VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ENERGETICKÝ ÚSTAV

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
ENERGY INSTITUTE

OPTIMALIZACE PROVOZU KOTELNY BRNO-BYSTRC

OPTIMIZING BOILER OPERATION BRNO-BYSTRC

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE — Bc. LUCIE DRAHOKOUPILOVÁ
AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — doc. Ing. JAN FIEDLER, Dr.
SUPERVISOR

BRNO 2010

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Energetický ústav
Akademický rok: 2009/10

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Drahokoupilová Lucie, Bc.

který/která studuje v **magisterském studijním programu**

obor: **Energetické inženýrství (2301T035)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Optimalizace provozu kotelny Brno-Bystrc

v anglickém jazyce:

Optimizing boiler operation Brno-Bystrc

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Optimalizace provozu palivového hospodářství kotelny s 2 kotly na biomasu a 4 na zemní plyn v provozu Brno-Bystrc, podniku Teplárny Brno.

Cíle diplomové práce:

-Analýza současného stavu kotelny Teyschlova Brno-Bystrc
-Tepelné výpočty spotřeby paliva provozu kotelny
-Optimalizace provozu palivového hospodářství kotlů na biomasu
-ekonomické porovnání s původním stavem
-Závěr: doporučení provozovateli

Seznam odborné literatury:

Budaj, F.: Podklady pro tepelný výpočet kotle -skripta VUT
Ochrana,L.:Teplárenství, TSCR Pardubice, 1997
firemní literatura Teplárny - Brno

Vedoucí diplomové práce:doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne

L.S.

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ DĚKANÁT

doc. Ing. Zdeněk Skála, CSc.
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Obsahem diplomové práce je optimalizace palivového hospodářství kotelny v Brně-Bystrci. V práci je řešena úprava dopravní cesty paliva do kotlů a zvětšení kapacity skladu.

Klíčová slova

štěpka, kotel, sklad, dopravník, Teplárny Brno

Abstract

Content of the thesis is to optimize fuel economy boiler in Brno-Bystrc.
The work is designed adjustment Infrastructure fuel in boilers and increase storage capacity.

Key words

chips, boiler, storage, conveyer, Teplárny Brno

Bibliografická citace

DRAHOKOUPILOVÁ, L. Optimalizace provozu kotelny Brno-Bystrc.
Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 42 s.
Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Jan Fiedler, Dr.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně bez cizí pomoci. Vycházela jsem při tom ze svých znalostí, odborných konzultací, literatury a podkladů, které jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

V Brně dne 28.05.2010 . . . . . .
podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala panu doc. Ing. Janu Fiedlerovi, Dr za vedení mé diplomové práce. Dále děkuji panu Petru Žákovi za jeho cenné rady, připomínky a poskytnutí informací o provozu Brno-Bystrc.

OBSAH

1. ÚVOD 8
2. TEPLÁRNY BRNO, A.S. 9
2.1. Historie 10
2.2. Provozy společnosti 11

3. PROVOZ BYSTRC – TEYSCHLOVA 14
3.1. Popis současného stavu 15
3.2. Technologie kotelny 15
3.3. Dispoziční uspořádání 20
3.4. Kotle na biomasu 20
3.4.1. Kotel Multivalent 21
3.4.2. Kotel Vesko-B 23
3.5. Kotle na zemní plyn 25
3.6. Sklad paliva 26

4. TECHNICKÉ PARAMETRY A VÝPOČTY 27
4.1. Dodavatel paliva a způsob dopravy 27
4.2. Velikost skladovací plochy 27
4.3. Výroba tepla 28
4.4. Spotřeba paliva 29
4.4.1. Spotřeba dřevní štěpky 29
4.4.2. Spotřeba zemního plynu 32
4.5. Pohon dopravníku 33

5. OPTIMALIZACE PROVOZU PALIVOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ 34
5.1. Úprava skladovacích prostor 34
5.2. Změna dopravní cesty paliva 34

6. EKONOMICKÉ PARAMETRY A VÝPOČTY 36
6.1. Náklady na provoz kotlů na biomasu a zemní plyn 36
6.2. Provozní náklady 36
6.3. Současný stav 38
6.4. Navrhované řešení 38
6.5. Ekonomické porovnání se současným stavem 38

7. DOPORUČENÍ PROVOZOVATELI 40
8. ZÁVĚR 44
9. POUŽITÁ LITERATURA 42

1. Úvod

Diplomová práce se zabývá optimalizací provozu palivového hospodářství kotelny na biomasu a zemní plyn v Brně Bystrci. Jedná se především o úpravu skladovacích prostor dřevní štěpky a návrh nové dopravní cesty paliva.

Cílem této práce je popis a analýza současného stavu kotelny a navrhnout vhodnější řešení skladu paliva a dopravníku dřevní štěpky. Dále pak provést tepelné výpočty spotřeby paliva provozu kotelny, optimalizovat provoz palivového hospodářství kotlů na biomasu a provést ekonomické porovnání navrhovaných úprav s původním stavem.

V práci je nejprve představena společnost Teplárny Brno, a.s., které provoz patří, její historie a krátký popis dalších zdrojů, provozovaných společností. Popis současného stavu kotelny a bližší seznámení se s provozem Bystrc je uveden v další kapitole práce.

V následující kapitole jsou uvedeny technické parametry a výpočty množství skladovaného paliva. Je zde uvedena výroba tepelné energie a spotřeba paliva zapsaná do tabulek a následně znázorněna v grafech.

V páté kapitole je provedena úprava skladu a zakreslení dopravní cesty ke kotlům na biomasu do schématu.

Šestá kapitola se zabývá ekonomickými parametry a výpočty. Jsou zde uvedeny provozní náklady a navrhované řešení porovnané se současným stavem.

2. Teplárny Brno, a.s.

Zásobování obyvatel města Brna teplem zajišťuje společnost Teplárny Brno, a.s. Systém centrálního zásobování teplem je využíván převážně pro vytápění a ohřev teplé a užitkové vody. Teplárny Brno dodávají teplo pro zhruba 92 tisíc brněnských domácností. z toho 2 600 domácností v lokalitě Bystrc. [7] [8]

Kombinovaná výroba elektrické energie a tepla má v Brně dlouhou tradici. Dnes Teplárny Brno, a.s., pokrývají asi jednu třetinu potřeby tepla ve městě. Systém centrálního zásobování teplem (CZT) je využíván především pro vytápění a ohřev teplé a užitkové vody (TUV). Centralizované zásobování teplem se v České republice začalo rozvíjet od počátku dvacátých let dvacátého století.

Akciová společnost Teplárny Brno vznikla 1. května 1992. Od roku 1985 společnost sídlí na ulici Okružní 25 v městské části Brno-Lesná. Jediným akcionářem a stoprocentním vlastníkem společnosti je statutární město Brno. [3]

Společnost podniká na základě licencí udělených Energetickým regulačním úřadem podle zákon číslo 458/2000 Sb., energetický zákon, v platném znění.

Hlavním předmětem podnikání společnosti Teplárny Brno, a.s. je:

- výroba tepelné energie,
- rozvod tepelné energie,
- výroba elektřiny,
- obchod s elektřinou.

Základní podnikatelskou náplní akciové společnosti Teplárny Brno je výroba a rozvod tepla a všechny související činnosti. Společnost nabízí nejen dodávku tepla v páře nebo horké vodě na patu objektu, ale i dodávku demineralizované vody pro sekundární rozvody, tj. pro systémy dodávek v teplé vody a ústřední vytápění. Dále poskytuje poradenskou, servisní, projekční, stavení a investiční součinnost při výstavbě či rekonstrukci energetických hospodářství, samostatných objektů či areálů, včetně těch, které jsou mimo dosah CZT.

Obr. 1 Sídlo společnosti Teplárny Brno, a.s.

Společnosti Teplárny Brno je členem Teplárenského sdružení České republiky, které sdružuje právnické osoby podnikající v teplárenství. Sdružení bylo založeno v roce 1991 za účelem podpory podnikání v oblasti zásobování teplem.

2.1. Historie společnosti

1. dubna 1929 byla zahájena výstavba teplárny na ulici Špitálka a již za 20 měsíců, přesněji 4. prosince 1930 se na teplárně na zahajuje provoz. V roce 1958 se zde začíná spalovat místo uhlí zemní plyn. Kolem roku 1963 dochází k rozsáhlému využívání zemního plynu. Začíná však být jeho nedostatek a větší těžba s sebou nese velká rizika. V teplárně se opět přistupuje ke spalování uhlí. Zatím ve směsi 1:3 se zemním plynem.

V letech 1963 až 1965 se začíná budovat sídliště na Starém Brně. K zajištění dodávek tepla do této lokality je na Starém Brně zbudována špičková výtopna, která je propojena s teplárnou na Špitálce parním napáječem. Pro zásobování sídlišť Lesná, Žabovřesky a Královo pole byla zahájena výstavba špičkové výtopny Červený mlýn. i tato výtopna je později propojena s teplárnou na Špitálce parním napáječem.V roce 1966 zahajují provoz první dva kotle i na špičkové výtopně Červený mlýn a o dva roky později i druhé dva kotle o celkovém výkonu 116,2MW.

V roce 1971 začala výstavba nového teplárenského zdroje v Brně-Maloměřicích. Roku 1975 je teplárna v Maloměřicích připojena parovodem na teplárnu na Špitálce. V důsledku nešťastné havárie v teplárně na Špitálce bylo rozhodnuto ukončení spalování uhlí a spalován je ze pouze zemní plyn.

Od 1. ledna 1976 se brněnské teplárny oddělují od JME, k.p. a mění název na Jihomoravské elektrárny, n.p. Hodonín. O rok později teplány mění pouze svou právní formu a začleňují se do koncernu ČEZ, k.p. 1. ledna 1981 se podnikové ředitelství stěhuje z Hodonína do Brna a dochází tak ke změně názvu na EJM, k.p. Brno, odštěpný závod Jihomoravské elektrárny. V roce 1985 došlo ke zprovoznění budovy správy společnosti na ulici Okružní 25 v městské části Lesná.

1. května 1992 vyčleněním majetku z ČEZ s.p. vzniká společnost Teplárny a.s. Brno. O rok později dochází ke změně názvu společnosti z původního Teplárny a.s. Brno na Teplárny Brno a.s.

V listopadu roku 1999 zahajuje provoz nově vybudovaná paroplynová teplárna Červený mlýn. V roce 2004 se realizovala výstavba by-passového komína mezi spalovací turbínu a spalinový kotel, umožňující rychlý start spalovací turbíny bez spalinového kotle.

Od 1. října 2005 jsou převedeny všechny akcie společnosti Teplárny Brno, a.s., včetně podílů minoritních akcionářů, na jediného akcionáře, a tou je společnost TEZA Holding a.s. 7. května 2008 primátor města Brna, Roman Onderka, a předsedové představenstev společností Tepelné zásobování Brno, a.s. a TEZA Holding, a.s. podepisují smlouvu o sloučení obou teplárenských společností.

S účinností od 1. června 2008 se brněnské teplárenské společnosti Teplárny Brno, a.s. a Tepelné zásobování Brno, a.s. slučují v jedinou společnost. Nástupnickou společností se stávají Teplárny Brno, a.s., na kterou přechází veškeré jmění, závazky, práva a povinnosti vyplývající z pracovně právních vztahů. Společnost Tepelné zásobování Brno, a.s. tímto dnem zaniká.

2.2. Provozy společnosti

Brněnská teplárenská soustava tvoří jednu z největších teplárenských soustav v České republice. Mimo zdrojů Tepláren Brno je do soustavy zapojena Spalovna komunálních odpadů v Brně, která dodává teplo do parní sítě tepláren. [7]

Společnost Teplárny Brno, a.s. vlastní šest provozů: [3]

- Špitálka - Špitálka 6, Brno-střed
- Brno Sever - Obřanská 60, Brno-Maloměřice a Obřany
- Červený mlýn - Cimburkova 2, Brno - Královo pole
- Staré Brno - Rybářská 4, Brno-střed
- Kamenný vrch - Svážná 27, Brno-Nový Lískovec
- Bystrc - Teyschlova 33, Brno-Bystrc

Stručná charakteristika jednotlivých zdrojů

Provoz Špitálka

Provoz Špitálka je nejstarší teplárenský zdroj, který poprvé zahájil dodávky dne 4. prosince 1930. Instalovaný tepelný výkon je 411 MWt a instalovaný elektrický výkon je 80,6 MWe. Dosažitelný elektrický výkon je 70 MWe. Palivem je zde zemní plyn odebíraný ze středotlaké přípojky Jihomoravská plynárenská, a.s. Výroba tepla je uskutečňována kombinovaných způsobem při současné výrobě elektřiny na protitlakých parních turbínách. Výška komínů je 100 m a 101 m. Chladící věž má průměr 45 m je vysoká 58,75 m a hloubka bazénu je 2,4 m. Zdroj zabezpečuje přirozené provozní a řídící centrum napojením všech hlavních parovodů systému centrálního zásobování teplem na parní rozdělovač tohoto zdroje a monitorování hlavních parametrů všech zdrojů a tepelných sítí CZT na pracoviště centrálního teplárenského dispečinku. Dodávka tepla do sítí CZT je na tomto zdroji realizována převážně v páře o parametrech 0,9 MPa, 200 °C. Zdroj kromě dodávky tepla v páře zajišťuje i dodávku v horké vodě 130/70 °C, 1,5 MPa pro lokalitu Juliánov s výkonem v zimní špičce až 20 MW_t. Na kotelně 10 MPa s parametry 9,25 MPa, 510 °C jsou tři vysokotlaké kotle spalující zemní plyn. [3]

Obr. 2 Pohled na provoz Špitálka

Provoz Brno-sever

Provoz Brno sever najdeme na ulici Obřanská 60. Vyrábí se zde teplo a elektřina kombinovaným způsobem. Provoz byl zahájen v roce 1978. Instalovaný tepelný výkon je 225 MWt a instalovaný elektrický výkon je 4 MWe. Palivem jsou zemní plyn a těžké topné oleje. Výška komínu je 217,5 m. Výstupní výkon do tepelných sítí ze zdroje Brno-sever může činit v zimním období až 195 MWt. Dodávka tepla se uskutečňuje jak v páře 0,9 MPa, 200 °C

Obr. 3 Pohled na provoz Brno-sever

do systému CZT, tak v horké vodě 130/70 °C. Na kotelně jsou k dispozici tři kotle - K 13, K 14, K 15 o výkonu 3 x 75 MWt, 3 x 115 t/h, celkem 225 MWt. Na parním vstupu pro výměníkovou stanici horkovodu Líšeň - Vinohrady je instalována parní protitlaká turbína s nejvyšším dosažitelným elektrickým výkonem 3 MWe. Výroba elektrické energie je proměnná podle zatížení výměníkové stanice. Kotle K 13, 14, 15 mají kombinované spalování s možností volby mezi zemním plynem a mazutem. Změna paliva předpokládá prostoj pro zkoušku blokád a očištění spalovací komory. Jedná se o provoz, který má možnost plné náhrady skladovatelným palivem. To je uloženo ve dvou nádržích pro 10 500 t mazutu. Při provozu na plyn se využívá vysokotlaké přípojky společnosti Jihomoravská plynárenská, a.s. [3]

Provoz Červený mlýn

Provoz Červený mlýn patří k nejnovějším z teplárenských zdrojů zbudovaných v Brně, který se svými parametry řadí mezi špičku evropských tepláren. Paroplynová teplárna Červený mlýn představuje moderní kogenerační zdroj pro kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie na bázi spalování zemního plynu nebo lehkého topného oleje. V obou případech se jedná o vysoce efektivní a ekologický způsob spalování. Navíc nová teplárna nahradila zastaralou a neefektivní uhelnou výtopnu, která již nevyhovovala požadovaným emisním limitům. Teplárna Červený Mlýn dodává tepelnou energii v páře a horké vodě do brněnského centrálního systému zásobování teplem. Provoz byl zahájen v roce 1999. Instalovaný tepelný výkon je 140 MWt. Instalovaný elektrický výkon je 95 MWe. Dosažitelný elektrický výkon je 95 MWe. Vyrábí se zde teplo a elektřina kombinovaným způsobem v paroplynovém cyklu. Výška komínů je 45 m a by-passový komín má 42,5 m. V provozu je umístěna spalovací turbína s instalovaným elektrickým výkonem 71 MWe. Pára z připojeného spalinového kotle je využívána k výrobě elektřiny v protitlaké parní turbíně o výkonu 24 MWe a dále k ohřevu vody pro napojené horkovody. K vyrovnání rozdílů mezi okamžitou dodávkou tepla a plánovaným výkonem je využíván instalovaný akumulátor horké vody. Paroplynový provoz je také certifikován k poskytování podpůrných služeb elektrizační soustavě sekundární a terciární regulaci a dispečerské 30 minutové záloze. V provozu jsou dále instalovány dva plynové horkovodní kotle o výkonu 27 MWt. [3]

Obr. 4 Provoz Červený mlýn

Provoz Staré Brno

Provoz Staré Brno je špičkový zdroj, který je druhým nejstarším v Brně. Provoz byl zahájen v roce 1964. Instalovaný výkon činní 34 MWt. Palivem je zde zemní plyn. Vyrábí se zde teplo v parních kotlích. Výška komínu je 70 m. Zásobovanými lokalitami jsou Staré Brno, oblast ulic Vídeňská a Heršpická. Provoz Staré Brno je zdrojem o celkovém instalovaném výkonu 34,0 MWt s parními středotlakými kotli 2 x 17 MWt, tj. 2 x 25 t/h, který má hlavní smysl jako špičkový zdroj pro udržení smluvních parametrů v parovodu JIH v odběrově exponovaném místě Mendlova náměstí. Část výkonu na úrovni 20 MWt je dodávána v horké vodě 130/70 °C do lokality Staré Brno – ulice Vídeňská., část výkonu na úrovni 10,8 MWt je dodávána v teplé vodě v zimě až 90 °C do lokality Brno – ulice Rybářská. [3]

Obr. 5 Provoz Staré Brno [3]

Provoz Kamenný vrch

Provoz na ulici Svážná v sídlišti Kamenný vrch byl zahájen v letech 1989 až 1990. Tepelný výkon je 23 MW_t. Palivem je zemní plyn. Vyrábí se pouze teplo. V provozu bylo původně instalováno 6 kotlů na spalování zemního plynu, každý se jmenovitým výkonem 8 MW_t. Kotle byly vyrobeny a provozovány jako parní a od roku 2001 byly upraveny na kotle horkovodní. Jejich počet byl zredukován na 4. V roce 2008 byla zahájena komplexní rekonstrukce tepelného zdroje, při které byly instalovány 3 nové kotle o celkovém výkonu 13,2 MW_t a kogenerační jednotka pro společnou výrobu elektrické a tepelné energie o výkonu 736 kW_e a 887 kW_t. Zdroj zajišťuje dodávku tepelné energie pro celé sídliště Kamenný Vrch. [3]

Obr. 6 Provoz Kamenný vrch

Provoz Bystrc

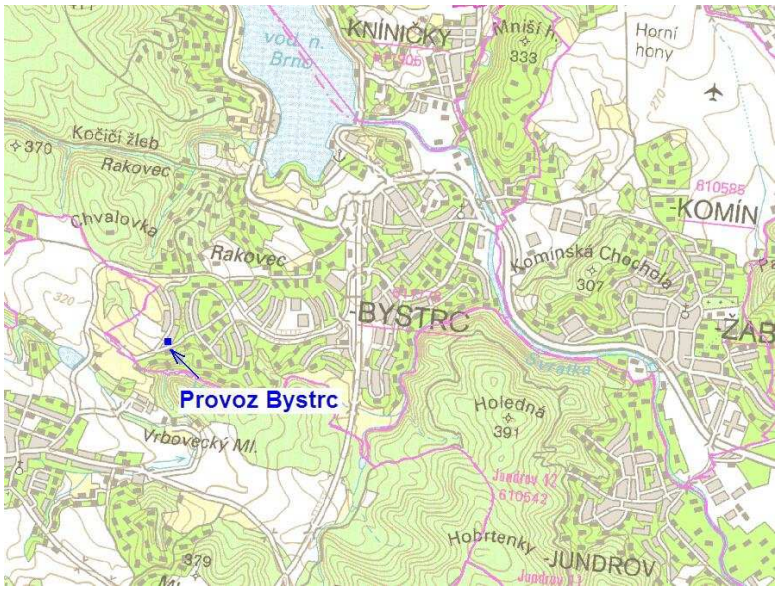
Zdroj na ulici Teyschlova 33 v Bystrci prošel rozsáhlou rekonstrukcí v letech 2003-2005 a je charakteristický tím, že spaluje dřevní štěpku a zemní plyn. V provozu jsou instalovány 2 kotle na dřevní štěpku s výkony 1,1 MW a 1,5 MW a 4 plynové kotle s celkovým výkonem 18,6 MW. Kotle na biomasu spalují zbytky dřeva z lesní těžby a piliny ze zpracování dřeva, které dodávají Lesy města Brna, a.s. Zdroj zásobuje část sídliště Bystrc, především ulici Teyschlova, Rerychova, Kuršova, Lýskova, Foltýnova a postupně se na něho napojují i nově budované objekty v sídlišti Kamechy. Provozování kotlů na biomasu je náročnější než provozování plynových kotlů. Jednoznačný je ale jejich ekonomický přínos, který má vliv především na snižování palivových nákladů. [3]

3. Provoz Bystrc – Teyschlova

Městská část Brno-Bystrc se rozkládá na severozápadním okraji Brna. Její rozloha 2724,16 hektarů z ní činí vůbec největší městskou část i katastrální území Brna. Územní obvod městské části je tvořen jediným katastrálním územím Bystrc. Nadmořská výška Městské části se pohybuje v rozmezí 479 – 220 m. [7]

Původně výměníkovou stanici pro tepelný napáječ z jaderné elektrárny Dukovany a plynovou kotelnu na západním okraji Brna společnost TEZA Brno, a.s. změnila na kotelnu spalující dřevo z městských lesů. I dnes tu však zůstává místo pro případné oživení projektu dodávky tepla z Dukovan do Brna.

V roce 2004 byla zahájena výstavba obytného souboru KAMECHY Brno.



Obr. 7 Umístění provozu Bystrc [10]

Důvodem rekonstrukce plynové výtopny Teyschlova bylo zefektivnění provozu nejen vlastní výtopny, ale celé tepelné soustavy Bystrc IIa propojením výtopny se sítěmi dalších 4 okrskových kotelen. Vytvoření jednotné soustavy umožnilo optimální návrh kombinace kotlů na zemní plyn a kotle na dřevní štěpku. Prostor původní strojovny výtopny byl přebudován na zásobník dřevní štěpky. Propojením vznikla soustava s jedním základním zdrojem výtopna Teyschlova a došlo k odstavení čtyř nízkoemitujících plynových kotelen a zrušení jejich komínů. Původním provozovatelem byla společnost Tepelné zásobování Brno, a.s. Nyní patří provoz společnosti Teplárny Brno,a.s. [8]

Obr. 8 Provoz Bystrc na ulici Teyschlova [3]

3.1. Popis současného stavu

Kotelna je umístěna spolu s palivovým hospodářstvím v samostatně stojícím jednopodlažním objektu na ulici Teyschlova 33. Kotelna zajišťuje dodávku tepla pro otop a přípravu teplé užitkové vody pro obytné domy. Topné médium je teplá topná voda (TTV) se základním teplotním spádem 105/65°C. Topný systém je dvoutrubkový, tepelný výkon je veden dvěma větvemi 1 a 2, zásobující ulice Teyschlova, Rerychova, Foltýnova a Kuršova. Větev A - D zásobuje sídliště Kamechy. [5]

3.2. Technologie kotelny

Výhody centrální kotelny na biomasu

Poskytuje odběrateli tepla větší komfort bydlení, kdy mu odpadnou starosti s provozem a obsluhou kotle. Rovněž nelze opomenout objemovou náročnost na zásobu skladovaného paliva.

U centrální kotelny na biomasu je možno použít i levnější druh paliva například kůru, piliny, štěpku, slámu a podobně.

Centrální kotelna na biomasu docílí snížení emisí především tuhých látek odcházejících do ovzduší vzhledem k tomu, že za tepelným zdrojem je použit systém čištění spalin a tepelné zdroje jsou sledovány z pohledu ochrany životního prostředí.

Provoz centrální kotelny na biomasu poskytne v daném regionu i nové pracovní příležitosti a to již od zajišťování palivové základny jako je možnost pěstování energetických plodin, údržba krajiny až po obsluhu kotelny, údržbu celého systému atd. [6]

Technologie kotelny

Mezi hlavní technologické prvky lze zařadit následující části. [5]

Hydraulické zdroje
Hydraulický zdroj kotle dodává tlakový olej pro ovládání zavážecího lisu, ovládání roštů, vyhrnovače popele. Je umístěn v kotelně u čela kotle.

Hydraulický zdroj dopravy paliva dodává tlakový olej pro ovládání hydraulického vyhrnovače skladu paliva a dopravníku paliva. Agregáty podávání paliva jsou umístěny v chodbě ke skladu paliva.

Obr. 9 Zdroj tlakového oleje

Hydraulický vyhrnovač
Hydraulický vyhrnovač zabezpečuje automatizované vyskladňování štěpky ze skladu štěpky a jeho podávání do dopravníku paliva. Hydraulický vyhrnovač se skládá z dvojice tažných tyčí pohybujících se přímočarým vratným pohybem po dně zásobníku štěpky. Tyče jsou opatřeny unašeči s klínovým profilem. Dále pak z dvojice hydraulických válců. Hydraulické propojení válců zabezpečuje současný protiběžný pohyb tyčí.

Dopravník paliva
Jeho funkcí je přivádět palivo k rozdělovacímu dopravníku. Dopravník paliva se skládá z vlastního tělesa dopravníku opatřenému konzolami hydraulických válců, příjmovým žlabem s opěrným mantinelem a z dopravníku s integrovaným písem.

Rozdělovací dopravník
Přivádí palivo k zavážecímu lisu. Skládá se z vlastního tělesa opatřeného bočním vstupem paliva, dvojící výstupních přírub ve dně dopravníku, konzolami hydraulických válců a posuvným dopravníkem s klínovými unašeči.

Zavážecí lis
Zavážecí lis má dvojí funkci. Zabezpečuje dopravu paliva do kotle přes vyhřívaný vstup paliva do spalovací šachty kotle a píst lisu v klidové poloze tvoří požární clonu proti prohoření z šachty do dopravní cesty paliva. V případě zahoření je výstupní komora opatřena trubicí hašení. Zavážecí lis se skládá z vlastního tělesa opatřeného vstupní a výstupní přírubou, konzolami hydraulických válců, snímatelným víkem, vstupní násypkou a dopravníku s integrovaným pístem.

Obr. 10 Zavážecí lis

Chlazení vstupu paliva
Přivádí vodu ze sálavé části výměníku kotle do vstupní hubice paliva a zabezpečuje její cirkulaci. V případě běžného provozu zahřívá topnou vodou hubici a urychluje vysušování paliva. Při odstavení kotle zabraňuje přehřátí hubice při vyhořívání paliva. Potrubí chlazení vstupu paliva musí mít vždy otevřeny kohouty mezi vstupem paliva a výměníkem.

Hašení
V případě prohoření paliva ze spalovací komory vstupní hubicí zavážecího lisu se přivede voda z nádrže umístěné na úrovni 4 m u kotle Multivalent a 6,2 m u kotle Vesko-B přes elektroventil do rozprašovací trubice. Po uhašení ohně (sníží se teplota) elektroventil zavírá. V případě výpadku elektřiny se aktivuje průtavná pojistka. V tomto případě je po uhašení ohně nutné vyměnit parafínovou zátku.

Obr. 11 Hasící nádrž [5]

Kouřovody a vzduchovody
Kouřovody odvádějí spaliny od kotle přes muticyklon pomocí spalinového ventilátoru do sopouchu komínu. Kouřovody mají kruhový nebo obdélníkový průřez. Vzduchovody s pomocí vzduchových ventilátorů převádí vzduch z části kotle které jsou vzduchem chlazeny (boky skříně, horní vratná komora spalin) do míst kde je potřebný pro spalování paliva (rošt, šachta, trysky sekundárního vzduchu).

Obr.12 Zachycení popílku

Spalinový ventilátor
Spalinový ventilátor odlučuje tuhé látky ze spalin, tzv. úletový popílek shromažďuje v popelovém kontejneru. Podporuje komínový tah, umísťuje se na kouřovod mezi výstupní hrdlo a vstup do komína. Svou funkcí zajišťuje také nasávání vzduchu do kotle.

Čidla – snímače hladiny paliva

Hladina dřevní štěpky je snímána pomocí čidel:
- hladina paliva v přesypu ze skladu paliva do dopravníku paliva,
- hladina paliva v přesypu z dopravníku paliva do rozdělovacího dopravníku,
- hladina paliva v zavážecím lisu prvního kotle,
- hladina paliva v šachtě kotle

Hladina paliva v přesypu ze skladu paliva do dopravníku paliva

Snímače hladiny paliva v přesypu ze skladu paliva do dopravníku paliva. Nad každou vyhrnovací tyčí je optický difuzní snímač, který v případě nedostatku paliva zapíná zavážení paliva, obě sondy musí snímat nedostatek paliva.

Barevná kontrolka:
- zelená barva – hladina je daleko – nedostatek paliva
- oranžová barva – přechodový stav
- žlutá barva – hladina je blízko

Vzdálenost je možné doladit. V případě dlouhodobého nepřerušení vyvolá poruchu prázdný sklad paliva.

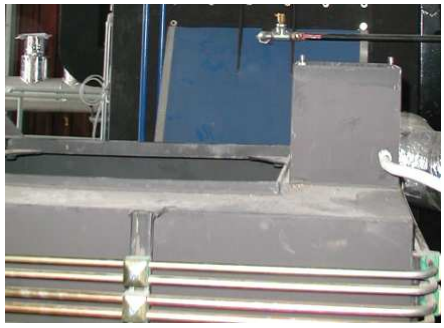
Obr. 13 Snímače hladiny paliva [5]

Hladina paliva v přesypu z dopravníku paliva do rozdělovacího dopravníku

Optický difuzní snímač sleduje hladinu v přesypu z dopravníku paliva do rozdělovacího dopravníku. V případně sepnutí zakazuje pohyb dopravníku paliva. V případě dlouhodobého nepřerušení vyvolá poruchu - ucpaný dopravník paliva. Naklápěním konzoly jde seřídit výšku hladiny v přesypu. Barvy kontrolky jsou stejné jako u hladiny paliva v přesypu ze skladu paliva do dopravníku paliva.

Hladina paliva v přesypu z rozdělovacího dopravníku do zavážecího lisu

Optický difuzní snímač sleduje hladinu v přesypu z rozdělovacího dopravníku do zavážecího lisu. V případně sepnutí zakazuje pohyb dopravníku paliva. V případě dlouhodobého nepřerušení vyvolá poruchu ucpaný rozdělovací dopravník. Pod víkem je umístěn snímač. Barvy kontrolky jsou stejné jako v předchozích případech. Vzdálenost je též možno doladit šroubkem.



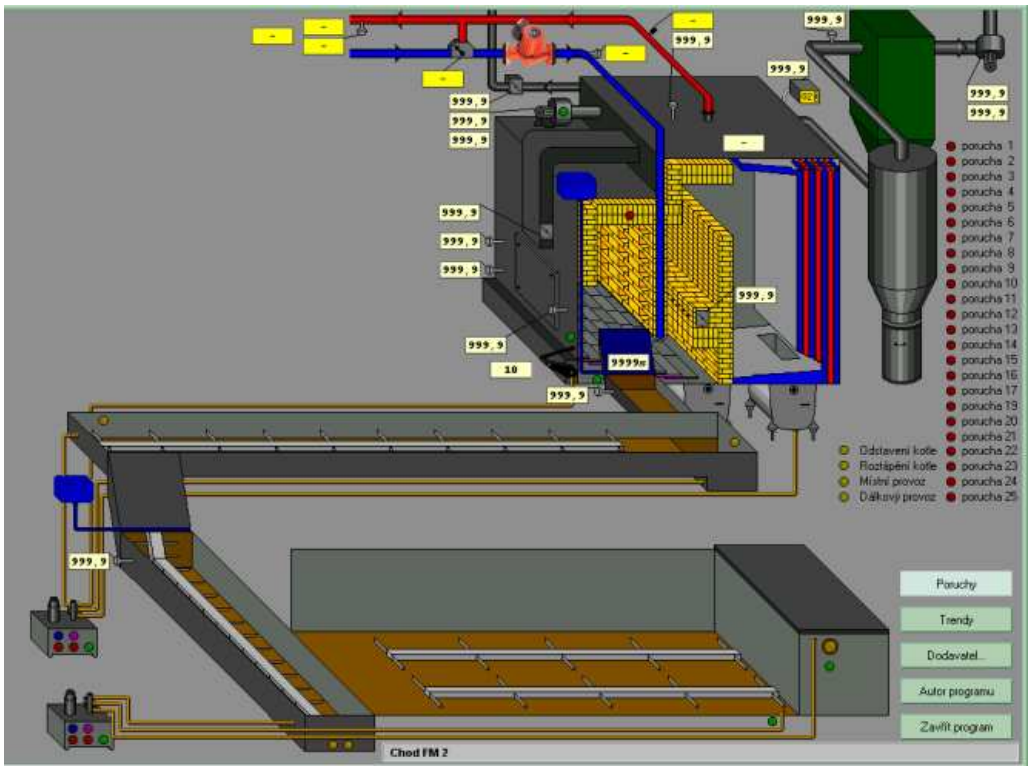
Obr.14 snímač rozdělovacího dopravníku

Hladina paliva v šachtě kotle

Laserový světelný most je typu vysílač – přijímač. Vysílač umístěný na konzole pravé strany kotle vysílá laserový paprsek otvorem v krytce čistícího hrdla na plášti kotle, prochází plameny a otvorem v krytce hrdla na opačné straně kotle dopadá na přijímač. V případě nastoupení paliva do výšky, kdy bude paprsek přerušen, dojde k zákazu přikládání. V případě průchodu paprsku minimálně 1krát za minutu je tento stav signalizován.

Vizualizace

Okamžité stavy kotle jsou zobrazovány na obrazovce PC umístěné v rozvodně, historie závislostí a poruch je archivována.



Obr. 15 Náhled obrazovky PC [5]

Zabezpečovací zařízení

Mechanicky je kotel proti překročení maximálního tlaku vybaven pojistným ventilem přístupným z plošiny. Ostatní ochrany jsou elektronické:

Kotel je automaticky ostaven a je přerušena dodávka paliva při následných situacích:
- překročení výstupní teploty topné vody nad stanovenou mez,
- pokles tlaku v otopném systému,
- při poruše ventilátorů,
- přerušení dodávky elektrické energie.

Výkon kotle je automaticky snížen při:
- zvýšení teploty vody na vstupu do kotle nad zadanou mez.

Dodávka paliva je přerušena:
- když dojde ke zvýšení teploty na konci roštu,
- při odstaveném popelovém kontejneru,
- při poruše tlakového relé (porucha pohybu dopravníků).

VLASTNÍ PROVOZ

Vlastní provoz se týká navážení dřevní štěpky do denního skladu paliva čelním nakladačem. Dále pak kontroly a výměny popelových kontejnerů. Kontrolu je možné provádět za chodu zvednutím poklopu na výsypce do kontejneru. Je nutno dbát zvýšené opatrnosti.

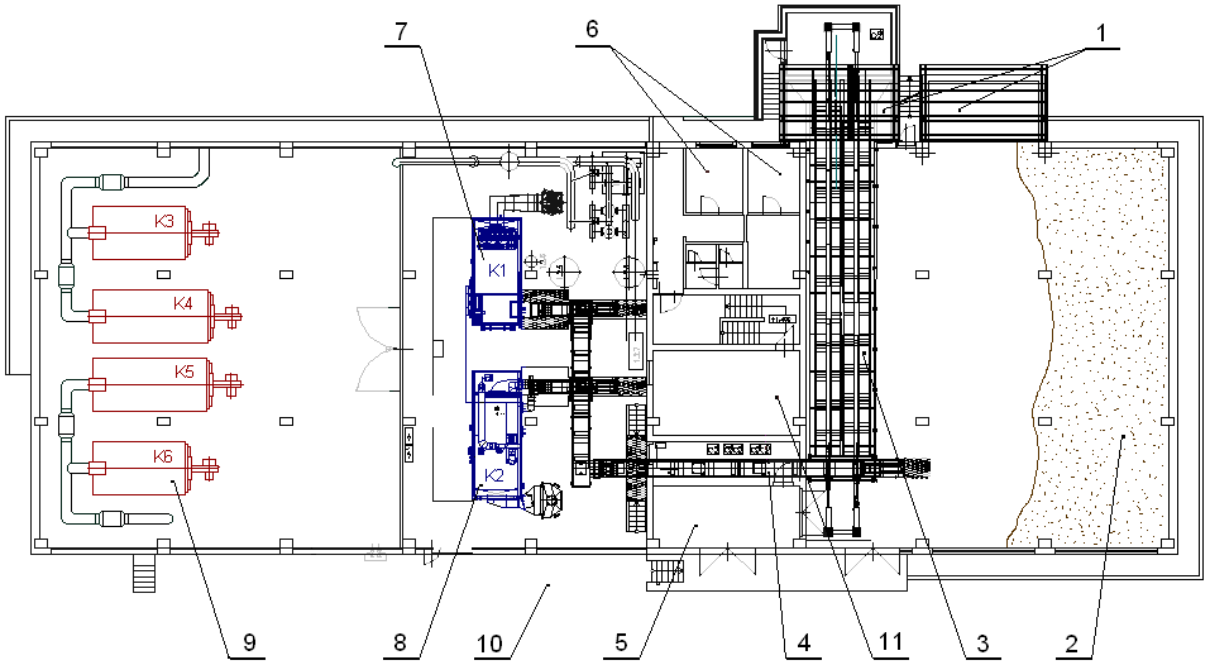
Kontejner roštového popele zaplňovat pouze do poloviny až dvou třetin objemu, protože hmotnost plného kontejneru by znemožňovala jeho vyprazdňování do přepravního vozu. Manipulace s horkým kontejnerem se provádí s azbestovými rukavicemi. Kontejnery jsou skladovány pod přístřeškem. Vyprazdňování cyklónového odlučovače bude prováděno do samostatných popelových nádob. Pro manipulaci s kontejnery je instalován elektrický kladkostroj o nosnosti 1 600 kg.

Obr. 16 Kontejnery na popel

Ovládání sklopné střechy vsypu paliva
Střecha je otevírána hydraulikou, ovládána je pákovým rozvaděčem z vnějšku budovy. Ve výklenku rozvaděče ovládání sklápění střechy je umístěn panel se zeleným kontrolním světlem a zamykatelným přepínačem. Střecha se otvírá zvedáním páky, spouští stlačováním pák.

Úkony prováděné při pravidelné kontrole
Provedené kontroly včetně stavu popelových kontejnerů je nutné zapisovat do provozní knihy. Týká se to činnosti prováděné při pravidelných pochůzkách.

3.3. Dispoziční uspořádání



Obr. 17 Schéma kotelny Bystrc Teyschlova

1 - venkovní vsypy dřevní štěpky
2 - sklad štěpky
3 - zásobník paliva
4 - dopravník paliva
5 - garáž vysokozdvižného vozíku
6 - kancelářské prostory
7 - kotel na biomasu Multivalent
8 - kotel na biomasu Vesko-B
9 - plynové kotle
10 - venkovní prostor na kontejnery s popelem
11 - rozvodna

3.4. Kotle na biomasu

K zajištění bezpečnosti provozu kotlů provádějí provozovatelé opatření podle vyhlášky č. 91/93 Sb. §12.

Popis současného stavu

V kotelně jsou instalovány dva kotle na dřevní štěpku s celkovým jmenovitým výkonem 2 600 kW.

K1 - MULTIVALENT 1 100 kW
K2 - VESKO 1 500 kW

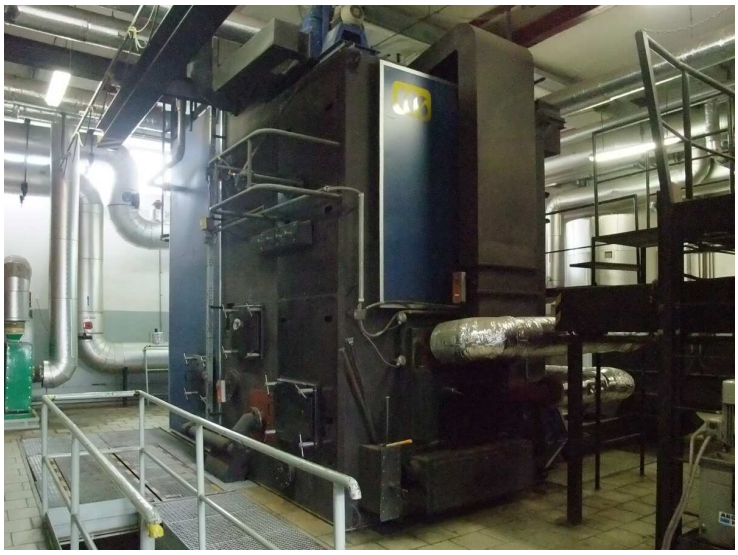
Společnost TTS eko s.r.o.

Oba kotle na spalování dřevní štěpky dodala společnost TTS eko s.r.o. (dříve Nuclea) vznikla počátkem roku 1993. Sídlo společnosti je v Třebíči, kde se nachází rozsáhlá výrobní základna. Charakter společnosti je strojírenská, výrobně-dodavatelská organizace. Společnost TTS eko s.r.o. realizuje dodávky investičních i dílčích technologických celků a provozních souborů v oblasti klasické i jaderné energetiky a v oblasti ekologie s energetickým využitím spalování biomasy.

Charakteristika paliva

Mezi palivo při kterém je garantována životnost a spolehlivost kotlů patří nekontaminovaný dřevní odpad s vlhkostí maximálně 60% o obsahu popele do 6% hmotnostního podílu a měrnou hmotností 250 až 350 kg/m^3. Dále pak dřevní odpad z pilnice o rozměrech maximálně 300 mm x 30 mm x 50 mm a max. 10% objemu. Dřevní kůra, a to až do hmotnostního podílu 30% z celkového množství podávaného paliva v případě ojedinělých smotků kůry dosahujících rozměrů zaplňující plně profil dopravní cesty je v případě zpříčení potřebný zásah obsluhy. Piliny spalované samostatně i ve směsi s dřevní štěpkou a lesní zelená štěpka o velikosti 2 až 40 mm. [5]

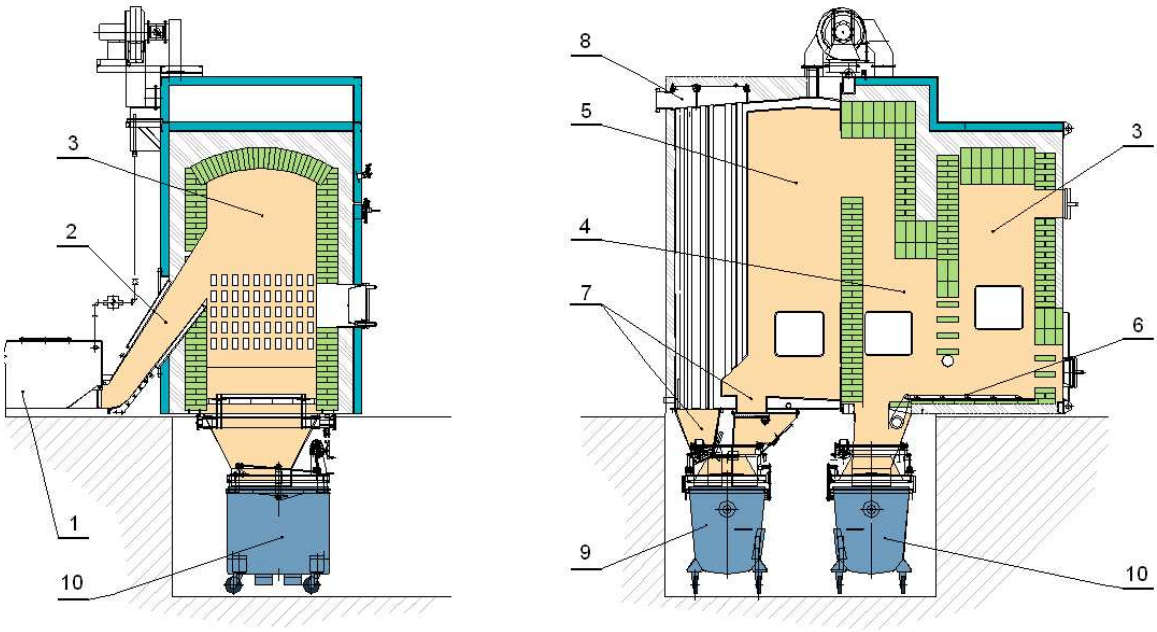
3.4.1. Kotel Multivalent



Obr. 18 Kotel MULTIVALENT 1,1 MW.

Kotel je samonosný celosvařované skříňové konstrukce. Přední část kotle tvoří vertikální šachta opatřená těžkou vyzdívkou, do které je z boku zavážecím lisem vodou chlazenou hubicí vtlačováno palivo. Šachta je zepředu omezena keramickou přídržnou mříží, kterou je přiváděn spalovací vzduch, zezadu je omezena keramickou odhořívací mříží. Spaliny postupují do nechlazené spalovací komory kde probíhá podstechiometrické spalovaní. Ze spalovací šachty a ze dna spalovací komory je vyhrnovačem roštový popel vyhrnován do kontejneru roštového popele. Teplota spalin na konci chlazené dohořívací komory je nižší než teplota tavení popílku spalovaného paliva. Spaliny dále postupují do přítahového žárotrubného výměníku. Před vstupem do žárotrubného výměníku a ve spodní obratové komoře je odlučován úletový popílek. [1]

Součástí kotle je automatické odpopelování do popelových kontejnerů 1 m^3. Kotel je vybaven dvěma kontejnery, jedním pro hrubou frakci ze spalovací komory, druhým pro jemnou frakci z obratové komory. Kontejnery jsou umístěny pod kotlem.



Obr. 19 Řez kotlem K1 -Multivalent

1 - zavážecí lis
2 - chlazená hubice vstupu paliva
3 - spalovací šachta
4 - spalovací komora
5 - chlazená dohořívací komora
6 - vyhrnovač roštového popele
7 - odvod úletového popele
8 - výstup spalin
9 - kontejner popele vratných komor
10 - kontejner roštového popele

Kotel MULTIVALENT	
Typ kotle	teplovodní, nízkotlaký kotel
Tepelný výkon kotle	1100 kW
Pracovní přetlak	0,45 MPa
Teplota vody vstupní	70 °C
Teplota vody výstupní	105 °C
Kvalita vody	dle ČSN 077401
Vodní objem kotle	7,5 m^3
Vlastní (suchá) hmotnost kotle	26 500 kg
Tlaková ztráta na straně spalin	900 Pa
Množství spalin	0,87 m^3/s
Výstupní teplota spalin	130 - 140 °C
Max. garantovaná teplota spalin	160 °C
Tepelná účinnost kotle	84 %

Tab. 1 Technické údaje kotle Multivalent.

3.4.2. Kotel VESKO-B

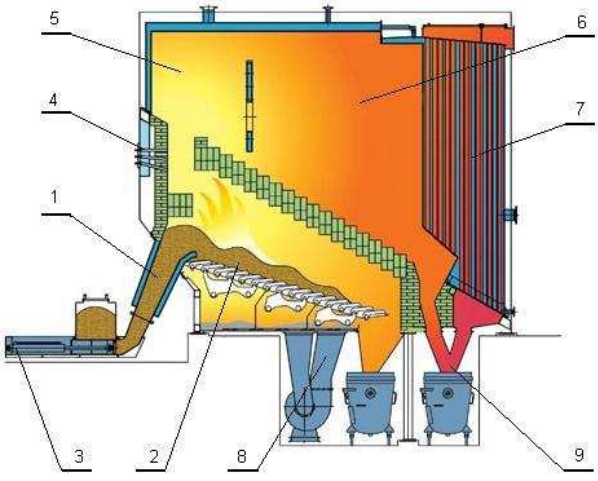
Výkon kotle, dodaného firmou TTS eko s.r.o., je 1,5 MW. Kotel je samonosný celosvařované skříňové konstrukce. Spodní část kotle tvoří ohniště se suvným šikmým roštěm. Rošt je ovládám hydraulickým mechanismem, je chlazený primárním vzduchem. Na ohništi je postaven tlakový díl. Kotel je opatřen tepelnou izolací, krytou ocelovým plechem s plastovým povlakem. Palivo je do kotle dopravováno pomocí hydraulického zavážecího lisu. Palivo je protlačováno vyhřívaným tunelem vyhřívanou topnou vodou dochází k předsušení paliva před vstupem na spalovací rošt.[2]

Obr. 20 Kotel VESKO-B 1,5 MW

Tvarovaná klenba nad přesuvným roštem vyvolává protiproudé uspořádání spalin, které napomáhá ke zkrácení doby vysušení paliva. Tato konstrukce ohniště spolu s použitím dopravy paliva hydraulickým vyhrnovačem s velkou prostupností umožňuje spalovat i méně kvalitní dřevní hmoty, vznikající při zpracování dřeva na pilách, těžení dřeva, pěstebních pracích v lese. Jedná se tedy o směs pilin, odřezků, kůry, dřevní štěpky, hoblin apod.

Systém zavážení paliva odpovídá druhu používaného paliva. Biomasa je ze skladu paliva dopravována do svislého mezizásobníku, odtud je hydraulickým vyhrnovačem dopravována do ohniště kotle.

Roštový popel padá do kontejneru, který je speciálním mechanismem spojen přímo s kotlem, tvoří s kotlem jeden prostor. Není vřazen žádný uzavírací element, který by zmenšoval průchodnost popele. Spalování je optimalizováno na základě podtlaku ve spalovacím prostoru a podle přebytku kyslíku ve spalinách. Podávání paliva a pohyb na roštu je řízen podle vlastností paliva. [2]



Obr. 21 Hlavní části kotle K2 [9]

1 - vyhřívaný vstup paliva
2 - ohniště
3 - zavážecí lis paliva
4 - trysky sekundárního vzduchu
5 - vírová komora
6 - dohořívací komora
7 - trubkový výměník
8 - vzduchové ventilátory
9 - odvod popele

Kotel VESKO-B	
Nominální výkon kotle	1500 kW
Konstrukční přetlak	0,6 MPa
Maximální pracovní přetlak	0,6 MPa
Minimální teplota vstupní vody	75 °C
Minimální teplota výstupní vody	110 °C
Spalované palivo	dřevní hmota
Kvalita vody	dle ČSN 077401
Množství spalovacího vzduchu	0,9 m^3/s
Množství spalin	1,1 m^3/s
Podtlak ve spalovací komoře	500 Pa
Tlaková ztráta na straně spalin	1400 Pa
Vlastní (suchá) hmotnost kotle	37 750 kg
Provozní hmotnost	45 500 kg
Délka kotle	5 250 mm
Šířka kotle	2 450 mm
Výška kotle	4 550 mm
Vodní objem	7,75 m^3

Tab. 2 Technické údaje kotle Vesko-B

3.5. Kotle na zemní plyn

Obr. 22 Plynové kotle DYNATHERM

Popis původního stavu

Před instalací kotlů na biomasu byla původní kotelna osazena čtyřmi teplovodními kotly s celkovým jmenovitým výkonem 11 530 kW.

3 x VSP 2500 s výkonem	2 910 kW
1 x VSP 2800 s výkonem	2 800 kW

Popis současného stavu

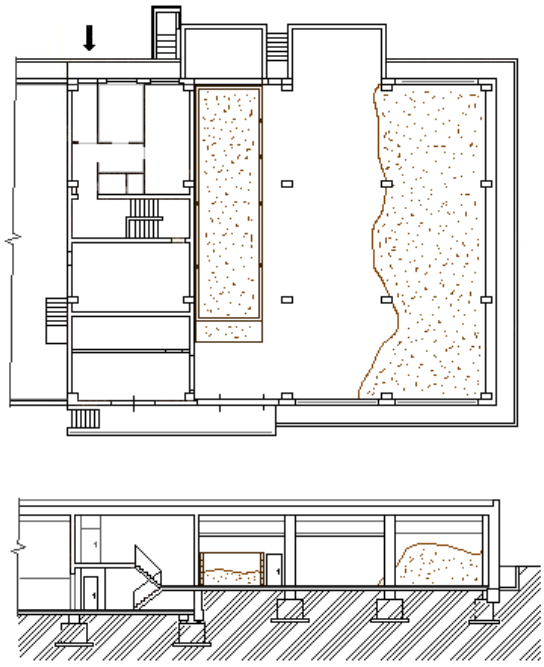
V kotelně jsou instalovány čtyři nové kotlové jenotky na zemní plyn s celkovým jmenovitým výkonem 18 600 kW.

K3 - DYNATHERM FH-N	4 650 kW
K4 - DYNATHERM FH-NRK	4 650 kW
K5 - DYNATHERM FH-NRK	4 650 kW
K6 - DYNATHERM FH-N	4 650 kW

Kotle K4 a K5 jsou vybaveny kondenzačním výměníkem RECITHERM.

U kotlů byly instalovány nové hořáky s nízkou produkcí emisí NOx. Jedná se o monoblokové přetlakové modulující plynové hořáky. V kotelně byla provedena komplexní rekonstrukce rozvodů potrubí. Nově instalované kotle budou pracovat v kaskádě s prioritou provozu kondenzačních kotlů. [5]

3.6. Sklad paliva



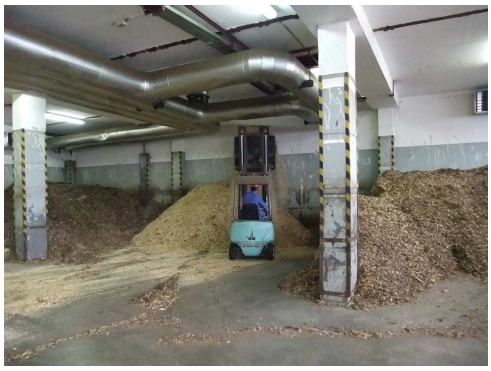
Obr. 23 Schématický nákres skladu štěpky

Místnost skladu paliva je vybavena zařízením pro nárazové větrání a odsávání vlhkosti uvolňující se z dřevní hmoty. Zařízení sestává ze tří odsávacích ventilátorů, ovládaných prostorovými hygrostaty nebo ručně. Přívod vzduchu je podtlakový přes protihlukové žaluzie.

Obr. 24 Pohled do skladu štěpky

Palivo je ukládáno v samostatném větraném prostoru, volně na podlaze. Projektovaná kapacita skladu je 500 m^3, což mělo odpovídat provozní zásobě přibližně na 8 dní při provozu obou kotlů. Součástí skladu je i denní zásobník s kapacitou 100 m^3 a provozní zásobou 20 hodin. Stávající sklad má rozměry 16,5 m x 19, 6 m x 4,3 m.

Místnost kotelny je větrána přirozeně pomocí otvorů. Otvory pro přívod větracího a spalovacího vzduchu jsou umístěny při podlaze, otvory pro odvod u stropu místnosti a ve střeše. Všechny otvory jsou osazeny protihlukovými žaluziemi. Přívod a ohřev vzduchu zajišťují dvě jednotky SAHARA. Odvod letní tepelné zátěže je zajištěn ventilátorem spalovacího vzduchu na kotli nebo ještě ventilátory jednotek SAHARA. [5]



Obr. 25 Manipulace ve skladu paliva

Elektrický vozík DESTA E-20

Pohyb štěpky ve skladu zajišťuje elektrický vozík typu DESTA E-20. Elektrický vozík je upraven o nakládací lžíci. Největší výška zdvihu elektrického vozíku je 3,8 m, která je kvůli výstupnímu potrubí redukovaná na necelé 2 m. Maximální výkon vozíku je přibližně 10 t hmoty za směnu. Není možné aby vozík jezdil neustále, protože se ohřívá. Vozík je nutné dobíjet po asi 8 hodinách provozu.

Z obrázků 26 a 27 je patrné, že nelze využít celou kapacitu stávajícího skladu jeho úplným zaplněním. Otáčení elektrického vozíku a manipulace se štěpkou by pak nebyla možná.

Obr. 26, 27 Akumulátorový vozík DESTA E20

4. Technické parametry a výpočty

4.1. Dodavatel paliva a způsob dopravy

Dopravu paliva zajištuje dodavatel na základě smlouvy vlastními dopravními prostředky. Předpokládaná četnost návozu paliva je 4 - 6 x za den, v praxi je dovoz štěpky je velmi nepravidelný. Dodávka je také ovlivněna zákazem dovozu dřevní štěpky během víkendů a státních svátků. Vozy nejezdí po 15. hodině a před 6. hodinou ráno. Štěpka je do provozu dovážena nákladním autem, které přiveze přibližně 40 m^3 dřevní štěpky. Do skladu se přiváží štěpka o různé výhřevnosti a vlhkosti.

Dřevní štěpka se vyrábí zpracováním kulatiny a odpadního dříví při prořezu dříví. Dodávku biomasy a její dopravu zajišťuje společnost Lesy města Brna, a.s. Společnost byla založena za účelem správy a rozvoje majetku statutárního města Brna, podnikání s ním, plnění veřejně prospěšných služeb. Tento účel spočívá v udržování a zlepšování stavu městských lesů, v trvalém zajištění vyrovnanosti lesní produkce se zaměřením na přírodně blízké hospodaření, v trvalém zajišťování rozvoje obnovitelných produktů lesa a jiných užitků z hospodaření pro současné i budoucí generace. [4]

Cena dodané štěpky je stanovena výpočtem na základě vyrobeného tepla.

4.2. Velikost skladovací plochy

Rozměry skladu paliva jsou 16,5 m x 19, 6 m x 4,3 m. Z obrázků 23 a 24 je patrné, že využitelná plocha je od stěny po první sloupy. Prostor mezi zásobníkem a palivem musí být zachován pro manipulaci elektrického vozíku s palivem.

Velikost skladovací plochy

$$S = \frac{1}{3} \cdot d \cdot s$$

$$S = \frac{1}{3} \cdot 19{,}6 \cdot 16{,}5 = 107{,}8 \ \ m^2$$

kde je:	S	[m^2]	využitelná skladovací plocha
	d	[m]	délka skladu
	s	[m]	šířka skladu

4.3. Výroba tepla

Výroba tepla z kotlů na biomasu

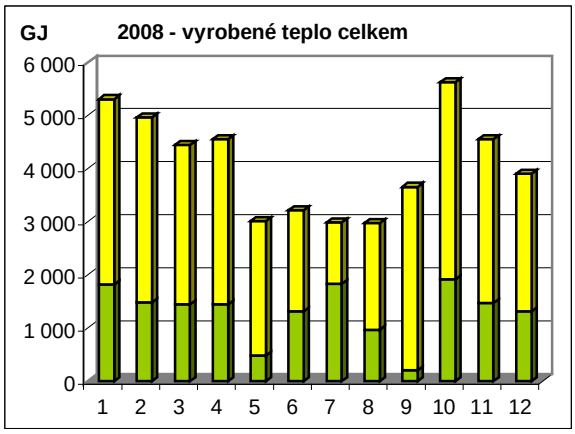
Vyrobené teplo z kotlů na biomasu je po měsících uvedeno za rok 2008 v tabulce č. 3, kdy byly v provozu oba kotle celý rok. Za rok 2009 pak v tabulce č. 4 kdy byl kotel K1 - MULTIVALENT od června do srpna odstaven a veškerá výroba tepla ze štěpky probíhala pouze na kotly K2 –VESKO-B. Graficky je znázorněno vyrobené teplo v grafech č. 1 a 2.

2008	Kotel K1 [GJ]	Kotel K2 [GJ]	Celkem [GJ]
Leden	1820	3489	5309
Únor	1486	3482	4968
Březen	1447	3002	4449
Duben	1448	3107	4555
Květen	480	2527	3007
Červen	1307	1906	3213
Červenec	1829	1161	2990
Srpen	969	2002	2971
Září	200	3457	3657
Říjen	1913	3714	5627
Listopad	1466	3089	4555
Prosinec	1315	2587	3902
Rok	15680	33523	49 203

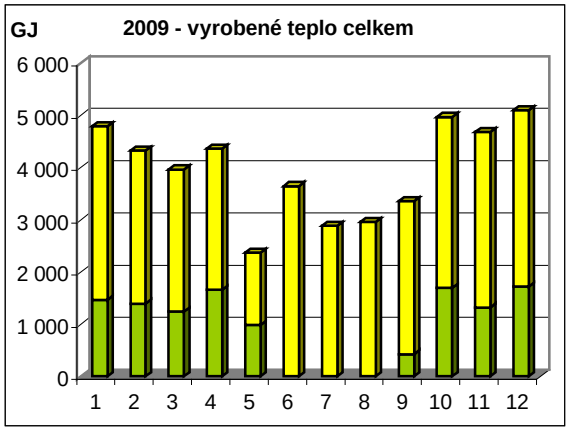
Tab. 3 Vyrobené teplo za rok 2008 [5]

2009	Kotel K1 [GJ]	Kotel K2 [GJ]	Celkem [GJ]
Leden	1472	3326	4798
Únor	1396	2926	4322
Březen	1242	2723	3965
Duben	1665	2694	4359
Květen	983	1395	2378
Červen	0	3644	3644
Červenec	0	2888	2888
Srpen	0	2959	2959
Září	427	2928	3355
Říjen	1702	3270	4972
Listopad	1323	3355	4678
Prosinec	1718	3382	5100
Rok	11928	35490	47418

Tab. 4 Vyrobené teplo 2009 [5]



Graf 1



Graf 2

- Kotel K1 – Multivalent
- Kotel K2 – Vesko-B

4.4. Spotřeba paliva

4.4.1. Spotřeba dřevní štěpky

Z vyrobeného tepla se vypočítá spotřeba paliva pomocí následujícího vzorce:

$$m = \frac{Q \cdot 100}{\eta \cdot Q_i^r}[t] \qquad (1)$$

kde je: m [t] spotřeba dřevní štěpky
Q [J] teplo
η [%] účinnost
Q^r_i [J] výhřevnost

V následující tabulkách jsou uvedeny vypočítané hodnoty spotřeby dřevní štěpky po měsících podle vzorce (1). Účinnost je brána smluvně 85% stejně jako výhřevnost 10GJ/t.

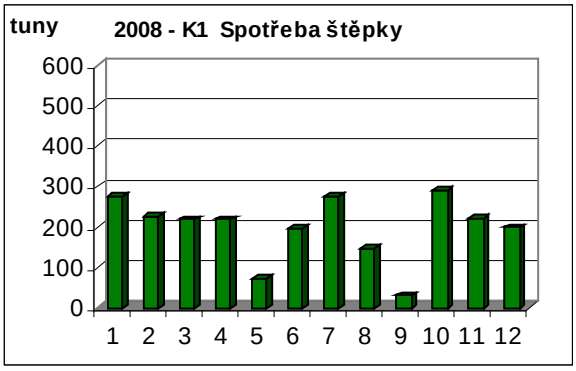
2008	Kotel K1 [t]	Kotel K2 [t]	Celkem [t]
Leden	274,51	526,24	800,75
Únor	224,13	525,19	749,32
Březen	218,25	452,79	671,04
Duben	218,4	468,63	687,03
Květen	72,4	381,15	453,55
Červen	197,13	287,48	484,61
Červenec	275,87	175,11	450,98
Srpen	146,15	301,96	448,11
Září	30,17	521,42	551,59
Říjen	288,54	560,18	848,72
Listopad	221,12	465,91	687,03
Prosinec	198,34	390,2	588,54
Rok	2365,01	5056,26	7421,27

Tab. 5 Spotřeba štěpky za rok 2008 [5]

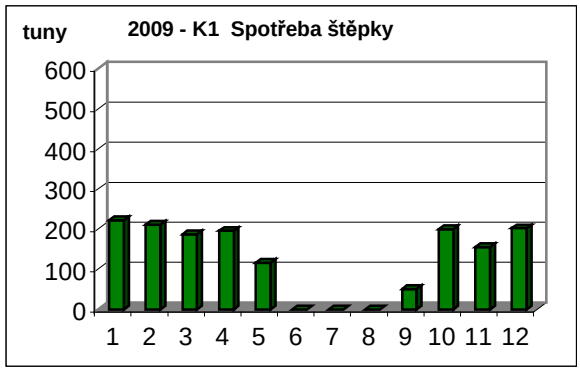
2009	Kotel K1 [t]	Kotel K2 [t]	Celkem [t]
Leden	222,02	501,66	723,68
Únor	210,56	441,33	651,89
Březen	187,33	410,71	598,04
Duben	195,88	316,94	512,82
Květen	115,65	164,12	279,77
Červen	0	428,71	428,71
Červenec	0	339,76	339,76
Srpen	0	348,12	348,12
Září	50,24	344,47	394,71
Říjen	200,24	384,71	584,95
Listopad	155,65	394,71	550,36
Prosinec	202,12	397,88	600
Rok	1539,69	4473,12	6012,81

Tab. 6 Spotřeba štěpky za rok 2009 [5]

Hodnoty z tabulky pro kotel K1 – Multivalent jsou vyneseny do grafů č. 3 a 4 zeleně. Na vodorovné ose jsou uvedeny jednotlivé měsíce v roce a na svislé je vynesena spotřeba dřevní štěpky v tunách.

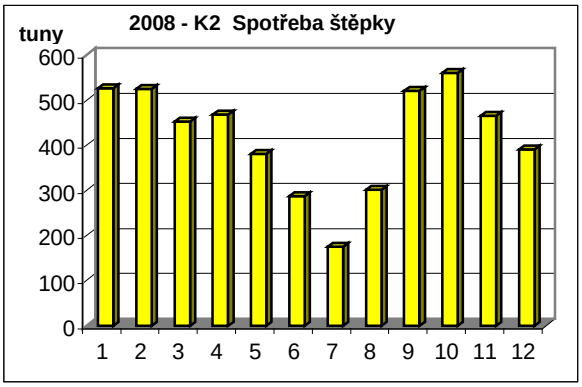


Graf 3

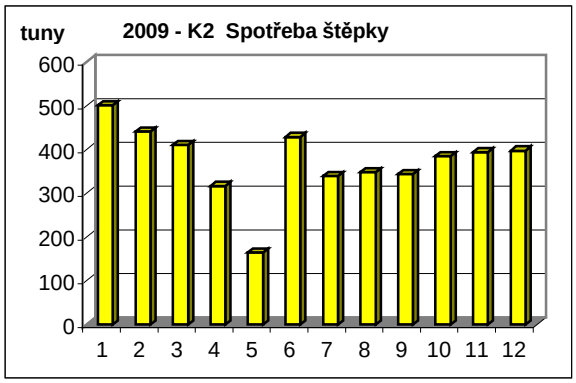


Graf 4

Hodnoty z tabulky pro kotel K2 Vesko-B jsou vyneseny do grafů č. 5 a 6 žlutě. Na vodorovné ose jsou opět uvedeny jednotlivé měsíce v roce a na svislé je vynesena spotřeba dřevní štěpky v tunách.



Graf 5



Graf 6

Po úpravě letního provozu není kotel K1 v období červen, červenec a srpen v provozu. Výkon kotle K2 je postačující. V případě nutnosti je možné použít plynové kotle.

Průměrná měsíční spotřeba dřevní štěpky pro oba kotle za rok 2008

$$Sp_{08} = \frac{s_{R1} + s_{R2}}{12}$$

$$Sp_{08} = \frac{2\,365{,}01 + 5\,056{,}26}{12} = 618{,}44 \;\; t/měsíc$$

kde je: Sp_{08} [t/měsíc] průměrná měsíční spotřeba
s_{R1} [t] roční spotřeba kotle K1
s_{R2} [t] roční spotřeba kotle K2

Průměrná měsíční spotřeba dřevní štěpky pro oba kotle za rok 2009

$$Sp_{09} = \frac{s_{R1} + s_{R2}}{12}$$

$$Sp_{09} = \frac{1\,539{,}69 + 4\,473{,}12}{12} = 501{,}07 \;\; t/měsíc$$

kde je: Sp_{09} [t/měsíc] průměrná měsíční spotřeba
s_{R1} [t] roční spotřeba kotle K1
s_{R2} [t] roční spotřeba kotle K2

Měření:
Pro ověření parametru štěpky jsem v dubnu provedla měření měrné hustoty štěpky vážením zvoleného objemu 0,0464 m^3.

Měření	Hmotnost	Popis
1	17 kg	větvičky
2	16 kg	
3	15,5 kg	běžná štěpka
4	18 kg	
5	20 kg	světlé špalíčky
6	19 kg	
Průměr	17,58 kg	

Tab. 7

Výpočet měrné hustoty štěpky

$$m_{st} = \frac{m}{V}$$

$$m_{st} = \frac{17{,}58}{0{,}0464} = 379 \ \ kg/m^3$$

kde je: m_{st} [kg/m^3] měrná hmotnost štěpky
m [kg] hmotnost vzorku štěpky
V [m^3] objem vzorku štěpky

V následujících tabulkách č. 8 a 9 jsou uvedeny průměrné hodnoty spotřebované dřevní štěpky v kg/den a m^3/den za jednotlivé měsíce v roce 2008.

2008	Kotel K1 [kg/den]	Kotel K2 [kg/den]	Celkem [kg/den]
Leden	8 855,2	16 975,5	25 830,6
Únor	7 728,6	18 110,0	25 838,6
Březen	7 040,3	14 606,1	21 646,5
Duben	7 280,0	15 621,0	22 901,0
Květen	2 335,5	12 295,2	14 630,6
Červen	6 571,0	9 582,7	16 153,7
Červenec	8 899,0	5 648,7	14 547,7
Srpen	4 714,5	9 740,6	14 455,2
Září	1 005,7	17 380,7	18 386,3
Říjen	9 307,7	18 070,3	27 378,1
Listopad	7 370,7	15 530,3	22 901,0
Prosinec	6 398,1	12 587,1	18 985,2
Maximální hodnota			27 378,1

Tab. 8 Spotřeba paliva v kg/den.

2008	Kotel K1 [m^3/den]	Kotel K2 [m^3/den]	Celkem [m^3/den]
Leden	23,36	23,36	46,73
Únor	20,39	20,39	40,78
Březen	18,58	18,58	37,15
Duben	19,21	19,21	38,42
Květen	6,16	6,16	12,32
Červen	17,34	17,34	34,68
Červenec	23,48	23,48	46,96
Srpen	12,44	12,44	24,88
Září	2,65	2,65	5,31
Říjen	24,56	24,56	49,12
Listopad	19,45	19,45	38,90
Prosinec	16,88	16,88	33,76
Maximální hodnota			49,12

Tab. 9 Spotřeba paliva v m^3/den.

V následujících tabulkách č. 10 a 11 jsou uvedeny průměrné hodnoty spotřebované dřevní štěpky v kg/den a m^3/den za jednotlivé měsíce v roce 2009.

2009	Kotel K1 [kg/den]	Kotel K2 [kg/den]	Celkem [kg/den]
Leden	7 161,9	16 182,6	23 344,5
Únor	7 260,7	15 218,3	22 479,0
Březen	6 042,9	13 248,7	19 291,6
Duben	6 529,3	10 564,7	17 094,0
Květen	3 730,6	5 294,2	9 024,8
Červen	0	14 290,3	14 290,3
Červenec	0	10 960,0	10 960,0
Srpen	0	11 229,7	11 229,7
Září	1 674,7	11 482,3	13 157,0
Říjen	6 459,4	12 410,0	18 869,4
Listopad	5 188,3	13 157,0	18 345,3
Prosinec	6 520,0	12 834,8	19 354,8
Maximální hodnota			23 344,5

Tab.10 Spotřeba paliva v kg/den.

2009	Kotel K1 [m^3/den]	Kotel K2 [m^3/den]	Celkem [m^3/den]
Leden	18,90	42,70	61,60
Únor	19,16	40,15	59,31
Březen	15,94	34,96	50,90
Duben	17,23	27,88	45,10
Květen	9,84	13,97	23,81
Červen	0	37,71	37,71
Červenec	0	28,92	28,92
Srpen	0	29,63	29,63
Září	4,42	30,30	34,72
Říjen	17,04	32,74	49,79
Listopad	13,69	34,72	48,40
Prosinec	17,20	33,87	51,07
Maximální hodnota			61,6

Tab. 11 Spotřeba paliva v m^3/den.

Tabulky denní spotřeby paliva jsou uvedeny pro znázornění rozdílu mezi spotřebovaným palivem s tabulkovou měrnou výhřevností a skutečným množstvím spáleného paliva.

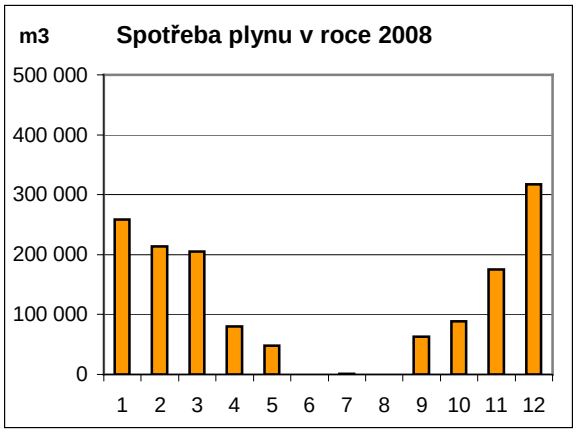
4.4.2. Spotřeba zemního plynu

2008	Spotřeba plynu	Jednotky
Leden	258 918	m^3
Únor	213 536	m^3
Březen	204 974	m^3
Duben	79 702	m^3
Květen	48 092	m^3
Červen	4	m^3
Červenec	1 450	m^3
Srpen	0	m^3
Září	62 851	m^3
Říjen	88 570	m^3
Listopad	175 446	m^3
Prosinec	317 715	m^3
Roční součet	1 451 258	m^3
Měsíční průměr	120 938,17	m^3

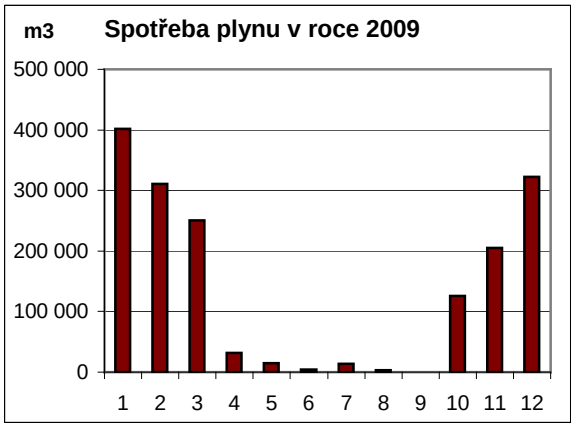
Tab. 12 Spotřeba plynu za rok 2008. [5]

2009	Spotřeba plynu	Jednotky
Leden	401 513	m^3
Únor	310 990	m^3
Březen	251 029	m^3
Duben	31 273	m^3
Květen	14 342	m^3
Červen	4 095	m^3
Červenec	13 291	m^3
Srpen	3 250	m^3
Září	140	m^3
Říjen	126 229	m^3
Listopad	205 476	m^3
Prosinec	322 653	m^3
Roční součet	1 684 281	m^3
Měsíční průměr	140 356,75	m^3

Tab. 13 Spotřeba plynu za rok 2009. [5]



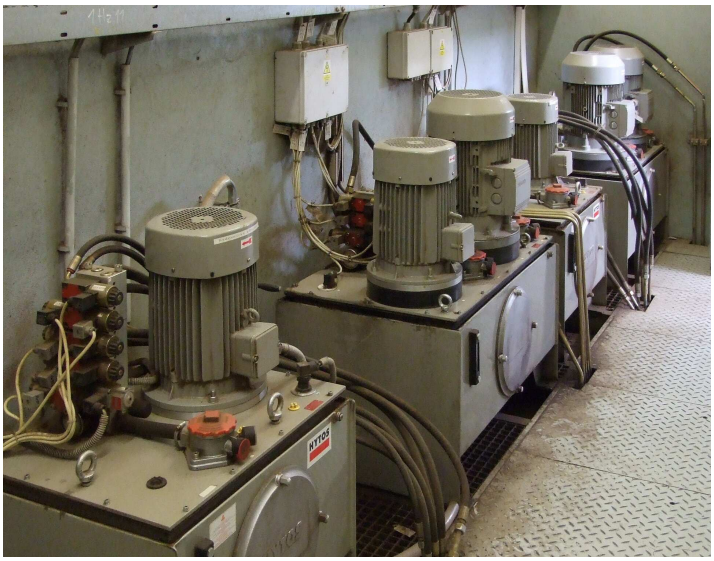
Graf 7



Graf 8

4.5. Pohon dopravníku

Dopravník paliva se skládá z pěti úseků (obr. 26). Přímočarý vratný pohyb jednotlivých částí dopravníku zajišťují hydraulické agregáty. Ty jsou poháněny šesti elektromotory (obr. 28) o výkonu 3x 11 kW a 3x 7,5 kW.



Obr. 28 Hydraulické pohony dopravníku

5. Optimalizace provozu palivového hospodářství

Tato část obsahuje vlastní návrh úprav skladovacího prostoru ve dvou variantách. Varianty se liší výsledným efektem. První se zaměřuje na spolehlivost dopravy materiálu, druhá na zvětšení kapacity skladu.

5.1. Úprava skladovacích prostor

Skladovací prostory je možno zvětšit probouráním zdí a zrušením stávajících kancelářských prostor. Nové prostory budou umístěny na střeše budovy.

Místo uložení paliva je patrné z obr. 17.

Objem uskladněného paliva uloženého u stěny skladu

$$V = d \cdot s \cdot v$$

$$V = 19{,}6 \cdot 5{,}5 \cdot 2 = 215{,}6\ m^3$$

kde je:	V	[m^3]	objem uskladněného paliva
	d	[m]	délka skladu
	s	[m]	šířka uskladněného paliva
	v	[m]	výška uskladněného paliva

Zvětšení skladu (obr. 30) umožní uložení paliva

$$V_2 = d \cdot s \cdot v$$

$$V_2 = 19{,}6 \cdot 16{,}5 \cdot 2 = 646{,}8\ m^3$$

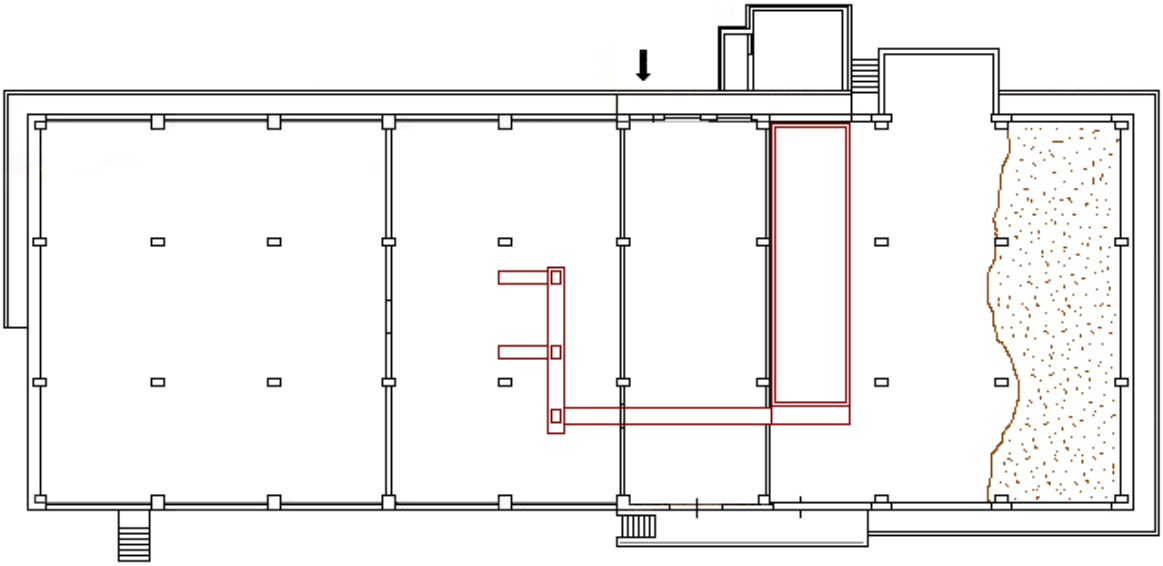
kde je:	V_2	[m^3]	objem uskladněného paliva po úpravě skladu
	d	[m]	délka skladu
	s_2	[m]	šířka uskladněného paliva po úpravě
	v	[m]	výška uskladněného paliva

Původní sklad s kapacitou 215 m^3 bude mít po úpravě kapacitu 646 m^3. Další zvětšení kapacity lze dosáhnout skladováním paliva do větší výšky přeložením výstupního teplovodního potrubí.

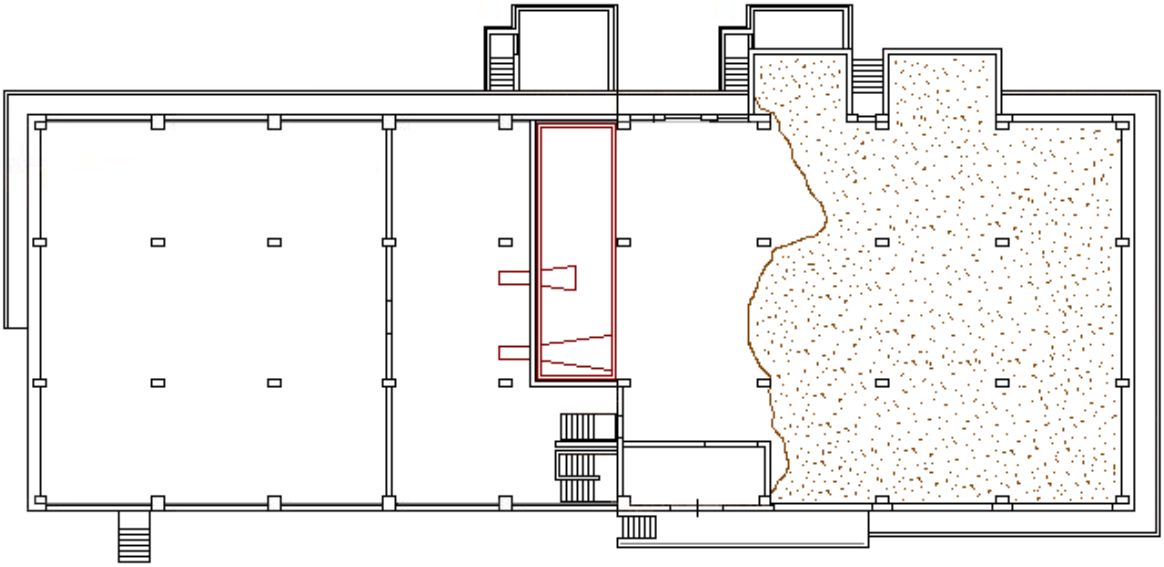
5.2. Změna dopravní cesty paliva

Veškeré dopravní cesty jsou řešeny pomocí pohyblivých klínových unašečů, které vykonávají přímočarý vratný pohyb. Tímto způsobem je možné přepravovat palivo o velice rozdílné granulometrii od pilin přes štěpku, kůru až po ojedinělé kusy dřeva.

Na provozu Bystrc je řešení, které není zcela ideální jak v délce, tak složitosti dopravní cesty. Další komplikací je použití jedné dopravní cesty pro oba kotle, protože v případě poruchy kterékoliv části dopravníku dojde k přerušení dodávky paliva obou kotlů.



Obr. 29 Stávající dopravní cesta



Obr. 30 Návrh nové dopravní cesty

Na obrázku 30 je znatelné zvětšení skladu. Plocha skladu je v druhém případě několikanásobně větší.

Stavební úpravy vyžadují vybourání stávajících zdí mezi skladem paliva a kotelnou na biomasu. Je nutné postavení nové zdi mezi kotly na biomasu a nově vybudovaným denním zásobníkem paliva z protipožárních důvodů.

6. Ekonomické parametry a výpočty

Podkladem pro výpočty v této části jsou hodnoty, získané přímo z materiálů Tepláren Brno. Pokud by některé hodnoty znamenaly zveřejnění citlivých údajů, jsou použity průměrné hodnoty, veřejně dostupné na stránkách dodavatelů paliva. Bylo ověřeno, že vzniklý rozdíl nemá zásadní vliv na optimalizaci provozu.

6.1. Náklady na provoz kotlů na biomasu a zemní plyn

Během roku se výrazně mění výroba tepla - viz graf č.2. Aby tato skutečnost byla alespoň částečně zohledněna, je pro následující výpočty používána dvanáctina ročních hodnot.

Výpočet ceny štěpky

$$C_t = \frac{C_m}{m_{ST}}$$

$$C_t = \frac{450}{0{,}379} = 1188 \;\; Kč/t$$

kde je:

C_t	[Kč/t]	cena štěpky
C_m	[Kč/m^3]	cena štěpky [4]
m_{ST}	[kg/m^3]	měrná hmotnost štěpky

6.2. Provozní náklady

Provozní náklady se skládají z následujících položek:
- spotřeba štěpky,
- spotřeba plynu,
- spotřeba elektrické energie na pohon dopravníků.

Jiné položky jsou stejné pro všechny varianty a nejsou proto zohledněny.

Průměrné měsíční náklady na štěpku při ceně štěpky 1 188 Kč/t

$$C = m_{ST} \cdot C_t$$

$$C = 6\,012{,}81 \cdot 1188 = 595\,268 \;\; Kč/měsíc$$

kde je:

C	[Kč/měsíc]	cena štěpky za měsíc
m_{st}	[t/měsíc]	spotřebovaná štěpka

Průměrné měsíční náklady na plyn při ceně plynu 13 Kč/m^3 [5]

$$C = m_{PL} \cdot 13$$
$$C = 140\,357 \cdot 13 = 1\,824\,641 \quad Kč / měsíc$$

kde je:	C	[Kč/měsíc]	cena plynu za měsíc
	m_{PL}	[m^3/měsíc]	spotřebovaný plyn

Spotřeba elektrické energie je v rozmezí hodnoty 0 (dopravník stojí) a maximální hodnotou.

$$P = \frac{(n_1 \cdot P_1 + n_2 \cdot P_2) \cdot 24 \cdot 365}{12}$$

$$P = \frac{(3 \cdot 7{,}5 + 3 \cdot 11) \cdot 24 \cdot 365}{12} = 40\,515 \quad kW / měsíc$$

kde je:	P	[kW/měsíc]	spotřeba el. energie za měsíc
	n_1	[-]	počet motorů s výkonem P_1
	n_2	[-]	počet motorů s výkonem P_2
	P_1	[kW]	výkon motorů P_1
	P_2	[kW]	výkon motorů P_2

Při ceně elektrické energie 3 Kč/kWh jsou maximální měsíční náklady [5]

$$C = P \cdot 3$$
$$C = 40\,515 \cdot 3 = 121\,545 \quad Kč / měsíc$$

kde je:	C	[Kč/měsíc]	cena elektrické energie za měsíc
	P	[kW/měsíc]	spotřeba el. energie za měsíc

Motory dopravníků sice pracují neustále, ale ne na plný výkon. Mezi jednotlivými cykly je prodleva, kdy je výkon asi 20%. Při spuštění cyklu zatížení motoru vzroste na hodnotu asi 50% jmenovitého výkonu.

Reálné měsíční náklady

$$C_r = C \cdot c_1 \cdot p_1 + C \cdot (1 - c_1) \cdot p_2$$

$$C_r = 121\,545 \cdot 0{,}5 \cdot 0{,}5 + 121\,545 \cdot (1 - 0{,}5) \cdot 0{,}2 = 42\,540 \quad Kč / měsíc$$

kde je:	C_r	[Kč/měsíc]	cena elektrické energie za měsíc
	C	[Kč/měsíc]	cena elektrické energie za měsíc pro max. výkon
	c_1	[-]	koeficient času plného běhu
	p_1	[-]	koeficient výkonu motoru při záběru
	p_2	[-]	koeficient výkonu motoru na volnoběh

Reálné měsíční náklady jsou ve výši cca 42 500 Kč.

6.3. Současný stav

Součtem jednotlivých nákladů, uvedených v předchozím bodě, dostáváme měsíční provozní náklady ve výši cca 2 462 tisíc Kč.

6.4. Navrhované řešení

Navrhované řešení, spočívající zejména v úpravě dopravní cesty, může přinést úsporu nejméně ve výši až 30 000 Kč/měsíc. Jedná se o úsporu nákladů za elektrickou energii v situaci, kdy je v provozu pouze jeden kotel na štěpku a jeden dopravník je odstaven. Další úspory plynou ze skutečnosti, že samostatný dopravník pro každý kotel bude mít podstatně menší spotřebu, protože bude dodávat poloviční množství paliva a jeho délka bude výrazně kratší.

Zvýšení kapacity skladu se zdá být zbytečné, protože nejvyšší denní spotřeba štěpky je 61 m^3 (tab. 11), což představuje 2 nákladní auta. Praxe je však cela jiná, pro plný výkon je zapotřebí 5 až 6 aut. Důvodem je nižší výhřevnost spalované štěpky a zejména vyšší vlhkost. Protože je fakturována dodávka štěpky na základě vyrobeného tepla, není důvod provádět přesná měření výhřevnosti a vlhkosti. Je však potřeba větších skladovacích prostor.

6.5. Ekonomické porovnání se současným stavem

Ekonomické porovnání je provedeno z několika pohledů.

Zvětšení skladovací plochy umožní nejen vyšší provozní zásobu a tím snížení rizika nucené odstávky kotlů z nedostatku paliva. Další výhodou je možnost promíchání štěpky z různých dodávek a tím dosažení rovnoměrnějších parametrů. Dále je tu možnost předsušení mokrého paliva.

Úprava dopravní cesty, zejména její zkrácení, se pochopitelně promítne v úspoře elektrické energie. Nezanedbatelnou výhodou je také možnost dalšího provozu v případě poruchy části dopravníku.

Za rok 2008 bylo spotřebováno:

- 7 422 tun dřevní štěpky.
- 1 451 258 m^3 zemního plynu.

Za rok 2009 bylo spotřebováno:

- 6 013 tun dřevní štěpky.
- 1 684 281 m^3 zemního plynu.

Pokud uvažujeme jednodenní výpadek výroby tepla ze štěpky, jsou náklady dány rozdílem ceny paliva pro vyrobené teplo. Pro výpočet jsou použita data z roku 2009.

Vyčíslení zvýšených nákladů při poruše kotle na štěpku

$$C_{ST} = \frac{m_{ST}}{365} \cdot c_{ST}$$

$$C_{ST} = \frac{6\,012{,}81}{365} \cdot 1\,188 = 19\,570 \quad Kč / den$$

kde je:

C_{ST}	[Kč/den]	cena štěpky za den
m_{ST}	[t/rok]	roční spotřeba štěpky
c_{ST}	[Kč/t]	cena štěpky

$$C_{PL} = \frac{m_{PL}}{365} \cdot c_{PL}$$

$$C_{PL} = \frac{1\,684\,281}{365} \cdot 13 = 59\,988 \quad Kč / den$$

kde je:

C_{PL}	[Kč/den]	cena plynu za den
m_{PL}	[m^3/rok]	roční spotřeba plynu
c_{PL}	[Kč/m^3]	cena plynu

Zvýšení nákladů na výrobu tepla při výpadku kotlů na biomasu činí v průměru 40 000 Kč na den.

7. Doporučení provozovateli

V práci jsou navrženy dvě úpravy. První se zaměřuje na úpravy dopravní cesty paliva do kotlů, druhá na zvětšení kapacity skladu. Úprava dopravní cesty se projeví ve snížení nákladů na dopravu paliva. Zkrácení a zjednodušení dopravní trasy se projeví v nižší poruchovosti dopravníků, protože budou obsahovat mění aktivních prvků. Další výhoda spočívá v možnosti lepší přípravy paliva, jeho promíchání a tím částečné stabilizaci parametrů.

Zvětšení kapacity skladu o více než 250% se příznivě projeví v dodávkách štěpky. Dochází často k situaci, kdy má dodavatel možnost dovést více štěpky, než je kapacita skladu. Dalším důvodem k rozšíření je skutečnost, kdy po prodlouženém víkendu je sklad téměř prázdný (obr. 31). Na obrázku 32 je zachycena situace téměř zaplněného skladu.

Obr. 31 Téměř prázdný sklad

Obr. 32 Zaplněný sklad

8. Závěr

Hlavním cílem mé práce byla optimalizace palivového hospodářství provozu Bystrc. Optimalizace spočívala v návrhu rozšíření skladu a změny dopravní cesty paliva ke kotlům.

Realizace návrhu nové dopravní cesty ke kotlům na biomasu povede k rozšíření skladu dřevní štěpky a tím i zvýšení spolehlivosti dodávky paliva do kotlů. Navržená nová dopravní cesta je mnohem kratší a jednodušší než původní trasa. Nespornou výhodou je zásobování kotle dřevní štěpkou nezávisle na funkčnosti dopravní cesty, jak je tomu nyní.

Ekonomika provozu má v dnešní době stále vyšší důležitost. Jakýkoliv i malý výpadek v dodávce se v celkové bilanci projeví, protože vzniká nutnost nahradit levnější palivo dražším. Při provozu kotlů na pevná paliva je navíc nutné kotel vychladit, aby jej bylo možné opět zapálit. Tím se prodlužuje doba, po kterou je nutné zařízení provozovat na dražší palivo.

Promíchání paliva o různé kvalitě vede k nižším nárokům na regulaci výkonu a k rovnoměrnějšímu výkonu kotlů. Dá se tak lépe plánovat potřebný teplený výkon pro ranní a večerní špičku.

Vlastní ekonomické zhodnocení nelze přesně vyčíslit. Je to ovlivněno poruchovostí zařízení, kterou nelze dopředu naplánovat. Náklady na opravy budou po provedené optimalizaci nižší minimálně o spotřebovanou energii na pohon části dopravníku. V každém případě je nesporné, že jakákoliv úprava, která vede ke zjednodušení provozu a zvýšení spolehlivosti, se v konečném důsledku projeví ve snížení nákladů a tedy v nižší ceny tepla pro odběratele.

9. Použitá literatura

[1] Návod na obsluhu Teplovodního kotle Multivalent 1,1MW (Teyschlova 1.etapa); NUCLEA, spol. s r.o., Třebíč; 3/2004

[2] Provozní předpis, návod na obsluhu Teplovodního kotle na spalování dřevní hmoty VESKO-B 1,5MW (Teyschlova 3.etapa); TTS eko s.r.o. , 1/2006

[3] *Teplárny Brno* [online]. 2007-2010 [cit.2010-03-02]. Dostupné na: <www.teplarny.cz>.

[4] *Lesy města Brna* [online]. 2008 [cit. 2010-04-30]. Úvod - Lesy města Brna. Dostupné na: < www.lesymb.cz/uvod.html?id=136>.

[5] Teplárny Brno, a.s., Provoz Bystrc - interní firemní informace.

[6] TRNOBRANSKÝ, Karel. *Řešení cetrálních kotelen na biomasu do výkonu 10 MW* [online]. 2007 [cit. 2010-05-20]. Dostupné na: <http://www.mpo-efekt.cz/cz/ekis/publikace/2202>.

[7] *Program rozvoje MČ Brno Bystrc* [online]., 20.08.2009 [cit. 2010-05-20]. Dostupné na: <www.bystrc.cz/default.aspx?server=1&article=4823>.

[8] *Teplárenské sdružení České republiky : sdružení podnikatelů v teplárenství* [online]. 2004 [cit. 2010-04-24]. Teplárenské sdružení ČR - Projekt roku. Dostupné na: <www.tscr.cz/index.php?pg=0350&x=2004p>.

[9] *Intech Slovakia, s.r.o.*, [online]. 2009 [cit. 2010-05-24]. Kotly na biomasu - Kotly na biomasu - Energia z biomasy - IntechEnergo.sk :: INTECH Slovakia s.r.o. Dostupné na: <www.intechenergo.sk/sekcie/energia-z-biomasy/kotly-na-biomasu>.

[10] *Portal.gov.cz : Mapové služby* [online]. 2003-2010 [cit. 2010-05-21]. Portál veřejné správy České republiky. Dostupné na: <http://geoportal.cenia.cz/mapsphere/MapWin.aspx?M_Site=cenia&M_Lang=cs>.