

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**Katedra elektroenergetiky a ekologie
KEE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Aplikace elektrického parního vyvíječe v soustavě CZT
(Application of an electric steam generator in DH)**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Miroslav FLORIÁN**
Osobní číslo: **E14N0004K**
Studijní program: **N2644 Aplikovaná elektrotechnika**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**
Název tématu: **Aplikace elektrického parního vyvíječe v soustavě CZT**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište problematiku výroby a rozvodu tepla v ČR.
2. Diskutujte aktuální tržní podmínky pro využívání elektřiny k výrobě tepla v soustavě CZT.
3. Proveďte výpočet celkové účinnosti přeměny energie na bloku 50 MW.
4. Navrhněte parní vyvíječ v prostředí elektrárny Poříčí 2.
5. Vypracujte ekonomickou efektivitu (bilance, výpočet přínosů, NPV CF).

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah kvalifikační práce: 40 - 60 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

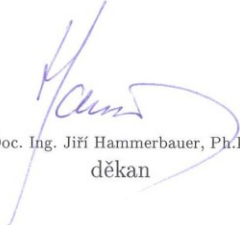
Seznam odborné literatury:

1. ČSN IEC. CZT - obchodní podmínky, Energetický zákon, Prodej komodit na burze
2. Www: stránky, katalogové listy


Vedoucí diplomové práce: **Doc. Ing. Zbyněk Martínek, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **16. května 2016**


Doc. Ing. Jiri Hammerbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 15. října 2015

Abstrakt

Tato diplomová práce je zaměřena na Aplikaci elektrického parního vyvíječe v soustavě CZT. Práce je rozdělena do šesti hlavních kapitol. V první kapitole je popis teplárenství a popis problematiky výroby a rozvodu tepla. Ve druhé kapitole jsou popsány aktuální tržní podmínky k využití elektřiny při výrobě tepla v soustavě CZT, trh s elektřinou, současný stav elektroenergetiky a předpokládaný vývoj do budoucnosti. Ve třetí kapitole je popis Elektrárny Poříčí II, její parametry a parametry tepelné sítě z této elektrárny napájené. Ve čtvrté kapitole jsou provedeny výpočty účinnosti přeměny energie na bloku 50 MW Elektrárny Poříčí II ve čtyřech různých provozních situacích. Pátá kapitola pojednává o samotném návrhu parního vyvíječe v prostředí Elektrárny Poříčí II. Poslední šestá kapitola se zabývá ekonomickým zhodnocením provozu Elektrárny Poříčí II při běžném provozu a při provozu s parním elektrickým vyvíječem.

Klíčová slova

Centralizované zásobování teplem, cena, Elektrárna Poříčí II, elektřina, elektrický parní vyvíječ, energetika, kotel, spotřeba tepla, teplárna, teplárenství, teplo, trh, účinnost.

Abstract

This thesis is focused on application of an electric steam generator in DH. The work is split to six main chapters. In first chapter is description of heating industry and description of heat generation and distribution problems. In the second chapter are described current market conditions, to use electricity for heat production in DH, market with electricity, current condition of electrical power engineering and presumed development to the future. In the third chapter is description of the Poříčí II Power Station, its parameters and parameters of thermal network powered from this power station. In the fourth chapter are made calculations of efficiency of energy conversion at 50 MW block on the Poříčí II Power Station in four different operational situations. The fifth chapter deals about design of steam generator around the Poříčí II Power Station itself. The last sixth chapter deals with the economic evaluation of operation the Poříčí II Power Station at ordinary working and at working of the electric steam generator.

Key words

District heating, price, the Poříčí II Power Stations, electricity, electric steam generator, energetics, boiler, heat consumption, heating plant, heating industry, heat, market, efficiency.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 12.5.2016

Miroslav Florián

Poděkování

Na tomto místě bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Zbyňkovi Martínkovi, CSc a konzultantovi Ing. Jiřímu Benešovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu provozní ekonomie Elektrárny Poříčí II Ing Zdeňkovi Kubínovi za poskytnuté rady a informace. Na závěr bych chtěl poděkovat své rodině za podporu a trpělivost během mého studia.

Obsah

OBSAH	8
ÚVOD	10
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	12
1 VÝROBA A ROZVOD TEPLA V ČR	21
1.1 ENERGETIKA.....	21
1.2 TEPLÁRENSTVÍ	22
1.2.1 Vývoj teplárenství	23
1.3 LEGISLATIVA V TEPLÁRENSTVÍ.....	26
1.4 STATISTIKA V TEPLÁRENSTVÍ	26
1.5 TEPLA A ČLOVĚK	27
1.5.1 Tepelná pohoda člověka	27
1.5.2 Tepelný stav prostředí.....	29
1.6 SPOTŘEBA TEPLA	30
1.6.1 Teplo pro vytápění	31
1.6.2 Teplo pro větrání	34
1.6.3 Teplo pro klimatizaci	35
1.6.4 Teplo pro teplou užitkovou vodu (TUV)	35
1.6.5 Teplo pro technologické účely	36
1.6.6 Tepelné ztráty.....	37
1.6.7 Celková spotřeba tepla	38
1.6.8 Vývoj spotřeby tepla v čase.....	40
1.7 SOUSTAVA CENTRALIZOVANÉHO ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM TEPLA.....	40
1.7.1 Zdroje tepla.....	42
1.7.2 Tepelné sítě	46
1.7.3 Předávací stanice.....	50
1.7.4 Spotřebitelské systémy a zařízení.....	51
1.8 DECENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPEM	51
2 AKTUÁLNÍ TRŽNÍ PODMÍNKY PRO VYUŽÍVÁNÍ ELEKTRINY K VÝROBĚ TEPLA V SOUSTAVĚ CZT	53
2.1 ELEKTROENERGETICKÝ SYSTÉM.....	53
2.2 LIBERALIZACE TRHU S ELEKTRINOU	53
2.3 TRH S ELEKTRINOU	54
2.3.1 Účastníci trhu s elektrinou.....	55
2.3.2 Druhy trhu s elektrinou.....	58
2.4 ŘÍZENÍ EKONOMICKÉ VÝROBY ELEKTRINY	59
2.5 SOUČASNÁ ELEKTROENERGETIKA	59
2.6 NOVÉ CESTY V ENERGETICE.....	61
2.7 AKTUALIZOVANÁ STÁTNÍ ENERGETICKÁ KONCEPCE.....	62
2.8 OČEKÁVANÝ VÝVOJ ENERGETIKY ČR DO ROKU 2040 – OPTIMALIZOVANÝ SCÉNÁŘ	63
2.9 VÝVOJ CEN ENERGÍ.....	65

2.9.1	<i>Elektrická energie</i>	65
2.9.2	<i>Tepelná energie</i>	67
3	ELEKTRÁRNA POŘÍČÍ II	69
3.1	ZÁKLADNÍ POPIS	69
3.1.1	<i>Parní kotle FK7, FK8</i>	70
3.1.2	<i>Parní kotle K3, K4</i>	71
3.1.3	<i>Parní turbíny TG1, TG2</i>	72
3.1.4	<i>Parní turbína TG3</i>	73
3.1.5	<i>Zauhlování</i>	74
3.1.6	<i>Vodní hospodářství</i>	74
3.1.7	<i>Elektro</i>	75
3.2	TEPELNÁ SOUSTAVA NAPÁJENÁ Z ELEKTRÁRNY POŘÍČÍ II.....	75
4	VÝPOČET CELKOVÉ ÚČINNOSTI NA BLOKU 50 MW	76
4.1	VÝPOČET	77
4.1.1	<i>Kondenzační provoz - maximální dodávka elektřiny</i>	78
4.1.2	<i>Kondenzační provoz – minimální dodávka elektřiny</i>	79
4.1.3	<i>Odběrový provoz – maximální dodávka tepla a elektřiny</i>	80
4.1.4	<i>Odběrový provoz – minimální dodávka tepla a elektřiny</i>	82
4.1.5	<i>Zhodnocení výsledků výpočtu</i>	84
5	NÁVRH PARNÍHO VYVÍJEČE V PROSTŘEDÍ ELEKTRÁRNY POŘÍČÍ 2	85
5.1	ZPŮSOB APLIKACE	86
5.2	VOLBA ELEKTRICKÉHO PARNÍHO KOTLE.....	87
5.2.1	<i>Elektrodový parní kotel</i>	88
6	EKONOMICKÁ EFEKTIVITA (BILANCE, VÝPOČET PŘÍNOSŮ, NPV CF)	90
6.1	BILANCE NÁKLADŮ A VÝNOSŮ	90
6.1.1	<i>Bilance nákladů a výnosů – teplo z parní turbíny</i>	90
6.1.2	<i>Bilance nákladů a výnosů – teplo z elektrického parního vyvíječe</i>	91
6.2	NPV - ČISTÁ SOUČASNÁ HODNOTA.....	95
6.2.1	<i>NPV – cena silové elektřiny 4 EUR/MWh</i>	96
6.2.2	<i>NPV – cena silové elektřiny 5 EUR/MWh</i>	96
7	ZÁVĚR	98
	SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	101
	PŘÍLOHA Č.1 TEPELNÁ SÍŤ ELEKTRÁRNY POŘÍČÍ II	1
	PŘÍLOHA Č.2 SCHÉMA ELEKTRÁRNY POŘÍČÍ II	2
	PŘÍLOHA Č.3 MĚSÍČNÍ DODÁVKA TEPLA DO TEPELNÝCH NAPÁJEČŮ ROK 2015 3	
	PŘÍLOHA Č.4 DENNÍ DODÁVKA TEPLA MIMO TOPNOU SEZONU ROK 2015	4

Úvod

Současný stav životní úrovně a životního prostředí je především zásluhou mnoha faktorů, které se od dob kdy člověk začal obývat planetu Zemi, neustále mění, a je jakýmsi procesem přetvářením této planety. Ke všemu, co člověk dělá, je potřeba energie. Proto také schopnost pokrývat energetickou spotřebu je základní úkol samotného bytí na této planetě. V poslední době je velmi diskutovanou otázkou vliv přeměny primárních zdrojů energie na koncové formy energií s dopadem na ekologii a ekonomiku. O tom, že mnozí z nás si kladou za cíl, chovat se ekologicky a tím zlepšit životní prostředí, není pochyb. Způsob jak k tomu každý jednotlivec a následně společnost přistupuje, je různý. Jde tedy o to nalézt způsob, jak energii využívat hospodárně, ekologicky a zároveň za přijatelnou cenu. To se sice může zdát někomu jako nereálné, obzvláště pokud velké množství energie, kterou v současnosti vyrábíme spalováním fosilních paliv. Navíc fosilní paliva nejsou nevyčerpatelná. Potenciál obnovitelných zdrojů je sice velký, ale jejich využití je závislé na přírodních podmínkách. To je důvod proč lidstvo musí hledat i alternativní zdroje energie, které bude možno využít právě tehdy, kdy je bude potřeba využívat.

Z údajů Českého statistického úřadu za rok 2013 vyplývá, že jsme schopni v České republice transformovat primární zdroje energie na koncové formy energií z účinnosti přibližně 62 %, kdy je do těchto procesů vloženo celkem 1 430 339 TJ energie a výroba činí 892 757 TJ. Je to způsobeno především nízkou účinností transformace energie v klasických tepelných elektrárnách. Z tohoto důvodu je nutné hledat možnosti ve zvyšování účinnosti této transformace například společnou výrobou elektřiny a tepla v teplárnách a tím snížit spotřebu primárních zdrojů energie a zároveň snížit produkci škodlivin vypouštěných do okolí.

Tato práce pojednává v šesti kapitolách o energetickém odvětví zabývajícím se výrobou tepla a elektřiny, konkrétně návrhem elektrického parního vyvíječe v prostředí Elektrárny Poříčí II.

V první kapitole je popsáno energetické hospodářství a teplárenství. Vývoj teplárenství včetně legislativy a statistiky v tomto odvětví. Další část této kapitoly pojednává o potřebě tepla pro člověka a určení jeho množství. V poslední části této kapitoly je popis centralizovaného a decentralizovaného zásobování teplem.

Druhá kapitola pojednává o aktuálních tržních podmínkách při využívání elektřiny k výrobě tepla. Popisuje elektroenergetický systém z pohledu trhu s elektřinou. Je zde věnována pozornost současnému stavu elektroenergetiky a hledání nových cest v tomto oboru.

V další části je věnována pozornost vývoji elektroenergetiky do roku 2040 v souvislosti s aktualizovanou státní energetickou koncepcí (ASEK), především s přihlédnutím na optimalizovaný scénář tohoto vývoje. V poslední části této kapitoly je věnována pozornost, vývoji cen elektřiny a tepla, jako výsledných produktů tepláren.

Ve třetí kapitole je popis Elektrárny Poříčí II a její jednotlivé technologie. Dále je v této kapitole popis tepelná soustavy napájené z této elektrárny. Tepelná soustava zásobuje teplem pomocí rozsáhlých horkovodních a parních sítí obce a města v okolí elektrárny.

Čtvrtá kapitola je zaměřena na výpočet účinnosti na bloku 50 MW v Elektrárně Poříčí II, ve čtyřech různých režimech provozu elektrárny. Tyto režimy jsou definovány, tak aby vystihovaly provoz elektrárny při hodnotách blízkých, maximálnímu a minimálního výkonu kotle pro kondenzační i odběrový provoz turbíny.

V páté kapitole je proveden popis návrhu konkrétního elektrického parního vyvíječe, jeho způsobu aplikace a zapojení v prostředí Elektrárny Poříčí II.

Poslední šestá kapitola je zaměřena na bilanci elektrárny v běžném provozu pro režim, který odpovídá dodávce minimálního množství tepla do tepelných napáječů v období mimo topnou sezónu. Je zde dále provedeno ekonomické zhodnocení navrhovaného elektrického parního vyvíječe a nalezení podmínek, kdy by bylo takové zařízení možné provozovat za ekonomicky výhodných podmínek.

Seznam symbolů a zkratk

a	[kg/os]	Normovaná denní spotřeba vody
b	[-]	Množství měrných jednotek
b	[-]	Součinitel průměrného výrobního vytížení směny
c_{ERU}	[Kč/MW/měs]	Cena regulátora trhu za jednotku výkonu
c_{OTE}	[Kč/MW/měs]	Cena operátora trhu za jednotku výkonu
c_{OZE}	[Kč/MW/měs]	Cena na podporu OZE za jednotku výkonu
c_{pv}	[kJ/m ³ °C]	Měrné teplo vzduchu
c_{PPS}	[Kč/MWh]	Cena za použití sítí PPS za jednotku spotřeby
c_q	[Kč/GJ]	Cena tepla
c_{RK}	[Kč/MW/měs]	Cena za rezervovanou kapacitu za jednotku výkonu
c_{SE}	[EUR/MWh]	Cena silové elektřiny
c_{SS}	[Kč/MWh]	Pevná cena za systémové služby za jednotku spotřeby
c_{TRH}	[Kč/MWh]	Cena za činnost organizace trhu za jednotku spotřeby
c_v	[kJ/m ³ °C]	Měrné teplo vody
CF_{-}^t	[Kč]	Peněžní toky provozní v daném roce (cash flow)
C_{ERU}	[Kč/OM/měs]	Cena za operátora trhu
C_{OTE}	[Kč]	Cena za operátora trhu
C_{OZE}	[Kč]	Cena na podporu OZE
C_{PPS}	[Kč]	Cena za použití sítí PPS
C_{RK}	[Kč]	Cena za rezervovanou kapacitu
C_{SS}	[Kč]	Pevná cena za systémové služby
C_{TRH}	[Kč]	Cena za organizaci trhu
d	[-]	Počet dnů v topné sezóně
d_{EL}	[Kč/MWh]	Daň z elektřiny za jednotku spotřeby
D_{EL}	[Kč]	Daň z elektřiny
D_{ppo}^t	[Kč]	Daň z příjmů právnických osob (DPPO)
D_r	[D°]	Počet denostupňů (gradenů)
e	[-]	Modul teplotní výroby
E_{dod}	[MWh]	Dodávka elektřiny
E_{OM}	[MWh]	Spotřeba elektřiny odběrného místa

E_{sv}	[MWh]	Výroba elektřiny na svorkách generátoru
E_{tep}^{vyr}	[MWh]	Spotřeba elektřiny na výrobu teplotního tepla
E_{vs}	[MWh]	Vlastní spotřeba elektřiny
h	[h/r]	doba využití maxima spotřeby tepla pro větrání
h	[h]	Roční doba maxima
i_a	[GJ/t]	Entalpie admisní páry
i_{nv}	[GJ/t]	Entalpie napájecí vody
i_{vk}	[GJ/t]	Entalpie vratného kondenzátu
$i_{IV.o}$	[GJ/t]	Entalpie IV odběru
k_e	[-]	Koeficient vlastní spotřeby
k_q	[-]	Koeficient vlastní spotřeby a ztrát tepla
$K_{\check{C}NB}$	[Kč/EUR]	Kurz České národní banky
K_d	[-]	Součinitel denní nerovnoměrnosti za týden
K_h	[-]	Součinitel nerovnoměrnosti za týden
m_{NT}	[t/h]	Měrné množství páry NT dílu
m_o	[t/h]	Měrné množství páry odběru
m_p	[t/h]	Měrné množství páry přívodu
m_r	[t/h]	Měrné množství páry redukční stanice
m_{VT}	[t/h]	Měrné množství páry VT dílu
m_v	[kg/s]	Množství vlhčeného vzduchu
M_p	[t/h]	Množství páry
$M_{pII+III o}$	[t/h]	Množství páry ve II a III odběru
$M_{pIV o}$	[t/h]	Množství páry IV odběru
n	[-]	Délka trvání topného období podle padesátiletého průměru
n'	[-]	Délka trvání teplot nižších než t_{zx}
n	[-]	Počet dnů v topné sezóně
\bar{n}	[-]	Střední roční násobnost výměny vzduchu
n_{fix}	[Kč/GJ]	Měrné náklady fixní
n_{ost}	[Kč/GJ]	Měrné náklady proměnné ostatní
n_{pal}	[Kč/GJ]	Měrné náklady na palivo
n_s	[-]	Počet směn za rok

n_v	$[h^{-1}]$	Násobnost výměny vzduchu za hodinu
N_E	$[Kč]$	Náklady na elektřinu
N_{fix}	$[Kč]$	Náklady fixní
N_i	$[Kč]$	Investiční náklady
N_{pal}	$[Kč]$	Náklady na palivo
N_{ost}	$[Kč]$	Náklady proměnné ostatní
N_o^t	$[Kč]$	Odpisy v daném roce
N_p	$[Kč]$	Provozní náklady
NPV	$[Kč]$	Čistá současná hodnota (Net Present Value)
N_{Ti}	$[-]$	Hodinová produkce výrobků
N_{var}	$[Kč]$	Náklady variabilní
p	$[\%]$	Diskontní sazba
p_o	$[MPa]$	Odběrový tlak
P_{inst}^{et}	$[MW]$	Výkon bloku instalovaný
P_{jm}	$[MW]$	Výkon jmenovitý
P_p	$[MW]$	Rezervovaná kapacita
P_r	$[MW]$	Výkon záložní
P_s	$[MW]$	Výkon spotřeba elektřiny
P_t	$[MW_t]$	Výkon tepelných sítí
P_v	$[MW]$	Výkon výrobci elektřiny
P_{vstup}	$[W]$	Výkon vstupní
$P_{využ}$	$[W]$	Výkon využitý
P_z	$[MW]$	Činné ztráty
P_{ztrac}	$[W]$	Výkon ztracený
q	$[W/m^3\text{°C}]$	Tepelná charakteristika objektu
q_b	$[kW]$	Měrná spotřeba na byt
q_p	$[W/m^3\text{°C}]$	Tepelná charakteristika průmyslových budov
q_{Ti}	$[kJ]$	Měrné teplo jednoho výrobku
q_{vb}	$[kW]$	Měrná spotřeba vytápění bytu
q^{uv}	$[kWh/d]$	Spotřeba bytu za den na ohřev vody
Q	$[kW, MW]$	Tepelný příkon

Q_c	[kW]	Tepelný příkon na prahu zdroje
Q_c^d	[GJ]	Dodávka tepla do tepelných sítí za den
Q_{dod}	[GJ]	Dodávka tepla z kotelny
Q_k	[kW]	Tepelný příkon pro klimatizaci
Q_{max}	[MW]	Tepelný příkon – maximální
Q_n	[GJ/t]	Výhřevnost
Q_{ov}	[kW]	Tepelný příkon pro vytápění obydlých budov
Q_{ov_r}	[MJ/r]	Spotřeba tepla roční pro vytápění obydlých budov
Q_{pal}^{et}	[GJ]	Spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny a tepla
Q_{pv}	[kW]	Tepelný příkon pro vytápění průmyslových budov
Q_{pv_r}	[MJ/r]	Spotřeba tepla roční pro vytápění průmyslových budov
Q_{tep}	[GJ]	Dodávka tepla pro teplárenské účely
Q_{tep}	[GJ]	Dodávka tepla pro teplárenské účely
Q_{tep}^{vyr}	[GJ]	Teplo pro provoz čerpadel teplárenství
Q_{vsq}	[GJ]	Vlastní spotřeba tepla
Q_T	[kW]	Tepelný příkon všech výrobků
Q_{Ti}	[kW]	Příkon tepla na výrobek
Q_T^r	[MJ/r]	Spotřeba tepla za rok
\bar{Q}_{TUV}^t	[kW]	Tepelný příkon průměrný týdenní pro přípravu TUV
\bar{Q}_{TUV}	[kW]	Maximální střední příkon v týdnu
Q_{TUV}^r	[MJ/r]	Spotřeba tepla roční pro přípravu TUV
Q_v	[kW]	Tepelný příkon pro vytápění - ustálený stav
Q_{ve}	[kW]	Tepelný příkon pro větrání
Q_{ve_r}	[MJ/r]	Spotřeba tepla roční pro větrání
Q_{vyb}	[kW]	Tepelné zisky z vnitřních zdrojů
Q_{vyr}	[GJ]	Vyrobené teplo v kotelně
Q_x	[kW]	Tepelný příkon k vlhčení vzduchu
Q_z	[kW]	Tepelné ztráty
Q_z^r	[MJ/r]	Spotřeba roční na krytí ztrát
r	[kJ/kg]	Výparné teplo vody
s	[–]	Přirážka pro ostatní účely

S	$[m^2]$	Plocha povrchu těla
t	$[^{\circ}C]$	Teplota teplotnosné látky
t	$[rok]$	Období
\bar{t}	$[^{\circ}C]$	Průměrná teplota teplotnosné látky během roku
t_o	$[^{\circ}C]$	Teplota ohřátého vzduchu přiváděného do větraného prostoru
\bar{t}_o	$[^{\circ}C]$	Střední roční teplota vzduchu přiváděná do větraného prostoru
t_s	$[^{\circ}C]$	Teplota vzduchu před ohřívákem
\bar{t}_s	$[^{\circ}C]$	Střední roční teplota před ohřívákem
t_{szv}	$[^{\circ}C]$	Teplota studené vody v zimním období
t_{sv1}	$[^{\circ}C]$	Teplota studené vody v letním období
t_v	$[^{\circ}C]$	Teplota uvnitř vytápěných objektů
\bar{t}_v	$[^{\circ}C]$	Střední roční vnitřní teplota
t_{vx}	$[^{\circ}C]$	Teplota uvnitř vytápěných objektů - ustálený stav
t_x	$[^{\circ}C]$	Teplota vzduchu ve vytápěné průmyslové budově
t_z	$[^{\circ}C]$	Teplota venkovní výpočtová
\bar{t}_z	$[^{\circ}C]$	Střední venkovní teplota v topném období
t_{zo}	$[^{\circ}C]$	Teplota při níž začíná topné období
t_{zs}	$[^{\circ}C]$	Průměrná denní teplota
t_{zx}	$[^{\circ}C]$	Teplota venkovní - ustálený stav
t_7	$[^{\circ}C]$	Teplota venkovní měřena v 7 hodin
t_{14}	$[^{\circ}C]$	Teplota venkovní měřená ve 14 hodin
t_{21}	$[^{\circ}C]$	Teplota venkovní měřená ve 21 hodin
T_h	$[K]$	Teplota povrchu těla
T_p	$[h]$	Doba provozní
T_r	$[K]$	Teplota povrchu oděvu
v	$[-]$	Počet výrobků
V	$[m^3]$	Obestavěný prostor
V_{el}	$[Kč]$	Tržby z prodeje elektřiny
V_q	$[Kč]$	Tržby z prodeje tepla
V_{ve}	$[m^3]$	Objem větraného prostoru
χ_T	$[-]$	Soudobost zatížení
z	$[-]$	Ztráty

z_r	[-]	Ztráty roční poměrné
Z	[Kč]	Zisk
Z_-^t	[Kč]	Zisk v daném roce po zdanění
Z_h	[Kč]	Zisk před zdaněním (EBITDA)
Z_p^t	[Kč]	Zisk v daném roce (EBIT)
α	[W / m ² K]	Tepelná propustnost oděvu
α	[-]	Teplárenský součinitel
α_r	[-]	Roční teplárenský součinitel
$\Delta_{i_{II}+i_{III,o}}$	[GJ/t]	Rozdíl entalpií II a III odběru
ε	[-]	Součinitel nesoučasnosti přírážek
ζ	[-]	Ztráty
η	[-]	Účinnost
η_c	[-]	Účinnost celková
η_{kt}	[-]	Účinnost kotle
η_p	[-]	Účinnost předávacích stanic
η_r	[-]	Účinnost tepelného rozvodu
η_{ts}	[-]	Účinnost tepelných sítí
η_{vs}	[-]	Účinnost vlastní spotřeby elektřiny
η_{vsq}	[-]	Účinnost vlastní spotřeby tepla
ϑ_i	[K]	Výsledná teplota vzduchu
ϑ_v	[K]	Teplota okolního vzduchu
ϑ_p	[K]	Teplota okolních ploch
ϑ_j	[K]	Společná teplota všech okolních ploch
σ	[-]	Součinitel středních tepelných ztrát
τ	[h]	Roční doba provozu
τ_d	[h/d]	Počet pracovních hodin soustavy zásobování TUV za den
τ_{max}	[h/r]	Doba využití
τ_s	[h]	Počet hodin za směnu
τ_{ve}	[h/r]	Roční doba provozu větrání
φ_j	[-]	Poměr osálení
Φ_D	[W]	Tepelný tok odváděný dýcháním
Φ_K	[W]	Tepelný tok odváděný konvekcí (prouděním)

Φ_M [W]	Vnitřní produkce tepla
Φ_S [W]	Tepelný tok odváděný sáláním
Φ_V [W]	Tepelný tok odváděný vypařováním
ψ_r [-]	Poměr roční spotřeby hrazené z vnitřních zdrojů
Ap.....	Admisní pára
ASEK.....	Aktualizovaná státní koncepce
C.....	Kondenzátor turbíny
CFBC.....	Kotel s cirkulující fluidní vrstvou
CO ₂	Oxid uhličitý
CVS.....	Centrální výměňková stanice
CZT.....	Centralizované zásobování teplem
ČR.....	Česká republika
ČEPS.....	Česká energetická přenosová soustava
ČEZ.....	České energetické závody
ČSSR.....	Československá socialistická republika
d.....	Zapojení sekundárního vinutí transformátoru do trojúhelníku
DEMI.....	Demineralizovaná voda
DZT.....	Decentralizované zásobování teplem
EME.....	Elektrárna Mělník
E.....	Expanzní nádrž
EK.....	Elektrický kotel
EMS.....	Systém řízení ochrany prostředí
ES.....	Elektrizační soustava
EU.....	Evropská unie
FK.....	Fluidní kotel
FVE.....	Fotovoltaické elektrárny
G.....	Generátor
GEO.....	Geotermální elektrárny
HDP.....	Hrubý domácí produkt
CHS.....	Chladicí stanice
CHÚV.....	Chemická úpravna vody
JE.....	Jaderná elektrárna
JEDU.....	Jaderná Elektrárna Dukovany

JETE.....	Jaderná Elektrárna Temelín
HK.....	Horkovodní kotel
K.....	Kotel
KČ.....	Kondenzátní čerpadlo
KVET.....	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla
n.....	Vyvedení uzlu transformátoru sekundárního vinutí
nn.....	Nízké napětí
N.....	Vyvedení uzlu transformátoru primárního vinutí
NČ.....	Napájecí čerpadlo
NO_x	Oxidy dusíku
NN.....	Napájecí nádrž
NT.....	Nízkotlaký díl turbíny
NTO.....	Nízkotlaký ohřívák
Nv.....	Napájecí voda
OČ.....	Oběhové čerpadlo
ODL.....	Odlučovač
OPM.....	Odběrné a předávací místo
OTČ.....	Oběhové teplovodní čerpadlo
OTE.....	Operátor trhu
OZE.....	Obnovitelné zdroje energie
O_2	Kyslík
ps 2.....	Průmyslová směs paliva
PDS.....	Provozovatel distribuční soustav
PE.....	Parní elektrárny
PPE.....	Paroplynové elektrárny
PPS.....	Provozovatel přenosové soustavy
PSE.....	Plynové a spalovací elektrárny
PVE.....	Přečerpávací vodní elektrárny
PXE.....	Energetická burza Praha (Power Exchange Central Europe)
Rn.....	Regulace otáček
Rp.....	Regulace tlaku
RV.....	Redukční ventil
R04.....	Rozvodna nn 0,4 kV

R6.....	Rozvodna vn 6 kV
S.....	Spotřebič tepla
SCZT.....	Soustava centralizované zásobování teplem
SČ.....	Směšovací čerpadlo
SEK.....	Státní energetická koncepce
SO ₂	Oxid siřičitý
SN.....	Sběrná nádrž
T.....	Turbína
T.....	Transformátor
TG.....	Turbogenerátor
TZL.....	Tuhé znečišťující látky
TUV.....	Teplá užitková voda
vk.....	Vratný kondenzát
vn.....	Vysoké napětí
vvn.....	Velmi vysoké napětí
VE.....	Vodní elektrárny
VPV.....	Vyvedení parního výkonu
VT.....	Vysokotlaký díl turbíny
VTE.....	Větrné elektrárny
VTO.....	Vysokotlaký ohřívák
y.....	Zapojení sekundárního vinutí transformátoru do hvězdy
Y.....	Zapojení primárního vinutí transformátoru do hvězdy

1 Výroba a rozvod tepla v ČR

1.1 Energetika

Pro zachování současného stavu životní úrovně a s tím souvisejícím dalším technickým rozvojem potřebuje lidstvo využívat energetické zdroje v různých formách. Na začátku lidstva bylo energetické hospodářství, tj. zajištění potřebného množství energie prováděno výhradně vlastními silami. Teprve s nástupem průmyslového rozvoje postupně přešlo do struktury uspořádání energetického hospodářství, které je shodné s jinými druhy hospodářství. Slouží tedy k zajištění uspokojivé poptávky spotřeby po určitém druhu zboží, např. elektrické energie (elektrina) nebo tepelné energie (teplo). Energetické hospodářství je vybudováno z výrobních řetězců (systémů) a z vlastní spotřeby energetických zdrojů. Energetické výrobní řetězce chápeme jako těžbu, zušlechťování, transformaci a dopravu primárních energetických zdrojů ke konečnému uživateli, který ke své činnosti tyto energetické zdroje užívá. Primární zdroje mohou mít požadovanou formu energie v podobě tepla či elektrické energie nebo jsou v ušlechtilé podobě ve formě kapalných, plynných nebo tuhých paliv dodávány ke konečné transformaci u spotřebitele. Transformační řetězce jsou zatíženy vynakládáním jistých finančních nákladů, které mají vliv na konečnou cenu prvotní suroviny vstupující do řetězce. V energetických transformačních řetězcích se projevují specifika, která jsou spojena především se zákonem o zachování energie. Každá dílčí transformace a doprava je provázena určitou účinností. Dochází tedy ke ztrátám vstupního energetického řetězce. Jak energetický systém, tak i spotřebitelský systém, jsou doprovázeny výrazným vlivem na životní prostředí. Transformace primárních zdrojů na straně výrobců pomocí zdrojů energie (kotle, turbíny, generátory atd.) a na druhé straně spotřebitelé, kteří k transformaci užitečných forem energie využívají spotřebiče (topení, osvětlení, dopravní prostředky atd.) se společně mohou podílet na tvorbě hrubého domácího produktu (HDP) anebo na pokrytí vlastní energetické spotřeby. Energetické systémy dělíme podle konečné formy energie nebo podle zdroje:

- elektroenergetický systém (elektrizační soustavu) - energetický systém pro transformaci primárních zdrojů na elektrickou energii a její dopravu ke spotřebiteli.
- teplárenský systém (teplotační soustavu) - systém pro transformaci primárních zdrojů na teplo a jeho dopravu ke spotřebiteli.
- plynofikační systém (plynofikační soustavu) - systém pro zásobování spotřebitelů plynnými palivy.

Obecně lze tyto systémy nazvat soustavy zásobováním elektřinou, teplem a plynem. Podle uvážení si mohou zřizovat spotřebitele své vlastní energetické systémy, které jim budou sloužit k pokrytí požadované spotřeby energetické formy.

V zásadě podle geografického rozložení mezi výrobou a spotřebou lze také dělit energetické systémy dodávky energie na:

- **Centralizované systémy (dálkové)**

Takové systémy využívají ekonomické výhody výroby ve velkých výrobnách. Velikost produkce má pozitivní vliv na snížení celkových nákladů. Pokud jsou navíc energetické výroby umístěné v blízkosti výskytu primárních zdrojů, odpadají náklady na dopravu suroviny a primární zdroj je transformován na formu energie, která je pro dopravu ke konečnému spotřebiteli nejvýhodnější.

- **Decentralizované systémy (lokální)**

Jsou umístěné v místě požadované spotřeby. Jejich provoz mohou zajišťovat jak energetičtí výrobci, tak samotní spotřebitelé. Spotřebitelé v těchto soustavách si zajišťují vlastní výrobu požadované formy energie z nakoupených energetických zdrojů od dodavatelů nebo z vlastních primárních zdrojů. Výhodou tohoto způsobu výroby jsou malé vzdálenosti pro dopravu konečné formy energie ke spotřebiči. Nemusí se zřizovat rozsáhlé distribuční sítě, kde hlavně u sítí tepelných vznikají při dopravě velké ztráty. Takový systém může mít také nižší investiční a provozní náklady a může mít i menší vliv na životní prostředí. [1]

1.2 Teplárenství

Výrobou, rozvodem a spotřebou tepla se zabývá odvětví energetiky, které se nazývá teplárenství. Teplárenství je společně s elektrárenstvím a plynárenstvím v energetické legislativě vnímáno jako síťové energetické odvětví. Pojem teplárenství lze tedy chápat jako průmyslový obor, který má zabezpečit zásobování spotřebitelů teplem. Teplárenství lze vnímat jako technologii založenou na kombinované výrobě elektřiny a tepla (KVET), která přináší mnoho výhod, zejména ekonomických s příznivým dopadem na ekologii. Způsobů zásobování teplem je mnoho, dělíme je podle primárních zdrojů a podle velikosti systému.

Energetické zdroje tepla dělíme podle umístění na:

- decentralizované zásobování teplem (DZT) – zdroj tepla v místě spotřeby,
- centralizované zásobování teplem (CZT) – zdroj, případně více zdrojů zásobují více než jeden objekt spotřeby pomocí tepelných sítí, které jsou z části vedené volným prostorem.

Zdroje centralizovaného zásobování teplem jsou v podstatě:

- teplárny – kombinovaná (současná) výroba elektřiny a tepla (KVET),
- výtopny – samostatná výroba tepla (bez výroby elektřiny). [2], [3]

1.2.1 Vývoj teplárenství

Velké nároky na zajištění dostatečného množství energie v České republice souvisí s vysokým stupněm industrializace a urbanizace. S postupným rozvojem infrastruktury se vyvíjelo i teplárenství. Tento vývoj začal získáváním tepla od původních lokálních topenišť v jednotlivých místnostech bytů, přes malé kotelny v domech a následně skupiny domů, až po současný stav centralizovaného zásobování teplem. Současně s tím se rozvíjely soustavy pro průmysl. Vývoj teplárenství lze rozdělit do několika období:

- **I období - počátky teplárenství**

Konec 19. století – využití výfukové páry z parních strojů pro technologie a vytápění továren (textilky, papírny, cukrovary),

1895 - v Praze Karlíně se stejnosměrná elektrárna stala zdrojem tepla pro školu a radnici, teplo bylo dodáváno párou o tlaku 0,35 MPa,

1900 - v Praze Holešovicích již střídavá elektrárna dodávala menší množství páry pro spotřebitele v okolí,

1919 – 1920 - v Ústí nad Labem vznikla první městská teplárna, jednalo se na tu dobu o velmi pokrokové řešení, kdy se původní elektrárna přestavěla a byly instalovány dva nové kotle a odběrová turbína,

1922 - v tomto roce dodávala teplárna v Ústí nad Labem páru o tlaku 1,45 MPa, tento trend následovalo několik dalších měst jako Krnov, Mariánské Lázně a Praha Holešovice,

1930 – nejmodernější teplárna v Evropě byla uvedena do provozu v Brně, jednalo se o teplárnu s práškovými hořáky a centrální mlýnicí s parametry páry na vstupu do turbíny 6,4 MPa a 480 °C, tento trend následovaly město Karlovy Vary, spalovna Praha Vysočany a městské elektrárny s dodávkou páry v Kolíně, Náchodě, Dačicích, Pardubicích, Ostravě

a Teplicích,

1937 – prvenství v teplárenství si udržovaly teplárny v Brně a Praze Holešovicích, v těchto teplárnách byl instalován kotel typu Löffler s parametry páry 13 MPa a 480 °C, na strojovně byly osazeny dvě protitlaké turbíny o výkonu 6 MW, obě teplárny měly poměrně vysoký podíl výroby elektřiny s rozvodem tepla.

Rychle rozvíjející teplárenství založené na dodávce tepla v páře pomocí parních napáječů o vysokém tlaku páry 0,7 až 1,4 MPa vedly k následným potížím. Protože tyto parametry páry snižují podíl elektřiny z kombinované výroby tepla a elektřiny.

- **II období – poválečné teplárenství**

Teplárenství po druhé světové válce zaznamenalo největší rozvoj tepelných soustav. Tento rozvoj byl především způsoben orientací národního hospodářství na energeticky náročný průmysl, kterým bylo hutnictví a strojírenství. Svůj vliv mělo také zvyšování energetické spotřeby související s koncentrací pracovních sil v průmyslových oblastech. V jistém směru k tomu přispívala i integrace regionálních elektrizačních soustav do jednotné propojené soustavy, která vyžadovala výstavbu nových systémových elektráren, ty byly zároveň významným zdrojem tepla pro SCZT. Velký vliv měla výstavba sídlišť s energeticky náročnými budovami pro velkou koncentrací obyvatel. Politika levné a dostupné energie s ukazateli hospodářské vyspělosti země v závislosti na spotřebě energie na obyvatele, byla pohonem rozvoje teplárenství. Důsledek tohoto vývoje bylo budování rozsáhlých SCZT, hlavně v průmyslových a vysoce urbanizovaných oblastech. Tyto značně rozšířené SCZT z dnešního pohledu hodnotíme jako soustavy s nízkou úrovní tepelných sítí, vyznačujících se malým podílem výroby elektřiny a nízkou úrovní tepelných sítí, které tvoří parní sítě s vysokým provozním tlakem páry a horkovodní sítě s vysokou jmenovitou teplotou topné vody až 180/90 °C.

- **III. období – 70. a 80. léta**

Počátky tohoto období byly poznamenány nedostatkem investičních prostředků a stavbou satelitních panelových sídlišť s okrskovými výtopenskými zdroji tepla na ušlechtilá paliva jako jsou topný olej a zemní plyn. Toto řešení bylo levné, ale energeticky velmi náročné, navíc bez měření a kvalitní regulace. Ve světě měla vliv na teplárenství první a druhá energetická krize v 70. letech, která byla v zemích s tržním hospodářstvím silným impulsem pro zásadní změny v teplárenství. V České republice se však krize projevila mnohem méně a

se zpožděním. Důvodem byla těžkopádnost plánovitého státního hospodářství, ale také to, že teplárenství bylo založeno především na levném, ale nekvalitním tuzemském uhlí a cena zemního plynu k nám dodávaná z bývalého Sovětského svazu byla odvozena z průměrných světových cen za předešlé pětileté období. Tyto důvody vedly v České republice ke změně koncepce teplárenství. Začátkem 80. let se začala energetika orientovat na jadernou energetiku, protože jsme v ČSSR byli schopni stavět jaderné elektrárny na světové úrovni. V této době bylo zpracováno několik projektů a studií v oblasti teplárenství, kdy mělo být teplo distribuováno především z jaderných elektráren na velké vzdálenosti.

- JEDU (Dukovany) - teplo do Brna – cca 42 km,
- JETE (Temelín) - teplo do Českých Budějovic a Písku, s touto lokalitou byla zpracována další studie řešící dopravu tepla do Prahy na vzdálenost asi 120 km,
- JE Střední Morava - teplo ostravské aglomerace,
- JE Tetov ve východních Čechách – teplo do Prahy, Kolína, Hradce Králové, Pardubic a Chrudimi,
- EME (Mělník) – teplo do Prahy na vzdálenost 25 km.

Kromě posledně zmiňovaného projektu vyvedení tepla z uhelné Elektrárny Mělník do Prahy nebyly žádné projekty realizovány z důvodu událostí po listopadu 1989, kdy došlo k zásadním politickým a ekonomickým změnám.

• IV. období - přelom století

V tomto období došlo k útlumu v budování nových SCZT. Nutno říct, že v této době české teplárenství prodělalo značné změny v technické a energetické úrovni. Vybudovaly se nové teplárny na bázi spalovacích motorů, spalovacích turbín a paroplynové s vysokým podílem výroby elektřiny. U původních teplárenských zdrojů došlo k modernizaci, která se příznivě projevuje v energetické účinnosti, ale také v oblasti ekologie. To vede k podstatnému snížení TZL, SO₂, CO₂ a NO_x. V oblasti SCZT došlo ke zvýšení úrovně tepelných sítí použitím nových technologií rozvodů pomocí předizolovaného potrubí s trvalou diagnostikou stavu tepelné izolace. Pro regulaci průtoku topného média je využíváno čerpadel se změnou otáček pomocí frekvenčních měničů. V celém teplárenském odvětví došlo ke zvýšení úrovně měření a vyhodnocování provozních režimů. V důsledku toho může být celá SCZT lépe řízena. [2], [4]

1.3 Legislativa v teplárenství

Národní legislativa ČR v oblasti energetiky vychází z legislativy EU. V obou legislativách je kladen důraz na bezpečnost dodávek energie, udržitelnost energetického hospodářství a konkurenceschopnost. Tyto požadavky lze naplnit za předpokladu splnění základních kritérií:

- funkční a stabilní energetický trh,
- podpora úspor energie konečných spotřebitelů se současnou podporou zvyšování účinností energetických transformací,
- podpora obnovitelných zdrojů energie,
- minimalizování negativních dopadů na životní prostředí při provozu energetiky.

V ČR je naplnění těchto požadavků shrnuto do zákonů, vyhlášek a ostatních právních dokumentů, kterými jsou:

- zákon č. 458/2000 Sb. – o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích (energetický zákon), ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 406/2000 Sb. – o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 165/2012 Sb. – o podporovaných zdrojích energie a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší, ve znění pozdějších předpisů,
- zákon č. 526/190 Sb. o cenách, ve znění pozdějších předpisů,
- vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 436/2013 Sb. o způsobu regulace cen a postupech pro regulaci cen v elektroenergetice a teplárenství,
- vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 59/2012 Sb. o regulačním výkaznictví,
- vyhláška Energetického regulačního úřadu č. 210/2011 Sb. o rozsahu, náležitostech a termínech vyúčtování dodávek elektřiny, plynu nebo tepelné energie a souvisejících služeb,
- cenové rozhodnutí Energetického regulačního úřadu k cenám tepelné energie, které dodavatelům tepelné energie určují podmínky pro kalkulaci a sjednání cen tepelné energie v příslušném kalendářním roce. [5], [6], [7]

1.4 Statistika v teplárenství

Na tomto místě bych rád uvedl několik údajů o teplárenství v České republice. Podle údajů Teplárenského sdružení České republiky se v roce 2011 spotřebovalo 147 134 TJ tepla bez tepla potřebného na výrobu elektřiny, z toho v domácnostech 46 657 TJ a v průmyslu

87 305 TJ. Při výrobě tepla bylo spotřebováno 31 % paliva v energetice, z toho 68 % zdrojů paliv pro SCZT pocházelo z tuzemska. V České republice bylo zásobováno teplem pomocí 10 000 km tepelných sítí v SCZT 1,48 milionu domácností, což představuje podíl 38,1 % všech obyvatel. Jen 10 největších společností se na celkové výrobě tepla podílí 71%, to je teplo pro 1 045 500 bytů. Celkový počet zdrojů vyrábějících teplo v SCZT je 2 000 a z toho 1 800 zdrojů nad 5 MW_t. Naproti tomu ostatních zdrojů od 0,2 do 5 MW_t je evidováno u nás 17 000. V Tab. 1.1 je podíl na vytápění bytů v letech 2001 a 2011 podle způsobu vytápění. [8]

Tab. 1.1 podíl zdroje vytápění bytů podle způsobu v letech 2001 a 2011 (převzato z [8])

	POČET BYTŮ		PODÍL NA VYTÁPĚNÍ %		ZMĚNA 2001 - 2011	
	2001	2011	2001	2011	bytů	[%]
Bytů celkem	3 827 700	3 895 000			67 300	
Dřevo	167 400	293 700	4,37	7,54	126 300	75,5
Uhlí	575 000	346 000	15,02	8,88	-229 000	-40,0
Pevná celkem	742 400	639 700	19,40	16,42	-102 700	-13,8
Zemní plyn	1 400 000	1 470 000	36,58	37,74	70 000	5,0
Elektřina	275 000	300 000	7,18	7,70	25 000	9,1
Teplárny	1 410 300	1 485 300	36,84	38,13	75 000	5,3

Z údajů zveřejněných ERU ve vyhodnocení cen tepla v jednotlivých letech u licencovaných subjektů byla zpracována následující Tab. 1.2, ve které je shrnuta výroba tepla s rozlišením druhu paliva v letech 2009 - 2014. Z těchto údajů je zřejmé, že na celkové dodávce tepla se největší měrou podílí uhlí a následně zemní plyn. [9]

Tab. 1.2 Výroba tepla z rozlišením paliva (převzato z [9])

		2009	2010	2011	2012	2013	2014
Celkem	[PJ]	142,4	157,2	140,3	148,3	148,6	128,3
Uhlí	[PJ]	96,1	106,5	92,5	97,6	97,8	82,4
Zemní plyn	[PJ]	27,8	31,2	27,3	29,5	29,9	25,0
Biomasa a OZE	[PJ]	4,6	5,7	5,4	6,3	6,5	7,4
Topné oleje	[PJ]	3,2	2,4	1,8	1,1	0,5	0,3
Jiná paliva	[PJ]	10,7	11,4	13,4	13,8	13,9	13,2

1.5 Teplo a člověk

1.5.1 Tepelná pohoda člověka

Člověk je ovlivněn mnoha faktory prostředí, ve kterém žije a je s ním neustále v interakci. Jedním z těchto faktorů je i vliv tepla, bez kterého by život na Zemi neexistoval. O zajištění příznivých tepelných poměrů v období, kdy je venkovní teplota nižší než

požadovaná teplota v místnosti, se stará vytápění. Jde tedy o to, aby člověk, který se nachází ve vytápěné místnosti, byl tímto prostředím příznivě ovlivňován a nedocházelo k pocitu chladu nebo naopak horka. Stav, kdy je dosaženo příznivých tepelných poměrů, nazýváme tepelná pohoda člověka. Tento pocit je v podstatě dán rovnováhou tepelného režimu člověka, nutnou k udržení stálé vnitřní teploty těla 37 °C. U každého jedince je tento pocit vnímán jinak a je ovlivňován jeho stářím, zdravotním stavem a druhem činnosti, kterou vykonává. V lidském těle dochází neustále k látkovým přeměnám, při kterých se uvolňuje určité množství tepla. Uvolněné teplo je závislé na intenzitě fyzické námahy a na hmotnosti člověka. Toto teplo musí být odváděno do okolí. K ochlazování lidského těla dochází vedením, prouděním, sáláním a mimo toho také vypařováním potu a dýcháním. Pokud člověk vykonává malou fyzickou námahu tak je větší část tepla z povrchu těla odváděna prouděním a sáláním. Jde o suché ochlazování těla. V okamžiku, kdy stoupne teplota okolí nad určitou mez a nebo stoupne produkce tepla a organismus se nedokáže ochladit pomocí suchého ochlazování, je teplo odváděno vypařováním. Jedná se pak o mokré ochlazování. Podmínku tepelné rovnováhy lze obecně vyjádřit:

$$\Phi_M = \Phi_V + \Phi_D + \Phi_K + \Phi_S \quad [\text{W}] \quad (1.1)$$

kde:

- Φ_M vnitřní produkce tepla [W],
- Φ_V tepelný tok odváděný vypařováním [W],
- Φ_D tepelný tok odváděný dýcháním [W],
- Φ_K tepelný tok odváděný konvekcí (prouděním) [W],
- Φ_S tepelný tok odváděný sáláním [W].

Protože člověk své tělo chrání oděvem a tudíž tepelný tok konvekcí a sáláním jím prochází a až na vnějším povrchu dochází k přestupu tepla do jeho okolí. Přejde rovnice tepelné rovnováhy na tvar:

$$\Phi_M - \Phi_V - \Phi_D = \alpha * S * (T_h - T_r) = \Phi_K + \Phi_S \quad [\text{W}] \quad (1.2)$$

kde:

- α tepelná propustnost oděvu [$\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$],
- S plocha povrchu těla [m^2],
- T_h teplota povrchu těla [K],
- T_r teplota povrchu oděvu [K]. [10]

1.5.2 Tepelný stav prostředí

Na tepelný stav prostředí uvnitř budov má vliv několik faktorů, které ovlivňují tepelnou pohodu člověka. Patří sem stupeň fyzické námahy, která je prezentována vnitřní produkcí tepla Φ_M , tepelně izolační vlastnosti oděvu, což je reprezentováno tepelnou propustností oděvu α , teplota okolního vzduchu ϑ_v , účinná teplota okolních ploch ϑ_p , rychlost proudění vzduchu a relativní vlhkost vzduchu. Veličiny jako ϑ_v , ϑ_p , rychlost proudění a relativní vlhkost vzduchu jsou určující pro tepelný stav prostředí, který má vliv na člověka. Protože posuzovat tepelný stav prostředí pomocí všech veličin je složité, vyjadřujeme tepelný stav prostředí jednou veličinou, kterou snadno určíme. Touto veličinou je výsledná teplota vzduchu ϑ_i v oblasti, kde se člověk nachází. V případě, že se jedná o prostor, kde proudění vzduchu je malé a účinná teplota okolních ploch ϑ_p se jen málo liší od teploty okolního vzduchu ϑ_v , je výsledná teplota ϑ_i s teplotou vzduchu ϑ_v shodná a lze jí považovat za dostatečnou pro určení tepelného stavu prostředí. Protože však z důvodu různých způsobů vytápění a ochlazování okolních ploch jsou veličiny v různých oblastech rozdílné, je třeba proto najít místo, kde budeme teplotu vzduchu ϑ_v posuzovat. Je důležité sledovat vertikální rozložení teplot vzduchu ve vytápěném prostoru. Pro příjemný pocit a tedy tepelnou pohodu je rozhodující rozdíl teplot v oblasti nohou, tedy ve výšce 0,1 m nad podlahou, a v úrovni hlavy ve výšce 1,7 m nad podlahou. Pokud mluvíme o optimálním rozložení teplot, pak teplota v místě nohou je přibližně 21 °C a teplota ve výšce hlavy stojícího člověka přibližně 19 °C. Rozdíl by neměl být větší než 2,0 °C u stojícího a 1,5 °C u sedícího člověka. Protože i teplota okolních ploch není ve všech oblastech stejná, zavádí se jedna společná veličina, a to účinná teplota okolních ploch ϑ_p . Ta je definována jako společná teplota všech okolních ploch ϑ_j , kde by tepelný tok mezi povrchem těla a okolními plochami byl stejný jako ve skutečnosti. Za předpokladu, že se teploty jednotlivých ploch příliš neliší, platí vztah:

$$\vartheta_p = \sum_{j=1}^n \varphi_j * \vartheta_j \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1.3)$$

kde:

φ_j jsou poměry osálení jednotlivých okolních ploch plochou lidského těla [-],

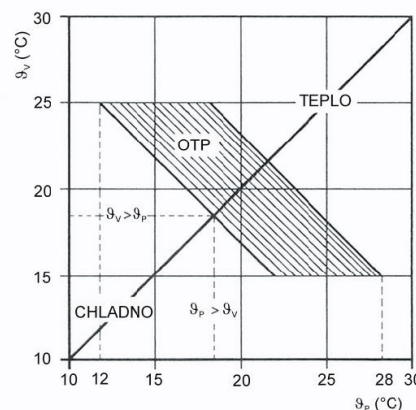
ϑ_j jsou teploty okolních ploch [°C].

Z toho vyplývá, že účinná teplota je závislá na okolních plochách a na poměru osálení vztahnému k povrchu lidského těla. V praxi se používá určitého zjednodušení a hodnoty se vztahují k elementární kouli, tj. bodu umístěnému uprostřed místnosti. Výslednou teplotu

prostředí dosáhneme při určitém zjednodušení, kdy vycházíme ze vztahu pro tepelnou rovnováhu k povrchu těla S v závislosti na tepelných tocích a součinitelů prostupu tepla konvencí a sáláním jsou si rovny při malé rychlosti proudění vzduchu menším jak $0,3 \text{ m/s}$, dostáváme výslednou teplotu prostředí k zajištění tepelné pohody:

$$\vartheta_i = 0,5 * \vartheta_v + 0,5 * \vartheta_p \quad [^\circ\text{C}] \quad (1.4)$$

Z předešlého vztahu vychází, že při dané vnitřní produkci tepla a propustnosti oděvu, závisí tepelná pohoda člověka na poměru účinné teploty okolních ploch ϑ_p a teploty vzduchu ϑ_v , který však nesmí být libovolný. Za předpokladu požadavku výsledné teploty ϑ_i v rozmezí $18,5 - 21,5 \text{ }^\circ\text{C}$, by měla být teplota vzduchu ϑ_v v rozmezí $15 - 25 \text{ }^\circ\text{C}$ a teplota okolních ploch ϑ_p se pohybovala v rozmezí $15 - 28 \text{ }^\circ\text{C}$. Oblast, která vyhovuje této podmínce je na Obr. 1.1 vyšrafovaná a jedná se o oblast tepelné pohody. [10]



Obr. 1.1 Oblast tepelné pohody (převzato z [10])

1.6 Spotřeba tepla

Pro správné fungování teplotního odvětví, které má zabezpečit teplo zákazníkům, je znalost spotřeby tepla jedním ze vstupních údajů pro plánování SCZT. spotřebu tepla lze charakterizovat podle toho, jestli je či není závislá na venkovní teplotě ovzduší t_z . V prvním případě se jedná o spotřebu tepla závislou na venkovní teplotě ovzduší, to souvisí především s tepelnou pohodou člověka a tepelným stavem prostředí (vytápění, větrání, klimatizace). Ve druhém případě jde o spotřebu tepla prakticky nezávislou na venkovní teplotě ovzduší. Pojem „prakticky nezávislá“ vychází z faktu, že i tato spotřeba tepla je do značné míry závislá na teplotě ovzduší, ale vliv teploty není tak výrazný (průmyslová produkce). Další hledisko je, zda jde o výrobní oblast (továrny, dílny) nebo nevýrobní oblast (obytné oblasti, občanská vybavenost a služby). Spotřebu tepla lze charakterizovat:

- velikostí maximálního požadovaného příkonu Q_{max} [MW],
- časovým průběhem příkonu Q [MW] (denní, týdenní, měsíční a roční diagram spotřeby),
- dobou využití τ_{max} [h/r]. [3]

1.6.1 Teplo pro vytápění

Spotřeba tepla pro vytápění se týká velkého počtu budov s různým stářím, technickým stavem a různou tepelně izolační úrovní. U vytápěných objektů lze spotřebu tepla pro pokrytí tepelných ztrát přesně určit výpočtem podle ČSN 06 0210 – výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění. Tato norma uvádí výpočet pro nejnižší venkovní výpočtovou teplotu t_z v dané oblasti. Pro určené oblasti a klimatické podmínky v ČR jsou zavedeny venkovní výpočtové teploty:

$$t_z = -12; -15; -18 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Dalším ze způsobů výpočtu je zkrácený výpočet podle téže normy a to v případě, že není znám výpočet tepelných ztrát. Pak se určuje přestup tepla jen z vnějšího ochlazovaného pláště. Pro účely plánování a předběžné projekce lze určit maximální tepelný příkon pro vytápění ze vztahu:

$$Q_{ov} = q * V * (t_v - t_z) * 10^{-3} \quad [kW] \quad (1.5)$$

kde:

- V obestavěný prostor objektu [m^3],
- q tepelná charakteristika objektu [$W/m^3^\circ\text{C}$],
- t_v průměrná teplota uvnitř vytápěných objektů [$^\circ\text{C}$],
- t_z nejnižší oblastní venkovní teplota (výpočtová) [$^\circ\text{C}$].

Tepelná charakteristika objektu se velmi liší a to v rozsahu $q = 0,2$ až $0,8 \text{ } W/m^3^\circ\text{C}$, protože je ovlivněna tepelně technickým provedením objektu a velikostí obestavěného prostoru. Pro předběžné a velmi hrubé bilance SCZT je v rámci plánování výstavby možno stanovit tepelný příkon dané oblasti v závislosti spotřeby tepla na průměrný byt. Při této metodě je nutné přičíst 25 až 30 % příkonu pro občanskou vybavenost. Další z aspektů, které je nutno zohlednit, je způsob vytápění tak, aby soustava byla schopná reagovat na přerušované vytápění, kdy dochází při najíždění do komfortního režimu po době útlumu ke zvýšené spotřebě oproti trvalému vytápění. Protože venkovní a vnitřní teplota se v průběhu roku mění, dochází i ke změně tepelného příkonu. V ustáleném stavu lze napsat:

$$Q_v = Q_{ov} * \frac{t_{vx} - t_{zx}}{t_v - t_z} \quad [kW] \quad (1.6)$$

kde:

t_{vx} vnitřní teplota [°C],

t_{zx} venkovní teplota [°C] .

Pro určení začátku a konce topné sezóny je určující vyhláška 194/2007 Sb, podle které topné období začíná 1. září a končí 31. května následujícího roku. V topném období se začne s dodávkou tepla, když denní průměrná teplota klesne pod +13 °C ve dvou dnech po sobě následujících a nelze předpokládat zvýšení teploty nad +13 °C. Průměrná denní teplota se určuje přibližně ze vztahu:

$$t_{zs} = \frac{t_7 + t_{14} + 2 * t_{21}}{4} \quad [°C] \quad (1.7)$$

kde: indexy značí hodinu, v níž se venkovní teplota měří.

V určité oblasti je dána roční spotřeba tepla na vytápění křivkou ročního průběhu trvání teplot, kterou je nutno určit minimálně z třicetiletého průměru v dané oblasti. Pokud tyto hodnoty nejsou k dispozici, lze vycházet ze zobecněné státní křivky venkovních teplot v ČR, která je znázorněná na Obr. 1.2. V nepřetržitém režimu se dá určit spotřeba tepla ze vztahu:

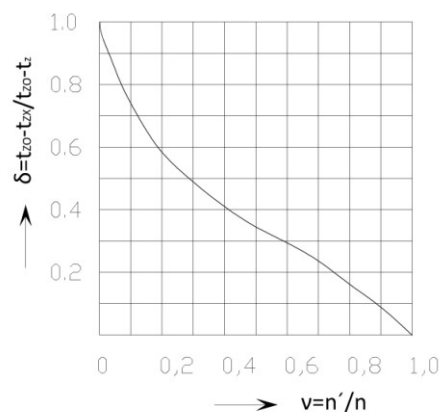
$$Q_{ov,r} = 3,6 \cdot 10^{-3} * q * V * (\bar{t}_v - \bar{t}_z) * 24 * d \quad [MJ/r] \quad (1.8)$$

kde:

\bar{t}_v střední roční vnitřní teplota (pro obytné objekty obvykle +18 °C) [°C],

\bar{t}_z střední venkovní teplota v topném období [°C],

d počet dnů v otopném období [-].



Obr. 1.2 Zobecněná celostátní křivka venkovních teplot ovzduší (překresleno z [2])

kde:

t_z nejnižší (výpočtová teplota [$^{\circ}\text{C}$],

t_{zx} teplota ovzduší $t_{zx} > t_z$ [$^{\circ}\text{C}$],

t_{zo} teplota při níž začíná topné období [$^{\circ}\text{C}$],

n' délka trvání teplot nižších než t_{zx} [-],

n délka trvání topného období podle padesátiletého průměru [-].

Spotřebu tepla lze určit také pomocí gradenové metody (denostupňové):

$$Q_{ov,r} = \frac{3,6 * \varepsilon * Q_{ov} * 24 * D_r}{t_v - t_z} \quad [\text{MJ}/r] \quad (1.9)$$

kde:

ε součinitel vyjadřující nesoučasnost použitých přírážek při výpočtu Q_{ov} a má hodnotu přibližně:

$\varepsilon = 0,6$ těžké stavby občas vytápěné [-],

$\varepsilon = 0,9$ lehké stavby [-],

$\varepsilon = 1,0$ nepřetržité vytápění [-].

Počet denostupňů (gradenů) je:

$$D_r = (\bar{t}_v - \bar{t}_z) * d \quad [D^{\circ}] \quad (1.10)$$

V klimatických podmínkách ČR se pohybuje hodnota $D_r = 2800$ až $4100 D^{\circ}$.

Roční doba využití maxima spotřeby tepla je dána vztahem:

$$\tau_{max} = \frac{Q_{ov,r}}{3,6 * Q_{ov}} = \frac{24 * \varepsilon * D_r}{t_v - t_z} \quad [h/r] \quad (1.11)$$

Příkon vnitřních zdrojů tepla se obvykle u obytných a některých veřejných budov zanedbává. To však neplatí u průmyslových budov a některých veřejných budov a je proto nutno s nimi počítat podle vztahu:

$$Q_{pv} = q_p * V * (t_x - t_z) * 10^{-3} \quad [kW] \quad (1.12)$$

kde:

t_x teplota vzduchu ve vytápěném objektu, při níž jsou tepelné ztráty v rovnováze, s tepelnými zisky z vnitřních zdrojů Q_{vyb} [$^{\circ}\text{C}$],

q_p tepelná charakteristika průmyslových budov [$\text{W}/\text{m}^3\text{C}$],

kde:

$$t_x = t_v - \frac{Q_{vyb}}{q_p * V} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (1.13)$$

U průmyslových budov se roční spotřeba tepla pro vytápění určí ze vztahu:

$$Q_{pv_r} = 3,6 \cdot 10^{-3} * q_p * V * (\bar{t}_v - \bar{t}_z) * 24 * d * (1 - \psi_r) \quad [\text{MJ}/r] \quad (1.14)$$

kde:

ψ_r část roční spotřeby tepla pro vytápění hrazená teplem z vnitřních zdrojů:

$$\psi_r = \frac{Q_{vyb}}{Q_{pv}} \quad [-] \quad (1.15)$$

[2], [11]

1.6.2 Teplo pro větrání

Tepelný příkon potřebný k větrání je závislý na intenzitě výměny vzduchu ve větraném prostoru a je dán vztahem:

$$Q_{ve} = \frac{n_v * V_{ve} * (t_o - t_s)}{3600} \quad [\text{kW}] \quad (1.16)$$

kde:

n_v násobnost výměny vzduchu za hodinu [h^{-1}],

V_{ve} objem větraného prostoru [m^3],

c_{pv} měrné teplo vzduchu při konstantním tlaku vztažené na $1m^3$ [$\text{kJ}/m^3\text{^{\circ}C}$],

t_o teplota ohřátého vzduchu přiváděného do větraného prostoru [$^{\circ}\text{C}$],

t_s teplota vzduchu před ohřívákem (při 100 % výměně vzduchu je $t_s = t_z$, při směšovací větrání je $t_s > t_z$ [$^{\circ}\text{C}$]).

Příslušné zdravotní normy určují násobnost výměny vzduchu, který je znečištěn škodlivinami. Protože při větrání se v budovách neuplatňuje příznivá akumulace tepla, má spotřeba tepla pro větrání špičkový charakter. Takový charakter spotřeby by byl v období nejnižších teplot u budov s nutností intenzivního větrání technicky i ekonomicky nepřijatelný, proto se v tomto období násobnost snižuje a nedochází k plné výměně vzduchu. Roční spotřeba tepla na větrání je dána vztahem:

$$Q_{ve_r} = 3,6 * Q_{ve} * h = \bar{n} * V_{ve} * c_{pv} * (\bar{t}_o - \bar{t}_s) * \tau_{ve} * 10^{-3} \quad [\text{MJ}/r] \quad (1.17)$$

kde:

h je doba využití maxima spotřeby tepla pro větrání [h/r],

- \bar{n} střední roční násobnost výměny vzduchu [–],
 \bar{t}_o střední roční teplota vzduchu přiváděná do větraného prostoru [°C],
 \bar{t}_s střední roční teplota před ohřívákem [°C],
 τ_{ve} roční doba provozu větrání [h/r].

Spotřeba tepla pro větrání se obvykle zanedbává v obytných objektech, protože se počítá s tím že je poměrně malá a je vyrovnána teplem z vnitřních zdrojů. Ztráta tepla infiltrací je respektována výpočtem podle ČSN 06 0210. [2]

1.6.3 Teplo pro klimatizaci

Spotřebu tepla v zimních měsících pro klimatizaci můžeme srovnat se spotřebou tepla pro větrání, jen s tím rozdílem, že je nutno připočítat teplo potřebné k vlhčení vzduchu.

$$Q_x = m_v * r \quad [kW] \quad (1.18)$$

kde:

m_v množství vlhčeného vzduchu [kg/s],

r výparné teplo vody [kJ/kg].

Takže tepelný příkon pro klimatizaci je:

$$Q_k = Q_{ve} + Q_x \quad [kW] \quad (1.19)$$

Naproti tomu v letním období klimatizace teplo z objektu odvádí a k tomuto účelu se běžně teplo z teplotních zdrojů nevyužívá a proto není třeba se v tomto případě zabývat velikostí příkonu pro chlazení. [2]

1.6.4 Teplo pro teplou užitkovou vodu (TUV)

U obytných a veřejných budov, případně bloků, které jsou tvořeny budovami shodného charakteru, se určuje spotřeba tepla pro zásobování teplou užitkovou vodou z průměrného týdenního příkonu pomocí vztahu:

$$\bar{Q}_{TUV}^t = \frac{a * b * (60 - t_{szv}) * c_v}{3600 * \tau_d} \quad [kW] \quad (1.20)$$

kde:

a normovaná denní spotřeba teplé užitkové vody (TUV) v kg na měrnou jednotku (v obytných domech 50 až 130 kg/ os., v nemocnicích 200 až 250 kg/ lůžko),

b množství měrných jednotek vzhledem k 24 hod,

t_{sv} teplota studené vody v zimním období (5 až 10 °C) [°C],

τ_d počet pracovních hodin soustavy zásobování TUV za den (pro obytné domy, hotely, internáty, nemocnice, školky je $\tau_d = 24$) [h].

Maximální střední denní příkon v týdnu je dán vztahem:

$$\bar{Q}_{TUV} = K_d * \bar{Q}_{TUV}^t \quad [kW] \quad (1.21)$$

kde:

K_d součinitel denní nerovnoměrnosti za týden (obvykle $K_d = 1,2$) [-].

U průmyslových závodů, sídlišť a mikrorajonů při zásobování TUV se určuje dále maximální tepelný příkon daný vztahem:

$$Q_{TUV}^{max} = K_h * \sum Q_{TUV}^t \quad [kW] \quad (1.22)$$

kde:

K_h součinitel nerovnoměrnosti za týden, obvykle bývá $K_h = 1,7$ až $2,0$ [-].

Maximální roční spotřeba tepla pro zásobování TUV je dána vztahem:

$$Q_{TUV}^r = 24 * 3,6 * \left[n + 0,8 * (350 - n) * \frac{60 - t_{sv1}}{60 - t_{svz}} \right] * \bar{Q}_{TUV}^t \quad [MJ/r] \quad (1.23)$$

kde:

0,8 součinitel vyjadřující snížení TUV v letním období proti zimnímu období [-],

t_{sv1} teplota studené vody v letním období bývá $t_{sv1} = 15$ °C [°C],

n počet dnů v topné sezóně [-]. [2]

1.6.5 Teplo pro technologické účely

Pokud je třeba určit teplo pro technologii určité výroby, je třeba vycházet z měrných spotřeb tepla. Pokud se uvažuje jednotkové množství určitého výrobku při hodinové produkci výrobku N_{Ti} , je příkon tepla pro výrobek dán vztahem:

$$Q_{Ti} = \frac{q_{Ti} * N_{Ti}}{3600} \quad [kW] \quad (1.24)$$

Tepelný příkon, který je potřeba pro výrobu všech výrobků je dán vztahem:

$$Q_T = \chi_T * \sum_{i=1}^v Q_{Ti} \quad [kW] \quad (1.25)$$

kde:

χ_T soudobost tepelného zatížení [-],

ν počet výrobků [ks].

Spotřebované teplo za směnu:

$$Q_T^s = 3,6 * b * Q_T * \tau_s \quad [MJ/směna] \quad (1.26)$$

kde:

τ_s počet hodin za směnu [h],

b součinitel průměrného výrobního vytížení směny [-].

Potřeba tepla za rok je dána vztahem:

$$Q_T^r = Q_T^s \cdot n_s \quad [MJ/r] \quad (1.27)$$

kde:

n_s počet směn za rok [-].

[2]

1.6.6 Tepelné ztráty

Pokud je nutné vyjádřit spotřebu tepla na prahu tepelného zdroje, musí se k tepelnému příkonu jednotlivých spotřebitelů přičíst také tepelné ztráty v tepelných sítích a v předávacích stanicích. Účinnost kvalitně provedených tepelných sítí se pohybuje v rozsahu 96 – 98 %. Pokud však tepelné sítě nejsou kvalitně provedené a udržované, především se jedná o parní sítě, pak jejich účinnost bývá mnohem nižší. Účinnost takového rozvodu tepla je dána vztahem:

$$\eta_r = \eta_{ts} * \eta_p \quad [-] \quad (1.28)$$

Ztráty jsou dány vztahem:

$$z = 1 - \eta_r \quad [-] \quad (1.29)$$

kde:

η_{ts} účinnost tepelných sítí (0,96 až 0,98) [-],

η_p účinnost předávacích stanic (0,99) [-].

Tepelné ztráty jsou vyjádřeny vztahem:

$$Q_z = z * Q = (0,03 \text{ až } 0,05) * Q \quad [kW] \quad (1.30)$$

z čehož plyne vztah pro příkon na prahu zdroje:

$$Q_c = (1 + z) * Q = (1,03 \text{ až } 1,05) * Q \quad [kW] \quad (1.31)$$

Z toho je patrné, že tepelné ztráty sice zvyšují nárok na maximální tepelný výkon málo, ale pokud je vyjádřen podíl ročních tepelných ztrát na spotřebě tepla, který je závislý na

využití tepelné sítě je mnohem větší. Tepelné sítě jsou často zatěžovány méně než je jejich maximální výkon. Pro roční tepelné ztráty lze psát vztah:

$$Q_z^r = \sigma * Q_z * \tau = \sigma * z * Q * \tau \quad [\text{M}]/\text{r} \quad (1.32)$$

a v poměrné hodnotě:

$$z_r = \frac{Q_z^r}{Q^r} = \frac{\sigma * z * Q * \tau}{Q * h} = \sigma * z * \frac{\tau}{h} \quad [-] \quad (1.33)$$

kde:

σ součinitel středních tepelných ztrát během roku [-].

Tento součinitel je dán vztahem:

$$\sigma = \frac{\bar{t}}{t} \quad [-] \quad (1.34)$$

kde:

\bar{t} průměrná teplota teplotnosné látky během roku,

t teplota teplotnosné látky, pro kterou byly určeny tepelné ztráty Q_z - obvykle nejvyšší,

τ roční doba provozu,

h roční doba využití maxima.

Roční tepelné ztráty jsou běžně 5 až 10 %, ale pokud jsou tepelné sítě málo výkonově využity, dosahují ztráty až 15 % a výjimečně i více. [2]

1.6.7 Celková spotřeba tepla

Pro určitou oblast napojenou na SCZT se skládá spotřeba tepla z jednotlivých dílčích spotřeb tepla, popsaných v předešlých kapitolách. Spotřebu tepla v případě obytných domů pro vytápění, větrání, klimatizaci, přípravu TUV a ostatní účely v obytných domech, jako prádelny a sušárny, lze určit, pokud při plánování SCZT je znám počet a skladba všech bytů, které mají být zásobovány a měrná spotřeba na jeden byt. U TUV se při určování spotřeby tepla respektuje při použití ohříváků se zásobníkem možnost posunutí ohřevu vody a při použití průtokových ohříváků vody jejich nesoudobost při odběru vody. Měrnou spotřebu na byt q_b , lze tedy spočítat pomocí výrazu:

$$q_b = s * \left(q_{vb} + \frac{q^{uv}}{16} \right) \quad [\text{kW}] \quad (1.35)$$

kde:

s je přírážka pro ostatní účely[-],

q_{vb} je měrná spotřeba na vytápění bytu [kW],

q^{uv} je denní spotřeba bytu za den na ohřev vody [kWh/d].

Hodnoty q_b jsou v rozsahu 5,5 až 6,5 kW. Při zlepšení tepelně izolačních vlastností mohou klesnout na 4 až 4,5 kW, v některých případech i níže, pak je mezní spodní hranice tvořena nezbytnou výměnou vzduchu. Roční spotřeba tepla starší bytové výstavby (panelové domy) je přibližně 13 až 15 MWh, u novostaveb je to cca 9,3 MWh. Aby bylo dosaženo nízkých spotřeb tepla, je kromě dobrých tepelněizolačních vlastností budov také nutno správně navrhnout regulaci a uplatnit racionalizační opatření (měření spotřeby tepla, omezování teplot, odstranění přetápění). Směrné hodnoty pro byt 200 m³ ukazují Tab. 1.3.

Tab. 1.3 Směrné maximální hodnoty pro měrný byt 200 m³ (převzato z [3])

	PŘÍKON	ROČNÍ ODBĚR TEPLA	VYUŽITÍ PŘÍKONU
	[kW]	[MWh]	[h/r]
Celkem	8,1	17,1	2110
Vvytápění	5,6	9,3	1675
TUV	0,7	4,2	6000
Podíl na vybavení	1,4	2,8	2000
Ztráty v sek. tep. síti	0,4	0,8	2000

Určení spotřeby tepla pro zásobování veřejných budov a komunálních zařízení je obtížnější, protože zahrnuje všechny kategorie spotřeby tepla. Obvykle jí lze určit jako podíl spotřeby bytů. Velikost podílu je závislá na velikosti a stupni vybavení města. V případě, že nejsou známy údaje o základní vybavenosti okrsku (školy, školky, zdravotní střediska, prodejny), lze pro potřeby výpočtu uvažovat 84 % na byty a 16 % na základní vybavenost z obestavěného prostoru okrsku. Potom připadá z celkového tepelného příkonu na základní vybavenost přibližně 22 % a na obytné budovy 78 %. U měst s větším počtem obyvatel je spotřeba tepla pro základní vybavení větší. K přesnějším hodnotám lze dojít na základě podrobného průzkumu. U průmyslových závodů je spotřebu tepla hodnotit zcela individuálně, jsou zde zastoupeny spotřeby tepla na vytápění, větrání, přípravu TUV a technologie. Z tohoto důvodu je třeba mít údaje o jeho jednotlivých spotřebách tepla a parametrech teplotnosné látky, z kterých je nutno stanovit časový průběh těchto potřeb a najít takový součtový diagram, který pro daný průmyslový závod bude vyhovovat. Pro městské oblasti existuje skupina ukazatelů, které rozhodují o vhodnosti centralizovaného zásobování teplem. Jedním z takových ukazatelů je údaj o tepelné hustotě MW/km². Tepelná hustota je závislá na hustotě zastavění a výšce budov. Orientační hodnoty jsou uvedeny v Tab. 1.4. [3]

Tab. 1.4 Tepelná hustota městských oblastí (převzato z [3])

VÝŠKA ZASTAVĚNÍ – PRŮMĚRNÝ POČET PODLAŽÍ	TEPELNÁ HUSTOTA (MW/KM ²)		
	u starších měst s řadovou zástavbou ulic	v nových sídlištích	v nových sídlištích se zahuštěnou zástavbou
2	37 - 60,5		
3	49 - 78		
4	60,5 – 98		
5	72 - 116	40 - 55	
6	84 - 135	45 - 50	
8	107 - 172	55 - 60	80 - 85
10		63 - 68	90 - 95
12		70 - 75	100 - 105

1.6.8 Vývoj spotřeby tepla v čase

Spotřeba tepla v provozovaných soustavách je v každém časovém období jiná, z tohoto důvodu je třeba statisticky sledovat tento vývoj a reagovat na něj. Především roční změnu dodávky tepla a změnu přípojně hodnoty, aby byly získány spolehlivé údaje pro plánování změn v SCZT. U provozovaných soustav lze predikovat vývoj snáze oproti plánovaným soustavám, kde se hodnoty určují s podstatně větším předstihem. Určování potřeby tepla je zatíženo určitou nejistotou. Pro stanovení přesnějších údajů je potřeba provést podrobný průzkum dílčích soustav plánovaných i provozovaných a vyhodnocení dosažených výsledků. U provozovaných soustav lze získat hodnoty přesnější a spolehlivější. Statistické vyhodnocování potřeb tepla a sledování skutečného vývoje je důležité především pro hospodárný provoz soustav a účelné vynakládání investic. [3]

1.7 Soustava centralizovaného zásobování teplem tepla

Soustava centralizovaného zásobování teplem (SCZT) je komplexní systém, který zajišťuje spotřebu tepla bytové zástavby, občanské vybavenosti a průmyslových objektů. Celý systém se v zásadě skládá ze čtyř dílčích systémů, který se musí jako celek navrhnout a podle toho také provozovat. Dílčí systémy jsou:

- ústřední zdroje tepla,
- tepelné sítě,
- předávací stanice,
- spotřebitelské systémy.

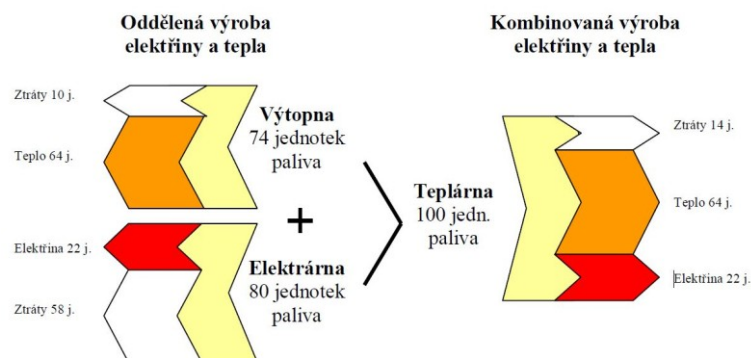
SCZT můžeme dělit podle skupenství a parametrů teplotnosné látky na:

- parní,
- horkovodní,
- teplovodní.

Další způsob jak, tyto soustavy dělit, je podle oblastí, které zásobují, na soustavy:

- městské – teplem zásobují především byty, občanskou vybavenost a místní průmysl,
- závodní – teplem zásobují přilehlé průmyslové závody nebo sídliště či část města,
- oblastní – teplem zásobují určitou lokalitu.

Nejvýhodnější SCZT je soustava teplárenská, kde jeden ze základních zdrojů tepla je teplárna ve které se vyrábí v kombinovaném cyklu elektřina a teplo a dochází tak k úspoře paliva v porovnání s oddělenou výrobou elektřiny a tepla v kondenzačních elektrárnách a teplárnách jak je naznačeno na Obr. 1.3. Významu této úspory rychle nabývá úměrně s vyčerpáváním primárních zdrojů energie. V zásadě je tedy důležité upřednostňovat kombinovanou výrobu elektřiny a tepla proti oddělené výrobě, dalším z aspektů, který je tímto způsobem pozitivně ovlivněn je snížení emisí znečišťujících látek do ovzduší a okolí. Je však nutné si uvědomit, že ve srovnání s elektrizační soustavou je ekonomicky výhodné teplo dopravovat na menší vzdálenosti. [3], [4], [12]



Obr. 1.3 Vliv kombinované výroby elektřiny a tepla (převzato z [13])

Mezi výhody SCZT patří:

- možnost spalovat méněhodnotná paliva,
- nižší počet pracovníků obsluhy a údržby na jednotkový výkon,
- nižší nárok na dopravu paliva a zbytků po spalování,

- nižší znečištění ovzduší,
- vyšší tepelná účinnost,
- možnost dodávané teplo centrálně regulovat,
- kombinovaná výroba elektřiny a tepla v jednom zařízení.

Naproti tomu lze také uvést nevýhody SCZT:

- vyšší pořizovací náklady na zdroje a rozvod tepla ,
- náročná příprava, plánování a realizace, s velikostí SCZT náročnost stoupá,
- kvalifikovaná obsluha,
- správné technické řešení a provedení rozvodu tepla s dopadem na životnost a tepelné ztráty,
- opatření k zamezení neekonomického využívání tepla dodávaného z tepelných sítí.

[3], [14]

1.7.1 Zdroje tepla

V SCZT jsou zdroje tepla:

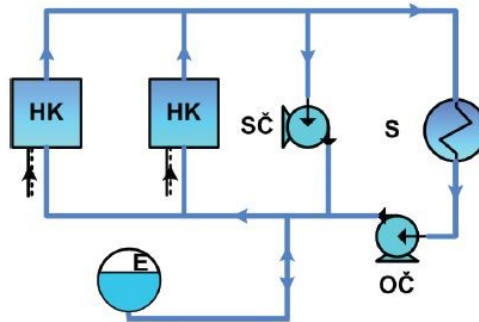
- teplárny – společná výroba elektřiny a tepla,
- výtopny – výroba pouze tepla pro určitou oblast nebo část města.

Z pohledu využití zdroje tepla dělíme na základní a špičkové. Základní zdroje jsou určeny ke krytí základní části diagramu ročního průběhu spotřeby tepla. Tyto zdroje pracují s velkým ročním využitím instalovaného výkonu. Kromě klasických tepláren a výtopen na tuhá, kapalná nebo plynná paliva, jsou dnes využívány jaderné teplárny a výtopny. Za špičkové zdroje tepla považujeme zdroje určené ke krytí špičkové části diagramu ročního průběhu spotřeby tepla. Špičkový zdroj pracuje s malým ročním využitím instalovaného výkonu. Špičkový zdroj lze umístit do blízkosti základního zdroje tepla, nebo mimo něj, např. do blízkosti špičkové spotřeby nebo odbočky SCZT. V pozici špičkového zdroje lze využít kotelní zařízení. V případě krytí krátkodobých špiček je možno využít akumulární zásobníky tepla. Poměr mezi krytím základní a špičkové potřeby tepla vyjadřují teplotenský součinitel α_h a součinitel roční teplotenské dodávky α_r .

1.7.1.1 Výtopna

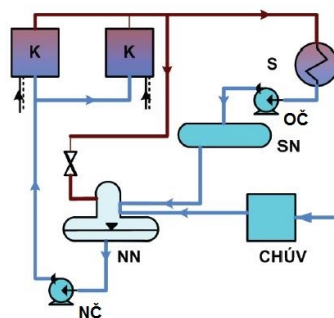
Pro dodávku pouze tepla slouží výtopna, kde topné médium je horká voda nebo pára. Horká voda se využívá v případě dodávky tepelné energie na velké vzdálenosti i několik desítek kilometrů. Základní schéma horkovodní výtopny je uvedeno na Obr. 1.4. Ke

spotřebiči tepla S je horká voda dodávána oběhovými čerpadly $OČ$ z horkovodních kotlů HK . Z důvodu ochrany kotle před snížením teploty spalin pod teplotu rosného bodu je do soustavy vsazeno směšovací čerpadlo $SČ$, které zajistí v případě nízké teploty vratné vody její přehřátí. Z důvodu udržení tlakových poměrů je v systému zapojena expanzní nádrž E , která slouží k zachycení změny objemu vody způsobené změnou teplot.



Obr. 1.4 Horkovodní výtopna (převzato z [15])

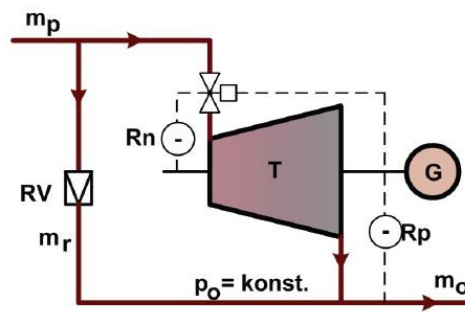
Na Obr. 1.5 je znázorněno základní schéma parní výtopny, kde je vratný kondenzát od spotřebičů tepla S čerpán pomocí oběhového čerpadla $OČ$ do sběrné nádrže SN a v ní je shromažďován. Ve sběrné nádrži je kondenzát odplyněn a dále putuje společně s přidavnou vodou z chemické úpravy $CHÚV$ do napájecí nádrže NN a následně napájecím čerpadlem $NČ$ do kotle K . [15]



Obr. 1.5 Parní výtopna (převzato z [15])

1.7.1.2 Teplárna

Je energetická centrála ke společné výrobě elektrické energie a tepelné energie. Médium pro přenos tepelné energie je obvykle horká voda nebo pára. Teplárny jsou vybaveny v zásadě dvěma druhy turbín a to protitlakými turbínami viz Obr. 1.6 a nebo kondenzačními turbínami s regulovaným odběrem páry viz Obr. 1.8.



Obr. 1.6 Schéma protitlaké turbíny (převzato z [15])

U protitlakých turbín je důležitým provozně ekonomickým údajem teplotní součinitel α , který se vypočte pomocí vzorce (1.36) a roční teplotní součinitel α_r , který se určí pomocí vzorce (1.37), průběh je znázorněn na Obr. 1.7.

$$\alpha = \frac{Q_T}{Q_{max}} \quad [-] \quad (1.36)$$

$$\alpha_r = \frac{Q_t^r}{Q_r} \quad [-] \quad (1.37)$$

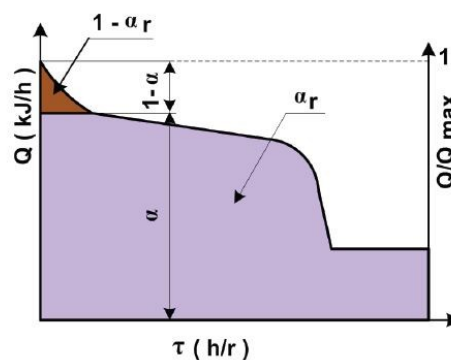
kde:

Q_T podíl max. spotřeby tepla dodávaný parou z turbíny [GJ/h],

Q_{max} maximální dodávka tepla [GJ/h],

Q_r roční dodávka tepla [GJ/r],

Q_t^r roční dodávka tepla parou z turbíny [GJ/r].

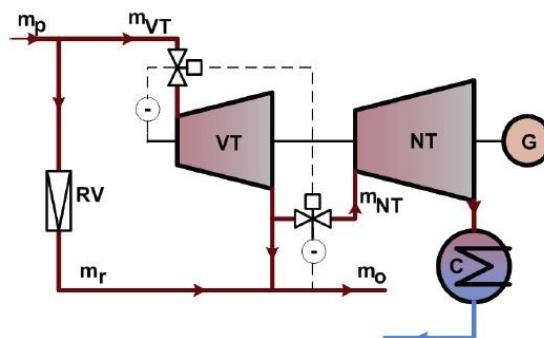


Obr. 1.7 Diagram spotřeby tepla protitlaké turbíny (převzato z [15])

Pro daný diagram spotřeby na Obr. 1.7, by nebylo ekonomicky výhodné dimenzovat hltnost turbíny na maximální spotřebu tepla Q_{max} , protože turbína by po větší část roku nebyla plně využita a pracovala by s menším hmotnostním průtokem m_p , než na který byla navržena a její účinnost by byla menší. Z vyššího hmotnostního průtoku plyne větší rozměr turbíny a tím i investiční náklady. Proto se v závislosti na průběhu předpokládaného diagramu zatížení volí

optimálně teplotní součinitel $\alpha < 1$ a v období vysoké spotřeby tepla je použito obtokové potrubí s redukčním ventilem RV , přes který prochází část páry m_r .

Druhým typem turbín v teplárnách bývají kondenzační turbíny nejčastěji s jedním nebo dvěma regulovanými odběry páry. Tyto turbíny jsou schopné, stejně jako turbíny protitlaké, vyrábět současně elektrickou a tepelnou energii. Na rozdíl od protitlaké turbíny je turbína odběrová schopná v poměrně širokém rozsahu řídit nezávisle dodávku elektrické a tepelné energie. Schéma takové turbíny je na Obr. 1.8.

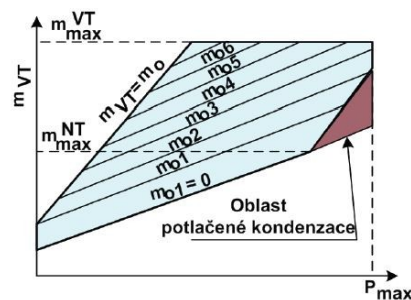


Obr. 1.8 Schéma kondenzační turbíny s jedním regulovaným odběrem (převzato z [15])

U turbín s regulovaným odběrem musí regulace zajistit:

- Při podmínce $P_{SV} = konst.$ a $p_o = konst.$ umožnit změnu odběrového množství m_o .
- Při podmínce $p_o = konst.$ a $m_o = konst.$ umožnit změnu svorkového výkonu P_{SV} .

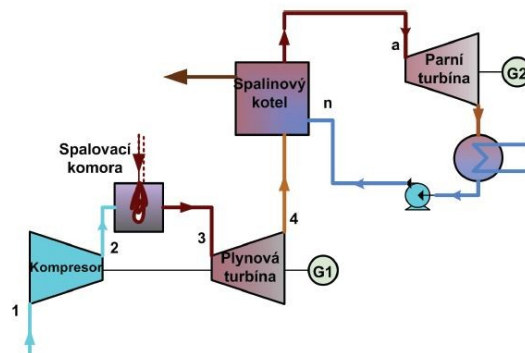
Tyto obě podmínky platí pouze pro oblast, kde se předpokládá činnost soustrojí. Hltnost VT dílu je proti hltnosti NT dílu větší z ekonomických důvodů, čemuž se říká potlačená kondenzace. Proto v čistě kondenzačním režimu nelze dosáhnout maximálního výkonu. Ideální spotřební diagram je na Obr. 1.9. Ve skutečnosti je ovlivněn termodynamickou účinností turbíny a vlivem škrcení páry v regulačních ventilech a není přímkový.[15]



Obr. 1.9 Spotřební diagram turbíny s jedním regulovaným odběrem (převzato z [15])

1.7.1.3 Paroplýnová teplárna

Pokud spojíme do jednoho funkčního celku parní oběh a plynovou turbínu vzniká dvoulátkový oběh s vyšší tepelnou účinností oproti samostatným oběhům. Základní schéma je znázorněno na Obr. 1.10. [15]



Obr. 1.10 Schéma paroplýnového cyklu (převzato z [15])

1.7.2 Tepelné sítě

Tepelné sítě slouží k přenosu tepelné energie ze zdroje tepla ke spotřebiteli pomocí teplotonosné látky dopravované potrubními rozvody v požadovaném množství a kvalitě. Obecně lze použít jako teplotonosné látky různé kapaliny, plyny a páry. Nejvhodnějším nositelem tepla jsou však kapaliny. Jejich transport potrubím je jednoduchý a měrné teplo je obvykle větší a měrný objem menší než u plynů a par v rozmezí obvyklých tlaků. Tím mohou přenášet kapaliny větší množství tepla vztaženo na jednotku objemu. Obecně však nelze říci, že všechny kapaliny jsou vhodné jako teplotonosná látka, protože jim chybí některé vlastnosti, které jsou od teplotonosných látek požadovány:

- teplotonosná látka má být především levná a snadno dostupná, protože dochází ke ztrátě únikem drobnými netěsnostmi a při plnění potrubí je objem látky značný,
- množství přenášeného tepla má být co nejvyšší (dopad na celkové provozní náklady), výhodné je používat kapaliny a páry, kde se využívá kondenzační teplo, plyny a přehřátá pára není vhodná pro své malé měrné teplo,
- nesmí způsobit nadměrnou korozi tepelné soustavy,
- je vyžadována chemická stálost při běžných teplotách a tlacích,
- nesmí být jedovatá,
- umožňuje vhodný způsob regulace tepelného výkonu, který je přenášen.

V současné době se využívá voda a vodní pára pro svou dostupnost a chemickou stálost. [14]

1.7.2.1 Sítě podle teploty látky

Sítě se podle druhu teploty látky dělí na:

- teplovodní - teplota teploty látky do 110 °C ,
- horkovodní - teplota teploty látky nad 110 °C a do 150 – 180 °C,
- parní tepelné sítě - teploty látky je sytá nebo mírně přehřátá pára o tlaku mnohem vyšším než je tlak 0,049 MPa, který je omezení pro nízký tlak otopné soustavy .

- **Voda**

Je chemicky stálá při teplotách do 200°C a má velké měrné teplo. Z důvodu obsahu vápenatých a křemičitých solí a pohlcených plynů (O₂ a CO₂) se musí voda chemicky upravovat a odplyňovat. Obvyklá teplota v přívodním potrubí bývá 130 – 180 °C, teplota vratné vody bývá v rozsahu 60 – 80 °C a je závislá na druhu spotřebiče, rychlosti proudění se obvykle pohybují v rozsahu 1 – 2 m /s. U vodních tepelných sítí někdy dochází vlivem výškové členitosti ke značným statickým tlakům, které většinou nepřesahují 2 MPa. Voda je většinou využívána jako teploty látky v městských tepelných sítích určených pro přípravu teplé užitkové vody a pro vytápění.

- **Pára**

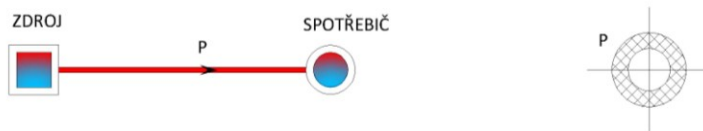
V porovnání s vodou umožňuje větší využití. Doprava je zajištěna vlastním tlakem a lze jí využít jak vytápění a přípravě teplé užitkové vody, ale také k výrobním účelům a pohonům. Pára má velký měrný objem a proto vlivem výškových členitostí vznikají jen malé statické tlaky, které zpravidla nepřevyšují 2 MPa. Rychlost proudění páry v potrubí bývá obvykle 25 – 60 m/s . Teplota vratného kondenzátu zpravidla bývá v rozsahu 60 – 80 °C . U tepelných spotřebičů je vhodné využít i část kapalného tepla kondenzátu. U menších tepelných sítí, mívají při běžných tlakových poměrech parní potrubí stejné průměry jako vodní potrubí při shodné dodávce tepla. S narůstající délkou hlavní větve, dochází ke zvětšení průměru parního potrubí a průměr vratného potrubí se volí cca 1/2 až 1/3 průměru parního potrubí. Na volbě teploty látky se v zásadě podílí vliv centrálního zdroje tepla, vliv tepelné sítě a vliv spotřebičů. [12], [14]

1.7.2.2 Sítě podle počtu potrubí

Dalším způsobem, podle kterého můžeme sítě dělit, je počet potrubí. Tepelné sítě dělíme na jednotrubkové, dvoutrubkové a třítrubkové.

- **Jednotrubkové sítě**

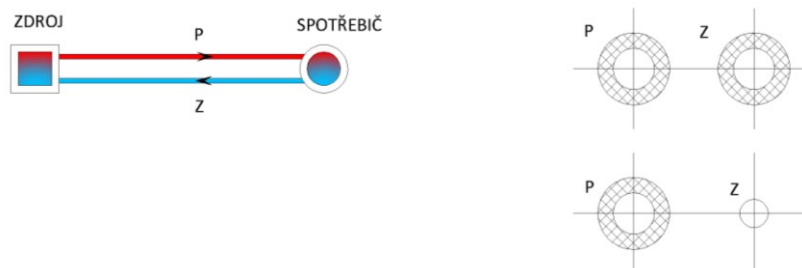
Mají pouze jednu přívodní trubku, ale dnes se téměř nepoužívají, jejich využití je pouze v místech, kde se teplotonosná látka nevrací zpět do zdroje, jak je znázorněno na Obr. 1.11. Tyto sítě mají nižší investiční náklady, ale technicky a ekonomicky je jejich využití nevýhodné.



Obr. 1.11 Schéma jednotrubkové tepelné sítě (překresleno z [14])

- **Dvoutrubkové sítě**

Mají přívodní a vratné potrubí a jsou nejčastěji využívané, jejich schéma je na Obr. 1.12. Pokud je teplotonosnou látkou voda, mají obě potrubí stejný průměr a jsou obě potrubí izolována. Pokud je teplotonosnou látkou pára, je vždy parní potrubí izolováno a kondenzátní potrubí se izolovat nemusí. Pokud je izolováno, tak většinou jen z důvodu ochrany před zamrznutím, toto potrubí mívá i menší průměr a to 1/2 až 1/3 průměru parního potrubí. Dvoutrubkové sítě jsou investičně nákladnější než sítě jednotrubkové, ale neustálý oběh teplotonosné látky a jejich jednoduchost vychází ekonomicky příznivěji.



Obr. 1.12 Schéma dvoutrubkové tepelné sítě (překresleno [14])

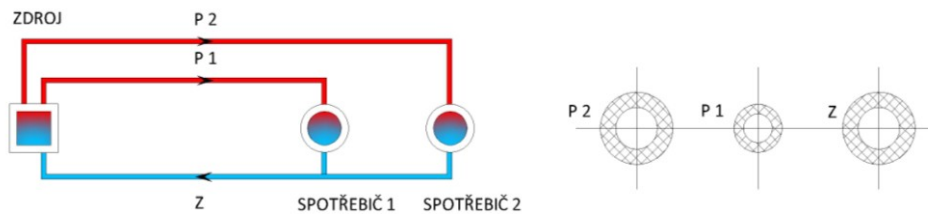
- **Třítrubkové sítě**

Jak již napovídá název, mají tři oddělená potrubí, základní zapojení je znázorněno ve schématu na Obr. 1.13. Takové uspořádání má význam pouze v odůvodněných případech a to:

- je-li potřeba dodávat teplo spotřebičů ve dvou tlakových nebo teplotních úrovních,
- jsou-li instalovány spotřebiče s odlišnou spotřebou tepla v čase, např. sezónní odběr.

Pro běžné SCZT tyto tepelné sítě nenacházejí uplatnění, a pokud by mělo dojít k realizaci, musely by být náklady na pořízení třetího potrubí ekonomicky výhodné a to tak, že by byly

uhrazeny za přiměřenou dobu, která je kratší než 15 let. [14]



Obr. 1.13 Schéma třítrubkové tepelné sítě (překresleno [14])

1.7.2.3 Síť podle půdorysného uspořádání

Další způsob, jak síť dělit, je podle půdorysného uspořádání na síť paprskovitě, okružní a mřížové.

- **Paprskovitá síť**

Je využívána nejčastěji. Tepelná síť je tvořena zdrojem tepla a jedním nebo více tepelnými napájecími na něj napojených. Tepelné napáječe se dále dělí do dalších větví k jednotlivým spotřebitelským stanicím. Taková síť je především vhodná při zásobování teplem rozsáhlejšího území, kde může být jediným vhodným řešením.

- **Okružní síť**

Je v zásadě úpravou sítě paprskovité, kde jednotlivé napáječe jsou vzájemně propojené. Takový typ sítě je vhodný pro méně rozlehlé oblasti zásobování teplem s výhodou vyšší spolehlivosti dodávky tepla v případě poruchy na některém napájecí.

- **Mřížová síť**

Její složení tvoří několik navzájem pospojovaných okruhů řazených vedle sebe a bývá napojena na několik zdrojů. Pro teplotenské účely však tento typ sítě nevyhovuje. [14]

1.7.2.4 Síť podle způsobu uložení

Síť podle způsobu uložení dělíme na síť pozemní, nadzemní a uložené v zemi.

- **Pozemní síť**

Jsou investičně nejvýhodnější v porovnání s nadzemními sítěmi a sítěmi vedenými v zemi. Tyto sítě se v městských oblastech nevyskytují z důvodu estetických a technických, většinou je vedena síť jako pozemní jen z části.

- **Nadzemní síť**

Jsou vedeny na vysokých sloupech. Protože však bývá jejich investiční cena vyšší než u sítí pozemních a jejich vzhled ruší ráz okolí, volí se tento způsob sítí jen v nejnútnejších případech. Jsou to především přechody silnic, železnic a menších vodních toků. S výhodou lze využít i stávajících konstrukcí mostů.

- **Sítě uložené v zemi**

Jsou nejčastěji u nás v kanálovém provedení z železobetonových prefabrikovaných dílů, které jsou nejčastěji izolovány vláknitou izolací. Kanály jsou většinou neprůlezná, občas jsou kanály průlezná nebo průchozí. Z průchozích kanálů se vyvinuly kolektory, v kterých je vedeno několik potrubí pro různá média a také kabely elektrických sítí. Kolektory se využívají v hustě zastavěných částech měst. Další způsob ukládání potrubí do země je vedení bezkanálové, což je potrubí vedené v ochranné trubce, potrubí vedené v tepelně izolační zálivce nebo potrubí v hydrofobním zásypu. Potrubí je možné též vyrábět s pěněnou polyuretanovou izolací chráněnou vnější trubkou z tvrzeného PVC a nebo pružná předizolovaná pružná potrubí v návíně na cívkách. [14]

1.7.3 Předávací stanice

Předávací stanice jsou rozhraním mezi primární tepelnou sítí a spotřebitelskou soustavou, určenou k přenosu požadovaného množství tepla. Současně s tím je potřeba teplo změnit a upravit parametry teplotnosné látky pro potřeby ve spotřebitelských soustavách, tak aby vyhovovali bezpečnostním a hygienickým požadavkům. Pokud by byly parametry teplotnosné látky v primární tepelné sítí takových hodnot, které by vyhovovaly spotřebitelským soustavám, pak lze připustit přímé připojení odběratelských soustav pomocí předávacího místa na potrubí s měřením množství tepla a pojistným zařízením. Z tohoto hlediska plyne, že předávací stanice se zřizují tam, kde parametry teplotnosné látky nevyhovují parametrům ve spotřebitelské soustavě. Součástí předávacích stanic bývá zařízení pro centrální přípravu teplé vody. Připojení spotřebitelských systémů dělíme na:

- připojení tlakově závislé,
- připojení tlakově nezávislé.

Tlakově závislé připojení jsou:

- přímé připojení,
- připojení přes směšovací ejektor,

- připojení se směšovacím čerpadlem.

Tlakově nezávislé připojení je prakticky realizováno přes rekuperační výměníky tepla. Protože však jejich obestavěný prostor je větší a strojní vybavení složitější než u stanic tlakově závislých, vychází jejich cena vyšší a proto je vhodné nejprve zkoumat připojení tlakově závislé. [14]

1.7.4 Spotřebitelské systémy a zařízení

Jsou zařízení, která dělíme v zásadě na dvě skupiny podle účelu pro:

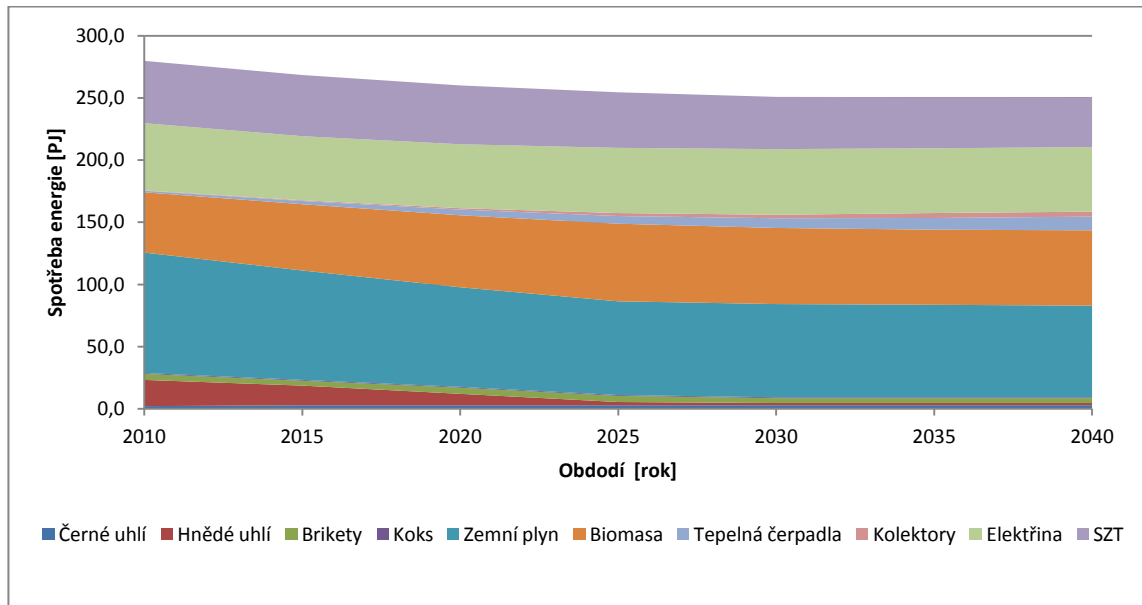
- vytápění, větrání, klimatizaci a přípravu teplé užitkové vody,
- výrobní procesy.

Druh teplonosné látky ve spotřebitelských soustavách je dán účelem, typem zařízení, ekonomickou efektivností a způsobem provozu. Lze říci, že pro shodný účel je možné použít ve spotřebitelských systémech různé teplonosné látky, ale neplatí to za všech okolností. V soustavě určené k dodávce tepla do výrobních procesů jsou teplonosná látka a její parametry ovlivněny především druhem procesu. Pokud hodnotíme spotřebitelská zařízení a systémy z pohledu CZT, je vhodné je volit tak, aby odpovídaly typu SCZT, z kterých je dodávka tepla realizována. Jestliže je teplo dodáváno z kombinované výroby tepla a elektřiny, je vhodné volit teplotu teplonosné látky co nejnižší, aby stoupla výroba elektřiny v kombinovaném cyklu. Jestliže je teplo vyráběno samostatně, je volba teploty hodnocena jinými požadavky. [3]

1.8 Decentralizované zásobování teplem

Decentralizované zásobování teplem je systém vytápění a přípravy TUV, kdy zdroj tepla je umístěn v místě spotřeby. Může se jednat o systém vytápění bytové jednotky, celého domu nebo jiného objektu. Takový zdroj DZT je například byt vybavený plynovým kotlem pro vytápění i ohřev TUV, ale i lokální topeniště na tuhá paliva, která v tomto ohledu jsou spíše na ústupu. Podobně se lze dívat i na systém, který vytápí celý objekt s vlastní kotelnou či jiným zdrojem tepla a TUV. Dnes se velmi často hovoří o decentralizovaném zásobování tepla ve spojení s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla, v tomto případě hovoříme o kogeneraci. Výhodou DZT je, že systém není závislý na topné sezóně a lze zatopit podle potřeby. Obecně DZT je výhodnější při malé hustotě výstavby a tam, kde není ekonomicky výhodné připojení na CZT, které však bývá pro spotřebitele v mnoha ohledech výhodnější, ale vždy záleží na komplexním posouzení daného objektu, který má být zásobován teplem.

Z předpokladu ASEK viz Obr. 1.14, má podíl DZT v budoucnu ještě narůstat, především zdroje jako jsou domovní kotelny na zemní plyn nebo tepelná čerpadla. I když se nepředpokládá razantní rozpad CZT, tak se počítá s odpojováním domácností v lokalitách, kde nebude dodávka tepla z CZT cenově konkurenceschopná. [2], [16], [17]



Obr. 1.14 Vývoj a konečná spotřeba energie v domácnostech (převzato z [16])

2 Aktuální tržní podmínky pro využívání elektřiny k výrobě tepla v soustavě CZT

2.1 Elektroenergetický systém

Proces výroby, přenosu, distribuce a konečné spotřeby elektřiny se nazývá elektroenergetický systém. Úkolem tohoto systému je dodávka požadovaného množství elektřiny od výrobců k zákazníkům v dohodnutém množství, kvalitě a požadovaném čase při optimálních provozních nákladech a s ohledem na životní prostředí. Pro spolehlivý chod systému v České republice je důležitá dlouhodobá analýza a předpověď vývoje spotřeby elektřiny, kterou zajišťuje operátor trhu (OTE) ve spolupráci s ostatními zainteresovanými organizacemi. Znalost takových podkladů slouží pro stanovení energetické politiky státu s ohledem na zajištění vyrovnané dlouhodobé bilance mezi výrobou a spotřebou a dále na vytvoření zajištění podpůrných služeb v dostatečném množství, které jsou nezbytné pro stabilní elektrizační soustavu (ES). Krátkodobé bilance, především predikci, pak provádí provozovatel přenosové soustavy (ČEPS) z důvodu zajištění spolehlivého a bezpečného provozu elektrizační soustavy (ES). Velkou nevýhodou je, že elektřinu nelze skladovat. V každém okamžiku musí být zajištěna rovnováha mezi nabídkou a poptávkou na trhu, jde o to, aby výroba požadovaného množství elektřiny probíhala právě tehdy, když může být toto množství elektřiny spotřebováno. V každém čase musí platit:

$$P_v = P_s + P_z + P_r \quad [MW] \quad (2.1)$$

kde:

P_v vyrobený výkon výrobcí elektřiny [MW]

P_s spotřeba výkonu odběrateli elektřiny [MW]

P_z činné ztráty v přenosových a distribučních sítích [MW]

P_r záložní výkon [MW] [18]

2.2 Liberalizace trhu s elektřinou

V současné době v České republice hovoříme o tzv. liberalizovaném trhu energetického hospodářství. Deregulace původního vertikálně integrovaného systému byla u nás ukončena v roce 2006. Otevření trhu bylo zahájeno přijetím směrnice Evropského parlamentu a rady 96/92/ES o společných pravidlech vnitřního trhu s elektřinou. Tato směrnice byla zapracována do energetického zákona č. 458/2000 Sb. „Zákon o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a změně některých zákonů“. Původní

směrnici 96/92/ES nahradila nová směrnice Evropského parlamentu a rady 2003/54/ES „O společných pravidlech pro vnitřní trh s elektrickou energií“, která stanovila povinnost všech zemí EU otevřít liberalizovaný trh k 1.7.2007. U nás na to navázala novela energetického zákona č. 278/2003 Sb.. Tento vývoj byl podnícen snahou velkých odběratelů o možnost výběru dodavatele a tím podpořit konkurenci v energetickém odvětví. Liberalizované energetické odvětví lze charakterizovat následujícími podmínkami:

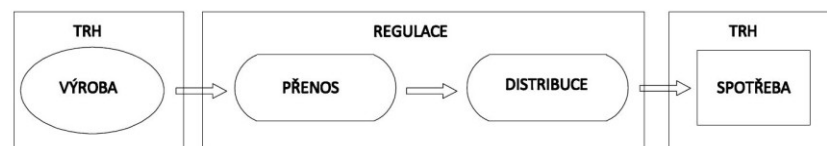
- podnikání v energetice v závislosti na legislativě,
- privatizace energetického sektoru,
- konkurenční prostředí,
- informační technologie,
- marketing, zákaznické modely chování energetických společností,
- transparentnost trhu energie a toku financí.

Takto definované odvětví vedlo k rozšíření trhu s elektrickou energií o subjekty, které si konkurují. Tyto subjekty nesou za své jednání finanční zodpovědnost. Pro každého koncového zákazníka je zásadní cena elektřiny a ta je vytvářena na nezávislém velkoobchodním trhu s elektřinou. [18]

2.3 Trh s elektřinou

Jak již bylo napsáno, elektřina se vyznačuje neskladovatelností. Dalším specifikem je způsob dopravy, protože zde platí fyzikální zákony, které v elektrizační soustavě platí vždy. Elektřinu vyrobenou ve zdroji dopravíme ke spotřebiteli „cestou nejmenšího odporu“, proto není možné při současném stavu propojené elektrizační soustavě stanovit, jakým způsobem bude elektřina dopravována od výrobců ke spotřebitelům, aniž bychom pro přenos nevytvořili samostatné vedení. Pokud tedy chceme být účastníkem trhu, je na nás, abychom definovali, kolik elektřiny do sítě dodáme a kolik jí ze sítě odebereme, protože každý subjekt, který s elektřinou obchoduje, je zodpovědný za odchylku, kterou v soustavě způsobil. Tyto odchylky jsou pak regulovány a zúčtovány tomu, kdo je způsobil. Tedy platí za regulační energii, která kvůli jeho odchylce vznikla. Tuto odpovědnost přitom lze přenést na jiný subjekt. Například domácnosti svou odchylku přenáší na obchodníka tím, že s ním mají uzavřenou smlouvu. Za tímto účelem je nutné, aby všichni účastníci připojení k elektrizační soustavě měli označeno místo, kde zákazník odebírá elektřinu, a výrobce či dodavatel elektřinu do sítě dodává. Odběrným místem se rozumí odběrné elektrické zařízení jednoho

odběratele, včetně měřících transformátorů, jehož odběr je měřen jedním měřicím zařízením nebo jiným způsobem na základě dohody. Předávacím místem se rozumí místo předání a převzetí elektřiny mezi dvěma účastníky trhu s elektřinou. V systému operátora trhu se hovoří o tzv. OPM (odběrná a předávací místa). Takto stanovená OPM jsou propojením technologie elektrizační soustavy a obchodním prostředím, určují, o jaký uzel elektrizační soustavy se jedná a kde je umístěn. Trh s elektřinou se vyznačuje tím, že cenu elektřiny určují účastníci, kteří se na tomto trhu vyskytují. Základní model trhu je znázorněn na Obr. 2.1, kdy některé části obchodování s elektřinou fungují na tržním principu, což jsou výroba a spotřeba. Naproti tomu jiné části nemohou fungovat na tržních principech, je zde existence přirozeného monopolu, jsou jimi distribuce a přenos. Obecně lze říci, že trh s elektřinou probíhá mezi dodavatelem a spotřebitelem a do celého procesu obvykle vstupují obchodníci. Doprava elektřiny se sice nepodílí na trhu s elektřinou, ale značně ho ovlivňuje. [18]



Obr. 2.1 Model trhu s elektřinou (překresleno z [18])

2.3.1 Účastníci trhu s elektřinou

- **Výrobce**

Je subjekt, který výrobu elektřiny provádí na základě přidělené licence ve vlastním nebo svěřeném zařízení. Výrobce je oprávněn být připojen k síti, když splňuje podmínky připojení k distribuční nebo přenosové soustavě a právo na přenos vyrobené elektřiny a prodej ostatním subjektům. Výrobce je povinen řídit se pokyny dispečinku provozovatele distribuční nebo přenosové soustavy, ke které je provozovna připojena. Dále poskytovat provozovateli dané soustavy, k níž je výrobná připojená, potřebné údaje pro provoz a rozvoj soustavy v souladu s dispečerským řádem.

- **Koneční zákazníci**

Jsou subjekty, které elektřinu spotřebovávají. Z pohledu přístupu k elektrizační soustavě lze zákazníky dělit na:

- oprávněné zákazníky, kteří mají právo přístupu k přenosové soustavě a distribučním soustavám z důvodu výběru dodavatele elektřiny, oprávněný zákazník má právo na

připojení svého odběrného elektrického zařízení k přenosové nebo distribuční soustavě, dále má právo nakupovat elektřinu od obchodníků s elektřinou a výrobců elektřiny, kteří tuto činnost vykonávají na základě licence,

- chráněné zákazníky, kteří mají právo na připojení k distribuční síti a dodávku elektřiny v odpovídající kvalitě za regulované ceny. Do této skupiny patří domácnosti a malí zákazníci.

- **Obchodník**

Je subjekt, který svou činnost vykonává na základě přidělené licence. Cílem obchodníka je maximalizovat zisk. Zároveň musí obchodník své obchodní transakce hlásit operátorovi trhu. Obchodník má právo na dodávku dohodnutého množství elektřiny za předpokladu, že má uzavřenou smlouvu o přenosu nebo distribuci elektřiny. Dále má právo nakupovat elektřinu od výrobců a ostatních obchodníků a dále jí prodávat ostatním účastníkům trhu s elektřinou.

- **Subjekt zúčtování**

Vznikl z vnitřních potřeb trhu s elektřinou, protože:

- ne každý chce aktivně obchodovat na trhu s elektřinou,
- účastník je uspokojen, pokud může uzavřít smlouvu na dodávku elektřiny na delší dobu za pro něj vyhovující cenu,
- aktivní a úspěšná účast na trhu s elektřinou je nákladná záležitost a vyžaduje speciální vybavení a speciálně připravené pracovníky,
- trh, na kterém by komunikovalo velké množství obchodníků, je v reálném prostředí a čase nerealizovatelný.

To vedlo k tomu, že trh s elektřinou byl rozdělen na dvě části, a to na trh velkoobchodní a na trh maloobchodní. Na velkoobchodním trhu obchodují subjekty zúčtování. Na maloobchodním trhu se obchoduje ve vztahu subjekt zúčtování a účastník trhu. Tyto subjekty zúčtování spojují závazky a povinnosti, jenž souvisejí s dodávkou a odběrem elektřiny ve vztahu k elektrizační soustavě jako celku. Subjekt zúčtování může obchodně spojovat dodávku nebo odběr elektřiny jednotlivých zákazníků, výrobců a obchodních závazků jednotlivých obchodníků, za které přebírá odpovědnost za odchylku. Je předpokládáno, že všichni zákazníci a obchodníci mají s daným subjektem uzavřené potřebné smlouvy a tudíž k tomuto subjektu zúčtování náleží. Subjekt zúčtování je účastník trhu s elektřinou, kterému

operátor trhu na základě smlouvy o zúčtování provádí vyhodnocení, zúčtování a vypořádání odchylek.

- **Provozovatel distribuční společnosti**

Je subjekt, který svou činnost vykonává na základě přidělené licence. Jeho úkolem je zajištění dodávky elektřiny ke konečným zákazníkům v odpovídající kvalitě v souladu se zákonem. V podmínkách ČR je distribuční soustava tvořena vzájemně propojeným souborem linek a zařízení na napětových hladinách 110 kV, 35 kV, 22 kV, 10 kV, 6 kV, 3 kV a 0,4/0,23 kV. V ČR působí tři hlavní regionální distribuční provozovatelé:

- ČEZ Distribuce,
- E. ON Distribuce,
- PRE Distribuce.

Další provozovatelé distribučních sítí jsou majitelé lokální distribučních sítí, které nejsou připojené k přímo k přenosové distribuční síti, ale k některé regionální distribuční síti.

- **Provozovatel přenosové soustavy**

Je subjekt, který svou činnost vykonává na základě licence, která na území ČR je jen jedna. Držitelem této licence je společnost ČEPS a.s., která je zodpovědná za přenosovou soustavu. To znamená, že má na starosti linky na napětové úrovni 400 kV, 220 kV a vybrané linky 110 kV a řídí jejich provoz pomocí dispečinku pro přenosovou soustavu na našem území.

- **Operátor trhu**

Je zodpovědný za zajištění fungování trhu s elektřinou a svou činnost vykonává na základě přidělené licence. Znamená to tedy, že operátor trhu registruje všechny účastníky trhu a zpracovává všechny obchodní transakce. Provádí vyhodnocení a zúčtování odchylek a tato data poskytuje všem účastníkům trhu.

- **Regulátor**

Je subjekt, který vydává licence pro všechny licencované subjekty na trhu s elektřinou. Vydává tarify pro regulovanou část elektřiny, kde není zajištěna hospodářská soutěž z důvodu přirozeného monopolu. V elektroenergetice je považována za takovou činnost distribuce a přenos. Regulátor je obvykle pověřen i dalšími úkoly, které jsou:

- pravidla výkupu obnovitelných zdrojů a určení nákupních cen,

- řešení sporů mezi účastníky trhu s elektřinou,
- posouzení úrovně spolehlivosti zásobování s elektřinou,
- podpora OZE A KVET.

- **Burza**

Burza je prostředí, kde se trh s elektřinou uskutečňuje. V ČR je to společnost PXE a.s. Úkolem burzy je zákazníkům zajistit rychlejší a pohodlnější obchodování s elektřinou. [18]

2.3.2 Druhy trhu s elektřinou

- **Neorganizovaný trh**

Tento trh se vyznačuje tím, že se na něm uzavírají bilaterální dohody. To znamená, že dvě strany se dohodnou na podmínkách a průběhu obchodu a nejsou tím nijak omezovány. Jedinou podmínkou je, aby byly obchody ještě před realizací nahlášeny operátorovi trhu. Jedná se o jednoduchý způsob obchodování.

- **Organizovaný trh**

Tento trh se vyznačuje tím, že účastníci mají jednu společnou protistranu, kterou bývá burza. Pravidla trhu nastavuje burza, ta zároveň zajišťuje finanční vypořádání. Obchodní transakce probíhají převážně na principu aukce. Nabídky a poptávky jsou přijímány do uzávěrky, následně probíhá jejich spárování a vyhodnotí se jako průsečík křivky nabídky a poptávky. Obchody také mohou probíhat průběžně, pak je nabídka a poptávka párována v okamžiku, kdy je nalezena protistrana. Jinak nabídka či poptávka vyčkává určitou dobu, dokud není pokryta.

- **Dlouhodobý trh**

Též nazvaný finanční trh s elektřinou. Obchod probíhá na delší a časově vzdálenější období. Takový trh funguje z důvodu zajištění ceny elektřiny v dlouhodobém horizontu. Obchodovanými kontrakty jsou futures, forwards, opce, Contracts for Difference (CfD).

- **Krátkodobý trh**

Obchody v časovém rozmezí několik desítek minut až několik dnů před realizací dodávky elektřiny. Existuje zde více možností obchodování:

- Blokový trh – zde je obchodováno s produkty Base (celý den), Peak (špička od 8 do 20 hod) nebo Off-Peak (mimo špičku od 20 do 8 hod),

- Denní trh – na tomto trhu probíhá obchod formou aukcí po jednotlivých hodinách na den dopředu. Výsledkem tohoto trhu je výsledná cena a zobchodované množství elektřiny,
- Vnitrodenní trh – Po skončení denního trhu se otvírá vnitrodenní trh pro daný den, maximálně však hodinu před plánovanou realizací dodávky. Na tomto trhu obchodují účastníci trhu, kteří mají nedostatek nebo přebytek elektřiny. Je zde využit princip průběžného obchodování,
- Vyrovnávací trh – na tomto trhu se uplatňuje centrální poptávka nebo nabídka, kterou řídí provozovatel přenosové soustavy. Tento trh se uzavírá 30 minut před plánovanou dodávkou. Provozovatel přenosové soustavy může na tomto trhu nakoupit regulační energii. [19]

2.4 Řízení ekonomické výroby elektřiny

Na úrovni výrobců elektřiny je ovlivňována ekonomická výroba podle výrobního portfolia dané společnosti za pomoci vlastního dispečerského řízení. Na úrovni systémového řízení je výroba řízena dispečinky PPS a PDS z důvodu zajištění spolehlivého chodu celé ES, a to jak na úrovni přenosové soustavy tak na úrovni distribuční soustavy. Z hlediska času je dispečerské řízení výrobců a systému zajištěno:

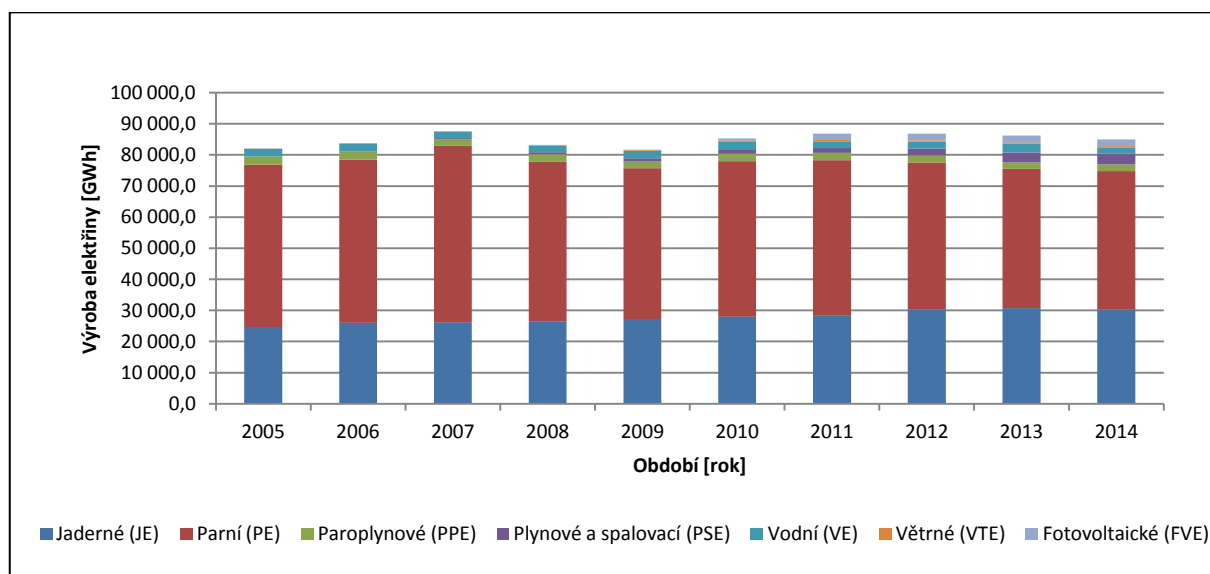
- krátkodobou přípravou, energetických zdrojů, sítí a zahraniční spolupráci,
- operativním řízením energetických zdrojů, sítí, zahraniční spolupráci a opatřením v případě výpadku,
- technickým hodnocením provozu.

K zajištění těchto úkolů slouží výpočtové a simulační programy, které umožňují dispečerům ekonomické a bezpečné provozování ES. [18]

2.5 Současná elektroenergetika

Elektroenergetika v celé Evropské unii se v současné době potýká se značnými problémy, kdy velkoobchodní cena elektřiny (tedy výkupní cena na burze) je nízká, přesto cena pro koncové zákazníky zůstává vysoká. To lze přikládat nadměrné regulaci trhu s elektřinou. Taková situace nemotivuje energetické společnosti k rozvoji výrobního portfolia a ani k investicím do budování nových zdrojů klasické energetiky. V současné době hovoří odborníci o tzv. „pokřiveném evropském trhu s elektřinou“. Na otázku, co způsobilo současnou situaci v energetice, nelze najít jednoznačnou odpověď. Většina odborníků se však

přiklání k názoru, že jednou z hlavních příčin je podpora obnovitelných zdrojů energie (OZE). Jen v roce 2013 šlo na podporu OZE 44,4 miliard korun. V České republice se platí příspěvek na OZE v ceně každé vyrobené MWh. Původní systém podpory, který měl motivovat k investicím do OZE, elektřinu prodražuje. V listopadu 2013 někteří členové Evropské komise navrhli členským zemím Evropské unie postupné snížení dotací do OZE na minimum. Česká republika na to reagovala a Energetický regulační úřad oznámil, že nebude od roku 2014 zvýhodňovat výkup u nově instalovaných solárních zdrojů. Solární zdroje postavené do října 2013 se však omezení podpory netýká. Nutno ale také podotknout, že všechna vina není jen na OZE. Další nezanedbatelný vliv na stav energetiky mají různé národní zájmy, protože jednotný evropský trh, kdy vlády jednotlivých zemí hájí své zájmy, nemůže plně fungovat. Energetické koncepce evropských států se mohou zásadním způsobem lišit. Německo a Rakousko svou energetickou koncepcí vidí bez jaderné energetiky, naproti tomu Česká republika a Francie v ní vidí svou budoucnost. Další problém je i s emisními povolenkami. Trh s emisními povolenkami je sice založen na principu tržního hospodářství, ale nefunguje z důvodu špatně nastavených počátečních podmínek. Emisní povolenky nefungují jako nástroj ke snížení emisí oxidu uhličitého ze zdrojů do ovzduší, ale jsou jakousi přírážkou, která snižuje těmto zdrojům zisk. Jejich provoz zůstává však zatím nejvýhodnější. Uhelne elektrárny společně s jadernými elektrárnami tvoří stabilní základ ES v České republice, jak je zřejmé z grafu Obr. 2.2.



Obr. 2.2 Vývoj elektřiny brutto (převzato z [20])

Cena elektřiny na trhu okolo 21 EUR/MWh, která byla na počátku března 2016, je podle šéfa největšího tuzemského energetického výrobce skupiny ČEZ na svém minimu a některé uhelné elektrárny vykazují ztráty. U plynových elektráren je situace ještě horší. Levná elektřina jim nezajistí ani pokrytí provozních nákladů. Největší vliv na českou energetiku má sousední Německo. To se zaměřilo na zelenou energetiku ze solárních panelů a větrných elektráren, jenže tento proces bude nějaký čas trvat. Pokud by za tu dobu klasické zdroje zkrachovali, tak by v Německu neměli čím svítit. V dobře fungujícím tržním hospodářství by tato situace vedla ke zvýšení ceny, aby zůstal zachován provoz klasických či jaderných elektráren, kterých je třeba k pokrytí požadované dodávky. Jenže v prostředí, kde jsou OZE dotovány, tento stav paradoxně nenastává. Nízká cena na trhu dotované OZE neohroží, tím dochází k ekonomickému znevýhodnění klasických či jaderných elektráren. V současné době není zvláštností, že cena elektřiny na trhu je dokonce záporná. [20], [21], [22]

2.6 Nové cesty v energetice

Původní schéma energetiky, kdy několik společností zajišťovalo výrobu a distribuci elektřiny celé země, je za námi. Postupná liberalizace v energetickém odvětví přinesla mnoho nových subjektů, výrobců, distributorů a obchodníků. Značná podpora OZE způsobila průlom v dalším vývoji energetiky. Dochází díky tomu k decentralizaci výroby, kdy značnou část elektřiny již nevyrábí jen velké elektrárny, ale také větší počet menších zdrojů. Těmito zdroji jsou například kogenerační jednotky, solární panely, větrné elektrárny nebo malé vodní elektrárny ve vlastnictví podnikatelů, obcí nebo domácností. Na velké společnosti je tak vyvíjen tlak a ty jsou v nejistotě. To vede ke změně strategie a z čistě energetických společností ze zaměřením na výrobu a distribuci elektřiny se stávají společnosti zabývající se i jinou činností. Například největší domácí výrobce skupina ČEZ se stala mobilním operátorem, hledá cesty v decentralizaci výroby a podporuje výstavbu malých zdrojů jako jsou kogenerační jednotky. Energetice chybí jasný směr a jistota. Společnosti omezují investice a prodávají část svého portfolia. V budoucnu bude docházet i ke snížení výroby z klasických uhelných elektráren, protože nebudou schopny plnit bez požadovaných investic do ekologizace přísné ekologické limity, které vstoupí v platnost. V budoucnu prostě uhelné elektrárny nebudou mít šanci, i když si dnes bez nich neumíme představit spolehlivou dodávku elektřiny. Je tedy třeba, aby si Česká republika položila otázku, zda elektřinu bude v budoucnu dovážet ze zahraničí, nebo jí pokryje tuzemskou výrobou z vlastních zdrojů. [22]

2.7 Aktualizovaná státní energetická koncepce

Na výše položenou otázku by měla odpovědět dlouho očekávaná aktualizovaná státní energetická koncepce, která vstoupila v platnost schválením vlády ČR v květnu 2015. SEK je klíčový strategický dokument v oblasti energetiky. Dává strategická zadání rozvoje české energetiky na příštích 25 let. Posláním tohoto dokumentu je zajištění spolehlivé a bezpečné dodávky energie pro potřeby obyvatel a národní ekonomiky ČR s ohledem na životní prostředí při běžném provozu za přijatelné a konkurence schopné ceny. Důležitou oblastí je zajištění dodávek energie i v případě krizových událostí. Vizi energetiky lze shrnout do tří vrcholových strategických cílů energetiky ČR:

- bezpečnost,
- konkurenceschopnost,
- udržitelnost.

Dokument lze obecně popsat několika body:

- poslání a rámec Státní energetické koncepce,
- metodika tvorby a realizace SEK,
- současný stav energetiky ČR a hlavní trendy jejího vývoje v následujících desetiletích,
- koncepce energetiky ČR do roku 2040,
- koncepce rozvoje významných oblastí energetiky a oblastí s energetikou souvisejících,
- nástroje na prosazování SEK.

Kromě již zmiňovaného optimalizovaného scénáře se ASEK při svém návrhu zabývala dalšími scénáři. Jde o to, aby scénář vývoje byl v souladu se stanovenými koridory. Souhrn všech zvažovaných přijatelných scénářů je:

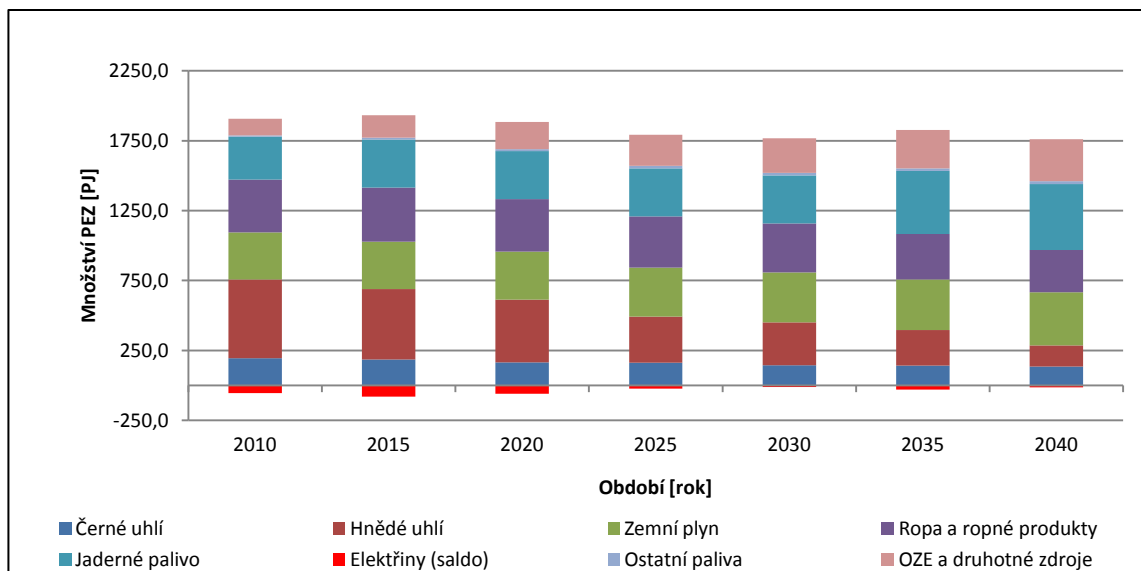
- optimalizovaný scénář,
- bezpečný a soběstačný scénář,
- konvenční ekonomický scénář,
- dekarbonizační scénář.

Součástí návrhu bylo zpracování i dvou mezních scénářů, které sice nejsou uvnitř stanovených koridorů, ale za určitých okolností mohou nastat. Jsou jimi:

- plynový scénář s omezenou energetickou soběstačností,
- zelený scénář s omezenou energetickou soběstačností. [16]

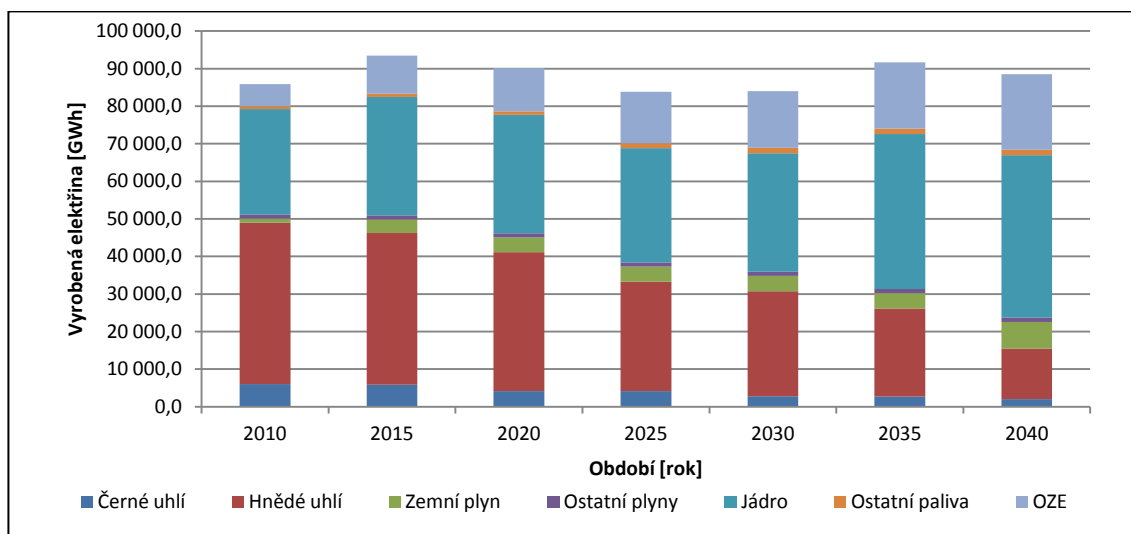
2.8 Očekávaný vývoj energetiky ČR do roku 2040 – optimalizovaný scénář

Představuje dlouhodobou prognózu očekávaného vývoje technologií, národního hospodářství, tuzemské a evropské politiky za předem definovaných předpokladů. Je tak jedním ze scénářů, který v rámci doporučených koridorů byl vybrán. Prognóza vývoje vychází ze současně dostupných informací a expertních odhadů vstupních parametrů a je tím zatížena značnou mírou nejistoty. Podle tohoto scénáře bude konečná spotřeba primárních zdrojů mírně klesat. V grafu Obr. 2.3 je tato tendence patrná s rozlišením druhů primárních zdrojů. Z tohoto grafu je zřejmé, že hnědé uhlí jako primární zdroj bude na ústupu a bude se více prosazovat jaderné palivo, zemní plyn a OZE.



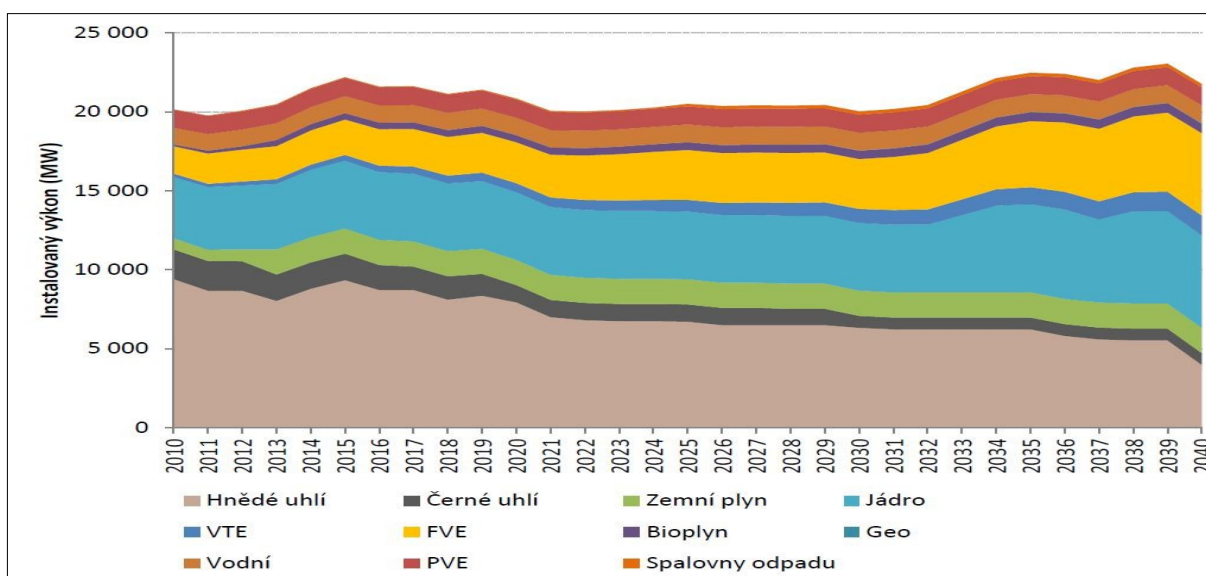
Obr. 2.3 Vývoj a struktura primárních energetických zdrojů (převzato z [16])

V případě elektřiny bude celková výroba přibližně stejná v celém horizontu, pro nadcházející období je předpoklad mírného snížení, jak je znázorněno v grafu na Obr. 2.4. Předpokládá se zvýšení spotřeby elektřiny ve všech sektorech národního hospodářství. Jen v případě spotřeb domácností je tomu naopak. V bilanci výroby elektřiny se předpokládá postupný pokles výroby z hnědouhelných elektráren. Naproti tomu se zvýší výroba z jaderných elektráren a OZE. V případě zemního plynu se očekává výroba elektřiny především v kogeneraci.



Obr. 2.4 Vývoj a struktura hrubé výroby elektřiny (převzato z [16])

Výkonová bilance ES ČR se předpokládá trvale přebytková, v případě zpoždění výstavby a uvedení nových bloků jaderných elektráren do provozu by se bilance ES ČR stala mírně deficitní. Předpoklad nárůstu instalovaného výkonu ze zdrojů s proměnlivou dodávkou je patrný z grafu Obr. 2.5. U zdrojů stálého výkonu bude docházet k mírnému poklesu. Prakticky to znamená, že pohotový výkon bude klesat, i když instalovaný výkon stoupá. To je způsobeno nízkým využitím OZE. Z tohoto důvodu bude muset mít ES ČR možnost pružněji reagovat a regulovat na straně spotřeby, nárůstem kapacit akumulčních systémů a dobudováním systému řízení inteligentních sítí. Dalším z předpokladů je mezinárodní spolupráce provozovatelů přenosových soustav s flexibilním příhraničním obchodováním. [16]



Obr. 2.5 Vývoj a struktura instalovaného výkonu ES ČR (převzato z [16])

2.9 Vývoj cen energií

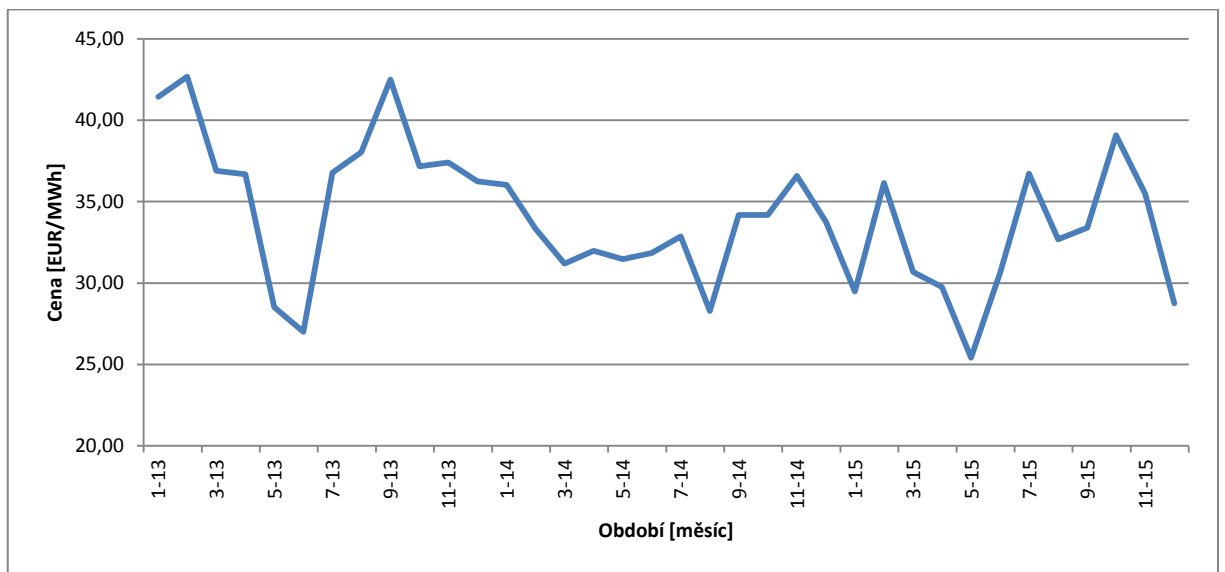
V České republice je podnikání v oblasti výroby a rozvodu elektřiny a podnikání v oblasti výroby a rozvodu tepelné energie především v SCZT možné pouze na základě licence. Licenci uděluje Energetický regulační úřad na základě posouzení splnění podmínek podle zákona 458/2000 Sb. o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů. Cena za elektřinu je složena v zásadě ze dvou částí. První část je cena za silovou elektřinu, která je tvořena na trhu s elektřinou, jak bylo popsáno v kapitole „Trh s elektřinou“, a je tedy vytvářena tímto tržním prostředím. Tato cena odráží skutečné výrobní náklady podle druhu primárního zdroje. Druhou složkou ceny za elektřinu je tzv. cena za dopravu. Ta je regulovanou složkou ceny, a to na základě cenového rozhodnutí, kterým se stanovují ceny za související službu v elektroenergetice a další regulované ceny. Regulovaná část elektřiny je složená z ceny za přenosové a distribuční služby, systémové služby, vícenáklady spojené s podporou obnovitelných zdrojů a kombinované výroby a ostatní služby související s činností operátora trhu. Velmi orientačně lze říci, že cena pro koncové zákazníky se skládá z jednotlivých částí v procentním zastoupení podle úrovně napěťové hladiny, z které je elektřina odebírána takto:

- síť nn – neregulovaná část 40 %, regulovaná část 60 %,
- síť vn – neregulovaná část 60 %, regulovaná část 40 %,
- síť vvn – neregulovaná část 70 %, regulovaná část 30 %.

Cena tepla je pak regulována cenovým rozhodnutím Energetického regulačního úřadu č. 4/2015 ze dne 6. listopadu, tak aby byly pokryty ekonomicky oprávněné náklady a přiměřený zisk. Tato cena je v každé lokalitě různá a je závislá na druhu použitého paliva. Tato cena není věcně usměrňována, pokud je pod limitní cenou ve výši 152,86 Kč/GJ. [18]

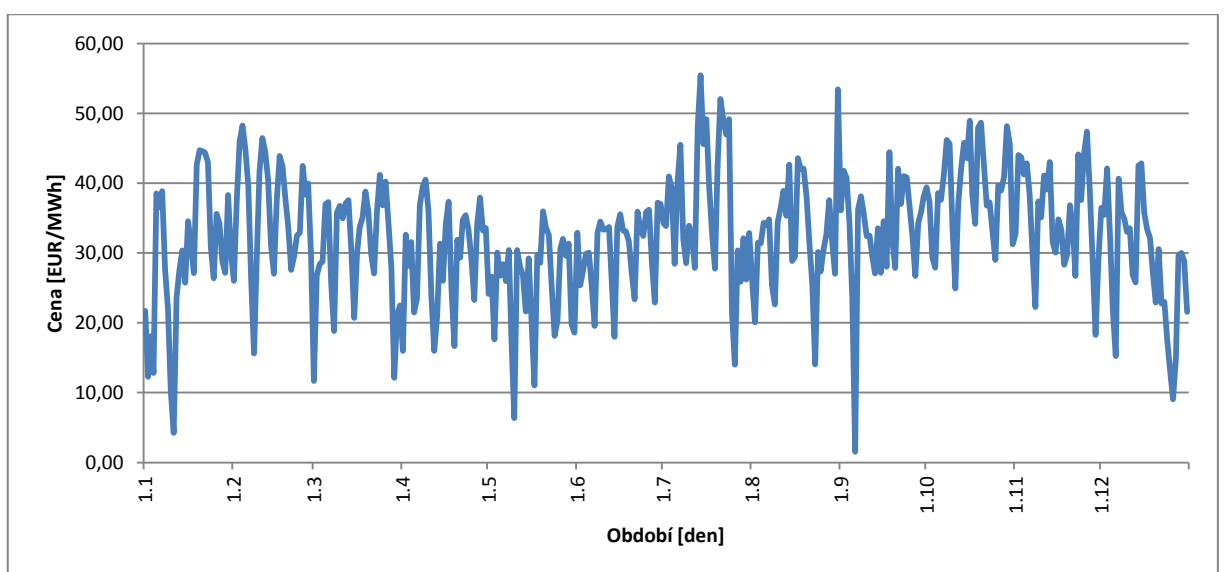
2.9.1 Elektrická energie

Vývoj ceny silové energie na trhu s elektřinou v období let 2013 – 2014 je zobrazen v grafu Obr. 2.6. Jedná se o průměrnou měsíční hodnotu v jednotlivých měsících celého období. Na tomto grafu je patrný pokles ceny silové energie na trhu s elektřinou.



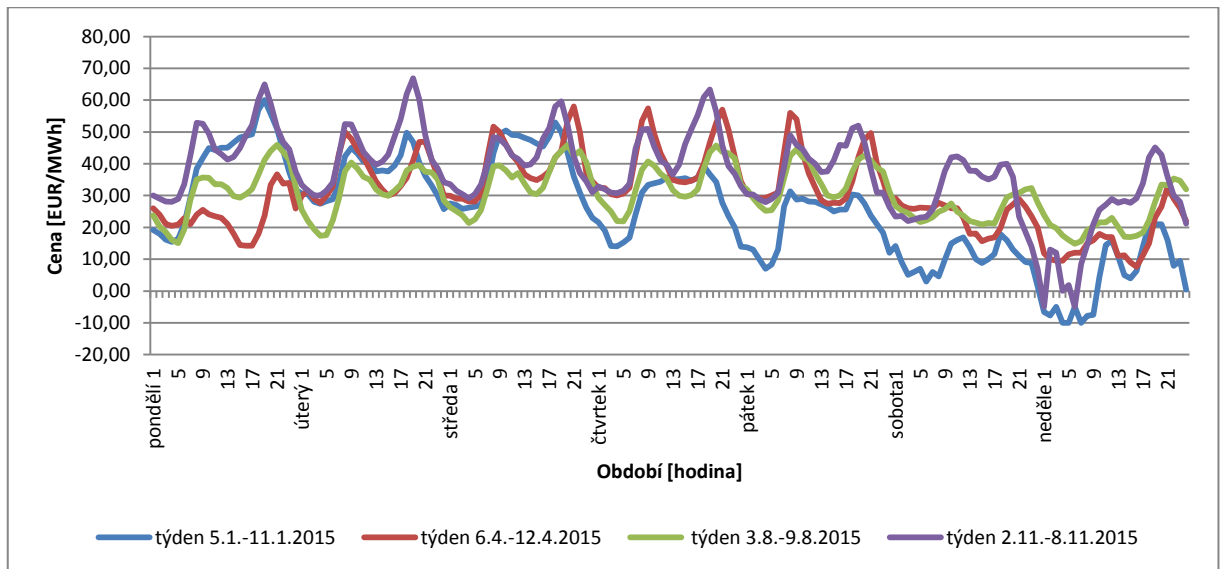
Obr. 2.6 Vývoj průměrné měsíční marginální ceny ČR období 2013 – 2015 (vlastní zpracování z [23])

Vývoj průměrné ceny elektřiny v jednotlivých dnech roku 2015 znázorňuje graf na Obr. 2.7. Zde je patrné, jak tato cena velmi výrazně kolísá. Například minimální cena byla 6.9.2015 na částce 1,56 EUR/MWh a následující den, tedy 7.9.2015 již byla na částce 36,18 EUR/MWh. Naopak maximální cena byla 14.7.2015 na částce 55,15 EUR/MWh a následující den tedy 15.7.2015, klesla na částku 45,57 EUR/MWh. Tento výkyv cen se značným způsobem promítá do zisků elektráren a klade nároky na optimalizaci nasazování jednotlivých druhů elektráren podle nákladů na vyrobenou MWh.



Obr. 2.7 Vývoj průměrné denní marginální ceny ČR 2015 (vlastní zpracování z [23])

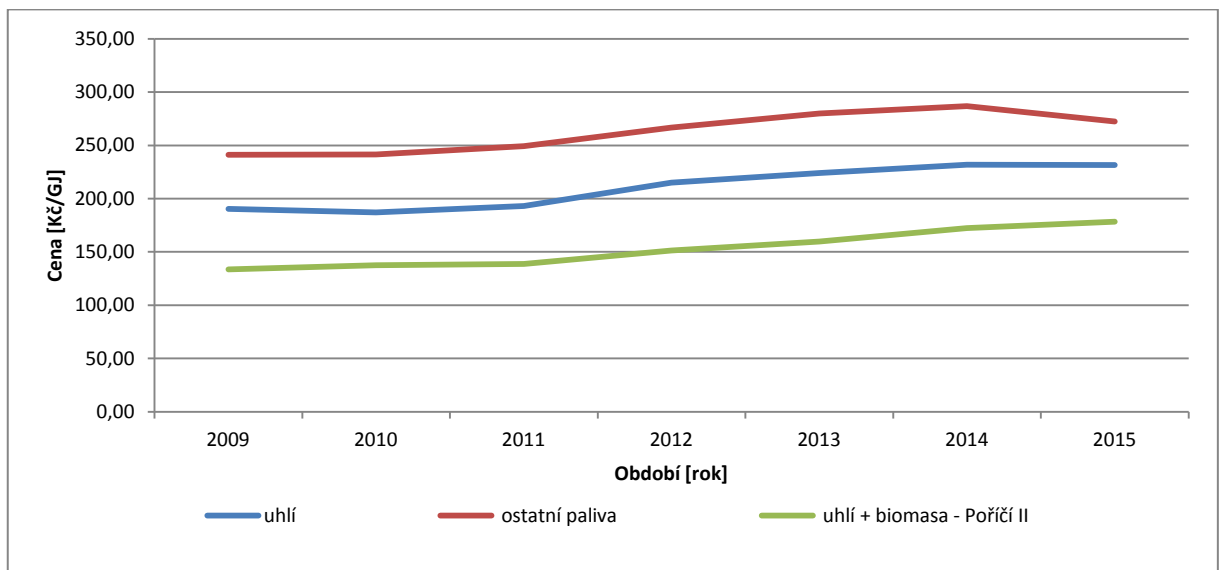
Na dalším grafu Obr. 2.8 je porovnání cen v jednotlivých hodinách ve vybraných čtyřech týdnech. Zde je patrný pohyb těchto cen v průběhu každé hodiny v jednotlivém dni, kdy cena v nočních hodinách, kde jí je nadbytek, klesá, a naopak v době ranní a odpolední špičky, kde je po ní poptávka, stoupá. Víkendové ceny v nočních hodinách jsou v některých dnech dokonce v záporných hodnotách, ale tento trend není pravidlem. [23]



Obr. 2.8 Marginální cena ČR hodinová v týdnu (vlastní zpracování z [23])

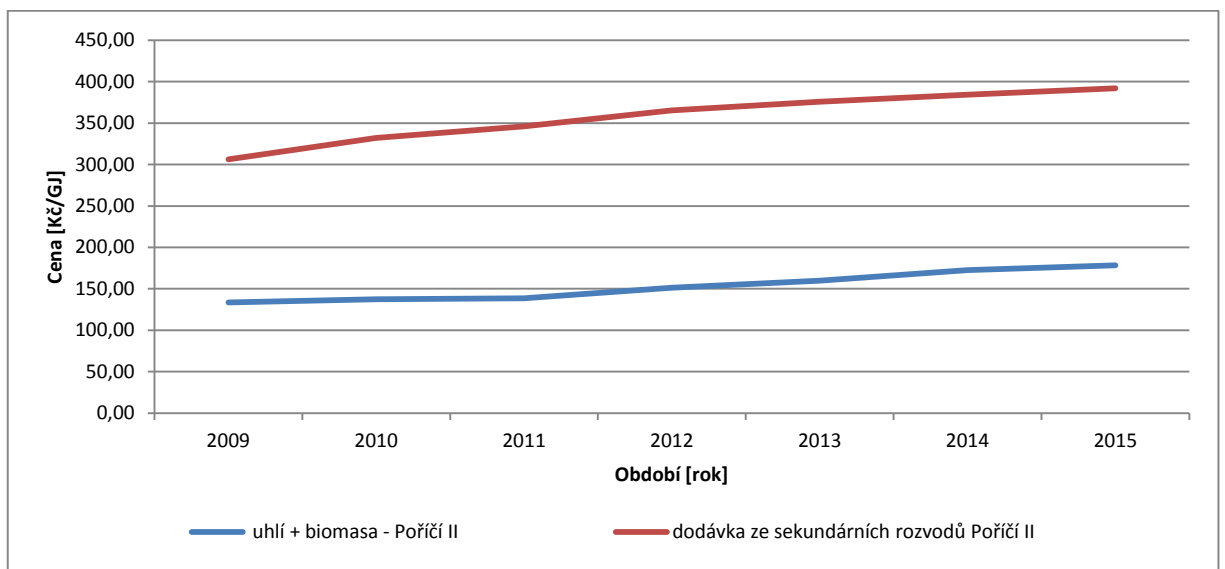
2.9.2 Tepelná energie

Vývoj ceny v tepla v lokalitě Poříčí II, jako ceny tepla z výroby nad 10 MWt z uhlí a biomasy, v období let 2009 až 2015 v porovnání s průměrnou cenou tepla ostatních zdrojů z uhlí a ceny z ostatních zdrojů při respektování výkonové hladiny je v grafu Obr. 2.9. Z grafu je patrný nárůst ceny v jednotlivých letech, avšak cena tepla z Elektrárny Poříčí II v porovnání s průměrnou cenou tepla v České republice z uhlí i ostatních paliv je nižší, což tento zdroj řadí mezi výhodné zdroje tepla a lze ho považovat za konkurence schopný zdroj tepla. [24]



Obr. 2.9 Vývoj cen tepla z výroby při výkonu nad 10 MWt (vlastní zpracování z [24])

Cena tepla v období let 2009 až 2015 pro koncové zákazníky tj. dodávka tepla ze sekundárních rozvodů v lokalitě napojené na Elektrárnu Poříčí II v porovnání s cenou tepla z výroby nad 10 MWt v téže lokalitě je v grafu na Obr. 2.10. Tato cena pak odráží náklady na provoz distribuční soustavy ke koncovému zákazníkovi.



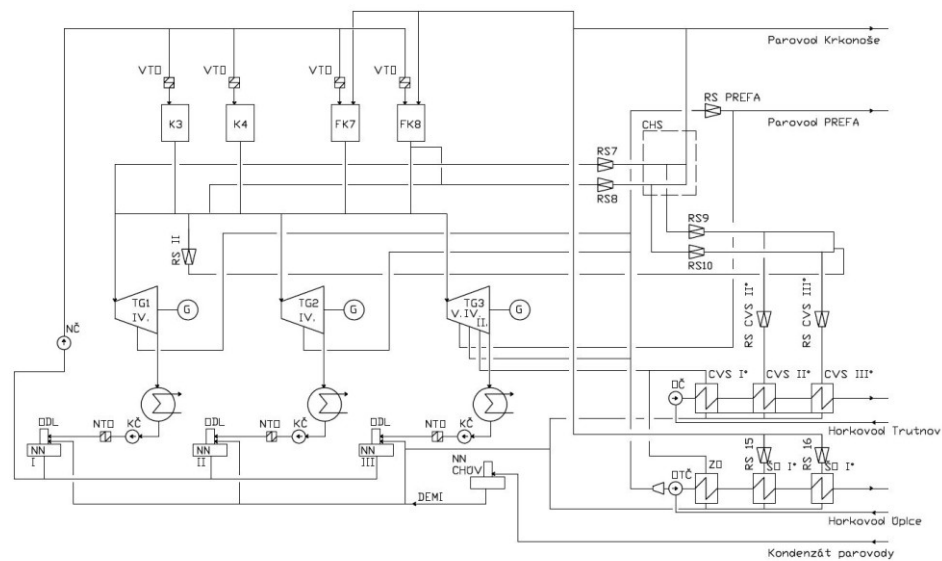
Obr. 2.10 Vývoj cen tepla z výroby nad 10 MWt a sekundárních rozvodů (vlastní zpracování [24])

3 Elektrárna Poříčí II

Elektrárna Poříčí II je jednou z uhelných elektráren Skupiny ČEZ, která provozuje uhelné elektrárny a teplárny v České republice ve 13 lokalitách. V Elektrárně Poříčí II se spolu s uhlím spaluje i biomasa. Uhelné elektrárny Skupiny ČEZ se v České republice podílejí na výrobě elektrické energie přibližně polovinou. V Evropě je z uhlí vyrobena asi jedna třetina, ve světě pak více jak 44 % elektrické energie. Aby tyto zdroje byly i nadále perspektivní, musí být schopny zvyšovat svou účinnost a současně splňovat přísné normy v oblasti životního prostředí. Skupina ČEZ své zdroje provozuje v souladu s pravidly ochrany životního prostředí dané legislativou Evropské unie. Všechny elektrárny jsou vybavené technologiemi pro snížení emisí látek znečišťujících ovzduší a jsou v souladu s požadavky nových právních předpisů v oblasti ochrany ovzduší. Současně s tím je monitorován stav kvality ovzduší. Naměřené hodnoty jsou předávány do imisního informačního systému kvality ovzduší ČR. Významné investice byly vynaloženy do oblasti spalování alternativních paliv a systému řízení ochrany životního prostředí EMS. [25]

3.1 Základní popis

Elektrárna Poříčí II byla uvedena do provozu v roce 1957 a byla zasazena do krajiny na úpatí Krkonoš na východním okraji města Trutnov v severovýchodní části České republiky. Díky svému umístění hraje důležitou úlohu v udržení dobrých napěťových poměrů a je tzv. systémovou elektrárnou s instalovaným výkonem 165 MW. Z šesti původních instalovaných parních kotlů o jednotkovém parním výkonu 125 t/h jsou v současnosti v provozu pouze dva kotle jako havarijní záloha. Tyto kotle spalují kvalitní nízkosíraté černé uhlí z důvodu plnění zákonných emisních limitů. Čtyři kotle byli v letech 1996 a 1998 nahrazeny dvěma fluidními kotli o jednotkovém parním výkonu 250 t/h spalující hnědé uhlí a biomasu. Na strojovně byly osazeny tři soustrojí parních turbín s turbogenerátory o jednotkovém výkonu 55 MW. Původní zařízení bylo v sedmdesátých letech zrekonstruováno na soustrojí odběrově – kondenzační s využitím pro dodávku tepla v páře a horké vodě k teplárenským účelům. Dnes jsou k provozu využívána pouze dvě soustrojí a třetí je v záloze pro případ dlouhodobých odstávek a oprav. Základní schéma elektrárny Poříčí II je znázorněno na Obr. 3.1. [26]



Obr. 3.1 Základní schéma elektrárny Poříčí II (překresleno z [26])

3.1.1 Parní kotle FK7, FK8

Fluidní kotle FK7 a FK8 s cirkulující fluidní vrstvou (CFBC) výrobce CNIM, FOSTER, CdF jsou třítahové s přirozenou cirkulací a podtlakovým topeništěm s dvěma cyklony. Kotle jsou určeny pro spalování hnědého nebo černého uhlí s možností spalovat biomasu. Každý z kotlů je vybaven dvěma ventilátory pro přívod vzduchu primárním a sekundárním. Primární a sekundární vzduch je ohříván trubkovým ohřívákem LUWO. Dále jsou kotle vybaveny pětistupňovým protiproudým ohřívákem vody a parním ohřívákem. Pro odvod spalín je kotel vybaven sacím ventilátorem (tzv. kouřovým ventilátorem) s regulací pomocí natáčení lopatek. Dalším z ventilátorů je recirkulační ventilátor, který nasává část spalín před komínem a vrací jejich část do chladičů popela a do proudu primárního vzduchu. Recirkulace slouží k regulaci teploty lože. Pro fluidizaci sifonů a cyklonů slouží fluidizační ventilátor se 100% zálohou. V 2. tahu, 3. tahu a ohříváku LUWO jsou kotle vybaveny parními ofukovači k odstranění nánosů popílku a tím zlepšení ekonomie provozu. Kotel FK7 je dále vybaven dopravníkem a zásobníkem pro čisté spalování biomasy. Pro napájení kotlů je instalováno devět elektrických napájecích čerpadel. Dvě napájecí čerpadla jsou vybavena frekvenčními měniči pro regulaci výkonu změnou otáček. Napájecí čerpadla jsou společná pro granulační i fluidní kotle. K najíždění kotlů se používá čtyř olejových najížděcích hořáků, zapalovaných pomocí zapalovacích hořáků na propan, který je uskladněn v tlakových láhvích. Lehký topný olej je skladován ve dvou nadzemních nádržích o objemu 155 m³, vybavených parním trubkovým

ohřívákem. Ložový popel z kotle FK8 je odváděn pomocí chladičů popele, kde pomocí recirkulačních plynů dochází k jeho ochlazení. U kotle FK7 je chlazení zajištěno pomocí chlazených vibračních šneků. Ložový popel se po drcení na velikost zrna 5 mm odvádí do sila ložového popela. Úletový popel se odlučuje v průchodu mezi 2. a 3. tahem, kdy změnou směru proudu se odloučí jeho nejtěžší frakce, zbytek se odloučí v elektroodlučovačích. K odloučení tuhých znečišťujících látek z procesu spalování slouží jednoproudé elektroodlučovače FK rozdělené do čtyř sekcí, v dolní části sekce jsou dvě výsypky, odkud je popílek pneumatickou cestou veden do zásobního sila popílku. Odsíření fluidních kotlů je zajištěno technologií fluidního spalování v prostoru spalovací komory dávkováním mletého vápence. Zásoba mletého vápence je ve společném silu vápence a do kotle je dopravován pneumatickou cestou přes provozní silo vápence, které má každý kotel samostatně. [26]

Tab. 3.1 parametry kotlů FK7, FK8 (převzato z [26])

FK7, FK8		
Jmenovitý výkon	[t/h]	250
Jmenovitá teplota přehřáté páry	[°C]	520
Jmenovitý tlak přehřáté páry	[MPa]	10,0
Jmenovitá teplota napájecí vody	[°C]	200
Regulační rozsah	[% P_{jm}]	30 - 100

3.1.2 Parní kotle K3, K4

Parní kotle K3 a K4 výrobce ZVU Hradec Králové jsou granulační, strmotrubné, jednoválcové se sběračem páry, s přirozenou cirkulací, s dvoutahovou spalovací komorou se stropními a brýdovými hořáky. Kotle jsou určeny pro spalování černého uhlí a slouží jako teplárenská havarijní záloha. Každý z kotlů má dva vzduchové ventilátory s regulací množství vzduchu pomocí regulačního věnce a dva axiální sací ventilátory s regulací množství vzduchu s regulačními klapkami. Spalovací vzduch je ohříván ve dvoustupňovém ohříváku vzduchu. Napájecí voda z elektrických napájecích čerpadel se přivádí do kotlů přes napájecí hlavu do protiproudých ohříváků vody „EKO“. Pára je přehřívána v sálavém a konvekčním přehříváku. Každý z kotlů má dva mlecí okruhy vybavenými trubnatým mlýnem s mezizásobníkem prášku a dvanácti práškovými hořáky. K najíždění kotle slouží dva olejové najížděcí hořáky na přední straně kotle se zapalovacími hořáky na propan. Plynové a olejové hospodářství hořáků je společné s fluidními kotli. Ke splnění emisních limitů je do spalin dávkováno kapalné aditivum „APOLO“. Kotle jsou vybavené dvěma elektrostatickými třísetovými odlučovači tuhých znečišťujících látek s vysokonapěťovým systémem a oklepáváním popílku

do výsypek jednotlivých sekcí, odkud je popílek pneumatickou cestou dopravován do zásobního sila úletového popílku fluidních kotlů v případě K4, pro kotel K3 je popílek z odlučovačů odváděn pasy do sila „Prefa“. Škvára je odváděna z prostoru mezi 1. a 2. tahem kotle, odkud padá do výsypek, z kterých je vyhrnována na dopravní pas a odtud odváděna do zásobních sil „Prefa“ odkud je vyvážena nákladními automobily. Odsíření pro tyto kotle není instalováno, protože povolené koncentrace emisí SO₂ jsou zajištěny spalováním kvalitního nízkosírnatého černého uhlí. [26]

Tab. 3.2 parametry kotlů K3, K4 (převzato z [26])

K3, K4		
Jmenovitý výkon	[t/h]	125
Jmenovitá teplota přehřáté páry	[°C]	510
Jmenovitý tlak přehřáté páry	[MPa]	9,5
Jmenovitá teplota napájecí vody	[°C]	200
Regulační rozsah	[% P_{jm}]	50 - 100

3.1.3 Parní turbíny TG1, TG2

Parní turbíny jsou dvou tělesové rovnotlaké kondenzační turbíny s jedním jednoproudovým VT dílem a jedním dvou Proudovým NT dílem výrobce ŠKODA Plzeň. Každá z turbín je vybavena třemi neregulovanými odběry páry pro regeneraci a ohřev v NTO. TG1 a TG2 jsou dále vybaveny jedním regulovaným odběrem pro ohřev napájecí vody ve VTO. Ke každé TG přísluší dvojice kondenzátorů a dvojice vertikálních čerpadel zajišťující cirkulaci chladicí vody. Každá z parních turbín pohání synchronní generátor s jmenovitým napětím 10,5 kV s buzením pomocí statické budicí soupravy. Generátor je chlazen vzduchem s uzavřeným chladicím okruhem. Vzduch je chlazen vodním chladičem. [26]

Tab. 3.3 Parametry turbín (převzato z [26])

TG1, TG2		
Jmenovitý výkon	[MW]	55
Dosažitelný výkon	[MW]	55
Jmenovité otáčky	[min ⁻¹]	3000
Tlak admisní páry	[MPa]	9,2
Teplota admisní páry	[°C]	510
Počet regulovaných odběrů	[ks]	1

3.1.4 Parní turbína TG3

Parní turbína o výkonu 55 MW je dvou tělesová, rovnotlaká kondenzační turbína s jedním jednoproudovým VT dílem a jedním dvou Proudovým NT dílem výrobce Škoda. Turbína má pět odběrů páry pro teplofikaci a regeneraci napájecí vody, z toho tři odběry jsou neregulované a dva odběry jsou regulované. Parametry turbíny jsou v Tab. 3.4.[27]

Tab. 3.4 Parametry turbíny (převzato z [27])

TG 3		
Druh		odběrová
Typ turbíny		rovnotlaká
Počet těles	[ks]	2
Jmenovitý výkon	[MW]	55
Jmenovité otáčky	[min ⁻¹]	3000
Jmenovitý tlak admisní páry	[MPa]	9,5 ± 0,3
Jmenovitá teplota admisní páry	[°C]	520 ± 10
Maximální hlnost	[t/h]	294
Počet odběrů celkem	[ks]	5
Počet odběrů pro teplárenství	[ks]	4
Regulovaný odběr		druhý / čtvrtý
Maximální odběr	[t/h]	50 / 200
Jmenovitá teplota emisní páry	[°C]	26

První odběr je neregulovaný a slouží pro ohřev kondenzátu v NTO 1°. Druhý odběr je regulovaný a slouží pro ohřev kondenzátu v NTO 2° a ohřev oběhové vody v horkovodech. Třetí odběr je neregulovaný a slouží pro ohřev oběhové vody v horkovodech a kondenzátu v NTO 3°. Čtvrtý odběr je regulovaný a slouží pro ohřev napájecí vody ve VTO a pro napájení VPV. Je vyveden do CHS 2. Pátý odběr je neregulovaný a slouží pro ohřev napájecí vody ve VTO, pro OTČ a pro napájení parovodu „Prefa“. Parametry odběrů jsou v Tab. 3.5 a jsou orientační, protože jsou ovlivněny výkonem TG a nastavením regulace v regulovaných odběrech. [27]

Tab. 3.5 Parametry odběrů páry TG3 (převzato z [27])

PARAMETRY ODBĚRŮ	TEPLOTA [°C]	TLAK [MPA]
I.	70	0,05
II.	91	0,1
III.	200	0,25
IV.	297	1,35
V.	350	2,3

3.1.5 Zauhlování

System zásobování uhlím se skládá z vnějšího a vnitřního zauhlování. Vykládka uhlí a vnější zauhlování je společné pro všechny kotle. Uhlí je do areálu Elektrárny Poříčí II dopravováno po železnici v samovýsypných vagonch, k jejichž vyprázdnění je určen hlubinný zásobník. Hlubinný zásobník se skládá z nadzemní a podzemní části. V nadzemní části je po celé délce kolej, z které se vagóny vykládají. Podzemní část je tvořena železobetonovým zásobníkem, který je v dolní části zakončen úzkou štěrbínou. Odkud je uhlí odebíráno pomocí vyhrnovacích vozíků na pasy. Rezervní zásoba uhlí je ukládána na skládku paliva s kapacitou paliva 50 000 t a do dvanácti nadzemních zásobníků s kapacitou 3600 t. Vnitřní zauhlování kotlů K3 a K4 se skládá ze čtyř betonových zásobníků vybavených deskovými uzávěry pro každý kotel. Uhlí padá do řetězových podavačů a odtud do mlýnů. Množství uhlí se reguluje změnou otáček řetězu pomocí frekvenčních měničů. Dopravu prášku z mlýnu do třídiče a práškových hořáků zajišťuje radiální mlýnský okruh. Každý z fluidních kotlů FK7 a FK8 je vybaven dvěma ocelovými zásobníky uhlí v dolní části vyložených nerezovým plechem a vybavených čtveřicí vzduchových děl pro uvolnění váz noucího uhlí. Zásobníky jsou kontinuálně váženy pomocí tenzometrických vah. K jejich automatickému plnění slouží shrnovací pluhy pasů nad zásobníky. Uhlí ze zásobníků padá do řetězových podavačů a dále do kotle přes kladivový drtič. Drtič zajistí mletí paliva na zrnitost 0 – 10 mm. Každý z kotlů má dvě zauhlovací linky, které mohou pracovat samostatně a jsou schopny zajistit minimální výkon kotle 80 %. Výkon zauhlovacích linek je řízen změnou otáček pomocí frekvenčního měniče. [26]

3.1.6 Vodní hospodářství

V Elektrárně Poříčí II je zdrojem surové vody řeka Úpa. Odkud je voda přiváděna přes vtokový objekt dvěma gravitačními přivaděči do čerpací stanice, odkud je dále vedena k využití pro chlazení, výrobu demivody a pro požární účely. K chlazení chladicí vody slouží chladicí věž železobetonové konstrukce složená ze dvou samostatných sekcí. Každá sekce je rozdělena do tří buněk se samostatnými axiálními ventilátory a má samostatný přívod a odvod chladicí vody. Kapacita věže slouží pouze pro provoz dvou TG. [26]

3.1.7 Elektro

Vyvedení elektrického výkonu z turbogenerátorů je zajištěno třemi linkami 110 kV V911, V912 a V913 do rozvodny Poříčí. Každá linka má přenosovou kapacitu 80 MW. K záložnímu napájení vlastní spotřeby v době odstávky celé elektrárny slouží linka 110 kV V914. Pro případ nouzového napájení lze využít vedení 35 kV s kapacitou 0,6 MW rovněž napájeného z rozvodny Poříčí. Řízení, zabezpečení a monitorování elektrárny je zajištěno několika samostatnými řídicími systémy. Řídicí systém SIEMENS T3000 zajišťuje technologii obou fluidních kotlů FK7 a FK8 a turbogenerátoru TG3. K zajištění technologie kotlů K3 a K4, dále turbogenerátorů TG1 a TG2, chladicí věže, hospodářství LTO a redukčních stanic slouží řídicí systém ALLEN BRADLEY. Pro technologii rozvodu 6 kV (R6K3, R6K7, R6K8) a rozvodny 0,4 kV TG3 je využíván řídicí systém ABB MICROSCADA. [26]

3.2 Tepelná soustava napájená z elektrárny Poříčí II

Elektrárna Poříčí II svým instalovaným tepelným výkonem $294 MW_t$ zásobuje město Trutnov a jeho velkou část okolí pomocí tepelných napáječů v celkové délce 73 km. Z toho parní síť tvoří 38 km a horkovodní síť 35 km. Roční dodávka činí přibližně 1500 TJ tepla pro 2560 primárních odběrných míst ve složení 35% bytových odběrných míst a 65 % nebytových odběrných míst. Parovod Krkonoše zásobuje teplem lokality Mladé Buky, Svobodu nad Úpou, Jánské Lázně, Horní a Dolní Maršov. Parovod Radvanice zásobuje Lhotu u Trutnova, Radvanice a Jívku. Parovod Prefa zásobuje závod téhož jména. Horkovod Úpice zásobuje Bohuslovice, Adamov a Suchovršíce a horkovod Trutnov zásobuje část města. Mapa celé zásobované oblasti je v příloze č.1 . Díky vyvedení tepla z Elektrárny Poříčí II dochází k naplnění principu kogenerace a tím vyššímu využití energie paliva až o 32%, což má za následek snížení ekologické zátěže krajiny v porovnání výroby stejně velkého množství tepla a elektřiny v oddělených cyklech. Centralizované zásobování teplem pro oblast Trutnovska z Elektrárny Poříčí významně přispělo k odstranění lokálních a místních výtopen a tím došlo ke snížení emise oxidu siřičitého o 2600 t/r. Takové množství oxidu siřičitého by se vyprodukovalo spálením 118 tis. tun hnědého uhlí v lokálních zdrojích. [25]

4 Výpočet celkové účinnosti na bloku 50 MW

Tepelné elektrárny pracující na principu Rankine-Clausova cyklu jsou energetické centrály, které pracují s poměrně malou účinností cca 30%. Protože však jsou budovány na velké výkony, tak každé zvýšení účinnosti je velký přínos ke snížení spotřeby primárních paliv a tím i ke snížení emisí škodlivin. To se samozřejmě promítne i do nákladů na výrobu tepla a tím i elektřiny. Proto je tepelná účinnost jednou ze zásadních sledovaných veličin. Obecná rovnice výpočtu účinnosti vychází z bilanční rovnice energetických zařízení:

$$\sum P_{vstup} = \sum P_{vyuz} + \sum P_{ztrac} \quad [W] \quad (4.1)$$

Z této rovnice je odvozen vztah pro účinnost:

$$\eta = \frac{\sum P_{vyuz}}{\sum P_{vstup}} = 1 - \sum \zeta \quad [\%] \quad (4.2)$$

kde:

$\sum \zeta$ je suma poměrných energetických ztrát.

Pro výpočet účinnosti teplárny s parní turbínou využiju vztahu:

$$\eta_c = \frac{Q_{tep} + 3,6 * (E_{sv} - E_{vs} - E_{tep}^{vyr})}{Q_{pal}^{et}} * 100 \quad [\%] \quad (4.3)$$

kde:

Q_{tep} dodávka tepla pro teplárenské účely [GJ],

E_{sv} výroba elektřiny na svorkách generátoru [MWh],

E_{vs} vlastní spotřeba elektřiny [MWh],

E_{tep}^{vyr} spotřeba elektřiny na výrobu teplárenského tepla [MWh],

Q_{pal}^{et} spotřeba energie v palivu na výrobu elektřiny [GJ].

Dále určím koeficienty, které mají vypovídající hodnotu o teplárně:

k_q koeficient vlastní spotřeby a ztrát tepla

$$k_q = \frac{Q_{vyr}}{Q_{dod}} \quad [-] \quad (4.4)$$

k_e koeficient vlastní spotřeby

$$k_e = \frac{E_{sv}}{E_{dod}} \quad [-] \quad (4.5)$$

e modul teplárenské výroby

$$e = \frac{E_{dod}}{Q_{tep}} \quad [-] \quad (4.6)$$

kde:

E_{sv} svorková výroba [MWh],

E_{dod} dodávka elektřiny [MWh],

Q_{vyr} vyrobené teplo v kotelně [GJ],

Q_{dod} dodávka tepla z kotelny [GJ],

Q_{tep} dodávka tepla pro teplárenské účely [GJ].

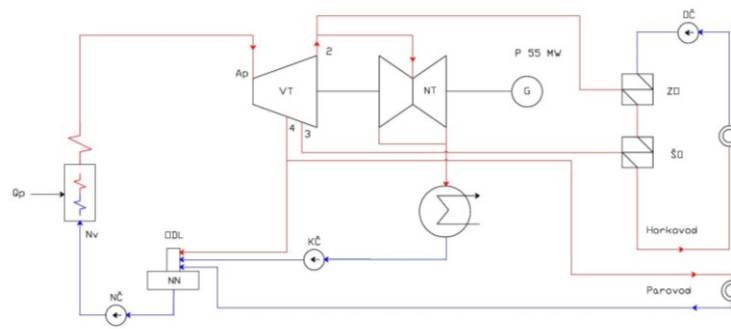
[29]

4.1 Výpočet

V této kapitole jsem provedl teoretický výpočet účinnosti Elektrárny Poříčí II ve čtyřech různých režimech provozu. Základní parametry pro výpočet jsem převzal z odběrového diagramu Tp 5576-D TG3 Elektrárny Poříčí II. Jedná se o informační odběrový diagram, který oddělení provozní ekonomie používá pro optimalizaci provozu. Ostatní parametry jsem vypočítal s přihlédnutím k obvyklým hodnotám účinnosti dílčích zařízení. Parametry jsou v Tab. 4.1. Zjednodušené schéma pro výpočet je zobrazeno na Obr. 4.1. [28]

Tab. 4.1 Parametry z odběrového diagramu (převzato z [28])

	ZKRATKA	TLAK	TEPLOTA	ENTALPIE
		[MPa]	[°C]	[GJ/t]
Admisní pára	Ap	9,50	520	3,4319
Napájecí voda	Nv	13,6	200	0,8590
IV odběr	IV. o	1,60	235	2,8831
III odběr	III. o	0,25	200	2,8684
II odběr	II. o	0,09	91	2,4890
Vratný kondenzát	vk	0,30	43	0,1813
Δ II+III odběru	$\Delta_{i_{II+III.o}}$			2,2590



Obr. 4.1 Elektrárna Poříčí II. zjednodušené schéma bloku 55 MW (překresleno z [26])

4.1.1 Kondenzační provoz - maximální dodávka elektřiny

Tento výpočet vychází z provozu elektrárny pouze při výrobě elektřiny při maximálním elektrickém výkonu. Dodávka tepla není uvažována. Vlastní spotřeba elektřiny E_{vs} je uvažovaná jako výchozí hodnota pro další výpočty.

$$M_p = 225 \text{ [t/h]}$$

$$M_{pIV o} = 0 \text{ [t/h]}$$

$$M_{pII+III o} = 0 \text{ [t/h]}$$

$$E_{sv} = 57,90 \text{ [MWh]}$$

$$\eta_{vs} = 88 \text{ [%]}$$

$$E_{vs} = 1 - \eta_{vs} * E_{sv} = 0,12 * 57,90 = 6,95 \text{ [MW]} \quad (4.7)$$

$$E_{dod} = E_{sv} - E_{vs} = 57,90 - 6,95 = 50,95 \text{ [MWh]} \quad (4.8)$$

$$k_e = \frac{E_{sv}}{E_{dod}} = \frac{57,90}{50,95} = 1,14 \quad (4.9)$$

$$\eta_{vsq} = 95 \text{ [%]}$$

$$Q_{dod} = M_p * (i_a - i_{nv}) = 225 * (3,4319 - 0,8590) = 578,90 \text{ [GJ]} \quad (4.10)$$

$$Q_{vsq} = 1 - \eta_{vsq} * Q_{dod} = 0,05 * 578,90 = 28,95 \text{ [GJ]} \quad (4.11)$$

$$Q_{vyr} = Q_{dod} + Q_{vsq} = 578,90 + 28,95 = 607,85 \text{ [GJ]} \quad (4.12)$$

$$k_q = \frac{Q_{vyr}}{Q_{dod}} = \frac{607,85}{578,90} = 1,05 [-] \quad (4.13)$$

$$\eta_{kt} = 90 [\%]$$

$$Q_{pal}^{et} = \frac{Q_{vyr}}{0,9} = \frac{607,85}{0,9} = 675,39 [GJ] \quad (4.14)$$

$$\eta_c = \frac{Q_{tep} + 3,6 * E_{dod}}{Q_{pal}^{et}} * 100 = \frac{0 + 3,6 * 50,95}{675,39} * 100 = 27 [\%] \quad (4.15)$$

[29]

4.1.2 Kondenzační provoz – minimální dodávka elektřiny

Tento výpočet vychází z provozu elektrárny pouze při výrobě elektřiny při minimálním elektrickém výkonu. Dodávka tepla není uvažována.

$$M_p = 125 [t/h]$$

$$M_{pIVo} = 0 [t/h]$$

$$M_{pII+IIIo} = 0 [t/h]$$

$$E_{sv} = 28,90 [MWh]$$

$$E_{vs} = 0,85 * 6,95 = 5,91 [MWh] \quad (4.16)$$

Hodnota E_{vs} vychází ze snížení vlastní spotřeby elektřiny o 15 % oproti hodnotě E_{vs} při parním výkonu 250 t/h, odstavení chladicího čerpadla turbíny a částečné snížení spotřeby na kotelně, ale hlavní spotřeba kotelní (ventilátory a napájecí čerpadla) zůstávají v provozu.

$$\eta_{vs} = \frac{E_{sv} - E_{vs}}{E_{sv}} = \frac{28,90 - 5,91}{28,90} * 100 = 80 [\%] \quad (4.17)$$

$$E_{dod} = E_{sv} - E_{vs} = 28,90 - 5,91 = 22,99 [MWh] \quad (4.18)$$

$$k_e = \frac{E_{sv}}{E_{dod}} = \frac{28,90}{22,99} = 1,26 [-] \quad (4.19)$$

Hodnota Q_{vsq} vychází ze snížení vlastní spotřeby tepla o 5 % oproti hodnotě Q_{vsq} při parním výkonu 250 t/h, snížení spotřeby tepla na kotelně a ztráty v potrubí.

$$Q_{vsq} = 0,95 * 28,95 = 27,50 [GJ] \quad (4.20)$$

$$Q_{dod} = M_p * (i_a - i_{nv}) = 125 * (3,4319 - 0,8590) = 321,61 \text{ [GJ]} \quad (4.21)$$

$$Q_{vyr} = Q_{dod} + Q_{vsq} = 321,61 + 27,50 = 349,11 \text{ [GJ]} \quad (4.22)$$

$$\eta_{vsq} = \frac{Q_{dod}}{Q_{vyr}} = \frac{321,61}{349,11} * 100 = 92 \text{ [%]} \quad (4.23)$$

$$k_q = \frac{Q_{vyr}}{Q_{dod}} = \frac{349,11}{321,61} = 1,08 \text{ [-]} \quad (4.24)$$

$$\eta_{kt} = 90 \text{ [%]}$$

$$Q_{pal}^{et} = \frac{Q_{vyr}}{0,9} = \frac{349,11}{0,9} = 387,90 \text{ [GJ]} \quad (4.25)$$

$$\eta_c = \frac{Q_{tep} + 3,6 * E_{dod}}{Q_{pal}^{et}} * 100 = \frac{0 + 3,6 * 22,99}{387,90} * 100 = 21 \text{ [%]} \quad (4.26)$$

[29]

4.1.3 Odběrový provoz – maximální dodávka tepla a elektřiny

Tento výpočet vychází z provozu elektrárny při kombinované výrobě elektřiny a tepla.

Dodávka tepla odpovídá hodnotám v zimním období.

$$M_p = 225 \text{ [t/h]}$$

$$M_{pIVo} = 55 \text{ [t/h].}$$

$$M_{pII+IIIo} = 42 \text{ [t/h]}$$

$$E_{sv} = 42 \text{ [MWh]}$$

$$E_{vs} = 5,91 \text{ [MWh]}$$

Hodnota E_{vs} vychází z původní hodnoty vlastní spotřeby pro parní výkon 225 t/h ve výpočtu kondenzační provoz 225 t/h. Nově zvolenou hodnotou je spotřeba elektřiny pro vyvedení tepla E_{tep}^{vyr} , která se přičte k vlastní spotřebě, tato hodnota byla zvolena jako 10 % vlastní spotřeby.

$$E_{tep}^{vyr} = 0,10 * E_{vs} = 0,10 * 5,91 = 0,59 \text{ [MWh]} \quad (4.27)$$

$$E_{dod} = E_{sv} - E_{vs} - E_{tep}^{vyr} = 42,00 - 5,91 - 0,59 = 35,5 \text{ [MWh]} \quad (4.28)$$

$$\eta_{vs} = \frac{E_{dod}}{E_{sv}} = \frac{35,50}{42,00} * 100 = 85 \text{ [%]} \quad (4.29)$$

$$k_e = \frac{E_{sv}}{E_{dod}} = \frac{42,00}{35,50} = 1,18 \text{ [-]} \quad (4.30)$$

$$\eta_v = 90 \text{ [%]}$$

$$Q_{IV.o} = M_{pIV.o} * (i_{IV.o} - i_{vk}) = 55 * (2,8831 - 0,1813) = 148,60 \text{ [GJ]} \quad (4.31)$$

$$Q_{II.+III.o} = M_{pII+III.o} * (\Delta i_{II.+III.o}) = 42 * (2,2590) = 94,88 \text{ [GJ]} \quad (4.32)$$

$$Q_{tep} = \eta_v * (Q_{IV.o} + Q_{II.+III.o}) = 0,9 * (148,60 + 94,88) = 219,13 \text{ [GJ]} \quad (4.33)$$

Hodnota Q_{tep}^{vyr} vychází ze zvýšení vlastní spotřeby tepla o 20 % oproti hodnotě Q_{vsq} při parním výkonu 225 t/h v kondenzačním režimu, zvýšením spotřeby tepla pro provoz oběhových parních čerpadel .

$$Q_{vsq} = 28,95 \text{ [GJ]}$$

$$Q_{tep}^{vyr} = 0,2 * Q_{vsq} = 0,2 * 28,95 = 5,79 \text{ [GJ]} \quad (4.34)$$

$$Q_{tep}^{vyr} = 0,2 * Q_{vsq} = 0,2 * 28,95 = 5,79 \text{ [GJ]} \quad (4.35)$$

$$Q_{dod} = M_p * (i_a - i_{nv}) = 225 * (3,4319 - 0,8590) = 578,90 \text{ [GJ]} \quad (4.36)$$

$$Q_{vyr} = Q_{dod} + Q_{vsq} + Q_{tep}^{vyr} = 578,90 + 28,95 + 5,79 = 613,64 \text{ [GJ]} \quad (4.37)$$

$$\eta_{vsq} = \frac{Q_{dod}}{Q_{vyr}} = \frac{578,90}{613,64} * 100 = 92 \text{ [%]} \quad (4.38)$$

$$k_q = \frac{Q_{vyr}}{Q_{dod}} = \frac{613,64}{578,90} = 1,06 \text{ [-]} \quad (4.39)$$

$$\eta_{kt} = 90 \text{ [%]}$$

$$Q_{pal}^{et} = \frac{Q_{vyr}}{0,9} = \frac{613,64}{0,9} + 61,36 = 681,82 \text{ [GJ]} \quad (4.40)$$

$$\eta_c = \frac{Q_{tep} + 3,6 * E_{dod}}{Q_{pal}^{et}} * 100 = \frac{219,13 + 3,6 * 35,50}{681,82} * 100 = 49 \text{ [%]} \quad (4.41)$$

$$e = \frac{E_{dod}}{Q_{tep}} = \frac{35,50}{219,13} = 0,16 \text{ [-]} \quad (4.42)$$

[29]

4.1.4 Odběrový provoz – minimální dodávka tepla a elektřiny

Tento výpočet vychází z provozu elektrárny při kombinované výrobě elektřiny a tepla.

Dodávka tepla odpovídá hodnotám v letním období.

$$M_p = 125 \text{ [t/h]}$$

$$M_{pIV.odb} = 22 \text{ [t/h]}$$

$$M_{pII+IIIo} = 9 \text{ [t/h]}$$

$$E_{sv} = 23,40 \text{ [MWh]}$$

$$E_{vs} = 5,91 \text{ [MWh]}$$

Hodnota E_{vs} vychází z původní hodnoty vlastní spotřeby pro parní výkon 125 t/h ve výpočtu kondenzační provoz 125 t/h. Stejně jako v předešlé kapitole je spotřeba elektřiny pro vyvedení tepla E_{tep}^{vyr} , která se přičte k vlastní spotřebě, tato hodnota byla zvolena jako 10 % vlastní spotřeby pro pohon oběžných čerpadel horkovodů.

$$E_{tep}^{vyr} = 0,10 * E_{vs} = 0,10 * 5,91 = 0,59 \text{ [MWh]} \quad (4.43)$$

$$E_{dod} = E_{sv} - E_{vs} - E_{tep}^{vyr} = 23,40 - 5,91 - 0,59 = 16,90 \text{ [MWh]} \quad (4.44)$$

$$\eta_{vs} = \frac{E_{dod}}{E_{sv}} = \frac{16,90}{23,40} * 100 = 72 \text{ [%]} \quad (4.45)$$

$$k_e = \frac{E_{sv}}{E_{dod}} = \frac{23,40}{16,90} = 1,38 \text{ [-]} \quad (4.46)$$

$$\eta_v = 90 [\%]$$

$$Q_{IV.o} = M_{p_{IV.o}} * (i_{IV.o} - i_{vk}) = 22 * (2,8831 - 0,1813) = 59,44 [GJ] \quad (4.47)$$

$$Q_{II.+III.o} = M_{p_{II.+III.o}} * (\Delta_{i_{II.+III.o}}) = 9 * (2,2590) = 20,33 [GJ] \quad (4.48)$$

$$Q_{tep} = \eta_v * (Q_{IV.o} + Q_{II.+III.o}) = 0,9 * (59,44 + 20,33) = 71,79 [GJ] \quad (4.49)$$

Hodnota Q_{tep}^{vyr} vychází ze zvýšení vlastní spotřeby tepla o 20 % oproti hodnotě Q_{vsq} při parním výkonu 125 t/h, v kondenzačním režimu zvýšením spotřeby tepla na kotelně a ztráty v potrubí na provoz oběhových parních čerpadel.

$$Q_{vsq} = 27,50 [GJ]$$

$$Q_{tep}^{vyr} = 0,2 * Q_{vsq} = 0,2 * 27,50 = 5,5 [GJ] \quad (4.50)$$

$$Q_{dod} = M_p * (i_a - i_{nv}) = 125 * (3,4319 - 0,8590) = 321,61 [GJ] \quad (4.51)$$

$$Q_{vyr} = Q_{dod} + Q_{vsq} + Q_{tep}^{vyr} = 321,61 + 27,50 + 5,5 = 354,61 [GJ] \quad (4.52)$$

$$\eta_{vsq} = \frac{Q_{dod}}{Q_{vyr}} = \frac{321,61}{354,61} * 100 = 90 [\%] \quad (4.53)$$

$$k_q = \frac{Q_{vyr}}{Q_{dod}} = \frac{354,61}{321,61} = 1,10 [-] \quad (4.54)$$

$$\eta_{kt} = 90 [\%]$$

$$Q_{kt} = 1 - \eta_{kt} * Q_{vyr} = 0,1 * 354,61 = 35,46 [GJ] \quad (4.55)$$

$$Q_{pal}^{et} = Q_{vyr} + Q_{kt} = 354,61 + 35,46 = 390,07 [GJ] \quad (4.56)$$

$$\eta_c = \frac{Q_{tep} + 3,6 * E_{dod}}{Q_{pal}^{et}} * 100 = \frac{71,79 + 3,6 * 16,90}{390,07} * 100 = 34 [\%] \quad (4.57)$$

$$e = \frac{E_{dod}}{Q_{tep}} = \frac{16,90}{71,79} = 0,23 [-] \quad (4.58)$$

[29]

4.1.5 Zhodnocení výsledků výpočtu

V této části jsou vypočtené výsledky vyneseny v Tab. 4.2 Vypočtené hodnoty pro komplexnější a přehlednější porovnání.

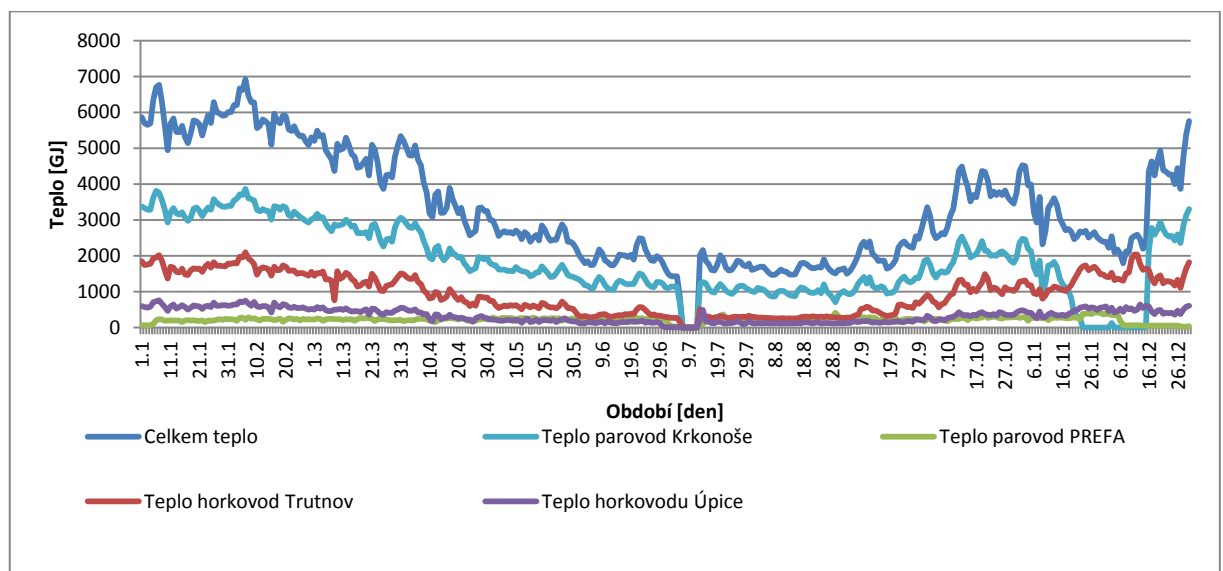
Tab. 4.2 Vypočtené hodnoty

	M_p	$M_{pIV.o}$	$M_{pII+III.o}$	Q_{tep}	E_{dod}	e	η_c
	[t/h]	[t/h]	[t/h]	[GJ]	[MWh]	[-]	[%]
KP $E_{sv\ max}$	225	0	0	0	50,95	0	27
KP $E_{sv\ min}$	125	0	0	0	22,99	0	21
OP $Q_{tep\ max}$	225	55	42	219,13	35,50	0,16	49
OP $Q_{tep\ min}$	125	22	9	71,79	16,90	0,23	34

Z výše uvedené tabulky vyplývá, že nejvyšší celková účinnost teplárny je při provozních parametrech blízkých jmenovitému parnímu výkonu kotle a turbosoustrojí s odběrem tepla pro teplárenství, při teplárenském modulu $e = 0,16$. Tento režim odpovídá zhruba hodnotám v zimním období. Poměrně příznivě vychází i varianta odběrového provozu při teplárenském modulu $e = 0,23$, kdy dodávka elektrické energie je nízká a dodávka tepla odpovídá dodávce v letním období. Naopak značně nevýhodná je celková účinnost pouze při kondenzačním provozu a to jak pro nízký výkon turbosoustrojí, tak pro kondenzační provoz z velkým výkonem turbosoustrojí. V případě kondenzačního provozu je účinnost lepší při parametrech blízkých jmenovitému výkonu. [29]

5 Návrh Parního vyvíječe v prostředí elektrárny Poříčí 2

Jak již bylo napsáno v kapitole „Současná energetika“, patří v současné době pokles cen elektřiny na burze k problémům, které elektrárenské provozy musí řešit. Z tohoto důvodu je nutné hledat varianty, jak snížit náklady na výrobu elektrické energie, či daný energetický provoz vůbec provozovat. Již bylo popsáno, že Elektrárna Poříčí II mimo dodávky elektřiny dodává také teplo pro velice rozsáhlou oblast pomocí čtyř tepelných napáječů. Celková dodávka tepla v roce 2015 činila 1 206 316 GJ. Z teorie je znám fakt, že kombinovaná výroba elektřiny a tepla vede ke snížení spotřeby paliva ve srovnání se samostatnou výrobou tepla a elektřiny. Tento závěr byl potvrzen ve výpočtech účinnosti Elektrárny Poříčí II. Jak vyplynulo z výpočtu, se snížením výroby tepla pro teplárenské účely se účinnost zhoršuje. Tento pokles dodávky tepla je patrný v grafu na Obr. 5.1, který znázorňuje skutečnou dodávku tepla do tepelných napáječů, kdy v letním období (tedy mimo topnou sezonu od 1.6. do 31.8.) jsou dodávky tepla nejnižší. Tento fakt vedl k úvahám, zda by nebylo ekonomicky výhodnější v tomto období napájet SCZT pomocí parního vyvíječe, tedy parního elektrického kotle, a elektrárnu neprovozovat.

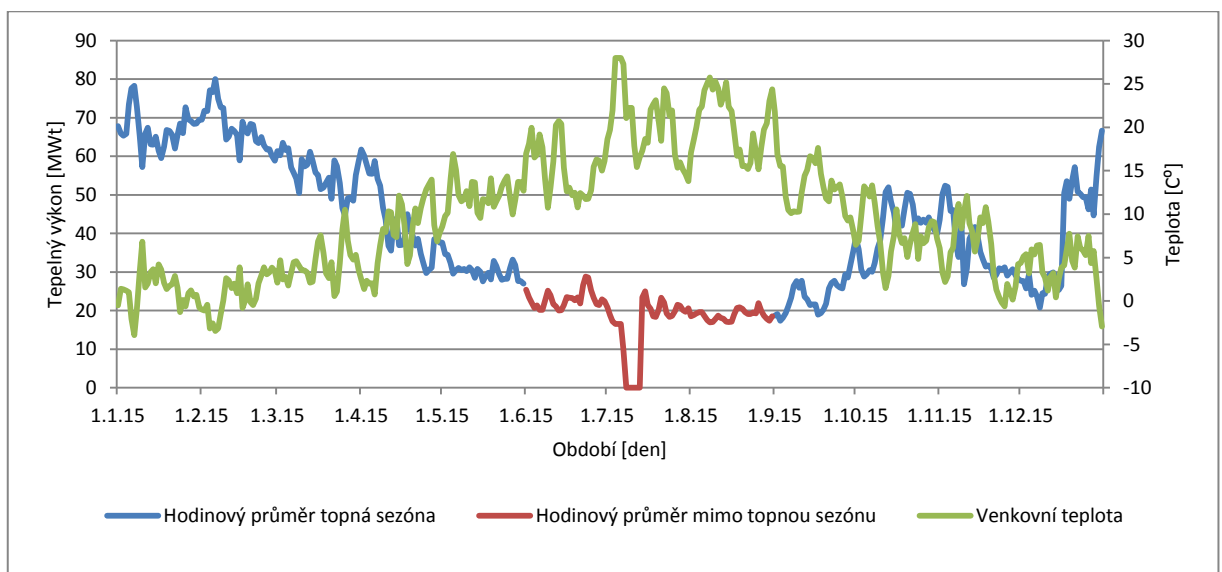


Obr. 5.1 Teplo [GJ] dodané v roce 2015 v jednotlivých tepelných napáječích (vlastní zpracování z [28])

5.1 Způsob aplikace

Důvod, proč zvažovat instalaci elektrického parního kotle, jsem již popsal. Teď tedy zbývá popsat jaký zdroj zvolit a jaký by měl mít výkon. V grafu na Obr. 5.2 je znázorněn průměrný hodinový celkový tepelný výkon tepelných napáječů v MWt v závislosti na venkovní teplotě, který byl vypočítán z celkového dodaného tepla do tepelných napáječů za každý den v roce 2015, podle vzorce:

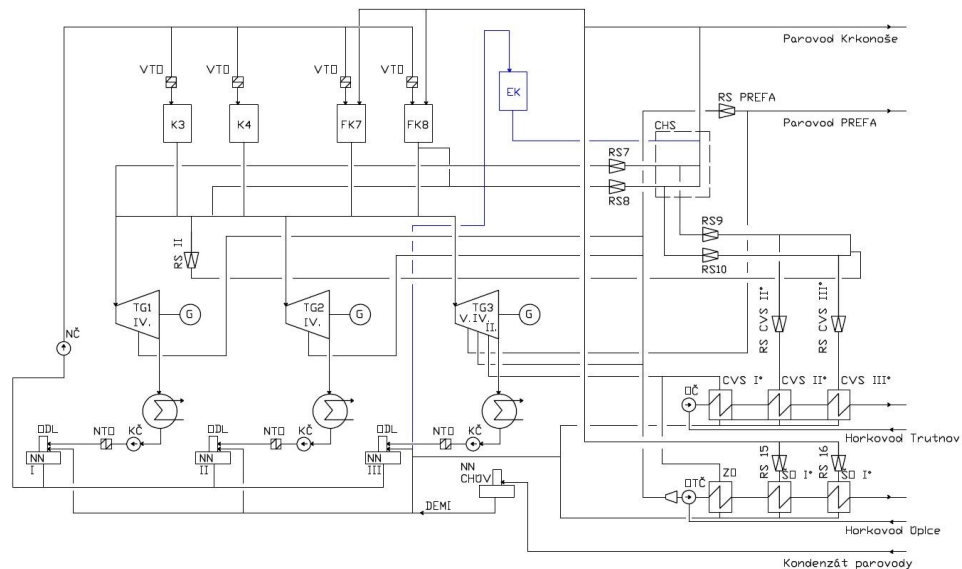
$$P_t = \frac{Q_c^d}{3,6 * 24 * T_p} = \frac{151947}{3,6 * 24 * 92} = 19,22 [MW_t] \quad (5.1)$$



Obr. 5.2 Celkový tepelný výkon [MWt] všech tepelných napáječů (vlastní zpracování z [28])

Při úvahách, jaký výkon elektrického parního vyvíječe zvolit, jsem vycházel z průměrného denního výkonu v letním období tedy, mimo období topné sezóny. Tento tepelný výkon činí 19,12 MWt. Proto navrhuji parní elektrický kotel s příkonem 20 MWe. Je zřejmé, že tento návrh nezohledňuje denní výkyv spotřeby tepla, ale pro předběžné výpočty bude postačující. Tento zdroj bych navrhoval instalovat přímo v Elektrárně Poříčí II. Napojení bych volil na parovod v prostoru CHS. Tím by bylo využito vyvedení tepla jak pro parovody, tak pro horkovody viz Obr. 5.3. Pro mnou navrhovanou aplikaci jsem zvolil kotel od společnosti ZANDER & INGESTRÖM, tento kotel by vyhovoval navrhované aplikaci elektrického parního vyvíječe v prostředí Elektrárny Poříčí II. Na dotaz obchodního zastoupení v ČR, tedy firmy Auxilien, a.s. jsem obdržel orientační cenovou nabídku, která je ve výši 23 mil Kč bez příslušenství. To znamená bez úpravny vody, napojení na parovod a bez elektrické přípojky. Napojení na elektrickou soustavu bych vzhledem k požadovanému

výkonu navrhoval na napěťové úrovni vn 10,5 kV, vybudováním samostatné rozvodny, která by byla napájena odbočkou ze stávajícího vývodu TG1, kde by se pro napájení elektrického parního kotle v době odstávky elektrárny využilo napájení z linky V911 přes vývodový transformátor T2 63MVA, 115000±5%/10500 V YNd1. Pro napájení nn rozvaděčů regulace a pomocných zařízení by bylo využito napájení z rozvodny R04-1, která může být napájena z odbočky vývodu TG1 přes transformátor vlastní spotřeby T10 1000 kVA, 6000±5%/400 V Yy0, a dále transformátor odbočení z bloku T5 16MVA 10500±9x1,78%/6300V YN/yn0, nebo propojí ze společné rozvodny vlastní spotřeby. Přehledové schéma napájení Elektrárny Poříčí II je v příloze č.2. Celou investici pak odhaduji na částku 30 mil Kč. Aby bylo možné navrhovanou variantu ekonomicky zhodnotit, provedu v dalších kapitolách kontrolní výpočty.



Obr. 5.3 Základní schéma Elektrárny Poříčí II s navrhovaným elektrickým parním vyvíječem (překresleno z [26])

5.2 Volba elektrického parního kotle

Výběr elektrického parního kotle Firmy ZANDER & INGESTRÖM typ ZDKI 2500 jsem zvolil, protože tato Švédská firma má dle recenzí na svých internetových stránkách bohaté zkušenosti s instalací těchto kotlů pro vytápění a parní soustavy po celém světě. Výhodou je i obchodní zastoupení v ČR. Jak sami uvádí kotle tohoto typu jsou vhodné pro instalace, kdy je možno využít nízké ceny elektřiny při jejím přebytku v soustavě. Tyto elektrické parní kotle se vyrábí v širokém rozsahu výkonů od řádově několika kW napájené na hladině nn, až

po desítky MW napájené na hladině vn 6 až 20 kV a parametrech páry od 1 do 5 MPa.

Výhody těchto kotlů lze shrnout do několika bodů:

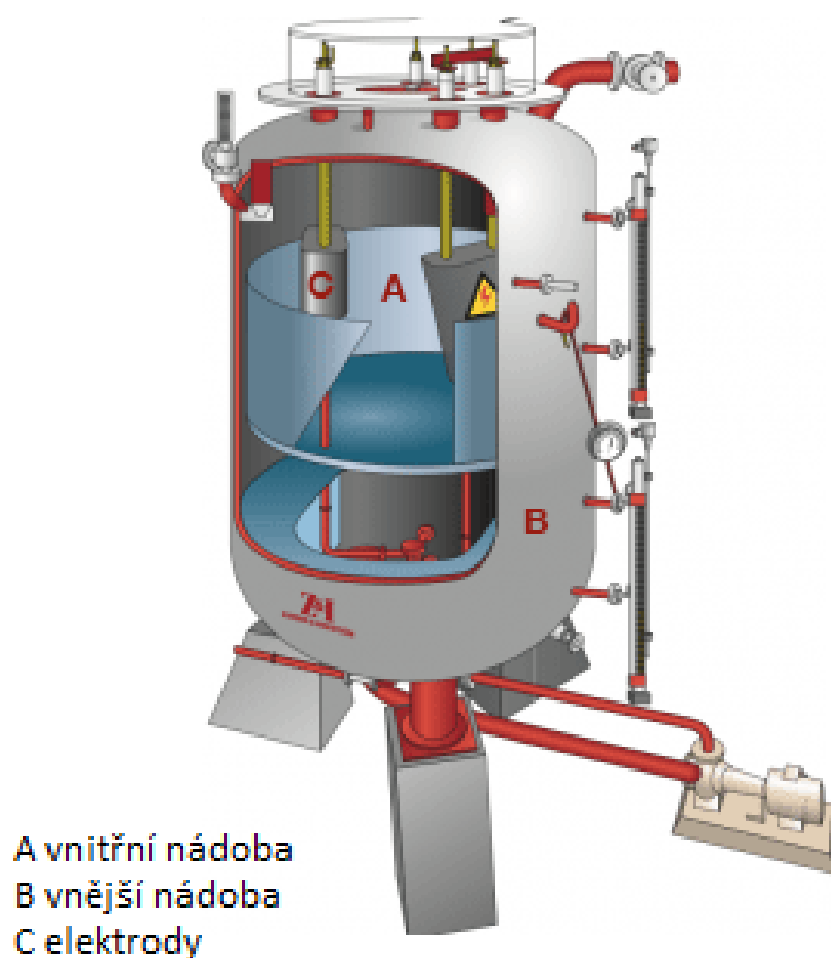
- rychlé řešení – instalaci kotle lze realizovat během několika měsíců,
- spolehlivost – vysoká spolehlivost vyšší než 99%,
- účinnost – elektrické kotle mají účinnost téměř 100%,
- bez emisní provoz – elektrický kotel neprodukuje žádné emise,
- cena – elektrický kotel ve srovnání s ostatními technologiemi je levnější. [29]

5.2.1 Elektrokový parní kotel

Kotel Zeta ZDKI 2500 je vybaven elektrokovým systémem a je určen pro přímé připojení k třífázovému proudu. Kotel pracuje na principu přímé přeměny elektrické energie na teplo, průchodem proudu skrz vodu s určitou vodivostí. Výhodou tohoto kotle je, že nemůže dojít k poškození pokud by byl bez vody. Výkon kotle je přímo řízen aktivní plochou elektrod, čehož lze dosáhnout změnou hladiny vody a tím změnit aktivní plochu elektrod. Další způsob jak výkon kotle lze měnit, je změnou vodivosti vody ve vnitřním okruhu. Elektrokový kotel je znázorněn na Obr. 5.4. Elektrokový kotel se skládá z vnější tlakové nádoby, vnitřní válcové nádoby a elektrokového systému. Vnitřní válcová nádoba je upevněna pomocí konzol nebo izolátorů ve vnější tlakové nádobě. Elektrokový systém je složen ze tří elektrod uvnitř nádoby. Každá elektroda se skládá z řady tyčí, které jsou namontované v jedné elektrokové desce a jsou zavěšené v izolačních pouzdrech v horní části kotle. Vnitřní nádoba tvoří nulový bod elektrické soustavy a rozděluje vodní prostor kotle na dvě části. Na dně vnitřní nádoby je regulační ventil, jehož pohon je namontován na vnější straně kotle. Oběhové čerpadlo je spojeno se sacím potrubím vnější nádoby kotle. Toto potrubí se pak větví do tří odboček, které jsou napojené do spodní části vnitřní nádoby pod každou fázovou elektrodu. Oběhové čerpadlo pomocí regulace otáček mění průtok v okruhu v závislosti na požadovaném výkonu. Elektrokový kotel může být dodán pro přímé uzemnění, nebo pro uzemnění přes vysokou impedanci. Pokud je kotel dodán pro uzemnění přes vysokou impedanci je vnitřní nádoba izolována od vnější a všechna potrubí jsou z izolačních materiálů. Kotel je tepelně izolován minerální vlnou s hliníkovým nebo ocelovým pláštěm. Řízení zajišťuje PLC automat. Technické parametry jsou shrnuty do Tab. 5.1. [29]

Tab. 5.1 Technické parametry elektrodového kotle (převzato z [29])

ZDKI 2500	JEDNOTKY	HODNOTY
Výkon	[MW]	16 - 20
Množství páry	[t/h]	24 - 30
Výška	[mm]	6540
Průměr	[mm]	2900
Přepravní hmotnost	[t]	11
Provozní hmotnost	[t]	29
Napětí	[kV]	6 – 20
Tloušťka izolace	[mm]	200
Oblast regulace	[%]	0 – 100
Rychlost regulace min/max	[min]	5
Maximální provozní tlak	[bar]	50
Účinnost	[%]	99
Maximální vodivost	[$\mu\text{S}/\text{cm}$]	5



Obr. 5.4 Elektrický parní kotel (převzato z [29])

6 Ekonomická efektivita (bilance, výpočet přínosů, NPV CF)

6.1 Bilance nákladů a výnosů

Při výpočtu zisku jednotlivých variant budu vycházet ze vztahu:

$$Z = V_{el} + V_q - N_v \text{ [Kč/r]} \quad (6.1)$$

kde:

Z zisk [Kč]
 V_{el} výnosy z elektřiny [Kč]
 V_q výnosy z tepla [Kč]
 N_p provozní náklady [Kč]

$$N_p = N_{var} + N_{fix} \text{ [Kč]} \quad (6.2)$$

kde:

N_{var} jsou závislé přímo úměrně na zatížení a zahrnují v sobě náklady na palivo a ostatní náklady, které jsou složeny z nákladů na provozní materiál, vodu, zakoupenou energii a znečištění životního prostředí,

N_{fix} jsou nezávislé na zatížení výroby, často jsou vztaženy k instalovanému výkonu. Tyto náklady jsou složeny z nákladů na opravy a údržbu, režie a ostatní náklady, služby a osobní náklady. [29]

6.1.1 Bilance nákladů a výnosů – teplo z parní turbíny

V této části se zaměřím na výpočet peněžních toků při výrobě elektřiny a tepla. Protože přesné údaje o cenách jednotlivých vstupů Elektrárny Poříčí II nejsou známé a jsou obchodním tajemstvím výrobce, budu vycházet v těchto výpočtech z odhadu cen. Tento výpočet bude proveden pro letní období v odběrovém provozu s použitým palivem ps 2 Důl Bílina $Q_n = 12,8 \text{ [GJ/t]}$. Finanční toky jsou vyčísleny za období provozu, tedy celé období mimo topnou sezónu při:

- Doba provozu

$$T_p = 3 \text{ měsíce} = 92 \text{ dní} = 2\,208 \text{ hodin}$$

- Náklady na palivo

$$n_{pal} = 40 \text{ [Kč/GJ]}$$

$$N_{pal} = Q_{vyr} * n_{pal} * T_p = 354,61 * 40 * 2\,208 = 31\,319\,155 \text{ [Kč]} \quad (6.3)$$

- Ostatní proměnné náklady

$$n_{ost} = 15 \text{ [Kč/GJ]}$$

$$N_{ost} = Q_{vyr} * n_{ost} * T_p = 354,61 * 15 * 2\,208 = 11\,744\,683 \text{ [Kč]} \quad (6.4)$$

- Fixní náklady
 $n_{fix} = 5 \text{ [Kč/MW]}$

$$N_{fix} = P_{inst}^{et} * n_{fix} * T_p = 55 * 5 * 2\,208 = 607\,200 \text{ [Kč]} \quad (6.5)$$

- Náklady provozní

$$N_p = N_{pal} + N_{ost} + N_{fix} = 31\,319\,155 + 11\,744\,683 + 607\,200 = 4\,367\,038 \text{ [Kč]} \quad (6.6)$$

- Tržby elektřina

$$c_{SE15} = 15 \text{ [EUR/MWh]}$$

$$V_{el15} = E_{dod} * c_{SE15} * K_{\check{C}NB} * T_p = 16,90 * 15 * 27,05 * 2\,208 = 15\,140\,642 \text{ [Kč]} \quad (6.7)$$

$$c_{SE16} = 16 \text{ [EUR/MWh]}$$

$$V_{el16} = E_{dod} * c_{SE16} * K_{\check{C}NB} * T_p = 16,90 * 16 * 27,05 * 2\,208 = 16\,150\,018 \text{ [Kč]} \quad (6.8)$$

- Tržby teplo

$$c_q = 178,25 \text{ [Kč/GJ]}$$

$$V_q = Q_{tep} * c_q * T_p = 71,79 * 178,25 * 2\,208 = 28\,254\,821 \text{ [Kč]} \quad (6.9)$$

- EBITDA – zisk před odečtením úroků, odpisů a amortizace

$$Z_{15} = V_{el15} + V_q - N_p = 15\,140\,642 + 28\,254\,821 - 4\,367\,038 = -275\,575 \text{ [Kč]} \quad (6.10)$$

$$Z_{16} = V_{el16} + V_q - N_p = 16\,418\,688 + 28\,254\,821 - 4\,367\,038 = 1\,002\,471 \text{ [Kč]} \quad (6.11)$$

Provedl jsem výpočet zisku EBITDA, abych byl schopen určit, kdy ještě Elektrárna Poříčí II je schopna v letním období vykazovat zisk. Jak je patrné z výpočtu, při konstantních provozních nákladech a konstantních tržbách za teplo jediným parametrem, který se liší, je výkupní cena silové elektřiny. Pokud je výkupní cena elektřiny na hodnotě 16 EUR/ MWh, tak elektrárna vykazuje zisk, pokud se však výkupní cena dostane na hodnotu 15 EUR/MWh, je již elektrárna ve ztrátě. [26], [29], [31]

6.1.2 Bilance nákladů a výnosů – teplo z elektrického parního vyvíječe

Aby bylo možno hodnotit navrhovanou variantu elektrického parního vyvíječe je nutné stanovit peněžní toky při výrobě tepla z elektřiny. Zde tedy budou náklady na výrobu představovat především náklady na elektřinu a náklady fixní. Zisk budou tvořit pouze tržby z prodeje tepla. Způsob jak jsou tvořeny ceny elektřiny a tepla jsem popsal v kapitole „2.9

Vývoj cen energií“. Provedu tedy vyčíslení pro konkrétní odběr elektřiny ze sítě a dodávku tepla do tepelných napáječů. Spotřeba elektřiny odběrného místa bude uvažována, jako spotřeba pro dodávku požadovaného tepla za celé období mimo topnou sezonu a navíc bude připočtena spotřeba elektřiny, která by pokryla provoz čerpadel pro horkovody.

- Investiční náklady

$$N_i = 30\,000\,000 \text{ [Kč]}$$

- Doba životnosti

$$T_z = 20 \text{ let}$$

- Fixní náklady

$$n_{fix} = 5 \text{ [Kč/MW]}$$

$$N_{fix} = P_{inst} * n_{fix} * T_p = 55 * 5 * 2\,208 = 607\,200 \text{ [Kč]} \quad (6.12)$$

- Doba provozu

$$T_p = 3 \text{ měsíce} = 92 \text{ dní} = 2\,208 \text{ hodin}$$

- Spotřeba odběrného místa

$$E_{OM} = \left(\frac{Q_{tep}}{3.6} + E_{tep}^{vyr} \right) * T_p = \left(\frac{71,79}{3,6} + 0,59 \right) * 2\,208$$

$$= 45\,333,92 \text{ [MWh]} \quad (6.13)$$

- Rezervovaná kapacita

$$P_p = 21 \text{ [MW]}$$

- Cena za silovou elektřinu

$$c_{SE} = 4 \text{ [EUR/MWh]}$$

$$C_{SE} = c_{SE} * K_{\check{C}NB} * E_{OM} = 4 * 27,05 * 45\,333,92 = 4\,905\,130 \text{ [Kč]} \quad (6.14)$$

$$c_{SE} = 5 \text{ [EUR/MWh]}$$

$$C_{SE} = c_{SE} * K_{\check{C}NB} * E_{OM} = 5 * 27,05 * 45\,333,92 = 6\,131\,413 \text{ [Kč]} \quad (6.15)$$

- Daň z elektřiny

$$d_{EL} = 28,30 \text{ [Kč/MWh]}$$

$$D_{EL} = d_{EL} * E_{OM} = 28,30 * 45\,333,92 = 1\,282\,950 \text{ [Kč]} \quad (6.16)$$

- Cena za rezervovanou kapacitu

$$c_{RK} = 71\,376 \text{ [Kč/MW/měsíc]}$$

$$C_{RK} = c_{rk} * P_p * T_p = 71\,376 * 21 * 3 = 4\,496\,688 \text{ [Kč]} \quad (6.17)$$

- Cena za použití sítě PPS

$$c_{PPS} = 22,49 \text{ [Kč/MWh]}$$

$$C_{PPS} = c_{PPS} * E_{OM} = 22,49 * 45\,334,92 = 1\,019\,560 \text{ [Kč]} \quad (6.18)$$

- Pevná cena za systémové služby

$$c_{SS} = 99,71 \text{ [Kč/MWh]}$$

$$C_{SS} = c_{SS} * E_{OM} = 99,71 * 45\,333,92 = 4\,520\,245 \text{ [Kč]} \quad (6.19)$$

- Složka ceny na podporu OZE

$$c_{OZE} = 104\,174,50 \text{ [Kč/MW/měsíc]}$$

$$C_{OZE} = c_{OZE} * P_p * T_p = 104\,174,50 * 21 * 3 = 6\,562\,994 \text{ [Kč]} \quad (6.20)$$

- Cena za operátora trhu

$$c_{OTE} = 4,19 \text{ [Kč/OM/měsíc]}$$

$$C_{OTE} = c_{OTE} * T_p = 4,19 * 3 = 12,57 \text{ [Kč]} \quad (6.21)$$

- Poplatek ERU

$$c_{ERU} = 6,58 \text{ [Kč/OM/měsíc]}$$

$$C_{ERU} = c_{ERU} * T_p = 6,58 * 3 = 19,74 \text{ [Kč]} \quad (6.22)$$

- Cena za činnost organizace trhu

$$c_{TRH} = 2,06 \text{ [Kč/MWh]}$$

$$C_{TRH} = c_{TRH} * E_{OM} = 2,06 * 45\,333,92 = 93\,388 \text{ [Kč]} \quad (6.23)$$

- Náklady na elektřinu - cena silové elektřiny $c_{SE} = 4 \text{ [EUR/MWh]}$

$$N_{E4} = C_{SE4} + D_{EL} + C_{RK} + C_{PPS} + C_{SS} + C_{OZE} + C_{OTE} + C_{ERU} + C_{TRH}$$

$$= 4\,905\,130 + 1\,282\,950 + 4\,496\,688 + 1\,019\,560 + 4\,520\,245$$

$$+ 6\,562\,994 + 12,57 + 19,74 + 93\,388$$

$$= 22\,880\,987 \text{ [Kč]} \quad (6.24)$$

- Náklady na elektřinu - cena silové elektřiny $c_{SE} = 5 \text{ [EUR/MWh]}$

$$N_{E5} = C_{SE5} + D_{EL} + C_{RK} + C_{PPS} + C_{SS} + C_{OZE} + C_{OTE} + C_{ERU} + C_{TRH}$$

$$= 6\,131\,413 + 1\,282\,950 + 4\,496\,688 + 1\,019\,560 + 4\,520\,245$$

$$+ 6\,562\,994 + 12,57 + 19,74 + 93\,388$$

$$= 24\,107\,270 \text{ [Kč]} \quad (6.25)$$

- Provozní náklady - cena silové elektřiny $c_{SE} = 4 \text{ [EUR/MWh]}$

$$N_{p4} = N_{E4} + N_{fix} = 22\,880\,987 + 607\,200 \cong 23,488 \text{ [mil Kč]} \quad (6.26)$$

- Provozní náklady - cena silové elektřiny $c_{SE} = 5 \text{ [EUR/MWh]}$

$$N_{p5} = N_{E5} + N_{fix} = 24\,107\,270 + 607\,200 \cong 24,714 \text{ [mil Kč]} \quad (6.27)$$

- Tržby teplo

$$c_q = 178,25 \text{ [Kč/GJ]}$$

$$V_q = Q_{tep} * c_q * T_p = 71,79 * 178,25 * 2208 \cong 28,255 \text{ [mil Kč]} \quad (6.28)$$

- EBITDA - zisk před odečtením úroků, odpisů a amortizace

$$Z_h = V_q - N_p \text{ [Kč]} \quad (6.29)$$

- EBITDA - cena silové elektřiny $c_{SE} = 4 \text{ [EUR/MWh]}$

$$Z_{h4} = V_q - N_{p4} = 28,255 - 23,488 = 4,767 \text{ [mil Kč]} \quad (6.30)$$

- EBITDA - cena silové elektřiny $c_{SE} = 5$ [EUR/MWh]
 $Z_{h5} = V_q - N_{p5} = 28,254 - 24,714 = 3,540$ [mil Kč] (6.31)

- Odpisy

Investice bude odepisována po dobu desíti let rovnoměrně

$$N_o^{t,1.-10.} = \frac{N_i}{10} = \frac{3\,000\,000}{10} = 3,000$$
 [mil Kč] (6.32)

- EBIT – zisk před úroky a zdaněním (provozní zisk)

$$Z_{p4}^t = V_q - N_{p4} - N_o^t$$
 [Kč] (6.33)

Provozní zisk v 1. – 10. roce - cena silové elektřiny 4 [EUR/MWh]

$$Z_{p4}^{t,1.-10.} = V_q - N_{p4} - N_o^{t,1.-10.} = 28,255 - 23,488 - 3,000 = 1,767$$
 [mil Kč] (6.34)

Provozní zisk v 11. – 20. roce - cena silové elektřiny 4 [EUR/MWh]

$$Z_{p4}^{t,11.-20.} = V_q - N_{p5} = 28,255 - 23,488 = 4,767$$
 [mil Kč] (6.35)

Provozní zisk v 1. – 10. roce - cena silové elektřiny 5 [EUR/MWh]

$$Z_{p5}^{t,1.-10.} = V_q - N_{p4} - N_o^{t,1.-10.} = 28,255 - 24,714 - 3,000 = 0,541$$
 [mil Kč] (6.36)

Provozní zisk v 11. – 20. roce - cena silové elektřiny 5 [EUR/MWh]

$$Z_{p5}^{t,11.-20.} = V_q - N_{p5} = 28,255 - 24,714 = 3,541$$
 [mil Kč] (6.37)

- DPPO – daň z příjmů právnických osob – sazba 19 [%]

$$D_{ppo4}^t = Z_{p4}^t * 0,19$$
 [Kč] (6.38)

Daň v 1. – 10. roce - cena silové elektřiny 4 [EUR/MWh]

$$D_{ppo4}^{t,1.-10.} = Z_{p4}^{t,1.-10.} * 0,19 = 1,767 * 0,19 = 0,336$$
 [mil Kč] (6.39)

Daň v 11. – 20. roce - cena silové elektřiny 4 [EUR/MWh]

$$D_{ppo4}^{t,11.-20.} = Z_{p4}^{t,11.-20.} * 0,19 = 4,767 * 0,19 = 0,906$$
 [mil Kč] (6.40)

Daň v 1. – 10. roce - cena silové elektřiny 5 [EUR/MWh]

$$D_{ppo5}^{t,1.-10.} = Z_{p5}^{t,1.-10.} * 0,19 = 0,541 * 0,19 = 0,103$$
 [mil Kč] (6.41)

Daň v 11. – 20. roce - cena silové elektřiny 5 [EUR/MWh]

$$D_{ppo5}^{t,11.-20.} = Z_{p5}^{t,11.-20.} * 0,19 = 3,541 * 0,19 = 0,673$$
 [mil Kč] (6.42)

- Zisk po zdanění

$$Z_4^t = Z_{p4}^t - D_{ppo4}^t$$
 [Kč] (6.43)

Zisk po zdanění v 1. – 10. roce - cena silové elektřiny 4 [EUR/MWh]

$$Z_4^{t,1.-10.} = Z_{p4}^{t,1.-10.} - D_{ppo4}^{t,1.-10.} = 1,767 - 0,336 = 1,431$$
 [mil Kč] (6.44)

Zisk po zdanění v 11. – 20. roce - cena silové elektřiny 4 [EUR/MWh]

$$Z_4^{t_{11.-20.}} = Z_{p4}^{t_{1.-10.}} - D_{ppo4}^{t_{1.-10.}} = 4,767 - 0,906 = 3,861 \text{ [mil Kč]} \quad (6.45)$$

Zisk po zdanění v 1. – 10. roce - cena silové elektřiny 5 [EUR/MWh]

$$Z_5^{t_{1.-10.}} = Z_{p5}^{t_{1.-10.}} - D_{ppo5}^{t_{1.-10.}} = 0,541 - 0,103 = 0,438 \text{ [mil Kč]} \quad (6.46)$$

Zisk po zdanění v 11. – 20. roce - cena silové elektřiny 5 [EUR/MWh]

$$Z_5^{t_{11.-20.}} = Z_{p5}^{t_{1.-10.}} - D_{ppo5}^{t_{1.-10.}} = 3,541 - 0,673 = 2,868 \text{ [mil Kč]} \quad (6.47)$$

- CF – peněžní toky provozní

$$CF = Z_4^t + N_{o4}^t - N_i^t \text{ [Kč]} \quad (6.48)$$

Peněžní toky v roce 0. - cena silové elektřiny 4 [EUR/MWh]

$$CF_4^{t_0} = -N_i^{t_0} = 30,000 \text{ [mil Kč]} \quad (6.49)$$

Peněžní toky v 1. – 10. roce - cena silové elektřiny 4 [EUR/MWh]

$$CF_4^{t_{1.-10.}} = Z_4^{t_{1.-10.}} + N_{o4}^{t_{1.-10.}} = 1,431 + 3,000 = 4,431 \text{ [mil Kč]} \quad (6.50)$$

Peněžní toky v 11. – 20. roce - cena silové elektřiny 4 [EUR/MWh]

$$CF_4^{rt_{11.-20.}} = Z_4^{t_{11.-20.}} = 3,861 \text{ [mil Kč]} \quad (6.51)$$

Peněžní toky v roce 0. - cena silové elektřiny 5 [EUR/MWh]

$$CF_5^{t_0} = -N_i^{t_0} = 30,000 \text{ [mil Kč]} \quad (6.52)$$

Peněžní toky v 1. – 10. roce - cena silové elektřiny 5 [EUR/MWh]

$$CF_5^{t_{1.-10.}} = Z_5^{t_{1.-10.}} + N_{o5}^{t_{1.-10.}} = 0,438 + 3,000 = 3,438 \text{ [mil Kč]} \quad (6.53)$$

Peněžní toky v 11. – 20. roce - cena silové elektřiny 5 [EUR/MWh]

$$CF_5^{t_{11.-20.}} = Z_5^{t_{11.-20.}} = 2,868 \text{ [mil Kč]} \quad (6.54)$$

[26], [29], [31]

6.2 NPV - čistá současná hodnota

V této kapitole provedu výpočet NPV (Net Present Value), což je čistá současná hodnota v závislosti na diskontovaných peněžních tocích CF (cash flow), které souvisí s investičním projektem za dobu životnosti. Doba životnosti byla určena na 20 let s diskontní sazbou 12%, která se používá pro technologické změny. Posuzovaná varianta bude posouzena pomocí vztahu:

$$NPV = \sum_{t=0}^{20} \frac{CF}{(1+p)^t} \quad (6.55)$$

kde:

NPV čistá současná hodnota [Kč]

CF peněžní toky [Kč]

p diskontní sazba [%]

t období [rok]

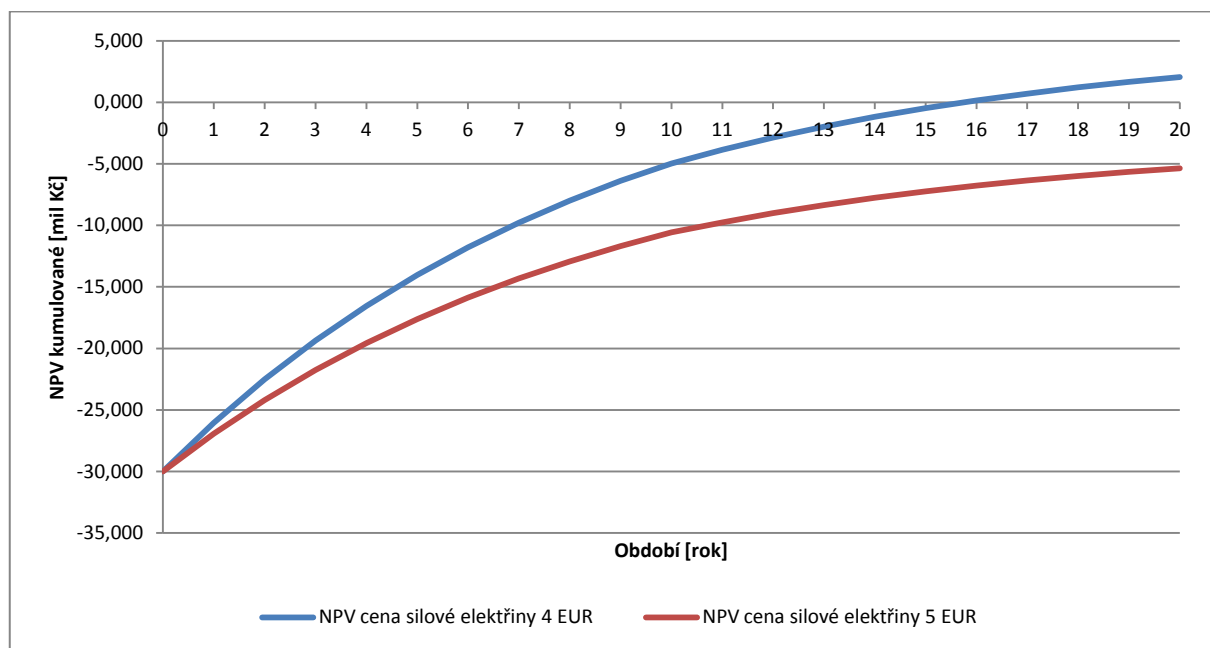
6.2.1 NPV – cena silové elektřiny 4 EUR/MWh

$$\begin{aligned}
 NPV_4 &= \sum_{t=0}^{20} \frac{CF}{(1+p)^t} \\
 &= -30,000 + \frac{4,431}{1,12^1} + \frac{4,431}{1,12^2} + \frac{4,431}{1,12^3} + \frac{4,431}{1,12^4} + \frac{4,431}{1,12^5} \\
 &\quad + \frac{4,431}{1,12^6} + \frac{4,431}{1,12^7} + \frac{4,431}{1,12^8} + \frac{4,431}{1,12^9} + \frac{4,431}{1,12^{10}} + \frac{3,861}{1,12^{11}} \\
 &\quad + \frac{3,861}{1,12^{12}} + \frac{3,861}{1,12^{13}} + \frac{3,861}{1,12^{14}} + \frac{3,861}{1,12^{15}} + \frac{3,861}{1,12^{16}} + \frac{3,861}{1,12^{17}} \\
 &\quad + \frac{3,861}{1,12^{18}} + \frac{3,861}{1,12^{19}} + \frac{3,861}{1,12^{20}} = 2,062 \text{ [mil Kč]}
 \end{aligned} \tag{6.56}$$

6.2.2 NPV – cena silové elektřiny 5 EUR/MWh

$$\begin{aligned}
 NPV_5 &= \sum_{t=0}^{20} \frac{CF}{(1+p)^t} \\
 &= -30,000 + \frac{3,861}{1,12^1} + \frac{3,861}{1,12^2} + \frac{3,861}{1,12^3} + \frac{3,861}{1,12^4} + \frac{3,861}{1,12^5} \\
 &\quad + \frac{3\,540\,351}{1,12^6} + \frac{3,861}{1,12^7} + \frac{3,861}{1,12^8} + \frac{3,861}{1,12^9} + \frac{3,861}{1,12^{10}} + \frac{2,868}{1,12^{11}} \\
 &\quad + \frac{2,868}{1,12^{12}} + \frac{2,868}{1,12^{13}} + \frac{2,868}{1,12^{14}} + \frac{2,868}{1,12^{15}} + \frac{2,868}{1,12^{16}} + \frac{2,868}{1,12^{17}} \\
 &\quad + \frac{2,868}{1,12^{18}} + \frac{2,868}{1,12^{19}} + \frac{2,868}{1,12^{20}} = -5,355 \text{ [mil Kč]}
 \end{aligned} \tag{6.57}$$

V grafu na Obr. 6.1 je průběh obou variant výpočtu jako kumulovaný NPV. Je zřejmé, že při shodné ceně investičních nákladech $N_i = 30\,000\,000$ [Kč] a různé ceně provozních nákladů, které jsou zde hlavně prezentovány cenou silové elektřiny na burze $c_{SE} = 4$ [EUR/MWh] a $c_{SE} = 5$ [EUR/MWh], je varianta s provozními náklady při ceně silové elektřiny $c_{SE} = 4$ [EUR/MWh] realizovatelná, protože vykazuje kladné NPV, naproti tomu varianta s provozními náklady při ceně silové elektřiny $c_{SE} = 5$ [EUR/MWh] je již nerealizovatelná, protože vykazuje záporné NPV. [26], [31]



Obr. 6.1 NPV kumulované (vlastní zpracování)

7 Závěr

V první kapitole této práce jsem se věnoval problematice výroby a rozvodu tepla v ČR. Celkovému vývoji tohoto odvětví od počátku až do současnosti včetně statistiky. Dále byl proveden popis výpočtu potřeby tepla v oblasti teplárenství a byly popsány jednotlivé části soustav centralizovaného zásobování teplem. Na konci této kapitoly byla věnována pozornost i decentralizovanému zásobování teplem. Jak vyplývá z této kapitoly má teplárenství dlouholetou tradici a poměrně slušné postavení, ale o své výhody pomalu přichází a je potřeba v této oblasti vynaložit nemalé finanční investice, aby bylo teplárenství i nadále schopné konkurence především v porovnání s teplem ze zemního plynu pro domácnosti.

Ve druhé kapitole byla věnována pozornost tržním podmínkám při využití elektřiny k výrobě tepla v soustavě CZT. Byl popsán elektroenergetický systém, trh s elektřinou, současný stav elektroenergetiky a předpokládaný vývoj s ohledem na aktualizovanou státní energetickou koncepci (ASEK) schválenou v roce 2015, která by měla dát jasný směr, kam se chce Česká republika v oblasti energetiky vydat. Jak vyplývá z této kapitoly musí, elektroenergetické odvětví počítat se změnami, které pomalu nastanou. Důvodem k tomu budou nové přísnější ekologické limity a postupné snižování těžby fosilních paliv. Předpokládá se omezení výroby elektřiny z kondenzačních tepelných elektráren a bude preferována kombinovaná výroba elektřiny a tepla. Teplárenství by mělo být zachováno, tak jak jej známe, ale bude potřeba investovat do vybudování nových tepelných sítí v oblastech, kde jsou sítě zastaralé a předimenzované. Pokles výroby z klasických elektráren by měly nahradit v budoucnu dostavěné jaderné bloky a předpokládá se s vyšším využitím obnovitelných zdrojů, což přinese nároky na akumulaci elektřiny a lepší řízení těchto zdrojů. V závěru této kapitoly byl ukázán vývoj ceny silové elektřiny na burze v horizontu tří let a ceny tepla z Elektrárny Poříčí II v horizontu sedmi let. U průměrné měsíční ceny elektřiny je patrný propad ceny na burze z původní ceny okolo 42 [EUR/MWh] na začátku roku 2013 až na cenu okolo 28 [EUR/MWh] na konci roku 2015. Tento propad je pro mnohé výrobce těžkou zkouškou a motivací ke zvýšení efektivnosti výroby. Cena tepla z Elektrárny Poříčí II v celém horizontu let 2009 až 2015 postupně mírně stoupala. Cena na začátku období v roce 2009 byla 134 [Kč/GJ] a v roce 2015 byla 178 [Kč/GJ].

Ve třetí kapitole byl proveden popis technologie Elektrárny Poříčí II včetně soustavy centralizovaného zásobování teplem pro okolní obce a města.

Ve čtvrté kapitole jsem se věnoval výpočtu účinnosti a některých provozních parametrů

Elektrárny Poříčí II ve čtyřech různých režimech provozu. Jak z výsledků výpočtů vyplývá, elektrárna má v kondenzačním režimu poměrně malou účinnost. Při množství páry na vstupu do turbíny $M_p = 125 [t/h]$ pouze 21 %, a při provozu s průtokem páry na vstupu do turbíny $M_p = 225 [t/h]$ má účinnost 27 %. Pokud však dojde k dodávce tepla do tepelných sítí, tato účinnost narůstá. V režimu, který odpovídá průtoku páry $M_p = 125 [t/h]$ na vstup do turbíny a odebranému množství tepla $Q_{tep} = 71,79 [GJ]$ pro tepelné sítě a dodávku elektřiny do elektrizační sítě $E_{dod} = 16,90 [MWh]$ je již účinnost 34 %. Tento režim odpovídá přibližně provozu elektrárny v letním období, tedy mimo topnou sezónu. Nejlépe vychází provoz, který odpovídá zimnímu období při průtoku páry $M_p = 225 [t/h]$ a odebraném množství tepla pro tepelné napáječe $Q_{tep} = 219,13 [GJ]$ s dodávkou elektřiny do elektrizační sítě $E_{dod} = 35,5 [MWh]$, kdy je již účinnost 49%.

V páté kapitole jsem se věnoval samotnému návrhu elektrického parního vyvíječe v prostředí Elektrárny Poříčí II. Zde jsem provedl výpočet potřebného tepelného výkonu $P_t [MW_t]$, který je potřeba pro dodání tepla do tepelných napáječů. Tento výkon jsem vypočetl jako průměrnou hodnotu z denních dodávek tepla do tepelných sítí v roce 2015 v období mimo topnou sezónu. Tento výkon nezohledňuje výkyv spotřeby tepla v jednotlivých dnech posuzovaného období, způsobený ochlazením v průběhu tohoto období. Nerespektuje ani denní diagram spotřeby tepla. Pro návrh požadovaného tepelného výkonu, by bylo potřeba znát poměry celé napájené soustavy a provést optimalizaci podle jednotlivých diagramů denní spotřeby se znalostí skladby odběratelů celé soustavy. Tento tepelný výkon byl stanoven pro návrh velikosti příkonu elektrického parního vyvíječe. Dále byla věnována pozornost již zvolenému elektrickému parnímu vyvíječi a byl proveden popis napojení na stávající tepelné a elektrické rozvody a byly vyčísleny Investiční náklady na vybudování elektrického parního vyvíječe.

V poslední šesté kapitole jsem se věnoval ekonomickým výpočtům. Nejprve jsem provedl výpočty pro stávající provoz elektrárny v odběrovém režimu v období mimo topnou sezónu, s hodinovou dodávkou tepla do tepelných napáječů $Q_{tep} = 71,79 [GJ]$ a elektřiny do elektrizační soustavy $E_{dod} = 16,90 [MWh]$. Tento výpočet ukazuje, při jaké výkupní ceně je stávající režim ještě přijatelný, pokud by elektrárna byla provozována při těchto parametrech po celé období mimo topnou sezónu. Z výsledku vyplývá zisk před odečtení EBITDA pro výkupní cenu $c_{SE16} = 16 [EUR/MWh]$ je roven $Z_{16} = 1\,002\,471 [Kč]$ a pro výkupní cenu $c_{SE15} = 15 [EUR/MWh]$ je roven $Z_{15} = -275\,575 [Kč]$. Z těchto údajů lze jednoznačně

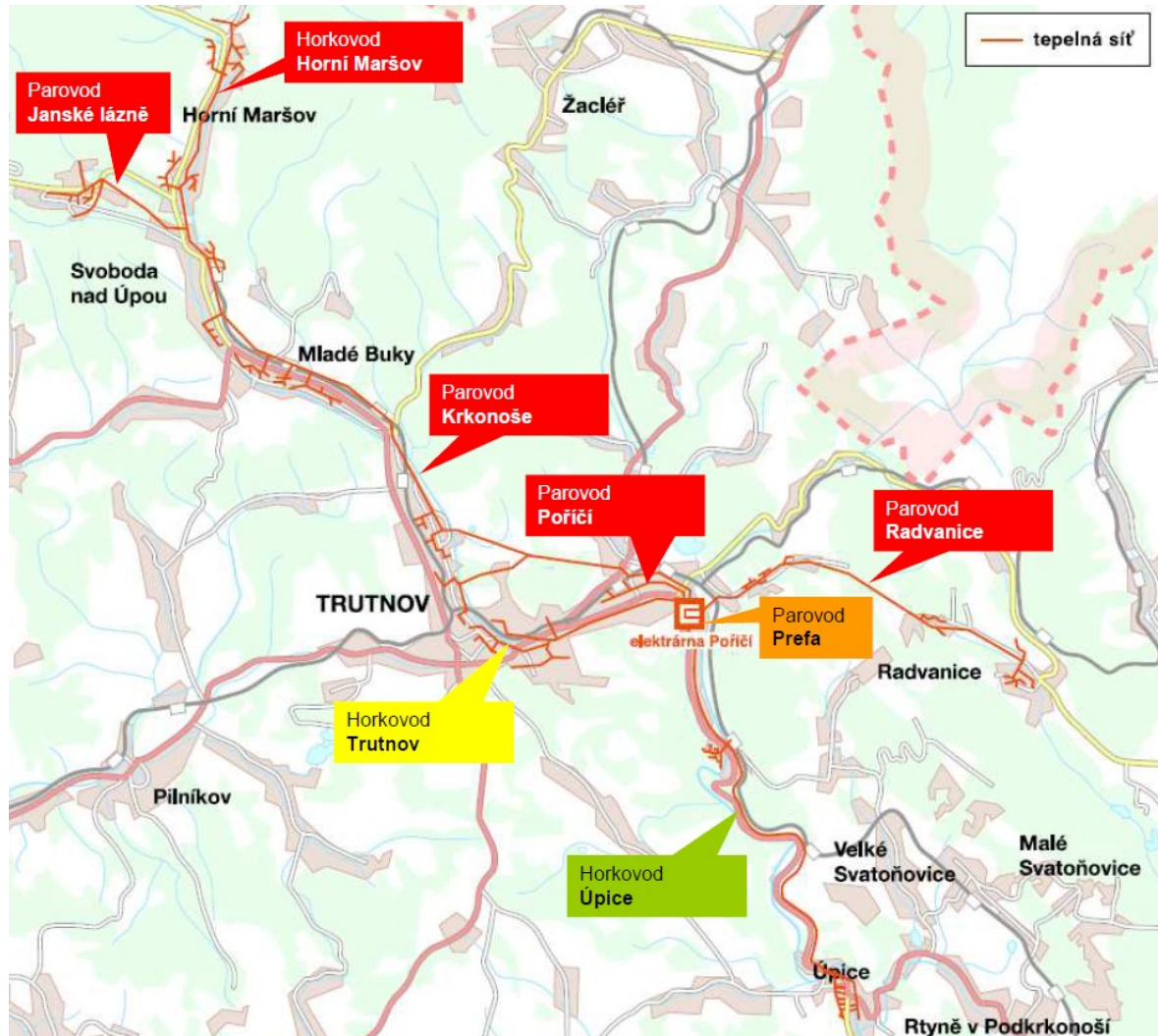
učinit závěr, že pokud by výkupní cena elektřiny klesla pod $c_{SE16} = 16 [EUR/MWh]$, byl by provoz elektrárny ekonomicky nevýhodný a bylo by nutno řešit způsob jak dostát závazkům, které vyplývají z dodávky tepla do tepelných sítí. V další části této kapitoly jsem provedl ekonomické zhodnocení navrhovaného parního vyvíječe, při stejné hodinové dodávce tepla do tepelných napáječů $Q_{tep} = 71,79 [GJ]$ jako v předchozím případě. Bylo stanoveno množství odebrané elektřiny pro provoz tohoto zdroje tepla a následně nákladů na provoz při ceně silové elektřiny $c_{SE} = 4 [EUR/MWh]$ a $c_{SE} = 5 [EUR/MWh]$ při investičních nákladech $N_i = 30\,000\,000 [Kč]$. V poslední části této kapitoly bylo provedeno vyčíslení NPV (čistá současná hodnota), tento parametr má ukázat, zda daná investice je realizovatelná či nerealizovatelná. Jak vyplývá z výpočtu tohoto ukazatele při ceně silové elektřiny $c_{SE} = 5 [EUR/MWh]$ je tento ukazatel $NPV_5 = -5,355 [mil\ Kč]$. Záporná hodnota znamená, že posuzovaná varianta by byla nerealizovatelná. Naproti tomu při ceně silové elektřiny $c_{SE} = 4 [EUR/MWh]$ je tento ukazatel $NPV_4 = 2,062 [mil\ Kč]$. Kladná hodnota znamená, že posuzovaná varianta by byly realizovatelná. Pokud však přihlédnou ke všem okolnostem návrhu, především současné ceně silové elektřiny na burze, která se pohybuje v průměru nad částkou $c_{SE} = 25 [EUR/MWh]$ a jen v některých hodinách, především nočních je nižší nebo dokonce záporná. Lze učinit jednoznačný závěr, že posuzovaná varianta nemá přínos pro provoz Elektrárny Poříčí II za současných podmínek výkupní ceny silové elektřiny. Je nutné si uvědomit, že cena silové elektřiny pro koncového zákazníka, tedy i Elektrárnu Poříčí II v režimu odběratele je zatížena cenou za přenos a ostatní služby a tím tuto cenu zvyšuje. Z tohoto důvodu navrhovanou variantu nedoporučuji k realizaci.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] DVORSKÝ, Emil a Pavla HEJTMÁNKOVÁ. *Kombinovaná výroba elektrické a tepelné energie*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005, 287 s. ISBN 80-730-0118-7.
- [2] KADRNOŽKA, Jaroslav a Ladislav OCHRANA. *Teplárenství*. 1. vyd. Brno: CERM, 2001, 178 s. ISBN 80-720-4222-X
- [3] VLACH, Josef. *Zásobování teplem a teplárenství*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989, 543 s.
- [4] KARAFIÁT, Josef. *Popis systému CZT: Historie, typy a princip KVET* [online]. 2015-11-22 [cit. 2015-11-22]. Dostupné z: https://www.powerwiki.cz/attach/Vyroba/Popis_systemu_CZT.pdf
- [5] Východiska ke koncepci surovinové a energetické bezpečnosti České republiky [online]. Praha: MPO, 2011 [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument91585.html>
- [6] Energetická legislativa: Energetická legislativa ČR [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/energeticka-legislativa-cr>
- [7] Teplo: Často kladené dotazy. Energetický regulační úřad [online]. 2014 [cit. 2016-02-14]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/>
- [8] Teplárenství České republiky v tabulkách a grafech. [Http://www.naseteplo.cz/?id=2010#](http://www.naseteplo.cz/?id=2010#) [online]. [cit. 2016-02-09]. Dostupné z: <http://www.naseteplo.cz/>
- [9] Vyhodnocení cen tepelné energie: vyhodnocení 2009 - 2014 [online]. [cit. 2016-02-13]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/teplo/statistika/vyhodnoceni-cen-tepelne-energie>
- [10] HRADÍLEK, Zdeněk, Ilona LÁZNIČKOVÁ a Vladimír KRÁL. *Elektrotepelná technika*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 264 s. ISBN 978-80-01-04938-9
- [11] *194/2007 Vyhláška* [online]. [cit. 2015-12-07]. Dostupné z: http://aplikace.mvcr.cz/sbirka-zakonu/SearchResult.aspx?q=194/2007&typeLaw=zakon&what=Cislo_zakona_smlouvy
- [12] CIKHART, Jiří. *Soustavy centralizovaného zásobování teplem*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1989, 557 s. ISBN 80-03-00021-1.
- [13] KARAFIÁT, Josef. Sborník technických řešení zdrojů s kombinovanou výrobou elektřiny a tepla
- [14] BROŽ, Karel. *Zásobování teplem*. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 217 s. ISBN 80-01-02521-7.
- [15] DOLEŽAL, Jaroslav. *Jaderné a klasické elektrárny*. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 259 s. ISBN 978-80-01-04936-5.

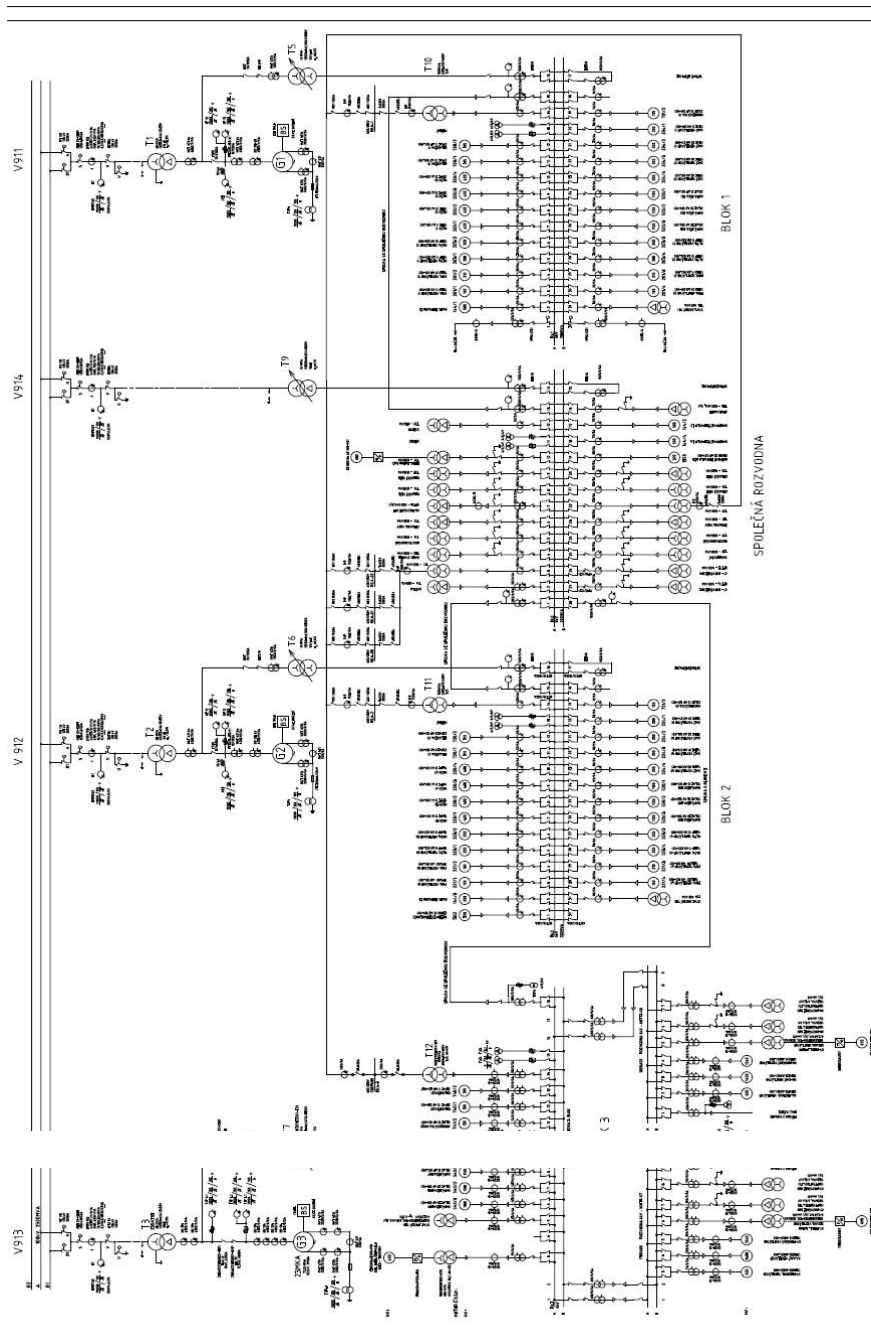
- [16] *Ministerstvo průmyslu a obchodu: Státní energetická koncepce* [online]. Praha: MPO, 2015 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/dokument158059.html>
- [17] *Moje energie: Teplárenství - Dodávka energie* [online]. Praha: Done, s.r.o, 2016 [cit. 2016-03-26]. Dostupné z: <http://www.mojeenergie.cz/cz/teplarenstvi-dodavka-energie>
- [18] CHEMIŠINEC, Igor. *Obchod s elektřinou*. 1. vyd. Praha: Conte, c2010. ISBN 978-80-254-6695-7.
- [19] *O energetice: Trh s elektřinou* [online]. Česká republika: David Vobořil, 2015 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://oenergetice.cz/elektrina/trh-s-elektrinou/trh-s-elektrinou/#>
- [20] *Energetický regulační úřad: Roční zpráva o provozu ES ČR pro rok 2014* [online]. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2014 [cit. 2016-03-25]. Dostupné z: <https://www.eru.cz/elektrina/statistika-a-sledovani-kvality/rocnizpravy-o-provozu>
- [21] *Hospodářské noviny: Trh s elektřinou kvůli dotovaným obnovitelným zdrojům zanikne, cena může spadnout na nulu, říká šéf ČEZ Beneš. Hospodářské noviny* [online]. 2016 [cit. 2016-03-20]. Dostupné z: <http://archiv.ihned.cz/c1-65212780-trh-s-elektrinou-kvuli-dotovanym-obnovitelnym-zdrojum-zanikne-rika-sef-cez-benes>
- [22] *Energy-outlook-2013* [online]. Economia, a.s., 2013 [cit. 2016-03-19]. Dostupné z: <https://www.cez.cz/edee/content/file/pro-media-2013/12-prosinec/energy-outlook-2013.pdf>
- [23] *OTE: Roční zpráva* [online]. Praha: OTE, a.s., 2010 [cit. 2016-04-17]. Dostupné z: <http://www.ote-cr.cz/statistika/rocnizprava>
- [24] *Energetický regulační úřad: Teplo* [online]. Jihlava: Energetický regulační úřad, 2016 [cit. 2016-04-15]. Dostupné z: <http://www.eru.cz/cs/teplo>
- [25] *Skupina ČEZ: Výroba elektřiny* [online]. Praha: ČEZ, 2016 [cit. 2016-02-16]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/cs/vyroba-elektriny.html>
- [26] BENEŠ, Jiří. *Popis technologie Elektrárny Poříčí II*. ČEZ, 2016.
- [27] LENER, Petr. *Místní provozní předpis: Strojovna, parní turbína TG 3 s příslušenstvím*. ČEZ, a.s. Poříčí, 2010.
- [28] KUBÍN, Zdeněk. *Podklady z provozní ekonomie*. Elektrárna Poříčí II, 2016.
- [29] IBLER, Zdeněk. *Technický průvodce energetika*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002. ISBN 80-730-0026-1.
- [30] *Zeta: boilers* [online]. Táby, 2016 [cit. 2016-05-05]. Dostupné z: <http://zeta.se/boilers/>
- [31] ŠULÁK, Milan, Emil VACÍK a Jarmila IRCINGOVÁ. *Teze k přednáškám předmětu Řízení podnikatelských projektů*. 2. vyd. V Plzni: Západočeská univerzita, 2012. ISBN 978-80-261-0098-0.

Příloha č.1 Tepelná síť Elektrárny Poříčí II



Příloha 1 Schéma tepelné sítě Elektrárny Poříčí II
(převzato z [26])

Příloha č.2 Schéma Elektrárny Poříčí II



Příloha 2 Schéma elektrického napájení Elektrárny Poříčí II (převzato z [28])

Příloha č.3 Měsíční dodávka tepla do tepelných napáječů rok 2015

Měsíc	Teplo horkovod Trutnov [GJ]	Teplo horkovod Úpice [GJ]	Teplo parovod Krkonoše [GJ]	Teplo parovod PREFA [GJ]	Celkem teplo [GJ]	Venkovní teplota [°C]
leden	52 503,91	18 510,85	102 877,30	5 485,40	179 377,45	1,30
únor	46 889,99	16 853,73	93 208,51	6 400,62	163 352,85	0,72
březen	40 628,51	14 577,07	85 905,04	6 914,23	148 024,85	4,20
duben	29 336,00	9 923,35	65 965,04	6 462,37	111 686,76	7,65
květen	18 816,53	6 134,34	49 137,12	7 465,93	81 553,91	12,22
červen	10 871,60	4 264,82	37 226,23	7 130,56	59 493,21	15,23
červenec	7 320,50	2 907,72	27 244,52	4 735,12	42 207,86	20,38
srpen	8 566,26	3 668,29	30 245,15	7 766,82	50 246,51	20,58
září	14 179,90	4 784,54	36 009,68	7 276,50	62 250,61	13,16
říjen	31 616,68	10 069,33	60 524,49	7 822,53	110 033,03	7,82
listopad	37 614,30	12 808,05	34 224,81	8 750,83	93 397,99	5,53
prosinec	45 710,75	15 137,51	40 348,56	3 494,05	104 690,88	4,18

Příloha 3 Měsíční dodávka tepla do tepelných napáječů rok 2015
(převzato z [28])

Příloha č.4 Denní dodávka tepla mimo topnou sezonu rok 2015

Datum	Teplo horkovod Trutnov	Teplo horkovodu Úpice	Teplo parovod Krkonoše	Teplo parovod PREFA	Venkovní teplota	Celkem teplo
	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[GJ]	[°C]	[GJ]
1.červen 2015	407,8062	170,1032	1 373,1854	247,9078	16,9714	2 199,00
2.červen 2015	308,9773	125,3738	1 340,4048	249,8644	18,1041	2 024,62
3.červen 2015	297,1935	113,4150	1 275,1689	223,7160	19,9484	1 909,49
4.červen 2015	315,3997	116,4277	1 173,1312	184,9999	16,5281	1 789,96
5.červen 2015	296,8161	146,7351	1 167,5898	232,5564	16,8415	1 843,70
6.červen 2015	277,4659	137,3020	1 095,2945	231,4855	19,1970	1 741,55
7.červen 2015	290,3579	129,6987	1 093,3428	233,5751	17,7213	1 746,97
8.červen 2015	297,8382	123,1502	1 279,4919	245,2476	14,0966	1 945,73
9.červen 2015	357,4183	147,0680	1 403,9773	265,4766	10,7513	2 173,94
10.červen 2015	362,1689	155,6910	1 326,7950	231,7760	12,9762	2 076,43
11.červen 2015	368,0569	114,3563	1 181,5645	209,2005	16,0600	1 873,18
12.červen 2015	322,7516	162,8239	1 083,2811	252,5423	20,2489	1 821,40
13.červen 2015	287,0325	128,6110	1 062,3972	255,3169	20,7238	1 733,36
14.červen 2015	308,4462	121,5366	1 049,3397	256,2876	20,4093	1 735,61
15.červen 2015	325,4587	112,8822	1 231,9446	179,6701	15,3495	1 849,96
16.červen 2015	340,5454	139,6772	1 298,9086	250,1359	12,6164	2 029,27
17.červen 2015	328,6754	151,3156	1 270,8336	263,2676	13,0514	2 014,09
18.červen 2015	375,6080	151,0540	1 221,3210	259,1817	12,1856	2 007,16
19.červen 2015	363,6312	145,3219	1 204,6447	245,9120	12,4759	1 959,51
20.červen 2015	363,5107	170,0236	1 212,5642	268,4767	10,7777	2 024,59
21.červen 2015	373,7426	162,3427	1 206,9252	145,5626	12,4160	1 888,57
22.červen 2015	497,5695	155,7920	1 380,9257	263,3907	12,1429	2 297,68
23.červen 2015	569,5829	169,7220	1 501,3573	246,8357	11,7392	2 487,50
24.červen 2015	558,4452	194,6004	1 466,9115	251,7296	11,7521	2 471,69
25.červen 2015	490,3765	132,7323	1 332,7677	227,9250	12,7390	2 183,80
26.červen 2015	407,4559	157,9227	1 198,5700	249,7125	15,4428	2 013,66
27.červen 2015	347,4701	132,0128	1 138,9616	256,9295	16,3227	1 875,37
28.červen 2015	358,6039	128,5966	1 126,1522	241,0264	16,1720	1 854,38
29.červen 2015	325,0403	146,2969	1 264,6991	247,3066	15,0233	1 983,34
30.červen 2015	328,1573	122,2373	1 263,7751	223,5474	16,1057	1 937,72
1.červenec 2015	311,0878	38,3643	1 225,1405	230,6249	18,6150	1 805,22
2.červenec 2015	291,1198	0,5091	1 113,5078	226,3973	19,7075	1 631,53
3.červenec 2015	286,2136	1,1527	1 096,5644	102,8084	21,9357	1 486,74
4.červenec 2015	261,4094	2,6584	1 137,4411	23,8756	27,9927	1 425,38
5.červenec 2015	261,4094	2,6584	1 137,4411	23,8756	27,9927	1 425,38
6.červenec 2015	261,4094	2,6584	1 137,4411	23,8756	27,9927	1 425,38
7.červenec 2015	155,9591	1,5433	679,1004	14,2270	27,3131	850,83
8.červenec 2015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	21,0761	0,00
9.červenec 2015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	22,2553	0,00
10.červenec 2015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	22,2553	0,00
11.červenec 2015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	17,8558	0,00
12.červenec 2015	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	15,4345	0,00
13.červenec 2015	3,3086	0,0000	0,0000	0,0000	16,5638	3,31
14.červenec 2015	504,0343	228,6436	1 219,9045	71,4732	17,2916	2 024,06
15.červenec 2015	311,9787	487,1835	1 267,9905	91,3218	18,6689	2 158,47
16.červenec 2015	299,0869	164,7323	1 225,7217	164,1451	18,2311	1 853,69
17.červenec 2015	300,9924	153,2153	1 076,6006	238,1056	22,0637	1 768,91
18.červenec 2015	263,3288	119,1672	1 000,0160	219,6305	22,6580	1 602,14
19.červenec 2015	272,1396	111,0766	972,9209	232,0641	23,1447	1 588,20
20.červenec 2015	295,7157	154,7876	1 107,9347	186,6044	20,7825	1 745,94
21.červenec 2015	319,2917	153,5121	1 209,7609	331,3883	18,4540	2 013,95
22.červenec 2015	299,7401	119,1058	1 128,5581	362,1812	24,4895	1 909,59
23.červenec 2015	272,4585	99,5114	1 021,0630	275,2794	23,3958	1 668,41
24.červenec 2015	256,5601	121,8221	968,9864	241,3117	21,3028	1 588,68
25.červenec 2015	285,5594	120,3282	837,8770	264,1972	21,9339	1 607,96
26.červenec 2015	296,5127	142,7926	993,1809	283,6079	16,8204	1 716,09
27.červenec 2015	291,3717	173,6795	1 124,0820	270,7720	15,3508	1 859,91
28.červenec 2015	294,7377	134,5105	1 162,4844	243,6485	15,9689	1 835,38
29.červenec 2015	301,4680	83,9870	1 156,5751	194,1825	15,1137	1 736,21
30.červenec 2015	295,0537	116,1462	1 095,3447	191,3322	14,6245	1 697,88
31.červenec 2015	328,5582	173,8711	1 048,8821	228,1907	13,8022	1 779,50
1.srpen 2015	295,3407	118,3723	1 001,2666	187,9266	17,0910	1 602,91
2.srpen 2015	294,8956	108,2260	990,2050	234,1582	18,5811	1 627,48
3.srpen 2015	277,8013	119,8250	1 103,1078	164,3568	20,0131	1 665,09
4.srpen 2015	277,1713	110,5083	1 076,1805	230,8651	22,0376	1 694,73
5.srpen 2015	276,9458	111,0675	1 055,0664	253,0630	22,3803	1 696,14
6.srpen 2015	263,8389	119,6830	991,5681	232,4807	24,2606	1 607,57
7.srpen 2015	261,2536	114,3751	901,5020	239,5830	25,0757	1 516,71
8.srpen 2015	255,3036	111,6089	862,3512	232,4683	25,7417	1 461,73
9.srpen 2015	255,3121	110,2717	865,9814	237,1154	24,3460	1 468,68
10.srpen 2015	245,7095	119,1254	993,8526	175,1579	25,3096	1 533,85
11.srpen 2015	253,4545	106,4453	1 027,0316	230,0044	24,4915	1 616,94
12.srpen 2015	254,0254	108,2842	1 010,5596	194,5569	22,6253	1 567,43
13.srpen 2015	246,2043	110,7714	960,1281	229,0824	23,5947	1 546,19
14.srpen 2015	252,5472	109,8591	906,0913	207,5135	25,1766	1 476,01
15.srpen 2015	243,6270	109,9760	876,1538	242,4865	22,3569	1 472,24
16.srpen 2015	250,1223	111,3468	872,1038	245,5019	21,8661	1 479,07
17.srpen 2015	259,6285	121,8624	1 025,6083	236,4415	19,5063	1 643,54
18.srpen 2015	283,7412	113,2820	1 112,7885	279,9506	16,7290	1 789,76
19.srpen 2015	296,8461	141,9848	1 092,4018	272,6224	17,4308	1 803,86
20.srpen 2015	303,9282	142,8676	1 040,0380	276,7736	15,5291	1 763,61
21.srpen 2015	294,0944	129,4066	981,5878	285,7948	15,5856	1 690,88
22.srpen 2015	310,1633	115,6149	964,7284	258,0397	15,1817	1 648,55
23.srpen 2015	302,6445	129,5880	971,4547	250,3297	15,8994	1 654,02
24.srpen 2015	290,2473	136,1081	1 042,6172	216,1104	19,2941	1 685,08
25.srpen 2015	303,5026	117,1147	955,8599	286,6770	17,1686	1 663,15
26.srpen 2015	294,5545	125,9499	1 202,1836	272,2734	15,1794	1 894,96
27.srpen 2015	312,7000	123,6189	1 004,5752	276,9820	17,7861	1 717,87
28.srpen 2015	290,3326	119,1495	926,8154	277,2415	19,7176	1 613,54
29.srpen 2015	278,5555	116,2259	837,5165	308,0597	20,4708	1 540,36
30.srpen 2015	271,4482	112,3158	705,9346	411,5042	23,0182	1 501,20
31.srpen 2015	270,3164	123,4529	887,8895	321,6980	24,4000	1 603,36

Příloha 4 Denní dodávka tepla mimo topnou sezónu roku 2015
(převzato z[28])