

Analýza energetické bilance v teplárně a návrh na inovaci

A. Kaplan

Katedra elektroenergetiky a ekologie, Fakulta elektrotechnická, ZČU v Plzni,
Univerzitní 26, Plzeň

E-mail : akaplan@kee.zcu.cz

Anotace:

Tento článek je zaměřen na energetickou bilanci teplárny v Plzni v České republice. Článek obsahuje základní technické parametry teplárny a diagramy průměrné energetické bilance za rok 2010. Analýza je zaměřena na spotřebu primárních zdrojů, vlastní spotřebu elektrické energie a ztráty ve výrobě tepla a elektřiny. Článek dále zmiňuje inovaci, která vede ke zvýšení účinnosti teplárny. Tato část se zabývá výhodami a nevýhodami průtokoměrů, které mohou být použity pro měření průtoku páry. Závěr obsahuje návrh neefektivnější a neekonomičtější varianty pro provoz.

Abstract:

This article is focused on energy balance of cogeneration power plant in Pilsen in the Czech Republic. Basic parameters of this power station are described and diagrams of average power balance in 2010 are presented. This analysis is focused on consumption of primary fuels, self-consumption of electrical energy and losses in generation of heat and electrical energy. One possible innovation is mentioned, which should lead to higher efficiency of power plant. This part is focused on advantages and disadvantages of flowmetres, which can be used for measurement of steam flow. Finally, the optimal system for more effective and economic operation of this station is presented.

ÚVOD

Plzeň je největším městem v západních Čechách s dvěma teplárnami (Plzeňská teplárenská, Plzeňská energetika). Tyto dva zdroje jsou velmi důležité pro dodávku energií v Plzni. Tento článek popisuje výkonnější z nich – teplárnu Plzeňské teplárenské a.s.

Energetické bilance jsou důležité pro návrh inovací, které vedou k efektivnějšímu a ekonomičtějšímu provozu.

TECHNICKÉ PARAMETRY TEPLÁRNY

Hlavní technologie teplárny je rozdělena do dvou částí – kotelnu a strojovnu. Základní parametry kotelny jsou popsány v Tabulce 1.

Tab. 1: Základní parametry kotelny.

Typ kotle	Výkon	Účinnost	Začátek výroby
2x horkovodní kotel K2,3	69,6 MWt	81%	1976
2x vysokotlaký kotel K4,5	256 MWt	86%	1986
1x vysokotlaký kotel K6	135 MWt	92%	1992
1x vysokotlaký kotel K7	35 MWt	91%	2010
6 kotlů	495 MWt		

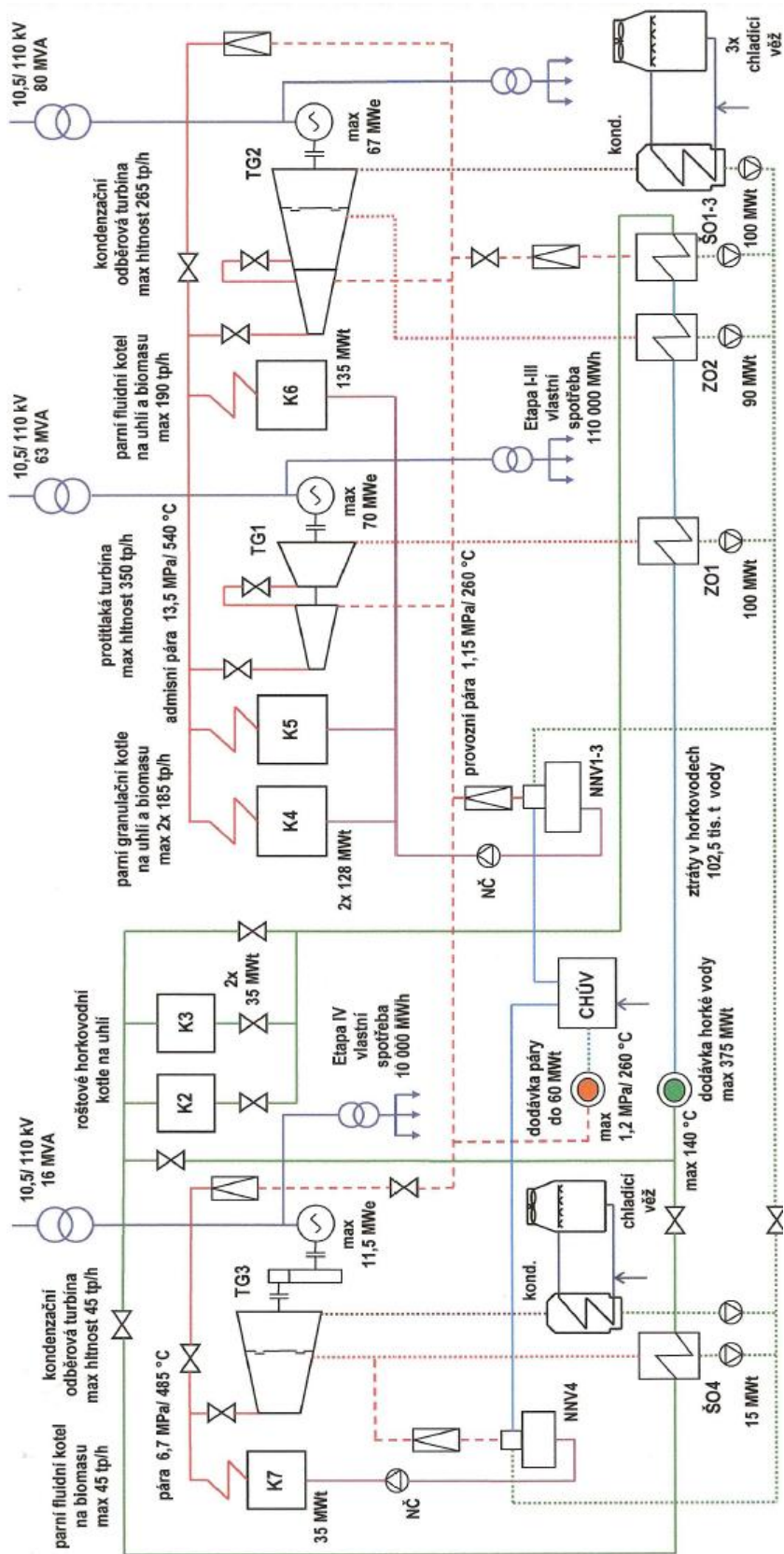
Celkový tepelný výkon kotlů je téměř 0,5GWt. Kotle K2 a K3 používají jako palivo hnědé uhlí. Tyto dva kotle jsou spuštěny pouze v zimním období, když

je potřebný tepelný výkon pro vyrovnávání špiček zatížení tepelné zátěže během dne. Vysokotlaké kotle K4 a K5 také používají hnědé uhlí jako palivo. Tyto kotle však slouží (kotle K6 a K7 také) k výrobě páry pro strojovnu. K6 spaluje hnědé uhlí spolu s biomasou a K7 je navržen pouze pro spalování biomasy. Kotle K4, K5 a K6 vyrábí páru do parního kolektoru, který je společný pro dvě turbíny TG1 a TG2. Tato část pracuje jako jeden blok. K7 vyrábí páru pouze pro turbosoustroj TG3 a fungují tak jako samostatný zelený blok. Základní parametry strojovny jsou v Tabulce 2.

Tab. 2. Základní parametry strojovny

Turbína	Výkon generátoru	Tlak admisní páry	Teplota admisní páry
Parní turbína TG1	55 MWe	13,3 Mpa	535 °C
Parní turbína TG2	50 MWe	13,3 Mpa	535 °C
Parní turbína TG3	11,5 MWe	6,6 Mpa	485 °C
3 turbíny	116,5 MWe		

Primární energie uložená v chemických vazbách paliv je v kotlích přeměněna na tepelnou energii páry. Pára pohání lopatky v turbínách, kde se mění tepelná energie na energii kinetickou. Turbína otáčí rotorem generátoru, kde je poslední změna formy energie na elektrickou energii. Elektřina je zapojena do 110kV distribuční sítě v Plzni. Tepelná energie pro teplofikační soustavu je zajištěna z odběrů turbín, horkovodních kotlů K2, K3 a redukčními stanicemi. Transformační schéma provozu je zobrazen na obrázku 1. [1-4,7]

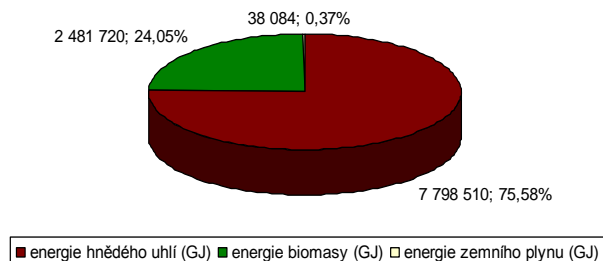


Obr. 1: Transformační schéma provozu Plzeňská teplárenská a.s. [7]

ENERGETICKÁ BILANCE TEPLÁRNY

Energetická bilance primárních paliv

Proces přeměny energií v teplárně začíná spotřebou primárních paliv. Graf poměrné spotřeby paliv za rok 2010 popisuje Obrázek 1.



Obr. 2: Spotřeba primárních paliv Plzeňské teplárenské za rok 2010

Hmotnost biomasy spotřebované za rok 2010 je přibližně 200 000 tun. Hnědého uhlí bylo použito přibližně 500 000 tun. Posledním palivem pro najíždění a stabilizaci kotlů je zemní plyn. Pouze kotel K7 nepoužívá zemní plyn pro stabilizaci, protože by tímto ztratil status obnovitelného zdroje, který je nezbytný pro vyplácení zelených bonusů.

Energetická bilance teplárny

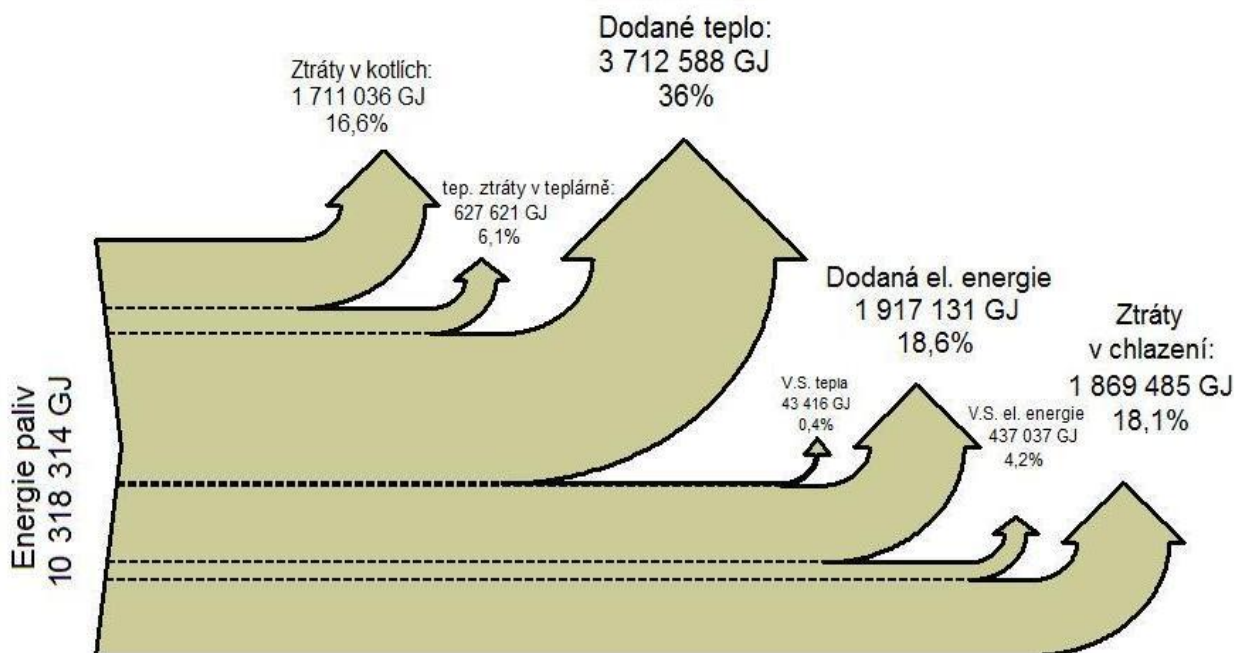
Energie primárních paliv je transformována na tepelnou energii pro teplofikační soustavu a na

elektrickou energii. Tato bilance je popsána na Obrázku 2.

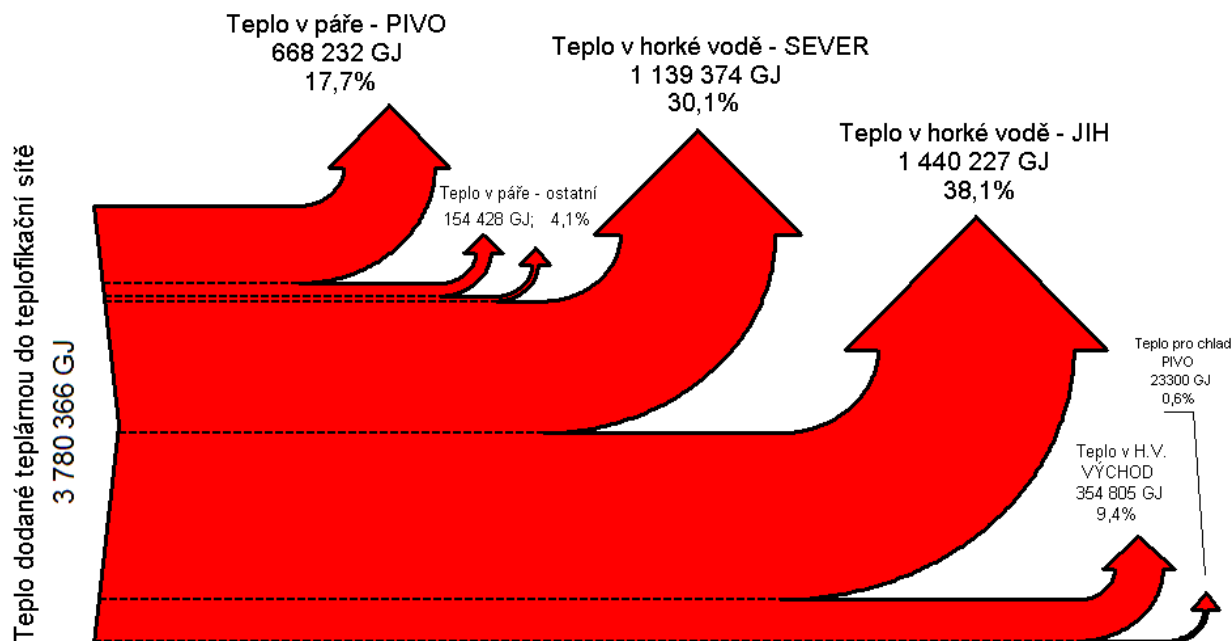
Ztráty v provozu jsou přibližně 40%. Tato hodnota se skládá ze ztrát v kotlích, kondenzátorech a tepelné ztráty v teplárně. Přibližně 4,6% celkové energie připadá na tepelnou a elektrickou vlastní spotřebu. Obrázek 3 prezentuje střední průměrnou hodnotu za rok 2010. Účinnost v zimním období dosáhla až 73%. Naopak v letním období klesla až na 45%. Důvodem lepší účinnosti v zimě je vysoký odběr tepla a tím pádem velké dodávky tepelné energie do teplofikační sítě. Hodnota dodaného tepla v grafech na obrázku 3 a na obrázku 4 se liší o 67778 GJ. Je to způsobeno tím, že na obrázku 3 je uvedená hodnota dodaného tepla do teplofikační sítě odečtená o energii vratné vody ve studené větvi. Hodnota celkového dodaného tepla na obrázku 4 je teplo na výstupu z teplárny do sítě.

Energetická bilance teplofikační soustavy

Teplofikační soustava Plzeňské teplárenské je rozdělena do několika částí. Teplo je do města dodáváno horkovody a parovody. Pára je dodávána do pivovaru nedaleko teplárny a dalším odběratelům (parovod DEPO a MOVO). Horkovody jsou rozděleny do tří částí (Sever, Jih a Východ). Posledním horkovodním výstupem je krátká trasa horkovodu přímo do pivovaru. Tato část je využita přímo pro systém chlazení v pivovaru. Rozdělení tepla jednotlivých popsanych částí soustavy popisuje Obrázek 4. [1-3]



Obr. 3: Energetická bilance teplárny za rok 2010



Obr. 4: Rozdělení distribuce tepla částmi teplofikační soustavy

Vlastní spotřeba

Důležitou hodnotou tepláren je vlastní spotřeba elektrické energie. Jsou to zařízení a spotřebiče potřebné pro provoz teplárny. Mezi nejdůležitější stroje patří horkovodní čerpadla (5,8 MW), napáječky kotlů (8,88 MW), kouřové ventilátory (4,54 MW) a uhelné mlýny (2,1 MW). Celková hodnota elektrického výkonu je 26 MW, což odpovídá 22% celkovému výkonu všech generátorů. [1]

NÁVRH INOVACE

Teplárna Plzeňské teplárenské má problémy s měřením objemového průtoku admisní páry na turbíny. Stávající měření je založeno na měření tlakového spádu před a za škrticím prvkem. Se stářím zařízení jsou prvky obroušené a měření není přesné. Další nevýhodou je samotný princip měření – tedy tlaková ztráta. Cílem práce bylo najít moderní způsob měření admisní páry. Tabulka 3 obsahuje základní požadavky pro měřidla.

Tabulka 3: Požadavky na nový průtokoměr.

	Parovod pro TG1,2	Parovod pro TG3
Teplota (°C)	535	485
Tlak (MPa)	13,3	6,6
Průtok (tuna/hodina)	Max. 350	Max. 49
Průměr parovodu	TG1: DN 200 TG2: DN 250	DN 200

Problémy měřidel s takto vysokými parametry jsou především v přehřívání čidel a tím pádem se zvyšující se nepřesností. Mezi kandidáty na tuto aplikaci patří například indukční průtokoměry, které

však v těchto podmínkách trpí přehříváním cívek. Další osvědčenou metodou je měření tlakového spádu v parovodu při účasti škrticího členu (dýza, venturiho trubice apod.). Tento princip, ačkoliv je používán a jsou s touto technologií zkušenosti, stále disponuje tlakovou ztrátou.

Na základě těchto požadavků byl jako nejlepší varianta vybrán ultrazvukový průtokoměr, který může být provozován až do tlaku 25MPa a teploty 540°C. tento průtokoměr pracuje na základě měření doby průchodu akustické vlny prostředím. Přesnost měřidla je 1%. Účinnost teplárny s tímto principem měřidla může podle odhadu vzrůst o 1% díky přesnějšímu on-line měření průtoku páry. Díky tomu lze ovládním škrticích klapek na parovodech před turbínami dojít k úspoře, tím že admisní pára bude efektivněji využita a přebytečná pára bude moci být využita například pro ohřev horké vody do systému zásobování tepla. [5, 6]

LITERATURA

1. Severýn, Karafiát, Smolík, Shramm, *Energetický audit centrálního zdroje tepla a elektrické energie*, Plzeňská teplárenská a.s., Praha 2010 (interní dokument).
2. Vostracký, Pašek, Šnajdr, Milčák, Polivka, Kadera, *Analýza spotřeby energií v Plzeňské teplárenské a.s.*, Plzeň 2007 (interní dokument).
3. Vostracký, Pašek, Šnajdr, *Energetická bilance teplárny Plzeňská energetika*, Plzeň 2005 (interní dokument).
4. Matoušek Antonin, *Výroba elektrické energie*, VUT Brno (interní dokument).
5. Bejček, Ďaďo, Platil: *Měření průtoku a hladiny*, BEN – Technická literatura 2005, ISBN 80-7300-156-X.
6. Orliková Soňa: *Měření průtoku – principy měření*, Brno 2008 (interní dokument).
7. Jirů Václav: *Informativní schéma centrálního zdroje kombinované výroby elektřiny a tepla Plzeňské teplárenské a.s.*, Plzeň 2010