

Kotle na spalování biomasy z PBS

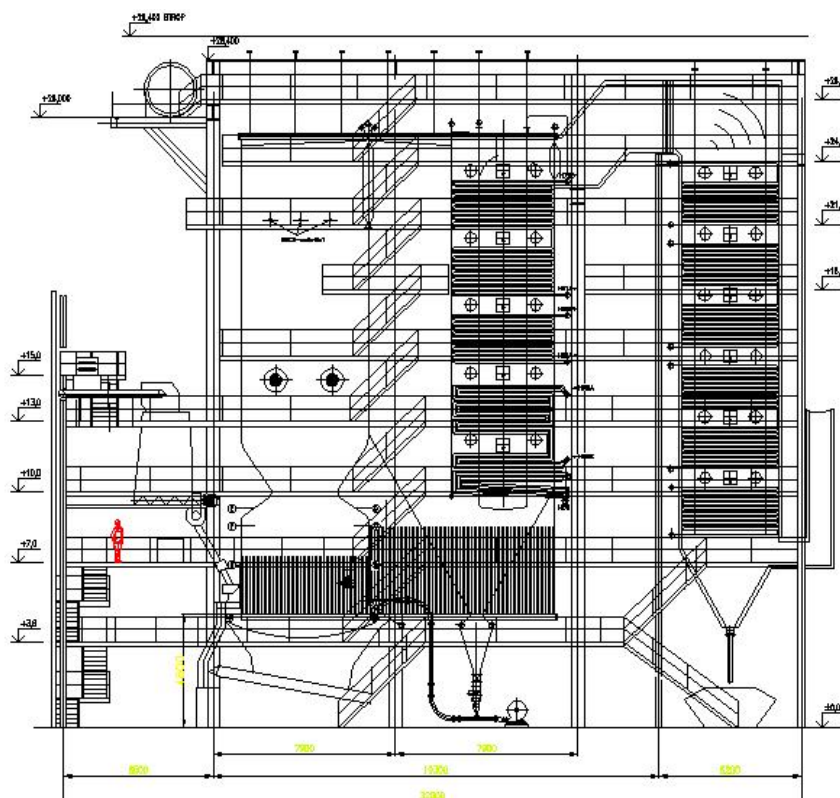
V posledním období je věnována velká pozornost spalování paliv z kategorie obnovitelných zdrojů. Řada jednotek o výkonu 20 až 50 MW_t byla postavena v zemích Evropské unie, zejména v Německu. Díky dotacím, které vlády některých zemí takovým projektům poskytují, se realizace jinak finančně náročných projektů stává pro investory přitažlivější a následně je touto cestou dosahováno hlavního cíle – snížení spotřeby klasických paliv, především zemního plynu a uhlí se všemi pozitivními dopady na životní prostředí.

Široce dostupné palivo, které patří do této kategorie obnovitelných zdrojů, je biomasa, a to jak původní, jako je kůra, dřevo a rychle rostoucí zelené plodiny, tak i sekundární, což je vesměs použitý stavební odpad, včetně kontaminovaného dříví a dřevního odpadu z nábytkářské výroby.

První brněnská strojírna postavila v sedmdesátých letech kotle spalující biomasu na roštu a v pomocném cyklonu. Jednotky o výkonu 12 t/h byly i přes některé potíže úspěšně zprovozněny a splnily základní účel, výrobu tepla spalováním odpadu při zpracování dřeva. V té době nebyly požadovány přísné emisní limity.

Vývojem moderních kotlů spalujících biomasu při dosažení nejpřísnějších emisních limitů jsme se začali zabývat opět až po r. 2000. Impulsem pro to byly četné požadavky investorů v Německu, kde výroba el. energie z biomasy má podporu.

Obrázek kotle spalujícího biomasu o výkonu 55 t/h, teplotě 450 °C a tlaku 70 bar.



V letech 2002 až 2005 PBS realizovala dva kotle spalující kontaminovanou biomasu o výkonu 55 a 52,2 t/h v městech Wicker a Pforzheim.

Zadávací podmínky a naše řešení pro kotle v Německu byly následující:

a/ Spalování kontaminované biomasy jako je lakované nebo penetrované dřevo, stavební dřevěný odpad, dřevotříska a podobně.

Palivo v menším procentuálním poměru obsahovalo také plasty, hlinu, kamení a jiné nespecifikované příměsi. Výhřevnost paliv je od 12 do 17 MJ/kg při obsahu vody 10 až 30 %. Pro spalování takové široké škály paliv byl použit pásový rošt s pohazováním paliva pomocí vzduchu. Při pohazování dochází k předsušení a vyhoření větší části paliva (cca 70 %) ve vzhledu nad roštem, větší částice dohořívají na roštu.

b/ Ochrana tlakových částí kotle proti vysokoteplotní korozi.

Na základě definovaného obsahu chloru, síry a některých dalších prvků by docházelo při spalování k vysokoteplotní korozi kovových teplosměnných ploch. Konkrétním konstrukčním řešením spalovací komory, výparníku a přehříváků a nastavením správných teplotních poměrů je tomu zabráněno a nedojde ke zkrácení životnosti žádné části kotle.



c/ Opatření proti tvorbě dioxinů.

Při spalování kontaminovaného dřeva dochází ke tvorbě dioxinů.

Pro zabránění tvorby dioxinů je nutno zaručit setrvání spalin v teplotách nad 850 °C po dobu minimálně 2 sec. při všech provozních stavech. S ohledem na tuto podmínku byly navrženy rozměry spalovací komory a teplotní charakteristika vyzdívky. Kotel je vybaven stabilizačními hořáky pro najetí a které také zabrání poklesu teploty pod 850 °C při nižších výkonech a při spalování dřeva s horší výhřevností.

d/ Maximální účinnost kotle a celého bloku.

Parametry páry z kotle byly na základě řady analýz stanoveny takto: tlak 70 bar, teplota 450 °C. Vyšší hodnoty jsou s ohledem na nebezpečí chlorové koroze nevhodné. Účinnost byla dosažena přes 92 % díky nízké odchozí teplotě spalin (140 °C) a minimálnímu přebytku vzduchu (3 % O₂ ve spalinách).

e/ 8.000 provozních hodin za rok.

Kotel je navržen tak, aby delší inspekce a údržba kotle byla prováděna 2x za rok, vždy po 4.000 hodinách chodu. Všechny dodatkové plochy jsou vybaveny účinnými parními ofukovači a podmínky přestupu tepla jsou prakticky neměnné po celou dobu chodu. K žádnému dalšímu zanášení kotle, které by vyžadovalo přerušení provozu, nedochází.

f/ Minimální struskování kotle.

Zabránit nadměrnému struskování zejména při spalování paliva s vyšší výhřevností je možné pomocí řízení teploty spalování recirkulací spalin. Pro dosažení dostatečně nízké teploty stěn byla instalována vyzdívka z SiC desek, která má vysokou vodivost a dobré mechanické a tepelné vlastnosti.

g/ Emisní limity: CO pod 50 mg/Nm³, NO_x pod 200 mg/Nm³.

Instalované kotle dosahují díky dokonale řízenému spalování nízkých emisních limitů, které požadují regionální úřady životního prostředí. Emise NO_x jsou sníženy vstřikováním močoviny do prostoru na konci spalovací komory.

h/ Bezobslužný provoz.

Kotle byly vybaveny řídicím systémem a přístroji pro bezobslužný provoz. Tato výbava slouží pro zvýšení bezpečnosti provozu, vlastní provoz kotlů je s běžnou obsluhou.



Náročným zkušebním provozem a ověřovacím měřením kotlů, které provedly nezávislé instituce, se prokázalo splnění všech zadávacích podmínek a garantovaných hodnot. Stejně tak byla potvrzena provozní spolehlivost a bezporuchovost kotlů a příslušenství, které byly dodány formou na klíč.

V rámci projektu Výzkumu a vývoje byla za finanční podpory ze státních prostředků poskytnutých prostřednictvím Ministerstva průmyslu a obchodu v letech 2004 a 2005 na kotli projektu Pforzheim provedena řada úprav a zlepšení.

Tímto byla vytvořena a ověřena koncepce a konstrukce kotle spalujícího širokou škálu paliv. Jde po technické i cenové stránce o vysoce konkurenceschopný produkt.

Všechny dosavadní zkušenosti umožnily technikům PBS modifikovat výše popsanou technologii a připravit nové návrhy kotlů spalujících také tak zvanou čistou biomasu, tj. štěpku, piliny, kůru a některé rychle rostoucí plodiny a biologické odpadní materiály.

Technické řešení těchto kotlů je poněkud odlišné, spalované palivo má vesměs nízkou výhřevnost, vysoký obsah vody a některé další odlišnosti.

PBS připravuje realizaci první kotelní jednotky o výkonu 25 t/h, tlaku páry 52 bar a teplotě 450 °C pro energetickou centrálu ve velkém dřevozpracujícím závodě v ČR.



- Spotřeba paliva je cca 12,5 t/h – s ohledem na aktuální výhřevnost
- Instalované kondenzační turbíny mají výkon 13 až 15 MW_e
- Účinnost kotlů je nad 92 %

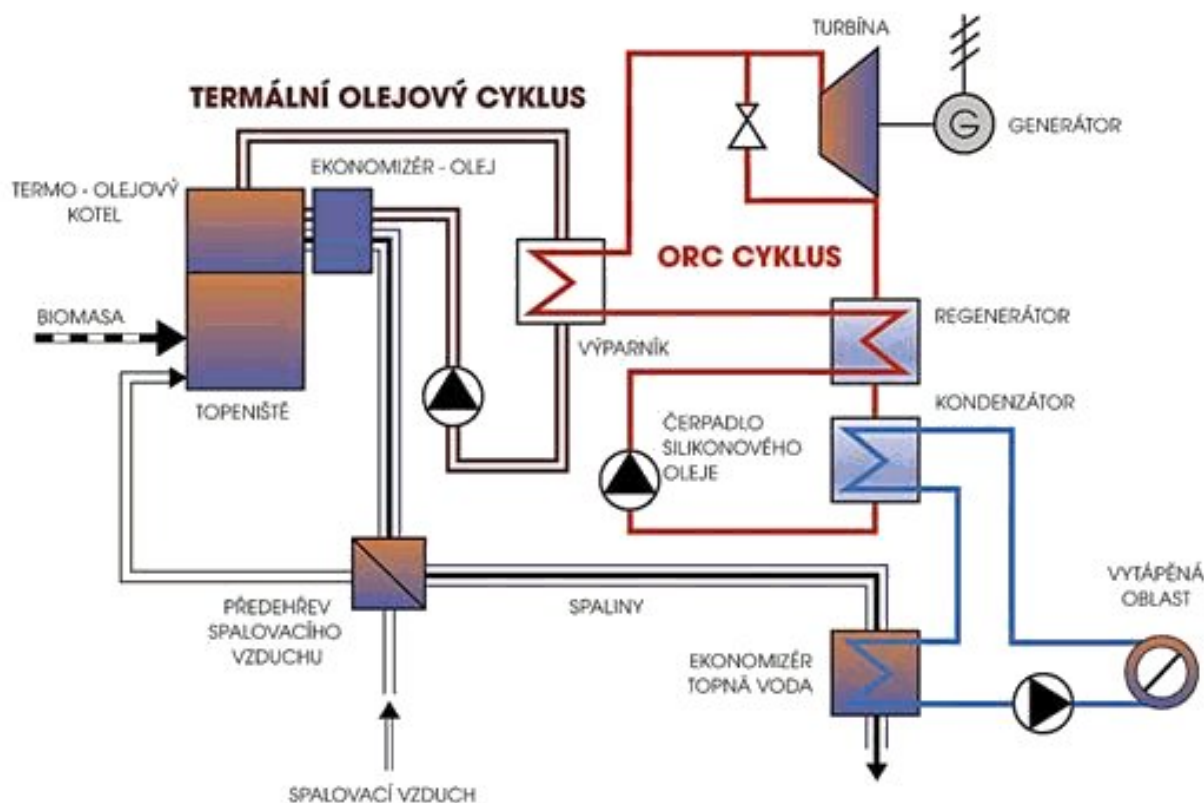
Materiál připravil: Ing. Vladimír Kroča – technický ředitel První brněnské strojírny Brno DIZ, Hlinky 110, 656 11 Brno.¹

V přílohové části najdete technické specifikace obou uvedených kotlů pracujících v Německu.

¹ Energetické kotle na spalování biomasy české konstrukce – Ing. Jiří Kroča 3T – Teplo Technika Teplárenství, číslo 1/2007.

Organický Rankinův cyklus

Organický Rankinův cyklus (ORC) je v podstatě elektrárenský kondenzační cyklus, který používá namísto vody resp. vodní páry jako pracovní látku v primárním okruhu směs organických sloučenin (silikonový olej), které jsou svými termodynamickými vlastnostmi vhodné k použití v tepelném oběhu. Výhodou oleje je, že při dané teplotě (např. 300 °C) se udrží v kapalném stavu při značně nižším tlaku než voda. Ve výparníku předává olej teplo do sekundárního okruhu, kde se pracovní organická látka vypařuje, dosahuje většího tlaku než má olej a organické páry jsou vedeny do parní turbíny, kde expandují. Pára je za turbínou vedena do kondenzátoru, kde kondenzuje po odebrání výparného tepla chladicí vodou, která pak dodává teplo do objektů připojených na tuto tepelnou síť. Organické látky použité jako náhrada vody v sekundárním tepelném oběhu musí samozřejmě splňovat přísné předpisy a normy ve vztahu k životnímu prostředí.



Schematické uspořádání ORC cyklu při využití kogenerace z biomasy

Z kondenzátoru je náplň ORC dopravována čerpadlem přes regenerátor zpět do výparníku. Spaliny z olejového kotle jsou využity jednak k předehřevu vlastní olejové náplně a předehřevu spalovacího vzduchu pro olejový kotel, jednak k dohřevu topné vody na požadované parametry pro okruh CZT.

Typické využití ORC se nabízí ve spojení s kotelny na biomasu, kde je primární energie v palivu využita jednak na výrobu tepla, ale i elektrické energie. V takovém případě je celková účinnost kogenerace cca 85 %. Jen pro porovnání, v klasické tepelné elektrárně, kde je teplo z kondenzace odvedeno do okolí, se dosahuje celkové účinnosti cca 30 %. Jaderná elektrárna Temelín pracuje s účinností 32 %, Dukovany vlivem nižší teploty páry s účinností 26 %. Dalších cca 12% elektrické energie se ztratí při transformaci a v rozvodech². (Je zcela zřejmé, že s potenciálem biomasy tepelné elektrárny nahradit nelze, ale uvedené srovnání ukazuje, že je téměř povinností státní energetické

² Poznámka autora

politiky, aby byla kogenerace z biomasy preferována zřetelněji než doposud.) Parní generátor je zde nahrazen olejovým kotlem a výparníkem. Olej ohřátý v tomto kotli je využíván jako teplotonosná látka, jenž přes výparník předává své teplo pracovní látce uzavřeného sekundárního okruhu ORC. Vzniklá sytá pára organických sloučenin je vedena na axiální turbínu, která je přímo spojena s generátorem elektrické energie. Teplo z kondenzátoru, ve kterém náplň ORC okruhu mění své skupenství zpět do kapalně fáze, je vedeno k dalšímu využití (kogenerace). Při vhodném navržení tepelného oběhu lze toto teplo využít např. v systému CZT, případně k jiným účelům. Nabízí se využití u dřevozpracujících provozů k sušení řeziva, kde je kotelná přímo u zdroje paliva.

Provozní výhody ORC oproti parní turbíně

- systém je schopen využívat energii s relativně nízkou teplotou
- vysoká účinnost turbíny, zejména při částečném zatížení
- nízké otáčky turbíny umožňující přímý pohon generátoru
- zanedbatelná eroze turbínových lopatek (nepřítomnost kapiček pracovního média)
- nízké mechanické namáhání částí turbíny v důsledku nízké obvodové rychlosti
- možnost jakékoli regulace výkonu turbosoustrojí v celém výkonovém rozsahu
- celý cyklus pracuje s teplotou max. 300 °C a tlakem do 10 barů – vyšší životnost zařízení
- kotle mají dvojnásobnou životnost tlakových dílů – nízký tlak, teplota a chemické vlastnosti oleje
- nenáročnost na obsluhu zařízení, on-line monitoring stavu – bezobslužný provoz
- minimální nároky na stavbu a požadovaný prostor
- odpadá jakákoli chemická úprava jednotlivých médií
- vysoká pracovní spolehlivost při nízkých provozních nákladech

Celá kapitola popisující klasický i organický Rankinův cyklus vyjma označené poznámky autora pochází z článku ***Biomasa – efektivní palivo pro ORC technologii***, který zpracovali Ing. Jan Kunc a Ing. Libor Novák. Recenzentem převzatého materiálu článku byl Ing. Karel Brož. Text článku pochází z informačního serveru www.tzb-info.cz, kde byl publikován dne 11. 4. 2005. Ze stejného zdroje, ovšem ze dne 7. 11. 2005, pochází popis technologie ORC, realizované v Trhových Svinech, uvedený v článku ***ORC technologie (II) v realizaci – Trhové Sviny***, zpracovaném Ing. Janem Kuncem. Z uvedeného zdroje rovněž pochází fotodokumentace z výstavby teplárny ORC v Trhových Svinech.

Teplárna na biomasu s technologií ORC – Trhové Sviny

Město Trhové Sviny, ležící v Jihočeském kraji v nadmořské výšce 458 m, je vstupní branou do Novohradských hor. Žije zde zhruba 4800 obyvatel.



K slavnostnímu spuštění nového zdroje tepla s jednotkou ORC došlo za účasti ministra životního prostředí pana Libora Ambrozka ve čtvrtek 3. listopadu 2005.

Historie centrálního zásobování teplem ve městě Trhové Sviny sahá do roku 1977, kdy se začalo s budováním soustavy CZT. Hlavním zdrojem tepla byla výtopna spalující hnědé uhlí s celkovým tepelným výkonem 12 MW_t. V letech 1993 - 1997 byly hnědouhelné kotle postupně nahrazovány kotli plynovými o celkovém tepelném výkonu 8,73 MW_t. Tepelné hospodářství města Trhové Sviny s.r.o., jež je provozovatelem centrální kotelný, hledalo způsob zajištění vhodného alternativního zdroje tepla, a proto byl koncem roku 1999 spuštěn kotel na spalování biomasy (dřevní štěpka, piliny, kůra) o tepelném výkonu 2,5 MW_t, na který mimochodem město získalo dotaci od České energetické agentury ve výši 3 mil. Kč. Dobré zkušenosti s výrobou tepla z biomasy, zejména jeho celoroční využití, snížení provozních nákladů a v neposlední řadě do jisté míry nezávislost na dodávkách zemního plynu, vedly provozovatele k úvahám o rozšíření výroby tepla z tohoto obnovitelného zdroje. Proto byla v dubnu v roce 2004 zahájena instalace dalšího kotle na spalování biomasy, tentokrát s využitím biomasy při společné výrobě tepla a elektrické energie se systémem ORC. V současné době jsou v teplárně instalovány tyto hlavní zdroje:

- 3 plynové kotle (3 x 2,91 MW_t), z nichž jeden je ve stavu studené zálohy
- kotel na spalování biomasy o tepelném výkonu 2,5 MW_t
- termoolejový kotel na spalování biomasy o tepelném výkonu 3,5 MW_t
- jednotka ORC o elektrickém výkonu 0,6 MW_e
- 2 plynové KJ o celkovém elektrickém výkonu 44 kW_e a tepelném výkonu 90 kW_t

Rozvod tepla, provedený pomocí dvoutrubkového předizolovaného potrubí, byl z původní délky 5,3 km rozšířen v rámci instalace technologie ORC na současných 8,4 km.

V provozu teplárny mají prioritu oba kotle spalující biomasu, přičemž maximální roční využití se předpokládá u termoolejového kotle, který je zdrojem tepla pro jednotku ORC. Jako špičkové zdroje v dodávce tepla slouží dva plynové kotle (palivo zemní plyn). Principiální skladba jednotlivých celků je totožná jako u předchozích dvou instalací (Lienz, Třebíč), liší se pouze v některých částech.

Dávkování paliva z denního skladu paliva do termoolejového kotle je zabezpečeno přesuvným hydraulickým dopravníkem, rošt kotle je šikmý posuvný s přívodem spalovacího vzduchu pomocí spalínových ventilátorů.



Obr.1 - Instalace kotle termoolejového kotle na biomasu



Obr.2 - Pohled do spalovací komory (posuvný rošt) po usazení a před instalací vyzdívky

Spaliny z kotle proudí přes olejový výměník, ekonomizéry oleje a vody do odlučovače tuhých částic (multicyklonu) a následně do komína. Před vstupem do komína mají teplotu cca 200 °C. Odvod popela ze spalovací komory do venkovního kontejneru zajišťuje dopravník popele.

Kogenerační jednotka ORC pracuje na principu popsaném v předchozí kapitole. Její elektrický výkon je 0,6 MW_e. Termoolej předeřtý v olejovém ekonomizéru (spaliny/termoolej) a v olejovém výměníku kotle ohřátý na 300 °C je zavedený buď do výparníku jednotky ORC nebo do výměníku přímého ohřevu topné vody (podle potřeby) a dále zpět do olejového ekonomizéru. Havarijní chlazení okruhu termooleje je řešeno pomocí nádoby s trubkovým výměníkem termoolej/voda s přímým odparem vody z této nádoby do okolního prostředí. Systém zapojení okruhu topné vody kogenerace je oddělen od ostatního topného teplovodního systému kotelný hydraulickým vyrovnávačem dynamických tlaků. V teplárenském režimu provozu (jednotka ORC je mimo provoz) je ohřev topné vody zajišťován pomocí výměníku termoolej/voda a dále přes výměník spaliny/voda (vodní ekonomizér). Regulace se provádí na straně termoolejového okruhu.



Obr.4 - Instalace olejového a vodního ekonomizéru

V elektrárenském režimu provozu (jednotka ORC je v provozu), je topná voda vedena od hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků přes dochlazovací výměník (teplota topné vody 60 °C) do kondenzátoru jednotky ORC, kde se ohřívá na teplotu cca 80 °C. Dále je topná voda vedena přes vodní ekonomizér, kde se dohřívá na požadovanou teplotu, zpět do hydraulického vyrovnávače dynamických tlaků a odtud k odběru do topné sítě. Teplota topné vody na výstupu z vodního ekonomizéru je regulována škrcením na straně spalín. Maximální teplota topné vody do okruhu topné sítě je 110 °C.



Obr.5 - Instalace modulu ORC



Obr.6 - Pohled na vlastní turbínu jednotky ORC

Jelikož je nutné při provozu jednotky ORC udržovat teplotní spád topné vody na kondenzátoru 80/60 °C, je v okruhu topné vody vložen dochlazovací výměník, který udržuje teplotu topné vody před vstupem do kondenzátoru pod 60 °C. Tento výměník je zapojen ve vloženém okruhu s nemrznoucí směsí, jehož chlazení zajišťují výměníky vzduch/nemrznoucí směs s axiálními ventilátory.

Na uvedeném informačním serveru www.tzb-info.cz rovněž najdete podrobnější popis technického principu i další článek ze dne 26. 11. 2005 - **ORC technologie v Trhových Svinech**, který je zpracovaný Ing. Miroslavem Bílým z pohledu generálního projektanta celé stavby. Tento text technicky přesně doplňuje, upřesňuje a rozvíjí výše uvedené pasáže. Svým rozsahem však již překračuje rozsah i náplň téhle práce, proto pouze pro případné zájemce uvádím odkaz ke stažení.

Tabulka měrné investiční náročnosti jednotlivých systémů a ORC

Název projektu	Výkon e. (MW)	Výkon t. (MW)	Investice do zdroje (Kč)	Měrné investiční náklady (Kč/kWe.)
IROMEZ - Pelhřimov	1	4,9	85 000 000	85 000
ORC – Třebíč – sever	1	6,6	120 000 000	120 000
ORC- Trhové Sviny	0,6	3,5	85 000 000	141 000

Investor systému ORC v Trhových Svinech zveřejnil i strukturu financování (50 % - dotace SFŽP, 30 % - půjčka SFŽP, 10 % - vlastní zdroje, 10 % - dotace Rakousko), která ukazuje nutnost použití různých dotačních titulů. K investici do zdrojové části a samotné technologie je nutné připočítat dalších cca 10 mil. Kč do teplovodních rozvodů, které již v Třebíči i Pelhřimově byly vybudovány z dřívějšího období, ale i tak bylo všude nutné investovat do budov, skládky paliva i mechanismů zajišťujících přípravu paliva. Tabulka na následující straně v případě systémů ORC uvádí orientační celkové investiční náklady.

Tabulka uvádí porovnání s podobnou ORC teplárnou v Třebíči, která byla první spuštěnou realizací ORC technologie v ČR a s teplárnou v rakouském Lienzu

			Stadtwärme Lienz	ORC teplárna Třebíč	Teplárna Trhové Sviny
Palivo			dřevní štěpka	dřevní štěpka	dřevní štěpka
Tepelný výkon kotle		MWt	5,8	6,6	3,5
Výkon jednotky ORC	tepelný	MWt	4,65	5,38	2,8
	elektrický	MWe	1	1	0,6
Účinnost zařízení při jm. výkonu	tepelná	%	80	80,5	80
	elektrická	%	18	17	17,1
Roční využití jednotky ORC		hod/rok	7200	5500	7000
Dodávka tepla z biomasy *		MWh/rok	60000	35800	8400
Dodávka el. energie z biomasy		MWh/rok	7200	5500	4200
Průměrná cena paliva		Kč/t	1250	720	350
Celková investice **		mil. Kč	231	194	115
Uvedení do provozu		rok	2003	2005	2005
Celkový tepelný výkon teplárny ***		MWt	24,5	44,4	14,8
Délka rozvodů SCZT		m	37500	14700	8400

Tabulka porovnání technických parametrů jednotlivých realizací

- u teplárny Lienz se jedná o teplo vyrobené z obou kotlů na biomasu
- ** obtížně porovnatelné, obsahují různé technologické části a stavební objekty
- *** jedná se o celkový instalovaný tepelný výkon všech spalovacích zařízení



Celkový pohled na Městskou teplárnu Lienz

ORC Teplárna TTS Třebíč – Sever

Dne 2. 6. 2005, týden po slavnostním uvedení do provozu modulu ORC v třebíčské teplárně „sever“, jsem se zúčastnil vzdělávacího semináře ***Možnosti výroby elektřiny z biomasy v podmínkách ČR***. Spolupořadatelem uvedené vzdělávací akce bylo Sdružení pro biomasu CZ – BIOM. Od přednáškového pultu se nesla celá řada chvalořečí i chvalozpěvů z úst politiků i odborníků. (Akce probíhala ve velkém sále třebíčského divadla.) Součástí programu byla také prohlídka čerstvě spuštěného modulu ORC. Co se týká historie a postupného budování teplárny, zástupce provozovatele uvedl:

Geneze třebíčské teplárny, která by se dala z pohledu zdrojů paliv charakterizovat slovy “od uhlí přes plyn k biomase”, je v mnohém poučná. Zajímavostí je mimo jiné její postupná modernizace, optimalizace a doplňování technologie teplárny zařízeními převážně tuzemského (a přímo třebíčského) původu a současně i promyšlená strategie využívání několika druhů paliv s postupným nárůstem podílu energetické biomasy.

Historie kotleny sahá do roku 1987, kdy byla uvedena do provozu jako tepelný zdroj spalující tuhá paliva pro areál učiliště ČEZ JE Dukovany. Pro potřeby učiliště však byla kotelna několikanásobně výkonově předimenzována (stejně jako další, postupně rušené kotelny ve městě), a proto došlo v roce 1991 k jejímu odstavení a k plynofikaci areálu učiliště. Třebíčská společnost TTS energo tento areál (budovu kotleny, komín a plochu pro skládku paliva) s demontovanou technologií v prosinci roku 2000 zakoupila a začlenila ho do svého projektu koncepce zásobování teplem a TUV v severní části Třebíče (pro lokality Hájek, Nové Dvory, Brněnská). Od počátku byl projekt koncipován jako vícepalivová ekologická teplárna.

V následujících letech pak byly v kotelně postupně instalovány dva kotle na spalování zemního plynu o celkovém tepelném výkonu 10 MW_t, a v lednu 2002 i první kotel na spalování biomasy o tepelném výkonu 3 MW_t. Dále byly instalovány dvě kogenerační jednotky na zemní plyn o celkovém tepelném výkonu 0,4 MW_t, a celkovém elektrickém výkonu 0,272 MW_e.

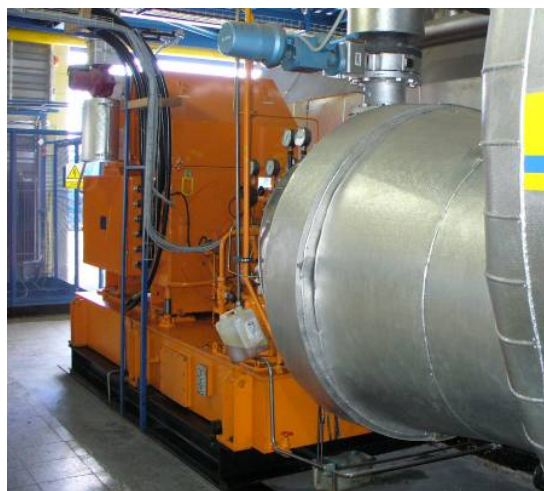


V lednu roku 2005 byl spuštěn termoolejový kotel na spalování biomasy o tepelném výkonu 7 MW_t, který je využit pro současný ohřev pracovní látky okruhu ORC. Po zkušebním provozu byla jednotka 1. června oficiálně spuštěna. Provedení a zapojení termoolejového kotle na spalování biomasy umožňuje kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie nebo pouze výrobu tepla, kdy je veškeré teplo z termoolejového okruhu vedeno přes paralelní výměník olej/voda a přes vložený okruh voda/voda do systému centrálního zásobování teplem. Denní výkyvy v potřebě tepla a teplé vody bude překonávat zásobník o objemu 1.800 m³, což umožní plynulý chod kogenerační jednotky ve stálém režimu.

Nebude se již podrobně věnovat technickému popisu, protože je dostatečně uvedený v předchozích kapitolách, pokusím se však zachytit „dojem“, který se mi z návštěvy uvedeného zdroje zchoval. Při prohlídce teplárny ORC jsem se nemohl zbavit pocitu, že je to taková malá „atomová katedrála“³. K navození tohoto dojmu přispěly hlavně všudypřítomné vibrace a velikost celé stavby. Jen akumulací zásobník, který vyrovnává disproporci mezi spotřebou tepla ve městě a výrobou ve zdroji, má objem 1.800 m³ (válec vpravo na fotografii z předchozí strany). Intenzita vibrací byla místy tak silná, že evokovala mnohem dříve realizovanou návštěvu strojovny turbogenerátorů Jaderné elektrárny v Dukovanech.

V každém případě zmíněná velkolepost zanechala dojem nejen ve mně, ale patrně i v duších politiků, novinářů i dalších odborníků, proto je možné zaznamenat pozitivní, mnohdy vysoce kvalifikované ohlas reagující na technologii ORC. Právě velikost, která si vynucuje nutnost budování dlouhých rozvodů CZT i nutnost shromáždění velkého množství paliva na jedno místo, může být z jistého úhlu pohledu tím největším problémem pro svoji zranitelnost. V dalších kapitolách si proto ukážeme další, mnohem menší systémy, použitelné pro decentralizovanou výrobu elektrické energie a tepla, které vykazují vyšší energetickou účinnost i nižší měrné investiční náklady.

Pohled na energetické srdce teplárny ORC sever v Třebíči - turbínu pracující na páry silikonového oleje a elektrický generátor s vyvedením el. výkonu 1 MW.



V regenerátoru silikonového oleje je uloženo 3,5 km žebrových trubek o průměru 16 mm

³ Někdy v sedmdesátých nebo osmdesátých letech byl natočen celovečerní budovatelský film – ATOMOVÁ KATEDRÁLA, který se odehrával v prostředí staveniště dukovanské jaderné elektrárny. Pamatuji si z něj tuny betonu, oceli, nějakou rodinnou epizodu. Hlavní myšlenkou ale byla vládou sledovaná stavba – výstavba elektrárny.



Strojovna oběhových čerpadel (sběračů a rozdělovačů) vícepalivového zdroje tepla TTS o celkovém tepelném výkonu 44,4 MW.

Podle vyjádření odborníků je považováno 20.000 tun biomasy ročně shromážděných na jenom místě za ekologicky, logisticky a ekonomicky limitní množství paliva. Uvedené systémy v Třebíči, Trhových Svinech i Pelhřimově tento limit splňují, čímž si ještě zachovávají přijatelné měřítko. Ovšem dostat 100.000 tun biomasy ročně na jedno místo je již větší logistický problém⁴, který s úspěchem zvládají pouze směrem na západ od našich hranic, kde existují teplárenské systémy na biomasu o podstatně vyšších výkonech.



Obrázek vpravo dokumentuje málo známého výrobce pneumatik, kterým je společnost NOKIA, která ve Finsku v minulosti začínala jako dřevařská firma.

⁴ Ing. Miroslav Šafařík – Předseda sdružení CZ-BIOM, mezinárodní konference OZ v energetice sídel dne 6. 11. 2007.

Jak se biomasa z lesa do kotelny dostává

V Třebíči biomasu svážejí z okruhu několika desítek km. Většinou se jedná o odpad z lesní těžby. K tomuto účelu provozují mobilní linku na přípravu dřevní štěpky. Linka využívá 2 deponie, kde lesníci průběžně shromažďují odpadní biomasu pocházející z lesní těžby. Linka zpracuje denně v průměru 200 prn (prostorový metr) biomasy. Vstupní „tlamu“ představuje otvor o rozměru 100*70 cm. Štěpkovač pohání spalovací motor o výkonu 300 hP. Součástí linky je odvozní souprava velkoobjemových kontejnerů 2x40 prn na vozidle TATRA. Za zmínku stojí, že na pasece v lese je cena biomasy 25 Kč/prn. Shrnutí a vyvezení klestu vyjde na 90 Kč/prn, štěpkování stojí 90 Kč/m³ a doprava do 60-ti km dalších 60 Kč/prn. Celkově jsou tedy přímé náklady na jeden prn dřevní biomasy cca 265 Kč. Třetinu ceny dřevní štěpky představuje lidský faktor. Celou obsluhu linky zajišťují 3 lidé. Někdy připraví pouze 2 kontejnery paliva, jindy 8, v průměru však produkují 5 kontejnerů denně. Celková efektivita však závisí na jejich souhře a harmonické spolupráci. Skládka paliva u teplárny se rozprostírá na ploše 4.300 m². Před nástupem topné sezony zde bývá uskladněno cca 70 tun paliva, vesměs pocházejícího z okolních dřezpracujících podniků a lesů. Podávání paliva do denního zásobníku, který je vybaven hydraulicky posuvnou podlahou, zajišťuje kolový nakladač lžící o objemu 6 m³.



Malé velké, větší, menší nebo ještě menší energetické systémy?

Často na různých konferencích a seminářích slýchávám, že malé energetické systémy mají vysokou investiční náročnost a nízkou provozní účinnost, což pochopitelně platí o parních turbínách, proto je nutné stavět ty „velké a ještě větší věci“. Předchozí stránky jsou tedy z výkonnostního pohledu reprezentantkou té „nejtěžší a těžké“ váhové kategorie, i když pro využití fosilních paliv existují systémy mnohem větší. Pro spalování uhlí v tepelné elektrárně Mělník pracuje kotel s více než dvojnásobnou výškou a desetinásobným výkonem. Ale i ten představuje jen ¼ výkonu jaderné elektrárny Temelín. Tím se ale investiční příležitost výrazně zužuje na několik subjektů spočitatelných na prstech jedné ruky, protože pro již dříve uvedené příklady tepláren ORC budete muset v případě jejich instalace z portmonky vytáhnout více než 100 milionů korun. Pokud si budete chtít postavit jeden blok Temelína, přichystejte si zhruba 100 miliard korun. Pravdou je, že u velkých energetických systémů se výrazně snižují měrné investiční náklady. To nejlevnější ale ještě nemusí znamenat nejvýhodnější a zdaleka ne nejlepší. „Lacený, dvakrát placený“ - praví lidové rčení. Jak je to se skutečnou „cenou“ za energie, se dozvíme ve filosofickém zamyšlení v závěrečné části práce. Kdo chce mít jasno hned, musí přeskóčit na stranu 111, kde jsou uvedeny tzv. [externality](#).

Setkal jsem se s názorem, že spalování biomasy ve velkých kondenzačních elektrárnách je omyl.⁵ Jak ale naznačuje výpočet „plyšového medvídky“ v úvodu této práce, platí to pro spalování obecně.



Z pohledu energetické účinnosti však existují nové, mnohem účinnější decentralizované systémy, o kterých zatím příliš neslýcháme. Pokud ano, tak s mnohdy nedůvěřivým až pejorativním zabarvením. Výkonově jsou mnohem menší, pro budoucí uživatele ale mnohem dostupnější, neboť elektřina vzniká v místě své spotřeby. Je tedy čas si podrobněji vysvětlit termín kogenerace. Po vysvětlení obecného principu kogenerace nás čeká výkonnostní veletoč od těžké a středně těžké „váhové kategorie“ k „lehké muší“ výkonnostní kategorii. Z hlediska energetické účinnosti se však jedná o „královskou disciplínu“, která ve smyslu v úvodu zavedeného členění vykazuje nejvyšší doposud dosažitelný teplárenský modul, nejvyšší míru energetické účinnosti. Z technického hlediska tedy půjde o kogeneraci, i když její pohonné jednotky v oblasti mikrokogenerace budou různé. Celou kapitulu o mikrokogeneraci nás bude provázet přesně definovaná energetická účinnost všech použitelných systémů.

⁵ Vztah mezi úsporami energie a využitím OZE - Karel Murtinger - Alternativní energie AE 5/2007.