

Zpráva z měření emisí malých spalovacích zdrojů

Ev.č. SDL/OZZL/664/08

Obchodní název zadavatele	Jihočeský kraj
IČ zadavatele	70890650
Sídlo zadavatele	U Zimního stadionu 1952/2, České Budějovice, PSČ 370 76
Zastoupená	Mgr. Jiří Zimola hejtman JČK
Osoba oprávněná jednat ve věcech smluvních	Ing. Karel Černý , vedoucí odboru OZZL
Osoba pověřená jednáním ve věcech technických	Ing. Irena Kojanová, zástupce vedoucí oddělení ochrany ovzduší a nakládání s odpady, OZZL
Obchodní název zhotovitele	Naturchem, s.r.o.
IČ zhotovitele	27504379
Sídlo	Ledečská 3015, 58001 Havlíčkův Brod Provozovna: Rudolfovská 57, 37001, České Budějovice
Zastoupená	Ing. František Hezina , jednatel 387 411 044, 603 216 983
Osoba oprávněná jednat ve věcech smluvních	Ing. František Hezina, jednatel
Osoba pověřená jednáním ve věcech technických	Ing. Jan Mareš Ing. Hana Postlová
Evidenční číslo zprávy	2009008
Datum zpracování zprávy	15.7.2009

Obsah:

ÚČEL A CÍL STUDIE	9
1. ZÁKLADNÍ ÚDAJE O EMISÍCH V JIHOČESKÉM KRAJI	9
2. PALIVA POUŽÍVANÁ V ČR A JEJICH SKLADBA	14
2.1. ZDROJE REZZO 1, 2	14
2.2. ZDROJE REZZO 3	15
3. IMISNÍ SITUACE NA ÚZEMÍ KRAJE	16
3.1. OCHRANA ZDRAVÍ LIDÍ	16
3.2. OCHRANA EKOSYSTÉMU A VEGETACE	18
3.3. KLIMATICKÁ DATA	20
3.4. ÚDAJE O IMISNÍ SITUACI V JIHOČESKÉM KRAJI	22
3.5. PŘÍZEMNÍ OZON	29
3.5.1. LETNÍ FOTOCHEMICKÝ SMOG	31
3.5.2. ZIMNÍ SMOG	31
3.5.3. VLIV OZONU NA LIDSKÉ ZDRAVÍ	33
3.5.4. VLIV OZONU NA VEGETACI	33
3.5.5. LEGISLATIVA UPRAVUJÍCÍ PROBLEMATIKU PŘÍZEMNÍHO OZONU	35
3.5.6. DOPORUČENÍ K PROBLEMATICE PŘÍZEMNÍHO OZONU	35
4. ANALÝZA PROCESU SPALOVÁNÍ PEVNÝCH PALIV	38
4.1. SPALOVÁNÍ DŘEVA A ENERGETICKÝCH ROSTLIN	38
4.1.1. VLHKOST DŘEVA	38
4.1.2. SLOŽENÍ DŘEVA	38
4.1.3. PROCESY PROBÍHAJÍCÍ PŘI HOŘENÍ DŘEVA	39

4.2. SPALOVÁNÍ UHLÍ	44
5. EKONOMIKA A VÝHLEDY DO BUDOUCNOSTI	45
6. LEGISLATIVNÍ VÝVOJ TOPENÍ V LOKÁLNÍCH TOPENIŠTÍCH (TUHÁ PALIVA)	52
7. VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH DAT	52
7.1. VYHODNOCENÍ EMISÍ BENZO(A)PYRENU B(A)P	53
7.2. VYHODNOCENÍ EMISÍ TUHÝCH LÁTEK	55
7.3. VYHODNOCENÍ EMISÍ OXIDU UHELNATÉHO	60
7.4. VYHODNOCENÍ EMISÍ OXIDŮ DUSÍKU	61
7.5. VYHODNOCENÍ EMISÍ ORGANICKÝCH LÁTEK	61
7.6. VYHODNOCENÍ EMISÍ OXIDU SIŘIČITÉHO	62
7.7. CELKOVÝ ZÁVĚR	63
8. SHRNUTÍ PRÁCE (SOUHRN)	65
POSTUPY ŘEŠENÍ:	66
9. PŘÍLOHY:	68
10. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	98

Seznam tabulek v textu:

Tabulka č.1: Celkové emise základních znečišťujících látek v ČR v roce 2007 – předběžné údaje (údaje v kt za rok).....	11
Tabulka č.2: Celkové emise základních znečišťujících látek v Jihočeském kraji, údaje z let 2005-7 (hodnoty udávají množství emisí v tunách za rok, zdroj ČHMÚ).....	12
Tabulka č.3: Celkové emise ZZL v Jihočeském kraji, údaje ČSÚ z roku 2008.....	13
Tabulka č.4: Klimatické. hodnoty naměřené v meteorologických stanicích na území kraje (str.19 – 20).....	20
Tabulka č.5: PM ₁₀ údaje z roku 2007 a 2008, přehledy z měřících stanic ČHMÚ (1104,1591, 859,1485 a 1490), stanic ZÚ (1193, 1225), Jižní Čechy.....	22
Tabulka č.6: SO ₂ , údaje z roku 2008, přehledy z měřících stanic ČHMÚ (1102, 1104, 1103, 914, 1485 a 1490), stanic ZÚ (1193, 1225), Jižní Čechy.....	25
Tabulka č.7: NO ₂ , údaje z roku 2008, přehledy z měřících stanic ČHMÚ (1103, 1104, 1102, 914,1485 a 1490), stanic ZÚ (1193, 1225), Jižní Čechy.....	26
Tabulka č.8: NO _x , údaje z roku 2008, přehledy z měřících stanic ČHMÚ (1103, 1102), Jižní Čechy.....	27
Tabulka č.9: CO, údaje z roku 2008, přehledy z měřících stanic ČHMÚ (1104, 1490), stanic ZÚ (1225), Jižní Čechy.....	28
Tabulka č.10: Benzen, nejnovější údaje z roku 2008, přehledy z měřících stanic ČHMÚ (1103, 1104, 1102, 914,1485 a 1490), stanic ZÚ (1193, 1225), Jižní Čechy.....	28
Tabulka č.11: Obsah jednotlivých složek ve dřevu (hm.%).....	39
Tabulka č. 12: Obsah prchavé hořlaviny v různých druzích paliva:	40
Tabulka č.13: Příklady emisní koncentrací pro spalování pelet a uhlí:	42
Tabulka č.14: Porovnání nákladů na vytápění (RD roční spotřeba 120 GJ, vytápěný prostor.....	46
370 m ³).....	46
Tabulka č.15: Porovnání paliv při změně palivové základny.....	49
Tabulka č.16:Vývoj cen vybraných druhů energií.....	50
Tabulka č.17: Seznam měřených kotlů, provozních stavů a paliv.....	53
Tabulka č.18: Velikosti částic emitovaných kotlů na TP.....	57
Tabulka č.19: Navrhované emisní limity pro malé zdroje – kamna (kotle).....	59
Tabulka č.1: Souhrn výsledku měření při polovičním výkonu zdroje (101,325 kPa, 273,15 K, ref. % O ₂ uhlí – 6 %, biomasa – 11%, suchý plyn).....	74
Oxid uhelnatý.....	74
Tabulka č.2: Souhrn výsledku měření při maximálních výkonu zdroje (str. 81 – 82), (101,325 kPa, 273,15 K, ref. % O ₂ dle paliva, suchý plyn).....	80
Tabulka č.3: Souhrn výsledku měření při polovičním výkonu zdroje (str. 88 – 89), (101,325 kPa, 273,15 K, ref. % O ₂ dle paliva, suchý plyn).....	87
Oxid uhelnatý.....	87
Tabulka č.4: Kotel na hnědé uhlí.....	89
Tabulka č.5: Krbová vložka na kusové dřevo.....	89

Tabulka č.6: Kotel na dřevní štěpku	89
Tabulka č.7: Seznam protokolů z měření emisí vybraných zdrojů znečištění ovzduší	97

Seznam obrázků v textu:

Obrázek č.1: Změna skladby paliv zdrojů REZZO 1	14
Obrázek č.2: Spotřeba paliv zdrojů REZZO 3	15
Obrázek č.4: OZKO – ochrana zdraví lidí	17
Obrázek č.5: OZKO – Cíl pro Benzo(a)Pyren, Ochrana zdraví bez zahrnutí přízemního ozonu	18
Obrázek č.6: OZKO – ochrana ekosystému a vegetace bez zahrnutí přízemního ozonu	19
Obrázek č.7: OZKO pro ekosystémy a vegetaci – se zahrnutím přízemního ozonu	19
Obrázek č.8: Roční průměrné koncentrace PM ₁₀	23
Obrázek č.9: 36. nejvyšší 24 hodinové koncentrace PM ₁₀	23
Obrázek č.10: Roční průměrné koncentrace oxidu siřičitého	24
Obrázek č.11: 4. nejvyšší 24 hodinové koncentrace oxidu siřičitého	24
Obrázek č.12: Roční průměrné koncentrace oxidu dusičitého	27
Obrázek č.13: Roční průměrné koncentrace oxidů dusíku	28
Obrázek č.14: Roční průměrné koncentrace benzenu	29
Obrázek č.15: Počet stanic imisního monitoringu, na kterých došlo k překročení cílového imisního limitu pro ozon v letech 2002 - 2005. (Zdroj: ČHMÚ)	33
Obrázek č. 16: Grafické znázornění distribuce emitovaných částic	57

Seznam obrázků v přílohách:

Obrázek č.1: Oxid uhelnatý, maximální hodnoty	69
Obrázek č.2: Oxid uhelnatý, průměrné hodnoty	69
Obrázek č.3: Oxidy dusíku, maximální hodnoty	70
Obrázek č.4: Oxidy dusíku, průměrné hodnoty	70
Obrázek č.5: Oxid siřičitý, maximální hodnoty	71
Obrázek č.6: Oxid siřičitý, průměrné hodnoty	71
Obrázek č.7: Organické látky, maximální hodnoty	72
Obrázek č.8: TOC, průměrné hodnoty	72
Obrázek č.9: Tuhé znečišťující látky, maximální hodnoty	73
Obrázek č.10: Tuhé znečišťující látky, průměrné hodnoty	73
Obrázek č.11: Oxid uhelnatý, maximální výkon	75
Obrázek č. 12: Oxid uhelnatý, maximální výkon, průměrné hodnoty	75
Obrázek č.13: Oxidy dusíku, maximální výkon	76
Obrázek č.14: Oxidy dusíku, maximální výkon, průměrné hodnoty	76
Obrázek č.15: Oxid siřičitý, maximální výkon	77

Obrázek č.16: Oxid siřičitý, maximální výkon, průměrné hodnoty _____	77
Obrázek č.17: Organické látky jako TOC, maximální výkon _____	78
Obrázek č.18: Organické látky jako TOC, maximální výkon, průměrné hodnoty _____	78
Obrázek č.19: Tuhé znečišťující látky, maximální výkon _____	79
Obrázek č.20: Tuhé znečišťující látky, maximální výkon, průměrné hodnoty _____	79
Obrázek č.21: Oxid uhelnatý, poloviční výkon _____	82
Obrázek č.22: Oxid uhelnatý, poloviční výkon, průměrné hodnoty _____	82
Obrázek č.23: Oxidy dusíku, poloviční výkon _____	83
Obrázek č.24: Oxidy dusíku, poloviční výkon, průměrné hodnoty _____	83
Obrázek č.25: Oxid siřičitý, poloviční výkon _____	84
Obrázek č.26: Oxid siřičitý, poloviční výkon, průměrné hodnoty _____	84
Obrázek č.27: Organické látky, jako TOC, poloviční výkon _____	85
Obrázek č.28: Organické látky, jako TOC, poloviční výkon, průměrné hodnoty _____	85
Obrázek č.29: Tuhé znečišťující látky, poloviční výkon _____	86
Obrázek č.30: Tuhé znečišťující látky, poloviční výkon, průměrné hodnoty _____	86
Obrázek č.31: Kotel na uhlí hnědé _____	90
Obrázek č.32: Krbová vložka na kusové dřevo _____	91
Obrázek č.33: Kotel na dřevní štěpku _____	92
Obrázek č.34: Kotel na uhlí hnědé _____	93
Obrázek č.35: Krbová vložka na kusové dřevo _____	94
Obrázek č.36: Kotel na dřevní štěpku _____	95

Seznam použitých zkratek a vysvětlivky:

Zkratka	Popis
4MV, 19MV, 25MV, 36MV	4., 19., 25., 36. nejvyšší hodnota v roce pro daný časový interval
50%kv	50% kvantil
90%kv	90% kvantil
95%kv	95% kvantil
98%kv	98% kvantil
99,9%kv	99,9% kvantil
AIM	automatizovaný imisní monitoring
AMS	automatizovaná monitorovací stanice
B(a)P	Benzo(a)pyren
C1q, C2q, C3q, C4q	počet hodnot, ze kterých je spočítán aritmetický průměr za dané čtvrtletí
CUTR	černé uhlí
CZT	centrální zásobování teplem
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSU	český statistický ústav
DAT.	datum výskytu MAX.
D	dřevo
dv	doba trvání nejdelšího souvislého výpadku
e.f.	emisní faktor
HFC	hydrogenated fluorocarbon compounds
HUTR	hnědé uhlí
CHKO	Chráněná krajinná oblast
IL	imisní limit
ISKO	informační systém kvality ovzduší
KMPL	kód měřicího programu v dané lokalitě
KO	koks
Kt	kilotuna (1000 tun)
kW	kilowatt
kWh	kilowatthodina
LULUCF	land use, land use change and forestry
LV	limitní hodnota
MAX.	hodinové, 8hod. nebo denní maximum v roce
MAX8h	nejvyšší denní 8hodinový klouzavý průměr v roce
mc	měsíční četnost měření
MP	měřicí program
MT	mez tolerance
MŽP	ministerstvo životního prostředí
N	počet měření v roce
NP	Národní park
OZKO	oblast se zhoršenou kvalitou ovzduší
PA	varovná prahová hodnota
PAU	polyaromatické uhlovodíky (dle DIN nebo US EPA)
PD	pasivní dosimetr
PFC	polyfluorinated compounds
PI	informativní prahová hodnota
pLV	počet překročení LV
PM 10	tuhé částice o středním dynamickém průměru 10 µm
PM 2,5	tuhé částice o středním dynamickém průměru 2,5 µm

Zkratka	Popis
PM1	tuhé částice o středním dynamickém průměru 1 μm
RD	rodinný dům
REZZO	registr zdrojů znečištění ovzduší
S	směrodatná odchylka
SA	standardní aritmetická odchylka
SG	standardní geometrická odchylka
SP	standardní průměr
SPM	prašný aerosol (z angl. termínu suspended particulate matter)
SRS	smogový regulační systém
TE	povolený počet překročení
TK, HM	těžké kovy
TOC	těkavé organické látky vyjádřené jako celkový uhlík
TP	tuhá paliva
TSP	total solid particles, celkový obsah tuhých částic
TTO	těžký topný olej
TUV	teplá užitková voda
TZL	tuhé znečišťující látky
UCI	název odborného ústavu
VOC	těkavé organické látky
VoL	počet překročení limitní hodnoty LV
VoM	počet překročení meze tolerance LV+MT
X	roční aritmetický průměr
X1q, X2q, X3q, X4q	čtvrtletní aritmetický průměr
XG	roční geometrický průměr
Xm	měsíční aritmetický průměr
ZO	znečištění ovzduší
ZU	základní územní jednotka
ZZL	základní znečišťující látka
ZZO	zdroj znečištění ovzduší
IPCC	mezinárodní panel pro klimatickou změnu

Účel a cíl studie

Práce má dvě části. První částí práce bylo provedení měření emisí vybraných znečišťujících látek na zdrojích emisí kategorie REZZO 3 v reálných podmínkách provozu v kotelnách v Jihočeském kraji spalujících pevná paliva a druhou částí je zpracování dat z měření a jejich porovnání s údaji z literatury. Cílem této studie je formulování obecných závěrů vyplývajících z provedeného měření a údajů z literatury použitelných v rozhodovací činnosti pracovníků oddělení ochrany ovzduší Krajského úřadu Jihočeského kraje, podklad pro prezentaci dat formou přednášky pro obce a pro osvětu v oblasti provozování tohoto typu zdrojů znečištění ovzduší pro zástupce obcí a nejširší veřejnost.

1. Základní údaje o emisích v Jihočeském kraji

V souladu s legislativou platnou od roku 2002 jsou zdroje znečišťování ovzduší rozděleny pro potřeby emisní bilance do jednotlivých kategorií. Podle tohoto rozdělení jsou v rámci Informačního systému kvality ovzduší (ISKO) provozovaného ČHMÚ zavedeny databáze Registru emisí a zdrojů znečišťování ovzduší (REZZO), které slouží k archivaci a prezentaci údajů o stacionárních a mobilních zdrojích znečišťování ovzduší.

Zvláště velké, velké a střední zdroje znečišťování ovzduší jsou sledovány jako bodové zdroje jednotlivě, malé zdroje plošně na úrovni krajů a obcí (pouze vytápění domácností), mobilní zdroje liniově (silniční doprava na úsecích zahrnutých do sčítání dopravy) a plošně na úrovni krajů (ostatní mobilní zdroje).

Zvláště velké a velké zdroje znečišťování - REZZO 1

Střední zdroje znečišťování - REZZO 2

Malé zdroje znečišťování - REZZO 3

Mobilní zdroje znečišťování - REZZO 4.

Tato studie se zabývá emisemi z malých zdrojů znečištění ovzduší tj. REZZO 3.

Výchozím podkladem pro hodnocení byly bilance emisí látek znečišťujících ovzduší malých zdrojů za rok 2007. K termínu dokončení studie nebyly k dispozici konečné údaje o emisích zdrojů REZZO 1 a REZZO 2 za rok 2008 zpracované do databází. V kategorii malých zdrojů jsou vypočítávány emise z lokálních topenišť, nevidovaných zdrojů používajících organická rozpouštědla a chovů hospodářských zvířat.

Údaje o celkovém množství emisí základních znečišťujících látek v roce 2006, tj. tuhých znečišťujících látek (TZL), oxidu siřičitého (SO₂), oxidů dusíku (NO_x), oxidu uhelnatého (CO), těkavých organických látek (VOC a podíly jednotlivých kategorií zdrojů na celkových emisích jsou uvedeny v této studii. Inventarizace emisí a propadů plynů ovlivňujících klimatický systém Země (skleníkových plynů) je prováděna v souladu s mezinárodní metodikou IPCC (Mezivládní panel pro klimatickou změnu). Tato inventarizace je též podkladem pro kontrolu plnění mezinárodních závazků daných Rámcovou úmluvou OSN o změně klimatu a jejím Kjótským protokolem. V případě ČR se jedná o závazek snížit celkové emise skleníkových plynů v období 2008–2012 o 8% vůči referenčnímu roku 1990 (pro HFC, PFC a SF₆ je jako referenční stanoven rok 1995). Pravidelným monitorováním emisí skleníkových plynů se rovněž naplňují požadavky Rozhodnutí Evropského parlamentu a Rady č. 280/2004/ES.

Celkové emise skleníkových plynů včetně zahrnutí jejich propadů, vyjádřené v ekvivalentních hodnotách oxidu uhličitého (CO_{2ekv}), poklesly v ČR z hodnoty 190,3 mil. tun v roce 1990 na 144,8 mil. tun v roce 2006. V inventuře jsou též zahrnuty emise HFC, PFC a SF₆ (látek obsahujících fluór, tzv. F-plyny), které rovněž spadají pod Kjótský protokol. Jejich současný podíl na celkových emisích skleníkových plynů činil v roce 2006 0,7%. Podíl emisí CO₂ na celkových emisích skleníkových plynů (bez LULUCF) byl v roce 2006 86,3%, podíl emisí CH₄ 8,1% a podíl emisí N₂O 5,0%. Emise skleníkových plynů pocházejí z různých zdrojů můžeme rozdělit na 6 kategorií:

- energetika
- průmyslové procesy
- používání rozpouštědel a jiných látek
- zemědělství
- odpady

- využívání krajiny a lesnictví (LULUCF z angl. land use, land use change and forestry)

Posledně jmenovaný sektor se ve statistikách používá na odečítání emisí CO₂. To znamená, že od celkových emisí CO₂ se odečte hodnota LULUCF – pomocí výsadby nových stromů apod. se snižuje celková koncentrace CO₂ v ovzduší (LUCULF vystupují jako negativní hodnoty).

Tabulka č.1: Celkové emise základních znečišťujících látek v ČR v roce 2007 – údaje v kt za rok

Kategorie zdrojů	TZL	SO ₂	NO _x	CO	VOC	NH ₃
	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹	kt.rok ⁻¹
REZZO 1	12.3	189.6	142.8	184.8	19.3	15.0
REZZO 2	5.3	3.5	3.7	4.2	4.2	15.5
REZZO 3	19.4	22.6	9.5	71.7	103.7	30.3
CELKEM stac. zdroje	37.0	217.7	156.0	260.7	127.2	60.8
REZZO 4	31.1	0.6	125.6	236.2	51.6	2.5
CELKEM	68.1	218.1	281,6	496,9	178,8	63,3

Z tabulky č.1 je patrný význam zdrojů REZZO 3 tj. malých stacionárních zdrojů v celorepublikovém měřítku a v tabulce č.3 v krajském měřítku společně se zdroji REZZO 2. Z těchto tabulek je vidět, že významné emise jsou uvedeny v případě tuhých znečišťujících látek a těkavých organických látek. Z tabulky č.2 je patrné, že význam tuhých látek a to emisí z mobilních a malých zdrojů ZO, je v měřítku Jihočeského kraje vyšší než v celostátním měřítku. Emise z malých zdrojů (REZZO 3) ale i z mobilních zdrojů (REZZO 4) jsou v případě tuhých a těkavých organických látek řádově vyšší než emise z velkých nebo středních zdrojů (REZZO 1 a 2). V tabulce č.1 je vidět, že v celostátním měřítku jsou emise ze zdrojů REZZO 3 druhé nejvyšší, celkově tvoří 28,5% emisí tuhých znečišťujících látek za rok 2007. Spolu s malými zdroji znečištění ovzduší tvoří prakticky ¾ (74,1%) emisí tuhých znečišťujících látek.

Tabulka č.2: Celkové emise základních znečišťujících látek v Jihočeském kraji, údaje z let 2005-7 (hodnoty udávají množství emisí v tunách za rok, zdroj ČHMU)

REZZO 1					
Rok	TZL [t/rok]	SO2 [t/rok]	NOx [t/rok]	CO [t/rok]	VOC [t/rok]
2005	392,7	7755	2997,9	1100,7	533,3
2006	333,9	7093,9	2740,4	1094,5	428,8
2007	314,3	7077,1	2750,4	1083,7	437,2
REZZO 2					
Rok	TZL [t/rok]	SO2 [t/rok]	NOx [t/rok]	CO [t/rok]	VOC [t/rok]
2005	846,3	329	239,3	386,6	247,8
2006	932,2	360,9	223,4	365,3	293,7
2007	944	317	235,6	351,1	276
REZZO 3					
Rok	TZL [t/rok]	SO2 [t/rok]	NOx [t/rok]	CO [t/rok]	VOC [t/rok]
2005	1786,5	2855,2	1026,2	8281,7	7200,5
2006	1725,8	2707,2	940,4	7531,0	6830,2
2007	1588,9	1641,5	727,8	6280,50	5787,8
REZZO 4					
Rok	TZL [t/rok]	SO2 [t/rok]	NOx [t/rok]	CO [t/rok]	VOC [t/rok]
2005	1925,7	40,2	10345,3	16864,8	3262,8
2006	2042,2	41,7	9936,6	18661,5	4754,8
2007	2068,00	44,9	10255,8	19903,8	5012,9

Z uvedených výsledků vyplývá, že emise z malých zdrojů jsou významné zejména u tuhých a těžkých organických znečišťujících látek a oxidu uhelnatého.

Tabulka č.3: Celkové emise ZZZL v Jihočeském kraji, údaje ČSÚ z roku 2008

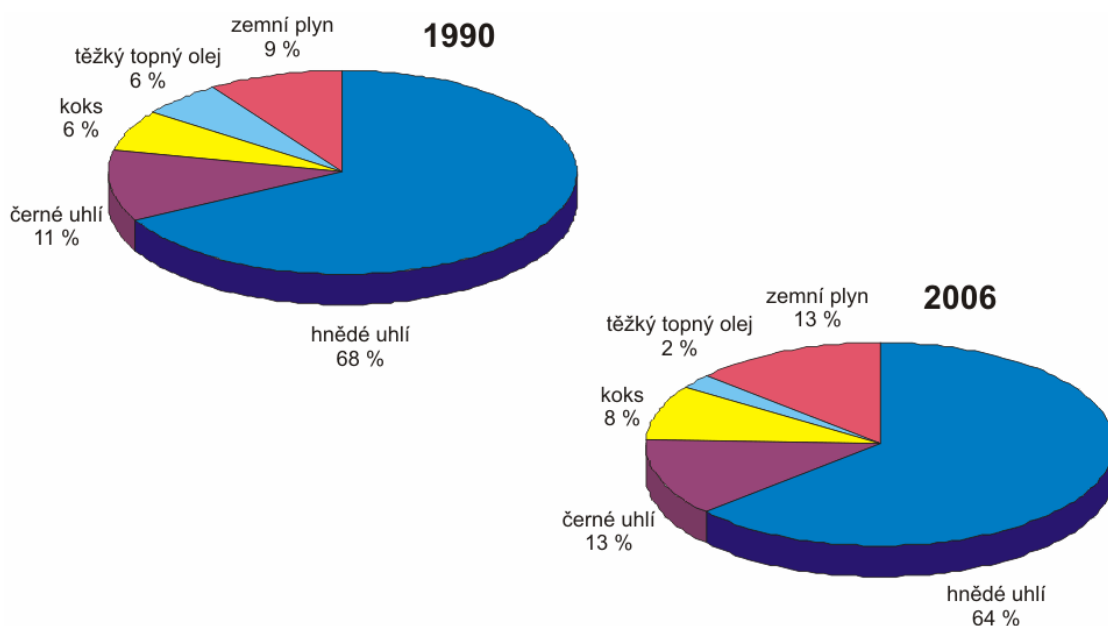
Kraj, okresy	Tuhé emise		Oxid siřičitý (SO ₂)		Oxidy dusíku (NO _x)		Oxid uhelnatý (CO)	
	REZZO 1	REZZO 1-3	REZZO 1	REZZO 1-3	REZZO 1	REZZO 1-3	REZZO 1	REZZO 1-3
	Celkem (t)							
Jihočeský kraj	333,8	2991,3	7094,0	10162,3	2740,3	3904,0	1094,5	8990,9
České Budějovice	131,0	762,1	2 039,1	2605,8	851,1	1076,5	309,1	1770,3
Český Krumlov	17,4	337,2	483,9	797,3	155,7	282,6	62,8	890,0
Jindřichův Hradec	16,7	388,9	165,5	661,2	93,2	310,3	108,4	1291,8
Písek	19,1	307,1	751,9	1137,1	154,8	282,4	150,5	1167,6
Prachatice	2,2	375,9	8,8	269,8	24,5	146,4	6,9	670,7
Strakonice	20,5	291,4	1529,5	1943,0	464,3	603,4	148,5	1247,1
Tábor	127,0	528,8	2115,2	2748,1	996,8	1202,5	308,3	1953,4
	Měrné emise (t/km²)							
Jihočeský kraj	0,0	0,3	0,7	1,0	0,3	0,4	0,1	0,9
České Budějovice	0,1	0,5	1,3	1,6	0,5	0,7	0,2	1,1
Český Krumlov	0,0	0,2	0,3	0,5	0,1	0,2	0,0	0,6
Jindřichův Hradec	0,0	0,2	0,1	0,3	0,0	0,2	0,1	0,7
Písek	0,0	0,3	0,7	1,0	0,1	0,2	0,1	1,0
Prachatice	0,0	0,3	0,0	0,2	0,0	0,1	0,0	0,5
Strakonice	0,0	0,3	1,5	1,9	0,4	0,6	0,1	1,2
Tábor	0,1	0,4	1,6	2,1	0,8	0,9	0,2	1,5
	Měrné emise (kg/obyvatele)							
Jihočeský kraj	0,5	4,8	11,3	16,2	4,4	6,2	1,7	14,3
České Budějovice	0,7	4,2	11,2	14,4	4,7	5,9	1,7	9,8
Český Krumlov	0,3	5,5	7,9	13,1	2,6	4,6	1,0	14,6
Jindřichův Hradec	0,2	4,2	1,8	7,1	1,0	3,3	1,2	13,9
Písek	0,3	4,4	10,7	16,1	2,2	4,0	2,1	16,6
Prachatice	0,0	7,3	0,2	5,2	0,5	2,8	0,1	13,0
Strakonice	0,3	4,2	21,9	27,8	6,7	8,6	2,1	17,9
Tábor	1,2	5,2	20,7	26,9	9,8	11,8	3,0	19,1

2. Paliva používaná v ČR a jejich skladba

2.1. Zdroje REZZO 1, 2

U těchto zdrojů došlo v období let 1990 až 2006 k malému posunu s mírným poklesem ve využití hnědého uhlí o 6% a nárůstu využití zemního plynu o 44%. K nejvýznamnějšímu snížení spotřeby došlo u těžkého topného oleje z 6% v roce 1990 na 2% v roce 2006, tj. na 1/3 (vztaženo ke stavu v roce 1990). Dále došlo k mírnému zvýšení využití koksu a černého uhlí. Z grafického záznamu je tedy vidět posun k palivům ušlechtlejším s vyšším obsahem energie (kromě TTO).

Obrázek č.1: Změna skladby paliv zdrojů REZZO 1



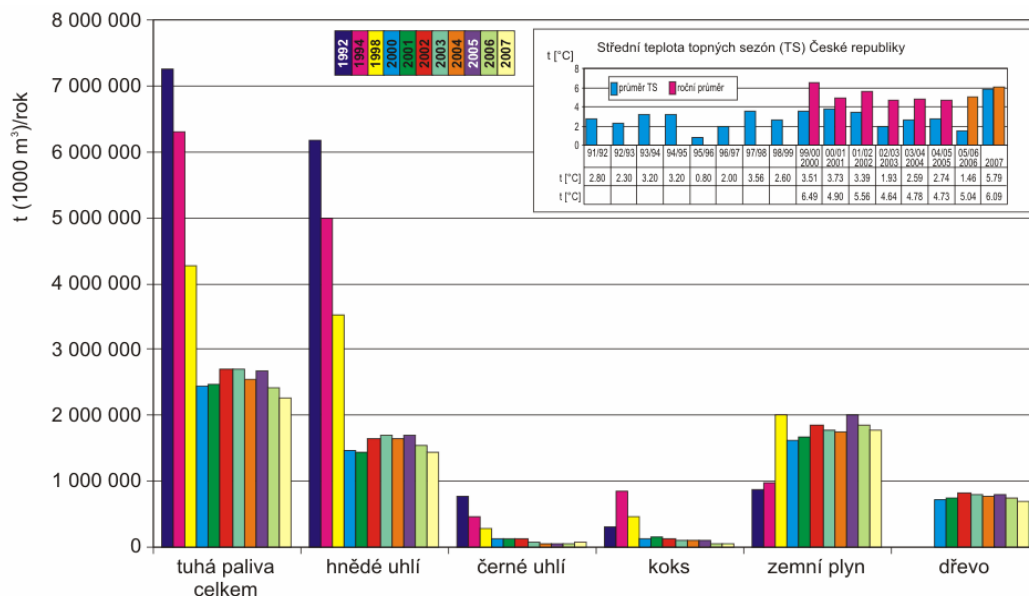
Změna skladby paliv zdrojů REZZO 1 mezi lety 1990 a 2006 (v podílech tepla obsaženého v palivu)

Obdobný trend platí i pro zdroje REZZO 2 s tím, že přechod k ušlechtlejším palivům je významnější. V souvislosti s přípravou nových projektů na využití biomasy v Jižních Čechách je předpoklad zvýšení spotřeby biomasy pro vytápění a to i u větších zdrojů kategorie REZZO 1 a REZZO 2. U těchto projektů se současně předpokládá výroba tepla a elektrické energie.

2.2. Zdroje REZZO 3

U zdrojů REZZO 3 došlo k významnému poklesu využití tuhých paliv a to především hnědého uhlí na začátku sledovaného období 1992-2007. Spotřeba dřeva je ve sledovaném období přibližně stejná, spotřeba zemního plynu se zvýšila. Pro tyto zdroje platí tedy jiné trendy než pro velké zdroje a střední zdroje. U zdrojů REZZO 3 dochází k poklesu spotřeby jak hnědého uhlí, tak i koksu a černého uhlí.

Obrázek č.2: Spotřeba paliv zdrojů REZZO 3



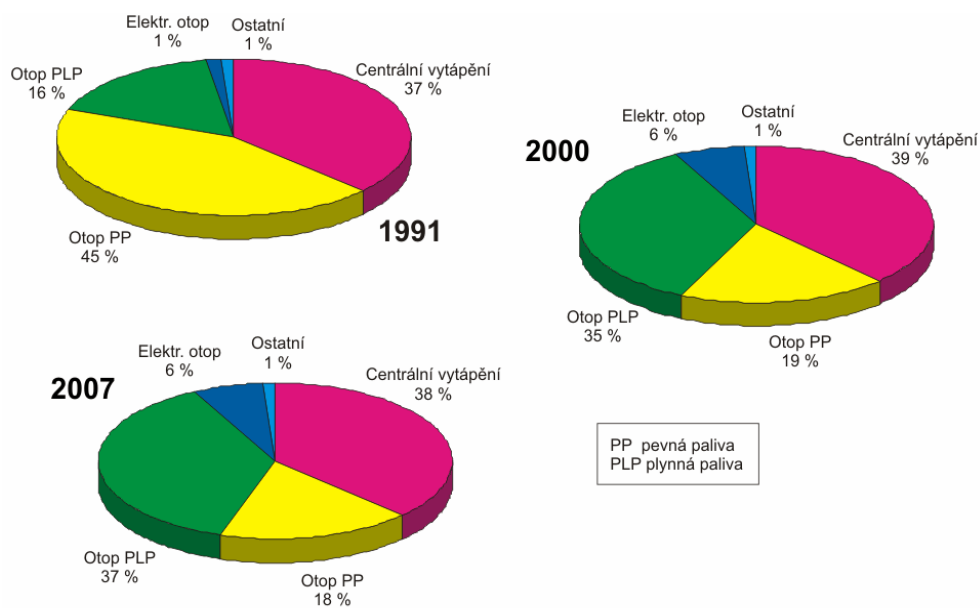
Poznámka:

Údaje za rok 2002 až 2007 jsou vypočteny upravenou metodikou s využitím výsledků SLDB z r. 2001; údaje do roku 2005 jsou počítány za topné období (TS: IX–XII a I–V), údaje od roku 2006 za kalendářní rok (I–V a IX–XII).

Spotřeba paliv zdrojů REZZO 3, 1992–2007

Na obrázku níže jsou vidět změny ve skladbě vytápění bytů, ve kterých se malé zdroje využívají nejvíce. Otop pevnými palivy se významně snížil především do roku 2000, od té doby se udržuje na přibližně stejné úrovni. Zvýšil se elektrický otop a otop plyným palivem. U elektrického otopu se jednalo o období, kdy stát tuto změnu dotačně podporoval.

Obrázek č.3: Změna skladby vytápění bytů



Změna skladby vytápění bytů – srovnání let 1991, 2000 a 2007

Z údajů grafů je patrné, že pro byty a emise ze zdrojů REZZO 3 je v této studii řešena problematika cca 20% podílu otopu zajišťovaného pevnými palivy. Z hlediska umístění zdrojů ZO se jedná o menší města a obce, kde je převážně toto palivo využíváno. Ve větších městech je mnoho objektů napojeno na systémy CZT, kde je zdrojem tepla střední nebo i velký zdroj ZO.

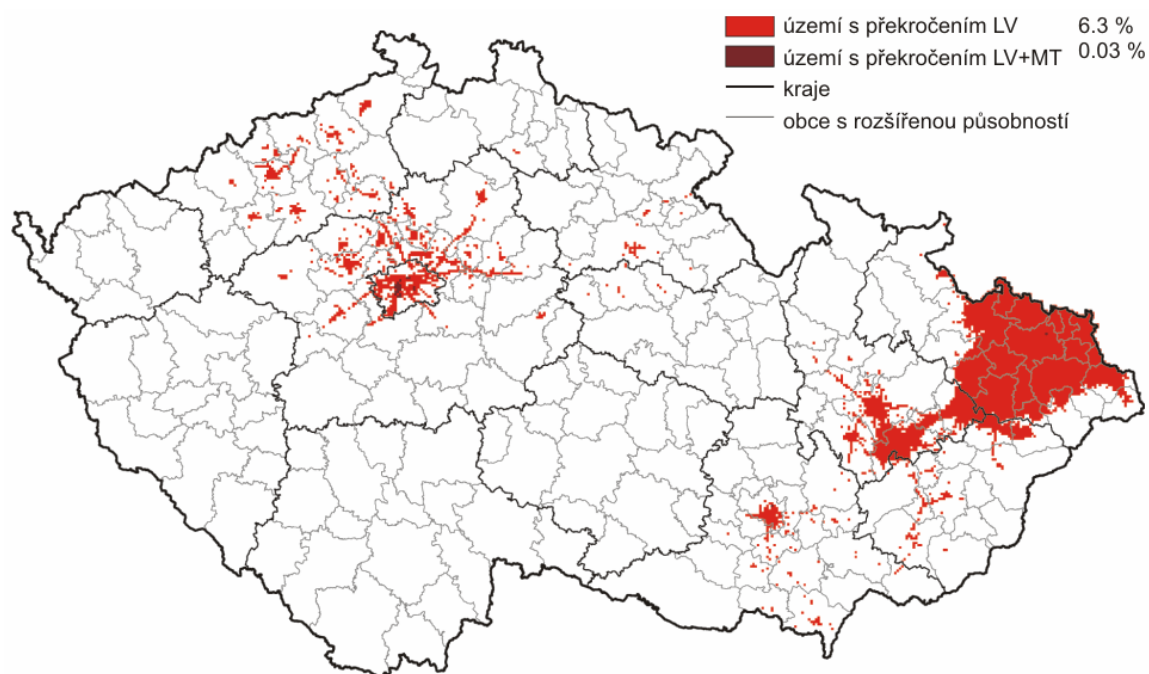
3. Imisní situace na území kraje

3.1. Ochrana zdraví lidí

V této kapitole uvádíme údaje vztahující se k měřeným znečišťujícím látkám. OZKO byly vyhlášeny v Jihočeském kraji z hlediska plnění imisních limitů pro ochranu zdraví pouze z důvodu překročení limitů PM_{10} a OZKO z hlediska cílových imisních limitů se týká B(a)P. Hodnocení území s překročením cílového imisního limitu pro ozon nebylo do této studie zahrnuto a to vzhledem k tomu, že imisní koncentrace ozonu nebyla stanovována. Jedná se o imisní limit pro ochranu zdraví lidí, který je překročen na území prakticky celého kraje.

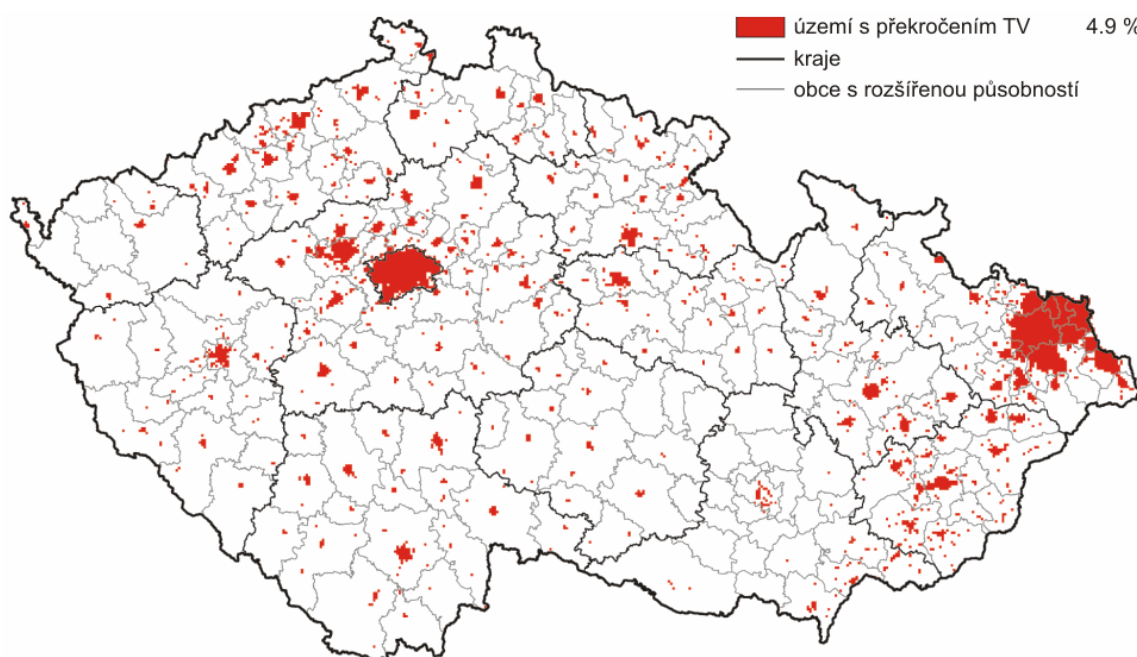
Pokud budeme hodnotit imisní situaci podle údajů z databázi ISKO pro oblasti se zhoršenou kvalitou ovzduší, patří Jižní Čechy mezi oblasti méně znečištěné v rámci ČR. Vyznačení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší vzhledem k imisním limitům pro ochranu zdraví je území Jihočeského kraje bez ploch, kde by docházelo k překročení imisních limitů. Území Jižních Čech je tedy z hlediska této formy znečištění považováno za neproblémovou oblast. Vzhledem ke skutečnosti, že množství emisí a z toho vyplývající imisní koncentrace jsou závislé na meteorologických a rozptylových podmínkách, je možné, že v letech se zhoršenými klimatickými a rozptylovými podmínkami se mohou některé části území opět objevit v OZKO.

Obrázek č.4: OZKO – ochrana zdraví lidí



Vyznačení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší vzhledem k imisním limitům pro ochranu zdraví, 2007

Obrázek č.5: OZKO – Cíl pro Benzo(a)Pyren, Ochrana zdraví bez zahrnutí přízemního ozonu



Vyznačení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší vzhledem k cílovým imisním limitům pro ochranu zdraví, bez zahrnutí přízemního ozonu, 2007

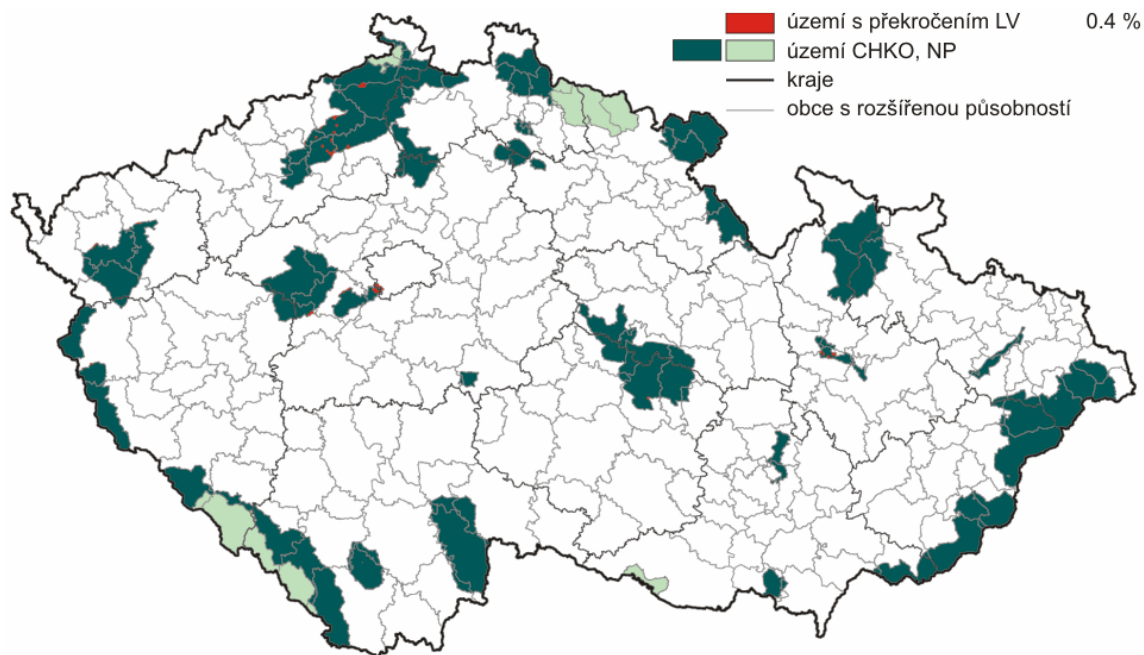
Pokud budeme do hodnocení zahrnovat cílový imisní limit B(a)P pro ochranu zdraví, budou výsledky méně příznivé a na území Jižních Čech můžeme vidět několik málo oblastí s překročením cílového imisního limitu. Jedná se o oblasti okresních měst a dále i několika větších měst.

Pokud shrneme údaje z kapitoly 2, 3 tj. spotřebu paliv a stav imisní situace, je zřejmé, že u znečišťujících látek má největší význam emise tuhých znečišťujících látek a navíc i emise látek, které v procesu spalování a odvodu spalin na těchto tuhých částicích kondenzují a jsou na nich přenášeny.

3.2. Ochrana ekosystému a vegetace

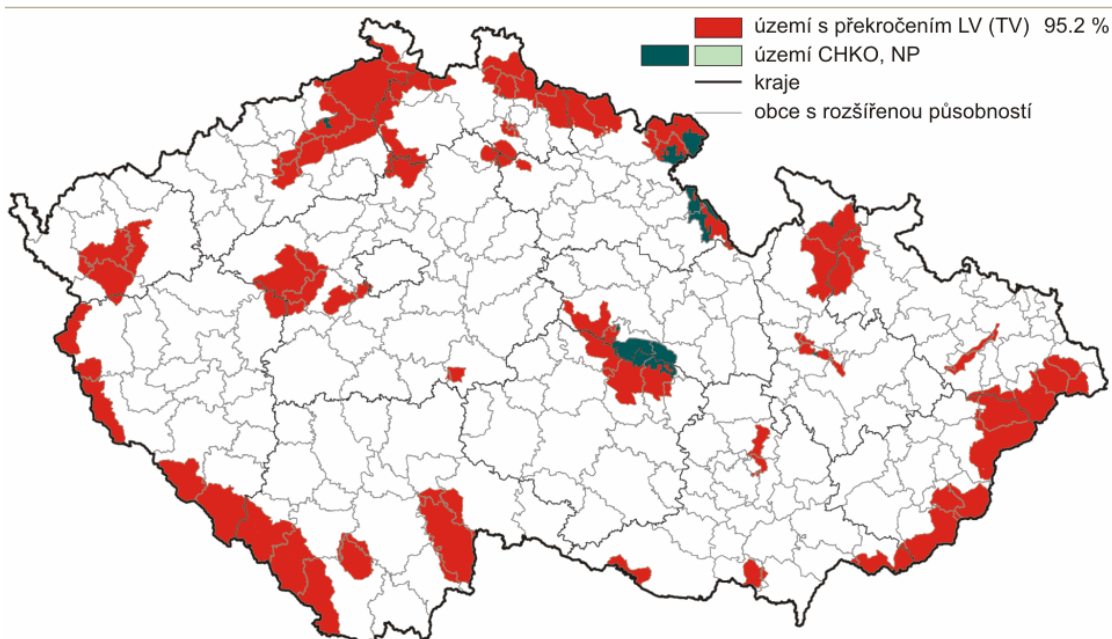
Z hlediska ochrany ekosystému a vegetace je důležitý vliv přízemního ozonu. Kromě tohoto faktoru je stav ovzduší uspokojivý. Území CHKO a NP s překročením limitů pro ochranu ekosystémů a vegetace je vyobrazeno na obrázku č.6, viz. níže.

Obrázek č.6: OZKO – ochrana ekosystému a vegetace bez zahrnutí přízemního ozonu



Vyznačení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší vzhledem k imisním limitům pro ekosystémů a vegetace na území NP a CHKO bez zahrnutí přízemního ozonu, 2007

Obrázek č.7: OZKO pro ekosystémy a vegetaci – se zahrnutím přízemního ozonu



Vyznačení oblastí se zhoršenou kvalitou ovzduší vzhledem k imisním limitům pro ekosystémů a vegetace na území NP a CHKO se zahrnutím přízemního ozonu, 2007

3.3. Klimatická data

Vzhledem k tomu, že na spotřebu paliva má vliv i průměrná teplota vzduchu a další klimatické faktory, uvádíme data z posledních tří sledovaných let 2005, 2006 a 2007. Z údajů je patrné zvyšování průměrné teploty v posledních třech letech. Tyto údaje mohou být důvodem mírného snížení spotřeby paliva v těchto letech u malých zdrojů.

Tabulka č.4: Klimatické. hodnoty naměřené v meteorologických stanicích na území kraje (str.19 – 20)

Stanice (nadmořská výška)	Měsíc												Rok celkem
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
	Průměrná teplota vzduchu (°C)												
České Budějovice (388 m n.m.)													
2005	1,1	-2,5	2,8	9,9	14,4	17,7	19,0	16,8	14,8	9,7	2,9	-0,5	8,8
2006	-5,4	-1,6	1,7	9,4	14,0	18,1	21,5	15,7	16,3	10,7	6,5	2,7	9,1
2007	4,5	4,3	6,1	11,8	15,2	19,6	19,7	18,4	12,3	8,0	2,3	0,2	10,2
Churáňov (1 118 m n.m.)													
2005	-3,5	-6,4	-1,7	4,9	9,3	12,6	13,7	11,7	10,5	7,4	-0,4	-4,5	4,5
2006	-4,5	-4,6	-2,7	3,7	8,7	13,3	17,5	10,6	12,6	9,0	3,5	1,0	5,7
2007	-0,6	0,1	1,4	7,6	10,1	13,5	13,4	13,2	7,5	4,1	-1,1	-2,0	5,6
Tábor (461 m n.m.)													
2005	-0,9	-4,1	0,9	8,9	13,1	16,0	17,5	15,6	13,7	8,8	1,3	-2,0	7,4
2006	-6,3	-3,3	-0,2	8,0	13,2	17,2	21,1	14,9	15,9	10,0	5,6	1,7	8,2
2007	2,9	3,0	5,1	11,0	14,5	18,5	18,4	17,6	11,0	7,4	1,1	-1,0	9,1

Stanice (nadmořská výška)	Měsíc												Rok celkem
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	
<i>Úhrn srážek (mm) Total precipitation (mm)</i>													
České Budějovice (388 m n.m.)													
2005	31,2	55,0	20,9	65,3	64,7	68,3	162,3	157,3	98,3	8,4	35,6	31,0	798,3
2006	57,4	22,5	79,1	65,6	66,9	150,9	66,8	162,9	4,4	13,6	30,1	10,9	731,1
2007	45,6	13,7	39,0	1,9	85,3	66,6	80,5	116,2	155,4	42,3	45,1	26,9	718,5
Churáňov (1 118 m n.m.)													
2005	115,5	149,0	74,8	77,5	84,9	94,6	201,0	213,2	111,8	31,6	58,8	77,7	1290,4
2006	94,1	99,4	117,6	121,0	114,7	135,7	103,9	210,9	27,7	29,7	66,5	51,0	1172,2
2007	185,2	69,2	123,0	9,4	119,6	63,7	137,3	71,2	168,1	76,9	151,1	98,5	1273,2
Tábor (461 m n.m.)													
2005	64,4	50,6	20,2	27,5	50,9	57,3	127,7	105,5	41,6	6,1	19,9	46,8	618,5
2006	31,7	39,0	62,9	70,1	119,0	132,3	22,1	81,2	11,3	18,0	31,7	17,8	637,1
2007	42,9	30,2	31,8	5,3	52,1	82,8	113,0	73,0	92,1	21,5	55,8	20,6	621,1
<i>Trvání slunečního svitu (h) Duration of sunshine (h)</i>													
České Budějovice (388 m n.m.)													
2005	70,3	76,1	156,1	189,0	248,5	240,7	206,1	178,4	171,3	165,6	38,6	37,4	1778,1
2006	70,8	75,2	100,4	147,8	199,2	223,8	317,2	134,9	226,1	135,5	59,2	82,4	1772,5
2007	46,7	88,5	154,6	300,3	234,2	243,0	240,4	221,7	145,6	107,1	45,1	57,4	1884,6
Churáňov (1 118 m n.m.)													
2005	53,3	71,7	168,0	169,2	228,6	227,9	192,5	156,8	184,7	200,5	74,4	42,6	1770,2
2006	116,4	83,3	91,5	128,4	204,4	211,5	290,5	123,5	233,7	159,8	91,3	108,1	1842,4
2007	34,3	92,7	152,7	302,6	226,6	238,6	229,5	198,0	128,8	108,4	56,9	86,9	1856,0
Tábor (461 m n.m.)													
2005	43,3	56,8	132,2	177,3	223,2	223,2	188,8	153,8	166,8	149,6	15,0	15,5	1545,5
2006	60,7	80,9	97,5	153,8	212,7	254,5	324,4	133,9	237,6	151,3	53,8	46,4	1807,5
2007	42,4	74,0	150,1	286,0	240,0	245,8	242,3	223,3	152,8	106,0	26,8	31,6	1821,1

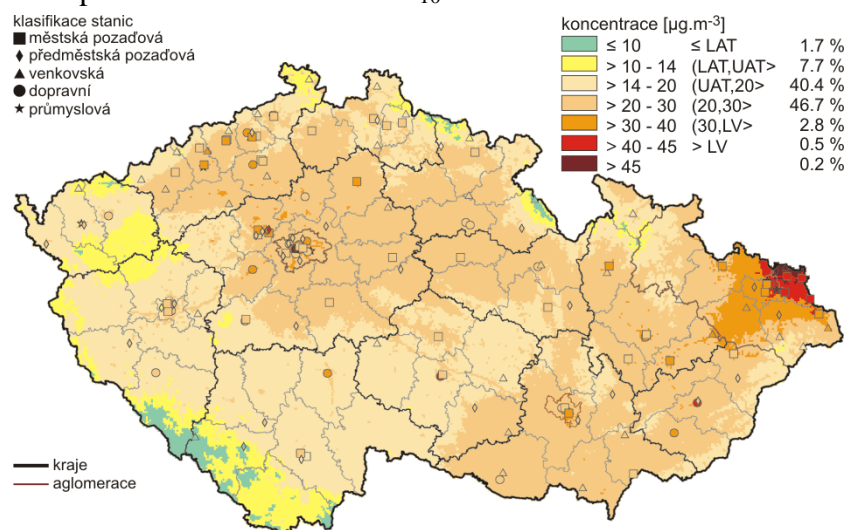
3.4. Údaje o imisní situaci v Jihočeském kraji

Pro přehlednost uvádíme údaje z dalších měřicích stanic na území Jižních Čech.

Tabulka č.5: PM₁₀ údaje z roku 2008, přehledy z měřicích stanic ČHMÚ (1104,1591, 859,1485 a 1490), stanic ZÚ (1193, 1225), Jižní Čechy

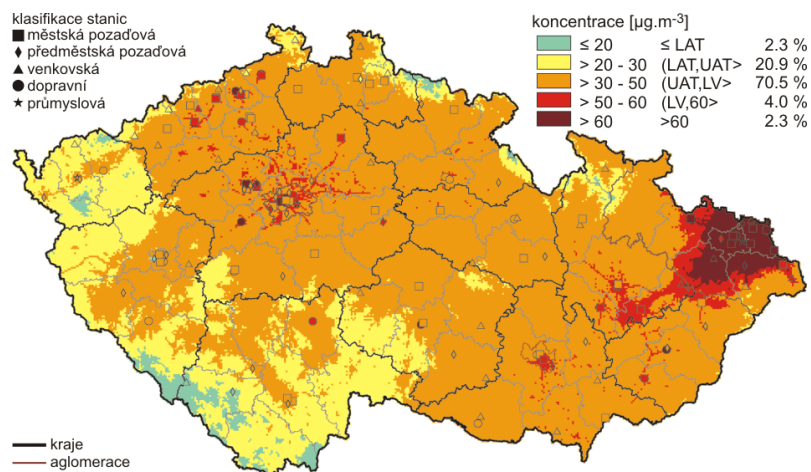
Organizace: Staré č. ISKO Lokalita	Typ m.p. Metoda/ KMPL	Hodinové hodnoty			Denní hodnoty				Čtvrtletní hodnoty				Roční hodnoty		
		Max.	95% Kv	50% Kv	Max.	36 MV	VoL	50% Kv	X1q	X2q	X3q	X4q	X	S	N
		Dat.	99.9% Kv	98% Kv	Dat.	Dat.	VoM	98% Kv	C1q	C2q	C3q	C4q	XG	SG	SG
ČHMÚ 1104 České Budějovice	Automatizovaný měřicí program RADIO/CCBDA	174,0	54,0	18,0	87,2	38,1	14	19,9	26,5	20,4	17,2	24,2	22,1	12,50	362
		27.12.	114,0	70,0	13.02.	28.02.	14	61,8	91	89	92	90	19,1	1,71	2
ZU 1193 Čes. Budějovice - Třešň.	Automatizovaný měřicí program TEOM/CCBTA	121,0	43,0	16,0	59,5	29,2	5	17,2	20,3	19,0	16,0	19,3	18,7	8,42	366
		26.09.	94,5	55,0	13.02.	08.03.	5	44,1	91	91	92	92	17,1	1,50	0
ČHMÚ 1591 Č.Budějovice- Antala Staška	Manuální měřicí program GRV/CCBAM	~	~	~	72,0	33,0	7	16,0	22,6	14,2	13,4	23,8	18,6	11,91	329
		~	~	~	13.02.	13.01.	7	50,0	83	85	76	85	15,0	2,04	8
ZÚ 1225 Prachatice	Automatizovaný měřicí program RÁDIO/CPRAA	~	~	~	~	~	~	~	11,8	6,3			~	244	
		~	~	~	~	~	~	~	90	83	71	0	~	~	112
ČHMÚ 859 Churáňov	Manuální měřicí program GRV/CCHUM	~	~	~	33,0	11,0	0	5,0	5,4	7,0	6,1	~	5,9	4,96	299
		~	~	~	28.05.	19.09.	0	20,0	84	84	74	57	4,3	2,34	10
ČHMÚ 1485 Vodňany	Manuální měřicí program GRV/CVODM	~	~	~	85,0	42,0	18	16,0	29,9	14,4	12,1	26,9	20,6	15,54	325
		~	~	~	11.02.	02.11.	18	70,0	81	82	85	77	15,6	2,21	9
ČHMÚ 1490 Tábor	Automatizovaný měřicí program RADIO/CTABA	285,0	77,0	25,0	121,2	57,6	51	26,1	42,7	25,3	19,6	36,6	31,1	18,08	361
		11.02.	206,0	108,0	11.02.	04.11.	51	78,5	91	88	90	92	26,9	1,70	2

Obrázek č.8: Roční průměrné koncentrace PM₁₀



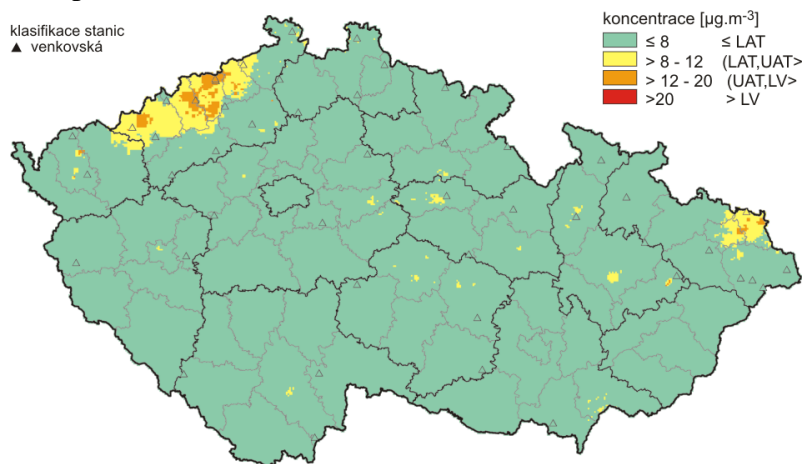
Pole roční průměrné koncentrace PM₁₀ v roce 2007

Obrázek č.9: 36. nejvyšší 24 hodinové koncentrace PM₁₀



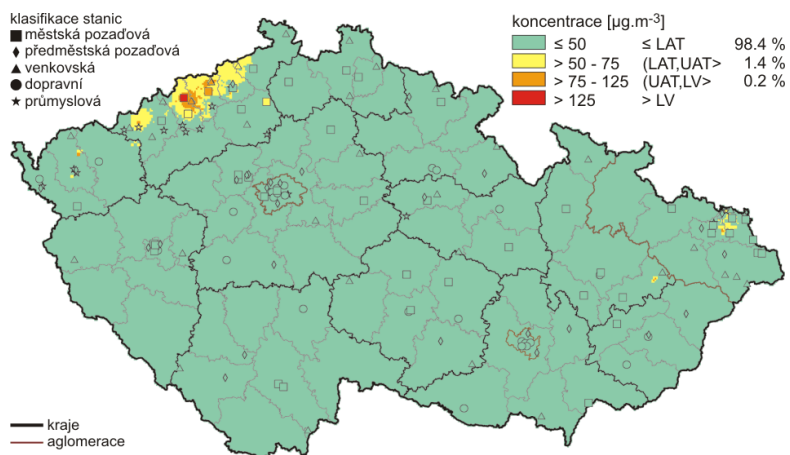
Pole 36. nejvyšší 24hod. koncentrace PM₁₀ v roce 2007

Obrázek č.10: Roční průměrné koncentrace oxidu siřičitého



Pole roční průměrné koncentrace oxidu siřičitého v roce 2007

Obrázek č.11: 4. nejvyšší 24 hodinové koncentrace oxidu siřičitého



Pole 4. nejvyšší 24hod. koncentrace oxidu siřičitého v roce 2007

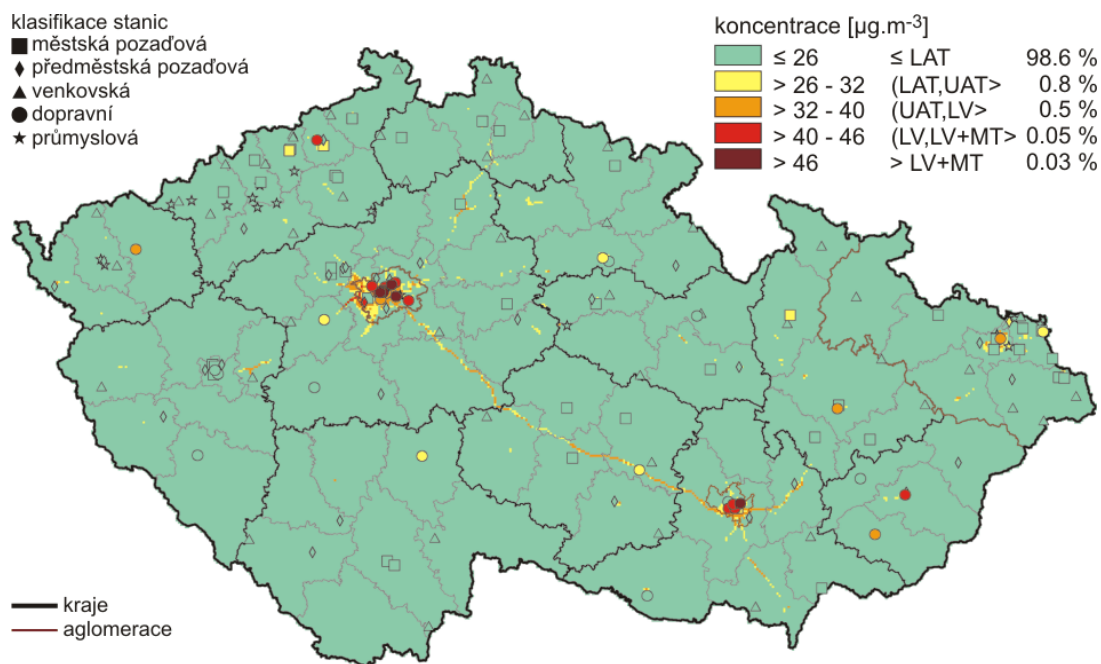
Tabulka č.6: SO₂, údaje z roku 2008, přehledy z měřících stanic ČHMÚ (1102, 1104, 1103, 914, 1485 a 1490), stanic ZÚ (1193, 1225), Jižní Čechy

Organizace: Staré č. ISKO, Lokalita	Typ m.p. Metoda/ KMPL	Hodinové hodnoty				Denní hodnoty				Čtvrtletní hodnoty				Roční hodnoty		
		Max.	25 MV	VoL	50% Kv	Max.	4 MV	VoL	50% Kv	X1q	X2q	X3q	X4q	X	S	N
		Dat.	Dat.	VoM	98% Kv	Dat.	Dat.	95% Kv	98% Kv	C1q	C2q	C3q	C4q	XG	SG	Dv
ČHMÚ 1103 Hojná Voda	Automatizovaný měřicí program UVFL/ CHVOA	24,0	10,4	0	0,8	8,7	6,4	0	0,9	1,5	1,2	1,1	1,0	1,2	1,03	366
		14.02.	02.01.	0	5,3	04.01.	02.01.	3,1	3,7	91	91	92	92	0,9	1,95	0
ČHMÚ 1104 České Budějovice	Automatizovaný měřicí program UVFL/ CCBDA	128,4	49,0	0	3,7	20,1	15,3	0	4,1	6,2	3,0	3,4	5,8	4,6	2,84	358
		26.10.	07.06.	0	15,4	26.10.	13.02.	10,2	12,6	91	90	92	85	3,9	1,80	5
ZÚ 1193 Čes. Budějovice- Třešň.	Automatizovaný měřicí program UVFL/ CCBTA	129,2	54,6	0	8,0	26,6	22,3	0	9,6	12,0	9,5	9,5	9,9	10,2	2,80	347
		15.05.	23.03.	0	29,3	19.01.	10.06.	15,3	18,0	82	90	88	87	9,9	1,27	3
ČHMÚ 1490 Tábor	Automatizovaný měřicí program UVFL/ CTABA	170,4	90,5	0	7,7	59,5	39,5	0	8,7	18,7	7,1	7,1	11,6	11,1	7,77	358
		06.01.	13.02.	0	46,3	06.01.	07.01.	26,9	33,1	88	86	92	92	9,2	1,82	3
ČHMÚ 1485 Vodňany	Manuální měřicí program IC/ CVODM					15,2	10,4	0	1,5	4,5	1,4	0,8	2,4	2,3	2,24	365
						05.01.	01.01.	6,7	8,8	91	90	92	92	1,4	3,03	1
ZÚ 1225 Prachatice	Automatizovaný měřicí program UVFL/ CPRAA	30,1	17,6	0	4,3	14,8	13,6	0	4,5	4,4	9,4	3,3	4,3	5,3	3,50	354
		18.04.	17.04.	0	13,8	17.04.	22.05.	12,8	13,1	90	83	92	89	4,2	1,96	3
ČHMÚ 1102 Churáňov	Automatizovaný měřicí program UVFL/CCHUA	18,1	9,1	0	0,5	7,3	5,6	0	0,7	1,2	1,1	0,8	0,9	1,0	0,99	366
		09.02.	20.06.	0	5,1	09.02.	12.12.	2,9	4,8	91	91	92	92	0,8	2,04	0
ČHMÚ 914 Lužnice	Manuální měřicí program IC/ CLUZM					3,2				0,8	0,5	0,4	0,6	0,6	0,51	61
						02.01.				15	16	15	15	0,4	2,05	0

Tabulka č.7: NO₂ údaje z roku 2008, přehledy z měřících stanic ČHMÚ (1103, 1104, 1102, 914,1485 a 1490), stanic ZÚ (1193, 1225), Jižní Čechy

Organizace: Staré č. ISKO Lokalita	Typ m.p. Metoda/ KMPL	Hodinové hodnoty				Denní hodnoty			Čtvrtletní hodnoty				Roční hodnoty		
		Max.	19 MV	VoL	50% Kv	Max.	95% Kv	50% Kv	X1q	X2q	X3q	X4q	X	S	N
		Dat.	Dat.	VoM	98% Kv	Dat.		98% Kv	C1q	C2q	C3q	C4q	XG	SG	Dv
ČHMÚ 1103 Hojná Voda	Automatizovaný měřicí program CHLM/ CHVOA	50,1	32,5	0	4,8	27,9	11,9	5,1	7,2	5,7	4,1	7,1	6,0	3,58	356
		30.01.	18.12.	0	19,7	18.12.		17,6	91	91	85	89	5,4	1,57	7
CHMU 1104 České Budějovice	Automatizovaný měřicí program CHLM/ CCBDA	79,2	67,5	0	14,5	44,4	32,2	15,7	22,9	14,7	14,5	18,5	17,6	7,65	362
		31.03.	16.05.	0	48,6	11.02.		36,3	91	90	92	89	16,0	1,60	2
ZU 1193 Čes. Budějovice- Třešň.	Automatizovaný měřicí program CHLM/ CCBTA	67,0	54,5	0	11,5	42,2	25,9	12,9	17,7	11,6	11,7	15,6	14,1	5,92	366
		11.04.	11.04.	0	38,3	20.02.		28,9	91	91	92	92	13,0	1,51	0
ČHMÚ 914 Lužnice	Manuální měřicí program GUAJA/ CLUZM					92,9			21,9	13,6	23,0	12,2	17,6	15,36	60
						13.02.			14	16	15	15	13,9	1,96	6
ZÚ 1225 Prachatice	Automatizovaný měřicí program CHLM/ CPRAA	66,8	57,0	0	8,4	34,8	22,7	9,7	14,0	9,3	8,4	12,9	11,2	5,91	354
		09.01.	20.02.	0	37,7	16.01.		27,9	91	79	92	92	9,9	1,67	9
ČHMÚ 1102 Churáňov	Automatizovaný měřicí program CHLM/ CCHUA	80,5	54,9	0	5,0	49,6	16,3	5,6	8,4	6,0	4,0	8,9	6,8	5,54	365
		30.01.	30.01.	0	25,6	12.12.		22,2	90	91	92	92	5,5	1,90	1
ČHMÚ 1485 Vodňany	Manuální měřicí program GUAJA/ CVODM					40,3	29,6	13,3	13,7	13,1	13,5	18,4	14,7	7,16	362
						19.12.		32,7	90	91	89	92	12,9	1,70	2
ČHMÚ 1490 Tábor	Automatizovaný měřicí program CHLM/ CTABA	110,9	82,6	0	27,2	53,9	46,2	28,2	37,4	26,1	22,3	31,6	29,3	8,89	354
		13.10.	18.02.	0	62,4	24.11.		49,4	88	88	91	87	28,0	1,36	5

Obrázek č.12: Roční průměrné koncentrace oxidu dusičitého

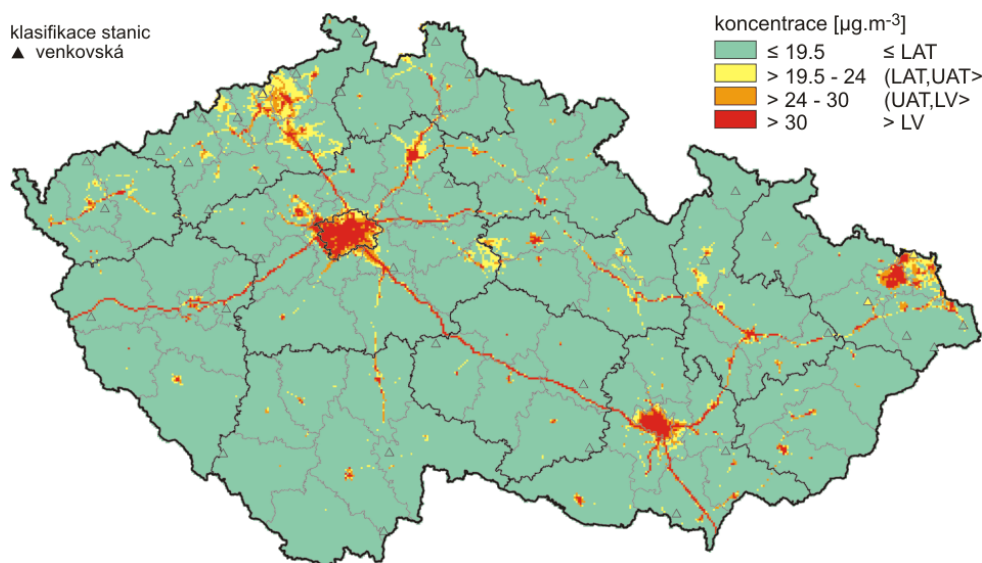


Pole roční průměrné koncentrace NO_2 v roce 2007

Tabulka č.8: NO_x , údaje z roku 2008, přehledy z měřících stanic ČHMÚ (1103, 1102), Jižní Čechy

Organizace: Staré č. ISKO Lokalita	Typ m.p. Metoda/ KMPL	Hodinové hodnoty			Denní hodnoty			Čtvrtletní hodnoty				Roční hodnoty		
		Max.	95% Kv	50% Kv	Max.	95% Kv	50% Kv	X1q	X2q	X3q	X4q	X	S	N
		Dat.	99.9% Kv	98% Kv	Dat.		98% Kv	C1q	C2q	C3q	C4q	XG	SG	dv
ČHMÚ 1103 Hojná Voda	Automatizovaný měřicí program CHLM/ CHVOA	58,9	14,9	5,0	46,1	12,6	5,4	7,6	5,8	4,3	8,0	6,5	4,39	356
		19.12.	50,9	20,7	12.12.		20,8	91	91	85	89	5,7	1,59	7
ČHMÚ 1102 Churáňov	Automatizovaný měřicí program CHLM/ CCHUA	102,5	20,5	7,5	79,2	19,0		11,0	8,4	6,8	11,8	9,5	6,61	365
		12.12.	86,5	28,9	12.12.		24,7	90	91	92	92	8,4	1,58	1

Obrázek č.13: Roční průměrné koncentrace oxidů dusíku



Pole roční průměrné koncentrace oxidů dusíku v roce 2007

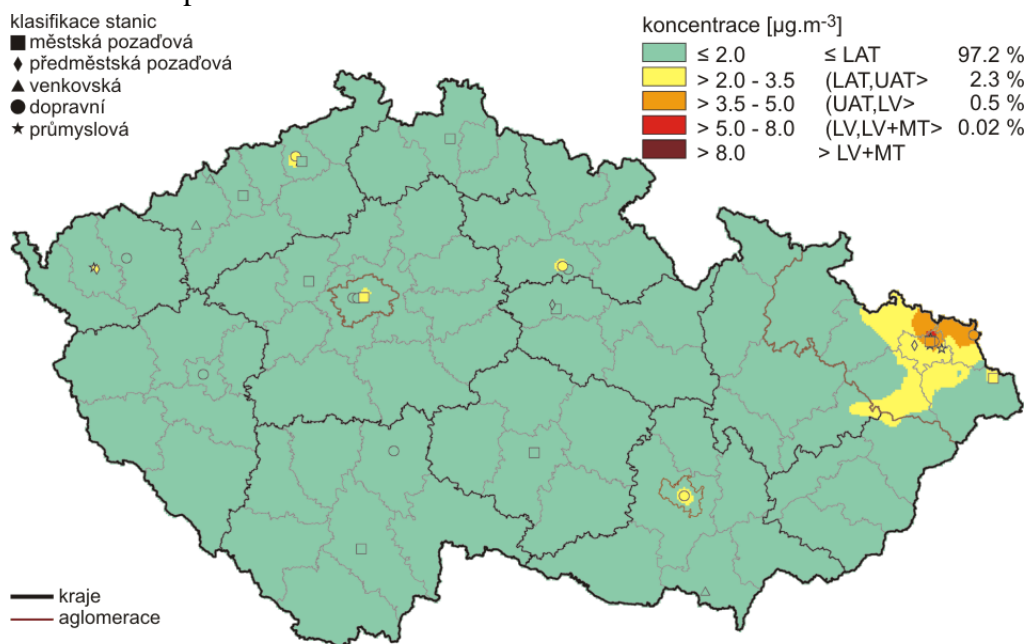
Tabulka č.9: CO, údaje z roku 2008, přehledy z měřicích stanic ČHMÚ (1104, 1490), stanic ZÚ (1225), Jižní Čechy

Organizace: Staré č. ISKO Lokalita	Typ m.p. Metoda/ KMPL	8 hodinové hodnoty		Denní hodnoty			Čtvrtletní hodnoty				Roční hodnoty		
		Max.		Max.	95% Kv	50% Kv	X1q	X2q	X3q	X4q	X	S	N
		Dat.	VoM	Dat.		98% Kv	C1q	C2q	C3q	C4q	XG	SG	Dv
ZÚ 1225 Prachovice	Automatizovaný měřicí program IRABS/ CPRAA	1880,3		1557,4	777,8	429,6	499,0	449,7	355,3	551,6	463,8	156,33	366
		17.01.	0,0	16.01.		936,1	91	91	92	92	443,5	1,33	0
ČHMÚ 1490 Tábor	Automatizovaný měřicí program IRABS/ CTABA	2483,0		1563,8	1051,2	423,7	717,2	390,2			484,5	269,53	299
		07.01.	0,0	06.01.		1200,9	88	89	67	55	414,3	1,81	20
ČHMÚ 1104 České Budějovice	Automatizovaný Měřicí program IRABS/ CCBDA	1469,1		944,4	662,3	375,4	476,0		315,6	429,7	404,8	133,71	346
		02.11.	0,0	01.11.		798,8	90	76	92	88	386,4	1,34	15

Tabulka č.10: Benzen, nejnovější údaje z roku 2008, přehledy z měřicích stanic ČHMÚ (1103, 1104, 1102, 914,1485 a 1490), stanic ZÚ (1193, 1225), Jižní Čechy

Organizace: Staré č. ISKO Lokalita	Typ m.p. Metoda/ KMPL	Hodinové hodnoty			Denní hodnoty			Čtvrtletní hodnoty				Roční hodnoty		
		Max.	95% Kv	50% Kv	Max.	95% Kv	50% Kv	X1q	X2q	X3q	X4q	X	S	N
		Dat.	99,9% Kv	98% Kv	Dat.		98% Kv	C1q	C2q	C3q	C4q	XG	SG	Dv
ČHMÚ 1104 Čes. Budějovice	GCFID/ CCBDA	12,5	2,8	0,5	5,1	2,4	0,6	1,3	0,4	0,4	1,5	0,9	0,79	354
		30.11.	7,7	3,9	30.11.		3,1	82	91	91	90	0,6	2,29	9

Obrázek č.14: Roční průměrné koncentrace benzenu

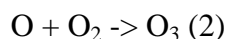
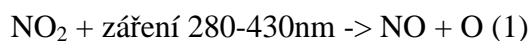


Pole roční průměrné koncentrace benzenu v ovzduší v roce 2007

3.5. Přízemní ozon

V souvislosti s emisemi z malých kotlů je třeba zmínit i tvorbu sekundární znečišťující látky – přízemního ozonu. Z prchavé hořlaviny se mohou uvolňovat těkavé organické látky. Rovněž oxidy dusíku jsou složkou spalin. Přízemní ozon je jednou z nebezpečných škodlivých látek znečišťující ovzduší. Zvýšené hodnoty ozonu způsobují zdravotní problémy, předčasná úmrtí, nižší zemědělské výnosy, poškození rostlin v přírodních i polopřírodních ekosystémech i korozi materiálů. Přízemní ozon je označován za sekundární znečišťující látku, protože nemá svůj vlastní emisní zdroj. Prostorové rozložení koncentrací ozonu je na rozdíl od např. SO_2 nebo prašného aerosolu (TZL), velmi rovnoměrné (ověřeno údaji ze zahraničních monitorovacích sítí a leteckými měřeními v malých výškách nad územím České republiky prováděných ČHMÚ). Z toho je zřejmé, že počet monitorovacích stanic pro měření ozonu může být nižší a jejich vzdálenost větší.

Za přítomnosti slunečního záření vzniká ozon fotolýzou NO_2 (reakce 1) a následnou reakcí atomu a molekuly kyslíku (reakce 2). Současně probíhá oxidace NO, jejímž výsledkem je rozpad a tím úbytek ozonu (reakce 3).



Tento systém reakcí lze nazvat tzv. rovnovážným stavem, kdy je rychlost vzniku ozonu stejná jako rychlost zániku ozonu. Ke kumulaci ozonu v atmosféře může dojít pouze v případě, kdy je oxid dusnatý oxidován na oxid dusičitý jinou látkou (látkou, která je schopna s NO reagovat rychleji než ozon). Mezi tyto látky patří zejména radikály těkavých organických látek (VOC z angl. Volatile Organic Compounds). Kumulace ozonu ve zvýšené míře nastává v atmosféře znečištěné v důsledku lidské činnosti, kde je koncentrace částic (prekursorů), z nichž vzniká ozon (NO_x a VOC), nejvyšší. Vysoké koncentrace ozonu byly naměřeny v městských parcích, kolem nichž prochází frekventované dopravní komunikace (významným zdrojem NO_x je doprava, významným zdrojem VOC terpenické uhlovodíky uvolňované z rostlin). Na produkci VOC se podílí i průmyslová činnost a používání rozpouštědel (polygrafie, lakovny, jiné použití rozpouštědel). Vznik nebo zánik ozonu nezávisí pouze na absolutních koncentracích jeho prekursorů, ale klíčovou roli tu hraje hlavně jejich poměr. Při vysoké hodnotě tohoto poměru ($\text{VOC} : \text{NO}_x > 5,5$) dochází ke vzniku organických radikálů reakcí VOC a hydroxylových radikálů OH. Organické radikály poté zoxidují NO na NO_2 a ke vzniku a kumulaci ozonu dojde následkem výše uvedených reakcí (reakce 1, 2). Naopak při nízké hodnotě tohoto poměru převládá reakce hydroxylového radikálu OH s NO_2 (za vzniku kyseliny dusičné HNO_3), což způsobí zpomalení tvorby ozonu z toho důvodu, že v ovzduší není dostatek NO_2 , který by se mohl zúčastnit reakce 1, 2. Oba protichůdné procesy se ustálí v rovnovážném stavu, ve kterém k významnému zvýšení koncentrací ozonu nedochází. K tomu je nutné, aby při zpětné oxidaci NO na NO_2 byl ozon nahrazen těkavými organickými látkami. Dynamika chemických procesů je velmi složitá, závisí na vzájemném poměru koncentrací látek vstupujících do reakcí a fyzikálních parametrech (teplota, sluneční záření), ovlivňujících rychlost chemických reakcí. Kromě ozonu se při fotochemických reakcích formují i další látky (nebezpečný peroxyacetylnitrát, peroxid vodíku, aldehydy, řada radikálů s krátkou dobou setrvání v atmosféře...).

3.5.1. Letní fotochemický smog

Tato složitá směs anorganických i organických sloučenin je označována jako letní fotochemický nebo oxidační smog, známé jsou i názvy smog kalifornského nebo losangelského typu. Poslední dvě označení vychází ze skutečnosti, že oblast Los Angeles patří k místům, kde negativní účinky koncentrací ozonu byly pozorovány už v 50. letech 20. století. V oblasti Los Angeles jsou podmínky pro vznik ozonu obecně obzvláště „příznivé“. Kromě intenzivní automobilové dopravy spojené s produkcí prekurzorů ozonu, se jedná o mírné proudění, intenzivní sluneční záření, vysoké teploty a nízkou vzdušnou vlhkost. Nicméně ve městech dochází k odbourávání ozonu v nočních hodinách, tzn. v hodinách, kdy nemůžou probíhat fotodisociační reakce, ozon je rozptylován a částečně odbouráván oxidem dusnatým. V těchto oblastech je tedy výraznější chod koncentrací ozonu se značnými extrémy, kdy jsou maximální hodnoty dosaženy mezi 12.00 až 15:00 hodinou v návaznosti na ranní dopravní špičku (a produkci prekurzorů ozonu) a intenzivní sluneční záření. Dochází tak paradoxně k situacím, kdy nadlimitní koncentrace ozonu se dlouhodobě vyskytují v přírodních oblastech, tzn. v oblastech zatížených dálkovým přenosem prekurzorů ozonů. Vysokými koncentracemi ozonu jsou velice zatížené i horské oblasti, kde je sluneční záření intenzivnější. V těchto oblastech však není kontinuální produkce oxidu dusnatého a nedochází zde tedy k rozkladu ozonu, ale naopak často k jeho kumulaci.

3.5.2. Zimní smog

Znečištění ovzduší v lokálním měřítku závisí na mnoha faktorech, zejména na typu a množství emisních zdrojů, na reliéfu a meteorologických podmínkách lokality. Jednou z ilustrujících situací je výskyt zimního či letního typu smogu.

Zimní smog (redukční smog / smog londýnského typu) obsahuje celou směsici látek, zejména SO_2 , prašný aerosol (dále SPM z anglického termínu suspended particulate matter), CO, NO_2 a různé organické složky. Částice jsou v převážné většině (asi 90%) respirabilní a jejich chemické složení je do značné míry variabilní. Jsou tvořeny hlavně sazemi, sulfáty, nitráty, amonnými ionty, těžkými kovy (např. Cd a Pb) a organickými sloučeninami (např. benzo-a-pyren). Nejdůležitějším zdrojem SO_2 je spalování fosilních paliv. Pro Evropu jsou přirozené zdroje SO_2 ve srovnání se zdroji antropogenními zanedbatelné, v globálním měřítku však naopak převládají zdroje přirozené. Nejzávažnější smogovou epizodou, ke které kdy v historii

došlo, byla známá a v literatuře často citovaná epizoda v prosinci 1952 v anglickém Londýně, kdy maximální koncentrace SO₂ a TZL dosahovaly u každé látky až 5000 µg.m⁻³. Udává se, že zapříčinily úmrtí asi 4000 lidí (The Environment in Europe: A Global Perspective (1992), RIVM Bilthoven, the Netherlands). Déle trvající a závažnější smogové epizody se v posledních letech vyskytují více ve východní než v západní Evropě. Zimní epizody znečištění ovzduší jsou obecně charakteristické anticyklonálním systémem (tlaková výše) nad Evropou přetrvávajícím několik dní. Nízká rychlost větru a teplotní inverze značně omezují vertikální mísení znečišťujících látek pouze na nejnižší vrstvy atmosféry a dochází tedy ke značné kumulaci škodlivin.

Obecně má v Evropě cirkulace ovzduší charakter proudění především ze západu na východ, ale při epizodách je častější proudění z východu na západ. Odhaduje se, že v oblasti severozápadní Evropy (Německo, BENELUX, Francie) během epizod je nejméně 50-75% pozadových koncentrací SO₂ a 80-90% pozadových koncentrací sulfátů a TZL východoevropského původu, roční příspěvek k atmosférické depozici síry z východní do západní Evropy činí však pouze kolem 10% (The Environment in Europe: A Global Perspective (1992), RIVM Bilthoven, the Netherlands.).

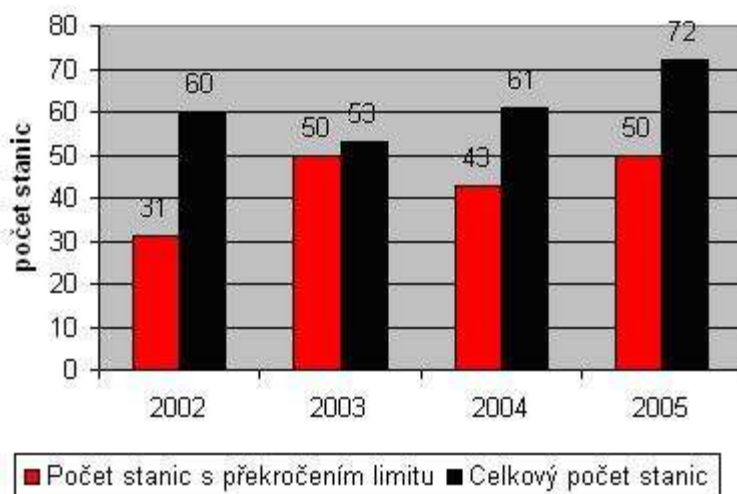
Na území České republiky se v zimních měsících vyskytne obvykle několik epizod, kdy koncentrace znečišťujících látek nabývají značně vysokých hodnot. Porovnání rozptylových a imisních podmínek v jednotlivých *impaktních* oblastech u nás v jednotlivých letech ukazuje určitý posun v charakteru smogových situací. Pro epizody, které vznikaly v souvislosti s výskytem mohutných zimních anticyklon v 70. a 80. letech, byla typická vysoká úroveň znečištění oxidem siřičitým a prašným aerosolem. Zvýšená úroveň znečištění ovzduší se při takových situacích projevovala prakticky na celém území České republiky, s výjimkou vyšších poloh. Instalace sítě multikomponentního automatického imisního monitoringu na celém území ČR umožňuje sledovat režim vývoje smogových situací na velmi podrobných souborech kvalitních dat. Z dosud získaných údajů lze odvodit, že smogové situace měly během posledních tří let mírnější průběh než tomu bylo v minulosti. V Jižních Čechách smogové situace dosud nikdy vyhlášeny nebyly.

3.5.3. Vliv ozonu na lidské zdraví

Ozon je velmi silné oxidační činidlo reagující se všemi druhy organických látek. Působí především na plicní tkáň a sliznice. Lidé vystavení zvýšeným koncentracím (cca $200 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$) si většinou stěžují na podráždění očí, nosu a hrdla. Jako akutní obtíže se nejčastěji uvádějí podráždění spojivek, kašel, malátnost, pocit tlaku na hrudi a bolesti hlavy. Citlivost osob k působení ozonu je ovlivněna např. věkem (rizikové skupiny jsou děti a starší lidé), schopností snášet vysoké letní teploty, aktuálním zdravotním stavem, zvýšenou fyzickou zátěží ve venkovním prostředí nebo astmatickými obtížemi.

Přízemní ozon je v České republice monitorován na několika desítkách stanicích. Jak ukazuje následující obrázek (obr.č.15), na většině z nich dochází k překročení cílového imisního limitu. V roce 2002 došlo k překročení limitu na 51,7% stanicích, v roce 2003 na 94,3% stanicích, léta 2004 a 2005 vykazovala podobný trend – k překročení došlo na 70,5%, resp. 69,4% stanicích. V Jižních Čechách je prakticky IL překročen na 100% území kraje. Pro ilustraci uvádíme údaje dokladující změny a kolísání počtu stanic s překročeným limitem.

Obrázek č.15: Počet stanic imisního monitoringu, na kterých došlo k překročení cílového imisního limitu pro ozon v letech 2002 - 2005. (Zdroj: ČHMÚ)



3.5.4. Vliv ozonu na vegetaci

Působení ozonu se také projevuje nežádoucími účinky na vegetaci. Při současném úbytku oxidu siřičitého ozon silně nabývá na svém významu a v řadě zemí je dnes považován za nejvýznamnější fytotoxickou škodlivinu. Řada studií prokázala jeho negativní účinky jak na

zemědělské plodiny, tak i lesní ekosystémy. Negativní působení ozonu vyplývá z jeho vysoké oxidační schopnosti, kterou je narušena funkce buněčných membrán a zároveň dochází ke vzniku dalších toxických produktů. Ozon tedy nejdříve naruší funkci buněk, což u rostlin přerůstá v poškození listů a jehličí a narušení fyziologických, životně důležitých procesů. U zemědělských plodin je pozorována snížená produkce biomasy, tzn. snížené výnosy. Dlouhodobé působení ozonu může v ekosystémech dokonce způsobit potlačení a vymizení druhů citlivých k působení ozonu ve prospěch druhů odolnějších. Škodliviny přítomné v imisích mohou způsobit i zcela **zásadní ovlivnění tvárnosti krajiny**, jak tomu může být v důsledku poškození až odumírání lesních porostů. Míra poškození záleží na toxicitě působící látky, na její koncentraci a délce působení, ale také na druhu dřeviny, její vývojové fázi, fyziologickém stavu, na klimatických a půdních poměrech stanoviště, napadení živočišnými škůdci apod. V podmínkách stejného imisního zatížení jsou obecně citlivější jehličnaté dřeviny (zejména jedle) než dřeviny listnaté. U stále zelených jehličnanů ztrácejí postižené stromy postupně jehličí, přičemž opadávají nejdříve ročníky nejstarší, následně mladší. U listnatých dřevin dochází k předčasnému opadu listů, každoročně se olistění zmenšuje a postupně prosychají větve v korunách. Mechanismus odumírání lesů nebyl dodnes spolehlivě vysvětlen, což spolu s nárazovým výskytem kalamitních škod ztěžuje prognózy do budoucna. Existuje celá řada teorií o příčinách poškozování lesů. Nepochybně se na destrukci lesních porostů podílejí zvýšené koncentrace troposférického ozónu, který je velice vážným regionálním problémem zasahujícím značně rozsáhlé oblasti Evropy i jiných kontinentů. Jeho epizodický výskyt souvisí s klimatickými a meteorologickými podmínkami (jeho vzniku napomáhá teplé, slunečné počasí). Dalším rizikovým faktorem je i atmosférická depozice, která se přes půdu může podílet na ovlivnění stanovištních podmínek. Je nápadné, že horské lesy odumírají rychleji při relativně nízkých koncentracích škodlivin v ovzduší, takže zonální smrčiny celé České republiky jsou absolutně ohroženy včetně relativně nejčistších oblastí jakou je Šumava.

Na konci roku 2006 vstoupilo v platnost nové Nařízení vlády č. 597/2006 Sb., kdy oproti předcházející právní úpravě (Nařízení vlády č. 350/2002 Sb.) došlo ke zrušení omezení území, kde byly limity pro ochranu ekosystémů a vegetace uplatňovány (jednalo se o tzv. EKO - zóny, tj. území národních parků a chráněných krajinných oblastí, území o nadmořské výšce 800 m n.m. a výše a vybraná území byla každoročně zveřejňována ve Věstníku MŽP). Kromě ozonu jsou stanoveny imisní limity z hlediska poškození vegetace a ekosystémů i pro oxid siřičitý a oxidy dusíku.

3.5.5. Legislativa upravující problematiku přízemního ozonu

Problematiku ochrany ovzduší řeší v České republice zákon č. 86/2002 Sb., o ochraně ovzduší a řada na něj navazujících právních předpisů. V roce 2002 byl do české legislativy Nařízením vlády č. 350/2002 Sb., zaveden nový cílový imisní limit pro ochranu lidského zdraví a pro ochranu ekosystémů a vegetace. Česká legislativa, která upravuje problematiku přízemního ozonu, plně reflektuje legislativu Evropské unie, konkrétně se jedná o Směrnici 2002/3/EC, o ozonu ve vnějším ovzduší, která stanovuje imisní limity, způsob měření a hodnocení pro ozon a zabývá se i sledováním prekurzorů ozonu.

Nařízení vlády č. 350/2002 Sb., bylo plně nahrazeno Nařízením vlády č. 597/2006 Sb., kterým se však hodnoty cílového imisního limitu pro ochranu lidského zdraví a dlouhodobý imisní limit pro přízemní ozon nezměnily. Vyhláška č. 553/2002 Sb. stanovuje hodnoty zvláštních imisních limitů pro ozon, jedná se o tzv. signál upozornění.

Smogové epizody jsou upraveny zejména Vyhláškou Ministerstva životního prostředí ČR, kterou se vymezují oblasti vyžadující zvláštní ochranu ovzduší a stanoví se zásady vytváření a provozu smogových regulačních systémů a některá další opatření k ochraně ovzduší. V zákoně o ochraně ovzduší před znečišťujícími látkami (zákon o ovzduší) je definována smogová situace jako mimořádně znečištěné ovzduší, kdy úroveň znečištění překročí zvláštní imisní limit. Nastane-li smogová situace, vyhlásí okamžitě orgán ochrany ovzduší varovná regulační opatření k omezení emisí ze zdrojů znečišťování, které se na znečišťování ovzduší rozhodujícím způsobem podílejí. Tato opatření se uplatňují po celou dobu trvání smogové situace.

3.5.6. Doporučení k problematice přízemního ozonu

Přízemní ozon patří v současné době mezi nejvýznamnější škodlivé znečišťující látky ovzduší. K překračování jeho imisních limitů každoročně dochází jak na většině území České republiky, tak i dalších – nejen evropských - států. Přízemní ozon je škodlivý jak pro lidské zdraví, tak i pro ekosystémy a vegetaci. Této látce je tedy třeba věnovat zvýšenou pozornost, a to nejen výši jeho koncentrací v ovzduší, ale i mechanismu vzniku, jeho prekurzorům či vlivu na receptory.

Znepokojující je fakt, že ač v posledních desetiletích se neustále snižují emise znečišťujících látek v ovzduší vedoucí k tvorbě ozonu, úroveň ozonu zůstávají ve velké míře nezměněny.

Důvody pro tento zjevný rozpor s použitím dat z evropské databáze o kvalitě ovzduší the European Air quality data Base a počítačových modelů vyplývají z těchto klíčových zjištění:

Nejdelší časové řady (14 - 16 let) v evropské databázi Airbase jsou k dispozici pro čtyři země. Ty ukazují, že v Nizozemí a ve Velké Británii úroveň přízemního ozonu výrazně klesla (v průběhu 90.let se začala snižovat, poté se ustálila na vyrovnané hladině). Žádné významné trendy nebyly zaznamenány pro Rakousko a Švýcarsko.

Výkyvy počasí v jednotlivých letech mají významný vliv na roční hodnoty ozonu. Rozeznat efekt snížení prekursorů ozonu (mezi prekuzory ozonu řadíme těkavé organické látky a oxidy dusíku, které se při určité intenzitě slunečního záření, teplotě, relativní vlhkosti ovzduší a dalších faktorů účastní fotochemických reakcí vedoucích k tvorbě a kumulaci přízemního ozonu v ovzduší) proto vyžaduje dlouhé časové řady dat ze stabilní monitorovací sítě. Bohužel, prodloužené časové řady nejsou obvykle k dispozici, a to zejména v jižní Evropě, kde znečištění ozonem je hlavním problémem.

Několik neznámých komplikuje pokusy o modelování hodnot ozonu. Významné nejistoty existují, co se týče objemu a šíření mezikontinentálního přílivu ozonu a jeho prekursorů, a taktéž ohledně velikosti a šíření emisí isoprenu z rostlin.

Důležitost meteorologických podmínek pro tvorbu ozonu napovídá, že předpokládané změny klimatu by mohly vést ke zvýšení hladiny přízemního ozonu v mnoha regionech.

Na příkladu ozonu v souvislosti se znečištěním ovzduší a změnami klimatu je vidět, že se jedná o globální problém. Snížení stavu ozonu by se mělo začlenit do lokálních, regionálních i globálních strategií, které současně řeší emise látek znečišťujících ovzduší a skleníkové plyny.

I když je možné účinně snížit koncentrace tzv. klasických škodlivin v ovzduší (SO₂, TZL), snížení koncentrací ozonu vzhledem k jeho složité atmosférické chemii se jeví jako velmi problematické.

Příměsí znečišťující ovzduší mohou ovlivnit nejen lokality nalézající se v bezprostřední blízkosti emisních zdrojů, tedy tzv. **oblasti impaktní**, ale mohou zasahovat i oblasti relativně málo znečištěné, situované ve značné vzdálenosti od zdrojů znečištění ovzduší a to v důsledku **dálkového přenosu** znečišťujících látek, při kterém látky v atmosféře obsažené mohou být

prouděním přenášeny na značné vzdálenosti (řádově stovky i tisíce kilometrů). Značné zatížení lokalit městských a průmyslových v minulosti nebylo vyřešeno výstavbou vysokých komínů u zdrojů. Znečištění ovzduší v oblastech bezprostředně u zdrojů se do jisté míry (někdy i velmi) zlepšilo, problém znečišťování však byl pouze posunut do jiných, dříve čistých oblastí. Znečištění ovzduší v České republice se z hlediska imisního zatížení hodnotí pravidelně každý rok v grafických ročenkách "Znečištění ovzduší na území České republiky" je vydáváno Českým hydrometeorologickým ústavem (ČHMÚ). Hodnocení území je jednak celkové, jednak je pozornost detailněji zaměřena na problematické oblasti, tedy Prahu, severozápadní oblast, Ostravsko a nově i na středočeskou oblast. V hodnocení vývoje v delším časovém období od r. 1988 do r. 2007 lze pozorovat klesající trend ve znečištění ovzduší České republiky oxidem siřičitým a prašným aerosolem a mírně stoupající trend v koncentracích oxidů dusíku (Fiala J. a kol.: Znečištění ovzduší na území České republiky. ČHMÚ, Praha).

Poslední výzkumy v Kalifornii, USA (B. Finlayson-Pitts, Univerzity of Kalifornia, Irvine, July 2009) týkající se spalování fosilních paliv prokázaly, že spalování fosilních paliv uvolňuje látky, které reagují na površích budov nebo silnic ze tvorby atomů chloru, které přispívají ke vzniku fotochemického smogu. V extrémním případě mohou tyto dříve neznámé mechanismy přispívat až 50% podílem ke znečištění ovzduší přízemním ozonem. Tyto reakce nebyly zahrnuty v dosud používaných modelech znečištění ozonem. Vědci z UCI chtějí problematiku dále sledovat a zahrnout tyto mechanismy do matematických modelů. Dříve byl přijat názor, že oxidy dusíku vznikající při hoření paliv jsou odstraňovány z atmosféry reakcí s povrchy. Vědci objevili mechanismus, že když oxidy dusíku reagují s chlorovodíkem v atmosféře, který vzniká z mořské soli unášené větrem a zachycené na povrchu budov, silnic a dalších objektů, vznikají touto reakcí vysoce reaktivní atomy chloru, které urychlují tvorbu smogu. Chlorovodík se nachází také uvnitř budov jako součást čistících prostředků. Tento chlorovodík reaguje s oxidy dusíku a vytvořené sloučeniny reagují ve vnitřním prostředí budov korozně s přítomnými povrchy. Pokud je ve vnitřním prostředí dostatek sloučenin s obsahem chloru, jsou korozní účinky velmi rychlé a destruktivní. Z praxe u nás máme příklad provozu litinového kotle na zemní plyn uvnitř výrobní dílny, kde byl v jedné části dílny odmašťovací kout, kde byl používán perchlorethylen na odmaštění. Za cca 1/2 roku došlo ke kompletní destrukci litinového odlitku kotle na zemní plyn. Z uvedených výsledků je zřejmé, že mechanismy vzniku fotochemického smogu ze všech hledisek nebyly dosud detailně prozkoumány.

4. Analýza procesu spalování pevných paliv

4.1. Spalování dřeva a energetických rostlin

4.1.1. Vlhkost dřeva

Vlhkost dřeva má zásadní vliv na výhřevnost dřeva, neboť voda má velké výparné teplo (potřeba tepla na přeměnu vody ve vodní páru), s rostoucím obsahem vody se snižuje energetický zisk. Z tohoto pohledu je třeba používat dřevo s nejnižším obsahem vody. Vlhkost dřeva lze vyjadřovat jako hmotnostní procento vody k celkové hmotnosti vlhkého dřeva. V dřevařském průmyslu se vlhkost dřeva vyjadřuje jako hmotnostní procento vody k hmotnosti suchého dřeva.

Při takovémto způsobu vyjádření pak může vyjít vlhkost i vyšší než 100%. Například při 60% vlhkosti (to je stále ještě reálně se vyskytující hodnota) vychází podle "dřevařského" vzorce hodnota vlhkosti 150%, což vypadá na pohled trochu nelogicky. Před použitím je tedy třeba dřevo nechat alespoň částečně vyschnout. Všeobecně se doporučuje vlhkost pod 30% a za optimální se považuje vlhkost do 20%, protože té lze ještě dosáhnout běžným sušením pod přístřeškem.

4. 1.2. Složení dřeva

Z chemického hlediska je rostlinná biomasa, tedy i dřevo, tvořena řadou různých sloučenin; ze spalitelných látek mají největší význam celulóza, lignin a pryskyřice. Z nespalitelných látek je pro výhřevnost dřeva významný obsah především vody a dále pak obsah anorganických látek, které tvoří popel.

Celulóza - je nejvýznamnější složka dřeva; je to základní stavební materiál rostlinných buněk. Z chemického hlediska jde o polysacharid složený z velkého počtu navzájem spojených molekul glukózy. Celulóza je hygroskopická; snadno přijímá vodu a vlhne. V suchém stavu je velmi stálá; existuje nicméně řada mikroorganismů, které ji umějí rozložit na jednoduché cukry a energeticky využít (tyto mikrobiální procesy se uplatňují při hnití nebo tlení dřeva).

Vzhledem k tomu, že v celulóze připadá na každý atom uhlíku jeden atom kyslíku, je výhřevnost suché celulózy jen asi 18 MJ/kg.

Lignin - je významnou složkou dřeva stromů; jednou z jeho funkcí je mechanické zpevnění buněčných stěn a také tvoří součást kapilár, které v rostlině vedou vodu a živiny. Tvoří zhruba třetinu hmotnosti dřeva.

Tabulka č11: Obsah jednotlivých složek ve dřevu (hm.%)

Druh dřeva	Celulóza, $-(C_6H_{12}O_6)_n-$	Lignin	Pryskyřice, popel a ost.
Měkké dřevo listnáčů	45	30	25
Měkké dřevo jehličnanů	45	30	25
Tvrdé dřevo	42	20	38

Z chemického hlediska je lignin komplikovaný polymer respektive směs polymerů. Není tvořen ze sacharidů jako celulóza, ale převážně z aromatických alkoholů. Díky tomu není tak hydrofilní (navlhavý) a má i trochu větší výhřevnost než celulóza. Při nedokonalém spalování (pyrolýze) dřeva se z něj uvolňují různé aromatické sloučeniny; např. methoxyfenoly jako je syringol, který je údajně nejvíce zodpovědný za charakteristickou vůni uzeného masa nebo guajakol, který přispívá k jeho chuti.

Pryskyřice - je obsažena ve dřevě jehličnatých stromů a je tvořena převážně směsí uhlovodíků (terpeny). Vzhledem k tomu, že uhlovodíky mají znatelně větší výhřevnost než celulóza nebo lignin, má dřevo jehličnatých stromů obsahujících pryskyřici o trochu větší výhřevnost než dřevo listnatých stromů.

4.1.3. Procesy probíhající při hoření dřeva

Významnou vlastností dřeva (a obecně všech forem biomasy) je značný podíl takzvané prchavé hořlaviny. Při zahřátí na teplotu přes 200°C dochází k rozkladu a tvorbě hořlavých plynů. V důsledku toho, hoří dřevo dlouhým plamenem, což trochu komplikuje konstrukci topenišť na jeho spalování. Do plamene se totiž musí přivést dostatečné množství vzduchu a

musí dojít k jeho promíšení, aby mohly všechny těkavé složky vyhořet. K tomu je také třeba dostatečná teplota, plamen se nesmí příliš ochladit.

Brikety a pelety lze rozdělit na světlé z měkkých dřev, které hoří rychleji, a tmavé z tvrdého dřeva s pomalejším spalováním. Světlá varianta je schopna rychle uvolnit energii a tak je vhodná především na počáteční zátop a rychlé rozehtání studeného obydlí. Černé kůrové brikety naproti tomu v sobě udržují teplo déle, hoří delší dobu, a proto jsou vhodné zejména na noc.

Tabulka č. 12: Obsah prchavé hořlaviny v různých druzích paliva:

Palivo	Výhřevnost [MJ.kg ⁻¹]	Prchavá hořlavina [%]
Koks KO	28,5	1,5
Černé uhlí CUTR	28	20
Hnědé uhlí HUTR	17	55
Dřevo D	18	75
Sláma SA	16	80

Další nepříjemnou vlastností dřeva je obsah vody; to souvisí jednak s jeho vznikem (rostliny vždy obsahují velký podíl vody) a jednak s hygroskopičností hlavní komponenty dřeva - celulózy. Vysušené dřevo opět snadno zvlhne, když je v prostředí s vysokou vlhkostí vzduchu. Obsah vlhkosti ve dřevě má, jak bylo uvedeno výše, zcela zásadní vliv na jeho výhřevnost. Třeba uhlí může při skladování zmoknout, aniž by došlo k nějakému významnému snížení jeho výhřevnosti; spalováním dřeva v mokřem stavu ovšem ztratíme významnou část tepla, které je v něm obsažené.

Při spalování dřeva probíhají následující procesy:

Při zahřívání nejprve nastane odpařování vody, která je ve dřevě přítomná. Protože dřevo má poměrně špatnou tepelnou vodivost a voda má vysoké výparné teplo, dochází u větších kusů dřeva k tomuto procesu ještě dlouho potom, kdy dřevo již na povrchu hoří. Odpařování vody spotřebuje mnoho tepla a velmi efektivně dřevo chladí. Teprve po odpaření vody proto ve vysušené zóně vzroste teplota a začne docházet k uvolňování dalších prchavých látek (např. pryskyřice) a k tepelnému rozkladu (pyrolýza) jednotlivých látek, ze kterých se dřevo skládá. Vzniká směs hořlavých plynů a na roštu zůstává dřevěné uhlí. Udává se, že uvolněná prchavá

hořlavina (plyny) v sobě nese přes polovinu energie ve dřevě obsažené. Hořlavé plyny se vzduchem přiváděným pod rošt (primární vzduch) hoří ve formě dlouhého plamene (primární spalování). Při tomto ale nedochází ke spálení všech spalitelných složek, protože k tomu zpravidla není dostatek kyslíku nebo dostatečně vysoká teplota. Pokud je pod rošt přiváděn nadbytek vzduchu, tak se plamen příliš ochladí a část hořlaviny se vyloučí ve formě sazí (uhlík). Když je kyslíku málo, nemůže docházet k úplnému spálení (oxidaci až na oxid uhličitý). V každém případě to znamená, že ztratíme část energie v palivu obsažené. Z tohoto důvodu je třeba zajistit, aby spalovací komora v níž hoření probíhá měla dostatečně vysokou teplotu t.j. aby byla rozumně tepelně izolována a do plamene se v určité vzdálenosti nad roštem přimíchává takzvaný sekundární vzduch, který umožní dohoření zbylých, dosud nespálených, plynů. Tím se uvolní i zbylá energie v palivu obsažená a do komína pak odchází jen oxid uhličitý, vodní pára a dusík. Vzdušný dusík se spalování prakticky neúčastní; pokud je ovšem teplota plamene dostatečně vysoká dochází v určité míře k reakci dusíku a kyslíku za vzniku směsi oxidů dusíku; tato reakce je z hlediska energetického nevýznamná, nicméně velmi zásadní je z hlediska emisí (oxidy dusíku jsou považovány za škodlivé emise).

Právě délka plamene a nutnost zajistit jeho vysokou teplotu znamená nutnost používat větší ohniště a teplosměnné plochy umístit až za koncem plamene, aby plamen zbytečně neochlazovaly, jinak se tvoří saze, které je zanášejí a pochopitelně se tím také snižuje účinnost spalování.

Na roštu zbývající žhavé uhlí se spaluje pomaleji a nevytváří už dlouhý plamen; v zásadě je jeho spalování analogické jako třeba u koksu. Zpravidla při tom vzniká z části oxid uhelnatý, který se spálí až v místě přívodu sekundárního vzduchu. Pokud došlo k uvolnění veškerých těžkých složek a v topeništi zůstává již jen dřevěné uhlí, je možné snadno regulovat výkon kotle v poměrně širokém rozsahu změnou v přívodu primárního vzduchu.

Zajistit, aby spalování probíhalo výše uvedeným způsobem není v malých topeništích vůbec jednoduché. U velkých kotlů je více možností jak zamezit přílišnému ochlazení plamene a jak dokonale dávkovat do plamene vzduch potřebný k optimálnímu spalování. Např. u kotlů s výkonem 1MW jsou plameny zhruba 5m dlouhé, do horní části plamene se přidává ještě terciární vzduch a celý systém dávkování vzduchu je řízen počítačem na základě údajů o složení spalin a obsahu kyslíku. Dobře vyřešené spálení prchavé hořlaviny je proto důležitou podmínkou dosažení vysoké účinnosti při topení dřevem ve všech jeho formách.

Při spalování dřeva se tvoří také velmi jemný polétavý popílek, který může zanášet kouřové tahy a teplosměnné plochy. Mnohé, zvláště velké, kotle mají proto různá důmyslná zařízení

na odstraňování popílku z povrchu tepelného výměníku (lamel) kotle. U malých kotlů se zpravidla spokojíme s občasným ručním vyčištěním. Většina popela zůstává nicméně na roštu a obecně platí, že ve srovnání s běžným hnědým uhlím produkuje spalování dřeva jen málo popela. Popel je navíc možno využít jako hnojivo na zahradu (má velký obsah draslíku).

Laik pohledem na komín nemůže poznat jakým palivem se v kotli topí. Pokud budeme zjednodušeně uvažovat (např. v retortovém kotli) a budeme spalovat dřevěnou peletu, tříděné černé nebo hnědé uhlí, z komína uvidíme pouze okem nerozeznatelné spaliny jako z plynového kotle. Pouze pokud nasadíme přesné měřicí přístroje, lze rozeznat typ používaného paliva.

Tabulka č.13: Příklady emisní koncentrací pro spalování pelet a uhlí:

Palivo	Dřevěná peleta	Hnědé uhlí	Černé uhlí
CO , mg.m ⁻³	359	261	197 (O _{2ref} = 10 %)
NO _x , mg.m ⁻³	183	408	627
Corg. (TOC), mg.m ⁻³	10	18	15 (O _{2ref} = 10 %)
Účinnost, %	91	85	87

Pro střední zdroje nad 200 kW je hodnota emisního limitu pro CO a tuhá paliva 650 mg/m³. Zařízení kategorizovaná jako střední zdroje znečišťování bývají obvykle lépe technologicky vybavena než zařízení kategorizovaná jako malé zdroje znečišťování. U středních ZZO je větší požadavek na účinnost a na kontinuitu provozu, tudíž tyto kotle jsou lépe vybaveny automatickými regulačními prvky ovlivňující kvalitu spalování, dávkování paliva, dávkování primárního a sekundárního vzduchu a tedy i množství produkujících emisí. Tato zařízení bývají také dražší než malé zdroje znečištění. U malých ZZO znečištění je v současné době trend přibližovat se kvalitou a technologickými vlastnostmi a vybavením k zařízením středních zdrojů znečišťování. Limitujícím faktorem je také cena, kdy vždy na každém zařízení je zohledněn fakt, co je zákazník schopen zaplatit a pro koho je výrobek určen, zda pro firmu, nebo pro jednotlivce či rodinu. Pokud tedy porovnáme zařízení středních a malých ZZO z hlediska technologie a účinnosti spalování, je patrné, že v současné době nejsou malé zdroje znečištění schopny dlouhodobě plnit limity určené pro střední zdroje. U malých zdrojů je předpoklad, že hodnoty emisních koncentrací budou přibližně 2 krát větší než u středních ZZO, tedy cca CO 1250 mg.m⁻³ (1000 ppm). Tato hodnota je např. automatickými kotli splnitelná a je dlouhodobě udržitelná i po několikaletém provozu kotlů. Tento údaj je

potvrzen dlouholetými zkušenostmi z provozu této problematiky. Dým z komína je vidět od koncentrací CO nad 2000 ppm, což odpovídá 2500 mg/m³, tato koncentrace odpovídá mnohým neautomatickým malým topeništím, staršího data výroby, které jsou stále ještě hojně používané. Avšak lze předpokládat postupné nahrazování těchto zařízení technologicky vyspělejšími.

Výhřevnost biomasy z energetických plodin (konopí)

Přestože vysoký obsah celulózy ve vláknech je energeticky zajímavý, největší potenciál má vzhledem k charakteru i objemu „odpad“ ze zpracování stonku, kterým je pazdeří. Dřevité pazdeří tvoří přibližně 2/3 objemu stonku, z hektaru tak můžeme získat kolem 6 tun. Při zpracování získává podobu drobné, jemné štěpky (cca 3 cm délky na 1 cm šířky). Výhřevností kolem 17 MJ/kg si nezádá s kvalitním hnědým uhlím či dřevem. Dá se spalovat v kotlích na dřevo, resp. dřevoplyn, ideálně upravených pro spalování rostlinné biomasy. Výhodou pazdeří oproti dřevu je stabilní vlhkost, konopí se z pole sklízí optimálně při vlhkosti 11 %, před zpracováním stonků ještě dosychá, takže rostlinný materiál má na vstupu vlhkost kolem 7%. Další nesporné plus je objem sklizně, výnosy konopí z hektaru mohou být až 4× vyšší než z lesa, navíc se sklízí každoročně.

Určitou nevýhodou pazdeří může být jeho nízká objemová hmotnost (je cca 2× lehčí než dřevo), i proto se pro energetické účely lisuje do briket a pelet. S rozvojem kogeneračních technologií na pevnou biomasu lze v ideálním případě uvažovat o spalování pazdeří v sypkém stavu nejlépe přímo v místě zpracování. Ušetří se tak energie potřebná k lisování materiálu i doprava.

Pálení pazdeří může stát v cestě opět relativní nevýhodnost takového „zpracování“ oproti dalším možným aplikacím: výrobě stavebních materiálů, nábytku, dopravních prostředků, filtrů či prosté využití jako podestýlky pod malá i hospodářská zvířata (v Evropě nejčastěji koně). Ve všech těchto odvětvích se vlastnosti pazdeří zhodnocují lépe, z ekologického i ekonomického hlediska udržitelněji.

Samozřejmě, pro energii je možné ze sklizně vyčlenit jen určitou část, která umožní (v kombinaci s dalšími obnovitelnými zdroji) pokrýt potřebu výroby, případně místních odběratelů. Zapojit se navíc dají také odpady z výše naznačené výroby. Tady už ale nastupují technologie tzv. druhé generace. Konopné brikety se u nás dnes prodávají od 4,70 Kč za kg, což odpovídá ceně 1,00 Kč.kWh⁻¹.

Při správném nastavení nabízí konopí seté cenově dostupné palivo pro různé typy technologií a odběratelů. Současné potravinové, krmné a materiálové využití surovin mu umožňuje dosahovat výjimečně příznivých bilancí emisí CO₂ (objem spálené hmoty a tedy uvolněného uhlíku je nižší než objem kyslíku vytvořeného během růstu). Většímu využití konopí v energetice i v dalších průmyslových odvětvích zatím brání především nedostatek závodů, které by umožnily plně využít jeho potenciál rovněž jako potenciál jiných energetických plodin (sloní tráva, čirok,...).

4.2. Spalování uhlí

Běžné konstrukční řešení měřených teplovodních kotlů představovalo násypnou šachtu na uhlí. Spalování paliva probíhalo na roštu a to systémem tzv. spodního odhořívání. Z pohledu optimálního řízení spalovacího procesu paliva, v závislosti na požadovaném tepelném výkonu kotle, spočíval hlavní problém v dosažení potřebného poměru palivo/vzduch, který je nutno přizpůsobit požadovanému tepelnému výkonu kotle. Dále bylo nutno dodržovat emisních limitů škodlivých látek při současném docílení maximální tepelné účinnosti kotle.

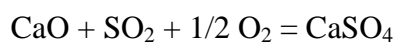
K dobrým výsledkům v provozu a množství emisí přispělo nové konstrukční řešení kotle a to použití rotačního roštu, který současně představuje dávkovač paliva na rošt. Na roštu pak neleží celý obsah násypky paliva, jak tomu bylo původně, ale pouze takové množství paliva, které odpovídá požadovanému tepelnému výkonu kotle. Zásoba paliva je opět v násypce, ale násypka je umístěna mimo spalovací prostor kotle. Toto řešení pak umožňuje řídit potřebný poměr palivo/vzduch dle požadovaného tepelného výkonu kotle. Tepelný výkon kotle pak lze regulovat dle prostorového termostatu s časovým nastavením, který je možno umístit v referenčním prostoru vytápěného objektu.

Toto řešení kotle tak přispělo ke zvýšení jeho tepelné účinnosti. Popsaná konstrukce kotle se uplatňuje jak pro spalování uhlí, tak pro spalování dřevěných peletek.

Při výběru hnědého uhlí je výhodnější volit z pohledu ekologie uhlí z dolu Bílina, které vykazuje cca poloviční měrnou sirtatost než uhlí Most, a to při srovnatelném obsahu popela. Další možností, která směřuje ke snižování emise SO₂, u kotlů v bytové sféře, je použít aditivované palivo. Jako aditivum se nejčastěji používá mletý vápenec nebo hydroxid vápenatý. Obě tyto látky jsou schopny v podmínkách topeniště kotle vytvářet z SO₂ pevný

produkt, a to síran vápenatý, který zůstává v obsahu popele na roštu. Tímto procesem se snižuje obsah oxidu siřičitého ve spalinách odcházejících z kotle.

Základní chemická rovnice pro aditivní odsiřování je ve tvaru



Účinnost odsiřování pochopitelně bude záviset na použité výši podílu aditiva. Pro ilustraci této problematiky jsou dále uvedeny výsledky zkoušek prováděných v kamnech pro domácnosti, publikované v časopise Energetika – Leden/2006 a Květen/2006 (viz. literatura). Měření bylo provedeno na kamnech typu Fikoterm 2U4P. Jako palivo bylo použito hnědé uhlí z Mostecké pánve s obsahem síry 1,32 %. Z hodnot emisní koncentrace SO₂ ve spalinách za kotlem je hodnota minimální pro podíl aditiva ve formě hydrátu vápenatého ve výši 11%. Oproti stavu bez aditiva bylo docíleno stupně odsíření ve výši 94,5%. Aditivované palivo především snižuje emise SO₂ a to velmi podstatně. Při spalování aditivovaných pevných paliv však nedojde ke snížení emise CO₂, která představuje jednu ze složek tzv. skleníkových plynů. Plynofikace přispěla ke snížení této hodnoty vlivem toho, že část plynného paliva ve formě vodíku je spalována na vodní páru.

5. Ekonomika a výhledy do budoucnosti

Každý ekonomický výpočet je zatížen neurčitostí ve zvolených vstupních údajích. Z tohoto důvodu uvádíme komentář k tabulce č.14 ve formě hodnocení trendů a ne konkrétních čísel. Je zcela zřejmé, že nás v příštích letech čeká výrazné zdražování všech typů paliv a to zejména plynu a elektřiny. Největší zdražení ve sledovaném období postihlo rostlinné a dřevěné pelety, dřevo kusové. Jedná se o paliva podporovaná ekology a paliva pro dotované kotle. Cena pelet, která je dána cenou suroviny, velkým obsahem spotřebované elektřiny na lisování a zájmem na západoevropském trhu, nás velmi znevýhodňuje. U rostlinných pelet je topení s nimi sice obdobné jako topení peletami dřevěnými, ale každá rostlinná peleta je rozdílná dle materiálu z něhož vznikla. Zejména zvýšená koroze kotlů je většinou velkou nevýhodou používání tohoto paliva.

Tabulka č.14: Porovnání nákladů na vytápění (RD roční spotřeba 120 GJ, vytápěný prostor 370 m³)

	2005 (tis.Kč.r ⁻¹)	Relativně (kusové dřevo = 1,00)	2010 (tis.Kč.r ⁻¹)	Relativně (uhlí = 1,00)	2010 Kč.kWh ⁻¹	Nárůst 2005/ 2010 %	Výhled 2020(rostlinné pelety = 1,00)
HUTR	15,4	1,11	15,8	1,00	0,48	103	0,58
CUTR	24,6	1,77	24,9	1,58	0,76	101	0,85
KO	30,5	2,19	31,2	1,97	0,95	102	1,22
Dřevo kusové	13,9	1,00	18,7	1,18	0,57	135	0,66
Dřevěné brikety	24,4	1,76	26,8	1,70	0,82	110	1,19
Dřevěné pelety	21,8	1,57	34,4	2,18	1,13	170	1,29
Dřevní štěpka	16,0	1,15	20,9	1,32	0,64	131	0,80
Rostlinné pelety (konopí)	15,6	1,12	24,3	1,54	0,86	181	1,02
Obilí	16,7	1,20	18,8	1,19	0,60	119	1,15
Zemní plyn	29,3	2,11	30,5	1,93	0,96	108	1,35 (1,14)
Propan	40,7	2,93	41,2	2,61	1,26	101	1,52
LTO Ex	39,6	2,85	40,3	2,55	1,23	102	1,39
Elektřina akum. sazba D26	40,9	2,94	42	2,66	1,28	103	1,59
Elektřina přímotop sazba D45	52,2	3,76	52,5	3,32	1,60	101	1,95
Tepelné čerpadlo	19,1	1,37	20,5	1,30	0,63	107	0,90
CZT	28,6	2,06	29,4	1,86	0,96	110	1,26

Poznámka: U rostlinných pelet není uvedena hodnota 1,00 ale 1,02 z důvodu citování údaje o rostlinných peletách pouze z konopí, ne obecně rostlinných pelet, kde je při použití směsi více druhů rostlin brána hodnota 1,00.

Z výhledu pro další období vyplývají následující závěry:

- v budoucnosti bude nutné spalovat paliva v zařízení **o co nejvyšší účinnosti**, tímto způsobem bude možno snížit výdaje za topení u plynových kondenzačních kotlů pod cenu tepla z peletek, propanu, topného oleje a dřevěných briket. Z tohoto pohledu vychází nejlépe plynový kondenzační kotel, cena vyrobené energie z tohoto kotle by měla být menší a účinnost spalování vysoká
- nejvýhodnější je ekonomicky (nejlevnější) vyrobené teplo získáno z hnědého uhlí (nevýhodou jsou však vznikající emise)
- z ušlechtilých zdrojů bude i přes počáteční vysokou investici výhodné tepelné čerpadlo

Při ekonomickém a zároveň ekologickém chování budou v budoucnosti efektivní tyto technologie výroby tepla:

- použití hnědého uhlí v moderních kotlích s aut. dávkováním s úč. spal. nad 90%
- spalování zemního plynu v kondenzačních kotlích s účinností kolem 107%
- spalování rostlinných a dřevěných pelet v moderních kotlích
- využití tepla okolního prostředí (tepelného čerpadla) na vytápění s vysokým topným faktorem

Dále připadá v úvahu ještě spalování kusového dřeva, kde však budou problémy s plněním emisního limitu, pokud budou emisní limity zavedeny. Jinak cena tepla z tohoto zdroje bude jedna z nejnižších.

Dosavadní ceny peletek a briketek byly výrazně pod dlouhodobým průměrem. Do konce roku 2008 se například cena briket z měkkého dřeva pohybovala okolo 3 500 Kč/t. Nízkou cenu zapříčinily předchozí mírné zimy, kdy zejména brikety nešly na odbyt a po dva roky se hromadily ve skladech. Výrobci se jich chtěli zbavit a snižovali cenu. Díky tomu se brikety a pelety dostaly výrazně pod cenu plynu a dokonce i pod náklady na vytápění černým uhlím. Jakmile však byla zásoba skladovaných pelet a briket vyprodaná, cena paliv stoupla.

Postupné zdražování je tak logické. Jedná se o návrat cen do normální hladiny. Návrat však znepříjemňuje současná ekonomická recese, díky níž mohou ceny vystoupat naopak do

nadprůměrných výšin, extrému do extrému. V současnosti nabízí distributoři měkké brikety za cenu od 4 000 Kč/t, tvrdé brikety a pelety okolo 5 000 Kč/t. Ekonomická krize způsobuje, že dřevozpracující podniky buď nevyrábí, nebo vyrábí pouze 3 dny v týdnu. To znamená, že je velmi málo surovin pro výrobu ekopaliv, a tak se jejich cena zvyšuje. Nedostatek pilin (primární suroviny pro výrobu briket a peletek) dokonce zvedl jejich cenu dvojnásobně! Pokud se udrží, bude muset růst i cena paliv.

Aktuální cena peletek i briket (4 000-5 000 Kč/t) je přitom stále nižší než v zahraničí. V Rakousku či Itálii přesahuje 200 eur/t (cca 5600 Kč) a kvůli nepříznivé situaci je možné očekávat její další navýšení. Ceny briket a peletek pravděpodobně již brzy překonají náklady na vytápění uhlím a přiblíží se plynu.

Pokud by cena pelet a briket překročila 5 500 Kč/t, zvýšily by se roční náklady na vytápění až o sedm tisíc ročně. Průměrná domácnost by zaplatila za brikety 34 tisíc (namísto aktuálních 25 tisíc), vytápění peletkami by mohlo běžný rodinný dům přijít na 28 tisíc Kč (oproti současným 22 tisícům). Pro srovnání: vytápění plynem by při současných cenách přišlo na 36 tisíc.

Problémem by nicméně mohl být krátkodobý nedostatek briket i peletek před začátkem nebo v průběhu topné sezóny. Záležet bude na aktuální produkci dřevozpracujícího průmyslu, ale i také na situaci v zahraničí. Velká část českých výrobců pelet a briket se totiž orientuje spíše na export než na domácí trh. Náhlý nárůst poptávky by tak mohl způsobit akutní nedostatek paliv v tuzemsku.

Alternativou by mohl být dovoz ze zahraničí, na českém trhu se objevuje množství výrobků zejména z Ukrajiny. Nižší cenu nicméně zákonitě vyvažuje i nižší kvalita: ať už způsobu balení, či samotné brikety s nižší výhřevností.

Cenu nicméně ovlivňuje i lokalita zákazníka. Dopravu může výrazně prodražit absence distributorů pelet v některých oblastech (aktuálně například na Ústecku). Dovoz několika tun paliva na delší vzdálenosti totiž rozhodně není levnou záležitostí.

Odhadovat situaci v polovině roku 2010 je obtížné. Ekonomická recese může výrazně zamíchat obory, s nimiž je výroba briket a peletek svázaná. Je možné, že před topnou sezónou dojde k nepříjemnému souběhu vysoké ceny a zároveň nedostupnosti biomasy. Kotle na brikety dokáží spálit i obyčejné dřevo, majitelé kotlů na pelety však nemají alternativu. Jim by případná nedostupnost biomasy způsobila největší potíže.

Zda-li se předčasný nákup vyplatí, ukáže však až čas. Na rozdíl od vytápění plynem či elektrinou se majitelé kotlů na biomasu nemohou spolehnout na regulace a musí sledovat vývoj cen. Díky tomu mohou nákupem ušetřit ročně několik tisíc korun, ale také zaplatit více, pokud nakoupí v nevýhodné době.

V průběhu let cca 1999 až 2003 proběhla rozsáhlá aktivita v plynofikaci měst a obcí. V důsledku plynofikace došlo ke snížení spotřeby energie vstupující do energetického zdroje ve formě paliva, s ohledem na vyšší tepelnou účinnost plynových kotlů oproti kotlům na pevná paliva. Na základě změny palivové základny, z pevných paliv na zemní plyn, vychází následující dosažitelná úspora.

Tabulka č.15: Porovnání paliv při změně palivové základny

Použité palivo	Tepelná účinnost zdroje %	Dosažitelná úspora vstupující energie plynofikací v %
Koks	69	16
Černé uhlí	68	17
Hnědé uhlí netříděné	62	23
Hnědé uhlí tříděné	66	19
Kusové dřevo	80	5

Pro kotle na zemní plyn do výkonu 500 kW je pro vyhodnocení uvedené v tabulce uvažována tepelná účinnost 85%.

Současně se snížením spotřeby vstupující energie (paliva) přispěla uvedená plynofikace i ke snížení emisí škodlivých látek odcházejících do ovzduší. Nepříznivý vývoj cen paliv, především zemního plynu a elektrické energie, však může negativně ovlivnit výše uvedené přednosti tím, že bude docházet z ekonomických důvodů k postupnému návratu k levnějším pevným palivům. Tento trend by mohlo přibrzdit legislativní opatření formou zpoplatnění emisí u malých tepelných zdrojů.

Cena tepla na výstupu z tepelného zdroje závisí na:

- současné ceně daného paliva
- na použité hodnotě tepelné účinnosti zdroje

Proto byly pro porovnání uvedené v tabulce použity hodnoty minimální účinnosti výroby tepelné energie pro palivové kotle dle vyhlášky MPO č. 150/2001 Sb.

Ekologická paliva (zemní plyn, peletky a brikety ze dřeva a koks) vykazují podstatně vyšší cenu energie na výstupu z tepelného zdroje, než zbývající porovnávaná pevná paliva. S ohledem na ceny energie lze u spotřebitelů očekávat upřednostňování uhlí a kusového dřeva oproti dražším palivům. Při použití vhodného typu kotle, s dosahovanou vyšší tepelnou účinností, lze u uhlí ještě snížit cenu tepla na výstupu ze zdroje.

Časový cenový nárůst energie ze zemního plynu dokresluje uváděné skutečnosti. Pro ilustraci je uveden vývoj cen zemního plynu v letech 2002 až 2006. Aby byly použity konkrétní vstupní údaje, bylo počítáno s roční spotřebou plynu 4434 m³/rok (to je 151 GJ/rok = 41944 kWh/rok). Při použití těchto údajů je vývoj cen a jejich nárůst v % patrný z tabulky č.16.

Tabulka č.16: Vývoj cen vybraných druhů energií

Rok	Cena plynu Kč/m ³	Cena tepla Kč/GJ	Nárůst ceny v % k roku 2002
2002	6,67	196	0
2003	6,67	196	0
2004	7,05	206,97	5,69
2005	7,48	219,82	12,14
2006	10,34	303,62	55,02
2020	19,5	přibližná cena Rakousko a Německo	

Z předchozích uvedených hodnot v tabulce č. 15 a 16 je patrné, že při porovnání cen paliv, vztažených k roku 2002, došlo u zemního plynu k navýšení ceny o 55% (a u černého uhlí o hodnotu 39,4%). U hnědého uhlí se jedná o nejnižší nárůst, a to o 4,5% a u koksu o 18,9%. Nejnižší vývojový časový trend nárůstu ceny pevných paliv vykazuje jednoznačně hnědé uhlí. Z ekonomických důvodů tato skutečnost signalizuje možnost návratu spotřebitelů k používání tohoto paliva. Negativně by se tato skutečnost projevila opětovným zvýšením emisí škodlivých látek do ovzduší. Především by se jednalo o emise SO₂ ze spalovacího procesu. Aby se tento vliv co nejvíce eliminoval je nutno zvolit takový druh hnědého uhlí, který má

nízký obsah síry. V současné době se aditivované palivo pro spalování v kamnech nevyrábí. Použití v domácnostech je možno předpokládat v důsledku zpřísnění legislativy.

Doporučení do budoucnosti pro výběr spalovacího zařízení

Úvodem je nutno uvést, že přednost před spotřebou energie má její úspora, což znamená především důraz na snižování tepelných ztrát zateplením. Výběr spalovacího zařízení je následným krokem. Doporučujeme přirozený vývoj a rozumně regulovaný energetický trh. Každý ať si vybere vhodné médium dle místních možností a výše svého příjmu. Doporučujeme rozumné řešení - podpora moderních kotlů na dřevo, uhlí, pelety, štěpku, kondenzačních kotlů, tepelných čerpadel s kvalitním spalovacím procesem a vysokou účinností a tlak na odstranění starých klasických kotlů, které nevhodně vedeným spalovacím procesem mohou způsobovat znečištěné prostředí dnešních obcí a menších měst. Doporučujeme energetický mix. Stabilní systém vytápění (např. Evropy) je ten, který má možnosti více zdrojů, neboť každý je vhodný do jiné oblasti a pro jiného spotřebitele. Nezáleží tolik na typu paliva, ale na kvalitě spalování.

Doporučení pro zásobování teplem – výběr zařízení

- rozhodnutí, jaké budu používat palivo s výhledem na 10 let
- představu, jak se bude cena tohoto paliva vyvíjet
- představu, jaká bude dostupnost tohoto paliva
- kalkulace pořizovacích a provozních nákladů, pohodlí obsluhy a četnost příkládání
- kotel třídy 3, dle evropské normy ČSN EN 303-5, což znamená kvalitní spalování, při němž emise splňují zákonné parametry

6. Legislativní vývoj topení v lokálních topeništích (tuhá paliva)

V plném běhu jsou připravovány a diskutovány předpisy pro malé zdroje tj. zejména pro rodinné domy. Čím přísnější měřítka (o emisních limitech pro kotle v domácnostech se u nás zatím neuvažuje) budou nastavena, tím dražší kotle bude nutné používat a to bude zvyšovat cenu tepla. Z toho logicky vyplývá, že nově stanovené měřítka splní pouze automatické kotle s řízeným dávkováním paliva resp. kondenzační kotle.

Vývoj v oblasti regulace malých zdrojů bude představovat postupné zavádění plnění emisních parametrů nejdříve pro nové zdroje a postupně i pro již provozované zdroje znečištění ovzduší. Vývoj spěje k používání zdrojů s vysokou účinností. Jako kulisa pro večerní posezení může být krb příjemný, avšak pro hlavní vytápění domu není ideální. Cenovou politiku v umělém zdražování tuhých paliv různými daněmi je možno přirovnat k napínání gumy, která začíná být velmi napjatá. Cca 500 tisíc domácností topí uhlím. Jelikož ceny paliv jsou jako spojené nádoby, zdražením některých paliv se automaticky ostatní dorovnají na srovnatelnou úroveň dle jejich atraktivity a použitelnosti. Ve stádiu přípravy je nový zákon o ochraně ovzduší, kde je připravováno ve vztahu k malým zdrojům zpřísnění, revize a pokuty za neplnění požadavků ochrany ovzduší. Přínosem pro řešení situace může být osvěta a ekologická výchova občanů.

7. Vyhodnocení naměřených dat

Cílem práce bylo zjistit emise základních znečišťujících látek TZL, SO₂, VOC, CO, NO_x a B(a)P jako zástupce polyaromatických uhlovodíků vznikajících při spalování pevných paliv z malých zdrojů o výkonu od 14 kW do 199 kW při reálném provozu, vyhodnotit emise a emisní faktory a uvést možné způsoby řešení stavu v této oblasti.

Byly měřeny kotle používající různé typy paliva: kusové dřevo (suché i mokré), dřevní štěpku, černé i hnědé uhlí a dřevěné pelety při provozním režimu kotlů: 40-60% výkonu a 90-100% výkonu kotle.

U vybraných kotlů byly provedeny speciální krátkodobé testy - spalování plastových lahví, mokrého paliva a paliva jiné specifikace, než doporučuje výrobce. U vybraných kotlů byl rovněž proveden snímek celého pracovního dne kotlů od zatopení až po vyhasnutí, viz tabulka č.17.

Tabulka č.17: Seznam měřených kotlů, provozních stavů a paliv

Výkon kotle v kW	Provoz během měření	Konstrukce pro palivo	Použité palivo
199*	90-100 %	Dřevní štěpka	Štěpka
199*	40-60%	Dřevní štěpka	Štěpka
48*	90-100 %	Hnědé uhlí	HU ořech II
48*	40-60%	Hnědé uhlí	HU ořech II
33	90-100 %	Hnědé uhlí	HU kostka
33	40-60%	Hnědé uhlí	HU kostka
30	90-100 %	Dřevo	HU ořech I
30	40-60%	Dřevo	HU ořech I
30	50-90 %	Dřevo	Dřevo (mokré a suché)
14*	90-100 %	Krb na dřevo	Kusové dřevo měkké
14*	40-60%	Krb na dřevo	Kusové dřevo měkké
58,1	90-100 %	Černé uhlí	Černé uhlí tříděné
58,1	40-60%	Černé uhlí	Černé uhlí tříděné
58,1	40-60 %	Černé uhlí	PET lahve
24	90-100 %	Dřevěné pelety	Dřevěné pelety
24	40-60%	Dřevěné pelety	Dřevěné pelety
27	50-90%	Uhlí	Kusové dřevo měkké

* snímek celého pracovního dne

7.1. Vyhodnocení emisí benzo(a)pyrenu B(a)P

Byl volen zástupce PAU (polyaromatických uhlovodíků), pro který je v legislativě stanoven emisní limit. Lokální topeniště spalující pevná paliva jsou zdrojem emisí PAU. Emisní bilance PAU provedená ČHMÚ dokládá potřebu řešení emisí domácností. Podíl těchto zdrojů je nejvýznamnější.

Závěry z hodnocení emisí B(a)P:

- nejvyšší emisní koncentrace byly stanoveny při spalování PET lahví v malých kotlích (zde výkon 58 kW). Emisní koncentrace byla až 10 x vyšší, než při spalování dřevěných pelet v kotli konstruovaném pro tento typ paliva
- nejnižší emise B(a)P byly zjištěny při spalování suchých dřevěných pelet v kotli určeném a konstruovaném na tento typ paliva (viz. tabulka v příloze č. 1, 2)
- při spalování ostatních paliv (HU kostka, ořech, polenové dřevo, mokré dřevo a černé uhlí) byly pro všechny druhy paliva emisní koncentrace podobné. Druh paliva příliš množství emisí neovlivnil (viz. tabulka v příloze č. 1, 2).
- emise B(a)P byly obecně nižší, pokud byl kotel provozován na plný výkon 90-100%, než při provozu na poloviční výkon (40-60%). Větší rozdíly byly při spalování uhlí než dřeva (viz. tabulka v příloze č. 1, 2)
- emisní koncentrace se pohybovala v rozmezí 5,6-69 mg.m⁻³, což odpovídá údajům nalezeným v literatuře k této problematice (viz. tabulka v příloze č. 1, 2)

Závěr:

- emise B(a)P při spalování dřeva jsou přibližně stejné jako při spalování uhlí
- významně vyšší emise B(a)P byly zjištěny při spalování odpadních PET lahví
- významně nižší emise B(a)P byly zjištěny při spalování suchých pelet z biomasy
- náhrada topení uhlím změnou paliva na dřevo emise B(a)P nevyřeší, tyto emise budou přibližně stejné jako při spalování uhlí
- podle výsledků měření bylo dosaženo nižších emisí B(a)P a i hmotnostního toku B(a)P a emisních faktorů při spalování suchých pelet v kotli konstruovaném na spalování tohoto druhu paliva
- problém znečištění ovzduší B(a)P nespočívá v kvalitě paliva, ale hlavně ve způsobu vytápění

Doporučené způsoby vytápění:

- nepálit vlhké dřevo
- nepálit plasty a obecně ani žádné jiné druhy odpadů
- používat palivo, vhodné do daného kotle

Největším antropogenním zdrojem PAU je vytápění domácností s podílem kolem 66%. Podíl biomasy na produkci emisí PAU z malých zdrojů je 50% ač představuje okolo ¼ hmotnosti spáleného paliva.

7.2. Vyhodnocení emisí tuhých látek

Tuhé částice vznikají jako jedna z hlavních znečišťujících látek při spalování pevných paliv v malých kotlích. Jedná se o částice různých velikostí a tvarů, původu, složení a struktury. Částice ve vzduchu se dělí na primární, tj. ty, které jsou emitovány přímo z přírodních nebo antropogenních zdrojů a sekundární částice, které se tvoří v atmosféře z plynných prekursorů (NO_x , SO_2 , NH_3).

Význam prekursorů je vidět například u kotlů na pelety z biomasy, kde biomasa použitá pro jejich výrobu (pelet) má zvýšený obsah dusíku. V topeništi těchto moderních kotlů je vysoká teplota a tedy i podmínky pro tvorbu oxidu dusíku. Protože oxidy dusíku mají vysoký potenciál pro tvorbu sekundárních částic (v literatuře uváděná hodnota $\text{NO}_x = 0,8$). Hodnota je číslo, kterým se násobí množství primárních částic a udává množství sekundárních částic). Paradoxně mohou tyto kotle vypouštět poměrně málo emisí primárních částic, ale pokud vypouštějí velké množství prekursorů sekundárních částic, může být celková koncentrace tuhých částic v okolí zdroje velmi vysoká a vyšší, než ze zdroje, který má vysoké emise primárních částic (viditelného kouře), ale velmi nízké emise prekursorů sekundárních částic.

Z výše uvedeného je patrné, že to, jaká bude celková koncentrace tuhých částic v ovzduší, které dýcháme, je velmi složitý problém a řešení není jednoduché. I z tohoto pohledu je lepší vůbec energii nevyrobit (zateplení), než řešit důsledky její výroby.

Z hlediska emisí nejsou stanoveny obecné emisní limity pro frakce tuhých částic PM_{10} a $\text{PM}_{2,5}$, které se považují za mnohem zdravotně škodlivější, než velké částice.

Obecné emisní limity dle vyhl. 205/2009 Sb. (platné od 7.2009)

TZL 200 mg.m⁻³ pro hmotnostní tok < 2.5 kg.h⁻¹

150 mg.m⁻³ pro hmotnostní tok > 2.5 kg.h⁻¹

Emisní limity pro velké a střední spalovací zdroje znečištění ovzduší

TZL (uhlí a biomasa) 250 mg.m⁻³, o výkonu ≤ 5 MW

Největším antropogenním zdrojem prachů představovaných částicemi PM₁₀ je v ČR vytápění domácností (kolem 35%). Tyto zdroje se podílejí na emisích zdravotně nejnebezpečnějších malých částic cca 54% tj. podíl této frakce částic je při spalování biomasy vyšší než u jiných druhů pevných paliv.

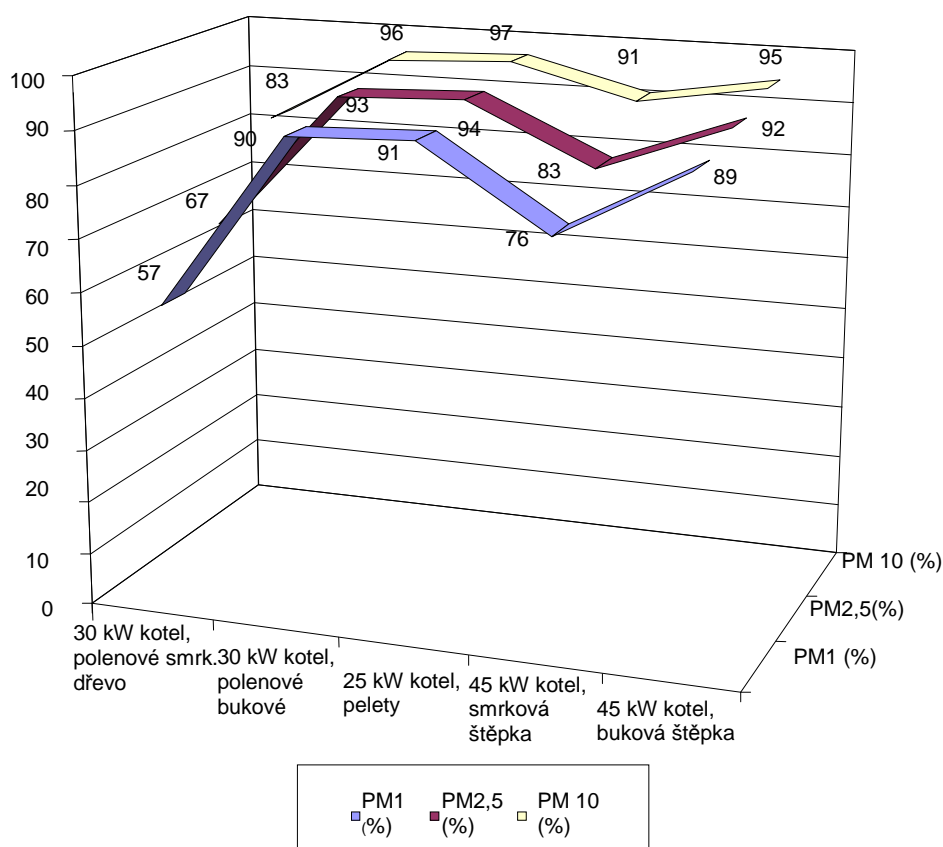
Z měřených 17 provozních stavů, 5 stavů překročilo emisní limit pro velké a střední spalovací zdroje.

Tabelovaný emisní faktor pro spalování dřeva 5,2 kg.t⁻¹ spáleného paliva uvedený ve vyhl. 205/2009 Sb. nebyl většinou dosažen. Nejvyšší emisní faktor byl při spalování PET lahví v kotli na černé uhlí.

Grafické znázornění distribuce částic u kotlů. Z grafu vyplývají tyto závěry:

- největší podíl malých částic produkuje kotel na spalování pelet (nejvíce částic PM₁ a celkově 97% všech částic do PM₁₀)
- tvrdé bukové dřevo produkuje menší částice, než měkké smrkové dřevo (mechanismus tvorby částic souvisí s procesem hoření a strukturou materiálu a schopností uvolňování částic při hoření, měkká dřeva hoří rychleji a tvoří větší částice)
- dřevěné štěpky mají vyšší emise TZL než pelety nebo tvrdé polenové dřevo (mechanismus u štěpky je stejný jako v bodě výše. U pelet je struktura dřeva lisováním upravena a zhutněna – vyšší měrná hmotnost a pelety se tedy chovají jako tvrdé dřevo)
- emise TZL ze štěpky nebo měkkých dřev jsou až 2 x vyšší než z tvrdého polenového dřeva

Obrázek č. 16: Grafické znázornění distribuce emitovaných částic



Tabulka č.18: Velikosti částic emitovaných kotlů na TP

Velikostní distribuce částic emitovaných z moderních kotlů na biomasu				
Zdroj emisí	PM ₁ (%)	PM _{2,5} (%)	PM ₁₀ (%)	TZL, mg.Nm ⁻³
30 kW kotel, polenové smrk. dřevo	57	67	83	29
30 kW kotel, polenové bukové dřevo	90	93	96	17
25 W kotel, pelety	91	94	97	21
45 kW kotel, smrková štěpka	76	83	91	29
45 kW kotel, buková štěpka	89	92	95	35

Uvedená data jsou převzata z literatury. Jedná se o zdroje, které byly měřeny v Německé spolkové republice.

Zdroj: Technoly und Forder Zentrum im kompetenzzentrum für nach Wachsende Rohstoffe. – návrh německé emisní normy.

Závěr:

Spalování biomasy v moderních podporovaných zařízeních (pelety, tvrdé dřevo) vede k tvorbě více jak 90% částic PM_{10} , které jsou vzhledem k malé hmotnosti dlouho v ovzduší, sedimentují pomalu a tedy i jejich záchyt v dýchacím traktu může být vyšší než částic o větším průměru, které sedimentují rychleji. Tyto částice vnášejí nekondenzované PAU a další látky hluboko do organismu a tím mohou způsobit větší zdravotní problémy. Z hlediska emisí tuhých částic nelze spalování tuhých paliv obecně podporovat. Důvody pro biomasu jsou uvedeny výše. Při spalování uhlí vznikají rovněž emise tuhých částic na kterých jsou sorbovány organické látky a těžké kovy (viz. kapitola 7.1.). Přílišné využívání moderních kotlů na dřevo bez čištění spalin by vedlo ke vnášení do ovzduší velkého objemu velmi malých a nebezpečných částic a jejich setrvání v atmosféře a tím i příjem lidmi přes dýchací systém bude vyšší.

Z hlediska emisí neexistuje nevhodné (špatné) palivo, existují pouze špatné způsoby, jak konkrétní palivo spálit (za jakých podmínek). Emise B(a)P jsou závislé na způsobu spalování určitého druhu paliva.

Spalování je z chemického hlediska chemickou reakcí a to reakcí prvků a sloučenin přítomných v palivu s kyslíkem a ostatními plyny přítomnými ve spalovacím vzduchu. Získávání tepla tímto způsobem je tedy velmi složitou soustavou chemických reakcí při různých teplotách, jaké existují ve spalovacím prostoru. Tvorba aromatických sloučenin s kondenzovanými jádry je složitou reakcí.

Z hlediska možnosti sledování a ovlivnění reakčních podmínek jsou lepší centrální kotelny s rozvody tepla teplonosným médiem (většinou horká voda) než jednotlivé kotelny domácností, kde není trvalá obsluha a provoz je řízen pouze manuálně.

Celkově spalování pevných paliv (ať již fosilních nebo obnovitelných) vede k emisím oxidu uhličitého jako makrokomponenty a ostatních plynů (oxidu uhelnatého, oxidů dusíku a síry). Z tohoto důvodu je nejlepší primárně podporovat opatření, kde není energie potřeba tj. zateplení před podporou samotných energetických zdrojů. Primárním zájmem by měla být podpora nízkoenergetických řešení bydlení a výroby a to úspory všech energií.

Z výše uvedených důvodů jsou v Německu navrhovány limity pro spalování biomasy:

Tabulka č.19: Navrhované emisní limity pro malé zdroje – kamna (kotle)

Navrhované emisní limity pro spalování biomasy v Německu pro kamna a krby					
Typ zařízení	min. účinnost	CO mg.m ⁻³ (13% O ₂)	CO mg.m ⁻³ (13% O ₂)	TZL mg.m ⁻³ (13% O ₂)	TZL mg.m ⁻³ (13% O ₂)
	%	Návrh	po 31.12.2014	návrh	po 31.12.2014
Kamna s plochým prostorem spalování	73	2000	1250	100	40
Kamna plněná	70	2500	1250	100	40
Akumulační kamna	75	2000	1250	100	40
Uzavřené krby	75	2000	1250	100	40
Kachlová kamna (plochý spalovací prostor)	80	2000	1250	100	40
Kachlová kamna (plněný spalovací prostor)	80	2500	1250	100	40
Kamna na vaření	70	3000	1500	100	40
Kamna (kotle) pro centrální topení a vaření	75	3500	1500	100	40
Kamna (kotle) na pelety bez vodního výměníku	85	400	250	50	30
Kamna (kotle) na pelety s vodním výměníkem	90	400	250	30	20

Poznámka: Emisní limity platí pro koncentrace ve vlhkém plynu, tlaku 101,325 kPa a teplotě vlhkých spalín 273,15 K (normální stavové podmínky).

Vyhodnocení emisních faktorů pro tuhé znečišťující látky:

e.f. dle přílohy č.2 vyhlášky 205/2009 Sb. ze dne 3.7.2009 pro zdroje do 50 kW:

pro dřevo..... 5,2 kg.t⁻¹

pro TP mimo ČU, KO a dřevo(1 - 100) kg.t⁻¹ dle typu roštu a obsahu popele

e.f. pro maximální výkon měřených kotlů 0,5-6 kg.t⁻¹

e.f. pro poloviční výkon měřených kotlů 0,1-5 kg.t⁻¹

Měřená zařízení na dřevní štěpku a pelety mají e.f. přibližně stejný nebo nižší než e.f. uvedený ve vyhlášce 205/2009 Sb. Pro mokré dřevo je e.f. 2,4 kg.t⁻¹ paliva. Nejvyšší e.f. byl vyhodnocen při spalování plastů (odpadů).

Emisní faktory pro měřené malé zdroje obecně vycházejí pro tuhé znečišťující látky přibližně stejné jako jsou uvedené e.f. ve vyhlášce, tj. tyto malé zdroje vykazují v reálném provozu přibližně stejné emise jak předpokládá vyhláška.

7.3. Vyhodnocení emisí oxidu uhelnatého

Podle výsledků měření z měření 17 provozních stavů vyhovuje emisnímu limitu pro střední zdroje 650 mg.m^{-3} pouze jeden provozní stav a to provoz kotle 24 kW na dřevěné pelety, na plný výkon. Emise CO v tomto případě dosahují 80% emisního limitu výše uvedeného. Z tohoto srovnání vyplývá, že emise oxidu uhelnatého u malých zdrojů jsou velmi významné. Podíl emisí malých zdrojů je cca třetinový a srovnatelný s podílem mobilních zdrojů.

Vzhledem k tomu, že úroveň emisí oxidu uhelnatého svědčí o správném nastavení spalovacích poměrů a optimálním nastavení přívodu spalovacího vzduchu, je vidět, že správné nastavení poměrů v technologii spalování nebylo na žádném zařízení optimální. Je tedy na místě otázka centrálních zdrojů s odbornou proškolenou obsluhou kotle.

Vyhodnocení emisních faktorů pro oxid uhelnatý:

e.f. dle přílohy č. 2 vyhlášky 205/2009 Sb. ze dne 3.7.2009 pro zdroje do 50 kW:

pro dřevo $1,0 \text{ kg.t}^{-1}$

pro TP mimo CU, KO a dřevo $0,5 - 1,0 - 45,0 \text{ kg.t}^{-1}$ dle typu roštu

e.f. pro maximální výkon měřených kotlů $8-94 \text{ kg.t}^{-1}$

e.f. pro poloviční výkon měřených kotlů $11-59 \text{ kg.t}^{-1}$

Měřená zařízení na dřevní štěpku a pelety mají e.f. 10 až 20 kg.t^{-1} paliva tj. o řád vyšší než e.f. uvedený ve vyhlášce 205/2009 Sb. Pro mokré dřevo je e.f. až 59 kg.t^{-1} paliva.

Emisní faktory pro malé zdroje obecně vycházejí výrazně vyšší než jsou uvedené e.f. ve vyhlášce, tj. tyto malé zdroje vykazují v reálném provozu významně vyšší emise oxidu uhelnatého než předpokládá vyhláška. Vyšší emise CO mohou znamenat, že uhlík v palivu byl spálen nedokonale, vzniklo více tuhých částic (sazí). Vzhledem k tomu, že lokální topeniště jsou provozována občany a malými institucemi, může zlepšení a nápravu přinést

dozdržení podmínek kontroly spalínových cest a stanovení účinnosti spalování na nich, bylo by vhodné doplnit i revizi lokálních topenišť.

7.4. Vyhodnocení emisí oxidů dusíku

Podíl oxidů dusíku na emisích v ČR z malých zdrojů je nejmenší ze sledovaných znečišťujících látek. Podíl sledovaných malých zdrojů je pod 10% všech emisí NOx.

Vyhodnocení emisních faktorů pro oxidy dusíku:

e.f. dle přílohy č. 2 vyhlášky 205/2009 Sb. ze dne 3.7.2009 pro zdroje do 50 kw:

pro dřevo 0,7 kg.t⁻¹

pro TP mimo ČU, KO a dřevo 1,9 – 27,5 kg.t⁻¹ dle typu topeniště

e.f. pro maximální výkon měřených kotlů 0,4-2,6 kg.t⁻¹

e.f. pro poloviční výkon měřených kotlů 0,3-2,4 kg.t⁻¹

Měřená zařízení na dřevní štěpku a pelety mají e.f. 0,3 resp. 0,7 kg.t⁻¹ paliva tj. přibližně stejný nebo mírně nižší než udává vyhláška 205/2009 Sb. Pro mokré dřevo je udáván e.f. 0,5 kg.t⁻¹ paliva.

Emisní faktory pro malé zdroje obecně vycházejí přibližně stejné nebo nižší, než jsou uvedené e.f. ve vyhlášce, tj. tyto malé zdroje vykazují v reálném provozu přibližně stejné nebo nižší emise oxidů dusíku než předpokládá vyhláška.

7.5. Vyhodnocení emisí organických látek

Emise organických látek jsou na stejné úrovni jako emise tuhých látek tj. více než 1/3 všech emisí organických látek. Ze stacionárních zdrojů emisí je podíl malých zdrojů prakticky dvoutřetinový a jedná se tedy o nejvýznamnější zdroje emisí organických látek ze hlediska stacionárních zdrojů emisí. Pokud bychom porovnali emise s obecným emisním limitem uvedeným ve vyhlášce 205/2009 Sb. a to 50 mg.m⁻³, splní tento emisní limit celkem 6 měřených provozních stavů ze 17ti tj. 35%.

Vyhodnocení emisních faktorů pro organické látky:

e.f. dle přílohy č.2 vyhlášky 205/2009 Sb. ze dne 3.7.2009 pro zdroje do 50 kW:

pro dřevo 0,89 kg.t⁻¹

pro TP mimo CU, KO a dřevo 0,14 – 8,9 kg.t⁻¹ dle typu topeniště

e.f. pro maximální výkon měřených kotlů 0,1-11 kg.t⁻¹

e.f. pro poloviční výkon měřených kotlů 0,2-11 kg.t⁻¹

Měřená zařízení na dřevní štěpku a pelety mají e.f. 0,5 resp. 1,2 kg.t⁻¹ paliva tj. přibližně stejný nebo mírně vyšší, než udává vyhláška 205/2009 Sb. pro mokré dřevo až 9 kg.t⁻¹ paliva tedy výrazně vyšší než udává vyhláška. Emisní faktory pro malé zdroje obecně vycházejí na řádově stejné úrovni pro maximální výkon než jsou uvedené e.f. ve vyhlášce, tj. tyto malé zdroje vykazují v reálném provozu přibližně stejné emise organických látek než předpokládá vyhláška. Při polovičním výkonu nebo při mokřém dřevu jsou emisní faktory a tedy i emise organických látek i výrazně vyšší než e.f. uvedené ve vyhlášce. Vyšší emisní faktory vycházejí při spalování dřeva než uhlí, zřejmě toto souvisí s obsahem prchavé hořlaviny v palivu. V nové vyhlášce 205/2009 Sb. došlo k poměrně razantní úpravě emisních faktorů oproti vyhl. 352/2002 Sb. V kategorii zdrojů do 3 MW tepelného výkonu kotle. Ve vyhl. 352/02 Sb. byl pro tuto kategorii e.f. 12,5 kg.t⁻¹, nyní v nové vyhl. 205/2009 Sb. je emisní faktor 5,2 kg.t⁻¹ pro malé kotlíky do 50 kW a 4,5 kg.t⁻¹ pro kotle do 3 MW tj. výrazně nižší oproti původnímu e.f.

7.6. Vyhodnocení emisí oxidu siřičitého

Emise oxidu siřičitého v případě malých zdrojů nejsou tak významné. Obsah síry v palivu pro domácnosti je limitován a není tak vysoký jako u paliv pro velké zdroje. Zároveň při spalování biomasy jsou emise oxidu siřičitého nízké vzhledem k malému obsahu síry v biomase.

Vyhodnocení emisních faktorů pro oxid siřičitý:

e.f. dle přílohy č. 2 vyhlášky 205/2009 Sb. ze dne 3.7.2009 pro zdroje do 50 kW:

pro dřevo 0,7 kg.t⁻¹

pro TP mimo CU, KO a dřevo 1,9 – 27,5 kg.t⁻¹ dle typu topeniště:

e.f. pro maximální výkon měřených kotlů 0,4-2,6 kg.t⁻¹

e.f. pro poloviční výkon měřených kotlů 0,3-2,4 kg.t⁻¹

Měřená zařízení na dřevní štěpku a pelety mají e.f. 0,3 resp. 0,7 kg.t⁻¹ paliva, tj. přibližně stejný nebo mírně nižší než udává vyhláška 205/2009 Sb. Pro mokré dřevo je udáván e.f. 0,5 kg.t⁻¹ paliva.

Emisní faktory pro malé zdroje obecně vycházejí přibližně stejné nebo nižší než jsou uvedené e.f. ve vyhlášce, tj. tyto malé zdroje vykazují v reálném provozu přibližně stejné nebo nižší emise oxidu siřičitého, než předpokládá vyhláška.

7.7. Celkový závěr

Není jednoznačný rozdíl mezi spalováním uhlí a biomasy.

Velmi důležitým faktorem je použitá technologie (kotel) a hlavně u biomasy i obsah vody v palivu.

Záměna paliva musí být prováděna současně se záměnou nevhodných spalovacích zařízení.

Nejlepším dotačním titulem je podporovat takové technologie, které omezují potřebu tepla vůbec (zateplení, energeticky úsporná řešení, využití odpadního tepla, apod...).

V Německu se připravuje nařízení k omezení emisí z malých spalovacích zdrojů emitujících pevné částice a to pro bytová kamna, kotle ústředního topení, uzavřené krby, kachlová kamna, pece na vaření, kotle na pelety, apod. Od 1.1.2015 je navrženo u těchto zařízení plnění emisního limitu 1250 mg.m⁻³ pro oxid uhelnatý resp. 250 mg.m⁻³ pro oxid uhelnatý u kotlů na dřevěné pelety a 40 mg.m⁻³ u tuhých částic.

Pokud bychom tyto hodnoty porovnali s 17ti změřenými provozními stavy byly by výsledky následující:

Žádný z měřených provozních stavů by nesplňoval podmínky navrhované v Německé spolkové republice s platností od roku 2015 !

Z tabulky č.18 vyplývá, že zvláště kotle na štěpku a pelety emitují prakticky veškeré tuhé částice jako jemný podíl s nejvyšší nebezpečností pro zdraví lidí.

Kouř z lokálních topenišť na tuhá paliva obsahuje velké množství organických látek, které se vyznačují nepříjemným zápachem, mají karcinogenní, toxické či mutagenní účinky. Při využívání malých lokálních topenišť se využívají specifické konstrukční prvky a nekázeň obyvatel, jako je například spalování komunálního odpadu. A méně hodnotných paliv. VOC jsou potom prekursory pro ozon a řadu dalších fotochemických oxidantů podléjících se na fotochemickém smogu.

Paliva na bázi dřeva se vyznačují nízkým obsahem síry, ale produkce oxidu uhelnatého dosahuje enormních hodnot. Dále se při hoření dřeva (i jiných tuhých paliv uvolňují velká množství organických látek souvisejících s termickou destrukcí spalované organické hmoty.

Tabulka č.20: Emisní faktory pro provedená měření malých kotlů

Výkon kotle v kW, palivo	Provoz během měření**	E.f. B(a)P g/t. paliva	E.f. pro CO kg/t. paliva	E.f. pro NOx kg/t. paliva	E.f. pro TZL kg/t. paliva
199 kW*, štěpka	90-100 %	0,0070	19,345	2,545	0,588
199 kW*, štěpka	40-60%	0,0046	19,454	2,275	1,875
48* kW, HU ořech II	90-100 %	0,0009	7,429	2,102	0,940
48*kW, HU ořech II	40-60%	0,0004	10,522	0,908	0,083
33 kW, HU kostka	90-100 %	0,0009	93,954	0,506	1,109
33 kW, HU kostka	40-60%	0,0003	29,995	0,320	0,743
30 kW, HU ořech I	90-100 %	0,0009	73,398	0,750	5,263
30 kW, HU ořech I	40-60%	0,0006	48,170	0,749	4,791
30 kW, dřevo (mokrý a suchý)	50-90 %	0,0009	58,720	0,454	0,472
14 kW*, kusové dřevo měkké	90-100 %	0,0007	33,990	0,826	0,944
14 kW*, kusové dřevo měkké	40-60%	0,0003	28,314	0,756	0,674
58,1 kW, CU tříděné	90-100 %	0,0009	32,309	1,088	1,873
58,1 kW, CU tříděné	40-60%	0,0006	28,553	1,051	2,388
58,1 kW, PET lahve	40-60 %	0,0020	55,968	2,626	7,825
24 kW, pelety	90-100 %	0,0002	9,639	1,868	1,777
24 kW, pelety	40-60%	0,0003	27,424	2,466	0,940

* snímek celého pracovního dne

** kotel provozován na uvedená procenta z maximálního výkonu uvedeného v prvním sloupci

8. Shrnutí práce (souhrn)

Cílem práce bylo stanovit emise z malých zdrojů při reálném provozu a vyhodnotit emise a emisní faktory a uvést možné způsoby řešení stavu v této oblasti. Pokud budeme analyzovat emise z údajů databáze ČSÚ, je oxid siřičitý jako znečišťující látka dominantou velkých zdrojů znečištění ovzduší. Dále oxidy dusíku a oxid uhelnatý jsou dominantou opět velkých zdrojů a dopravy, která k celkovým emisím z těchto zdrojů přispívá polovinou. Podle údajů z databáze REZZO jsou emise oxidů dusíku hodnoceny jako méně významné emise malých zdrojů vůči ostatním zdrojům (velkým ZZO a mobilním ZZO). V případě emisí tuhých látek a těžkých organických látek jsou tyto emise mnohem významnější vůči ostatním stacionárním zdrojům.

Byly změřeny emise malých zdrojů znečištění ovzduší přímo v provozu u jednotlivých provozovatelů. Většina prací publikovaných v literatuře se zabývá spalováním v laboratorních podmínkách. Z výsledků měření a provedené literární rešerše vyplývají tyto závěry na řešení emisí z malých zdrojů:

- největší význam ze sledovaných znečišťujících látek mají emise TZL a emise prekursorů pro tvorbu sekundární znečišťující látky – přízemního ozonu
- největším antropogenním zdrojem prachů představovaných částicemi PM₁₀ je v ČR vytápění domácností (kolem 35%). Tyto zdroje se podílejí na emisích nejnebezpečnějších malých částic cca 54% tj. podíl nebezpečnější frakce částic je při spalování biomasy vyšší, než u jiných druhů pevných paliv
- emise tuhých látek lze řešit vhodně uspořádaným systémem záchytu, v některých státech EU se připravuje legislativa pro stanovení emisního limitu na TZL u malých ZZO
- tvorbu organických látek lze omezit moderní konstrukcí kotle s řízeným procesem spalování
- vzhledem k analýze cen paliv je vhodné zachovat stav, aby palivová základna byla rozmanitá, bez výraznému příklonu k jednomu palivu, tímto stavem nebude docházet k větším cenovým výkyvům
- podpora spalování biomasy ve velkých zdrojích může vést k nárůstu ceny paliv, kde je biomasa výchozí surovinou (nedostatek na trhu)

- spalování hnědého uhlí je ekonomicky nejvýhodnější s téměř třetinovými náklady na palivo, než u zemního plynu
- emise B(a)P při spalování uhlí a dřeva by měli být přibližně na stejné úrovni
- u emisí tuhých částic při spalování dřeva je důležité řešit problematiku velikosti částic

Při výběru spalovacího zdroje dodržovat tyto zásady:

- rozhodnutí, jaké budu používat palivo s výhledem na 10 let
- představu, jak se bude cena tohoto paliva vyvíjet
- představu, jaká bude dostupnost tohoto paliva
- kalkulace pořizovacích a provozních nákladů, pohodlí obsluhy a četnost příkládání
- pořizovat kotel třídy 3 dle evropské normy ČSN EN 303-5, což znamená kvalitní spalování, při němž emise splňují zákonné parametry

Postupy řešení:

Při zajištění tepelné energie pro tepelnou pohodu doma i na pracovišti a ohřev TUV byly stanoveny tyto priority:

- primárně řešit izolace a snížení spotřeby než zdroje
- řešit koncepci budov s vnitřní izolací pro rychlý ohřev prostoru po příchodu bez velké akumulace tepla
- část spotřeby řešit doplněním systému na využití solární energie
- doplnit systém vhodně dimenzovanou akumulací tepla
- po vyřešení předešlých bodů dimenzovat optimálně velikost zdroje
- použití zdroje s kvalitně vyřešeným spalováním a automatickým řízením provozu s výběrem kotle podle výše zmíněných zásad

K tomuto systému řešení přizpůsobit státní dotace podpory:

Primárně dotovat:

- a. izolace a snížení tepelných ztrát, výše dotace stanovit podle koncepce budovy
- b. akumulaci tepla
- c. doplňkový solární systém

Teprve v posledním kroku je možné zvažovat dotaci na zdroje. Vzhledem k tomu, že podporou u navržených opatření pod písmenem a. až c. dojde k trvalému snížení spotřeby paliva pro objekt a tím i trvalým úsporám po investici již s minimálními náklady, není dotace zdroje nutná. U dotace zdroje není záruka, že dotace splní svůj cíl, neboť při nevhodně provozovaném zdroji mohou být emise vysoké. Dotace navržených opatření zátěž životního prostředí nezvyšuje.

Provozování spalovacích zdrojů na pevná paliva, částečně i kapalná paliva klade vysoké nároky na úroveň regulace. I když existují automatické systémy, (systém na pelety resp. i systém na hnědé uhlí, téměř bezobslužné) je zde vzhledem k mnohem vyšší pravděpodobnosti mechanických poruch, četnost provozu mimo běžný provozní stav mnohem vyšší, než při spalování plynného paliva.

Výsledky měření prokázaly nestabilitu spalovacího procesu u malých zdrojů spojenou s velmi vysokými emisemi. Měřením bylo doloženo, že při některých provozních stavech zařízení není schopno plnit obecný emisní limit resp. známé emisní limity pro spalovací zdroje.

Měření tedy potvrdilo trendy z jiných prací uvedených v literatuře s tím, že pro většinu měřených stavů nebyl plněn emisní limit pro danou znečišťující látku. Tento stav je způsoben jednak horším technickým stavem spalovacích zařízení, kdy zařízení většinou slouží mnohem déle než např. v Německu nebo Rakousku, kde je kupní síla obyvatel na obnovu tepelného zdroje vyšší (obdobná situace jako u automobilů).

Ing. František Hezina

9. Přílohy:

9.1. Příloha č.1

Souhrn výsledků měření při sníženém výkonu zdroje (pro mokré dřevo, PET lahve a spalování dřeva v kotli na uhlí)

9.2. Příloha č.2

Souhrn výsledků měření při maximálním výkonu zdroje

9.3. Příloha č.3

Souhrn výsledků měření při sníženém výkonu zdroje

9.4. Příloha č.4

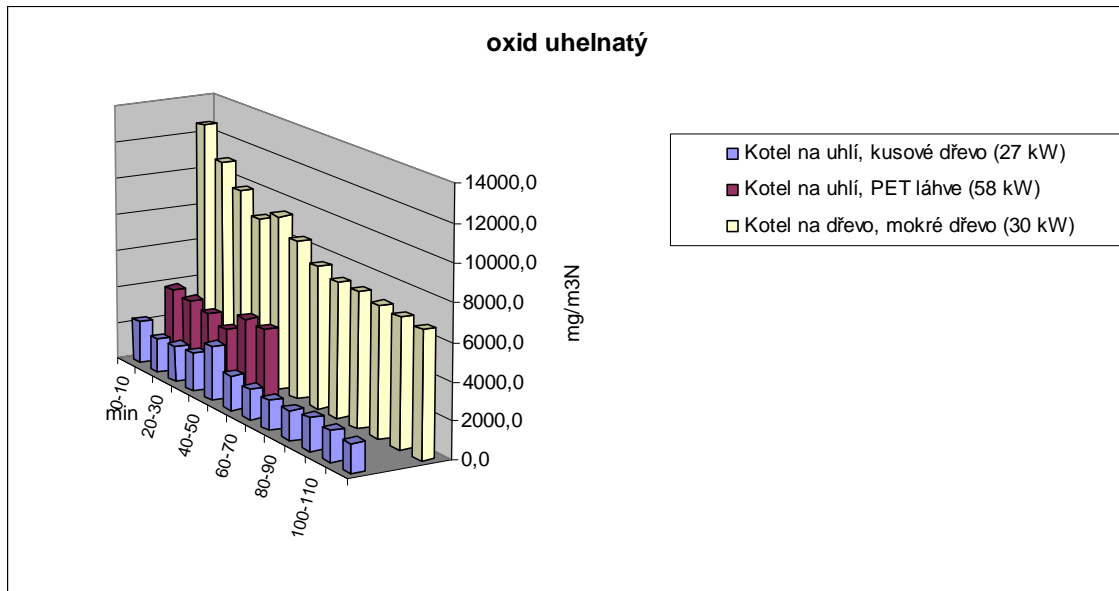
Grafické vyhodnocení průběhu procesu spalování paliv

9.5. Příloha č.5

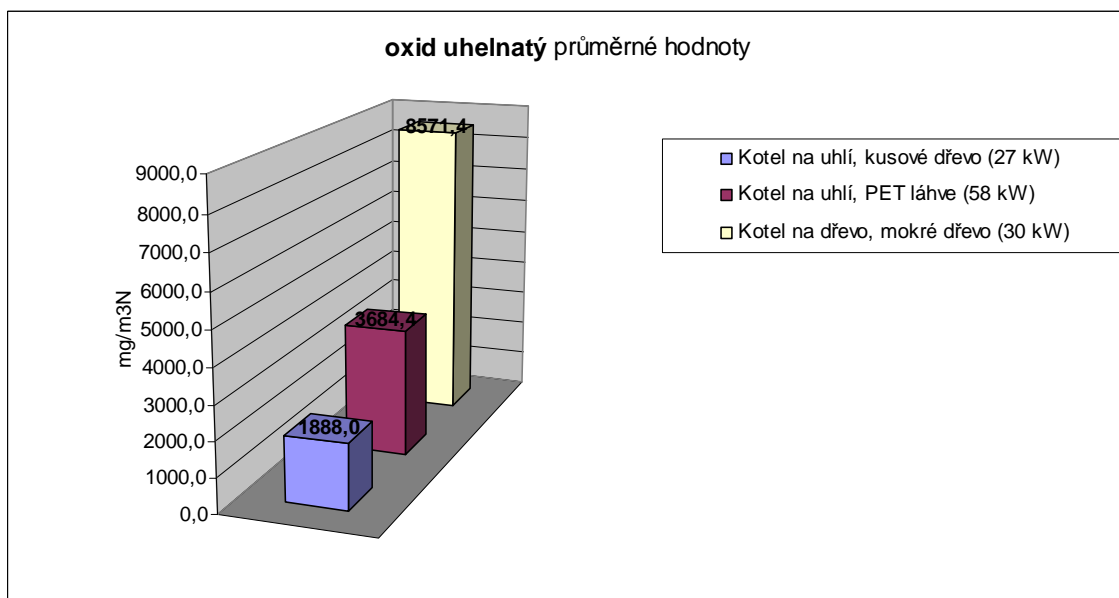
Protokoly z měření emisí u vybraných zdrojů znečištění ovzduší

9.1. Příloha č.1

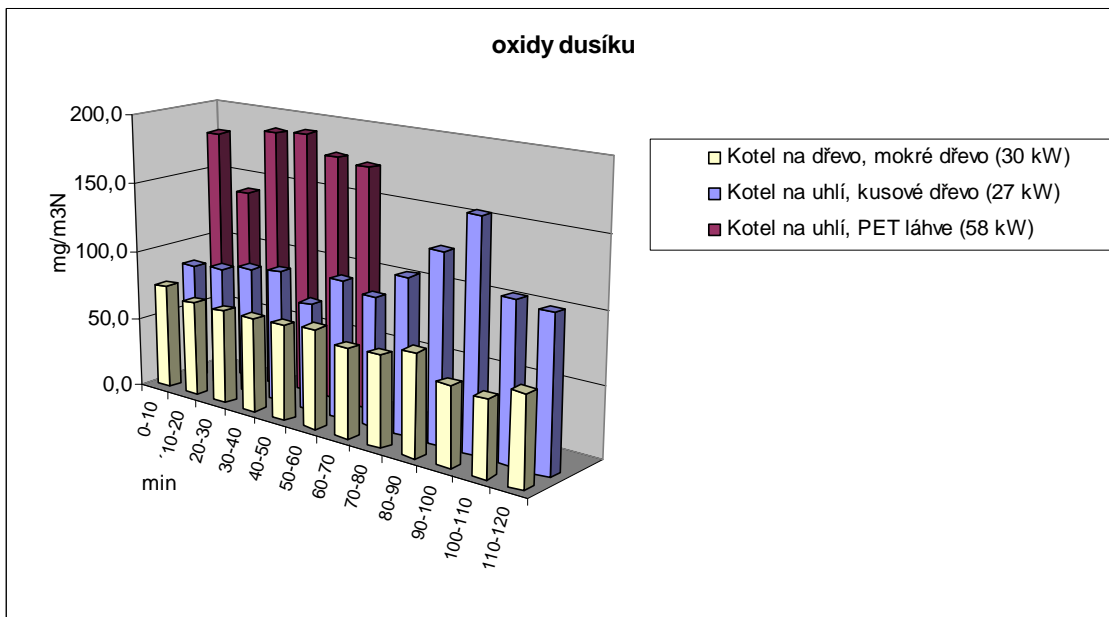
Obrázek č.1: Oxid uhelnatý, maximální hodnoty



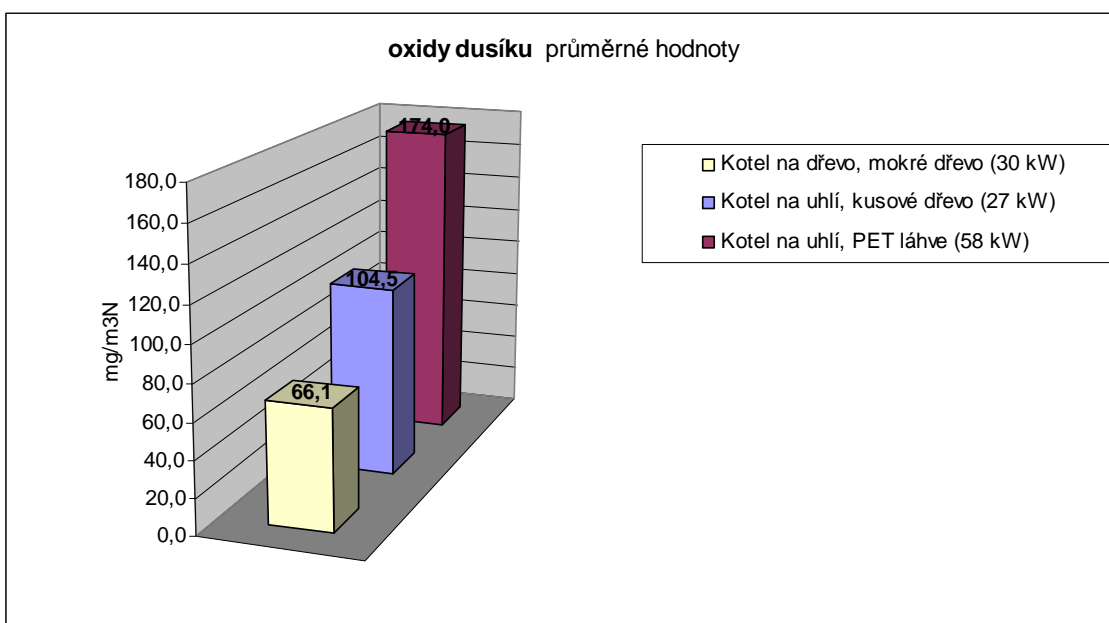
Obrázek č.2: Oxid uhelnatý, průměrné hodnoty



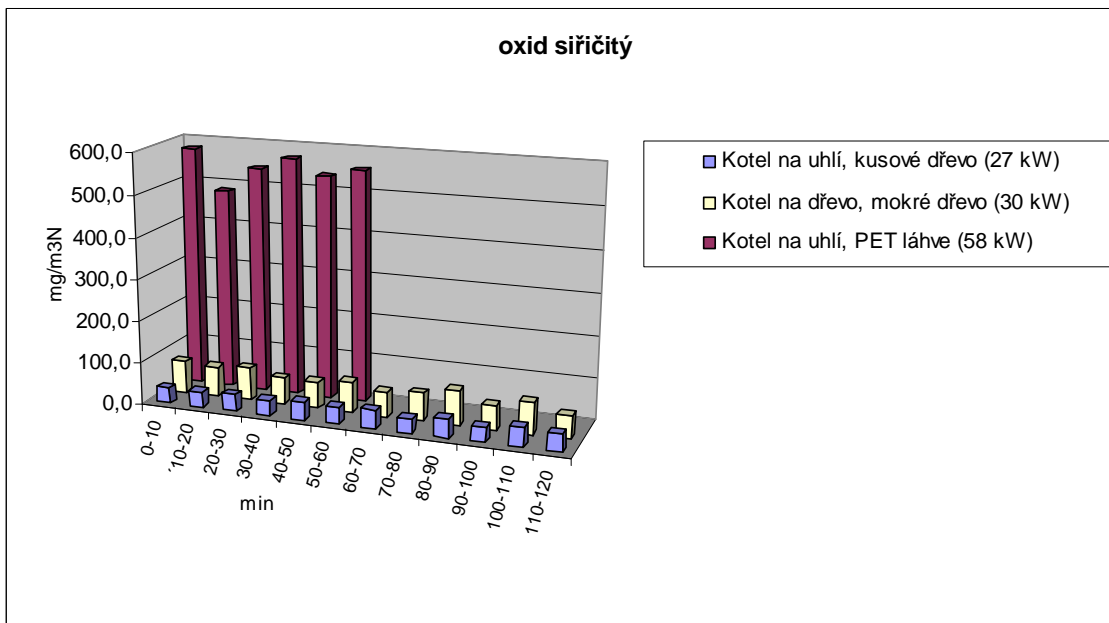
Obrázek č.3: Oxidy dusíku, maximální hodnoty



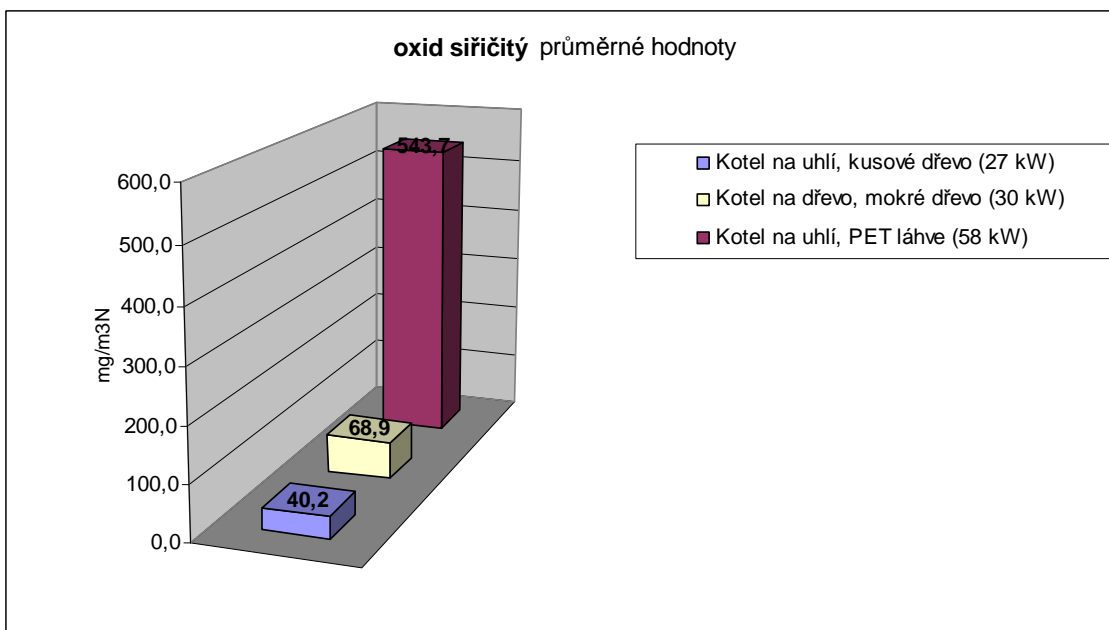
Obrázek č.4: Oxidy dusíku, průměrné hodnoty



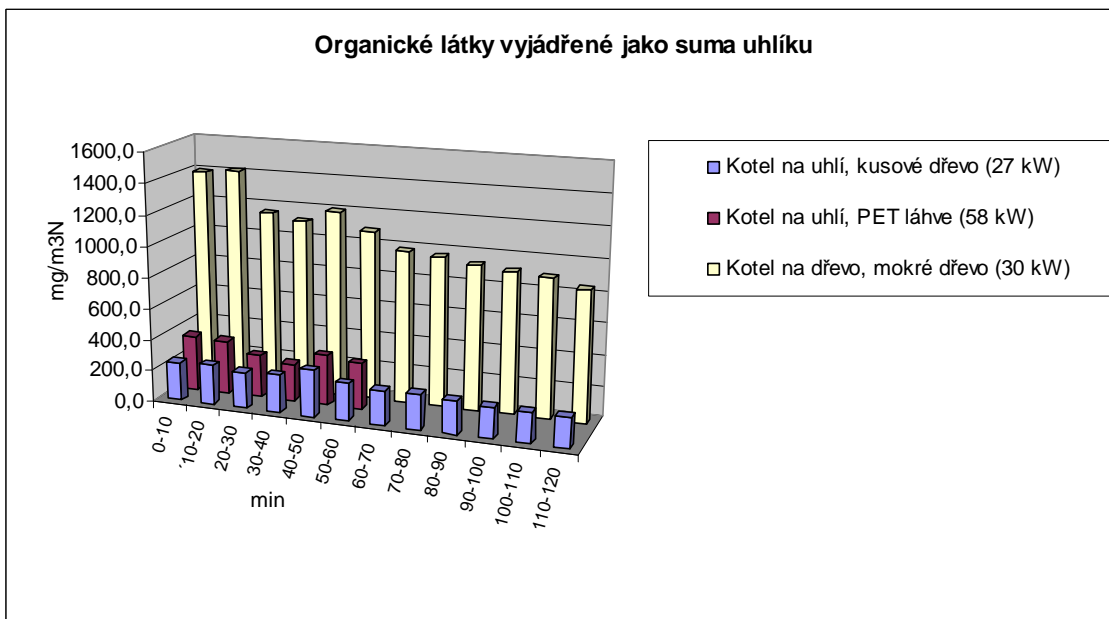
Obrázek č.5: Oxid siřičitý, maximální hodnoty



Obrázek č.6: Oxid siřičitý, průměrné hodnoty



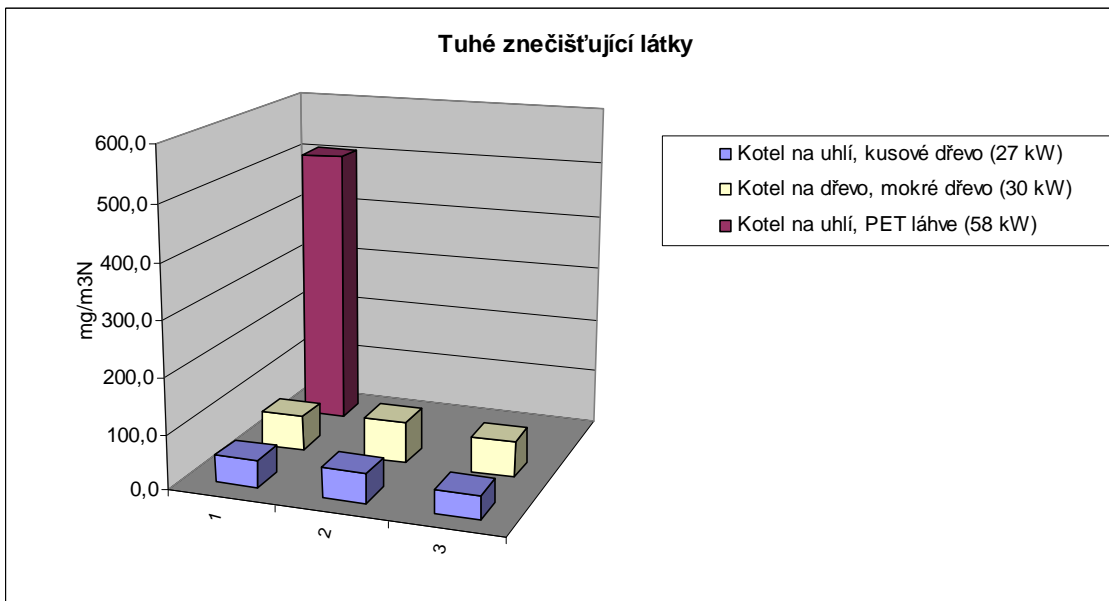
Obrázek č.7: Organické látky, maximální hodnoty



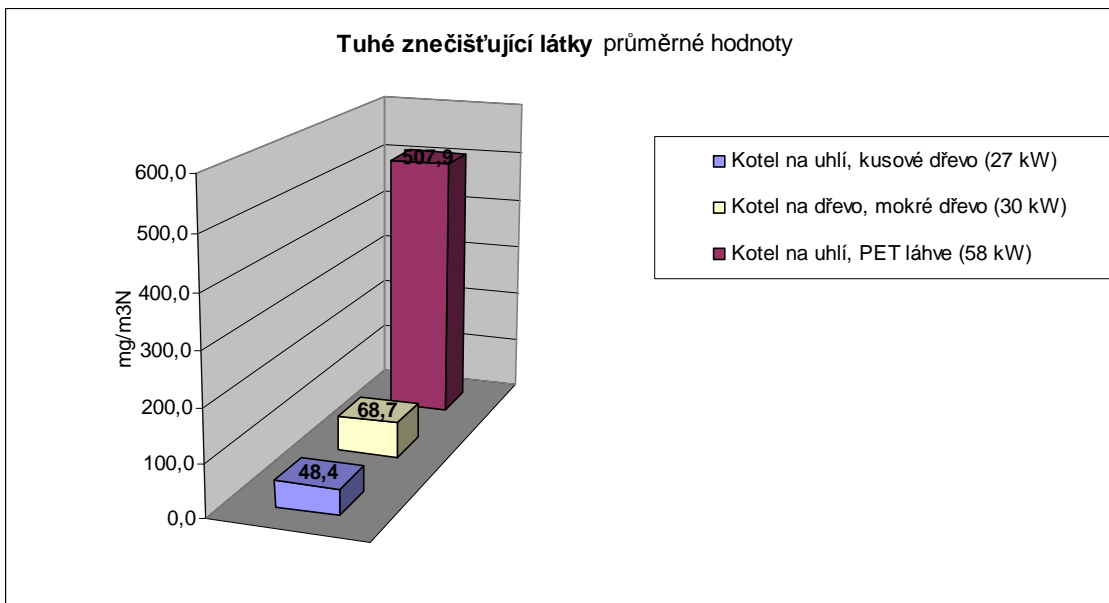
Obrázek č.8: TOC, průměrné hodnoty



Obrázek č.9: Tuhé znečišťující látky, maximální hodnoty



Obrázek č.10: Tuhé znečišťující látky, průměrné hodnoty



Tabulka č.1: Souhrn výsledku měření při polovičním výkonu zdroje (101,325 kPa, 273,15 K, ref. % O₂ uhlí – 6 %, biomasa – 11%, suchý plyn)

Oxid uhelnatý

Zdroj	Průměrná hodnota CO v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok CO v kg.h ⁻¹	Emisní faktor CO v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevo, mokré dřevo (30 kW)	8571,4	0,587	58,720
Kotel na uhlí, PET láhve (58 kW)	3684,4	0,280	55,968
Kotel na uhlí, kusové dřevo (27 kW)	1888,0	0,105	21,000

Oxidy dusíku

Zdroj	Průměrná hodnota NO _x v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok NO _x v kg.h ⁻¹	Emisní faktor NO _x v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevo, mokré dřevo (30 kW)	66,1	0,005	0,454
Kotel na uhlí, PET láhve (58 kW)	174,0	0,013	2,626
Kotel na uhlí, kusové dřevo (27 kW)	104,5	0,006	1,183

Oxid siřičitý

Zdroj	Průměrná hodnota SO ₂ v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok SO ₂ v kg.h ⁻¹	Emisní faktor SO ₂ v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevo, mokré dřevo (30 kW)	68,9	0,005	0,474
Kotel na uhlí, PET láhve (58 kW)	543,7	0,041	8,219
Kotel na uhlí, kusové dřevo (27 kW)	40,2	0,002	0,450

Organické látky vyjádřené jako suma uhlíku

Zdroj	Průměrná hodnota TOC v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok VOC v kg.h ⁻¹	Emisní faktor VOC v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevo, mokré dřevo (30 kW)	1072,1	0,090	8,991
Kotel na uhlí, PET láhve (58 kW)	308,1	0,029	5,739
Kotel na uhlí, kusové dřevo (27 kW)	231,6	0,016	3,162

Tuhé znečišťující látky

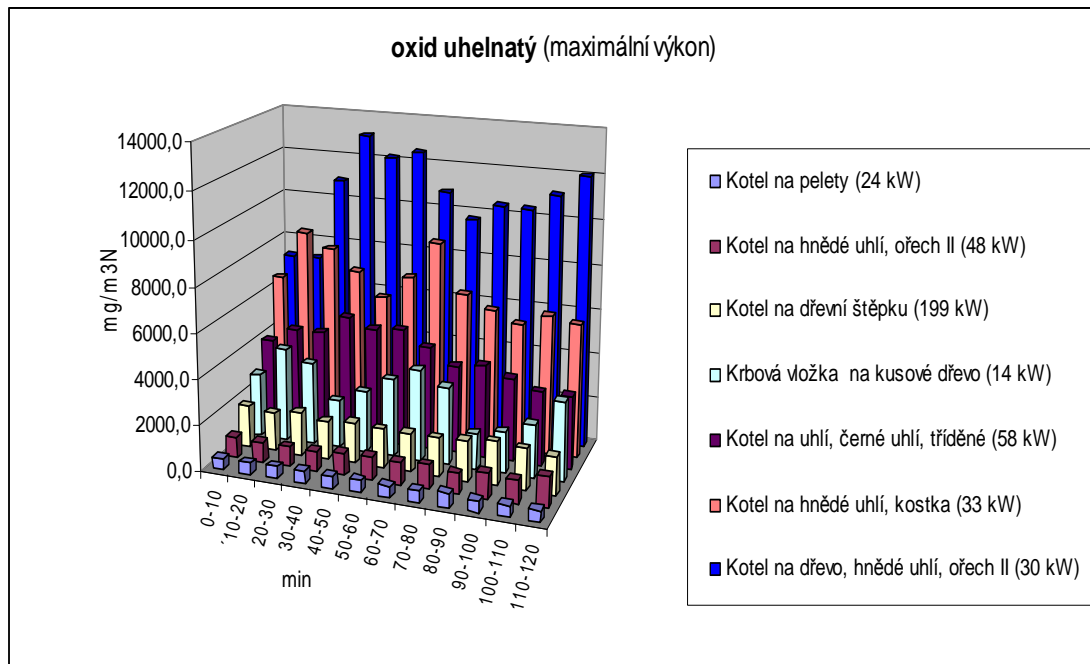
Zdroj	Průměrná hodnota TZL v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok TZL v kg.h ⁻¹	Emisní faktor TZL v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevo, mokré dřevo (30 kW)	68,7	0,005	0,472
Kotel na uhlí, PET láhve (58 kW)	507,9	0,039	7,825
Kotel na uhlí, kusové dřevo (27 kW)	48,4	0,003	0,516

Benzo(a)pyren

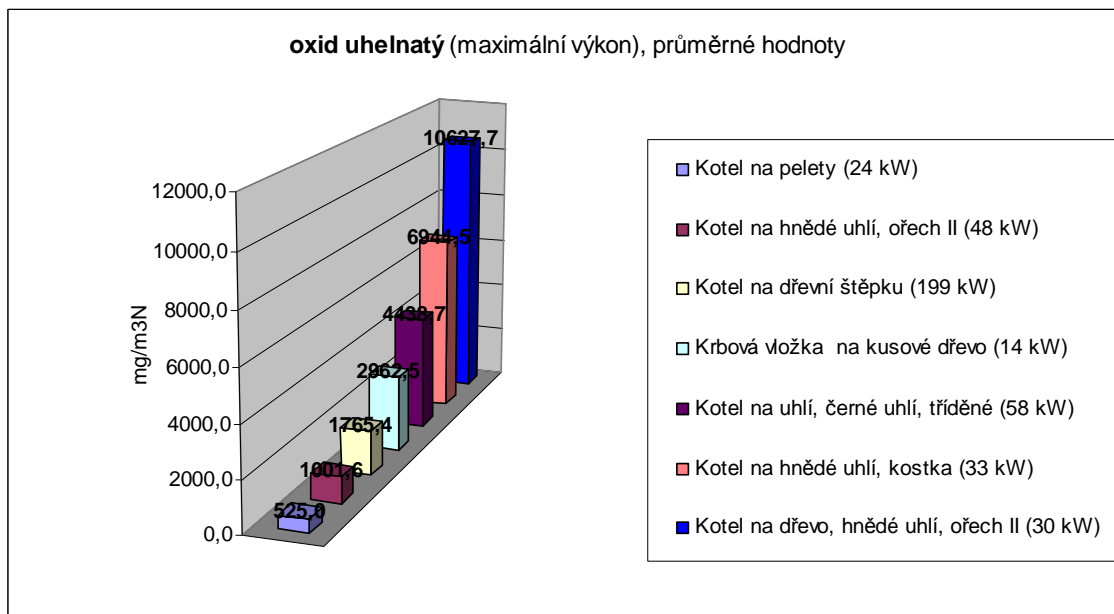
Zdroj	Průměrná hodnota B(a)P v (μg.m ⁻³)	Hmotnostní tok B(a)P v kg.h ⁻¹	Emisní faktor B(a)P v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevo, mokré dřevo (30 kW)	32,7	0,000022	0,0009
Kotel na uhlí, PET láhve (58 kW)	69	0,000053	0,0020
Kotel na uhlí, kusové dřevo (27 kW)	14,3	0,000008	0,0001

9.2. Příloha č.2

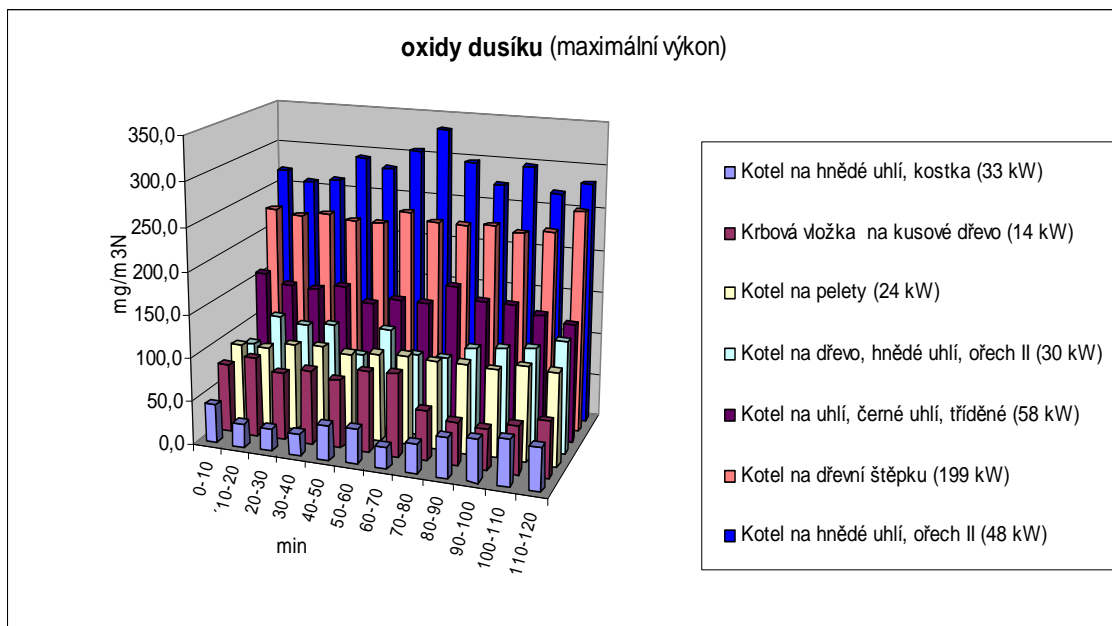
Obrázek č.11: Oxid uhelnatý, maximální výkon



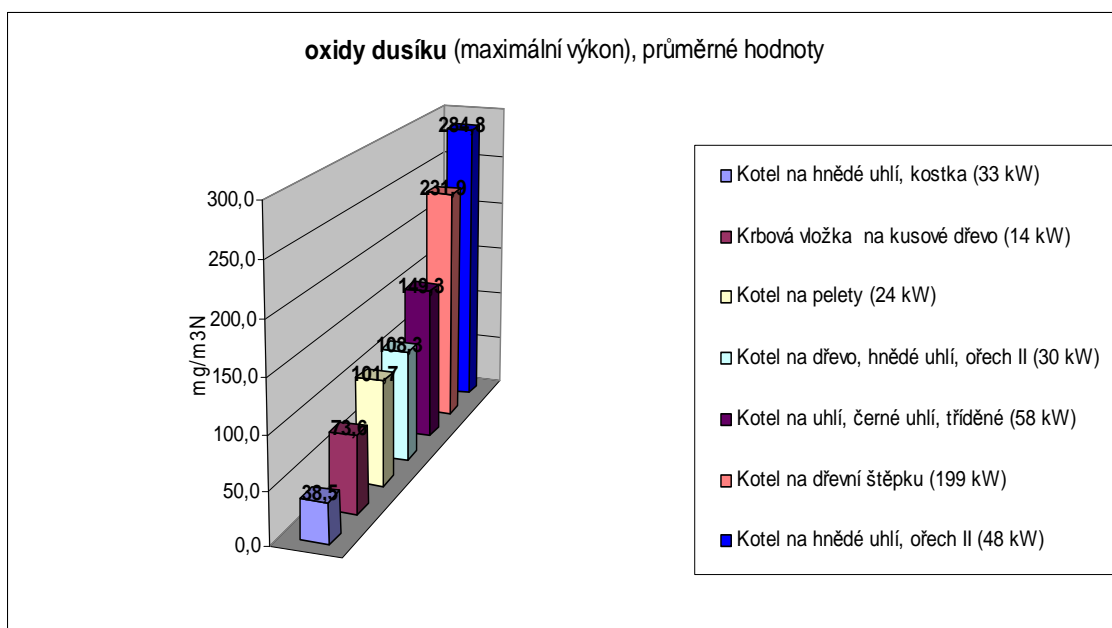
Obrázek č.12: Oxid uhelnatý, maximální výkon, průměrné hodnoty



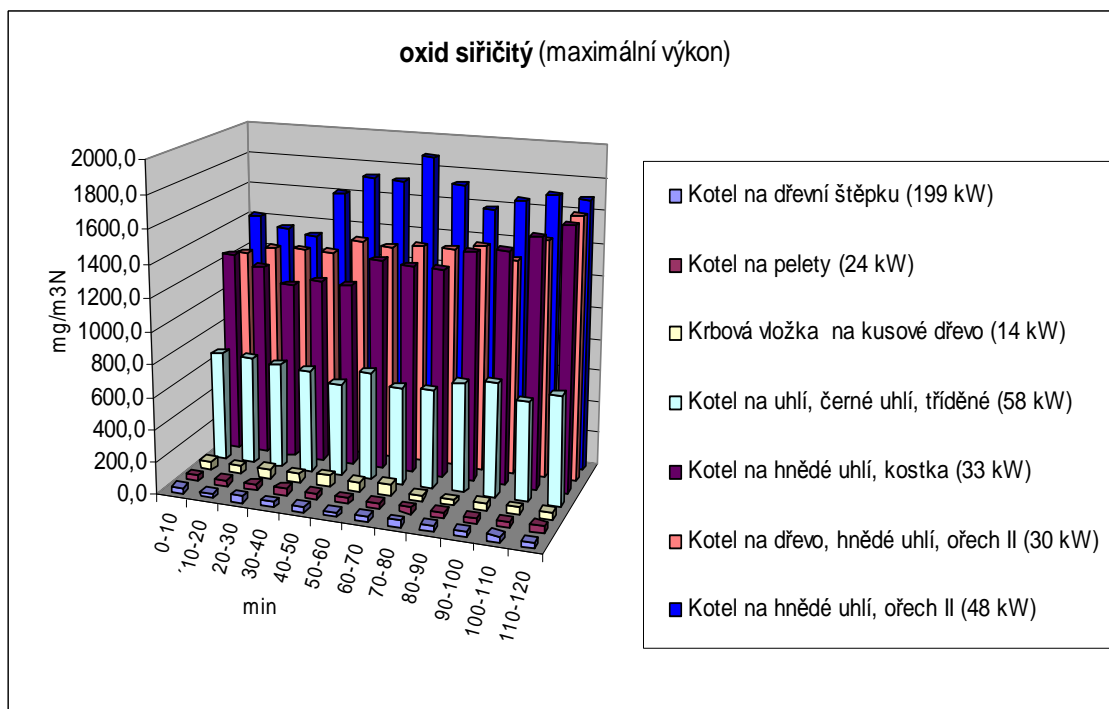
Obrázek č.13: Oxidy dusíku, maximální výkon



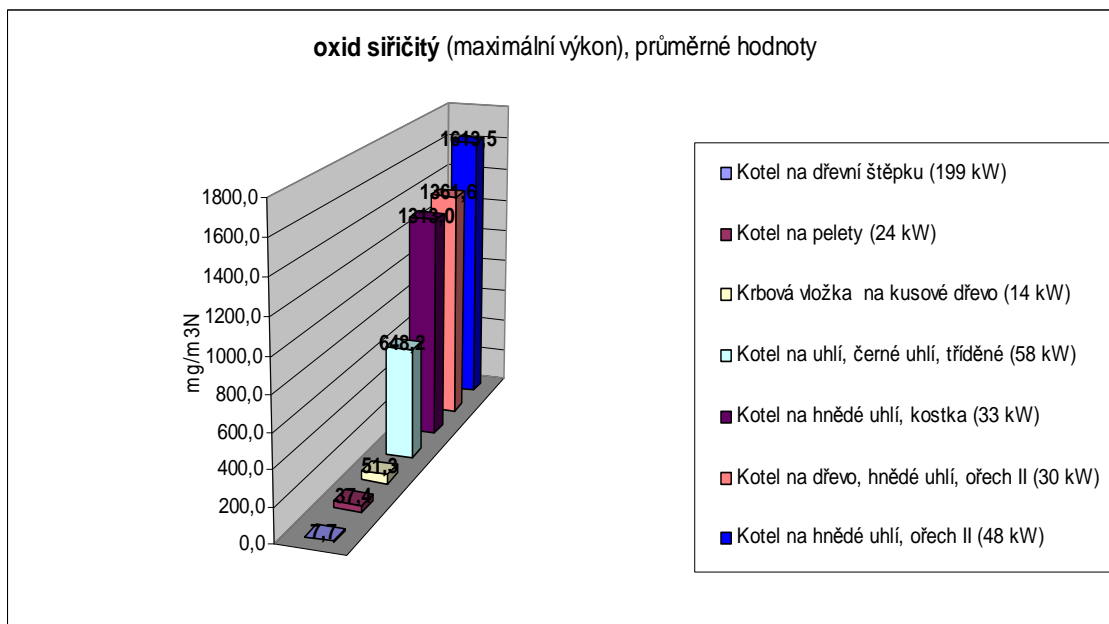
Obrázek č.14: Oxidy dusíku, maximální výkon, průměrné hodnoty



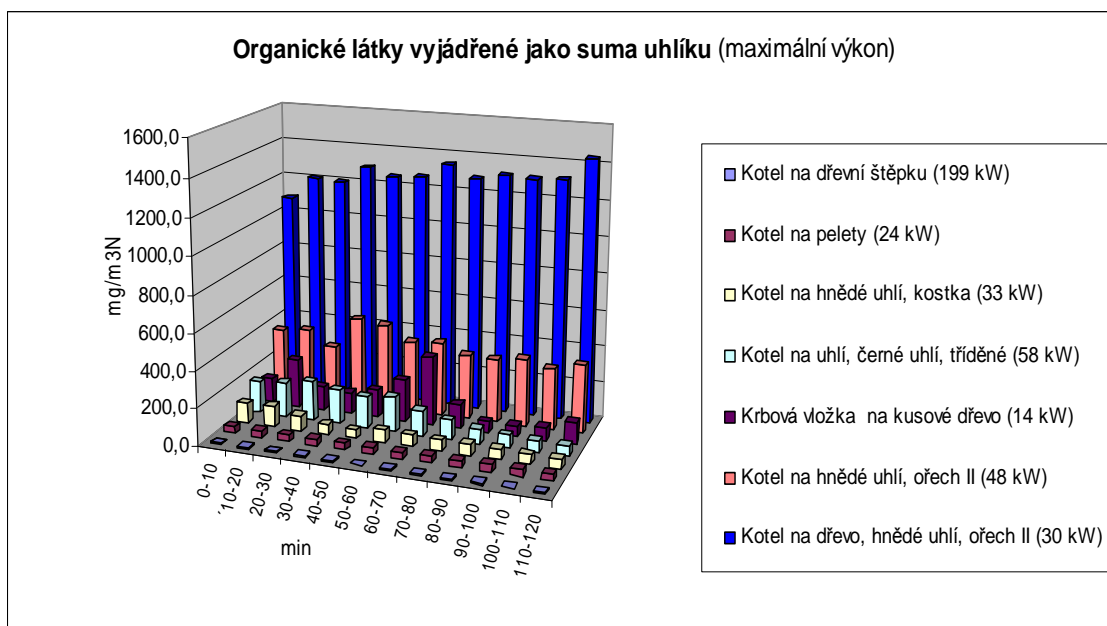
Obrázek č.15: Oxid siřičitý, maximální výkon



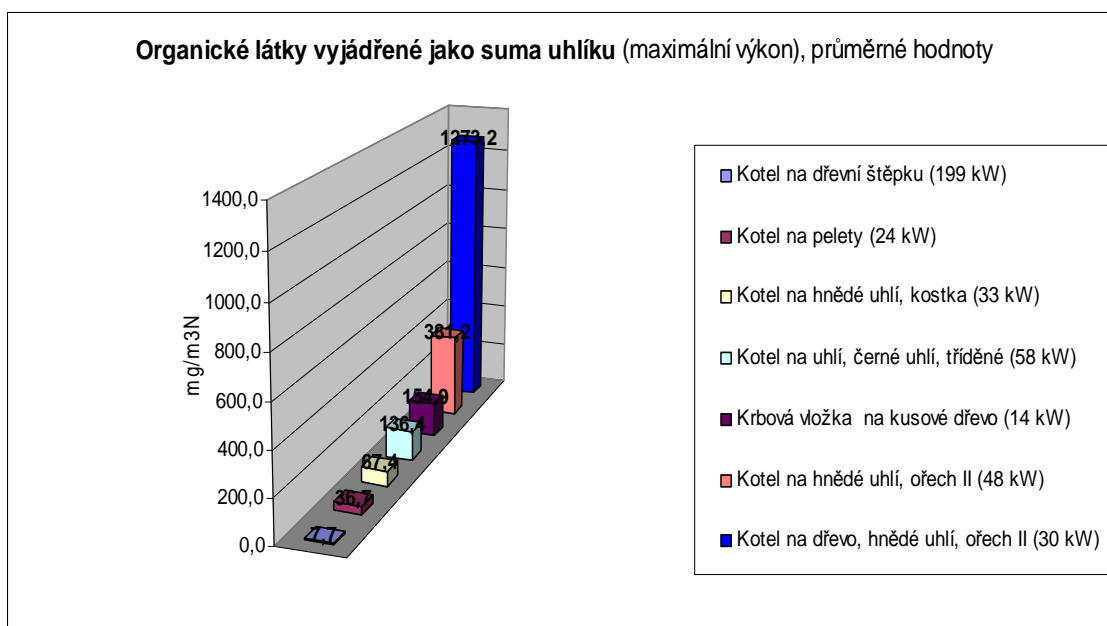
Obrázek č.16: Oxid siřičitý, maximální výkon, průměrné hodnoty



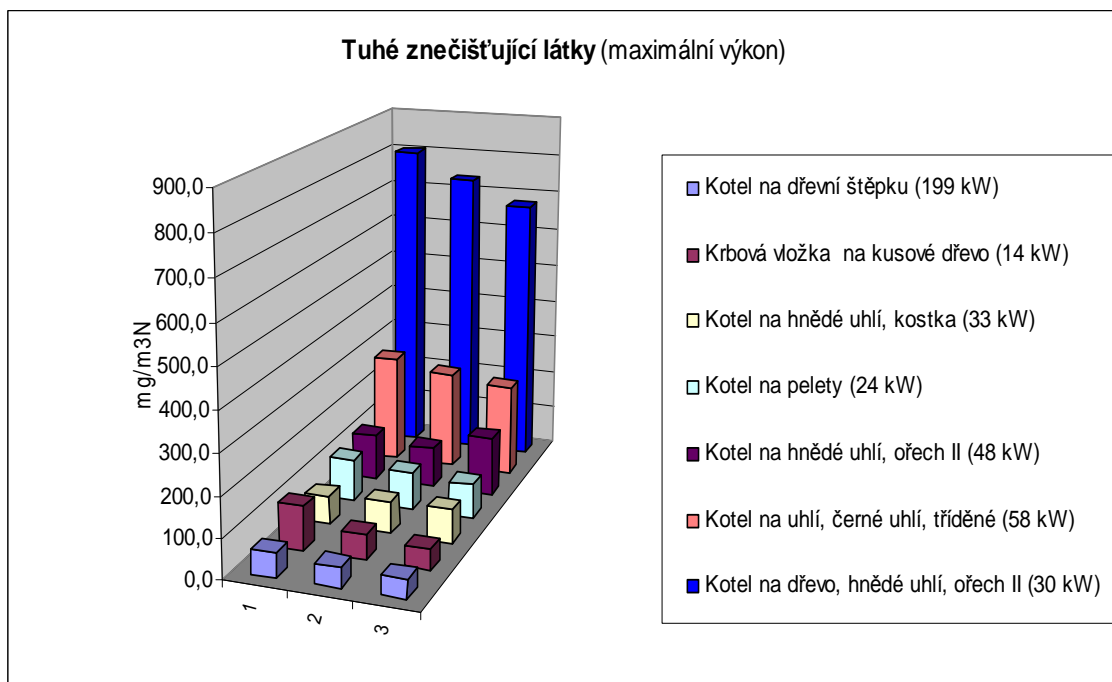
Obrázek č.17: Organické látky jako TOC, maximální výkon



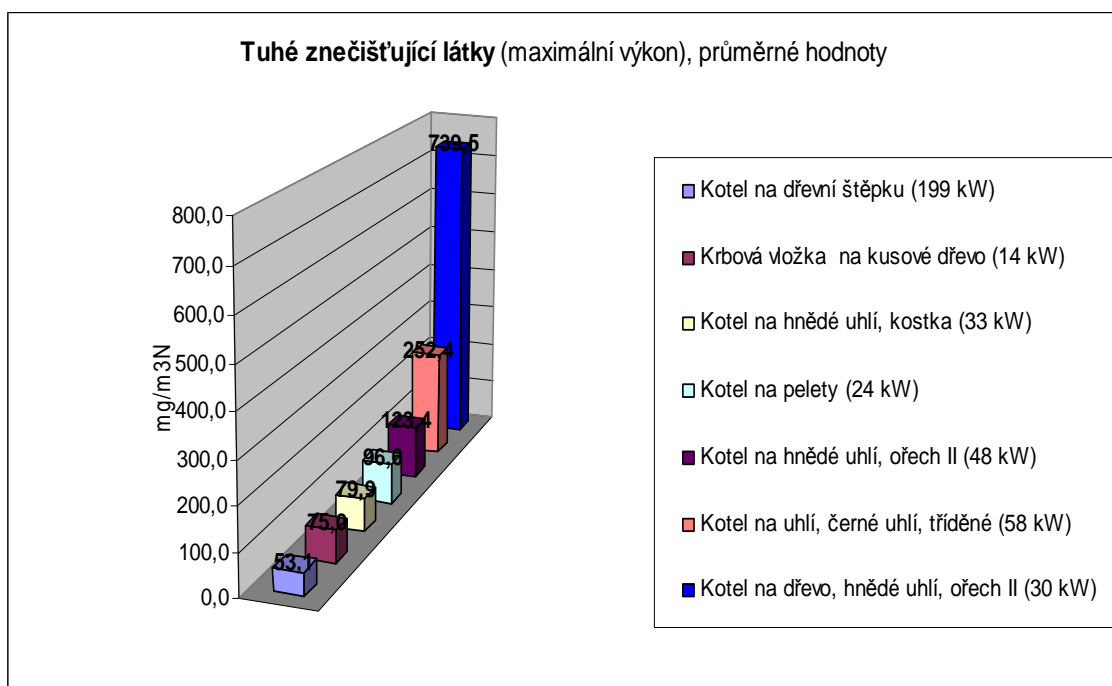
Obrázek č.18: Organické látky jako TOC, maximální výkon, průměrné hodnoty



Obrázek č.19:Tuhé znečišťující látky, maximální výkon



Obrázek č.20: Tuhé znečišťující látky, maximální výkon, průměrné hodnoty



Tabulka č.2: Souhrn výsledku měření při maximálních výkonu zdroje (str. 81 – 82), (101,325 kPa, 273,15 K, ref. % O2 dle paliva, suchý plyn)

Oxid uhelnatý

Zdroj	Průměrná hodnota CO v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok CO v kg.h ⁻¹	Emisní faktor CO v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	1765,4	0,967	19,345
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	1001,6	0,082	7,429
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	6944,5	0,658	93,954
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	10627,7	0,661	73,398
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	2962,5	0,204	33,990
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	4438,7	0,485	32,309
Kotel na pelety (24 kW)	525,0	0,058	9,639

Oxidy dusíku

Zdroj	Průměrná hodnota NOx v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok NOx v kg.h ⁻¹	Emisní faktor NOx v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	231,9	0,127	2,545
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	284,8	0,023	2,102
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	38,5	0,004	0,506
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	108,3	0,007	0,750
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	73,6	0,005	0,826
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	149,3	0,016	1,088
Kotel na pelety (24 kW)	101,7	0,011	1,868

Oxid siřičitý

Zdroj	Průměrná hodnota SO ₂ v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok SO ₂ v kg.h ⁻¹	Emisní faktor SO ₂ v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	35,0	0,019	0,385
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	1613,5	0,131	11,883
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	1313,0	0,122	17,403
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	1361,6	0,085	9,398
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	51,3	0,003	0,576
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	648,2	0,071	4,730
Kotel na pelety (24 kW)	37,4	0,004	0,687

Organické látky vyjádřené jako suma uhlíku

Zdroj	Průměrná hodnota TOC v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok VOC v kg.h ⁻¹	Emisní faktor VOC v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	7,7	0,005	0,103
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	381,2	0,038	3,449
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	67,4	0,008	1,124
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	1273,2	0,097	10,760
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	154,9	0,012	2,025
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	136,4	0,018	1,208
Kotel na pelety (24 kW)	36,7	0,005	0,824

Tuhé znečišťující látky

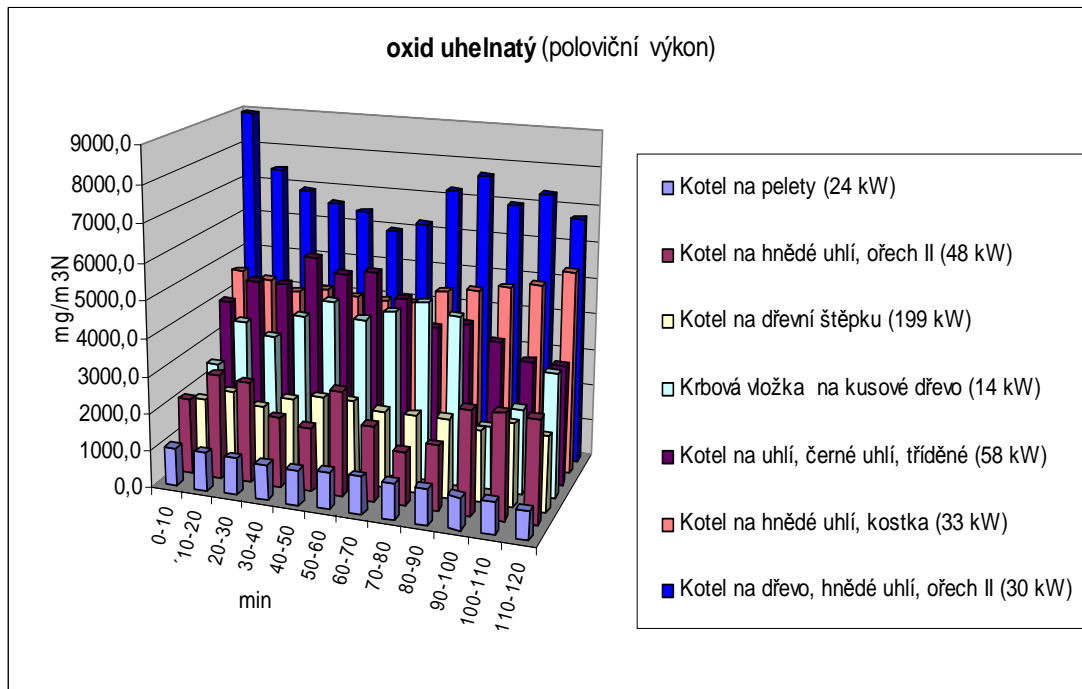
Zdroj	Průměrná hodnota TZL v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok TZL v kg.h ⁻¹	Emisní faktor TZL v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	53,1	0,029	0,588
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	123,4	0,010	0,940
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	79,9	0,008	1,109
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	739,5	0,047	5,263
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	75,0	0,006	0,944
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	252,4	0,028	1,873
Kotel na pelety (24 kW)	96,6	0,011	1,777

Benzo(a)pyren

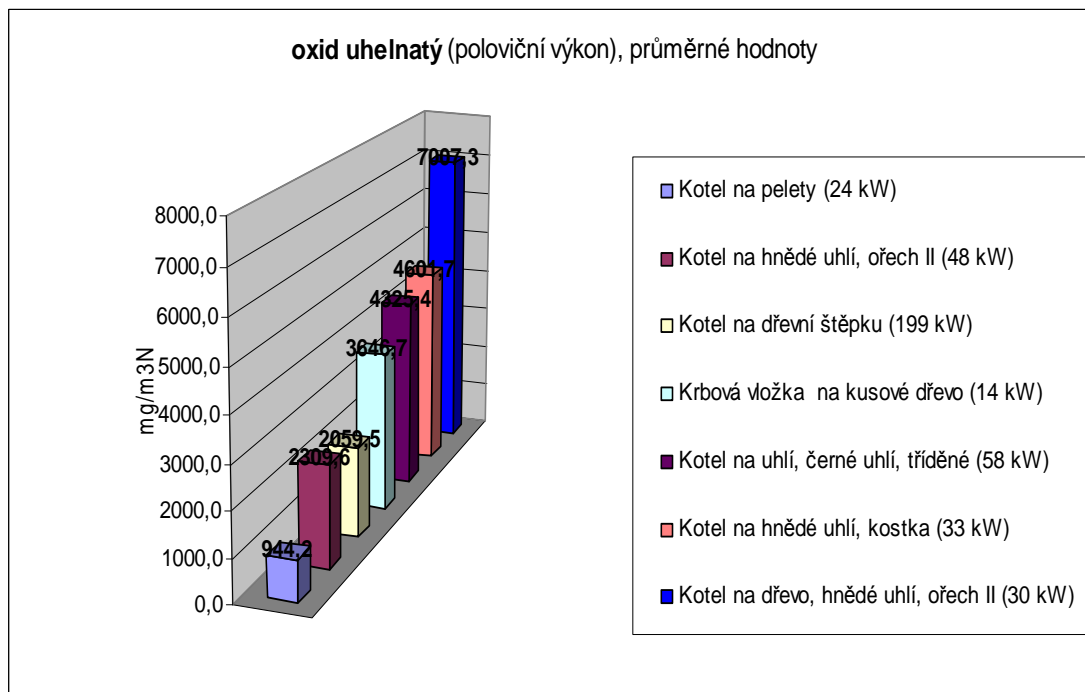
Zdroj	Průměrná hodnota B(a)P v (μg.m ⁻³)	Hmotnostní tok B(a)P v kg.h ⁻¹	Emisní faktor B(a)P v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	33,2	0,0000180	0,0070
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	29,7	0,0000024	0,0009
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	23,2	0,0000022	0,0009
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	36,1	0,0000023	0,0009
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	24,1	0,0000019	0,0007
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	22,2	0,0000025	0,0009
Kotel na pelety (24 kW)	5,6	0,0000006	0,0002

9.3. Příloha č.3

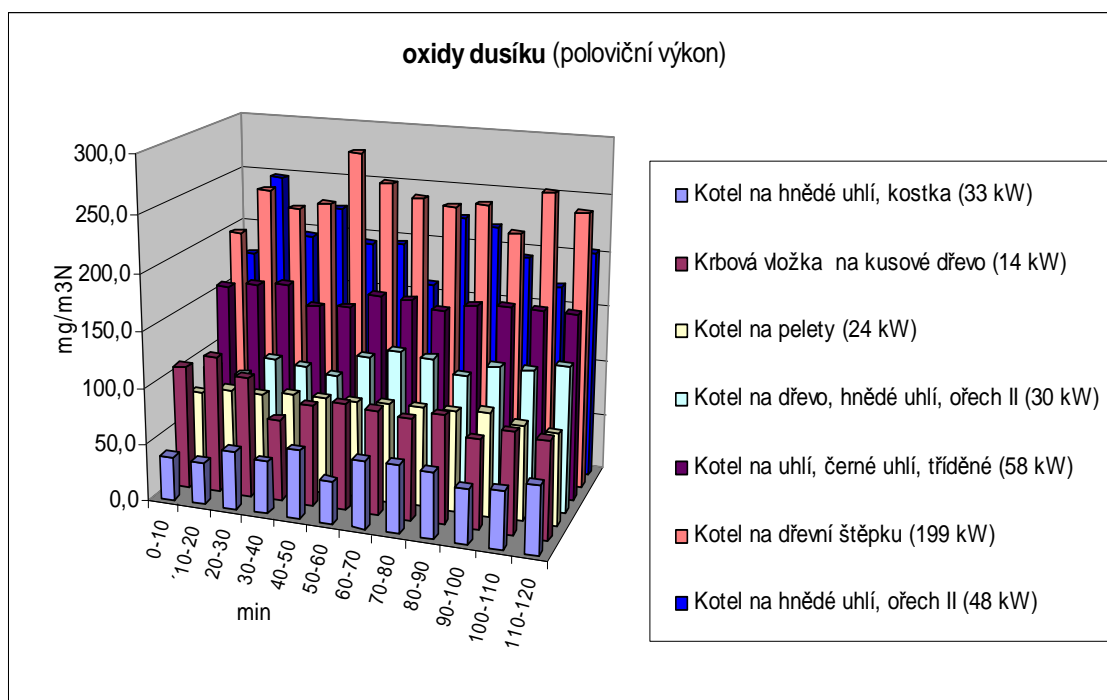
Obrázek č.21: Oxid uhelnatý, poloviční výkon



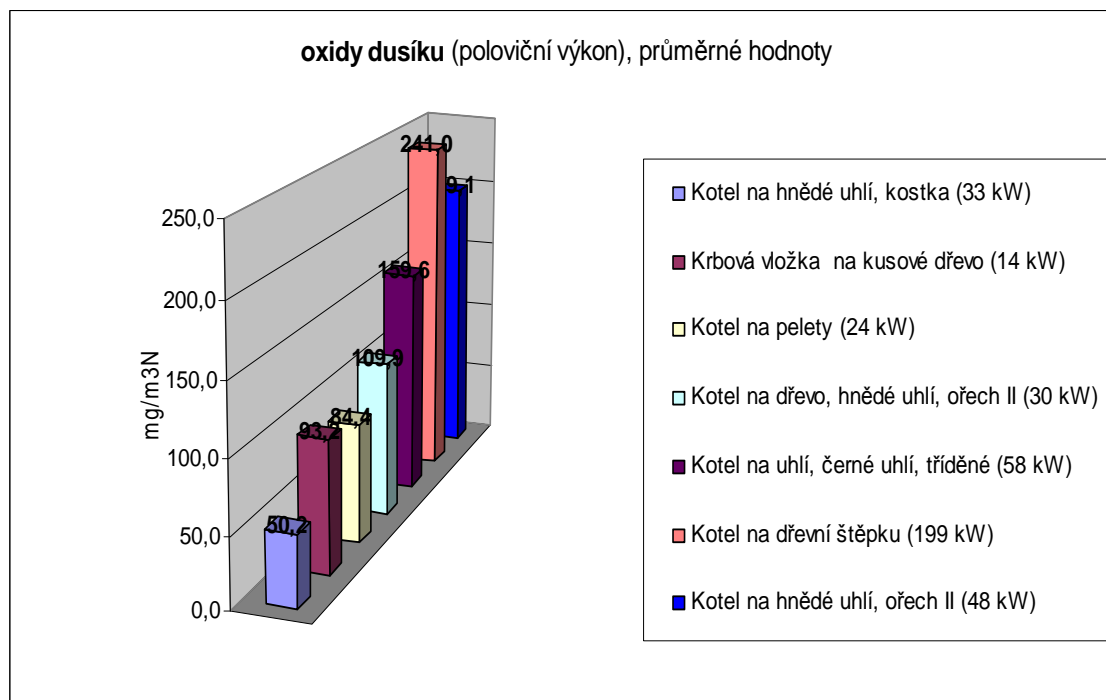
Obrázek č.22: Oxid uhelnatý, poloviční výkon, průměrné hodnoty



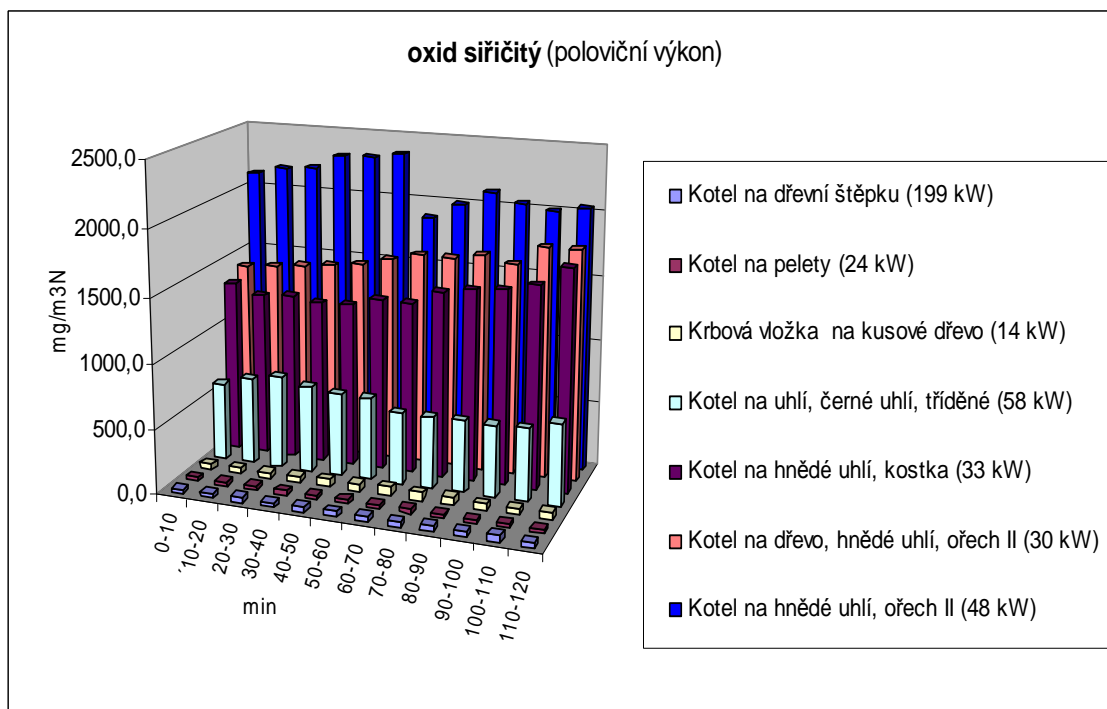
Obrázek č.23: Oxidy dusíku, poloviční výkon



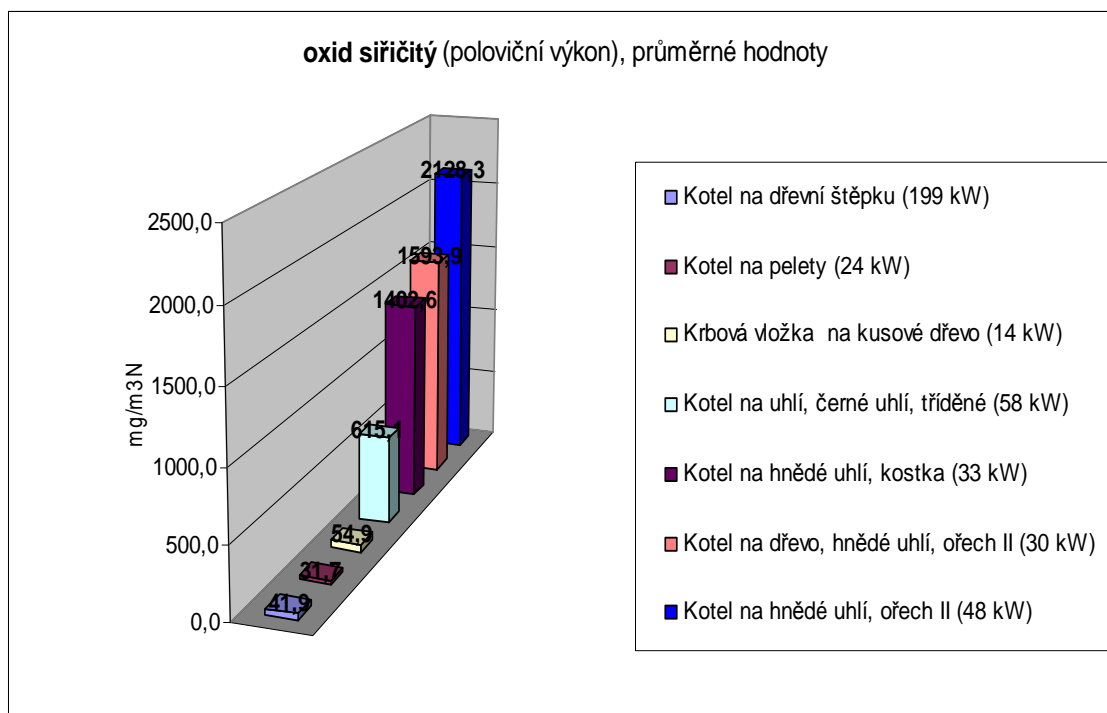
Obrázek č.24: Oxidy dusíku, poloviční výkon, průměrné hodnoty



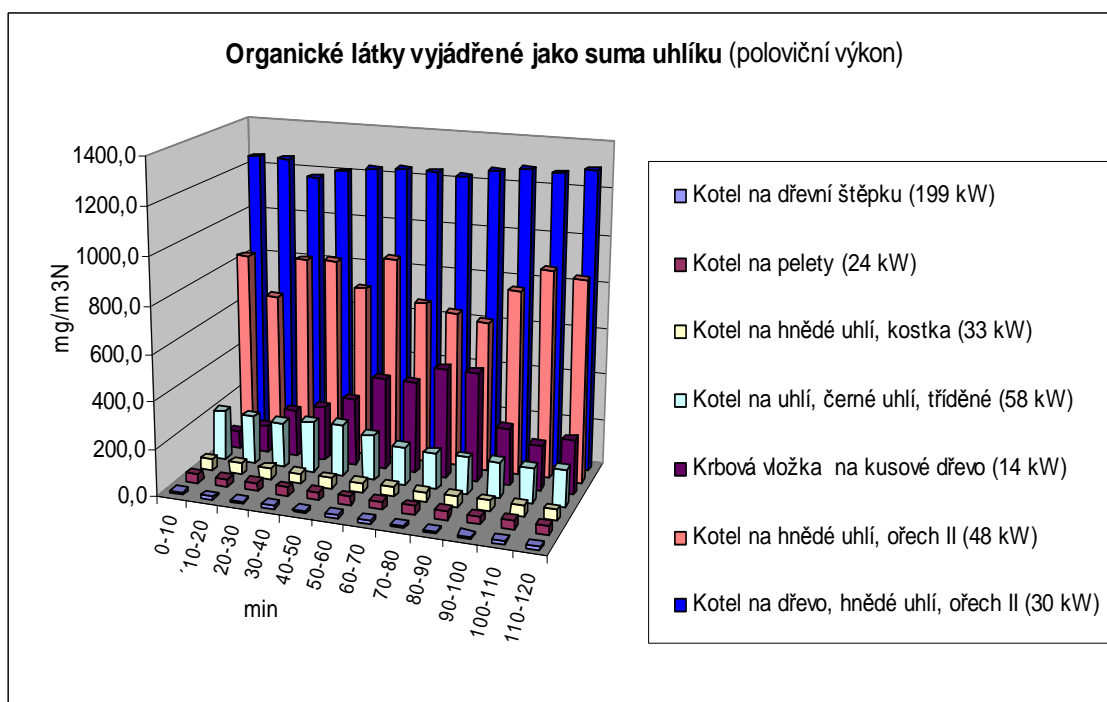
Obrázek č.25: Oxid siřičitý, poloviční výkon



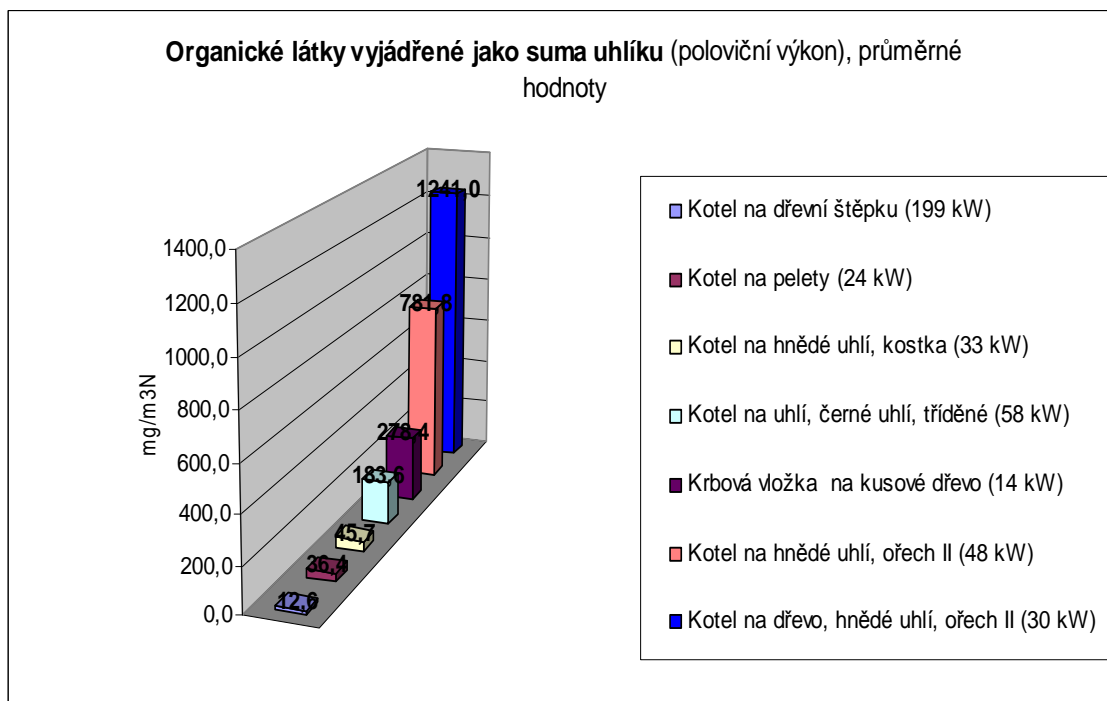
Obrázek č.26: Oxid siřičitý, poloviční výkon, průměrné hodnoty



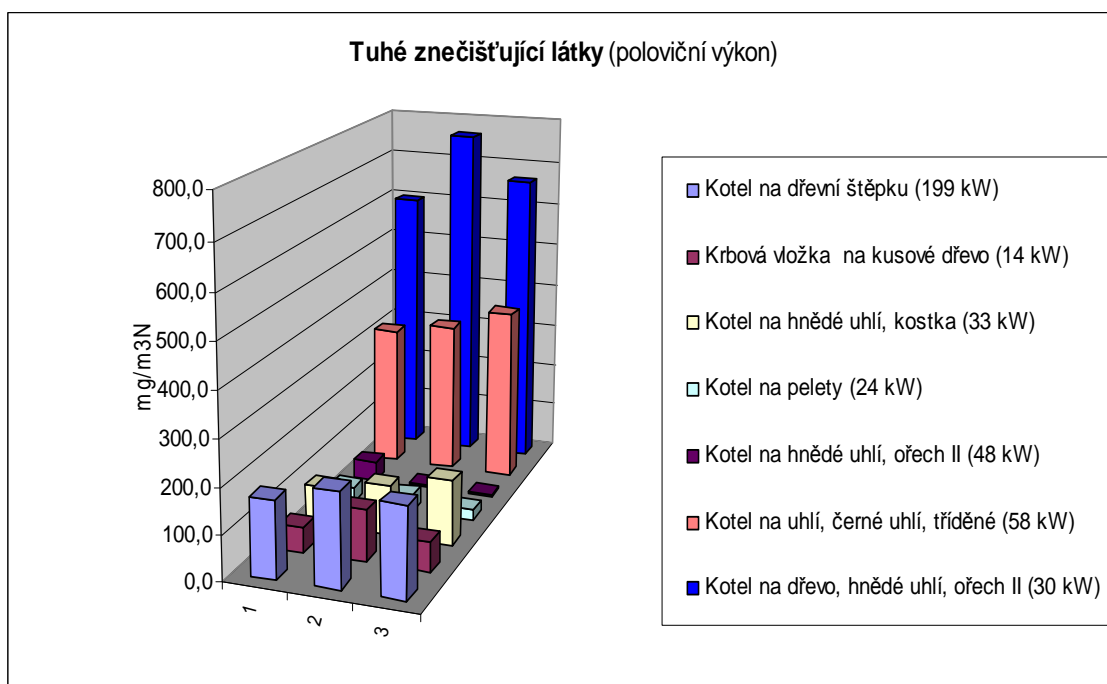
Obrázek č.27: Organické látky, jako TOC, poloviční výkon



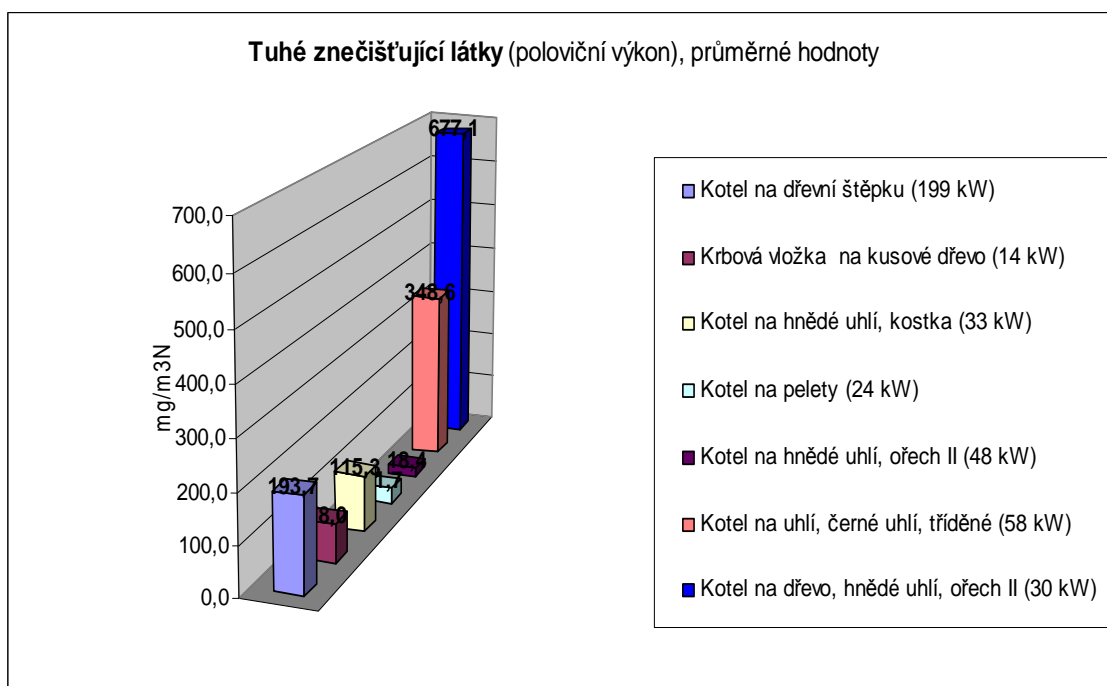
Obrázek č.28: Organické látky, jako TOC , poloviční výkon, průměrné hodnoty



Obrázek č.29: Tuhé znečišťující látky, poloviční výkon



Obrázek č.30: Tuhé znečišťující látky, poloviční výkon, průměrné hodnoty



Tabulka č.3: Souhrn výsledku měření při polovičním výkonu zdroje (str. 88 – 89), (101,325 kPa, 273,15 K, ref. % O2 dle paliva, suchý plyn)

Oxid uhelnatý

Zdroj	Průměrná hodnota CO v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok CO v kg.h ⁻¹	Emisní faktor CO v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	2059,5	0,486	19,454
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	2309,6	0,053	10,522
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	4601,7	0,120	29,995
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	7007,3	0,241	48,173
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	3646,7	0,085	28,314
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	4325,4	0,228	28,553
Kotel na pelety (24 kW)	944,2	0,082	27,424

Oxidy dusíku

Zdroj	Průměrná hodnota v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok NOx v kg.h ⁻¹	Emisní faktor NOx v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	241,0	0,057	2,275
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	199,1	0,005	0,908
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	50,2	0,001	0,325
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	109,9	0,004	0,749
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	93,2	0,002	0,756
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	159,6	0,008	1,051
Kotel na pelety (24 kW)	84,4	0,007	2,466

Oxid siřičitý

Zdroj	Průměrná hodnota SO ₂ v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok SO ₂ v kg.h ⁻¹	Emisní faktor SO ₂ v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	41,9	0,010	0,397
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	2128,3	0,048	9,699
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	1402,6	0,036	9,108
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	1593,9	0,054	10,892
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	54,9	0,001	0,434
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	615,1	0,032	4,057
Kotel na pelety (24 kW)	31,7	0,003	0,931

Organické látky vyjádřené jako suma uhlíku

Zdroj	Průměrná hodnota TOC v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok VOC v kg.h ⁻¹	Emisní faktor VOC v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	12,6	0,004	0,146
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	781,8	0,022	4,370
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	45,7	0,001	0,367
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	1241,0	0,052	10,409
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	278,4	0,008	2,569
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	183,6	0,012	1,485
Kotel na pelety (24 kW)	36,4	0,004	1,299

Tuhé znečišťující látky

Zdroj	Průměrná hodnota TZL v (mg.m ⁻³)	Hmotnostní tok TZL v kg.h ⁻¹	Emisní faktor TZL v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	193,7	0,047	1,875
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	18,4	0,000	0,083
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	115,3	0,003	0,743
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	677,1	0,024	4,791
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	78,0	0,002	0,674
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	348,6	0,019	2,388
Kotel na pelety (24 kW)	31,7	0,003	0,943

Benzo(a)pyren

Zdroj	Průměrná hodnota B(a)P v (μg.m ⁻³)	Hmotnostní tok B(a)P v kg.h ⁻¹	Emisní faktor B(a)P v kg.t ⁻¹ (paliva)
Kotel na dřevní štěpku (199 kW)	48,7	0,0000118	0,0070
Kotel na hnědé uhlí, ořech II (48 kW)	46,5	0,0000010	0,0004
Kotel na hnědé uhlí, kostka (33 kW)	32,7	0,0000008	0,0003
Kotel na dřevo, hnědé uhlí, ořech II (30 kW)	41,3	0,0000015	0,0009
Krbová vložka na kusové dřevo (14 kW)	25,9	0,0000007	0,0003
Kotel na uhlí, černé uhlí, tříděné (58 kW)	29,8	0,0000016	0,0006
Kotel na pelety (24 kW)	8,2	0,0000007	0,0003

9.4. Příloha č. 4

Grafické vyhodnocení průběhu procesu spalování paliv.

Bylo provedeno doplnění grafických výstupů průběhu spalování a tabulkový výstup hodnot koncentrací při spalování a jejich změn v průběhu celého procesu. Grafické výstupy byly zpracovány pro ty znečišťující látky, které byly měřeny kontinuálně a byl znám jejich koncentrační časový průběh během spalování.

Tabulky č.4 – 6: hodnoty naměřené při zapalování, přiložení a vyhasínání
(101,325 kPa, 273,15 K, ref. % O₂ dle paliva, suchý plyn)

Tabulka č.4: Kotel na hnědé uhlí

	Průměrná hodnota CO v (mg.m ⁻³)	Průměrná hodnota NO _x v (mg.m ⁻³)	Průměrná hodnota SO ₂ v (mg.m ⁻³)	Průměrná hodnota TOC v (mg.m ⁻³)	Stupeň tmavosti kouře dle Bacharacha
Kotel při zapalování	> 12000	54,3	1245,1	181,1	8
Kotel při přiložení	8250,3	95,4	1542,2	157,5	6
Kotel při vyhasínání	9548,2	46,8	954,8	82,45	3

Tabulka č.5: Krbová vložka na kusové dřevo

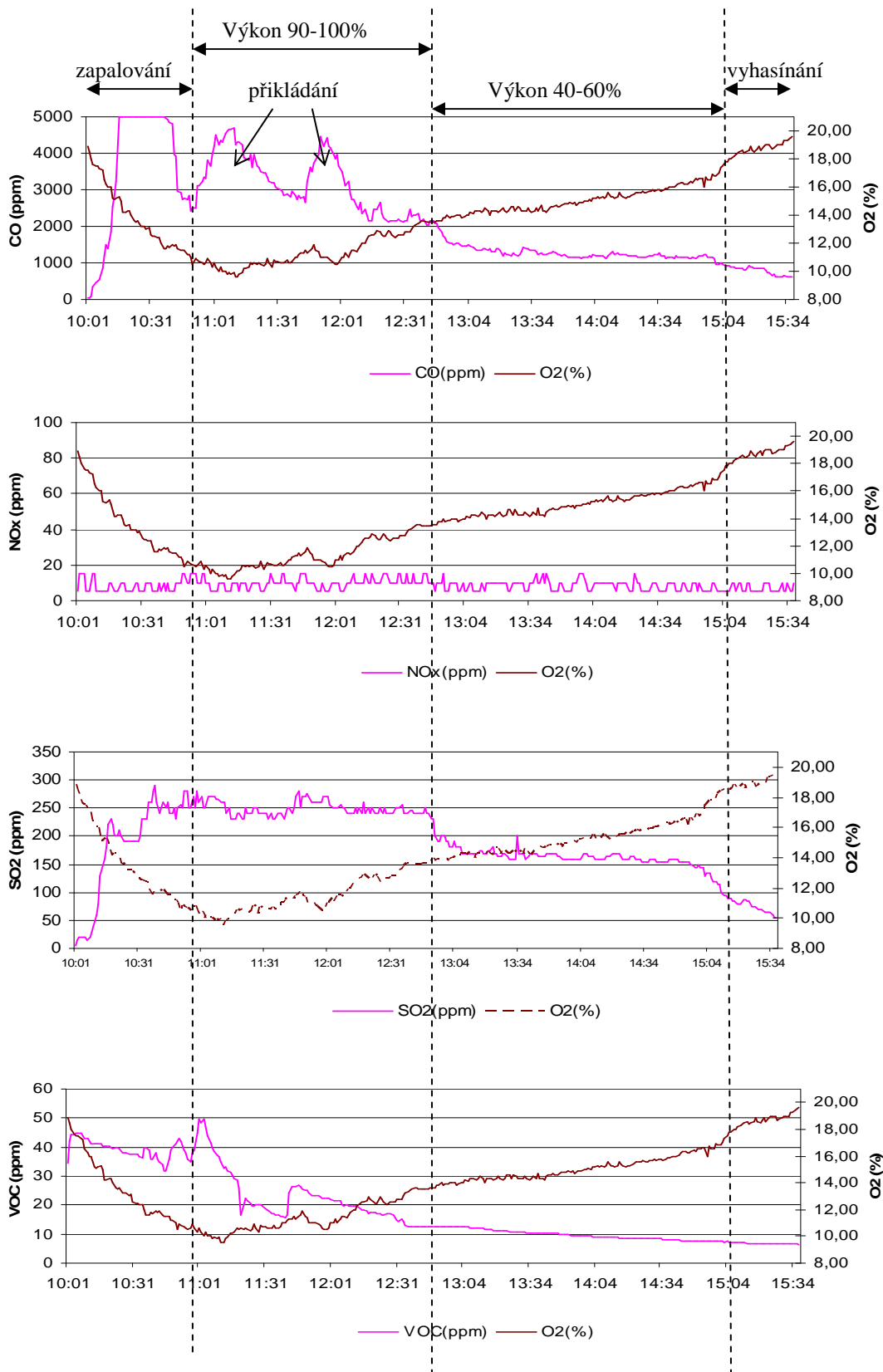
	Průměrná hodnota CO v (mg.m ⁻³)	Průměrná hodnota NO _x v (mg.m ⁻³)	Průměrná hodnota SO ₂ v (mg.m ⁻³)	Průměrná hodnota TOC v (mg.m ⁻³)	Stupeň tmavosti kouře dle Bacharacha
Kotel při zapalování	5652,3	26,3	16,6	708,3	6
Kotel při přiložení	4263,1	43,9	32,3	631,4	6
Kotel při vyhasínání	1856,4	19,3	11,7	393,5	2

Tabulka č.6: Kotel na dřevní štěpku

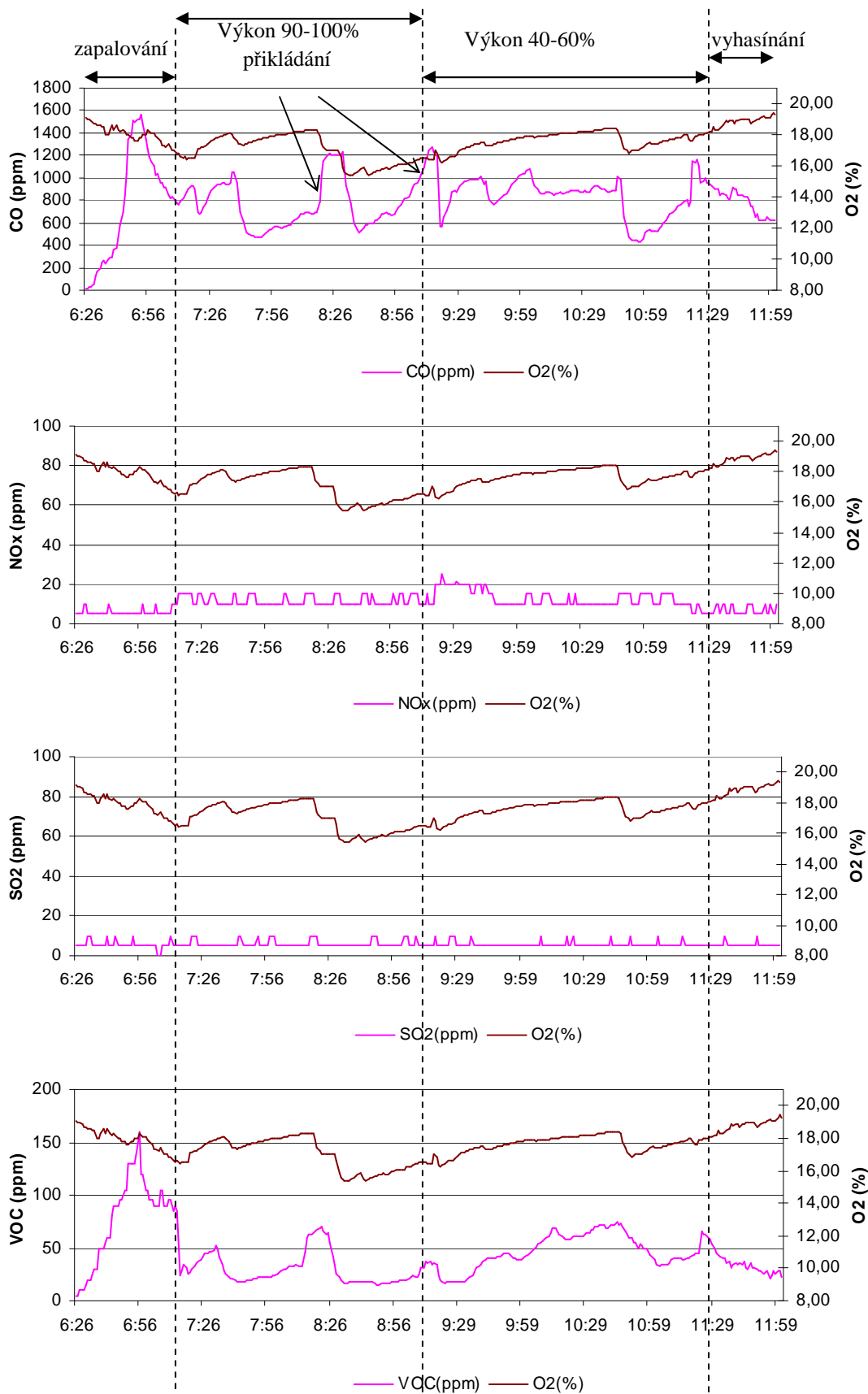
	Průměrná hodnota CO v (mg.m ⁻³)	Průměrná hodnota NO _x v (mg.m ⁻³)	Průměrná hodnota SO ₂ v (mg.m ⁻³)	Průměrná hodnota TOC v (mg.m ⁻³)	Stupeň tmavosti kouře dle Bacharacha
Kotel při zapalování	4365,3	81,1	10,4	8,5	6
Kotel při přiložení	3211,9	142,3	22,2	18,2	6
Kotel při vyhasínání	1113,6	34,7	8,6	7,1	2

Grafické záznamy celého procesu, od zapalování do vyhasnutí kotlů (obrázek č.30 – 36):

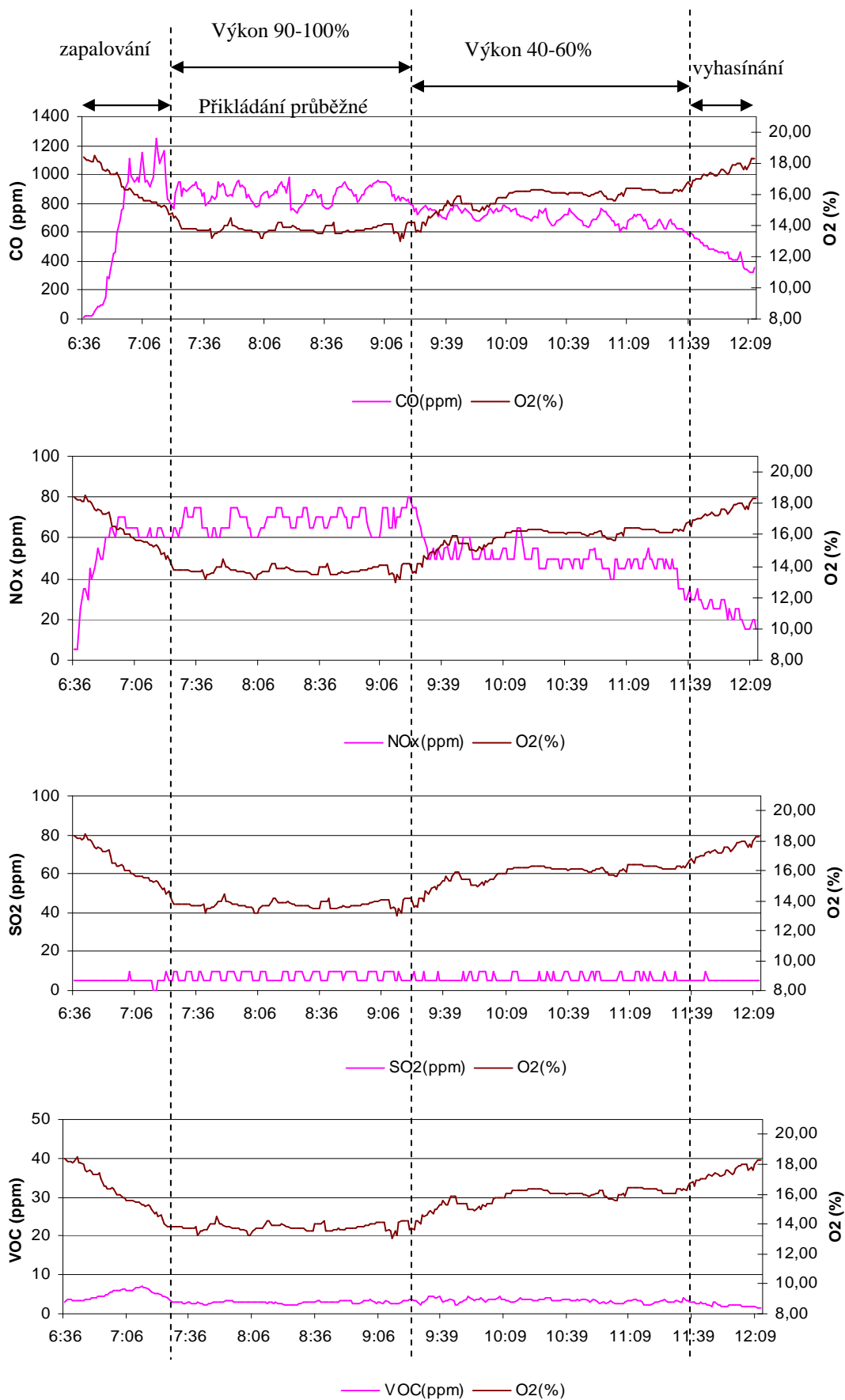
Obrázek č.31: Kotel na hnědé uhlí



Obrázek č.32: Krbová vložka na kusové dřevo

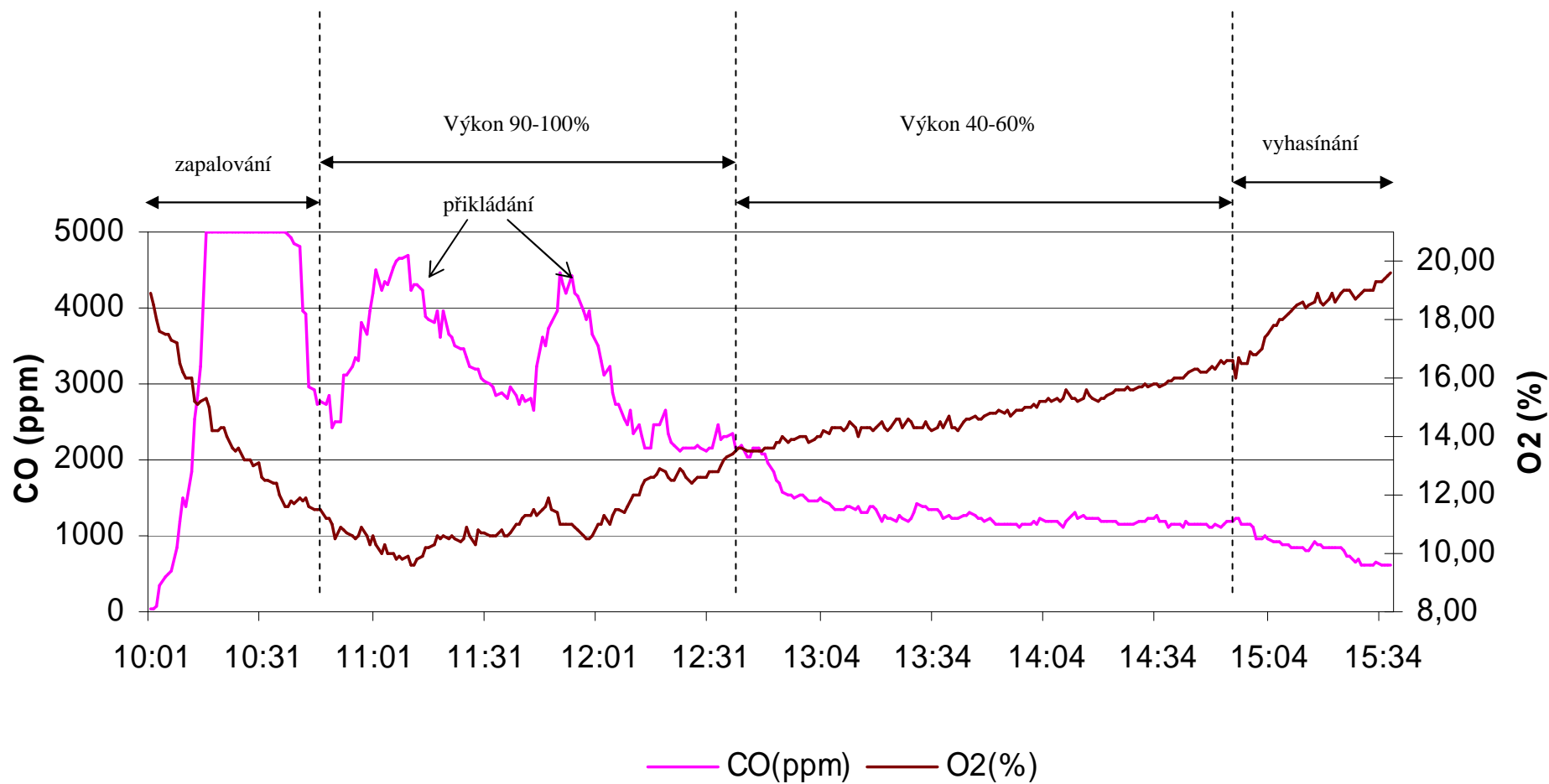


Obrázek č.33: Kotel na dřevní štěpku

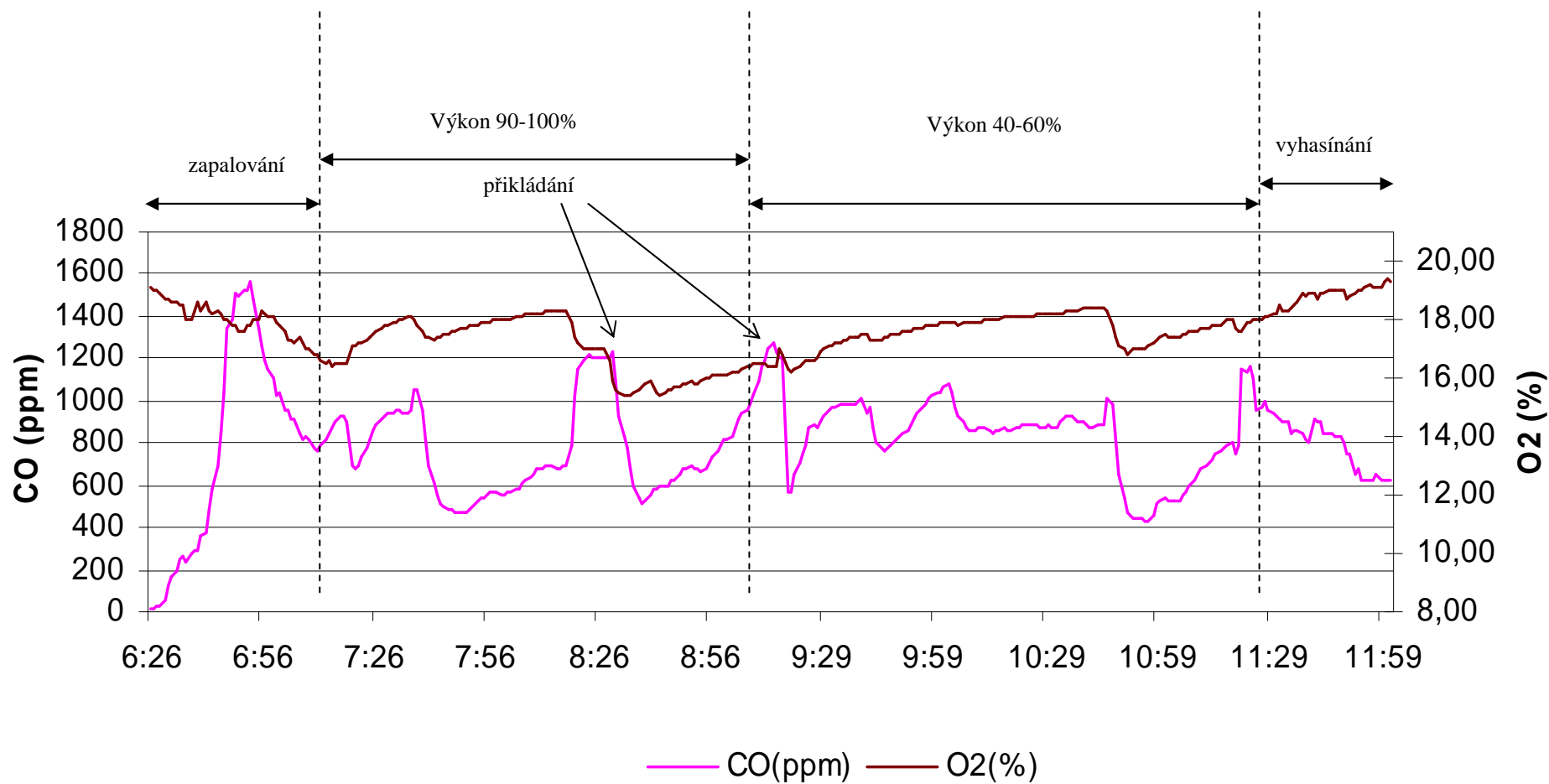


Zvětšené obrázky pro presentaci pro znečišťující látku s největšími změnami koncentrací – oxid uhelnatý:

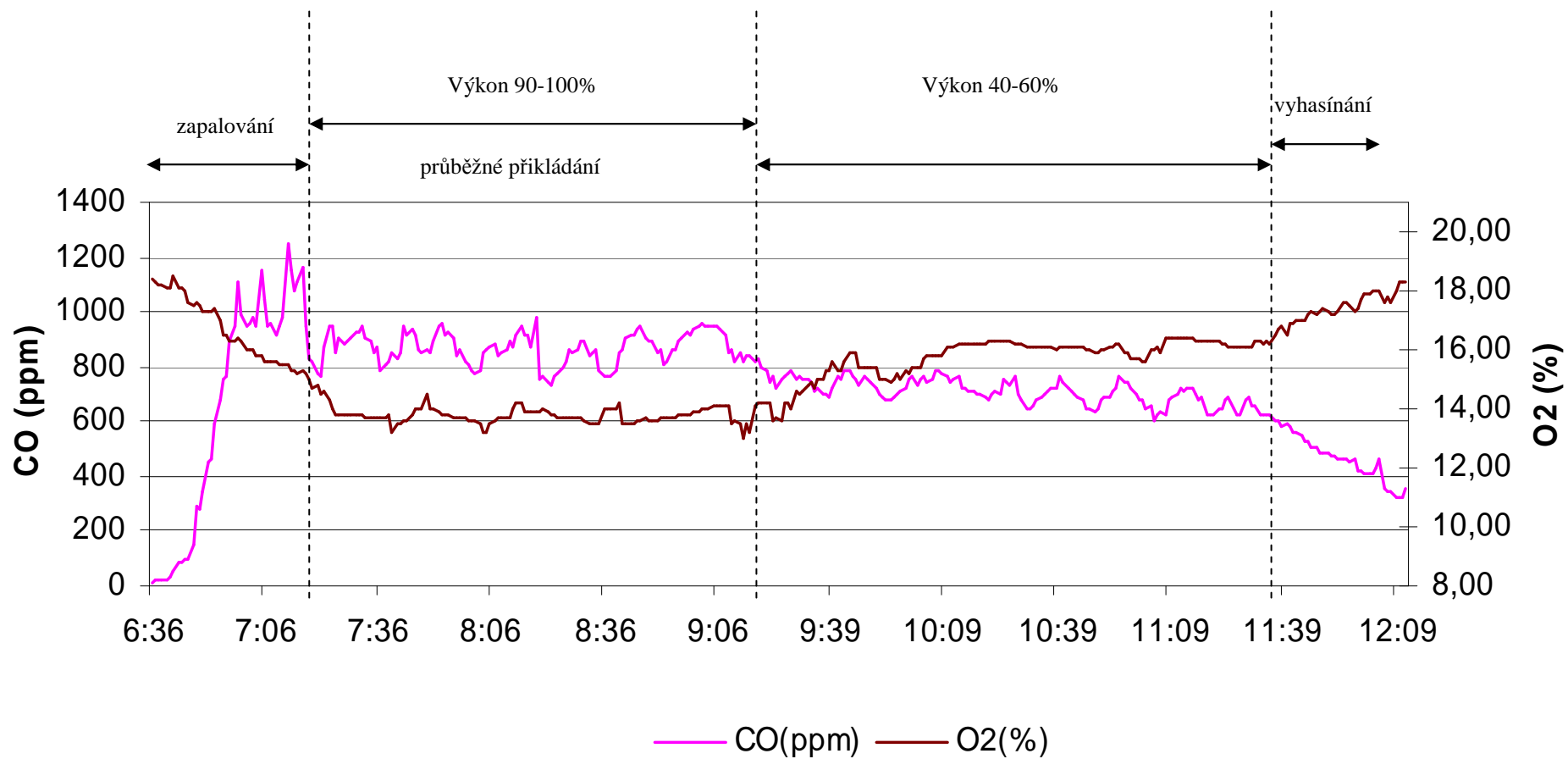
Obrázek č.34: Kotel na hnědé uhlí



Obrázek č.35: Krbová vložka na kusové dřevo



Obrázek č.36: Kotel na dřevní štěpku



Ze záznamu průběhu koncentrací jednotlivých znečišťujících látek vyplývá:**pro oxid uhelnatý**

Přikládání větších kusů paliva a to jak kusového hnědého uhlí, nebo kusového dřeva, vede ke zvýšeným koncentracím oxidu uhelnatého – nedokonalé spalování, největší změny jsou při zapalování, kdy je celé ohniště studené.

pro oxidy dusíku

Emisní koncentrace ve spalinách se nemění a není závislá na přiložení paliva, jako v případě CO, koncentrace oxidů dusíku mírně stoupá se zvyšující se teplotou v ohništi, při poklesu teploty v ohništi opět mírně klesá.

pro oxid siřičitý

Obsah síry v palivu byl malý, emisní koncentrace jsou malé a nevýznamné, s přikládáním paliva a teplotou v ohništi se moc nemění.

pro uhlovodíky

Tyto organické sloučeniny vykazují podobný trend jako oxid uhelnatý, tj. jejich koncentrace se zvyšují při přiložení jako důsledek nedokonalého spalování.

Se zvyšující se homogenitou paliva a možnosti kontinuálního dodávání paliva klesají koncentrační změny při přidávacích cyklech i pro oxid uhelnatý a uhlovodíky. Přikládání kusového a studeného paliva naráz vyvolává velké zvýšení emisí oxidu uhelnatého a uhlovodíků.

Pro zlepšení spalovacího procesu je nutno provádět dodávku paliva co možná nejplynuleji a po malých dávkách. Nejvýhodnější by byl kontinuální posun paliva, který je možný u kotlů na drcené a homogenizované palivo např. drcené uhlí, dřevní štěpku nebo pelety.

Tabulka č.7: Seznam protokolů z měření emisí vybraných zdrojů znečištění ovzduší

Poř.č.	Výkon kotle v kW	Provoz během měření	Konstrukce pro palivo	Použité palivo
1525a	199	90-100 %	Dřevní štěpka	Štěpka
1525b	199	40-60%	Dřevní štěpka	Štěpka
1526a	48	90-100 %	Hnědé uhlí	HU ořech II
1526b	48	40-60%	Hnědé uhlí	HU ořech II
1527a	33	90-100 %	Hnědé uhlí	HU kostka
1527b	33	40-60%	Hnědé uhlí	HU kostka
1528a	30	90-100 %	Dřevo	HU ořech I
1528b	30	40-60%	Dřevo	HU ořech I
1528c	30	50-90 %	Dřevo	Dřevo (mokré a suché)
1529a	14	90-100 %	Krb na dřevo	Kusové dřevo měkké
1529b	14	40-60%	Krb na dřevo	Kusové dřevo měkké
1530a	58,1	90-100 %	Černé uhlí	Černé uhlí tříděné
1530b	58,1	40-60%	černé uhlí	Černé uhlí tříděné
1530c	58,1	40-60 %	černé uhlí	PET lahve
1542a	24	90-100 %	Dřevěné pelety	Dřevěné pelety
1542b	24	40-60%	Dřevěné pelety	Dřevěné pelety
1656	27	50-90 %	Uhlí	Kusové dřevo měkké

10. Seznam použité literatury

- [1] Koncepce ochrany ovzduší Jihočeského kraje, SEVEN, archivní materiály, Praha.
- [2] ÚP VÚC Jihočeského kraje, podklady územního plánu, krajská energetická koncepce.
- [3] Odchodek, T., Emise z malých zdrojů znečištění ovzduší , materiály z konference , říjen, 2008.
- [4] US EPA, emisní faktory a ochrana ovzduší, AP - 42.
- [5] Naturchem, s.r.o. , emise z malých zdrojů, archivní materiály firmy, 2009.
- [6] Čapek, R., Mikšovský, M., Mucha, L. (1992): Geografická kartografie. [Geographical cartography.] Praha.
- [7] Zákon č. 86/2002 Sb. o ochraně ovzduší a o změně některých dalších zákonů.
- [8] Nařízení vlády č. 597/2006 Sb., kterým se stanoví imisní limity a podmínky a způsob sledování, posuzování, hodnocení a řízení kvality ovzduší.
- [9] Fiala, J. et al. (2000): Rozvoj postupů objektivního mapování území z hlediska překračování imisních úrovní a kritických zátěží. Zpráva o řešení dílčího úkolu DU02 projektu VaV/740/2/00. ČHMÚ, Praha 2000.
- [10] EC (1996): Council Directive 96/62/EC of 27 September 1996 on ambient air quality assessment and management. Official Journal of the European Communities, No. L 296/55.
- [11] EC (1999): Council Directive 1999/30/EC of 22 April 1999 relating to limit values for sulphur dioxide, nitrogen dioxide and oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. Official Journal of the European Communities, No. L 163, pp. 0041–0060.
- [12] EC (2000): Council Directive 2000/69/EC of the European Parliament and the Council of 16 November 2000 relating to limit values for benzene and carbon monoxide in ambient air. OJEC L 313/12.
- [13] EC (2002): Directive 2002/3/EC of the European Parliament and of the Council of the European Union of 12 February 2002 relating to ozone in ambient air.
- [14] EC (1997): Air quality daughter directive, Position paper on lead.
- [15] MŽP (1996): Směrnice pro kvalitu ovzduší v Evropě (WHO Regional Publications, European Series, No. 23). [16] EC (1998): Council directive on ambient air quality assessment and management working group on benzene, Position paper.

- [17] EC (2001): Ambient air pollution by As, Cd and Ni compounds, Position paper.
- [18] EC (2001): Ambient air pollution by mercury, Position paper.
- [19] EC (2001): Ambient air pollution by polycyclic aromatic hydrocarbons, Position paper.
- [20] www.epa.gov
- [21] Dvořáková, M., Fiala, J., Livorová, H., Srněnský, R. (1995): Vypracování postupů pro zohlednění druhů pokryvu terénu při odhadu rychlosti suché depozice SO₂ a prašného aerosolu. Zdokonalení metod územního a časového hodnocení kvality ovzduší. DÚ 6.1.2.1. projektu Informační zabezpečení ochrany ovzduší Státního programu péče o životní prostředí ČR. MS ČHMÚ, Praha.
- [22] EEA (2000): Environmental signals 2000. Environmental assessment report No. 6.
- [23] Fiala, J. et al. (2003): Integrované hodnocení a řízení kvality ovzduší v návaznosti na dceřiné směrnice týkající se TK, PAHs, PM₁₀ a benzenu. Projekt VaV/740/3/02. ČHMÚ, Praha.
- [24] Domasová, M., Kožnarová, J., Braniš, M. (2000): Znečištění ovzduší z lokálních zdrojů – případová studie měření koncentrace PM₁₀ v malé obci během zimních období 1997/98 a 1998/99. Ochrana ovzduší 4–5, 26–28.
- [25] Kotlík, B., Kazmarová, H., Kvasničková, S., Keder, J. (2005): Kvalita ovzduší na českých vesnicích – stav v roce 2003 (malá sídla). Ochrana ovzduší 1, 26–28.
- [26] EC (2004): Directive 2004/107/EC of the European Parliament and of the Council of 15 December 2004, relating to arsenic, cadmium, mercury, nickel and polycyclic aromatic hydrocarbons in the ambient air. Official Journal of the European Union, No. L 23, pp. 3–16.
- [27] ČHMÚ (1994–2008): Znečištění ovzduší na území České republiky v roce ... – Air Pollution in the Czech Republic in ... Ročenky za léta 1993–2007. ČHMÚ, Praha.
- [28] J. Horálek, P. Kurfürst, B. Denby, P. de Smet, F. de Leeuw, M. Brabec, J. Fiala (2005): Interpolation and assimilation methods for European scale air quality assessment and mapping. European Topic Centre on Air and Climate Change, ETC/ACC Technical Paper 2005/8
- [29] Gehrig, R., Buchmann, B. (2003): Atmospheric Environment, 37, pp. 2571–2580.
- [31] Ranalli, A.J., Turk, J.T., Campbell, D.H. (1997): The use of bulk collectors in monitoring wet deposition at high-altitude sites in winter, Water, Air and Soil Pollution, 95, 237–255.

- [32] Tesař, M., Fottová, D., Eliáš, V., Šír, M. (2000): Occult precipitation as an important contribution to the wet deposition in Bohemian Forest, *Silva Gabreta*, Vol. 4, p. 87–96.
- [33] Tesař, M., Šír, M., Fottová, D. (2005): Usazené srážky a chemismus malého horského povodí. Sborník konference „Hydrologie malých povodí“. p. 343–350.
- [34] Horálek, J., Livorová, H. (1998): Metodika vytváření map emisních toků, územního rozložení imisí znečišťujících látek a jejich depozice. PPŽP/520/4/97 Stanovení účinkových parametrů aplikovaných při přípravě konceptů protokolů 2. generace k EHS/OSN CLRTAP v reálných podmínkách ČR. Praha.
- [35] ČHMÚ (2008): Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika 2007 – Air Pollution and Atmospheric Deposition in Data, the Czech Republic 2007, ČHMÚ, Praha.
- [36] VaV/740/2/00 „Vyhodnocení připravenosti České republiky splnit požadavky na kvalitu ovzduší podle směrnic EU a konvence CLRTAP“.
- [37] Council Decision 97/101/EC of 27 January 1997 establishing a reciprocal exchange of information and data from networks and individual stations measuring ambient air pollution within the Member States. Official Journal of the European Communities, No. L 35/14. EC, 1997.
- [38] Larssen, S., Sluyter, R., Helmis, C. (1999): Criteria for EUROAIRNET. The EEA Air Quality Monitoring and Information Network. Technical Report no. 12. EEA, Copenhagen.
- [39] Fiala J., Ostatnická J. (eds.), 2003: Znečištění ovzduší a atmosférická depozice v datech, Česká republika. ČHMÚ, Praha.
- [40] Fiala J., Závodský D., 2003: Chemické aspekty znečištěného ovzduší – troposférický ozon. Příloha časopisu *Ochrana ovzduší*. Praha, 22 str.
- [41] Bytnerowicz A., Michael Tajze M., Rocio A.R., Jones D., Johnson R., Grulke N., 2002: Summer – time distribution of air pollutants in Sequoia National Park, Kalifornie. *Environmental Pollution* 116: 3 – 25.
- [42] Ashmore M. R., 2003: Surface Ozone Effects on Vegetation. In: Holton JR., Curry JA. and Pyle JA. eds.: *Encyclopedia of Atmospheric Sciences*. Academic Press, Elsevier Science, Ltd., London. 1663 – 1671 p.

- [43] Uhlířová H., Šrámek V., Pasuthová J., 1997: Znečištění ovzduší a lesy. IV. Oxidy dusíku a ozon. Zprávy lesnického výzkumu 2: 28 – 32.
- [44] Pell E.J., Schlagnhauser C.D., Artega R.N., 1997: Ozone induced oxidative stress: Mechanism of action and reaction. *Physiologia Plantarum* 100: 264-273.
- [45] Hůnová I., Janoušková S., 2004: úvod do problematiky znečištění venkovního ovzduší. Karolinum, Praha, 144 str.
- [46] WHO, 1987: Air Quality Guidelines for Europe. MŽP Praha 1996 (český překlad publikace), 428 str.
- [47] B. Finlayson-Pitt, J. Raff, B. Njegic, B. Gerber, UCI , Kalifornia, USA, M. Gordon, Iowa State University, USA, W. Chány, D. Dabdub Molecular Science Institute , National Science Foundation, USA, Fossil fuel Use Leads to Ozone – boosting chemical reaction, July 2009, USA.
- [48] Chalupa V., Jurečka P., Mohyla D., Gaidadzis M.: Stanovení termické účinnosti kamen na tuhá paliva přímou metodou. *Časopis Energetika*, rok vydání leden 2006.
- [49] Chalupa V., Jurečka P., Mohyla D., Ritz R.: Možnosti snižování emisí oxidu siřičitého při spalování hnědého uhlí v malých kamnech pro domácnosti. *Časopis Energetika*, rok vydání květen 2006.