

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ
KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Hodnocení znečištění ovzduší v Plzeňské teplárenské a.s.

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Barbora WEISZOVÁ**
Osobní číslo: **E13N0164P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Hodnocení znečišťování ovzduší v Plzeňské teplárenské a.s.**
Zadávající 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 technologické zařízení teplárny a systém měření emisí
2. Proveďte analýzu množství i složení emisí, zhodnoťte současný stav a způsob evidence znečišťování, porovnejte naměřené koncentrace s emisními limity a vyhodnoťte trend jejich vývoje za delší časové období
3. Zhodnoťte účinnosti a provoz zařízení k čištění spalin
4. Navrhněte možnosti realizace dalšího omezení znečišťování ovzduší

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího
Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:


Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.

Vedoucí diplomové práce: **Prof. Ing. Jan Škorpil, CSc.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání diplomové práce: **15. října 2014**
Termín odevzdání diplomové práce: **11. května 2015**


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




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

V Plzni dne 15. října 2014

Abstrakt

Předkládaná diplomová práce je zaměřena na hodnocení znečišťování ovzduší Plzeňskou teplárenskou, a.s. Popisuje jednotlivá technická zařízení a technologie užívané v dané společnosti. V práci jsou analyzována emisní data a porovnání s emisními limity současnými a budoucími. Vyhláška MŽP č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a směrnice Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU, o průmyslových emisích vede k ekologizaci společnosti a navrhovaným řešením.

Klíčová slova

Odsíření, oxid siřičitý, oxidy dusíku, tuhé znečišťující látky, oxid uhelnatý

Abstract

This diploma thesis is focused on the evaluation of air pollution by Plzeňská teplárenská, a.s. It describes the specific technical equipment and technology used in the company. The thesis analyzed emission data and compared them with the emission limits of the present and future. ME Decree no. 415/2012 Coll., on allowable levels of pollution and the Directive of the European Parliament and Council Directive 2010/75/EU on industrial emissions lead to greening the company and the proposed solution.

Key words

Desulfurization, sulphur dioxide, nitrogen oxides, solid pollutants, carbon monoxide

Prohlášení

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

.....
podpis

V Plzni dne 7.5.2015

Bc. Barbora Weiszová

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce panu prof. Ing. Janu Škorpilovi, CSc. za cenné rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych ráda poděkovala pracovníkům Plzeňské teplárenské, a.s., paní Jitce Thürové za konzultace v průběhu vypracování práce, panu Ing. Jaroslavu Hávovi za poskytnuté materiály a panu Ing. Pavlu Veselému za ukázkou provozu.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD	10
1 ZAŘÍZENÍ PLZEŇSKÉ TEPLÁRENSKÉ, A.S.	11
1.1 TEPLLO	12
1.1.1 Roštové kotle K2 a K3	12
1.1.2 Granulační parní kotle K4 a K5	15
1.1.3 Fluidní kotel K6	18
1.1.4 Kotel K7	20
1.1.5 Suška biomasy I.	21
1.1.6 Suška biomasy II.	21
1.2 ELEKTRINA	22
1.3 CHLAD	23
2 ZAŘÍZENÍ PRO ČIŠTĚNÍ SPALIN	24
2.1 LÁTKY ZNEČIŠŤUJÍCÍ OVZDUŠÍ	24
2.1.1 Tuhé znečišťující látky (TZL)	24
2.1.2 Plynné znečišťující látky	25
2.1 POPIS ZAŘÍZENÍ	29
2.1.1 Odsiřování	30
2.1.2 Odlučování tuhých částic	32
2.1.3 Pomocná zařízení	33
2.1.4 Účinnost zařízení	35
3 EMISE	36
3.1 MĚŘENÍ EMISÍ	36
3.1.1 Analyzátory	37
3.1.2 Zpracování naměřených hodnot	38
3.2 EMISNÍ LIMITY	38
3.3 NOVÉ EMISNÍ LIMITY	40
3.4 NAMĚŘENÉ HODNOTY, POROVNÁNÍ S EMISNÍMI LIMITY	41
3.5 VÝVOJ EMISÍ	44
4 MOŽNOSTI REALIZACE OMEZENÍ ZNEČIŠŤOVÁNÍ OVZDUŠÍ	47
4.1 HYBRIDNÍ FILTR	47
4.1.1 Konstrukce hybridního filtru	48
4.2 DENITRIFIKACE	50
4.2.1 Primární opatření snížení emisí NO_x u kotle K4	51
4.2.2 Sekundární opatření snížení emisí NO_x u kotlů K4 a K5	52
4.3 NOVÉ ODSÍŘENÍ	55
4.4 NÁHRADA KOTLŮ K2 A K3	56
ZÁVĚR	57
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	59
SEZNAM OBRÁZKŮ	60
SEZNAM TABULEK	60
PŘÍLOHY	62

Seznam symbolů a zkratek

CaO	oxid vápenatý
Ca(OH) ₂	hydroxid vápenatý
CO	oxid uhelnatý
CO ₂	oxid uhličitý
HCl.....	kyselina chlorovodíková
HF	fluorovodík
H ₂ S	sulfan
NO.....	oxid dusnatý
NO ₂	oxid dusičitý
N ₂ O ₃	oxid dusitý
N ₂ O ₅	oxid dusičný
NO _x	oxidy dusíku
O ₂	kyslík
O ₃	ozón
SO ₂	oxid siřičitý
SO ₃	oxid sírový
TOC	těkavé organické látky
TZL	tuhé znečišťující látky

Úvod

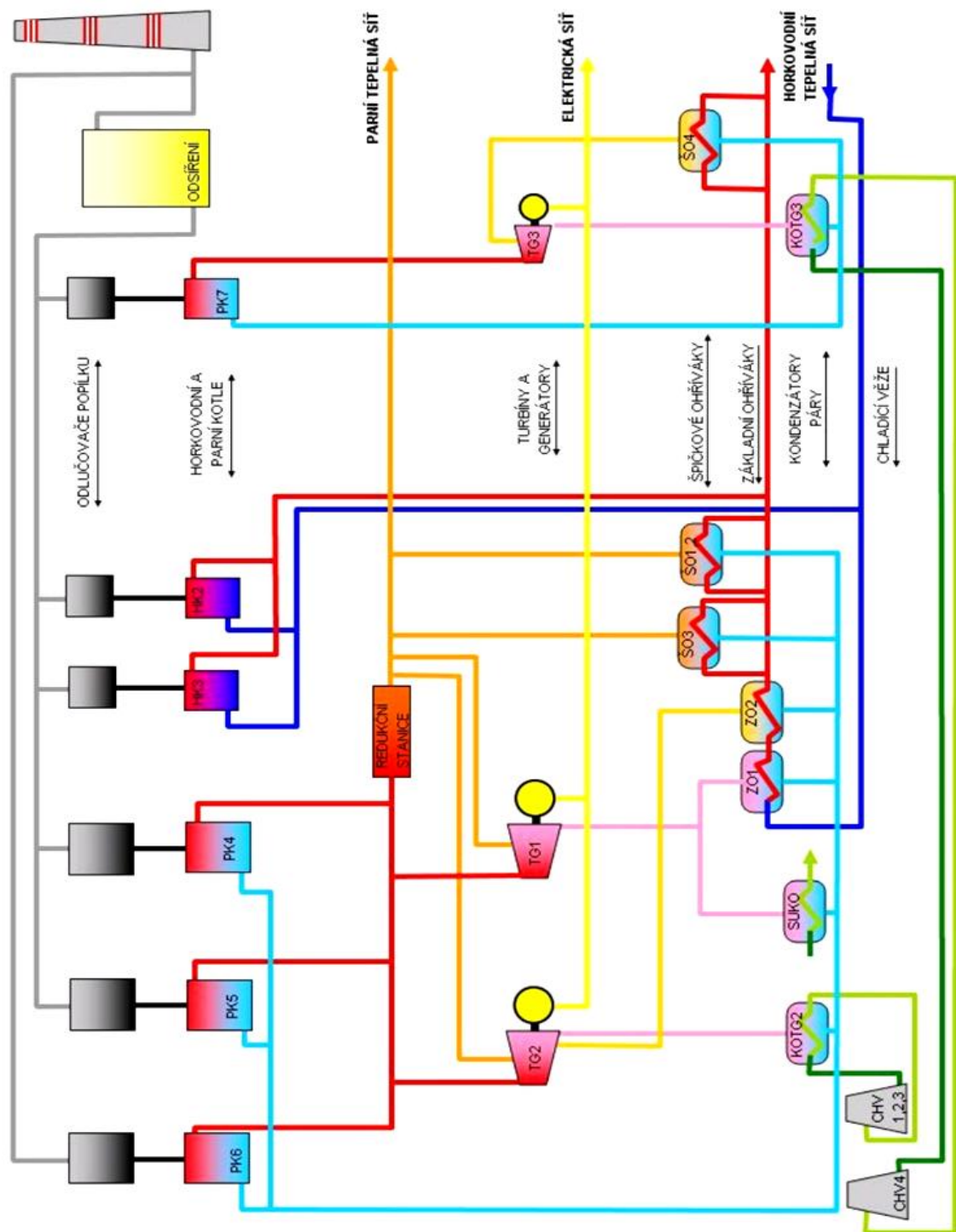
Ochrana ovzduší je velice aktuální a diskutované téma. Spalováním pevných paliv za účelem získávání tepelné případně i elektrické energie se do ovzduší uvolňuje nepřehledné množství škodlivých látek. Škodlivé látky, ať pevné nebo plynné, negativně ovlivňují nejen životní prostředí, ale i lidské zdraví. Proto je nutné odstranění škodlivých látek odsiřováním a odlučováním. Většina spalovacích zařízení využívá zastaralé technologie a překračuje tak neustále se snižující emisní limity.

Vyhláška MŽP č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší, zpracovává směrnici Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU, o průmyslových emisích (integrované prevenci a omezování znečištění). Díky této vyhlášce, pro velké znečišťovatele ovzduší od roku 2016 dojde k velkému snížení emisních limitů pro tuhé znečišťující látky, oxid siřičitý a oxidy dusíku.

Tato diplomová práce se bude zabývat společností Plzeňská teplárenská, a.s., jedním z předních znečišťovatelů a výrobců tepelné energie v Plzni a Plzeňském kraji. Zhodnotí se technologie a zařízení pro odstraňování škodlivin a možnosti snížení jejich produkce.

1 Zařízení Plzeňské teplárenské, a.s.

Plzeňská teplárenská, a.s. je největším výrobcem energií v Plzni a Plzeňském kraji. Společnost vyrábí a dodává teplo pro ohřev teplé užitkové vody a vytápění, dále vyrábí elektrickou energii, dodává chlad a také se věnuje odpadovému hospodářství a ekologii.



Obr. 1 Blokové schéma teplárny [11]

1.1 Teplo

Společnost Plzeňská teplárenská, a.s. (dále jen PT) zajišťuje tzv. dálkové vytápění. Spalováním paliva v kotlích a díky teponosnému médiu rozvádí tepelnou energii tepelnou sítí k jednotlivým objektům. Tepelná síť je tvořena dvěma potrubími, přívodním a vratným. Přívodním potrubím se do objektu dopravuje tepelná energie a vratným se vrací vychlazené médium zpět, aby mohlo dojít k dalšímu ohřevu. V tabulce je uveden přehled základních technických parametrů tepelné sítě. [5]

Tab. 1 Teplotní parametry [5]

Období	přívodní potrubí	vratné potrubí
Topné období	130°C	68,5 °C
Mimo topné období	100°C	68,5 °C

Tab. 2 Tlakové parametry [5]

Přetlak	max.	2,5 MPa
Diferenční tlak v topném období	max.	1,3 MPa
	min.	0,15 MPa
Diferenční tlak mimo topné období	max.	1,08 MPa
	min.	0,15 MPa

Z hlediska ochrany ovzduší se zdroj znečištění, centrální zdroj, skládá z:

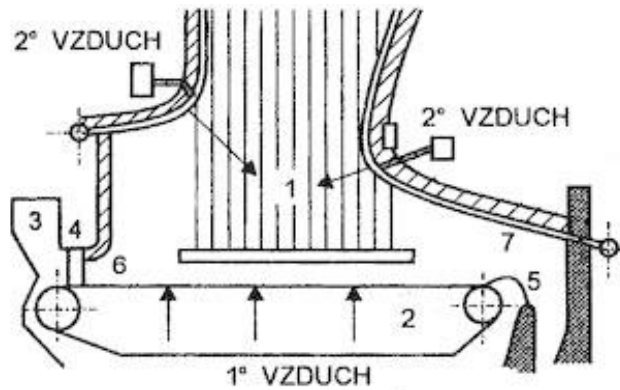
- roštové kotle (K2-K3)
- granulační kotle (K4-K5)
- fluidní kotle (K6, K7)
- sušky biomasy 1, 2

1.1.1 Roštové kotle K2 a K3

Obecně se roštové kotle používají ke spalování kusových paliv v pevné vrstvě. Nové roštové kotle se staví zejména pro spalování biomasy, komunálního a průmyslového odpadu.

Na obrázku 2 jsou zobrazeny základní části roštového kotle. Ohniště (1) je ohraničeno roštěm (2), přední a zadní klenbou (6, 7) a stěnami ohniště. Ze zásobníku uhlí (3) přes hradítko výšky

(4) putuje uhlí na rošt. Přes škvárový jížek (5) odchází škvára – pevný zbytek uhlí – do škvárové výsypky.



Obr. 2 Základní části roštového kotle [3]

Palivo na roštu prochází 4 charakteristickými fázemi:

- Sušení, kdy se palivo ohřívá zhruba na 120 °C za účelem odstranění povrchové a hygroskopické vody.
- Odplyňování, které intenzivně probíhá při ohřátí paliva nad 250 °C. Uvolňuje se prchavá hořlavina.
- Hoření uvolněné prchavé hořlaviny a zápal tuhé hořlaviny.
- Dohořívání tuhé fáze a chladnutí tuhých zbytků

Druhy roštů

Rošty se dělí dle způsobu přemísťování paliva v roštovém ohništi na:

- Pevné rovinné rošty s nehybnou vrstvou paliva

Rošty se skládají z bez-propadových roštnic se spodním přívodem vzduchu. Všechny fáze paliva probíhají téměř současně. U tohoto typu roštů dochází k velkým ztrátám ve škváře, úletu i propadu.

- Rošty s občasným přemísťováním paliva

Rošty s výkyvnými roštnicemi, kterými lze hýbat. Pravidelným či nepravidelným pohybem dochází k rozrušování škváry, obracení, promíchávání a posunu paliva. Dle polohy se dále dělí na vodorovné a šikmé.

- Rošty s trvalým přemísťováním paliva

Řetězové a pásové rošty, které jsou tvořené nekonečným pásem. Horní vrstva pokrytá palivem tvoří rošt. Horní část je tepelně namáhána a mezitím dochází k chlazení části spodní. Díky tomu lze použít výhřevnější paliv bez opalování roštnic. [3]

Základní části roštových kotlů v Plzeňské teplárenské, a.s.

- Pásový rošt

Bočnice, příčné nosníky zón a vzduchové zóny tvoří skříň roštu. Do zón je přiváděn vzduch z bočních vzduchových komor. Jsou 4 vzduchová pásma s regulovaným množstvím vzduchu. Pás se pohybuje od zadní stěny směrem proti pohazovanému palivu. Rošt je tvořen roštnicemi, které jsou vsunuté do roštových rámečků. Rámečky jsou připevněny na nosné články a čepy. Na nich se nacházejí pouzdra se spojovacími články. Pomocí uzavíracích článků jsou rámečky spojeny v pás. Po drahách se pohybuje horní a dolní část roštu.

- Pneumechanické pohazovače

Pohazovač je tvořen rotujícím bubnem se dvěma vyměnitelnými lopatkami, které jsou tvarovány tak, aby zajistily vějířovité rozložení paliva. Na společném nosném rámu je namontováno 6 pohazovačů pro dosažení potřebného výkonu kotle. Změnou otáček lze regulovat výkon podavače paliva.

- Primární dmýchání

Pomocí vzduchovodů je vzduch veden z výstupního hrdla ventilátoru do přívodní skříně, která je vyvedena do roštových bočnic. Pomocí rotačních klapek, které jsou umístěny v zónách roštu, se reguluje rozdělení po šířce roštu.

- Analyzátoři CO a O₂

Slouží pro určení optimálního spalovacího režimu kotle, pro určení optimálního množství vzduchu, pro určité množství paliva.

Technické parametry

Tab. 3 Technické a provozní parametry kotle K2 a K3 [8]

Druh kotle	horkovodní
Druh topeniště	roštový
Jmenovitý výkon kotle	35 MWt

Maximální průtočné množství vody kotlem	550 t·h ⁻¹
Konstrukční tlak	2,55 MPa
Minimální výkon kotle	7,7 MW _t
Účinnost kotle	81 %

Palivo

Jako palivo se používá hnědé uhlí s výhřevností 11 – 16 MJ·kg⁻¹ a zrněním 0 – 30 mm.

1.1.2 Granulační parní kotle K4 a K5

Granulační kotle v PT slouží ke spalování hnědého uhlí, které se pomocí mlýnic rozemele na prášek a ventilátorovými mlýny se přímo fouká do spalovací komory. Pro zapalování uhelného prášku se používají kombinované hořáky, ve kterých se spaluje především zemní plyn. Dále se hořáky používají pro stabilizaci plamene při snížených výkonech.

Jedná se o jednobubnový, dvoutahý kotel s přirozenou cirkulací. Dvěma vzduchovými ventilátory je dodáván vzduch potřebný ke spalování. Za každým ventilátorem je v potrubí umístěn parní ohřívák, kterým je možno přehřát vzduch před vstupem do regenerativního ohříváku. Poté dochází k rozdělení ohřátého vzduchu do 4 větví. Těmito větvemi se přivádí spalovací vzduch k práškovým hořákům. V každé větvi jsou odběry vzduchu pro příslušný mlýnský okruh. Tento vzduch slouží k regulaci teploty za třídičem.

Základní části kotle

- Mlýnice

Slouží k úpravě uhlí pro spalování. V zásobnících uhlí je uloženo uhlí pro zpracování. Uhlí se odebírá střídavým otevíráním uzávěrů po celé délce výpustě. Uhlí se přes řetězový dopravník přemísťuje do výpustě dopravníku, kde volným pádem přes sušící šachtu padá do ventilátorového mlýna. V sušící šachtě je uhlí předsoušeno horkými spalinami, které jsou nasávány ze spalovací komory pomocí ventilátorového mlýna. Pro regulaci horkého vzduchu je v potrubí umístěna klapka. Součástí sušící šachty je i klapka studeného vzduchu pro chlazení mlýnského okruhu. Předsušené uhlí padá do mlýna, kde se mele a dosouší. Nasátý nosný plyn s uhelným práškem se dopravuje přes třídič do práškového potrubí a hořáku kotle.

- Práškové potrubí

Slouží k propojení třídiče a uhelného hořáku. Jsou zde zabudovány klapky pro homogenizaci uhelného prášku, lze jimi nastavit větší či menší odpor v práškovém potrubí čímž lze ovlivnit jemnost mletí.

- Potrubí studeného vzduchu

Potrubí studeného vzduchu přivádí vzduch potřebný pro spalovací zařízení kotle. Vzduch je zajištěn dvěma radiálními oboustrannými sacími ventilátory. Oba mohou nasávat vzduch z prostoru kotelny nebo z venkovního prostoru. Před parním ohřívákem se odebírá vzduch pro chlazení nosníků, ofukovačů a hořáků a za parním ohřívákem se odebírá vzduch pro čtyři kombinované hořáky.

- Potrubí horkého vzduchu

Ohřátý vzduch z regeneračního ohříváku je veden čtyřmi paralelními potrubími k uhelným hořákům a příslušným mlýnským okruhům. K regulaci teploty směsi za třídičem slouží horký vzduch, který je přiváděn do mlýnských okruhů.

- Kombinované hořáky

Po dvojicích jsou šikmo z boku umístěny celkem 4 kusy práškových nízko-emisních hořáků. Postupné vyhořívání primární směsi zajišťují nové hořáky, které jsou vybaveny klapkami pro nastavení vzduchového profilu sekundárního vzduchu.

Práškové hořáky jsou složeny ze dvou základních sekcí, spodní a horní.

Spodní je hlavní hořákovou sekcí, která se skládá ze dvou primárních dyšen a tří vzduchových dyšen sekundárního vzduchu. Tato sekce směřuje pod úhlem 7 ° do prostoru výsyvky pod spalovací komoru.

Horní je vodorovná a je složena z jedné primární dyšny, jedné sekundární dyšny a jedné dyšny terciálního vzduchu. Sekundární a terciální dyšna mají samostatné regulační klapky.

Zapalovací hořák slouží k zapálení hořáku. Plamen hořáku je nutné kontrolovat a po jeho indikaci dojde k otevření přívodu plynu pro hlavní hořák.

Elektrostatický odlučovač EO

Elektrostatický odlučovač (dále jen EO) slouží k odloučení popílku ze spalin. EO má dvě větve kouřovodu a v každé z nich je samostatný odlučovač se 3 sekcemi a jedním tahem. První dvě sekce mají samostatnou výsyvku a svodku do KP, odtud se popílek dopravuje

pneumatickou dopravou do expedičního sila popílku. Popílek z 3. sekce je dopravován šnekovým dopravníkem do KP 2. sekce. Vysokonapěťové elektrody jsou napájeny z usměrňovací stanice, která je v přístavku na vnější straně EO mezi K4 a K5. Každá sekce má jeden usměrňovač (celkem 12).

Technické parametry

Tab. 4 Technické a provozní parametry kotle K4 a K5 [8]

Jmenovitý průtok páry	180 t·h ⁻¹
Jmenovitý tepelný výkon	128 MW _t
Hospodárný průtok páry	130 t·h ⁻¹
Min. průtok páry bez stabilizace	80 t·h ⁻¹
Min. průtok páry se stabilizací	60 t·h ⁻¹
Jmenovitý tlak přehřáté páry	13,63 MPa
Nejvyšší tlak přehřáté páry	14,31 MPa
Jmenovitá teplota přehřáté páry	540 ± 8 °C
Teplota spalin na výstupu z kotle	160 °C
Účinnost kotle při jmenovitém průtoku páry	85,5 %
Účinnost kotle při hospodárném průtoku páry	86,0 %

Palivo

Jako základní palivo se používá směs hlavně sokolovského hnědého uhlí. Při uvádění kotle do provozu nebo v případě potřeby stabilizace spalovacího procesu se používá přídavné stabilizační palivo, zemní plyn.

Biomasa se spaluje společně se základním palivem do 30% hmotnosti paliva. Používá se kukuřice a pelety. Do kotle se dopravují samotnou trasou, která je využívána i pro doplňkové palivo TAP.

Palivo TAP neboli doplňkové palivo je směs rozdrcených plastů, pryže, dřeva, syntetického textilu a kompozitních materiálů. Jako toto palivo se smí spalovat pouze materiál s certifikátem o shodě výrobku č. 0130014104/02, vydaný Zkušební ústavem lehkého průmyslu. TAP palivo je spoluspalováno do 5 % z celkové hmotnosti uhlí spáleného v kotlích K4 a K5.

Kvalitativní znaky jednotlivých paliv jsou uvedeny v příloze 1.

1.1.3 Fluidní kotel K6

Fluidní kotel typu ACFB (Atmosferic Circulation Fluidized Bed) = atmosférický fluidní kotel s cirkulující fluidní vrstvou. Hlavní částí je fluidní lože, kam je dopravováno palivo a drcený vápenec. Spalování a odsiřování probíhá uvnitř velkého množství jemných rychle se pohybujících tuhých částic. Tuhé částice jsou recyklovány.

Systém fluidního spalování

Díky spalování v cirkulujícím fluidním loži lze uvolnit tepelnou energii z méněhodnotných uhlí. Vysoká tepelná setrvačnost hmoty umožňuje jejich stabilní zapálení a spalování. Fluidizace ložového materiálu způsobuje, že se tuhé částice chovají téměř jako kapalina, mohou volně téci. Fluidizace se vytváří primárním spalovacím vzduchem i vztlakem hořením vznikajících spalin. Vysoká spalovací účinnost je způsobena zpomaleným pohybem pevných částic za proudícími spalinami a tak uhlí déle setrvává v ohništi.

V cirkulujícím fluidním loži je umožněn intenzivní rozklad přidávaného vápence a zachycení SO_2 do žhavého popela, které vzniká hořením uhlí. Stabilní teplota spalin 850 – 880 °C zabezpečuje stabilní vazbu SO_2 a vápna. Vznikající síran vápenatý CaSO_4 unáší spalinou.

Při porovnání s klasickým spalováním poměrně nízká teplota cirkulujícího lože a odstupňované zavádění spalovacího vzduchu do ohniště jsou účinná primární opatření pro potlačení tvorby oxidů dusíku NO_x .

Elektroodlučovač EO

Elektroodlučovač fluidního kotle K6 tvoří skříň stavebnicové konstrukce, dělí se na sekce řazené za sebou. Vysokonapěťové elektrody jsou zavěšeny uprostřed mezi usazovacími elektrodami a vytvářejí vysokonapěťový systém. Elektrody jsou napnuty v trubkových rámech v pravidelných vzdálenostech. Tyto rámy jsou pomocí závěsů a závěsných trubek zavěšeny na nosné keramické izolátory, které se nacházejí ve střešních nosnících. Izolátory se vyhřívají, aby se zabránilo kondenzaci vodní páry. Usazovací elektrody jsou paralelně zavěšeny k proudu čištěného plynu. Usazovací elektrody jsou upevněny v oklepávacím trámci, na který postupně dopadají přepadávací kladiva umístěná na pomalu se otáčející hřídeli a tím dochází k oklepávání usazovacích elektrod. Ve spodní části EO se nacházejí ocelové výsyvky ukončené přírubou pro připojení zařízení na odběr popílku.

Řídicí systém EO je tvořen programovatelným automatem Simatic S95. Tento automat umožňuje automatické najíždění a odstavení EO, volbu režimů v závislosti na měnících se podmínkách, možnosti optimalizace činnosti a sledování provozu EO.

Technické parametry

Tab. 5 Technické parametry kotle K6 [8]

Jmenovitý průtok páry	190 t·h ⁻¹ (52,7 kg·s ⁻¹)
Jmenovitý tepelný výkon	135 MWt
Jmenovitý přetlak přehřáté páry na výstupu z kotle	13,53 MPa
Jmenovitá teplota přehřáté páry na výstupu z kotle	540 ± 8 °C
Nejvyšší přetlak přehřáté páry	13,83 MPa
Nejvyšší teplota přehřáté páry	548°C
Minimální teplota napájecí vody	177 ± 10°C
Minimální množství vyrobené páry bez stabilizace ZP	70 t·h ⁻¹ (19,44 kg·s ⁻¹)
Účinnost kotle	92 %
Jmenovitá teplota napájecí vody	210 ± 10 °C

Palivo

Základním palivem je směs sokolovského hnědého uhlí.

Mourové kaly ze sokolovského hnědého uhlí se spalují se základním palivem v množství 30 000 t/rok (cca 15 %).

Jako přídatné palivo se používá zemní plyn, který se spaluje při uvádění kotle do provozu nebo při potřebě stabilizace spalovacího procesu.

Biomasa jako čistá dřevní hmota ve formě štěpků/pilin se spaluje společně se základním palivem v množství, které odpovídá dodanému teplu v biomase nejvýše do 40 % z celkového tepelného příkonu při jmenovitém výkonu kotle.

Dále se používá doplňkové palivo TAP (viz. Granulační kotle, Palivo TAP).

Jako další doplňkové palivo se využívá palivo BON-1 z SBR s certifikátem č. 100-035843.

Doplňková paliva mohou být spalována v max. množství do 5 % z celkové hmotnosti uhlí.

Kvalitativní znaky jednotlivých druhů paliv jsou uvedeny v příloze 1.

1.1.4 Kotel K7

Fluidní kotel typu BF45S s neškvárující fluidní vrstvou. Spalování probíhá uvnitř velkého množství jemných rychle se pohybujících tuhých částic. Tuhé částice jsou do lože recyklovány.

Kotel je jednobubnový s přirozenou cirkulací a s děleným odskočeným druhým tahem. Ve spodní části se nachází dva stacionární rošty s bočním odpouštěním popela. K roštům je přiváděn primární spalovací vzduch a palivo. V případě potřeby je k palivu přidáván inertní materiál, který slouží ke stabilizaci fluidní lože a zvyšuje jeho tepelnou kapacitu. Pomocí dýz nad rošty je do ohniště přiváděn sekundární spalovací vzduch pro dohoření hořlavých plynů z fluidního lože a úletového podílu. Část sekundárního vzduchu se využívá k podpoře dopravy paliva do kotle.

Nad roštem je umístěna vysoká spalovací komora tvořena membránovými stěnami. V horní části spalovací komory je 6 desek výstupního sálavého přehříváku. Spaliny přecházejí do druhého tahu kotle, kde jsou umístěny deskové šoty výparníku a přehříváku páry. Druhý tah je v polovině rozdělen žaluziovým odlučovačem. Ve střední části komory jsou dva najížděcí monoblokové plynové hořáky o výkonech 5,6 MW. Díky vysoké spalovací komoře a odlučovači je zajištěno dostatečné vyhoření paliva.

Elektoroodlučovač EO

Znečištěné spaliny z kotle na biomasu K7 proudí do EO, kde jsou tuhé části spalin odloučeny a padají do výsypek. Odtud jsou odloučené tuhé částice dopravovány pomocí šnekových dopravníků a rotačních podavačů, které jsou umístěny pod výsypkami. EO je opět tvořen soustavou usazovacích a nabíjecích elektrod. Po přivedení vysokého usměrněného napětí vzniká mezi elektrodami nehomogenní elektrické pole a následně korónový výboj a dojde vyzáření velkého počtu volných elektronů do prostředí. Elektrony se srážejí s tuhými částicemi prachu a nabíjí je. Vlivem působení silného elektrického pole jsou nabitě částice přitahovány k uzemněným usazovacím elektrodám. Mechanickým oklepem se prach z elektrod uvolňuje a padá do výsypek, ze kterých je pomocí dvou žlabových šnekových dopravníků a turniketových podavačů odváděn do podavačů pseudoprávy.

Díky řídicímu systému je umožněn plně automatický provoz EO. Operátor může měnit jeho parametry na ovládací jednotce. Lze i zobrazit zadané parametry, skutečný stav řízených komponent a poruchové stavy.

Technické parametry

Tab. 6 Technické parametry kotle K7 [8]

Jmenovitý průtok páry	50 t·h ⁻¹
Jmenovitý tepelný výkon	38,5 MWt
Jmenovitý přetlak přehřáté páry na výstupu z kotle	6,7 MPa
Jmenovitá teplota přehřáté páry na výstupu z kotle	490 ± 8 °C
Minimální množství vyrobené páry bez stabilizace	24 t·h ⁻¹
Účinnost kotle	91 %
Jmenovitá teplota napájecí vody	145 °C

Palivo

Základním palivem u kotel K7 je nekontaminovaná biomasa – čistá dřevní hmota ve formě štěpků či pilin a pelety EKOVER. Složení pelet může být následující:

- EKOVER – T: pelety z nadzemní části žitovce, sláma i klasy včetně zrna
- EKOVER – S: granulované palivo ze sena, obilné a olejnicové slámy
- EKOVER – O: granulované palivo z obilin a olejnin

Jako přídatné palivo se spaluje zemní plyn v případě uvádění kotle do provozu nebo v případě potřeby stabilizace spalovacího procesu.

Kvalitativní znaky základního a přídatného paliva jsou uvedeny v příloze 1.

1.1.5 Suška biomasy I.

K sušení využívá teplo z horké vody a rekuperaci tepla z ohřátého vzduchu na výstupu ze sušárny. Teplo z horké vody je ohříváno ve výměnících spaliny/voda kouřovými plyny z K4 a K5.

Suška má výkon 5 – 8 t biomasy za hodinu, pokud je vstupní vlhkost 50 % a výstupní vlhkost 10 -20 % v závislosti na výkonu sušky. Pomocí horkého vzduchu o teplotě 140 °C se provádí souprůdné sušení.

1.1.6 Suška biomasy II.

Využívá se několik zdrojů nízkopotenciálního odpadního nebo přebytečného tepla. Sušící zařízení je složeno ze dvou 8 žlabových sušáren podélné konstrukce, které jsou rozděleny na

dvě části pomocí vzduchového potrubí sušícího média. Na vstupu je násypka pro doplňování biomasy, na výstupu biomasa vypadává na žlabový pásový dopravník. Sušící vzduch prochází vrstvou biomasy a velmi malou rychlostí a bez víření odchází, čímž nevynáší prach ze sušené biomasy.

Za hodinu suška zvládne vysušit 14 t biomasy s vlhkostí 50 % na vlhkost 20 %. Teplota výstupních par se pohybuje v rozmezí 31 – 35 °C při vstupní teplotě okolo 90 °C. [8]

1.2 Elektřina

Elektrická energie se v PT vyrábí kombinovanou výrobou tepelné a elektrické energie, kogenerací. Pro výrobu elektrické energie se využívají kotle K4, K5, K6 a K7 a turbosoustrojí TG1, TG2 a TG3. Elektřina se vyrábí od r. 1985, kdy ve II. etapě centrální teplárny byly zprovozněny kotle K4 a K5 a turbosoustrojí TG1, v III. etapě kotel K6 a turbosoustrojí TG2 a ve IV. etapě kotel K7 a turbosoustrojí TG3. [1]

II. etapa

K4, K5 – parní granulační kotle na uhlí o výkonech 128 MWt.

TG1 – protitlaká turbína o základních parametrech

Tab. 7 Základní parametry TG1 [1]

Jmenovitý výkon	67 MWe
Max. dosažitelný výkon	70 MWe
Tlak vstupní páry	13,25 MPa
Teplota vstupní páry	535 °C

III. etapa

K6 – parní fluidní kotel také o výkonu 128 MWt.

TG2 – kondenzační odběrová turbína o základních parametrech

Tab. 8 Základní parametry TG2 [1]

Jmenovitý výkon	50 MWe
Max. dosažitelný výkon	69 MWe
Tlak vstupní páry	12,8 MPa
Teplota vstupní páry	535 °C

IV. etapa

Kotel K7 – parní kotel na biomasu o výkonu 15 MWt.

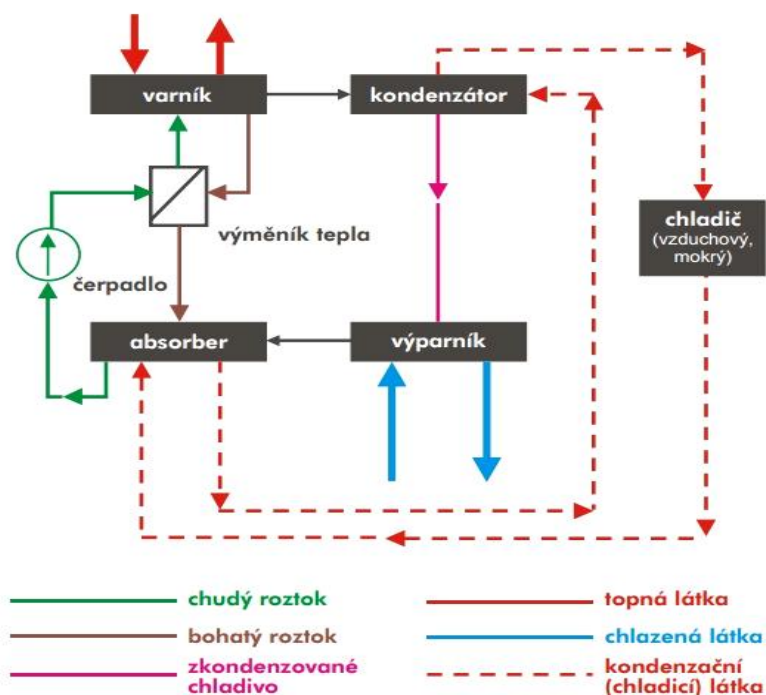
TG3 – kondenzační odběrová turbína o základních parametrech

Tab. 9 Základní parametry TG3 [1]

Jmenovitý výkon	11,5 MWe
Max. dosažitelný výkon	12,1 MWe
Tlak vstupní páry	6,6 MPa
Teplota vstupní páry	485 °C

1.3 Chlad

Jedná se o absorpční chlazení, jehož princip je založen na fyzikálních vlastnostech dvou látek, jejich schopnosti vzájemné absorpce. Vlivem odebrání tepla chladicí látky je odpařené chladivo pohlcováno roztokem absorbentu v absorbéru. Tzv. bohatý roztok – absorbent s rozpuštěnými parami chladiva – pokračuje do výparníku (výparník). Zde se z bohatého roztoku teplem vypuzují páry chladiva. Chudý roztok – absorbent – se vrací přes výměník tepla zpět do absorbéru. Páry chladiva dále pokračují do kondenzátoru, kde jim je působením chladicí látky odebráno teplo – kondenzují. Zkondenzované chladivo se vrací zpět do výparníku a tím se okruh uzavírá. [4]



Obr. 3 Blokové schéma výroby chladu [4]

2 Zařízení pro čištění spalin

2.1 Látky znečišťující ovzduší

Jako látky znečišťující ovzduší označujeme hmotné látky, které nepříznivým způsobem ovlivňují prostředí. Prostředí mohou ovlivňovat přímo, po fyzikální nebo chemické změně v atmosféře nebo spolupůsobením s jinými látkami.

Nepříznivé působení se může projevovat

- poškozením zdraví lidí a zvířat
- poškozením prostředí nebo jeho složek
- změnami složení ovzduší
- zhoršením pohody prostředí (např. zápach, špatná viditelnost atd.)

Na celkové znečištění ovzduší mají vliv i složky podporující znečištění nebo zvyšující jeho účinky.

Nejčastěji dělíme znečišťující látky dle skupenství, chemického složení nebo míry škodlivosti.

Základní rozdělení látek dle skupenství

- tuhé (prachy, aerosoly)
- kapalně (kondenzace plynné fáze, rozrušení většího objemu tekutiny)
- plynné (sloučeniny síry, dusíku, kyslíku, uhlíku, halogenové)

2.1.1 Tuhé znečišťující látky (TZL)

Tuhé částice znečišťujících látek jsou schopny se vzduchem vytvářet disperzní prostředí. Podle stability disperzního systému se dělí na prach a aerosoly.

Prach

Jako prach označujeme malé částice tuhých látek, které se rozptýlí v disperzním systému. Do ovzduší se prach dostává z několika zdrojů, např. půdní prach nesený větrem, sopečná erupce nebo znečištění.

Obvykle se dělí do 3 skupin dle velikosti částic:

- hrubý prach ($> 40 \mu\text{m}$)
- střední prach ($1 - 40 \mu\text{m}$)
- jemný prach ($< 1 \mu\text{m}$)

Aerosol

Aerosoly jsou tuhé a kapalně částice, které po rozptýlení v klidném disperzním prostředí vytvářejí stabilní systém. Velké množství aerosolů v ovzduší vede ke snížené viditelnosti. Během sopečné činnosti nebo lesních požárů se do ovzduší dostává velké množství aerosolů, které mohou ovlivňovat klima v místě působení.

Dle způsobu vzniku se člení:

- disperzní aerosoly, které vznikají rozmělněním nebo rozprášením pevných látek a kapalin, např. kouř, prachové aerosoly
- kondenzační aerosoly, které vznikají kondenzací nasycených par nebo reakcemi v ovzduší, např. mlhy, opary, dým

2.1.2 Plynné znečišťující látky

Plyny a páry znečišťujících látek se do ovzduší dostávají z různých zdrojů. Důležitým zdrojem je výsledek lidské činnosti především při spalování paliv a z průmyslových technologií. Nejčastěji se setkáváme se sloučeninami síry a dusíku, oxidem uhličitým a uhelnatým, metanem a dalšími.

Sloučeniny síry

V ovzduší se vyskytuje mnoho sloučenin síry, především SO_2 , které je zpoplatněno. Dále se v ovzduší vyskytuje sulfan H_2S nebo oxid sírový SO_3 , který vzniká oxidací SO_2 v ovzduší a v malém množství vzniká přímo při spalovacích reakcích společně s SO_2 , vzniklé SO_2 reaguje s vlhkostí v ovzduší a vzniká H_2SO_4 .

- Oxid siřičitý SO_2

Jedna z nejrozšířenějších látek znečišťující ovzduší. Jedná se o bezbarvý plyn s pronikavým a dusivým zápachem. Má kyselou chuť a při reakci se vzdušnou vlhkostí vytváří kyselinu sírovou H_2SO_4 . Velká část SO_2 pochází ze spalování uhlí a oleje v elektrárnách. Dalším zdrojem jsou průmyslové objekty využívající uhlí nebo olej např. ropné rafinerie a zpracování

kovů. Dalším zdrojem jsou vlaky, velké lodě a některá dieselová zařízení, která spalují palivo s vysokým obsahem síry. Přírodním zdrojem může být uvolňování SO_2 při sopečné erupci. [9]

Vliv na lidské zdraví

Krátkodobé vystavení SO_2 může způsobovat bolesti žaludku, slzení očí, ztrátu čichu, bolesti hlavy, zvracení, křeče a závratě. Při vystavení vysoké úrovni SO_2 je ohroženo lidské zdraví, kdy SO_2 způsobuje dýchací potíže, zvláště pro osoby s plicním onemocněním.

Dlouhodobé vystavení při neměnné úrovni může způsobit chronickou bronchitidu, onemocnění dýchacích cest a zhoršení již existujících srdečních chorob.

Přímý kontakt s SO_2 ve formě plynu může popálit kůži a dráždit oči s možným poškozením zraku. Přímý kontakt s SO_2 ve formě kapaliny může způsobit omrzliny.

Při reakci SO_2 s jinými chemickými látkami v ovzduší vznikají síranové částice, které se mohou usazovat v plicích. Při dlouhodobém vystavení síranovým částicím mohou způsobit onemocnění dýchacích cest i předčasnou smrt. [13]

Sloučeniny dusíku

Dusík je jednou z hlavních částí ovzduší. Je to pasivní prvek zředující kyslík tak, aby směs vyhovovala vlastnostem živých organismů. Dále atmosféra obsahuje sloučeniny dusíku, kdy většinu lze považovat za znečišťující látky.

V atmosféře je 5 druhů oxidů dusíku – oxid dusný N_2O , oxid dusnatý NO , oxid dusitý N_2O_3 , oxid dusičitý NO_2 a oxid dusičný N_2O_5 .

Oxid dusný N_2O je nejrozšířenějším oxidem dusíku v atmosféře, tvoří 97 % hmotnosti sloučenin dusíku. Jedná se o bezbarvý plyn s velmi malou reaktivitou, tudíž nemá žádný vliv na chemické reakce v ovzduší ani negativní dopad na životní prostředí. Není považován za škodlivý.

Nejvýznamnějšími oxidy jsou oxid dusnatý NO a oxid dusičitý NO_2 z hlediska škodlivého vlivu na životní prostředí. Koncentrace těchto oxidů se udává dohromady, nazývá se „suma oxidů dusíku“ a značí se NO_x .

- Oxidy dusíku NO_x

V přírodě oxidy dusíku vznikají především činností bakterií, vulkanickou činností nebo elektrickými výboji v atmosféře. Při spalovacích procesech při výrobě energie, v dopravě i z chemických výrob vzniká převážná část oxidů dusíku. Při vysokých teplotách, za kterých

probíhá spalování fosilních paliv, vzniká především oxid dusnatý NO, který tvoří až 95% ve směsi NO_x.

V ovzduší dochází k samovolné reakci NO na NO₂ a dále dochází ke vzniku kyseliny dusičné. Kyselina dusičná je nebezpečná žiravina, která poškozují pokožku a sliznici a i její výpary jsou velmi nebezpečné. Proto je nutná její neutralizace prachovými alkalickými částicemi (CaO, MgO). Následně se ve formě solí stává součástí aerosolových částic, které se z atmosféry odstraňují srážkami nebo sedimentací.

Vliv na lidské zdraví

Oxidy dusíku nepříznivě působí na dýchací orgány, kde mohou způsobit jejich onemocnění případně i nádorová onemocnění. Při vyšších koncentracích se NO_x váže na hemoglobin, čímž zhoršuje výměnu kyslíku.

Sloučeniny kyslíku

Další důležitou složkou atmosféry je kyslík především ve formě dvouatomových molekul O₂. Atmosféra dále obsahuje v malém množství atomární kyslík O, ozon O₃ a ionty kyslíku. Atomární kyslík společně s ozonem vznikají fotochemickými reakcemi, s velkou oxidační schopností a reaktivností. Atomární kyslík je velice nestálý a s dalšími atomy kyslíky vytváří stálejší molekuly kyslíku O₂.

- Ozon O₃

Ozon je součástí ovzduší ve velmi proměnlivé koncentraci. Jedná se o vysoce chemicky agresivní, jedovatý plyn, který vzniká a rozkládá se fotochemickými reakcemi v ovzduší. Ozon je hlavní součástí fotochemického smogu a je toxický již při koncentracích okolo 1 ppm. Ve vyšších vrstvách atmosféry je ozon nezbytný pro život. Zachycuje zde krátkovlnné UV záření. Maximální koncentrace ozonu je ve stratosféře (15 - 50 km), kde je jeho koncentrace 6 – 8 ppm.

Vliv na lidské zdraví

Ozon velice nepříznivě působí na všechny organismy. Při koncentracích > 200 µg·m⁻³ dochází k dráždění nosní sliznice, očí, nucení ke kašli a bolestem hlavy. Při koncentraci > 4000 µg·m⁻³ (2 ppm) může dojít k poškození dýchacího ústrojí při expozici 2 hodin. Jako smrtelná je považovaná koncentrace > 10 000 µg·m⁻³. Dále ozon nepříznivě ovlivňuje vegetaci, zpomaluje růst rostlin a vývoj kořenového systému.

Sloučeniny uhlíku

V atmosféře se uhlík vyskytuje ve formě oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého a organických sloučenin. Jedná se o metan CH_4 , který je vysoce hořlavý, při 5 -15 % metanu v ovzduší může dojít k výbuchu. V uzavřené místnosti při zvýšené koncentraci může CH_4 působit dýchací potíže, velké množství metanu vytlačuje kyslík a dochází k nevolnosti, bolesti hlavy nebo bezvědomí v důsledku nedostatku kyslíku. Při spalování v nevětrané místnosti může produkovat CO, který se váže na hemoglobin a znemožňuje jeho činnost.

- Oxid uhelnatý CO

CO je bezbarvý plyn, který vzniká při nedokonalém spalování. V přírodě oxid uhelnatý vzniká při vulkanické činnosti, z bahenních plynů a lesních požárů. Dále při fotochemických reakcích v ovzduší, kdy dochází k oxidaci metanu na CO a CO_2 . Zdrojem je především spalování paliv při výrobě energie a technologické tepelné postupy, významný je podíl z výfukových plynů u dopravních prostředků. Fotochemickou reakcí v ovzduší přechází CO na CO_2 . Reakce je pomalá, trvá několik měsíců.

Vliv na lidské zdraví

Při vdechování se CO váže na hemoglobin a zabraňuje jeho funkci. Jedná se o silně toxický plyn již od koncentrací 100 ppm.

- Oxid uhličitý CO_2

Také bezbarvý plyn s radiační absorpcí v infračervené oblasti. Vzniká jako produkt dýchání, při vulkanické činnosti nebo rozkladem organických látek. Dále vzniká při spalování uhlikatých paliv. CO_2 není považován za znečišťující látku, avšak díky vyššímu spalování fosilních paliv stoupá obsah CO_2 v atmosféře a tím i negativní vliv - skleníkový efekt.

Vliv na lidské zdraví

Při koncentracích nad 1000 ppm se mohou objevit příznaky únavy, bolesti hlavy, nevolnost nebo zvýšený tep. Při vysokých koncentracích (15000 ppm) nastávají dýchací potíže a hrozí i ztráta vědomí.

Těkavé organické látky

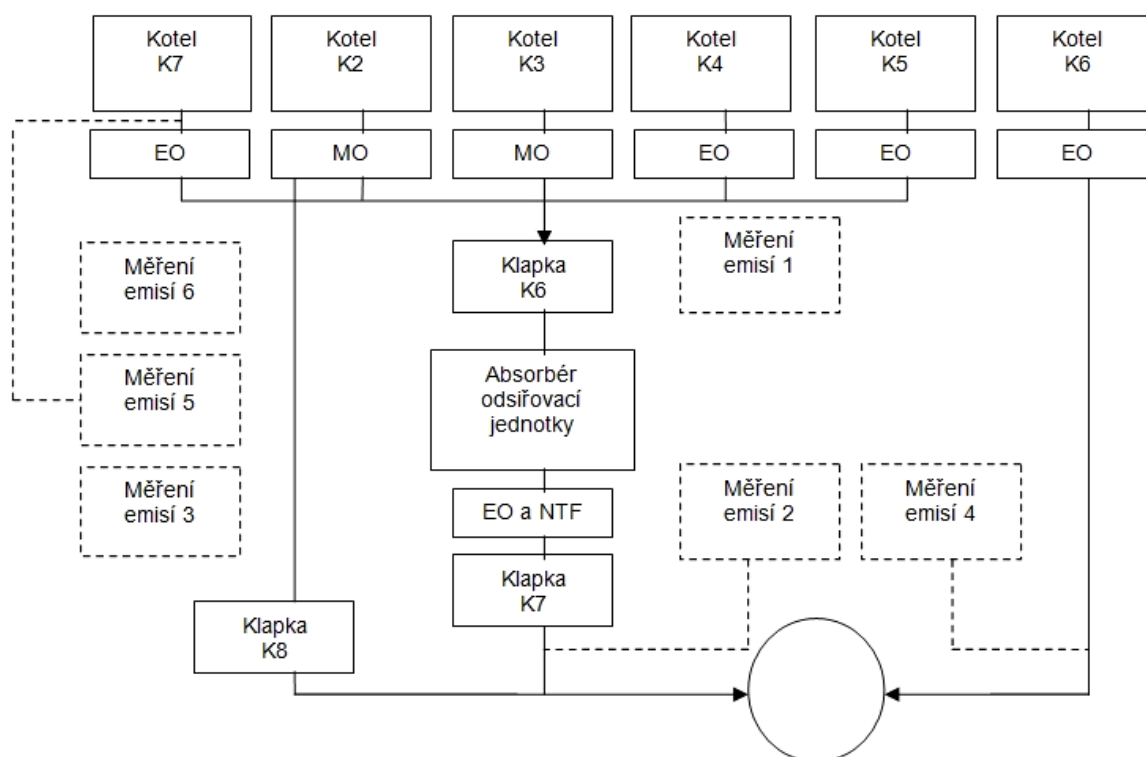
Jedná se o organické sloučeniny, jejichž tlak sytých par při teplotě 20°C je roven nebo větší než 1,3 kPa. Např. alkany, aromáty, alkoholy, aldehydy, ketony, monokarboxylové kyseliny, estery, etery, aminy a další. Těkavé organické látky vznikají při výrobě spousty produktů

např. kosmetické přípravky, čisticí prostředky, barvy, rozpouštědla. Řada těchto látek je toxická nebo karcinogenní, přímo ovlivňují lidské zdraví a negativně ovlivňují životní prostředí. Také mají vliv na zemědělskou a lesní vegetaci a urychlují korozi a stárnutí některých materiálů. Některé složky se podílejí i na skleníkovém efektu a destrukci ozonové vrstvy. [9]

2.1 Popis zařízení

Na obrázku 4 je popsán průběh odsiřování. Z kotle K2 a K3 spaliny vstupují do absorpčního systému přes mechanické odlučovače a z kotlů K4, K5 a K7 jdou spaliny do absorpčního systému přes elektroodlučovače. Před vstupem do absorpčního systému probíhá měření vstupujících spalin. Klapka K6 reguluje množství spalin vstupujících do absorpčního systému. Po průchodu absorpčním systémem spaliny pokračují do elektrostatického odlučovače a přes tkaninové filtry do komína. Za regulující klapkou K7 probíhá měření již odsířených spalin. Při poruše odsiřovacího zařízení je klapka K6 a K7 uzavřena a spaliny proudí přímo do komína přes klapku K8.

Ve fluidním kotli K6 probíhá odsiřování přímo uvnitř kotle a zbylé TZL jsou přes elektroodlučovač odvedeny do komína. Před vstupem do komína probíhá další měření.



Obr. 4 Blokové schéma odsiřování a měření emisí [8]

2.1.1 Odsiřování

Podstatou odsiřování je snižování oxidů síry, které vznikají při spalování síry v palivu. Odsiřování lze aplikovat:

- před spalováním úpravou paliva, zplyňováním anebo výběrem a mícháním paliva
- v průběhu spalování ve fluidním loži, přidáváním aditiv do paliva nebo spalovací komory
- po spalování odsiřováním spalin

Procesy odsiřování se dělí např. dle regenerace činidla na regenerativní, neregenerativní, dle místa odsiřování na odsiřování přímo v kotli nebo za kotlem a dle fáze, při které dochází k zachycení SO₂ dělíme procesy na suché, polosuché a mokré.

Suché vápencové metody

Nejčastěji se používá technologie odsiřování spalin jemně mletým vápencem v kotlích. Při této metodě je důležitá vysoká jemnost mletí vápence (pod 60 mikronů). Velkým nedostatkem je malá účinnost při vysoké spotřebě aditiva a problémy s ukládáním a využitím odpadu.

Polosuchá metoda

Při polosuché metodě se rozpráší vodní suspenze sorbentu do proudu spalin. Dochází k reakci suspenzí a kyselých složek spalin. Vlivem tepla dojde k odpaření vody a vzniklý produkt se odstraní odlučovačem.

Mokrý vápencová vypírka

SO₂ a další kyselé složky se ze spalin vyperou vápencovou suspenzí, oxidací a krystalizací dochází k neutralizaci a tvorbě konečného produktu – sádrovce. [2]

Zřízení k čištění spalin v PT

V PT se používá polosuchá metoda k odstranění škodlivých látek, především oxidu siřičitého. Čistí se spaliny z roštových kotlů K2 a K3, z granulačních kotlů K4 a K5 a od roku 2010 i z kotle na biomasu K7.

Vstupující látky do absorberu, hydroxid vápenatý a recirkulující produkt, nemají mít vlhkost >1,5 %.

Spaliny vstupují kouřovodem do absorberu, kde jsou chlazeny vstřikováním vody na teplotu cca 74 °C. Odsiřovací prostředek, hydroxid vápenatý Ca(OH)₂, je dávkován v absorberu

a dochází k reakci kouřových plynů s hydroxidem vápenatým.

Směs spalin, prachu a $\text{Ca}(\text{OH})_2$ po reakci opouští absorbér a přes žaluziový odlučovač vstupují do elektrofiltru se čtyřmi poli. Zde se spaliny očišťují od zbytků prachu. Usazené zbytky prachu a popílku s příměsí zreagovaného $\text{Ca}(\text{OH})_2$ tvoří tzv. produkt.

Účinnost odsiřovacího procesu je závislá na promíchání pevné látky se spalinami, množství hydroxidu vápenatého a reakční teplotě 76 – 78 °C.

Následuje zjednodušený popis jednotlivých částí procesu odsiřování.

Spalinové kanály

Pomocí spalinových kanálů jsou přiváděny spaliny z kotlů do absorberu. Před vstupem do samotného absorberu je dvojitá žaluziová klapka s těsnícím vzduchem. Max. průtočné množství 688 000 Nm^3/h . Pokud je množství spalin nižší než 370 000 Nm^3/h , je nutné chybějící množství doplnit přes recirkulační kanál spalin (bypass). Toto množství je regulováno pomocí regulační klapky. Recirkulované množství je 350 000 Nm^3/h při minimálním množství spalin 100 000 Nm^3/h . Vyčištěné spaliny jdou do komína přes elektroodlučovač a dvojitou klapku. Při odstavení odsiřování jsou spaliny odváděny kanálem přes bypass přímo do komína.

Pro odsiřování SO_2 ze spalin slouží absorbér.

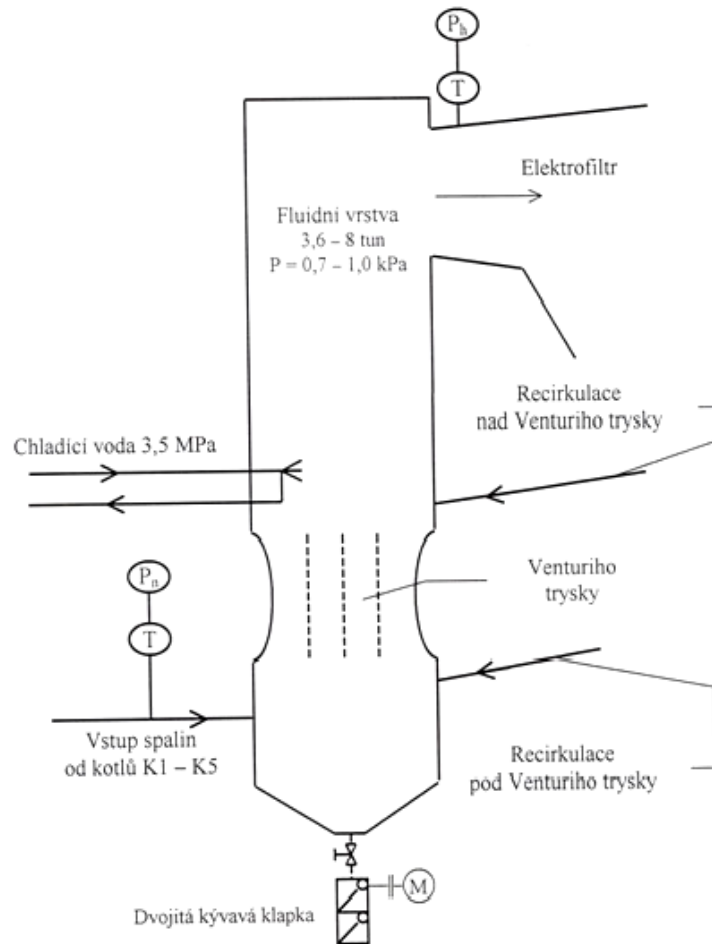
Absorbér

Jedná se o válcovitý objekt z ocelových plechů, vysoký 39 m o průměru 8,4 m. Na dně absorberu je kuželovitá provzdušňovaná výsypka s dvojitou kývavou klapkou. Klapka slouží k odstraňování napadaného materiálu.

Spodní částí vstupují spaliny, kterým se mění směr proudění pomocí vodicích plechů. Zhruba ve výšce 10 m je umístěno sedm Venturiho trysek, pod kterými jsou dvě cesty dávkování hydrátu a spodní cesty recirkulace produktu. Nad Venturiho tryskami je umístěna horní cesta recirkulace produktu a otvory pro chladicí vratné vodní trysky. Těmito tryskami se vstříkuje voda k optimalizaci absorpční teploty na cca 75°C.

V absorberu jsou spaliny intenzivně promíchány s jemnozrnným sorbentem do expandující cirkulující fluidní vrstvy. Tím začnou kyselé škodlivé plyny, zejména SO_2 , SO_3 , HCl , HF a z části i CO_2 , reagovat s hydroxidem vápenatým $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

V horní části je absorbér napojen k elektroodlučovači přes výstupní kanál, mechanický odlučovač a vstupní spalinovou mříž.



Obr. 5 Schéma absorbéru [7]

2.1.2 Odlučování tuhých částic

K odlučování TZL se v PT používá elektrostatický odlučovač společně s novými tkaninovými filtry.

Elektrostatický odlučovač

Elektroodlučovač tvoří čtyři samostatná pole. Každé pole má VN transformátor a ve spodní části dva bunkry tvořené kónickými výsypkami. Ve směru proudění spalin jsou umístěny sršící a jímací elektrody.

Díky vysokému stejnosměrnému napětí sršící elektrody emitují elektrony k jímacím elektrodám. Cestou elektrony narážejí do pevných částic ve spalinách a odvádějí je k jímacím elektrodám. Na těchto elektrodách se částice shromažďují a díky mechanickým oklepávacím jsou setřásány do bunkrů.

Výsyvky prvního pole se používají jako zásobník produktu pro recirkulaci. Ve výsypkách

jsou umístěny váhy pro určení množství materiálu a provzdušňovací žlaby pro snadnější vyprázdnění. Z důvodu ochrany proti korozi jsou části výsypky elektricky vyhřívány společně s nosníky, izolátory a turniketovými vynášeči. Výsypky ostatních polí jsou vybaveny sondami k indikaci max. hladin, pneumatickým oklepem, turniketovým vynášečem a deskovým uzávěrem pro vyprazdňování. [7]

Tkaninové filtry

Tkaninové filtry s technologií LPHV (viz. 4.1 Hybridní filtr) jsou nově instalovány do tří sekcí, nahradily vnitřní komponenty elektrostatických odlučovačů. Mezi střešní nosníky předchozí konstrukce byly namontovány trubkovice s tkaninovými filtry a koši. Pochůzková lávka zajišťuje přístup ke všem sekcím. V horní části jednotlivých sekcí pro tkaninové filtry jsou umístěny zásobníky stlačeného vzduchu pro čištění tkaninových filtrů. Samotné čištění probíhá s nízkotlakým vzduchem.

TZL společně se zachycenými plynnými znečišťujícími látkami se shromažďují ve filtračním koláči a filtračním rukávu s vysokou separační účinností. Dále se tyto látky dopravují do zásobníku TZL a z něj se odvádějí dopravním systémem. [8]

2.1.3 Pomocná zařízení

Ventilátor kouřových plynů

Ventilátor vytváří nucený tah za elektroodlučovačem pro dosažení zadaného podtlaku.

Dopravní žlaby

Slouží k dopravě sypkých materiálů. Jedná se o plechový tubus, který je rozdělený tkaninou na dvě části. Ve spodní části proudí dopravní vzduch a v horní části je dopravovaný materiál. Pomocí dopravního vzduchu a mírného náklonu žlabů materiál klouže dolů. Dopravní vzduch zařizují ventilátory dopravního vzduchu. Přes deskový parní výměník je zahříván dopravní vzduch na cca 72 °C.

Pneumatická doprava prachu

Je složena z turniketů, dmychadel a komorových podavačů. Turniket je rotační podavač s 8 komorami, což zajišťuje rovnoměrné dávkování materiálu. Při dopravě z níže položených míst do vyšších se využívá turniket, ejektor a dmychadlo, kdy dmychadlo přivede dopravní vzduch potrubím k ejektoru. Do ejektoru je pomocí turniketu dávkován materiál a dopravním vzduchem přepravován na místo určení.

Komorové podavače pracují s tlakovým pracovním vzduchem. Vzduch zajišťují dvě dmychadla, která jsou vybavena sacím filtrem a uzavíracími klapkami pro provoz jen jednoho dmychadla. Ve společném potrubí za dmychadly se nachází parní ohřívák pro ohřátí vzduchu na 74 °C, aby nedocházelo k navlhnutí produktu a tím k zanesení dopravních cest.

Kompresory

Kompresory jsou umístěny v protihlukovém krytu s malým ventilátorem. Slouží k výrobě tlakového vzduchu.

Sbírání popílku

Popílek se sbírá ve výsypkách elektroodlučovače, pokud není dostatečné množství ve výsypkách prvního pole pro recirkulaci.

Vstřikování vody

Pomocí zpětných trysek se do absorbéru vstřikuje voda k ochlazení na optimální reakční teplotu. Tato voda se na povrchu prachu ve fluidní vrstvě odpařuje. Vícestupňová vysokotlaká čerpadla dodávají potřebný tlak a jsou zásobena vodou z nádrže a objemu 20 m³. Tlak na přední straně trysek je 3,5 MPa, tlak na zádi trysek a množství vody se reguluje pomocí regulačního ventilu.

Vápenné hospodářství

- *Silo vápna CaO*

Silo vápna CaO je tvořeno ocelovým válcem o průměru 6m a výšce 24,08m, objem sila činí 600m³ a max. naplnění prachové hmoty je 85t. Míru naplnění hlídá automatický ultrazvukový hladinoměr. Dále se v silu nachází odvětrávací ventilátor, plně automatizovaný hadicový filtr a na vrcholu sila je podtlaková a přetlaková klapka a kromě ultrazvukového hladinoměru ještě hladinoměr vibrační, který je pojistkou proti přeplnění sila.

Samotné silo slouží jako zásobník vápna pro hašenku, o které se zmíním později. Silo lze plnit z autocisteren nebo z vlakových cisteren.

- *Silo hydroxidu vápenatého Ca(OH)₂*

Silo je také tvořeno ocelovým válcem o průměru 4m a výšce 14,8m, objem sila je 150 m³ a max. naplnění sila je 80t. Množství se měří automatickou vahou. Na vrcholu sila je opět odvětrávací ventilátor, hadicový filtr, podtlaková a přetlaková klapka a vibrační úrovnový hladinoměr pro automatické odstavení při přeplnění.

Pod sílem je umístěno plnicí zařízení plovoucí vany, dávkovací turnikety a dávkovací potrubí hydroxidu vápenatého do absorbéru.

Hašenka

Toto zařízení slouží k výrobě hydroxidu vápenatého z páleného vápna a vody. Do zásobní/vážní vany se dopravním žlabem dopravuje pálené vápno ze sila vápna. Pomocí dávkovacího šneka se dopravuje vápno do šneku předhašení, kam se přivádí voda dvěma vodními šnekovými čerpadly a smíchává se s páleným vápnem. Dále vápno reaguje s vodou na vápenatý hydrát v hasicím žlabu. Z tohoto žlabu se vápenatý hydrát dopravuje turniketem a pneumatickým dopravním zařízením do sila hydroxidu vápenatého. [7]

2.1.4 Účinnost zařízení

Účinnost odsiřovacího zařízení byla vypočtena z Ročních výkazů škodlivin a provozu odlučovacích zařízení, poměrem hodnot Záchytu/Produkcí. Účinnost je vypočtena za posledních 6 let tedy od 2009 -2014. [10]

$$\eta = \frac{m_Z}{m_P} \cdot 100 [\%]$$

m_Z ... množství zachycených SO_2

m_P ... množství produkovaných SO_2

Tab. 10 Hodnoty SO_2 za období 2009 – 2014 [10]

SO_2	Produkcce [t/rok]	Záchyt [t/rok]	Emise [t/rok]	Účinnost [%]
2009	8848,418	5600,972	3247,446	63,3
2010	10192,165	7019,645	3172,52	68,87
2011	10060,93	6901,932	3158,998	68,6
2012	12304,309	9034,443	3269,866	73,43
2013	14243,526	11023,582	3219,944	77,39
2014	10314,045	7148,644	3165,401	69,31
Průměr	10993,899	7788,203	3205,696	70,15

3 Emise

Při spalování paliv se uvolňují škodlivé látky, které při vstupu do atmosféry znečišťují ovzduší.

Podle přílohy č. 2 vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb., ve znění pozdějších předpisů se u zvláště velkých spalovacích zdrojů zjišťují měření emise:

- Tuhých znečišťujících látek TZL
- Oxidu siřičitého SO₂
- Oxidů dusíku NO_x
- Oxidu uhelnatého CO

3.1 Měření emisí

Měření emisí v PT probíhá kontinuálně v několika místech pomocí několika analyzátorů.

Měření před odsiřovacím zařízením

Před vstupem do odsíření je v kouřovodu umístěn analyzátor MIR 9000, který kontinuálně měří koncentrace SO₂ a O₂ ve spalinách.

Měření za odsiřovacím zařízením

Na vstupu do komína za odsiřovacím zařízením je umístěn systém měření emisí, který kontinuálně měří koncentrace SO₂, NO_x, CO, CO₂, TZL a O₂.

Plynné znečišťující látky jsou měřeny analyzátozem HORIBA ENDA-680 s přepínačem měřících míst neboť je společný pro měření za odsiřovacím zařízením a na bypassu. Emise tuhých znečišťujících látek jsou měřeny analyzátozem OPASTOP GP2001H.

Měření na bypassu

Měřicí systém na bypassu měří kontinuálně koncentraci SO₂, NO_x, CO, CO₂, TZL a O₂ v neodsířených spalinách.

Pro měření plynných látek je použit analyzátor HORIBA ENDA-680, na bypassu je umístěna pouze sonda. Pro emise TZL se používá analyzátor BETA 5M.

3.1.1 Analyzátoři

Analyzátoř MIR 9000

Pracuje na principu infračervené absorpční spektrometrie a principu plynové filtrační korelace.

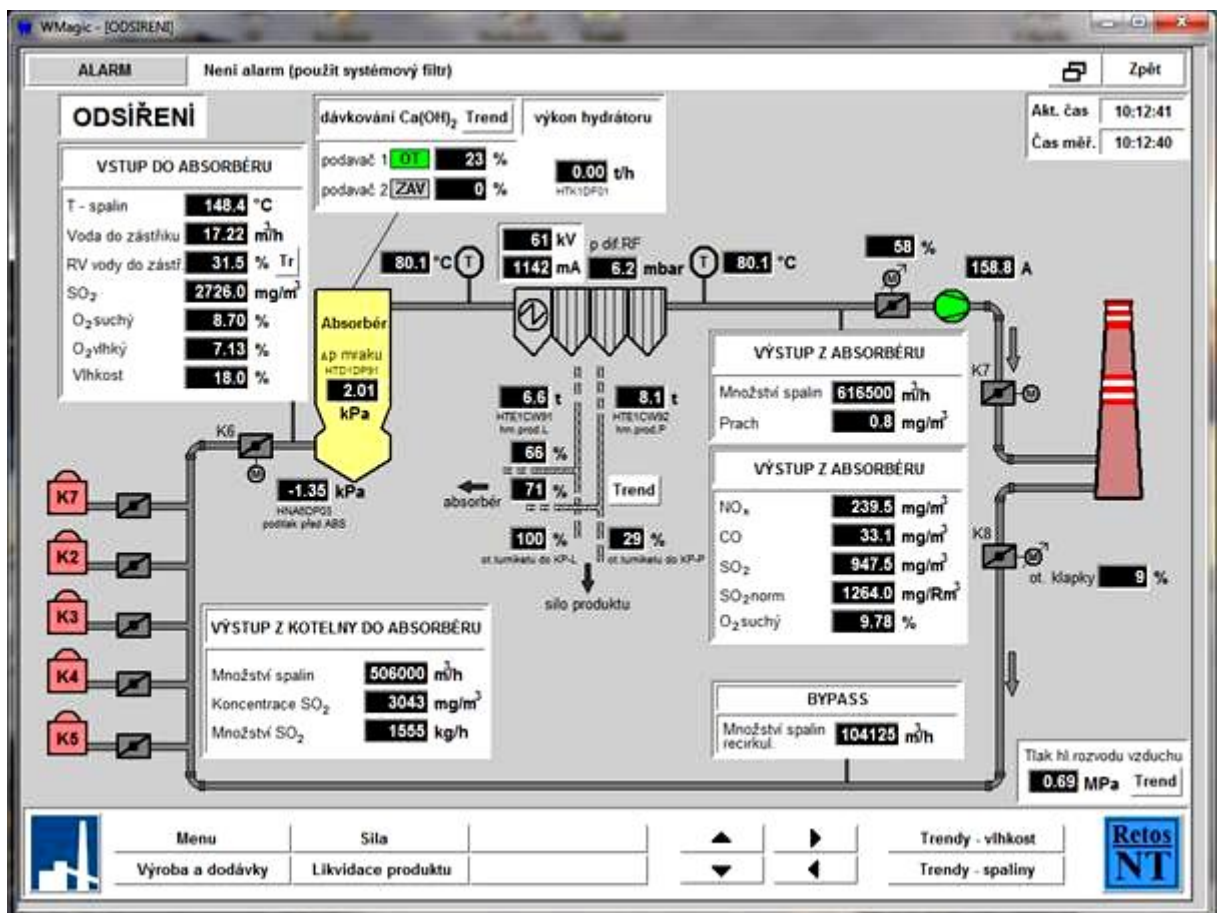
Analyzátoř HORIBA ENDA

Funguje na bázi NDIR infraanalyzátořů. Současně umožňuje měřit koncentrace až pěti komponent pomocí jednoho analyzátoři. V analyzátoři se používá detektor pro kompenzaci vlivu vlhkosti a CO₂ a tím se zabraňuje interferencím. Paramagnetický detektor se používá pro měření koncentrace O₂.

Analyzátoři BETA

Princip spočívá v absorpci beta záření hmotou.

Umístění jednotlivých analyzátoři je zobrazeno na obrázku 6.



Obr. 6 Schéma umístění analyzátoři [7]

3.1.2 Zpracování naměřených hodnot

Naměřené hodnoty z analyzátorů zpracovává program PROMOTIC. Tento program sbírá data a provádí základní zpracování, převod naměřených elektrických hodnot na hodnoty fyzikální dle cejchovní závislosti, výpočet středních hodnot naměřených veličin, výpočet prognóz hodnot koncentrací. Dále umožňuje nepřetržité zobrazování aktuálně naměřených hodnot a zobrazení i starších uložených dat s možností tisku. Program PROMOTIC vytváří soubory s podklady pro další zpracování a vyhodnocování v programu ESEP.

ESEP provádí další zpracování změřených a zprůměrovaných hodnot. Přepočítává koncentraci škodlivin na referenční stav, provádí bilanční výpočty a třídění. Opět je možnost tisku výkazů a protokolů dle vyhlášky MŽP 205/2009 Sb., ve znění pozdějších předpisů. Program ESEP dále navazuje na program EISPROW.

Do programu EISPROW se zadávají vstupní hodnoty zdroje, údaje o palivu a tepelné bilanci a slouží jako databáze pro program ESEP.

3.2 Emisní limity

Dle integrovaného povolení pro provoz Centrálního zdroje tepla Plzeň jsou stanoveny závazné emisní limity. Měření se provádí na výstupu z odsiřovací jednotky nebo na bypassu.

Kotle K2 – K5

Tab. 11 Emisní limity pro kotle K2 – K5, platné od 1. 1. 2008

Látka nebo ukazatel	Emisní limit [mg/m ³]	Referenční obsah kyslíku O ₂ [%]
SO ₂	1700	6
NO _x	650	
CO	250	
TZL	100	

Pro kotle K2 – K5 jsou za odsiřovací jednotkou stanoveny emisní stropy u jednotlivých znečišťujících látek.

Tab. 12 Emisní stropy pro kotle K2 – K5, platné od 1. 1. 2008

TZL [t/rok]	SO ₂ [t/rok]	NO _x [t/rok]
67	2833	999

Kotel K6**Tab. 13 Emisní limity pro kotel K6, platné od 1. 1. 2008**

Látka nebo ukazatel	Emisní limit [mg/m ³]	Referenční obsah kyslíku O ₂ [%]
SO ₂	400	6
NO _x	400	
CO	250	
TZL	50	
TOC	75	

Kotel K7**Tab. 14 Emisní limity pro kotel K7, platné od 1. 1. 2010**

Látka nebo ukazatel	Emisní limit [mg/m ³]	Referenční obsah kyslíku O ₂ [%]
SO ₂	400	6
NO _x	400	
CO	250	
TZL	100	
TOC	75	

Suška biomasy I.

Emisní limit (střední zdroj znečišťování ovzduší) – TZL 50 mg/m³

Suška biomasy II.

Emisní limit (střední zdroj znečišťování ovzduší) – technologie bez přímého výduchu do ovzduší.

Vyhodnocení splnění emisních limitů

Do 31. 12. 2015 se při kontinuálním měření u spalovacích stacionárních zdrojů, pro něž byla podána kompletní žádost o první povolení provozu před nabytím účinnosti této vyhlášky, emisní limit považuje za splněný, jestliže jsou v průběhu kalendářního roku splněna tyto podmínky:

- roční průměr denních hodnot je nižší než hodnota emisního limitu
- 95 % všech půlhodinových průměrných hodnot je nižší než 120 % hodnoty emisního limitu
- všechny půlhodinové průměrné hodnoty jsou nižší než dvojnásobek hodnoty emisního limitu
- žádná z měsíčních průměrných hodnot nepřesáhne emisní limit a pro SO₂ a TZL 97 % a pro NO_x 95 % všech 48 hodinových průměrných hodnot nepřesáhne 110 % emisního limitu. [8]

3.3 Nové emisní limity

Od roku 2011 vstoupila v platnost směrnice Evropského parlamentu a Rady 75/2010/EU, o průmyslových emisích. Tato směrnice stanovuje od 1. 1. 2016 přísnější emisní limity pro spalovací zařízení s tepelným příkonem nad 50 MWt. Pokud zdroj tyto emisní limity nesplňuje, je nutné provést některá z následujících opatření:

- Do 31. 12. 2015 provést provozní nebo investiční opatření k zajištění emisních limitů
- Od 1. 1. 2016 odstavit zdroj
- Zařadit zdroj do některého z režimů dle směrnice

Dle článku 32 směrnice o průmyslových emisích je pro zdroj PT využit dočasný režim Přechodného národního plánu (PNP).

Zařízení zařazena do PNP jsou v období 2016 – 1. pol. 2020 osvobozena od dodržování zpřísněných emisních limitů. PNP je uplatněn pouze na emise SO₂.

Od roku 2016 se emisní stropy vypočítají dle emisních limitů uvedených v příloze č. 2 vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování.

Od 1. 7. 2020 vstupují v platnost limity pro SO₂ a NO_x 200 mg/m³. Limity pro CO₂ zůstávají na současné úrovni 250 mg/m³. [12]

Vyhodnocení splnění emisních limitů

Od 1. 1. 2016 platí dle §9 odst. 1) vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb., že emisní limit se považuje za dodržovaný, jestliže jsou v průběhu kalendářního roku současně splněny tyto podmínky:

- žádná platná měsíční průměrná hodnota nepřekročí hodnotu specifického emisního limitu
- žádná platná denní průměrná hodnota nepřekročí 110 % hodnoty specifického emisního limitu
- žádná platná půlhodinová průměrná hodnota nepřekročí 200 % hodnoty specifického emisního limitu

Do rozhodných hodnot pro posouzení emisního limitu se nezahrnují údaje zjištěné v době uvádění stacionárního zdroje do provozu, jeho odstavení z provozu nebo při odstraňování jeho poruchy případně havárie. [8]

3.4 Naměřené hodnoty, porovnání s emisními limity

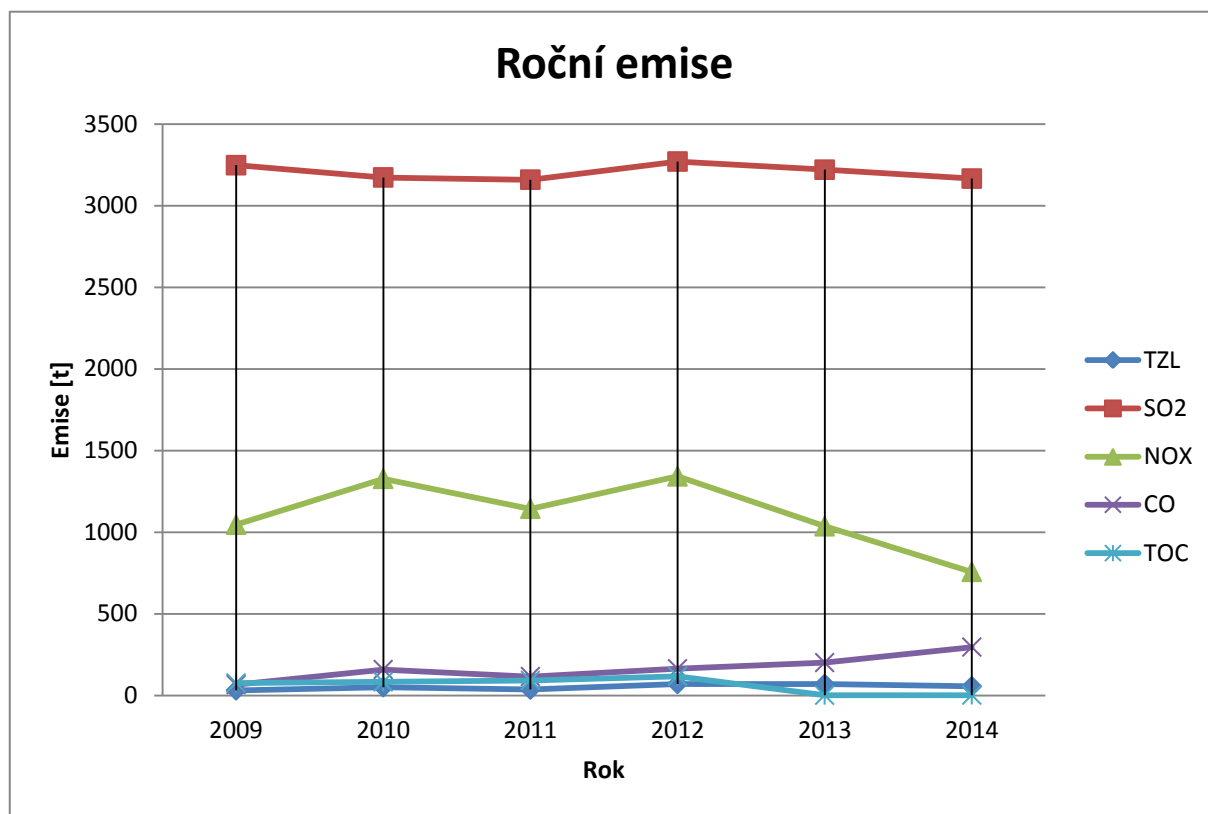
Naměřené a zpracované hodnoty se zapisují do Ročního výkazu škodlivin a provozu odlučovacích zařízení.

V následující tabulce jsou uvedeny roční emise v období 2009 – 2014. Hodnoty z jednotlivých kotlů jsou uvedeny v příloze 2.

Tab. 15 Roční emise [t/rok] [10]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TZL	31,358	50,572	35,833	70,363	69,375	55,396
SO ₂	3247,446	3172,520	3158,998	3269,866	3219,944	3165,401
NO _x	1045,657	1326,626	1143,455	1341,706	1035,988	756,869
CO	65,881	158,835	115,980	163,650	201,080	296,055
TOC	76,132	83,039	92,150	117,670	0,874	1,798

Graf zobrazuje vývoj ročních emisí v období 2009 – 2014 v t/rok.



Obr. 7 Graf ročních emisí

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.2 Emisní limity, pro jednotlivé druhy kotlů jsou stanoveny jednotlivé limity.

Kotle K2 a K3 slouží jako kotle záložní a jsou v provozu jen několik dní v roce a emisní limity již nesplňují.

Emise látek jsou uvedeny jako koncentrace měřené, což je průměr měření z platných půlhodin koncentrace včetně najíždění a odstavování, jednotky mg/m^3 .

Emise TZL

Limit $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ pro kotle K2 – K5 překročil jen kotel K3 v roce 2010, kdy byl emisní limit překročen o $4,175 \text{ mg}/\text{m}^3$. Pro kotel K6 emisní limit $50 \text{ mg}/\text{m}^3$ překročen nebyl a pro kotel K7 se emise TZL zjišťují jednorázovým měřením dle integrovaného rozhodnutí a tudíž jsou ve výkazu nulové.

Emise TZL za jednotlivé roky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 16 TZL [mg/m^3] [10]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
K2	26,895	60,467	6,115	38,850	38,625	15,600
K3	36,705	104,175	13,165	52,040	35,490	-

K4	9,932	19,709	17,923	31,880	29,178	30,687
K5	16,036	23,068	15,908	27,084	31,661	24,259
K6	5,191	4,630	5,521	5,728	5,175	4,743
K7	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Emise SO₂

Stanovený emisní limit 1700 mg/m³ pro kotle K2 – K5 byl v roce 2014 překročen kotlem K2 o 258,38 mg/m³. Pro kotel K6 emisní limit 400 mg/m³ opět překročen nebyl. Pro kotel K7 se emise SO₂ měří jednorázově dle integrovaného nařízení a proto jsou v tabulce nulové.

Emise SO₂ za jednotlivé roky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 17 SO₂ [mg/m³] [10]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
K2	1064,640	1345,900	1393,500	1531,520	1537,920	1958,380
K3	1239,540	1270,660	1414,910	1425,940	1550,840	-
K4	1359,950	1269,760	1339,100	1271,750	1325,880	1427,290
K5	1357,490	1323,820	1393,610	1268,800	1381,810	1420,500
K6	323,564	324,516	375,945	384,427	385,781	397,870
K7	-	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Emise NO_x

U kotlů K2 – K5 limit pro emise NO_x 650 mg/m³ v žádném z uvedených roků překročen nebyl. Limit 400 mg/m³ pro kotle K6 a K7 také překročen nebyl.

Emise NO_x za jednotlivé roky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 18 NO_x [mg/m³] [10]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
K2	245,748	434,138	393,675	380,000	272,235	227,805
K3	279,933	447,920	398,780	398,890	286,915	-
K4	322,518	396,141	348,768	408,698	298,673	227,752
K5	341,987	421,826	363,013	446,241	311,938	223,218
K6	241,673	289,983	252,950	286,452	247,285	206,238
K7	-	263,945	268,242	283,640	287,543	243,055

Emise CO

Emisní limit pro všechny kotle je 250 mg/m³, který v roce 2013 překročil kotel K2 o 25,5 mg/m³.

Emise CO za jednotlivé roky jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 19 CO [mg/m³] [10]

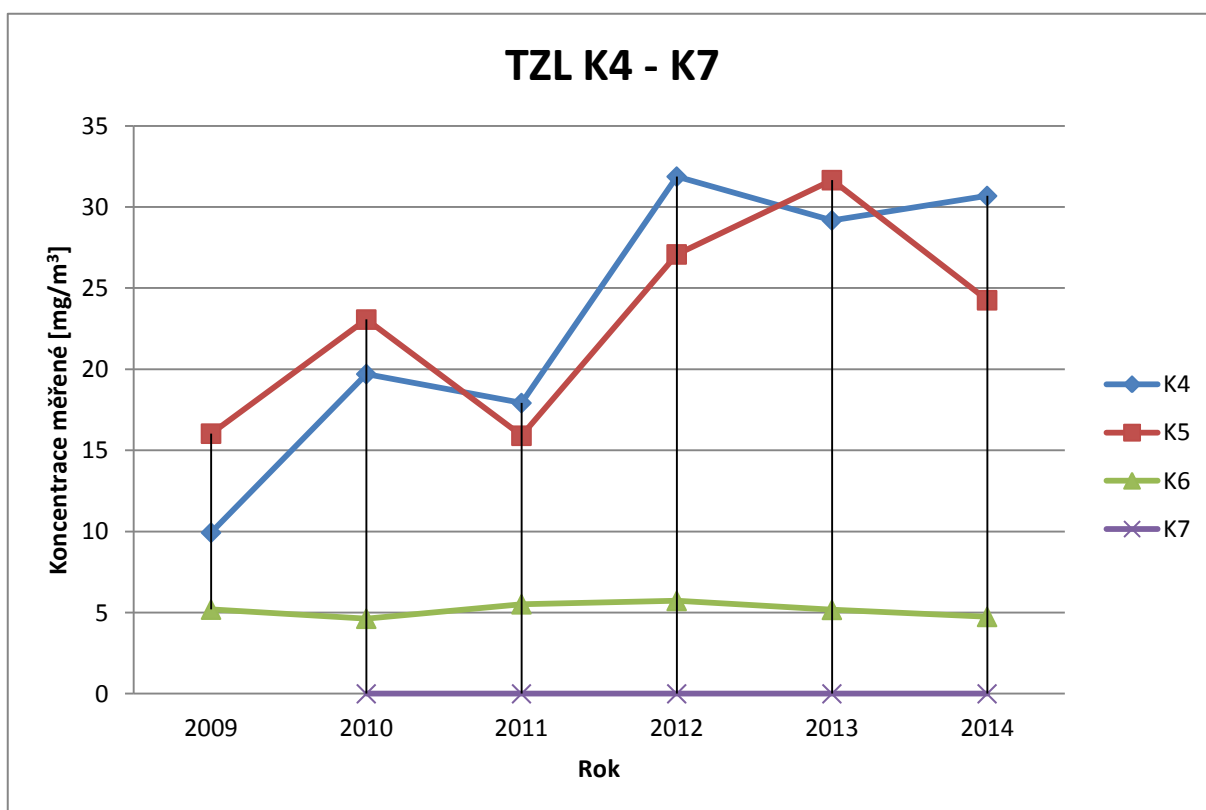
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
K2	76,715	130,875	131,035	155,180	275,500	227,695
K3	106,540	192,720	136,275	152,403	243,945	-
K4	22,975	50,896	28,582	45,531	59,895	108,236
K5	22,793	49,148	23,989	39,616	59,774	108,653
K6	11,381	10,158	27,258	27,385	27,178	36,039
K7	-	122,368	90,698	116,441	138,047	194,341

3.5 Vývoj emisí

Do emisního vývoje nejsou zahrnuty kotle K2 a K3, které slouží jen jako kotle záložní a jsou v provozu jen několik dní v roce. Pro jednotlivé měřené znečišťující látky jsou vytvořeny samostatné grafy za uplynulých 6 let od roku 2009 do roku 2014.

Tuhé znečišťující látky TZL

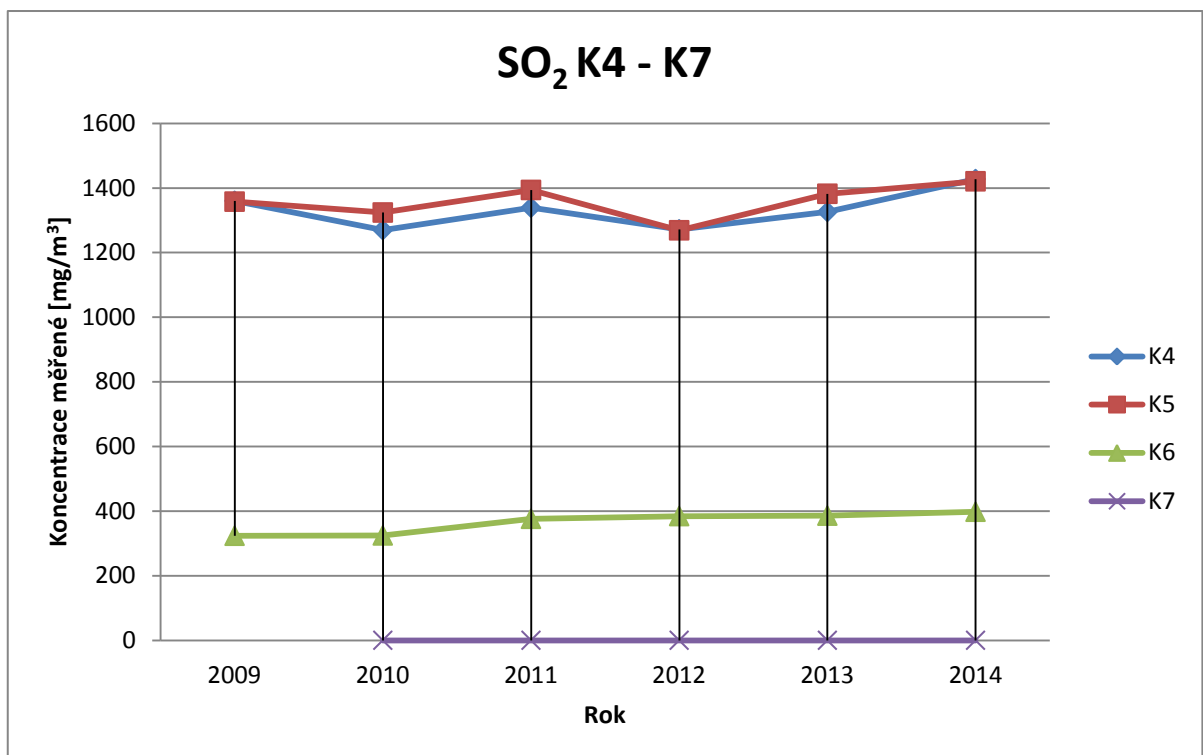
Emise tuhých znečišťujících látek u kotlů K4 a K5 od roku 2011 vzrostly z cca 16 mg/m³ nad 25 mg/m³. Emisní limit 100 mg/m³ splňují a díky nově realizovanému hybridnímu filtru (4.1 Hybridní filtr) došlo ke snížení na 2 mg/m³. U kotle K6 se měřená koncentrace téměř nemění a limit 50 mg/m³ s přehledem splňuje. U kotle na biomasu K7 se TZL měří jednorázově díky Integrovanému povolení a proto jsou hodnoty emisí nulové.



Obr. 8 Vývoj emisí TZL

Oxid siřičitý SO₂

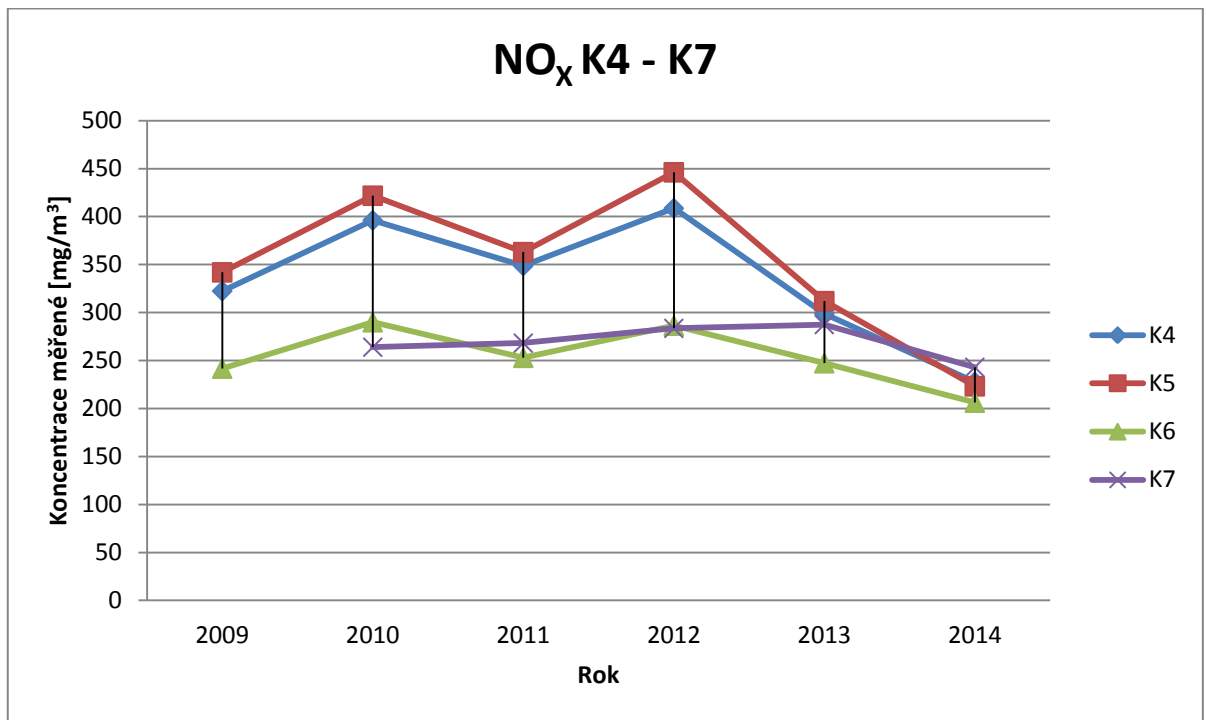
Měřená koncentrace u kotlů K4 a K5 stále kolísá mezi 1200 a 1420 mg/m³. Limit 1700 mg/m³ oba kotle splňují, ale od 1. 7. 2020 by mělo dojít k razantnímu snížení emisí SO₂ a proto bude potřeba úprava odsiřování. Fluidní kotle K6 se od roku 2010 přibližuje svému emisnímu limitu 400 mg/m³ a v roce 2014 dokonce dosáhl hodnoty 397,87 mg/m³. U kotle K7 se dle Integrovaného nařízení emise SO₂ měří jednorázově a proto jsou hodnoty nulové.



Obr. 9 Vývoj emisí SO₂

Oxidy dusíku NO_x

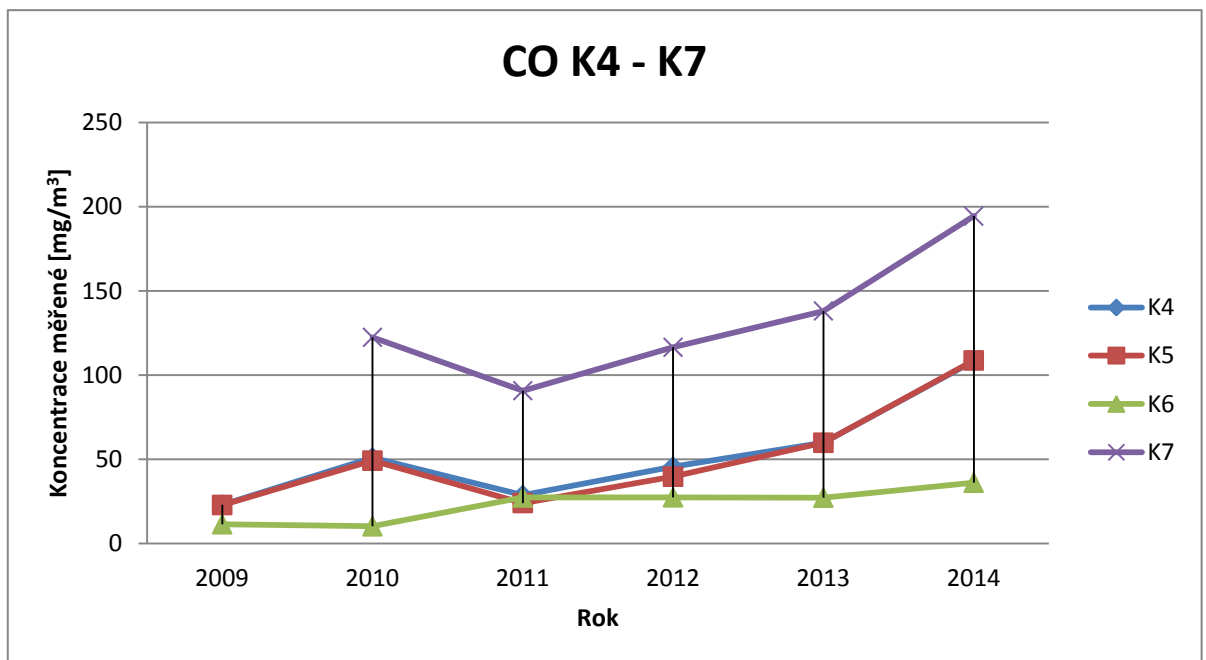
Kotle K4 a K5 při provozu produkují největší množství NO_x. Od roku 2012 došlo k velkému poklesu a od roku 2014 byla instalována primární a sekundární opatření pro snížení NO_x (4.2 Denitrifikace), která garantují pokles min. na 280 mg/m³.

Obr. 10 Vývoj emisí NO_x

Oxid uhelnatý CO

Emisní koncentrace CO od roku 2011 narůstá. Pro kotle K4 a K5 by mělo dojít ke snížení na 100 mg/m³ díky realizovaným primárním a sekundárním opatřením pro snížení NO_x, kde je garantován i pokles CO na 100 mg/m³.

Emisní limit 250 mg/m³ pro CO je splněn i přes zřetelný nárůst. Dle nových emisních limitů, které vstoupí v platnost od 1. 7. 2020 se limit CO nezmění.



Obr. 11 Vývoj emisí CO

4 Možnosti realizace omezení znečišťování ovzduší

Kvůli snížení emisních limitů společnost PT učinila ekologizační opatření zařízení v roce 2014. Realizován byl hybridní filtr, který je zatím ve zkušebním provozu, ale již došlo ke snížení TZL na 2 mg/m^3 . Dalším již realizovaným opatřením jsou primární a sekundární opatření pro snížení produkce NO_x na kotlích K4 a K5. V průběhu září proběhly zkoušky, které potvrdily garantovaný limit 280 mg/m^3 .

Následuje jednoduchý popis hybridního filtru a denitrifikace na kotlích K4 a K5.

4.1 Hybridní filtr

Jedná se o kombinaci elektrostatického odlučovače a vysoce objemového látkového filtru s pulzní regenerací. Jak již bylo zmíněno, filtr od léta 2014 běží ve zkušebním provozu, ale již došlo ke snížení TZL na 2 mg/m^3 .

Elektrostatický odlučovač (ESP)

Do odlučovače vstupuje prашný plyn z kotle, který proudí potrubím se surovým plynem. Vstupní dýmníky s vestavbami slouží pro distribuci plynu a rozdělují jej. V upraveném profilu proudění je distribuce plynu ustálena za účelem podpory efektivního sběru částic.

Jednotlivá pole odlučovače jsou uspořádána do série a paralelně. Plyn prochází poli pro dosažení požadované účinnosti. Pole obsahují výbojové, vybíjecí a sběrné elektrody. Systém výbojových elektrod je napojen na přívod vysokého napětí. Vysokonapěťový rozvaděč pomocí automatického mikroprocesorového regulátoru napětí udržuje provozní napětí elektrod těsně před přeskokem výboje. Vysoká intenzita elektrického pole v okolí vybíjecích elektrod způsobuje korónový výboj, tzn., že se emitují záporné nosiče elektrického náboje, které jsou v blízkosti vybíjecích elektrod ionizovány (rozděleny na kladné a záporné) a putují k příslušným elektrodám. Cestou se ionty srážejí s částicemi v plynu a přenáší na ně svůj náboj. Po absorpci maximálního náboje migrují ke sběrným elektrodám. Na těchto elektrodách se částice usazují a vytvářejí prachový koláč. Při dostatečně silné vrstvě prachového koláče se mechanickými oklepávacími systémy elektrody čistí a usazeniny padají do násypky pod vnějším krytem odlučovače.

Vysoce objemový látkový filtr s pulzní regenerací (LPHV)

Nízkotlaké vysoce objemové látkové filtry s pulzní regenerací mají vynikající filtrační schopnosti. Vysoko objemový systém vytváří efekt zpětného proplachu a tím zvyšuje výkon.

Další výhodou je on-line čištění. On-line čištění se provádí pomocí rozdělovacího potrubí s čistým vzduchem, které se neustále otáčí nad trubkovnicí rychlostí cca 1 ot./min.

Filtrační koláč a materiál filtračního rukávu sbírají částice při vysoké účinnosti separace.

4.1.1 Konstrukce hybridního filtru

- *Plášť*

Všechny části jsou ze svařovaného ocelového plechu a splňují požadavky na pevnost při max. provozní teplotě a max. provozním tlaku. Plášť a potrubí jsou plynotěsně spojeny a střecha je tvořena střešními nosníky, které podporují plynotěsnou střechu a část střechy odlučovače.

- *Násypky*

Tyto násypky jsou určeny na vychylování plynu, jsou v nich umístěny desky na vychylování plynu. Nacházejí se pod krytem odlučovače a neslouží jako síla hromadící se prachu nebo popelu.

- *Zařízení na distribuci plynu*

Tato zařízení jsou instalována ve vstupním dýmníku tak, aby se dosáhlo požadovaného rozdělení průtoku v celém průřezu. Mohou to být kanálové sekce mřížového typu vertikálně zavěšené nebo stěny z perforovaného plechu.

Konstrukce ESP

- *Sběrné elektrody*

Jedná se o profilované desky, které jsou vedeny a nesený zavěšenými nosníky v horní části.

- *Oklepávací systém sběrných elektrod*

Na pomalu se otáčející hřídeli jsou uspořádána bubnová oklepávací kladívka. Ze své nejvyšší polohy padají centrálně na konec oklepávací tyče, která má tvar kovádky.

- *Vybíjecí elektrody*

Jsou použity pevné elektrody složené z trubkových prvků se speciálně konstruovanými hroty, které brání usazování prachu a zajišťují tak rovnoměrný korónový výboj. Nosné trámy podepírají vybíjecí systém pomocí podpůrných izolátorů a také jsou na nich zavěšeny vybíjecí elektrody v řadách.

- *Oklepávací systém vybíjecí elektrody*

Oklepávací systém vybíjecí elektrody má stejnou funkci jako oklepávací systém sběrné elektrody.

Konstrukce LPHV

- *Filtrační rukávy*

Filtrační rukávy jsou vyrobeny z vhodné filtrační tkaniny, která je plstěná, za normálního stavu o hmotnosti 500 – 700g/m². Rukávy jsou uspořádány v soustředných kruzích, mají podlouhlý průřez, což podporuje lepší protahování, proplachování a uvolňování prachu. Ekvivalentní průměr rukávu je 146 mm. Je nutná řádná údržba a monitorování výkonu filtru, protože poškození i jednoho rukávu může způsobit velký nárůst emisí.

- *Klece na rukávy*

Jedná se o robustní konstrukce z podélných drátů a horizontálních drátěných obručí vzdálených od sebe cca 200 mm. Dráty jsou bodově svařeny a vytvářejí klec. Konstrukce klece je dělená na 2 až 3 sekce pro snadnější manipulaci. Na vrchní části klece je ocelový límec pro ochranu rukávu před poškozením obsluhy. Na spodní části je silný ocelový uzávěr.

- *Trubkovnice*

Jsou zařízení s otvory uspořádanými v soustředných kruzích. Jsou neprodyšně uzavřeny do konstrukce pláště a vytvářejí tak plynotěsnou soustavu.

- *Čistící systém filtračních rukávů*

Pulzní vzduch je dodáván do čistícího mechanismu, který se nachází nad trubkovnicí. Čistící mechanismus u jednotlivých rukávů se skládá z pulzního vzdušníku, integrovaného membránového ventilu a rotující sestavy rozdělovacího potrubí. Potrubí se skládá z rozdvojeného pulzního potrubí, které je opatřeno řadou aerodynamicky konstruovaných trysek. Systémy pulzního potrubí tvoří tři trubky, které jsou připojeny k přívodnímu potrubí s čistícím vzduchem.

- *Čistící vzduchový systém*

Dmyhadla zajišťují dodávku čistícího vzduchu do látkového filtru. Zásobují nádrž vzduchojemu a integrovaný ventil reguluje průtok vzduchu do rotujícího čistícího potrubí.

[13]

Technické parametry

Tab. 20 Technické parametry hybridního filtru [13]

Obsah prachu ve spalinách	1000 g Nm ⁻³ (6 % O ₂)
Obsah prachu ve vyčištěných spalinách	0,050
Stupeň odloučení prachu	99,993 %
Provozní teplota	75°C
Pole	4 ks
Počet usměrňovačů	4 ks
Jmenovité napětí (průměr)	65 kV
Proud filtru (průměr)	3000 mA

4.2 Denitrifikace

Jedná se o proces snížení produkce NO_x. Využívá se primárních a sekundárních opatření.

Primární opatření pro snížení produkce NO_x

Tato opatření slouží k omezení vzniku NO_x během spalovacího procesu. Tvorbu oxidů dusíku lze snížit třemi opatřeními:

- snížení spalovací teploty
- snížení koncentrace O₂ v plameni
- zkrácení doby setrvání reagujících látek v prostředí podporujícím tvorbu NO_x

Dále se primární opatření dělí na opatření, která lze uskutečnit modifikací provozního režimu a opatření, u kterých je nutná rekonstrukce nebo nová konstrukce spalovacího zařízení.

Sekundární opatření pro snížení produkce NO_x

Sekundární opatření slouží k odstranění již vzniklého NO_x. Používají se tři základní metody:

- selektivní nekatalytická redukce – redukce NO_x čpavkem nebo močovinou při teplotách 900 – 1050°C
- selektivní katalytická redukce – princip stejný jako u selektivní nekatalytické redukce, ale díky katalyzátoru probíhá při nižších teplotách 300 – 400°C

- simultánní metody – současně lze odstraňovat NO_x a SO_x metodami suché a mokré vypírky

Selektivní nekatalytická redukce má nízké investiční náklady, ale účinnost je horší, proto se tato metoda často kombinuje např. s recirkulací spalin.

Simultánní metody se neustále vyvíjejí, mohou být komplikovanější, ale dosáhnout vysoké účinnosti zachycení NO_x . [2]

Následuje stručný popis primárních a sekundárních opatření, která byla provedena u kotlů K4 a K5 v PT.

4.2.1 Primární opatření snížení emisí NO_x u kotle K4

V rámci primárních opatření pro snížení emisí NO_x u kotle K4 byly provedeny následující základní úpravy:

- *Výparník*

Na výparníku je z části navařen nový rám jako opěrná deska pro utěsnění prostoru spalovací komory. Uchycení rámu k výparníku je provedeno plechy navařenými na trubky výparníku.

- *Práškové hořáky*

Práškové hořáky jsou celé nové včetně těsnícího mechanismu a zajišťují postupné vyhořívání primární směsi. Hořáky obsahují dýzy primární směsi a sekundárního vzduchu, klapky pro regulaci rychlosti sekundárního vzduchu a rozdělovací skříň sekundárního vzduchu s regulačními klapkami jednotlivých dyšen sekundárního vzduchu. Koncovky dyšen jsou vyrobeny jako odlitky a zajišťují tak delší životnost a tvarovou stálost. Hlavní regulační klapky a měřidla v přívodním potrubí sekundárního vzduchu se zachovaly.

- *Práškovody*

Nové rozdělovací kusy navazují na uzavírací klapku pomocí přírubového spoje. Další úpravou prošel také usměrňovací plech v přechodovém kusu na výstupu z třídiče.

Potrubí chladícího vzduchu do práškových hořáků

U potrubí bylo upraveno zaústění do jednotlivých skříní práškových hořáků.

- *Kontinuální měření emisí NO_x a CO*

Kontinuální měření emisí NO_x a CO je umístěno v druhém tahu kotle u měření koncentrace kyslíku. Výstupní hodnoty se využívají v regulačním obvodu distribuce spalovacího vzduchu.

- *Izolace*

Všechna místa, která z důvodu vysoké teploty povrchu vyžadují izolaci a byla dotčena rekonstrukcí, jsou zaizolována podle platných norem. Oplechování je z hliníkového plechu, izolace klapek, dilatací a měřidel je odnímatelná.

Garantované parametry

Tab. 21 Garantované parametry pro kotel K4 [14]

Název garantované hodnoty	Garantovaná hodnota po úpravě kotle
Účinnost kotle	Nezhoršení
NO _x – primární opatření [mg/m ³]	280
CO [mg/m ³]	100
Min. parní výkon bez stabilizace	80

Garantování emisí platí pro ustálený provoz za normálních podmínek – tj. teplota 0°C, tlak 101,32 kPa pro 6% O₂ v suchých spalínách.

Od 29. 8. 2014 do 2. 9. 2014 proběhly zkoušky primárních opatření. Proběhly čtyři zkoušky, kdy se zjišťovaly emise CO, NO_x a účinnost kotle.

Tab. 22 Naměřené koncentrace CO, NO_x a vztažného O₂ na kotli K4 (průměr) [14]

Zkouška	O ₂ [%]	CO [mg/m ³]	NO _x [mg/m ³]
1	9,0	36	264
1a	9,6	18	263
1b	8,0	70	256
1c	8,2	78	272

Při žádné zkoušce nebyla překročena hodnota garantovaných parametrů. [14]

4.2.2 Sekundární opatření snížení emisí NO_x u kotlů K4 a K5

Dále kromě základních úprav v primárním opatření pro snížení emisí NO_x a CO u kotle K4, bylo instalováno zařízení pro vstřikování močoviny pro snížení emisí NO_x. Trysky pro vstřikování vody a močoviny jsou umístěny na konci spalovací komory.

Jako redukční činidlo se používá roztok močoviny se speciálním aditivem.

Tab. 23 Specifikace redukčního prostředku [15]

Chemická charakteristika	45% roztok močoviny
Hustota	1126 kg/m ³
pH	Cca 9
Teplota varu	106 – 110 °C
Bod krystalizace	11 °C
Barva	Bezbarvé
Zápach	Lehce čpavkový odér
Skupenství	Vodní roztok
Třída nebezpečnosti kapaliny	Třída 1

Redukční činidlo se míchá s procesní vodou, aby se dosáhlo účinné distribuce rozprášeného reagentu v průřezu spalovací komory.

Tab. 24 Specifikace smíchání procesní vody a redukčního činidla [15]

Teplota	15 -30°C
Karbonátová tvrdost	< 260 ppm CaCO ₃
Celková tvrdost	< 350 ppm CaCO ₃
Tlak	6 bar
Spotřeba	1100 kg/h

Garantované parametry

Garantované parametry pro jednotlivé kotle

Tab. 25 Garantované parametry pro kotel K4 [15]

Název garantované hodnoty	Garantovaná hodnota po úpravě kotle
Účinnost kotle	Nezhoršení
NO _x – primární opatření [mg/m ³]	280
CO [mg/m ³]	100
Provozní náklady sekundárních opatření (spotřeba reagentu v kg/h při výkonu 140 t/h)	70

Provozní náklady sekundárních opatření (spotřeba reagentu v kg/h při výkonu 185 t/h)	98
Min. parní výkon bez stabilizace	80

Tab. 26 Garantované parametry pro kotel K5 [15]

Název garantované hodnoty	Garantovaná hodnota po úpravě kotle
Účinnost kotle	Nezhoršení
Provozní náklady sekundárních opatření (spotřeba reagentu v kg/h při výkonu 140 t/h)	70
Provozní náklady sekundárních opatření	98

Garantování emisí platí pro ustálený provoz za normálních podmínek – tj. teplota 0°C, tlak 101,32 kPa pro 6% O₂ v suchých spalinách.

Od 2. 9. 2014 do 9. 9. 2014 proběhly zkoušky sekundárních opatření na kotlích K4 a K5. V následujících tabulkách jsou uvedeny změřené koncentrace.

Tab. 27 Naměřené koncentrace CO, NO_x na kotli K4 (průměr) [15]

Zkouška	CO [mg/m ³]	NO _x [mg/m ³]
2	57,9	196,5
2a – 4	62,6	190,8
2b – 4	33,7	189,0

Tab. 28 Naměřené koncentrace CO, NO_x na kotli K5 (průměr) [15]

Zkouška	CO [mg/m ³]	NO _x [mg/m ³]
3	115,9	190,1
3a – 4	38,1	191,1
3b – 4	61,3	197,3

Při všech zkouškách na obou kotlích nedošlo k překročení garantovaných parametrů. [15]

Od 1. 7. 2020 bude muset PT plnit limit pro SO₂ a NO_x 200 mg/m³. Z toho důvodů je nutné provést další opatření ke snížení produkce škodlivin.

4.3 Nové odsíření

Vzhledem k razantnímu snížení emisních limitů pro SO₂ od 1. 7. 2020 je nutné změnit technologii odsíření. Současná polosuchá metoda dosahuje v průměru účinnosti 70 %.

Mokrý metody mají vysokou účinnost, nízké provozní náklady a jsou spolehlivé. Jako sorbent se nejčastěji používá vápenec CaCO₃, který je levnější než ostatní sorbenty a snadno dostupný. Spaliny se tzv. vyperou v mokré pračce, kde probíhají veškeré reakce. Nejpoužívanější mokrou metodou je mokrá vápencová vypírka.

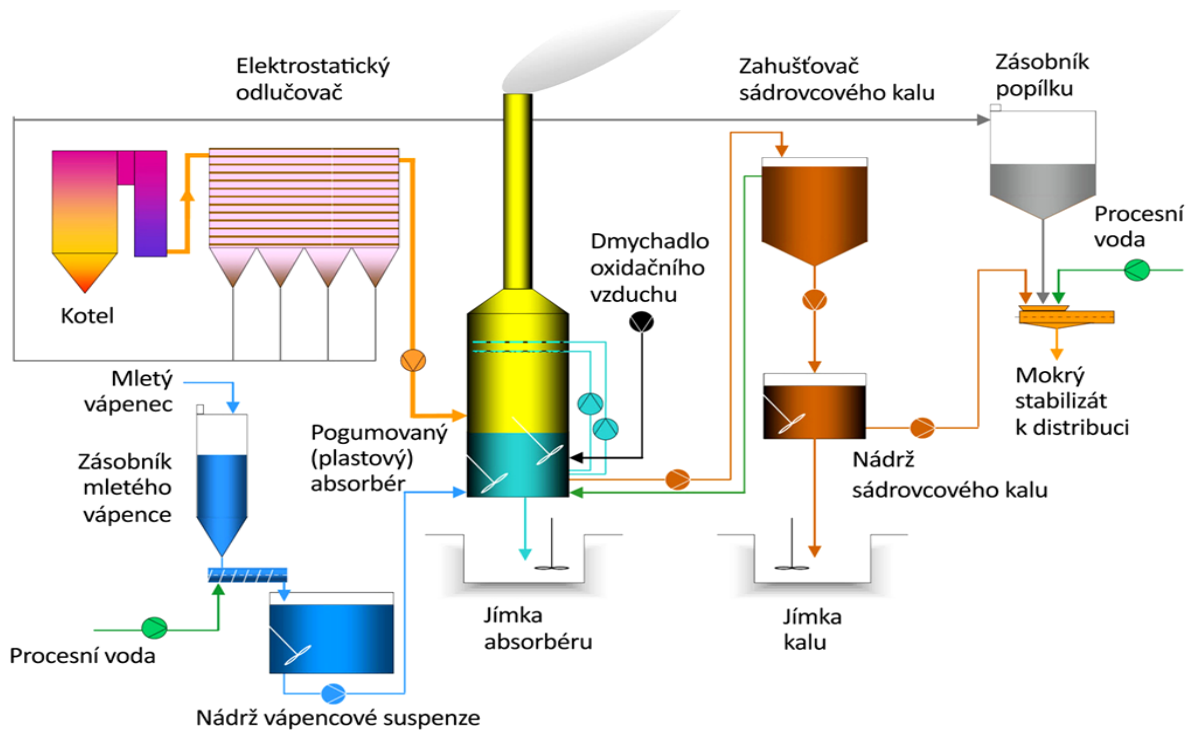
Mokrá vápencová vypírka

Mokrá vápencová vypírka pomocí vápencové suspenze vypírá SO₂ a další kyselé složky, následně dochází k neutralizaci a vzniká produkt energosádrovec.

Při procesu odsíření probíhá několik reakcí. Nejdříve dochází k rozpuštění SO₂ a CO₂ ve vodě a vznikají kyseliny. Následuje disociace vzniklé kyseliny siřičité a uhličitě. Při této reakci se uvolňují ionty vodíky a snižují hodnoty pH a zároveň tak snižují absorpční schopnost prací suspenze. Neutralizací se odstraňují ionty vodíku. Konečný produkt vzniká oxidací hydrogensířičitanu vápenatého a díky následující krystalizaci jeho krystalky narůstají, získá se čistý sádrovec s možností dalšího využití.

Mokrá vápencová vypírka dosahuje vysoké účinnosti přes 90 %, odstraňuje další škodliviny jako je např. popílek a NO_x. Produkt energosádrovec se může bezpečně ukládat na složiště jako stabilizátor do suchého odběru popelovin nebo slouží jako surovina pro výrobu sádrových produktů ve stavebnictví a tím může snižovat provozní náklady. [2]

Na obrázku 12 je uvedeno obecné schéma mokré vápencové vypírky.



Obr. 12 Obecné schéma mokré vápencové vypírky [6]

4.4 Náhrada kotlů K2 a K3

Jak již bylo zmíněno, roštové kotle K2 a K3 slouží pouze jako kotle záložní a jsou v provozu jen několik dní v roce. Ovšem emisní limity již dávno nesplňují. Jako vhodné řešení se tak jeví výstavba nového plynového kotle na spalování zemního plynu. Nový kotel by měl snížit a emisní a hlukovou zátěž okolí PT. [12]

Závěr

V diplomové práci jsem představila společnost Plzeňská teplárenská, a.s. Uvedla jsem základní nabízené služby a zjednodušeně popsala výrobu tepla, elektřiny a chladu. U výroby tepla jsem popsala jednotlivé kotle – roštové K2 a K3, granulační K4 a K5, fluidní K6, kotel na biomasu K7 a dvě sušky. Roštové kotle K2 a K3 jsou zastaralé a emisní limity již dávno nesplňují, využívají se pouze jako kotle záložní a jsou v provozu jen několik dní v roce.

Následuje popis zařízení pro odsiřování. V této části jsem popsala základní škodlivé látky vypouštěné do ovzduší a jejich vliv na lidské zdraví. Pro odsiření využívá PT polosuchou metodu, kdy se v absorberu do proudu spalin rozpráší hydroxid vápenatý a dojde k reakci s kyselými složkami spalin. Vlivem tepla dochází k odpaření vody a produkt je odstraněn elektrostatickým odlučovačem s novými tkaninovými filtry. Nová technologie elektrostatického odlučovače s tkaninovými filtry má vysokou účinnost 99,993 % odloučení tuhých znečišťujících látek.

Analýzou vyprodukovaných emisí kontinuálně měřenou koncentrací v mg/m^3 jsem zjistila, že všechny kotle své emisní limity splňují až na kotle K2 a K3, které jsou záložní. Emisní limit TZL pro kotle K2 – K5 je stanoven na 100 mg/m^3 a překročil jej kotel K3 v roce 2010 o $4,175 \text{ mg/m}^3$. Emisní limit TZL 50 mg/m^3 pro kotel K6 překročen nebyl. Emisní limit SO_2 pro kotle K2 – K5 je 1700 mg/m^3 a byl překročen v roce 2014 kotlem K2 o $258,38 \text{ mg/m}^3$. Limit 400 mg/m^3 pro kotel K6 překročen nebyl, avšak v roce 2014 vyprodukované SO_2 dosáhlo hodnoty $397,87 \text{ mg/m}^3$ a nebezpečně se tak přiblížilo svému limitu. U kotle K7 se emise TZL a SO_2 měří jen jednou ročně vlivem Integrovaného rozhodnutí a ve výkazu škodlivin jsou proto nulové a nepracuje se s nimi. Emisní limit NO_x pro kotle K2 – K5 650 mg/m^3 splňují všechny kotle, stejně tak jako kotel K6 a K7 s limitem 400 mg/m^3 . A poslední měřené emise CO s limitem pro kotle K2 – K7 250 mg/m^3 překročil kotel K2 v roce 2013 o $25,5 \text{ mg/m}^3$. Z uvedené analýzy dat vyplývá, že PT současné emisní limity splňuje až na kotle K2 a K3, které jsou kotli záložními a nepředpokládá se jejich dlouhodobě využití.

Vlivem vyhlášky MŽP č. 415/2012 Sb., o přípustné úrovni znečišťování a jejím zjišťování a o provedení některých dalších ustanovení zákona o ochraně ovzduší, zpracovává směrnicí Evropského parlamentu a Rady 2010/75/EU, o průmyslových emisích (integrované prevenci a omezování znečištění) od roku 2016 dojde k velkému snížení emisních limitů pro tuhé znečišťující látky, oxid siřičitý a oxidy dusíku.

Nové limity již PT nespĺňuje a proto je nutné přijmout jistá opatření. Pro emise SO₂ se společnost rozhodla využít režim Přechodného národního plánu, kdy v období 2016 – 1. pol. 2020 nemusí splňovat přísnější emisní limity pro SO₂. Pro snížení emisí TZL došlo k výstavbě nového hybridního filtru s účinností 99,993 % a tím snížení emisí TZL na 2 mg/m³. Pro snížení emisí NO_x došlo k primární úpravě pro snížení produkce NO_x na kotli K4 a i k sekundárním úpravám pro snížení NO_x na kotlích K4 a K5. Těmito úpravami a následnými zkouškami došlo ke snížení emisí NO_x pod garantovanou hodnotu 280 mg/m³.

Nicméně od 1. 7. 2020 musí společnost splňovat emisní limity 200 mg/m³ pro SO₂ a NO_x a 10 mg/m³ pro TZL. Z toho důvodu jsem navrhla nová opatření ke snížení těchto emisí. Jako nejvhodnější metoda se jeví výstavba nového odsíření metodou mokré vápencové vypírky, která dosahuje účinnosti až 97 %. Současné odsíření polosuchou metodou průměrně dosahuje účinnosti jen cca 70 %. Dále je uvažována náhrada kotlů K2 a K3 kotlem plynovým, který sníží emise a hluk.

Plzeňská teplárenská, a.s. velice dbá na ekologii a životní prostředí města Plzně a Plzeňského kraje. Pro snížení tvorby škodlivin již investovala nemalé částky a tak bych pro plnění emisních limitů od 1. 7. 2020 doporučila výstavbu nového odsíření mokrou vápencovou vypírkou a výstavbu plynového kotle.

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] Elektrizace. Plzeňská teplárenská, a.s. [online]. [cit. 15. 3. 2015]. Dostupné z: <<http://www.pltep.cz/index.php?goto=text&sekce=Ar5bXRIQ&tid=5GPLpGs4&lng=cz>>
- [2] IBLER, Zbyněk et al. *Technický průvodce energetika. 1. díl*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2002. 614 s. ISBN 80-7300-026-1.
- [3] KADRNOŽKA, Jaroslav a OCHRANA, Ladislav. *Teplárenství*. Brno: CERM, 2001. 178 s. ISBN 80-7204-222-X.
- [4] *Leták CHLAD*. Plzeňská teplárenská, a.s. [online]. [cit. 15. 3. 2015]. Dostupné z: <<http://www.pltep.cz/upload/File/teplarna-letak-chlad-www.pdf>>
- [5] *Leták TEPLA*. Plzeňská teplárenská, a.s. [online]. [cit. 15. 3. 2015]. Dostupné z: <<http://www.pltep.cz/upload/File/teplarna-letak-teplo-www.pdf>>
- [6] *Mokrý vápencová vypírka*. Tenza, a.s. [online]. [cit. 30. 3. 2015]. Dostupné z: <<http://www.tenza.cz/cz/aktivity/energetika/technologie/zarizeni-pro-cisteni-spalin/mokra-vapencova-vypirka/>>
- [7] *MPP Odsíření*. Plzeňská teplárenská, a.s., 2014
- [8] *MPP Provozní řád k zajištění provozu stacionárního zdroje znečišťování ovzduší – Centrální teplárna*. Plzeňská teplárenská, a.s., 2014
- [9] OBROUČKA, Karel. *Látky znečišťující ovzduší*. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2001. 73 s. ISBN 80-248-0011-X.
- [10] *Roční výkaz škodlivin a provozu odlučovacích zařízení*. Plzeňská teplárenská, a.s., 2009 - 2014
- [11] *Schéma výroby*. Plzeňská teplárenská, a.s. [online]. [cit. 15. 3. 2015]. Dostupné z: <http://www.pltep.cz/upload/File/schema_vyroby.pdf>
- [12] *Strategie budoucího provozu Plzeňské teplárenské, a.s.* Euroenergy, spol. s.r.o. 2012 [cit. 1. 5. 2015]. Dostupné z: <https://usneseni.plzen.eu/bin_soubor.php?id=281000&t=p>
- [13] *Stručný popis – filtr hybrid*. Hamon Research-Conttrell GmbH.
- [14] *Sulfur Dioxide*. Tox Town [online]. [cit. 8. 3. 2015]. Dostupné z: <http://toxtown.nlm.nih.gov/text_version/chemicals.php?id=29>

[14] *Zpráva z garančních zkoušek primárních opatření snížení emisí NO_x u kotle K4.* Plzeňská teplárenská, a.s., 2014

[14] *Zpráva z garančních zkoušek snížení emisí NO_x pomocí sekundárních opatření u kotlů K4 a K5.* Plzeňská teplárenská, a.s., 2014

Seznam obrázků

OBR. 1	BLOKOVÉ SCHÉMA TEPLÁRNY [11].....	11
OBR. 2	ZÁKLADNÍ ČÁSTI ROŠTOVÉHO KOTLE [3].....	13
OBR. 3	BLOKOVÉ SCHÉMA VÝROBY CHLADU [4].....	23
OBR. 4	BLOKOVÉ SCHÉMA ODSÍŘENÍ A MĚŘENÍ EMISÍ [8]	29
OBR. 5	SCHÉMA ABSORBÉRU [7]	32
OBR. 6	SCHÉMA UMÍSTĚNÍ ANALYZÁTORŮ	37
OBR. 7	GRAF ROČNÍCH EMISÍ.....	42
OBR. 8	VÝVOJ EMISÍ TZL.....	44
OBR. 9	VÝVOJ EMISÍ SO ₂	45
OBR. 10	VÝVOJ EMISÍ NO _x	46
OBR. 11	VÝVOJ EMISÍ CO.....	46
OBR. 12	OBEČNÉ SCHÉMA MOKRÉ VÁPENCOVÉ VYPÍRKY [6]	56

Seznam tabulek

TAB. 1	TEPLOTNÍ PARAMETRY [5].....	12
TAB. 2	TLAKOVÉ PARAMETRY [5]	12
TAB. 3	TECHNICKÉ A PROVOZNÍ PARAMETRY KOTLE K2 A K3 [8].....	14
TAB. 4	TECHNICKÉ A PROVOZNÍ PARAMETRY KOTLE K4 A K5 [8].....	17
TAB. 5	TECHNICKÉ PARAMETRY KOTLE K6 [8]	19
TAB. 6	TECHNICKÉ PARAMETRY KOTLE K7 [8]	21
TAB. 7	ZÁKLADNÍ PARAMETRY TG1 [1].....	22
TAB. 8	ZÁKLADNÍ PARAMETRY TG2 [1].....	22
TAB. 9	ZÁKLADNÍ PARAMETRY TG3 [1].....	23
TAB. 10	HODNOTY SO ₂ ZA OBDOBÍ 2009 – 2014 [10]	35
TAB. 11	EMISNÍ LIMITY PRO KOTLE K2 – K5, PLATNÉ OD 1. 1. 2008	38
TAB. 12	EMISNÍ STROPY PRO KOTLE K2 – K5, PLATNÉ OD 1. 1. 2008	38
TAB. 13	EMISNÍ LIMITY PRO KOTEL K6, PLATNÉ OD 1. 1. 2008.....	39
TAB. 14	EMISNÍ LIMITY PRO KOTEL K7, PLATNÉ OD 1. 1. 2010.....	39
TAB. 15	ROČNÍ EMISE [T/ROK] [10]	41
TAB. 16	TZL [MG/M ³] [10].....	42
TAB. 17	SO ₂ [MG/M ³] [10].....	43

TAB. 18	NO _x [MG/M ³] [10].....	43
TAB. 19	CO [MG/M ³] [10].....	44
TAB. 20	TECHNICKÉ PARAMETRY HYBRIDNÍHO FILTRU [13]	50
TAB. 21	GARANTOVANÉ PARAMETRY PRO KOTEL K4 [14].....	52
TAB. 22	NAMĚŘENÉ KONCENTRACE CO, NO _x A VZTAŽNÉHO O ₂ NA KOTLI K4 (PRŮMĚR) [14].....	52
TAB. 23	SPECIFIKACE REDUKČNÍHO PROSTŘEDKU [15]	53
TAB. 24	SPECIFIKACE SMÍCHÁNÍ PROCESNÍ VODY A REDUKČNÍHO ČINIDLA [15]	53
TAB. 25	GARANTOVANÉ PARAMETRY PRO KOTEL K4 [15].....	53
TAB. 26	GARANTOVANÉ PARAMETRY PRO KOTEL K5 [15].....	54
TAB. 27	NAMĚŘENÉ KONCENTRACE CO, NO _x NA KOTLI K4 (PRŮMĚR) [15].....	54
TAB. 28	NAMĚŘENÉ KONCENTRACE CO, NO _x NA KOTLI K5 (PRŮMĚR) [15].....	54
TAB. 29	KVALITATIVNÍ ZNAKY ZÁKLADNÍHO PALIVA PRO KOTLE K4 AK5	62
TAB. 30	KVALITATIVNÍ ZNAKY PŘÍDAVNÉHO PALIVA PRO KOTLE K4 A K5.....	62
TAB. 31	KVALITATIVNÍ ZNAKY PELET PRO KOTLE K4 A K5	62
TAB. 32	KVALITATIVNÍ ZNAKY KUKUŘICE PRO KOTLE K4 A K5	62
TAB. 33	KVALITATIVNÍ ZNAKY ZÁKLADNÍHO PALIVA PRO KOTEL K6	63
TAB. 34	KVALITATIVNÍ ZNAKY MOUROVÝCH KALŮ PRO KOTEL K6	63
TAB. 35	KVALITATIVNÍ ZNAKY BIOMASY PRO KOTEL K6.....	64
TAB. 36	KVALITATIVNÍ ZNAKY DOPLŇKOVÉHO PALIVA TAP PRO KOTEL K6.....	64
TAB. 37	KVALITATIVNÍ ZNAKY PALIVA BON-1 PRO KOTEL K6	64
TAB. 38	KVALITATIVNÍ ZNAKY BIOMASY PRO KOTEL K7	64
TAB. 39	KVALITATIVNÍ ZNAKY PELETEK PRO KOTEL K7	65
TAB. 40	KVALITATIVNÍ ZNAKY ZEMNÍHO PLYNU PRO KOTEL K7	65
TAB. 41	KOTEL K2 [T/ROK]	65
TAB. 42	KOTEL K3 [T/ROK]	65
TAB. 43	KOTEL K4 [T/ROK]	66
TAB. 44	KOTEL K5 [T/ROK]	66
TAB. 45	KOTEL K6 [T/ROK]	66
TAB. 46	KOTEL K7 [T/ROK]	67

Přílohy

Příloha 1 – Kvalitativní znaky paliv

Tab. 29 Kvalitativní znaky základního paliva pro kotle K4 aK5

	Rozsah hodnot	Průměrná hodnota
Výhřevnost	11 000 -16 000 kJ/kg	13 500 kJ/kg
Obsah vody	38,0 – 42,0 %	39,0 %
Obsah popela v sušině	17,5 – 36,0 %	26,5 %
Obsah síry v sušině	0,4 – 2,2 %	0,9 %
Obsah prchavé hořlaviny v hořlavině	-	52,5 %

Tab. 30 Kvalitativní znaky přídatného paliva pro kotle K4 a K5

Výhřevnost	34,038 MJ·m ⁻³
Spalné teplo	37,773 MJ·m ⁻³
Metan	98,3 %
Vyšší uhlovodíky	0,83083 %
Oxid uhličitý	0,07 %
Dusík	0,79 %
Celková síra	0,3 mg·m ⁻³

Tab. 31 Kvalitativní znaky pelet pro kotle K4 a K5

	Průměr	Rozmezí
Výhřevnost Q_i	15500 kJ/kg	14000 – 17000 kJ/kg
Obsah popela A^d	5,8%	5,5 – 7,0%
Obsah popela A^f	5,1%	4,9 – 6,5%
Obsah vody W_t	10,5%	8,9 – 13,0%
Velikost (mm)	50x50x20	drobné kousky

Tab. 32 Kvalitativní znaky kukuřice pro kotle K4 a K5

	Průměr	Rozmezí

Výhřevnost Q_i pův. vzorek	7400 kJ/kg	7000 – 9000 kJ/kg
Výhřevnost Q_i bezv. vzorek	17500 kJ/kg	15000 – 20000 kJ/kg
Obsah popela A^d	5,0%	4,5 – 10,0%
Obsah popela A^r	2,6%	1,5 – 5%
Obsah vody W_t	50%	45 - 70%

Tab. 33 Kvalitativní znaky základního paliva pro kotel K6

Výhřevnost Q_i	11 000 -16 000 kJ/kg
Obsah popela A^d	16,0 – 40,0 %
Obsah popela A^r	9,5 – 28,8 %
Obsah vody W_t	28,0 – 40,5 %
Obsah uhlíku v surovém uhlí	29,0 – 44,0 %
Obsah vodíku v surovém uhlí	2,2 – 3,7 %
Obsah síry v sušině (veškeré)	0,5 – 2,5 %
Obsah dusíku v surovém uhlí	0,4 – 0,56 %
Obsah kyslíku v surovém uhlí	7,5 – 11,6 %
Melitelnost dle VTI	1,5 – 1,8
Zrnění	0 – 40 mm

Tab. 34 Kvalitativní znaky mourových kalů pro kotel K6

Výhřevnost Q_i průměr	12000 kJ/kg
Výhřevnost Q_i minimum	11000 kJ/kg
Obsah popela A^d roční	20 %
Obsah vody W_t	55 %
Zrnitost	0 – 10 mm
Maximální obsah síry S_t max	1,0 %

Tab. 35 Kvalitativní znaky biomasy pro kotel K6

	Průměr	Rozmezí
Výhřevnost Q_i	11159 kJ/kg	7600 - 15300 kJ/kg
Obsah popela A^d	1,62%	0,8 – 7,9%
Obsah popela A^r	1,04%	0,1 – 4,8%
Obsah vody W_t	34,75%	16,8 – 51,0%
Velikost (mm)	50x50x20	drobné kousky

Tab. 36 Kvalitativní znaky doplňkového paliva TAP pro kotel K6

	Očekávaná hodnota	Mezní hodnota
Výhřevnost Q_i	23 - 32 MJ/kg	min. 15 MJ/kg
Obsah popela A	0 – 10 %	max. 20 %
Obsah vody W_t	0 – 16 %	max. 20 %
Velikost	Drť- nejdelší hrana zrna 20 mm, fólie- nejdelší strana 25 mm, měrná hmotnost vyšší než 200 kg/m ³	

Tab. 37 Kvalitativní znaky paliva BON-1 pro kotel K6

	Očekávaná hodnota	Mezní hodnota
Výhřevnost Q_i	28 – 35 MJ/kg	min. 18 MJ/kg
Obsah popela A	0 – 10 %	max. 20 %
Obsah vody W_t	0 – 16 %	max. 20 %
Velikost	0,1 – 10 a 10 – 20 mm, měrná hmotnost vyšší než 350 kg/m ³	

Tab. 38 Kvalitativní znaky biomasy pro kotel K7

	Průměr	Rozmezí
Výhřevnost Q_i	11,159	7,6 – 13,0
Obsah popela A^d	1,62	0,2 – 7,9
Obsah popela A^r	1,04	0,1 – 4,8
Obsah vody W_t	34,75	16,8 – 51,0
Velikost maximální [mm]	250	drobné kousky (0-100)

Tab. 39 Kvalitativní znaky peletek pro kotel K7

Parametr	Rozsah
Výhřevnost Q_i	13 - 16 MJ/kg
Obsah vody W_t	7,5 – 16 %

Tab. 40 Kvalitativní znaky zemního plynu pro kotel K7

Výhřevnost	34,038 MJ·m ⁻³
Spalné teplo	37,773 MJ·m ⁻³
Metan	98,3 %
Vyšší uhlovodíky	0,83083 %
Oxid uhličitý	0,07 %
Dusík	0,79 %
Celková síra	0,3 mg·m ⁻³

Příloha 2 – Emise jednotlivých kotlů**Tab. 41 Kotel K2 [t/rok]**

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TZL	0,23900	0,78000	0,00400	0,79100	0,15000	0,00800
SO ₂	13,63600	17,31200	1,05500	28,65800	6,72200	1,06600
NO _x	3,06000	5,88800	0,30000	7,25100	1,16200	0,12700
CO	1,11400	1,81000	0,10100	2,97200	1,39200	0,12000
TOC	0,37100	0,49900	0,02800	0,68000	0,00000	0,00000
CO ₂	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tab. 42 Kotel K3 [t/rok]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TZL	0,19900	0,56300	0,00900	0,23900	0,17900	-
SO ₂	7,05900	18,22100	0,71600	11,88100	8,33500	-

NO _x	1,56700	5,82400	0,22100	3,03300	1,56100	-
CO	0,62600	2,31000	0,06000	1,66300	1,27700	-
TOC	0,18200	0,51600	0,01900	0,28500	0,00000	-
CO ₂	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	-

Tab. 43 Kotel K4 [t/rok]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TZL	10,57800	21,41700	14,84800	34,14500	31,25500	23,66300
SO ₂	1351,74200	1361,23300	1331,8330	1424,97000	1376,79300	1273,75000
NO _x	330,08100	427,08100	348,79600	455,04800	312,96200	207,04100
CO	25,57700	58,53900	26,78700	54,20600	62,52200	96,64000
TOC	35,87300	40,20000	37,92200	41,82600	0,00000	0,00000
CO ₂	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tab. 44 Kotel K5 [t/rok]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TZL	14,35200	22,09200	14,13900	29,34000	31,14200	26,11500
SO ₂	1404,34700	1341,25100	1339,65700	1334,50000	1337,20500	1415,88300
NO _x	360,22500	436,27800	351,21600	462,69800	305,99100	226,45500
CO	26,93200	57,79400	23,54500	43,07000	61,24300	108,51300
TOC	37,18600	39,79000	37,46100	39,32800	0,00000	0,00000
CO ₂	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tab. 45 Kotel K6 [t/rok]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TZL	5,99000	5,72000	6,83300	5,84800	6,64900	5,61000
SO ₂	470,66200	434,50300	485,73700	469,85700	490,88900	474,70200
NO _x	350,72400	379,37500	335,74700	324,31000	315,63800	248,94000

CO	11,63200	9,10000	29,57000	27,12100	28,45700	34,036600
TOC	2,52000	1,29000	1,84400	0,16700	0,11400	1,02300
CO ₂	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000

Tab. 46 Kotel K7 [t/rok]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014
TZL	-	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
SO ₂	-	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000
NO _x	-	72,18000	107,17500	89,36600	98,67400	74,30600
CO	-	29,28200	35,91700	34,61800	46,18900	56,74600
TOC	-	0,74400	14,87600	35,38400	0,76000	0,77500
CO ₂	-	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000	0,00000