

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Analýza a optimalizace procesního řízení

Aleš Hromádka

2014/2015

Analýza a optimalizace procesního řízení

Anotace

Předkládaná diplomová práce se zabývá komplexní analýzou a následnou optimalizací výrobních procesů z hlediska termodynamiky, pokročilých technologií, procesního řízení a Paretovy analýzy ve společnosti Plzeňská Teplárenská a.s.. Jsou zde rozebírány problematiky procesního řízení, modelování podnikových procesů a základy termodynamiky. Teoretické poznatky jsou pak využity pro termodynamické výpočty parametrů pro efektivní provoz, samotné procesní modely a pro Paretovu analýzu příčin a následků. V závěru je návrh jednotlivých změn, které by vedly k optimalizaci výrobního procesu.

Klíčová slova

Procesní řízení, procesní modelování, ARIS, organigram, model přidané hodnoty, eEPC model, Paretova analýza, termodynamické výpočty, optimalizace výrobního procesu, teplárna, spalování, paliva

Analysis and optimization process management

Abstract

This graduation thesis is concerned with the complex analysis and subsequent optimization of production processes in terms of thermodynamics, advanced technologies, process control and Pareto analysis in Plzeňská Teplárenská a.s. This thesis explains issues of process management, business process modeling and fundamentals of thermodynamics. Theoretical knowledge is then used for thermodynamic calculation of parameters for efficient operation, the actual process models and Pareto analysis of causes and effects. In conclusion, there are drafts of the changes that would lead to optimizing the manufacturing process.

Keywords

Business process management, business process modeling, ARIS, organigram, model landscape, eEPC model, Pareto analysis, thermodynamic calculations, process optimization, heating plant, combustion, fuels

Prohlášení

Prohlašuji, že předložená práce je mým původním autorským dílem, které jsem vypracoval samostatně. Veškerou literaturu a další zdroje, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v univerzitní knihovně. Prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 1.5. 2015

.....

vlastnoruční podpis

Poděkování

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu práce panu Ing. Řeřichovi Ph.D. za odborné a přínosné vedení práce dle mého vlastního výběru. Dále panu Ing. Skřivánkovi za všechna poskytnutá data ohledně své diplomové práce a také panu Ing. Černíkovi za provedení celým provozem a poskytnutí všech potřebných schémat.

1	ÚVOD	6
2	ZÁSADY A METODY PROCESNÍHO ŘÍZENÍ	7
2.1	Základní pojmy z procesního řízení	7
2.2	Základní pojmy z modelování podnikových procesů	8
2.3	Modelované vlastnosti procesu	9
2.4	Charakteristika procesního řízení	12
2.5	Aplikace procesního řízení do podniku	13
3	MODELOVÁNÍ PODNIKOVÝCH PROCESŮ	14
3.1	Charakterizace procesních modelů.....	14
3.2	Přístupy modelování procesů.....	15
3.3	Metodika procesního modelování	16
3.3.1	Metodika ARIS	16
3.3.2	ARIS Express	17
3.3.3	Organigram.....	17
3.3.4	Model přidané hodnoty.....	18
3.3.5	eEPC model.....	18
3.4	Paretův princip.....	20
4	ZÁKLADY TERMODYNAMIKY	20
4.1	Základní pojmy z termodynamiky	20
4.2	Využívané termodynamické veličiny.....	24
4.3	Postup výpočtu účinností	24
5	VÝPOČET PARAMETRŮ PRO EFEKTIVNÍ PROVOZ V PT a.s.	26
5.1	Popis současného stavu v PT a.s.	26
5.2	Provozní stavy na turbíně TG1	27
5.3	Provozní stavy na turbíně TG2	31
5.4	Provozní stavy na turbíně TG3	38
5.5	Vyhodnocení provozní stavů u TG1 a TG2.....	39
6	PROCESNÍ MODELOVÁNÍ V PT a.s.	40
6.1	Základní informace o PT a.s.	40
6.2	Nástroje optimalizace v PT a.s.	40
6.3	Základní složení společnosti	40
6.4	Organizační struktura PT a.s.	41
6.5	Podrobná organizační struktura výrobního úseku	43
6.6	Přidaná hodnota v PT a.s.	45
6.6.1	Výroba chladu	45
6.6.2	Výroba pitné vody.....	46
6.6.3	Výroba tepla a elektřiny.....	47
6.7	eEPC model výrobních procesů v PT a.s.....	48
6.7.1	eEPC model hlavních produktů v PT a.s.	48
6.7.2	eEPC model vedlejších produktů v PT a.s.	51
7	PARETOVA ANALÝZA PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ	53
8	NAVRHOVANÉ ZMĚNY V PT a.s.	54
8.1	Optimalizace technologie a infrastruktury	54
8.2	Optimalizace efektivity provozu – carnotizace	57

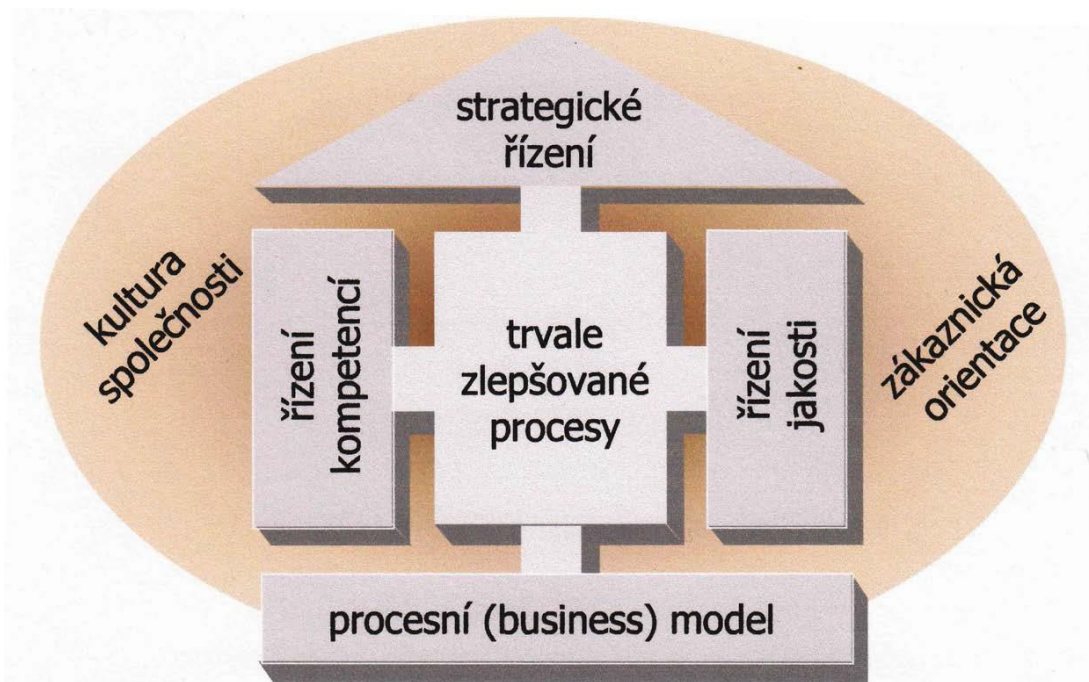
8.2.1	Současný stav	57
8.2.2	Optimalizace současného stavu.....	57
8.3	Optimalizace z hlediska procesního řízení	58
8.3.1	Optimalizace z hlediska organigramu celé společnosti	58
8.3.2	Optimalizace z hlediska organigramu provozu	59
8.3.3	Optimalizace z hlediska modelu přidané hodnoty	59
8.3.4	Optimalizace z hlediska eEPC modelu hlavních produktů	59
8.3.5	Optimalizace z hlediska eEPC modelu vedlejších produktů.....	60
8.4	Optimalizace spolehlivosti provozu z hlediska Paretovy analýzy	60
9	SHRNUTÍ A ZÁVĚR	62
10	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
11	SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	65
12	PŘÍLOHY	67

1 ÚVOD

Obsahem této diplomové práce je analýza současného stavu v podniku Plzeňská Teplárenská a.s. z hlediska technologie, efektivnosti, organizační struktury, hodnototvorného toku a funkčnosti zavedených procesů. Z termodynamického hlediska spočítáme orientační účinnost vyráběných produktů v konkrétních stavech a ta bude srovnávána s dalšími provozními stavy. Dále bude namodelována organizační struktura, vytvořen model přidané hodnoty a eEPC model pro konkrétní produkty. Tato práce se soustředí zejména na výrobu produktů a provoz zařízení. Další částí této práce je Paretova analýza příčin a následků, kde budou řešeny různé poruchy teplárenské infrastruktury a bude hledáno řešení problémů s poruchovostí. Dále jsou zde uvedeny návrhy optimalizace v oblasti technologie výroby, efektivnosti provozu, organizační struktury, hodnototvorného toku či jednotlivých procesů v PT a.s.. Závěrem je vše zhodnoceno.

Toto téma diplomové práce bylo mnou zvoleno ze dvou důvodů. Prvním důvodem byl můj dlouhotrvající zájem o společnost PT a.s. a druhým důvodem je, že i moje bakalářská práce se týkala PT a.s..

Procesní řízení nebo anglicky Business Process Management (BPM) je jedním z nejpoužívanějších a velmi efektivních přístupů k řízení podniků. Procesní řízení je soubor činností, které se týkají plánování a sledování výkonnosti zejména realizačních firemních procesů. Procesní řízení se začalo rozvíjet od šedesátých let 20. století. Příčinou vzniku procesního řízení podniků byly slabiny v předtím převážně používané liniově štábní organizační struktuře tedy funkčního řízení. Dříve měla funkčnost přednost před cíli a struktura podniku měla tendenci se rozrůstat. Tyto tendence měly za následek nízkou možnost inovace procesů a absenci firemní kultury. Rozšířením procesního řízení podniků se postupně zavedla algoritmizace, komputelizace a modelování procesů. Řízení se místo funkčnosti zaměřilo hlavně na cíle, výkon a trvalé zlepšování procesu. Mimo to se zavedla také takzvaná přidaná hodnota, která označuje nadhodnotu přidanou procesem finálnímu produktu. Dá se tedy říci, že hlavní nevýhody funkčního řízení odstraňuje právě procesní řízení, ale procesní řízení má i další nesporné výhody, které z něho dělá nejvyužívanější z možných přístupů k řízení společností.



Obr. 1: Základní schéma s rozdělením na jednotlivé fragmenty procesního řízení [1]

2 ZÁSADY A METODY PROCESNÍHO ŘÍZENÍ

2.1 Základní pojmy z procesního řízení

Procesní přístup

Je to soustavná činnost zlepšování a optimalizace podnikových procesů pomocí použitých procesních modelů, delegování pravomocí, řízení kvality a strategického řízení. [1]

Proces

Je to opakovaný slet činností, které slouží k naplnění cílů podniku. Proces má vždy svůj vstup, výstup, zdroje, se kterými pracuje, a vlastníka procesu, kterým bývá většinou delegovaný pracovník. Proces bývá hodnocen pomocí měřitelných ukazatelů (řízení kvality ISO 9001) a dobou trvání procesů. Obecně úkolem procesu je měnit vstup na výstup. Procesy se v rámci podniku dělí na hlavní (core), podpůrné (supply) a řídicí (control). Hlavní proces je hodnototvorný, neboli tvoří přidanou hodnotu pro uspokojení zákazníka. Podpůrný proces zajišťuje vnitřnímu zákazníkovi (vlastníkovi podnikového procesu) službu či produkt, kterou lze získat i externě, ale s ohledem na ekonomiku podniku je to nevýhodné. Řídicí proces není hodnototvorný, ale je to průřezový proces, který udržuje společnost konsolidovanou a říditelnou. [2]

	Hlavní proces	Podpůrný proces	Řídící proces
Tvoří přidanou hodnotu?	ANO	ANO	NE
Probíhá napříč podnikem?	ANO	NE	ANO
Má proces externí zákazníky?	ANO	NE	NE
Vytváří zisk podniku?	ANO	NE	NE

Tab. 1: Identifikace procesů s hlediska podnikových ukazatelů [1]

Podnikový proces

Podnikový proces (Business process) zahrnuje všechny po částech uspořádané činnosti, které společně vedou k naplňování podnikových cílů společnosti. V organizační struktuře často definuje role, jejich návaznost. Podnikové procesy se dále dělí na podprocesy realizující určitou hodnototvornou činnost. Po částech uspořádané činnosti jsou takové činnosti, které nelze všechny uspořádat do jedné posloupnosti. Tedy mohou probíhat souběžně nebo se mohou částečně krýt s jinými činnostmi. [2]

2.2 Základní pojmy z modelování podnikových procesů

Základní pravidlo managementu zní: „Když chceš cokoli řídit, musíš to nejprve umět měřit a pomocí toho hodnotit výkonnost.“ Ale co můžeme dělat, pokud nejsou nastavené měřitelné meze? Musí se využít pro zobrazení reality modelu. Modelem se snažíme eliminovat případné nejasnosti, tedy model lze brát jako prostředek komunikace mezi různými strukturami podniku. Pro vytvoření modelu je nejdůležitější velmi dobrá znalost podnikových procesů. Jednotlivé činnosti jsou zaznamenávány do procesů a z procesů se tvoří modely. Z hlediska podniku je nutné mít procesy resp. modely zdokumentované (Pro všechny struktury podniku srozumitelný návod). [1]

Základní modelovací segmenty podnikových procesů jsou [3]:

Proces

Proces z hlediska modelování je tvořen strukturou vzájemně navazujících činností (podprocesů), avšak i pouze jedna činnost může tvořit samostatný proces.

Činnost (podproces)

V podstatě každá činnost může být samostatným procesem. Rozhodování, zda-li činnost bude samostatný proces resp. bude začleněna do struktury činností tvořící proces, je z hlediska názornosti a logiky modelu. Lze pak takovýmto logickým sloučením určitých činností docílit kompaktnějšího modelu.

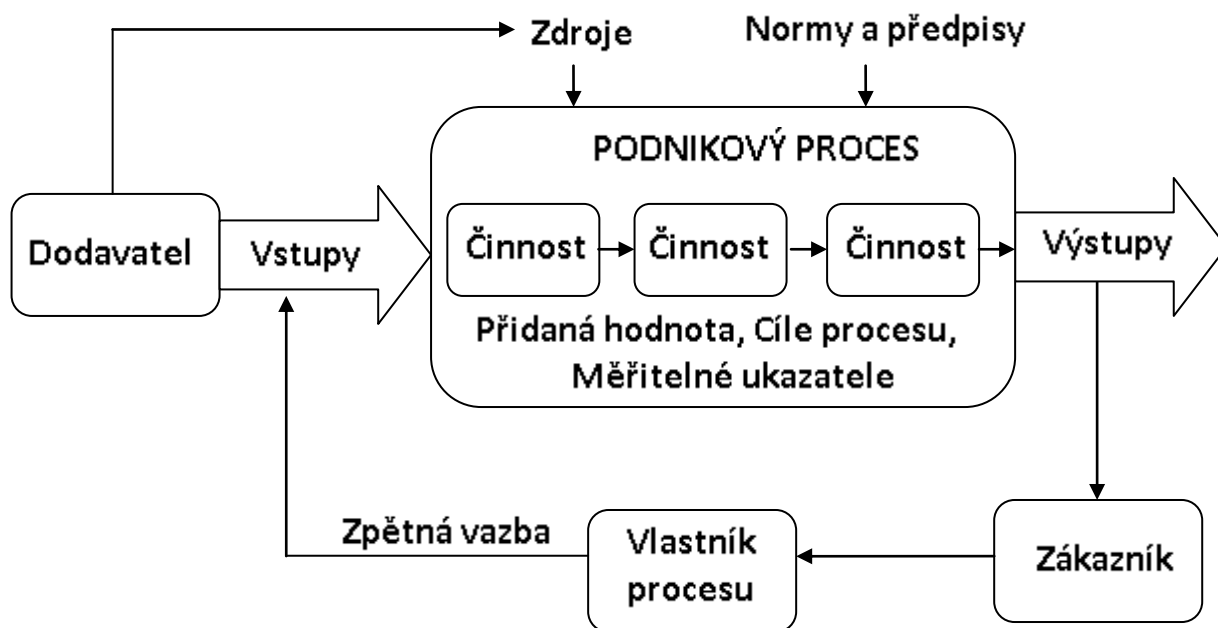
Podnět (vnitřní nebo vnější změna stavu)

Podnětem často bývá změna stavu, ať už vnější (působení vlivů mimo proces) neboli událost, nebo vnitřní (působení vlastního procesu) neboli stav procesu.

Vazba (vztah mezi činnostmi)

Mezi jednotlivými činnostmi existuje vzájemné ovlivňování neboli vazby. Tyto vzájemné vazby mezi činnostmi zpravidla tvoří z několika činností proces pomocí určité struktury vazeb. Vazby také určují logické upořádání činností v procesu.

2.3 Modelované vlastnosti procesu



Obr. 2: Základní model podnikového procesu [1]

Na obrázku 2 je zobrazen obecný model podnikového procesu. Je zde patrná také struktura procesu s jasně vymezeným začátkem, probíhajícími činnostmi, koncem a také návazností na další procesy.

Vstup procesu

Vstupy do procesu mohou být principiálně dvojího druhu. Jedná se o externí dodavatele tedy (jinou organizaci), resp. jsou to interní dodavatelé neboli vlastníci procesů předcházejících. Od vstupu do procesu se vytváří přidaná hodnota až k výstupu z procesu.

Výstup procesu

Je to v podstatě stav po dokončení procesu (vstup + přidaná hodnota procesu). Výstup obecně lze nazvat výsledkem procesu, který je dále předán zákazníkovi (internímu nebo externímu). Výstup může být službou nebo výrobkem. Při sériovém řazení procesů musí být výstup procesu shodný se vstupem do procesu, který má logicky navazovat. Tím zajišťujeme efektivnost a funkčnost řazení procesů.

Efektivnost procesu nám dává informaci, jak moc jsou shodné reálné výstupy s výstupy požadovanými.

Zdroje

Za zdroje procesu považujeme veškeré materiální zabezpečení, používanou technologii, finanční prostředky, lidské zdroje, ale také informace a dobu potřebnou pro vykonání procesu. Tyto prostředky jsou nutné pro výkon všech činností v procesu a proces je spotřebovává. Základní zdroj je vykonavatelem aktivity, žádná činnost není zcela automatizovaná. Za nastavení, kontrolu a kalibraci odpovídá právě vykonavatel aktivity.

Činnosti (funkce)

Činnost lze definovat jako sled pracovních úkolů, které jsou vykonány většinou jednou organizační jednotkou a na výstupu dávají měřitelný výrobek nebo službu. Při činnostech dochází ke spotřebě zdrojů.

Regulátory řízení (Normy a přepisy)

Jsou to obecně závazná pravidla nezbytná pro provádění procesu, například zákony, vyhlášky, normy, rozkazy apod.

Vykonavatel

Obecně každou činnost v procesu řídí vykonavatel, který odpovídá za její činnost a musí být jmenovitě uveden. Stanovení odpovědnosti vykonavatele je nezbytné při zpracovávání procesní analýzy.

Schvalovatel (vlastník procesu)

Každý proces musí mít svého vlastníka, který je odpovědný za nastavení procesu. Vlastník procesu obecně určuje způsob provádění procesu a určuje také odpovědnosti za jednotlivé činnosti vykonavatelům. Vlastník procesu je také odpovědný za dodržování uvedených postupů.

Zákazník procesu

Výstup procesu je vždy určen pro zákazníka. Zákazník může být interní nebo externí. Pro zákazníka je proces vytvořen (pro něho je určen produkt procesu). Zákazník určuje svými požadavky konkrétní vlastnosti produktu a také dává svými informacemi zpětnou vazbu potřebnou pro zlepšování procesu.

Hranice procesu

Hranicí procesu se rozumí začátek a konec daného procesu. Hranice procesu se vymezují primárními vstupy (podnět pro započetí procesu) a výstupy (výsledek procesu určený pro zákazníka procesu). Pro proces samozřejmě také potřebujeme řadu sekundárních vstupů, ze kterých dostáváme sekundární výstupy.

Přidaná hodnota procesu

Je to určitá nadhodnota vytvořená konkrétním procesem, která přispívá k celkové hodnotě finálního produktu. Tuto nadhodnotu především vytváří hlavní podnikové procesy, jako je například lakování, ale také podpůrné procesy, jako je například zákaznická linka.

Cíle procesu

Každý proces má svůj cíl, který musí být v souladu se strategií a cíli organizace. Ve výsledku tedy každý proces plní nejen svůj vlastní cíl, ale přispívá také k plnění cílů celé organizace. [2], [3]

2.4 Charakteristika procesního řízení

Procesní řízení

Procesním řízením (BPM) se nazývá soubor manažerských technik používajících pro řízení podniku procesně orientované modely řízení. Zaměření BPM je jak na jeden konkrétní výrobek, tak i na celkovou výrobu či vedení firmy. BPM potřebuje ke své funkci nejen zvládnutí všech firemních změn, ale především dostatek informací, které dávají celkový pohled na firmu.

Charakteristika procesního řízení

Podstatou procesního řízení je získat potřebné informace o vztazích jednotlivých činností a návaznost na jiné. Procesní řízení definuje proces jako celek a z hlediska procesního řízení není důležité, zda se odehrává pouze v jednom organizačním útvaru nebo jde napříč celou výrobou.

Zákazník je ten, pro koho je určen výstup jednotlivých procesů, i pokud se jedná o interní útvar společnosti.

Hlavní důraz v procesním řízení je kladen na výstup z každé činnosti a její návaznost na další činnosti. Pro procesní řízení je velmi důležitá definovaná odpovědnost za daný proces.

Díky procesnímu řízení lze velmi dobře měřit výkonnost organizace, protože se měří výkonnosti všech procesů jednotlivě a také se provádí hodnocení kvality a časové náročnosti procesu. Zaměření procesního řízení směřuje spíše na příčiny a méně na důsledky, tímto lze předcházet vzniku nežádoucích jevů (neshod). Procesní řízení je založeno na práci s informacemi o společnosti, takže výborně využívá myšlenkový a znalostní potenciál samotných zaměstnanců, ale také zákazníků. To je důvodem, proč jsou zde zvýšené nároky na komunikaci. V procesním řízení se využívá horizontální komunikace napříč organizací.

Cíle procesního řízení jsou neustálé zlepšování a zefektivňování chodu organizace s ohledem na účelnost, hospodárnost a reakci na požadavky zákazníka. Při využití procesního řízení dosahujeme výsledku mnohem účinněji než u klasického funkčního řízení. Důvodem je to, že činnosti a související zdroje jsou řízeny jako proces. [1]

2.5 Aplikace procesního řízení do podniku

Procesní řízení v rámci podniku zavádíme jako samostatný projekt. Důležitý předpoklad pro realizaci projektu procesního řízení je zavedení orientace do organizace a její rozdělení dle rozsahu změn, které se v rámci podniku provedou. Procesní řízení lze zavést do podniku dvěma způsoby, a to dle cílů, které očekáváme:

Business Process Reengineering (BPR)

Principem je provést radikální změny současného provozu. Tento typ zavedení lze brát jako obecný postup, který obsahově pokrývá všechny projektové fáze, tedy plánování a spouštění projektu, zhodnocení současného stavu, celkový návrh budoucích procesů, případové studie změn, detailní návrh systému procesů, vytvoření a zavedení a neustálé zlepšování provozu. Je to vlastně zavedení nové soustavy procesů a přechod ze současného systému na systém budoucí, který je procesně řízen.

Radikální změny se týkají všech úseků organizace a dopadají na zaměstnance a jejich vzájemné vztahy. Většinou to znamená propouštění a změny pozic v provozu. [2]

Business Process Optimization (BPO)

Principem je cyklus neustálého zlepšování (zdokonalování) procesů. Rozdíl BPO oproti BPR je, že BPO obsahuje tyto fáze: popis současného stavu, stanovení metrik, sledování procesů, měření procesů, návrh a zavádění optimalizace. Neustálé zlepšování procesů je zajištěno pomocí nepřetržitého objevování drobných zlepšení výkonnosti již zavedených procesů a tím také zvyšování efektivnosti celého provozu. [2]

	Neustálé zlepšování – BPO	Reengineering - BPR
Úroveň změny	Postupná	Radikální
Počáteční bod	Existující proces	Zelená louka
Frekvence změn	Jednorázová/Průběžná	Jednorázová
Potřebný čas	Krátký	Dlouhý
Participace	Zespoda – nahoru	Shora – dolů
Typický rozsah	Omezený (jedna funkční oblast)	Široký (mezifunkční)
Rizikovitost	Střední	Vysoká
Primární nástroj	Klasické – statické řízení	IT
Typ změny	Kulturní	Kulturní/Strukturní

Tab. 2: Porovnání zavádění procesního řízení pomocí BPO a BPR dle Davenporta [3]

3 MODELOVÁNÍ PODNIKOVÝCH PROCESŮ

Model podnikového procesu

„Model podnikového procesu si lze představit jako neskutečné znázornění s reálnými vlastnostmi tohoto procesu“. Tento model lze použít na další zpracování. Model podnikových procesů je vlastně síť, ve které jsou zaznamenány všechny činnosti spadající do procesu, interakce mezi těmito činnostmi a k nim příslušné informace. [4]

Procesní model

Hlavní důvod procesního modelování je získat procesní model organizace nebo jen části dle potřeby. Procesní model zahrnuje tedy strukturovaně usprádané informace o fungování organizace (procesy, zdroje, výstupy, dokumentace, ale i cíle organizace).

Elementární snahou u modelování je získání modelovaných vlastností procesu, které napomáhají k pochopení všech aktivit v procesu, souvislostí mezi aktivitami a rolemi (schopnostmi lidí a zařízení pracujících v procesu). [1]

3.1 Charakterizace procesních modelů

Tvorba procesních modelů vyžaduje soulad s cíli společnosti, organizační struktura není klíčovým faktorem. Soustředíme se na části, u kterých je důležité určit hodnocení z hlediska výkonnosti procesů a postupovat podle konkrétní a známé metodiky.

Procesy probíhající v organizaci vyplývají a dopomáhají k plnění cílů organizace (strategie a politika společnosti). Cíle organizace je důležité srozumitelně zaznamenat a určit jejich vzájemné vazby na podnikové procesy. Stanovení cílů, vazeb na procesy a příslušných metrik pro hodnocení procesu jsou základními potřebami pro měření efektivity procesů a pro případné následné optimalizace.

Strukturovaná procesní analýza

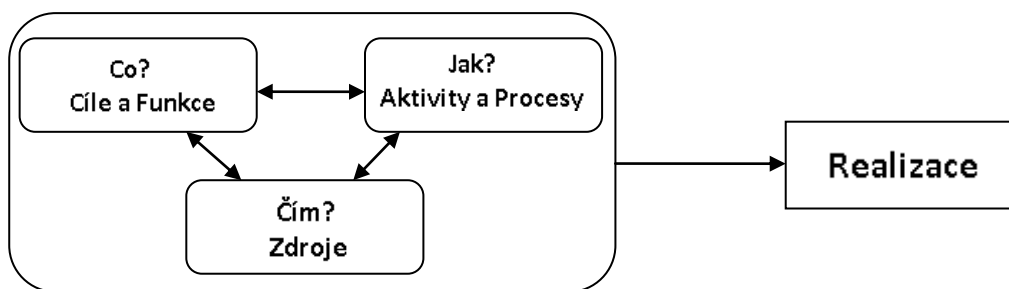
Strukturovaná procesní analýza nám umožňuje lépe modelovat podnikové procesy. Princip této metody je převzatý z oblasti modelování dat a je to v podstatě procesní hierarchie. Důležitým předpokladem pro tuto metodu je postupování shora dolů (top-down). Zprvu je důležitá identifikace procesů a jejich oblast. Bez ohledu na charakter procesu se procesy dělí na nižší rozlišovací úrovně do různých skupin. Všechny skupiny dané oblastí se dále dělí na jednotlivé procesy a podprocesy. [1]

3.2 Přístupy modelování procesů

Lze využít tři různých přístupů k modelování procesu. Rozdíl mezi jednotlivými přístupy je v použitém vyjádření modelu [5]:

- Funkční přístup
- Přístup specifikací chování
- Strukturální přístup

Jednotlivé zmíněné přístupy se soustředí na rozdílné vlastnosti procesu. Jejich vzájemné vazby vidíme na obrázku 3.



Obr. 3: Vazby mezi přístupy návrhu podnikového procesu [2]

Funkční přístup

Je to nejobecnější pohled na proces. U procesu zohledňuje pouze funkci, jejich strukturování, vstupy a výstupy. Není zaměřen na detaily provádění funkcí, pouze na funkci, rozhraní a vazby. Reprezentativní otázka pro tento přístup na proces je: „Co?“

Přístup specifikací chování

Je to dynamický pohled na proces. Principem je, že všechny funkce jsou rozloženy na posloupnost jednotlivých činností sloužících pro naplnění cíle procesu. Přístup specifikace chování se soustředí na řídicí aspekty vykonávání procesu. Vytvoří sled událostí a podmínek, kdy budou provedeny příslušné aktivity. Zde je reprezentativní otázkou: „Jak?“

Strukturální přístup

Je to statický pohled na proces. Důležité pro tento přístup je získat informace o všech klíčových aspektech procesu, souvisejících činnostech, vzájemných vazbách a zdrojích. Reprezentativní otázkou je: „Čím?“ [2]

3.3 Metodika procesního modelování

Pro modelování podnikových procesů lze využít celou řadu metodik. Podstatné pro modelování jsou cíle podniku, typ a nastavení modelovaného procesu a reálné možnosti.

Jednotlivé metodiky procesních modelů kladou důraz buďto na popisnou, analytickou, nebo vizuální část modelování. Další rozdělení metodik se dá provést z hlediska aplikovatelnosti a zaměření na problematiku IT, lidských zdrojů či použitých postupů.

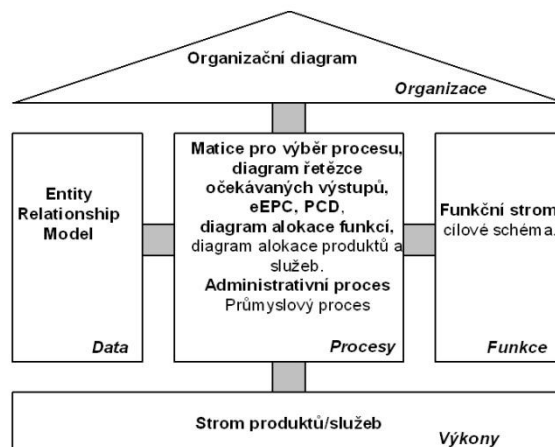
Klíčovým aspektem při výběru vhodné metodiky jsou cíle podniku, jedinečná situace či zvláštní podmínky.

Z velkého množství dostupných metodik pro modelování procesů se zaměříme právě na metodiku ARIS. Tento software bude také dále využíván pro podnikové modely. [1]

3.3.1 Metodika ARIS

ARIS - „**AR**chitektura **I**ntegrovaných **I**nformačních **S**ystémů“, není to jen metodika, ale i software pro modelování podnikových procesů. Vytvořil ji profesor A.W.Scheer v Saarbrueckenu v Německu v roce 1990.

Základ tvoří grafické rozhraní, které neudává konkrétní postupy, spíše jen poskytuje různé pohledy a nástroje na modelaci fungování podniku, samozřejmě včetně analýzy podnikových procesů.



Obr. 4: Ukázka prostředí architektury ARIS Express [1]

Dříve měl ARIS a jeho modelovací nástroje základní cíl a to byl vývoj IT v podniku. Při dalším vývoji metodiky ARIS se ale její účel začal více soustřeďovat

na procesní modelování a řízení. Současný ARIS je komplexním nástrojem pro řízení podnikových procesů. Důvody pro zavádění metodiky ARIS organizacemi jsou následující [1]:

- Spojit vazbami objekty s informačními zdroji.
- Popisovaný proces lze použít pro sepsání příslušné normy.
- Vizualizace jednotlivých modelů nabízí přehledný podklad pro zlepšování.
- Jednotné provedení schémat umožňuje rychlou orientaci.
- Získání návodů, jak vykonávat jednotlivé činnosti organizace.
- Ukládání informací v databázích nám umožňuje tvorbu libovolných podkladů.

3.3.2 ARIS Express

Je to konkrétní modelační software využívající metodiku ARIS. Má intuitivní uživatelské rozhraní a je klasifikován jako freeware (žádné licenční poplatky). Výsledky z ARIS Express jdou převést a rozšířit v jiných placených verzích tohoto nástroje.

Dále budou popsány tři druhy modelů v organizaci, a to organigram, model přidané hodnoty a eEPC model. Tyto modely jsou vytvořeny pro konkrétní podnik a je ukázáno, co z nich lze vyčíst a jak jich využít pro zlepšení efektivity procesů v organizaci.

V ARIS využíváme k procesnímu modelování tyto modely[1]:

- Organigram (Organizational Chart)
- Model eEPC (Business Process)
- Model IT infrastruktury (IT Infrastructure)
- Model tvorby přidané hodnoty (Process Landscape)
- Datový model (Data Model)
- Systémový model (System Landscape)
- BMPN (BMPN Diagram)
- Dedukce, formulace myšlenek (Whiteboard)
- Univerzální diagram (General Diagram)

3.3.3 Organigram

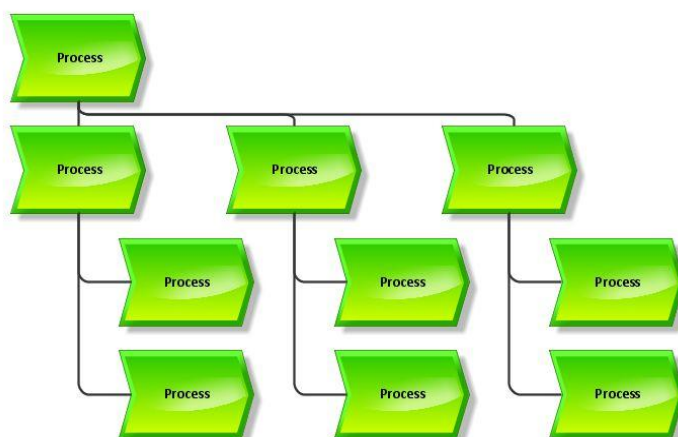
Organigram znázorňuje hierarchii podniku včetně odpovědností. Ukazuje přesně, kdo je čí nadřízený a kdo za co odpovídá. Ukazuje na potřeby změny v hierarchii podniku pro efektivnější provoz. [1]



Obr. 5: Ukázka struktury organigramu v ARIS Express [6]

3.3.4 Model přidané hodnoty

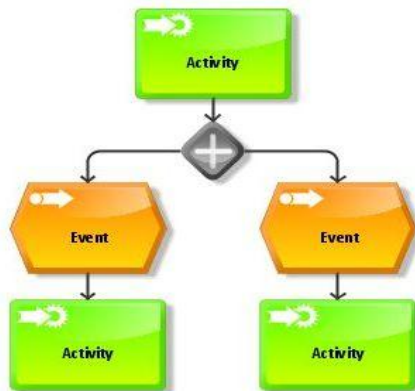
Model přidané hodnoty nám znázorňuje posloupnost procesů v procesním řetězci včetně hierarchických vztahů. Dává nám informaci o sledu událostí, které musí proběhnout, aby vznikla přidaná hodnota produktu [1].



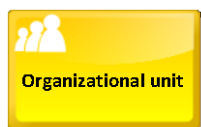
Obr. 6: Ukázka struktury modelu přidané hodnoty v ARIS Express [6]

3.3.5 eEPC model

Model eEPC je nejvyžívanější metoda modelování obchodních procesů. Principem je vytvoření sledu událostí a aktivit, tak aby realizovaly požadovaný cíl procesu. Základní prvky v eEPC modelu jsou funkce, události, spojovací cesty. Model eEPC popisuje jak stav procesu, tak i změnu stavu procesu. Vždycky musí začínat a končit událostí a pro rozhodovací činnost využívá logických operátorů. Model eEPC využívá následující jednotky [1]:



Obr. 7: Ukázka základní struktury eEPC modelu v ARIS Express [6]



Organizational unit

Organizační jednotka (řeší odpovědnost za proces)



Role

Vlastník procesu (konkrétní osoba odpovědná za proces)



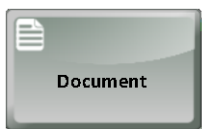
Event

Nastalá reálná situace (nastávající u procesu)



Activity

Aktivita vykonávaná v procesu



Document

Dokument vystupující z procesu



Process interface

Vazba na spolupráci dvou procesů nebo podřízený proces



AND logický operátor rozděljuje a spojuje tok resp. **součin toků.**



OR logický operátor rozděljuje a spojuje tok resp. **součet toků.**



XOR logický operátor rozděljuje a spojuje tok resp. **probíhá vždy jen jedna z možných větví.**

3.4 Paretův princip

Paretův princip je založen na teorii italského ekonoma Vilfreda Pareta, který nám říká, že 80 % následků je způsobeno 20 % příčin. Paretův princip lze využít v mnoha oborech. Základní nástrojem Paretova principu je Paretova analýza. Je to vlastně sloupcový graf, kde jsou zaneseny četnosti jednotlivých závad, resp. ekonomické náročnosti závad od té nejčetnější po ty méně četné, resp. od té nejnákladnější po ty méně nákladné.

Sestrojuje se zde součtová křivka, která se nazývá Lorenzova. Lorenzova křivka ukazuje procentuální vyjádření závad od 0 do 100 % a pomocí ní určujeme, které závady musíme vyřešit, abychom dosáhli potřebného výsledku. Při nalezení určitého stavu řešíme takzvanou životně důležitou menšinu příčin závad (vlevo) a necháme bez zásahu triviální většinu příčin záhad (vpravo). Řešení životně důležité menšiny je výsledkem Paretovy analýzy. Paretova analýza je použita i v mé diplomové práci pro optimalizaci nákladů na údržbu a minimalizaci poruch. [7]

4 ZÁKLADY TERMODYNAMIKY

Termodynamika je značně provázána s teplárenstvím. Projevuje se také v ekonomických bilancích konkrétních zařízení. Úroveň a efektivita termodynamických procesů se značně projevuje v ceně produktu, proto se snažíme optimalizovat výrobní zařízení. Zlepšování účinnosti jednotlivých termodynamických zařízení a s tím snižování ceny všech možných produktů, tedy elektřiny, tepla a chladu, se stalo dlouhodobým trendem pro většinu tepelných zařízení nejen v České republice, ale i ve světě. Součástí této diplomové práce je také výpočet optimálních parametrů pro současné tepelné a strojové vybavení v různých obdobích provozu v PT a.s..

4.1 Základní pojmy z termodynamiky

Termodynamika

Termodynamika je věda zabývající se změnami v soustavách z energetického hlediska, které jsou vyvolány vnějšími vlivy. Díky termodynamice můžeme určit množství energie vyměněné mezi soustavou a prostředím obklopujícím tuto soustavu, podmínky realizovatelnosti termodynamického děje, podmínky a složení soustavy

v rovnovážném stavu a také podmínky optimální výtěžitelnosti z termodynamického děje. [8]

Termodynamická soustava

Je to určitá část systému, kde se pohybuje teplotné médium. Termodynamická soustava bývá oddělená od okolního prostředí reálnými nebo pomyslnými plochami. Termodynamické soustavy se podle vzájemné vazby mezi soustavou a okolním prostředím dělí na [8]:

- Izolované (Nedochází k výměnám tepla mezi soustavou a okolím)
- Uzavřené (Parní oběhy)
- Otevřené (Plynové oběhy)

Dále můžeme termodynamické soustavy dělit podle míry stejnorodosti na homogenní a heterogenní. [8]

Termodynamická rovnováha

Je to stav, kdy neprobíhají žádné makroskopické změny a termodynamické veličiny jsou konstantní. [8]

Termodynamický děj

Je to přechod termodynamického systému z jednoho stavu do druhého. Stavové veličiny nezávisí na způsobu změny (bez ohledu na cestu). Právě naopak je tomu u nestavových veličin, které závisí na způsobu změny (proměnlivé z hlediska použité cesty). Termodynamické děje se rozdělují podle [8]:

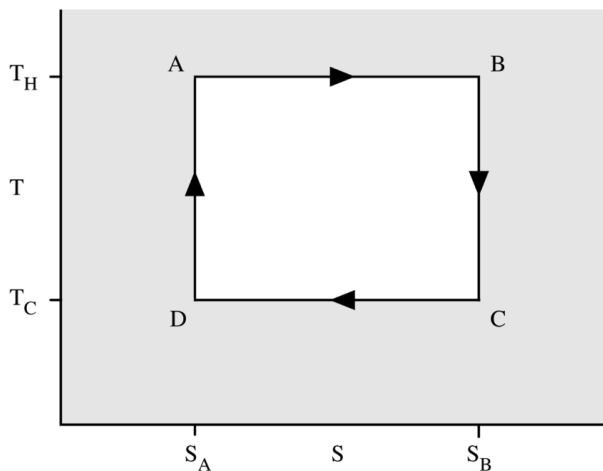
- A) Vratnost děje:
- Vratné (reverzibilní) A-B-A
 - Nevratné (ireverzibilní) A-B-C
- B) Jedna termodynamická veličina je konstantní:
- Izotermický ($T = \text{konstantní}$)
 - Izobarický ($p = \text{konstantní}$)
 - Izochorický ($V = \text{konstantní}$)
 - Adiabatický ($Q = \text{konstantní}$)
 - Izoentropický ($s = \text{konstantní}$)
 - Izoentalpický ($i = \text{konstantní}$)
 - Polytropický ($c_n = \text{konstantní}$)

C) Kruhové děje (A-B-C-D-A) stavové veličiny = 0, nestavové veličiny $\neq 0$ řeší se pomocí integrace a příslušných diagramů (T-s, i-s, p-V):

- Carnotův cyklus
- Clausius-Rankinův cyklus

Carnotův cyklus

Je to nejjednodušší teoretický vratný kruhový cyklus. Je velmi idealizovaný, tedy zanedbává většinu ztrát v tepelném oběhu. Skládá se ze dvou izoterm ($T = \text{konst.}$) a dvou adiabat ($Q = \text{konst.}$).



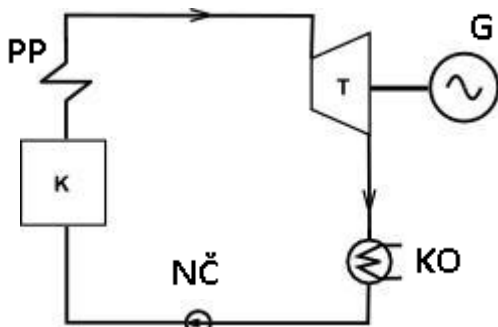
Účinnost Carnotova cyklu lze získat pomocí vztahu [9]:

$$\eta = \frac{W_t}{Q_P} = \frac{Q_P - Q_O}{Q_P} \approx 1 - \frac{T_C}{T_H} \quad (1)$$

Obr. 8: Carnotův cyklus v T-s diagramu [9]

Clausius-Rankinův cyklus

Je to teoretický uzavřený termodynamický oběh, který využívá změn pracovní látky (vody). Pracovní látka při Clausius-Rankinově cyklu mění své skupenství. Využívá se více než Carnotův cyklus, protože lépe popisuje reálné oběhy, a to především u parních oběhů.



NČ - napájecí čerpadlo,

K - kotel

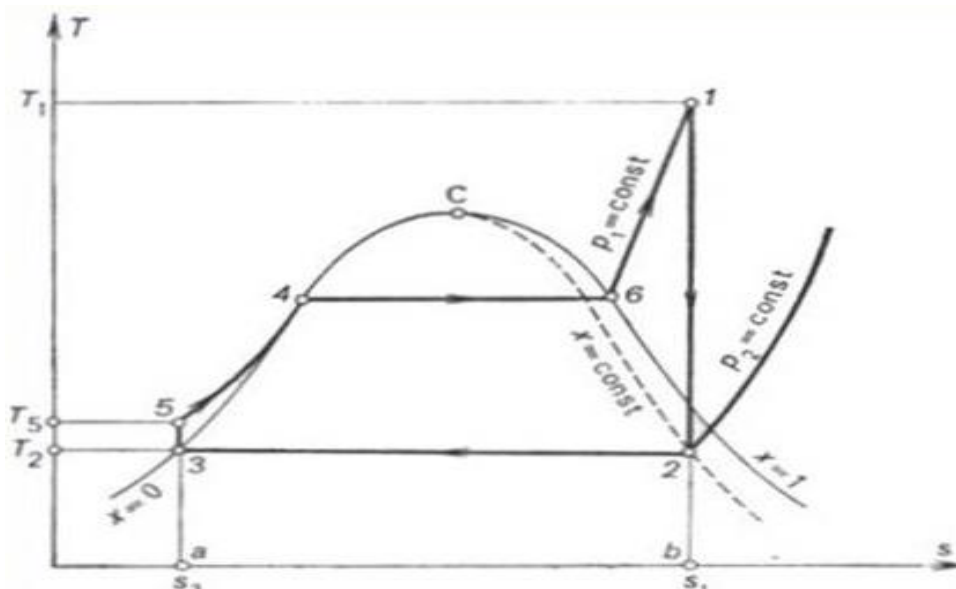
PP - přehřívák páry,

T - parní turbína,

KO - kondenzátor,

G - generátor

Obr. 9: Ukázka tepelného parního oběhu



Obr. 10: Clausius-Rankinův cyklus v T-s diagramu

- 1-2 - Probíhá adiabatická expanze páry v turbíně (vznik technické práce w_t).
- 2-3 – Pára za turbínou se v kondenzátoru izobaricky kondenzuje.
- 3-5 – Izoetropická práce probíhající v oběhovém čerpadle.
- 5-4 - Oběhová voda je vháněna (tlakována) do kotle pomocí napájecího čerpadla a voda se začíná ohřívát do stavu sytosti (varu).
- 4-6 - Ve výparníku v kotli probíhá izobaricko izotermická přeměna syté vody na sytou páru (vypařování).
- 6-1 - V přehříváku páry dochází k izobarickému přehřátí na vyšší teplotu (až 600°C což je materiálové omezení). [8], [10]

Oběh Clausius-Rankin bude používán při výpočtech optimálních parametrů provozu. Zmíněn je i tedy výpočet klíčových parametrů z tohoto oběhu. Technická práce (w_t) probíhá v T-s diagramu mezi body 1 a 2 pomocí entalpií vyjádřeno $i_1 - i_2$ a teplo přivedené do obvodu (q_p) je v diagramu mezi body 1 a 3, takže pomocí entalpií $i_1 - i_3$. Uvedené veličiny se vztahují na jeden kilogram pracovní látky (demineralizované vody). Účinnost Clausius-Rankinova cyklu získáváme pomocí entalpií tedy [10]:

$$\eta = \frac{w_t}{q_p} = \frac{i_1 - i_2}{i_1 - i_3} \quad (2)$$

Teoretický výkon parní turbíny v Clausius-Rankinově cyklu je dán vztahem [10]:

$$P_t = Q_m \times w_t = Q_m \times (i_1 - i_2) \quad (3)$$

Kde Q_m je hmotnostní průtok napájecí vody. Teoretický tepelný výkon kotle (výkon tlakového celku parního kotle) je [10]:

$$P_k = Q_m \times q_p = Q_m \times (i_1 - i_3) \quad (4)$$

4.2 Využívané termodynamické veličiny

Entropie

Entropie je termodynamická veličina realizující stupeň degradace energie. Entropie - s je stavovou a také globální veličinou. Pokles tepla - δQ [$J \times kg^{-1}$] při termodynamické teplotě T [K]. Ve vratných dějích je přírůstek entropie dán vztahem [8]:

$$s = \frac{\delta Q}{T} [J \times kg^{-1} \times K^{-1}] \quad (5)$$

Entalpie

Entalpie neboli tepelný obsah je termodynamická veličina realizující tepelnou energii obsaženou v jednotkovém množství teplotnosného media. Entalpie - i se určuje v soustavě při konstantním počtu částic s vnitřní energií U tlakem p a objemem V [8]:

$$i = U + p \times V [kJ/kg] \quad (6)$$

4.3 Postup výpočtu účinností

Jedná se o turbíny, které pracují převážně v režimu KVET. KVET je zkráceně kombinovaná výroba elektřiny a tepla, kdy z turbíny pomocí vytvořených odběrů odebíráme část energie a tou napájíme tepelnou síť. Tyto turbíny ale mohou pracovat i v režimu kondenzačním, kdy neodebíráme z turbíny žádnou tepelnou energii a veškerá energie jde do turbíny (žádné teplo nejde do tepelné sítě).

Zadány jsou vždy admisní parametry páry: teplota t_a [$^{\circ}C$], tlak p_a [MPa] a v parovodních tabulkách tomu odpovídající entalpie i_a [kJ/kg], ještě je zadán hmotnostní průtok M_{pa} [t/h]. Vypočítáme celkovou admisní energii.

$$M_{pa} [t/h] \times i_a [kJ/kg] = [MJ/h] \quad (7)$$

Turbíny TG1 i TG2 jsou dvoutělesové turbíny, tedy je oddělená vysoko a nízkotlaká část. Probíhá částečná expanze v turbíně a skrze odběry je odebírána část energie. Tyto odběry slouží převážně pro napájení regenerativních ohříváků pro zlepšení parametrů oběhové vody před kotlem, ale také pro odběr technické páry z prvního stupně turbíny. Zadány jsou opět jednotlivé parametry odběrů: teplota t_{01-05} [$^{\circ}C$], tlak p_{01-05} [MPa] a v parovodních tabulkách tomu odpovídající entalpie i_{01-05} [kJ/kg], ještě je zadán hmotnostní průtok M_{p01-05} [t/h]. Vypočítáme celkovou energii odběrů.

$$M_{p01-05} [t/h] \times i_{01-05} [kJ/kg] = [MJ/h] \quad (8)$$

Na konci turbíny vystupuje pára o emisních parametrech: teplota t_e [°C], tlak p_e [MPa] a v parovodních tabulkách tomu odpovídající entalpie i_e [kJ/kg], ještě je zadán hmotnostní průtok M_{pe} [t/h]. Vypočítáme celkovou emisní energii.

$$M_{pe} \text{ [t/h]} \times i_e \text{ [kJ/kg]} = \text{[MJ/h]} \quad (9)$$

Tepelný spád na turbíně se vypočítá jako rozdíl celkové admisní energie od sumy všech energií odběrů z turbíny + celkové emisní energie.

$$M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=7} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e) \text{ [MJ/h]} \quad (10)$$

Energie dodaná v palivu se vypočítá jako rozdíl celkové admisní energie od energie napájecí vody, která jde do kotle. Díky přehřátí regenerativními ohříváky jsou parametry napájecí vody zlepšeny a jsou to: teplota t_{np} [°C], tlak p_{np} [MPa] a v parovodních tabulkách tomu odpovídající entalpie i_{np} [kJ/kg], ještě je zadán hmotnostní průtok M_{pnp} [t/h]. Vypočítáme celkovou energii napájecí vody:

$$M_{pnp} \text{ [t/h]} \times i_{np} \text{ [kJ/kg]} = \text{[MJ/h]} \quad (11)$$

Potom je tedy celková energie dodaná v palivu:

$$M_{pa} \text{ [t/h]} \times i_a \text{ [kJ/kg]} - M_{pnp} \text{ [t/h]} \times i_{np} \text{ [kJ/kg]} = \text{[MJ/h]} \quad (12)$$

Účinnost výroby elektřiny se potom vypočte jako podíl tepelného spádu na turbíně a energie dodané v palivu:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=7} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{pnp} \times i_{np}} \times 100 \text{ [%]} \quad (13)$$

Dále počítáme účinnost výroby tepla a pro tento výpočet jsou použity parametry topné vody: $t_{pt1,2}$ [°C], tlak $p_{pt1,2}$ [MPa] a v parovodních tabulkách tomu odpovídající entalpie $i_{pt1,2}$ [kJ/kg], ještě je zadán hmotnostní průtok $M_{pt1,2}$ [t/h]. Vypočítáme energie přívodní a vratné topné vody:

$$M_{pt1} \text{ [t/h]} \times i_{t1} \text{ [kJ/kg]} = \text{[MJ/h]} \quad (14)$$

$$M_{pt2} \text{ [t/h]} \times i_{t2} \text{ [kJ/kg]} = \text{[MJ/h]} \quad (15)$$

Celková využitelná tepelná energie se spočte jako rozdíl energií přívodní a vratné topné vody:

$$M_{pt1} \text{ [t/h]} \times i_{t1} \text{ [kJ/kg]} - M_{pt2} \text{ [t/h]} \times i_{t2} \text{ [kJ/kg]} = \text{[MJ/h]} \quad (16)$$

Potom tepelná účinnost se spočítá jako podíl celkové využitelné tepelné energie a energie dodané v palivu:

$$\eta_t = \frac{M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2}}{M_{pa} \times i_a - M_{pnp} \times i_{np}} \times 100 [\%] \quad (17)$$

Celková účinnost je dána součtem **elektrické** η_e a **tepelné** η_t :

$$\eta_c = \eta_e + \eta_t [\%] \quad (18)$$

Z oběhu lze také odebírat část technické páry. Tato pára se využívá buďto **interně pro potřeby teplárny**, nebo se prodává **externím zákazníkům** (MOVO, Plzeňský Prazdroj, Depo). Tyto odběry nejsou započítány do celkové účinnosti, ale jsou uvedeny odebíranými parametry.

5 VÝPOČET PARAMETRŮ PRO EFEKTIVNÍ PROVOZ V PT a.s.

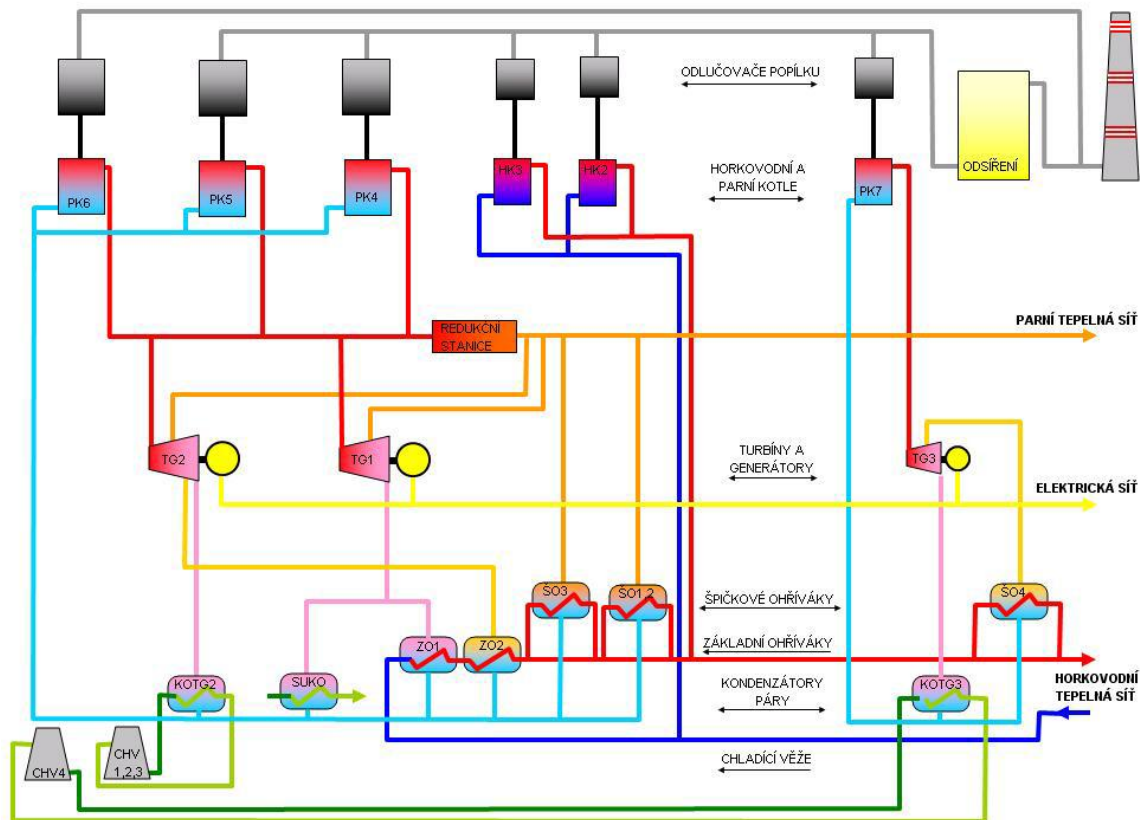
Data jednotlivých stavů byly poskytnuty jako reprezentativní, a i když jsou datumově rozdílné a starší, odpovídají aktuálnímu stavu.

5.1 Popis současného stavu v PT a.s.

V PT a.s. v současnosti fungují tři synchronní turbogenerátory napojené na tři parní turbíny. První turbínou byla zprovozněna TG1. Je to protitlaková turbína, která je v provozu od roku 1985 s původním výkonem 55 MW_e, a po přetypování její jmenovitý výkon činí 70 MW_e.

Jako druhá turbína byla spuštěna TG2. Je to kondenzační turbína, která je v provozu od roku 1999 se jmenovitým výkonem 66 MW_e. Turbíny TG1 a TG2 napájejí paralelní spojení granulačních kotlů K4, K5 (256 MW_t) a fluidního kotle K6 (128 MW_t).

Třetí a poslední turbínou zprovozněnou v PT a.s. je TG3. Opět se jedná o kondenzační turbínu, která ale pracuje odděleně od TG1 a TG2 a je napájena z fluidního kotle K7 (38,5 MW_t), ve kterém se spaluje téměř výlučně dřevní štěpka. Tato turbína byla spuštěna mezi roky 2009 a 2010 a je součástí tzv. zeleného bloku. Jmenovitý výkon TG3 činí 13,5 MW_e. Tato turbína je dlouhodobě provozována čistě v kondenzačním režimu (vyrábí pouze elektřinu a nedodává žádné teplo do teplovodní sítě), proto je řešena z hlediska termodynamiky, pouze orientačně. [11], [12]



Obr. 11: Schéma provozu v Plzeňské teplárenské [13]

5.2 Provozní stavy na turbíně TG1

Protitlakové turbína TG1 je v PT a.s. v provozu od roku 1985. Původní jmenovitý výkon turbíny TG1 činil **55 MW_e** v režimu KVET. Později byla TG1 přetypována na jmenovitý výkon **70 MW_e** z důvodů navýšení výkonů u kotlů K4 a K5. Přetypování TG1 nemělo téměř žádný vliv na účinnost oběhu, a proto z hlediska účinnosti jsou stavy před a po přetypování srovnatelné. I přes stáří této turbíny se účinnost TG1 pohybuje mezi **70 až 90%** v režimu KVET, což je pro tepelný motor velice dobrá účinnost. Tato turbína není příliš regulovatelná a je odkázána na odběr tepelné energie v režimu KVET. TG1 má také vyšší hodnoty emisní páry než turbína kondenzační, protože emisní pára se dále využívá pro ohřátí topné vody v horkovodu. Emisní pára dosahuje hodnot **120-130°C** a **101-241 kPa**. V letních měsících, kdy není téměř žádný odběr tepelné energie, se pro odvedení tepla používá suchý kondenzátor SUKO, ale tím se dá odvést maximálně **90 t/h**. Tudiž v letních měsících nemůže být tato turbína plně využívána na výrobu elektřiny. Turbína je dvoutělesová. Ve VT díle jsou tři odběry (5, 4 neregulované a 3 regulované). V NT díle jsou dva odběry a oba neregulované. Z regulovaného odběru 3 je možný odběr technické páry. [12]

Stav č. 1: 26. 10. 2005

Z paralelního spojení kotlů K4, K5 a K6 (384 MW_t) je dodávána přehřátá pára o hmotním průtoku $M_{pa} = 350 \text{ t/h}$ o admisních parametrech $p_a = 13,35 \text{ MPa}$ a $t_a = 535^\circ\text{C}$ (entalpie $i_a = 3426.3 \text{ kJ/kg}$) do protitlakové turbíny TG1. Potom tedy energii admisní páry dostaneme jako:

$$M_{pa} \times i_a = 350 \text{ t/h} \times 3426.3 \text{ kJ/kg} = 1\,199\,205 \text{ MJ/h} \quad (19)$$

Turbína TG1 je **dvoutělesová**, v prvním tělese jsou **tři odběry (5, 4 nereg. a 3 reg.)**:

$$M_{p05} = 23.3 \text{ t/h}, i_{05} = 3130.5 \text{ kJ/kg}, M_{p05} \times i_{05} = 72\,940.65 \text{ MJ/h} \quad (20)$$

$$M_{p04} = 19.6 \text{ t/h}, i_{04} = 3003.8 \text{ kJ/kg}, M_{p04} \times i_{04} = 58\,874.48 \text{ MJ/h} \quad (21)$$

$$M_{p03} = 40.5 \text{ t/h}, i_{03} = 2930.5 \text{ kJ/kg}, M_{p03} \times i_{03} = 118\,685.25 \text{ MJ/h} \quad (22)$$

Za prvním stupněm turbíny **odebíráme část technické páry pro další účely**: $M_{pp} = 34.79 \text{ t/h}$, $t_p = 249.6^\circ\text{C}$ a $i_p = 2930.5 \text{ kJ/kg}$. Tato pára je zavedena do parní tepelné sítě a může buďto napájet špičkové ohříváky ŠO 1,2 a 3, nebo může být dodávána jako technická pára. Do druhého tělesa turbíny TG1 se tak dostane pára o parametrech: $M_{pa1} = 264.75 \text{ t/h}$ a $i_{a1} = 2930.5 \text{ kJ/kg}$. I zde jsou **dva odběry**:

$$M_{p02} = 18.25 \text{ t/h}, i_{02} = 2832.2 \text{ kJ/kg}, M_{p02} \times i_{02} = 51\,687.65 \text{ MJ/h} \quad (23)$$

$$M_{p01} = 13.5 \text{ t/h}, i_{01} = 2690.9 \text{ kJ/kg}, M_{p01} \times i_{01} = 36\,327.15 \text{ MJ/h} \quad (24)$$

U protitlakové turbíny vystupuje emisní pára o vyšších parametrech, než je tomu u turbíny kondenzační. Protože emisní pára je u protitlakové turbíny dále využita na ohřev topné vody, kdežto u kondenzační turbíny odchází energie v páře s nižšími parametry pouze do kondenzátoru, kde předá svou energii chladicí vodě, která odchází chladicími věžemi.

$$M_{pe} = 233.12 \text{ t/h}, i_e = 2559.9 \text{ kJ/kg}, M_{pe} \times i_e = 596\,763.89 \text{ MJ/h} \quad (25)$$

Tepelný spád tedy dostaneme odečtením energie admisní páry od energií všech pěti odběrů a energie emisní páry z turbíny:

$$M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^n M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e) = 263\,925.93 \text{ MJ/h} \quad (26)$$

K zjištění elektrické účinnosti potřebujeme ještě parametry vody před vstupem do kotle díky regeneračním ohřívákům, je to tedy:

$$M_{p1} = 350 \text{ t/h}, i_1 = 1025.6 \text{ kJ/kg}, M_{p1} \times i_1 = 358\,960 \text{ MJ/h} \quad (27)$$

Potom se elektrická účinnost spočítá takto:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=5} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} \times 100 = \underline{\underline{31.413 \%}} \quad (28)$$

Generátor vyrábí jmenovitý výkon **70 MW_e**.

Pro určení tepelné účinnosti **potřebujeme znát hodnoty na základním ohříváku**
M_{pt1} = 6400 t/h, i_{t1} = 395.7 kJ/kg, M_{pt2} = 6400 t/h a i_{t2} = 320 kJ/kg:

$$M_{pt1} \times i_{t1} = 2\,532\,480 \text{ MJ/h} \quad (29)$$

$$M_{pt2} \times i_{t2} = 2\,048\,000 \text{ MJ/h} \quad (30)$$

Celková využitelná tepelná energie se spočte takto:

$$M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2} = 484\,480 \text{ MJ/h} \quad (31)$$

Potom se celková tepelná účinnost spočte takto:

$$\eta_t = \frac{M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2}}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} \times 100 = \underline{\underline{57.659 \%}} \quad (32)$$

Celková účinnost je potom určena **součtem elektrické η_e a tepelné η_t :**

$$\eta_e + \eta_t = \underline{\underline{89.072 \%}} \quad (33)$$

Stav č. 2: 26. 10. 2005

TG1 – 2	M _p [t/h]	t [°C]	p [MPa]	i [kJ/kg]	M _p × i [MJ/h]
Admisní pára	300	535	13.35	3426.3	1 027 890
Odběr č. 5 neregulovaný	17.84	-	-	3109.2	55 468.128
Odběr č. 4 neregulovaný	15.28	-	-	2994.3	45 752.904
Odběr č. 3 regulovaný	170	-	-	2923.8	497 046
Z odběru č. 3 do tech. páry	141.06	246.7	-	2923.8	-
Do druhého dílu	95.02	-	-	2923.8	-
Odběr č. 2 neregulovaný	-	-	-	-	-
Odběr č. 1 neregulovaný	2.8	-	-	2649.4	7 418.32

Emisní pára	92.34			2611.4	241 136.676
Tepelný spád na turbíně	-	-	-	-	181 067.972
Voda před kotlem (RO)	300	-	-	999.5	299 850
Přívodní topná voda	6 400	-	-	414.5	2 652 800
Vratná topná voda	6 400	-	-	389	2 489 600
Celková tepelná energie	-	-	-	-	163 200

Tab. 3: Vypočítané hodnoty pro stav č. 2 na TG1

(2. odběr z turbíny je uzavřen, tedy energie tímto odběrem se rovná 0)

Elektrická účinnost:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=5} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{24.871 \%}} \quad (34)$$

Generátor vyrábí při výkonu **47.45 MW_e**.

Tepelná účinnost:

$$\eta_t = \frac{M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2}}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{22.416 \%}} \quad (35)$$

Celková účinnost:

$$\eta_e + \eta_t = \underline{\underline{47.287 \%}} \quad (36)$$

Stav č. 3: 16. 11. 2005

TG1 – 3	M _p [t/h]	t [°C]	p [MPa]	i [kJ/kg]	M _p × i [MJ/h]
Admisní pára	270	535	13.35	3426.3	925 101
Odběr č. 5 neregulovaný	14.7	-	-	3105.7	45 653.76
Odběr č. 4 neregulovaný	12.86	-	-	2998.9	38 565.854
Odběr č. 3 regulovaný	80	-	-	2939.6	235 168
Z odběru č. 3 do tech. páry	67.68	253.5	-	2939.6	-
Do druhého dílu	160.59	-	-	2939.6	-
Odběr č. 2 neregulovaný	11.14	-	-	2807.4	31 274.436
Odběr č. 1 neregulovaný	6.4	-	-	2683.3	17 173.12
Emisní pára	143.16			2601.3	372 402.108
Tepelný spád na turbíně	-	-	-	-	184 863.722
Voda před kotlem (RO)	270	-	-	982.6	265 302

Přívodní topná voda	2 271	97.5	-	408.7	928 157.7
Vratná topná voda	2 271	67	-	280.4	636 788.4
Celková tepelná energie	-	-	-	-	291 369.3

Tab. 4: Vypočítané hodnoty pro stav č. 3 na TG1

Elektrická účinnost:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=5} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{28.018 \%}} \quad (37)$$

Generátor vyrábí při výkonu **48.48 MW_e**.

Tepelná účinnost:

$$\eta_t = \frac{M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2}}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{44.16 \%}} \quad (38)$$

Celková účinnost:

$$\eta_e + \eta_t = \underline{\underline{72.178 \%}} \quad (39)$$

5.3 Provozní stavy na turbíně TG2

Původní jmenovitý výkon této turbíny činil 50 MW_e. V maximálním kondenzačním režimu mohla dosahovat až 66 MW_e. Poté v roce 2001 byla TG2 přetypována na jmenovitý výkon 66 MW_e, protože se navyšoval výkon u kotlů K4 a K5. V maximálním kondenzačním režimu po přetypování může nyní dosahovat turbína TG2 výkonu až 72 MW_e. Z důvodu toho, že turbína TG2 je kondenzační a tedy lépe regulovatelná než protitlaková turbína TG1. Je zde počítáno 6 stavů této turbíny. 4 stavy, které jsou z roku 1997 a 2 stavy jsou z roku 2003. Přetypování nemělo téměř žádný vliv na účinnost oběhu, a proto z hlediska účinnosti jsou stavy před a po přetypování srovnatelné. [12]

Stav č. 1: 16. 5. 1997

Opět z paralelního spojení kotlů K4, K5 a K6 (384 MW_t) je dodávána přehřátá pára o hmotnostním průtoku $M_{pa} = 184.9 \text{ t/h}$ o admisních parametrech $p_a = 12,8 \text{ MPa}$ a $t_a = 535^\circ\text{C}$ (entalpie $i_a = 3432.4 \text{ kJ/kg}$) do kondenzační turbíny TG2. Potom tedy energii admisní páry dostaneme takto:

$$M_{pa} \times i_a = 184.9 \text{ t/h} \times 3432.4 \text{ kJ/h} = 634 650.76 \text{ MJ/h} \quad (40)$$

Turbína TG2 je také **dvoutělesová**, ale protože se jedná o turbínu kondenzační, musíme zamezit únikům páry a to se dělá ucpávkovou parou. Ucpávková pára se odebírá na začátku turbíny **třemi odběry**:

$$M_{pu1} = 3.3768 \text{ t/h}, i_{u1} = 3308.9 \text{ kJ/kg}, M_{pu1} \times i_{u1} = 11\,173.494 \text{ MJ/h} \quad (41)$$

$$M_{pu2} = 0.255 \text{ t/h}, i_{u2} = 3308.9 \text{ kJ/kg}, M_{pu2} \times i_{u2} = 843.77 \text{ MJ/h} \quad (42)$$

$$M_{pu3} = 0.0775 \text{ t/h}, i_{u3} = 3308.9 \text{ kJ/kg}, M_{pu3} \times i_{u3} = 256.44 \text{ MJ/h} \quad (43)$$

Ve VT tělese TG2 se nacházejí **dva odběry (4 neregulovaný a 3 regulovaný)**:

$$M_{p04} = 8.0403 \text{ t/h}, i_{04} = 3009.8 \text{ kJ/kg}, M_{p04} \times i_{04} = 24\,199.695 \text{ MJ/h} \quad (44)$$

$$M_{p03} = 6.821 \text{ t/h}, i_{05} = 2869.2 \text{ kJ/kg}, M_{p05} \times i_{05} = 19\,570.813 \text{ MJ/h} \quad (45)$$

Do NT tělesa turbíny TG2 se tak dostane $M_{pa1} = 163.4 \text{ t/h}$ a $i_{a1} = 2869.2 \text{ kJ/kg}$.

I zde jsou **dva odběry (2 neregulovaný a 1 regulovaný)**:

$$M_{p02} = 8.594 \text{ t/h}, i_{06} = 2758.8 \text{ kJ/kg}, M_{p06} \times i_{06} = 23\,709.127 \text{ MJ/h} \quad (46)$$

$$M_{p01} = 17.329 \text{ t/h}, i_{07} = 2639.9 \text{ kJ/kg}, M_{p07} \times i_{07} = 45\,746.827 \text{ MJ/h} \quad (47)$$

Kondenzační turbína má parametry emisní páry o nižších parametrech než protitlaková turbína. Tato pára jde pouze do kondenzátoru, kde se zkondenzuje na vodu, a poté jde opět do kotle. Energie uvolněná při kondenzaci v kondenzátoru odchází v chladicí vodě do chladících věží. Oběhová voda vzniklá kondenzací prochází přes čtyři regenerativní ohříváky, které zvyšují její parametry napájecí vody před kotlem a také účinnost celého oběhu o 3 – 5 %.

$$M_{pe} = 139.81 \text{ t/h}, i_e = 2293 \text{ kJ/kg}, M_{pe} \times i_e = 320\,584.33 \text{ MJ/h} \quad (48)$$

Tepelný spád tedy dostaneme odečtením energie admisní páry od energií všech odběrů a energie emisní páry z turbíny:

$$M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=3} M_{pun} \times i_{un} + \sum_{i=1}^{n=4} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e) = 188\,566.264 \text{ MJ/h} \quad (49)$$

K zjištění elektrické účinnosti potřebujeme ještě parametry napájecí vody před vstupem do kotle, díky regeneračním ohřívákům je tedy tato hodnota vyšší:

$$M_{p1} = 180 \text{ t/h}, i_1 = 853.77 \text{ kJ/kg}, M_{p1} \times i_1 = 153\,678.6 \text{ MJ/h} \quad (50)$$

Potom se elektrická účinnost spočítá takto:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=3} M_{pun} \times i_{un} + \sum_{i=1}^{n=4} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{39.205 \%}} \quad (51)$$

Generátor vyrábí při výkonu **50.123 MW_e**.

Jedná se o čistě kondenzační režim a zbytkové teplo nemá parametry pro další využití. Tepelná účinnost je tedy 0 %, tedy příspěvek do topné soustavy není žádný. Z oběhu je **odebrána část napájecí vody** o parametrech **M_{pv} = 4.9 t/h**, **t_v = 172.57°C** a **i_v = 730.39 kJ/kg**. V PT a.s. jsou tři napájecí nádrže a jsou stejně jako kotle paralelně spojeny. Napájecí voda se mezi nimi tedy přelévá, aby vyrovnávala hladiny. Odběr napájecí vody nelze počítat za teplotní produkt, a proto se nezapočítává do účinnosti.

Celková účinnost je určena **pouze elektrickou účinností η_e**.

$$\eta_c = \eta_e = \underline{\underline{39.205 \%}} \quad (52)$$

Stav č. 2: 6. 8. 1997

TG2 – 2	M _p [t/h]	t [°C]	p [MPa]	i [kJ/kg]	M _p × i [MJ/h]
Admisní pára	250	535	12.8	3432.4	858 100
Ucpávková pára odběr č. 1	4.5302	-	-	3363.4	15 236.875
Ucpávková pára odběr č. 2	0.315	-	-	2835.8	893.277
Ucpávková pára odběr č. 3	0.0957	-	-	2835.8	271,386
Odběr č. 4 neregulovaný	12.727	-	-	3052.3	38 846.622
Odběr č. 3 regulovaný	50.427	-	-	2910	146 742.57
Do druhého dílu	177.31	-	-	2810	-
Odběr č. 2 neregulovaný	17.238	-	-	2759.1	47 561.366
Odběr č. 1 regulovaný	157.29	-	-	2555.7	401 986.053
Emisní pára	6.4063			2512.3	16 094.547
Tepelný spád na turbíně	-	-	-	-	191 015.504
Voda před kotlem (RO)	180	-	-	924.45	166 401

Tab. 5: Vypočítané hodnoty pro stav č. 2 na TG2

Elektrická účinnost:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=3} M_{pun} \times i_{un} + \sum_{i=1}^{n=4} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{27.615 \%}} \quad (53)$$

Generátor vyrábí při výkonu **50.41 MW_e**.

Pro určení tepelné účinnosti potřebujeme znát hodnoty na základním ohříváku $M_{pt1} = M_{pt2} = 3411 \text{ t/h}$, $i_{t1} = 408.7 \text{ kJ/kg}$, $i_{t2} = 294.16 \text{ kJ/kg}$. Pro další technické účely je z oběhu odebírána přehřátá pára $M_{pv} = 40 \text{ t/h}$, $t_p = 254.89^\circ\text{C}$ a $i_v = 2947.4 \text{ kJ/kg}$. Napájecí voda $M_{pv} = 75 \text{ t/h}$, $t_p = 175^\circ\text{C}$ a $i_v = 730.39 \text{ kJ/kg}$ opět odchází do jiné napájecí nádrže:

$$M_{pt1} \times i_{t1} = 1\,327\,288.32 \text{ MJ/h} \quad (54)$$

$$M_{pt2} \times i_{t2} = 1\,003\,379.76 \text{ MJ/h} \quad (55)$$

Celková využitelná tepelná energie se spočte takto:

$$M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2} = 323\,908.56 \text{ MJ/h} \quad (56)$$

Potom se celková tepelná účinnost spočte takto:

$$\eta_t = \frac{M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2}}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} \times 100 = \underline{\underline{46.828\%}} \quad (57)$$

Celková účinnost je potom určena součtem elektrické η_e a tepelné η_t :

$$\eta_e + \eta_t = \underline{\underline{74.443\%}} \quad (58)$$

Stav č. 3: 16. 5. 1997

TG2 – 3	M_p [t/h]	t [$^\circ\text{C}$]	p [MPa]	i [kJ/kg]	$M_p \times i$ [MJ/h]
Admisní pára	180	535	12.8	3432.4	617 832
Ucpávková pára odběr č. 1	2.7462	-	-	3331.2	9 148.141
Ucpávková pára odběr č. 2	0.315	-	-	2835.8	893.277
Ucpávková pára odběr č. 3	0.0957	-	-	2835.8	271,386
Odběr č. 4 neregulovaný	20.417	-	-	3037.2	62 010.512
Odběr č. 3 regulovaný	25.384	-	-	2960.1	75 139.178
Do druhého dílu	126.26	-	-	2830.1	-
Odběr č. 2 neregulovaný	9.472	-	-	2755.3	26 098.202
Odběr č. 1 regulovaný	40.401	-	-	2593.3	104 771.913
Emisní pára	80.261			2271.6	182 320.888
Tepelný spád na turbíně	-	-	-	-	157 178.503
Voda před kotlem (RO)	180	-	-	860.85	154 963
Přívodní topná voda	438	100	-	420.1	184 003.8

Vratná topná voda	438	65	-	273.277	119 695.326
Celková tepelná energie	-	-	-	-	64 308.474
Odběr z oběhu v technické páře	28	260	-	2960.1	82 882.8
Odběr z oběhu v napájecí vodě	-	-	-	-	-

Tab. 6: Vypočítané hodnoty pro stav č. 3 na TG2

Elektrická účinnost:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=7} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{33.957 \%}} \quad (59)$$

Generátor vyrábí při výkonu **41.5 MW_e**.

Tepelná účinnost:

$$\eta_t = \frac{M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2}}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{13.893 \%}} \quad (60)$$

Celková účinnost:

$$\eta_e + \eta_t = \underline{\underline{47.85 \%}} \quad (61)$$

Stav č. 4: 16. 5. 1997

TG2 – 4	Mp [t/h]	t [°C]	p [MPa]	i [kJ/kg]	Mp × i [MJ/h]
Admisní pára	250	535	12.8	3432.4	858 100
Ucpávková pára odběr č. 1	4.8197	-	-	3197.5	15 410.991
Ucpávková pára odběr č. 2	0.2658	-	-	3197.5	849.896
Ucpávková pára odběr č. 3	0.0807	-	-	3197.5	258,038
Odběr č. 4 neregulovaný	12.707	-	-	3055.9	38 831.321
Odběr č. 3 regulovaný	133.75	-	-	2913.2	389 640.5
Do druhého dílu	93.296	-	-	2913.2	-
Odběr č. 2 neregulovaný	3.487	-	-	2762.1	9 631.443
Odběr č. 1 regulovaný	84.833	-	-	2741.7	232 586.636
Emisní pára	8.9772			2631.8	23 626.195
Tepelný spád na turbíně	-	-	-	-	147 264.98
Voda před kotlem (RO)	180	-	-	924.45	166 401
Přívodní topná voda	3412	111.93	-	470.43	1 605 107.16
Vratná topná voda	3412	100	-	420.1	1 433 381.2
Celková tepelná energie	-	-	-	-	171 725.96

Odběr z oběhu v technické páře	124	244.3	-	2913.2	361 236.8
Odběr z oběhu v napájecí vodě	-	-	-	-	-

Tab. 7: Vypočítané hodnoty pro stav č. 4 na TG2

Elektrická účinnost:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=7} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{21.29 \%}} \quad (62)$$

Generátor vyrábí při výkonu **38.753 MW_e**.

Tepelná účinnost:

$$\eta_t = \frac{M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2}}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{24.827 \%}} \quad (63)$$

Celková účinnost:

$$\eta_e + \eta_t = \underline{\underline{46.117 \%}} \quad (64)$$

Stav č. 5: 23. 10. 2003

TG2 – 5	Mp [t/h]	t [°C]	p [MPa]	i [kJ/kg]	Mp × i [MJ/h]
Admisní pára	271.3	528.94	12,7	3417.6	927 194.88
Ucpávková pára odběr č. 1	5.0611	-	-	3379.6	17 104.494
Ucpávková pára odběr č. 2	0.315	-	-	2835.8	893.277
Ucpávková pára odběr č. 3	0.0957	-	-	2835.8	271,386
Odběr č. 4 neregulovaný	14.742	-	-	3079.7	45 400.937
Odběr č. 3 regulovaný	-	-	-	-	-
Do druhého dílu	247.1	-	-	2824.5	-
Odběr č. 2 neregulovaný	7.935	-	-	2815.7	22 342.58
Odběr č. 1 regulovaný	44.803	-	-	2675.5	119 870.427
Emisní pára	198.28			2302.7	456 579.356
Tepelný spád na turbíně	-	-	-	-	264 732.423
Voda před kotlem (RO)	180	-	-	952.75	171 495
Přívodní topná voda	1955	91.03	-	382.38	747 552.9
Vratná topná voda	1955	87	-	365.42	714 396.1
Celková tepelná energie	-	-	-	-	33 156.8
Odběr z oběhu v technické páře	-	-	-	-	-
Odběr z oběhu v napájecí vodě	99.47	175	-	741.06	73713.238

Tab. 8: Vypočítané hodnoty pro stav č. 5 na TG2

(3. odběr z turbíny je uzavřen, tedy energie tímto odběrem se rovná 0)

Elektrická účinnost:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=7} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{35.031 \%}} \quad (65)$$

Generátor vyrábí při výkonu **71.84 MW_e**.

Tepelná účinnost:

$$\eta_t = \frac{M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2}}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{4.388 \%}} \quad (66)$$

Celková účinnost:

$$\eta_e + \eta_t = \underline{\underline{39.419 \%}} \quad (67)$$

Stav č. 6: 7. 11. 2003

TG2 – 6	M _p [t/h]	t [°C]	p [MPa]	i [kJ/kg]	M _p × i [MJ/h]
Admisní pára	275.58	527.8	12,8	3413.5	940 692.33
Ucpávková pára odběr č. 1	5.1739	-	-	3377.7	17 475.882
Ucpávková pára odběr č. 2	0.315	-	-	2835.8	893.277
Ucpávková pára odběr č. 3	0.0957	-	-	2835.8	271,386
Odběr č. 4 neregulovaný	14.899	-	-	3098.6	46 166.041
Odběr č. 3 regulovaný	-	-	-	-	-
Do druhého dílu	251.26	-	-	2825.3	-
Odběr č. 2 neregulovaný	9.4459	-	-	2823.7	26 672.388
Odběr č. 1 regulovaný	44.188	-	-	2669.3	117 951.028
Emisní pára	198.28			2302.7	465 550.284
Tepelný spád na turbíně	-	-	-	-	265 712.044
Voda před kotlem (RO)	180	-	-	956.47	172 164.6
Přívodní topná voda	2335.9	90.18	-	378.78	884 792.202
Vratná topná voda	2335.9	86.7	-	364.17	850 664.703
Celková tepelná energie	-	-	-	-	34 127.499
Odběr z oběhu v technické páře	-	-	-	-	-
Odběr z oběhu v napájecí vodě	103.75	175	-	741.06	76 884.975

Tab. 9: Vypočítané hodnoty pro stav č. 6 na TG2

(3. odběr z turbíny je uzavřen, tedy energie tímto odběrem se rovná 0.)

Elektrická účinnost:

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - (\sum_{i=1}^{n=7} M_{pn} \times i_n + M_{pe} \times i_e)}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{34.574 \%}} \quad (68)$$

Generátor vyrábí při výkonu **71.9 MW_e**.

Tepelná účinnost:

$$\eta_t = \frac{M_{pt1} \times i_{t1} - M_{pt2} \times i_{t2}}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{4.441 \%}} \quad (69)$$

Celková účinnost:

$$\eta_e + \eta_t = \underline{\underline{39.015 \%}} \quad (70)$$

5.4 Provozní stavy na turbíně TG3

Kondenzační turbína TG3 je napájena z fluidního kotle K7, ve kterém je spalována výlučně biomasa tedy obnovitelný zdroj. Vzhledem ke státním dotacím na vyrobenou elektřinu z obnovitelných zdrojů je pro PT a.s. ekonomicky výhodné provozovat tuto turbínu dlouhodobě v čistě kondenzačním režimu neboli vyrábět elektřinu s co nejvyšší možnou účinností a nedodávat žádné teplo do teplovodní sítě. Takže pokud se nezmění výrazně politika dotací na výroby energií z obnovitelných zdrojů, bude i PT a.s. provozovat turbínu TG3 čistě kondenzačně. Ovšem je nutné podotknout, že i tato turbína může být do budoucna provozována v režimu KVET. U TG3 jsou také 2 NT regenerativní ohříváky, které zlepšují účinnost této turbíny o 3-5 %.

Zjednodušený výpočet účinnosti TG3 v čistě kondenzačním režimu [12]:

TG 3 je jednotělesová turbína:

Hmotnostní tok páry z kotle: **M_{pa} = 49 t/h**

Tlak a teplota admisní páry: **p_a = 6.6 MPa, t_a = 485°C, i_a = 3379.73 kJ/kg**

Hmotnostní tok páry za turbínou: **M_{pe} = 43 t/h**

Tlak a teplota emisní páry: **p_e = 6 kPa t_e = 36°C, i_e = 2566.38 kJ/kg**

Hmotnostní tok páry před kotlem: **M_{p1} = 49 t/h**

Tlak a teplota před kotlem díky regenerativním ohřívákům: **p₁ = 8.2 MPa, t₁ = 148°C**

(i₁ = 628.487 kJ/kg)

$$\eta_e = \frac{M_{pa} \times i_a - M_{pe} \times i_e}{M_{pa} \times i_a - M_{p1} \times i_1} = \underline{\underline{35.274 \%}} \quad (71)$$

Jmenovitý elektrický výkon na turbíně **P_e = 13.5 MW_e**

5.5 Vyhodnocení provozní stavů u TG1 a TG2

U protitlakové turbíny TG1 je nejefektivnější vyrábět při jmenovitém elektrickém výkonu 70 MW_e v režimu **KVET** a neodebírat teplotnosné médium z oběhu pro špičkové ohříváky. Hned v prvním stavu u TG1 můžeme vidět účinnost **89.072 %**, tento stav je jeden z nejefektivnějších možných. Kondenzační turbínu TG2 by bylo také velmi výhodné provozovat v režimu **KVET**, při jmenovitém výkonu a bez odběru teplotnosného média z oběhu. U této turbíny se můžeme s účinností dostat **až k 80%**, ale výhodou oproti protitlakové je lepší regulovatelnost odběrů a možnost provozu čistě kondenzačního. Ovšem je třeba reagovat na poptávané množství tepla (zákazníci) a na potřebu výroby elektřiny (ČEPS, a.s.). Vzhledem k certifikátům na poskytování primární, sekundární regulace a i minutové zálohy elektřiny pro ČEPS, a.s. musí se nastavení parametrů na turbínách dynamicky měnit.

Nejefektivnější z ekonomického pohledu je regulovat turbínu TG2 a na turbínách TG1 a TG3, když umožňuje kapacita sítě nechat optimální parametry. Hlavní regulovatelnost celé teplárny by tedy měla být na turbíně TG2, ale vzhledem k požadavkům jak ČEPS, a.s. a také zákazníků se musí počítat s regulací i u turbín TG1 a TG3. Při nedostatečném výkonu v tepelné síti je dokonce nutné odebírat technickou páru z oběhů TG1 a TG2. Tím sice snižovat celkovou účinnost oběhů, ale pokrývat špičkové odběry v tepelné síti pomocí špičkových ohříváků, do kterých je pára zavedena a kde předává svoji energii do tepelné sítě. V topném období, kdy je jak odběr tepla, tak odběr elektřiny, je výroba samozřejmě efektivnější než mimo topné období, kdy není odběr tepla takřka žádný. Z teplárny se stává vlastně pološpičková elektrárna, ve které je všechno podřízeno závazkům vůči ČEPS, a.s. a výrobě elektřiny.

	TG1			TG2					
	Stav 1	Stav 2	Stav 3	Stav 1	Stav 2	Stav 3	Stav 4	Stav 5	Stav 6
η_e [%]	31.413	24.871	28.018	39.205	27.615	33.957	21.29	35.031	34.574
η_t [%]	57.659	22.416	44.16	-	46.828	13.893	24.827	4.388	4.441
η_c [%]	89.072	47.287	72.178	39.205	74.443	47.85	46.117	39.419	39.015

Tab. 10: Porovnání jednotlivých účinností všech stavů na TG1 a TG2

6 PROCESNÍ MODELOVÁNÍ V PT a.s.

6.1 Základní informace o PT a.s.

Plzeňská teplárenská a.s., jejímž výhradním vlastníkem je statutární město Plzeň, byla založena dne 1. 1. 1994. Základní kapitál PT a.s. činí 1 092 957 000,- Kč. Tento kapitál je rozdělen na 1 092 957 akcií na jméno. PT a.s. je největším výrobcem energií v Plzeňském kraji. Hlavní činnost PT a.s. je výroba a distribuce tepla pro účely vytápění a ohřevu teplé užitkové vody pro více než 40 000 bytů v Plzni a několik desítek komerčních, podnikatelských, správních a školských subjektů. Systém centrálního zásobování teplem provozovaný PT a.s. pokrývá všechny plzeňské městské obvody. Kromě tepla PT a.s. také generuje a distribuuje elektřinu, pitnou vodu a v roce 2003 začala vyrábět a dodávat chlad. PT a.s. je držitelem certifikátů prokazujících schopnost poskytování primární a sekundární regulace elektřiny a i takzvanou minutovou zálohu, což jí umožňuje účastnit se obchodu s podpůrnými službami na denním trhu pro firmu ČEPS a.s. Dále se výrazně angažuje v oblasti ekologie a odpadového hospodářství. [11]

6.2 Nástroje optimalizace v PT a.s.

Je zde použita metodika **ARIS** k vytvoření třech typů procesních modelů. Tyto modely se nazývají **organigram**, **model přidané hodnoty** a **eEPC model**. Díky těmto modelům lépe poznáme strukturu firmy a pokusíme se navrhnout opatření, které by vedlo k zlepšení funkčnosti podniku.

6.3 Základní složení společnosti

Každý úsek společnosti je veden odpovědným nadřízeným, který odpovídá za správný chod úseků a výstupy podnikových procesů. Nadřízený resp. vedoucí úseku vede úsek v rámci příslušných předpisů, ustanovení tohoto organizačního řádu, uložených úkolů a příkazů svého nadřízeného.

Vnitřní řídicí a správní aparát je tvořen organizačními jednotkami [14]:

- 1) úsek
- 2) oddělení (provoz)
- 3) referát (směna, dílna)
- 4) funkce (funkční místo)

Ve společnosti je uplatňováno[14]:

- přímé řízení (ukládání úkolů a kontrola plnění)
- nepřímé řízení (ovlivňování činnosti řízených úseků určením nepřímých, zejména ekonomických nástrojů)
- metodické řízení (vytváření pracovních postupů a kontrola dodržování)

V tomto systému řízení se mohou při zvláštních případech vytvářet pružné struktury řízení. Zejména jsou to maticové struktury řešitelských a projektových týmů. Pružnou řídicí strukturu může stanovit vedoucí ze sobě podřízených zaměstnanců a úseku. [14]

6.4 Organizační struktura PT a.s.

Organigram organizační struktury PT a.s. je přiložen jako příloha č. 3. Nejvyšší rozhodovací pravomoc má valná hromada, která je složená z akcionářů resp. akcionáře. Valná hromada si dosazuje své zástupce do představenstva společnosti a také dozorčí rady. Představenstvo přijímá důležitá rozhodnutí a řídí společnost spolu s generálním ředitelem. Dozorčí rada plní roli kontrolního orgánu a kontroluje rozhodnutí představenstva. Důležitým členem představenstva je generální ředitel, který řídí společnost mimo konání pravidelného představenstva.

Útvary generálního ředitele mají odpovědnost za [14]:

- administrativní agendy valné hromady, představenstva, dozorčí rady a GŘ
- ekonomiku a finanční operace související s činností společnosti
- personalistiku a mzdové záležitosti zaměstnanců
- tvorbu a realizaci ekonomické a finanční politiky společnosti
- vypracování souhrnného prováděcího, středně a dlouhodobého plánu společnosti

Pod generální ředitelství resp. generálního ředitele přímo spadá příslušný sekretariát, projektový manažer, interní auditor, personalistika a mzdy. Zbytek společnosti je rozdělen do tří úseků, které spadají také pod generální ředitelství. Jsou to obchodně technický úsek, ekonomický úsek a výrobní úsek. Každý z těchto úseků má svého odpovědného vedoucího.

Obchodně technický úsek má odpovědnost za [14]:

- formulaci strategie, plány, analýzy vývoje a návrhy na opatření
- správu systému řízení a informatiku
- vnitřní kontrolu společnosti
- tvorbu a realizaci obchodní politiky společnosti

- vytvoření prováděcího, středně a dlouhodobého plánu obchodně tech. úseku
- spolupráci při sestavení, středně a dlouhodobého plánu údržby a oprav
- vypracování prováděcího, středně a dlouhodobého plánu investic
- evidenci všech obchodních smluv společnosti
- služby

Odpovědný vedoucí za tento úsek je obchodně technický ředitel, pod kterého spadá opět příslušný sekretariát a dále obchodní oddělení, IT oddělení, technický rozvoj, služby, realizace investic, environment a energetika a také skládka Chotíkov.

Ekonomický úsek má zodpovědnost za [14]:

- tvorbu a realizaci finanční politiky společnosti
- vypracování středně a dlouhodobého plánu obchodně technického úseku
- spolupráci při sestavení středně a dlouhodobého plánu údržby a oprav
- vypracování prováděcího středně a dlouhodobého plánu investic
- finanční a daňové činnosti ve společnosti
- cenovou strategii, tvorbu cen
- účetnictví

Odpovědný vedoucí za ekonomický úsek je finanční ředitel, pod kterého spadá také příslušný sekretariát a dále finance a controlling, účtárna, centrální nákup, referent správy majetku, provozní ekonom a ekonom pro strategické projekty.

Výrobní úsek má zodpovědnost za [14]:

- tvorbu a realizaci výrobní politiky společnosti
- vypracování, středně a dlouhodobých plánů výroby, údržby a oprav
- řízení výrobní základny společnosti, pomocných a obslužných činností a koordinace činností výrobních jednotek
- provoz výrobního zařízení

Odpovědný vedoucí za výrobní úsek je výrobní ředitel, pod kterého spadá opět jeho sekretariát a další oddělení, jako jsou centrální zdroj, provoz primáru, správa zařízení a do budoucna má tento úsek spravovat spalovnu Chotíkov.

6.5 Podrobná organizační struktura výrobního úseku

Výrobní úsek budeme dále zkoumat z hlediska struktury. Organigram výrobního úseku je znázorněn v příloze č. 4. Jak už zaznělo, odpovědným vedoucím za tento úsek je výrobní ředitel a pod něho spadá jeho sekretariát a další oddělení, kterými jsou provoz centrálního zdroje, provoz primáru (horkovodní rozvod po městě), správa zařízení a do budoucna také uvažovaná spalovna ZEVO Chotíkov.

Provoz centrálního zdroje

Má odpovědnost za [14]:

- kontrolu a plnění smluv na odběr paliva a ostatních energií
- podklady fakturace tepla a elektřiny, pro výrobní zakázky a modul rozpracované výroby
- plán výroby a prodeje tepla a elektřiny, spotřeby paliv a energie pro jednotlivé výtopny a výhled na další roky,
- zásobování prim. rozvodů teplem v horké vodě a odběratelů technologické páry
- zajišťování dodávky elektřiny ve sjednaném množství do sítě ZČE a.s.
- řízení výroby s ohledem na ekonomii provozu, ekologické požadavky, dodržování chemického režimu při respektování předpisů BOZP a PO
- udržování a zdokonalování tech. stavu zařízení, vyžadování a plánování oprav
- zpracování místních provozních předpisů (MPP) a provozních instrukcí, archivace MPP a operativní dokumentace,
- evidence poruch, analýza jejich příčin, poruchové protokoly a vyhodnocení
- periodické revize na vyhrazených zařízeních
- správa vlečky a zauhlování
- spolupráce s tepelným dispečinkem a KD ZČE a.s.
- předávání a přejímání zařízení do GO a BO, zabezpečování provozní údržby
- kontrola dodržování technolog. režimů při úpravě vody na CHÚV centr. zdroje
- kontrola jakosti páry, kotelní i napájecí vody kotlů CZ vč. vratných kondenzátů
- kontrola kvality doplňovací vody a oběhové vody horkovodu CZ a horkovodu Slovany (VS Parlament) vč. požadavků na změnu dávkování chemikálií
- rozbory odpadních vod z CZ, vzorků vody na vstupu a na výstupu ze všech ČOV, průsakové a vratné vody z odkaliště Božkov
- rozbory a doplňující rozbory směnové laboratoře a kontrola kvality chladící vody vč. požadavků na změny dávkování chemikálií a změny odluhu
- mimořádné chemické a fyzikální rozbory vody při haváriích a rozbory vzorků dle požadavků jiných útvarů společnosti i dle externích objednávek
- kontrola jakosti turbínového oleje
- rozbory uhlí, škváry a popílků z kotlů CZ
- stanovení obsahu síry v uhlí v případě odstavení provozu odsíření
- rozbory a kontrola jakosti CaO, Ca(OH)₂, CaCO₃ a produktu odsíření

- kontrola kvality vstupních a výstupních produktů
- metodické řízení a kontrola činnosti směnové a denní laboratoře
- metodické řízení obsluhy kotlů při rozbořech při doplňování vody horkovodu
- zpracování metodiky laboratorních rozborů pro chemické laboratoře PT a.s.
- kalibrace a ověřování laboratorních přístrojů pro chemické laboratoře PT a.s.
- zadání výsledků rozborů do EnergyCapu, protokoly z mimořádných rozborů
- vyjadřování se k akcím tech. rozvoje v oblasti úpravy vody a chem. režimů
- provoz a hosp. využívání výrob. zař. a přidělených dopr. a mech. prostředků
- zabezpečení provozuschopného stavu výtopny

Odpovědný vedoucí za provoz primárního zdroje je vedoucí provozu, pod něho spadají administrativně technický pracovník, systémový inženýr a další 4 pododdělení, kterými jsou výrobní blok, logistika paliv, CHÚV a zkušební laboratoř.

Výrobní blok

Odpovědný vedoucí za výrobní blok je vedoucí směny, V PT a.s. je práce organizována na třísměnný provoz (8 hodinová pracovní doba). Vedoucí směny má na starosti správný chod výrobního bloku a spadají pod něho mechanici měření a regulace, dispečer provozu, velín (odpovědnost má mistr výrobního bloku a spadají pod něho operátor kotle, operátor TG, provozní zámečnický a záložní zámečnický a operátor), elektrikářský personál (odpovědnost má přední elektrikář a spadají pod něho rozvodný, provozní elektrikář a záložní elektrikář), odsíření (zde jsou dva zaměstnanci provozní zámečnický odsíření a operátor odsíření) a personál skládky CZ (odpovědnost má mistr zauhlování a spadají pod něho železničář, operátor zauhlování, stavební strojník, strojvedoucí, dělník EZ – zauhlovač, střídač zauhlování a vlečky.

Logistika paliv

Odpovědný vedoucí za logistiku paliv je vedoucí logistiky paliv, pod něho spadají jednotliví referenti logistiky paliv.

Chemická úprava vody

Odpovědný vedoucí za CHÚV je vedoucí chemik, pod něho spadají jednotlivé směny. Opět je zde zaveden třísměnný provoz. Za jednotlivé směny odpovídají směnoví předáci a pod ně spadají na jednotlivých směnách obsluha, záložní obsluha a laborant.

Zkušební laboratoř

Odpovědný vedoucí za zkušební laboratoř je vedoucí laboratoře, pod něho spadají jednotliví laboranti.

Provoz primáru (horkovodní rozvody po městě)

Odpovědný vedoucí za provoz primáru je vedoucí provozu primáru, pod něho spadají mistr primáru, správce zařízení, provozní elektrikář a provozní zámečník.

Správa zařízení

Do tohoto oddělení spadá správce technického archivu a správce zařízení.

Spalovna Chotíkov

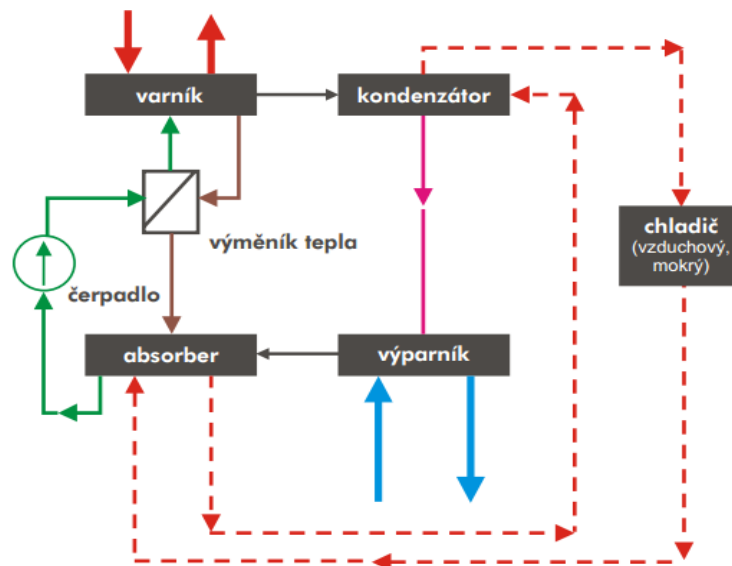
Do budoucna se spojí provoz PT a.s. a ZEVO Chotíkov a tím se ušetří náklady na přebytečný management. [14]

6.6 Přidaná hodnota v PT a.s.

Model přidané hodnoty je uveden jako příloha č. 5. Tento model nám naznačuje tok komodit v PT a.s. za účelem získání přidané hodnoty v podobě užitého tepla (v horké vodě nebo technické páře), elektřině, chladu nebo pitné vodě. Trochu mimo tento model jde výroba chladu a pitné vody, u kterých je výroba principiálně jiná. Proto tyto dvě výroby popíšeme zvlášť.

6.6.1 Výroba chladu

Výroba chladu je realizována chladicími jednotkami na principu absorpčního chlazení.



„Modrá“ - Chladicí látka, „Zelená“ – Bohatý roztok, „Hnědá“ – Chudý roztok, „Červená plná“ – Topná látka, „Červená přerušovaná“ – Chladicí kondenzační látka, „Fialová“ – Zkondenzované chladivo

Obr. 8: Princip absorpčního chlazení používaného v PT a.s. [13]

Princip absorpčního chlazení spočívá v tom, že chladivo ve výparníku odebere tepelnou energii chladicí látky. Chladivo je pak pohlcováno v absorberu do absorbentu.

Absorbent + rozpuštěné páry chladiva = bohatý roztok. Tento roztok se přečerpá do varníku, kde přívodem tepla z horkovodu odpaří chladivo z absorbentu. Absorbent se v tu chvíli stává chudým roztokem a vrací se přes výměník do absorbéru. Ve výměníku se používá teplejšího chudého roztoku k předehřátí bohatého roztoku. Chladivo v podobě páry přechází do kondenzátoru, kde se chladivu odebírá teplo pomocí chladící kondenzační látky a chladivo zkondenzuje na tekutinu. Kapalné chladivo přechází opět do výparníku a tím se uzavírá chladivý oběh. Jako chladící medium se využívá bromid lithný (absorbent) / voda (chladivo) pro nadnulové chlazení nebo čpavek (absorbent) / voda (chladivo) pro podnulové chlazení.

Do chladící jednotky dodáváme jako topnou látku odpadní teplo z tepelných procesů v PT a.s. a elektřinu cca 1-2 kW_e na 100 kW_{CH}. Účinnost tohoto chladícího cyklu se pohybuje mezi 70 -75 %.

6.6.2 Výroba pitné vody

Surovou vodu odebírá PT a.s. z řeky Úslavy (cca 220 t/h). Tato voda je zde chemicky čištěna a využívána jako chladící voda, popřípadě po dodatečné demineralizaci jako voda do teplárenského oběhu nebo po zničení biologického znečištění ve vodě jako pitná. Postup chemického čištění vody v PT a.s. je takový, že jako první jde voda z řeky do čířiče. Při čiření nejprve přidáváme do vody FeCl₃ a Na(OH) pro úpravu pH (5,5 – 6) a teploty (13°C). Dále je do vody přidáván Praestol 2540, což je obchodní název pro flokulant na bázi polyakrilamidu. Ve vodě začne shlukovat mechanické částičky a rozpuštěné látky do vloček. Celý proces čiření se dělá z důvodu odstranění rozpuštěných látek ve vodě. Dalším krokem je prohnání vody přes pískový filtr, kde jsou zachyceny mechanické nečistoty. Tato voda už je použitelná pro chladící věže. Zbylá voda může pokračovat dvěma různými cestami. První cesta je zavedení vody do provzdušňovací věže, kde se odstraňuje pomocí profukování CO₂ kyslík z vody. Následně je voda demineralizována pomocí katexových (rozpouštěč kationtů) a anexových (rozpouštěč aniontů) filtrů. Tato voda je používána jako topné médium v oběhových soustavách v teplárenské infrastruktuře. Důvodem demineralizace u topné vody je zamezení usazování minerálů v topných soustavách teplárenské infrastruktury (např. v turbínách nebo v potrubí). Druhá cesta je přes ozónový filtr, kde se zabije biologické znečištění vody. Jako záloha je používán chlornan sodný, který vyhladí zbylé možné biologické znečištění. Tato voda je používána v PT a.s. a v Plzeňském Prazdroji a.s. (cca 5t/h) jako pitná.

6.6.3 Výroba tepla a elektřiny

Tyto dvě komodity jsou pro PT a.s. nejvíce důležité, proto právě na ně se zaměříme v modelu přidané hodnoty (příloha č. 5). První krokem je přivezení paliva a to buď vlakem (uhlí), nebo autodopravou (biomasa). Dalším krokem je počáteční úprava paliva, pod tím si můžeme představit dovezení na skládku nezastřešenou (uhlí) nebo zastřešenou (biomasa), sušení v sušících linkách (dřevní štěpka), mísení paliv (uhlí + slámové peletky). Následuje příprava paliva do kotlů a ty jsou například přeprava pásovými dopravníky, dávkování do kotlů pomocí soustavy pluhových přepážek a výsypek, dosoušení odpadním teplem a drcení mlýny (zrnitost max. 1 mm). Už se dostáváme k samotnému spalování paliva v kotli, ale k němu ještě patří přidávání příměsí do paliva (CaO , Ca(OH)_2 , CaCO_3). Důvodem přidávání příměsí do paliva je získání vhodnějších produktů po spalování. Ke spalování ještě patří odvod popelovin z kotle. Spalováním paliv v kotli vzniká pára. Vyrobená pára může jít třemi různými cestami do protitlakové turbíny TG1, do kondenzační turbíny TG2 a poslední cesta vede do redukční stanice. V turbínách se částečně využívá expanze páry k vyvinutí točivého momentu na generátoru a následné výrobě elektřiny. Zbytek tepla, který není využitý na výrobu elektřiny, je využit pro topné účely. Poslední cesta přes redukční stanici je výhradně pro topné účely. Při nedostatečném odběru tepla mohou obě turbíny pracovat v režimech, kdy nedodávají teplo do sítě, ale zbavují se ho přes suchý kondenzátor resp. chladicí věže. Teplo pro topné účely je možné dodávat ve formě technické páry nebo ve formě horké vody. Elektřina vyrobená v provozu se dělí na pokrytí vlastní spotřeby závodu a na dodávanou elektřinu do sítě. Procesy po spalování znázorňují nutnost odvozu popela a vyčištění spalin z kotlů, a to jak odlučováním tuhých zbytků, tak i odsířením.

6.7 eEPC model výrobních procesů v PT a.s.

Grafické znázornění eEPC modelů v PT a.s. je zobrazeno v příloze č. 6 a č. 7. eEPC model obecně popisuje postup, jak se postupuje při výrobě jednotlivých produktů produkovaných PT a.s.. V příloze č. 6 jsou zaznamenány postupy při výrobě hlavních produktů, tedy teplo a elektřina. V příloze č. 7 jsou vyobrazeny postupy produktů vedlejších, jako je například autodoprava, produkty po spalování, úprava vody nebo výroba chladu.

6.7.1 eEPC model hlavních produktů v PT a.s.

Tento model je vyobrazen v příloze č. 6. Začínáme počátečním podnětem, kterým je u hlavních produktů jejich potřeba. Tyto potřeby tepla nebo elektřiny vyvolávají nákup paliv dle potřeb PT a.s., a to buď uhlí, nebo alternativních paliv. Za nákup všech paliv je odpovědný nákupčí, který spadá pod centrální nákup. Následuje událost, kdy jsou paliva nakoupena.

Uhlí může být poskytováno buďto Sokolovskou uhelnou a.s., dovážené kontejnery na nákladných vlacích, nebo Severočeskými doly a.s., dovážené na vagonech typu VAB. Po přivezení uhlí do PT a.s. se podle firemní směrnice musí zvážít. Dále podle potřeby je uhlí dopraveno a uloženo na skládku nebo je rozmrazováno v rozmrazovací komoře. Obě tyto operace podléhají opět firemním směrnicím. Následuje soustava pásových dopravníků a pluhů řízená pomocí softwaru Retos. Za funkci všech zařízení řízených softwarem Retos odpovídá mistr zauhlování a úkolem těchto soustav je zásobovat kotle palivem.

Alternativní paliva jsou dovážena převážně kamionovou dopravou. Alternativní paliva používaná v PT a.s. jsou nejčastěji dřevní štěpka a slámové peletky, ale jsou zde i paliva nárazově dostupná, například pivovarské mláto, mourové kaly, TAP, BON 1, nebo paliva experimentální, například olivové drtě nebo ořechové skořápky. Pivovarské mláto a mourové kaly se před spalováním musí odvodnit, tedy snížit obsah vlhkosti. Většina nestandardních i experimentálních typů paliv kromě TAP je přimíchávána k uhlí pro kotel K6 na spoluspalování. Ovšem některá experimentální paliva mohou být dávkována do kotle K7, ale to záleží na charakteru paliva. Slámové peletky a TAP se podle potřeby mohou skladovat v suchém skladu nebo mohou být rovnou přimíchávány k uhlí do kotlů K4 a K5. Opět i alternativní paliva jsou dopravena k příslušným kotlům soustavou pásových dopravníků a pluhů řízených Retosem.

Co do objemu nejvíce využívané alternativní palivo je dřevní štěpka, která je svážena z rádiusu až 100 km kamionovou dopravou. Dřevní štěpka se vždy při převozu do PT a.s. váží a určuje se kvalita štěpky podle firemních směrnic. Buďto štěpka spadá svou kvalitou a nízkou vlhkostí do první jakosti, nebo je ve druhé jakosti. Tyto dvě jakosti štěpky se pak mísí ve vhodném poměru, abychom dostali stejnou kvalitu pro celé množství dovezené štěpky. Protože i tato mísená štěpka má v sobě větší množství vlhkosti, musí se sušit. Pro tyto potřeby fungují v PT a.s. dvě sušící linky s objemy vysoušení 7 resp. 14 t/h, které využívají odpadní teplo z tepelných procesů ve výrobě PT a.s.. Po vysušení může být štěpka uložena v suchém skladu nebo dávkována do kotlů K6 resp. K7. Přepravu usušené štěpky do kotlů K6 resp. K7 zajišťují šnekový podavač a dále opět pásový dopravník a pluhové zarážky řízené Retosem. Kotel K7 je využíván na spalování téměř výlučně dřevní štěpky, ale nárazově se využívá i na spoluspalování smíchané dřevní štěpky s experimentálními palivy.

Do kotle K6 se opět pomocí pásového dopravníku a pluhových zarážek řízených Retosem dávkuje uhlí usušené odpadním teplem z kotle a nadrcené v mlýnech na zrnitost (min. 1 mm). Uhlí může být spalováno bez příměsí nebo s příměsemi. Příměsí do K6 jsou usušená dřevní štěpka, vysušené pivovarské mláto a mourové kaly nebo BON 1. Maximální podíl alternativních paliv oproti uhlí pro kotle K6 je 40 %. U kotle K6 je do spalovaného paliva přidáván také vápenec (CaCO_3) jako odsiřovací látka ve fluidním loži při spalování.

Do kotlů K4 a K5 se stejným mechanismem jako u kotle K6 dávkuje uhlí opět usušené odpadním teplem z kotle a nadrcené v mlýnech na zrnitost (min. 1 mm). I zde může být uhlí spalováno bez příměsí nebo s příměsemi. Příměsí do K4 a K5 jsou slámové peletky resp. TAP a opět je maximální podíl alternativních paliv oproti uhlí 40%. Do kotlů K4 a K5 je spolu s palivem a také se spalovacím vzduchem vstřikován vápenec (CaCO_3) jako pojivo pro popeloviny za kotlí. Za dávkování paliv do všech kotlů je tedy odpovědný mistr zauhlování.

Za provoz jednotlivých kotlů jsou odpovědní příslušní dispečeré na velíně. Spalováním ve všech kotlích vzniká energie, která je přenášena do teplonosného media, tedy do demineralizované vody, ze které vzniká dodáním energie admisní pára. Pro kotle K4, K5 a K6, které jsou paralelně spojeny, je to pára o tlaku 13,35 MPa a teplotě 535 °C. Pro kotel K7 má pára tlak 6,7 MPa a teplotu 490°C.

Admisní pára z kotlů K4, K5 a K6 může být přivedena do protitlakové turbíny TG1, do kondenzační turbíny TG2 nebo do redukční stanice. Přiváděním páry do turbíny TG1

se část energie spotřebuje na vykonání technické práce neboli expanze páry v turbíně. Tato vykonaná technická práce pohání synchronní generátor, který vyrábí elektřinu. Zbytek energie v páře jde buďto do základního ohříváku ZO1, kde předává teplo do horkovodní sítě, nebo do suchého kondenzátoru SUKO, kde se energie hlavně v létě, kdy není tepelný odběr, předává do okolí. Ovšem takto lze předat teplo maximálně 90 t/h, což turbínu značně omezuje v letních měsících.

Obdobně je to i u kondenzační turbíny TG2. Opět je zde expanze páry v turbíně a také je zde poháněn generátor, který vyrábí elektřinu. Zbytek energie po expanzi páry odchází do kondenzátoru KOTG2, kde pára zkondenzuje, a zbylá energie odchází chladicími věžemi. Ale před vývodem páry do kondenzátoru se může část páry odebrat přes regulovaný odběr do základního ohříváku ZO2, kde se opět předává teplo do horkovodní sítě.

Priváděním admisní páry do redukční stanice přicházíme o využití páry na výrobu elektřiny, ale navyšujeme množství tepla předávaného do distribuce technické páry resp. do horkovodní sítě. Z redukční stanice lze použít energii přímo na technickou páru, resp. přes špičkové ohříváky ŠO1, ŠO2 a ŠO3 předat energii do horkovodní sítě.

V kotli K7 opět vzniká energie, která je předána do oběhové vody a vzniká admisní pára. Admisní pára může pokračovat do turbíny TG3, kde předává energii v podobě technické práce a pohání synchronní generátor, který vyrábí elektřinu. Zbytek energie z turbíny je zaveden do kondenzátoru KOTG3, kde oběhová voda zkondenzuje a předá zbylou energii do chladicí vody, která odchází skrz chladicí věže do ovzduší. Ovšem admisní pára z kotle K7 může být zavedena do špičkového ohříváku ŠO4, kde se opět předává teplo do horkovodní sítě.

Potřeba jednotlivých upravených vod do teplotních oběhů resp. chladících věží, resp. do horkovodních a parních sítí je kryta z CHÚV.

Vyrobená elektřina musí pokrývat vlastní spotřebu provozu PT a.s.. Zbytek vyrobené elektřiny se transformuje na VVN a je dodáván do rozvodné sítě.

Do horkovodní sítě je předáváno teplo přes základní ohříváky u turbíny resp. přes špičkové ohříváky u redukční stanice do horké vody o tlaku od 0,15 MPa do 1,3 MPa a teplotě maximálně 140°C. Tato horká voda se oběhovými čerpadly vhání přes horkovodní potrubí do jednotlivých výměňkových stanic, kde je předáno teplo. Po předání tepla se topná voda s teplotou cca 68,5°C vrací zpětným potrubím. Předání tepla přes výměňkovou stanicí může být využito pro ohřev teplé užitkové vody resp. topné účely. Za funkci výměňkových stanic je zodpovědný dispečer horkovodní tepelné sítě.

6.7.2 eEPC model vedlejších produktů v PT a.s.

Model vedlejších produktů můžeme vidět v příloze č. 7. Opět začínáme počátečním podnětem, kterým je u vedlejších produktů většinou potřeba je řešit, tedy kromě výroby chladu a částečně výroby vody, u kterých je to opět potřeba externích zákazníků.

Problematika vedlejších produktů v PT a.s. je především spojena s vytvořením vhodného výchozího produktu ze spalování a jeho odvoz. Řešení vedlejších produktů v rámci PT a.s. je vzhledem k rozdílné technologii spalování u jednotlivých kotlů, a také vzhledem k různorodosti paliv pro jednotlivé kotle dosti odlišné. Zacházet se musí rozdílně s produkty při spalování v kotlích K4 a K5, při spalování v kotli K6, ale i při spalování v kotli K7.

V kotlích K4 a K5 se vápenec dávkuje přímo do kotlů. Částečně je vápenec (CaCO_3) dávkován do uhlí resp. do spalovacího vzduchu. Díky dávkovanému vápenci vzniká za kotlem směs popela a vápence, tzv. struska, která dohořívá na pancéřovém dopravníku od firmy Magaldi, poté probíhá hrubé drcení strusky. Hrubě nadrcená struska padá na další pásový dopravník, kde následuje jemné drcení. Po jemném drcení vzniká popílek, který je komorovým podavačem a soustavou trubek vyfukován do sila.

U spalování ve fluidním kotli K6 je přidáván vápenec k palivu již před kotlem z důvodu odsíření ve fluidní vrstvě. Za kotlem K6 jsou rovnou popeloviny, které jsou přiváděny na chlazený šnekový dopravník, na který navazuje řetězový dopravník a za ním je prováděno jemné drcení. Z jemného drcení padá popílek na další řetězový dopravník, ze kterého rovnou padá do výsypky, která ústí do sila. Ze sila je popílek odvážen na skládku resp. na druhotné využití jako stavební materiál.

Vzhledem k spalovanému palivu v kotli K7 (hlavně dřevní štěpka) jsou popeloviny z tohoto kotle lépe využitelné než u ostatních kotlů. Popeloviny jsou z kotle K7 zavedeny do mokrého vynašeče popela, který původně sloužil pro horkovodní kotle K2. Mokré popeloviny jsou vodou zchlazeny a odcházejí do zásobníku, kde se vysoušejí. Vysušené zbytky biomasy se dají používat jako hnojivo. Poté se odvázejí do zemědělských výroby na další využití.

Další vedlejší produkt, který se v PT a.s. musí řešit, jsou znečištěné spaliny. Spaliny jsou znečištěny zároveň tuhými znečišťujícími látkami, ale také oxidem siřičitým (SO_2). Tuhé znečišťující látky jsou řešeny tak, že spaliny ze všech kotlů jsou zavedeny do odlučovače pevných částic. Jedná se o odlučovač typu SGA, který pracuje na odstředivém principu. Je to vlastně suchý mechanický multicyklon s účinností 93 % a s minimálním

rozměrem odlučitelných částic jednotky mm. Zbytek částic je zachycován pomocí elektrostatického odlučovače, který má účinnost až 99 %. Odsiřování spalin probíhá v PT a.s. dvěma způsoby. U kotle K6 probíhá odsíření ve fluidní vrstvě pomocí dávkovaného vápence do paliva před kotlem. Spalováním sirnatého paliva s vápencem vzniká síran vápenatý $\text{Ca}(\text{SO}_4)$, který je dále využitelný jako obyčejná sádra. Účinnost tohoto typu odsiřování je až 98 % podle množství dávkovaného vápence. U kotlů K4, K5 a K7 probíhá odsiřování spalin mimo spalovací komoru a to v odsiřovací jednotce. Odsiřovací jednotka je na principu cirkulujících fluidních loží, kde se jako aditivum používá oxid vápenatý CaO resp. hydroxid vápenatý $\text{Ca}(\text{OH})_2$ za vzniku siřičitanu vápenatého $\text{Ca}(\text{SO}_3)$. Zachycování produktu odsíření je zajišťováno pomocí elektrostatického odlučovače a tkaninových filtrů. Účinnost odsiřování polosuchou metodou za použití tkaninových filtrů je cca 90%. Vyčištěné spaliny ze všech kotlů jsou odváděny do ovzduší pomocí teplotyrenského komínu (182 m).

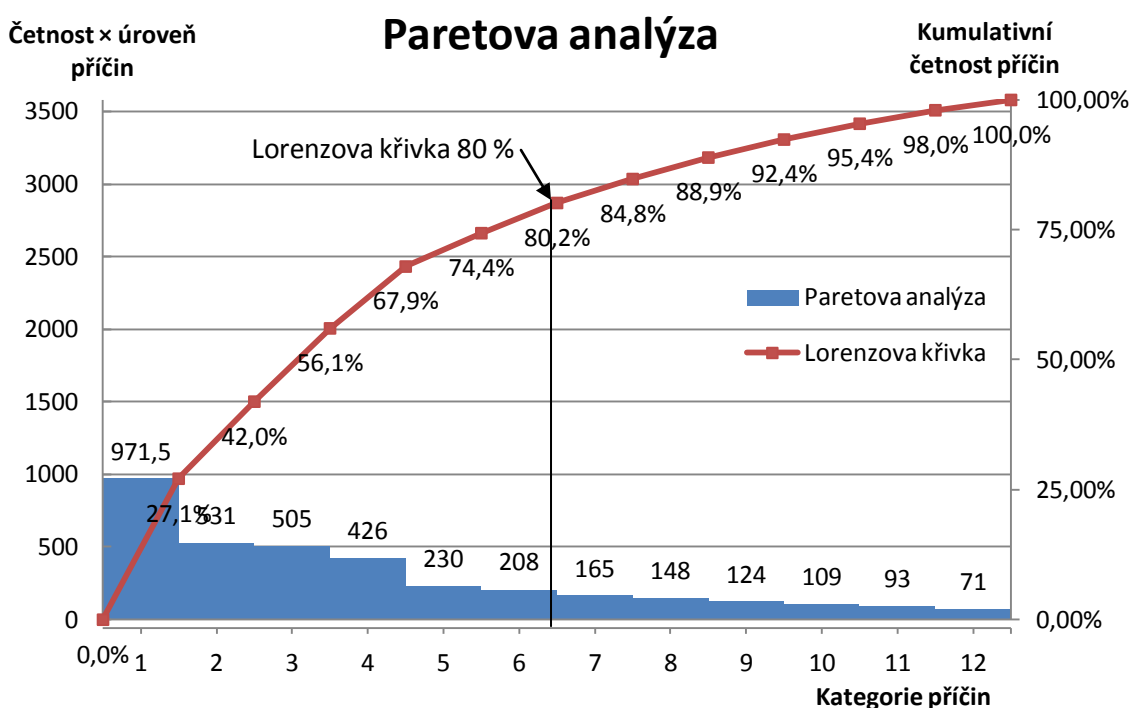
Z důvodu neustálé potřeby dopravy paliva do podniku resp. produktů spalování z podniku byla vytvořena dceřiná společnost Autodoprava PT a.s., která zajišťuje služby spojené s dopravou pro PT a.s..

Jako další vedlejší produkt PT a.s. lze brát chemickou úpravu vody. Surová voda se odebírá z řeky Úslavy (cca 220 t/h). Prvně jde surová voda do čičiče, kde se smíchá s FeCl_3 a $\text{Na}(\text{OH})$ tím se upraví vhodně pH a teplota vody (5,5 – 6 pH a 13°C). Poté se takto upravená voda smíchá s flokulantem na bázi polyakrilamidu, který vytvoří z mechanických částí a rozpuštěných látek ve vodě vločky. Poté je voda prohnána přes pískový filtr, kde se zbaví všech mechanických nečistot obsažených v surové vodě. Tato voda je už použitelná jako chladicí voda. Tuto vodu lze pak dále upravovat dvěma způsoby. První možnost je, že takto upravená voda je prohnána přes ozónový filtr a přes záložní nádrž s chlornanem sodným, kde se zahubí veškeré biologické znečištění obsažené ve vodě. Tato voda je využívána jako pitná a je používána v PT a.s. a v Plzeňském Prazdroji a.s.. Druhá možnost je, že se voda zbavená mechanických nečistot demineralizuje nejprve pomocí profukování CO_2 v provzdušňovací věži (vytěsnění O_2 z vody), katexových (eliminace kationtů ve vodě) a anexových filtrů (eliminace aniontů ve vodě). Demineralizovaná voda je využívána ve všech obězích v teplotyrenské infrastruktuře.

Jako poslední vedlejší produkt z hlediska tohoto modelu (viz příloha č. 7) je výroba chladu. Chlad se vyrábí v chladících jednotkách, jejichž princip je vysvětlen v kapitole 6.6.1. V chladících jednotkách je také využíváno teplo z horkovodu PT a.s..

7 PARETOVA ANALÝZA PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ

Paretova analýza je sestrojena za období od roku 2004 do roku 2014. Je zde zahrnuta i stavba „Zeleného bloku“ v roce 2010. Proto závady na K7 resp. TG3 jsou zachyceny až od roku 2010. Pro všechny možné příčiny závad jsou zachyceny dva aspekty a to jsou četnosti výskytu a doby odstávek zařízení. Proto byly zavedeny úrovně závažnosti z hlediska doby výpadků a z hlediska počtu závad. Doby výpadků jsou hodnoceny: do 5 hod. jako 1, do 15 hod. jako 2, do 50 hod. jako 3, do 100 hod. jako 4 a nad 100 hod. jako 5. Četnost poruch na jednotlivých zařízeních je zohledněna: do 5 por. jako 1, do 15 por. jako 2, do 50 por. jako 3, do 100 por. jako 4 a nad 100 por. jako 5.



Graf č.1: Paretova analýza pro centrální zdroj PT a.s.

Kategorie příčin odstavení z hlediska centrálního zdroje:

1. Neplánované odstávky elektrické energie
2. Poruchy TG3 (odstavení)
3. Poruchy K4, K5 a K6 (odstavení)
4. Poruchy K7 (odstavení)
5. Plánované odstávky K4, K5 a K6 vynucené opravou zařízení
6. Neplánované odstávky tepelné energie
7. Plánované odstávky K4, K6, K5, K7
8. Poruchy TG1 a TG2 (odstavení)
9. Plánované odstávky TG1, TG2 vynucené opravou zařízení

10. Plánované odstávky TG1, TG2 např.
11. Plánované odstávky parního kotle K7 vynucené opravou zařízení
12. Plánované odstávky TG3 vynucené opravou zařízení

Pro zvolenou hodnotu **zlepšení 80% příčin odstavení** provozu musíme řešit **šest nejrozsáhlejších příčin** viz Graf č.1. První šest tučných příčin považujeme za **životně důležitou menšinu** a druhých šest příčin označujeme jako triviální většinu. Z hlediska řešení se budeme zabývat jen životně důležitou menšinou, tedy prvními šesti nejčetnějšími příčinami. Životně důležitá menšina bude řešena v kapitole 8.4.

8 NAVRHOVANÉ ZMĚNY V PT a.s.

Tato kapitola je zaměřena na různá zlepšení stávajícího stavu v PT a.s.. V předcházejících třech kapitolách byly mapovány různé aspekty společnosti, jako je technologické vybavení a infrastruktura, efektivita provozu, procesní řízení a příslušné modely nebo Paretova analýza. V jednotlivých podkapitolách se soustředíme na konkrétní změny spadající do daných aspektů společnosti.

8.1 Optimalizace technologie a infrastruktury

PT a.s. ročně investuje řadově stovky milionů korun do oprav a rekonstrukcí stávající technologie a infrastruktury. V současné době je zde problém s tím, že každým rokem přibývají desítky nových odběratelů, ale paradoxně klesá celkový odběr tepla. Ovšem k novým odběratelům je nutné zavést horkovodní potrubí a vybudovat tepelné výměníky, na což PT a.s. vynakládá ročně řadově desítky milionů korun. Klesající odběr tepla je způsoben z části úsporami díky zateplování objektů a z části teplejšími zimami v našich zeměpisných šířkách.

V blízké budoucnosti se v rámci centrálního zdroje stane to, že budou zbourány dva historické horkovodní kotle K2 a K3 (35 MW_t každý) a budou nahrazeny jedním novým kotlem. Výkon tohoto nového kotle by tedy měl být stejně velký jako výkon obou horkovodních kotlů, a to 70 MW_t. Od tohoto kotle se očekává vykrývání špiček v topném období (bude využíván jen několik dní v roce). Žádoucí vlastnosti pro tento kotel jsou především rychlý náběh na jmenovitý výkon a snadné regulace. Je zde hned několik variant kotlů, které jsou pro tuto příležitost vhodné. Z hlediska pracovního média lze použít buďto znovu kotel horkovodní, nebo kotel parní. Horkovodní kotel by byl výhodný z hlediska využití přívodního potrubí měněných kotlů. Téměř žádné budování přídavné infrastruktury je další výhodou horkovodního kotle. Kotel parní má

ale také své výhody. Hlavní výhodou je, že v teplárenském provozu je pára daleko použitelnější než horká voda, kterou je možné použít výhradně pro topné účely. Tudiž parní kotel nabízí větší využití, ale je potřeba pro tento kotel vybudovat nový potrubní systém s tepelnými výměníky, což jsou dodatečné náklady. Osobně si myslím, že výhodnější volbou je kotel parní, který je sice nákladnější na výstavbu, ale nabízí širší využití než kotel horkovodní. Další možností rozdělení potenciálních kotlů je podle spalovaného paliva. Pro pokrytí špičkových odběrů jsou vhodná paliva snadno a rychle zápalná a s vysokou výhřevností. Takže pro tento kotel připadají v úvahu buďto plynná paliva, nebo kapalná paliva. Z plyných paliv je nejnázorněji dostupný zemní plyn a z kapalných paliv lze využít například lehké topné oleje. Rozhodnutí zde použít kotel na zemní plyn či na LTO bude především záviset na dostupnosti paliv. LTO má větší výhřevnost (cca 42.3 MJ/kg) než zemní plyn, který má přibližně 33.5 MJ/kg. Účinnost spalování v těchto kotlích bude velmi podobná blízká až 99 %. Ovšem zemní plyn je lépe dostupný a není potřeba ho složitěji dovážet. Stačí jen využít distribuce plynu pomocí plynovodu, který je možno snadno zavést. Z tohoto důvodu zřejmě bude preferován kotel plynový, který požadavky teplárny splní a zároveň nebude vytvářet možné problémy s dopravou. Tento kotel by měl být velice dobře regulovatelný.

Do 10 let dojdou granulační kotle K4 a K5 na hranici svojí životnosti a bude potřeba je nahradit. V dnešní době je nejvhodnější náhradou pro tyto účely kotel fluidní. Vzhledem k neustálé potřebě regulovatelnosti výkonů v teplárenském provozu jsou fluidní kotle nejlepší variantou. Fluidní kotle jsou říditelné v rozmezí 30 – 100 % tepelného výkonu. Velkou výhodou fluidních kotlů je taky jejich nezávislost na jednom typu paliva. Lze v těchto kotlích spolu spalovat téměř jakákoliv paliva v libovolném poměru, což současné granulační kotle neumožňují. Fluidní kotle jsou také výhodné, protože nepotřebují žádné dodatečné zařízení na výstupu spalin z kotle. Důvodem je, že fluidní kotle odsiřují přímo při spalování paliva při dávkování vápence do kotle a za vzniku síranu vápenatého, který je zachycován v odlučovačích tuhých zbytků. Účinnost tohoto typu odsíření je až 95%. Současné granulační kotle potřebují ke své práci přídatnou odsiřovací jednotku (polosuchá metoda), která odsiřuje spaliny za kotlem. U fluidních kotlů je i větší účinnost spalování, a to 92% oproti současným granulačním kotlům, které mají účinnost cca 85%. Navíc fluidní kotle jsou značně ekologičtější, než jsou současné kotle K4 a K5. Nejpravděpodobnější náhradou za současné kotle K4 a K5 se tedy jeví jeden fluidní kotel s výkonem shodným, jako mají současné kotle, tedy 256 MW_t. Nový fluidní kotel by měl být typově podobný současnému kotli K6

z důvodu snadného přeškolení obsluhy kotle a z důvodu dostatku zkušeností s tímto typem kotle.

Do 10 let bude na hranici své životnosti i protitlaková turbína TG1. Turbína TG1 je sice z hlediska své účinnosti (až 90%) lepší turbínou, než je turbína kondenzační TG2. Ovšem regulovatelnost této turbíny nestačí potřebám regulovatelnosti moderního teplárenského provozu. Pokud není dostatečný tepelný odběr (zejména letní měsíce) tato turbína nemůže být provozována na maximální výkon a musí být omezována. Proto se po dožití této turbíny pravděpodobně dá přednost nákupu druhé kondenzační turbíny, která sice nebude mít tak dobrou účinnost jako protitlaková, ale bude lépe regulovatelná. Opět by bylo výhodné, aby i tato nová kondenzační turbína byla typově podobná turbíně TG2, ze stejných důvodů jako je tomu u nového fluidního kotle zmíněného v předchozím odstavci.

Jako hudba budoucnosti se může zdát malý jaderný reaktor v podstatě uprostřed Plzně. Ale současný trend snižování spalování fosilních paliv může dopadnout různě. Jednou z variant je právě malý jaderný reaktor a využití energie štěpné reakce v teplárenství namísto uhlí. Malé jaderné reaktory (Small sized Reactors) jsou takové reaktory, které mají elektrický výkon maximálně 300 MW_e a tepelný výkon maximálně 1000MW_t. [15]

Jednou z možností je reaktor **mPower**, což je malý modulární lehkovodní reaktor integrálního provedení, který vyvíjí společnost Babcock & Wilcox, jehož tepelný výkon činí 530 MW_t, a elektrický výkon je 180 MW_e. Tento reaktor je umístěn pod zemí a využívá pasivní bezpečnostní systémy. Jeho integrální konstrukce znemožňuje vznik havárie související se ztrátou chladiva. Palivo pro tento reaktor je ²³⁸U s obohacením do 5 % ²³⁵U. Předpokládaný palivový cyklus reaktoru je standardně čtyřletý, tedy 48 měsíců, ale lze jej zkrátit na 30 měsíců, nebo prodloužit na 60 měsíců. Tento reaktor je vždy usazen do podzemního kontejnmentu. [15]

Další možností je reaktor **NuScale**, což je opět malý modulární lehkovodní reaktor integrálního provedení. Ovšem tento reaktor má nižší výkon, a to tepelný 160 MW_t a elektrický 45 MW_e. Palivový cyklus tohoto reaktoru je normálně dvouletý, ale jde i prodloužit na čtyř až pětileté období. Pro dvouletý cyklus má palivo ²³⁸U obohacení do 5 % ²³⁵U, ovšem pro pětiletý cyklus je nutné zvýšení obohacení na 5 až 8 % ²³⁵U. Tento reaktor je usazen do betonového bazénu naplněného vodou. Při výměně paliva se musí celý reaktor odvézt na místo výměny paliva. V jednom místě je možné umístit 1 až 12

nezávislých modulů každý o jmenovitém výkonu 45 MW_e. Hlavní bezpečnostní funkce reaktoru je zajištěna vysokotlakým kontejnmentem. [15]

Dalším využitelným reaktorem je **SVBR-100**. Je to malý modulární rychlý reaktor chlazený slitinou olovo-vizmut. Návrh SVBR-100 vychází z padesátileté zkušenosti s tímto chladičem u ruských jaderných ponorek. Tento reaktor má jmenovitý tepelný výkon 280 MW_t a elektrický výkon 101 MW_e. Elektrický výkon reaktoru se pohybuje dle parametrů páry mezi 75 - 100 MW_e. Palivo pro tento typ reaktoru je UO₂ s obohacením do 16,4 % ²³⁵U nebo palivo typu MOX. Palivový cyklus reaktoru je 7 – 8 let. [15]

8.2 Optimalizace efektivity provozu – carnotizace

Carnotizace je vlastně zásah do tepelného oběhu za účelem přiblížení se ideálnímu Carnotovu oběhu a tím zvýšit účinnost oběhu. Možnosti u čistě parních oběhů jsou dvě: přihříváním páry za VT dílem turbíny nebo regenerativní ohřev napájecí vody neregulovaným odběrem páry z turbíny.

8.2.1 Současný stav

Současné schéma provozu v PT můžeme vidět na obr. 11. Paralelně zde pracují kotle K4, K5 (granulační) a K6 (fluidní) a dodávají páru pro turbíny TG1 (protitlaková) a TG2 (kondenzační). Odděleně pracuje K7, který dodává páru do turbíny TG3 (kondenzační). U turbíny TG1 je proveden regenerativní ohřev napájecí vody pomocí 4 regenerativních ohříváků. Turbína TG1 je dvoutělesová, první dva regenerativní ohříváky jsou ve VT díle a druhé dva NT díle této turbíny (viz příloha č.1). Turbína TG2 je také dvoutělesová. Ve VT tělese je jeden klasický regenerativní ohřívák a tři regenerativní ohříváky jsou na vývodech ucpávkové páry. V NT tělese jsou opět dva regenerativní ohříváky (viz příloha č. 2). Turbína TG3 je vzhledem k jejímu menšímu výkonu pouze jednotělesová, ale má také dva regenerativní ohříváky.

8.2.2 Optimalizace současného stavu

U všech turbín je provedena carnotizace pomocí regenerativních ohříváků, které jsou optimálně navrženy pro zvýšení účinnosti. Ubráním nebo přidáním dalšího regenerativního ohříváku bychom účinnost a tím ekonomičnost opatření spíše snížili. Máme tedy jen jednu možnost, jak zvýšit účinnost, a to přihříváním páry. V praxi to znamená vzít páru, která vychází z VT tělesa a prohnat ji znovu přes kotle a tím zvýšit

její energii. Takže tato úprava cyklu je reálná jen pro turbíny TG1 a TG2. Ovšem ekonomická náročnost této úpravy na turbínách TG1 a TG2 by byla neúměrně vysoká, a proto je nepravděpodobné, že by se z hlediska ekonomičnosti provozu vyplatila. Znamenalo by to totiž, že by se musela předělat konstrukce jak kotlů, tak i turbín. Tyto práce by byly spojeny s dlouhodobými odstávkami v podstatě celého provozu. Tudiž carnotizace současného zařízení není zcela vhodná, ale je zde prostor pro nakoupení nových technologií, které pracují s vyššími účinnostmi, a takto zlepšit účinnost celého cyklu. V bodě 5 jsou počítány pouze účinnosti tepelných motorů bez započítání jednotlivých dílčích účinností, které přibližují celkovou účinnost reálné hodnotě. Tyto účinnosti jsou tedy:

Účinnost spalování fluidního kotle resp. granulárního kotle	$\eta_{TZ} = 0,92$ resp. $\eta_{TZ} = 0,85$
Účinnost průchodu potrubím	$\eta_{pot} = 0,99$
Termodynamická účinnost tepelného spádu	$\eta_{td} = 0,8$
Mechanická účinnost	$\eta_m = 0,96$
Účinnost generátoru	$\eta_g = 0,97$

Tab. 11: Jednotlivé účinnosti reálného oběhu

Započítáním těchto účinností dostáváme reálnou účinnost teplárny cca 60%.

8.3 Optimalizace z hlediska procesního řízení

Tyto optimalizace vycházejí z tvořených modelů procesního řízení. Tyto vytvořené modely jsou pro připomenutí organigram, eEPC model a model přidané hodnoty. Postupně se budeme zaměřovat na optimalizace v jednotlivých modelech.

8.3.1 Optimalizace z hlediska organigramu celé společnosti

Organigram celé společnosti je přiložen jako příloha č. 3. První optimalizace týkající se organigramu je centralizace sekretariátů jednotlivých úseků a sekretariátu generálního ředitele. Touto optimalizací získáme lepší předávání informací na spodní pozice, lepší návaznost jednotlivých pozic a pravděpodobně ušetření několika pracovních míst. Další možná optimalizace je centralizace všech referentských míst do jednoho úseku. Touto změnou bychom opět zlepšili výměnu informací mezi jednotlivými referenty a možnost spolupráce. Poslední zmíněnou optimalizací v rámci tohoto modelu by bylo přesunutí odpovědnosti a řízení skládky Chotíkov z Obchodně technického úseku na výrobní úsek. Ve výrobním úseku spojit skládku Chotíkov se spalovanou Chotíkov. Tímto přesunem získáme centralizované vedení celého

Chotíkova, které je klíčové pro správné spolufungování těchto zařízení, dokud nebude skládka zakonzervována.

8.3.2 Optimalizace z hlediska organigramu provozu

Organigram provozu neboli výrobního úseku je vložen jako příloha č. 4. Provoz je v PT a.s. velmi dobře organizačně zabezpečen. Jedna z mála možných optimalizací je spojení úpravny vody a chemické laboratoře z hlediska organizační struktury. Tyto dva organizační celky sídlí v jedné budově a úzce spolu souvisí, proto je vhodné je centralizovat pod jednotný celek. Tímto usnadňujeme organizační strukturu firmy, spojujeme vhodné celky a zlepšujeme tok informací mezi celky. Stejně tak je možné spojení logistiky paliv s výrobním blokem, opět se jedná o související souřadící celky. Cílem těchto optimalizací je také celkově zjednodušit organizační strukturu a udělat ji více čitelnou pro zaměstnance.

8.3.3 Optimalizace z hlediska modelu přidané hodnoty

Model přidané hodnoty je k náhledu jako příloha č. 5. Model přidané hodnoty je spíše ilustrativní a slouží především pro naznačení hodnototvorného toku přes jednotlivé procesy. Optimalizace z hlediska hodnototvorného toku lze hodnotit ušetřeným časem při výrobě. Je tedy možné zaměnit určité prvky, jako například pasový dopravník za modernější a rychlejší a tím šetřit čas.

8.3.4 Optimalizace z hlediska eEPC modelu hlavních produktů

eEPC model hlavní produktů je vložen jako příloha č.6. Z hlediska eEPC modelu není téměř důvod optimalizace. Nevyskytují se zde žádné zbytečné procesy. Celý model má svůj řád a sleduje jasný cíl a tím je přidaná hodnota v podobě vyrobené elektřiny nebo tepla. Některé procesy by se v rámci eEPC modelu dali spojit. Zlepšila by se tak přehlednost na úkor názornosti. Ovšem v této práci je u tohoto modelu dána přednost názornosti a jasnosti při návaznosti na jednotlivé procesy, proto je zvolený model relativně rozsáhlý a přesný. Při vypracovávání tohoto modelu vyplynula na povrch ovšem jiná optimalizace, která tedy není zcela patrná z tohoto modelu, ale úzce s ním souvisí. Jedná se o možné zastřešení všech skládek v teplárně a zamezení tak působení atmosférických vlivů na palivo, a to především vlhkosti. V současnosti je v teplárně zastřešena pouze skládka na biomasu, a to pouze z části. Toto opatření by mohlo ušetřit část nákladů na úpravu paliv před dávkováním do příslušných kotlů a zlepšit hodnotnost

skladovaných paliv. Náklady na zastrašení všech skladovacích ploch v PT a.s. by se mohly pohybovat okolo 10 milionů korun. Další možné zlepšení ekonomičnosti úpravy paliv v PT a.s. by mohlo být například také zastřešení obou sušících linek, které stojí v blízkosti skládek paliva. Sušící linky jsou takto vystaveny atmosférickým vlivům, které mohou zhoršovat jejich schopnost sušení zejména při dešti či sněžení. Proto zastřešení sušících linek by mohlo zlepšit účinnost sušení a tím opět zvýšit hodnotnost vysoušených paliv.

8.3.5 Optimalizace z hlediska eEPC modelu vedlejších produktů

eEPC model vedlejší produktů je vložen jako příloha č. 7. Z hlediska vedlejších produktů jsou zde možné optimalizace. Například zvětšení kapacity sila, do kterého se dostává popílek z kotlů K4, K5 a K6. Zvětšení sila by mělo tu výhodu, že popílek by se nemusel tak často odvážet, a tudíž by narostl čas, kdy můžeme popílek použít pro jiné účely (stavební materiál) než skládkování, za které se musí platit. Další možnost optimalizace by byla možnost odvážení popela pomocí vlakových souprav, které přivážejí do PT a.s. uhlí, a následné využití popela v místech získávání uhlí. Tímto by se ušetřilo za odvoz popelovin pomocí kamionové dopravy.

8.4 Optimalizace spolehlivosti provozu z hlediska Paretovy analýzy

V bodě 7 byla provedena Paretova analýza (viz graf č.1). Uvedené hodnoty zobrazené v grafu jsou zaneseny v tabulce (viz příloha č. 8). Podle Paretovy analýzy zaměřené na poruchy a výpadky provozu je nutno se soustředit na prvních šest nejčtetnějších příčin poruch, a to jsou:

- **Neplánované odstávky elektrické energie**
- **Poruchy TG3 (odstavení)**
- **Poruchy K4, K5 a K6 (odstavení)**
- **Poruchy K7 (odstavení)**
- **Plánované odstávky K4, K5 a K6 vynucené opravou zařízení**
- **Neplánované odstávky tepelné energie**

Všechny tyto poruchy spolu souvisí, tudíž lze je řešit jako celek. Většina z nich jsou způsobeny především odstavením K4, K5 a K6 a na ně napojené TG1 a TG2. Menší množství je spojeno s odstavením kotle K7 spolu s TG3.

V rámci všech kotlů v PT a.s. je zde hlavní problém palivo pro dané kotle. Tato nevhodná paliva často zanášejí jednotlivé kotle a dochází k odstávkám. Pro tento účel by mohl vzniknout při blízkém zbourání kotlů K2 a K3 a výměně za jeden plynový kotol další malý experimentální kotlík. Tento kotlík by sloužil pro zkoušení spalitelnosti různých směsí paliv potenciálně použitelných pro dané kotle. Podle těchto pokusů by se hodnotila vhodnost paliva pro dané kotle a tím by se snížil počet odstávek kvůli zanesení kotle. Tento problém se netýká uhlí, ale problematika uhlí je zase spojena s větší sirtatostí paliv. Při větší sirtatosti vzniká při spalování více oxidu siřičitého (SO₂), který musí být lépe odsiřován, aby nevznikaly problémy s kyselými dešti.

Druh paliva	Popeloviny [%]	Vlhkost [%]	Výhřevnost [MJ/kg]	Obsah síry [%]
Hnědé uhlí	20 – 30	30-39	12-16	0.45 – 2
Dřevní štěpka	1 – 4	30-55	6-12.2	0.4
Slámové peletky	2 – 9	7-14	14-17	>0.4
Komunální odpad	-	-	6-14	-
Pivovarské mláto	-	78-81	2-3	-
	-	5-10	cca 20	-
Zemní plyn	-	-	33.5	-
Lehký topný olej	-	-	42.3	-

Tab. 12: Paliva využívaná nebo potenciálně využitelná v provozech PT a.s.

Další podstatný důvod odstávek jsou často opravované díly u jednotlivých zařízení. Například u kotlů K4 a K5 je to pancéřový dopravník MAGALDI a oklepy u elektrostatického odlučovače pevných částic. U kotle K6 jsou to například uhelné trasy, svodky paliva do kotle a primární vzduchový ventilátor. U kotle K7 jsou to palivové trasy a výsypky kotle. U TG1 je to signalizace nadměrného chvění, armatury VT dílu a netěsnost vývodu generátoru. U TG2 jsou to opotřebované uhlíky a strojní ochrany. U TG3 je to výpadek měření svorkového výkonu a ztráta polohy vysokotlakého regulačního ventilu. Některé tyto závady se dají vyřešit například zálohováním nebo usnadněním výměny při nutnosti výměny. Zbytek závad je třeba řešit použitím novějších zařízení a technologií bez závad.

Mimo tyto jednotlivé závady u jednotlivých zařízení je vždy několikrát do roka porucha na pásovém dopravníku vinou starších pohonů jednotlivých pásů a také

výpadky řídicího systému Haniwell. Tyto opakované závady z hlediska chodu celého provozu byly vyhodnoceny jako nejproblémovější, a tedy je třeba tyto závady dále řešit.

Důležité je ale řešit i otázku řídicího systému, který není vždy stabilní pomocí nějakého updatu tohoto softwaru, a také pohon pásových dopravníků, který by měl být vyměněn za nový.

9 SHRNU TÍ A ZÁVĚR

Práce se zabývá analýzou a optimalizací procesního řízení resp. technologií využívaných v provozu Plzeňské teplárenské a.s..

V první části této práce je uveden teoretický základ pro procesní řízení. Jsou zde vysvětleny základní pojmy, vlastnosti procesu, charakteristika procesního řízení a aplikace procesního řízení do podniku.

Druhá část práce je věnována procesnímu modelování. Na začátku je vysvětleno, co jsou to podnikové modely. Následuje přehled přístupů modelování procesů. Za tímto přehledem je popsána metodika procesního modelování. Konkrétně je to metodika ARIS, ve které jsou vytvořeny jednotlivé modely pro tuto práci. Jsou zde také popsány jednotlivé použité modely. Jsou to organigram, eEPC model a model přidané hodnoty. Jako poslední je v této části vysvětlen Paretův princip, ze kterého vychází Paretova analýza.

Ve třetí části je uveden teoretický základ k termodynamickým výpočtům, které jsou také součástí této práce. Jsou zde zmíněny základní termodynamické pojmy, využívané speciální termodynamické veličiny a přesný postup výpočtu účinností u jednotlivých turbín.

Ve čtvrté části je na začátku popsán současný stav termodynamického oběhu v PT a.s. a následně jsou počítány účinnosti v jednotlivých stavech u turbín TG1 a TG2 a rámcový výpočet účinnosti pro turbínu TG3. Vše je pak shrnuto tabulkou a popsáno.

Pátá část je zaměřena na samotné procesní modelování. Ze začátku jsou uvedeny základní informace o PT a.s.. Dále jsou uvedeny nástroje, které jsou nutné pro optimalizaci. Za tímto bodem je ještě vysvětleno základní složení podniku. Konečně se dostáváme k popisu samotných procesních modelů. První je popisován organigram celého podniku. Druhý je detailně popsán organigram výrobního úseku se všemi svými částmi. Jako třetí je popsán model přidané hodnoty, který popisuje výrobu elektřiny a tepla. Mimo tento model je zde popsána výroba pitné vody a také chladu. Poslední jsou

popsány dva eEPC modely, jeden pro hlavní produkty teplárny (elektřina, teplo) a druhý pro vedlejší produkty (chlad, produkty po spalování, pitná nebo demi voda).

Šestá část je věnována Paretově analýza příčin a následků.

V závěrečné části jsou uvedeny konkrétní navrhované změny. Jako první jsou navrženy změny v oblasti technologie, infrastruktury a efektivity provozu. Pokračuje se navrženými změnami z hlediska procesního řízení. Posledními navrhovanými změnami jsou změny vyplývající z Paretovy analýzy.

V dnešní době určují značně směřování společností trendy. Konkrétní trend uplatňovaný v PT a.s. je náhrada spalování fosilních paliv za jiná alternativní paliva. V kontextu s tímto trendem se staví ZEVO Chotíkov. Tato spalovna bude sloužit jako kogenerační teplárna a palivem pro toto zařízení bude komunální odpad. Její zařízení bude mít tepelný výkon 35 MW_t a bude vybaveno kondenzační turbínou na výrobu elektřiny o výkonu 8 MW_e a špičkovým ohřívákem o teplém výkonu 22 MW_t . Pro zmíněné zařízení bude potřeba každý rok cca 90 000 tun komunálního odpadu, přičemž Plzeň vyprodukuje běžně cca 35 000 tun a maximálně 50 000 tun komunálního odpadu za rok. Vzhledem k nedostatku paliva pro toto zařízení na území města Plzně bude se muset svážet komunální odpad z celých západních Čech (rádius téměř 100 km). Svozová místa mají být tvořena v okolí větších regionálních měst: Kralovice, Sušice, Tachov a Klatovy.

Ovšem je třeba brát vážně také trend ohledně odpadového hospodářství například ze Švýcarska, který doporučuje komunální odpad nejprve třídít a recyklovat. Po tomto procesu vzít nerecyklovatelnou složku a tu spálit. Zbytek po spalování by měl být uložen na skládku. V budovaném zařízení se nic třídít nebude a vše se bude spalovat z důvodu nedostatku paliva. Nevidím proto důvod, proč je zařízení ZEVO Chotíkov stavěno v takto velkém rozsahu. Těžko ale odhadovat budoucí situaci z hlediska produkce komunálního odpadu na území města Plzně z důvodu nepředvídatelné možné expanze města.

Většina navrhovaných změn v bodě 8 jsou realizovatelné za použití nemalých investic. Některé jsou však relativně nízkonákladové a mohly by současnému provozu PT a.s. prospět.

10 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] SKOČIL, Vlastimil a Tomáš ŘEŘIČHA. *Řízení procesů v elektrotechnice*. Plzeň, 2013. Výukový materiál. ZČU FEL KTE.
- [2] GRASSEOVÁ, Monika, Radek DUBEC a Roman HORÁK. *Procesní řízení ve veřejném sektoru: teoretická východiska a praktické příklady*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2008, v, 266 s. ISBN 978-80-251-1987-7.
- [3] ŘEPA, Václav. *Podnikové procesy: procesní řízení a modelování. 2.*, aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2007, 281 s. ISBN 978-80-247-2252-8
- [4] VONDRÁK, Ivo. *Metody byznys modelování*. Ostrava, 2004. Dostupné z: http://vondrak.cs.vsb.cz/download/Metody_byznys_modelovani.pdf
- [5] KUCHAR, Štěpán. *Modelování podnikových procesů*. Ostrava, 2010. Dostupné z: http://homel.vsb.cz/~kuc275/vyuka/mbm/pred/03_ModelovaniPodnikovychProcesu.pdf.
Výukový materiál. VŠB-TUO FEI.
- [6] ARIS Express. *In: Charts [online]*. 2014 [cit. 2015-03-01]. Dostupné z: <http://www.ariscommunity.com/>
- [7] Paretův princip. *In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2014 [cit. 2015-02-20]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Paret%C5%AFv_princip
- [8] III. Základy termodynamiky. 2013. Dostupné z: http://www1.fs.cvut.cz/cz/U218/pedagog/predmety/1rocnik/chemie1r/prednes/Ch_predn0405-Ztd.pdf
- [9] Carnotův cyklus. *In: Wikipedia: the free encyclopedia [online]*. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2014 [cit. 2015-02-22]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Carnot%C5%AFv_cyklus
- [10] TERMOMECHANIKA. 2011. Dostupné z: http://www.sps-ko.cz/documents/MEC_kratochvil/TERMOMECHANIKA_INTERNET_DOC/26_Clausius_Rankin_uv_cyklus.pdf
- [11] Plzeňská teplárenská a.s., [online]. Informace o společnosti. Dostupné z: <http://www.pltep.cz/index.php?goto=text&sekce=woSHATMo&lng=cz>.
- [12] Plzeňská teplárenská a.s., [online]. Vývoj společnosti. Dostupné z: <http://www.pltep.cz/index.php?goto=text&sekce=woSHATMo&tid=i56EpUJC&lng=cz>
- [13] Plzeňská teplárenská a.s., [online]. Schéma výroby. Dostupné z: http://www.pltep.cz/upload/File/schema_vyroby.pdf.
- [14] KRÁL, Jiří. *Organizační řád PT a.s.* Plzeň, 2011.
- [15] SKLENDA, Lubomír. *Malé a modulární jaderné reaktory a jejich potenciální využití v České Republice*. Praha, 2012. Dostupné z: http://www.fjfi.cvut.cz/materialyVR/2014-01-30/Sklenka/Habilitacni_prednaska_L_Sklenka.pdf. Habilitační přednáška. FJFI ČVUT v Praze.

11 SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Jednotka	Popis
PT a.s.	-	Plzeňská teplárenská a.s.
eEPC	(extended Event-driven Process Chain)	Procesní řetězec řízený událostmi
BPM	(Business Process Management)	Procesní řízení
ISO 9001	-	Mezinárodní norma na řízení kvality v provozech
ARIS	-	ARchitektura Integrovaných informačních Systémů
IT	-	Informační Technologie
BPMN	(Business Process Model and Notation)	Procesní digramy
T	K	Termodynamická teplota
p	Pa	Tlak
V	m ³	Objem
Q	J	Teplo
s	$\text{kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{K}^{-1}$	Entropie
i	$\text{kJ} \times \text{kg}^{-1}$	Entalpie
c _n	$\text{kJ} \times \text{kg}^{-1} \times \text{K}^{-1}$	Měrné skupenské teplo
η	%	Účinnost
w _t	J	Technická práce
Q _p	J	Teplo přijaté
Q _o	J	Teplo odvedené
T _C	K	Carnotova teplota (nejnižší možná)
T _H	K	Horní teplotní hranice
P _t	W _e	Elektrický výkon parní turbíny
Q _m	t/h	Hmotnostní průtok páry
P _k	W _t	Tepelný výkon kotle
δQ	$\text{J} \times \text{kg}^{-1}$	Pokles tepla
U	J	Vnitřní energie systému
KVET	-	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
VT	-	Vysokotlaký
NT	-	Nízkotlaký
ČEPS a.s.	-	Česká Přenosová Soustava
t _a [°C], p _a [MPa], i _a [kJ/kg], M _{pa} [t/h]		Admisní parametry páry před turbínou
t ₀₁₋₀₅ [°C], p ₀₁₋₀₅ [MPa], i ₀₁₋₀₅ [kJ/kg], M _{p01-05} [t/h]		Parametry odběrů páry z turbín

t_e [°C], p_e [MPa], i_e [kJ/kg], M_{pe} [t/h] Emisní parametry páry za turbínou

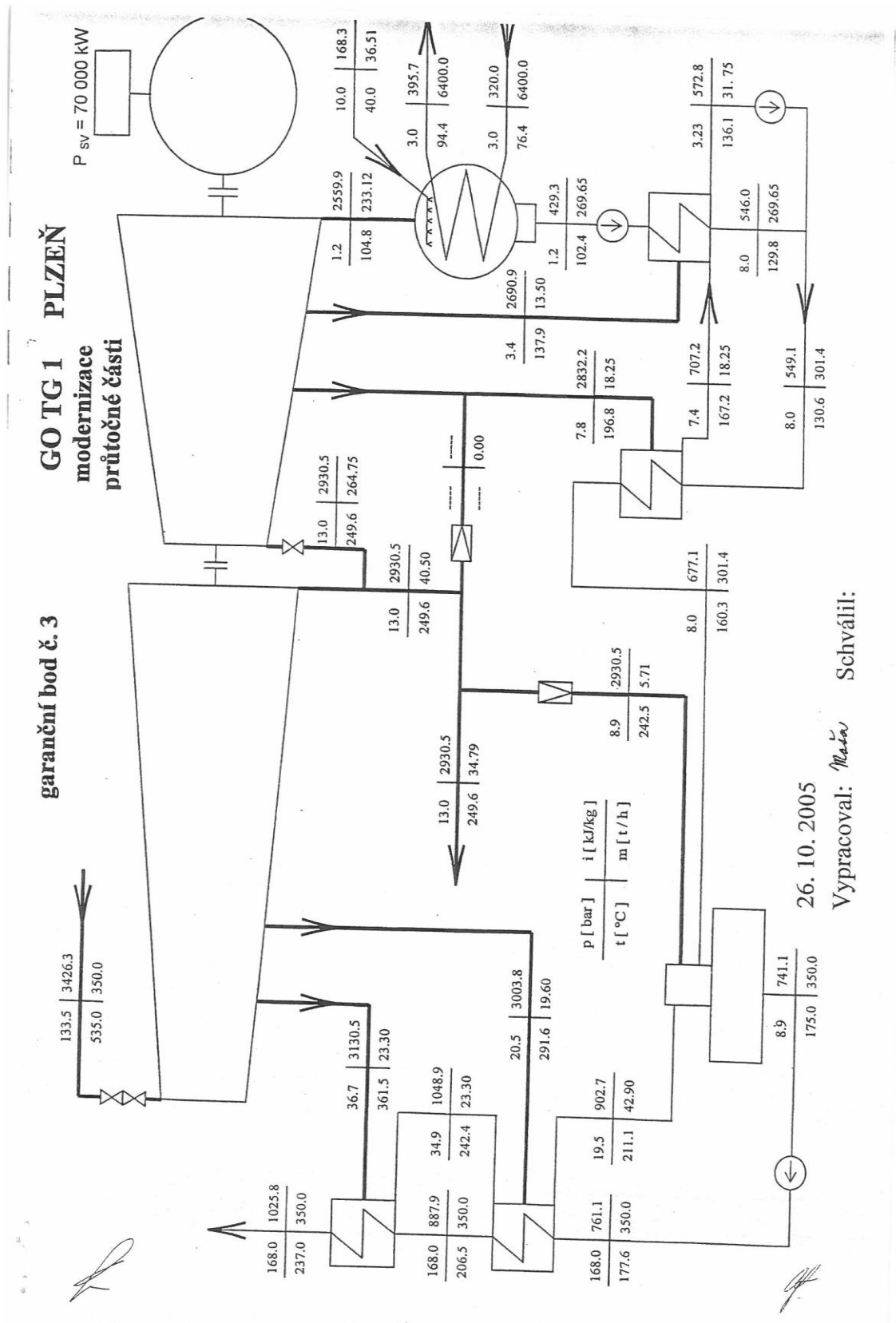
t_{np} [°C], p_{np} [MPa], i_{np} [kJ/kg], M_{pnp} [t/h] Parametry napájecí vody před kotlem

$t_{pt1,2}$ [°C], tlak $p_{pt1,2}$ [MPa], $i_{pt1,2}$ [kJ/kg], $M_{pt1,2}$ [t/h] Parametry topné a vratné vody v horkovodu

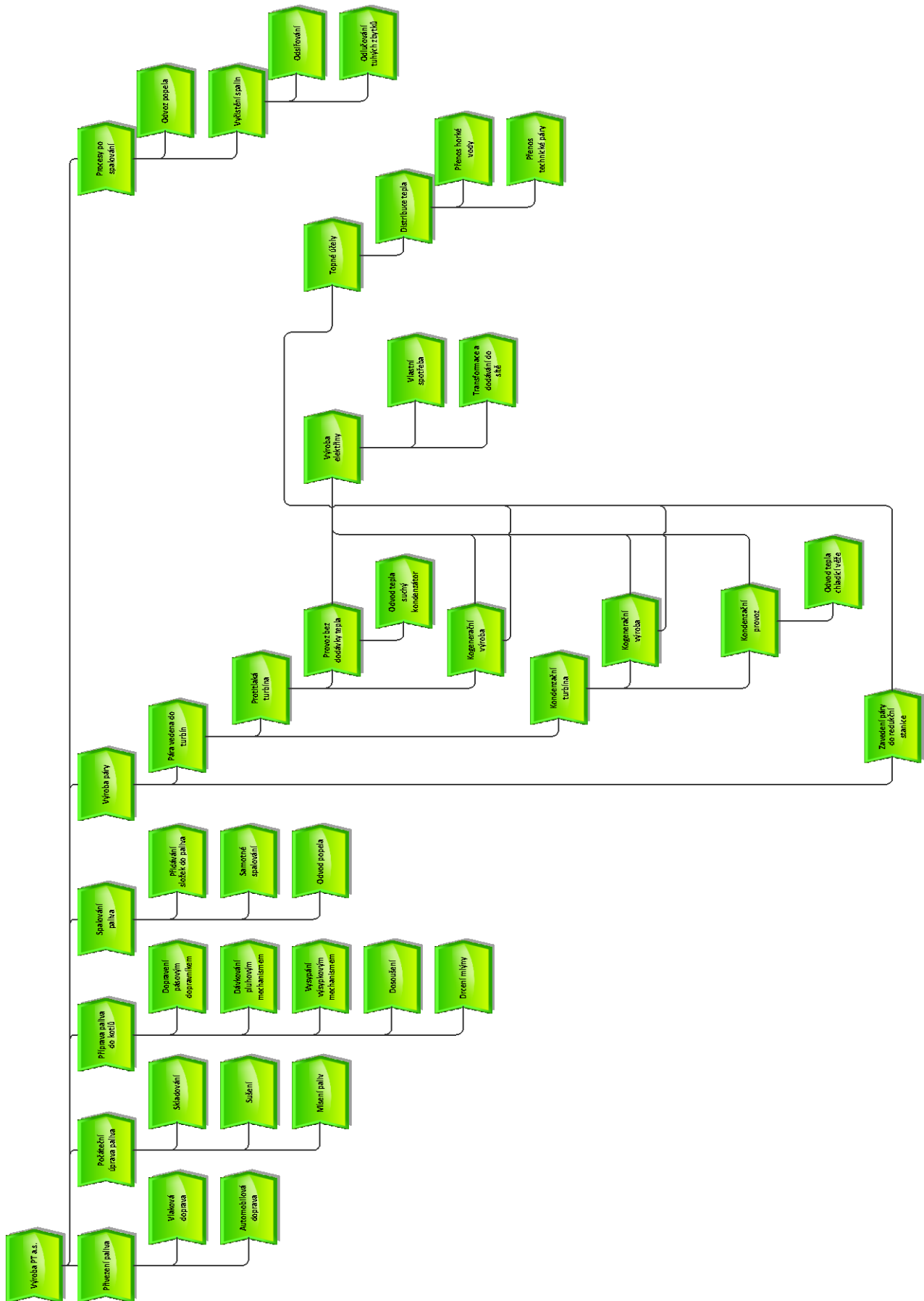
η_c	%	Celková účinnost
η_e	%	Elektrická účinnost
η_t	%	Tepelná účinnost
t_p [°C], i_p [kJ/kg], M_{pp} [t/h]		Parametry odebírané technické páry
K2 a K3	-	Horkovodní kotle
K4 a K5	-	Granulační kotle
K6 a K7	-	Fluidní kotle
TG1	-	Protitlaková turbína
TG2 a TG3	-	Kondenzační turbíny
CFB	-	Cirkulující fluidní lože
SGA	-	Suchý mechanický multicyklon
TZL	mg/m ³	Tuhé znečišťující látky
CHÚV	-	Chemická úprava vody
TAP	-	Tuhé alternativní palivo
BON 1	-	Certifikované palivo na bázi gumy
ZEVO	-	Zařízení pro energetické využití odpadu
ZČE a.s.	-	Západočeská energetika a.s.
BOZP	-	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
PO	-	Požární ochrana
MPP	-	Místní provozní předpis
GO	-	Generální oprava
BO	-	Bezpečnostní oprava
CZ	-	Centrální zdroje
ČOV	-	Čistírna odpadních vod
MOX	(Mixed oxid)	Nový typ paliva, který vzniká přepracování použitého paliva
demi voda	-	demineralizovaná voda

12 PŘÍLOHY

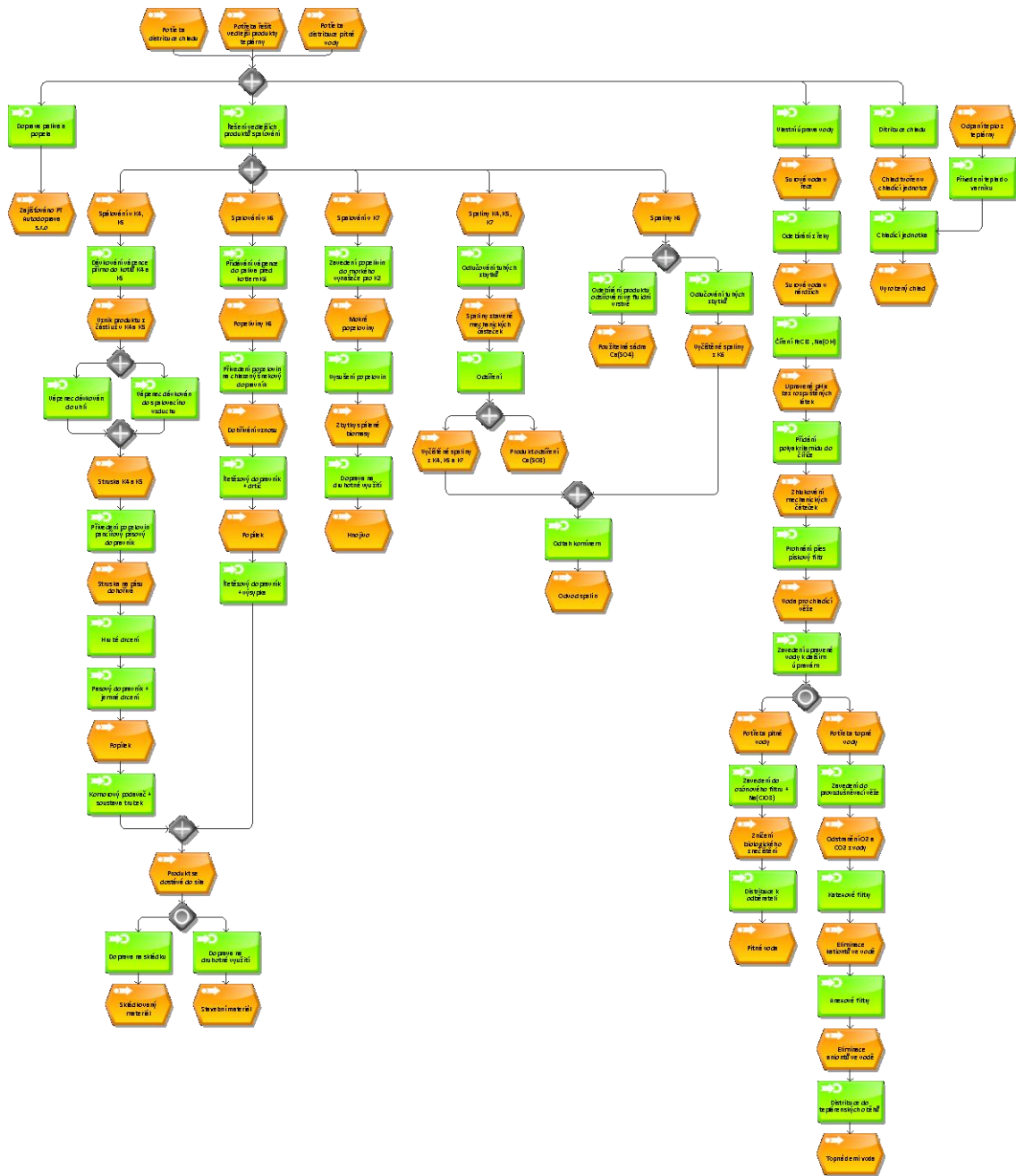
Příloha č. 1 - Provozní stav na turbíně TG1



Příloha č. 5 – Model přidané hodnoty



Příloha č. 7 – eEPC model vedlejších produktů



Příloha č. 8 – Tabulka četností a závažností poruch pro Paretovu analýzu

CZ	2004	2005	2006	2007	2008	2009
celková doba neplánovaných odstávek tep. energie	2	-	-	-	3	54
celková doba neplánovaných odstávek el. energie	14	2,5	2	2	9	-
počet poruch s důsledkem odstavení kotlů K4, K5 a K6	105	18	48	99	24	28
počet poruch s důsledkem odstavení kotle K7	-	-	-	-	-	-
počet poruch s důsledkem odstavení turbín TG1 a TG2	14	12	24	30	2	12
počet poruch s důsledkem odstavení turbíny TG3	-	-	-	-	-	-
plánované odstávky parních kotlů K4, K5 a K6 vynucené opravou zařízení	-	18	8	-	27	24
plánované odstávky parního kotle K7 vynucené opravou zařízení	-	-	-	-	-	-
plánované odstávky TG1, TG2 vynucené opravou zařízení	-	18	16	-	27	2
plánované odstávky TG3 vynucené opravou zařízení	-	-	-	-	-	-
plánované odstávky parních kotlů do BO	-	20	15	-	15	20
plánované odstávky TG1, TG2 do BO	-	10	10	-	10	10
	2010	2011	2012	2013	2014	Součty
celková doba neplánovaných odstávek tep. energie	15	69	2	51	12	208
celková doba neplánovaných odstávek el. energie	-	-	2	-	940	971,5
počet poruch s důsledkem odstavení kotlů K4, K5 a K6	4	26	30	72	51	505
počet poruch s důsledkem odstavení kotle K7	24	84	93	75	150	426
počet poruch s důsledkem odstavení turbín TG1 a TG2	5	5	12	20	12	148
počet poruch s důsledkem odstavení turbíny TG3	54	108	126	102	141	531
plánované odstávky parních kotlů K4, K5 a K6 vynucené opravou zařízení	39	33	21	18	42	230
plánované odstávky parního kotle K7 vynucené opravou zařízení	45	8	8	8	24	93
plánované odstávky TG1, TG2 vynucené opravou zařízení	12	6	4	15	24	124
plánované odstávky TG3 vynucené opravou zařízení	45	8	8	8	2	71
plánované odstávky parních kotlů do BO	15	20	20	20	20	165
plánované odstávky TG1, TG2 do BO	10	15	15	14	15	109

Příloha č. 9 – Ukázka zápisu poruchové komise

**PŘEHLED PORUCHOVOSTI VÝROBNÍHO ZAŘÍZENÍ
ZA MĚSÍC ÚNOR 2015**

Začátek Konec	4.2. 6.2.	17:50 08:03	č. 10 K7+TG3	Výpadek.
Začátek Konec	9.2. 10.2.	23:56 10:00	č. 11 K5	Plánovaná odstávka.
Začátek Konec	13.2. 13.2.	14:12 14:18	č. 12 TG1	Výpadek.
Začátek Konec	21.2. 21.2.	09:05 16:15	č. 13 K5	Havarijní odstávka.
Začátek Konec	26.2. 28.2.	12:28 19:52	č. 14 K7+TG3	Výpadek.

Poznámka:

K poruše č. 10/15

- K7 – 2x během 8 hod. vypadl na teplotu v SK. Během opravy a čištění byl výkon převáděn na FB a dle potřeby snižována SR do 5 MW.

K poruše č. 11/15

- Plánovaná odstávka na opravu ucpávky 2P vstříku K5. Po dobu opravy ponížena SR na 10 MW a odhlášena MZ₁₅. – 15 MW.

K poruše č. 12/15

- Výpadek TG na max. tlak v protitlaku, způsobený výpadkem OČ7 z důvodu spáleného chladicího ventilátoru. Došlo k výpadku služeb Čeps – SR, MZ₁₅.

K poruše č. 13/15

- Kotel K5 odstaven z důvodu zajištění BOZP při opravě zaseklého Magaldi (odvod škváry). Během opravy ponížena služba Čeps SR na 10 MW.

K poruše č. 14/15

- Kotel K7 vypadl na nízkou teplotu v SK způsobenou přetržením palivového šneku na pravé straně. K7 byl cca 8 hod. provozován pouze na jednu trasu, dále již tento provoz nebyl udržitelný a K7 byl odstaven. Po dobu odstávky byl výkon dle stavu sítě převáděn na FB a dle potřeby ponížovány služby Čeps - SR a MZ₁₅.

Zpracoval: Ing. Jan Skřivánek
Vedoucí provozu

V Plzni dne 12. 3. 2015

Zapsala: Jana Zajaczkowská

V Plzni dne 12. 3. 2015

ZÁPIS Z PORUCHOVÉ KOMISE KONANÉ DNE 12.3.2015

K poruše č. 10/15

- K7 – 2x během 8 hod. vypadl na teplotu v SK. Během opravy a čištění byl výkon převáděn na FB a dle potřeby snižována SR do 5 MW.
 - Pro snížení počtu krátkých odstávek, probíhají jednání s dodavatelem kotle o změně podmínek „najížděcího režimu“.

K poruše č. 11/15

- Plánovaná odstávka na opravu ucpávky 2P vstříku K5. Po dobu opravy ponížena SR na 10 MW a odhlášena MZ₁₅. – 15 MW.
 - Reklamační opravy (9/15), náklady přeúčtovány dodavateli.

K poruše č. 12/15

- Výpadek TG na max. tlak v protitlaku, způsobený výpadkem OČ7 z důvodu spáleného chladicího ventilátoru. Došlo k výpadku služeb Čeps – SR, MZ₁₅.

K poruše č. 13/15

- Kotel K5 odstaven z důvodu zajištění BOZP při opravě zaseklého Magaldi (odvod škváry). Během opravy ponížena služba Čeps SR na 10 MW.
 - Během opravy doplněny lamely na Magaldi a následně objednány rezervní náhradní díly na sklad.

K poruše č. 14/15

- Kotel K7 vypadl na nízkou teplotu v SK způsobenou přetržením palivového šneku na pravé straně. K7 byl cca 8 hod. provozován pouze na jednu trasu, dále již tento provoz nebyl udržitelný a K7 byl odstaven. Po dobu odstávky byl výkon dle stavu sítě převáděn na FB a dle potřeby ponížována služba Čeps - SR a MZ₁₅.

Zpracoval: Ing. Jan Skřivánek
Vedoucí provozu

V Plzni dne 12. 3. 2015

Zapsala: Jana Zajaczkowská

V Plzni dne 12. 3. 2015