



PROGRAM
CEZHRANIČNEJ
SPOLUPRÁČE
SLOVENSKÁ REPUBLIKA
ČESKÁ REPUBLIKA



EURÓPSKA ÚNIA
EURÓPSKY FOND
REGIONÁLNEHO ROZVOJA
SPOLOČNE BEZ HRANÍČ

Vliv malých zdrojů tepla na ovzduší v obci včetně spalování vybraných komunálních odpadů

studie k projektu

Vliv spalování komunálního odpadu v malých zdrojích tepla
na životní prostředí v obcích.



Výzkumné energetické centrum
Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava

Ing. Jan Koloničný, Ph.D., Ing. David Kupka, Ph.D., Ing. Jiří Horák, Ph.D.
Mgr. Šárka Tomšejová, Ph.D.

*Projekt je realizován v rámci OP Slovenská republika – Česká republika,
který je spolufinancován z Evropského fondu pro regionální rozvoj*

2015

Autoři: Ing. Jan Koloničný, Ph.D.
 Ing. David Kupka, Ph.D.
 Ing. Jiří Horák, Ph.D.
 Mgr. Šárka Tomšejová, Ph.D.

Recenzenti: doc. Ing. Marián Mikulík, Ph.D.
 prof. RNDr. Milan Malcho, Ph.D.

Ostrava 2015

ISBN 978-80-248-3794-0

Obsah

1.	ÚVOD	5
2.	CHARAKTERISTIKA OBCE	6
2.1.	LOKALIZACE A DEMOGRAFICKÉ ÚDAJE	6
2.2.	ZDROJE ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK V OBCI.....	7
2.3.	VLIV METEOROLOGICKÝCH PODMÍNEK	9
3.	ZPŮSOBY ZÁSOBOVÁNÍ ENERGIEMI.....	12
3.1.	ZÁSOBOVÁNÍ TUHÝMI PALIVY	12
3.2.	ZÁSOBOVÁNÍ ZEMNÍM PLYNEM.....	14
3.3.	PODPORA VÝMĚNY KOTLŮ	15
4.	BYTOVÝ FOND.....	18
4.1.	STRUKTURA BYTOVÉHO FONDU	18
4.2.	INVENTARIZACE ZDROJŮ NA VYTÁPĚNÍ PODLE PALIVA.....	20
4.3.	INVENTARIZACE ZDROJŮ NA VYTÁPĚNÍ PODLE TECHNOLOGIE.....	22
4.4.	ENERGETICKÁ PARAMETRY BYTOVÉHO FONDU.....	27
4.5.	VZOROVÉ DOMY.....	28
4.6.	POTŘEBA TEPLA NA VYTÁPĚNÍ	32
4.7.	SPOTŘEBA TEPLA A PALIV NA VYTÁPĚNÍ	35
5.	ZNEČIŠŤUJÍCÍ LÁTKY Z VYTÁPĚNÍ DOMÁCNOSTÍ.....	40
5.1.	DRUHY ZNEČIŠŤUJÍCÍCH LÁTEK.....	40
5.2.	IMISNÍ ZATÍŽENÍ	42
6.	MĚRNÉ EMISE A EMISNÍ FAKTORY PALIV	46
6.1.	EMISNÍ FAKTORY TRADIČNÍCH PALIV	46
6.2.	EMISNÍ FAKTORY PALIV S ODPADY.....	50
7.	EMISNÍ BILANCE.....	60
7.1.	EMISE ZE SPALOVÁNÍ PALIV	60
7.2.	VLIV ČINITELŮ NA EMISNÍ BILANCI	64
8.	NÁVRH OPATŘENÍ NA ZLEPŠENÍ	74
8.1.	VARIANTY OPATŘENÍ.....	74
8.2.	VYHODNOCENÍ VARIANT	82
9.	ZÁVĚR.....	84

Seznam zkratek

A	vytápěná plocha domácnosti
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
ČSÚ	Český statistický úřad
D_{21}	denostupně vztažené na teplotu v interiéru 21°C
e_A	měrná potřeba tepla na vytápění
EF	emisní faktor
ME	měrná emise
m_{pal}	spotřeba paliva na vytápění domácnosti
MSK	Moravskoslezský kraj
ORP	obec s rozšířenou působností
OZKO	oblast se zhoršenou kvalitou ovzduší
PAU	polycyklické aromatické uhlovodíky
PCB	polychlorované bifenyly
PCDD/F	polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany
PM	particulate matter (prachové částice)
PRMS	prostorový metr sypaný
Q_i	výhřevnost paliva
Q_p	potřeba tepla na vytápění domácnosti
TEF	toxicity equivalency factor (faktor ekvivalentní toxicity)
TOC	total organic carbon (celkový organický uhlík)
TZL	tuhé znečišťující látky
VOC	volatile organic compounds (těkavé organické látky)
ZL	znečišťující látka
η_{zdr}	účinnost spalovacího zařízení

1. Úvod

Vzhledem ke geografickým podmínkám ČR bylo dlouhou dobu dřevo a uhlí prakticky nezastupitelným palivem využívaným pro vytápění domácností pomocí kotlů malých výkonů. Rozsáhlá plynofikace obcí v 90. letech pak mnoha majitelům rodinných domů nabídla alternativu v podobě velmi čistého a komfortního paliva, které zásadní měrou přispělo k ekologizaci vytápění českých domácností, jež byla dále umocněna i nástupem elektrických topných systémů a tepelných čerpadel. Postupem času se však v důsledku růstu cen jak plynu, tak elektřiny opětovně zvýšil zájem o levnější tuhá paliva, což nemálo obyvatel vedlo k návratu ke spalování uhlí. To samo o sobě nemusí znamenat nic špatného, ovšem pokud je spalováno v odpovídajícím kotli uvědomělou obsluhou.

Při provozu kotlů malých výkonů na tuhá paliva obsahují spaliny poměrově k ostatním palivům nejvíce škodlivých látek. Nevhodným vedením spalovacího procesu u kotlů s ruční dodávkou paliva se jejich množství ještě znásobuje. Není proto nic překvapujícího na tom, že jeden takový špatně provozovaný kotel může zamořit škodlivými exhalacemi celou vesnici. Na rozdíl od velkých zdrojů centrálního vytápění se totiž jedná o zdroj nízkých emisí – mnohem nižší komín než u středních a velkých zdrojů – kdy se škodlivé látky rozptylují podstatně hůře. Situace se může ještě více zhoršit, jsou-li spolu s pevným palivem do kotle přikládány i odpady.

Spalování odpadů v průmyslu má za sebou dlouhou historii. Spálením dojde ke značnému snížení objemu odpadu (až na 1/3) a zisku energie. Takto je možné se zbavit téměř jakéhokoli odpadu při minimálním vlivu na životní prostředí díky technologii vícestupňového čištění spalin. V domácích podmínkách je však realita poněkud jiná, jelikož v kotli panují odlišné podmínky. Krátká doba setrvání spalin ve spalovací komoře a nízké teploty jsou příčinou zápachu a nadměrných koncentrací škodlivin vypouštěných do ovzduší.

V dřívějších dobách bylo spalování odpadů v domácích topeništích zcela běžnou záležitostí. S rozvojem syntetických vláken a materiálů je ale nyní nemožné doma odpad spalovat bez nežádoucích dopadů na životní prostředí a zdraví člověka. Znečišťující látky unikající do ovzduší jsou často karcinogenní (způsobují nebo napomáhají rakovinnému bujení buněk). Rozkladem odpadu vznikají organické látky ve vysoké koncentraci, které nestačí vyhořet a společně se spalinami opouští spalovací zařízení a vstupují do atmosféry.

Obec Metylovice patří do skupiny měst a obcí, kde se s problémem špatného ovzduší, způsobeného malými zdroji, potýkají pravidelně každou zimu. Smyslem předkládané studie je na tomto reálném příkladu poukázat, jak velký vliv mají lokální zdroje na kvalitu ovzduší v obci, kvantifikovat potenciál redukce množství produkovaných znečišťujících látek a představit reálné možnosti, jak tuto situaci zlepšit.

Předkládaná studie byla zpracována v rámci projektu s názvem: Vplyv spaľovania komunálneho odpadu v malých zdrojoch tepla na životné prostredie v obciach, ktorý je řešen díky spolufinancování ze strukturálních fondů Evropské územní spolupráce, program Přeshraniční spolupráce Slovenská republika - Česká republika 2007 - 2013.

2. Charakteristika obce

2.1. Lokalizace a demografické údaje

Obec Metylovice je jednou z 299 obcí Moravskoslezského kraje. Nachází se v okrese Frýdek-Místek v těsném sousedství města Frýdlant nad Ostravicí, které je obcí s rozšířenou působností (ORP) vykonávající část agendy územní samosprávy. Nejbližším velkým městem je 10 km severně Frýdek-Místek, který je s Frýdlantem nad Ostravicí spojen frekventovanou čtyřproudou silnicí R56. Metylovice jsou od Ostravy vzdáleny cca 30 km, od česko-slovenské hranice na jihu pak přibližně 20 km.



Obr. 1 Poloha obce v Moravskoslezském kraji

Katastrální území o rozloze 11,15 km² se rozprostírá převážně na Metylovické pahorkatině, jež je součástí Západobeskydského podhůří. Samotná obec je z větší části rozložena v údolí Olešné a jejích přítoků pod lesnatým masivem Ondřejníku. Uzávřená protáhlá kotlina pravidelně přináší problémy s imisemi znečišťujících látek vznikajících z vytápění a spalování rostlinných zbytků.



Obr. 2 Zeměpisná mapa okolí obce

Průměrná nadmořská výška obce je 370 m, nejnižší bod představuje koryto Ostravice ve výšce 326 m n. m. Zemědělská půda zaujímá zhruba 52 % katastru obce, významný podíl tvoří i lesy s 35 %. Dle údajů z roku 2014 v obci trvale žilo cca 1700 obyvatel.

2.2. Zdroje znečišťujících látek v obci

Zdroje, které do ovzduší emitují znečišťující látky, jsou celostátně sledovány v registru emisí v souladu se zákonem o ochraně ovzduší. V závislosti na tepelném příkonu, rozsahu znečišťování a způsobu evidování jde o zdroje jednotlivě nebo hromadně sledované. Hromadně sledované jsou především mobilní zdroje a zdroje malých výkonů pro vytápění domácností. Obvyklé je členění podle sektoru spotřeby (zdroje elektřiny a tepla, ostatní průmysl, doprava, terciární sféra, bydlení) nebo podle kategorie REZZO (Tab. 1).

Tab. 1 Členění zdroje emisí dle kategorie REZZO

Kategorie	Popis
REZZO 1	Zvláště velké a velké stacionární zdroje (spalovací zdroje s tepelným výkonem nad 5 MW + zvlášť významné technologie)
REZZO 2	Střední stacionární zdroje (spalovací zdroje s tepelným výkonem od 0,2 do 5 MW + významné technologie)
REZZO 3	Malé stacionární zdroje (spalovací zdroje s tepelným výkonem do 0,2 MW + méně významné technologie + stavební činnost)
REZZO 4	Doprava a ostatní mobilní zdroje

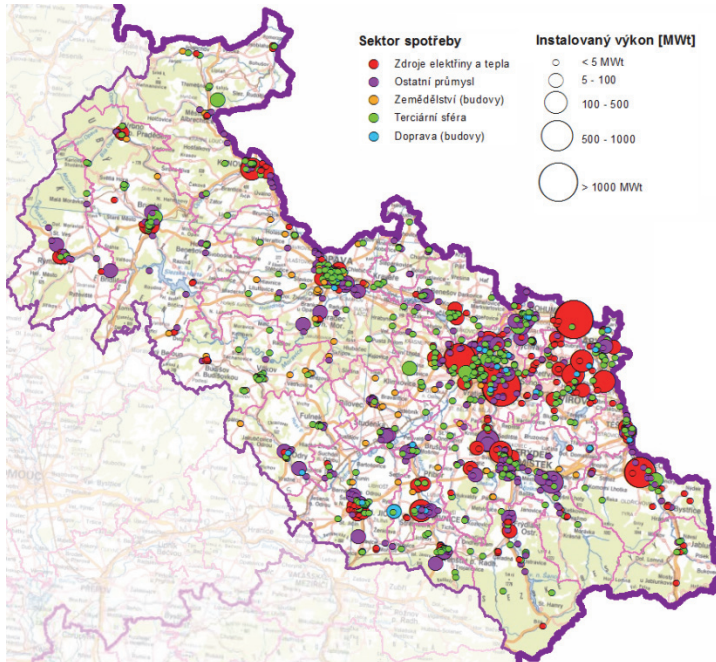
Každé kategorii REZZO lze přiřadit jistou míru významnosti z hlediska podílu určité škodlivé látky na znečišťování ovzduší (Tab. 2).

Tab. 2 Význam zdroje dle druhu emisí

Kategorie	Prachové částice TZL	Oxidy dusíku NO _x	Oxidy síry SO _x	Těkavé organické látky TOC	Benzo(a)pyren B(a)P
REZZO 1	!	!	!	!	×
REZZO 2	!	×	×	×	×
REZZO 3	!	×	!	!	!
REZZO 4	!	!	×	!	×

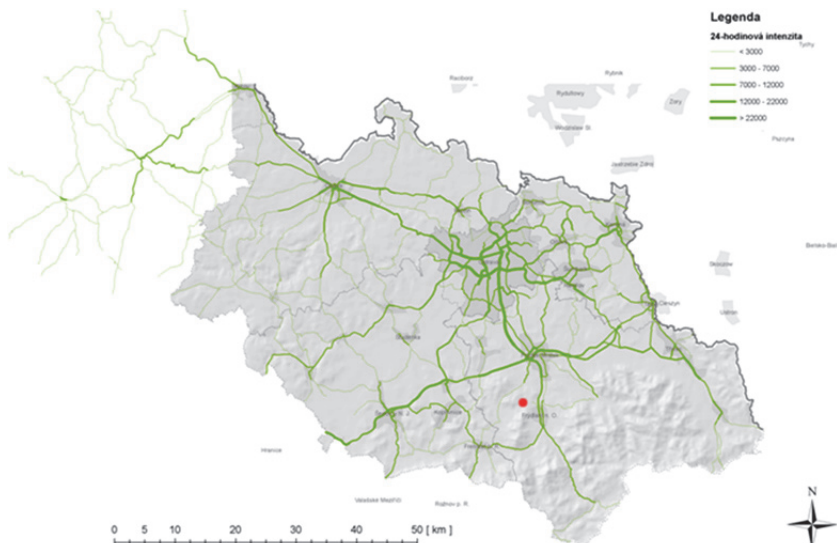
V ORP Frýdlant nad Ostravicí bylo v roce 2012 evidováno celkem 25 zdrojů REZZO 1 a 148 zdrojů REZZO 2, přičemž většina z těchto zdrojů je umístěna přímo ve Frýdlantu.

V Metylovicích se nachází pouze jeden zdroj REZZO 2 (viz Obr. 3), jenž představuje spalovací zařízení na zemní plyn, kterým bylo v uvedeném roce vneseno do ovzduší zhruba 250 kg NO_x, 10 kg CO a 10 kg VOC. Z hlediska emisní bilance obce má jednoznačně největší vliv na množství vzniklých znečišťujících látek vytápění domácností.



Obr. 3 Provozovny REZZO 1 a REZZO 2 [1]

Vzhledem k tomu, že Metylovicemi neprochází freventovaná komunikace, lze předpokládat relativně nepatrný příspěvek dopravy k emisní bilanci, nicméně kvalita ovzduší může být ovlivněna provozem na rychlosti silnici R56 v blízkosti obce.

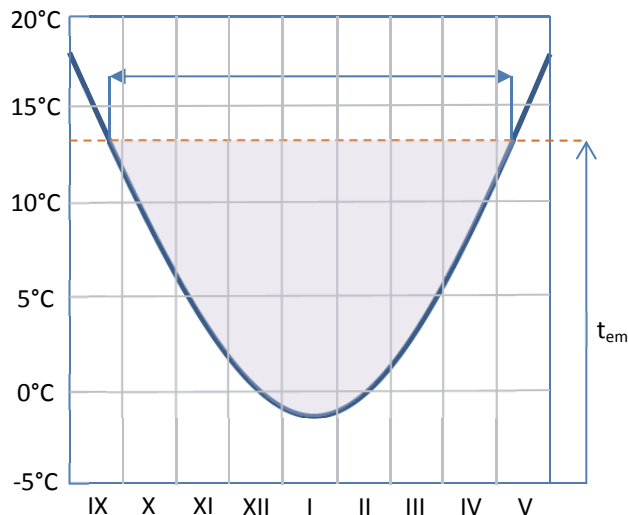


Obr. 4 Intenzita dopravy v okolí obce [1]

2.3. Vliv meteorologických podmínek

Emisní bilance obce ve značné míře závisí na meteorologických podmínkách, které ovlivňují jak antropogenní, tak přírodní zdroje znečišťujících látek. Hlavním antropogenním zdrojem emisí v malých obcích jsou zpravidla tepelné spotřebiče určené pro vytápění, jejichž produkce znečišťujících látek je silně provázána se snahou obyvatel dosáhnout tepelné pohody ve svých domácnostech. Při poklesu venkovní teploty je proto potřeba zajistit vyšší intenzitu vytápění, která je spojena s odpovídající vyšší spotřebou energie. V malých obcích, kde převládajícím typem zástavby jsou rodinné domy, se zcela výjimečně setkáme s dálkovým rozvodem tepla z kotelny. Obyvatelé jsou tak obvykle odkázáni na malá spalovací zařízení, případně na alternativní řešení v podobě elektrických topných systémů a tepelných čerpadel.

Zatímco dodávky tepla v případě dálkového zásobování jsou určeny vyhláškou, domácnosti s vlastními spalovacími zdroji se řídí výhradně vlastními potřebami. S ohledem na tuto skutečnost a mnoho dalších faktorů, je zřejmé, že každý výpočet emisní bilance je ve své podstatě jen snahou o co nejpřesnější přiblížení skutečnému stavu. Obecně se předpokládá, že domácnosti začínají topit v okamžiku, kdy průměrná venkovní teplota klesne pod 13°C. Počet dnů s nižší teplotou pak definuje délku topné sezóny. V našich klimatických podmínkách se obvykle jedná o období od září do května. Součet rozdílů referenční vnitřní teploty objektu a průměrné venkovní teploty za celou topnou sezónu udává počet tzv. denostupňů.



Obr. 5 Průběh denostupňů v topné sezóně

Denostupně jsou vhodným nástrojem pro výpočet potřeby tepla na vytápění, z které lze následně na základě inventarizace zdrojů v obci stanovit spotřebu jednotlivých forem energií. V případě paliv jsme pak prostřednictvím měrných emisí schopni vyhodnotit lokální emise znečišťujících látek.

Hodnoty denostupňů podle výše uvedené definice vychází ze vzorce:

$$D_{ref} = \sum (t_{ref} - t_{em})$$

kde t_{em} je průměrná venkovní teplota pro každý den topného období, t_{ref} je referenční teplota uvnitř objektu. Pro další výpočty je v této publikaci uvažováno s referenční teplotou 21°C, jež více odpovídá běžné praxi, než často uváděný vážený průměr výpočtových vnitřních teplot dle ČSN EN 12831. Z tohoto důvodu je dále pro denostupně užíváno označení D_{21} .

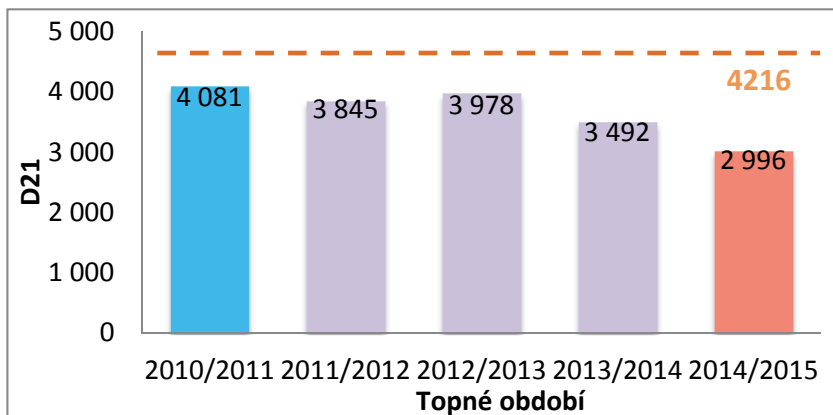
Jako ukázka vlivu meteorologických podmínek na emisní bilanci v obci byla vybrána dvě různá období představující výrazně odlišné povahy topné sezóny. Jedná se o nejchladnější a nejmírnější topné sezóny 2010/2011 a 2014/2015, které byly zaznamenány v průběhu posledních 5 let (Tab. 3).

Tab. 3 Charakteristika topného období

Topná sezóna	Denostupně D_{21} [d.K]	Počet dnů [-]	Průměrná teplota [°C]
2010/2011	4 081	239	5,3
2011/2012	3 845	219	6,0
2012/2013	3 978	228	5,5
2013/2014	3 492	235	7,3
2014/2015	2 996	178	5,9
Průměr	3 239	220	6,0

Data pocházejí ze stanice Mošnov (cca 17 km od Metylovic).

Obr. 6 dokumentuje skutečnost, že tyto topné sezóny jsou z dlouhodobějšího hlediska spíše mírnější ve vztahu k teplotnímu normálu získaného z dat naměřených mezi roky 1971 až 2000 pro celé území ČR [2].



Obr. 6 Srovnání topných období s normálem

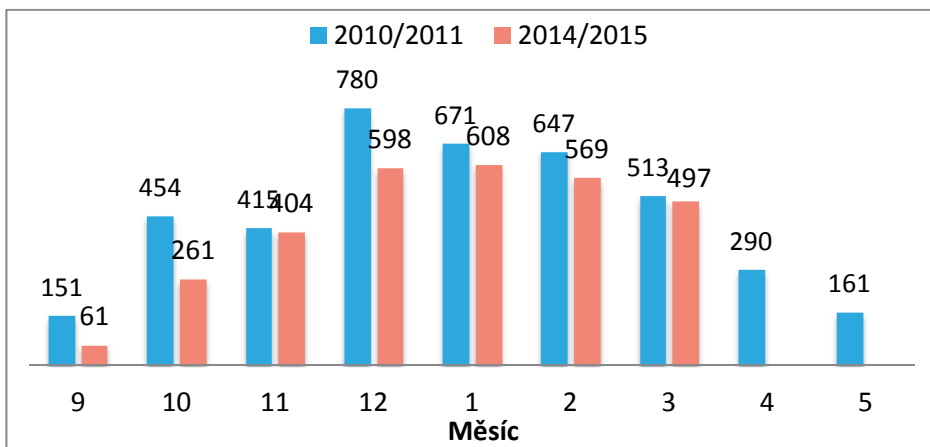
Detailní rozpis denostupňů po jednotlivých měsících pro vybrané topné sezóny nabízí Tab. 4 a Tab. 5. Z nich je patrné, že zima na přelomu let 2014 a 2015 byla teplotně nadprůměrná a o 61 dnů kratší než topná sezóna 2010/2011.

Tab. 4 Topné období 2010/2011

Měsíc	D ₂₁ [d.K]	H ₂₁ [h.K]	Dny [-]	Průměrná měsíční teplota [°C]
9	151	3 612	15	12,5
10	454	10 884	31	6,4
11	415	9 955	29	6,9
12	780	18 722	31	-4,2
1	671	16 111	31	-0,7
2	647	15 535	28	-2,1
3	513	12 312	31	4,5
4	290	6 955	27	10,5
5	161	3 852	16	13,6
-	3 603	97 939	239	5,3

Tab. 5 Topné období 2014/2015

Měsíc	D ₂₁ [d.K]	H ₂₁ [h.K]	Dny [-]	Průměrná měsíční teplota [°C]
9	61	1 462	7	15,1
10	261	6 259	22	10,6
11	404	9 696	28	7
12	598	14 342	31	1,7
1	608	14 590	31	1,4
2	569	13 644	28	0,7
3	497	11 916	31	5
-	2 640	71 909	178	5,9

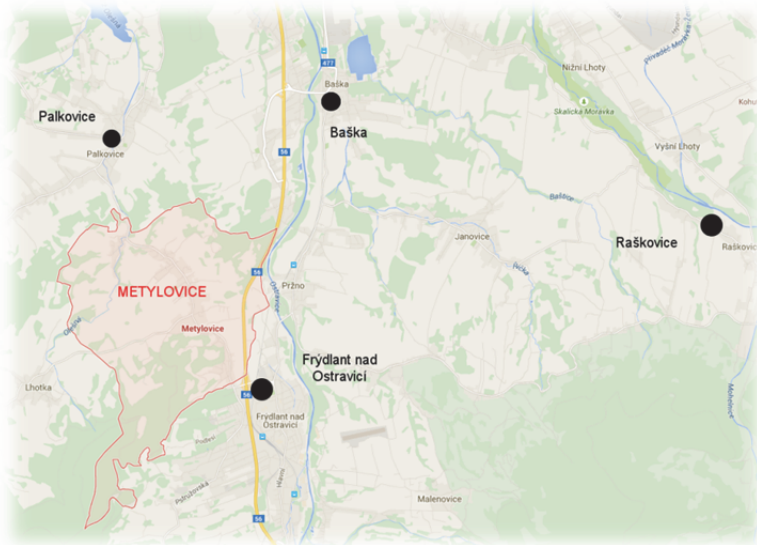


Obr. 7 Průběh denostupňů D₂₁ ve zvolených topných sezónách

3. Způsoby zásobování energiemi

3.1. Zásobování tuhými palivy

Obyvatelé Metylovic mají možnost odebrat palivo z několika blízkých skladů, přičemž dopravně nejdostupnější jsou sklady v sousedních obcích Palkovice a Frýdlant nad Ostravicí (Obr. 8). Dále v textu uváděné ceny paliv byly platné v měsíci květnu 2015.



Obr. 8 Nejbližší prodejci paliv

Beskyd Agro a.s. Palkovice

Firma Beskyd Agro nabízí pouze fosilní tuhá paliva. Převažuje prodej černého uhlí, kdy přibližně 70 % je z produkce OKD (výhřevnost 30 MJ/kg) a 30 % pochází z polských dolů (průměrně 28 MJ/kg). Cena za tunu je v obou případech srovnatelná (5300 Kč), vzhledem k výhřevnosti však vychází nákup českého černého uhlí jako výhodnější. Hnědé uhlí o výhřevnosti 17,6 MJ/kg se prodává výrazně více (78 %), než uhlí o výhřevnosti 19,6 MJ/kg z mostecké oblasti (22 %), přestože je dražší (3500 vs. 3200 Kč/t). Poměr mezi prodejem černého a hnědého uhlí je cca 60:40.

Evans s.r.o. Baška

Společnost se zabývá prodejem biomasy, nově byla mezi služby zařazena i nabídka baleného hnědého (výhřevnost 17 až 19 MJ/kg) a černého uhlí (výhřevnost 25 až 28 MJ/kg) pro automatické kotle. Tříděný ekohrášek je frakce 10-25 mm při ceně 4600 Kč za tunu hnědého a 6400 Kč za tunu černého uhlí. Bližší údaje k objemům prodeje nebyly dosud k dispozici. Hlavním dodávaným produktem jsou paliva z biomasy. Podíl pelet činí 90 %, brikety tvoří zbývajících 10 %. Nabízeny jsou Royal Pellets (smrkové piliny bez příměsí kůry, výhřevnost 18,8 MJ/kg při vlhkosti 7 %) z pily v Paskově v ceně 6,50 Kč/kg a pelety Standard z neodkorněného dřeva za 5,90 Kč/kg. Doprava pelet na paletě je účtována ve výši 18 Kč/km, při volbě cisterny s dofukem zákazník zaplatí 50 Kč/km.

Uhelné sklady Raškovice - KARBOTRADE s.r.o

Společnost působí jako maloobchodní prodejce paliv pro rodinné a bytové domy, a to zejména hnědého tříděného uhlí z produkce Mostecké uhelné a.s. a Severočeských dolů a.s. Dále nabízí hnědouhelné brikety, černé polské uhlí z dolu Jankowice a otopový koks z koksovny Svoboda v Ostravě. Doprava je zajišťována nákladním vozem s pásovým dopravníkem pro vykládku přímo do sklepa domu. Tato služba je zpoplatněna částkou 300 Kč. Dopravné je odstupňované podle dojezdové vzdálenosti. Metylovice se nachází ve IV. pásmu s paušálním poplatkem 600 Kč.

Tab. 6 Nabídka paliv - Raškovice

Palivo	Zrnitost [mm]	Výhřevnost [MJ/kg]	Cena [Kč/t]
černé uhlí (Jankowice)	kostka	28	4 850
hnědé uhlí (Most)	kostka	19,6	3 250
hnědé uhlí (Bílina)	ořech 2	17,6	2 950
koks (Svoboda)	ořech 2	27	6 150
brikety Rekord	60x50x40	-	5 400

Palivo Hutýra ve Frýdlantu nad Ostravicí

Firma dodává jak uhlí, tak palivo z biomasy. Kusové dřevo je možné objednat bukové, dubové, javorové a smrkové, a to ve dvou délkových rozměrech. Při zakoupení nejméně 8 PRMS dřeva nebo 3,5 t uhlí je doprava do vzdálenosti 20 km zdarma.

Tab. 7 Nabídka dřeva - Frýdlant nad Ostravicí

Palivo	Délka [cm]	Cena [Kč/PRMS]
tvrdé dřevo (dub, buk, javor)	25	1 070
tvrdé dřevo (dub, buk, javor)	33, 40 a 50	1 000
měkké dřevo (smrk)	25	870
měkké dřevo (smrk)	33, 40 a 50	790

PRMS = 1 m³ volně sypaného dřeva.

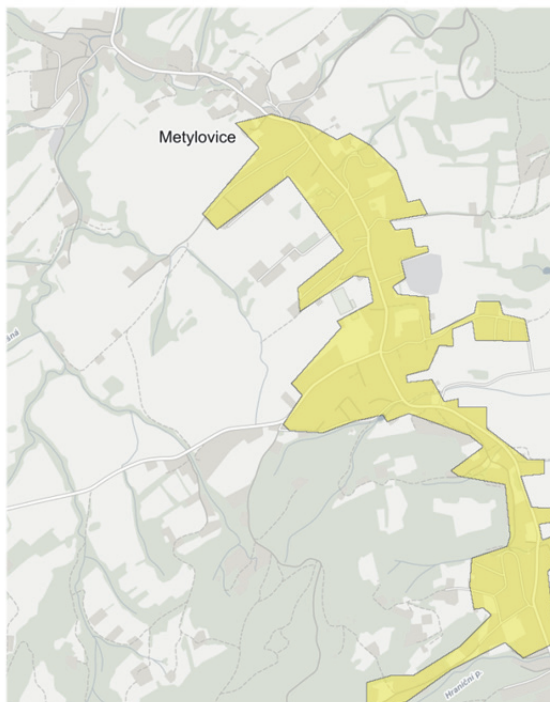
Tab. 8 Nabídka uhlí a pelet - Frýdlant nad Ostravicí

Palivo	Zrnitost [mm]	Výhřevnost [MJ/kg]	Cena [Kč/t]
černé uhlí (Jankowice)	kostka	28	5 300
černé uhlí (KWH/PL)	kostka	28	4 900
hnědé uhlí (Bílina)	ořech 2	17,6	3 190
dřevní pelety Standard	Ø6x50-250	17,8	4 830
dřevní pelety EN plus A1	Ø6x50-250	18,3	6 020

3.2. Zásobování zemním plynem

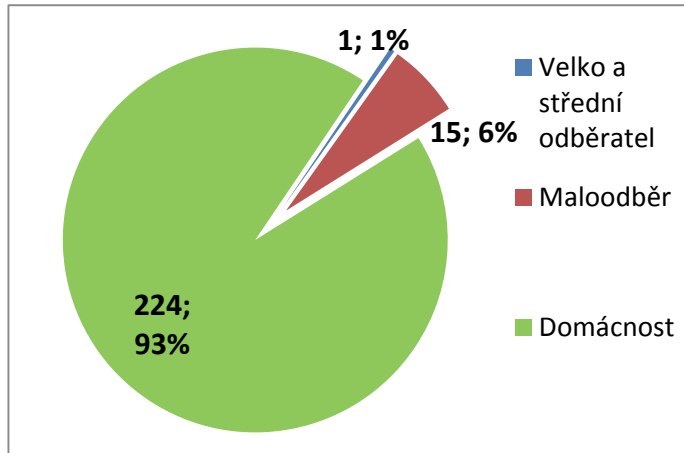
Zemní plyn je do Metylovic dodáván z vysokotlakého plynovodu DN200 vedeného ve směru Frýdlant nad Ostravicí – Frýdek-Místek, jenž je ve správě RWE a.s. Ostrava. Na plynovod je odbočkou DN100 napojena regulační stanice s instalovaným výkonem cca 1200 m³/h, která zásobuje středotlaký řád v obci. V zimním období se objem dodaného plynu velmi orientačně pohybuje kolem 260 m³/h.

Většina obce je již plynofikována, zbývá zasíťovat jen severní část zastavěného území. Hlavní trasa rozvodu v DN150 prochází od léčebného sanatoria ve středu obce do jižní části, kde jsou jednotlivé lokality zásobeny větvemi DN80 a DN50.

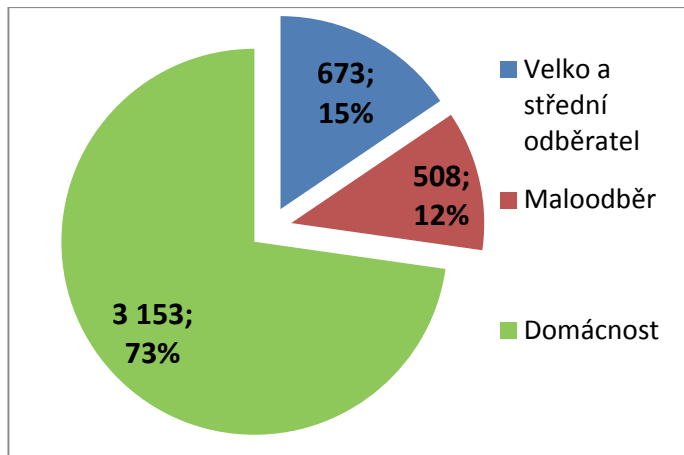


Obr. 9 Územní rozsah pokrytí ZP v obci

Místní rozvody jsou provozovány v tlakové úrovni 0,3 MPa a navrženy tak, aby bylo možné dopravit požadované množství plynu všem budoucím odběratelům včetně rezervy. K rozšíření rozvodů do rozvojových lokalit bude nutné provést pouze prodloužení či vybudovat přípojku. Z celkového počtu současných 435 přípojek jich je 226 aktivních, přičemž počet odběrných míst je o něco vyšší. Spotřeba obce v roce 2013 činila 4911 MWh, o rok později v důsledku mírné zimy to bylo jen 4334 MWh. Počty odběrných míst dle kategorie a jejich podíl na celkové spotřebě obce za rok 2014 uvádí Obr. 10 a Obr. 11.



Obr. 10 Odběrná místa ZP dle typu odběratele (RWE a.s., 2014)



Obr. 11 Spotřeba ZP v MWh dle typu odběratele (RWE a.s., 2014)

3.3. Podpora výměny kotlů

Přechod k ekologičtějšímu způsobu vytápění je investičně poměrně náročný krok, který může být spojen také s vyššími provozními náklady. To lze například očekávat v případě náhrady starého prohořivacího kotle na dřevo za moderní automatický, v němž jsou spalovány peletky. I přes výrazné zvýšení účinnosti nového kotle, které se promítne do snížení spotřeby paliva, dojde k prodražení vytápění objektu. Výhodou je naopak zlepšení komfortu při obsluze zařízení. Rozhodování o výměně spalovacího zdroje proto může

usnadnit skutečnost, že značná část investičních prostředků může být za předem daných podmínek hrazena z dotačních programů v administrativě státní či krajské správy.

Kotlíková dotace

Kotlíkové dotace jsou dotačním programem Ministerstva životního prostředí ČR a Moravskoslezského kraje zaměřeným na podporu výměny kotlů pro vytápění domácností za modernější kotle produkující méně emisí. Prostřednictvím programu je poskytována dotace těm domácnostem, které vymění ručně plněné kotle na tuhá paliva (uhlí, dřevo) za nízkoemisní plně automatické kotle na uhlí nebo biomasu (peletky) nebo jejich kombinaci.

Cílem dotačního programu je snížení úrovně znečištění ovzduší v Moravskoslezském kraji, kde je silné zatížení znečišťujícími látkami pocházejícími z průmyslu, dopravy a malých spalovacích zdrojů v domácnostech.

Domácí topeniště přispívají celou třetinou emisí ke znečištění ovzduší v kraji, přestože uhlím zde topí cca 10 % domácností a dřevem necelá 3 % domácností. Tuhými palivy topí zhruba 63 tisíc domácností. Dle emisních bilancí ČHMÚ bylo v roce 2010 z domácností v Moravskoslezském kraji vypuštěno více než jeden milion tun tuhých znečišťujících látek. Zavedením tohoto dotačního programu se předpokládá snížení vysoké zátěže obyvatel zapříčiněné právě tuhými znečišťujícími látkami z lokálních topenišť.

V domácích kotlích na tuhá paliva lidé často spalují nekvalitní paliva, příp. i odpady. Automatické podavače optimalizují množství a způsob využití paliva, zejména z toho důvodu, že eliminují druh používaného paliva a díky samostatnému a průběžnému zásobování vzniká i menší množství tuhých znečišťujících látek, neboť většina těchto látek je generována právě při zahájení procesu spalování.

Dotační program je financován rovným dílem z rozpočtu Moravskoslezského kraje a Ministerstva životního prostředí ČR (Státní fond životního prostředí) a maximální výše dotace na jeden kotel činí 60 tisíc Kč. Toto je právě částka, která je rozdílem mezi pořizovací cenou za moderní nízkoemisní automatický kotel a cenou za běžný, technologicky zastaralý odhořivací nebo prohořivací kotel. Nový kotel na uhlí nebo uhlí a biomasu s plně automatickým plněním musí splňovat minimálně podmínky emisní třídy 3 ČSN EN 303-5 a nesmí umožňovat ruční přikládání.

Nová zelená úsporám

Druhá výzva v rámci programu Nová zelená úsporám je určena pro vlastníky rodinných domů a mimojiné lze využít dotaci na Efektivní využití zdrojů energie. V rámci této oblasti se poskytují dotace na:

- výměnu neekologického zdroje tepla (spalující například uhlí, koks, uhelné brikety nebo mazut) za efektivní ekologicky šetrné zdroje (například kotel na biomasu, tepelné čerpadlo nebo plynový kondenzační kotel)
- na výměnu elektrického vytápění za systémy s tepelným čerpadlem
- na instalaci solárních termických systémů
- na instalaci systémů nuceného větrání se zpětným získáváním tepla z odpadního vzduchu

Celková výše podpory na jednu žádost je omezena na max. 50 % řádně doložených způsobilých výdajů a je vyplácena až po řádném dokončení realizace podporovaných opatření, tzn. až po vydání registrace a rozhodnutí, respektive registrace a stanovení výdajů.

Maximální výše podpory pro jednoho žadatele je v rámci této výzvy stanovena na 5 mil. Kč. Na jeden rodinný dům lze uplatnit jen jednu žádost, ta ale může obsahovat kombinaci opatření z více podoblastí podpory.

4. Bytový fond

Informace týkající se početnosti, struktury bytového fondu a způsobů vytápění uvedené v následujících podkapitolách jsou založeny na statistických údajích získaných ze sčítání lidu, domu a bytů provedeného Českým statistickým úřadem (ČSÚ) v roce 2011 [3]. Vzhledem k nedostatečné vypovídací hodnotě šetření v případě četnosti typů kotlů pro vytápění, byla při inventarizaci zdrojů v obci použita data pocházející z materiálů Ministerstva průmyslu a obchodu ČR [4] a Asociace podniků topenářské techniky [5].

4.1. Struktura bytového fondu

Z celkového počtu 575 domů, které se v Metylovicích nacházejí, jich je přibližně 17 % neobydlených, což znamená, že jsou využívány pouze část roku k rekreaci, případně jsou v rekonstrukci nebo jinak nezpůsobilé k bydlení. Tyto objekty jsou z výpočtů emisní bilance obce vyloučeny, jelikož jejich příspěvek k celkové zátěži je zanedbatelný. Téměř naprostou většinu všech domů tvoří rodinné domy s jedním až třemi byty.

Tab. 9 Domovní a bytový fond v obci

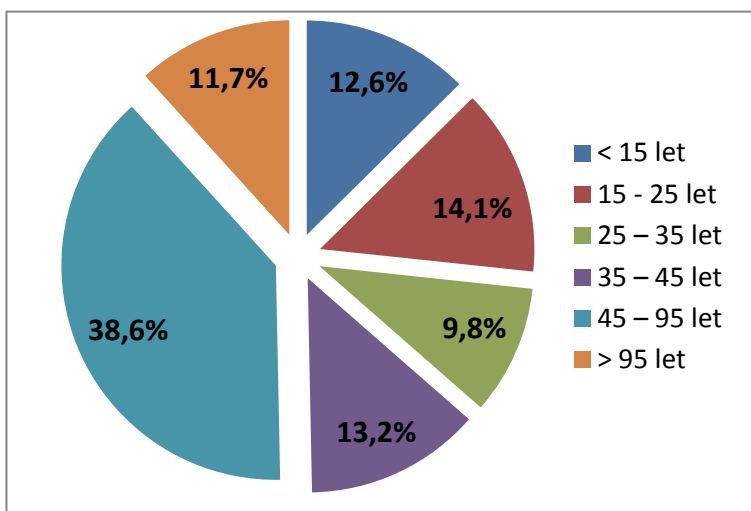
Domovní fond	Domy obydlené	Byty obydlené	Bytů na obydlený dům
Bytové domy	2	12	6
Rodinné domy	467	545	1,17
Ostatní domy	8	8	1
Celkem	477	565	1,18

S ohledem na nízký počet bytových a ostatních domů budou v zájmu lepší přehlednosti tyto objekty sloučeny do společné kategorie. Vytápěná plocha těchto domů představuje necelá 3 % z celkové vytápěné plochy v obci (Tab. 10).

Tab. 10 Domovní a bytový fond v obci

Bytový fond	Obydlené byty	Vytápěná plocha celkem [m ²]	Vytápěná plocha na byt [m ²]
BD + ostatní	20	1 388	69,4
Rodinné domy	545	52 269	95,9
Celkem	565	53 657	95,0

Průměrné stáří obydlých domů se pohybuje na úrovni 47 let. Bližší údaje o zastoupení domů v jednotlivých věkových skupinách poskytuje Obr. 12, ze kterého lze vyčíst i informaci ve vztahu k tepelně-technickým parametrům objektů. Téměř 27 % domů je mladších 25 let, z čehož je možné usuzovat poměrně dobré izolační vlastnosti a nízkou energetickou náročnost budov.



Obr. 12 Stáří obydlých domů v obci

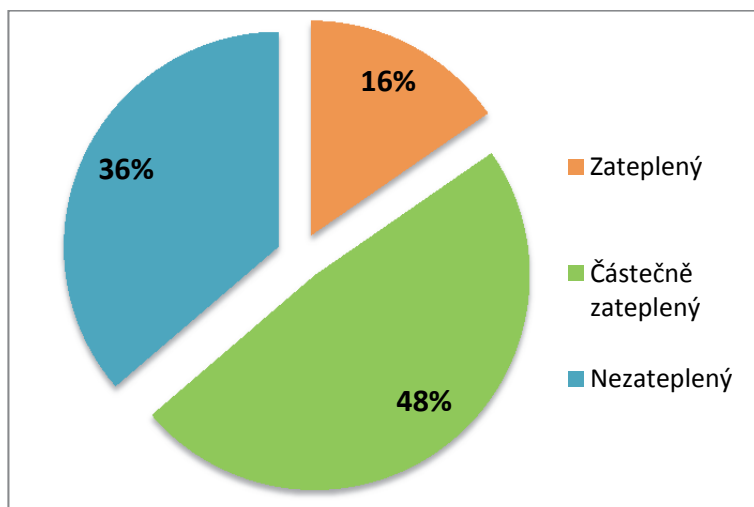
U rodinných domů postavených po roce 1996 (tj. 15 let před sčítáním a méně) je oprávněné se domnívat, že byly použity moderní materiály zabezpečující vysokou kvalitu tepelně-izolačních vlastností. Naopak domy v původním stavu dokončené před rokem 1986 mají parametry, reprezentované například součinitelem prostupu tepla konstrukcí, značně vzdálené dnešním standardům. Na této úvaze je založeno členění domů v obci dle míry jejich zateplení, které se opírá o statistická data zpřesněná vlastním průzkumem v obci.

Do kategorie zateplené objekty kromě domů mladších 15 let bylo zahrnuto také cca 8,5 % budov starších 25 let, které byly v průběhu doby opatřeny novými okny a zateplovacími systémy. Tento údaj je podložen místním posouzením úrovně zateplení všech rodinných domů v obci. Počty domů podle rozsahu zateplení jsou uvedeny v Tab. 11.

Tab. 11 Domovní a bytový fond dle zateplení

Objekt	Počet obydlých domů	Počet obydlých bytů	Vytápěná plocha [m ²]
Zateplený	73	86	8 248
Částečně zateplený	233	276	25 940
Nezateplený	172	203	19 469
Celkem	477	565	53 657

Podíl vytápěné plochy pro jednotlivé kategorie objektů je patrný z Obr. 13.



Obr. 13 Vytápěná plocha dle zateplení objektu

4.2. Inventarizace zdrojů na vytápění podle paliva

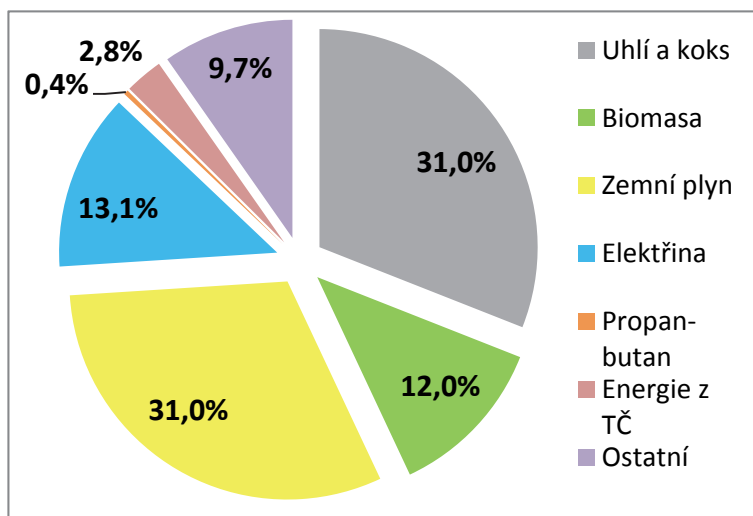
Vzhledem k charakteru zástavby, která je prakticky tvořena jen rodinnými domy, je pochopitelné, že v obci nebyla vybudována soustava centrálního zásobování teplem. Potřeby domácností jsou tak řešeny pouze individuálními topnými systémy, mezi kterými převládají spalovací zařízení. Necelých 20 % bytů je vytápěno technologiemi, které lze označit za bezemisní, tedy pokud se omezíme na oblast vzniku emisí jen na území obce.

Z analýzy dat získaných ze sčítání lidu, domů a bytů v roce 2011 pro obec Metylovice vyplývá, že cca 10 % domácností (v Tab. 12 položka Ostatní) v dotazníku označilo možnost „jiná energie používaná k vytápění“, případně ne zvolily žádnou možnost nebo uvedly chybný údaj. Za chybný údaj je považována kombinace více forem energie, přičemž nelze určit, která je převažující. Nejčastěji objevující se kombinací bylo zemní plyn + tuhá paliva. Vzhledem k statisticky nevýznamnému podílu „jiné energie“, mezi které patří především solární a větrná energie, bylo přistoupeno k rozpočítání celé položky Ostatní mezi tuhá paliva a zemní plyn (viz dále).

Tab. 12 Počet bytů dle formy energie používané k vytápění

Způsob vytápění	RD	BD + ostatní	Celkem
Uhlí a koks	174	1	175
Biomasa	68	0	68
Zemní plyn	162	13	175
Elektřina	73	1	74
Propan-butan	2	0	2
Kapalná paliva	0	0	0
Energie z TČ	16	0	16
Ostatní	50	5	55
Celkem	545	20	565

Podíl jednotlivých forem energie na vytápěné ploše všech bytů znázorňuje Obr. 14.



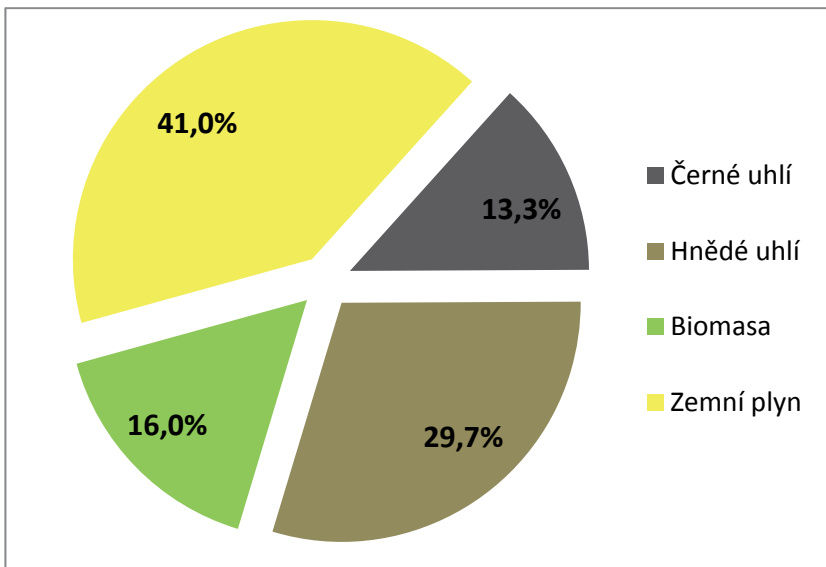
Obr. 14 Zastoupení forem energie využívané pro vytápění domácností v obci

V Moravskoslezském kraji představuje podíl hnědého uhlí na množství tepla pro vytápění domácností získaného ze všech tuhých fosilních paliv cca 69 % [7]. Vyloučíme-li z Tab. 12 čisté formy energie, které nevedou ke vzniku lokálních emisí, a provedeme-li zmiňovaný přepočítání kategorie Ostatní, dostaneme novou tabulku s počty domácností podle druhu paliva používaného k vytápění.

Tab. 13 Počet bytů dle paliva používaného k vytápění

Palivo	RD	BD + ostatní	Celkem
Černé uhlí a koks	61	1	62
Hnědé uhlí	136	3	139
Dřevo	75	0	75
Zemní plyn	182	15	197
Propan-butan	2	0	2
Celkem	456	19	475

Podíl jednotlivých paliv na vytápěné ploše všech bytů znázorňuje Obr. 15.

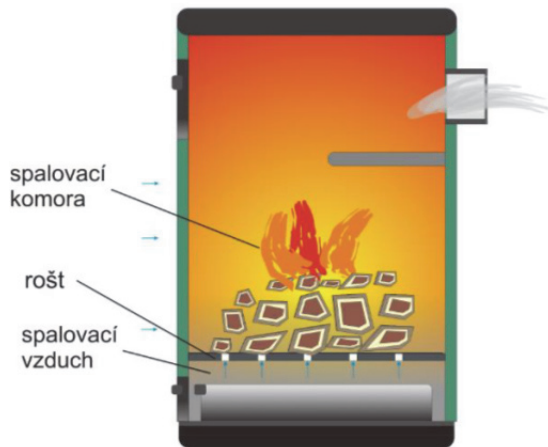


Obr. 15 Zastoupení paliv pro vytápění domácností v obci (PB zanedbán)

4.3. Inventarizace zdrojů na vytápění podle technologie

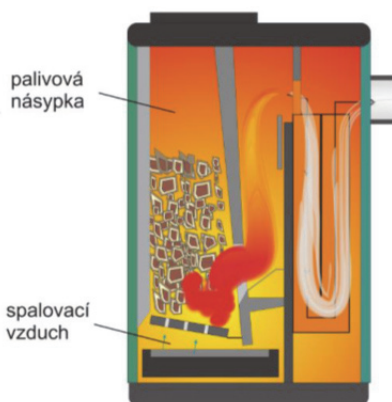
V oblasti plynových spalovacích zařízení je situace poměrně přehledná a není složité se v ní orientovat. V zásadě jsou k dispozici ve dvou základních provedeních, a to jako nástěnné nebo stacionární teplovodní kotle. Pokud kotel umožňuje využívat teplo vodní páry obsažené ve spalinách, pak se jedná o kondenzační variantu s vyšší účinností. V případě tuhých paliv je nabídka poněkud pestřejší s výraznými konstrukčními a provozními odlišnostmi. Pro představu uvádíme základní přehled teplovodních kotlů na tuhá paliva.

V českých domácnostech stále převládají teplovodní kotle s roštovým ohništěm, na něž se dávka paliva přikládá ručně. Spaliny prostupují celou hořící vrstvou paliva, a proto se tento typ kotle označuje jako prohořivací (Obr. 16). Nejčastěji se jedná o výrobky z litiny, což zaručuje nízkou investiční náročnost a dlouhou životnost zařízení. To je také důvod historicky vysoké oblíbenosti u provozovatelů, která ostře kontrastuje s nízkou kvalitou spalovacího procesu a vysokými měrnými emisemi.



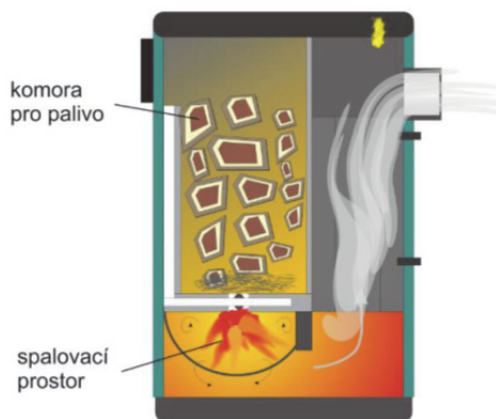
Obr. 16 Prohořivací kotel

Vyšší kvalitu spalování nabízejí kotle odhořivací (Obr. 17), kde spaliny neprocházejí přes celou vrstvu paliva, ale jen částí, která se sesunula z palivové násypky na rošt ve spalovací komoře. Tím je do jisté míry zajištěna alespoň minimální regulace spalovacího procesu a vyšší využití prchavé hořlaviny. Proto je také tento typ kotle vhodnější pro spalování hnědého uhlí a dřeva. Rovněž dosahují lepších měrných emisí, než prohořivací kotle, přičemž účinnost je přibližně stejná. Palivo je i v tomto případě přikládáno ručně.



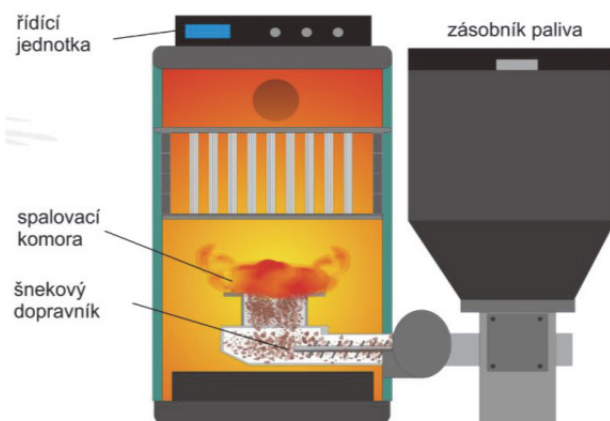
Obr. 17 Odhořivací kotel

Na principu řízeného dvoustupňového spalování jsou založeny kotle zplyňovací (Obr. 18). Palivo je umístěno do příkladací komory, ve které dochází vlivem vysoké teploty k uvolňování prchavé hořlaviny z paliva. Vzniklý plyn následně postupuje dolů k trysce, kde je sekundárním vzduchem spalován. Důkladnému vyhoření napomáhají tvarovky utvářející spalovací komoru. Primární i sekundární vzduch jsou dodávány ventilátorem, který v součinnosti s regulátorem provozu zajišťuje vysokou kvalitu spalovacího procesu. Kotle této konstrukce se vyznačují velice dobrými provozními parametry v podobě tepelné účinnosti i emisí.



Obr. 18 Zplyňovací kotel

Automatické kotle (Obr. 19) jsou vybaveny velkokapacitním zásobníkem, ze kterého je palivo samočinně dopravováno do hořáku ve spalovací komoře. To, společně s řízenou regulací přísunu vzduchu, umožňuje eliminovat nežádoucí zásahy obsluhy do spalovacího procesu, což přispívá k plynulému hoření paliva. Automatické kotle dosahují nejlepších výsledků z hlediska tepelné účinnosti i produkce znečišťujících látek. Používají se jak pro spalování uhlí, tak biomasy nejčastěji ve formě štěpky a pelet. Při spalování pelet je možné splnit požadavky pro zařazení do nejvyšší emisní třídy 5.



Obr. 19 Automatický kotel

V České republice bylo v roce 2011 zhruba 620 tisíc domácností, které pro účely vytápění používaly kotel na tuhá paliva [4]. Při bližším zkoumání zjistíme počty kotlů v dílčích kategoriích, ale nejsme s určitostí schopni stanovit kolik kotlů je prohořivacích a kolik odhořivacích, protože data jsou založena na technologii výroby a použitém materiálu. Vyjdeme-li z předpokladu, že převážná část prohořivacích kotlů jsou vyrobeny z litiny a naopak převážná část odhořivacích z oceli, získáme počty kotlů na tuhá paliva dle konstrukce (viz Tab. 14).

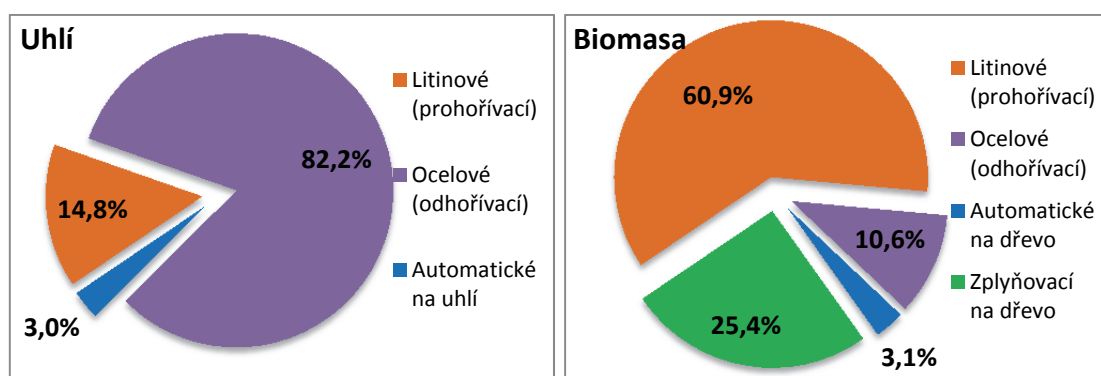
Tab. 14 Počet kotlů v domácnostech ČR dle konstrukce

Typ kotle	Počet kusů [-]	Podíl [%]
Litínový (převážně prohořivací)	222 375	35,9
Ocelový (převážně odhořivací)	306 625	49,5
Automatický na uhlí	10 200	1,6
Automatický na dřevo	8 800	1,4
Zplyňovací na dřevo	72 000	11,6
Celkem	620 000	100

Poměrně složité je stanovení podílu spalovaného paliva v případě prohořivacích a odhořivacích kotlů. Následující výpočty vycházejí z úvahy, že odhořivací kotle se primárně používají pro spalování uhlí, ale pro roztápění se používá dřevo. V prohořivacích kotlech se naproti tomu více spaluje dřevo, přičemž prokládání dřeva uhlím je také obvyklá praxe, zejména pokud je cílem prodloužit dobu přikládání. Na základě těchto úvah společně se skutečností, že v Metylovicích naprostá většina domácností obývá rodinné domy, tudíž počty kotlů v bytových domech nejsou relevantní, byla sestavena Tab. 15 s počty kotlů v rodinných domech na území ČR s příslušnými vzájemnými podíly uhlí a biomasy.

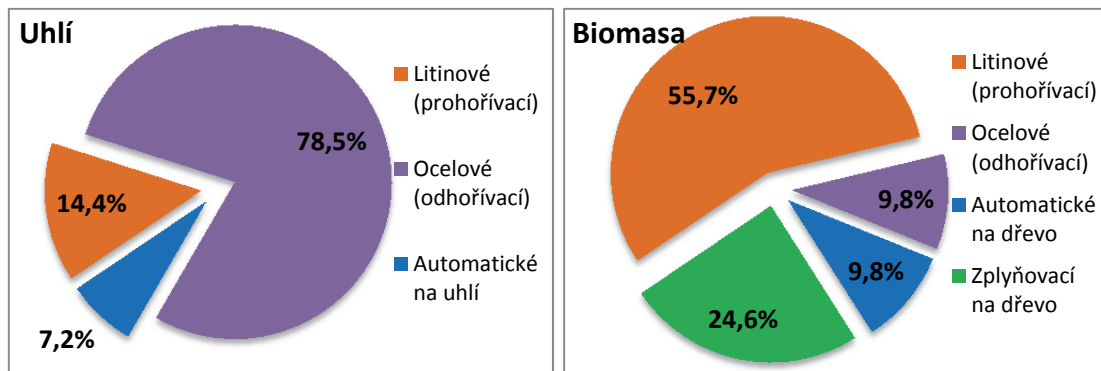
Tab. 15 Počet kotlů v rodinných domech dle konstrukce a paliva (data za ČR v roce 2011)

Typ kotle	Spalující uhlí [-]	Podíl uhlí [%]	Spalující dřevo [-]	Podíl biomasy [%]
Litínový (převážně prohořivací)	42 950	22	155 922	78
Ocelový (převážně odhořivací)	242 275	90	27 563	10
Automatický na uhlí	8 955	100	-	-
Automatický na dřevo	-	-	7 911	100
Zplyňovací na dřevo	-	-	64 723	100
Celkem	294 249	-	256 048	-



Obr. 20 Podíl konstrukce pro dané palivo (ČR, 2011)

Využijeme-li znalosti poměru mezi prohořivacími a odhořivacími kotli u uhlí i dřeva a počtu automatických kotlů korigovaného o schválené dotace ze všech výzev v rámci programu podpory výměny kotlů, získáme orientační představu o skladbě spalovacích zařízení na tuhá paliva v Metylovicích ke konci roku 2014 (Obr. 21).



Obr. 21 Podíl konstrukce pro dané palivo (Metylovice, 2014)

Tyto podíly by přibližně bylo možné považovat za váhy pro výpočet emisního faktoru z měrných emisí zjištěných pro danou konstrukci a palivo. Tím by ale nebyla zohledněna kvalitativní stránka spalovacího zařízení, protože automatické a zplyňovací kotle dosahují znatelně lepších účinností (viz Obr. 30), což se projevuje na nižší spotřebě paliva, a tedy i nižším příspěvku k celkovým emisím. Vezme-li se tato skutečnost v potaz, pak podíly konstrukcí na spotřebě paliva na vytápění domácností, které představují ty správné váhy, udává Tab. 16.

Tab. 16 Podíl konstrukce na spotřebě paliva

Typ kotle	Uhlí [%]	Biomasa [%]
Litínový (převážně prohořivací)	14,7	63,7
Ocelový (převážně odhořivací)	80,2	10,3
Automatický na uhlí	5,2	-
Automatický na dřevo	-	7,2
Zplyňovací na dřevo	-	18,8
Celkem	100	100

K Tab. 16 je třeba poznamenat, že uvedené hodnoty odpovídají stavu z roku 2014. V roce 2011 byly podíly zejména automatických kotlů nižší, což se začalo postupně měnit s rozběhnutím tzv. kotlíkových dotací. Z toho plyne, že tehdejší emisní faktory byly nepatrně vyšší.

4.4. Energetická parametry bytového fondu

Ukazatelem naznačujícím energetickou náročnost budov je měrná potřeba tepla na vytápění. Jedná se o veličinu vyjadřující množství tepla v kWh nebo GJ pro udržení parametrů vnitřního prostředí domu vztahované na jednotku podlahové plochy za rok. Závisí pouze na tepelných ztrátách obálky objektu a není možné ji ovlivnit volbou systému vytápění. U nízkoenergetických domů se měrná potřeba tepla na vytápění pohybuje pod 50 kWh/m²a, což značí vysokou úspornost. U běžných novostaveb je to více, obvykle mezi 80 a 140 kWh/m²a. Staré nezateplené panelové domy se mohou blížit ke 250 kWh/m²a. Tuto hranici pak dokonce překračují starší domy postavené z plných cihel bez jakékoli izolační úpravy.

Pokud mají být splněny současné požadavky normy ČSN 73 05 40 Tepelná ochrana budov, měla by měrná potřeba tepla na vytápění činit nejvýše 90 kWh/m²a [6]. Dle výsledků z několika tisíc auditovaných projektů rodinných domů publikovaných neziskovým sdružením Energy Consulting vyplývá, že závazné normové ukazatele splňuje pouhé jedno procento případů.

Na základě výše uvedeného, bylo pro potřeby studie uvažováno s parametry v Tab. 17, které jsou považovány za dostatečně reprezentativní. Pro srovnání je vhodné zmínit, že ČSÚ v rámci svých bilančních výpočtů pracuje s hodnotami 0,540 kWh/m²a pro rodinné domy a 0,468 kWh/m²a pro bytové a ostatní domy, což se zdají být poměrně optimistické údaje. Měrná potřeba tepla vyjádřená ve W/m².K v posledním sloupci tabulky byla získána přepočtem z kWh/m²a s využitím normály počtu denostupňů.

Tab. 17 Energetická náročnost objektu

Objekt	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/m ² a]	Měrná potřeba tepla na vytápění [GJ/m ² a]	Měrná potřeba tepla na vytápění [W/m ² .K]
Zateplený	120	0,432	1,19
Částečně zateplený	160	0,576	1,58
Nezateplený	240	0,864	2,37

4.5. Vzorové domy

V rámci této kapitoly jsou představeny rodinné domy typické pro venkovskou zástavbu. Na níže uvedených příkladech je demonstrován vliv zateplení na tepelnou ztrátu objektu a potřebu tepla na vytápění. Ve všech případech se jedná o nepodsklepený dvoupatrový dům obdélníkového půdorysu s krovem a sedlovou střechou. Rozměrové parametry jsou uvedeny v Tab. 18, okrajové podmínky výpočtu zaznamenává Tab. 19.

Tab. 18 Charakteristika vzorového domu

Parametr	Rozměr
Obytné místnosti	5+1
Celková podlahová plocha	174 m ²
Obestavěný prostor	654 m ³

Tab. 19 Okrajové podmínky pro výpočet vzorového domu

Okrajové podmínky	Rozměr
Převažující teplota interiéru	21°C
Trvalý tepelný zisk	300 W
Solární tepelné zisky	1766 kWh/rok
Intenzita větrání (starý RD)	0,6 h ⁻¹
Intenzita větrání (novostavba)	0,4 h ⁻¹

Rodinný dům v pohledech na Obr. 22 představuje stavbu z 50. let postavenou tradiční zděnou technologií. Na tomto typu objektu jsou provedeny tři variantní výpočty s různou úrovní kvality obálky budovy.



Obr. 22 Vzorový starší rodinný dům

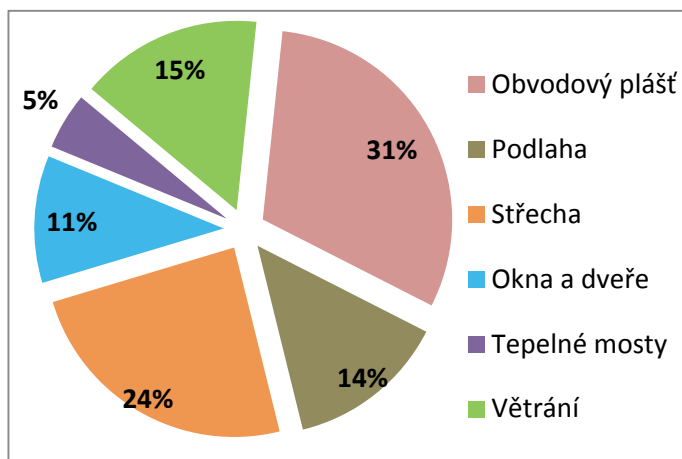
Varianta I

První varianta představuje rodinný dům, který není opatřen tepelnou izolací a má původní okna s malým tepelným odporem a velkou netěsností (Tab. 20).

Tab. 20 Obálka nezatepleného rodinného domu

Ochlazovaná konstrukce	Materiál	Součinitel prostupu tepla [W/m^2K]
Stěna	Plná cihla tl .45 cm	1,4
Podlaha na terénu	Bez tepelné izolace	3,1
Strop pod půdou	Bez tepelné izolace	1,4
Střecha	S podbitím bez tepelné izolace	2,2
Okna	Dvojitá špaletová	2,35
Vstupní dveře	Dřevěné s jedním sklem	4,7

Rodinný dům těchto parametrů, který se vyznačuje konstrukcí s běžnými tepelnými mosty a větší intenzitou větrání, má orientační tepelnou ztrátu 32 kW [20]. Úniky tepla jednotlivými konstrukcemi znázorňuje Obr. 23.



Obr. 23 Tepelné ztráty nezatepleného domu

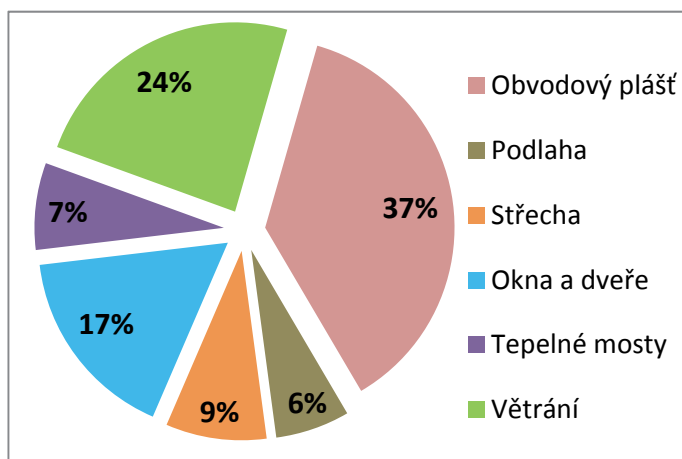
Měrná potřeba tepla na vytápění činí cca 410 kWh/m²a. K tomuto údaji je potřeba dodat, že se jedná opravdu o extrémní hodnotu, která spíše ilustruje energetickou náročnost objektu postaveného původní technologií s naprostou absencí izolačních materiálů, než že by představovala průměrný starší dům.

Varianta II

Běžněji se můžeme setkat se staršími rodinnými domy, které disponují alespoň minimální izolací a zdívem s lepšími tepelně-technickými vlastnostmi, zdaleka však nesplňují dnešní standardy. Příklad takového objektu s tepelnou ztrátou cca 21 kW popisuje Tab. 21. Pro dané okrajové podmínky a parametry obálky je měrná potřeba tepla na vytápění 260 kWh/m²a.

Tab. 21 Obálka minimálně zatepleného rodinného domu

Ochlazovaná konstrukce	Materiál	Součinitel prostupu tepla [W/m ² K]
Stěna	Škvárobetonové tvárnice tl. 30 cm	1,1
Podlaha na terénu	Tepelná izolace 3 cm	0,94
Strop pod půdou	Tepelná izolace 5 cm	0,44
Střecha	Bez tepelné izolace	2,2
Okna	Dvojitá špaletová	2,35
Vstupní dveře	Dřevěné s jedním sklem	4,7



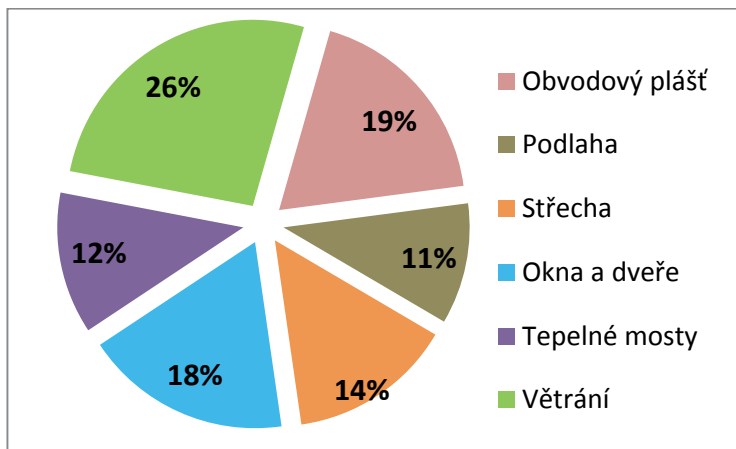
Obr. 24 Tepelné ztráty minimálně zatepleného domu

Varianta III

Příkladem dodatečně částečně zatepleného domu je objekt definovaný Tab. 22, jehož tepelná ztráta byla z původních 21 kW snížena na 13 kW, a to zateplením fasády a výměnou oken a dveří. Měrná potřeba tepla na vytápění touto úpravou poklesla na 150 kWh/m²a.

Tab. 22 Obálka částečně zatepleného rodinného domu

Ochlazovaná konstrukce	Materiál	Součinitel prostupu tepla [W/m ² K]
Stěna	Škvár, tvárnice tl. 30 cm + EPS 8 cm	0,35
Podlaha na terénu	Tepelná izolace 3 cm	0,94
Strop pod půdou	Tepelná izolace 5 cm	0,44
Střecha	Bez tepelné izolace	2,2
Okna	Běžná s izol. dvojsklem	1,4
Vstupní dveře	Rámové dřevěné se sklem	1,7



Obr. 25 Tepelné ztráty částečně zatepleného domu

Varianta IV

Poslední varianta představuje současný rodinný dům, který díky použití kvalitních materiálů splňuje požadované normové hodnoty součinitele prostupu tepla dle 73 0540-2:2007 Tepelná ochrana budov.

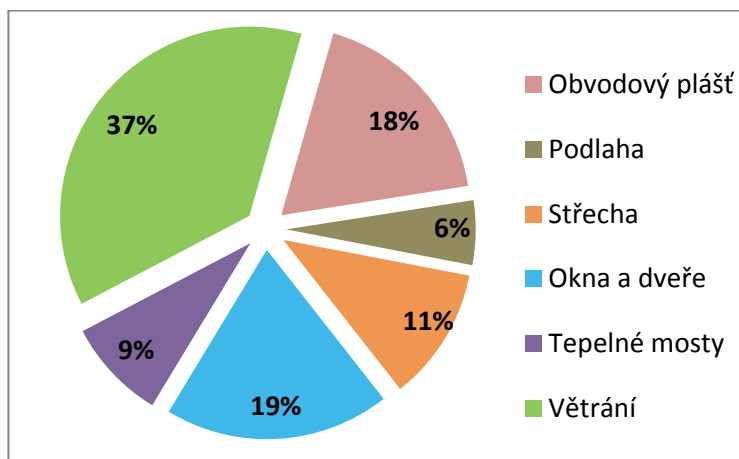


Obr. 26 Vzorový moderní rodinný dům

Pro tuto novostavbu s mírnými tepelnými mosty, u níž je vlivem vyšší těsnosti objektu výměna vzduchu nižší (obvykle $0,4 \text{ h}^{-1}$), vychází pro obálku specifikovanou v Tab. 23 tepelná ztráta cca 9 kW. Největší měrou se v tomto případě na úniku tepla do okolí podílí větrání (Obr. 27). Měrná potřeba tepla na vytápění má hodnotu $98 \text{ kWh/m}^2\text{a}$.

Tab. 23 Obálka dobře zatepleného rodinného domu

Ochlazovaná konstrukce	Materiál	Součinitel prostupu tepla $[\text{W/m}^2\text{K}]$
Stěna	Porotherm tl. 24 cm + EPS 15 cm	0,23
Podlaha na terénu	S tepelnou izolací 10 cm	0,35
Střecha	S tepelnou izolací 16 cm	0,29
Okna	Dřevěná euro s izol. dvojsklem	1,2
Vstupní dveře	Rámové dřevěné se sklem	1,7



Obr. 27 Tepelné ztráty zatepleného domu

Pro názornost jsou tepelné ztráty a měrné potřeby tepla na vytápění pro jednotlivé hodnocené varianty uvedeny v přehledové Tab. 24.

Tab. 24 Srovnávací tabulka rodinných domů

Úroveň zateplení	Tepelná ztráta [kW]	Měrná potřeba tepla na vytápění [kWh/m ² a]
Zcela bez izolace (I)	32	410
Minimální (II)	21	260
Částečné (III)	13	150
Komplexní (IV)	9	98

4.6. Potřeba tepla na vytápění

Stanovení potřeby tepla na vytápění bytu je nezbytný krok k určení odpovídajícího množství paliva, jehož spálením ve zdroji tepla dochází k produkci emisí znečišťujících látek. Výpočet potřeby tepla je založen na znalosti měrné potřeby tepla na vytápění e_A pro dané typy objektů v obci, velikosti vytápěné plochy A a klimatických podmínkách charakterizujících topnou sezónu.

Potřeba tepla na vytápění jednoho bytu se stanoví ze vzorce:

$$Q_p = A \cdot D_{21} \cdot 24 \cdot e_A \cdot 3,6 \cdot 10^{-3} \quad [\text{GJ}]$$

Výsledky za celou obec podle míry zateplení obálky objektu jsou pro obě posuzované topné sezóny uvedeny v Tab. 25 a Tab. 26.

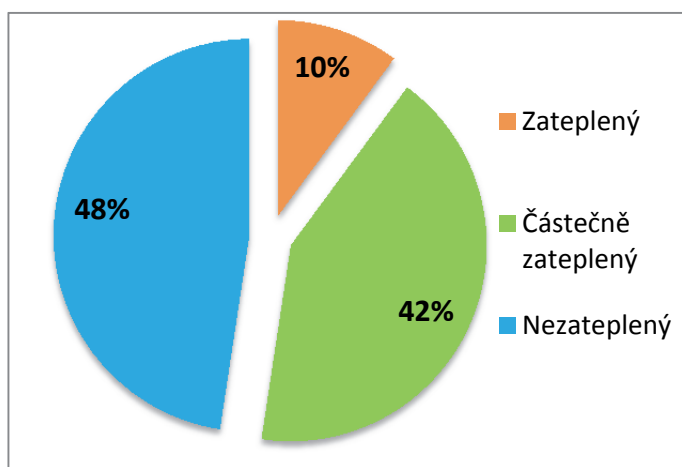
Tab. 25 Potřeba tepla na vytápění za topnou sezónu 2010/2011

Objekt	Vytápěná plocha [m ²]	D ₂₁ [d.K]	Měrná potřeba tepla na vytápění [W/m ² K]	Potřeba tepla na vytápění [GJ]
Zateplený	8 248		1,19	3 461
Částečně zateplený	25 940	4 081	1,58	14 451
Nezateplený	19 469		2,37	16 269
Celkem	53 657	-	1,81	34 180

Tab. 26 Potřeba tepla na vytápění za topnou sezónu 2014/2015

Objekt	Vytápěná plocha [m ²]	D ₂₁ [d.K]	Měrná potřeba tepla na vytápění [W/m ² K]	Potřeba tepla na vytápění [GJ]
Zateplený	10 837		1,19	2 541
Částečně zateplený	11 075	2 996	1,58	10 610
Nezateplený	31 745		2,37	11 945
Celkem	53 657	-	1,81	25 096

Podíl objektů na celkové potřebě tepla pro vytápění je dle úrovně zateplení graficky znázorněn na Obr. 28. Rozdíl mezi topnými sezónami je patrný pouze v absolutních číslech, přičemž v teplejším období 2014/2015 vychází potřeba tepla nižší téměř o 27 %.



Obr. 28 Potřeba tepla na vytápění dle míry zateplení objektu

Do emisní bilance v případě Metylovic vstupují pouze lokální spalovací zdroje malých výkonů. Ostatní způsoby vytápění využívají energii, jejíž získání není spojeno se vznikem znečišťujících látek, nebo se tyto uvolňují do ovzduší v poměrně velké vzdálenosti od

katastru obce. Z tohoto důvodu je v Tab. 27 a Tab. 28 potřeba tepla na vytápění redukována pouze na paliva. Ve výpočtu je použit vážený průměr měrné potřeby tepla na vytápění $1,81 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\text{K}^{-1}$ (viz Tab. 25).

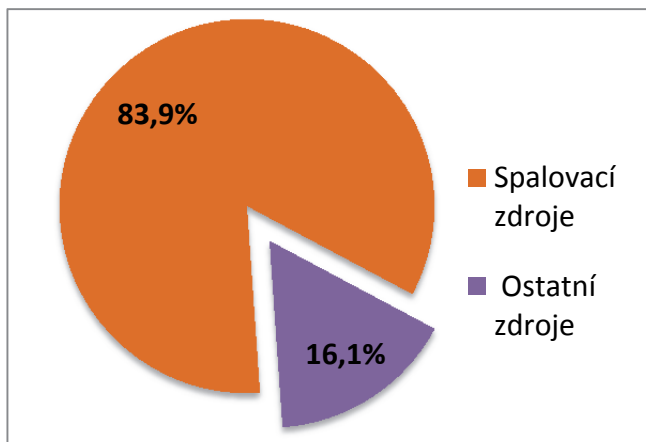
Tab. 27 Potřeba tepla na vytápění dle paliv za topnou sezónu 2010/2011

Palivo	Vytápěná plocha [m ²]	D ₂₁ [d.K]	Potřeba tepla na vytápění [GJ]
Černé uhlí	5 946		3 788
Hnědé uhlí	13 331		8 492
Biomasa	7 193	4 081	4 582
Zemní plyn	18 363		11 698
Propan	192		122
Celkem	45 025	-	28 681

Tab. 28 Potřeba tepla na vytápění dle paliv za topnou sezónu 2014/2015

Palivo	Vytápěná plocha [m ²]	D ₂₁ [d.K]	Potřeba tepla na vytápění [GJ]
Černé uhlí	5 946		2 781
Hnědé uhlí	13 331		6 235
Biomasa	7 193	2 966	3 364
Zemní plyn	18 363		8 589
Propan	192		90
Celkem	45 025	-	21 058

Spalovací zdroje se tak na krytí potřeby tepla na vytápění domácností podílejí 4/5 jak dokumentuje Obr. 29.



Obr. 29 Podíl spalovacích zdrojů na krytí potřeby tepla na vytápění

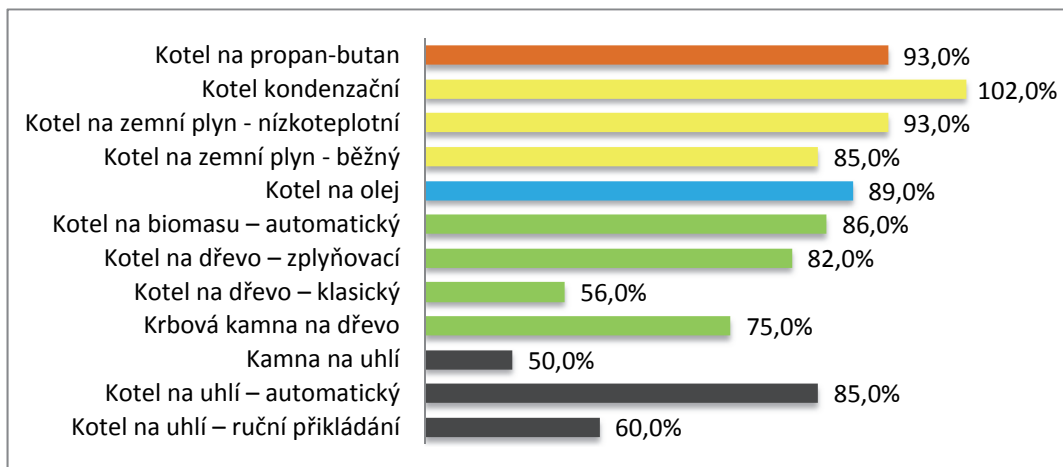
Při detailním rozboru skladby spalovacích zařízení, na základě údajů z kapitoly 4.3, zjistíme potřebu tepla na vytápění dle konstrukce spalovacího zařízení. V úvahu jsou zde brány pouze teplovodní kotle na tuhá paliva.

Tab. 29 Potřeba tepla na vytápění dle konstrukce spalovacího zařízení

Typ kotle	Vytápěná plocha [m ²]	Potřeba tepla 2010/2011 [GJ]	Potřeba tepla 2014/2015 [GJ]
Prohořivací na uhlí	2 659	1 694	1 244
Odhořivací na uhlí	14 530	9 256	6 796
Prohořivací na dřevo	3 229	2 057	1 510
Odhořivací na dřevo	570	363	267
Automatický na uhlí	1 330	847	622
Automatický na biomasu	570	363	267
Zplyňovací	1 425	907	666
Celkem	24 312	15 487	11 371

4.7. Spotřeba tepla a paliv na vytápění

Zatímco měrná potřeba tepla na vytápění je veličina závislá výhradně na tepelně-izolačních vlastnostech obálky budovy, spotřeba tepla již musí reflektovat i kvalitativní parametry topného systému. Jelikož smyslem emisní bilance obce je zjistit množství lokálně vyprodukovaných znečišťujících látek, je v dalším textu pracováno pouze se spalovacími zařízeními. Topné systémy založené na přeměně elektrické energie v teplo jako jsou přímotopy, akumulární vytápění nebo tepelná čerpadla, nejsou při výpočtech spotřeb zohledňovány a jejich energetické účinnosti proto nejsou v níže uvedených přehledech zmiňovány.



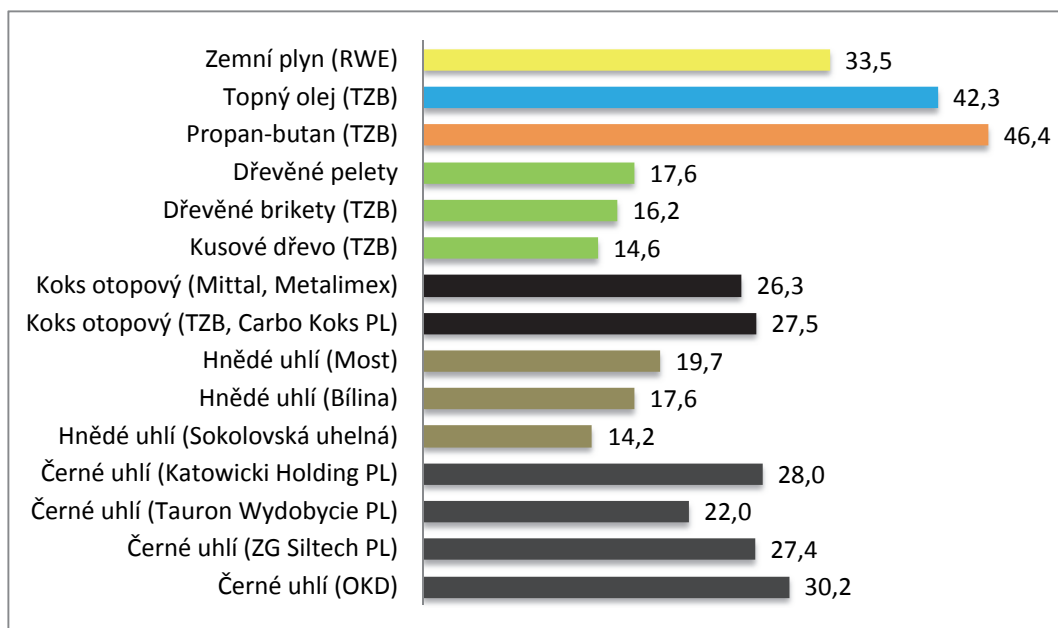
Obr. 30 Přehled účinností malých spalovacích zařízení

V rámci studie jsou při výpočtech spotřeb tepla na vytápění používány vážené průměry typických účinností z Obr. 30, kdy jako váha posloužily podíly daných konstrukcí spalovacího zařízení na spotřebě paliv (viz kapitola 4.3). Účinnost kondenzačního kotle je vztažena na výhřevnost paliva. Získat z paliva více energie než 100 % je možné z toho důvodu, že je využíváno latentní teplo při kondenzaci spalin, které ve výhřevnosti zahrnuto není.

Tab. 30 Výpočtové účinnosti spalovacích zařízení

Zdroj	Účinnost [%]
Kotel na černé uhlí	62,7
Kotel na hnědé uhlí	61,3
Kamna na uhlí	50,0
Krbová kamna na dřevo	75,0
Kotel na dřevo	63,0
Kotel na zemní plyn	93,0
Kotel na propan-butan	93,0

Při určování hmotnostního, případně objemového množství paliva potřebného při dané účinnosti topného systému k pokrytí potřeby tepla na vytápění v bytech, bylo využito znalosti výhřevností různých druhů v Moravskoslezském kraji dostupných paliv.



Obr. 31 Přehled výhřevností paliv v MJ/kg (zemní plyn v MJ/m_N³)

Do výpočtových postupů byly dosazovány vybrané hodnoty výhřevností paliv, jež jsou přehledně uvedeny v Tab. 31.

Tab. 31 Výpočtové výhřevnosti paliv

Palivo	Výhřevnost [MJ/kg]
Černé uhlí (včetně koksu)	28,0
Hnědé uhlí	17,6
Biomasa	14,7
Propan-butan	46,4
Zemní plyn	33,5 (MJ/m ³)

Při zohlednění výše předložených účinností spalovacích zařízení η_{zdr} a výhřevností paliv Q_i získáme množství paliva nezbytného pro zajištění potřeby tepla na vytápění Q_p .

$$m_{pal} = Q_{p,pal} \cdot Q_{i,pal} \cdot \eta_{zdr} \quad [\text{kg/rok}]$$

Výsledné hodnoty spotřeb pro topnou sezónu 2010/2011 a 2014/2015 jsou uvedeny v Tab. 32 a Tab. 33. Účinnosti pro dané palivo představují vážený průměr všech spalovacích zařízení, tj. teplovodních kotlů i kamen.

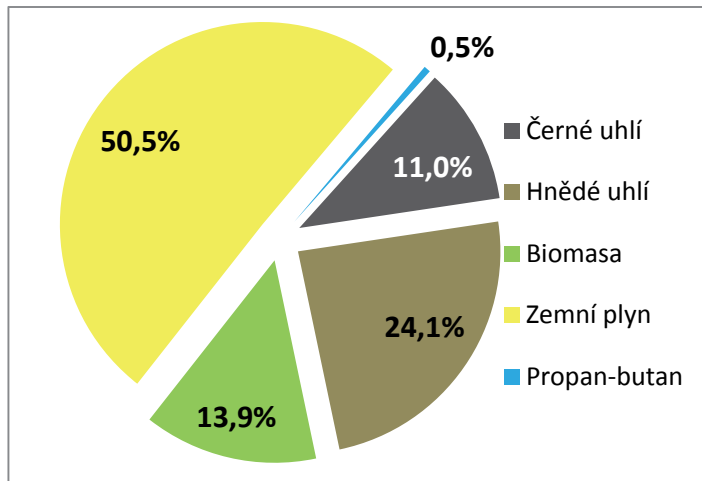
Tab. 32 Spotřeba paliv na vytápění za topnou sezónu 2010/2011

Palivo	Potřeba tepla [GJ]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]	Spotřeba paliva [m ³]
Černé uhlí	3 788	28,0	62,3	216 988	-
Hnědé uhlí	8 492	17,6	61,0	791 074	-
Biomasa	4 582	14,7	65,3	477 117	-
Zemní plyn	11 698	33,5	93,0	-	375 466
Celkem	28 560	-	-	1 485 179	375 466

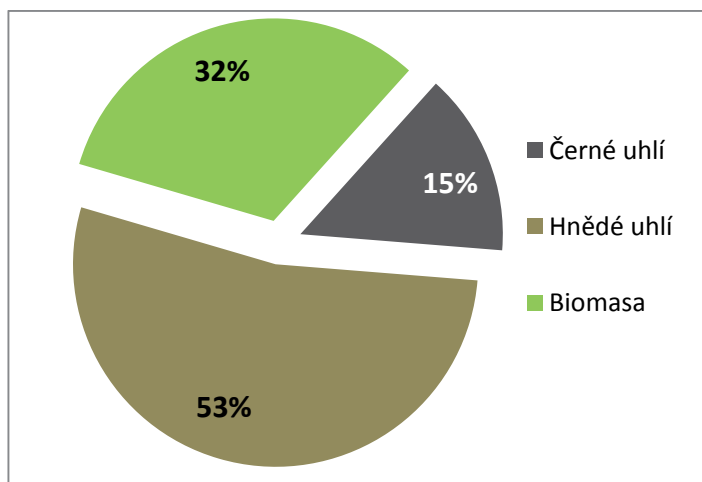
Tab. 33 Spotřeba paliv na vytápění za topnou sezónu 2014/2015

Palivo	Potřeba tepla [GJ]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]	Spotřeba paliva [m ³]
Černé uhlí	2 781	28,00	62,3	159 317	-
Hnědé uhlí	6 235	17,60	61,0	580 821	-
Biomasa	3 364	14,71	65,3	350 309	-
Zemní plyn	8 589	33,50	93,0	-	275 674
Celkem	20 969	-	-	1 090 447	275 674

Podíly jednotlivých paliv na množství tepla spotřebovaného pro vytápění domácností jsou patrné z Obr. 32. Zastoupení uhlí a biomasy v rámci spotřeby jen tuhých paliv znázorňuje Obr. 33.



Obr. 32 Příspěvek paliva ke spotřebovanému teplu na vytápění

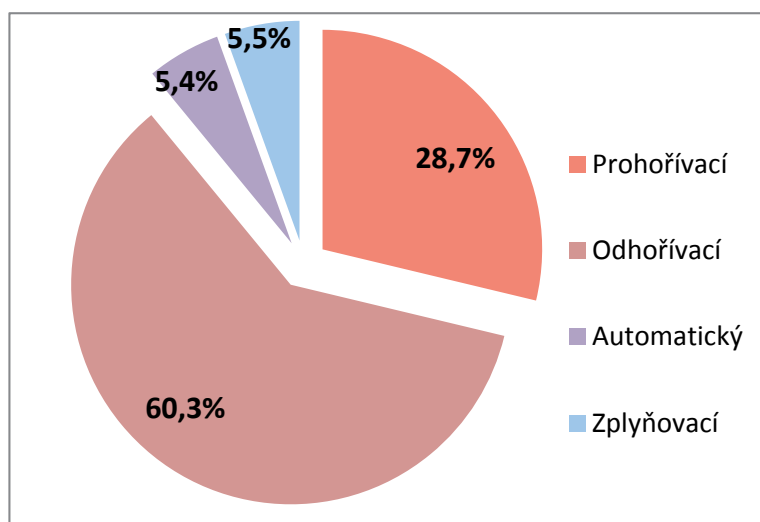


Obr. 33 Hmotnostní podíly v rámci kategorie tuhých paliv

Množství paliva spotřebovaného za účelem vytápění domácností pro různé konstrukce teplovodních kotlů na tuhá paliva v závislosti na topné sezóně je uvedeno v přehledové Tab. 34. Jejich podíly na celkové spotřebě pak znázorňuje Obr. 34.

Tab. 34 Spotřeba paliv na vytápění dle konstrukce spalovacího zařízení

Typ konstrukce	Spotřeba paliva 2010/2011 [kg]	Spotřeba paliva 2014/2015 [kg]
Prohořivací	392 115	287 898
Odhořivací	822 441	603 852
Automatický	74 108	54 411
Zplyňovací	75 222	55 229
Celkem	1 363 886	1 001 391



Obr. 34 Podíly teplovodních kotlů na spotřebě paliv pro vytápění domácností

5. Znečišťující látky z vytápění domácností

Z hlediska vlivu vytápění domácností na zdraví lidí a životní prostředí se téměř výhradně jedná o dopady způsobené sníženou kvalitou ovzduší. Znečišťující látky jsou do ovzduší vnášeny přímo (primární znečištění), nebo v něm dodatečně vznikají následkem chemických reakcí (sekundární znečištění). Škodlivé jsou jak plynné látky, tak prachové částice, které navíc na svém povrchu mohou adsorbovat kovy či jiné rizikové prvky a sloučeniny.

Podmínky vzniku znečišťujících látek a jejich možná eliminace řízením spalovacího procesu (primární opatření) jsou u některých druhů známy, u jiných se o těchto věcech stále vedou živé diskuze. Mezi škodliviny, jejichž vznik se nedá prakticky vůbec nebo jen ve velmi omezené míře ovlivnit vedením spalovacího procesu, patří například oxid siřičitý, prachové částice, chlor, fluor a toxické kovy. Jejich množství je totiž dáno už složením paliva. Naopak k látkám, jejichž produkci lze řízením spalovacího procesu výrazně omezit, se řadí hlavně oxid uhelnatý, uhlovodíky a dále oxidy dusíku. Polychlorované dibenzodioxiny, dibenzofurany a bifenylly pak představují zástupce těch znečišťujících látek, u nichž není mechanismus vzniku dosud dostatečně objasněn.

Přehled nejčastěji sledovaných emisí vznikajících v souvislosti se spalováním paliv v kotlech malých výkonů je stručně uveden v následující kapitole.

5.1. Druhy znečišťujících látek

NO_x

Existuje vícero druhů oxidů dusíku, přičemž v ovzduší nejběžněji vyskytující se jsou NO a NO₂, které souhrnně označujeme jako NO_x. Oba vznikají při spalování, nejdříve jako NO, který se posléze při nižších teplotách mění na NO₂. Oxidy dusíku nemají při normálních koncentracích zásadní vliv na zdraví lidí. Při dlouhodobém vystavení vyšším koncentracím však může docházet ke vzniku astmatických onemocnění. Významnou roli NO₂ sehrává při tvorbě kyselých dešťů, které zvyšují kyselost půdy a vodních toků, čímž nepříznivě působí na faunu a flóru.

SO₂

Účinek SO₂ se při krátkodobé expozici nad koncentraci 250 µg/m³ projevuje zvýšením počtu akutních respiračních chorob. V Moravskoslezském kraji denní průměry dosahují hodnoty maximálně 125 µg/m³. V případě dlouhodobé expozice byl nárůst respiračních symptomů pozorován při koncentraci 100 µg/m³, což je poměrně vysoko nad ročním průměrem v MSK, který se pohybuje v rozmezí 2,4 – 22,7 µg/m³ [11]. Lokální vytápění domácností nepatří k hlavním producentům této látky. Z hlediska ekologického působení je SO₂ příčinou kyselých dešťů a narušuje fotosyntézu rostlin.

TZL

Pod pojmem tuhé znečišťující látky si lze představit částice libovolného tvaru, struktury nebo hustoty rozptýlené v odpadním plynu, které mohou být zachyceny filtrací. Soubor tuhých a kapalných částic o velikosti 1 nm až 100 µm se v meteorologii označuje jako atmosférický aerosol. Tento soubor se dále podle vlivu na zdraví člověka dělí na velikostní

skupiny. Obecně platí, že čím menší má částice průměr, tím déle setrvává v atmosféře a způsobuje větší zdravotní rizika. Částice menší než 10 μm (PM_{10}) se již usazují v dýchacích cestách. Částice pod 1 μm (PM_1) mohou dokonce vstupovat až do plicních sklípků. Výsledkem inhalací je pak poškození plicního a kardiovaskulárního systému, což je navíc umocněno adsorbovanými karcinogenními sloučeninami.

Lokální vytápění domácností je jednou z nejvýznamnějších příčin vzniku TZL. Velmi orientačně podíl PM_{10} v TZL představuje 75 % při spalování uhlí a 95 % při spalování dřeva[10]. Je však nutné mít na paměti, že se jedná o primární částice. Z tzv. prekurzorů vznikají v atmosféře ještě sekundární částice, což znamená, že výsledné znečištění ovzduší částicemi může být do značné míry způsobeno zdroji, které neprodukují velká množství TZL, ale emitují prekurzory jako například NO_x .

TOC a VOC

TOC značí celkový organický uhlík. Nejedná se o skupinu látek, ale o analytický ukazatel, pod který spadají velmi jednoduché uhlovodíky, ale i alifatické uhlovodíky, benzeny až polychlorované organické látky. TOC je sledován nejen s ohledem na jeho vliv na lidské zdraví, ale v posledních letech byly prokázány také dopady na globální klima.

VOC jsou těkavé organické látky, které se významně podílejí na procesu tvorby přízemního ozónu a dalších fotooxidačních znečišťujících látek. Podílejí se také na vzniku aerosolů. Některé látky působí pouze na lidské smysly, některé mohou vykazovat narkotické či dráždivé účinky, jiné jsou potenciálními karcinogeny (např. benzen nebo 1,3-butadien). Vznik benzenu je nejvíce spojován s výrobou koksu. Nejvýznamnějším zdrojem emisí VOC je sektor užití a aplikace rozpouštědel. Příspěvek lokálního spalování ve výši 20 % však také není zanedbatelný. Poměr TOC/VOC je vždy menší než 1.

PAU

Polycyklické aromatické uhlovodíky je široká skupina látek, mezi které spadá například naftalen, fluoren, fenantren, pyren, chrysen nebo antracen. Koncentrace PAU se vyjadřují jako součet benzo(a)pyrenu, benzo(b)fluoranthenu, benzo(k)fluoranthenu a indeno(1,2,3-cd)pyrenu. PAU jsou toxické pro celou řadu organismů, přičemž mají mutagenní a karcinogenní účinky. Vznikají při spalování všech druhů uhlíkatých paliv. Jsou schopné transportu na velké vzdálenosti a odolávají přirozeným rozkladným procesům. PAU společně s TZL patří mezi nejproblematictější znečišťující látky vznikající při vytápění domácností.

PCB

Mezi polychlorované bifenylly spadá až 209 sloučenin (tzv. kongenerů) s různými vlastnostmi a degradovatelností, která má vliv na změnu složení směsi PCB v průběhu času. V atmosféře se PCB vyskytují převážně v plynné formě, malá část je vázaná na pevné částice. Doba setrvání jednotlivých kongenerů v ovzduší může být až 1,5 roku. Do těla PCB vstupují inhalačně, ve větší míře pak orálně v kontaminovaných potravinách. Expozice ovlivňuje trávicí a vylučovací soustavu, kardiovaskulární, imunitní a reprodukční systém. PCB jsou podezřelé z karcinogenních účinků. Značná část bifenylů pochází z výrobků (oleje, přísady do barev, prostředky na ochranu rostlin, apod.), které se v dnešní době už nevyrábějí. Nejvýznamnějším zdrojem tak je redistribuce již dříve uvolněných PCB. Dalším zdrojem

úniku do životního prostředí jsou kaly z odpadních vod a spalování průmyslových a komunálních odpadů.

PCDD/F

Polychlorované dibenzodioxiny a dibenzofurany (PCDD/PCDF) tvoří skupinu látek, které jsou mimořádně toxické. Vznikají syntézou jednoduchých molekul v teplotním okénku vymezeném 180 a 500 °C. Základním předpokladem pro jejich zformování je uhlík, chlór, katalyzátor (např. Cu) a oxidační činidlo. Emise PCDD/PCDF jsou vysoce závislé na vedení spalovacího procesu a způsobu ochlazování spalin. V praxi se tak můžeme setkat s poměrně velkým rozptylem emisních koncentrací. Ačkoliv má rostlinná biomasa poměrně vysoký podíl chlóru, není vznik dioxinů problémem. To se zpravidla vysvětluje vysokým obsahem alkálií, jež vedou ke vzniku solí KCl a NaCl, které znesnadňují přechod chlóru do plynné fáze.

Expozice těmito látkami je nebezpečná z hlediska jejich toxických, karcinogenních a teratogenních vlastností. Jejich persistence v biosféře, dobrá rozpustnost v tucích a pomalý metabolismus, mají za následek postupnou kumulaci těchto látek v živých organismech.

5.2. Imisní zatížení

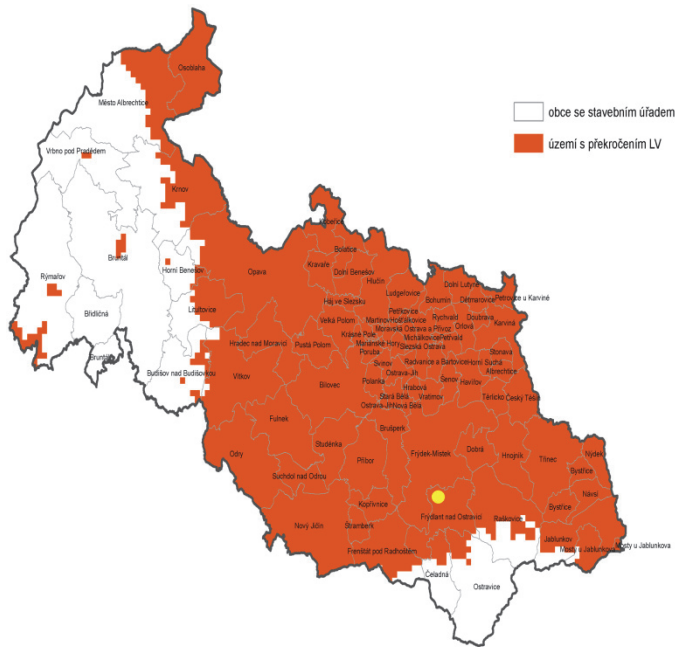
Imise představují hmotnostní koncentraci znečišťujících látek v ovzduší nebo její depozici na zemském povrchu za jednotku času. Zatímco emise jsou měřeny přímo na zdroji, imise jsou monitorovány až v prostředí. Je tedy zřejmé, že imise dosahují řádově nižších koncentrací, protože látky jsou rozptýleny ve větším objemu. Nejvýše přípustnou úroveň znečištění imisním limitem definuje zákon č. 201/2012 Sb. o ochraně ovzduší (Tab. 35).

Tab. 35 Imisní limity znečišťujících látek platné na území ČR [16]

Znečišťující látka	Doba průměrování	Imisní limit	Maximální počet překročení
Oxid siřičitý	1 hodina	350 μm^3	24
Oxid siřičitý	24 hodin	125 μm^3	3
Oxid dusičitý	1 hodina	200 μm^3	18
Oxid dusičitý	1 kalendářní rok	40 μm^3	0
Benzen	1 kalendářní rok	5 μm^3	0
Částice PM ₁₀	24 hodin	50 μm^3	35
Částice PM ₁₀	1 kalendářní rok	40 μm^3	0
Částice PM _{2,5}	1 kalendářní rok	25 μm^3	0

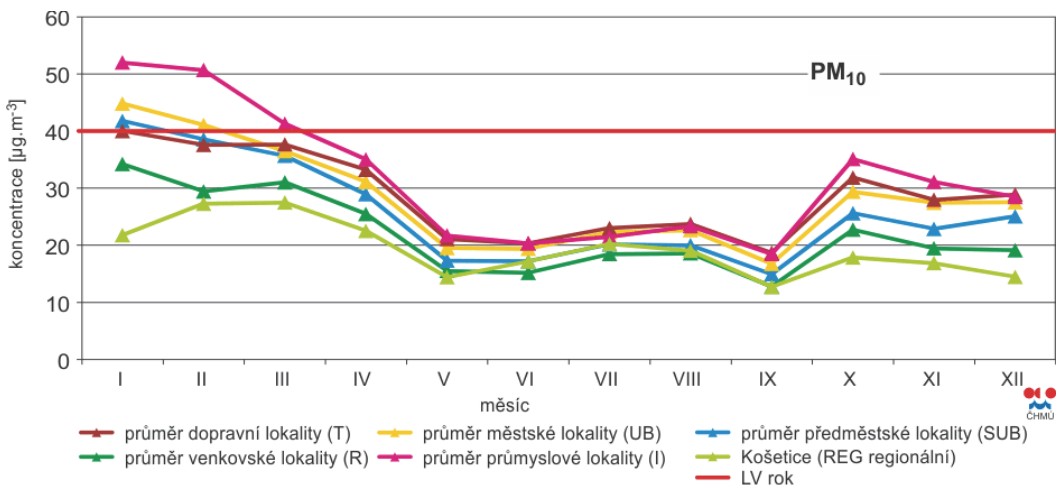
Území, kde došlo k překročení hodnot imisních limitů a cílových imisních limitů pro ochranu zdraví alespoň u jedné znečišťující látky, se označuje jako oblast zhoršené kvality ovzduší (OZKO). Její grafické znázornění je vypracováváno pro každý kalendářní rok, přičemž

velikost je zpravidla určována lokalitami s překročením denního limitu PM_{10} . Rozsah OZKO v MSK v roce 2010 je patrný z Obr. 35.



Obr. 35 Vymezení OZKO v MSK v roce 2010 [17]

V letních měsících jsou koncentrace sledovaných znečišťujících látek znatelně nižší než v zimním období a překročení denních imisních limitů se objevuje jen výjimečně. V zimě dochází ke značnému zvýšení produkce emisí z domácností, což souvisí s vyápěním především rodinných domů. Nízká výška komínů je málo účinná při rozptylování znečišťujících látek v atmosféře, čemuž obvykle napomáhají i zhoršené meteorologické podmínky (teplota, proudění, atd.). Vývoj imisních koncentrací v průběhu kalendářního roku je demonstrován na příkladu suspendedovaných částic PM_{10} (Obr. 36).



Obr. 36 Roční chod průměrných měsíčních koncentrací PM_{10} [ČHMÚ]

Přes rozsáhlou plynofikaci českých obcí, patří tuhá paliva stále k široce využívanému zdroji energie. Tato paliva jsou tradičně spalována v teplovodních kotlích s ručním přikládáním, které samy o sobě vykazují poměrně vysoké emise. Pokud se k tomuto přidá i lidský faktor v podobě přiložení nesprávného množství paliva, které neodpovídá max. cca dvouhodinovému cyklu přikládání, případně se spaluje vlhké palivo či příměs odpadů a navíc je přiškrcen přívod spalovacího vzduchu, pak může docházet k násobnému nárůstu emisí v řádu jednotek tisíc i více.

Oxid siřičitý

Hlavním antropogenním zdrojem oxidu siřičitého (SO₂) je výroba surového železa a spalování fosilních paliv v teplárnách a elektrárnách. Tyto zdroje mají více než 90 % podíl na emisi SO₂ do ovzduší. Jejich souhrnná produkce však neustále klesá, díky čemuž v posledních letech nebyly na území kraje překročeny imisní limity SO₂ pro hodinovou ani 24hodinovou koncentraci. V Metylovicích byl v období 2009 až 2013 zjištěn pětiletý průměr 4. nejvyšší (tj. první nad rámec povolených překročení) koncentrace SO₂ ve výši 35,9 μ/m³ [9], který představuje zhruba 30 % imisního limitu.

Suspendované částice frakce PM₁₀ a PM_{2,5}

Hlavními zdroji celkových emisí, tj. primárních částic a prekurzorů sekundárních částic (SO₂, NO_x, NH₃) je v České republice veřejná energetika (výroba elektrické a tepelné energie), doprava a výrobní procesy.

Mezi emisemi TZL a imisemi částic PM₁₀ a PM_{2,5} obvykle nelze vysledovat přímou vzájemnou spojitost. Vyšší produkce TZL na zdrojích nemusí nutně znamenat vyšší koncentrace prachu v ovzduší, v některých letech jsou dokonce tendence přesně opačné. Z toho vyplývá, že existují další určující faktory ovlivňující kvalitu ovzduší. Velice významná je role rozptylových podmínek a dálkový přenos.

Imisní limit 24hodinové koncentrace PM₁₀ bývá každoročně překročen na téměř všech měřicích stanicích v Moravskoslezském kraji.

Podle ročního chodu koncentrací PM_{2,5} ve vztahu k překročení ročního cílového imisního limitu lze konstatovat, že znečištění ovzduší touto látkou se vyskytuje zejména v chladném období roku (měsíce leden, únor, listopad, prosinec). Vyšší koncentrace této látky v chladném období jsou důsledkem emisí z vytápění a horších rozptylových podmínek.

Výsledky měření indikují, že poměr frakce PM_{2,5} a PM₁₀ není konstantní, ale vykazuje určitý sezónní průběh a zároveň je závislý na umístění lokality. V MSK je orientační poměr frakce PM_{2,5} a PM₁₀ 0,69 (červen–srpen) až 0,87 (leden).

Vytápění v zimním období může být tedy důvodem vyššího podílu frakce PM_{2,5} oproti frakci PM₁₀. Vyšší poměr PM_{2,5}/PM₁₀ na lokalitách v Moravskoslezském kraji souvisí s větším podílem průmyslových zdrojů v oblasti Ostravsko-Karvinska.

V Metylovicích byla průměrná koncentrace PM₁₀ za roky 2009 až 2013 vyhodnocena na úrovni 32,2 μg/m³, což je 80 % imisního limitu pro kalendářní rok. V případě PM_{2,5} byla zjištěna hodnota 24,3 μg/m³, tj. 97 % limitu [9].

Oxidy dusíku

Při sledování a hodnocení kvality venkovního ovzduší se pod termínem oxidy dusíku (NO_x) rozumí směs oxidu dusnatého (NO) a oxidu dusičitého (NO_2). Imisní limit pro ochranu zdraví lidí je stanoven pro NO_2 , limit pro ochranu ekosystémů a vegetace je stanoven pro NO_x .

K překročení ročního imisního limitu NO_2 dochází pouze na omezeném počtu stanic, a to na dopravně exponovaných lokalitách aglomerací a velkých měst. Vyšší koncentrace této látky se mohou vyskytovat i v blízkosti místních komunikací v obcích s intenzivní dopravou a hustou místní dopravní sítí. V Metylovicích byla v období 2009–2013 zaznamenána hodnota pětiletého průměru NO_2 $15,4 \mu\text{m}^3$, což odpovídá cca 40 % průměru ročního imisního limitu [9].

Benzen

Antropogenní zdroje produkují více než 90 % celkových emisí do atmosféry. Hlavním emisním zdrojem jsou spalovací procesy, především mobilní zdroje, které představují cca 85 % celkových antropogenních emisí aromatických uhlovodíků, přičemž převládající část připadá na emise z výfukových plynů. Odhaduje se, že zbývajících 15 % emisí pochází ze stacionárních zdrojů.

V roce 2010 a 2011 byla hodnota imisního limitu překročena na lokalitě Ostrava-Přívoz. Vyšší koncentrace souvisejí v této oblasti s průmyslovou činností, především s výrobou koku. Zprůměrovaná hodnota ročních koncentrací z let 2009 až 2013 pro Metylovice je $1,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$, tedy necelých 40 % imisního limitu [9].

Benzo(a)Pyren

Příčinou vnosu benzo(a)pyrenu do ovzduší, stejně jako ostatních polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU), jejichž je benzo(a)pyren hlavním představitelem, je jednak nedokonalé spalování fosilních paliv jak ve stacionárních, tak i mobilních zdrojích. Ze stacionárních zdrojů jsou to především domácí topeniště (spalování uhlí). Z mobilních zdrojů zejména vznětové motory spalující naftu

V roce 2010 a 2011 byly koncentrace benzo(a)pyrenu překročeny na 2/3 sledovaných lokalit. Nejvyšší roční průměrná koncentrace byla naměřena na průmyslové lokalitě Ostrava-Radvanice ZÚ ($10,1 \text{ ng}\cdot\text{m}^{-3}$), kde byla hodnota cílového imisního limitu překročena více než desetinásobně. Vysokých nadlimitních koncentrací je však dosahováno i na lokalitách dopravních, ale i na pozadových městských a předměstských. V Metylovicích se z naměřených hodnot podařilo určit pětiletý průměr za období 2009–2013 ve výši $1,7 \text{ ng}/\text{m}^3$ [9], imisní limit je $1 \text{ ng}/\text{m}^3$.

6. Měrné emise a emisní faktory paliv

Parametr udávající množství znečišťující látky uvolněné do atmosféry v důsledku lidské činnosti se nazývá emisní faktor. V případě spalování paliv se obvykle vyjadřuje v jednotkách hmotnosti znečišťující látky na hmotnostní či objemovou jednotku paliva. Často se také můžeme setkat s variantou, kdy emisní faktor je vztažen na jednotku energie obsažené v palivu, což je výhodné z hlediska přímého porovnání různých skupenství paliv.

Emisní faktory se uvádějí pro jednotlivé druhy paliv, což znamená, že představují určitou průměrnou hodnotu reprezentující celou škálu technologií. Je zřejmé, že každá technologie má jinou míru důležitosti, která může být kvantifikována například počtem instalací dané technologie, nebo ještě lépe podílem na množství vyrobené tepelné energie. Výsledný vážený průměr zohledňující toto rozdělení pak lépe charakterizuje celý soubor.

Na tomto principu je založeno i stanovení emisních faktorů pro paliva používaná k vytápění domácností, přičemž jako váha je využito procentuální zastoupení různých konstrukcí spalovacích zařízení v domácnostech. Konstrukční řešení má na množství produkovaných znečišťujících látek značný vliv a vhodnými úpravami lze dosáhnout znatelného snížení emisí. Tuto skutečnost můžeme pozorovat především u technologií na spalování tuhých paliv, kde se můžeme setkat s několika více či méně úspěšnými koncepty.

Hodnoty emisních faktorů se časem mění s tím, jak se postupně modernizují domácí spalovací zařízení. Dříve používané emisní faktory vycházely ze skutečnosti, že prakticky všechny kotle byly prohořivací nebo odhořivací konstrukce. Trendem poslední doby je nahrazování těchto zařízení novými technologiemi, jejichž měrné emise jsou řádově nižší.

6.1. Emisní faktory tradičních paliv

Měrné emise

Pro výpočet emisních faktorů byly použity měrné emise (ME) získané z experimentálních měření, která byla realizována v průběhu let 2008 až 2013 v akreditované zkušebně Výzkumného energetického centra. Zkoušky byly provedeny na celé řadě na českém trhu běžně dostupných spalovacích zařízení s různými druhy paliv. Za reprezentativní lze považovat hodnoty uvedené v Tab. 36 až Tab. 38.

Tab. 36 Měrné emise při spalování černého uhlí

Znečišťující látka	Prohořivací	Odhořivací	Automatický
TZL [g/kg]	8,95	7,81	1,75
TOC [g/kg]	15,94	23,24	0,20
NO _x [g/kg]	4,57	4,47	7,52
CO [g/kg]	136,67	107,07	6,52
SO ₂ [g/kg]	8,25	8,24	6,42
ΣPAU [mg/kg]	22,51	19,32	0,07
Benzo(a)pyren [mg/kg]	8,45	7,08	0,01
PCB [ng/kg]	69,25	129,91	522,93
PCDD/F TEQ [ng/kg]	4,44	10,74	71,48

Tab. 37 Měrné emise při spalování hnědého uhlí

Znečišťující látka	Prohořivací	Odhořivací	Automatický
TZL [g/kg]	23,97	4,89	0,82
TOC [g/kg]	36,58	1,97	0,26
NO _x [g/kg]	1,94	1,81	3,90
CO [g/kg]	111,86	82,41	10,04
SO ₂ [g/kg]	6,67	7,71	12,52
ΣPAU [mg/kg]	19,51	6,00	0,03
Benzo(a)pyren [mg/kg]	8,74	2,78	0,002
PCB [ng/kg]	60,69	24,11	8,62
PCDD/F TEQ [ng/kg]	1,15	0,32	0,07

Tab. 38 Měrné emise při spalování biomasy

Znečišťující látka	Prohořivací	Odhořivací	Automatický	Zplyňovací
TZL [g/kg]	1,88	1,49	1,15	0,72
TOC [g/kg]	9,46	12,92	1,14	3,90
NO _x [g/kg]	0,84	1,06	3,03	1,36
CO [g/kg]	87,40	65,40	22,38	35,87
SO ₂ [g/kg]	-	-	-	-
ΣPAU [mg/kg]	5,54	2,78	0,13	0,65
Benzo(a)pyren [mg/kg]	1,19	1,07	0,04	0,25
PCB [ng/kg]	51,04	68,21	41,04	11,61
PCDD/F TEQ [ng/kg]	0,50	0,39	12,1	0,09

Z výše uvedeného přehledu je evidentní, že ne vždy je pokročilejší spalovací technologie zárukou nižší produkce znečišťujících látek. V případě NO_x jsou zvýšené měrné emise u automatických kotlů způsobeny vyššími teplotami ve spalovací komoře, regulací přebytku vzduchu ale i konstrukcí hořáku.

Emisní faktory

Emisní faktor znečišťující látky i pro uhlí a biomasu je určen jako vážený průměr měrných emisí, kde váhou jsou podíly X_k jednotlivých konstrukcí na spotřebě paliva (viz Tab. 16).

$$EF_{UH,i} = \sum ME_{UH,k} \cdot X_{UH,k} \quad [\text{g/kg}]$$

$$EF_{BIO,i} = \sum ME_{BIO,k} \cdot X_{BIO,k} \quad [\text{g/kg}]$$

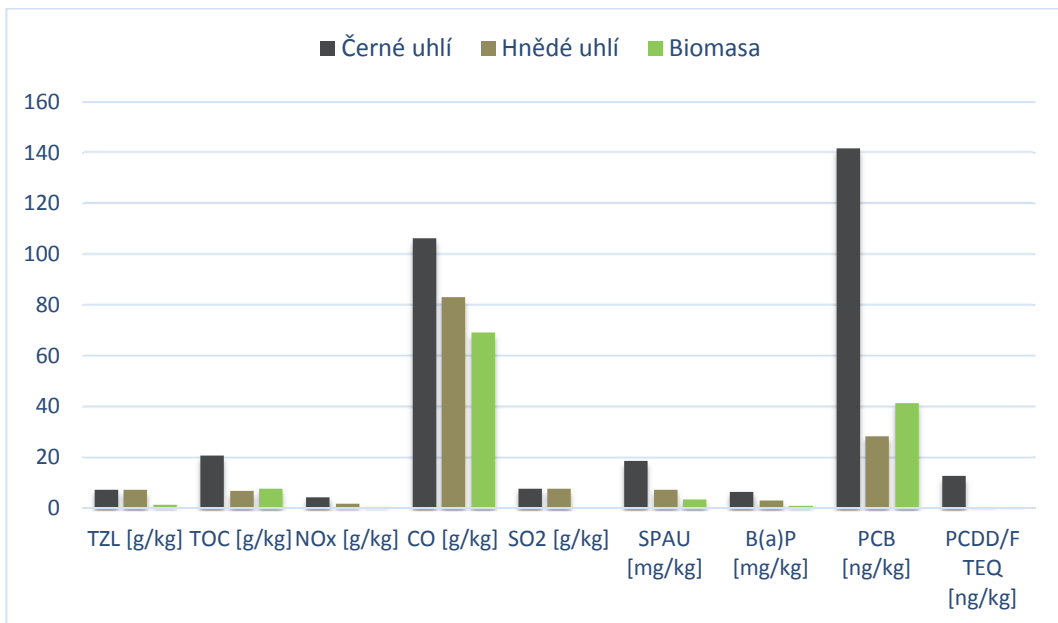
Pro zemní plyn byly použity měrné emise získané z provozních měření na stacionárním kotli Viadrus G27 Eco.

Tab. 39 Emisní faktory paliv

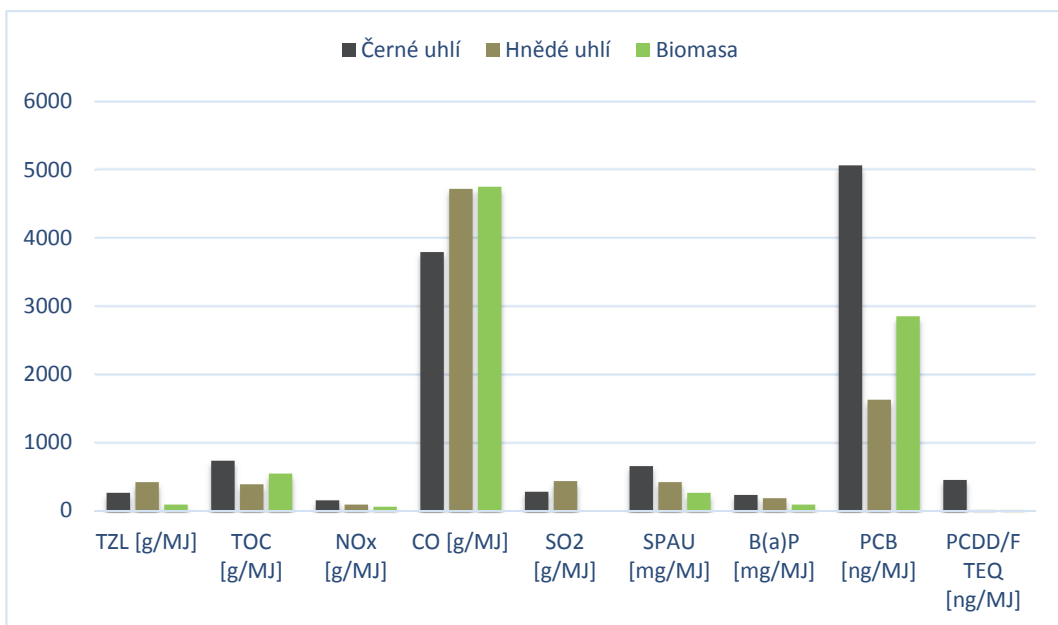
Znečišťující látka	Černé uhlí	Hnědé uhlí	Biomasa	Zemní plyn
TZL [g/kg]	7,67	7,48	1,57	0,02
TOC [g/kg]	21,00	6,97	8,17	0,02
NO _x [g/kg]	4,65	1,94	1,12	0,53
CO [g/kg]	106,30	83,06	70,76	0,02
SO ₂ [g/kg]	8,16	7,81	-	0,28
ΣPAU [mg/kg]	18,81	7,68	3,95	7,70
Benzo(a)pyren [mg/kg]	6,92	3,50	1,38	0,82
PCB [ng/kg]	141,56	28,71	44,68	32,64
PCDD/F [ng/kg]	12,98	0,43	1,25	0,30

EF pro zemní plyn jsou vztaženy na m³. ΣPAU představuje součet 4 nejtoxičtějších látek.

Názornější srovnání emisních faktorů pro tuhá paliva nabízí Obr. 37. Z něj může čtenář nabýt dojmu, že spalování černého uhlí má jednoznačně větší dopad na životní prostředí než spalování hnědého uhlí. Je třeba však mít na paměti, že mezi těmito palivy je poměrně výrazný rozdíl ve výhřevnosti, což znamená, že při stejné účinnosti přeměny energie ve spalovacím zařízení, je k výrobě daného množství tepla zapotřebí spálit o cca 40 % více hnědého uhlí oproti černému. Emisní faktory přepočítané na výhřevnost paliva na Obr. 38 proto dávají lepší představu o „čistotě“ paliva.



Obr. 37 Emisní faktory tuhých paliv (vztaženo na hmotnost paliva)



Obr. 38 Emisní faktory tuhých paliv (přepočteno na výhřevnost paliva)

6.2. Emisní faktory paliv s odpady

Měrné emise znečišťujících látek vznikajících při spoluspalování tuhých paliv s odpadními plasty byly zjišťovány prostřednictvím experimentálních spalovacích zkoušek na akreditované zkušební Výzkumného energetického centra a zkušební Žilinské univerzity. Zkoušky byly realizovány na začátku roku 2015. Plasty reprezentují hořlavé složky komunálního odpadu, kterých je v domácnostech vždy dostatek a jejich spalování v lokálních topeništích je poměrně snadné, a proto také časté. V neposlední řadě jsou i lehce specifikovatelné z hlediska materiálového složení, což umožňuje zajistit dobré podmínky pro opakovatelnost výsledků zkoušek.

Spalovací zařízení

Pro zkoušky byl vybrán litinový teplovodní kotel Viadrus Hercules U26 s prohořivací koncepcí spalování, jakožto zástupce tradiční a velmi rozšířené technologie pro vytápění domácností. V Metylovicích kotle tohoto typu využívá přibližně čtvrtina všech domácností, které spalují tuhá paliva. Spalinový trakt je tvořen pouze jedním tahem, přičemž spaliny prostupují celou vrstvou paliva. Hrubá regulace výkonu je možná změnou komínového tahu pomocí kouřové klapky. V jemném rozmezí se regulace provádí ruční úpravou přívodu vzduchu pod rošt prostřednictvím dusivky.



Obr. 39 Kotel Hercules U26 od výrobce Viadrus [12]

V uvedeném kotli se nedoporučuje spalovat hnědé uhlí. Výrobce certifikovaná paliva a jejich parametry předkládá Tab. 40.

Tab. 40 Doporučená paliva pro zkušební kotel

Palivo	Výhřevnost [MJ.kg ⁻¹]	Max. vlhkost [%]	Jmenovitý výkon [kW]
Koks	26-30	15	30
Černé uhlí	26-28	15	22,5
Dřevo	14-18	20	20

Tento typ kotle představuje nejstarší a konstrukčně nejjednodušší řešení, které se promítá do nízké ceny, ale také do nízké účinnosti, nedokonalé regulace a vysokých měrných emisí. Zkoušený kotel splňuje nejnižší emisní třídu 1 dle normy EN 303-5:1999 s požadavky uvedenými v Tab. 41.

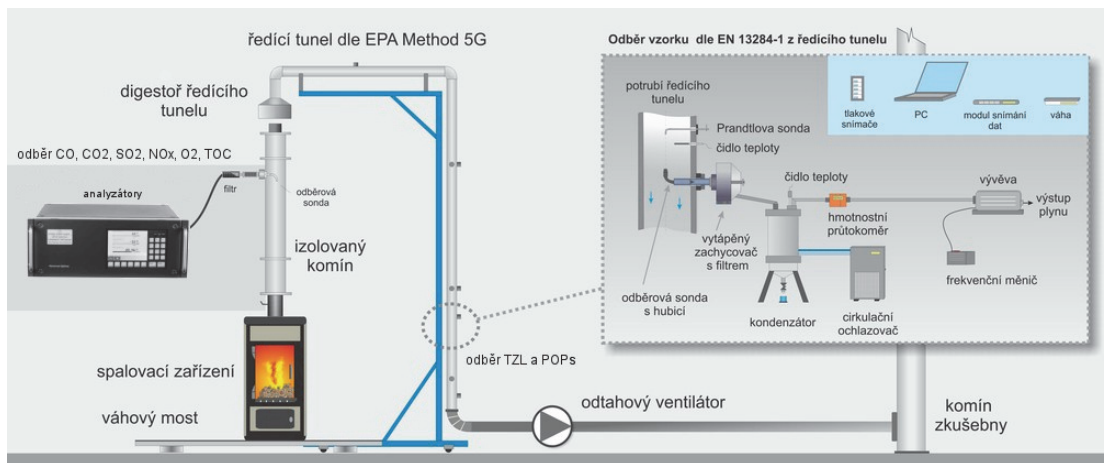
Tab. 41 Požadavky pro splnění emisní třídy 1 [15]

Požadavek	Max. hodnota
Koncentrace CO	25 000 mg/m ³
Koncentrace TOC	2 000 mg/m ³
Koncentrace TZL	200 mg/m ³
Minimální účinnost	54,8 %

Koncentrace platné pro suché spaliny, 0°C, 101 kPa a 10 % O₂.

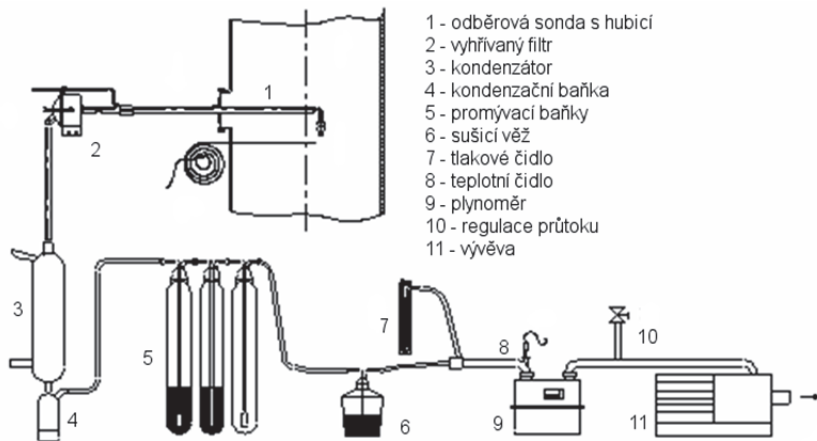
Metodika měření

Výkonové parametry kotle byly zjišťovány na připojené zkušební smyčce, kterou byly měřeny vstupní a výstupní teploty topné vody a její průtok. Za účelem stanovení účinnosti přímou i nepřímou metodou byla dále měřena teplota odcházejících spalin a vyhodnocována spotřeba paliva. Z tohoto důvodu byl kotel umístěn na váhový most (Obr. 40).



Obr. 40 Schematické uspořádání zkušebního stanoviště

Složení spalin ve formě objemových koncentrací O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂ a TOC bylo sledováno s pomocí analyzátorů. Odběr TZL, PAU, PCB a PCDD/F byl proveden s využitím filtračně-kondenzačního vzorkovacího systému [13]. Emise PCDD/F, PCB a PAU, které jsou zčásti obsaženy v plynné fázi a zčásti adsorbovány na pevných částicích, byly zachycovány ve vzorkovací trati (Obr. 41).



Obr. 41 Schéma odběrové aparatury

Vzorek plynu je prosáván hubicí, sondou a vyhřívaným filtrem. Poté plyn prochází kondenzátorem a kondenzační baňkou, kde se chladí na teplotu pod 20 °C. Následují dvě promývací baňky naplněné 0,5 l směsí ethylenglykol-monoethylether/voda v poměru 1:2. Za sušicí věží na konci odběrové trati je čerpadlo s plynoměrem a regulační člen.

Filtr a prachové částice na něm zachycené tvoří první část složeného vzorku. Po odběru je filtr vážen s cílem stanovení koncentrace TZL. Vnitřní část vyhřívané titanové sondy je po ukončení postupně opláchnuta demineralizovanou vodou, acetonem a hexanem. Oplach sondy tvoří druhou část složeného vzorku.

Po ukončení odběru je obsah promývacích baňek sloučen s kondenzátem, všechny nevyhřívané části aparatury přicházející do styku se vzorkem jsou opláchnuty acetonem a hexanem a poté je oplachová kapalina přidána ke kondenzátu. Tyto kapalné podíly tvořící třetí část složeného vzorku jsou spolu s oplachem sondy odesílány do akreditované laboratoře k podrobné analýze.

Rozsah měření

Experimentální měření sestávalo z celkem 24 spalovacích zkoušek rozdělených do dvou etap podle použitého paliva. V první etapě se uskutečnilo 15 zkoušek, kdy jako palivo posloužilo jednak samotné bukové dřevo, dále pak dřevo s PET lahvemi a dřevo s PE sáčky (vysokohustotní a nízkohustotní polyethylen). Měření probíhalo při dvou různých výkonových úrovních kotle. Jednalo se o zkušební režimy, při nichž byl udržován přibližně jmenovitý tepelný výkon (102 až 115 %) a snížený výkon (52 až 66 %). Obsah vody ve dřevě byl zhruba 10 %, což značí dobře vysušené palivo. Při jmenovitém výkonu kotle byla spalovací zkouška s daným palivem dvakrát opakována, a to vždy v jiný den. Při sníženém výkonu se každé měření opakovalo jednou. Kromě dvou případů při jmenovitém výkonu byla standardní doba spalovací zkoušky 4 hodiny s příkládáním po uplynutí 2 hodin.

Při spalování dřeva se spalovací komora plnila až po maximální plnicí výšku kotle. Při spalování s plasty byly vrstvy dřeva prokládány vrstvy slisovaných PET lahví nebo PE sáčků, opět na maximální výšku. Hmotnostní poměr mezi dřevem a plasty byl zhruba 14:1, tj. cca 7% podíl plastů. Výhřevnost dřeva byla rozbořem stanovena 15,9 MJ/kg. Přidáním PET se výhřevnost 1 kg vsázky zvýšila na 16,7 MJ/kg a přidáním PE sáčků dokonce na 18 MJ/kg.

Za účelem stanovení účinnosti kotle přímou metodou byl vyhodnocován váhový úbytek paliva za dobu zkoušky. Účinnost nepřímou metodou byla zjištěna odečtem od 100 % všech energetických ztrát, z nichž největší je ztráta citelným teplem spalin (komínová ztráta). Ta je závislá zejména na objemu vznikajících spalin a jejich výstupní teplotě. Koncentrace O₂ za kotlem se pohybovala kolem 12 %, to dokazuje dostatečný přebytek vzduchu a vhodné podmínky pro dokonalé spalování.

Tab. 42 Základní charakteristika spalovacích zkoušek s dřevem (I. etapa)

Pořadí zkoušky	Výkon [%]	Palivo	Účinnost přímá [%]	Účinnost nepřímá [%]	Teplota spalin za kotlem [°C]
1	110	dřevo	66,2	65,8	307
2	108	dřevo	62,9	65,3	301
3	102	dřevo	62,7	63,7	322
4	106	dřevo+PET	62,6	67,1	289
5	107	dřevo+PET	61,5	66,5	308
6	114	dřevo+PET	66,3	65,7	321
7	115	dřevo+PE	59,9	68,7	302
8	116	dřevo+PE	61,8	67,9	320
9	111	dřevo+PE	60,6	67,6	323
10	56	dřevo	74,1	76,7	148
11	52	dřevo	70,3	77,3	146
12	59	dřevo+PET	65,9	77,0	163
13	61	dřevo+PET	70,7	77,6	164
14	65	dřevo+PE	67,5	77,6	179
15	66	dřevo+PE	69,2	77,0	181

Při spoluspalování plastů byla nepřímá účinnost nepatrně vyšší, než v případě spalování samotného dřeva. Přímá účinnost vykazuje opačný trend. Obecně jsou účinnosti při sníženém výkonu vyšší, což je dáno podstatně nižší teplotou spalin. Rozdíly v teplotě spalin pro různá paliva byly pozorovány jen u sníženého výkonu, přičemž mírně vyšší byla zaznamenána teplota při spoluspalování s plasty (Tab. 42).

Analogicky se postupovalo v druhé etapě experimentálního měření, s tím rozdílem, že místo dřeva se jako hlavní palivo uplatnilo hnědé uhlí o výhřevnosti 20 MJ/kg. Hodnoceny byly tentokrát jen zkušební režimy při jmenovitém výkonu kotle (Tab. 43).

Tab. 43 Základní charakteristika spalovacích zkoušek s uhlím (II. etapa)

Pořadí zkoušky	Výkon [%]	Palivo	Účinnost přímá [%]	Teplota spalin za kotlem [°C]
16	118	hnědé uhlí	60,1	267
17	108	hnědé uhlí	55,3	280
18	105	hnědé uhlí	54,6	271
19	107	uhlí+PET	54,2	289
20	111	uhlí+PET	56,4	320
21	96	uhlí+PET	49,1	301
22	100	uhlí+PE	49,6	324
23	96	uhlí+PE	48,2	380
24	105	uhlí+PE	51,9	359

Z hlediska vzájemného srovnání základních provozních parametrů kotle z obou etap experimentálního měření, lze odlišnosti spatřovat jen v nižších účinnostech při spalování s uhlím, což jednoznačně souvisí s tím, že hnědé uhlí nepatří mezi výrobce doporučená paliva pro zkoušený typ kotle. Reálné využití v praxi je však právě takové.

Výsledky měření emisí

Jelikož spalovací zkoušky byly z časových důvodů a náročnosti prací realizovány pouze na jednom typu spalovacího zařízení (prohořivací teplovodní kotel), jsou v příslušných výpočtech používány emisní faktory, které se přímo rovnají naměřeným měrným emisím. Emisní koncentrace SO₂ byly měřeny, ale vzhledem k absenci síry ve dřevě i vybraných plastech nebyly měrné emise pro tato směsná paliva vyhodnocovány.

Tab. 44 Měrné emise při spoluspalování dřeva s plastovými odpady

Znečišťující látka	Jmenovitý výkon			Snížený výkon		
	dřevo	dřevo+PET	dřevo+PE	dřevo	dřevo+PET	dřevo+PE
TZL [g/kg]	1,07	1,80	1,67	6,78	5,84	7,49
TOC [g/kg]	10,30	13,79	16,25	34,34	23,73	40,75
NO _x [g/kg]	1,10	1,20	1,10	0,82	0,78	0,83
CO [g/kg]	74,25	91,13	75,69	113,30	113,70	111,14
ΣPAU 4 [mg/kg]	3,83	5,74	5,72	2,51	4,98	2,73
B(a)P [mg/kg]	0,97	1,21	1,54	0,69	1,23	0,83
PCB [μg/kg]	29,23	16,63	42,66	24,69	39,94	44,53
PCDD/F TEQ [ng/kg]	0,20	0,18	0,11	0,08	0,87	0,14

Hmotnostní podíl plastů cca 7 %. Snížený výkon v rozmezí 52-66 % jmenovitého.

Tab. 45 Měrné emise při spoluspalování uhlí s plastovými odpady

Znečišťující látka	Jmenovitý výkon		
	hnědé uhlí	uhlí+PET	uhlí+PE
NO _x [g/kg]	4,05	7,35	6,24
CO [g/kg]	681,5	881,0	840,9
SO ₂ [g/kg]	60,24	93,53	63,21
ΣPAU 4 [mg/kg]	22,93	26,12	30,84
B(a)P [mg/kg]	7,27	8,16	9,64
PCB [μg/kg]	25,77	29,50	37,35
PCDD/F TEQ [ng/kg]	1,10	0,35	0,41

Hmotnostní podíl plastů cca 7 %.

K Tab. 45 je třeba poznamenat, že neexistuje rozumný důvod, proč by při spalování PET lahví mělo dojít ke zvýšení emisí SO₂. Toto tvrzení se opírá o fakt, že v těchto typech plastů není přítomna síra, která by vedla k vyšším koncentracím SO₂ ve spalinách. Jako vysvětlení se v tomto případě nabízí domněnka, že při kontinuálním měření analyzátozem došlo pravděpodobně k nežádoucí interferenci rušivým prvkem. Reálně by naopak emise SO₂ měly být při spoluspalování plastů s uhlím nižší, protože v jednom kilogramu směsného paliva klesá zastoupení uhlí, a tím i síry. Smysluplné je tedy pracovat s názorem, že při spoluspalování PET a PE s tak malým hmotnostním podílem (7 % hmotnostních) jsou dosahovány přibližně shodné měrné emise SO₂ jako při spalování samotného uhlí.

Na základě výše prezentovaných hodnot měrných emisí je možné vyvodit následující závěry:

A. Spalování dřeva s odpady při jmenovitém výkonu (I. etapa)

- U většiny znečišťujících látek (kromě PCB a PCDD/F) bylo nejnižších měrných emisí dosaženo při spalování samotného dřeva. Při spoluspalování plastů se koncentrace jednotlivých škodlivin zvyšovaly o 20 až 70 %, s výjimkou NO_x, kde jsou rozdíly napříč složením paliva zanedbatelné.
- Nejnižší koncentrace PCB byly zaznamenány při spalování dřeva s PET lahvemi. Naopak PE sáčky vykazovaly největší měrné emise, přičemž proti samotnému dřevu se hodnoty zvýšily 1,5x a proti PET lahvím 2,5x.
- V případě PCDD/F se jako nejhorší palivo ukázalo samotné dřevo a jako nejlepší kombinace dřevo s PE sáčky. Tyto hodnoty je však nutné brát s patřičnou rezervou, protože obsah mnoha dioxinů a furanů se pohyboval pod mezí detekce, což je ve výpočtu považováno jako nulová koncentrace, která ovlivňuje výsledný součet.

B. Spalování dřeva s odpady při sníženém výkonu (I. etapa)

- Obecně lze říci, že při spalování samotného dřeva jsou dosahovány nižší měrné emise, avšak rozdíly již nejsou tolik zřetelné. Spalování dřeva s příměsí PE sáčků vykazuje měrné emise blízké hodnotám naměřeným pro samotné dřevo. Při spalování dřeva s PET lahvemi byly zaznamenány větší rozdíly, přičemž u některých látek (TZL, TOC, NO_x) byly naměřeny nejmenší koncentrace napříč palivy.
- Při spalování dřeva s PET lahvemi se měrné emise PAU pohybovaly na úrovni dvojnásobku hodnot zjištěných pro samotné dřevo. U PE sáčků byl nárůst výrazně menší.
- I při sníženém výkonu se prokázala vyšší produkce PCB ze spalování dřeva s PE sáčky. PET lahve na tom byly o něco lépe, nepotvrdily se však dobré výsledky jako při jmenovitém výkonu.
- Měrné emise PCDD/F byly u dřeva spalovaného s PET lahvemi přibližně desetinásobné, než v případě samotného dřeva. Pravděpodobně se však jedná o silné zkreslení kontaminovaným vzorkem z jedné zkoušky.

C. Spalování uhlí s odpady při jmenovitém výkonu (II. etapa)

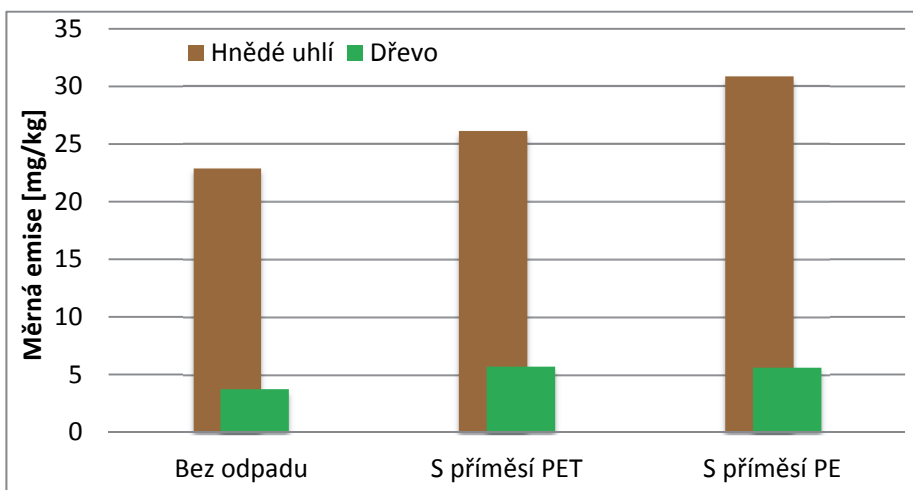
- Emise TZL a TOC nebyly měřeny z důvodu opakovaného rychlého zanášení filtru. Vliv plastů na emise těchto látek nebylo možné zhodnotit.
- Přítomnost plastů v daném množství neměla na emise NO_x, CO, SO₂ a PCB téměř žádný dopad. Alespoň v případě SO₂ by se plasty měly projevit na nižší koncentraci, což se prokázalo jen částečně při spalování PE sáčků.
- Nejvyšší koncentrace PCDD/F byly zjištěny při spalování samotného uhlí, což může být způsobeno poměrově nejvyšším obsahem chloru v dávce paliva. Faktem však zůstává, že s výjimkou dvou zkoušek (shodou okolností jedna s PET lahvemi a druhá s PE sáčky) byly všechny sledované sloučeniny pod mezí stanovitelnosti. Ve většině případů proto bylo uvažováno s koncentrací odpovídající polovině meze stanovitelnosti, která byla nejvyšší právě u samotného uhlí. PCDD/F tedy jsou vyhodnoceny se značnou nejistotou, která neumožňuje přijetí jednoznačného závěru.
- Při spalování uhlí s plasty byla zaznamenána o 13 % (s PET) a 35 % (s PE) vyšší měrná emise PAU ve srovnání se samotným uhlím.

Ze **srovnání A a B**, tj. spalovacích zkoušek, při nichž základním palivem bylo dřevo, vyplývá:

- Snížený tepelný výkon kotle se zřetelně projevil na nárůstu měrných emisí TZL, TOC a CO.
- Lepších výsledků bylo při sníženém výkonu dosaženo u látek patřících do ΣPAU4 a také v případě emisí NO_x, což je zapříčiněno nižší spalovací teplotou.
- Vliv výkonu kotle na měrné emise PCB a PCDD/F nebyl spolehlivě prokázán.

Ze srovnání A a C, tj. spalovacích zkoušek s dřevem a uhlím při jmenovitém výkonu, vyplývá:

- Měrné emise CO při spalování uhlí byly desetinásobné, což je zřejmě důsledek toho, že kotel není určen pro spalování hnědého uhlí.
- Při spalování uhlí byly vyhodnocovány měrné emise SO₂, zatímco při spalování dřeva z důvodu absence síry tento parametr nebyl sledován.
- Produkce plynných znečišťujících látek je mnohem více závislá na druhu paliva než na příměsi plastů. Při zvyšování jejich podílu se však pochopitelně rozdíl mezi palivy smazává.
- Jak u dřeva, tak u uhlí došlo při spoluspalování s plasty k omezení vzniku PCDD/F. Respektive přibylo dioxinů a furanů s koncentracemi pod mezí stanovitelnosti.
- Spalování uhlí je spojeno s vyšší tvorbou PCDD/F ve srovnání s dřevem bez ohledu na příměsi plastů.
- Nelze učinit závěr, že by ať už hnědé uhlí nebo dřevo bylo horší z hlediska produkce PCB. Mírně vyšší byly zjištěny koncentrace při spoluspalování s PE sáčky.
- Nepochybný je zásadní vliv druhu paliva na emise PAU. Hnědé uhlí vykazovalo více než pětinašobné zvýšení koncentrací ΣPAU4 (4 nejtoxičtější sloučeniny), přičemž plasty mají prokazatelně negativní vliv na hodnoty měrných emisí (Obr. 42).



Obr. 42 Měrné emise látek ΣPAU4 při spoluspalování paliv s odpady

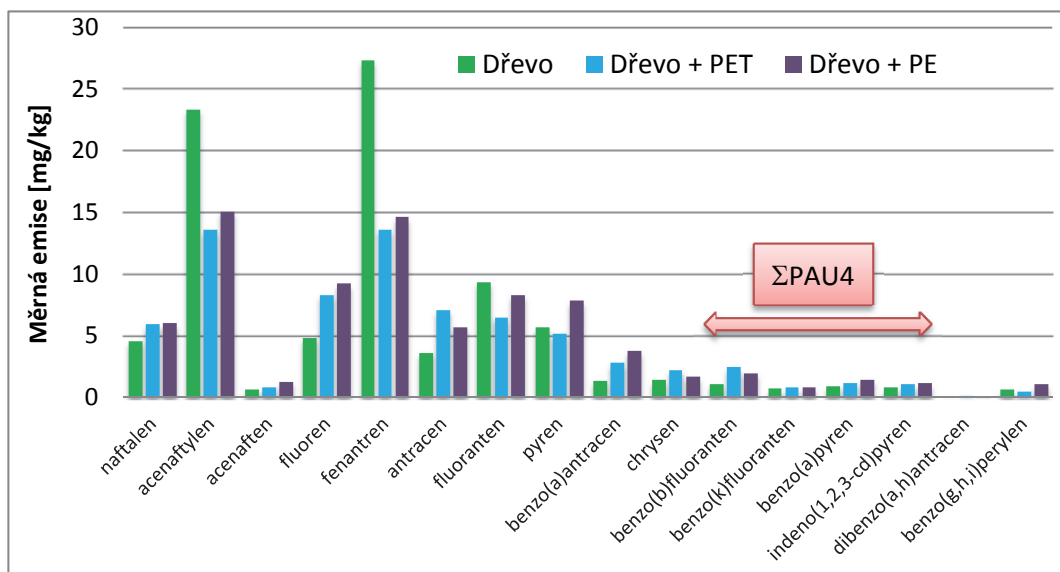
Poměrně zajímavé informace lze získat z podrobnějšího rozboru emisí látek PAU. V ovzduší se jich nachází až 500, prioritně sledovaných je ale jen kolem 16 druhů, přičemž ΣPAU je měřena jako součet pouze 4 látek - benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pyren a indeno(1,2,3-cd)pyren. Benzo(a)pyren je kvůli významným zdravotním rizikům považován za indikátor imisního zatížení a bývá vyhodnocován samostatně. Toxicita všech ostatních PAU je odvozena právě od této referenční sloučeniny (viz Tab. 46)

Tab. 46 Faktor toxicity karcinogenních látek ze skupiny PAU [19]

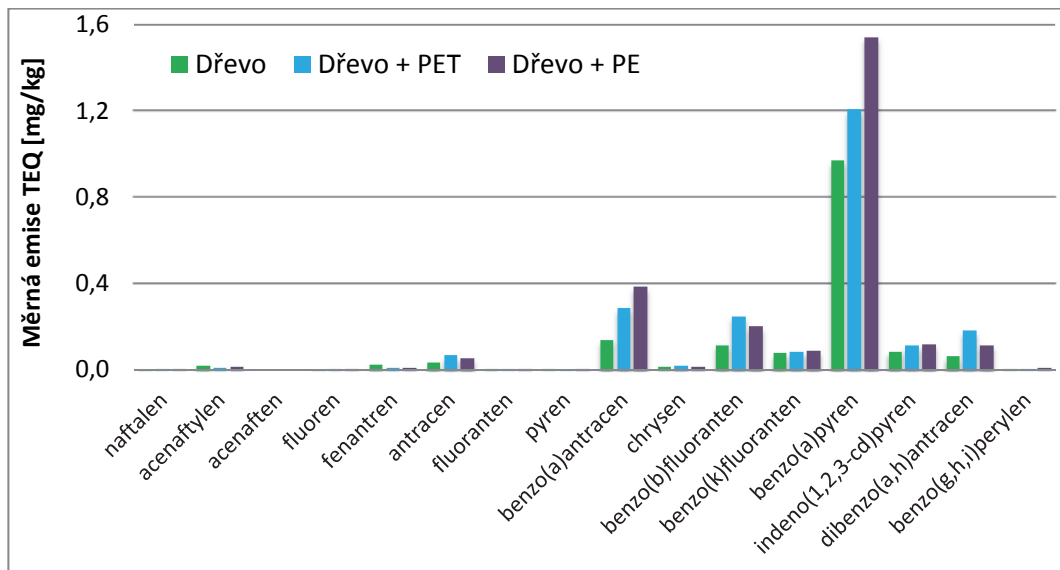
PAU	TEF
Benzo(a)pyren	1
Benzo(a)antracen	0,1
Benzo(b)fluoranten	0,1
Benzo(k)fluoranten	0,1
Indeno(1,2,3cd)pyren	0,1
Dibenzo(a,h)anthracene	0,1
Chrysen	0,01

TEF=toxicity equivalency factor (faktor ekvivalentní toxicity)

Z Obr. 43 lze vypočítat, že látky, které vznikají v největším množství, nejsou zrovna ty nejtoxičtější. Jejich faktor toxicity se dle EPA [19] pohybuje na úrovni jedné tisíce toxicity benzo(a)pyrenu. Již přepočtené hodnoty pomocí TEF znázorňuje Obr. 44, ze kterého je patrné, že právě u látek zahrnutých do Σ PAU4 došlo při spalování plastů k navýšení produkce o více než 30 %. Z toho jednoznačně vyplývá, že spalování plastů v domácích topeništích způsobuje vyšší toxicitu spalin vypouštěných do ovzduší.

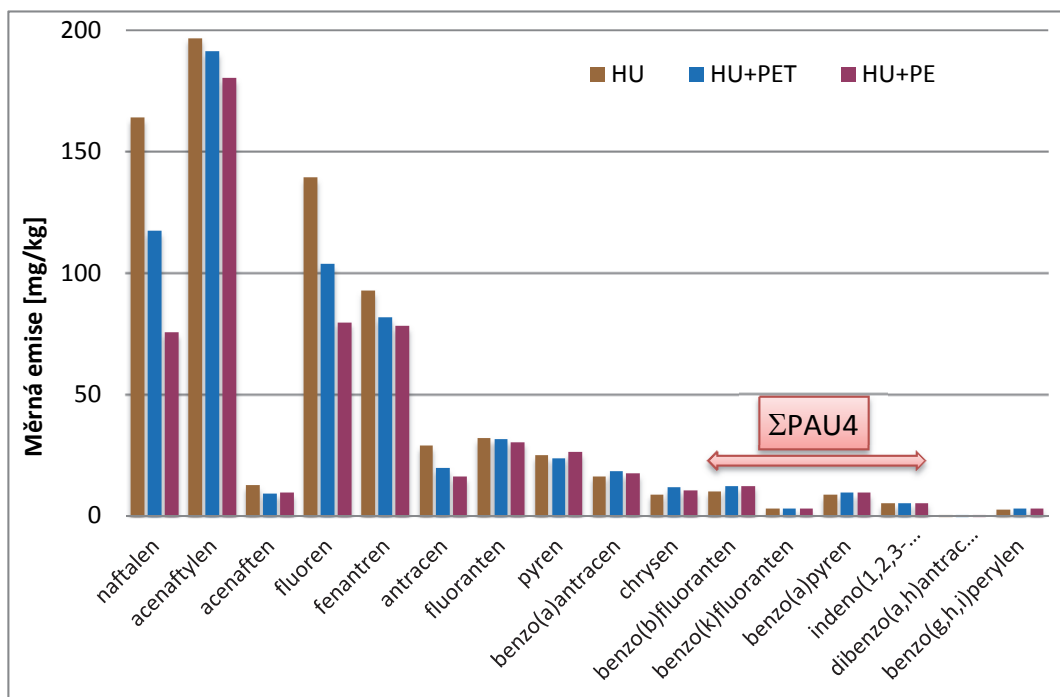


Obr. 43 Měrné emise látek PAU při spalování dřeva s plasty



Obr. 44 Měrné emise látek PAU přepočtené na TEQ při spalování dřeva s plasty

Podobný trend je možné vysledovat i při spalování uhlí, kdy u sloučenin s největšími měrnými emisemi došlo k poklesu produkce v rozmezí 5 až 115 % (Obr. 45). Ovšem u skupiny nejtoxičtějších sloučenin zahrnutých do Σ PAU4 nastalo zvýšení emisí o cca 10 %.

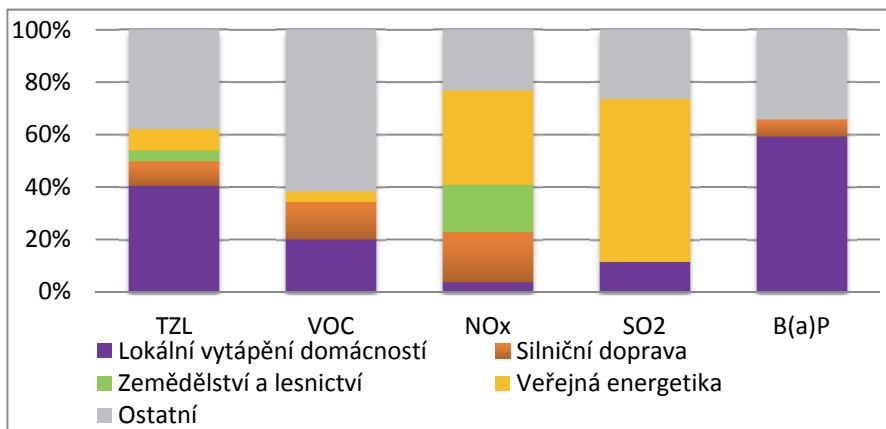


Obr. 45 Měrné emise látek PAU při spalování uhlí s odpady

7. Emisní bilance

Spalování paliv je nevyhnutelně spojeno s produkcí řady látek různých skupenství, které jsou uvolňovány do atmosféry. Některé, jako například oxid uhličitý (CO₂), nelze považovat vyloženě za škodlivé, nicméně v souladu se společenským tlakem na redukci emisí skleníkových plynů, bývají i tyto látky zahrnuty do emisních bilancí. Z hlediska dopadu na zdraví lidí a kvalitu životního prostředí je žádoucí sledovat především ty látky, které jsou vysloveně rizikové.

K nejvíce sledovaným látkám historicky patří oxid siřičitý (SO₂), oxidy dusíku (NO_x), těkavé organické látky (VOC), amoniak (NH₃), oxid uhelnatý (CO) a tuhé znečišťující látky (TZL). Emise těchto látek se podařilo radikálně snížit počátkem 90. let, kdy vstoupil v platnost nový zákon o ochraně ovzduší a byly zavedeny emisní limity. Došlo k výrazné modernizaci energetiky, restrukturalizaci průmyslového sektoru a v neposlední řadě ke změně palivového mixu, k čemuž značně přispěla plynofikace obcí. Tato opatření se projevila nejvíce u snadno regulovatelných producentů, kterými jsou velké stacionární zdroje spadající do kategorie REZZO 1 a REZZO 2. Mobilní a malé stacionární spalovací zdroje jsou v tomto ohledu problematické a jejich podíl na emisích se neustále zvyšuje. Vytápění domácností patří, i přes posun k ekologicky šetrnějším technologiím, k nejvýznamnějším zdrojům znečišťování ovzduší. K hlavním problémům kvality ovzduší v současné době patří emise TZL a polycyklických aromatických uhlovodíků (PAU). Nadlimitním koncentracím těchto látek je každoročně vystavena značná část populace.



Obr. 46 Příspěvek vytápění domácností k vybraným emisím v ČR [8]

7.1. Emise ze spalování paliv

Množství znečišťujících látek vzniklých v souvislosti s vytápěním domácností bylo pro obec Metylovice stanoveno prostřednictvím emisní bilance. Meziroční změny v produkci emisí jsou dány zejména meteorologickými podmínkami, což je dokumentováno na dvou příkladech topné sezóny.

Emise byly vypočítány jako prostý součin množství spotřebovaného paliva (Tab. 32, Tab. 33) a příslušného emisního faktoru (Tab. 39) za použití obecného vzorce:

$$E_i = m_{pal} \cdot EF_{pal,i} \quad [\text{kg/rok}]$$

Výsledné hodnoty pro topné sezóny 2010/2011 a 2014/2015 jsou pro obec Metylovice uvedeny v Tab. 47 a Tab. 48. Pro zajímavost Elektrárna Třebovice s tepelným výkonem 765 MW zásobující teplem 86 tisíc ostravských domácností za celý rok 2011 vyprodukovala 93 t TZL [18].

Tab. 47 Emise látek z vytápění domácností za topnou sezónu 2010/2011 dle paliv

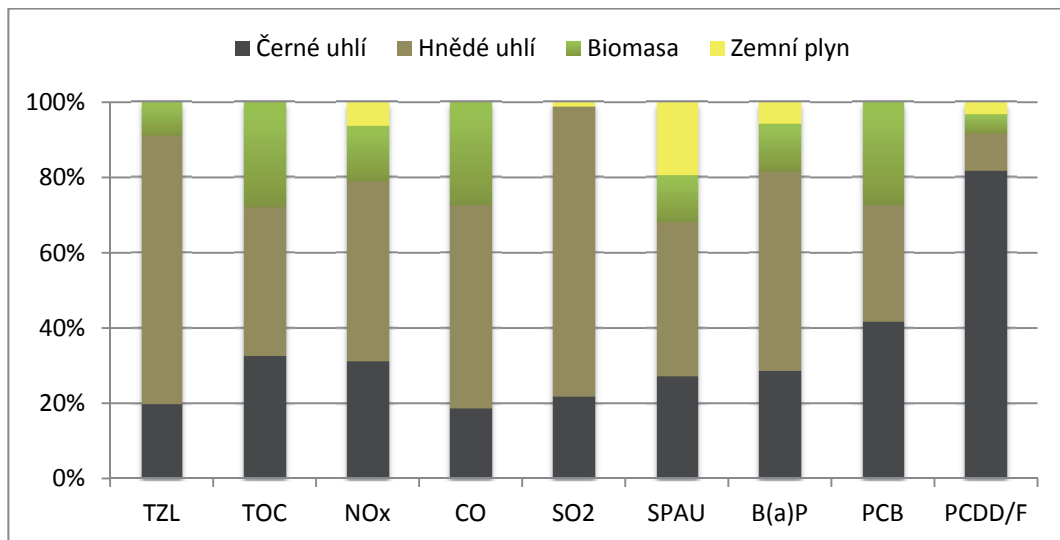
Palivo	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Černé uhlí	1 665	4 556	1 009	23 066	1 770	4 081	1 502	30 718	2 817
Hnědé uhlí	5 921	5 512	1 535	65 705	6 182	6 078	2 768	22 712	341
Biomasa	734	3 860	481	33 109	-	1 880	659	19 919	178
Zemní plyn	7	7	200	120	105	2 891	307	-	111
Celkem	8 328	13 935	3 230	122 002	8 057	14 930	5 236	73 349	3 448

Tab. 48 Emise látek z vytápění domácností za topnou sezónu 2014/2015 dle paliv

Palivo	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Černé uhlí	1 222	3 345	741	16 935	1 299	2 996	1 102	22 554	2 068
Hnědé uhlí	4 347	4 047	1 127	48 242	4 539	4 462	2 032	16 675	251
Biomasa	539	2 836	353	24 309	-	1 380	484	14 625	131
Zemní plyn	5	5	147	88	77	2 123	225	-	82
Celkem	6 113	10 233	2 368	89 574	5 916	10 961	3 844	53 854	2 532

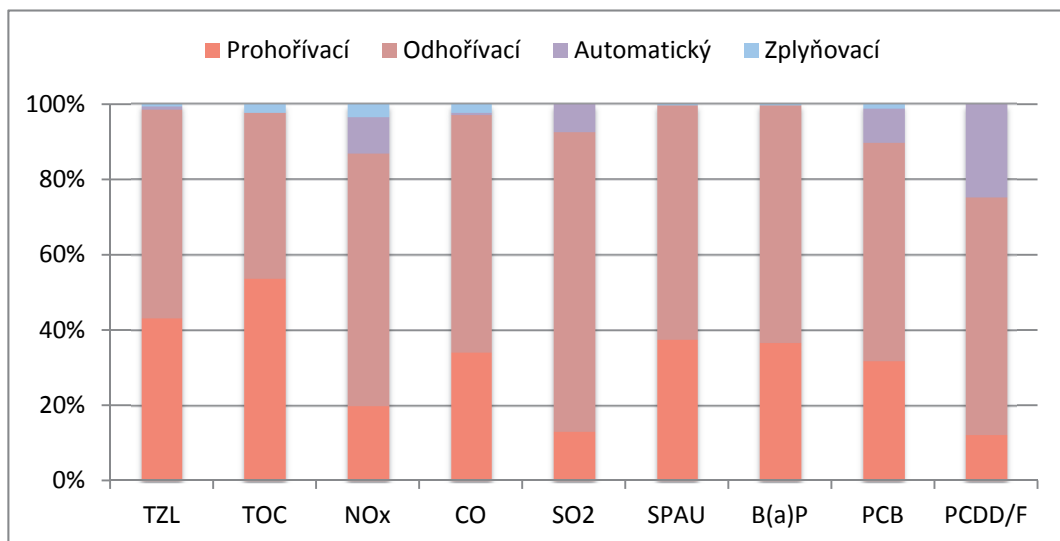
Příspěvky jednotlivých paliv k celkovým emisím dané látky (Obr. 47) jsou proměnlivé, přičemž do vzájemných poměrů se silně promítají odlišná prvková složení paliv, která mají přímý dopad na množství vznikajících škodlivin. To je nejvíce patrné u emisí dioxinů a furanů (PCDD/F), kde příspěvek černého uhlí činí 78 % v důsledku vyššího obsahu chloru, ačkoliv podíl tohoto paliva na spotřebě energie je pouhých 11 %. Černé uhlí spolu s hnědým uhlím ve srovnání s ostatními palivy obsahuje také podstatně více popelovin a síry, což se projevuje na jejich dominantním vlivu na produkci prachu a SO₂.

Přestože dioxiny patří mezi vysoce toxické sloučeniny s karcinogenními účinky již při nízkých dávkách, lze se značnou mírou jistoty konstatovat, že v souvislosti se spalováním paliv v lokálních topeništích nepředstavují pro obyvatelstvo zdravotní riziko. Experimentální měření na malých spalovacích zařízeních dokonce ukazují, že reálné množství dioxinu vzniklých v důsledku vytápění domácností je výrazně nižší, než vyplývá z dosud prováděných emisních bilancí vlivem nadhodnocených emisních faktorů. Naopak v případě PAU se předpokládá vyšší produkce znečišťujících látek.



Obr. 47 Příspěvek paliv k emisím látek z vytápění domácností

Jelikož nejvyšší měrné emise jsou, až na několik výjimek, dosahovány u prohořivacích a odhořivacích kotlů, není překvapující, že tato početná skupina spalovacích zařízení je odpovědná za majoritní příspěvek k produkci škodlivin do ovzduší (Obr. 48). V kontextu budoucího vývoje s přihlédnutím k zákonu o ochraně ovzduší, který od roku 2022 zakazuje domácnostem používat kotle s emisní třídou nižší než 3, lze předpokládat, že v horizontu následujících let bude setrvale klesat počet prohořivacích kotlů a jejich podíl na emisích znečišťujících látek se bude znatelně zmenšovat. Je ale pravděpodobné, že tento úbytek bude kompenzován především odhořivacími kotli, které vykazují obvykle nižší měrné emise, ale nedosahují parametrů zplyňovacích a automatických kotlů.



Obr. 48 Příspěvek typů kotlů k emisím látek z vytápění domácností

Množství vyprodukovaných emisí jednotlivými konstrukcemi spalovacích zařízení na tuhá paliva pro obě posuzované topné sezóny je uvedeno v Tab. 49 a Tab. 50.

Tab. 49 Emise látek z vytápění domácností za topnou sezónu 2010/2011 dle typu kotle

Typ kotle	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Prohořivací	3 427	6 956	568	38 651	998	4 263	1 707	21 730	390
Odhořivací	4 359	5 660	1 901	71 168	6 090	7 021	2 929	39 480	2 009
Automatický	69	12	271	529	561	2	1	6 077	787
Zplyňovací	54	295	103	2 715	0	49	19	879	7
Celkem	7 909	12 924	2 844	113 063	7 649	11 335	4 656	68 166	3 193

Tab. 50 Emise látek z vytápění domácností za topnou sezónu 2014/2015 dle typu kotle

Typ kotle	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Prohořivací	2 516	5 107	417	28 378	733	3 130	1 253	15 955	287
Odhořivací	3 200	4 156	1 396	52 253	4 471	5 155	2 151	28 987	1 475
Automatický	51	9	199	389	412	1	1	4 462	578
Zplyňovací	40	217	76	1 993	0	36	14	645	5
Celkem	5 807	9 489	2 088	83 013	5 616	8 322	3 419	50 049	2 345

Z hlediska spíše teoretického potenciálu je zajímavou informací to, jaká by byla emisní bilance obce, pokud by všechna spalovací zařízení na tuhá paliva byla nahrazena kotli na zemní plyn. Ekologický dopad by byl nepochybně značný, jedná se však o zcela nedostížitou metu, která nebude o moc pravděpodobnější ani s ohledem na budoucí horší dostupnost a vyšší cenu tuzemského uhlí, a to i přes obecně známou skutečnost, že v podmínkách českého lesního hospodářství není možné kompenzovat dodávky uhlí pouze biomasou.

Následující příklad nabízí srovnání mezi skutečným stavem z roku 2011 a hypotetickou situací, kdy by 475 Metylovických domácností používalo k vytápění výhradně zemní plyn. Zbývajících 90 domácností by jako dosud bylo vybaveno nespalovacími topnými systémy v podobě přímotopů, akumulace a tepelných čerpadel. Tyto zdroje nezpůsobují vznik lokálních emisí, nejsou tedy v následující bilanci zahrnuty.

Z Tab. 51 je patrné, že díky vysoké účinnosti plynových kotlů by spotřeba plynu pro vytápění domácností vzrostla jen 2,5x, ačkoliv by se tím eliminovalo téměř 1500 tun tuhých paliv, což představuje úsporu cca 8 800 GJ v teple za rok.

Tab. 51 Spotřeba paliva při absenci spalovacích zařízení na tuhá paliva

Scénář	Vytápěná plocha [m ²]	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Spotřeba TP [kg]	Spotřeba ZP [m ³]
Náhrada TP za ZP	45 025	28 681	-	920 607
Stávající			1 488 011	375 466

TP = tuhá paliva. ZP = zemní plyn.

Rozdíl mezi emisemi by s výjimkou látek PAU byl zcela propastný, jak dokumentuje Tab. 52. V případě TZL, TOC a CO by roční produkce emisí nedosahovala ani 1 % současného stavu. Množství vznikajících PAU by kleslo přibližně na polovinu.

Tab. 52 Emisní bilance obce při absenci spalovacích zařízení na tuhá paliva

Scénář	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F TEQ [μg]
Náhrada TP za ZP	16	17	490	295	258	7 089	753	-	273
Stávající	8 328	13 935	3 230	122 002	8 057	14 930	5 236	73 349	3 448

7.2. Vliv činitelů na emisní bilanci

Výsledné absolutní hodnoty emisí za celou obec jsou dány mnoha okolnostmi, přičemž k nejzásadnějším patří:

Skladba vytápěcích systémů

- elektrické topné systémy nezpůsobují lokální emise, plynové kotle minimální

Konstrukční řešení spalovacího zařízení

- jednoduché koncepce kotlů mají omezenou schopnost zachytu TZL a nižší účinnost

Druh paliva a jeho parametry

- obsah vody, popelovin, síry, chloru a jiných prvků má přímý vliv na množství vznikajících emisí

Přístup obsluhy

- dávkování paliva, regulace vzduchu, požadovaná teplota v místnosti

Instalace a údržba

- spolupráce topného systému se zdrojem, odvod spalin, čištění vnitřních ploch

Klimatické podmínky

- určují potřebu tepla na vytápění

Obecně platí, že nejlepších parametrů kotel dosahuje při jmenovitém (návrhovém) výkonu při spalování předepsaného paliva s dostatečným přísunem vzduchu. S nižším výkonem se snižuje účinnost, pokles však nemusí být nijak výrazný, přičemž někdy může dojít dokonce i ke zlepšení. V tomto ohledu má na účinnost podstatně horší vliv vyšší obsah vody v palivu, která má na svědomí vyšší ztrátu energie odcházejícími spalinami.

Zásadní roli také sehrává to, jaký druh paliva je v jakém kotli spalován. Dřevo například se vyznačuje vysokým podílem prchavých látek, které se začínají uvolňovat již při 200°C. V důsledku vzniku rozdílného množství hořlavých plynů je třeba odlišným způsobem řešit rozměry ohniště a přívod sekundárního vzduchu pro zajištění dokonalého vyhoření těkavých složek. Jinak je tomu u kotle na koks nebo černé uhlí, protože tato paliva se naopak vyznačují vysokým obsahem uhlíku a malým obsahem prchavých látek. Z rozdílného průběhu spalovacího procesu pak plynou specifické požadavky na konstrukci kotle. Z uvedeného vyplývá, že není možné v jednom typu kotle spalovat všechny druhy tuhých paliv, aniž by se to zásadním způsobem neprojeвило na zhoršení provozních parametrů spalovacího zařízení.

Vliv spalovacího zařízení

Mnohá experimentální měření nasvědčují tomu, že je to právě typ spalovacího zařízení, co největší měrou určuje, jaké množství znečišťujících látek bude vneseno do ovzduší. Tradiční kotle s velkoobjemovými ohništi, do kterých se ručně přikládají velké dávky paliva, a jejichž typickým představitelem je právě kotel U26 použitý v rámci měřicí kampaně, se totiž vyznačují velice nerovnoměrným průběhem hoření. Na začátku a konci příkladacího cyklu je v ohništi přebytek vzduchu. V době, kdy je výkon kotle a rychlost spalování maximální, je vzduchu naopak nedostatek. U těchto kotlů zkrátka není možné jednoduše a spolehlivě dosáhnout potřebného okamžitého množství vzduchu v ohništi, a proto jsou tato spalovací zařízení odsouzena k produkci značného množství znečišťujících látek.

Z podstaty způsobu hoření jsou na tom z hlediska emisí nejhůře kotle prohořivací. Je to dáno tou skutečností, že v ohništi dochází k těžko kontrolovatelnému uvolňování prchavé hořlaviny, která následně není dostatečně využita. Prohořivací kotle jsou proto vhodné zejména pro spalování paliv s malým podílem prchavé hořlaviny jako je koks. Jelikož je ale koks drahý, je v tomto typu kotle spalováno i hnědé uhlí, čímž dochází k obrovskému zvýšení produkce znečišťujících látek.

Prohořivací kotle vděčí své oblíbenosti zejména ceně a také tomu, že jsou vyráběny z litiny, která umožňuje spolehlivý provoz i více než dvě desetiletí při spalování téměř čehokoliv. Jednoznačně se jedná o nejrozšířenější typ spalovacích zařízení na tuhá paliva v českých domácnostech.

Na příkladu jedné domácnosti je předveden rozdíl mezi spalováním hnědého uhlí v prohořivacím a automatickém kotli. Použité měrné emise u obou kotlů se vztahují ke jmenovitému výkonu. Automatický kotel je staršího data se sériovou výrobou kolem roku 2000, přičemž splňuje emisní třídu 3. Tepelné účinnosti obou spalovacích zařízení nejsou výrazně odlišné, ačkoliv automatické kotle jsou schopny dosahovat podstatně lepších výsledků. Přesto by v tomto případě došlo ke snížení roční spotřeby paliva o 500 kg (Tab. 53).

Tab. 53 Spotřeba paliva v závislosti na spalovacím zařízení (hypotetická domácnost)

Kotel	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]
Automatický	60	19,1	76,6	4 144
Prohořivací	60	19,1	68,4	4 640

Spalováno hnědé uhlí (obsah vody 27%, popelovin 5 %) při jmenovitém výkonu.

Z Tab. 54 je patrné, že množství emitovaných znečišťujících látek je u automatického kotle propastně nižší, než je tomu u kotle prohořivacího. Jinými slovy téměř 30 uvažovaných domácností s tímto konkrétním automatickým kotlem by do ovzduší uvolnilo tolik TZL jako jedna domácnost s kotlem prohořivacím. Zde je ovšem třeba zdůraznit, že prohořivací kotel není určen pro spalování hnědé uhlí, přestože se to v praxi běžně děje. S jinými palivy nebudou závěry tak pesimistické, nicméně stále platí, že emise budou násobně vyšší než u automatického kotle.

Tab. 54 Emise v závislosti na spalovacím zařízení

Palivo	TZL [kg]	TOC [kg]	NOx [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Automatický	3,7	1,1	16,5	35,6	37,5	0,1	0,01	35,7	0,3
Prohořivací	111,2	169,8	8,8	519,2	31,1	90,5	40,1	281,7	5,3
Násobek	29x	147x	0,5x	14x	0,8x	958x	3 479x	7x	16x

Vliv kvality spalovacího zařízení v rámci dané konstrukce

Za měřítko kvality teplovodního kotle lze považovat emisní třídu. Každý nový typ kotle na tuhá paliva do výkonu 500 kW musí být před uvedením na trh EU certifikován na základě spalovacích zkoušek provedených v souladu s normou EN 303-5:2012 [14]. Ta definuje základní emisní limity pro jmenovitý a snížený výkon (30 % jmenovitého). Podle naměřených emisí a výsledků zkoušek je následně kotel zařazen do emisní třídy, kterých je celkem 5, přičemž kotle spadající do emisní třídy 1 a 2 se již dle novely zákona na ochranu ovzduší s účinností od 1. ledna 2014 nesmí v ČR prodávat [16]. V nejvyšší třídě 5 se nejčastěji objevují automatické kotle na biomasu, které nemají potíže zajistit minimální produkci TZL.

Mezní hodnoty emisí v každé emisní třídě závisí jak na druhu paliva, tak na způsobu dodávky paliva do spalovacího prostoru (Tab. 55) a příslušnosti kotle do výkonových intervalů. Zařazení do emisní třídy následně ovlivňuje minimální účinnost, kterou musí kotel dosahovat při jmenovitém výkonu. Platí, že čím vyšší emisní třída, tím přísnější požadavek na účinnost. Kotel s emisní třídou 4 musí mít účinnost alespoň 82 %, v emisní třídě 5 už je to nejméně 88 %.

Tab. 55 Emisní třídy teplovodních kotlů při jmenovitém výkonu do 50 kW

Znečišťující látka	Dodávka paliva	Palivo	Emisní třída dle mezní hodnoty emisí				
			Třída 1	Třída 2	Třída 3	Třída 4	Třída 5
TZL [mg/m ³]	Ruční	Biolog.	200	180	150	75	60
		Fosilní	180	150	125		
	Samočinná	Biolog.	200	180	150	60	40
		Fosilní	180	150	125		
CO [mg/m ³]	Ruční	Biolog.	25 000	8 000	5 000	1 200	700
		Fosilní					
	Samočinná	Biolog.	15 000	5 000	3 000	1 000	500
		Fosilní					
TOC [mg/m ³]	Ruční	Biolog.	2 000	300	150	50	30
		Fosilní					
	Samočinná	Biolog.	1 750	200	100	30	20
		Fosilní					

Vztaženo na 10% obsah O₂ v suchých spalínách.

Vliv emisní třídy v případě automatického kotle spalujícího dřevní pelety je dokumentován na domácnosti s roční potřebou tepla na vytápění 60 GJ. Jelikož spotřeba paliva je závislá na účinnosti spalovacího zařízení (Tab. 56), je u špičkového kotle patrný jak efekt ekologický, tak ekonomický v podobě nižších provozních nákladů.

Tab. 56 Spotřeba paliva v závislosti na kvalitě kotle (hypotetická domácnost)

Emisní třída	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]
Emisní třída 5	60	17,1	93	3 804
Emisní třída 3	60	17,1	83	4 262

Moderní aut. kotel (třída 5) vs. aut. kotel vyrobený kolem roku 2000 (třída 3). Dřevní pelety.

Roční produkce znečišťujících látek z vytápění uvažované domácnosti je uvedena v Tab. 57. Vzhledem k velice nízkému obsahu síry v peletách z odkorněného dřeva, jsou měrné emise SO₂ na mezi detekce. Látky jako PCB, PAU a PCDD/F nebyly při spalovacích zkouškách sledovány. Prezentované výsledky jsou založeny na měrných emisích pro jmenovitý výkon. Je zřejmé, že díky velké přednosti automatických kotlů, kterou je snadná regulovatelnost, nebude kotel celou topnou sezónu provozován se jmenovitými parametry. Skutečné emise proto budou patrně vyšší, nicméně uvedené hodnoty názorně poukazují na velké rozdíly mezi kotli stejné konstrukce, u kterých je do jisté míry eliminován nežádoucí zásah obsluhy.

Tab. 57 Emise v závislosti na kvalitě kotle při spalování dřevních pelet

Emisní třída	TZL [kg]	TOC [g]	NO _x [kg]	CO [kg]
Emisní třída 5	0,8	4,0	5,1	3,6
Emisní třída 3	3,2	17,0	6,4	11,5
Změna v %	+301	+348	+25	+214

Vliv sníženého výkonu

Výkon kotle bývá odvozen od tepelné ztráty objektu, která se stanovuje z venkovní výpočtové teploty, jež se dle lokality pohybuje od -12 do -18°C. Takto nízká teplota se v průběhu roku vyskytuje v několika málo případech, avšak kotel instalovaný v objektu by měl být schopen i v nejhorsích klimatických podmínkách zajistit dostatečnou míru tepelné pohody v interiéru. Po většinu topného období by tedy takto naddimenzovaný kotel pracoval při sníženém výkonu, což se také běžně děje, není-li topný systém vybaven akumulací nádobou pro zlepšení regulačních vlastností soustavy. Při sníženém výkonu dochází ke změně rozložení teplotních polí v kotli, obvykle se zhoršuje účinnost (nemusí být nutně pravidlem) a zvyšuje produkce emisí.

Pokud by hypotetická domácnost s potřebou tepla na vytápění 60 GJ spalovala v prohořivacím kotli o jmenovitém výkonu 20 kW dobře vysušené dřevo (vlhkost 10 %), pak spotřeba paliva by odpovídala Tab. 58.

Tab. 58 Spotřeba paliva v závislosti na výkonu kotle (hypotetická domácnost)

Výkon kotle	Potřeba tepla na vytápění [GJ/byt]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]
Jmenovitý	60	15,9	65,8	5 771
Snížený	60	15,9	76,7	4 951

Snížený výkon = 56 % jmenovitého.

Experimentálními spalovacími zkouškami byly získány údaje, které prokázaly, že při sníženém výkonu se s výjimkou NO_x, PCDD/F a PAU zvýší měrné emise znečišťujících látek. V emisní bilanci se rozdíl poněkud stírá, což je způsobeno vyšší účinností kotle při sníženém výkonu, která vyplývá z nižší komínové ztráty v důsledku poloviční teploty spalin za kotlem ve srovnání s provozem při jmenovitém výkonu (148 vs. 307 °C). Z Tab. 59 je patrné, že k nárůstu emisí dochází nejvíce u prachových částic.

Tab. 59 Emise v závislosti na výkonu kotle

Výkon	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Jmenovitý	5,9	54,0	6,1	407,6	-	21,0	5,4	145,7	1,0
Snížený	31,3	162,8	3,5	598,5	-	14,3	3,8	133,0	0,4
Změna v %	+427	+201	-42	+47	-	-32	-29	-9	-63

Spalováno suché dřevo v prohořivacím kotli.

Vliv přebytku vzduchu

Vysoký přebytek vzduchu ve spalovacím prostoru kotle se projevuje na vyšším obsahu kyslíku ve spalinách a usnadňuje dokonalé vyhoření uhlíku a prchavé hořlaviny uvolněné z paliva. U kotlů s ručním přikládáním (mimo zplyňovacích) je regulace zajištěna otvíráním dusivky na přívodu primárního vzduchu, automatický kotel upravuje přísun spalovacího vzduchu změnou otáček ventilátoru podle nastaveného programu. Výrazný přebytek vzduchu vede ke zhoršení účinnosti kotle v důsledku nárůstu komínové ztráty a navíc vyšší rychlost proudění přispívá k většímu únosu TZL. Naopak příliš malý přebytek způsobuje nedokonalé spalování a vyšší ztrátu nedopalem. Volba optimálního přebytku vzduchu tedy představuje důležitý faktor pro správný provoz kotle.

Tato skutečnost je předvedena na emisní bilanci naší hypotetické domácnosti s roční potřebou tepla na vytápění 60 GJ. Výpočet odpovídá stavu, kdy automatický kotel je provozován na 60 % jmenovitého výkonu a spalováno je hnědé uhlí. Jak naznačuje Tab. 60, proti předpokladům byla u provozu s omezeným přívodem vzduchu zjištěna nepatrně vyšší účinnost kotle. Došlo však k radikálnímu zvýšení produkce znečišťujících látek, v některých případech více než desetinásobnému (viz Tab. 61).

Tab. 60 Spotřeba paliva v závislosti na přebytku vzduchu (hypotetická domácnost)

Provoz	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]
Normální provoz	60	17,6	81,1	4 238
Omezený přívod vzduchu	60	17,6	81,9	4 197

Normální provoz = 12 % O₂ ve spalinách, omezený přívod vzduchu = 6% O₂ ve spalinách.

Tab. 61 Emise v závislosti na přebytku vzduchu

Provoz	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Norm. provoz	2,0	1,5	14,3	45,9	38,6	0,2	0,0	336,4	1,1
Omezený přívod vzduchu	14,4	19,5	8,6	506,4	48,9	135,9	47,1	60,7	1,0
Změna v %	+612	+1 170	-39	+1 004	+27	+10 ⁴	+10 ⁵	-82	0

Automatický kotel spalující hnědé uhlí při 60 % jmenovitého výkonu.

Výhodou automatických kotlů je, že díky řídicí jednotce se minimalizuje vliv obsluhy na provoz kotle. Přesto nešetřeným zásahem do nastavení řídicí jednotky může dojít ke zhoršení kvality spalování i u těchto zařízení a prakticky k degradaci na úroveň prohořivacího kotle. U kotlů s ručním přikládáním má obsluha podstatně větší volnost při regulaci vzduchu, a tím i větší vliv na měrné emise a účinnost spalovacího zařízení. Z hlediska emisí však na tom bude špatně provozovaný prohořivací či odhořivací kotel hůře než špatně seřízený kotel automatický.

Vliv vlhkosti paliva

Vysoký obsah vody v palivu v první řadě nepříznivě ovlivňuje jeho výhřevnost. To v praxi znamená, že značná část energie uvolněné spálením hořlaviny se spotřebuje na odpaření vody v palivu a není k dispozici pro ohřev topné vody. Obvykle pak nelze dosáhnout jmenovitého výkonu, celkově se zhoršuje kvalita spalovacího procesu a klesá účinnost kotle. Všechny tyto faktory mají pochopitelně vliv i na množství škodlivin vynášených do ovzduší.

Pro názornost byla provedena emisní bilance pro domácnost, jejíž roční potřeba tepla na vytápění činí 60 GJ. Porovnávány jsou dvě varianty představující spalování smrkového kusového dřeva s rozdílnou vlhkostí. Její dopad na výhřevnost, účinnost kotle a následně i spotřebu paliva pro vytápění je evidentní z Tab. 62.

Tab. 62 Spotřeba paliva v závislosti na vlhkosti paliva (hypotetická domácnost)

Vlhkost paliva	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]
Suché dřevo	60	16,1	77,2	4 867
Mokrý dřevo	60	10,8	64,7	8 658

Vlhkost suchého dřeva 11 %, mokrého 36,5 %.

Změřené měrné emise odpovídají provozu prohořivacího kotle na 60 % jmenovitého výkonu. V případě TOC se měrné emise u suchého dřeva nepodařilo určit, jelikož se analyzátor po 15 minutách od zahájení zkoušky ucpal. Obecně nižších měrných emisí bylo dosaženo při provozu s mokřím dřevem. Vyšší produkce znečišťujících látek je tak způsobena především větším množstvím spotřebovaného paliva (Tab. 63).

Tab. 63 Emise v závislosti na vlhkosti paliva

Vlhkost paliva	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Suché dřevo	19,5	-	2,8	666,0	-	112,4	76,0	230,8	0,7
Mokrý dřevo	32,0	157,8	4,7	750,6	-	55,3	21,3	497,6	2,7
Změna v %	+64	-	+69	+13	-	-51	-72	+116	+276

Prohořivací kotel při 60 % jmenovitého výkonu.

Vliv spalování odpadů

Předně je třeba říci, že do níže uvedených výpočtů byly začleněny měrné emise získané v rámci spalovacích zkoušek uvedených v kapitole 6.2. To znamená, že pod pojmem odpad se rozumí PET lahve a PE sáčky. Jedná se o poměrně čisté materiály bez obsahu síry nebo chloru, z čehož vyplývá mizivý dopad na vznik emisí SO₂, PCB a PCDD/F.

Pro znázornění vlivu spalování odpadů byla opět zvolena hypotetická domácnost s roční potřebou tepla na vytápění ve výši 60 GJ. Přestože jsou lidé vynalézaví, budeme předpokládat, že v automatických kotlech se odpady nespalují, což neplatí o kotlech s ručním přikládáním. Jako zástupce této skupiny spalovacích zařízení byl zvolen prohořivací kotel, v němž je za normálních okolností spalováno dobře vysušené dřevo.

Díky jen 10% obsahu vody má dřevo poměrně slušnou výhřevnost, která je přítomností plastu ještě navyšována. To je také hlavní důvod nižší spotřeby smíšeného paliva ve srovnání se samotným dřevem, protože účinnost kotle prakticky nebyla ovlivněna (Tab. 64).

Tab. 64 Spotřeba paliva v závislosti na druhu příměsi (PET lahve, hypotetická domácnost)

Palivo	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]
Samotné dřevo	60	15,9	65,8	5 771
Dřevo s PET	60	16,7	65,7	5 500

Plasty tvoří 7 % hmotnosti paliva v kotli.

Pro nízký obsah síry ve dřevě i plastu, byly měřené koncentrace SO₂ na mezi detekce, a proto nejsou hodnoceny. Emise všech ostatních znečišťujících látek se podařilo analyzovat (Tab. 65). Při spalování odpadů byly naměřeny nižší emise jen u PCDD/F, v ostatních případech s výjimkou NO_x (bez změny) vedly příměsi plastů ke zvýšení produkce znečišťujících látek. Opět je třeba brát v potaz skutečnost, že měrné emise ve výpočtu jsou platné pro jmenovitý výkon, který pochopitelně není v lidských silách udržet u tohoto typu kotle konstantní v průběhu dne ani celé topné sezóny. Neméně důležitým aspektem je to, že odpady nejsou spalovány soustavně, ale nárazově a pravděpodobně také v menším množství.

Z uvedeného lze usuzovat, že skutečné emise budou v absolutních hodnotách s jistotou vyšší a naopak pravděpodobně bude méně patrný rozdíl mezi spalováním samotného dřeva a spalováním dřeva s plasty.

Tab. 65 Emise v závislosti na druhu příměsi (PET lahve)

Palivo	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Samotné dřevo	5,9	54	6,1	408	-	21,0	5,4	145,7	0,7
Dřevo s PET	9,7	101	6,2	619	-	41,6	8,9	98,1	1,3
Změna v %	+63	+88	+1	+52	-	+98	+65	-33	+104

Prohořivací kotel při jmenovitém výkonu.

Experimentální spalovací zkoušky naznačují, že mezi spalováním dřeva s PET lahvi a dřeva s PE sáčky nejsou v zásadě velké odlišnosti. U PE sáčků byly naměřeny o něco nižší měrné emise CO a PCDD/F, naopak mírně vyšší TOC a PCB. Rozdílné absolutní hodnoty produkce znečišťujících látek jsou ovlivněny zejména vyšší výhřevností paliva s PE sáčky a o cca 2 % lepší účinností kotle (Tab. 66).

Tab. 66 Spotřeba paliva v závislosti na druhu příměsi (PE sáčky, hypotetická domácnost)

Palivo	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]
Samotné dřevo	60	15,9	65,8	5 771
Dřevo s PE	60	18,0	67,9	4 945

Plasty tvoří 7 % hmotnosti paliva v kotli.

Tab. 67 Emise v závislosti na druhu příměsi (PE sáčky)

Palivo	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F [μg]
Samotné dřevo	5,9	54	6,1	408	-	21,0	5,4	145,7	0,7
Dřevo s PE	8,3	91,9	5,6	406	-	28,9	5,7	232,1	0,3
Změna v %	+39	+70	-9	0	-	+38	+6	+59	-49

Prohořivací kotel při jmenovitém výkonu.

Tyto závěry potvrzují také výpočty založené na měrných emisích získaných z experimentálních měření, při nichž plasty byly spoluspalovány nikoliv se dřevem, ale s hnědým uhlím. Poněkud překvapivé jsou znatelně nižší účinnosti kotle dosažené při zkouškách s plasty, které ještě více zhoršují emisní bilanci domácnosti (Tab. 68).

Tab. 68 Spotřeba paliva v závislosti na druhu příměsi (PET lahve, hypotetická domácnost)

Palivo	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]
Samotné hnědé uhlí	60	20	62,9	4 811
Uhlí s PET	60	20,3	58,7	5 079

Plasty tvoří 7 % hmotnosti paliva v kotli.

Tab. 69 Emise v závislosti na druhu příměsi (PET lahve)

Palivo	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/ F [μg]
Samotné hnědé uhlí	-	-	19,5	3 279	289,8	110,3	35,0	124,0	5,3
Uhlí s PE	-	-	37,3	4 475	321,1	132,7	41,4	149,8	1,8
Změna v %	-	-	+92	+36	+11	+20	+18	+21	-66

Prohořivací kotel při jmenovitém výkonu.

Tab. 70 Spotřeba paliva v závislosti na druhu příměsi (PET lahve, hypotetická domácnost)

Palivo	Potřeba tepla na vytápění [GJ/rok]	Výhřevnost paliva [MJ/kg]	Účinnost zdroje [%]	Spotřeba paliva [kg]
Samotné hnědé uhlí	60	22,2	62,9	4 811
Uhlí s PE	60	23,9	54,8	5 259

Plasty tvoří 7 % hmotnosti paliva v kotli.

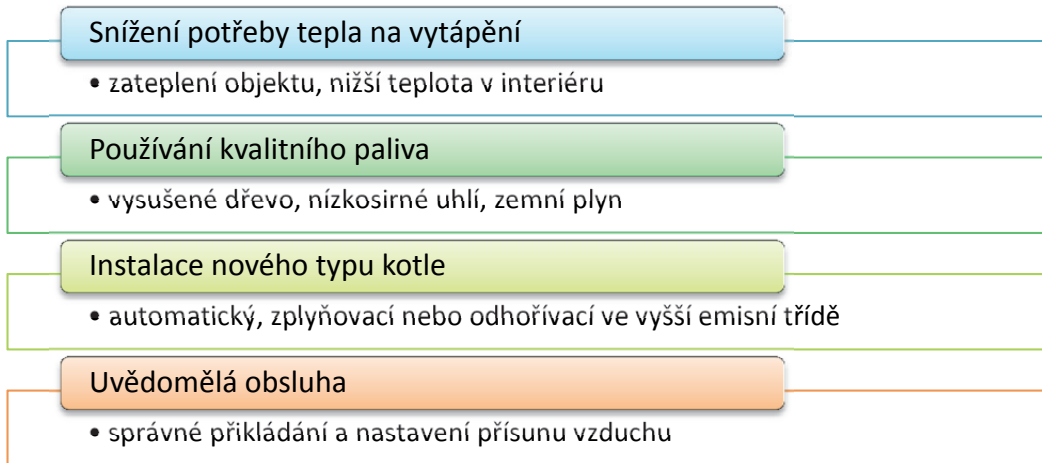
Tab. 71 Emise v závislosti na druhu příměsi (PET lahve)

Palivo	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/ F [μg]
Samotné hnědé uhlí	-	-	19,5	3 279	289,8	110,3	35,0	124,0	5,3
Uhlí s PE	-	-	32,8	4 422	332,4	162,2	50,7	196,4	2,2
Změna v %	-	-	+68	+35	+15	+47	+45	+58	-59

Prohořivací kotel při jmenovitém výkonu.

8. Návrh opatření na zlepšení

V každé obci, ve které značné množství domácností pro účely vytápění využívá tuhá paliva, existuje nemalý potenciál pro snížení produkce znečišťujících látek. Zlepšení kvality ovzduší lze dosáhnout v zásadě několika opatřeními, které korespondují s vlivy uvedenými v kapitole 7.2. Základní metody pro snížení emisí z vytápění jsou v zásadě tyto:



8.1. Varianty opatření

Snížení potřeby tepla na vytápění

Snížení potřeby tepla na vytápění je možné dosáhnout snížením požadavku na teplotu v obývaných místnostech domácnosti. Je dobré si uvědomit, že každé zvýšení teploty v interiéru o 1°C představuje cca 6% zvýšení spotřeby paliva. I tak jednoduchým zásahem lze přispět ke zlepšení kvality ovzduší, aniž by to znamenalo ústupek v komfortu bydlení.

Ještě větších úspor je možné dosáhnout snížením tepelné ztráty objektu. Jedná se však již o investičně náročné řešení, které z ekonomického hlediska ani nemusí mít smysluplnou dobu návratnosti. Dobré zateplení obálky budovy zamezuje unikům tepla a výrazně přispívá k redukci množství paliva potřebného pro vytápění. Starý rodinný dům vystavěný tradiční technologií může mít oproti stejně velké novostavbě i trojnásobnou tepelnou ztrátu. Při shodném systému vytápění a podobných zvyklostech obyvatel to také znamená trojnásobné emise. Málokdy se komplexním zateplením podaří snížit tepelnou ztrátu starého domu na úroveň novostavby, nicméně je možné zajistit i více než 50% snížení výměnou oken, izolací obvodových stěn a střechy.

Bude-li zateplen rodinný dům, v němž je vytápění realizováno plynovým kotlem, pak hlavním přínosem tohoto opatření bude ekonomická úspora v podobě snížené spotřeby plynu. Úměrně tomu se sice sníží emise, ale z pohledu celé obce výsledný efekt nebude vůbec patrný, a to ani v případě zateplení několika desítek takových domů. Je to dáno tím, že spalování zemního plynu se ve srovnání s tuhými palivy vyznačuje u mnoha znečišťujících látek, zvláště pak TZL, násobně nižšími měrnými emisemi. Z ekologického hlediska má proto

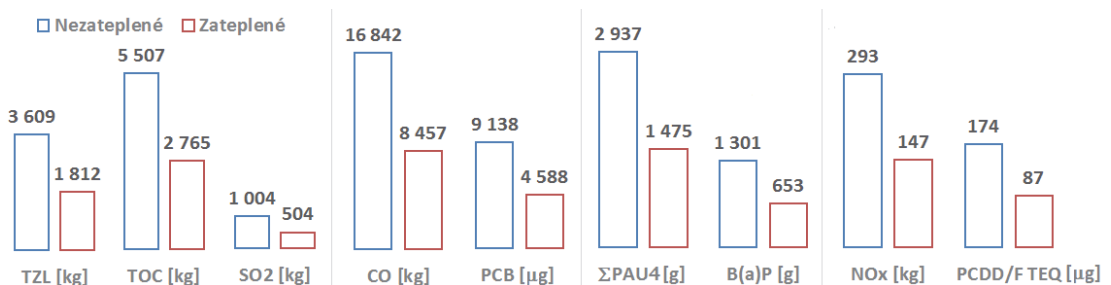
zateplování objektů vytápěných plynem malý vliv na emisní bilanci obce, ve které významná část obyvatel topí tuhými palivy.

Následující výpočty jsou proto založeny na úvaze, že zateplovány jsou domy, které k vytápění používají tuhá paliva spalovaná v kotlech s ručním přikládáním (mimo zplyňovacích). Těch je v rámci dané kategorie paliv naprostá většina. Předpokládejme tedy, že 10 % dosud nezateplených rodinných domů v obci bude zatepleno. Jedná se zhruba o 17 objektů, jejichž zateplením se sníží potřeba tepla na vytápění o cca 790 GJ a spotřeba paliva klesne asi o 75 tun (referenční topná sezóna 2010/2011), což představuje 5 % spotřeby tuhých paliv na vytápění všech domácností v obci. Charakteristika těchto změn je uvedena u opatření A1 a A2

Dosažitelný úbytek emitovaných znečišťujících látek je závislý na tom, jaké palivo je spalováno a v jakém typu kotle. V případě, že tyto domy spalují hnědé uhlí, které je nejběžnějším palivem v obci, pak u nich nastane snížení emisí dle Obr. 49 nebo Obr. 50 v závislosti na výchozí situaci, tj. typu kotle. Procentuální změnu vůči původní emisní bilanci za topnou sezónu 2010/2011 v důsledku realizace opatření udávají Tab. 73 a Tab. 75. Zřetelný je především nemalý pokles emisí TZL a TOC v případě zateplení domů s prohořivacími kotli (opatření A1).

Tab. 72 Charakteristika opatření A1

Ukazatel	Hodnota
Rozsah opatření	10 % nezateplených RD (17)
Předpoklad	Zdrojem tepla pro vytápění je prohořivací kotel spalující hnědé uhlí
Stav před realizací	Nezateplené RD Potřeba tepla na vytápění 240 kWh/m ² /rok
Stav po realizaci	Zateplené RD Potřeba tepla na vytápění 120 kWh/m ² /rok



Obr. 49 Produkce ZL před a po realizaci opatření A1

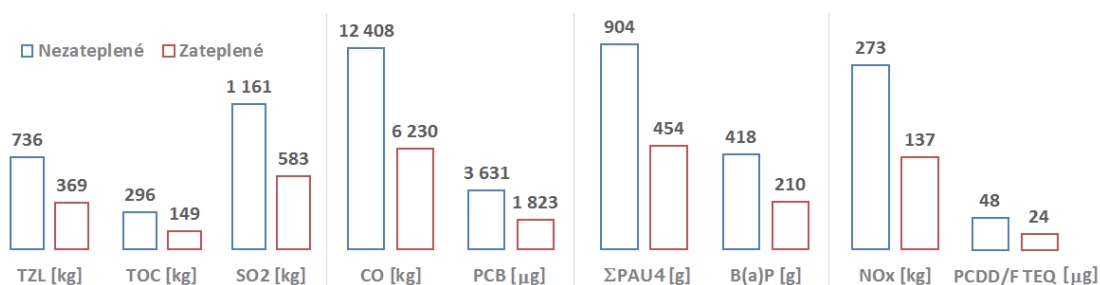
Tab. 73 Dopad opatření na emisní bilanci obce

Změna	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU4 [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F TEQ [μg]
Absolutní	-1 797	-2 742	-146	-8 385	-500	-1 463	-648	-4 550	-87
Relativní v %	-21,6	-19,7	-4,5	-6,9	-6,2	-9,8	-12,4	-6,2	-2,5

Relativní změna je vztažena ke skutečné emisní bilanci za topnou sezónu 2010/2011.

Tab. 74 Charakteristika opatření A2

Ukazatel	Hodnota
Rozsah opatření	10 % nezateplených RD (17)
Předpoklad	Zdrojem tepla pro vytápění je odhořivací kotel spalující hnědé uhlí
Stav před realizací	Nezateplené RD Potřeba tepla na vytápění 240 kWh/m ² /rok
Stav po realizaci	Zateplené RD Potřeba tepla na vytápění 120 kWh/m ² /rok



Obr. 50 Produkce ZL před a po realizaci opatření A2

Tab. 75 Dopad opatření na emisní bilanci obce

Změna	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU4 [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F TEQ [μg]
Absolutní	-366	-147	-136	-6 178	-578	-450	-208	-1 808	-24
Relativní v %	-4,4	-1,1	-4,2	-5,1	-7,2	-3,0	-4,0	-2,5	-0,7

Relativní změna je vztažena ke skutečné emisní bilanci za topnou sezónu 2010/2011.

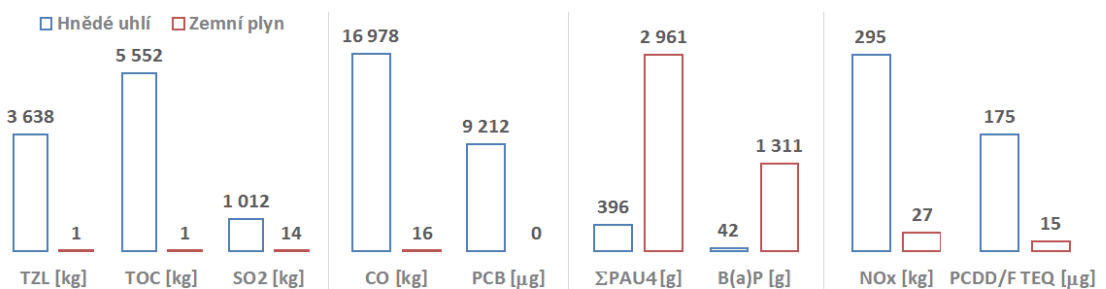
Používání kvalitního paliva

Jak je patrné z Tab. 39, jsou mezi emisními faktory jednotlivých paliv zásadní rozdíly. Vysoký podíl popeloviny u uhlí znamená, že jeho spálením se do ovzduší uvolní násobně více prachových částic, než by tomu bylo za srovnatelných podmínek u biomasy. Spalováním zemního plynu prakticky žádné TZL nevznikají. Velmi podobné je to u SO₂, jelikož obsah síry v biomase i zemním plynu je výrazně nižší než v uhlí. Obecně lze říci, že z běžných paliv je nejekologičtější zemní plyn následovaný ostatními plynnými a kapalnými palivy. Z tuhých paliv má nejlepší předpoklady k nejmenší produkci znečišťujících látek biomasa, nicméně platí, že dobře spálené uhlí je lepší než špatně spálené dřevo. Nesmí se zapomínat také na to, že spalovací zařízení na plynná a kapalná paliva dosahují lepších účinností přeměny chemické energie paliva na tepelnou, což se promítá do nižší spotřeby.

Část z celkového počtu 477 Metylovických rodinných domů nemá v současnosti možnost využívat pro vytápění zemní plyn. Jsou to především objekty v severní části obce, kde ještě nebyly zhotoveny přípojky. Pokud by 20 těchto domácností výhledově přešlo na zemní plyn, případně majitelé v již plynofikované části obce by se rozhodli opět k vytápění využívat svoje plynové přípojky, pak by to v případě přechodu z hnědého uhlí znamenalo úsporu cca 150 tun na spotřebě paliva, což oproti nárůstu spotřeby zemního plynu ve výši 51,5 tisíc m³ představuje pokles spotřeby tepla o 950 GJ díky vyšší účinnosti plynového kotle ve srovnání s tradičním kotlem na tuhá paliva. Snížení množství vzniklých emisí v případě odstavení prohořivacího (opatření B1) či odhořivacího kotle (opatření B2) udávají Obr. 51 a Obr. 52. Úbytek emisí v obci ve srovnání s výchozí bilancí pro topnou sezónu 2010/2011 je patrný z Tab. 77, resp. Tab. 79. Z uvedených skutečností plyne, že změna u několika málo rodinných domů může přinést radikální snížení produkce znečišťujících látek v celé obci.

Tab. 76 Charakteristika opatření B1

Ukazatel	Hodnota
Rozsah opatření	20 RD
Stav před realizací	Spalováno hnědé uhlí v prohořivacím kotli
Stav po realizaci	Spalován zemní plyn



Obr. 51 Produkce ZL před a po realizaci opatření B1

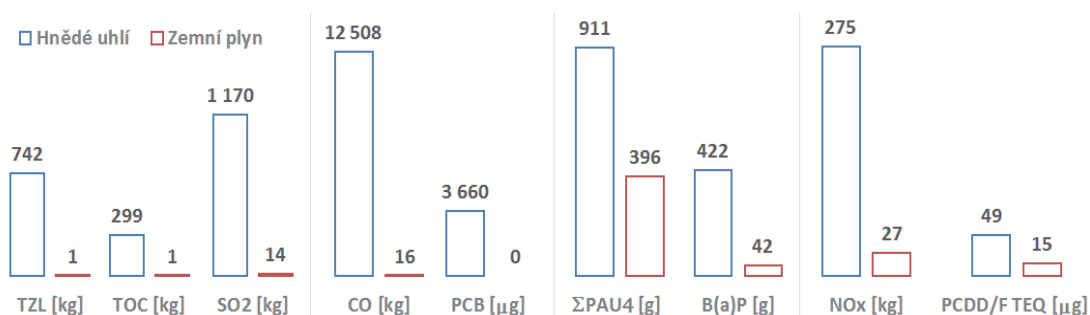
Tab. 77 Dopad opatření B1 na emisní bilanci obce

Změna	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU4 [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F TEQ [μg]
Absolutní	-3 637	-5 551	-268	-16 962	-998	-2 565	-1 269	-9 212	-160
Relativní v %	-43,7	-39,8	-8,3	-13,9	-12,4	-17,2	-24,2	-12,6	-4,6

Relativní změna je vztažena ke skutečné emisní bilanci za topnou sezónu 2010/2011.

Tab. 78 Charakteristika opatření B2

Ukazatel	Hodnota
Rozsah opatření	20 RD
Stav před realizací	Spalováno hnědé uhlí v odhořivacím kotli
Stav po realizaci	Spalován zemní plyn



Obr. 52 Produkce ZL před a po realizaci opatření B2

Tab. 79 Dopad opatření B2 na emisní bilanci obce

Změna	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU4 [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F TEQ [μg]
Absolutní	-741	-298	-247	-12 492	-1 156	-515	-380	-3 660	-34
Relativní v %	-8,9	-2,1	-7,7	-10,2	-14,3	-3,4	-7,3	-5,0	-1,0

Relativní změna je vztažena ke skutečné emisní bilanci za topnou sezónu 2010/2011.

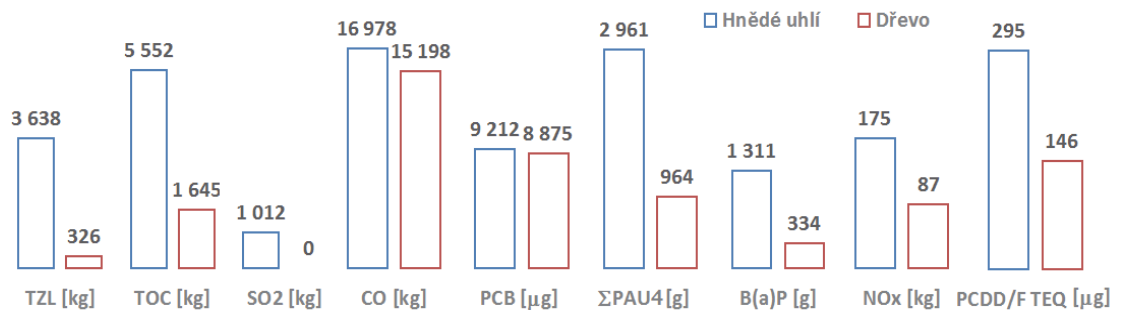
Podstatně jednodušší a levnější alternativou je prostá náhrada hnědého uhlí za dřevo. Dobře vysušené dřevo s obsahem vlhkosti cca 10 % má výhřevnost kolem 16 MJ/kg, což je hodnota blízká se výhřevností hnědého uhlí z lomu Bílina (17,6 MJ/kg). Čerstvě vytěžené dřevo má vlhkost na úrovni 50 %, čemuž odpovídá výhřevnost necelých 8 MJ/kg. Po roce sušení pod přístřeškem klesne podíl vody ve dřevě zhruba na 20 % s výhřevností lehce nad 14 MJ/kg. Z uvedeného vyplývá, že při podobné účinnosti spalovacího zařízení je spotřeba dřeva větší než spotřeba hnědého uhlí. Dřevo má vyšší podíl prchavé hořlaviny, který je mnohem bližší hnědému, než černému uhlí. To umožňuje v mnoha kotlích spalovat jak

dřevo, tak hnědé uhlí, aniž by došlo k zásadnímu zhoršení provozních parametrů. Výhodou dřeva však je prakticky nulový obsah síry a podíl popeloviny do 1 % projevující se na absenci SO₂ ve spalinách a výrazně menším množstvím emitovaných TZL.

Budeme-li opět uvažovat s počtem 20 domácností, tentokrát odhodlaných k přechodu z hnědého uhlí na dřevo (cca 20 % vlhkosti), pak se jim, a tedy i obci jako celku, zvýší spotřeba tuhých paliv v souhrnu o cca 20 tun, zásadním způsobem však bude ovlivněna emisní bilance zejména při realizaci opatření u prohořivacích kotlů (opatření B3, viz Tab. 81).

Tab. 80 Charakteristika opatření B3

Ukazatel	Hodnota
Rozsah opatření	20 RD
Stav před realizací	Spalováno hnědé uhlí v prohořivacím kotli
Stav po realizaci	Spalováno kusové dřevo v prohořivacím kotli



Obr. 53 Produkce ZL před a po realizaci opatření B3

Tab. 81 Dopad opatření B3 na emisní bilanci obce

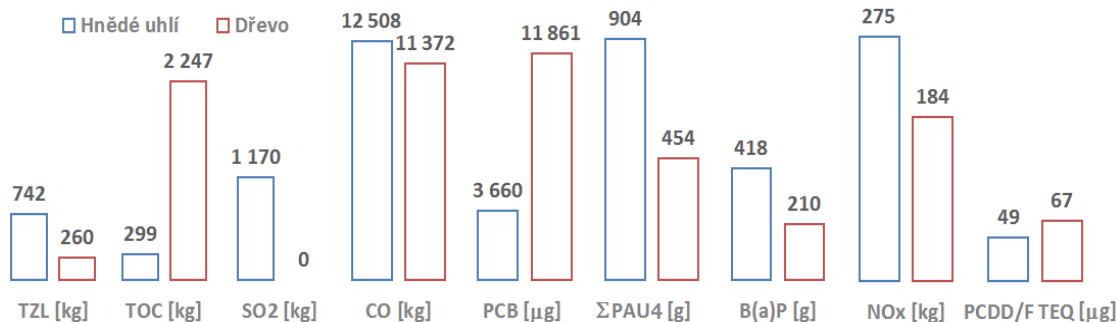
Změna	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU4 [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F TEQ [μg]
Absolutní	-3 312	-3 907	-149	-1 781	-1 012	-1 998	-978	-337	-89
Relativní v %	-39,8	-28,0	-4,6	-1,5	-12,6	-13,4	-18,7	-0,5	-2,6

Relativní změna je vztažena ke skutečné emisní bilanci za topnou sezónu 2010/2011.

Poněkud menší přínos má realizace opatření B4, tj. záměna paliva u kotle s odhořivací koncepcí spalování. U některých znečišťujících látek může naopak dojít k nezanedbatelnému zvýšení produkce proti původnímu stavu (Tab. 83). Obecně však převažuje pozitivní přínos opatření.

Tab. 82 Charakteristika opatření B4

Ukazatel	Hodnota
Rozsah opatření	20 RD
Stav před realizací	Spalováno hnědé uhlí v odhořivacím kotli
Stav po realizaci	Spalováno kusové dřevo v odhořivacím kotli



Obr. 54 Produkce ZL před a po realizaci opatření B4

Tab. 83 Dopad opatření B4 na emisní bilanci obce

Změna	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU4 [g]	B(a)P [g]	PCB [μg]	PCDD/F TEQ [μg]
Absolutní	-482	+1 948	-90	-1 136	-1 170	-428	-236	+8 201	+18
Relativní v %	-5,8	+14,0	-2,8	-0,9	-14,5	-2,9	-4,5	+11,2	+0,5

Relativní změna je vztahena ke skutečné emisní bilanci za topnou sezónu 2010/2011.

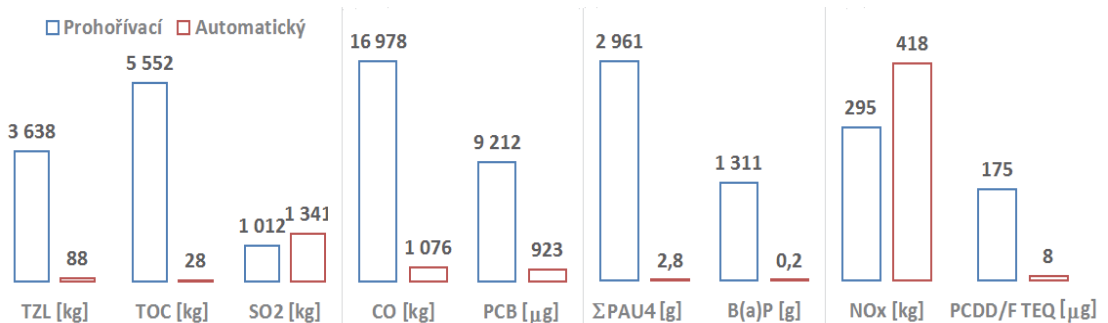
Výměna kotle

Jak už bylo zmíněno dříve, mezi jednotlivými typy kotlů jsou značné rozdíly jak v provozních parametrech, tak z hlediska vlivu na životní prostředí. Automatické kotle představují jakousi technologickou špičku, které mohou konkurovat pouze kotle zplyňovací. Přestože pořízení téměř jakéhokoliv automatického kotle je samo o sobě nepochybně významný krok k ekologizaci vytápění domácností, existují nezanedbatelné rozdíly i napříč touto kategorií. Takovým základním orientačním indikátorem je emisní třída kotle, která alespoň rámcově předurčuje jak účinnost, tak měrné emise při provozu kotle. V tomto ohledu musí automatický kotel na fosilní paliva spadající do nejvyšší třídy 5 v případě TZL dosahovat třetinových mezních koncentrací ve srovnání s automatickým kotlem emisní třídy 3. Avšak i mezi tímto méně kvalitním automatickým kotlem a kotlem prohořivacím může být propastný rozdíl, který je v praxi zpravidla zapříčiněn, ať už úmyslně, nebo nevědomky, samotným majitelem, a to nevhodným způsobem přikládání paliva a nastavením přívodu spalovacího vzduchu.

Pro názornost je v dalším textu pracováno s úvahou, že 20 domácností, které pro vytápění využívají hnědé uhlí, se rozhodne nahradit prohořivací kotel a pořídit si kotel automatický. Prvotní efekt bude ten, že díky lepší účinnosti nového kotle klesne spotřeba paliva a sníží se provozní náklady na vytápění. V souhrnu se jedná o úsporu paliva ve výši cca 45 tun (referenční topné období 2010/2011). Druhotný efekt pak je výrazné omezení produkce znečišťujících látek (Obr. 55). Navýšení emisí SO₂ je v bilanci (Tab. 85) způsobeno tím, že při zkouškách s automatickým kotlem bylo používáno hnědé uhlí s mírně zvýšeným obsahem síry. Při identickém palivu by i tyto emise byly nižší, zejména tedy díky nižšímu množství spáleného uhlí.

Tab. 84 Charakteristika opatření C1

Ukazatel	Hodnota
Rozsah opatření	20 RD spalujících hnědé uhlí
Stav před realizací	Prohořivací kotel
Stav po realizaci	Automatický kotel



Obr. 55 Produkce ZL před a po realizaci opatření C1

Tab. 85 Dopad opatření C1 na emisní bilanci obce

Změna	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU ₄ [g]	B(a)P [g]	PCB [µg]	PCDD/F TEQ [µg]
Absolutní	-3 550	-5 524	+123	-15 903	+329	-2 958	-1 311	-8 289	-167
Relativní v %	-42,6	-39,6	+3,8	-13,0	+4,1	-19,8	-25,0	-11,3	-4,9

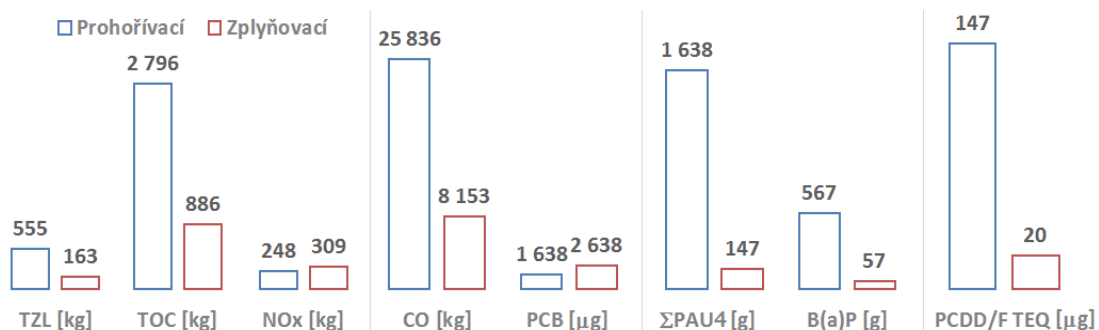
Relativní změna je vztažena ke skutečné emisní bilanci za topnou sezónu 2010/2011.

Výše uvedené opět dokazuje, že opatřeními přijatými u velmi malé skupiny domácností, lze zásadním způsobem zlepšit emisní bilanci celé obce. Prohořivací kotel spalující hnědé uhlí má totiž nejvyšší měrné emise TZL ze všech možných kombinací. Jejich vyřazení z provozu má proto klíčový dopad na zlepšení situace v obci. Úspory bychom však našli i v jiných případech, jejich efekt však již nebude tolik patrný. Například můžeme uvažovat se scénářem, že všechny domácnosti, v nichž je spalováno dřevo v prohořivacím kotli (34 RD)

by se rozhodly pořídit kotel zplyňovací. Už samotné zvýšení účinnosti nového kotle se promítne do snížení spotřeby paliva o cca 68 tun. Pokles množství vznikajících znečišťujících látek u tohoto souboru objektů ukazuje Obr. 56, dopad opatření na emisní bilanci celé obce je patrný z Tab. 87.

Tab. 86 Charakteristika opatření C2

Ukazatel	Hodnota
Rozsah opatření	Všechny RD spalující dřevo v prohořivacím kotli (34)
Stav před realizací	Prohořivací kotel
Stav po realizaci	Zplyňovací kotel



Obr. 56 Produkce ZL před a po realizaci opatření CII

Tab. 87 Dopad opatření CII na emisní bilanci obce

Změna	TZL [kg]	TOC [kg]	NO _x [kg]	CO [kg]	SO ₂ [kg]	ΣPAU4 [g]	B(a)P [g]	PCB [µg]	PCDD/F TEQ [µg]
Absolutní	163	886	309	8 153	-	147	57	2 638	20
Relativní v %	-4,7	-13,7	+1,9	-14,5	-	-10,0	-9,7	-17,0	-3,7

Relativní změna je vztahena ke skutečné emisní bilanci za topnou sezónu 2010/2011.

8.2. Vyhodnocení variant

Prohořivací kotle se díky svému technickému řešení vyznačují nejvyšší produkcí znečišťujících látek v porovnání s ostatními konstrukcemi teplovodních kotlů malých výkonů. Tento rozdíl je tím patrnější, čím horší je kvalita spalovaného paliva. Nejhůře v tomto směru vychází hnědé uhlí, jehož výrazný podíl popeloviny a síry způsobuje vysoké emise TZL a SO₂. Každé smysluplné opatření vedoucí ke zlepšení kvality ovzduší v obci proto musí vycházet ze snahy eliminovat počet případů, kdy k vytápění domácností je využíváno této dnes již přežitě koncepce spalovacího zařízení v kombinaci s méně hodnotným palivem.

Jak ukazuje Tab. 88, jako nejefektivnější opatření se jeví to, při kterém je zcela opuštěn princip spalování tuhých paliv (B1). Jedná se však o variantu, která vyžaduje dobudování potřebné infrastruktury v obci a závisí na ochotě domácností akceptovat vyšší náklady na vytápění. Pokud provozovatel kotle trvá na nízkých provozních nákladech, je stále možné dosáhnout značného snížení produkce znečišťujících látek výměnou zastaralého spalovacího zařízení za pokročilejší technologii v podobě automatického kotle (C1), nebo využívání kusového dřeva v původním prohořivacím kotli (B3), což ale bude spojeno se sníženým komfortem obsluhy z důvodu častého přikládání. I při provedení opatření jen u 20 RD je možné dosáhnout snížení emisí TZL v obci o více než 40 %. Poměrně významného snížení množství produkce škodlivých emisí je možné dosáhnout také snížením spotřeby uhlí bez nutnosti zásahu do systému vytápění, což je možné uskutečnit zateplením rodinného domu (A1). V případě Metylovic lze snížit emise TZL o cca 22 % pouhým zateplením 17 dosud nezateplených rodinných domů.

Tab. 88 Nejefektivnější opatření z hlediska poklesu emisí v obci

Varianta	A1	B1	B3	C1
Opatření	zateplení	záměna paliva a výměna kotle	záměna paliva	výměna kotle
Rozsah	17 RD	20 RD	20 RD	20 RD
Kotel	prohořivací	prohořivací →plynový	prohořivací	prohořivací →automatický
Palivo	hnědé uhlí	hnědé uhlí →zemní plyn	hnědé uhlí →kusové dřevo	hnědé uhlí
Pokles emisí TZL	21,6 %	43,7 %	39,8 %	42,6 %
Pokles emisí TOC	19,7 %	39,8 %	28,0 %	39,6 %
Pokles emisí NO_x	4,5 %	8,3 %	4,6 %	-
Pokles emisí CO	6,9 %	13,9 %	1,5 %	13 %
Pokles emisí SO₂	6,2 %	12,4 %	12,6 %	-
Pokles emisí ΣPAU4	9,8 %	17,2 %	13,4 %	19,8 %
Pokles emisí B(a)P	12,4 %	24,2 %	18,7 %	25,0 %
Pokles emisí PCB	6,2 %	12,6 %	0,5 %	11,3 %
Pokles emisí PCDD/F	2,5 %	4,6 %	2,6 %	4,9 %
Pokles spotřeby hnědé uhlí	75 t	150 t	150 t	45 t

9. Závěr

Spalování nebo spalování komunálních odpadů v kotlech malých výkonů je bohužel stále ještě častou praxí v mnoha domácnostech. Tuto situaci umožňuje samotný převládající typ kotlů s ručním přikládáním, který nijak nebrání využití odpadů jako paliva. Situace se díky osvětě mění, ale velice pomalu, navíc postupně se zvyšující se cenou paliv je sledován i částečný návrat k většímu využívání komunálních odpadů jako paliva. Mění se i složení komunálního odpadu, který dnes obsahuje větší podíl syntetických materiálů a chemických látek, než dříve. Spalovací zařízení malých výkonů nemohou dosahovat parametrů (teploty, doba hoření, čištění spalin) potřebných pro dokonalé spálení odpadů, jak je a musí být typické pro současné spalovny komunálních odpadů. Cílem této studie bylo určit dopady spalování komunálních odpadů na znečištění ovzduší u vybrané konkrétní obce, Metylovice. Studie byla rozšířena o analýzu dopadu dalších opatření na snížení úrovně znečištění ovzduší v obci, jako je výměna kotlů, záměna paliv, zateplení domů.

I když z pohledu laika vše, co do kotle dá, shoří na popel, skutečnost je jiná. V plynné formě, nebo adsorbované na povrchu prachových částic, je do ovzduší uvolňována řada znečišťujících látek s vážnými dopady na životní prostředí a zdraví lidí. Některé z nich jsou vysloveně rizikové s respiračními, kardiovaskulárními či karcinogenními účinky. Důležité je také si uvědomit, že znečišťující látky vzniklé v malých spalovacích zařízeních se do ovzduší uvolňují v malé výšce nad úrovní terénu, což se nepříznivě podepisuje na jejich malém rozptylu v ovzduší. Z toho plyne, že největším koncentracím škodlivých a rizikových látek je vystaven přímo ten, kdo spaluje odpad či jiné nevhodné palivo a jeho nejbližší sousedi.

Smyslem této studie bylo na příkladu vybrané obce demonstrovat vliv řady faktorů na množství znečišťujících látek v ovzduší v obci vznikajících při vytápění domácností. Prostřednictvím emisní bilance byla analyzována produkce 9 polutantů či skupin znečišťujících látek v závislosti na použitém palivu a konstrukci spalovacího zařízení. Emisní bilance vycházela ze stanovených emisních faktorů pro jednotlivá paliva a zařízení. Emisní faktory byly stanoveny řadou zkoušek na zkušebně Výzkumného energetického centra na VŠB – Technické univerzitě Ostrava. Tato zkušebna představuje lídra v České republice pro oblast problematiky charakteristik malých spalovacích zařízení a jejich vlivů na životní prostředí. Vyhodnocení emisní bilance bylo provedeno pro dvě různá zimní období lišící se klimatickými podmínkami, které charakterizují délku a náročnost topné sezóny. Jako referenční byla zvolena topná sezóna 2010/2011, která se nejvíce blíží dlouhodobému teplotnímu normálu.

Posuzována obec Metylovice s cca 1700 obyvateli se nachází v uzavřené dolině v oblasti Beskyd, z čehož plyne významný vliv vytápění na místní imisní zatížení. Téměř všechny domácnosti jsou tvořeny rodinnými domy. Obec je z větší části plynofikována, přičemž pro vytápění využívá zemní plyn zhruba 35 % domácností. Poměrně vysoké zastoupení mají technologie, které vykazují nulové lokální emise. Jedná se přibližně o 15 % domácností, které mají instalovány přímotopy, akumulární kamna či tepelná čerpadla. Zbývající podíl představují tradiční tuhá paliva, přičemž spotřeba hnědého uhlí převažuje nad dřevem a černým uhlím. Z hlediska konstrukce tvoří teplovodní kotle s ručním přikládáním, mimo zplyňovacích, 80 % všech spalovacích zařízení na tuhá paliva.

Za referenční topné období 2010/2011 se v obci pro účely vytápění spotřebovalo cca 1500 tun tuhých paliv, což je téměř o 27 % více, než činila spotřeba ve srovnávacím období

2014/2015, které se ukázalo jako mimořádně mírná zima. Pro výpočet množství vyprodukovaných látek byly použity měrné emise ze spalovacích zkoušek realizovaných pro všechny běžné kombinace kotel-palivo. Základní variantu zkoušky představoval režim, kdy kotel byl provozován na jmenovitý tepelný výkon s předepsaným palivem a dostatečným přísunem vzduchu. Z důvodu možnosti posouzení vlivu nestandardního provozu kotle na emisní koncentrace, byly rovněž provedeny zkoušky, při nichž například dřevo mělo vysoký podíl vlhkosti, výkon byl snížen na polovinu, nebo byl omezen přísun vzduchu do spalovací komory. Samostatnou kapitolou pak byly zkoušky, při nichž byl společně s palivem přikládán plastový odpad, který byl vybrán jako typický představitel nejrozšířenějšího typu přikládaného komunálního opadu do těchto kotlů.

Na základně získaných podkladů bylo stanoveno množství emisí nejvíce sledovaných škodlivin. Paušálně jsou nejvíce problematické látky, jak obecně tak u kotlů malých výkonů, prachové částice (označované jako tuhé znečišťující látky – TZL – jejich množství v okolním ovzduší pak vyjadřují koncentrace PM_{10} a $PM_{2,5}$) a polycyklické aromatické uhlovodíky (PAU), z nichž nejvýznamnějším reprezentantem je silně karcinogenní benzo(a)pyren. V Metylovicích bylo v daném referenčním období vneseno do ovzduší zhruba 8,3 t tuhých znečišťujících látek, 8 t oxidu siřičitého a 14,9 kg PAU, z čehož 5,2 kg připadá na benzo(a)pyren. Emise prachu z 90 % pocházejí ze spalování uhlí, v případě SO_2 dokonce z 99 %. U PAU už je možné vysledovat i 13% podíl biomasy a 19% podíl zemního plynu. Produkce zvláště toxických látek jako jsou dioxiny a furany se pohybuje v řádu jednotek mg, přičemž hlavní příčinou jejich vnosu do ovzduší je spalování černého uhlí, pro nějž je typické vysoký obsah chloru. Je nutné také připomenout, že v Metylovicích byla průměrná koncentrace imisí PM_{10} za roky 2009 až 2013 vyhodnocena na úrovni 80 % imisního limitu pro kalendářní rok, v případě $PM_{2,5}$ na úrovni 97 % limitu, a v případě koncentrace benzo(a)pyrenu (prokázaný karcinogen) na 170 % imisního limitu, přičemž obecně by každý předpokládal, že se jedná o obec s čistým ovzduším. Vzhledem k tomu, že v obci není žádný průmyslový zdroj znečišťování ovzduší, pochází prakticky veškeré znečištění právě z malých kotlů na vytápění. Protože se jedná o sezónní zdroj znečišťování, vyplývá ze zjištěných dat, že v případě naplnění průměrných ročních hodnot musí být limitní koncentrace v topném období trvale překračovány.

Nejhorších výsledků, zejména pokud se emisí prachu týká, bylo dosaženo v případě prohořivacích kotlů spalujících hnědé uhlí. Automatické a zplyňovací kotle, které tvoří dohromady podíl pouze 12 % všech spalovacích zařízení v obci, významně přispívají ke zvýšení účinnosti přeměny energie a radikálnímu snížení emisí prachu a oxidu uhelnatého ve srovnání s klasickými kotli s ručním přikládáním. Z experimentálních měření, při nichž byly analyzovány emisní koncentrace při spoluspalování dřeva s plasty, lze dojít k závěru, že při jmenovitém výkonu kotle přítomnost plastů zhoršuje měrné emise ve všech ukazatelích, avšak rozdíl není tak výrazný, jak by se dalo očekávat. K tomu je ale také třeba dodat, že plasty byly zastoupeny PET lahvemi a HDPE sáčky (mikroten), což jsou poměrně čisté materiály. Bezpochyby odpady jako pryž, linoleum nebo chemicky ošetřené dřevo by vykazovaly podstatně horší výsledky. Při sníženém výkonu došlo ke zřetelnému zvýšení emisí TZL, tuhého organického uhlíku a CO, avšak rozdíl mezi samotným dřevem a dřevem s plasty již nebyl tak patrný. Celkově můžeme dle výsledků říci, že spalování jakýchkoli plastů vede k významnému zvýšení podílu nejvíce karcinogenních látek v emisích.

Existuje celá řada faktorů, které mají přímý vliv na množství vznikajících znečišťujících látek z kotlů malých výkonů. Druh paliva a konstrukce spalovacího kotle jsou velice důležité, avšak nevhodnými návyky obsluhy, vedoucími ke špatnému způsobu ovládání a přikládání, můžeme dojít k situaci, že i velmi kvalitní palivo bude spáleno špatně a obráceně. Obzvláště tak triviální záležitost, jako je správné nastavení přísunu spalovacího vzduchu, do značné míry rozhoduje o rozsahu znečištění ovzduší.

K celkovému zlepšení situace v obci vede několik cest s různým efektem, jak bylo vyčísleno v kapitole č. 8. Obecně má velký vliv obsluha zařízení – „topič“, proto její znalosti a školení jsou až stěžejní. Z nejzajímavějších výsledků jmenujeme tyto (obec má 477 trvale obydlených domů):

- Pokud u 20 RD zaměníme hnědé uhlí za kusové dřevo při použití stávajícího prohořivacího kotle (nejhorší typ kotle), snížíme celkové množství emisí v obci o cca 15-40 % u nejvíce škodlivých látek,
- Prakticky stejného výsledku dosáhneme, když u stejného počtu domů zůstaneme u hnědého uhlí, ale zaměníme prohořivací kotel za automatický,
- Zateplením 17 zatím zcela nezateplených RD bez změny kotle a paliva snížíme celkové množství emisí v obci o cca 10-20 % u nejvíce škodlivých látek.

Problém lokálního výrazného znečišťování ovzduší se po ekologizaci středních a velkých zdrojů stal v ČR jednou z důležitých priorit k řešení. Jsou nastaveny nové podmínky pro provoz kotlů malých výkonů, kdy od roku 2022 nebude možné v domácnostech provozovat kotle s nižší emisní třídou než 3. Takže kotle třídy 1 a 2, které dnes způsobují největší lokální znečištění, jak zároveň potvrdila zpracovaná studie, bude nutné vyměnit za modernější. Jsou připravovány postupy pro kontrolu těchto zdrojů, používaných paliv a způsobu topení přímo v domácnostech. Zároveň jsou však vyhlášeny různé dotační programy (Kotlíková dotace, Nová zelená úsporám), které občanům umožňují výrazně ušetřit na investicích do nových technologií vytápění. Díky tomuto koordinovanému postupu bude postupně určitě docíleno příznivější kvality ovzduší, než je tomu teď. Pořád však zůstane určitá možnost spoluspalování odpadů, což je nevhodnější řešit vysvětlováním.

Citované zdroje

- [1] Moravskoslezský energetický klastr. Inovační studie o energetice v rámci projektu CZ.1.07/2.4.00/31.0080 „Partnerství v oblasti energetiky“. [dostupné z <http://partnerstvi-energetiky.msek.cz/inovacni-studie-CZ-1-07-2-4-00-31.0080/1-data-o-provozu-stacionarnich-zdroju.html>].
- [2] Český hydrometeorologický ústav. Upravená emisní bilance vytápění bytů malými zdroji od roku 2006. [dostupné z http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/embil/metodika_rezzo3new.pdf].
- [3] Český statistický úřad. Základní informace o vybraných územních celcích podle SLDB 2011. [dostupné z <https://www.czso.cz/csu/czso/zakladni-informace-o-vybranych-uzemnich-celcich-podle-sldb-2011-cr-kraje-okresy-spravni-obvody-orp-a-obce-vcetne-mestських-části-uzemne-clenonych-statutarnich-mest-2011-dml5agynjw>].
- [4] Bufka, A. Malá spalovací zařízení na pevná paliva pro domácnosti. Výsledky statistických zjišťování pro rok 2010, listopad 2011, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Oddělení surovinové a energetické statistiky [dostupné z <http://www.mpo.cz/dokument92531.html>].
- [5] VUPEK – ECONOMY, spol. s r.o. Lokální vytápění domácností pevnými palivy. Praha, září 2013.
- [6] ČSN 73 05 40-2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky.
- [7] Ministerstvo životního prostředí. Statistická ročenka životního prostředí České republiky. Zpracovala Česká informační agentura životního prostředí (CENIA). [dostupné z <http://www1.cenia.cz/www/sites/default/files/Rocenska%20ŽP%20ČR%202014.pdf>].
- [8] Český hydrometeorologický ústav. Znečištění ovzduší na území České republiky – Grafická ročenka 2013. [dostupné z http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/grafroc/13groc/gr13cz/Obsah_CZ.html].
- [9] Český hydrometeorologický ústav. Průměrné koncentrace za roky 2009-2013. [dostupné z http://portal.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/isko/ozko/ozko_CZ.html].
- [10] Výzkumné energetické centrum. Zpráva č. 740 04/10. Emisní faktory TZL, PM₁₀ a PM_{2,5} při spalování různých tuhých paliv v různých typech spalovacích zařízení. Ostrava, 2010.
- [11] Krajská hygienická stanice Moravskoslezského kraje. Vyšší koncentrace oxidu siřičitého v ovzduší – upozornění na aktuální zdravotní rizika. [dostupné z http://www.khsova.cz/01_aktuality/files/SO2_2011.pdf?datum=2011-09-30].

- [12] Viadrus. Hercules U26 - Litinový prohořivací kotel na tuhá paliva. Prospekt. [dostupné z http://www.viadrus.cz/doc/cms_library/cz_viadrus_pl-2_hercules_u26_web-488.pdf].
- [13] Česká informační agentura životního prostředí. Instrumentace měření emisí. [dostupné z http://www.irz.cz/dokumenty/irz/metody_mereni/instrumentace_mereni_emisi.pdf].
- [14] ČSN EN 303-5:2013. 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. Česká verze normy EN 303-5:2012.
- [15] ČSN EN 303-5:2000. Kotle pro ústřední vytápění - Část 5: Kotle pro ústřední vytápění na pevná paliva, s ruční nebo samočinnou dodávkou, o jmenovitém tepelném výkonu nejvýše 300 kW - Terminologie, požadavky, zkoušení a značení. Česká verze normy EN 303-5:1999.
- [16] Zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší.
- [17] Mapy s vymezením oblastí zhoršené kvality ovzduší v Moravskoslezském kraji. Zpracováno na základě podkladů ČHMÚ. [dostupné z <http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz/cz/ovzdusi/podklady/mapy-s-vymezenim-oblasti-zhorsene-kvality-ovzdusi-ozko-v-moravskoslezskem-kraji--25232/>].
- [18] Moravskoslezský kraj. Situační zpráva o kvalitě ovzduší na území Moravskoslezského kraje za kalendářní rok 2011. Ostrava, 2012. [dostupné z http://iszp.kr-moravskoslezsky.cz/assets/ovzdusi/Koncepce/121204_08_004_01.pdf].
- [19] United States Environmental Protection Agency. Classification of polycyclic aromatic hydrocarbons. Washington, D.C.: Office of Environmental Information; 2012 [dostupné z http://epa.tas.gov.au/documents/advisory_note_for_classification_of_pahs.pdf].
- [20] Ing. Jan Koloničný, Ph.D., Mgr. Veronika Hase, Ing. David Kupka, Lokální vytápění – reálné možnosti a podmínky snížení škodlivých emisí, Ostrava 2011, VŠB – Technická univerzita Ostrava, 198 str., ISBN 978-80-248-2374-4

Autor:	Ing. Jan Koloničný, Ph.D. Ing. David Kupka, Ph.D. Ing. Jiří Horák, Ph.D. Mgr. Šárka Tomšejová, Ph.D.
Pracoviště:	Výzkumné energetické centrum Inovace pro efektivitu a životní prostředí
Název:	Vliv malých zdrojů tepla na ovzduší v obci včetně spoluspalování vybraných komunálních odpadů
Místo, rok vydání:	Ostrava, 2015, 1. vydání
Počet stran:	89
Vydal:	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
Tisk:	Bannan Print
Náklad:	300 ks
Neprodejně	

Za obsah studie jsou odpovědní autoři. Informace zde uvedené nejsou oficiálním stanoviskem orgánů Evropské unie.

ISBN 978-80-248-3794-0