

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Vlastní spotřeba uhelných elektráren

Coal Power Plants Self-consumption

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroenergetiky

Zadání bakalářské práce

Student: **Jiří Rigo**
Studijní program: B2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 3907R001 Elektroenergetika
Téma: **Vlastní spotřeba uhelných elektráren
Coal Power Plants Self-consumption**

Zásady pro vypracování:

Popis technologie uhelných elektráren se zaměřením vlastní elektrickou spotřebu
Vyhodnocení měření vlastní spotřeby vybrané uhelné elektrárny
Coal power plant technology description focusing on self-consumption
Evaluation of coal power plant self-consumption measurement

Seznam doporučené odborné literatury:

MIŠÁK, Stanislav. Vybrané typy zdrojů elektrické energie. 1. vyd. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010, 227 s. ISBN 978-80-248-2168-9.
DOLEŽAL, Jaroslav. Jaderné a klasické elektrárny. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 259 s. ISBN 978-80-01-04936-5.
PROCHÁZKOVÁ, Olga. Zhodnocení parametrů parního kotle po komplexní obnově. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2012, 37 s. ISBN 978-80-248-2742-1.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Tadeusz Sikora, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2014

Datum odevzdání: 07.05.2015

prof. Ing. Stanislav Rusek, CSc.
vedoucí katedry



prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.
děkan fakulty

Prohlášení studenta:

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 6.5. 2015

Rigo J. S.

Rigo Jiří

Poděkování :

Na tomto místě bych velice rád poděkoval svému vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Tadeuszovi Sikorovi, Ph.D., za velmi cenné rady, připomínky a vytrvalost při řešení mé bakalářské práce.

Abstrakt

Bakalářská práce se zabývá funkcí tepelných elektráren a problematikou její vlastní spotřeby elektrické energie na základě podkladů z hodnot pro instalované výkony nízkonapěťových odběrů bloků uhelné elektrárny které jsou srovnávány s vlastními hodnotami jednotlivých bloků uhelné elektrárny vyhodnocenými na základě měření.

V práci jsou uvedeny některé parametry měrné spotřeby pro výrobu elektrické energie jako například: měrná elektrická spotřeba mletí uhlí, měrná elektrická spotřeba čištění spalin v elektrodlučovači atd.

Klíčová slova:

Uhelná elektrárna, kotelna, instalovaný výkon, vlastní spotřeba, funkční bloky elektrárny, vzduchový a spalinový ventilátor

Abstract

This bachelor thesis deals with the function of thermal power stations and with the issue of its own electric power consumption based on data from the values for installed capacities of low voltagesampling blocks of thermal power stations, which are compared with their values of individual blocks of the thermal power station based on the assessed measurement.

The thesis presents some parameters of specific consumption for electric power generation, such as: specific electrical consumption of coal grinding, specific electrical consumption of the flue gas cleaning in the electric precipator etc.

Key words:

Thermal power station, stokehold, installed performance, electric power consumption, functional units of power station, air and flue gas ventilator

Seznam některých použitých symbolů a zkratk

Seznam některých použitých zkratk

Tab.	Tabulka
a.s.	Akciová společnost
BMCR	Jmenovitý výkon kotle
ČR	Česká republika
EKO	Ohřívač vody
MaR	Měření a regulace
max.	Maximum
min.	Minimum
např.	Například
Obr.	Obrázek
Tab.	Tabulka
tj.	To je
tzv.	Takzvaně
vvn	Velmi vysoké napětí
VŠB-TUO	Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava

Seznam některých použitých symbolů

CO_2	Oxid uhličitý
P_{jm}	Jmenovitý výkon kotle
P_Q	Tepelný výkon jednotlivého bloku
P_{el}	Elektrický výkon jednotlivého bloku
k_v	Výhřevnost jednotlivého bloku
M_U	Přepočtená spotřeba paliva jednotlivého bloku
M_{spalin}	Přepočtená spotřeba paliva jednotlivého bloku
$M_{vzduchu}$	Množství vzduchu jednotlivého bloku
$\Delta P_{kot.}$	Vlastní elektrická spotřeba kotelny jednotlivého bloku
$\Delta P_{el.odluč}$	Vlastní elektrická spotřeba elektroodlučovače jednotlivého bloku
$\Delta P_{mlýn.}$	Vlastní elektrická spotřeba mlýnů jednotlivého bloku
ΔP_{kv}	Vlastní elektrická spotřeba kouřového ventilátoru jednotlivého bloku
$\Delta P_{vv.}$	Vlastní elektrická spotřeba vzduchového ventilátoru jednotlivého bloku
ΔP	Vlastní elektrická spotřeba jednotlivého bloku celková jednotlivého bloku
η_{Qblok}	Tepelná účinnost bloku v procentech
$\eta_{EL.blok}$	Elektrická účinnost bloku v procentech
E	Poměrná spotřeba elektrické energie na výrobu v procentech

$\eta_{P.mletí\ uhlí}$	Množství energie potřebné k namletí jedné tuny paliva
$\eta_{P.elektroodlučovače}$	Množství kWh potřebné pro vyčištění jedné tuny spalin
$\eta_{P.dopravy}$	Jeden kW el. spotřeby vzduchového a spalinového ventilátoru na kW tepelný výroby kotle
$\eta_{P.Pomoc. odběrů}$	Jeden kW el. spotřeby pomocných odběrů kotelny na jeden kW tepelný výroby kotle
$\eta_{P.vv}$	Měrná spotřeba vzduchového ventilátoru
$\eta_{P.sp}$	Spotřeba ventilátoru v kWh na dopravu jedné tuny spalin
$\eta_{P.celková.spalin}$	Spotřeba celková v kWh na jednu tunu vzduchu a spalin
$\eta_{NP.vv}$	Spotřeba vzduchového ventilátoru v kWh na dopravu jednoho tisíce normometrů krychlových vzduchu
$\eta_{NP.sp}$	Spotřeba spalinového ventilátoru v kWh na dopravu jednoho tisíce normometrů krychlových spalin
$\eta_{NP.celková.spalin}$	Spotřeba spalinového ventilátoru v kWh na dopravu jednoho tisíce normometrů krychlových vzduchů a spalin
ρ	Normální hustota vzduchu za normální teploty a tlaku

Obsah

1 Úvod	1
2 Tepelné elektrárny obecně	2
2.1 Spalování uhlí v tepelné elektrárně	2
2.2 Palivo	5
3 Části tepelné elektrárny	7
3.1 Zauhlování	7
3.2 Spalovací kotle	7
3.3 Parovodní okruh	9
3.4 Okruh chladicí vody a úprava vody	9
3.5 Turbíny	9
3.6 Vlastní výroba elektřiny	10
3.6.1 Kotel	11
3.6.2 Turbína	11
3.6.3 Alternátor	11
3.6.4 Kondenzátor	11
3.6.5 Kondenzační čerpadlo	12
3.6.6 Nízkotlaké a vysokotlaké regenerační ohříváky	12
3.6.7 Čerpadlo	12
4 Vlastní elektrická spotřeba tepelné elektrárny	13
4.1 Instalované výkony nízkonapěťových odběrů kotelný elektrárny	13
5 Naměřené hodnoty vlastní spotřeby	16
5.1 Vypočtené hodnoty	20
6 Závěr	24
7 Seznam použité literatury	26

1 Úvod

V době ve které žijeme se lidé bez elektrické energie neobejdou, jelikož skoro všechny přístroje které využíváme se bez této energie nemohou obejít. První elektrárny se začaly stavět počátkem dvacátého století. Byly většinou jednoduché a byly vodní (poháněné vodním tokem), nebo poháněné parním strojem.

V dnešní době máme spoustu jiných technologií na výrobu elektřiny, ty se dají dělit na několik typů podle přijímané energie. Z hlediska ekologického na zdroje obnovitelné a neobnovitelné. Obnovitelnými zdroji mohou být například vítr, slunce a voda. Neobnovitelné jsou v první řadě fosilní paliva a dále jaderná paliva. Ovšem elektrárny z obnovitelných zdrojů mají mnohem menší výkonnost a účinnost, zato jsou ekologičtější. Mezi nejvýkonnější elektrárny se řadí jaderné a tepelné.

Moje bakalářská práce se bude zabývat tepelnými elektrárnami, jejich vlastní spotřebou a měřením vlastní spotřeby. Cílem mé bakalářské práce je přiblížit čtenáři složení celkové vlastní spotřeby jednotlivých bloků uhelné elektrárny. Zhodnotit výsledky měření a zjistit efektivitu jednotlivých bloků a příčiny odchylek v měření.

Tepelné elektrárny jsou v poměru ku svému výkonu v ČR nejrozšířenější, nemají však tak velké instalované výkony jako jaderné elektrárny. Tepelné elektrárny jsou také oproti jaderným méně nákladné na vlastní provoz a také na výstavbu. Nevýhodou tepelných elektráren je však malá účinnost přeměny energie v palivech na elektrickou energii. Ta se pohybuje okolo 50(%). Výkony tepelných elektráren jsou stovek (MW) až po jednotky (GW).

2 Tepelné elektrárny obecně

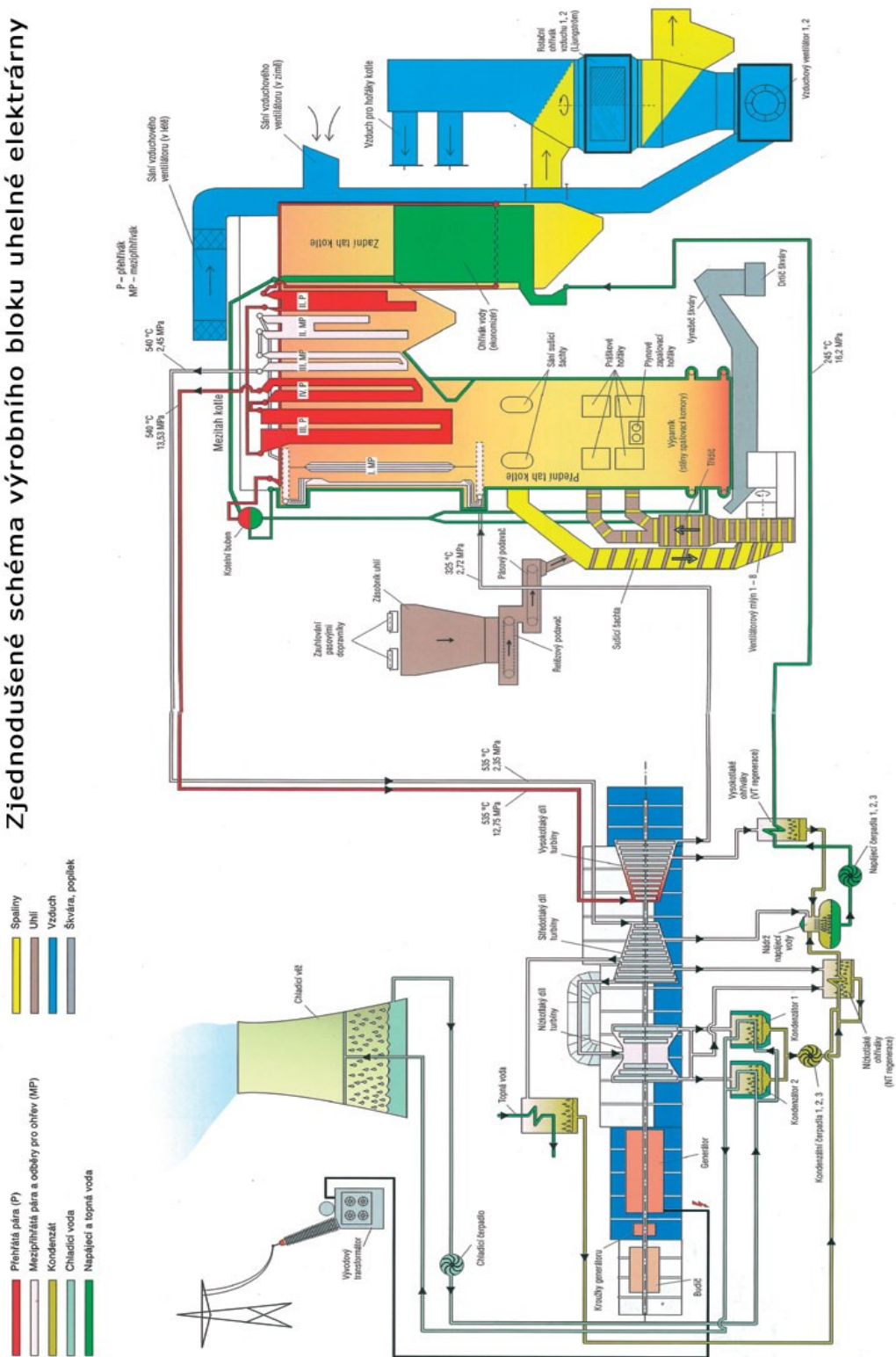
Elektrárny, které jsou určeny pouze k výrobě elektrické energie se nazývají elektrárny kondenzační, ty které mimo elektrické energie dodávají do tepelné sítě energii ve formě páry nebo horké vody, se nazývají teplárny.

Tepelné elektrárny slouží k výrobě elektrické energie. Tento proces můžeme charakterizovat jako přeměnu energie tepelné v mechanickou práci. K vzniku energie tepelné se využívá tzv. fosilních paliv. V ČR se jako fosilní paliva využívají černé a hnědé uhlí dále ropa, zemní plyn a rašelina. [3]

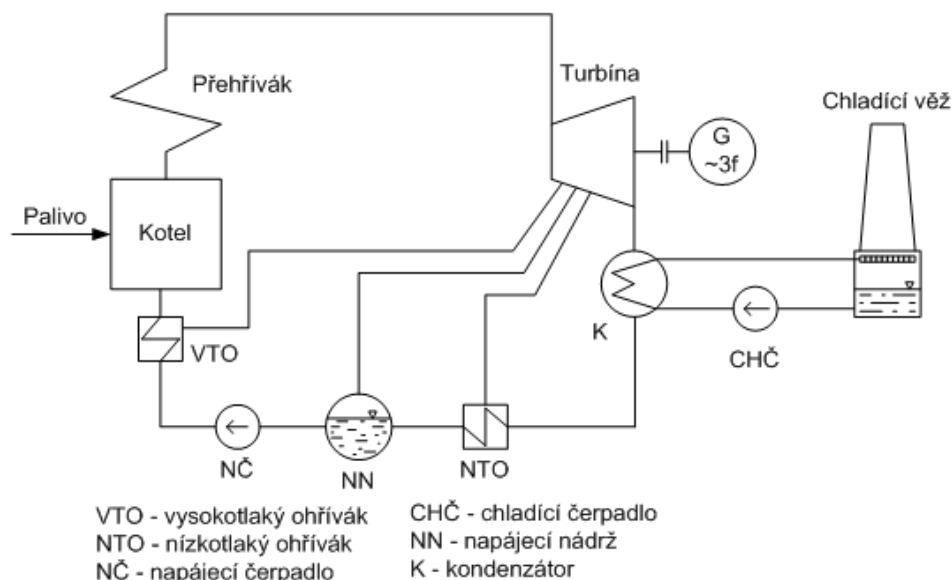
2.1 Spalování uhlí v tepelné elektrárně

V české republice využívají tepelné elektrárny jako nejčastější palivo právě uhlí. Při jeho spalování dochází v ohništi parního kotle k uvolňování tepelné energie. Uhlí se sváží na skladku uhlí v tepelné elektrárně kde se mísí jednotlivé dodávky mezi sebou, aby bylo zajištěno stálosti kvality uhlí a jeho dobrá výhřevnost. Uhlé elektrárny v České republice dodávají více jak 60 (%) procent elektřiny do sítě. Jejich výstavba je závislá na dodávkách uhlí a často se v jejich blízkosti nachází uhelný důl. Dalším potřebným stanovištěm pro výstavbu tepelné elektrárny je i vodní zdroj. Využívá se nejčastěji přehrada nebo velká řeka. Tudíž se vyhledávají pro výstavbu jen ty nejvhodnější místa. [3]

Zjednodušené schéma výrobního bloku uhelné elektrárny



Obr. 1 - Schéma tepelné elektrárny [8]



Obr. 2 - Schéma kondenzační elektrárny [2]

Na **Obr.2** - Blokové schéma tepelné elektrárny, je znázorněno zjednodušené schéma kondenzační elektrárny. Zde přehřátá pára z kotle přichází do parní turbíny, odkud expandovaná pára po vykonání práce odchází do kondenzátoru ochlazeného chladicí vodou, kde kondenzuje. V kondenzátoru se dále vytvoří podtlak. Kondenzátor může být chlazen dvěma způsoby a to buď průtočným chlazením, kdy je voda odebírána z vodního zdroje a následně přehřátá se vrací zpět, nebo chladicí voda která cirkuluje pomocí čerpadel přes chladicí věž. Kondenzát je odčerpáván kondenzačními čerpadly do nádrže s napájecí vodou, do této nádrže se rovněž přivádí upravená přídavná voda, která dorovná ztráty v celém oběhu. Z této nádrže je voda opět čerpána do spalovacího kotle, čímž se okruh voda - pára uzavírá.

Fosilní palivo spalované v kotli odevzdává tepelnou energii vodě a páře a část nevyužitého tepla, které prochází filtry, jako elektrostatický odlučovač kde se ze spalin odstraňují tuhé znečišťující látky jako je prach, saze, popílek, odsiřovací zařízení taky nazýváno jako mokrá vápencová vypírka, které odstraní oxid siřičitý ze spalin a to tak že plyn prochází několikanásobnou sprchou. Nadále vyčištěné spaliny odcházejí do komína.

V teplárně jsou tepelné turbíny přizpůsobené odběru páry do tepelné sítě. Jsou to buď turbíny protitlakové, kde tlak výstupní páry odpovídá požadavkům tepelného konzumu, anebo turbíny s regulovatelným odběrem páry.

Při této technologii výroby elektrické energie dochází ke ztrátám energie. Výstupem na transformátoru je 34 (%) elektrické energie z energie která byla přivedena do parního kotle. Tudíž můžeme vidět její účinnost. [1]

2.2 Palivo

Fosilní palivo je nerostná surovina, která vznikala z odumřelých částí rostlin a živočichů při nedostatku vzduchu. Tyto paliva vznikaly v pravěkých dobách. Během průmyslové revoluce v 20. století se začalo se uhlí dočkálo svého rozmachu kdy se využívalo pro světlo, teplo, pohony atd. Svůj název fosilní paliva dostalo z latinského významu a znamená předvěký. Nyní se fosilní paliva již nahrazují obnovitelnými zdroji.

A to z důvodu že fosilní paliva jsou zdroj vyčerpatelný a při jeho spalování vznikají škodlivé plyny.

Za fosilní palivo se považuje i zemní plyn tvořený z 90 (%) z metanu. Tento plyn vykazuje svou vlastnost jako je vysoká hořlavost a v porovnání s uhlím nejmenší podíl CO_2 . Díky tomu se řadí mezi ekologické zdroje stejně jako zdroje obnovitelné.

Mezi fosilní paliva patří hlavně ropa. Jedná se o hnědou hořlavou kapalinu, která je tvořená směsí uhlovodíků a alkanů a nalézá se ve svrchní vrstvě zemské kůry osm kilometrů pod zemským povrchem. Ropa je využívána především v dopravě pro pohon motorizovaných vozidel. Kromě využití pro pohony se také využívá v potravinářském průmyslu nebo pro výrobu plastů.

U nás nejrozšířenějším palivem pro tepelné elektrárny je uhlí. Je to hornina která se vykazuje velkou hořlavostí, uhlí se dělí podle uložišť na hnědé a černé. Rozlišujeme ho podle stáří na několik typů, přičemž to nejkvalitnější je také nejstarší uhlí neboli antracit. [1]

Hlavní oblasti těžby uhlí v České republice leží na Ostravsku (Ostravsko-karvinská pánev, tj. jižní část Hornoslezské pánve, zasahující k nám z Polska). [6]



Obr. 3 - Rozmístění elektráren v České republice [6]

3 Části tepelné elektrárny

3.1 Zauhlování

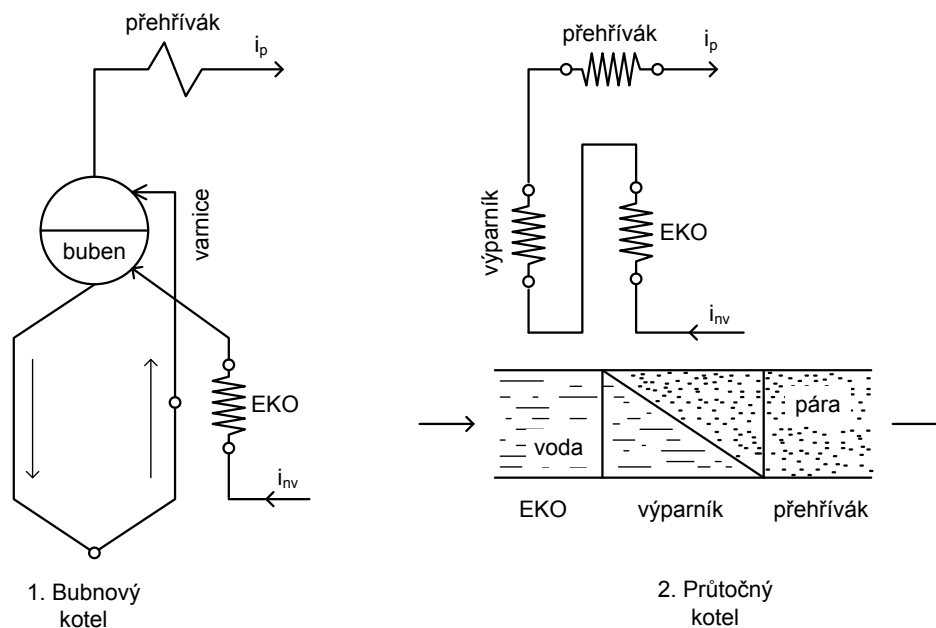
Dopraví uhlí do elektrárny zajišťuje zauhlovací zařízení. U velkých elektráren, které se staví u zdroje například povrchový důl se uhlí dopravuje pomocí pásové dopravy z drtírny dolu, nebo hlubinných zásobníků. Tyto zásobníky jsou plněny uhlím, které je dováženo vagony ze skládky. Tyto skládky mají zásobu uhlí danou předpisy a musí být na několik týdnů dopředu. Uhlí se ze skládky či zásobníků dopravují na šikmé pásy v zauhlovacím mostě, přes odlučovače železa. Odtud se pásovými dopravníky dostává do zásobníků surového uhlí. Ty zajišťují zásobu surového uhlí pro jednotlivé kotle na několik hodin. Přes podavač, který odměřuje přesné množství uhlí, se uhlí podává do mlýna. V mlýně se uhlí namele na jemný prášek a usuší pomocí spalín ze spalovací komory kotle. Dále se jemný rozemletý a usušený prášek spaluje za přívodu přehřátého vzduchu a někdy s příměsí mazutu. Tímto nám vznikne energie která předává teplo parovodnímu traktu kotle. Ze spalín je přes elektrostatický odlučovač a odsiřovací zařízení zachycen například popílek, škvára a další a ty jsou buď dále využity nebo putují na skládku. Poté čisté spaliny jsou hnány přes ventilátory do komína a dostávají se do atmosféry. [3]

3.2 Spalovací kotle

Parní kotle v tepelných elektrárnách se skládají ze spalovacího zařízení a z parního generátoru. Tyto dvě hlavní části kotle jsou ještě doplněny pojistným zařízením, regulací a měřením. Při spalování se vytváří energie, nositelem této energie jsou plynné spaliny, které vznikají v ohništi kotle. Teplo které je ve spalínách se přenáší do vody a to prouděním a sáláním ve výměnících parogenerátoru.

Spalovací kotle mají své rozdělení. Rozdělují se podle specifických požadavků použití na kotle elektrárenské, teplárenské, kotle pro výtop nebo spalovny. Dále se rozdělují podle druhu ohniště, druhu použitého paliva, podle tlaku, podle konstrukce výparníku a podle požadavků provozu. Dnešní vývoj dbá hlavně na zlepšení parametrů kotlů jako zvětšování výkonů, zvyšování parametrů páry, vyšší spolehlivost a hospodárnost. [3]

Rozdělují se tedy na: bubnový (s přirozeným oběhem, s nuceným oběhem), průtočný a fluidní (kdy palivo hoří ve vlnosku a lépe prohořívá což vede k lepší účinnosti) [2]



Obr. 4 - Schéma bubnového a průtočného kotle tepelné elektrárny. [7]

V elektrárně Tušimice II je použit kotel PG 575 a je řešen jako průtlačný, dvoutahový, s granulačním ohništěm a přímým foukáním uhlého prášku do hořákových sekcí, s přehříváky a přihříváky páry. Parametry kotle jsou uvedeny v tabulce. [1]

Tab. 1 - Parametry práškového granulačního kotle [4]

Základní hodnoty	Parametry
Jmenovitý výkon kotle	546,9 (t/h)
Jmenovitá teplota napájecí vody	253(°C)
Jmenovitý tlak přehřáté páry	18,1 (MPa)
Tlak přehřáté páry při výkonu BMCR	19,1 (MPa)
Jmenovitá teplota přehřáté páry	575 (°C)
Jmenovité množství vratné páry	491,54 (t/h)
Jmenovitá teplota vratné páry	346,9 (°C)
Jmenovitý tlak vratné páry	3,907 (MPa)
Maximální tlaková ztráta ST traktu při jmenovitém výkonu kotle	max 0,21 (MPa)
Jmenovitá teplota přehřáté páry	580(°C)
Rozsah výkonu bez stabilizace s dodržáním jmenovitých parametrů	50-105(%) P_{jm}
Minimální výkon kotle bez stabilizace	45 (%) BMCR

3.3 Parovodní okruh

Voda která je ohřátá ze spalovacího kotle se odpařuje ve výparném systému, dále se přehřívá v přehřívacích a získává velký tlak. Dále se pára přes potrubí dostává do turbíny. Zde projde nejprve vysokotlakou částí a vrací se zpět do přehříváku páry v kotli. Pára se poté vede do středotlaké části turbíny, ze které se opět vrací do kotle. Nakonec pára projde nízkotlakou částí, opouští turbínu a putuje do kondenzátoru. Tam se nachází chladicí voda, díky které se pára zkondenzuje a tento kondenzát se dopravuje čerpadly a nízkotlakými regenerativními ohříváky do nádrže vody a odplynováku. Z nádrže se voda dopraví přes vysokotlaké regenerativní ohříváky do ohříváku napájecí vody kotle. [3]

3.4 Okruh chladicí vody a úprava vody

Chladicí vody se využívá k odvodu tepla při kondenzaci páry v turbíně. Zároveň se s ní chladí zařízení. Chladicí voda se získává z velkých vodních toků, nebo přehrad. Jako okruh chladicí vody se používá buď otevřený způsob neboli průtočné chlazení, nebo se využívá uzavřený způsob, cirkulační chlazení. Systém otevřeného způsobu spočívá v předání tepla přímo vodnímu toku. Naopak u uzavřeného způsobu se teplo dostává přes chladicí věže do ovzduší. U velkých elektráren se používá spíše uzavřeného způsobu. Jelikož je zde spotřebováno hodně vody a přírodní toky nejsou pro toto dostačující. V parovodním okruhu dochází ke ztrátám vody a tyto ztráty se kompenzují přivedením vody z vodních zdrojů. Tato voda se ale musí nejprve upravit a to tak že se přivede do zásobních nádrží, kde se od ní oddělí mechanické nečistoty. Přes čerpadla se voda dopraví na předúpravu a menší část vody je vedena do demineralizační stanice, kde se upraví případná voda pro parovodní okruh. [3]

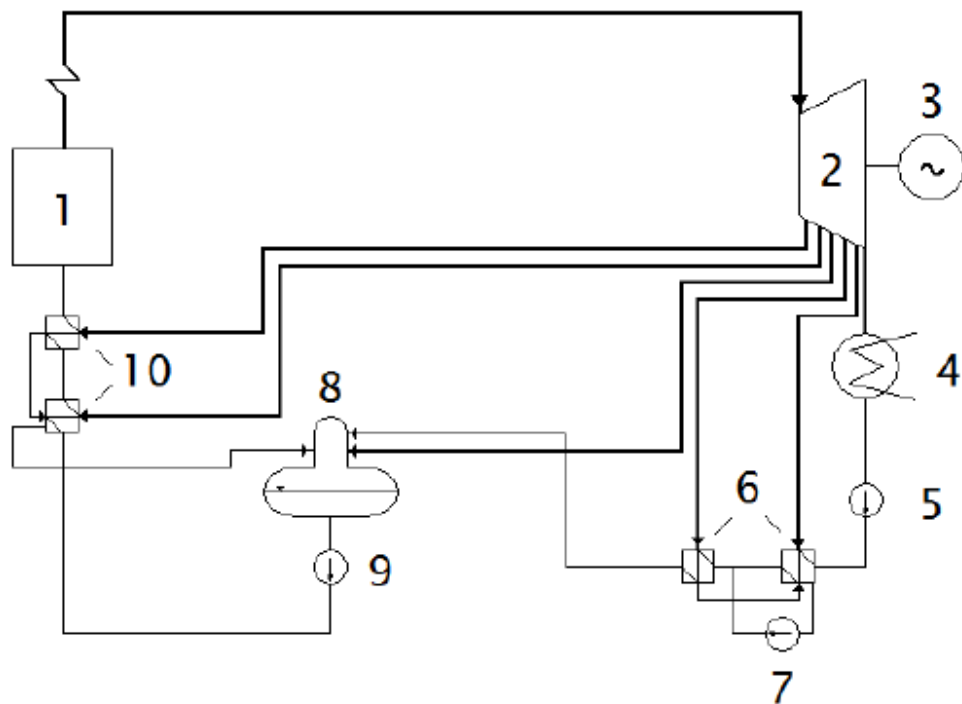
3.5 Turbíny

V tepelných elektrárnách se využívá vícestupňových turbín, mají velkou účinnost a jsou využity k pohonu alternátorů o velkých výkonech. V samotné elektrárně se využívá i meších turbín k pohánění čerpadel. U velkých turbín musí být předpoklad k dostatečné pružnosti tak, aby turbína mohla pracovat v režimu regulace kmitočtu a předávaných výkonů. Dalším požadavkem je odstavení turbíny do zálohy s následnou možností rychlého spouštění do provozu.

Turbíny se rozdělují podle výkonu. Do 55(MW) se jedná o turbíny přetlakové a při větším výkonu, již jde o turbíny rovnotlaké. Tyto turbíny se vyrábějí o výkonech 100(MW), 110 (MW), 200 (MW), 210 (MW) a 500 (MW). [3]

3.6 Vlastní výroba elektřiny

Pára je přivedena do turbíny a ta následně roztáčí alternátor, který je spojen s turbínou hřídelí. Energie která je získaná z alternátoru se přenáší do hlavního transformátoru. Transformátor elektrickou energii následně transformuje na příslušnou napěťovou hladinu a dále je rozváděna po elektrizační síti. Pro vlastní spotřebu elektrárny jsou instalována zařízení pro zajištění spolehlivého napájení jednotlivých spotřebičů.



Obr. 5- Klasické schéma kondenzačního elektrárenského bloku bez přehřívání páry [3]

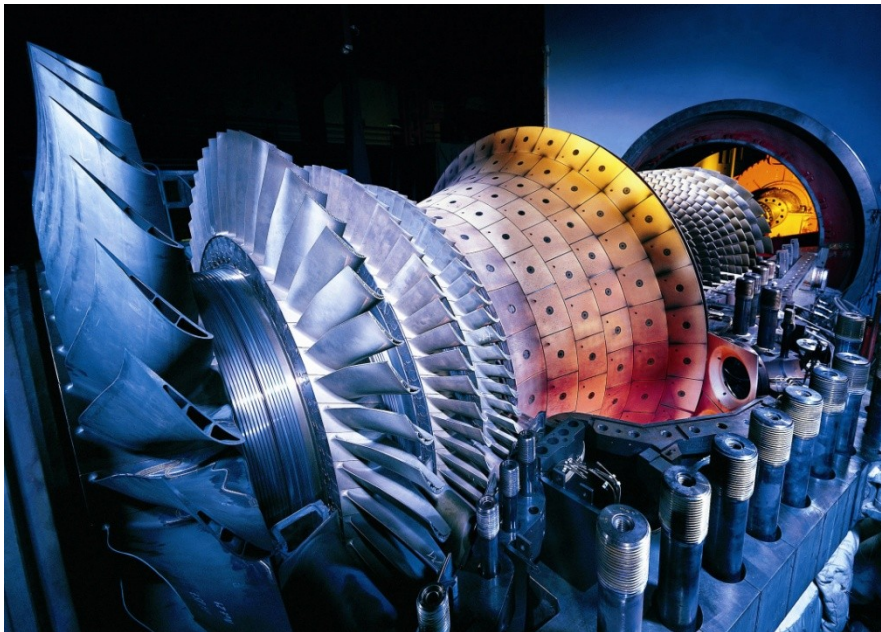
- 1 - Kotel
- 2 - Turbína
- 3 - Alternátor
- 4 - Kondenzátor
- 5 - Kondenzační čerpadlo
- 6 - Nízkotlaké regenerativní ohříváky
- 7 - Čerpadlo
- 8 - Napájecí nádrž s odplyňovákem
- 9 - Napájecí čerpadlo
- 10 - Vysokotlaké regenerativní ohříváky

3.6.1 Kotel

Parní kotle jsou v dnešních moderních elektrárnách o výkonech kolem 700 (t/h). Kotle vyrábí firma Vítkovice, a.s. a jsou průtlačné dvoutahové, s granulačním ohništěm a přehříváním páry. Pro uvedení kotle do chodu je již používán zemní plyn místo původně používaného mazutu. [5]

3.6.2 Turbína

Turbíny se skládají z mnoha nebo jednoho postupně se zvětšujících průměrů lopatkových kol. Turbína se skládá z pohyblivé části rotoru který je umístěn na hřídeli a nepohyblivé statoru Turbíny se pro zvyšování účinnosti rozdělují na několik stupňů a to na vysokotlaký, středotlaký a nízkotlaký. [5]



Obr. 6 - Ilustrační fotka turbíny [6]

3.6.3 Alternátor

Jsou to točivé elektrické stroje které pracují v generátorickém režimu a vytvářejí z kinetické energie energii elektrickou. V elektrárně pracují alternátory jako turboalternátory. Tyto turboalternátory jsou realizovány jako turboalternátory s hladkým rotorem, kdy jsou poháněny parní turbínou. Jsou rychloběžné tj. mají otáčky kolem 3000 (ot/min) a obvykle jsou dvoupólové. Alternátory které vyrábí značka Škoda mají výkon 235 (MVA) pracují s kombinovaným chlazením a to povrchové což je realizováno vodíkem a vodiči kterými proudí kondenzát je chlazen statorové vinutí. [5]

3.6.4 Kondenzátor

Účelem kondenzátoru je znovu zkondenzovat páru která již prošla procesem přes turbínu a musí se znovu zkondenzovat na elektrárenskou vodu.

3.6.5 Kondenzační čerpadlo

Kondenzační čerpadlo zajišťuje oběhový cyklus kondenzátu přes nízkotlaké regenerační ohříváky do odplyňovací nádrže elektrárně.

3.6.6 Nízkotlaké a vysokotlaké regenerační ohříváky

Jsou to tepelné výměníky ve kterých pára předává svou tepelnou energii napájecí vodě parogenerátoru a kondenzátu. U nízkotlakých je princip takový, že se kondenzát nejdříve ohřeje na bod varu proto, aby v odplyňovací nádrži byl zbaven rozpuštěných plynů.

U vysokotlakých regeneračních ohříváků se zbavuje napájecí voda nečistot v podobě plynů v odplyňovacích zařízeních při teplotě blízké bodu varu v parogenerátoru. [6]



Obr. 7 - Ilustrační nízkotlakých a vysokotlakých regeneračních ohříváků [6]

3.6.7 Čerpadlo

Čerpadla mají funkci dopravy tzv. odplyněné vody z odplyňovací nádrže a to přes vysokotlaké regenerační ohříváky do parogenerátoru kdy je jejich další funkcí zvýšení tlaku odplyněné vody na tlak generované páry. [5]

4 Vlastní elektrická spotřeba tepelné elektrárny

V této bakalářské práci jsou jednak statisticky zpracovávány hodnoty instalovaných výkonů pohonů jednoho bloku moderní uhelné elektrárny a jednak jsou zde i uvedeny hodnoty naměřených vlastních všech 3 bloků uhelné elektrárny. Naměřené hodnoty vlastní spotřeby, spotřeby paliva a výroby elektrické energie a páry pocházejí z garančního měření, kterým dodavatel technologie kotelny prokazuje odběrateli splnění garantovaných (smluvních) parametrů.

4.1 Instalované výkony nízkonapěťových odběrů kotelny elektrárny

Po konzultaci s vedoucím bakalářské práce, jsem provedl kategorizaci jednotlivých odběrů a to kvůli větší přehlednosti do tabulky a následným grafům.

Každému odběru ze seznamu spotřebičů kotelny byla přiřazena jedna z těchto šesti kategorií: pohony, pomocné, struska, uhlí, voda, vzduch a spaliny. Detailněji jsou jednotlivé pohony popsány v příloze.

Příklad největších instalovaných výkonů pro jednotlivé kategorizace

Pohony:

Rozvaděč frekvenčního měniče - 222 (kW)

Motor čerpadla hydraulického agregátu vysokotlaké přepouštěcí stanice - 15 (kW)

Pomocné:

Místní ovládací skříňka - rozvaděč MaR - odvod tepelných zisků kotelny - 30,5 (kW)

Motor čerpadla ovládání deskového uzávěru - 32 (kW)

Struska:

Frekvenční měnič vynášeče strusky - 90 (kW)

Motor drtiče strusky - 44 (kW)

Uhlí:

Frekvenční měnič řetězového a pásového podavače uhlí mlýnského okruhu - 90 (kW)

Motor čerpadla mazací stanice ventilátorového mlýna - 24 (kW)

Voda:

Čerpadlo chladicí vody z betonky - 220 (kW)

Čerpací vložka chladicího okruhu - 75 (kW)

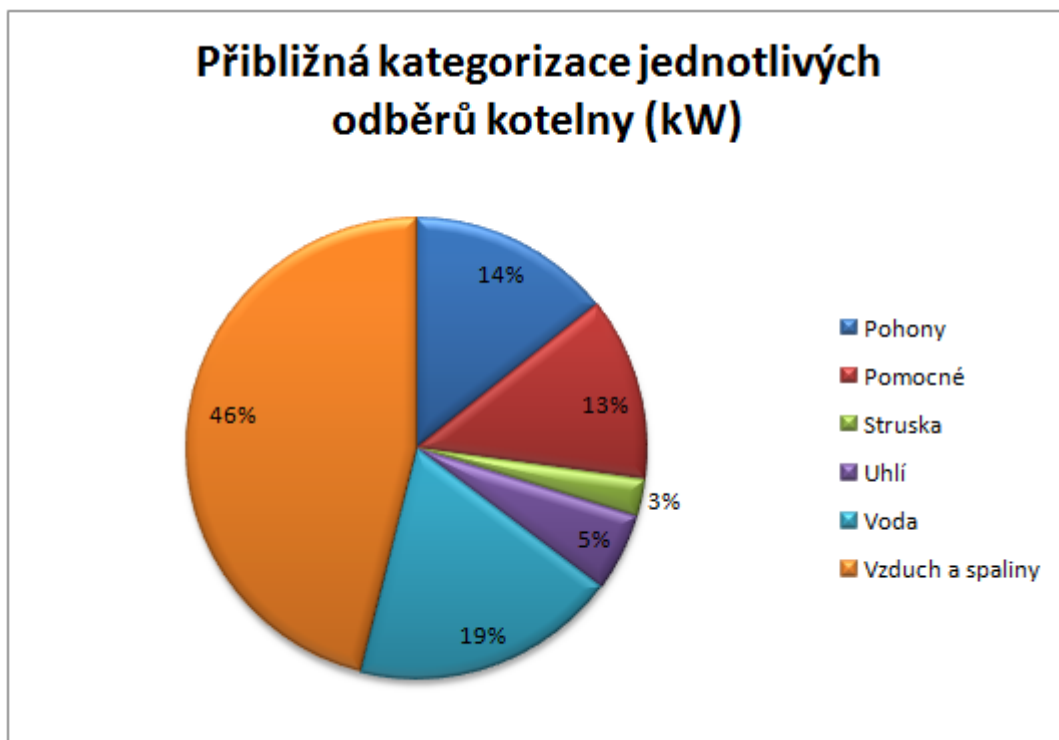
Vzduch a spaliny:

Ohřívák těsnícího vzduchu vzduchového ventilátoru - 104 (kW)

Řídící skříň VVN zdroje elektrického odlučovače - 1840 (kW)

Tab. 2 - Přibližná kategorizace jednotlivých odběrů kotelny

Popisky řádků	Součet instalovaných výkonů P (kW)	Celkový počet spotřebičů	Průměrná velikost spotřebiče P (kW)
Pohony	764,9218	462	1,66
Pomocné	684,09	169	4,05
Struska	139	10	13,90
Uhlí	292	56	5,21
Voda	1000	14	71,43
Vzduch a spaliny	2459,82	92	26,74
Celkový součet	5339,8318	803	6,65

**Obr. 8** - Graf jednotlivých odběrů z celkového instalovaného výkonu

Z *obr. 8.*, a *Tab. 2.* je viditelné že největší zastoupení co se odběrů týče má kategorie vzduch a spaliny, za ní kategorie voda, pohony, pomocné, uhlí a struska.

Kategorie vzduch a spaliny má největší hodnotu instalovaného výkonu proto, že u kotlů jsou velké odběry zejména u ventilátorových mlýnů a ventilátorů, dále přiměsí vzduchu do hořáků a efektivní využívání spalin a jejich filtraci či odsiřování aby nedošlo úniku škodlivých látek do okolí. Dalším největším instalovaným výkonům patří kategorie voda, kdy musíme napájet soustavy jako chladicí čerpadla, oběhová čerpadla a čerpadla vody z betonky atd. Neméně důležité je však zmínit kategorii pohony kde patří kupříkladu motory čerpadel, elektropohony klapek, olejová čerpadla a mnoho dalších. Kategorie pomocné do které patří například místní ovládací skříňka, elektropohon těsnících klapek, motory hydraulických uzávěrů, měřicí přístroje jako sběrná skříň akustických emisí. Poslední kategorii kterou zmíním je struska kterou se rozumí vynášeče strusky, drtiče strusky, šnekové dopravníky a jiné.



Obr. 9 - Graf celkového počtu spotřebičů

V *obr. 9.* je znázorněno počet spotřebičů pro jednotlivé kategorie jednoho bloku elektrárny. Kde převládá ve větší polovině kategorie pohony jelikož motory a pohony různých částí kotelny jsou u moderní uhelné elektrárny nezbytností.

5 Naměřené hodnoty vlastní spotřeby

V blokové spotřebě nejsou zahrnuty neblokované odběry. To znamená odběry společné pro celou elektrárnu. Například doprava a uskladnění strusky a podobně.

Tab. 3 - Naměřené hodnoty výkonů, paliva a množství spalin a vzduchu pro všechny 3 bloky A, B, C

Blok			A	B	C	Průměr
Začátek			9:00:00	12:00:00	9:00:00	-
Konec			13:00:00	16:00:00	13:15:00	-
Naměřené hodnoty			-	-	-	-
Tepelný výkon		P_Q [MWt]	437,66	438,55	445,19	440,47
Elektrický výkon		P_{el} [MWe]	200,10	199,60	201,70	200,47
Palivo	Výhřevnost	k_v [kJ/kg]	11810,00	11210,00	13330,00	12116,67
	Popel	[%]	23,67	24,98	16,23	21,63
	Voda	[%]	30,17	32,25	33,13	31,85
	Uhlík	[%]	31,41	30,08	34,24	31,91
	Přepočtená spotřeba paliva	M_U [kg/s]	40,72	43,10	36,80	40,21
Množství spalin		M_{spalin} [kg/kg]	5,13	5,71	6,26	5,70
Množství vzduchu		$M_{vzduchu}$ [kg/kg]	5,89	5,01	5,42	5,44

P_Q [MWt] - Tepelný výkon jednotlivého bloku

P_{el} [MWe] - Elektrický výkon jednotlivého bloku

k_v [kJ/kg] - Výhřevnost jednotlivého bloku

M_U [kg/s] - Přepočtená spotřeba paliva jednotlivého bloku

M_{spalin} [kg/kg] - Přepočtená spotřeba paliva jednotlivého bloku

$M_{vzduchu}$ [kg/kg] - Množství vzduchu jednotlivého bloku

Při srovnání dat z vlastního měření všech tří bloků uhelné elektrárny, kdy mají všechny 3 bloky s ohledem na výchyly v jednotkách 1 (MWe) stejný elektrický výkon P_{el} , zjistil že blok C pracuje v nejefektivnějším režimu a to proto že má o 1 (MWe) od ostatních dvou nejvyšší Elektrický výkon P_{el} , nejmenší množství odpadního popela, nejvyšší výhřevnost která se liší od bloku A a B v jednotkách tisíců kJ/kg ale zato nejvyšší množství spalin.

Tab. 4 - Naměřené hodnoty vlastní elektrické spotřeby jednotlivých částí bloků

Vlastní elektrická spotřeba		A	B	C	Průměr
Kotelna	$\Delta P_{kot.}$ [kW]	353,51	324,67	316,85	331,68
Elektroodlučovač	$\Delta P_{el.odluč}$ [kW]	570,63	579,04	453,69	534,45
Mlýny	$\Delta P_{mlýn.}$ [kW]	2653,47	2652,87	2747,73	2684,69
Kouřový ventilátor	ΔP_{kv} [kW]	1791,85	1007,56	2207,91	1669,11
Vzduchový ventilátor	$\Delta P_{vv.}$ [kW]	767,80	1639,69	707,57	1038,35
Vlastní spotřeba bloku celkem	ΔP [kW]	6137,27	6203,83	6433,76	6258,29

$\Delta P_{kot.}$ [kW] - Vlastní elektrická spotřeba kotelny jednotlivého bloku

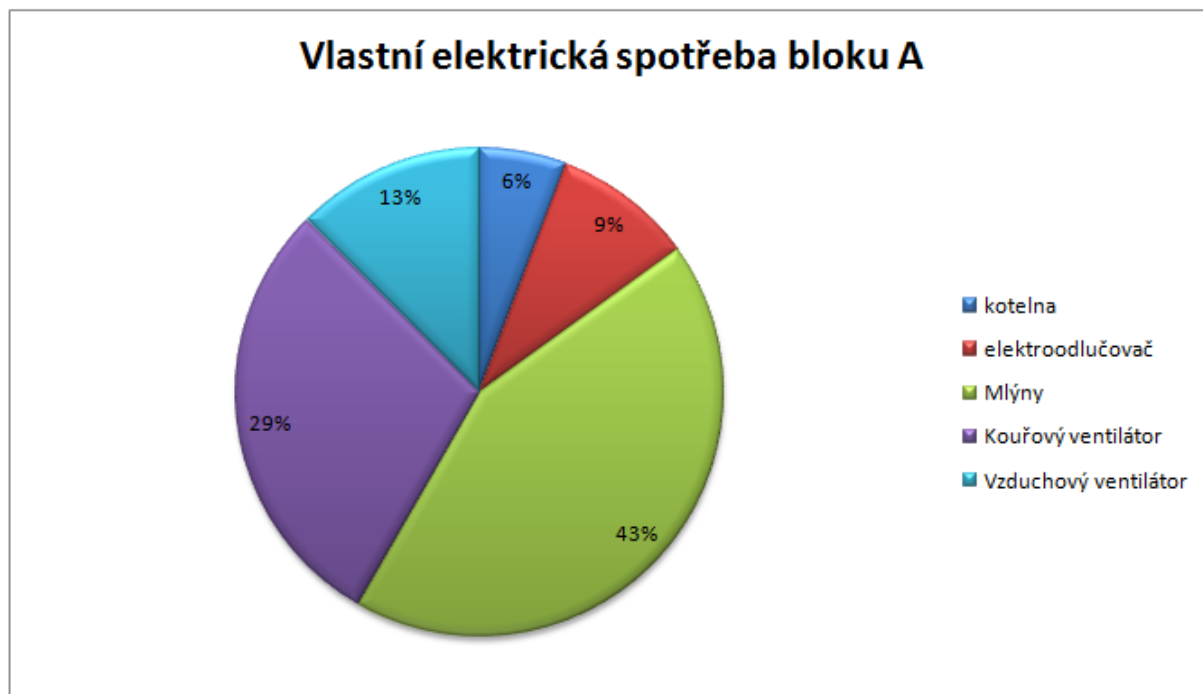
$\Delta P_{el.odluč}$ [kW] - Vlastní elektrická spotřeba elektroodlučovače jednotlivého bloku

$\Delta P_{mlýn.}$ [kW] - Vlastní elektrická spotřeba mlýnů jednotlivého bloku

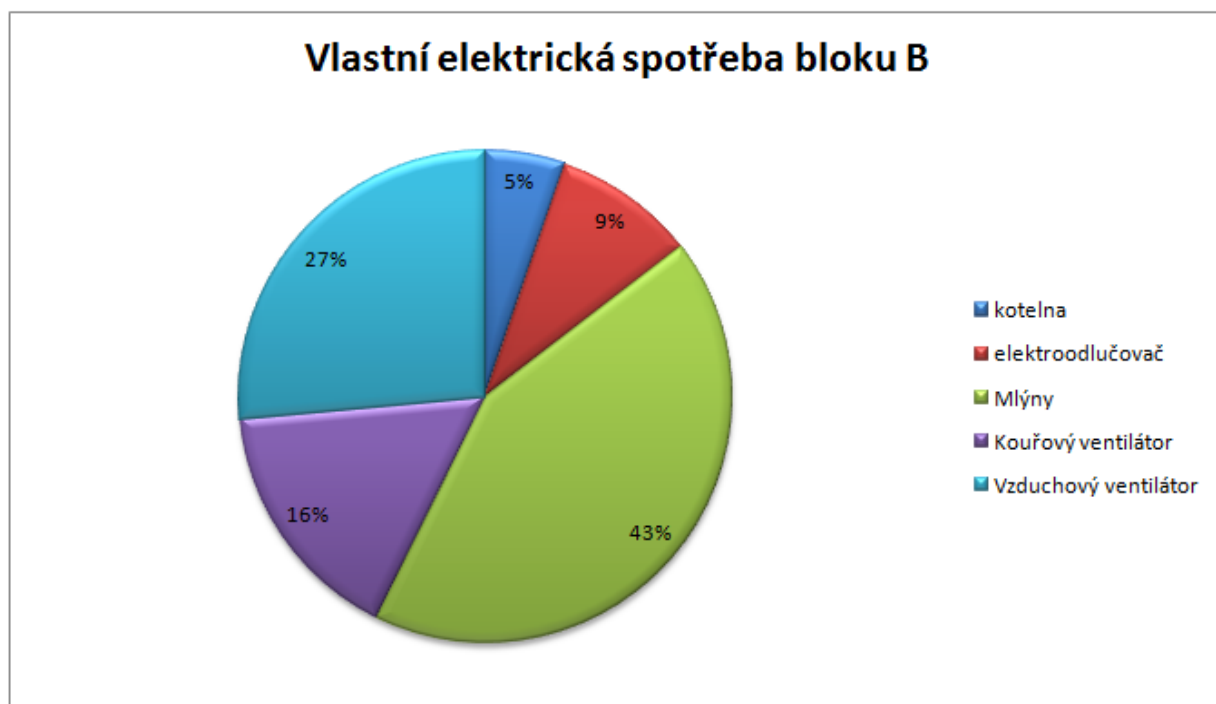
ΔP_{kv} [kW] - Vlastní elektrická spotřeba kouřového ventilátoru jednotlivého bloku

$\Delta P_{vv.}$ [kW] - Vlastní elektrická spotřeba vzduchového ventilátoru jednotlivého bloku

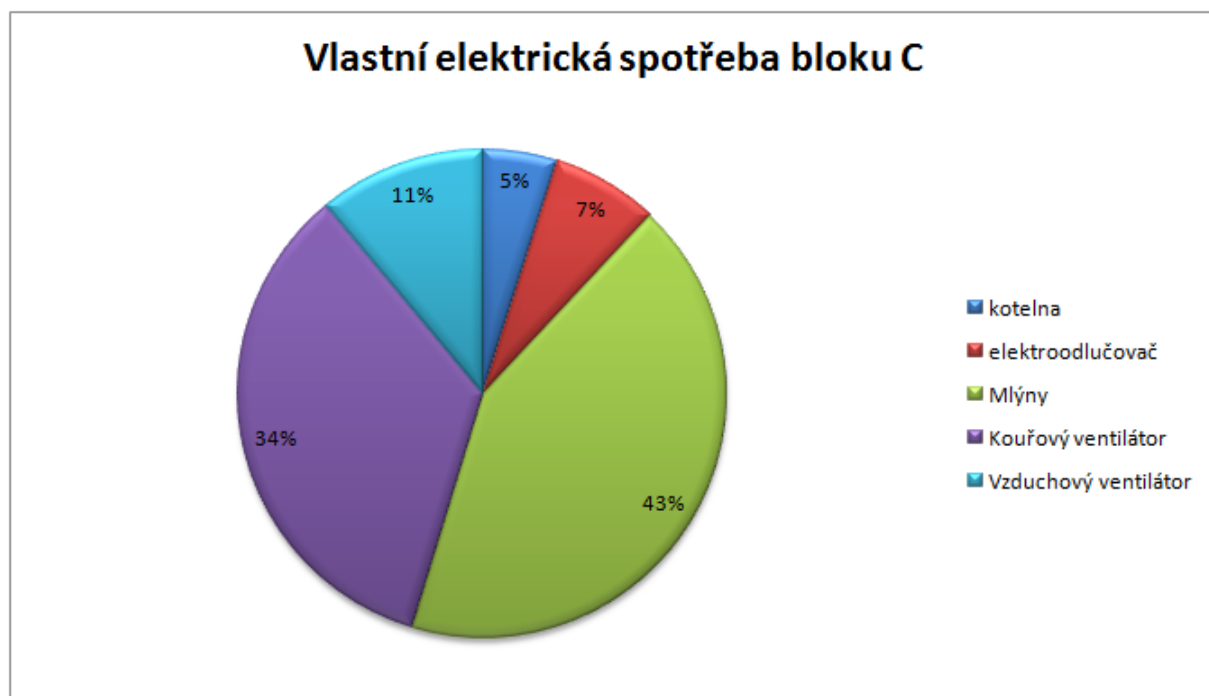
ΔP [kW] - Vlastní elektrická spotřeba jednotlivého bloku celková jednotlivého bloku



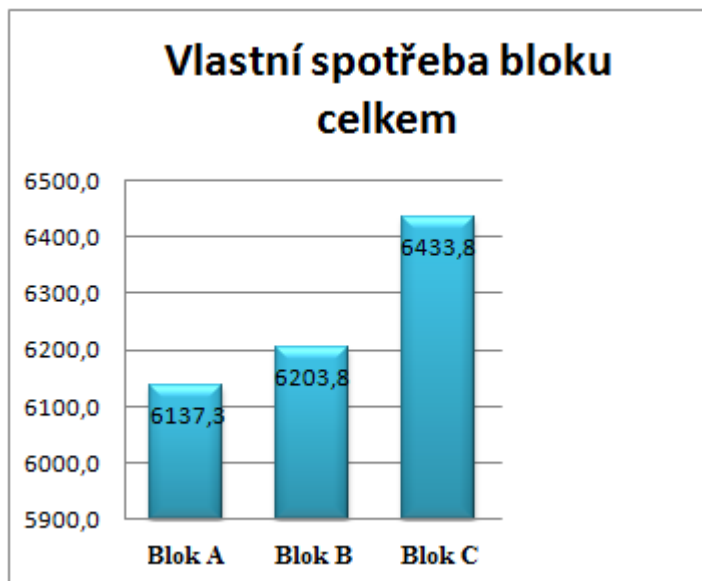
Obr. 10- Graf jednotlivých odběrů z bloku A



Obr. 11 - Graf jednotlivých odběrů z bloku B



Obr. 12 - Graf jednotlivých odběrů z bloku C



Obr. 13 - Srovnání odběrů všech 3 bloků

Při vyhodnocení vlastní elektrické spotřeby z **Tab. 13**. Jsem došel k závěru že nejnižší vlastní spotřebu má blok A - 6137,3 (kW), jako druhý blok B - 6203,8 (kW) a největší vlastní elektrickou spotřebu má blok C - 6433,8 (kW). Blok A pracuje nejsporněji a to tak že vlastní spotřeby jednotlivých kategorií sice nejsou nejnižší, zato jsou střední, ale v součtu je vlastní spotřeba bloku jako celku nejnižší. Největšími výkyvy mezi jednotlivými kategoriemi tvoří blok C který má nejnižší hodnotu kategorie kotelna ze všech tří bloků avšak zase rapidně nejvyšší hodnotu kategorie kouřový ventilátor. Blok C má větší jak tepelnu, tak elektrickou výrobu, ale měrné spotřeby jsou stejné v rámci nejistoty měření. Blok B má vlastní spotřebu střední tj. vyšší než blok A, ale nižší než blok C. Musím však zmínit že na hodnoty měření může mít velký vliv hodnota atmosférických podmínek a podmínek chodu elektrárny při samotném provádění měření.

5.1 Vypočtené hodnoty

V následujících tabulkách jsou vypočteny účinnostní parametry jednotlivých parametrů jednotlivých bloků elektrárny z hodnot vlastního měření.

Tab. 5 - Vypočtené hodnoty tepelné, elektrické účinnosti a podíl vlastní el. spotřeby kotelný bloku k výrobě elektřiny

Vypočtené hodnoty		A	B	C	Průměr
Tepelná účinnost bloku	$\eta_{Qblok} (\%)$	91,01	90,77	90,77	90,85
Tepelná účinnost bloku v procentech		$\eta_{Qblok} = \frac{\frac{P_Q \cdot 1000}{M_U}}{\frac{k_V}{100}}$			
Elektrická účinnost bloku	$\eta_{EL.blok} (\%)$	41,61	41,31	41,12	41,35
Elektrická účinnost bloku v procentech		$\eta_{EL.blok} = \frac{\frac{P_{EL} \cdot 1000}{M_U}}{\frac{k_V}{100}}$			
Podíl vlastní elektrické spotřeby kotelný bloku k výrobě elektřiny	$E (\%)$	3,07	3,11	3,19	3,12
Poměrná spotřeba elektrické energie na výrobu v procentech		$E = \frac{\Delta P}{1000} \cdot \frac{100}{P_{EL}}$			

$\eta_{Qblok} (\%)$ - Tepelná účinnost bloku v procentech

P_Q [MWt] - Tepelný výkon jednotlivého bloku

M_U [kg/s] - Přepočtená spotřeba paliva jednotlivého bloku

k_v [kJ/kg] - Výchřevnost jednotlivého bloku

$\eta_{EL.blok} (\%)$ - Elektrická účinnost bloku v procentech

P_{el} [MWe] - Elektrický výkon jednotlivého bloku

$E (\%)$ - Poměrná spotřeba elektrické energie na výrobu v procentech

ΔP [kW] - Vlastní elektrická spotřeba jednotlivého bloku celková jednotlivého bloku

V procentových výpočtech bloků tepelné a elektrické účinnosti a jejich podílu na výrobu v procentech, se podle tabulky **Tab. 5** nejlepší bloková účinnost vyšla u bloku A a to ve všech třech výpočtech. Jeho podíl elektrické spotřeby ku vyrobené elektřině vyšel 3,07 % spotřebované energie z vyrobené.

Tab. 6 - Vypočtené hodnoty spotřeby mletí uhlí, elektroodlučovače, dopravy vzduchu a spalin a pomocných odběrů kotelny

Vypočtené hodnoty		A	B	C	Průměr
Měrná spotřeba mletí uhlí	$\eta_{P.mletí\ uhlí}$ (kW·h·t ⁻¹)	18,1	17,1	20,74	18,65
Množství energie potřebné k namletí jedné tuny paliva		$\eta_{P.mletí.uhlí} = \frac{\Delta P_{mlyn.}}{M_U} \cdot \frac{1000}{3600}$			
Měrná spotřeba elektroodlučovače	$\eta_{P.elektroodlučovače}$ (kW·h·t ⁻¹)	0,759	0,654	0,547	0,653
Množství kWh potřebné pro vyčištění jedné tuny spalin		$\eta_{P.elektroodlučov.} = \frac{\Delta P_{el.odluč.} \cdot 1000}{(M_U \cdot M_{spalin} \cdot 3600)}$			
Měrná spotřeba dopravy vzduchu a spalin	$\eta_{P.dopravy}$ (kWe/kWt)	0,00585	0,00604	0,00655	0,00614
Jeden kW el. spotřeby vzduchového a spalinového ventilátoru na kW tepelný výroby kotle		$\eta_{P.dopravy} = \frac{\Delta P_{kv.} + \Delta P_{vv.}}{P_Q \cdot 1000}$			
Měrná spotřeba pomocných odběrů kotelny	$\eta_{P.Pomoc.odběrů}$ (kWe/kWt)	0,000808	0,000741	0,000712	0,000750
Jeden kW el. spotřeby pomocných odběrů kotelny na jeden kW tepelný výroby kotle		$\eta_{P.Pomoc.odběrů} = \frac{\Delta P_{kot.}}{P_Q \cdot 1000}$			

$\eta_{P.mletí\ uhlí}$ (kWh/t) - Množství energie potřebné k namletí jedné tuny paliva

$\Delta P_{mlyn.}$ [kW] - Vlastní elektrická spotřeba mlýnů jednotlivého bloku

M_U [kg/s] - Přepočtená spotřeba paliva jednotlivého bloku

$\eta_{P.elektroodlučovače}$ (kWh/t) - Množství kWh potřebné pro vyčištění jedné tuny spalin

$\Delta P_{el.odluč.}$ [kW] - Vlastní elektrická spotřeba elektroodlučovače jednotlivého bloku

M_{spalin} [kg/kg] - Přepočtená spotřeba paliva jednotlivého bloku

$\eta_{P.dopravy}$ (kWe/kWt) - Jeden kW el. spotřeby vzduchového a spalinového ventilátoru na kW tepelný výroby kotle

$\Delta P_{kv.}$ [kW] - Vlastní elektrická spotřeba kouřového ventilátoru jednotlivého bloku

$\Delta P_{vv.}$ [kW] - Vlastní elektrická spotřeba vzduchového ventilátoru jednotlivého bloku

P_Q [MWt] - Tepelný výkon jednotlivého bloku

$\eta_{P.Pomoc.odběrů}$ (kWe/kWt) - Jeden kW el. spotřeby pomocných odběrů kotelny na jeden kW tepelný výroby kotle

Tab. 7 - Vypočtené hodnoty spotřeby vzduchového ventilátoru, spalinového ventilátoru a dopravy spalin a vzduchu

Vypočtené hodnoty		A	B	C	Průměr
Měrná spotřeba vzduchového ventilátoru	$\eta_{P.vv}$ (kW·h·t ⁻¹)	0,889	2,108	0,986	1,328
Spotřeba ventilátoru v kW·h na dopravu jedné tuny vzduchu		$\eta_{P.vv} = \frac{\Delta P_{vv} \cdot 1000}{(M_U \cdot M_{vzduchu} \cdot 3600)}$			
Měrná spotřeba spalinového ventilátoru	$\eta_{P.sp}$ (kW·h·t ⁻¹)	2,39	1,12	2,66	2,06
Spotřeba ventilátoru v kW·h na dopravu jedné tuny spalin		$\eta_{P.sv} = \frac{\Delta P_{kv} \cdot 1000}{(M_U \cdot M_{spalin} \cdot 3600)}$			
Celkem měrná spotřeba dopravy spalin a vzduchu	$\eta_{P.celková.spalin}$ (kW·h·t ⁻¹)	3,27	3,25	3,65	3,39
Spotřeba celková v kW·h na jednu tunu vzduchu a spalin		$\eta_{P.celková.spalin} = \eta_{P.vv} + \eta_{P.sp}$			

$\eta_{P.vv}$ (kWh/t) - Měrná spotřeba vzduchového ventilátoru

ΔP_{vv} [kW] - Vlastní elektrická spotřeba vzduchového ventilátoru jednotlivého bloku

M_U [kg/s] - Přepočtená spotřeba paliva jednotlivého bloku

$M_{vzduchu}$ [kg/kg] - Množství vzduchu jednotlivého bloku

$\eta_{P.sp}$ (kWh/t) - Spotřeba ventilátoru v kWh na dopravu jedné tuny spalin

ΔP_{kv} [kW] - Vlastní elektrická spotřeba kouřového ventilátoru jednotlivého bloku

M_{spalin} [kg/kg] - Přepočtená spotřeba paliva jednotlivého bloku

$\eta_{P.celková.spalin}$ (kWh/t) - Spotřeba celková v kWh na jednu tunu vzduchu a spalin

Tab. 8 - Vypočtené hodnoty spotřeby vzduchového ventilátoru, spalínového ventilátoru a dopravy spalin a vzduchu v normované hodnotě Nm³

Vypočtené hodnoty		A	B	C	Průměr
Normovaná měrná spotřeba vzduchového ventilátoru	$\eta_{NP.vv}$ kW·h/(tisíc N·m ³)	0,69	1,63	0,76	1,03
Spotřeba vzduchového ventilátoru v kWh na dopravu jednoho tisíce normometrů krychlových vzduchu $\eta_{NP.vv} = \eta_{P.vv} \cdot \rho$					
Normovaná měrná spotřeba spalínového ventilátoru	$\eta_{NP.sp}$ kW·h/(tisíc N·m ³)	1,85	0,88	2,07	1,6
Spotřeba spalínového ventilátoru v kWh na dopravu jednoho tisíce normometrů krychlových spalin $\eta_{NP.sp} = \eta_{P.sp} \cdot \rho$					
Celkem normovaná měrná spotřeba dopravy spalin a vzduchu	$\eta_{NP.celková.spalin}$ kW·h/(tisíc N·m ³)	2,54	2,52	2,83	2,63
Spotřeba spalínového ventilátoru v kWh na dopravu jednoho tisíce normometrů krychlových vzduchů a spalin $\eta_{NP.celková.spalin} = \eta_{NP.vv} \cdot \eta_{NP.sp}$					

$\eta_{NP.vv}$ kWh/(tisíc Nm³) - Spotřeba vzduchového ventilátoru v kWh na dopravu jednoho tisíce normometrů krychlových vzduchu

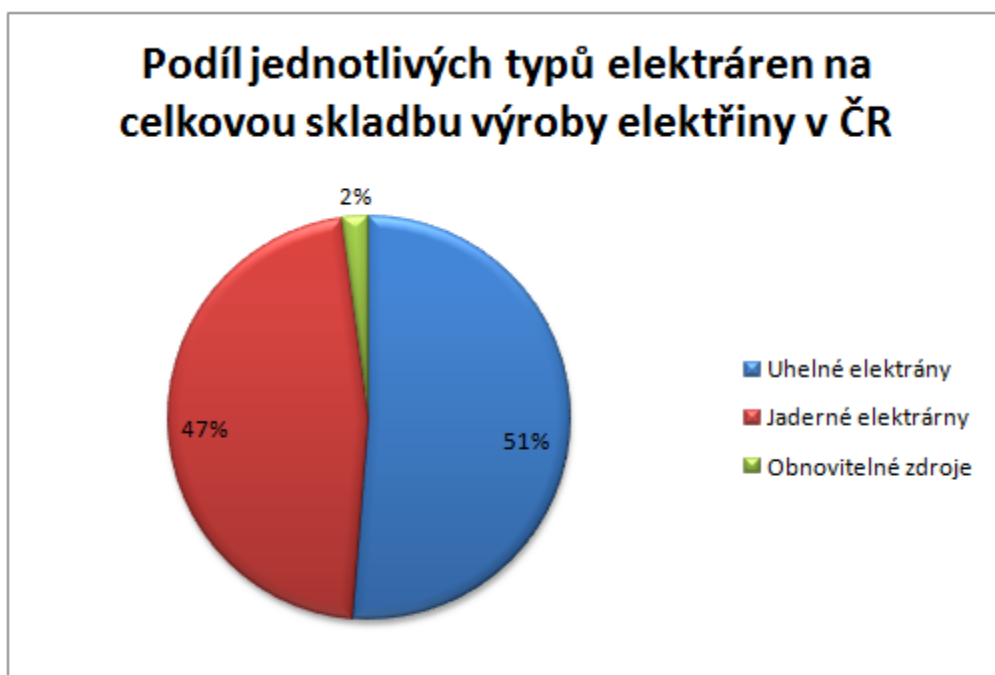
$\eta_{NP.sp}$ kWh/(tisíc Nm³) - Spotřeba spalínového ventilátoru v kWh na dopravu jednoho tisíce normometrů krychlových spalin

$\eta_{NP.celková.spalin}$ kWh/(tisíc Nm³) - Spotřeba spalínového ventilátoru v kWh na dopravu jednoho tisíce normometrů krychlových vzduchů a spalin

ρ (1,29 kg/Nm³) - Normální hustota vzduchu za normální teploty a tlaku

6 Závěr

Úkolem mé bakalářské práce bylo přiblížit a vytvořit všeobecnou představu o tepelných elektrárnách. Uhlé elektrárny jsou nedílnou součástí našich životů, jelikož v celkové skladbě vlastních zdrojů použitých pro výrobu elektřiny zauímají největší podíl právě uhlé elektrárny.



Obr. 14 - Podíl elektráren na celkové výrobě elektřiny v ČR

Druhou částí mé bakalářské práce bylo vyhodnotit měření vlastní spotřeby uhlé elektrárny. Z měření jednotlivých rozvaděčů jednoho bloku elektrárny jsem určil instalované výkony pro jednotlivé nízkonapěťové odběry kotleny jednoho bloku elektrárny a provedl sumarizaci do jednotlivých kategorií. Jednotlivé instalované výkony pro odběry z rozvaděčů jsou uvedeny v příloze **tabulka 10**.

Největšími hodnotami vlastní spotřeby disponuje kategorie vzduch a spaliny z důvodu přívodu, foukání vzduchu do kotle, následným dalším využitím tepla spalin a jejich filtraci. V porovnání celkového počtu spotřebičů má největší hodnotu kategorie pohonu a to z důvodu spousty malých pohonů jako: elektropohonu klapek, elektropohonu šoupátek, elektropohonu ventilů atd.

Při vyhodnocování vlastní spotřeby všech 3 bloků jsem dospěl k výsledku, že průměrný podíl z bloků A, B, C vlastní elektrické spotřeby kotleny bloku, k výrobě elektřiny činil 3,12 (%) a nejlépe pracoval blok A který měl tuto hodnotu nejmenší.

Další hodnoty zjištěné výpočtem se změřených hodnot se nacházejí v **tabulce 9**, kde jsou uvedeny hodnoty průměrné spotřeby jednotlivých výpočtů ze všech tří bloků A, B, C.

Tab. 9 - Průměrné hodnoty vypočtených veličin

Veličina	Průměrná hodnota	Veličina	Průměrná hodnota
$\eta_{P.mletí\ uhlí} (kW \cdot h \cdot t^{-1})$	18,65	$\eta_{P.sp} (kW \cdot h \cdot t^{-1})$	2,06
$\eta_{P.elektroodlučovače} (kW \cdot h \cdot t^{-1})$	0,653	$\eta_{P.celková.spalin} (kW \cdot h \cdot t^{-1})$	3,39
$\eta_{P.dopravy} (kWe/kWt)$	0,00614	$\eta_{NP.vv} kW \cdot h / (tisíc\ N \cdot m^3)$	1,03
$\eta_{P.Pomoc. odběrů} (kWe/kWt)$	0,00075	$\eta_{NP.sp} kW \cdot h / (tisíc\ N \cdot m^3)$	1,6
$\eta_{P.vv} (kW \cdot h \cdot t^{-1})$	1,328	$\eta_{NP.celková.spalin} kW \cdot h / (tisíc\ N \cdot m^3)$	2,63

Po provedení srovnání jednotlivých bloků, jsem dospěl k tomu, že naměřené hodnoty vlastní spotřeby se nevýrazně liší. Hlavní rozdíly jsou dle toho, který ventilátor, jestli vzduchový, nebo spalinový disponuje větším tahem. Jejich sumární spotřeba je ale mezi bloky shodná. To znamená, že záleží na nastavení řídicího systému, který vzduchový nebo spalinový ventilátor má mít větší tah v jednotlivých blocích. Všechny vypočtené hodnoty by bylo vhodné porovnat s jinou elektrárnou.

7 Seznam použité literatury

- [1] BRAUNER, J., ŠINDLER, Z.: Elektrická část elektráren, Ostrava, 1987
- [2] MIŠÁK, S.: Vybrané typy zdrojů elektrické energie. 1. vydání, Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2010
- [3] POKORNÝ, J.: Bakalářská práce - Tepelné elektrárny v České republice, Západočeská Univerzita Plzeň, 2012, Plzeň [online]. 2015 [cit. 2015-1-2]. Dostupné z WWW:
<https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=17362>
- [4] PROCHÁZKOVÁ, O.: Zhodnocení parametrů parního kotle po komplexní obnově , Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2012
- [5] cezep.cz, ČEZ energetické produkty [online]. 2015 [cit. 2015-4-5]. Dostupné z WWW:
<<http://www.cezep.cz/tusimice.html?id=119>>
- [6] cez.cz, Skupina ČEZ [online]. 2015 [cit. 2015-3-21]. Dostupné z WWW:
<http://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/02/uhli_4.html>
<<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/uhelne-elektrarny/cr.html>>
<<http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny/jaderna-energetika/jaderna-elektrarny-cez/edu/technologie-a-zabezpeceni.html>>
- [7] Goňo, R.: Tepelné elektrárny - zařízení tepelných elektráren. 2. kapitola , Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007
- [8] casopisstavebnictvi.cz, Časopis zabývající se stavebnictvím ČEZ [online]. 2015 [cit. 2015-2-13]. Dostupné z WWW: <http://www.casopisstavebnictvi.cz/program-obnovy-uhelných-zdroju-v-cez_N182>

Příloha č. 1

Tab. 10 - Instalované výkony jednotlivých rozvaděčů spotřebičů kotelny

Rozvaděč 1	počet	P (kW)	typ odběru	průměr P
Místní ovládací skříňka kladkostroje Ijungstromu, pomocný, vzduchového ventilátoru. drtiče strusky, motoru přesypu z dopravníku strusky	1	29,58	pomocné	29,58
Klimatizační jednotka Toshiba RAV - SM563AT - E	6	12,4	pomocné	2,07
Místní ovládací skříňka - rozvaděč MaR - odvod tepelných zisků kotelny	1	30,5	pomocné	30,50
Sahara kotelna	8	8	pomocné	1,00
Ohřívák těsnícího vzduchu vzduchového ventilátoru	4	104	vzduch a spaliny	26,00
Motor ventilátoru těsnícího vzduchu vzduchového ventilátoru	2	22	vzduch a spaliny	11,00
Ohřívák mazací stanice recirkulačního ventilátoru	2	2	vzduch a spaliny	1,00
Motor čerpadla hydraulického agregátu	4	12,4	pohony	3,10
Elektropohon uzavírací klapky	5	1,59	pohony	0,32
Ohříváky motoru a agregátu	3	6	pomocné	2,00
Frekvenční měnič vynášeče strusky	2	90	struska	45,00
Motor drtiče strusky	2	44	struska	22,00
Akustická a optická signalizace vynášeče strusky	4	2	struska	0,50
Skříňka mazání	2	0,4	pomocné	0,20
Motor šnekového dopravníku	2	3	struska	1,50
Akustická a optická signalizace šnekového dopravníku	2	2	pomocné	1,00
Elektropohon klapky a šoupátka	3	0,78	pohony	0,26
Elektropohon parního a odkalovacího ventilu	8	0,72	pohony	0,09
Elektropohon ventilu odvodnění komory	36	9,72	pohony	0,27
Elektropohon šoupátka odvodnění a ventilu	31	10,28	pohony	0,33
Motor čerpadla chlazení horního ložiska Ijungstromu	2	0,74	vzduch a spaliny	0,37
Motor ventilátoru chlazení horního ložiska Ijungstromu	2	6,8	vzduch a spaliny	3,40
Chlazení skříně frekvenčního měniče recirkulačního ventilátoru	1	7,4	pomocné	7,40
Řídicí rozvaděč hydraulické stanice	2	0,6	pomocné	0,30
Rozvaděč 2				
Motor ventilátoru těsnícího vzduchu ostříkovačů a Ijungstromu	5	62	vzduch a spaliny	12,40

Motor čerpadla mazací stanice ventilátorového mlýna	16	24	uhlí	1,50
Motor ventilu hašení ventilátorového mlýna	9	2,25	pomocné	0,25
Elektropohon ventilu vypouštění hašení ventilátorového mlýna	8	1,92	pomocné	0,24
Motor čerpadla hydraulického agregátu vysokotlaké přepouštěcí stanice	5	15	pohony	3,00
Elektropohon ventilu vsřiku	12	4,45	pohony	0,37
Elektropohon klapky na vzduch z kotelny a uzavírací klapky	9	3,71	pomocné	0,41
Motor čerpadla mazací stanice recirkulačního a vzduchového ventilátoru	4	6	vzduch a spaliny	1,50
Motor chladícího ventilátoru mazací stanice recirkulačního a vzduchového ventilátoru	5	2,1	vzduch a spaliny	0,42
Motor chladícího ventilátoru plynových hořáků	2	6	vzduch a spaliny	3,00
Motor čerpadla mazací stanice kouřového ventilátoru	2	3	vzduch a spaliny	1,50
Motor chladícího ventilátoru mazací stanice kouřového ventilátoru	2	0,3	vzduch a spaliny	0,15
Skříň monitoringu vzduchového ventilátoru	1	0,05	pomocné	0,05
Rozvaděč 3				
Místní ovládací skříňka - rozvaděč MaR - rozvodny EL	1	8	pomocné	8,00
Mst čerpací vložka chladícího okruhu	1	75	voda	75,00
Motor zvyšovacího čerpadla	1	18,5	voda	18,50
FM oběhového čerpadla	1	55	voda	55,00
Motor čerpadla ostřikové vody	1	37	voda	37,00
Mst čerpací č2 VT regulační kapaliny	1	10	pohony	10,00
Mst spouštěcího olejové čerpadla	1	30	pohony	30,00
Rozvaděč frekvenčního měniče mst pč u otv a nto	2	222	pohony	111,00
Místní ovládací skříňka kladkostroje kouřového ventilátoru	1	16,75	pomocné	16,75
Čerpadlo chladící vody z betonky	1	110	voda	110,00
Mst kondenzačního čerpadla stupeň 1	1	132	voda	132,00
Mst vodokružné vývěvy	1	90	voda	90,00
Mst čerpadla č2 vt regulační kapaliny	1	22	voda	22,00
Rozvaděč 4				
Řídicí skříň VVN zdroje EO	8	1840	vzduch a spaliny	230,00
Ohřívák a motor těsnícího vzduchu kouřového ventilátoru	5	196	vzduch a spaliny	39,20
Ohřívák hydraulického agregátu kouřového ventilátoru	2	2	vzduch a spaliny	1,00
Ohřívák motoru kouřového ventilátoru	1	4	pomocné	4,00
Pohon oklepu VN elektrod	26	3,12	vzduch a spaliny	0,12
Topné těleso izolátoru EO	32	76,8	pomocné	2,40
Topné těleso výsyvky EO a ljunstromu	18	75,6	pomocné	4,20

Místní ovládací skříňka - rozvaděč MaR rozvodny EO	2	15	pomocné	7,50
Místní ovládací skříňka kladkostroje elektrostatického odlučovače	2	15,94	pomocné	7,97
Zásuvka pro mobilní průmyslový vysavač	1	60	pomocné	60,00
Drobné pohony	12	0,393	pohony	0,03
Rozvaděč 5				
Elektropohon ventilu odvodu vzduchu komory EK2 a středotlakých vstříků	54	8,32	pohony	0,15
Elektropohon dělicího šoupátka	2	10,8	pohony	5,40
Elektropohon šoupátka odvodnění najížděcích nádob do NEX	2	10,8	pomocné	5,40
Elektropohon uzavírací klapky ofuku sušky	4	1,12	pomocné	0,28
Rozváděcí skříň ESL vysokotlaké přepouštěcí stanice	1	3,68	pomocné	3,68
Místní ovládací skříňka kladkostroje podavačů paliva	1	3,38	pomocné	3,38
Sběrná skříň akustických emisí	4	0,6	pomocné	0,15
Rozvaděč 6				
Frekvenční měnič řetězového a pásového podavače uhlí mlýnského okruhu	8	90	uhlí	11,25
Motor vyhrnovacího redleru mlýnského okruhu	4	12	uhlí	3,00
Frekvenční měnič chlazení spojky ventilátorového mlýna	4	16	uhlí	4,00
Frekvenční měnič čerpadla oleje spojky ventilátorového mlýna	4	16	uhlí	4,00
Motor deskového uzávěru pod suškou	4	7,2	pomocné	1,80
Elektropohon těsnící klapky pod suškou	4	1,12	pomocné	0,28
Elektropohon ventilu chladící vody ventilátorového mlýna	4	0,12	pohony	0,03
Drobné pohony	69	20,1784	pohony	0,29
Rozvaděč 7				
Frekvenční měnič řetězového a pásového podavače uhlí mlýnského okruhu	8	90	uhlí	11,25
Motor vyhrnovacího redleru mlýnského okruhu	4	12	uhlí	3,00
Motor čerpadla chlazení spojky ventilátorového mlýna	4	16	uhlí	4,00
Frekvenční měnič čerpadla oleje spojky ventilátorového mlýna	4	16	uhlí	4,00
Motor deskového uzávěru pod suškou	4	7,2	pomocné	1,80
Elektropohon těsnící klapky pod suškou	4	1,12	pomocné	0,28
Elektropohon ventilu chladící vody ventilátorového mlýna	4	0,06	pohony	0,02
Drobné pohony	50	10,2704	pohony	0,21
Rozvaděč 8				
Místní ovládací skříňka - rozvaděč MaR - nucené větrání kotelny	1	37,5	pomocné	37,50
Zásuvka pro mobilní průmyslový vysavač	1	60	pomocné	60,00
FM oběhového čerpadla	2	110	voda	55,00
Motor zvyšovacího čerpadla	1	18,5	voda	18,50
Mst čerpadla VT regulační kapaliny	2	32	pohony	16,00

Motor čerpadla ostřikové vody	1	37	pohony	37,00
Rozvaděč frekvenční měnič mst pč u otv a nto	2	222	pohony	111,00
Místní ovládací skříňka kladkostroje kouřového ventilátoru	1	16,75	pomocné	16,75
Čerpadlo chladicí vody z betony	1	110	voda	110,00
Mst kondenzačního čerpadla	1	132	voda	132,00
Mst vodokružné vývěvy	1	90	voda	90,00
Mst spouštěcího olejového čerpadla	1	30	pomocné	30,00
Rozvaděč 9				
Frekvenční měnič recirkulačního ventilátoru	1	200	vzduch a spaliny	200,00
Mst čerpadla zvedacího oleje	2	60	pohony	30,00
Armatura obtoku filtračního kodexu	1	0,26	pomocné	0,26
Mst nouzového olejového čerpadla	1	22	pomocné	22,00
Rozvaděč frekvenčního měniče mst	1	37	pomocné	37,00
Elektropohon regulační klapky návratu a sání ventilátorového mlýna	16	3,6	vzduch a spaliny	0,23
Elektropohon regulační klapky recirkulovaných spalin do ofuku	2	0,16	vzduch a spaliny	0,08
Elektropohon regulačního ventilu	6	0,54	pohony	0,09
Místní ovládací skříňka rozvaděč MaR rozvodny	2	16	pomocné	8,00
Elektropohon regulačního ventilu hašení ventilátorového mlýna	8	0,36	pomocné	0,05
Rozvaděč náhradního osvětlení	1	15,6	pomocné	15,60
Místní ovládací skříňka rozvaděč MaR olejové hospodářství	1	2	pomocné	2,00
Drobné pohony	8	1,29	pohony	0,16
Rozvaděč 10				
Motor čerpadla ovládání deskového uzávěru	8	32	pomocné	4,00
Topné těleso vinutí elektromotoru	3	1,5	pomocné	0,50
Elektropohon uzavíracího a startovacího ventilu a šoupátka	3	1,92	pohony	0,64
Elektropohon šoupátka odvodnění	4	8	pohony	2,00
Elektropohon regulačního ventilu a klapky	43	9,63	pohony	0,22
Elektropohon regulačního ventilu a klapky	52	9,78	pohony	0,19
SV deskového uzávěru paliva a odlehčení čerpadla	24	5,28	pohony	0,22
Drobné pohony	12	10,4	pohony	0,87