снизятся на 50% по сравнению с состоянием до реконструкции.*