



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

OVĚŘENÍ EMISNÍ TŘÍDY KOTLŮ NA TUHÁ PALIVA

VERIFICATION OF EMISSION CLASS OF SOLID FUEL BOILERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Skoupý

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.

BRNO 2017

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Energetický ústav
Student:	Jan Skoupý
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.
Akademický rok:	2016/17

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:

Ověření emisní třídy kotlů na tuhá paliva

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Domovní vytápění tuhými palivy zažívá díky nízkým cenám paliva svoji reinkarnaci, a to i přes velký tlak na snižování negativních ekologických vlivů tohoto zdroje.

Hlavní náplní práce je porovnání různých kotlů na tuhá paliva vhodných pro vytápění rodinných domů a ověření jejich emisní třídy. Student se bude vybraným kotlům a jejich vlastnostem, dále provede měření na vybraných kotlech a ověří jejich emisní třídy.

Cíle bakalářské práce:

Přehled emisních požadavků kladených na kotle.

Technologie kotlů na tuhá paliva.

Experimentální ověření emisních tříd vybraných kotlů.

Seznam doporučené literatury:

BALÁŠ, Marek. Kotle a výměníky tepla. Vyd. 2. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-214-4770-7.

JANDAČKA, Jozef. et al. Technologie pre zvyšovanie energetickeho potencialu biomasy. 1. Žilina, 2007. ISBN 978-80-969595-4-9.

QUASCHNING, Volker. Obnovitelné zdroje energií. Praha: Grada, 2010. Stavitel. ISBN 978-80-27-3250-3.

NOSKIEVIČ, Pavel, Pavel KOLIČNÝ a Tadeáš OCHODEK. Malé zdroje znečišťování, VEC Ostrava 2004.

MALATĚÁK, 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 2016/17

V Brně, dne

L. S.

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

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

1. Abstrakt

Tato práce se zabývá ověřením emisní třídy kotlů na tuhá paliva. V počátku práce je popsáno rozdělení kotlů z hlediska principu spalovacího procesu. Druhá část rozděluje a popisuje tuhá paliva, určená ke spalování v těchto kotlích. Část třetí se zaměřuje na emisní požadavky legislativy České republiky a Evropské unie. V závěrečné části je provedeno ověření těchto emisních požadavků na vybraném kotli na tuhá paliva.

Klíčová slova

kotel na tuhá paliva, tuhá paliva, ekodesign, prachové částice, spaliny, teplotonosné médium, plynné emise

2. Abstract

This thesis is focused on verifying of emission class of solid fuel boilers. The boilers are described from principle of combustion process in the beginning. The second part divide and describe solid fuels which are intended to burn in these boilers. The third part deals with requirements of legislation of the Czech Republic and European Union. The last part verifies this requirements on the selected solid fuel boiler.

Key words

Solid fuels boilers, solid fuels, ecodesign, dust particles, flue gases, heat-carrying medium, gaseous emissions

3. Bibliografická citace

SKOUPÝ, J. *Ověření emisní třídy kotlů na tuhá paliva*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2017. 43 s. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Marek Baláš, Ph.D.

4. Prohlášení

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem a zpracoval sem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Marka Baláše, Ph.D. s užitím odborných zdrojů a literatury.

V Brně dne 22. května 2017

Jan Skoupý

Obsah

1.	Úvod.....	13
2.	Kotle na tuhá paliva	14
2.1	Lokální vytápění	14
2.2	Teplovodní kotle.....	14
2.2.1	Prohořivací kotle	15
2.2.2	Odhořivací kotle.....	15
2.2.3	Zplyňovací kotle	16
2.2.4	Automatické kotle	16
2.2.5	Porovnání parametrů jednotlivých typů.....	19
3.	Tuhá paliva.....	20
3.1	Kusové dřevo	20
3.2	Dřevní štěpka	21
3.3	Pelety	21
3.4	Brikety	22
3.5	Uhlí	22
4.	Zákony a normy	23
4.1	Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.....	23
4.1.1	§16 Povinnosti osob	23
4.1.2	§17 Povinnosti provozovatele stacionárního zdroje	25
4.2	Norma ČSN EN 303-5.....	27
4.2.1	Obecné charakteristiky zkoušky	27
4.2.2	Metodika zkoušky a její délka	28
4.3	Evropské směrnice pro ekodesing kotlů na tuhá paliva.....	29
4.3.1	Nařízení Komise EU 2015/1189	29
5.	Ověření emisní třídy	31
5.1	Zplyňovací kotel Dakon	31
5.2	Měřicí přístroje	32
5.2.1	Siemens ULTRAMAT 22.....	32
5.2.2	Digitální teploměr C0311	33
5.2.3	Analyzátor spalin testo 350-S	33
5.2.4	Tester vlhkosti VHT – 770	33
5.2.5	Zařízení pro měření prachových částic	34
5.3	Určení emisní třídy kotle	34
5.3.1	Určení vlhkosti dřeva	34
5.3.2	Určení plynných emisí	35
5.3.3	Určení koncentrace prachu.....	35

5.4	Měření při jmenovitém výkonu	36
5.5	Měření při minimálním výkonu	37
5.6	Vyhodnocení pro ČSN EN 305-5	38
5.7	Vyhodnocení pro ekodesign	38
6.	Závěr	39
7.	Seznam použitých zdrojů	40
8.	Seznam použitých zkratk a symbolů	43

1. Úvod

Kotle na tuhá paliva se s rostoucími cenami zemního plynu či elektrické energie stávají stále častější volbou pro domovní vytápění a ohřev užitkové vody. Také i různé krby jsou cenově dostupnější domácnostem a stávají se často módními doplňky. Nárůst těchto zdrojů tepla však bezpochyby zatěžuje životní prostředí, hlavně pak ovzduší v zimních měsících. Kdy vlivem inverzního počasí nedochází k dostatečně dobrým rozptylovým podmínkám a vzniklé emise se udržují v ovzduší měst a obcí. To přispívá také ke smogovým situacím například na Ostravsku či Mostecku.

Proto je důležité klást na jednotlivé uživatele těchto kotlů, a i na výrobce požadavky, které povedou ke zlepšení kvality ovzduší. Tyto požadavky jsou zprostředkovány pomocí legislativy České republiky a Evropské unie. Konkrétněji se jedná zejména o stanovení emisní třídy a určení jejich platnosti pro výrobce a uživatele. Ti je budou muset dodržovat nebo se jinak nevyhnou peněžním postihům.

V této práci budou kotle na tuhá paliva rozděleny podle principu spalování, který má podstatný dopad na emisní třídu kotle. Dále budou uvedena tuhá paliva určená ke spalování v těchto kotlích. Následně práce pokračuje výčtem emisních požadavků na kotle na tuhá paliva od České republiky i Evropské unie a na konci práce bude provedeno ověření emisní třídy vybraného kotle na tuhá paliva.

2. Kotle na tuhá paliva

Kotle na tuhá paliva se díky dostupnosti a ceně tuhých paliv stávají stále žádanějším způsobem pro vytápění a ohřev teplé vody domácností, hlavně pak rodinných domků. Hlavními důvody zastoupení těchto kotlů na trhu jsou zejména náklady na vytápění, nezávislost na inženýrských sítích, spolehlivost a jednoduchost. (1)

Tyto kotle lze rozdělit na kotle určené pro lokální vytápění (kamna, krby) a pro ústřední vytápění. V této práci se budeme zabývat zejména kotli pro ústřední vytápění, konkrétněji kotli, které používají jako teplotonosné médium vodu (teplovodní). (1)

2.1 Lokální vytápění

Tato metoda využívá kotel určený zejména k vytápění jedné místnosti, kde je umístěn. Zastoupením této části kotlů jsou krby a kachlová kamna, které používají k přenosu tepla konvekce (ohřevu vzduchu) a sálání. Nejčastějším palivem bývá sušené dřevo. (2)

Kotle tohoto typu jsou pro vytápění větších domů pro svou účinnost neefektivní a hlavně neekonomické. V dnešní době se tyto kotle stávají spíše estetickým doplňkem domácností. (2)



Obrázek 1 – Krb (30)

2.2 Teplovodní kotle

Teplovodní kotle už vykazují oproti lokálnímu vytápění vyšší účinnosti a také podstatně vyšší topné výkony. Hodí se tak k vytápění rozsáhlejších objektů jako jsou například rodinné domy. Jak již bylo zmíněno, používají k přenosu tepla médium, konkrétně vodu. To je důvodem, že bývají většinou umístěny mimo obytné prostory (např. v kotelnách nebo sklepeních) a nedochází tak při přikládání paliva a vynášení popele k znečištění obytných prostor. (3)

Topení tímto způsobem funguje na principu vytápění akumulční nádrže nebo přímého topení do topného okruhu. Topení do akumulční nádrže je výhodné pro všechny neautomatické kotle, kdy topíme jen určitou dobu a dochází nám tak ve vytápěném objektu k velkému výkyvu teplot. S pomocí akumulční nádrže (nádrž o objemu 500 a více litrů) můžeme udržovat konstantní teplotu a to tak, že dojde k ohřátí vody v akumulční nádrži a ta je pomocí regulačních ventilů směřována s vodou v topném okruhu. Nedojde pak k problému, že ve vytápěném objektu uzavřou termostaty topný okruh a teplo vytvářené v kotli nebude využito, popřípadě dojde ke zbytečnému větrání přebytečného tepla okny. (3)

Přímé topení do topného okruhu s pomocí směšovací ventilů a pokojových termostátů bývá velmi účinnou metodou v kombinaci s automatickým kotlem, který je schopen velice účinně regulovat svůj výkon.

Teplotovní kotle lze dělit dle mnoha kritérií. Mezi ty nejzákladnější pak patří druh paliva, materiál kotle a hlavně proces, jakým je palivo spalováno.

Dle druhu paliva:

- **na dřevo** – kotle používající jako palivo dřevo v různých formách
- **na uhlí** – kotle používající jako palivo hnědé nebo černé uhlí v různých formách
- **na koks** – kotle používající jako palivo koksované uhlí zbavené vody a síry
- **na pelety** – kotle používající jako palivo pelety z různých materiálů. (1)

Dle materiálu, z kterého je vyroben výměník nebo dokonce celý kotel:

- **litinové** – materiálem je litina, která vydrží kontakt s vyšší teplotou než ocel
- **ocelové** – materiálem je ocel. (3)

Dle procesu spalování paliva:

- **kotle prohořivací** – „kotel, v němž probíhá postupné spalování, a spaliny procházejí přes vrstvu paliva“ (4)
- **kotle odhořivací** – „kotel, v němž probíhá postupné spalování paliva ve vrstvě plynule doplňované, přičemž spaliny neprocházejí přes vrstvu paliva“ (4)
- **kotle zplyňovací** – „druh odhořivacího kotle s ručním přikládáním, ve kterém je vyšší úroveň spalování docílena řízeným přísunem spalovacího vzduchu ventilátorem“ (3)
- **kotle automatické** – „kotel se samočinnou dodávkou paliva a ventilátorem řízeným přísunem spalovacího vzduchu“. (3)

2.2.1 Prohořivací kotle

Prohořivací kotle jsou typické svou jednoduchostí a různorodostí používaných paliv. V těchto kotlích lze spalovat koks, uhlí, dřevo různých velikostí, a někteří majitelé v nich dokázali spalovat i domovní odpad. Typickým materiálem, z kterého je většina těchto kotlů vyrobena, je litina. Spalování v kotli probíhá samovolným hořením paliva vloženého na rošt, bez nucené dodávky vzduchu, která je realizována pouze volným přístupem vzduchu přes dvířka kotle. Z tohoto důvodu je výkon kotle velmi ovlivněn jak tahem komínu, tak kvalitou paliva. Velmi často může docházet k nedokonalému spalování paliva, což má za následek zvýšené emise a často i znečišťování kotle a komínu. (5)

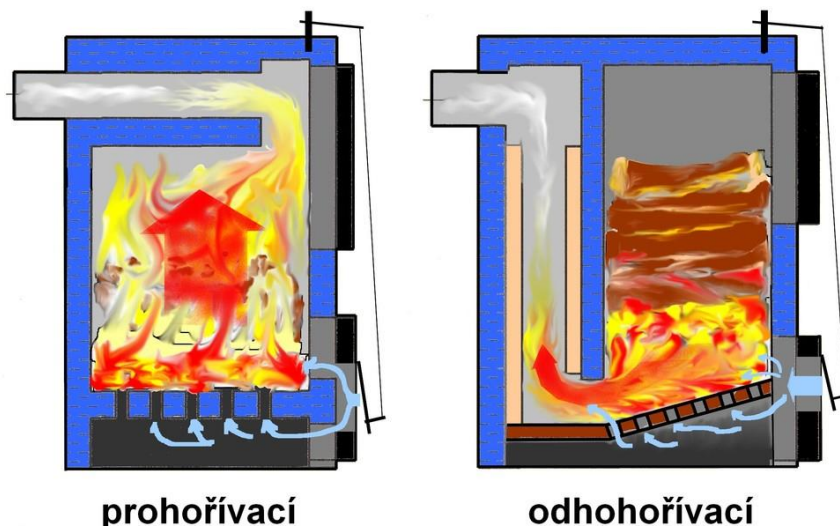
Většina těchto kotlů dosahuje pouze 1. a 2. emisní třídy, pouze některé výjimky jako například kotle spalující koks, dosahují 3. emisní třídy. To je důvodem, proč tyto kotle nejsou již v prodeji a do roku 2022 by měly dle zákona o ochraně ovzduší (Zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší.) vymizet z kotelen všech domů. (5)

2.2.2 Odhořivací kotle

Odhořivací kotle jsou svojí konstrukcí podobné kotlům prohořivacím a lze v nich také spalovat koks, uhlí i dřevo různých velikostí. Hlavní odlišností je ale způsob hoření paliva. Palivo je zásobováno v násypce nad roštem a dochází k jeho postupnému odhořívání zespod. Následně jsou plameny a spaliny odváděny dolů nebo do stran. To má za následek přítomnost dvou fází hoření, zplyňování a konečného spalování prchavé hořlaviny. Ta se uvolňuje zplyňováním. Vzduch je do kotle přiváděn stejně jako u prohořivacích kotlů volně přes dvířka kotle. Výkon je výrazně ovlivněn tahem komína a palivem. (5)

V tomto kotli dochází k malé regulaci přísunu paliva, nelze ji však významně ovlivnit zásahem zvenčí, protože je ovlivněna pouze rychlostí odhoření paliva. Tuto regulaci můžeme ovlivnit pouze kvalitou paliva a velikostí roštu kotle.

Starší kotle tohoto typu dosahují 2. emisní třídy, novější však už i 3. emisní třídy. (5)



Obrázek 2 - Schéma prohořivacího a odhořivacího kotle (31)

2.2.3 Zplyňovací kotle

Zplyňovací kotle jsou kotle s vysokou účinností spalovacího procesu, jako palivo se v nich zpravidla používá buď dřevěné, nebo uhelné pelety a brikety, nebo dřevěné štěpky, ale také i kusové dřevo. Palivo je manuálně dodáváno do násypky nad roštem, kde dochází k jeho postupnému odhořívání zespod. Princip zplyňovacího kotle spočívá v řízeném zplyňování paliva (uvolnění prchavé hořlaviny) a následnému hoření prchavé hořlaviny pomocí větráků a klapek. Je zde také použito žáruvzdorných tvarovek, které pomáhají k úplnému vyhoření prchavé hořlaviny. Tím tedy dochází k výraznému nárůstu účinnosti oproti odhořivacím a prohořivacím kotlům, kde dochází k úniku části prchavé hořlaviny do komínu. (5) (6)

Výsledkem je tedy kotel, který je s pomocí termostatů schopný regulovat rychlost hoření a případně snižovat či zvyšovat výkon. Tato regulace však není zdaleka tak účinná, jako u automatických kotlů. (5)

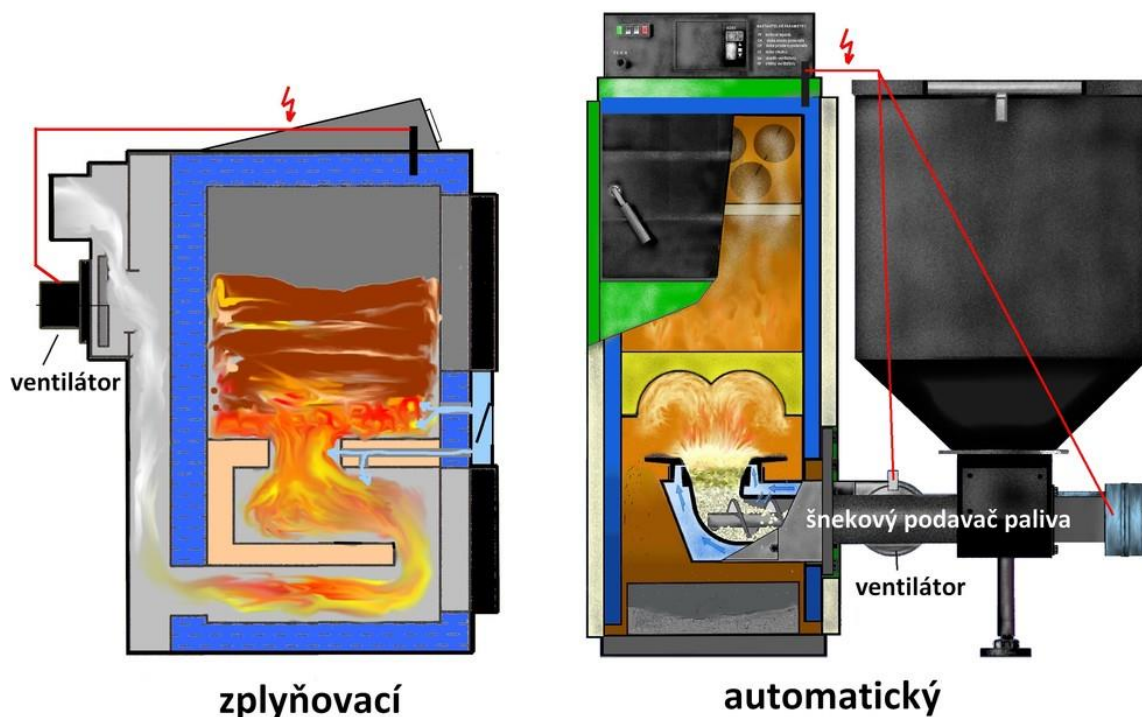
Kotle tohoto typu dosahují běžně 3. emisní třídy, často však i 4. a 5. emisní třídy. (5)

2.2.4 Automatické kotle

Automatické kotle jsou vybaveny zásobníkem paliva, jeho mechanizovaným podavačem (šnekem) a samotným kotlem, který obsahuje větráky a klapky k regulaci hoření. S pomocí těchto součástí jsou automatické kotle plně automatizovány a pracují bez častých zásahů obsluhy i několik dní. Potřebná činnost obsluhy se pak omezí na nastavení pokojové teploty, teploty vody v topném systému, doplnění zásobníku paliva a vynášení popele. Jako palivo se používají pelety, brikety a uhlí. V závislosti na typu paliva je pak nutné kotel naprogramovat, zvláště pak intervaly podavače a výkon větráku. (7)

Elektronika těchto kotlů vyrobených v posledních letech je tak vyspělá, že dokáží plynule regulovat výkon kotle v závislosti na venkovních a vnitřních teplotách, které jsou snímány venkovními a vnitřními čidly. Tyto kotle jsou také vybaveny pojistkami proti přetopení, prohoření paliva atd. (7)

Při spalování uhlí běžně dosahují 3. a 4. emisní třídy, výrobci jsou však normami a zákony nuceni k vývoji a objevují se i kotle na uhlí plnící 5. emisní třídu. Při spalování pelet běžně plní parametry nejvyšší 5. emisní třídy. (5)



Obrázek 3- Schéma zplyňovacího a automatického kotle (32)

Mezi nejpodstatnější odlišnosti automatického kotle od kotlů ostatních patří zejména přítomnost šnekového podavače a speciálního hořáku. U těchto částí nám výrobci kotlů mohou nabízet různé varianty.

Šnekové podavače jsou ale v zásadě jen dvojího typu:

- litinové
- ocelové.

Rozdíl mezi nimi je především materiál, ale také i bezpečnostní prvky a odolnost při provozu. Doporučují se zejména podavače vyrobené z oceli. Důvodem je zejména bezpečnostní prvek zalití šneku vodou v případě prohoření. Tento prvek není přítomný u litinových podavačů z důvodů náchylnosti litiny na praskání při prudkém ochlazení. Dalšími důvody jsou i křehkost v případě zaseknutí o tvrdý materiál a v neposlední řadě i zaměnitelnost součástí a váha zatěžující motor šneku. V těchto kritériích jasně vítězí podavače vyrobené z oceli. (8)

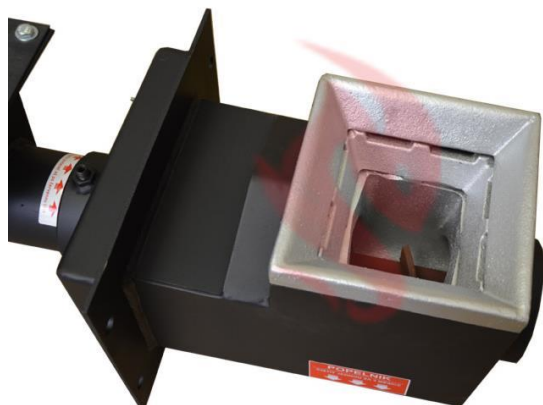
Hořáky jsou části kotle, kde dochází k procesu hoření paliva. Volba správného hořáku je pak důležitá pro čisté a účinné spalování daného druhu paliva. Typický materiál je litina, která odolává vysokým teplotám. (8)

Univerzální hořák samočistící – jednoduchý hořák, mezi jehož přednosti patří jednoduchá konstrukce a možnost spalovat jakékoliv palivo do zrnitosti 30 mm. Konstrukce hořáku je žlab, do kterého z jedné strany tlačí šnekový podavač palivo, které postupně hoří a přepadává na druhé straně přes okraj. Vzduch je přiváděn zespodu a ze stran. Tento hořák je výborný pro spalování spékavých materiálů, dokáže totiž snadno vytlačit i spečené palivo. K nejúčinnějšímu spalování zde dochází u dřevní štěpky a agro-pelet. (9)



Obrázek 4 - Univerzální hořák samočistící (34)

Univerzální hořák – určen taktéž pro spalování více druhů paliv, lze v něm spalovat uhlí, štěpku i pelety. Jeho konstrukce je tvořena prodlouženou hřídelí podavače až za hořák, kde šnek podavače je tvořen dvěma opačnými závity, které tlačí proti sobě doprostřed hořáku a dochází



Obrázek 5 - Univerzální hořák (33)

tak k vytlačování paliva směrem vzhůru do hořáku. V hořáku je přívod vzduchu realizován otvory po obvodu, do kterých se přivádí vzduchovým kanálem. Tento typ je výborný pro spalování různých rostlinných materiálů a agro materiálů. Díky konstrukci šneku dokáže stlačit sypké materiály a nedochází tak k jejich odfouknutí. Dokáže také účinně vytlačit spečené palivo z hořáku. (10)

Retortový hořák – je určen pouze ke spalování hnědého uhlí „orech2“ a dřevní štěpky zrnitosti do 30 mm. Konstrukcí je kulatá pec hořáku, do které se přivádí palivo šnekem uloženým na jedné straně. Palivo je přiváděno šnekem na začátek hořáku, ten je ve tvaru kolene a dochází tak k postupnému pechování a drcení paliva cestou k jeho povrchu. Směr vytlačení paliva není určen a je zcela nahodilý. Nelze tak spalovat více spékavé materiály, protože by nedošlo k jejich vytlačení z pece. Nevýhodou tohoto typu je často nízká teplota hoření, proto se používají šamotové deflektory nad hořákem, které vrací část tepla zpět do hořáku a podporují tak hoření. Další nevýhodou je také uložení šneku pouze na jedné straně, což zapříčiňuje hlasitý provoz podavače paliva. V dnešní době se tento typ již nepoužívá. (11)



Obrázek 6 - Retortový hořák (35)

2.2.5 Porovnání parametrů jednotlivých typů

Množství uvolňovaných emisí během spalování (CO a prachu) a rovněž účinnost kotle je z největší části ovlivněna metodou procesu spalování. O tom se můžeme přesvědčit v následující tabulce (Tabulka 1), kde jsou jednotlivé hodnoty určeny podle skutečných měření, nikoliv podle laboratorních měření. (5)

Tabulka 1 - Hodnoty emisí a výkonu kotlů (5)

typ kotle	hnědé uhlí	dřevní pelety	nedřevní pelety	kusové dřevo
emise CO [mg/m ³] při referenčních 10 % O ₂				
automatický	200–1000	100–600	300–4000	–
zplyňovací	200–7000	–	–	200–6000
odhořivací	5000–15000	–	–	4000–15000
prohořivací	20000–30000	–	–	5000–25000
emise TZL [mg/m ³] při referenčních 10 % O ₂				
automatický	10–80	10–100	30–150	–
zplyňovací	30–150	–	–	20–150
odhořivací	50–200	–	–	50–250
prohořivací	200–300	–	–	50–350
účinnost [%]				
automatický	75–85	80–90	75–85	–
zplyňovací	70–80	–	–	75–85
odhořivací	60–75	–	–	60–75
prohořivací	40–60	–	–	55–65

Z pohledu nákladů na pořízení vychází nejlevněji kotle prohořivací a odhořivací kvůli své jednoduchosti konstrukce a menším rozměrům a často i kvůli tomu, že nemají v konstrukci zahrnutou automatizaci topného systému. Ovšem u těchto kotlů nejsou dosaženy tak nízké emise jako u kotlů zplyňovacích a automatických, tudíž bude v budoucnu docházet k jejich úbytku a bude přibývat kotlů automatických a zplyňovacích. Automatické kotle mají sice podstatně větší pořizovací cenu, ale udržováním stálého provozu s vysokou účinností dokáží uspořit i 20 % paliva oproti kotlům ostatním. (5)

3. Tuhá paliva

Tuhá paliva jsou látky v pevném skupenství určené k hoření. Při hoření se pak z látky uvolňuje teplo, které se snažíme ve většině případů zachytit a přenést na teplotně médium. U ústředních kotlů se zpravidla jedná o vodu proudící výměníkem. Všeobecně se paliva skládají z hořlaviny a balastu. Za balast považujeme část paliva, jež nelze energeticky využít. Je to popelovina a voda (vodní vlhkost). Zastoupení balastu je pak pro tuhá paliva podstatně větší než pro paliva kapalná nebo plynná. Následně také platí, že čím menší je podíl vody a popeloviny v jednotce paliva, tím větší je množství energie uvolněné při hoření. Množství emisí prachových částic je přímo úměrné podílu popeloviny, to je problém zejména uhelných paliv. (12)

Je tedy důležité u všech tuhých paliv, dodržovat doporučenou dobu skladování a sušení, aby mělo palivo požadovanou vlhkost.

Výrobci jednotlivých kotlů ve většině případů vyrábí kotle pro určitou skupinu paliv. V dnešní době, kdy dochází k zpřísnování technických a emisních požadavků, nelze vyrábět kotle, které by byly univerzální na všechny druhy paliv. Proto je nutné a je to i ze zákona povinností pro každého provozovatele kotle, spalovat v něm jen paliva určená výrobcem. Pokud pak budeme spalovat jiná paliva, bude pravděpodobně docházet k nedokonalému spalování, produkci zvýšených emisí a možná i poškození kotle. (12)

Dle původu lze paliva dělit na paliva **fosilní** a **biomasu**. Fosilní paliva jsou nerostné suroviny, pro kotle na tuhá paliva hlavně hnědé a černé uhlí. Na straně druhé pojem biomasa je více obsáhlý, sdružuje všechny živé i neživé organismy. Tyto organismy v sobě mají vázaný uhlík, který je právě zdrojem tepla při spalování. Biomasa je kombinace od rostlin, až po živočišné zbytky (exkrementy). V kotlích na tuhá paliva se používají hlavně rostlinná paliva, ty mají větší a snadněji dostupnější výdej tepla při spalování. V praxi se používají např. zemědělské zbytky (sláma, seno, řepka...) nebo lesní biomasa (dřevo a jeho odpad)

3.1 Kusové dřevo

Kusové dřevo se nejčastěji vyskytuje ve formě tzv. „polen“. Je určeno pro kotle zplyňovací a odhořívací či prohořívací. V dřívějších dobách bylo topení dřevem velmi populární a dostupné a levné. Dnes však dochází k ústupu vlivem ceny dřeva, která stoupá a nutnosti častých obsluh kotle. Možná také i k náročnosti zpracování dřeva. (13)

V dnešní době lze kusové dřevo získat dvěma způsoby. První varianta je buď těžba z vlastního lesa, nebo nákup již vytěžených stromů. Toto dřevo je pak nutné nařezat a naštípat. Druhá varianta je snadnější a je to nákup již naštípaného dřeva. U obou variant se ale nevyhneme zdlouhavému sušení dřeva, které je nezbytné. Dřevo se prodává v drtivé většině případů jako surové, tedy brzy po těžbě, a s vlhkostí i 50 %. Obsah vody je v tomto případě až 50 % hmotnosti dřeva. Takové dřevo by asi jen těžko hořelo. Proto musíme dřevo skladovat na hromadách a to až 2 roky. (13)



Obrázek 7 - Kusové dřevo (36)

Výrobci kotlů předepisují dřevo s vlhkostí do 20 %, takové dřevo má výrazně větší výhřevnost (až o 80 % více než mokré) a nízký podíl popeloviny (do 1 % hmotnosti paliva).

Nejkvalitnější palivo je dřevo z listnatých stromů, často se však používá i z jehličnatých. To je totiž dostupnější a také levnější. Výhřevnost smrkového dřeva je přibližně 13 MJ/kg. (13)

3.2 Dřevní štěpka

Dřevní a popřípadě i tzv. lesní štěpka je surovina obsahující dřevo, jehličí, listy, drobné větvičky a také i nedřevní příměsi. Vyrábí se drcením („štěpkováním“) těchto surovin. K výrobě dochází hlavně zpracováním zbytků při těžbě dřeva nebo zbytků z dřevozpracujícího průmyslu. Jedná se tedy o obnovitelné biopalivo. (14)

Lze ji dělit na štěpku:

- Zelenou – vzniká při těžbě, obsahuje kromě dřeva také i listí a jehličí.
- Hnědou – vzniká při zpracování kmenů, má výrazný podíl kůry.
- Bílou – vzniká drcením odřezků, často se ale dále používá v průmyslu.

Štěpka získaná ze zbytků při těžbě v lese obsahuje výrazný podíl vody a to až 50 % hmotnosti. Při správném sušení lze však snížit až na 30 %. Oproti tomu drcením zbytků například v truhlářské či jiné výrobě ji získáváme s podstatně nižším obsahem vody. Ten se pohybuje pravidelně okolo 15 % hmotnosti. (14)

Výsledným produktem je tedy biopalivo s nízkými emisemi a velmi levnou nákupní cenou. Mezi nevýhody ale patří zejména špatná skladovatelnost a zdlouhavé a špatné sušení. To má za následek velký rozsah výhřevnosti, a to 8–16 MJ/kg. Štěpka má nízkou objemovou hmotnost, potřebné množství paliva nám tedy zabere podstatně větší prostory než kusové dřevo nebo uhlí. Při skladování musíme dbát provětrávání prostor, aby nedocházelo k plesnivění a zapaření. Kvůli tomu by totiž mohlo dojít i k samovznícení. (14)



Obrázek 8 - Dřevní štěpka (37)

3.3 Pelety

Pelety jsou vyráběny také z dřevního odpadu, jako jsou piliny nebo hobliny. Často se však také vyrábějí z biomasy, například z rašeliny, rostlin, kůry atd. Jedná se tedy o biopalivo vznikající



Obrázek 9 - Dřevní pelety (38)

vysokotlakým lisováním těchto surovin a jejich směsí, které jsou vysušeny. To má za následek velmi nízký obsah vody (převážně 8 %) a také popeloviny (do 1 %). (15)

Mezi výhody pelet tedy patří velmi nízké emise, nízký podíl popeloviny a vysoká výhřevnost. Při spalování v kotli pro pelety je u dřevních pelet výhřevnost okolo 16–18 MJ/kg, tj. výhřevnost mezi hnědým a černým uhlím. (15)

Na straně druhé mezi nevýhody patří poměrně vysoká cena, až dvojnásobek ceny uhlí i dřeva. Také pak nutnost automatického kotle, který je určen ke spalování pelet. (15)

3.4 Brikety

Brikety jsou tuhým palivem vznikající stejným způsobem jako pelety. Lisováním pilin, hoblin, dřevního prachu nebo biomasy jsou vyráběny válce, šestistěny nebo hranoly o průměru od 4 do 10 cm a délce do 30 cm. Dále se ještě brikety vyrábějí jako plné nebo s otvorem uvnitř. Plné jsou určeny k dlouhodobému rovnoměrnému hoření. Naopak ty s otvorem uvnitř k zatápění, dochází u nich k rychlejšímu prohoření. Stejně jako pelety mají brikety nízký podíl vody (převážně 8 %) a nízký obsah popeloviny (1–3 %). Pelety jsou univerzální palivo, lze je spalovat téměř v každém kotli a krbu. (16)



Obrázek 10 - Dřevěné brikety (39)

Výhodami je hlavně nízký podíl emisí, nízký podíl popeloviny a také vysoká výhřevnost. U dřevních briket spalovaných ve zplyňovacím kotli je výhřevnost okolo 12–18 MJ/kg. Což je výhřevnost podobná hnědému uhlí. (16)

Snad jedinou nevýhodou je jejich cena, která je rovněž jako u pelet až dvojnásobkem ceny uhlí a dřeva. (16)

3.5 Uhlí

Uhlí je jediným zástupcem fosilních tuhých paliv dostupných pro domácnosti. Získává se těžbou v uhelných dolech a následně se pak zpracovává drcením na danou velikost. Nejrozšířenější velikostí zastoupenou na trhu se stává ořech 2. Ten je totiž předurčen ke spalování v automatických kotlích, které splňují požadavky 3., popřípadě i 4. a 5. emisní třídy. V České republice se na trhu vyskytuje **hnědé uhlí** z Mostecká a Bíliny a **černé uhlí** dovážené z Polska. Výhřevnost hnědého uhlí se pohybuje na úrovni pelet a briket (17,6–19,8 MJ/kg). Černé uhlí dosahuje výhřevnosti o 40–50 % vyšší (25 MJ/kg). (17)

Mezi výhody uhlí patří zejména jeho cena, která je důvodem vysokého zastoupení na trhu. Například hnědé uhlí je až dvakrát levnější než pelety a brikety. Oproti kusovému dřevu je pak také daleko levnější. Naopak



Obrázek 11 - Hnědé uhlí (ořech 2) (40)

podstatnými nevýhodami uhlí jsou špatné emise, v tomto případě se řadí mezi nejhorší. Dále zvýšené množství popeloviny, to je na rozdíl od ostatních v rozmezí 5–20 %. Musíme pak častěji obsluhovat kotel. (17)

4. Zákony a normy

Škodlivé emise, se uvolňují téměř u každého spalování v kotli. Cílem je ale omezit množství emisí uvolňovaných při spalování na co nejmenší hodnotu. Toto snížení by mělo přinést zlepšení kvality ovzduší, především v problematických oblastech. Bohužel jedinou účinnou metodou, jak donutit vlastníky vytápěných objektů snižovat emise jejich kotlů, je nařízení pomocí zákonů a norem.

Všechny kotle prodávané v dnešní době musí vyhovovat mnoha zákonům, normám a předpisům. Aby tyto kotle mohly vstoupit na trh, musí prvně dojít k jejich certifikaci a ta proběhne pouze v případě, splňuje-li kotel jednotlivé normy a zákony.

Následně budou muset i majitelé kotlů na tuhá paliva provádět kontroly s pomocí certifikovaných osob a případně prokazovat vlastnosti jejich kotlů na úřadě.

4.1 Zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb.

Tento zákon byl vytvořen na základně předpisů Evropské unie a jeho cílem je snižovat míru znečišťování ovzduší a bránit tak negativním dopadům znečištění na lidstvo a ekosystém, nebo případně zlepšit nebo umožnit regeneraci již poškozeného ekosystému.

4.1.1 §16 Povinnosti osob

V této části zákona je uvedeno, že každý výrobce kotlů o tepelném příkonu do 300 kW je povinen prokázat certifikát daného kotle, že splňuje určené emisní požadavky dle následujících tabulek č. 2 a č. 3 (viz strana 24, Tabulka 2- Minimální emisní požadavky nových kotlů na tuhá paliva v období od 1. 1. 2018)

Minimální požadavky jsou definovány zvlášť v období od 1. 1. 2014 do 31. 12. 2017 a pak v období od 1. 1. 2018. Do konce roku 2017 se mohou na trhu vyskytovat kotle, spadající do tzv. 3.emisní třídy (emisní třídy uvádí norma ČSN EN 305-5, viz tabulka na straně 28). Od začátku roku 2018 už pouze kotle 4. a 5. emisní třídy a od začátku roku 2020 pak jen kotle 5. emisní třídy. Tímto bude docházet k zpřísnování emisních požadavků na nové kotle uváděné na trh a nebude tak docházet k prodeji kotlů s nízkou účinností a vysokou emisní zátěží životního prostředí. (18)

Aktuální novela se týká pouze kotlů s teplovodním výměníkem od 10kW. Od roku 2020 je chystána novela, která upraví tuto část tak, že emisní třídy budou platit pro všechny kotle i bez teplovodního výměníku. Tedy i pro krby a kamna, či jiná lokální topidla nepoužívající jako teplotonosné médium vodu. (18)

Tabulka 2- Minimální emisní požadavky nových kotlů na tuhá paliva v období od 1. 1. 2018 (18)

Dodávka Paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný příkon (kW)	Mezní hodnoty emisí ¹⁾		
			CO	TOC ^{2),3)}	TZL
			mg.m ⁻³		
Ruční	Biologické/ fosilní	≤ 300	1 200	50	75
Samočinná	Biologické/ fosilní	≤ 300	1 000	30	60

1) Vztahuje se k suchým spalinám, teplotě 273,15 K, tlaku 101,325 kPa a k referenčnímu obsahu kyslíku 10 %;

pro sálavé spalovací stacionární zdroje, určené pro připojení na teplovodní soustavu ústředního vytápění

a k instalaci v obytné místnosti, se hodnoty vztahují k referenčnímu obsahu kyslíku 13 %.

2) TOC = celkový organický uhlík, kterým se rozumí úhrnná koncentrace všech organických látek s výjimkou

methanu vyjádřená jako celkový uhlík.

3) Nevztahuje se na sálavé spalovací stacionární zdroje, určené pro připojení na teplovodní soustavu

ústředního vytápění a k instalaci v obytné místnosti.

Tabulka 3 – Minimální emisní požadavky nových kotlů na tuhá paliva v období do 31. 12 2017 (18)

Dodávka Paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný příkon (kW)	Mezní hodnoty emisí ¹⁾		
			CO	TOC ^{2),3)}	TZL
			mg.m ⁻³		
Ruční	Biologické	≤65	5 000	150	150
		>65 až 187	2 500	100	150
		>187 až 300	1 200	100	150
	Fosilní	≤65	5 000	150	125
		>65 až 187	2 500	100	125
		>187 až 300	1 200	100	125
Samočinná	Biologické	≤65	3 000	100	150
		>65 až 187	2 500	80	150
		>187 až 300	1 200	80	150
	Fosilní	≤65	3 000	100	125
		>65 až 187	2 500	80	125
		>187 až 300	1 200	80	125

1) Vztahuje se k suchým spalinám, teplotě 273,15 K, tlaku 101,325 kPa a k referenčnímu obsahu kyslíku 10 %;

pro sálavé spalovací stacionární zdroje, určené pro připojení na teplovodní soustavu ústředního vytápění

a k instalaci v obytné místnosti, se hodnoty vztahují k referenčnímu obsahu kyslíku 13 %.

2) TOC = celkový organický uhlík, kterým se rozumí úhrnná koncentrace všech organických látek s výjimkou

methanu vyjádřená jako celkový uhlík.

3) Nevztahuje se na sálavé spalovací stacionární zdroje, určené pro připojení na teplovodní soustavu

ústředního vytápění a k instalaci v obytné místnosti.

4.1.2 §17 Povinnosti provozovatele stacionárního zdroje

Každý provozovatel stacionárního zdroje (neboli kotle na tuhá paliva) je dle odstavce č. 1 toho paragrafu povinen:

- Uvádět do provozu a nadále provozovat kotle, které splňují zákon č. 201/2012 a předpisy výrobce a dodavatele. Tedy smí používat pouze kotle v souladu s právě platnou emisní třídou zákona. (18)
- Plnit technické podmínky provozu a dodržovat příslušnou tmavost kouře.
- Spalovat v tomto kotli paliva, která jsou povolena výrobcem a splňují požadavky na kvalitu paliv. Žádný vlastník kotle lokálního nebo teplovodního v něm tedy nesmí spalovat jakýkoliv odpad nebo i třeba znečištěné palivo určené ke spalování v tomto kotli. Používaná paliva dále omezuje odstavec č. 5, který uvádí, že v kotlích do 300 kW včetně, nelze spalovat hnědé energetické uhlí, lignit, uhelné kaly a proplásky. (18)
- Umožnit přístup prověřené osoby k používanému kotli, jeho technologickým součástem a palivu v něm používaném, za účelem kontroly dodržování podmínek provozu. Tato část byla novelizována na podzim roku 2016 a je nově platná od 1. ledna 2017 pro všechny provozovatele. Dříve byla určena pouze pro prostory určené k podnikatelským účelům. Hlavním cílem této části bude právě kontrola technického stavu kotle a používaného paliva u tzv. problémových osob. Osob nedodržujících příslušnou tmavost kouře a emisní limity. (18)
- Provádět kontrolu technického stavu a provozu kotle na tuhá paliva, který je zdrojem tepla pro teplovodní soustavu ústředního vytápění. A to každé dva kalendářní roky. Tuto kontrolu však může provádět jen odborně způsobilá osoba, která je k těmto účelům proškolená výrobcem kotle. Pokud již výrobce neexistuje, může tuto kontrolu provést způsobilá osoba, která má oprávnění pro kontroly kotlů stejného typu. Dle §41 a odstavce č. 15 musí tuto kontrolu provozovatel provést do 31. 12. 2016. Následně může být od 1. 1. 2017 vyzván obecním úřadem s rozšířenou působností k předložení dokladu o provedení kontroly. Pokud tak provozovatel neprovede, bude mu udělena pokuta. Bez tohoto nařízení by se asi zpřísnující emisní limity na kotle neobešly. Majitelé kotlů by totiž mohli bez povšimnutí provozovat i kotle nespádající do platných emisních tříd. (18)
- Provozovat pouze teplovodní kotle na tuhá paliva ústředního vytápění od 10 kW do 300 kW včetně splňující emisní požadavky uvedené v následující tabulce č. 4. Tato část je upravena §41 odstavce č. 16 a to takovým způsobem, že provozovatel musí splnit toto kritérium nejpozději do 10let od uvedení tohoto zákona. Od roku 2022 tedy nesmí žádný provozovatel užívat kotle nespĺňující emisní požadavky 3. emisní třídy (viz Tabulka 4 **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**). Dojde tedy k vyřazení kotlů 1. a 2. emisní třídy a kdo je bude nadále využívat, nebude jednat legálně a bude za používání takového kotle pokutován. (18)

Tabulka 4 - Emisní požadavky pro užívané kotle na tuhá paliva (10-300 kW) od roku 2022 (6)

Dodávka Paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný příkon (kW)	Mezní hodnoty emisí ¹⁾		
			CO	TOC ^{2), 3)}	TZL
			mg.m ⁻³		
Ruční	Biologické	≤65	5 000	150	150
		>65 až 187	2 500	100	150
		>187 až 300	1 200	100	150
	Fosilní	≤65	5 000	150	125
		>65 až 187	2 500	100	125
		>187 až 300	1 200	100	125
Samočinná	Biologické	≤65	3 000	100	150
		>65 až 187	2 500	80	150
		>187 až 300	1 200	80	150
	Fosilní	≤65	3 000	100	125
		>65 až 187	2 500	80	125
		>187 až 300	1 200	80	125

1) Vztahuje se k suchým spalinám, teplotě 273,15 K, tlaku 101,325 kPa a referenčnímu obsahu kyslíku 10 %; pro sálavé spalovací stacionární zdroje, určené pro připojení na teplovodní soustavu ústředního vytápění a k instalaci v obytné místnosti, se hodnoty vztahují k referenčnímu obsahu kyslíku 13 %.

2) TOC = celkový organický uhlík, kterým se rozumí úhrnná koncentrace všech organických látek s výjimkou methanu vyjádřená jako celkový uhlík.

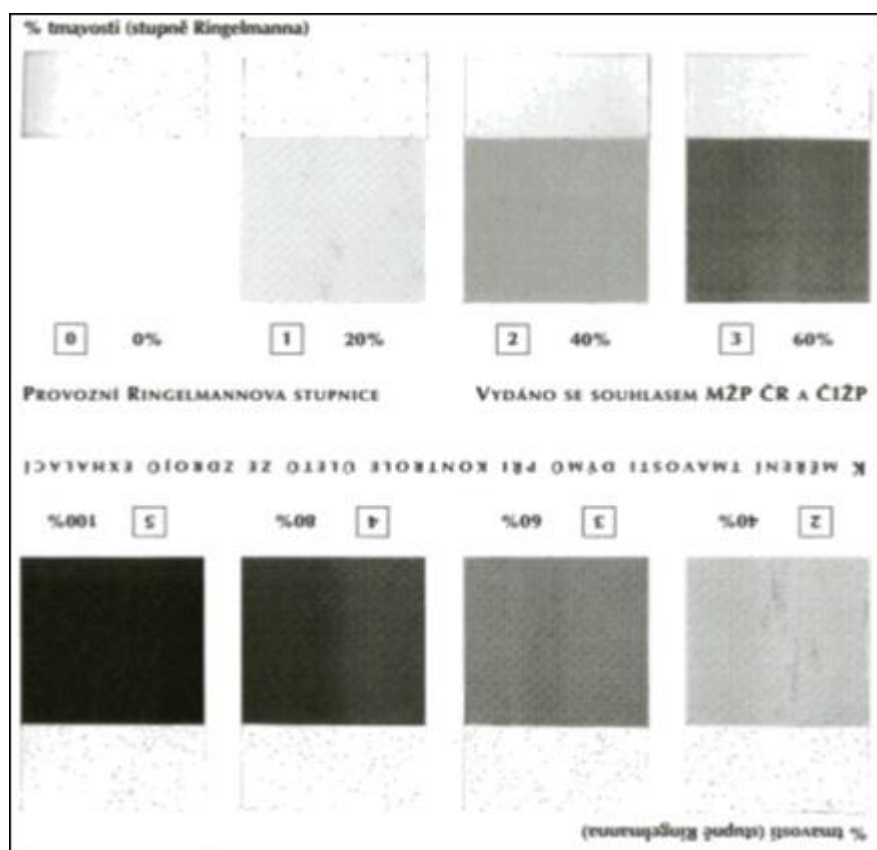
3) Nevztahuje se na sálavé spalovací stacionární zdroje, určené pro připojení na teplovodní soustavu ústředního vytápění a k instalaci v obytné místnosti.

Odstavec č. 2 nově od 1. 1. 2017 upravuje postup jednání obecního úřadu s rozšířenou působností s provozovatelem kotle umístěného v soukromém objektu. Toto se netýká objektů určených pro podnikatelské účely. Pokud provozovatel kotle neplní některé povinnosti z §17 odst. č. 1 (viz strana 25), hlavně nedodrжуje tmavost kouře a emisní limity, upozorní jej úřad na tyto povinnosti. Následně pak může provést kontrolu technického stavu kotle, jeho technických součástí a paliva v něm používaném. (18)

V praxi se provede nejdříve rozbor tmavosti kouře pomocí Ringelmannovy metody, to by mělo být indikací, že daný majitel nesplňuje emisní limity a znečišťuje ovzduší. Následně při nedodržení správné tmavosti kouře lze provést kontrolu spalovacího zdroje a spalinových cest a rovněž také uskladněné palivo a palivo ve spalovacím zdroji. Kontrolou kotle se bere v úvahu kontrola přívodu vzduchu, a kontrola nánosů sazí a dehtu. Při podezření, že v daném spalovacím zdroji byl spálen odpad, či vadné nebo nedovolené palivo, může úředník odebrat vzorek popele. Tento vzorek bude následně podroben rozboru v akreditované laboratoři. (19)

Povolenou tmavost kouře by měl neustále dodržovat každý uživatel spalovacího kotle, jak zavádí §4 zákona č. 201/2012. Tmavost kouře se určuje následně popsanou metodou.

Kontrola tmavosti kouře podle Ringelmannovy metody se provádí porovnáváním vlečky kouře vycházejícího z komína za dostatečně dobrých světelných podmínek. Konkrétní postup je stanoven vyhláškou č. 415/2012 Sb. Která mimo jiné uvádí, že i např. jiná barva kouře, než jsou stupně černé, je považována za vadnou (žlutý nebo jinak barevný kouř). Kouř pak nesmí dosahovat odstínu tmavšího, než je 2. stupeň Ringelmannovy stupnice (viz Obrázek 12). Měření pak probíhá v odečítání 30 hodnot po 5 sekundách, z čehož se následně udělá průměrná hodnota. Nezapočítává se však hodnota během zatápění, maximálně však 30 minut. K provedení měření se doporučují dvě osoby, které následně sepiší protokol s potřebnými náležitostmi. (19)



Obrázek 12 - Ringelmannova stupnice tmavosti kouře (20)

Na obrázku jsou znázorněny jednotlivé stupně Ringelmannovy stupnice a jejich tmavost v % černé.

4.2 Norma ČSN EN 303-5

Norma ČSN EN 303-5 popisuje emisní a různé technické limity pro kotle používané jako teplovodní kotle do 300 kW, určené pro spalování pevných paliv. V této práci se však budeme zabývat jen částí normy zabývající se emisními třídami a jejich měřením. Tato část normy je nezbytná pro určení nebo ověření emisní třídy kotle.

4.2.1 Obecné charakteristiky zkoušky

Spalováním pevných paliv dochází k produkci emisí, tyto emise by však neměli přesahovat během stabilního chodu kotle určené hodnoty (viz Tabulka 5). K určení hodnoty těchto emisí se provádí zkoušky při jmenovitém a minimálním výkonu. Při jmenovitém výkonu kotle musí být zaručen trvalý provoz na tomto výkonu, nesmí tedy docházet k vypínání prostřednictvím teplotního termostatu kotle. U minimálního výkonu musí být kotel regulován samočinně, tedy buď regulován automatikou, nebo nastaven před průběhem zkoušky na minimální výkon, aby nedocházelo k ručnímu zásahu do nastavení kotle během zkoušky. Před zahájením zkoušky musí být kotel v provozní teplotě a v prostředí s teplotou 15–20 °C. (21)

Tah komína má být nastaven na minimální hodnotu určenou výrobcem kotle a maximální dovolená odchylka je ± 3 Pa. (21)

V průběhu zkoušky je zakázána jakákoliv úprava paliva, roštování, či prohrabování ohně. U kotlů s ručním přikládáním paliva je však dovoleno po 95 % doby hoření provést krátkou úpravu rozložení nedohořelých částic před následným doplněním paliva. (21)

Tabulka 5 - Emisní třídy dle ČSN EN 303-5 (21)

Dodávka paliva	Palivo	Jmenovitý tepelný výkon	Mezní hodnoty emisí								
			CO			OGC			prach		
			mg/m ³ při 10% O ₂ ^a								
			kW	třída	třída	třída	třída	třída	třída	třída	třída
	3	4	5	3	4	5	3 ^b	4	5		
ruční	biopaliva	≤ 50	5 000	1 200	700	150	50	30	150	75	60
		> 50 ≤ 150	2 500			100			150		
		> 150 ≤ 500	1 200			100			150		
	fosilní paliva	≤ 50	5 000			150			125		
		> 50 ≤ 150	2 500			100			125		
		> 150 ≤ 500	1 200			100			125		
samočinná	biopaliva	≤ 50	3 000	1 000	500	100	30	20	150	60	40
		> 50 ≤ 150	2 500			80			150		
		> 150 ≤ 500	1 200			80			150		
	fosilní paliva	≤ 50	3 000			100			125		
		> 50 ≤ 150	2 500			80			125		
		> 150 ≤ 500	1 200			80			125		

POZNÁMKA 1 Hodnoty prachu v této tabulce vycházejí ze zkušeností s gravimetrickou filtrační metodou. Použitá metoda musí být uvedena v protokolu o zkoušce. Emise pevných částic, měřeno podle této evropské normy, nezahrnuje kondenzovatelné organické látky, které mohou tvořit dodatečné pevné částice, když se spaliny smísí s okolním vzduchem. Hodnoty nejsou proto přímo srovnatelné s hodnotami naměřenými metodami s ředěním v tunelu, ani nemohou být přímo převedeny do koncentrací částic v okolním vzduchu.

POZNÁMKA 2 Dodatečné zkušební metody a mezní hodnoty emisí, které platí v některých zemích, jsou uvedeny v odchylkách typu A v příloze C.

^a Vztahuje se k suchým spalínám, 0 °C, 1 013 mbar.

^b Kotle třídy 3 pro paliva typu E podle 1.2.1 nebo e-paliva podle 1.2.3 v této tabulce a označené klasifikaci E-paliva a e-paliva nemusí splňovat požadavky na emise prachu. Skutečná hodnota musí být uvedena v technické dokumentaci a nesmí překročit 200 mg/m³ při 10% O₂.

4.2.2 Metodika zkoušky a její délka

Před počátkem zkoušky musí být kotel s ruční dodávkou paliva v ustáleném provozním stavu. Doba uvádění do tohoto stavu nesmí být kratší než 2 hodiny a musí za tuto dobu vzniknout požadovaná základní vrstva. Tato základní vrstva paliva musí být uvedena výrobcem v technické dokumentaci daného kotle. (21)

Zkouška začíná v okamžiku přiložení paliva na základní vrstvu a končí v okamžiku následného doplnění nebo opětovného dosažení základní vrstvy. (21)

Doba zkoušení pak na rozdíl od zkoušky začíná okamžikem, kdy je dosažena základní vrstva. K určení dosažení základní vrstvy se využije kontroly zásobníku, váhy nebo ukazatelů emisních hodnot. A končí:

- pro jmenovitý výkon po 2 navazujících dobách hoření,
- pro minimální výkon po 1 době hoření. (21)

Stanovení emisí se provádí stanovením aritmetických průměrů CO, O₂, a OGC (NO_x) za dobu zkoušení. Při zkoušce na jmenovitém výkonu dochází k přikládání paliva během doby zkoušení. Hodnoty naměřené během přikládání se také zahrnují do průměrných hodnot. (21)

Stanovení hodnot koncentrace prachu se provádí měřením, kdy se rozdělí doba hoření na alespoň 2 stejné úseky, v kterých se musí odsávat spaliny přes filtr minimálně 30 minut. Průměr se pak stanovuje z alespoň 4 hodnot. (21)

Pro automatické kotle se kotel musí uvést na ustálenou provozní teplotu stejně tak jako u kotlů s ruční dodávkou paliva. Podstatný rozdíl je však v době zkoušení:

- pro jmenovitý výkon i minimální výkon alespoň 6 hodin,
- pro minimální s přerušováním provozu alespoň 6 hodin plus doba trvání posledního intervalu přerušování. (21)

Stanovení emisí probíhá stejným způsobem jako u kotlů s ruční dodávkou, a to stanovením aritmetických průměrů během doby zkoušení. (21)

Stanovení hodnot koncentrace prachu probíhá také stejným způsobem, avšak rozdíl je v dělení doby hoření, a to nejméně na 4 stejné úseky. (21)

4.3 Evropské směrnice pro ekodesing kotlů na tuhá paliva

Vzhledem k vydání směrnice Evropského parlamentu a Rady **2009/125/ES**, bylo vyžadováno, aby Komise určila požadavky na výrobky spojené s energetickou spotřebou. Tím jsou myšleny požadavky na ekodesign pro výrobky s dopadem na životní prostředí, tedy i kotle na tuhá paliva. Pro kotle na tuhá paliva bylo zavedeno **nařízení Komise EU 2015/1189**. **Ekodesign** jako takový znamená, že se při výrobě a navrhování kotlů bere významně na zřetel i jejich ekologická zátěž životního prostředí, zejména pak při procesu spalování. (22)

4.3.1 Nařízení Komise EU 2015/1189

Toto nařízení se týká všech kotlů na tuhá paliva s teplotním médiem vodou do výkonu 500 kW včetně. Netýká se však kotlů na nedřevní biomasu a kotlů sloužících pouze k ohřevu vody jako užitkové nebo pitné. (22)

Požadavky na ekodesing vztahující se na kotle od 1. 1. 2020:

Tabulka 6 - Emise pro ekodesing (22)

Emise	Automatické kotle	Kotle s ručním přikládáním
	Hodnoty [mg/m ³]	
Tuhé částice	40	60
OGC	20	30
Oxid uhelnatý	500	700
Oxidy dusíku	250	350

Všechny uvedené hodnoty v tabulce jsou hodnoty sezónní (pro obsah O₂ 10 %), pro jejich stanovení je nutný přepočítání. Hodnoty se vztahují na kotle pro preferenční i jakékoliv jiné palivo, které výrobce povoluje spalovat v tomto kotli. (22)

Jak můžeme zpozorovat, tak mnohými parametry (částice, OGC a CO) odpovídá ekodesign 5. emisní třídě normy ČSN EN 305-5. **Ekodesign tak lze považovat za zvýšené požadavky této 5. emisní třídy.**

Pro přepočítání z naměřených hodnot na hodnoty sezónní E_s (stanovené nařízením Komise EU) slouží následující rovnice:

$$E_s = 0,85 \cdot E_{s,p} + 0,15 \cdot E_{s,n} \quad [1]$$

Tato rovnice platí pro kotle s ručním přikládáním, které lze nepřetržitě provozovat při 50 % jmenovitého výkonu a pro automatické kotle. (22)

Pro kotle, které nelze provozovat při tomto nebo nižším výkonu a pro kogenerační kotle platí rovnice:

$$E_s = E_{s,n} \quad [2]$$

E_s	jsou sezónní emise	[mg/m ³]
$E_{s,p}$	jsou emise (částic, OGC, oxidu uhelnatého a oxidu dusíku), naměřené při sníženém výkonu, tj. 50 % nebo 30 % jmenovitého výkonu.	[mg/m ³]
$E_{s,n}$	jsou emise (částic, OGC, oxidu uhelnatého a oxidu dusíku), naměřené při jmenovitém výkonu.	[mg/m ³]

My budeme používat pouze první vzorec, měření budeme provádět jak pro snížený, tak pro jmenovitý výkon kotle.

Výsledné hodnoty mohou přesahovat hodnoty stanovené komisí EU (Tabulka 6) o níže uvedené odchylky (Tabulka 7 - Přípustné odchylky). (22)

Tabulka 7 - Přípustné odchylky (22)

Emise	Maximální přípustná odchylka
Tuhé částice	9 mg/m ³
OGC	7 mg/m ³
Oxid uhelnatý	30 mg/m ³
Oxidy dusíku	30 mg/m ³

5. Ověření emisní třídy

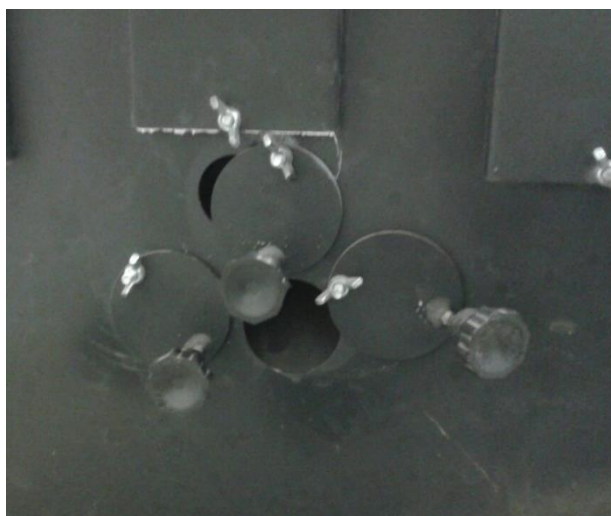
V této části práce se budeme zabývat ověřením emisní třídy zplyňovacího kotle Dakon. Měření musíme dle normy provést pro jmenovitý (maximální) a minimální výkon kotle. Z těchto měření pak určíme výsledek, zda vyhovuje dané emisní třídě.

5.1 Zplyňovací kotel Dakon

Měření budeme provádět na zplyňovacím kotli Dakon Damat Pyro 20G. Je to, jak již bylo zmíněno zplyňovací kotel, určený pro spalování kusového dřeva. Mohou se v něm také ale spalovat i brikety a dřevní štěpka, pouze však v kombinaci s kusovým dřevem. Jedná se o kotel s litinovým výměníkem, který by měl zvýšit životnost kotle. (23)



Obrázek 13 - Dakon Damat Pyro 20G



Obrázek 14 - Přívod vzduchu

V horní části kotle se nachází zásobník paliva (viz horní dvířka), ve spodní části pak spalovací komora (viz dolní dvířka). Tyto dvě části jsou od sebe odděleny keramickou tryskou. Za spalovací komorou se nachází výměník se zatápěcí klapkou. Jako poslední je umístěn odtahový ventilátor zajišťující správné hoření paliva a odvod spalin. Kotel má dva přívody vzduchu, jejichž vstup a regulace je umístěna v zadní části kotle. Spodní dva otvory tvoří primární a jeden horní otvor sekundární. Primární přívod je veden do zásobníku paliva a sekundární do keramické trysky. (23)

Tento kotel by podle výrobce měl dosahovat jmenovitého výkonu 20kW a splňovat kritéria **3. emisní třídy**.

5.2 Měřicí přístroje

Úsek, v kterém jsou měřeny vlastnosti spalín, se nachází uvnitř komínu ve vzdálenosti 1 m od kotle. Uvnitř je umístěn filtr na měření koncentrace prachových částic. Dále je odsud vyvedena hadice pro měření koncentrace CO, O₂, NO a SO₂. Taktéž je zde umístěn i teploměr k měření teploty spalín. Na kotli je pak sledována teplota vody, a to jak na vstupu, tak i na výstupu, pro kontrolu výkonu. K měření množství paliva je kotel umístěn na digitální váze.

5.2.1 Siemens ULTRAMAT 22

Jedná se o plynový analyzátor, který je schopen měřit plyny citlivé na infračervené světlo a kyslík. Mezi tyto plyny se řadí CO, CO₂, NO_x a SO₂. Tento přístroj odpovídá potřebným normám a je už z výroby určen pro vyhodnocování emisí spalovacích systémů. Nutná je však úprava plynu do něj přiváděného. To z toho důvodu, aby nedocházelo k ovlivnění hodnot a jeho zanášení. (24)

Vyhodnocení koncentrace plynů citlivých na infračervené světlo probíhá spektroskopickou metodou. Zde se vyhodnotí množství absorbovaného záření od množství záření emitovaného. Z rozdílu těchto hodnot dostaneme koncentraci plynu. Vyhodnocení koncentrace kyslíku probíhá na elektrickém principu. Hodnota koncentrace je dána z proudu procházejícího mezi elektrodami oddělenými elektrolytem, do kterého je plyn přiváděn. (24)

Měřicí rozsahy jsou:

- Pro infračervenou metodu – od 0 až 100 ppm do 0 až 100 % s odchylkou do 1 % z největšího rozsahu
- Pro elektrochemickou metodu – od 0 až 5 % do 0 až 25 % s odchylkou 2,5 %, ta se dá snížit předsušením vzduchu (24)

Před tím, než dané spaliny vstoupí do analyzátoru je třeba je upravit. Konkrétně by měly projít přes filtry pevných částí a následně přes chladicí zařízení s kondenzátorem. Tak by měly být spaliny zbaveny nečistot a nadbytečné vlhkosti zkreslující měření a poškozující analyzátor. (24)



Obrázek 15 - Analyzátor Siemens ULTRAMAT 22 (41)

5.2.2 Digitální teploměr C0311

Jedná se o digitální teploměr firmy Comet, který byl použit k měření teploty spalin. Měřicí rozsah je od $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+1700\text{ }^{\circ}\text{C}$ s odchylkou $0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. (25)

5.2.3 Analyzátor spalin testo 350–S

Je zařízení sloužící k analýze spalin, my ho však použili pouze k určení rychlosti proudění spalin. Jelikož na analýzu spalin jsme použili přesnější zařízení. Rychlost je důležitá pro správnou volbu difuzoru pro filtr pevných částic.

Sonda je schopna měřit do maximální rychlosti 40 m/s s přesností $0,1\text{ m/s}$. (26)



Obrázek 16 - testo 350-S (42)



Obrázek 17 - Digitální teploměr C0311 (43)

5.2.4 Tester vlhkosti VHT – 770

Přístroj vyrobený pro měření vlhkosti různých materiálů. Pracuje na principu elektrického odporu a to tak, že vyhodnocuje odpor mezi elektrodami zapíchnutými v materiálu. Hroty elektrod by měli dosahovat do oblasti materiálu s nejvyšší vlhkostí. U dřeva co nejbližší středu polena. Výsledek zobrazuje na displeji v procentech, tento výsledek je však nutné převést pomocí tabulky pro daný materiál. (27)

Měřicí rozsah je od 7 do 70 % s maximální chybou $\pm 1\%$. (27)

Tabulka 8 - Převodní tabulka vlhkosti dřeva (27)

Druh dřeva	Vlhkost v %																		
	Naměřená hodnota (Smrk)	8.0	9.0	10.0	11.0	12.0	13.0	14.0	15.0	16.0	17.0	18.0	19.0	20.0	21.0	22.0	23.0	24.0	25.0
Skutečná hodnota																			
Dub bílý	7.2	8.0	8.8	9.6	10.5	11.5	12.4	13.5	14.5	15.6	16.5	17.3	18.3	19.3	20.2	21.2	22.1	23.1	
Buk	6.7	7.4	8.1	9.0	10.0	11.0	12.2	13.2	14.0	14.7	15.4	16.3	17.1	17.8	18.8	20.3	22.0	23.9	
Jedle bílá	8.8	9.7	10.6	11.4	12.3	13.1	14.1	15.1	16.2	17.3	18.1	19.1	20.0	21.1	22.1	23.0	24.0	24.8	
Jasan bílý	7.6	8.2	9.0	9.8	10.7	11.5	12.4	13.2	13.9	14.7	15.6	16.4	17.2	17.9	18.7	19.5	20.3	20.9	
Lípa	7.5	7.9	8.8	9.5	10.3	11.1	12.0	13.1	14.0	14.9	15.9	16.9	17.8	18.7	19.6	20.6	21.5	22.2	
Bříza	8.9	9.8	10.6	11.6	12.5	13.4	14.4	15.4	16.4	17.4	18.4	19.5	20.5	21.6	22.6	23.6	24.6	25.7	
Mahagon	8.2	9.2	10.3	11.3	12.3	13.2	14.0	14.8	15.7	16.5	17.2	18.1	18.8	19.5	20.2	20.9	21.7	22.3	
Javor	8.8	9.5	10.0	10.8	11.7	12.5	13.4	14.3	15.2	16.1	17.1	18.2	19.2	20.3	21.2	22.4	23.7	24.6	
Vlašský ořech	8.5	9.4	10.3	11.2	12.1	13.0	13.9	14.8	15.7	16.5	17.3	18.3	19.2	20.1	20.9	21.8	22.7	23.3	
Borovice	8.6	9.6	10.7	11.8	12.8	13.8	14.8	15.8	16.8	17.8	18.7	19.7	20.6	21.5	22.4	23.3	24.1	24.9	
Jilm americký	7.6	8.1	8.7	9.1	9.8	10.4	11.0	11.7	12.5	13.4	14.1	14.9	15.6	16.3	17.0	17.7	18.6	19.0	
Modřín	8.7	9.7	10.8	11.8	12.7	13.6	14.6	15.6	16.5	17.5	18.4	19.4	20.4	21.3	22.1	23.1	23.9	24.8	
Olše	8.9	9.9	10.8	11.8	12.9	13.8	14.8	15.8	16.9	18.0	18.8	19.8	20.9	22.0	22.9	23.8	24.7	25.6	
Topol	8.4	9.5	10.6	11.6	12.7	13.8	14.8	15.9	17.0	17.9	18.7	19.7	20.7	21.6	22.6	23.6	24.7	25.9	

5.2.5 Zařízení pro měření prachových částic

Zařízení se skládá z více částí. Samostatné měřící zařízení se skládá z difusoru, kterým proudí vzduch do filtru pevných částic. Pro průběh zkoušky je ale potřeba také průtokoměr k určení množství spalin, které protekly filtrem. A za průtokoměrem umístěné čerpadlo pro dodržování správné rychlosti spalin, aby byl odběr isokinetický.



Obrázek 18 - Filtr pevných částic (25)

5.3 Určení emisní třídy kotle

5.3.1 Určení vlhkosti dřeva

První částí měření je určení vlhkosti paliva, pro nás bukového kusového dřeva. Vlhkost dřeva by neměla přesáhnout hodnotu 20 %. Hodnotu jsme změřili ve třech pokusech pomocí vlhkoměru (Tester vlhkosti VHT – 770). Hroty jsme zarazili zhruba doprostřed polena. Odečetli hodnotu a tu následně s pomocí tabulky převedli na naše palivo.

Tabulka 9 - Vlhkost palivového dřeva

Měření	Naměřená hodnota [%]	Převod na buk [%]
1	9,3	7,6
2	9,0	7,4
3	9,1	7,5

Průměrná hodnota vlhkosti palivového dřeva je 7,5 % a splňuje požadované parametry.

5.3.2 Určení plynných emisí

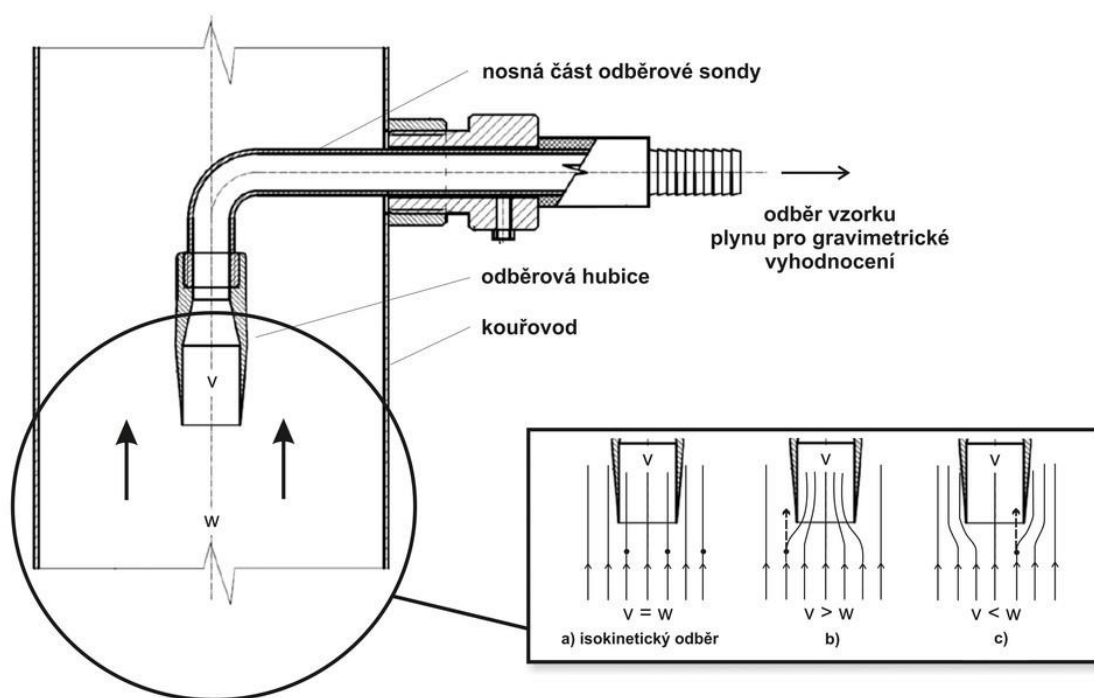
Jak již bylo zmíněno ve výčtu z normy, určení plynných emisí (CO, O₂, NO) bude stanoveno aritmetickým průměrem naměřených hodnot. Hodnoty jsou zaznamenávány pomocí přístroje Siemens ULTRAMAT 22 ze spalín.

Při měření nebylo provedeno změření plynných uhlovodíků (OGC), a to z důvodu nepřítomnosti přístroje pro jejich měření. Ten nám nebyl bohužel zapůjčen.

5.3.3 Určení koncentrace prachu

Prachové částice (TZL – tuhé znečišťující látky) jsou podstatným zatěžovacím faktorem ovzduší, zejména v zimních měsících při inverzním počasí. Prachové částice vznikají dvojitým způsobem. Prvním je uvolňování anorganických nespalitelných částí paliva do proudu spalín, které je unáší. Druhým způsobem vznikají při nedokonalém spalování, zde vznikají saze a jiné zkonzenzované organické látky (např. dehty). (28)

Koncentrace prachových částic byla měřena obecnou gravimetrickou metodou. Ta spočívá ve zvážení filtru před a po měření. Filtr je ale potřeba nejprve vysušit, aby nedocházelo k jeho zalepování prachovými částicemi. Vysušení lze provést vyžiháním v peci, nebo sušením v sušičce. Následně je potřeba změřit rychlost proudění spalín a podle rychlosti zvolit správnou hubici. Pro měření je potřeba aby docházelo k isokinetickému proudění spalín přes hubici. Isokinetický odběr však nelze provést přímo za spalovacím zařízením, je zde příliš malá a proměnlivá rychlost proudění. Zvýšení rychlosti je provedeno ředěním spalín pomocí digestoře. (28)



Obrázek 19 - Znázornění proudění spalín hubicí (44)

Na Obrázek 19 je znázorněno proudění spalín v komínu rychlostí w , proudění spalín v hubici pak rychlostí v . V případě, kdy si nebudou rychlosti v a w rovny, bude docházet díky kinetické energii prachových částic k jevu, kdy prachové částice budou hubici obtékat více než tok spalín (pro $v > w$), nebo naopak se budou do hubice soustřeďovat více než tok spalín (pro $v < w$). V obou případech dojde v měření k výrazné odchylce a naměříme buď vyšší nebo menší hodnotu koncentrace. Je tedy podmínkou dodržovat proudění isokinetické. (28)

Následně musíme také měřit průtok spalin za dobu měření. Protože z hmotnosti spalin, které protekly přes filtr a hmotnosti prachových částic, se určí jejich koncentrace. (29)

5.4 Měření při jmenovitém výkonu

Při jmenovitém výkonu jsme postupovali podle návodu výrobce a naplnili zásobník kotle do plna. Dřevo bylo nasekáno na menší polena, aby silně hořelo a kotel tak dosáhl, pokud možno plného výkonu.

Z naměřených hodnot CO, NO_x, O₂ a prachových částic byl vytvořen aritmetický průměr a následně byly vypsány do následující tabulky.

Tabulka 10 - Průměry naměřených hodnot při jmenovitém výkonu

Emise	Průměrná hodnota	Jednotky
NO _x	309,79	mg/m ³
CO	1671,05	ppm
O ₂	10,89	%
Prachové částice	79,5	mg/m ³

Spaliny prochází před vyhodnocením úpravou, jsou zpracovány do stavu suchého plyn. Je však potřeba převést průměrné hodnoty k referenčnímu obsahu kyslíku, ten uvádí norma jako 10 %. Náš naměřený průměr je přibližně 12 %. K převodu použijeme následující vzorec:

$$C_{ref} = C_{avg} \cdot \frac{21 - O_{2ref}}{21 - O_{2avg}} \quad [3]$$

kde:

C_{ref} – je hodnota při referenčním obsahu kyslíku (10 %),

C_{avg} – je průměrná naměřená hodnota,

O_{2ref} – je referenční hodnota obsahu kyslíku [%],

O_{2avg} – je průměrná naměřená hodnota obsahu kyslíku [%].

Následně je také třeba přepočíst hodnotu CO z jednotek ppm na jednotky mg/m³, které jsou uvedené v normě.

$$Y = \frac{X \cdot M}{V_M} \quad [mg/m^{-3}] \quad [4]$$

Kde:

Y – je výsledná hodnota koncentrace [mg/m³],

X – je zadaná hodnota koncentrace [ppm],

M – je molární hmotnost daného prvku [kg/mol],

V_M – je molární objem 22,414 m³/kmol (pro teplotu 273,15 K a tlak 101,325 kPa).

Konkrétně pak pro CO dostáváme rovnici:

$$CO_{mg/m^3} = \frac{CO_{ppm} \cdot 28,01}{22,414} \quad [5]$$

Kde:

CO_{mg/m^3} – je koncentrace oxidu uhelnatého v mg/m^3 ,

CO_{ppm} – je koncentrace oxidu uhelnatého v ppm.

Přepočtením naměřených hodnot dostáváme výsledné hodnoty zapsané v následující tabulce. Tyto hodnoty jsou zaokrouhleny na nejbližší celé číslo.

Tabulka 11 - Emise při jmenovitém výkonu

Emise	Přepočtená hodnota	Jednotky
NO _x	337	mg/m ³
CO	2274	mg/m ³
O ₂	10,89	%
Prachové částice	87	mg/m ³

5.5 Měření při minimálním výkonu

Při minimálním výkonu postupujeme podle návodu od výrobce a naplníme zásobník paliva do poloviny. Tentokrát použijeme polena většího průměru, aby bylo zajištěno pomalejší a delší hoření. Upravíme přívody vzduchu dle návodu výrobce a zahájíme měření.

Při zpracování naměřených hodnot postupujeme stejným způsobem jako u jmenovitého výkonu. Prvně dostáváme průměrné hodnoty.

Tabulka 12 - Průměrné naměřené hodnoty při minimálním výkonu

Emise	Průměrná hodnota	Jednotky
NO _x	202,99	mg/m ³
CO	2724,77	ppm
O ₂	13,19	%
Prachové částice	80,66	mg/m ³

Tyto naměřené hodnoty opět přepočteme jako u jmenovitého výkonu a dostáváme hodnoty, které zaokrouhlíme na nejbližší celé číslo.

Tabulka 13 - Emise při minimálním výkonu

Emise	Přepočtená hodnota	Jednotky
NO _x	286	mg/m ³
CO	4798	mg/m ³
O ₂	13,19	%
Prachové částice	88	mg/m ³

5.6 Vyhodnocení pro ČSN EN 305-5

Z vypočtených hodnot při jmenovitém i minimálním výkonu můžeme vyčíst, že dané hodnoty jsou menší než mezní hodnoty 3. emisní třídy (Tabulka 5 - Emisní třídy dle ČSN EN 303-5, strana 28), v které se kotel podle výrobce nachází. Tímto potvrzujeme, že kotel Dakon Damat Pyro 20G **odpovídá a splňuje požadavky 3. emisní třídy dle ČSN EN 305-5.**

5.7 Vyhodnocení pro ekodesign

Jak již bylo zmíněno mezní hodnoty emisí ekodesignu odpovídají 5. emisní třídě normy ČSN EN 305-5. Už z prvního uvážení kotel 3. emisní třídy nemůže projít všemi nastavenými parametry emisí.

Pro stanovení hodnot emisí pro ekodesign musíme stanovit sezónní emise. Tyto emise stanovujeme z přepočtených hodnot s užitím rovnice pro výpočet sezónních emisí [1]. Výsledné hodnoty zaokrouhlíme na nejbližší číslo a vyneseme do tabulky.

Tabulka 14 - Sezónní emise pro ekodesign

Emise	Přepočtená hodnota	Jednotky
NO _x	294	mg/m ³
CO	4419	mg/m ³
Prachové částice	88	mg/m ³

Jak již bylo zmíněno daný kotel nemůže vyhovovat ekodesignu, protože se nachází v 3. emisní třídě a hodnoty ekodesignu odpovídají 5. emisní třídě. Prachové částice i hodnoty oxidu uhelnatého jsou mnohem větší než stanovené emise pro ekodesign (Tabulka 6, strana 29). Jediné vyhovující emise jsou emise oxidů dusíku.

6. Závěr

Klesající cena kotlů na tuhá paliva a jejich čím dál lepší dostupnost, která je podporována dotacemi a rovněž také nízkou cenou pevných paliv, zaručuje růst zastoupení těchto kotlů v domácnostech. V dnešní době lze dělit kotle na tuhá paliva pomocí mnoha kritérií. Nejdůležitějším dělením z hlediska emisí je dle způsobu spalovacího procesu probíhajícího v kotli. V domácnostech můžeme najít kotle prohořivací, odhořivací, zplyňovací a automatické. Prohořivací a odhořivací lze dnes však již těžko koupit na trhu (zpravidla vůbec) kvůli jejich nízké účinnosti a velkým emisím. Dosahují maximálně 3. emisní třídy dle ČSN EN 305-5. Nedochozí v nich k úplnému spalování, a také k vysokému využití spalin jako u zplyňovacích a automatických kotlů. Naopak automatické a zplyňovací kotle jsou stále zdokonalovány a dosahují již 4 a 5. emisní třídy.

Neodmyslitelnou součástí kotlů na tuhá paliva je také pevné palivo. To dnes již výrobce předepisuje k danému spalovacímu zařízení a lze jej podle původu dělit na palivo fosilní a biomasu. Za biomasu lze považovat paliva rostlinného a živočišného původu. Nejčastěji bývá však zastoupeno hlavně rostlinné palivo v různých formách jako pelety, brikety, štěpka a kusové dřevo. Fosilní paliva patří mezi neobnovitelné složky a jsou to: uhlí a uhelný prach, případně uhelné brikety. Uhlí je dostupné ve formě hnědého a černého uhlí, kde černé má větší výhřevnost.

Kotle spalující pevná paliva přispívají ke zhoršení kvality ovzduší, zejména hlavně v zimních měsících při inverzním počasí. Jedním ze způsobů, jak zkvalitnit ovzduší je snižovat emise a zvyšovat účinnost těchto zařízení v domácnostech. To lze dosáhnout hlavně nastavením legislativních požadavků pro výrobce a spotřebitele. Jedním z nich je nařízení Komise EU 2015/1189, neboli nařízení pro ekodesign, stanovující emisní požadavky pro výrobce kotlů od roku 2020. Dalším je zákon o ochraně ovzduší č. 201/2012 Sb., ten stanovuje emisní požadavky pro výrobce ale hlavně i pro spotřebitele (s pomocí normy ČSN EN 305-5). Ti musí hlavně dbát na stanovené emisní třídy a také na způsob spalování, aby např. nepřekračovali tmavost kouře či nespalovali odpad.

Ověření emisní třídy bylo provedeno jak pro legislativu EU, tak pro legislativu ČR. Z naměřených hodnot testovaného kotle Dakon Damat Pyro 20G, který podle výrobce má odpovídat 3. emisní třídě, byly vytvořeny průměrné hodnoty CO, NO_x, TZL (prachových částic) a O₂. Tyto hodnoty byly převedeny pro referenční obsah O₂ 10 % a porovnány s předepsanými. Všechny hodnoty odpovídali 3. emisní třídě normy ČSN EN 305-5. Dále všechny výsledné hodnoty s výjimkou NO_x nesplňují požadavky ekodesignu. Ten je totiž rozšířeným požadavkem 5. emisní třídy.

7. Seznam použitých zdrojů

- (1) Kotle na tuhá paliva. *Instalatéři EKOMPLEX - Instalátorské práce | Instalátér voda - kanalizace - plyn - topení* [online]. Ostrava: Ekomplex marketing, 2016 [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva.php>
- (2) LOKÁLNÍ VYTÁPĚNÍ - RADIÁTOROVÉ. *HOT - ENERGY* [online]. Ostrava: HOT - ENERGY, 2016 [cit. 2016-12-26]. Dostupné z: <http://www.hotenergy.cz/cs/topeni/lokalni-vytapeni-radiatorove.html>
- (3) LYČKA, Zdeněk. *MALÉ TEPLOVODNÍ KOTLE NA PEVNÁ PALIVA*. 1.vydání. Krnov: LING Vydavatelství, 2012. ISBN 978-80-904914-2-7.
- (4) *ČSN 07 0240 Teplovodní a nízkotlaké parní kotle – Základní ustanovení*. 1.vyd. Praha: FÚNM, 2003.
- (5) LYČKA, Zdeněk. Jak vybírat nový kotel na pevná paliva (1). In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9798-jak-vybirat-novy-kotel-na-pevna-paliva-1>
- (6) Kotle na dřevo. *Instalatéři EKOMPLEX - Instalátorské práce | Instalátér voda - kanalizace - plyn - topení* [online]. Ostrava: Ekomplex marketing, 2016 [cit. 2016-12-28]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva/drevo.php>
- (7) Kotle na uhlí. *Instalatéři EKOMPLEX - Instalátorské práce | Instalátér voda - kanalizace - plyn - topení* [online]. Ostrava: Ekomplex marketing, 2016 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://www.topeni-topenari.eu/topeni/topidla-klasicka/kotle-na-tuha-paliva/uhli.php>
- (8) VALČÍK, Jan. Porovnání hořáků pro automatické kotle. In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/11812-porovnani-horaku-pro-automaticke-kotle>
- (9) Univerzální hořák 25 kW - samočisticí. *KOVARSON.CZ ...* [online]. Vsetín: Kovarson, b.r. [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: <http://www.kovarson.cz/cs/univerzalni-horaky-samocistici-c3/univerzalni-horak-25-kw-samocistici-p16>
- (10) Univerzální hořák 6 - 27 kW. *KOVARSON.CZ ...* [online]. Vsetín: Kovarson, b.r. [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: <http://www.kovarson.cz/cs/univerzalni-horaky-c2/univerzalni-horak-6-27-kw-p20>
- (11) Retortový hořák 25 kW. *KOVARSON.CZ ...* [online]. Vsetín: Kovarson, b.r. [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: <http://www.kovarson.cz/cs/retortove-horaky-c4/retortovy-horak-25-kw-p15>
- (12) HORÁK, Jiří, Petr KUBESA, František HOPAN a Kamil KRPEC. Co nejvíce ovlivní Tvůj kouř?. In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2017-03-03]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9475-co-nejvice-ovlivni-tvuj-kour>
- (13) GAS KOMPLET S.R.O., . Topení pohledem ekonomy – topíme dřevem (III. díl). In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2017-03-04]. Dostupné z: <http://vytapani.tzb-info.cz/kotle-kamna-krby/9766-topeni-pohledem-ekonomy-topime-drevem-iii-dil>
- (14) STUPAVSKÝ, Vladimír a Tomáš HOLÝ. Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom.cz* [online]. 2010 [cit. 2017-03-13]. ISSN 1801-2655. Dostupné z:

- <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>
- (15) STUPAVSKÝ, Vladimír. Pelety z biomasy - dřevěné, rostlinné, kůrové pelety. *Biom.cz* [online]. 2010 [cit. 2017-03-13]. ISSN 1801-2655. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/pelety-z-biomasy-drevne-rostlinne-kurove-pelety>
- (16) STUPAVSKÝ, Vladimír a Tomáš HOLÝ. Brikety z biomasy - dřevěné, rostlinné, směsné brikety. *Biom.cz* [online]. 2010 [cit. 2017-03-13]. ISSN 1801-2655. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/brikety-z-biomasy-drevne-rostlinne-smesne-brikety>
- (17) GAS KOMPLET S.R.O., . Topení pohledem ekonomy – topíme uhlím (I. díl). In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.tzb-info.cz/ceny-paliv-a-energie/9700-topeni-pohledem-ekonomy-topime-uhlim-i-dil>
- (18) Zákon č. 201/2012 Sb.: O ochraně ovzduší. In: *Sbírka zákonů*. 2012, ročník 2012, částka 69, číslo 201. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2012-201>
- (19) *Sdělení odboru ochrany ovzduší k provozování a ke kontrole spalovacích stacionárních zdrojů o jmenovitém tepelném příkonu 300 kW a nižším*. 1. Praha: Ministerstvo životního prostředí, 2016. Dostupné také z: [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/spalovaci_stacionarni_zdroje_300kW_sdeleni/\\$FILE/OOO-sdeleni_kontroly_kotu-20161230.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/spalovaci_stacionarni_zdroje_300kW_sdeleni/$FILE/OOO-sdeleni_kontroly_kotu-20161230.pdf)
- (20) Ringelmannova stupnice. In: *Filozofie našeho podnikání* [online]. Kostelec nad Černými lesy: ESEL, 2008 [cit. 2017-02-13]. Dostupné z: http://estech.esel.cz/Upload/WYSIWYG/Image/TP_kotlu/Ringelmannova_stupnice.jpg
- (21) ČSN 305 - *Výměníky tepla: Definování výkonnosti výměníků tepla a všeobecné metody zkoušek pro stanovení výkonnosti výměníků tepla*. 1.vyd. Brno: Chevess, 1998.
- (22) *NAŘÍZENÍ KOMISE (EU) 2015/1189 ze dne 28. dubna 2015, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2009/125/ES*. In: . EVROPSKÁ KOMISE, 2015. Dostupné také z: http://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/TXT/PDF/?uri=OJ:JOL_2015_193_R_0005
- (23) DAMAT-PYRO-G-navod-k-instalaci-obsluze-a-udrzbe. In: *Dakon* [online]. Praha: Bosch Termotechnika, 2017 [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.dakon.cz/wp-content/uploads/2014/06/DAMAT-PYRO-G-navod-k-instalaci-obsluze-a-udrzbe.pdf>
- (24) *Ultramat23*. Karlsruhe, 2011. Dostupné také z: http://stest1.etnetera.cz/ad/current/content/data_files/procesni_instrumentace/analyzatory_plynu/extrakcni/opi_ultramat23_cz.pdf
- (25) C0311 Teploměr termočlávkový. *COMET* [online]. Rožnov pod Radhoštěm: COMET SYSTEM, 2008 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.cometsystem.cz/produkt/reg-C0311>
- (26) Testo 350. *Testo* [online]. Praha: Testo, 2017 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <https://www.testo.com/cz-CZ/testo-350/p/0632-3510>
- (27) ELBEZ, . *WHT-770 (současné provedení)*. Velké Meziříčí, 2006. Dostupné také z: [http://www.elbez.cz/www.elbez.cz/html-cz/file//WHT-770%20\(soucasne%20provedeni\).pdf](http://www.elbez.cz/www.elbez.cz/html-cz/file//WHT-770%20(soucasne%20provedeni).pdf)
- (28) KUBESA, Petr, Jiří HORÁK, Kamil KRPEC, František HOPAN, Zuzana JANKOVSKÁ a Lubomír MARTINÍK. Emise prachu z malých spalovacích zařízení na tuhá paliva a metody jejich stanovení. In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/9536-emise-prachu-z-malych-spalovacich-zarizeni-na-tuha-paliva-a-metody-jejich-stanoveni>
- (29) KRPEC, Kamil, Jiří HORÁK a František HOPAN. Měření emisí znečišťujících látek z kotlů malých výkonů. In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2017-04-

- 02]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/vytapime-tuhymi-palivy/8200-mereni-emisiznecistujících-latek-z-kotlu-malých-vykonu>
- (30) Kamenny krb. In: *KRBY - KAMNA - TURÝNA* [online]. Pečky, 2016 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://www.krby-turyna.cz/downloads/krby-a-kamna/kamenny-krb.jpg>
- (31) 009798o1. In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/docu/clanky/0097/009798o1.jpg>
- (32) 009798o3. In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2016 [cit. 2016-12-27]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/docu/clanky/0097/009798o3.jpg>
- (33) Horak_5_2. In: *KOVARSON.CZ ...* [online]. Vsetáb: Kovarson, b.r. [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: http://www.kovarson.cz/foto/Files/Produkty/univerzalni_horaky/obrazky/27/horak_5_2.jpg?name=%2FFiles%2FProdukty%2Funiverzalni_horaky%2Fobrazky%2F27%2Fhorak_5_2.jpg&w=1
- (34) Horak_1_2. In: *KOVARSRON.CZ ...* [online]. Vsetín: Kovarson, b.r. [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: http://www.kovarson.cz/foto/Files/Produkty/univerzlani_horaky_25/obrazky/horak_1_2.jpg?name=%2FFiles%2FProdukty%2Funiverzlani_horaky_25%2Fobrazky%2Fhorak_1_2.jpg&w=1
- (35) Retorta12-25kW. In: *KOVARSON.CZ ...* [online]. Vsetín: Kovarson, b.r. [cit. 2017-02-28]. Dostupné z: http://www.kovarson.cz/foto/Files/Produkty/Retortove_horaky/obrazky/25/retorta12-25kW.jpg?name=%2FFiles%2FProdukty%2FRetortove_horaky%2Fobrazky%2F25%2Fretorta12-25kW.jpg&w=1
- (36) Wood-log. In: *Instop* [online]. Slavičín: Instop, c1993-2017 [cit. 2017-03-04]. Dostupné z: <http://www.instop.eu/cs/img/herz/graphic/wood-log.jpg>
- (37) Stepka_nozova. In: *Biom.cz* [online]. Praha: CZ Biom - České sdružení pro biomasu, c2001-2009 [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: http://biom.cz/upload/9dde8a86bc39c815ad93f4e52cbe3ebf/stepka_nozova.jpg
- (38) Dřevěné pelety bez kůry. In: *Biom.cz* [online]. Praha: CZ Biom - České sdružení pro biomasu, c2001-2009 [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/obrazek/drevene-pelety-bez-kury>
- (39) Dřevěné brikety. In: *Biom.cz* [online]. Praha: CZ Biom - České sdružení pro biomasu, c2001-2009 [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: http://biom.cz/upload/9dde8a86bc39c815ad93f4e52cbe3ebf/6._D_ev_n_briketa__detail.jpg
- (40) Sypke_9. In: *Paliva gabriel* [online]. Ostroměř: Tomáš GABRIEL, 2017 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: http://paliva-gabriel.cz/wp-content/uploads/2016/04/sypke_9.jpg
- (41) SKOUPÝ, Jan. *Analyzátor spalin*. Brno, 2017.
- (42) SKOUPÝ, Jan. *Testo 350-S*. Brno, 2017.
- (43) C0311_big. In: *REMAX CZ* [online]. Praha: REMAX CZ, 2017 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.marinfo.cz/ShowImage.asp?IMG=/fotoCache/4-C-D03xx.jpg>
- (44) 009536o5. In: *TZB - info* [online]. Praha: Topinfo, c2001-2017 [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://vytapeni.tzb-info.cz/docu/clanky/0095/009536o5.jpg>

8. Seznam použitých zkratk a symbolů

OGC		plynné uhlovodíky
CO		oxid uhelnatý
NO _x		oxidy dusíku
O ₂		kyslík
TZL		tuhé znečišťující látky
EU		Evropská unie
<i>E_s</i>	[mg/m ³]	sezónní emise
<i>E_{s, p}</i>	[mg/m ³]	emise při sníženém výkonu
<i>E_{s, n}</i>	[mg/m ³]	emise při zvýšeném výkonu
<i>C_{ref}</i>	[mg/m ³], [ppm]	hodnota emisí při referenčním obsahu kyslíku
<i>C_{avg}</i>	[mg/m ³], [ppm]	průměrná naměřená hodnota emisí
<i>O_{2ref}</i>	[%]	referenční hodnota obsahu kyslíku
<i>O_{2avg}</i>	[%]	průměrná naměřená hodnota kyslíku
<i>Y</i>	[mg/m ³]	převedená hodnota koncentrace
<i>X</i>	[ppm]	zadaná hodnota koncentrace
<i>M</i>	[kg/mol]	molární hmotnost daného prvku
<i>V_M</i>	[m ³ /kmol]	molární objem
<i>CO_{mg/m³}</i>	[mg/m ³]	koncentrace oxidu uhelnatého
<i>CO_{ppm}</i>	[ppm]	koncentrace oxidu uhelnatého