



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**TVORBA NESLEDOVANÝCH POLUTANTŮ PŘI
SPALOVÁNÍ V DOMOVNÍCH KOTLECH**

PRODUCTION OF UNMEASURED EMISSIONS BY COMBUSTION IN HOUSE BOILERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Chlubna

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Martin Lisý, Ph.D.

BRNO 2018

Zadání bakalářské práce

Ústav: Energetický ústav
Student: **Martin Chlubna**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce: **Ing. Martin Lisý, Ph.D.**
Akademický rok: 2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Tvorba nesledovaných polutantů při spalování v domovních kotlech

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Změna zákona o ochraně ovzduší v roce 2012 výrazně zpřísnila emisní limity pro domovní kotle při certifikaci, tak pro jejich provozování. Platná legislativa však neřeší všechny možné emise, jako např. NO_x nebo tzv. polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU) emitovanými malými zdroji, kde se příspěvek na celorepublikových emisích pohybuje v rozmezí 60 až 80 %.

Práce bude zaměřena na rešerši publikovaných údajů o produkci tzv. legislativně nesledovaných polutantů z domovních kotlů a realizaci ověřovacích měření.

Cíle bakalářské práce:

- Zpracovat rešerši produkce nesledovaných polutantů z domovních kotlů.
- Provést základní spalovací zkoušky.
- Porovnat výsledky naměřených emisí a zhodnotit závažnost produkovaných emisí na životní prostředí.

Seznam doporučené literatury:

BALÁŠ, Marek. Kotle a výměníky tepla. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 9788021447707.

PASTOREK, Zdeněk, Jaroslav KÁRA a Petr JEVIČ. Biomasa: obnovitelný zdroj energie. Praha: FCC Public, 2004. ISBN 80-86534-06-5.

MALATĚK, Jan a Petr VACULÍK. Biomasa pro výrobu energie. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. ISBN 978-80-213-1810-6.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Jiří Pospíšil, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá tvorbou nesledovaných polutantů při spalování v domovních kotlech. Teoretická část je tvořena řešeršní studií zabývající se polutanty a jejich legislativou. V experimentální části jsou provedeny spalovací zkoušky pro uhlí a dřevo různých vlhkostí. Na závěr jsou na základě chemické analýzy vyhodnoceny výsledky měření.

Klíčová slova

Polutant, emise, domovní kotle, spalovací zkouška, legislativa

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the production of non-monitored pollutants during combustion in domestic boilers. The theoretical part is made up of a research study dealing with pollutants and their legislation. In the experimental part combustion tests for coal and wood of different moisture are made. In conclusion, the measurement results are evaluated on the basis of chemical analysis.

Key words

Pollutant, emissions, domestic boilers, combustion test, legislation

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CHLUBNA, M. *Tvorba nesledovaných polutantů při spalování v domovních kotlech*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 41 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Martin Lisý, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Tvorba nesledovaných polutantů při spalování v domovních kotlech** vypracoval(a) samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Jméno a příjmení

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto Ing. Martinu Lisému, Ph.D za cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování závěrečné práce.

OBSAH

1	Úvod do ekologie emise	15
1.1	Teoretický úvod ke kotlům malých výkonů („domácím kotlům“)	16
2	Polutanty	17
2.1	Úvod do polutantů	17
2.2	Sledované polutanty	17
2.2.1	Oxidy síry (oxid siřičitý)	17
2.2.2	Oxidy uhlíku (oxid uhelnatý)	18
2.2.3	Oxidy dusíku (oxid dusičitý a oxid dusnatý)	18
2.2.4	Pevné prachové částice PM10 a PM2,5	18
2.3	Nesledované polutanty	18
2.3.1	Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)	18
2.3.2	Některé oxidy dusíku (krom oxidu dusičitého a oxidu dusného)	19
3	Zákonná úprava	21
3.1	ČSN 303-5 a změny v oblasti domácích kotlů a některé emisní limity vyplyvající z ČSN 303-5	21
3.2	Směrnice o ekodesignu (Směrnice č.2009/125)	23
3.3	Zákon o ochraně ovzduší z roku 2012	23
3.3.1	Úvod do zákona	23
3.3.2	Spalovací stacionární zdroje a jejich typy (mimo jiné také „kotle“)	23
3.3.3	Limity a maximální počet jejich překročení	24
4	Měření polutantů	25
4.1	Metodologie, postup a vnější podmínky měření (vč. obrázkové přílohy)	25
4.1.1	Metodologie nástroje měření	25
4.1.2	Testované vzorky, metoda odběru vzorků	25
4.1.3	Vnější podmínky testování a postup testování (vč. obrázkové přílohy)	25
4.2	Výsledky měření polutantů	28
4.2.1	Měření – spalování číslo 1 (Bukové dřevo s vlhkostí 7,1 %)	28
4.2.2	Měření – spalování číslo 2 (Bukové dřevo s vlhkostí 10,9 %)	28
4.2.3	Měření – spalování číslo 3 (černé uhlí)	29
4.2.4	Měření – spalování číslo 4 (Bukové dřevo s vlhkostí 17 %)	30
4.2.5	Souhrnné výsledky – grafy a tabulky	30
5	Závěr	33
	Použité zdroje a literatura	35

Seznam použitých symbolů a zkratk.....	37
Seznam obrázků	39
Seznam tabulek	41

1 Úvod do ekologie emise

Se zvyšujícím se požadavkem na kvalitu životního prostředí je nutné redukovat množství znečišťujících látek v ovzduší. Špatné ovzduší má negativní dopad na zdraví člověka obzvláště u malých dětí může způsobit vážné dýchací potíže.

Škodlivé látky v ovzduší nazýváme odborně emise a zabývá se jimi ekologie.

Pojem emise znamená vylučování. Většinou se jedná o vylučování škodlivých látek, které určitým způsobem znečišťují ovzduší [1].

Emise je možno rozdělit do dvou skupin: přímé a nepřímé.

Přímé emise:

Jedná se o osobní emise vyvolané přímo spotřebitelem. Jsme schopni vypočítat přímou osobní emisi některých polutantů (znečišťovatelů ovzduší, jak vyplývá z anglického/latinského názvu). Příkladem může být osobní přímá emise škodlivého oxidu uhličitého do ovzduší (CO_2). Pokud jde o emise oxidu uhličitého ze spotřeby elektrické energie, je možno si ji odvodit od ročního vyúčtování spotřeby (el. Energie a nákladů na vytápění). Lze říci, že za přímou emisi škodlivého CO_2 jsme odpovědní my sami a je v našich silách ji určitým způsobem ovlivnit. Nejinak tomu je při spalování v kotlech domácností – co spaluje, ovlivňuje přímo uživatel kotle. Přímou emisi plynů CO_2 můžeme zjistit velmi jednoduše u vytápění, spotřeby elektrické energie či z užívání osobního auta [2].

Nepřímé emise:

Jedná se o emise, které nejsme schopni přímo ovlivnit. Příkladem nepřímých emisí na příkladu oxidu uhličitého je například stavba železnic a fungování služeb (školy, kadeřník apod.). Z hlediska potravin je z pohledu tvorby emisí CO_2 při výrobě či přepravě nejškodlivější především hovězí maso, sýry a máslo [2].

Většina národů a velkých národních uskupení disponuje určitými pravidly, normami či právními úpravami upravujícími emisi některých škodlivých látek. Příkladem je zajisté i Evropská Unie, která se snaží redukovat dopady ekologického znečištění [3]. V českém prostředí je příkladem především norma ČSN 303-5 upravující parametry domácích kotlů pro vytápění a spalování v nich (tzv. kotle pro ústřední vytápění) [4]. Normou se dokument bude zabývat v následujícím textu.

Existují takzvané emisní povolenky (maximální stanovené možnosti produkce škodlivých emisí), respektive obchodování s tzv. emisními povolenkami. Webový portál Ministerstva životního prostředí (MŽP) k obchodování s emisními povolenkami uvádí, že „emisní obchodování je nástroj motivující ke snižování emisí skleníkových plynů co nejefektivnějším způsobem. Subjekty, které mají možnost redukovat emise s nižšími náklady, mohou uspořené emisní povolenky nebo jiné emisní kredity prodat těm, u nichž by taková redukce byla nákladnější.“ [5]. Avšak z mého úhlu pohledu obchodování s emisními povolenkami nesníží celkové emise, pouze přerozdělí emise z určitých států do jiných, avšak celkový objem emisí planety zůstane v nejlepším případě stejný.

Velmi složitá je situace u spalovacích stacionárních zdrojů. Pokud si uvedeme příklad z praxe, pak každý z nás má ve svém okolí známého člověka, který vlastní rodinný domek a k topení či ohřevu vody užívá kotel. Například kotel na tuhá paliva.

Není to tak dávno, kdy kotle nemusely splňovat žádné či jen minimální normy pro ochranu zdraví obyvatel a ochranu ovzduší. Ještě před přibližně 15 až 20 lety nikdo nesledoval a nikoho nezajímalo, co si v kotli rodinného domu pálíme (ať se jedná o uhlí či pneumatiku).

Nemluvě o faktu, že neexistovaly žádné filtry komínů či požadované úpravy domácích kotlů, které by chránily zdraví a životní prostředí.

Ochrana zdraví sousedů a obyvatel (mohou vdechovat toxiny a toxické látky a polutanty) a taktéž ochrana životního prostředí a ekosystémů byla na mnohem nižší úrovni, než je nyní. O rozvoj ochrany zdraví a životního prostředí, stanovení limitů a jejich sledování, případně potrestání vícenásobného nepovoleného překročení limitů, se zasloužila především evropská úprava (Evropská Unie), která je implementována v Zákoně o ochraně životního prostředí (rok 2012).

Důležité je si uvědomit, že téměř jakákoliv látka, která je vypouštěna do životního prostředí (taktéž cestou spalování), má na životní prostředí a zdraví lidí a živočichů nějaký vliv.

1.1 Teoretický úvod ke kotlům malých výkonů („domácím kotlům“)

Mezi kotle malých výkonů patří především kotle, které používáme doma – domácí kotle umístěné například ve sklepeních rodinných domů. Mezi nejčastější paliva domácích kotlů mohou zařadit uhlí, dřevo, pelety (dřevní, alternativní, uhelné), brikety (biomasa, uhelné), štěpky a piliny. Máme velkou paletu paliv, které můžeme použít v kotlích pro domácnosti [6].

Každý z kotlů může mít jiný princip spalování, a to ať spalování na tzv. roštu, spalování se spodním přívodem dřeva či skrz takzvané hořákové provedení [6].

Domácí kotle produkují emise, které jsou škodlivé jak na zdraví, tak pro ekosystémy. Je velký rozdíl mezi emisemi, které vznikají při dokonalém spalování a emisemi, které vznikají během nedokonalého spalování.

Při dokonalém spalování se do ovzduší uvolňují především oxid uhličitý (hlavně při užití biomasy jako paliva), různé oxidy dusíku (opět především při užití biomasy), oxid dusný (velmi nízké množství), oxidy síry (skrz úplnou oxidaci paliva), chlorovodík, prachové částice a některé těžké kovy (např. Cu, Pb, Cd). Naopak při spalování nedokonalém (způsobené mimo jiné nedostatkem kyslíku v komoře), vznikají a do ovzduší jsou vypouštěny následující polutanty: oxid uhelnatý (nejvíce nebezpečný meziprodukt – může usmrtit živé organismy), metan, těkavé organické látky (NMVOC), uhlovodíky (PAU), prachové částice, dioxiny a furany (PCDD/PCDF), amoniak či ozon [6].

Hlavní povinností majitelů rodinných domů či jiných typů domů (a obecně každého majitele či provozovatele domácího kotle) je především provádět pravidelné revize u autorizovaného revizního technika. Pokud povinnost není splněna a není dodán doklad o revizi na vyžádání obecního úřadu, hrozí majitelům domácích kotlů pokuta až do výše 20 000 Kč [9].

Cílem kontrol je především zabránit škodám na zdraví a majetku. Česká televize uvádí, že „při kontrole zkoumá revizní technik kompletně celý kotel – například řídicí jednotku, regulátor a havarijní termostat, ale třeba i to, co a jak se v kotli spaluje. Kontroluje dokonce i to, kde je uskladněné uhlí. Prohlídka zabere minimálně hodinu.“ [9]. Kontrola musí být provedena každým rokem.

2 Polutanty

Druhá kapitola se věnuje polutantům, které znečišťují ovzduší tím, že se uvolňují do ovzduší při spalování jak v takzvaných „domácích kotlích“, ale také i v jiných typech stacionárních tepelných zařízení. Druhá kapitola obsahuje úvod k polutantům a jejich dělení na sledované a nesledované polutanty. Druhy nesledovaných polutantů jsou v kapitole rozepsány detailně a je jim věnována zvláštní pozornost.

2.1 Úvod do polutantů

Pokud si vezmu na pomoc anglický jazyk, je jasné, že slovo „pollution“ znamená znečištění. Polutant je odvozen od znečištění, jedná se tedy o znečišťující látku, která je vypouštěna do ovzduší.

Známe dva druhy polutantů, primární a sekundární polutanty. K primárním polutantům můžeme přiřadit konkrétní zdroj. Do skupiny primárních polutantů je zařazen SO, CO, NO či prach. Ve své podstatě se jedná o takzvané sledované – měřené – polutanty. Takzvané sekundární (nesledované) polutanty již nelze přiřadit ke konkrétnímu zdroji. Sekundární polutanty vznikají transformací (reakcí). Mezi takzvané sekundární polutanty řadíme například ozón a PAN (peroxyacetyl nitrát) [10].

2.2 Sledované polutanty

Zákon o ochraně ovzduší mimo jiné stanovuje určité limity a jejich maximální počet a délku překročení [8]. Jedná se o takzvané sledované polutanty – sledované látky, které znečišťují životní ovzduší či mohou ohrozit zdraví obyvatel. Jejich sledování má na starosti Ministerstvo životního prostředí.

Sledované polutanty lze definovat jako nejzávažnější látky, které znečišťují životní ovzduší a zdraví obyvatel. Mezi nejnebezpečnější látky ohrožující zdraví obyvatel patří oxid siřičitý, oxid dusičitý a oxid uhelnatý. Nebezpečný je taktéž benzen, pevné částice PM₁₀ a PM_{2,5}, ale také olovo (Pb). [8].

Příkladem podrobných statistik sledovaných polutantů (viz výše) v ovzduší je statistika Ministerstva životního prostředí z let 2000 až 2014 pro hlavní město Prahu [11]. Z grafu je patrné, že souhrnné emise v posledních letech (2011 až 2014) klesaly. Mám za to, že trend poklesu je způsoben Zákonem o ochraně ovzduší z roku 2012.

Dalším důkazem měření sledovaných polutantů je *podrobná verze Elektronické zprávy o ŽP v Praze 2014 - kap. Ovzduší* na portálu životního prostředí hlavního města Prahy. Zpráva uvádí znečištění sledovanými polutanty v celé ČR v roce 2014 následovně: tuhé látky: 0,466 t.rok⁻¹.km⁻², SO₂: 1,61 t.rok⁻¹.km⁻², NO_x: 1,249 t.rok⁻¹.km⁻² a CO: 4,7 t.rok⁻¹.km⁻² [12]. Na následující řádcích rozeberu, proč jsou výše uvedené látky sledované a měřené.

2.2.1 Oxidy síry (oxid siřičitý)

Nežádoucí je především sledovaný oxid siřičitý. „*Oxid siřičitý reaguje s chlorofylem (fotosyntetickým barvivem rostlin) a narušuje tak fotosyntézu.*“ Oxid siřičitý také způsobuje, při své reakci se vzdušným kyslíkem, takzvané kyselé deště. Oxid siřičitý dráždí sliznice dýchacích cest, vznikají tím záněty průdušek či astma. Povolený imisní limit oxidu siřičitého činí 125 µg.m⁻³ [13].

2.2.2 Oxidy uhlíku (oxid uhelnatý)

Bohužel, oxid uhelnatý je nejrozšířenějším polutantem na světě. Vzniká především při nedokonalém spalování některých materiálů. Oxid uhelnatý ovlivňuje kardiovaskulární systém (cévy, srdce). Povolený limit oxidu uhlíku je $10\,000\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ / denní 8hod. klouzavý průměr. [13].

2.2.3 Oxidy dusíku (oxid dusičitý a oxid dusnatý)

Oxidy dusíku jsou jednou z hlavních součástí kyselých dešťů. Pomáhá například při vzniku nežádoucího smogu. Hlavní zdroj oxidů dusíku jsou především auta, motocykly a další vozidla. Při uvolnění se do ovzduší jej vdechujeme a tím si dráždíme sliznice dýchacích cest. Povolený imisní limit oxidu dusičitého je $40\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ /rok. [13].

2.2.4 Pevné prachové částice PM10 a PM2,5

Číslo za zkratkou PM znamená velikost částice v mikrometrech. Čím je částice menší, tím je lidskému zdraví nebezpečnější, jelikož se může dostat až do plicních sklípků. A kdo z nás by chtěl mít plíce plné prachu? Je možné říci, že takzvaný „polétavý prach“ (PM10 a PM2,5) vzniká pouze jako produkt lidské činnosti. Maximálně je povoleno $50\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ /24 hod. částic PM10 a $25\ \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ /rok u částic PM2,5 [13].

2.3 Nesledované polutanty

Nesledované polutanty nejsou nijak řešeny zákonnou úpravou a nejsou nijak zvlášť sledovány. Lze říci, že jejich vypouštění do ovzduší je nekontrolované a není nijak regulované. Přispívají k výraznému zhoršení životního prostředí a provozovatelé (majitelé) domácích kotlů a jiných typů tepelných stacionárních zdrojů nejsou povinni instalovat filtry či jiné ochranné prostředky vůči nesledovaným látkám, které znečišťují ovzduší. Mezi nejnebezpečnější nesledované polutanty patří především takzvané polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU). Podkapitola rozebírá nesledované polutanty.

2.3.1 Polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU)

Český Hydrometeorologický Ústav (ČHMÚ) odhaduje, že až 66 % obyvatel bylo v roce 2012 vystaveno škodlivé koncentraci PAU [13]. Mezi polycyklické aromatické uhlovodíky patří benzo(a)pyren, dibenzopyren, anthracen či indenopyren. Celkem existují tři skupiny polycyklických aromatických uhlovodíků [14]. Na následující řádcích rozeberu mimo jiné vliv na lidské zdraví a spalování PAU v domácích kotlích. PAU vznikají mimo jiné při konverzi (jakožto meziprodukt) uhlíku na CO_2 a vodíku na H_2O . V záplavě negativních vlastností PAU existuje jedna dobrá zpráva, a to sice, že PAU jsou definovány maximem 700 stupňů Celsia [6]. Spalování téměř čehokoliv nad teplotu vyšší jak 700 stupňů Celsia je již z hlediska PAU bezpečné. Možná předchozí věta poslouží jako návod, jak se vyhnout vzniku PAU při dokonalém či nedokonalém spalování.

2.3.1.1 Polycyklické uhlovodíky a jejich vliv na zdraví.

Je nutno začít tím nejdůležitějším, a to působením polycyklických uhlovodíků na lidské zdraví (podobně působí na ostatní organismy, potažmo ekosystémy). Polycyklickým aromatickým uhlovodíkům jsou vystavováni především lidé pracující v koksárnách, gumárnách, pokrývači a lidé, kteří jsou v kontaktu se sazemí. Nejnebezpečnější látkou z hlediska zdraví je benzo(a)pyren (ten je sledován – existují pro něj limity) a jinými polycyklickými uhlovodíky, které taktéž mohou způsobit různé variace karcinomů. Příkladem je karcinom plic a karcinom kůže. První případ rakoviny plic způsobený PAU byl popsán již v roce 1775 ve Velké Británii [14].

Nyní si představme, že polycyklické aromatické uhlovodíky jsou taktéž uvolňovány při spalování v domácích kotlích rodinných domů. Ovlivňují zdraví nás a našich spoluobčanů. Navíc, nejsou nijak měřeny ani sledovány. Bohužel, taková je realita. Faktem je, že situace byla v ohledu spalování polycyklických aromatických uhlovodíků mnohem horší v devadesátých letech dvacátého století, avšak ani dnes není situace úplně ideální. Z logiky věci vyplývá, že PAU mají negativní vliv na člověka, tudíž jsou škodlivé i pro jiné organismy a ekosystémy. Bohužel v některých oblastech České republiky, především v Ostravě a Karvině, překračují PAU doporučenou limitní hodnotu 1 ng/m^3 [15]. Tyto údaje byly zjištěny pravděpodobně nahodilým měřením, jelikož PAU nepatří mezi systematicky sledované polutanty. Můžeme jen diskutovat nad faktem, zdali obyvatelé Moravskoslezského kraje mají vyšší riziko výskytu karcinomu plic či kůže právě z důvodu vyššího výskytu PAU.

2.3.1.2 Uvolňování PAU do ovzduší z domácích stacionárních tepelných zařízení („domácích kotlů“) – současnost a minulost

V době před přibližně 20 až 30 lety, kdy bylo topení tzv. koksem v kotlích domácností velmi oblíbené (především z důvodu výhřevnosti), se jistě uvolňovalo mnohem více PAU do ovzduší. Pokud lidé koksem topili denně po dobu několik let či desítek let, mám za to, že mohou být taktéž ohroženi karcinomem plic či kůže. V dnešní době již není topení koksem populární, navíc se využívají kotle s různými filtračními a jinými technologiemi.

Troufám si dodat, že v dnešní době, především díky pokročilé technologii a nařízeních Evropské Unie (implementovaných do Zákona o ovzduší a normy ČSN-303-5), je spalování v domácích kotlích mnohem šetrnější jak k lidskému zdraví, tak k ovzduší a ekosystémům. Avšak i přes různé snahy mám za to, že stále poměrně velké množství PAU je uvolňováno do ovzduší.

2.3.1.3 Vlastní názor na sledování polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU)

Myslím si, že by mělo být sledováno větší množství PAU. Látky typu benzen (benzen, benzeno(a)pyren) sice jsou sledovány, avšak musím dodat, že existuje poměrně rozdíl mezi „obyčejným“ benzenem, benzo(a)pyrenem (pro oba existují v zákoně limity) a jinými typy PAU (např. anthracenem), pro které limity neexistují. Dle mého názoru by měly existovat přísnější normy a důkladné sledování uvolňování karcinogenních látek typu PAU do ovzduší skrz spalování v domácích kotlích. Taktéž by se mělo důsledně kontrolovat užívání takzvaného „koku“ při spalování v domácích kotlích. Nežádoucí účinky na lidský organismus, jiné organismy a ekosystémy jsou až příliš negativní na to, abychom zůstali neteční problémům uvolňování PAU látek do ovzduší.

2.3.2 Některé oxidy dusíku (krom oxidu dusičitého a oxidu dusného)

Z oxidů dusíku jsou pro ochranu zdraví obyvatel sledovány pouze oxid dusičitý. Limitní hranice pro oxid dusičitý je $40 \text{ } \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ na celý kalendářní rok, přičemž tento limit nesmí být překročen ani jednou (maximální povolené množství překročení za rok: 0) [8].

Oxid dusičitý není jediným druhem oxidu dusíku, který se při takzvaném dokonalém či nedokonalém spalování do atmosféry uvolňuje. Dalším významným oxidem dusíku je oxid dusný, který vzniká například takzvaným dokonalým spalováním dusíku obsaženého v palivu [6].

2.3.2.1 Jak jsou nesledované oxidy dusíku škodlivé lidskému zdraví?

Pokud se detailněji podíváme na spalování biomasy, oxid dusný vzniká jen ve velmi malé koncentraci. Nicméně přestože oxid dusný disponuje nízkou mírou koncentrace a emisí (při

spalování biomasy), má velký vliv na celkové globální oteplování. Oxid dusný je řazen mezi takzvané skleníkové plyny [6].

V Zákoně o ochraně ovzduší se nachází formulace emisních limitů (pozor: nikoliv emisních) pro oxidy dusíku [8], avšak je nutno dodat, že pod pojmem „oxidy dusíku“ jsou myšleny údaje o sledování oxidu dusnatého a oxidu dusičitého souhrnně – neexistuje tedy limit pro oxid dusný zvlášť, což považuji za nedostatek. Z mého úhlu pohledu je potřeba rozlišovat oxid dusnatý a oxid dusičitý.

2.3.2.2 Vlastní názor na sledování prozatím nesledovaných oxidů dusíku

Mám za to, že by se měly stanovit přesné limity především pro oxid dusný. Limit pro oxid dusičitý existuje a je dán zákonem [8], avšak limit pro oxid dusný stále není stanoven. Důvodem mého požadavku je, že při stanovení přesného limitu lze provádět přesná měření a sledování oxidu dusnatého v ovzduší.

3 Zákonná úprava

Třetí kapitola se věnuje zákonné úpravě ochrany životního prostředí. Rozebírány jsou především Zákon o ochraně ovzduší (201/2012 Sb.) a vyhláška č. 415/2012 implementující evropskou legislativu do českého prostředí, dále je rozebírána norma ČSN 303-5 a Směrnice o ekodesignu (Směrnice č.2009/125). Výše zmíněné dokumenty jsou považovány za výchozí a velmi důležité zdroje týkající se ekologie a ochrany životního prostředí.

3.1 ČSN 303-5 a změny v oblasti domácích kotlů a některé emisní limity vyplývající z ČSN 303-5

Norma ČSN 303-5 určuje takzvané emisní třídy. Jedná se o zařazení domácích kotlů do určité třídy dle (množství a typu) emisí, které produkují. V současné době existuje celkem pět takzvaných emisních tříd (1-5), přičemž emisní třída jedna je „nejhorší“ (nejméně ekologická) a emisní třída pět je naopak ta „nejlepší“ (nejekologičtější) [7]. Zákon o ochraně životního prostředí (201/2012 Sb.) a ČSN 303-5 se určitým způsobem prolínají, doplňují. Mezi nejdůležitější změny v období od roku 2014 do roku 2022 v oblasti prodeje a užívání domácích kotlů lze zařadit [7]:

- Leden 2014 – zákaz prodeje kotlů 1. a 2. emisní třídy
- Leden 2017 – povinnost revizí kotlů včetně zařazení do tzv. emisních tříd
- Leden 2018 – zákaz prodeje kotlů 3. emisní třídy
- Leden 2020 – zákaz prodeje kotlů 4. emisní třídy
- Září 2022 – zákaz užívání kotlů 1. a 2. emisní třídy

Výše uvedená směrnice také určuje emisní limity pro jednotlivé třídy, a to především v oblasti emisí CO_x, OGC a prachu (tzv. pevných částic) [17]. Emisní limity pro CO_x jsou uvedeny v následující tabulce pro větší přehlednost.

Tabulka č. 1: Emisní limity CO_x dle nové ČSN 303-5 [17].

Palivo – dodávka	Typ paliva	Tepelný výkon (kW)	Limity CO _x (mg /m ³ při 10 % O ₂)				
			Emisní třída 1	Emisní třída 2	Emisní třída 3	Emisní třída 4	Emisní třída 5
Ručně	<i>Biomasa</i>	Do 50	25000	8000	5000	1200	700
		50 – 150	12500	5000	2500		
		150 – 300, 500	12500	2000	1200		
	<i>Fosilní</i>	Do 50	25000	8000	5000		
		50 – 150	12500	5000	2500		
		150 – 300, 500	12500	2000	1200		
Automaticky	<i>Biomasa</i>	Do 50	15000	5000	3000	1000	500
		50 – 150	12500	4000	2500		
		150 – 300, 500	12500	2000	1200		
	<i>Fosilní</i>	Do 50	15000	5000	3000		
		50 – 150	12500	4000	2500		

		150 – 300, 500	12500	2000	1200		
--	--	-------------------	-------	------	------	--	--

Tabulka číslo dvě shrnuje emisní limity dle nové normy ČSN 303-5 pro takzvaný polétavý prach (nebo-li pevné částice) [17].

Tabulka č. 2: Emisní limity prachu dle nové ČSN 303-5 [17].

Palivo – dodávka	Typ paliva	Tepelný výkon (kW)	Limity prachu (mg /m ³ při 10 % O ₂)				
			Emisní třída 1	Emisní třída 2	Emisní třída 3	Emisní třída 4	Emisní třída 5
Ručně	<i>Biomasa</i>	Do 50	200	180	150	75	60
		50 – 150	200	180	150		
		150 – 300, 500	200	180	150		
	<i>Fosilní</i>	Do 50	180	150	125		
		50 – 150	180	150	125		
		150 – 300, 500	180	150	125		
Automaticky	<i>Biomasa</i>	Do 50	200	180	150	60	40
		50 – 150	200	180	150		
		150 – 300, 500	200	180	150		
	<i>Fosilní</i>	Do 50	180	150	125		
		50 – 150	180	150	125		
		150 – 300, 500	180	150	125		

Následující tabulka číslo tři taktéž shrnuje emisní limity dle nové normy ČSN 303-5, a to konkrétně pro takzvané OGC [17].

Tabulka č. 3: Emisní limity OGC dle nové ČSN 303-5 [17].

Palivo – dodávka	Typ paliva	Tepelný výkon (kW)	Limity prachu (mg /m ³ při 10 % O ₂)				
			Emisní třída 1	Emisní třída 2	Emisní třída 3	Emisní třída 4	Emisní třída 5
Ručně	<i>Biomasa</i>	Do 50	2000	300	150	50	30
		50 – 150	1500	200	100		
		150 – 300, 500	1500	200	100		
	<i>Fosilní</i>	Do 50	2000	300	150		
		50 – 150	1500	200	100		
		150 – 300, 500	1500	200	100		
Automaticky	<i>Biomasa</i>	Do 50	1750	200	100	30	20
		50 – 150	1250	150	80		

		150 – 300, 500	1250	150	80		
	<i>Fosilní</i>	Do 50	1750	200	100		
		50 – 150	1250	150	80		
		150 – 300, 500	1250	150	80		

3.2 Směrnice o ekodesignu (Směrnice č.2009/125)

Rozšíření normy ČSN je takzvaná Směrnice o ekodesignu, která upravuje především ekodesign ve společenství Evropské Unie. Směrnice o ekodesignu řeší mimo jiné dovoz, uvedení na trh či uvedení do provozu, dále poté povinnosti dovozce. Důležitými údaji obsaženými ve Směrnici č. 2009/125 jsou také shoda (předpoklad shody a posuzování shody) a takzvané harmonizované normy [16].

Směrnice má za cíl především uvést do souladu dovážené kotle ze zemí mimo EU a uvedení takových zařízení na evropský společný trh. Není vynecháno informování spotřebitele a případné sankce [16]. Mám za to, že směrnice řeší především jak má kotel vypadat, aby se shodoval a splňoval požadavky kotlů vyrobených v EU, aby se zajistila shoda a dodržování norem.

3.3 Zákon o ochraně ovzduší z roku 2012

Ve druhé podkapitole budete seznámeni se Zákonem o ochraně ovzduší z roku 2012 (201/2012 sb.), který se podrobně věnuje tématu ochrany ovzduší a převádí určité normy Evropské Unie do společenské praxe v České republice.

3.3.1 Úvod do zákona

Zdrojem hlavních informací o ochraně ovzduší je především zákon z roku 2012 o ochraně ovzduší (201/2012 sb.) [8]. Zákon mimo jiné implementuje evropskou legislativu. Ve zkratce, výše zmíněný zákon upravuje mimo jiné znečištění a znečišťování (část druhá), uvádí nástroje ke snižování znečištění a znečišťování či definuje povinnosti osob nakládajících s vybranými výrobky pro opravy nátěru vozidel. Zákon o ochraně ovzduší celkem obsahuje devět částí a přílohy, je popsán velmi detailně.

Co se týče emisí, Zákon o ochraně ovzduší stanovuje, že existují určité emisní limity a stropy. Tyto emisní limity a stropy musí být dodrženy na každém jednotlivém komínovém průchodu [8].

3.3.2 Spalovací stacionární zdroje a jejich typy (mimo jiné také „kotle“)

Kotel je mimo jiné definován jako typ spalovacího stacionárního zdroje, přičemž existuje několik typů spalovacích stacionárních zdrojů (např. na tepelný příkon menší než 50 MW, tepelný příkon vyšší než 50 MW a poté tepelný příkon 10 až 300 MW) [8].

Celkem existuje jedenáct typů spalovacích stacionárních zdrojů, které jsou v Zákoně o ochraně ovzduší rozlišeny. [8]. Nejedná se tedy pouze o takzvaný „kotel“, kterým si topíme během zimy v rodinném domě. I na „kotel“, který je uložen ve sklepení rodinného domu se vztahují určité limity (viz dále).

Dokument se zabývá především kategorií jedna (spalování paliv v kotlích – mimo jiné i domácích kotlích). Ostatní kategorie (kategorie 2 až 11) patří především do průmyslovo-

hospodářské sféry (např. kategorie dvě zahrnuje také tepelné zpracování odpadu na skládkách, sanační zařízení a podobně). Pro některá zařízení je potřeba rozptylová studie, pro jiná zařízení jsou vyžadována jistá kompenzační opatření a pro jiné spalovací zařízení se vyžaduje provozní řád. Některá spalovací zařízení vyžadují všechna tři dříve uvedená povolení, aby mohla být provozována legálně [8].

Kategorie 1 (energetika) věnuje spalování v takzvaných kotlích s celkovým tepelným příkonem od 0,3 do 5 MW (a variace na daný limit) [8].

Další kategorie: kategorie 2 (tepelné zpracování odpadu), kategorie 3 (ostatní energetické zdroje), kategorie 4 (výroba a zpracování plastů a kovů), kategorie 5 (nerostné suroviny a jejich zpracování), kategorie 6 (chemický průmysl a výroba a zpracování organických látek), kategorie 7 (potravinářský a dřezozpracující průmysl – jatka a další), kategorie 8 (chov hospodářských zvířat s roční emisí více jak 5 tun amoniaku za rok), kategorie 9 (organická rozpouštědla a jejich užití), kategorie 10 (benzin) a kategorie 11 (ostatní zdroje) [8].

Dle zákona má každý provozovatel kotle (popřípadě majitel) určité povinnosti spojené s bezpečností a ochranou ovzduší a života a zdraví obyvatel. Zákon definuje následující povinnosti provozovatele (majitele) kotle.

3.3.3 Limity a maximální počet jejich překročení

Výše zmíněný zákon taktéž stanovuje určité imisní limity a jejich maximální počet a délku překročení. Jsou sledovány hlavní látky, které znečišťují životní ovzduší a zdraví obyvatel. Mezi nejnebezpečnější látky ohrožující zdraví obyvatel patří především oxidy (siřičitý, dusičitý a uhelnatý), benzen, pevné částice (PM₁₀, PM_{2,5}) a olovo (Pb) [8]. Jedná se o takzvané sledované polutanty – sledované látky, které znečišťují životní ovzduší či mohou ohrozit zdraví obyvatel.

Maximální limity výše uvedených nebezpečných látek, které se uvolňují při spalování např. ve stacionárních spalovacích zařízeních („kotlech“) jsou následující [8]:

- Oxid siřičitý (SO₂) – imisní limit: 350 µg.m⁻³ – maximální počet překročení: 24/rok
- Oxid dusičitý (NO₂) – imisní limit: 200 µg.m⁻³ – maximální počet překročení: 18/rok
- Oxid uhelnatý (CO) – imisní limit: 10 mg.m⁻³ – maximální počet překročení: 0/rok
- Benzen (C₆H₆) – imisní limit: 5 µg.m⁻³ – maximální počet překročení: 0/rok
- Částice PM₁₀ – imisní limit: 50 µg.m⁻³ – maximální počet překročení: 35/rok
- Částice PM_{2,5} – imisní limit: 25 µg.m⁻³ – maximální počet překročení: 35/rok¹
- Olovo (Pb) – imisní limit: 0,5 µg.m⁻³ – maximální počet překročení: 0/rok

Zákonná úprava (Zákon o ochraně ovzduší z roku 2012) ale také v příloze č. 1 stanovuje maximální možné limity látek, které se uvolňují při spalování, pro ochranu ekosystémů a vegetace. Mezi limity vyhlášené pro ochranu ekosystémů a vegetace patří [8]:

- Oxid siřičitý (SO₂) – imisní limit: 20 µg.m⁻³ - měření probíhá od 1.10 až 31.3 násl. roku
- Oxidy dusíků (NO_x) – imisní limit: 30 µg.m⁻³ - měření probíhá za celý kalendářní rok

¹ Částice PM₁₀ a PM_{2,5} jsou nazývány tzv. „polétavým prachem“, který zapříčiňuje například respirační onemocnění. Jiný název je tzv. „pevné částice“.

4 Měření polutantů

Praktická část měření polutantů proběhla v laboratoři. Kapitola popisuje samotné měření a poskytuje také výsledky měření polutantů v laboratorních podmínkách. Polutanty byly měřeny v reálných, skutečných krbových vložkách prakticky užívaných v domácnostech.

Hlavním cílem měření polutantů je zachytit především nesledované polutanty v laboratorních podmínkách a podat analýzu – zprávu o stavu nesledovaných polutantů při pálení určitých vzorků dřeva o různých vlhkostech a černého uhlí.

4.1 Metodologie, postup a vnější podmínky měření (vč. obrázkové přílohy)

Obrázková příloha je zasazena přímo do kapitoly, aby bylo možno lépe pozorovat souvislosti. Měření polutantů probíhalo takzvaným Tar Protokolem, který byl modifikován pro laboratorní účely (nemodifikovaný čistý Tar Protokol je extrémně náročný na technické a personální vybavení).

4.1.1 Metodologie nástroje měření

Pro kvalitní měření polutantů je potřeba především několik kusů tzv. promývaček, které je potřeba velmi důkladně čistit – čištění zabere až několik stovek minut. Je potřeba získat několik vzorků. Vzorky získané z takzvaných promývaček je poté potřeba sladit – určitým způsobem homogenizovat.

Při svém měření užívám pěti takzvaných promývaček (čili probublávaček), které slouží k odběru vzorků polutantů. Přítomna je také jistá „trat“ , která vede z kotle skrz probublávačky, měřicí zařízení a jiné nástroje užívané pro měření.

Při měření polutantů bylo použito následující vybavení: promývačky (resp. probublávačky), plastové trubice pro vytvoření „trati“ pro testování, krbová vložka (testovaný objekt – Steko Venus 12.1) a měřicí zařízení Ultramat Siemens 21/02. Pro měření byla užitá krbová vložka Steko Venus 12.1, která se užívá k vytápění rodinných domů.

Při měření polutantů bylo užito následující palivo: suché dřevo (buk o vlhkosti 7,1%), mokré dřevo (buk o vlhkosti 17%), vzorkem mezi suchým a mokrým dřevem (buk o vlhkosti 10,9%) a černé uhlí. Celkem byly testovány čtyři vzorky.

4.1.2 Testované vzorky, metoda odběru vzorků

Metoda sběru vzorků. Vzorky byly získávány skrz probublávačky a promývačky. Ze vzorků probíhalo měření. Vzorková trat' vedla od krbové vložky přes měřicí zařízení až po probublávačky a promývačky. Polutanty byly měřeny v této trati, a to především skrz měřicí zařízení a takzvané promývačky.

4.1.3 Vnější podmínky testování a postup testování (vč. obrázkové přílohy)

Podmínky testování a postup měření. Vnější podmínky testování byly nastaveny následovně:

- Teplota okolí: 20,2 °C
- Tlak okolí: 995 hPa
- Vzdušná vlhkost: 18
- Měření probíhalo dle normy ČSN EN 13240
- Hmotnost dřeva: 1.67 kg (*max. odchylka +/- 0,04 kg*)
- Tlak komína: 12 Pa

Nesledované polutanty byly měřeny v jednotlivých krocích následujícím způsobem:

1. Krok č. 1 – příprava chladicího zařízení, příprava „trati“ složené z promývaček a trubic (viz obrázek č. 1. a obrázek č. 2.)
2. Krok č. 2 – propojení „trati“ s měřičem (viz obrázek č. 3 obrázek č 4)
3. Krok č. 3 – napojení celé soustavy na kotel (obrázek č. 5) a vlastní měření:
 - a. Pálení vzorku suchého dřeva (vlhkost 7,1%)
 - b. Pálení vzorku mokrého dřeva (vlhkost 17%)
 - c. Vzorek mezi mokrým a suchým dřevem (vlhkost 10,9%)
 - d. Černé uhlí
4. Krok č. 4 – zachycování nečistot (měřených a neměřených polutantů), shromažďování informací a odeslání zachycených nečistot a polutantů na podrobnou analýzu
5. Zpracování výsledků analýzy po obdržení informací ohledně zachycených nečistot a polutantů

Následující obrázky názorně ukazují některé vybavení užívané při měření v návaznosti na postup.

Obrázek č. 1: Promývačky a probublávačky



Obrázek č. 2: Promývačky a probublávačky



Obrázek č. 1: Sběrné zařízení



Obrázek č. 2: Měřicí zařízení.



Obrázek č. 3: Krbová vložka STEKO VENUS 12.1 s kouřovodem se sondou pro měření spalín.



4.2 Výsledky měření polutantů

Měření probíhalo na skutečných krbových vložkách užívaných například v rodinných domech, avšak v laboratorních podmínkách vysoké školy. Metodologii, postup a obrázkovou přílohu k měření je možno nalézt v předchozí podkapitole. Měření polutantů vykázalo následující zachycené hodnoty.

4.2.1 Měření – spalování číslo 1 (Bukové dřevo s vlhkostí 7,1 %)

Při spalování číslo 1 (SPAL1), byly naměřeny následující hodnoty.

- 1.) Benzen a deriváty benzenu. Ethylbenzenu bylo naměřeno **1,03 mg/m³**.
- 2.) Xylen, o-xylen a jejich deriváty. U xylenu, o-xylenu a jejich derivátů byla naměřena hodnota celková hodnota **2,31 mg/m³**. Z toho bylo zjištěno 0,23 mg/m³ u styrenu a o-xylenu a u p-,m-xylenu bylo naměřeno 2,08 mg/m³.
- 3.) Toluen a jeho deriváty. Toluen byl obsažen v měření v hodnotě **0,45 mg/m³**.
- 4.) Naftalen a jeho deriváty. Naftalen byl celkově obsažen v hodnotě **0,67 mg/m³**.
- 5.) Obsah silikátů. Celkově se silikáty nacházely v hodnotě **4,8 mg/m³**. Z čísla 4,8 mg/m³ byl nejvýznamnější především Siloxan a Oktamethylcyklotetrasiloxan.
- 6.) Ostatní látky. Ostatní látky byly naměřeny v celkové hodnotě **4,0 mg/m³**. Mezi ostatní naměřené látky patří inden, kyselina mastná (C18) či ftaláty.
- 7.) Neidentifikovatelné látky byly naměřeny v celkové hodnotě **1,65 mg/m³**.

Celkové množství spalín naměřených v měření dosáhlo hodnoty **14,92 mg/m³** (od čísla je odečten 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanon, který pochází z acetonu – hodnota 34,88 mg/m³).

4.2.2 Měření – spalování číslo 2 (Bukové dřevo s vlhkostí 10,9 %)

Při spalování číslo 2 (SPAL2), byly naměřeny následující hodnoty.

- 1.) Benzen a deriváty benzenu. Benzen a jeho deriváty byly naměřeny v hodnotě **1,78 mg/m³**. Jednalo se o obsah benzofuranu (1,49 mg/m³) a 1-propynyl-benzenu (0,28 mg/m³).

- 2.) Xylen a Styren a jejich deriváty. U xylenu, o-xylenů a jejich derivátů byla naměřena hodnota **1,27 mg/m³**.
- 3.) Toluén a jeho deriváty. Toluén byl obsažen v měření v hodnotě **1,39 mg/m³**.
- 4.) Naftalen a jeho deriváty. Naftalen byl celkově obsažen v hodnotě **1,45 mg/m³**.
- 5.) Obsah silikátů. Celkově byly silikáty naměřeny v hodnotě **4,57 mg/m³**. Nejvýznamnější silikáty byly Siloxan a Decamethyl-cyclopentasiloxan.
- 6.) Ostatní látky. Ostatní látky byly naměřeny v hodnotě **7,66 mg/m³**. Mezi ostatní látky patří především furfural či ftaláty.
- 7.) Neidentifikovatelné látky byly naměřeny v celkové hodnotě **4,42 mg/m³**.

Celkové množství spalin naměřených v měření dosáhlo hodnoty **22,53 mg/m³** (od čísla je odečten 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanon, který pochází z acetonu – hodnota 32,96 mg/m³).

4.2.3 Měření – spalování číslo 3 (černé uhlí)

Při spalování číslo 3 (SPAL3), byly naměřeny následující hodnoty.

- 1.) Benzen, benzofuran a deriváty benzenu byly obsaženy v **40,00 mg/m³**.
- 2.) Xylen, Styren a jejich deriváty byly nalezeny v hodnotě **25,94 mg/m³**.
- 3.) Toluén a jeho deriváty byly naměřeny v hodnotě **45,8 mg/m³**.
- 4.) Naftalen, naftylen a jejich deriváty se naměřily v hodnotě **36,2 mg/m³**.
- 5.) Obsah silikátů. Silikáty, především Siloxan, byly naměřeny v celkové hodnotě **2,86 mg/m³**.
- 6.) Ostatní látky. Ostatní látky byly naměřeny v celkové hodnotě **47,01 mg/m³**. Mezi velké množství ostatních látek patří především alkany, alkeny, pyridine popřípadě n-nonen a další. Bylo naměřeno přes 20 ostatních látek.
- 7.) Neidentifikovatelné látky byly naměřeny v celkové hodnotě **12,02 mg/m³**.

Celkové množství spalin naměřených v měření dosáhlo hodnoty **209,86 mg/m³** (od čísla je odečten 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanon, který pochází z acetonu – hodnota 33,48 mg/m³).

4.2.4 Měření – spalování číslo 4 (Bukové dřevo s vlhkostí 17 %)

Při spalování číslo 4 (SPAL4), byly naměřeny následující hodnoty.

- 1.) Benzen a deriváty benzenu. Ethylbenzenu bylo naměřeno **0,71 mg/m³**.
- 2.) Xylen a Styren a jejich deriváty. U xylenu, o-xylenů a jejich derivátů byla naměřena hodnota celková hodnota **7,13 mg/m³**. P-,m-xylen byl obsažen v hodnotě 4,75 mg/m³ a styren a o-xylen byl obsažen v hodnotě 2,38 mg/m³.
- 3.) Toluen a jeho deriváty. Toluen byl obsažen v měření v hodnotě **1,57 mg/m³**.
- 4.) Naftalen a jeho deriváty. Naftalen byl celkově obsažen v hodnotě **2,98 mg/m³**.
- 5.) Obsah silikátů. Ze silikátů byly zjištěny především Siloxan a oktamethylcyklotetrasiloxan. Celkově bylo zjištěno **10,15 mg/m³**.
- 6.) Ostatní látky. Dále byl naměřen 4-methyl- 3-Penten-2-on (2,90 mg/m³), furfural (0,36 mg/m³), inden (0,40 mg/m³) či dibuthylftalat (0,36 mg/m³). Celkově bylo naměřeno **4,02 mg/m³** ostatních látek (krom 1-5).
- 7.) Neidentifikovatelné látky byly naměřeny v celkové hodnotě **6,12 mg/m³**.

Celkové množství spalin naměřených v měření dosáhlo hodnoty **32,67 mg/m³** (od čísla je odečten 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanon, který pochází z acetonu – hodnota 17,30 mg/m³).

4.2.5 Souhrnné výsledky – grafy a tabulky

Pro porovnání přidávám také grafy při jednotlivých měřeních. V grafu jsou zachyceny výše vypsané hodnoty názorně vedle sebe, aby je bylo možné jednoduše porovnat. Zaměřeno je na Benzen a jeho deriváty, Xylen a Styren, Toluen, Naftalen, Silikáty, Ostatní látky a Neidentifikovatelné látky.

Nejprve zahrnuji tabulku s naměřenými daty, které byly naměřeny při čtyřech měřeních – spalováních v domácím kotli v laboratorních podmínkách. Následuje tabulka celkových naměřených polutantů (tabulka č.5).

Tabulka č. 4: Výsledky měření polutantů.

** Jednotka měření (hodnoty jsou v): mg/m³*

Měření	Benzen	Xylen, o-xylen, Styren	Toluen	Naftalen	Silikáty	Neidentifikované	Ostatní	Látky z acetonu
1	1.03	2.31	0.45	0.67	4.80	1.65	4.00	34.88
2	1.78	1.27	1.39	1.45	4.57	4.42	7.66	32.96
3	40.00	25.94	45.80	36.22465	2.86	12.02	47.01	33.48
4	0.71	7.13	1.57	2.98	10.15	6.12	4.02	17.30

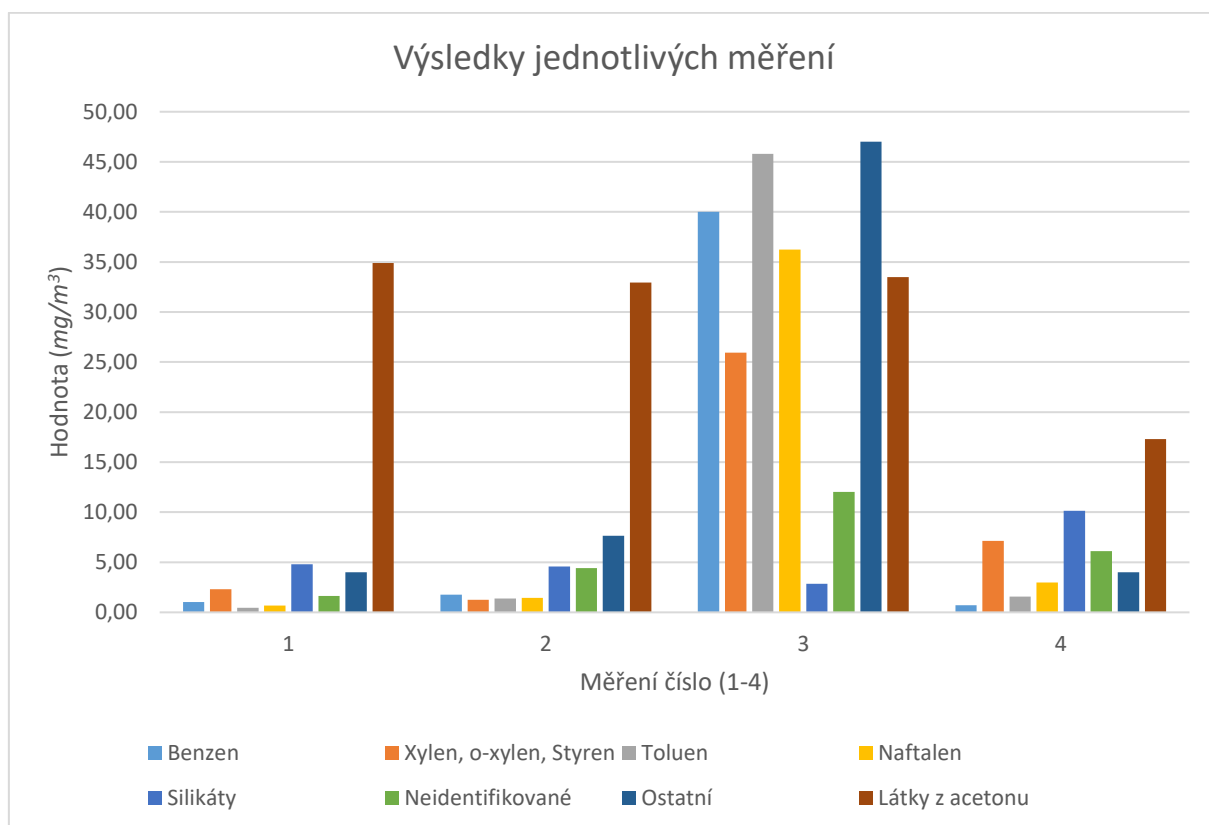
Tabulka č. 5: Výsledky měření celkových polutantů.

* Jednotka měření: mg/m³

Měření	Celkové polutanty (bez acetonu)
1	14.92
2	22.53
3	209.86
4	32.67

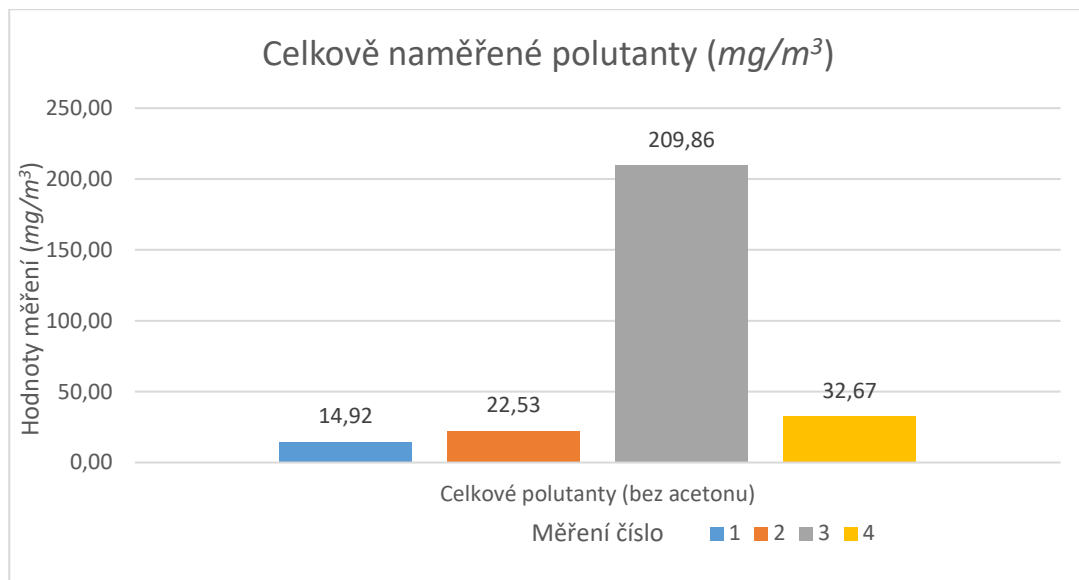
Nyní uvádím graf s naměřenými daty, které byly naměřeny při čtyřech měřeních – spalováních v krbové vložce v laboratorních podmínkách. Graf je uveden pro lepší srovnání jednotlivých měření.

Graf č. 1: Výsledky měření jednotlivých polutantů.



Graf číslo 2 ukazuje celkové množství naměřených polutantů během jednotlivých měření. Z měření je vždy odečtena látka, která se uvolnila z acetonu (4-hydroxy-4-methyl-2-pentanon). Vychází z tabulky č.4 uvedené výše.

Graf č. 2: Výsledky měření jednotlivých polutantů.



Z výsledků je patrné, že nejvíce znečišťujících látek (polutantů) se produkuje při spalování černého uhlí (spalování č.3). Je to způsobeno tím, že krbová vložka je primárně určena pro spalování dřeva a při použití černého uhlí, které má až 80 % neprchavé hořlaviny, je potřeba přívodu kyslíku (O_2) ze spodu, což krbová vložka neumožňuje. U bukového dřeva, které má až 80 % prchavé hořlaviny, roste množství znečišťujících látek s vlhkostí. Důvodem růstu je nižší teplota spalování.

Silikáty nejsou produkty spalování, ale uvolňují se ze šamotu a hlavně z tmelu, kterým byl pře měření utěsněn kouřovod.

5 Závěr

Hlavní cíl práce, popis a měření nesledovaných polutantů byl naplněn. Měření proběhlo v celkem čtyřech fázích. Zjištěné výsledky jsou prezentovány ve čtvrté kapitole i nyní v závěrečném textu dále.

Vedlejší cíl, zasazení polutantů do teoretického rámce byl také naplněn především skrz podrobný popis sledovaných a nesledovaných polutantů. Vedlejší cíl popisu zákonné úpravy byl taktéž naplněn popisem norem, směrnic a zákonů věnující se ochraně životního prostředí.

Pro kvalitní měření polutantů je potřeba především několik kusů tzv. promývaček, které je potřeba velmi důkladně čistit – čištění zabere až několik stovek minut. Při měření polutantů bylo použito následující vybavení: promývačky (resp. probublávačky), plastové trubice pro vytvoření „trati“ pro testování, krbová vložka (testovaný objekt – Steko Venus 12.1) a měřicí zařízení Ultramat Siemens 21/02. Pro měření byla užita krbová vložka Steko Venus 12.1, která se užívá k vytápění rodinných domů.

Při měření polutantů bylo užito následující palivo: suché dřevo (buk o vlhkosti 7,1%), mokré dřevo (buk o vlhkosti 17%), vzorek mezi suchým a mokrým dřevem (buk o vlhkosti 10,9%) a černé uhlí. Celkem byly testovány čtyři vzorky.

Vzorky byly získávány skrz probublávačky a promývačky. Ze vzorků probíhalo měření. Vzorková trať vedla od krbové vložky přes měřicí zařízení až po probublávačky a promývačky. Polutanty byly měřeny v této trati, a to především skrz měřicí zařízení. Samotné měření polutantů probíhalo v pěti krocích:

- Krok č. 1 – příprava chladicího zařízení, příprava „trati“ složené z probublávaček a trubic
- Krok č. 2 – propojení „trati“ s měřičem
- Krok č. 3 – napojení celé soustavy na krbovou vložku a vlastní měření:
- Krok č. 4 – zachycování nečistot (měřených a neměřených polutantů), shromažďování informací a odeslání zachycených nečistot a polutantů na podrobnou analýzu
- Zpracování výsledků analýzy po obdržení informací ohledně zachycených nečistot a polutantů

Z hlediska četnosti byl nejvyšší výskyt především například benzenů, xylenů, toluenů a silikátů. Neidentifikovatelných látek se při měření nacházelo jen poměrně malé množství. Celkové množství polutantů (bez 4-hydroxy-4-methyl-2-pentanonu) dosahuje hodnot od 14,92 po 209,86 mg/m³.

Z výsledků je patrné, že až desetkrát více znečišťujících látek (polutantů) se produkuje při spalování černého uhlí (spalování č.3). Je to způsobeno tím, že krbová vložka je primárně určena pro spalování dřeva a při použití černého uhlí, které má až 80 % neprchavé hořlaviny, je potřeba přívodu kyslíku (O₂) ze spodu, což krbová vložka neumožňuje. U bukového dřeva, které má až 80 % prchavé hořlaviny, roste množství znečišťujících látek s vlhkostí. Důvodem růstu je nižší teplota spalování.

Na základě naměřených výsledků nedoporučuji spalovat uhlí v krbové vložce. I když dřevo vypadá jako lepší zdroj vytápění, přesto nelze zanedbat množství uvolněných polutantů. Do budoucna bych doporučil zařadit do legislativy i nesledované polutanty, kterými jsem se zabýval.

Použité zdroje a literatura

- [1] LatDict: emitto, emittere, emisi, emissus. LatDict [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <http://latin-dictionary.net/definition/19032/emitto-emittere-emisi-emissus>.
- [2] QUASCHNING, Volker. *Obnovitelné zdroje energií*. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-247-3250-3.
- [3] KRUTÍLEK, Ondřej, Petra KUCHYŇKOVÁ a Iveta FRÍZLOVÁ. *Monitoring evropské legislativy 2007*. Brno: CDK, 2008. Stavitel. ISBN 978-80-7325-149-9.
- [4] Kotle pro ústřední vytápění - Část 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční a samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 500 kW - Terminologie, požadavky, zkoušení a značení [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: <https://www.tzb-info.cz/normy/csn-en-303-5-2013-01>.
- [5] Emisní obchodování. Ministerstvo Životního Prostředí [online]. [cit. 2018-04-08]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/emisni_obchodovani.
- [6] KOLONIČNÝ, Jan, Jiří HORÁK a Silvie PETRÁNKOVÁ ŠEVČÍKOVÁ. Kotle malých výkonů na pevná paliva. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2011. ISBN 978-80-248-2542-7.
- [7] STUPAVSKÝ, Vladimír. Směrnice o Ekodesignu pro kotle a kamna na tuhá paliva [online]. 2014 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://vytapani.tzb-info.cz/kotlikove-dotace/11937-smernice-o-ekodesignu-pro-kotle-a-kamna-na-tuha-paliva>.
- [8] ČR. 201/2012 Sb: Zákon o ochraně ovzduší. 1. Praha, 2012, 78 s.
- [9] Kotle budou muset mít „technickou“ - jinak hrozí majiteli pokuta až dvacet tisíc. Česká televize [online]. [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <http://www.ceskatelevize.cz/ct24/domaci/1678696-kotle-budou-muset-mit-technickou-jinak-hrozi-majiteli-pokuta-az-dvacet-tisic>.
- [10] BRANIŠ, Martin a Iva HŮNOVÁ, ed. Atmosféra a klima: aktuální otázky ochrany ovzduší. V Praze: Karolinum, 2009. ISBN 978-80-246-1598-1.
- [11] Ovzduší - Souhrnné informace, statistiky (Portál životního prostředí hlavního města Prahy). [online]. Dostupné z: http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/ovzdusi/souhrnne_informace_statistika/index.html.
- [12] Podrobná verze Elektronické zprávy o ŽP v Praze 2014 - kap. Ovzduší. Praha, 2014. Dostupné z: http://envis.praha-mesto.cz/rocenky/Pr14_pdf/ElzpravaZP14_kapB1.pdf.
- [13] Látky znečišťující ovzduší - Arnika. Hlavní stránka - Arnika [online]. Copyright © 2014 Arnika [cit. 14. 04. 2018]. Dostupné z: <http://arnika.org/latky-znecistujici-ovzdusi>.
- [14] PELCLOVÁ, Daniela. Nemoci z povolání a intoxikace. 3., dopl. vyd. Praha: Karolinum, 2014. ISBN 978-80-246-2597-3.
- [15] FROUZ, Jan a Bedřich MOLDAN, ed. Příležitosti a výzvy environmentálního výzkumu. V Praze: Univerzita Karlova, nakladatelství Karolinum, 2015. ISBN 978-80-246-2667-3.

[16] Směrnice Evropského Parlamentu a Rady 2009/125. [online]. Eur-Lex. Europa.eu [cit. 10.05.2018]. Dostupné z: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2009:285:0010:0035:cs:PDF>

[17] LIČKA, Zdenek. Jaké parametry musí splnit kotle na tuhá paliva? [online]. 2017 [cit. 2018-04-12]. Dostupné z: <https://vytapieni.tzb-info.cz/15865-jake-parametry-musi-splnit-kotle-na-tuha-paliva>.

Seznam použitých symbolů a zkratk

PAU	Polycyklické aromatické uhlovodíky
MŽP	Ministerstvo životního prostředí
NMVOC	Těkavé organické látky
PCDD/PCDF	Furany
OGC	Organický uhlík
CO _x	Oxidy uhlíku
PM ₁₀ , PM _{2,5}	Polétavý prach
NO _x	Oxidy dusíku
PAN	Peroxyacetyl nitrát
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
C ₁₈	Kyselina mastná

Seznam obrázků

Obrázek č. 1: Promývačky a probublávačky

Obrázek č. 2: Promývačky a probublávačky

Obrázek č. 4: Sběrné zařízení

Obrázek č. 5: Měřicí zařízení

Obrázek č. 6: Krbová vložka STEKO VENUS 12.1 s kouřovodem se sondou pro měření spalin

Graf č. 1: Výsledky měření jednotlivých polutantů

Graf č. 2: Výsledky měření jednotlivých polutantů.

Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Emisní limity CO_x dle nové ČSN 303-5 [7]

Tabulka č. 2: Emisní limity prachu dle nové ČSN 303-5 [7]

Tabulka č. 3: Emisní limity OGC dle nové ČSN 303-5 [7]

Tabulka č. 4: Výsledky měření polutantů

Tabulka č. 5: Výsledky měření celkových polutantů