

VSB TECHNICAL
UNIVERSITY
OF OSTRAVA

ENERGY
AND ENVIRONMENTAL
TECHNOLOGY CENTRE

ENERGY
RESEARCH
CENTRE



Reálné parametry malých spalovacích zařízení

Konference: Čistější ovzduší v našich
mestách a obciach – ako na to?

29.3.2023 – Nízke Tatry

Jiří Horák, František Hopan, Martin Chmelař, Jiří Kremer



Ministerstvo životního prostředí



CENTRUM ENERGETICKÝCH
A ENVIRONMENTÁLNÍCH
TECHNOLOGIÍ

VÝZKUMNÉ
ENERGETICKÉ
CENTRUM

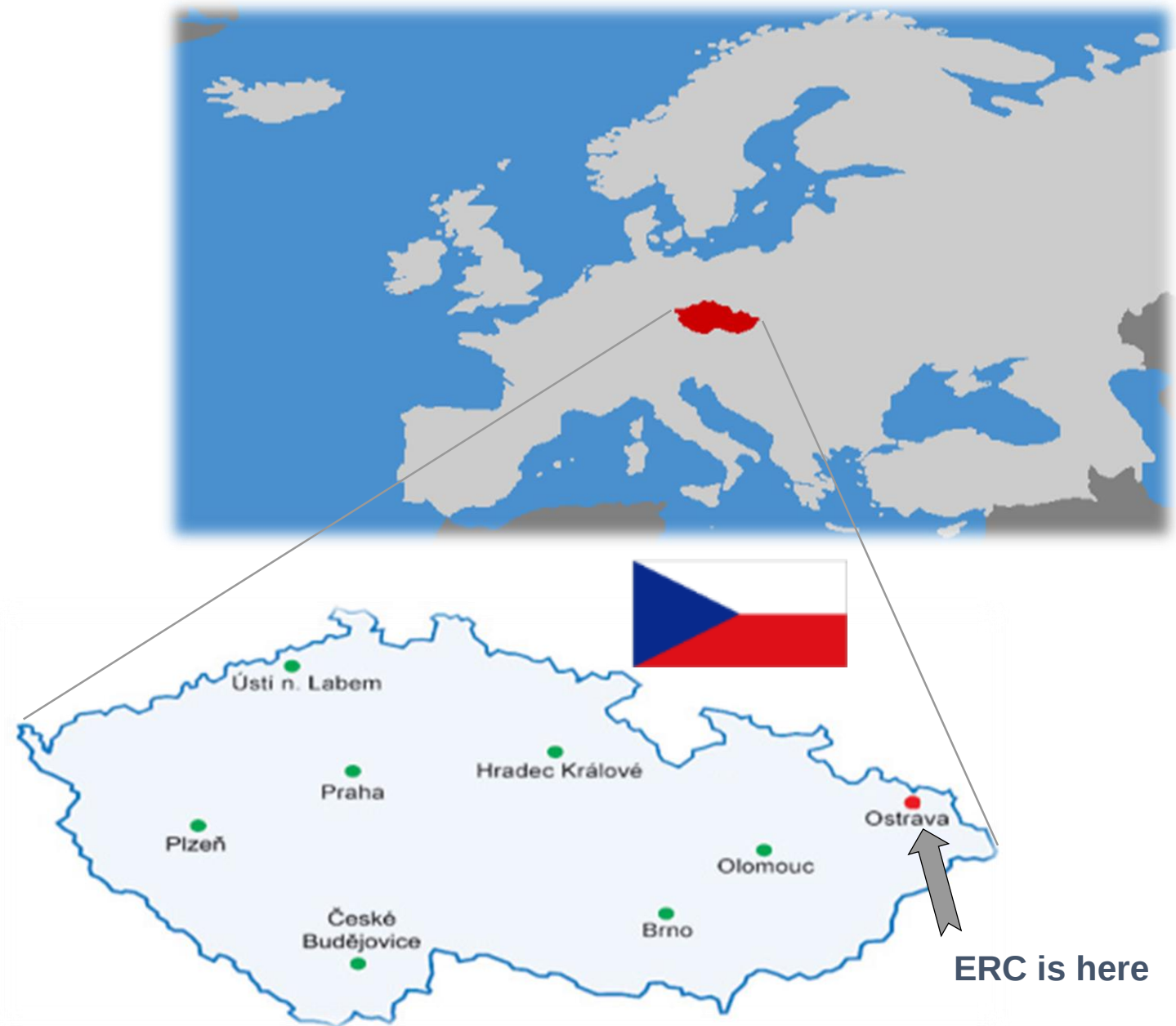
Projekt LIFE IP - Zlepšení kvality ovzduší (LIFE18 IPE/SK/000010) podpořila Evropská unie v rámci programu LIFE.

Projekt je také spolufinancován Ministerstvem životního prostředí ČR. www.populair.sk

**Vysoká škola báňská –
Technická univerzita
Ostrava (VŠB-TUO)**

**Centrum energetických
a enviromentálních
technologií (CEET)**

**Výzkumné energetické
centrum (VEC)**



VEC není VEČko



SMOKEMAN = Jiří Horák = George Bruciatore = head of the Testing Laboratory





Accredited and authorized testing laboratory

- Notified body 2078
- Stoves and insets (EN 13229, EN 13240), cookers (EN 12815)
- Hot – water boilers (EN 303-5)



<https://vec.vsb.cz/en/workplace/testing-laboratory-of-boilers/>

Cíl

- Abyste na konci věděli
 - co je VECko
 - kdo je SMOKEMAN a kde bydlí
 - že jsou nová videa a kde je najdete
 - jaké jsou reálné parametry kotlů
 - že 30 minut na přednášku je málo



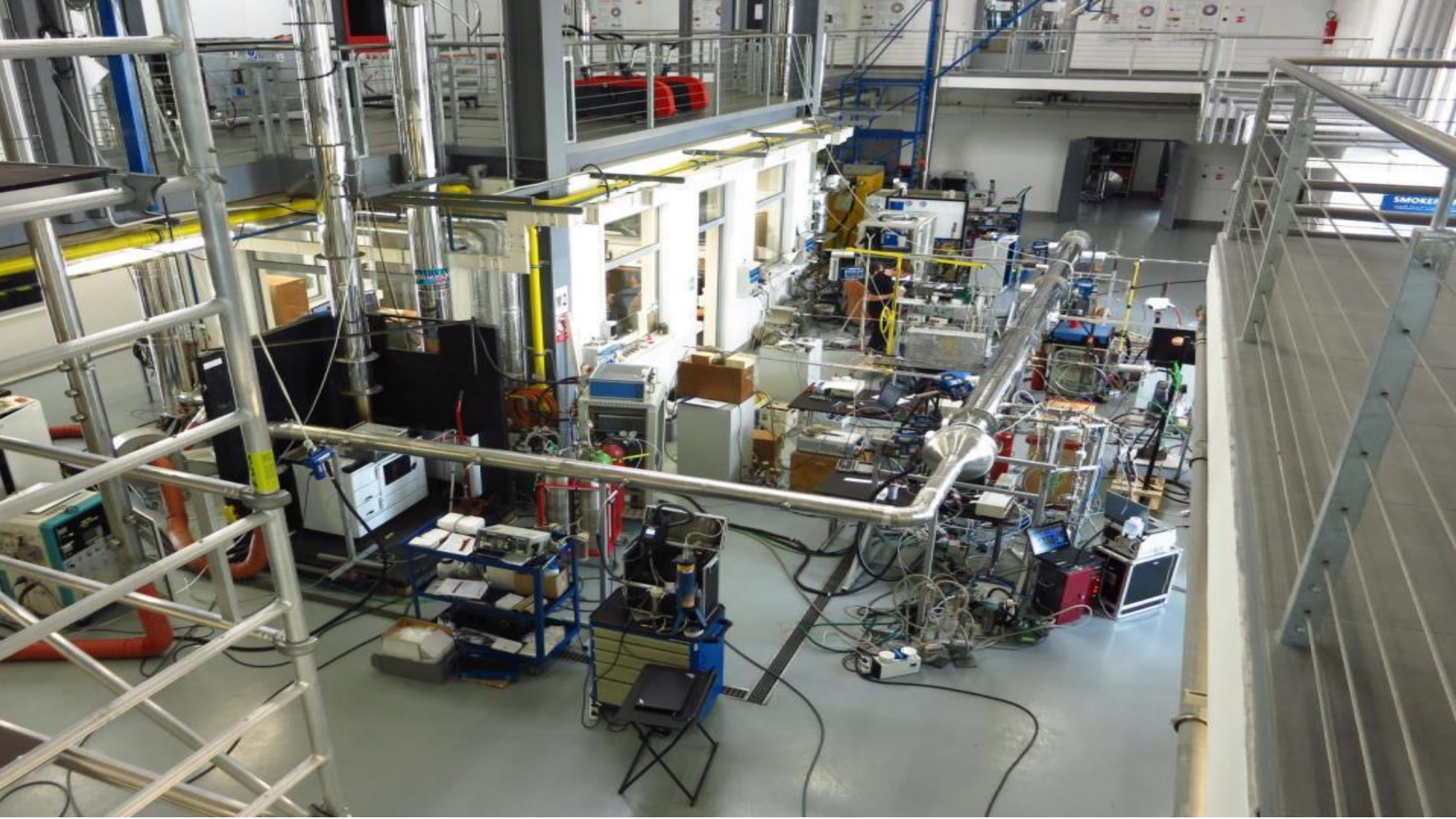
Zrození SMOKEMANa

Co je nutno říci úvodem?

- Nejsem proti spalování pevných paliv pro potřeby vytápění
- SMOKEMAN doma vytápí plynovým kondenzačním kotlem a krbovými kamny s výměníkem

Měření na zkušebně









Měření v reálu



Měření v reálu









Prohořívací kotel



- nejstarší a nejjednodušší
- patří do minulého století
- vysoké emise škodlivin, nízká účinnost



Odhořívací kotel



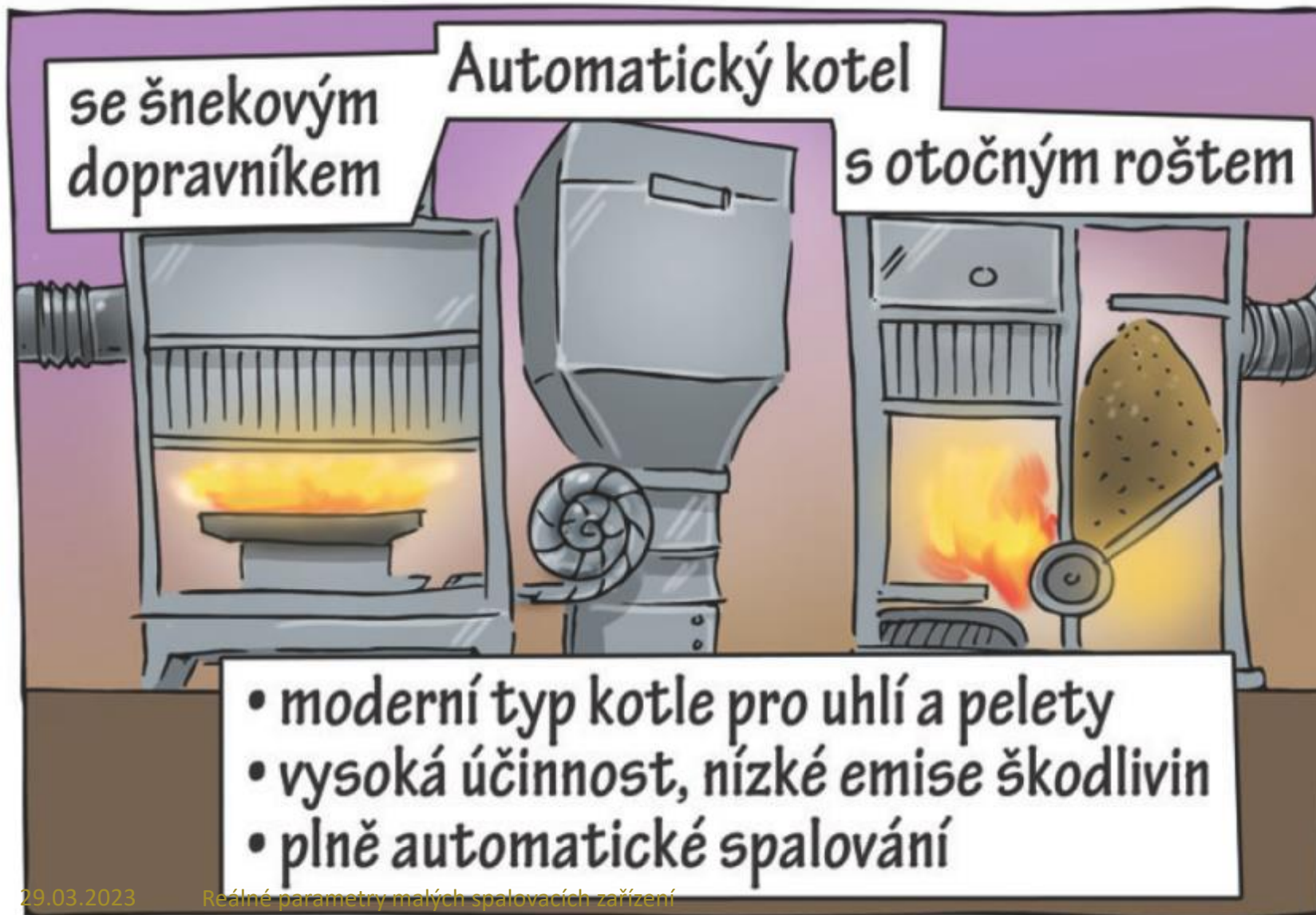
Odhořívací kotle představují vývojový mezistupeň, z pohledu kvality spalování dosahují lepších výsledků než prohořívací kotle.



Zplyňovací kotel

- moderní typ kotle především pro kusové dřevo
- vysoká účinnost, nízké emise škodlivin
- řízený přísun vzduchu ventilátorem







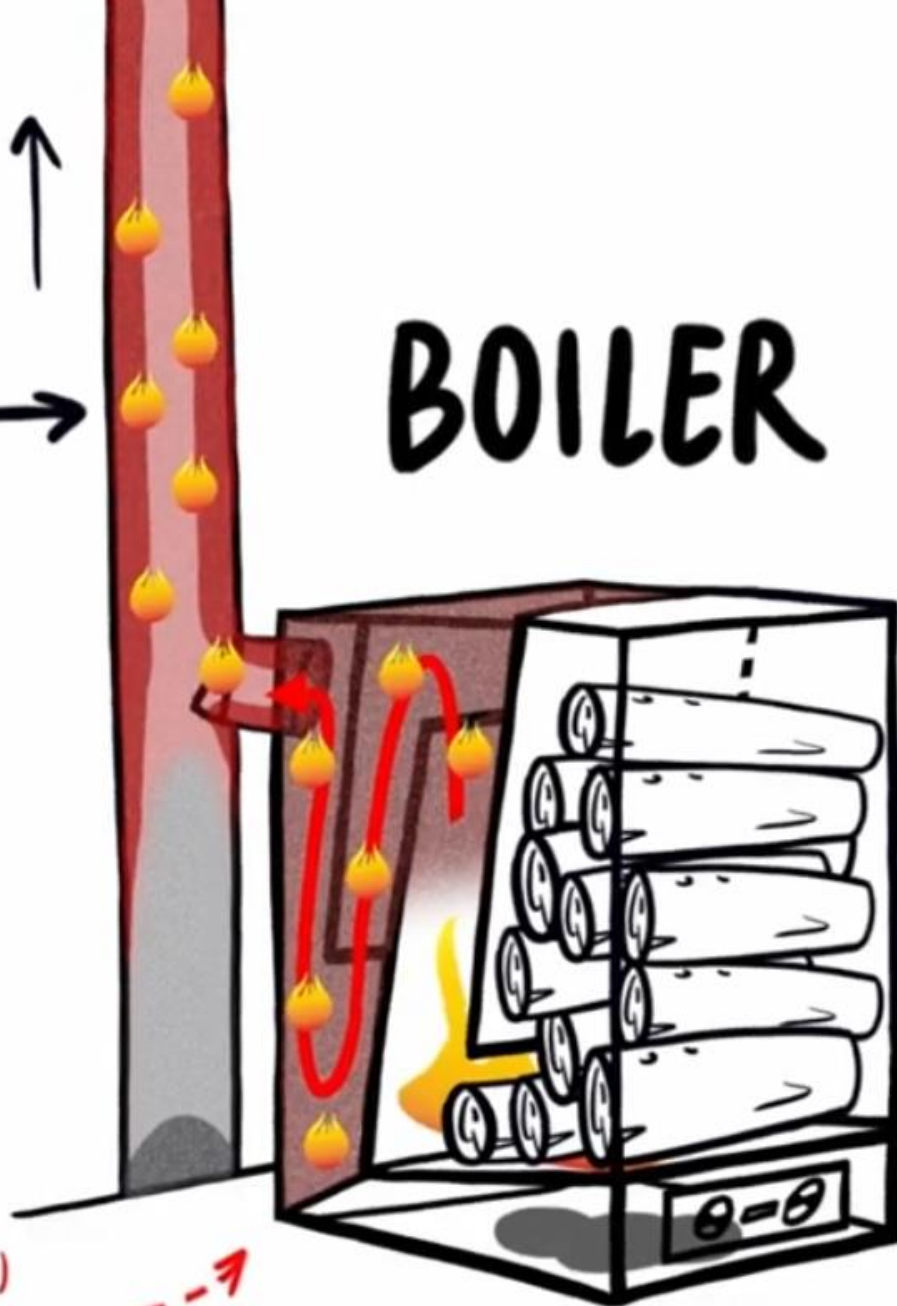
DAMAGE!

CHIMNEY →

FLUE VENT
CONNECTOR

EXCHANGER
(THE HEAT TRANSFER AREA)

BOILER



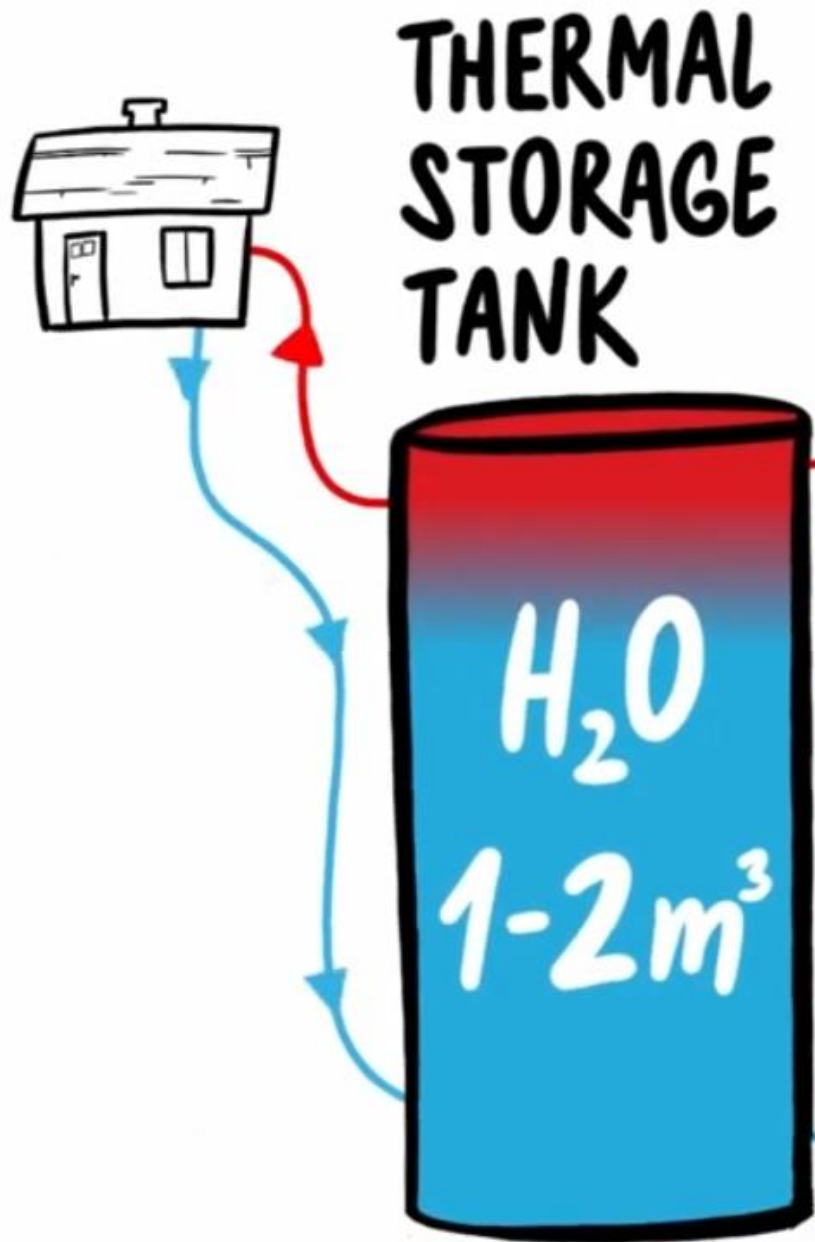
**FOULING WITH
FLY ASH**

SOOT

TAR

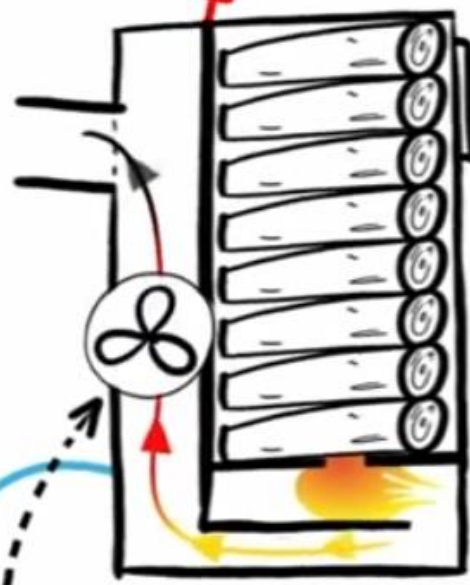
**FUELLING
SPACE**

**BURNER
ASH PAN**

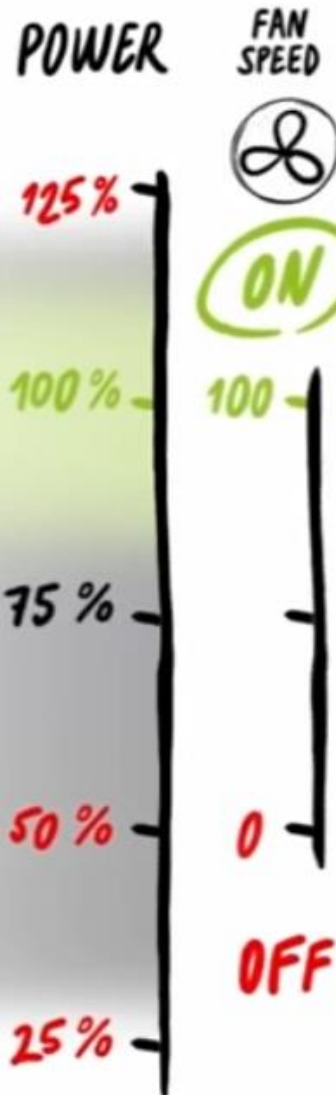


GASIFICATION

WORKS OPTIMALLY AT
RATED POWER



LOWER COMBUSTION
QUALITY





NOR

HIGH

CORRECT

NOR

LOW

CHIMNEY
HEAT LOSS

TEMPERATURE
OF FLUE GAS



DECREASE
IN LIFETIME
AND SAFETY

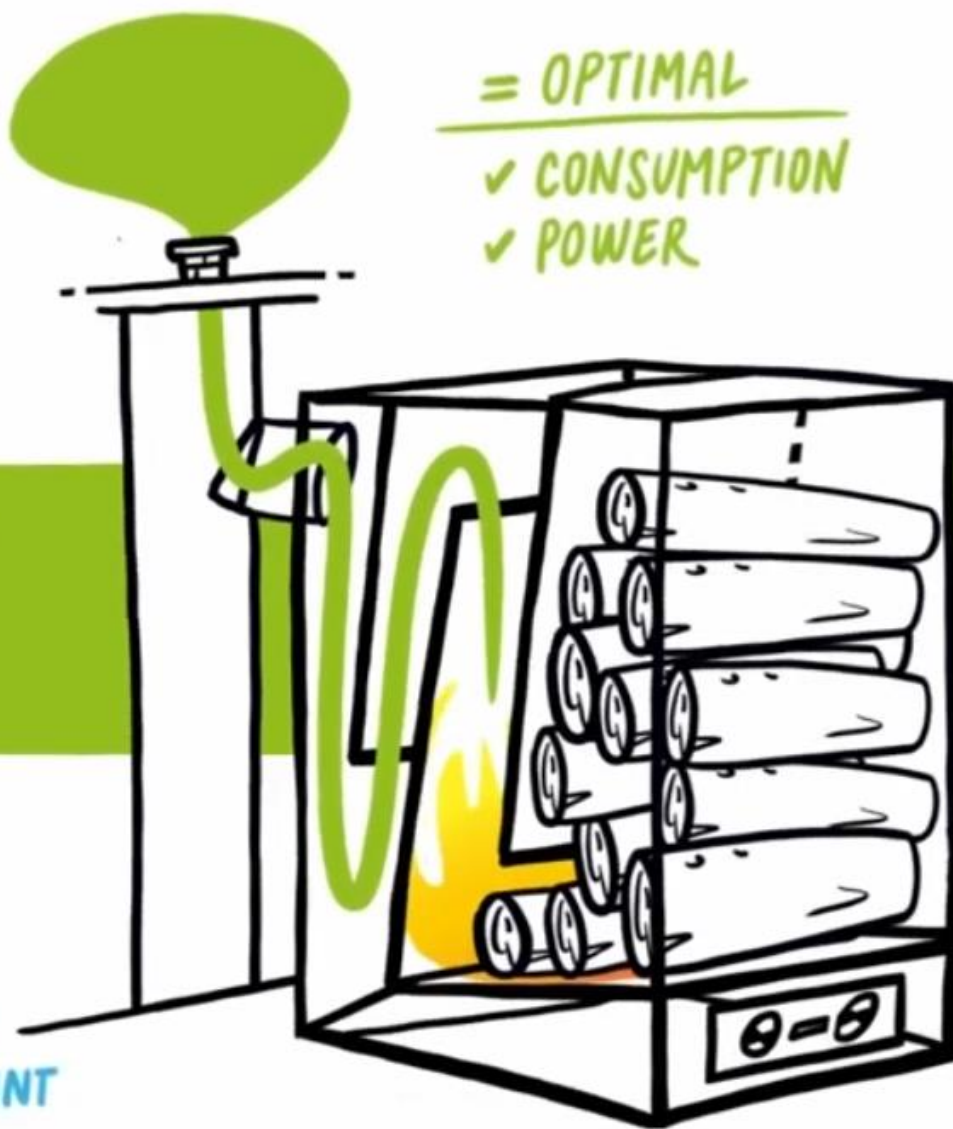
BELOW
DEW POINT

INCORRECT CHIMNEY FUNCTIONALITY

= OPTIMAL

✓ CONSUMPTION

✓ POWER



Měřené parametry

Kontinuálně měřené parametry

- výkon (vstupní/ výstupní teplota otopné vody a průtok vody v kotli) v kW
- teplota spalin °C (termočlánek typu K)
- tah komínu Pa (elektronický diferenční tlakoměr do 100 Pa; šikmá U trubice)
- obsah O₂ v % (paramagneticky, elektrochemicky)
- obsah CO v ppm (NDIR, elektrochemicky)
- obsah OGC v ppm (FID neselektivní OGC, NDIR propan - selektivní)

Manuální měření

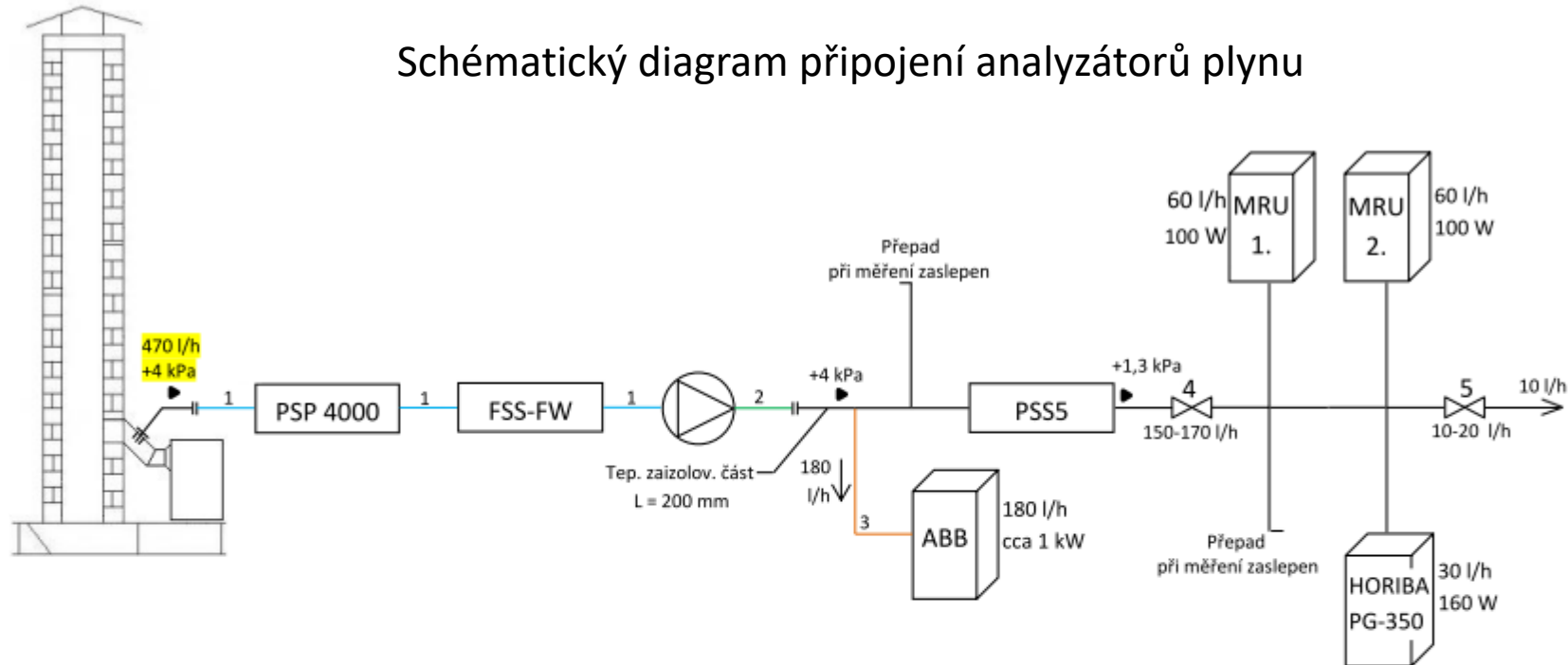
- Prach
 - gravimetrická metoda; 15 min.; cca 140 dm³ suchého plynu při normálních stavových podmínkách (0°C; 101,325 kPa)
 - gravimetrická metoda; Wöhler SM500
 - optická metoda; AFRISO
 - optická metoda; Bacharachova sada

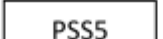
Další sledované parametry

- spotřeba paliva (množství přiloženého paliva během testu)
- složení paliva (C,H,N S, voda, popel) a výhřevnost (laboratorně analyzovaný vzorek paliva)



Schématický diagram připojení analyzátorů plynu



	C ₃ H ₈ – FID (60 l/h) CO, SO ₂ , CH ₄ , NO, O ₂ (60 l/h) NO _x - chemiluminis. (60 l/h)		O ₂ senzor elektrochemický O ₂ , CO ₂ , CO, NO, SO ₂ , C ₃ H ₈ (suché)		
	NO, SO ₂ , CO, CO ₂ , O ₂ CO, CO ₂ - laser		O ₂ senzor paramagnetický O ₂ , CO ₂ , CO, NO, SO ₂ , C ₃ H ₈ (suché)		
	kryt se sondami		topené čerpadlo (450 W)		topená hadice L = 1 m (100 W)
	topená sonda (250 W)		chladnička s čerpadlem (230 W)		topená hadice L = 10 m (1 kW), možno až 3 x 10 m (3x1 kW)
	topený filtr s vatovou filtrací (800 W)		průtokoměry s regulací		topená hadice L = 3 m (300 W)

Filtr + čerpadlo



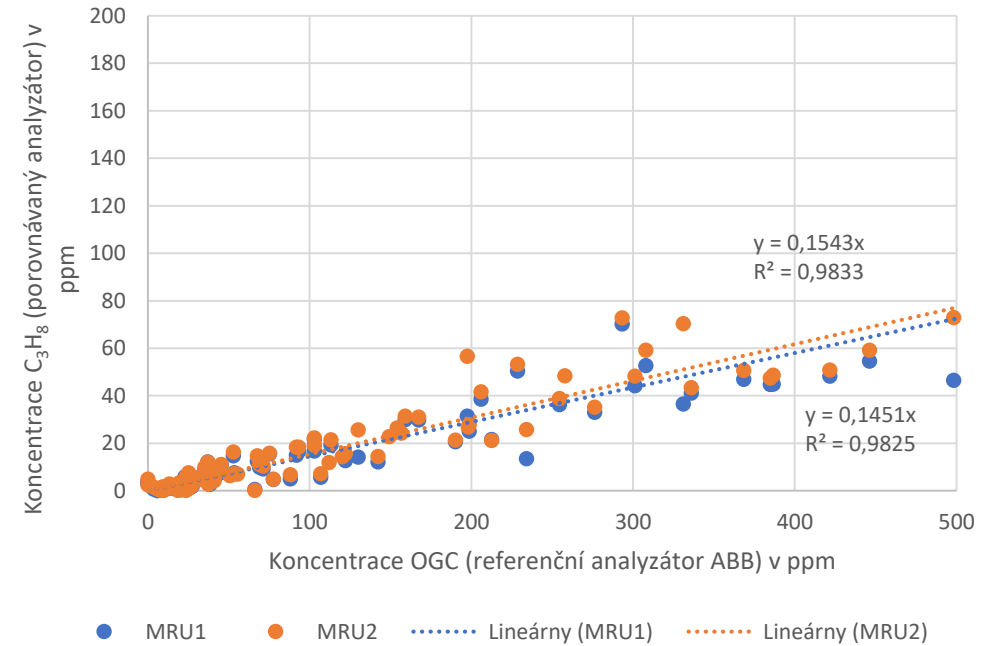
Analyzátorová sestava ABB
(O_2 , CO_2 , CO , NO_x , SO_2 , OGC, CH_4)



Horiba PG350
(O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂)



MRU Variolux (O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂, C₃H₈)



OGC – plamenoionizační detektor (FID)
– neselektivní – kalibrovaný propanem

C₃H₈ – nedisperzní infračervený detektor (NDIR) - selektivní

TESTO 350 (O₂, CO₂, CO, NO_x, SO₂)



Měření prachu



Měření prachu Wöhler SM96

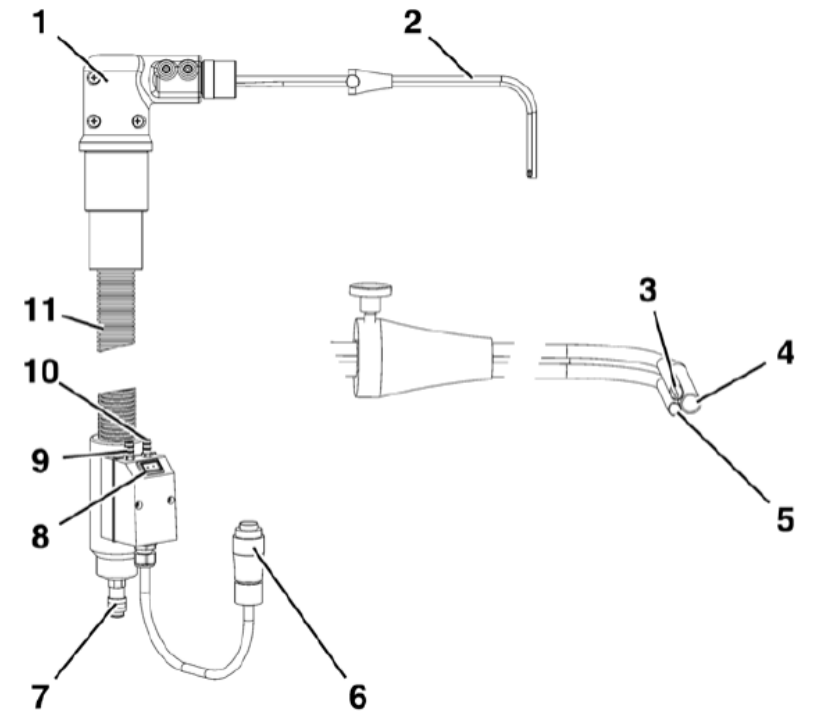
Diskontinuální gravimetrické stanovení
(15 min., 140 NL, filtrační patrona)



Měření prachu Kontinuální optické stanovení prachu + O₂, CO

AFRISO STM 225

Vlastnosti STM 225



Měření prachu

Kontinuální pseudogravimetrické stanovení prachu + O₂, CO

Wöhler SM 500

Wöhler SM 500



3

Struktura a funkce

3.1 Části přístroje

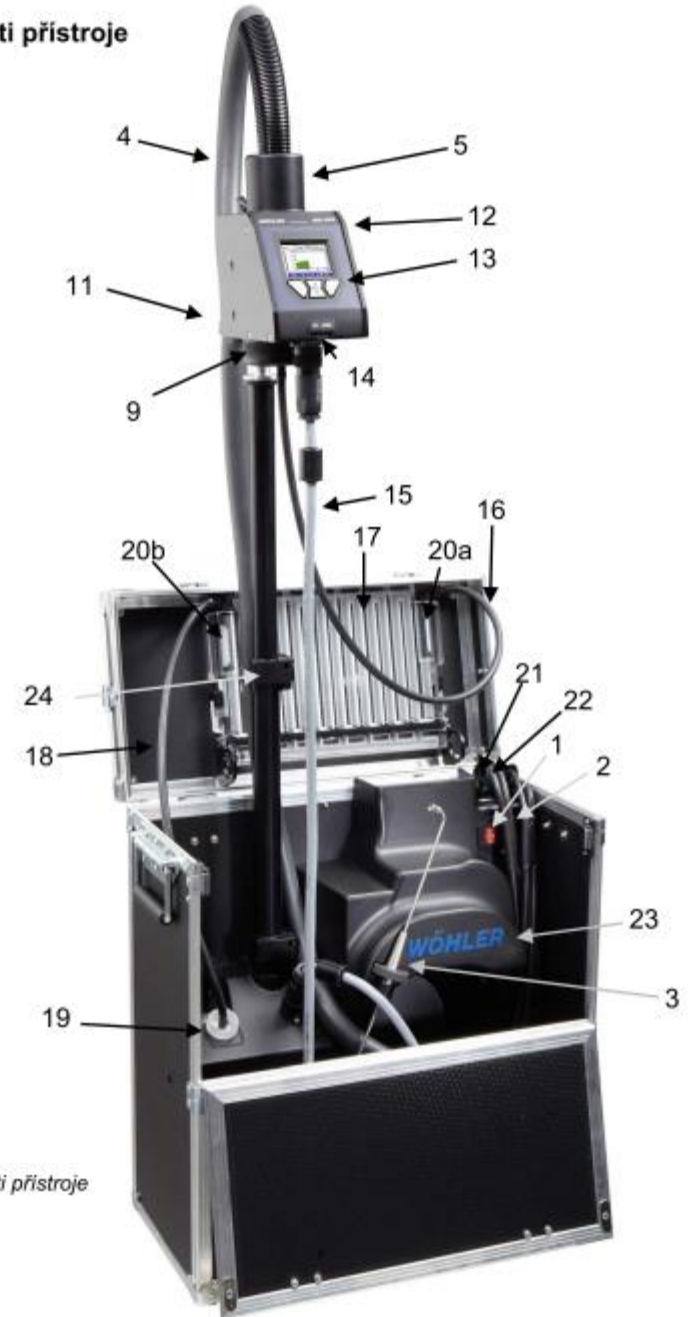


Abb. 1: Části přístroje

Wöhler SM 500



3.3 Schéma přístroje

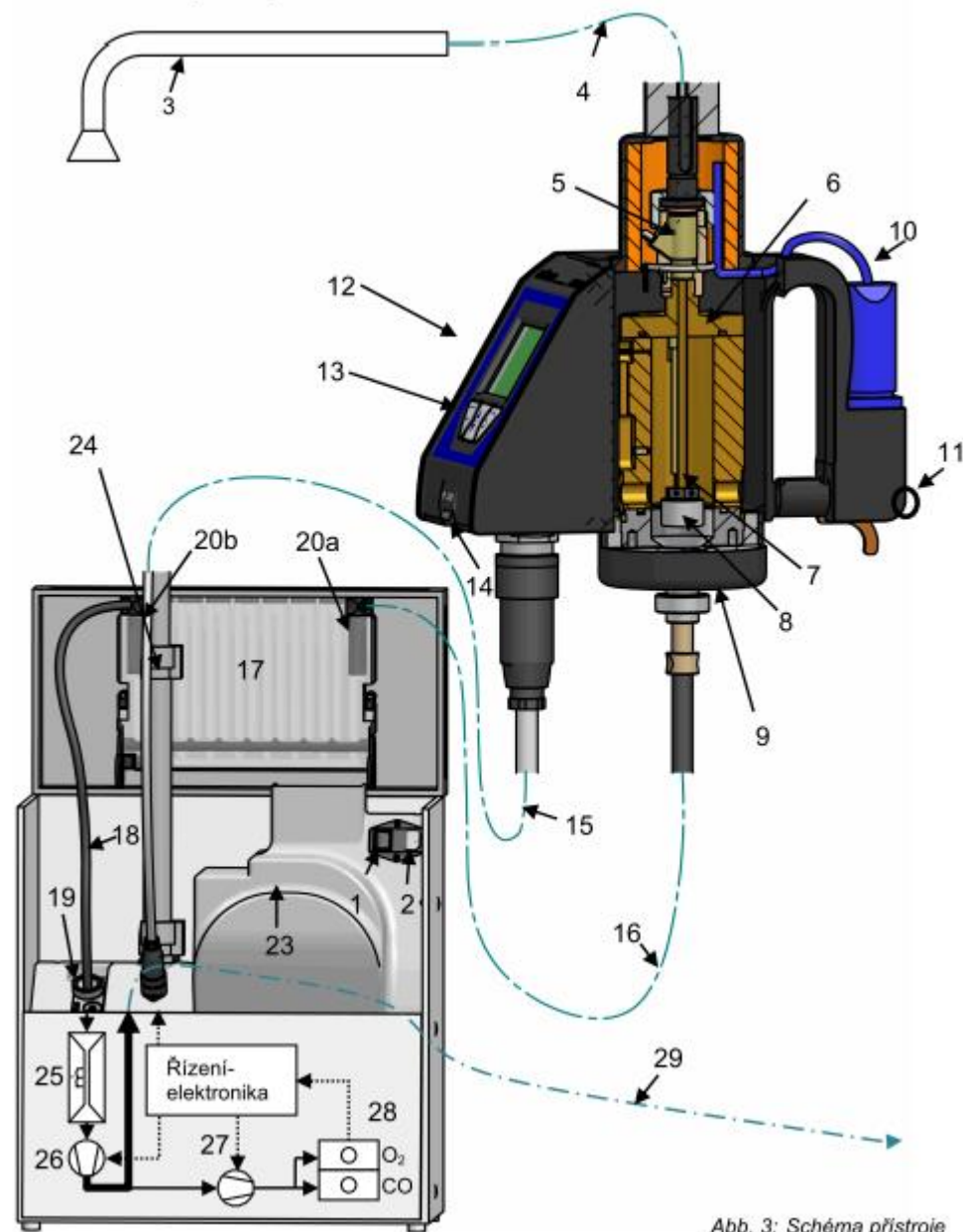
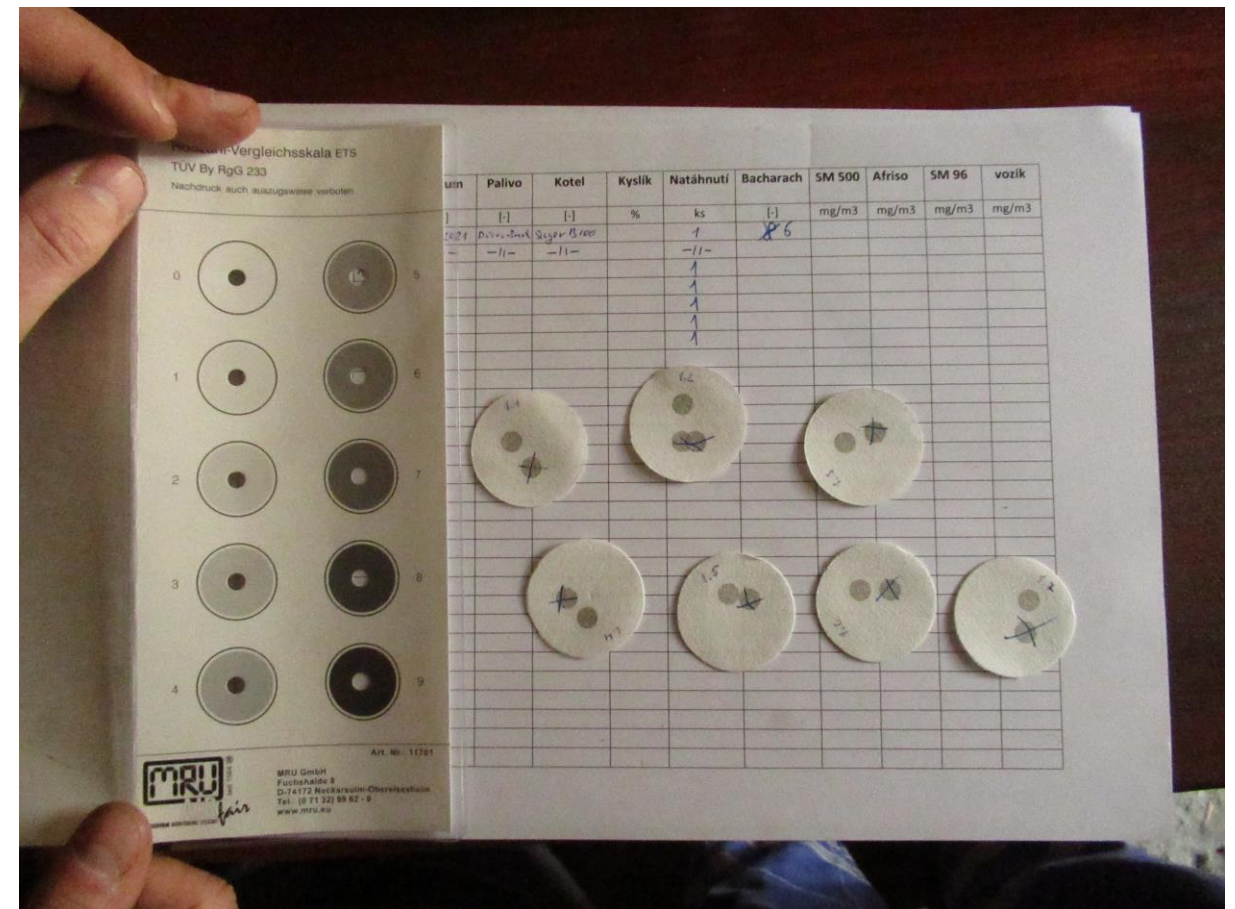


Abb. 3: Schéma přístroje

Měření prachu, optická metoda, Bacharachova sada



Měření výkonu kotle

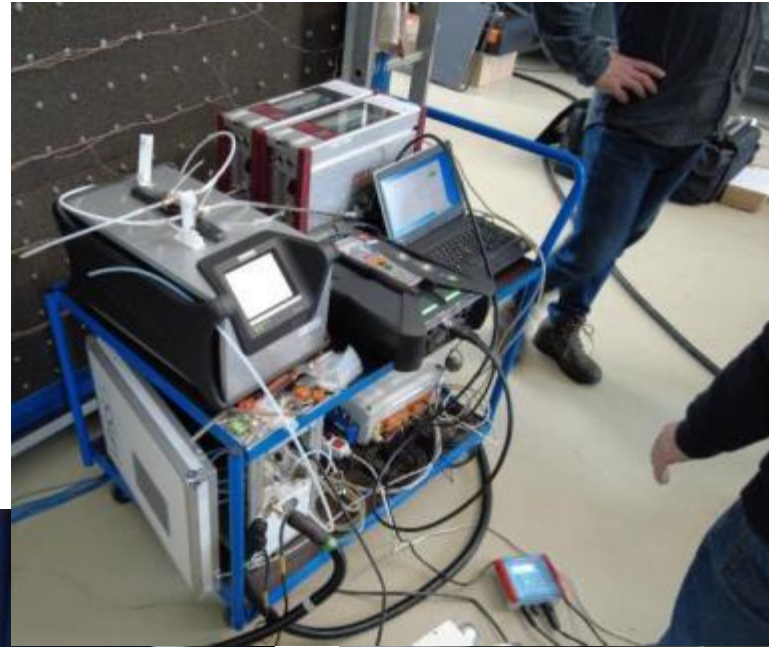
- Tvst a Tvyst příložná teplotní čidla
- průtok otopné vody kotlem
 - příložný ultrazvukový průtokoměr
 - vodoměr (nutný zásah do otopného systému)







Výsledky měření reálných kotlů v domácnostech



Limitní hodnoty parametrů dle ČSN EN 303-5

Limitní hodnoty parametrů dle ČSN EN 303-5:2013		kategorie zařízení			
parametr	třída kotle	ruční		samočinná	
		biologické	fosilní	biologické	fosilní
CO* mg/m ³	1	25 000	25 000	15 000	15 000
	2	8 000	8 000	5 000	5 000
	3	5 000	5 000	3 000	3 000
	4	1 200	1200	1 000	1000
	5	700	700	500	500
OGC* mg/m ³	1	2 000	2 000	1 750	1 750
	2	300	300	200	200
	3	150	150	100	100
	4	50	50	30	30
	5	30	30	20	20
prach* mg/m ³	1	200	180	200	180
	2	180	150	180	150
	3	150	125	150	125
	4	75	75	60	60
	5	60	60	40	40

* suché spaliny; 0°C; 101.3 kPa; 10 % O₂



parametr	třída	jm. výkon kotle v kW			
		15	20	25	30
účinnost %	1	54.1	54.8	55.4	55.9
	2	64.1	64.8	65.4	65.9
	3	74.1	74.8	75.4	75.9
	4	82.4	82.6	82.8	83.0
	5	88.2	88.3	88.4	88.5

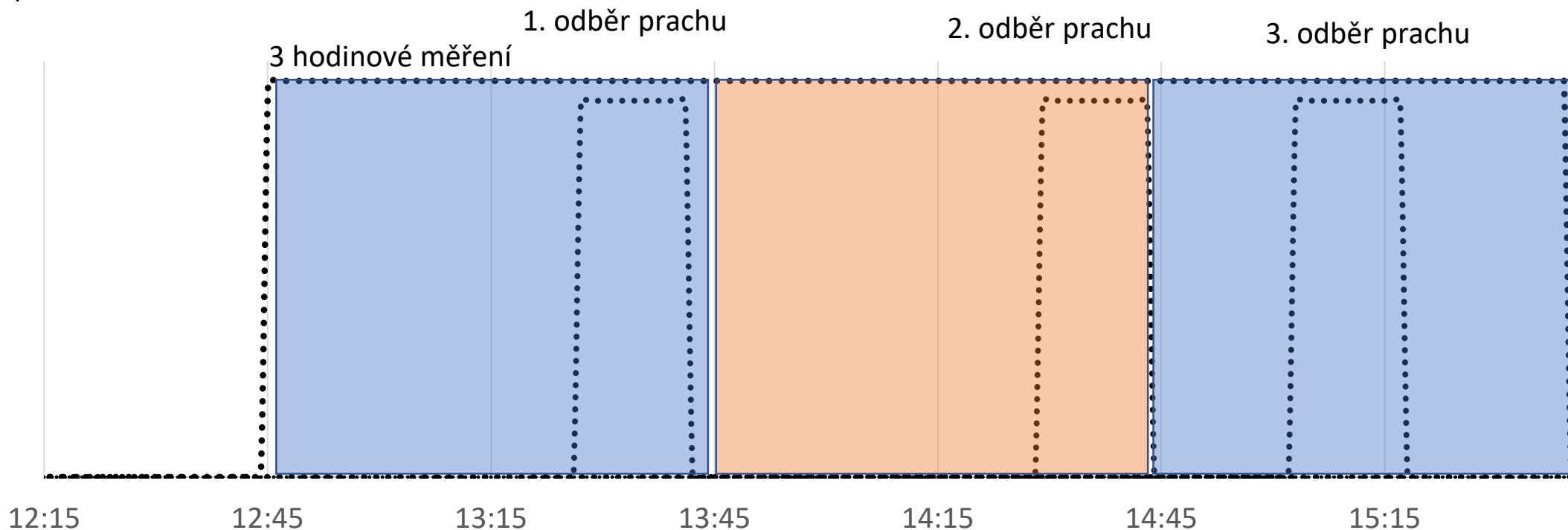
Časový průběh měření každého kotle, kotel byl obsluhován provozovatelem

- Uvedení kotle do provozu (zapálení) okolo 1/2 hodiny
- Měření (3 hodiny) (průměr kontinuálně měřených parametrů + průměr ze 3 měření prachu)
 - 1. odběr prachu (15 minut v první hodině) 15 minutový průměr kontinuálně měřených parametrů + jednorázové stanovení prachu
 - 2. odběr prachu (15 minut ve druhé hodině) 15 minutový průměr kontinuálně měřených parametrů + jednorázové stanovení prachu
 - 3. odběr prachu (15 minutes in the third hour) 15 minutový průměr kontinuálně měřených parametrů + jednorázové stanovení prachu
- Konec měření

Časový plán každého měření

- Certifikační metoda - 6 hodin měření
- Arbitrážní metoda – 3 hodiny měření
- Screeningová metoda - 15 minut měření

Zátop kotle



Příklad jednoho měření

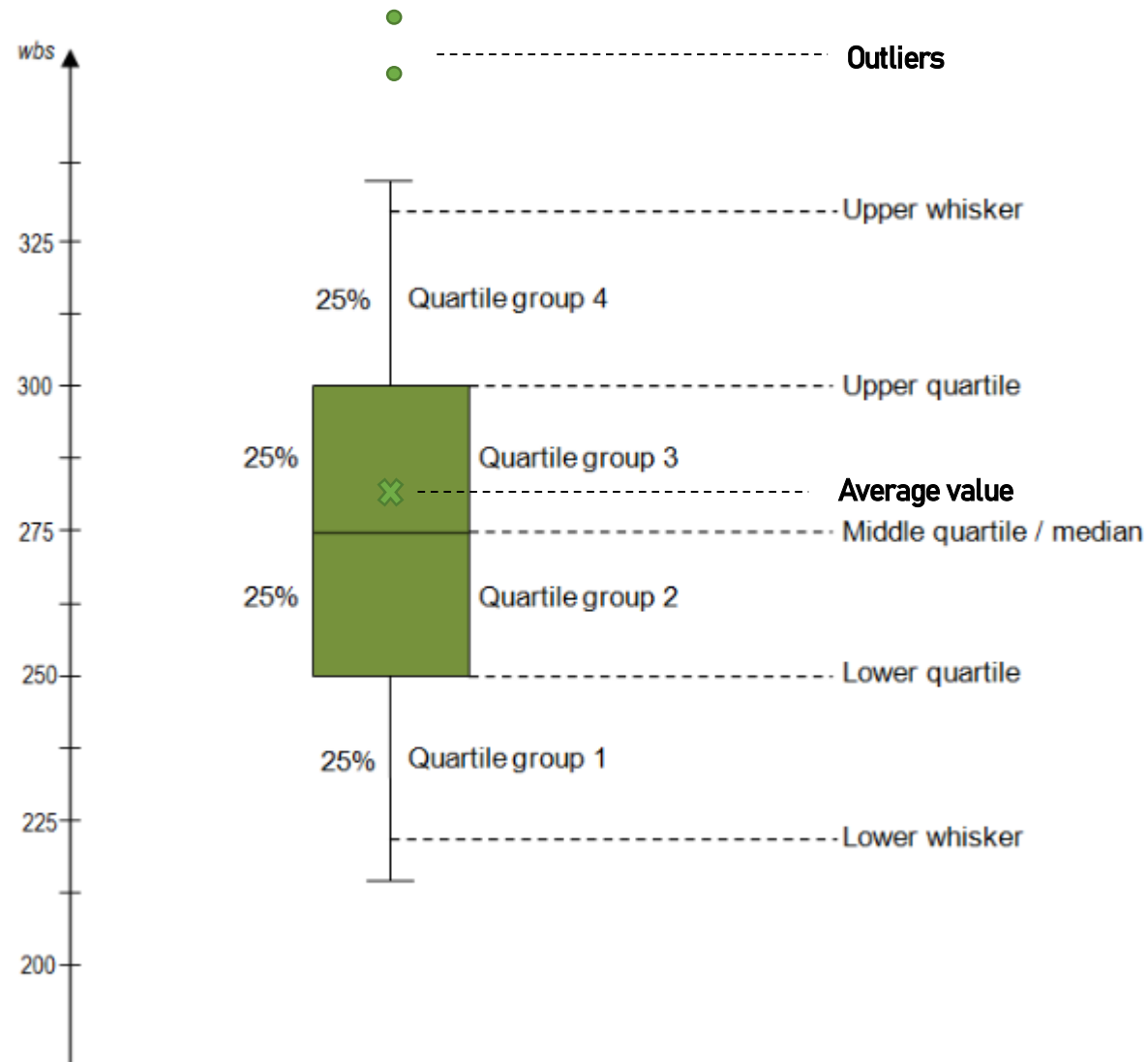
Počty měřených kotlů

Konstrukce kotle	BIO	Uhlí	sum
Prohořivací kotle	11	6	17
Odhořivací kotle	17	16	33
Zplyňovací kotle	33	1	34
Automatické kotle	12	15	27
sum	73	38	111

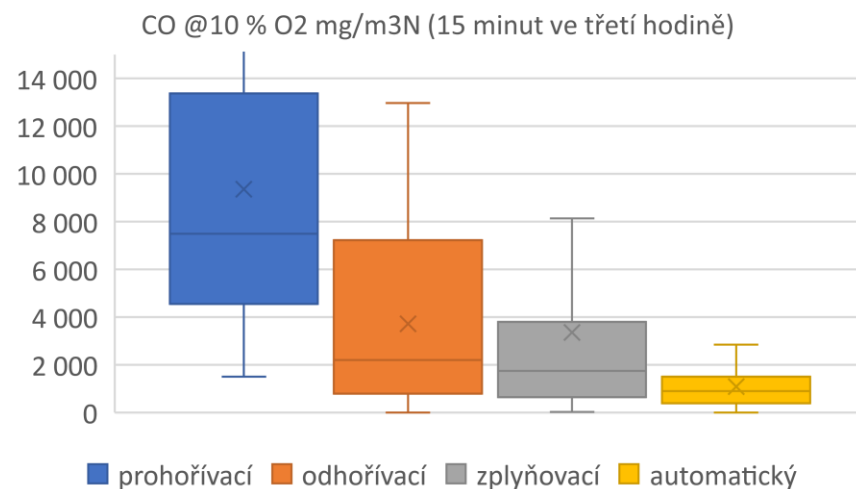
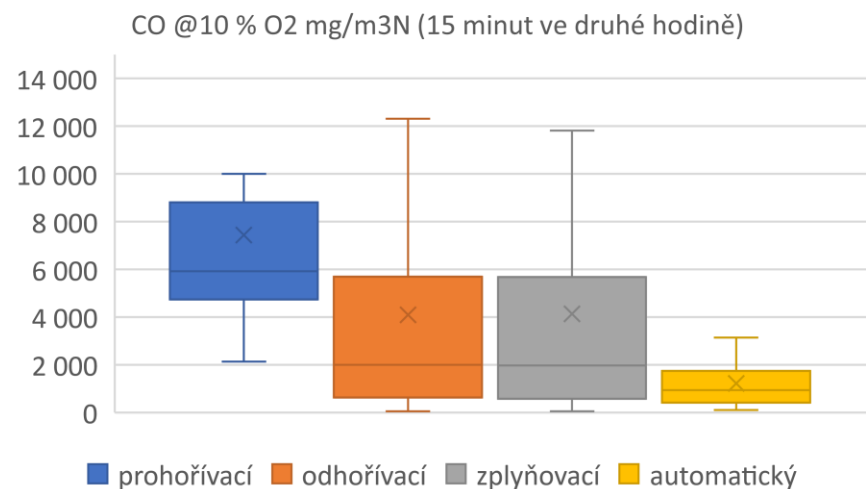
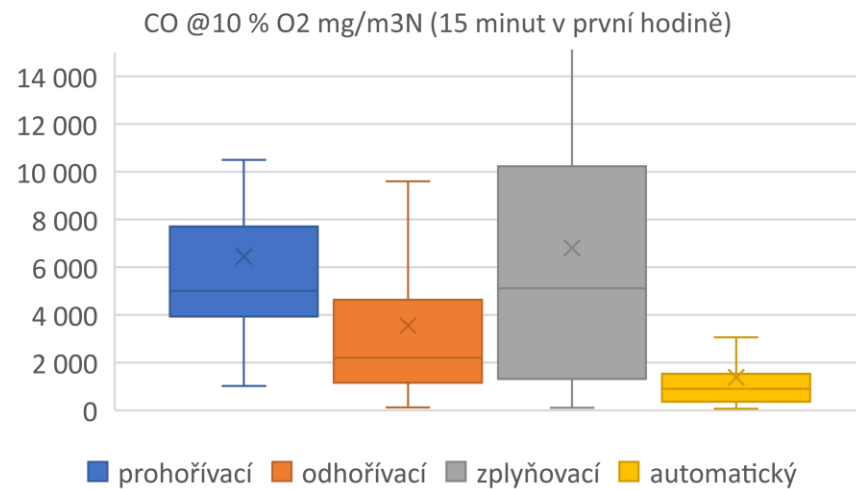
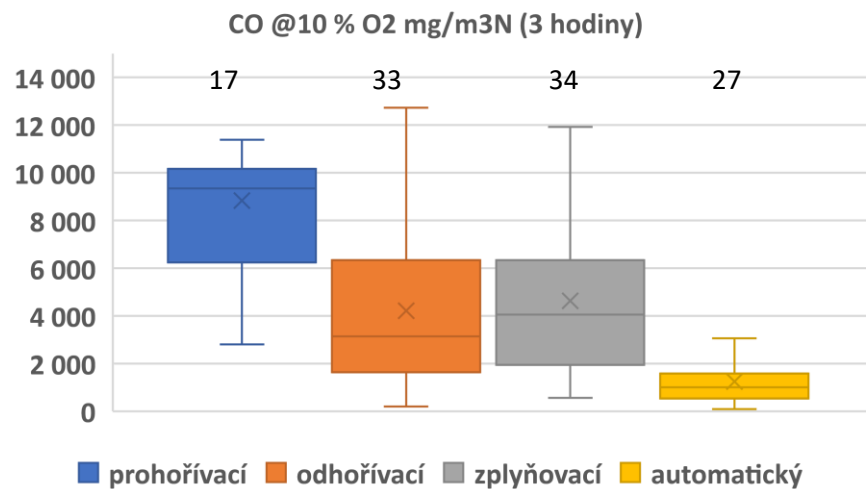
Třída kotle	bio	uhlí	Sum
bez třídy	12	4	16
1	3	4	7
2	1		1
3	9	11	20
4	5	6	11
5	43	13	56
Sum	73	38	111



Jak číst box plot ?



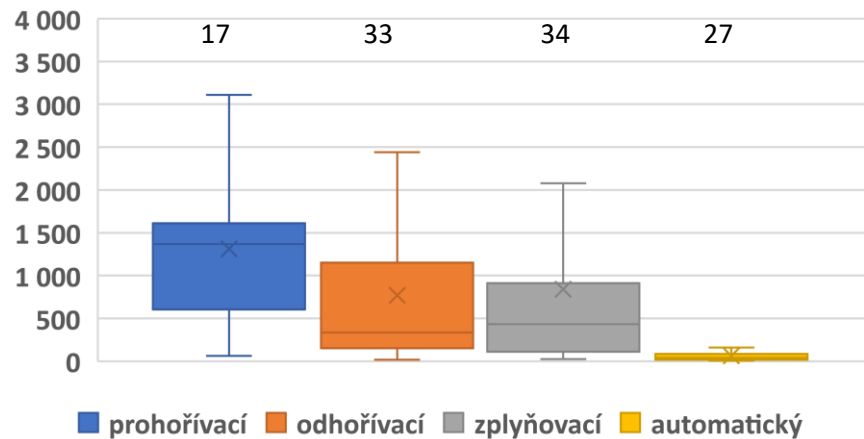
parameter	class	manual		automatic	
		biological	fossil	biological	fossil
CO* mg/m ³	3	5 000	5 000	3 000	3 000



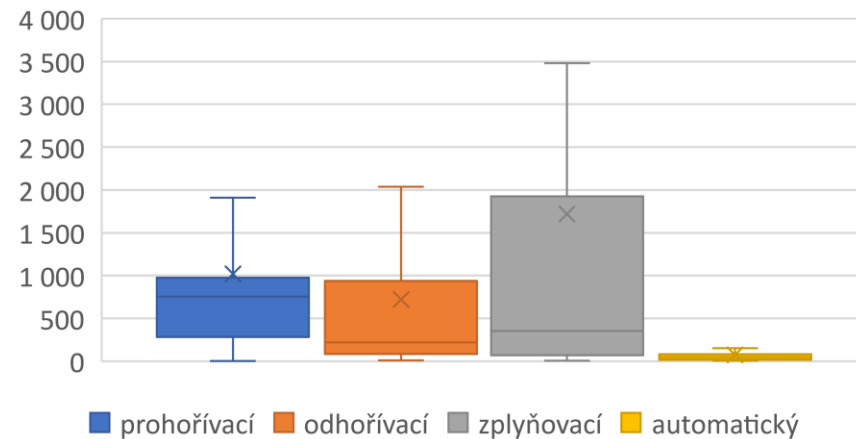
CO mg/m³
@ 0°C, 101 kPa, 10 % O₂

		manual		automatic	
parameter	class	biological	fossil	biological	fossil
OGC* mg/m ³	3	150	150	100	100

OGC @10 % O₂ mg/m³N (3 hodiny)

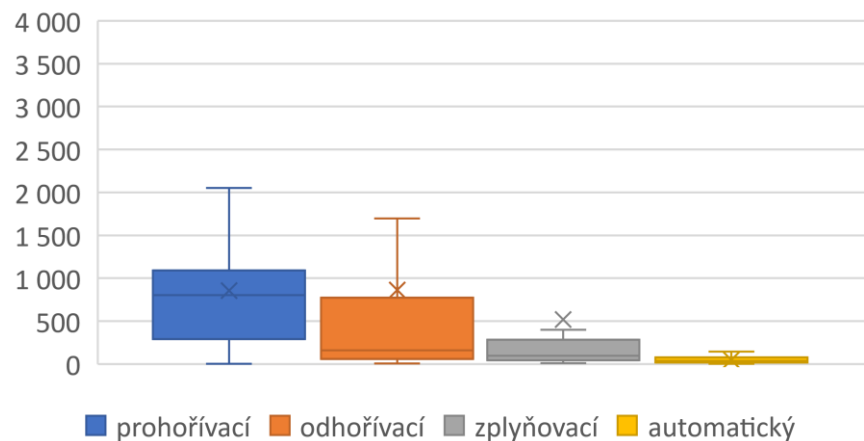


OGC @10 % O₂ mg/m³N (15 minut v první hodině)

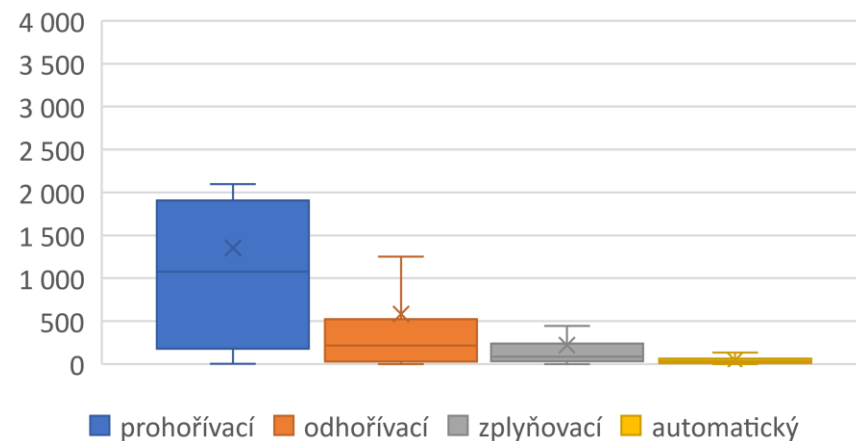


OGC mg/m³
@ 0°C, 101 kPa, 10 % O₂

OGC @10 % O₂ mg/m³N (15 minut ve druhé hodině)

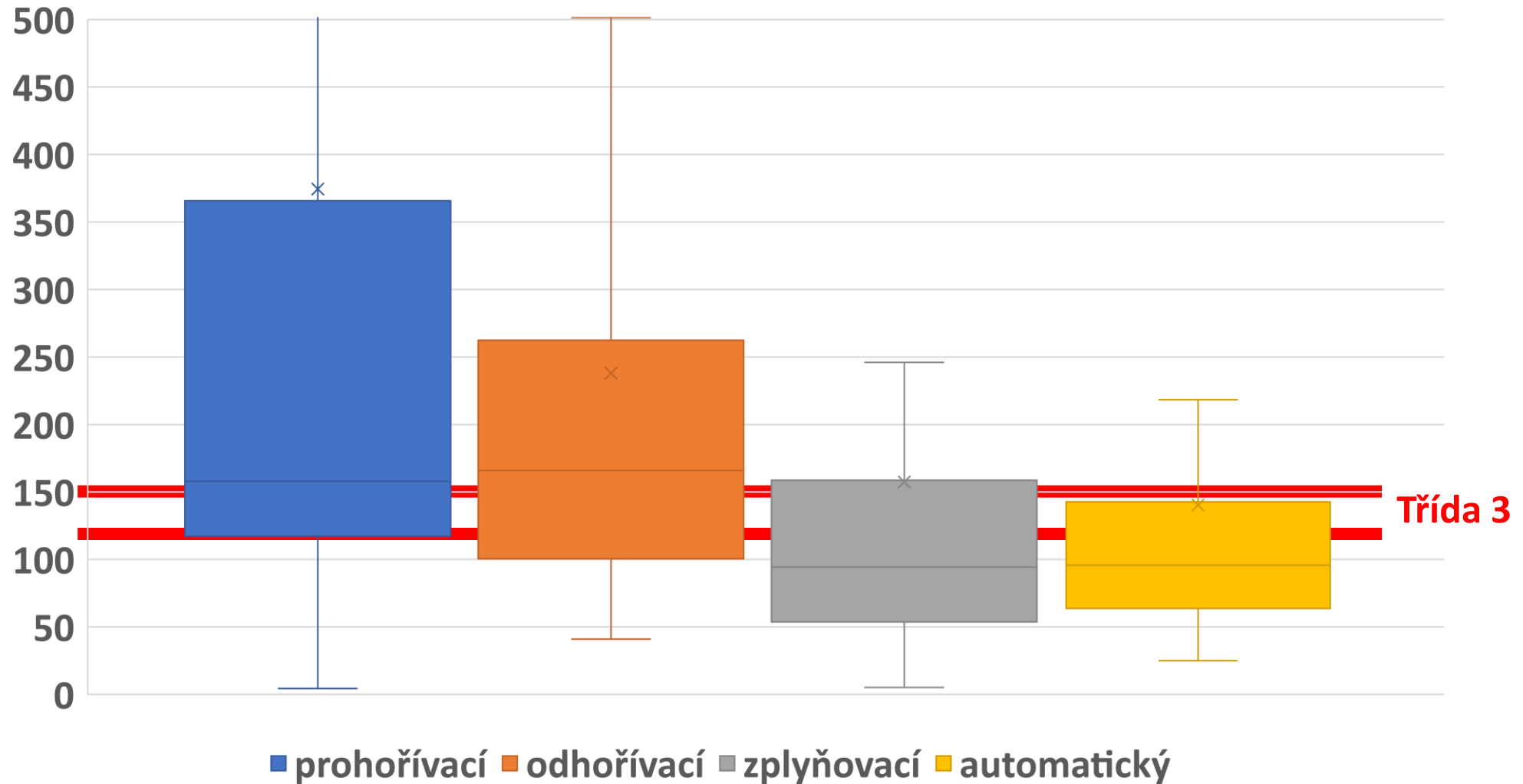


OGC @10 % O₂ mg/m³N (15 minut ve třetí hodině)

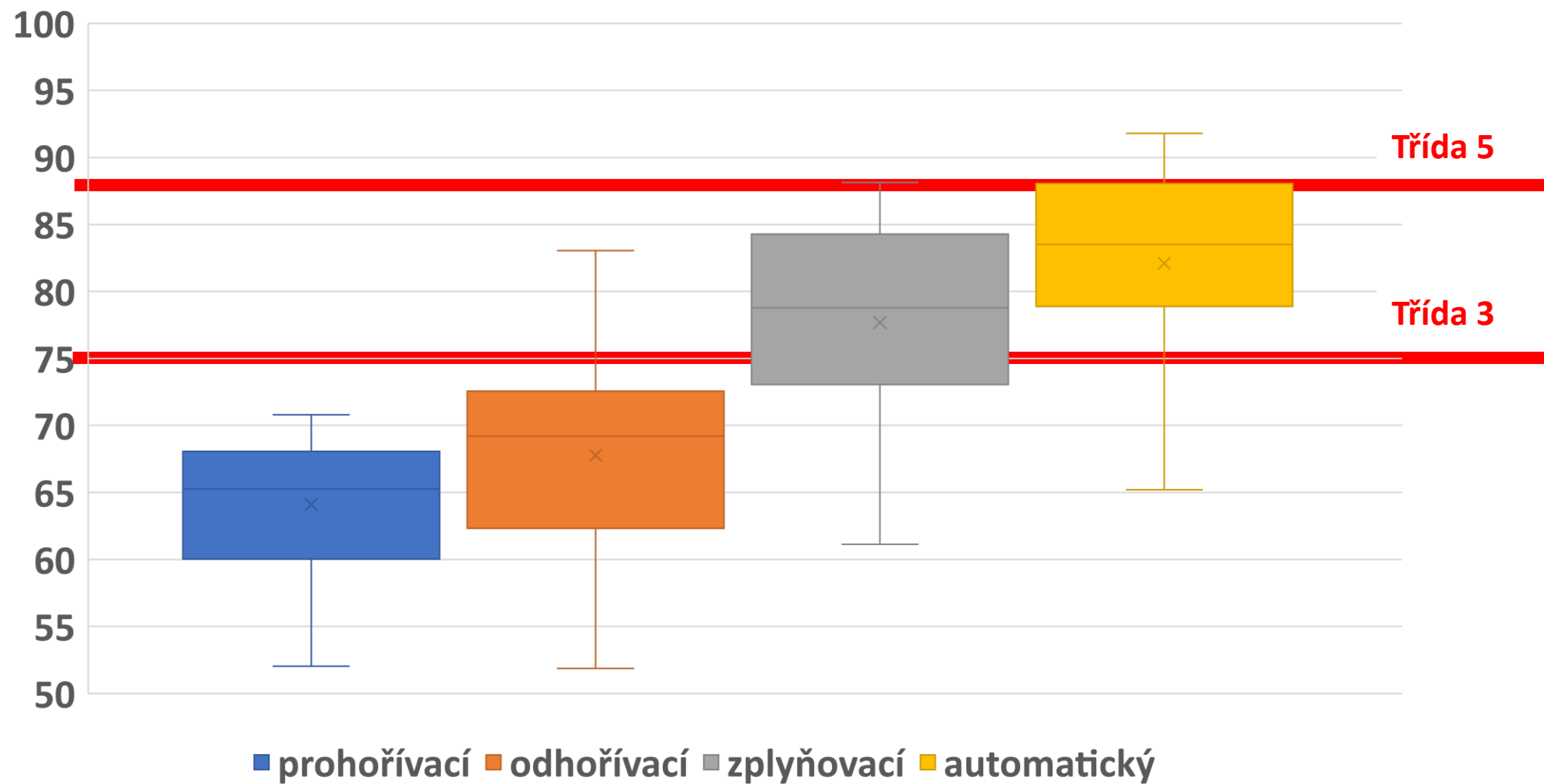


		manual		automatic	
parameter	class	biological	fossil	biological	fossil
PM* mg/m ³	3	150	125	150	125

prach @10 % O₂ mg/m³N (3 hodiny)

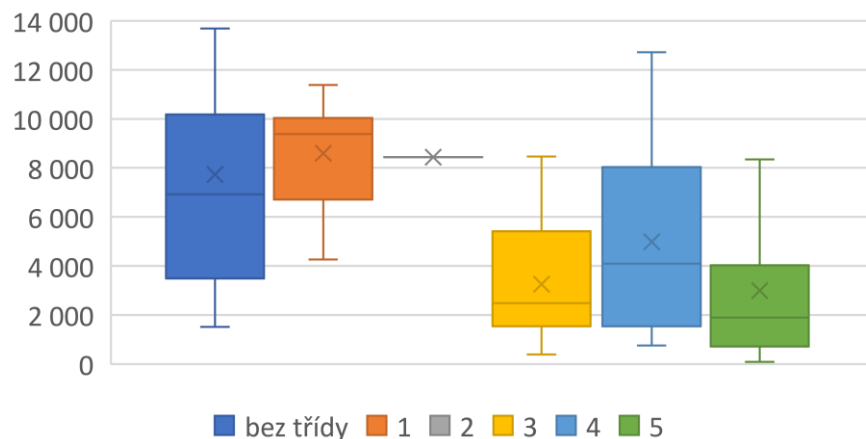


účinnost % (3 hodiny)

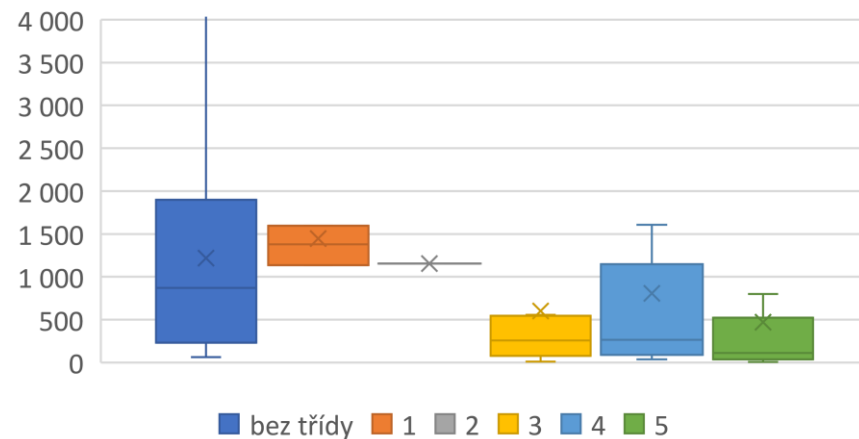


Výsledky dle třídy kotle

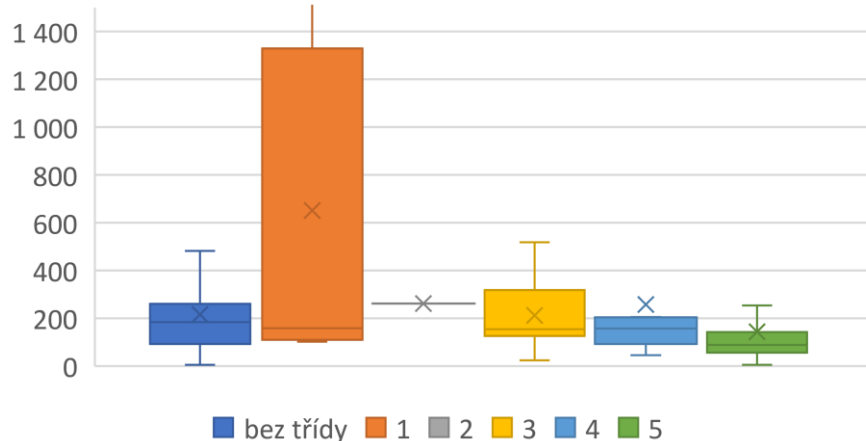
CO @10 % O₂ mg/m³N



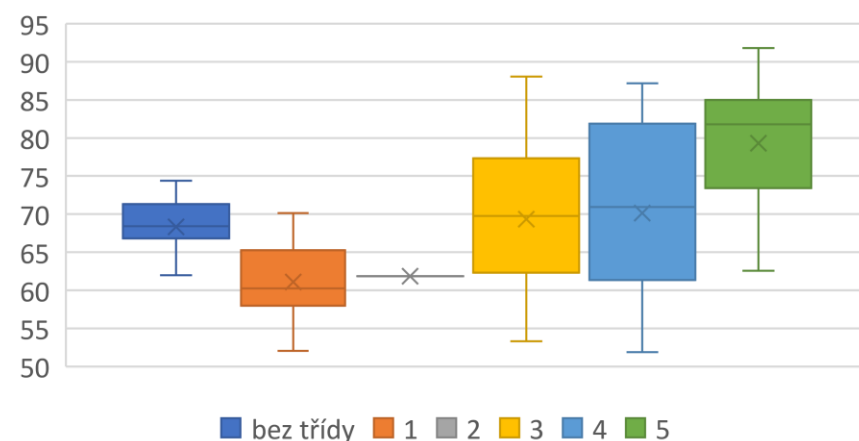
OGC @10 % O₂ mg/m³N



prach @10 % O₂ mg/m³N



účinnost %



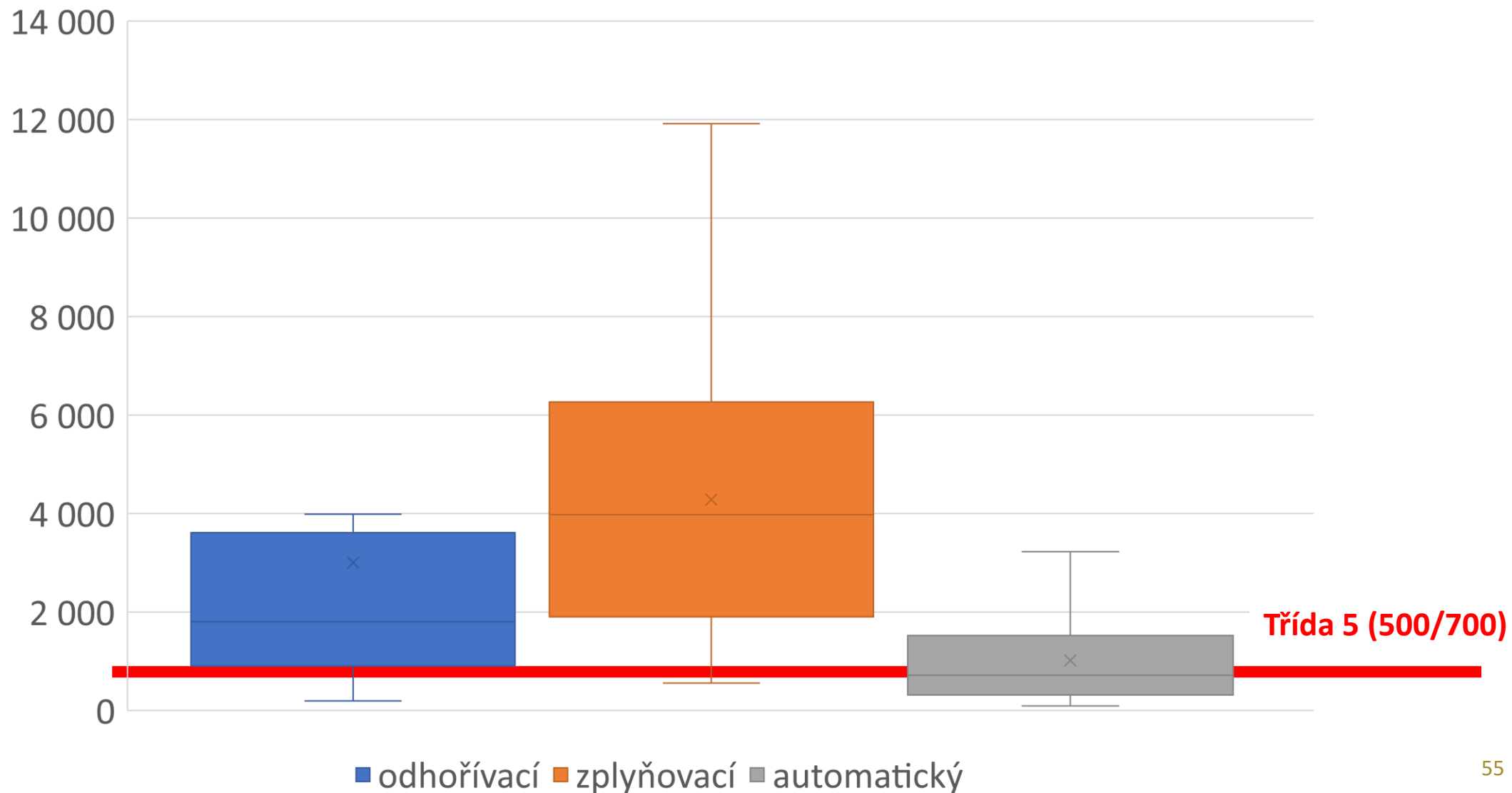
Limitní hodnoty parametrů dle ČSN EN 303-5

Limitní hodnoty parametrů dle ČSN EN 303-5:2013		kategorie zařízení			
		ruční		samočinná	
parametr	třída kotle	biologické	fosilní	biologické	fosilní
CO* mg/m ³	1	25 000	25 000	15 000	15 000
	2	8 000	8 000	5 000	5 000
	3	5 000	5 000	3 000	3 000
	4	1 200	1200	1 000	1000
	5	700	700	500	500
OGC* mg/m ³	1	2 000	2 000	1 750	1 750
	2	300	300	200	200
	3	150	150	100	100
	4	50	50	30	30
	5	30	30	20	20
prach* mg/m ³	1	200	180	200	180
	2	180	150	180	150
	3	150	125	150	125
	4	75	75	60	60
	5	60	60	40	40

* suché spaliny; 0°C; 101.3 kPa; 10 % O₂

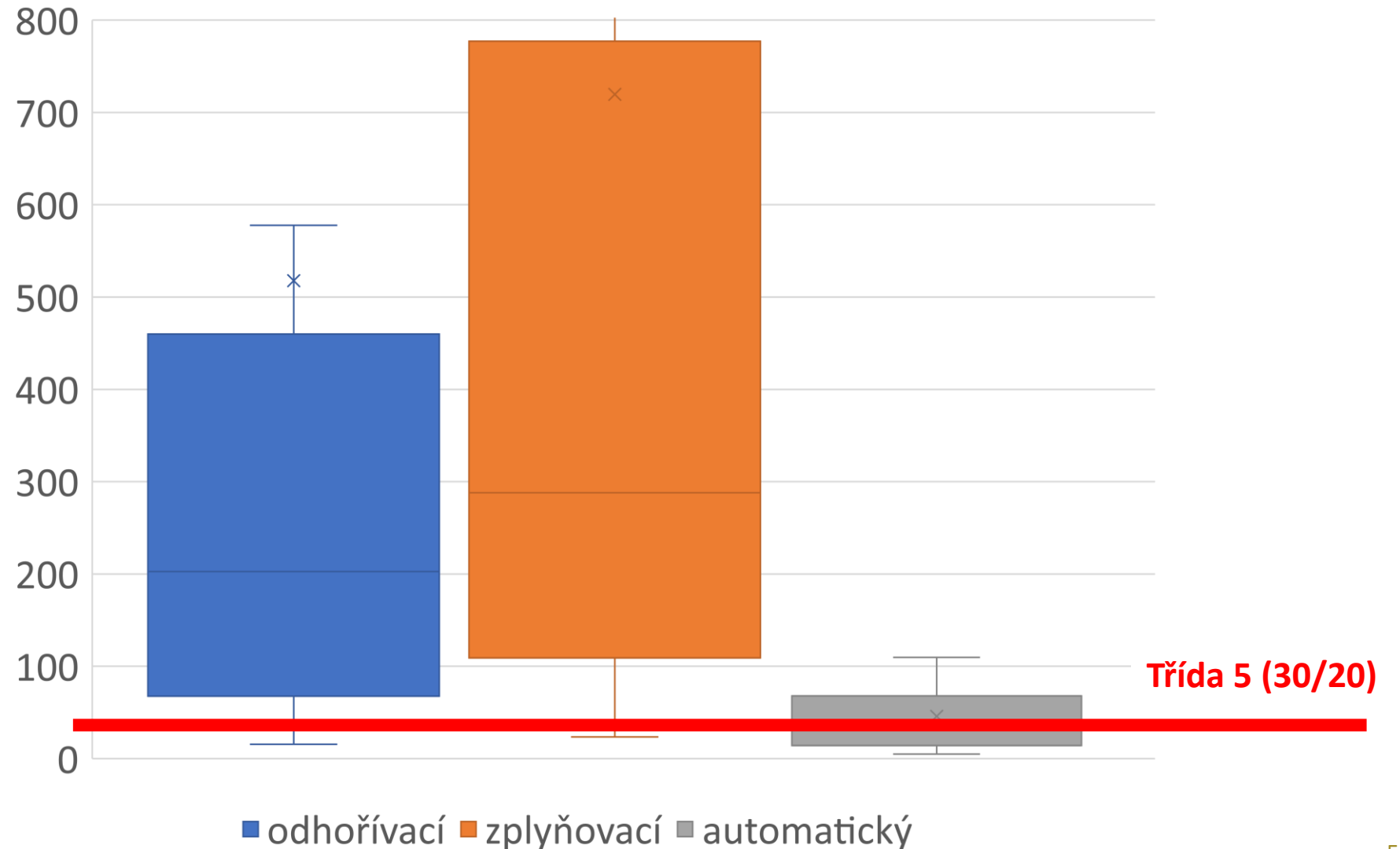
Výsledky kotlů třídy 5

kotle třídy 5 - CO @10 % O2 mg/m³N



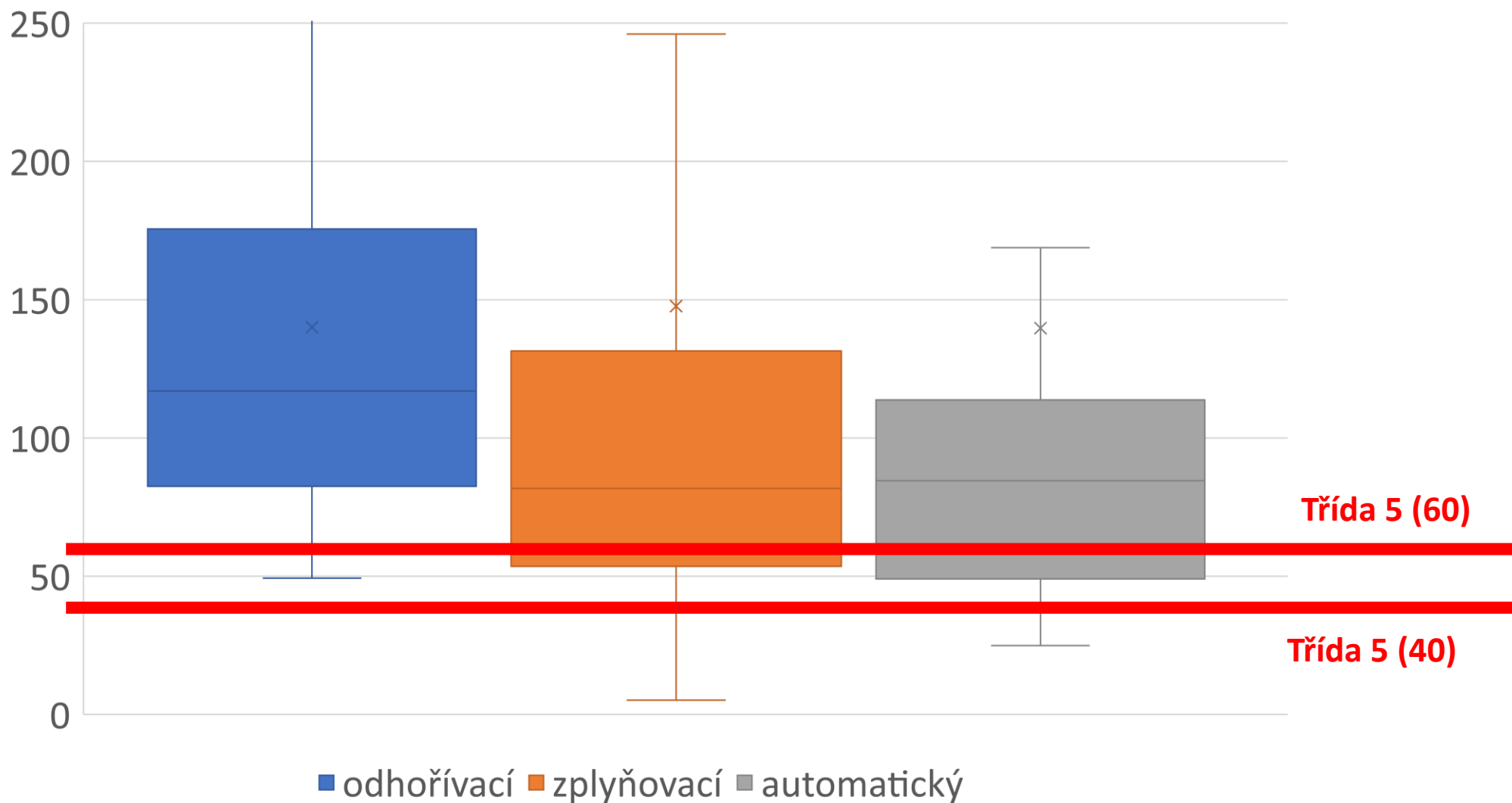
Výsledky kotlů třídy 5

kotle třídy 5 - OGC @10 % O₂ mg/m³N

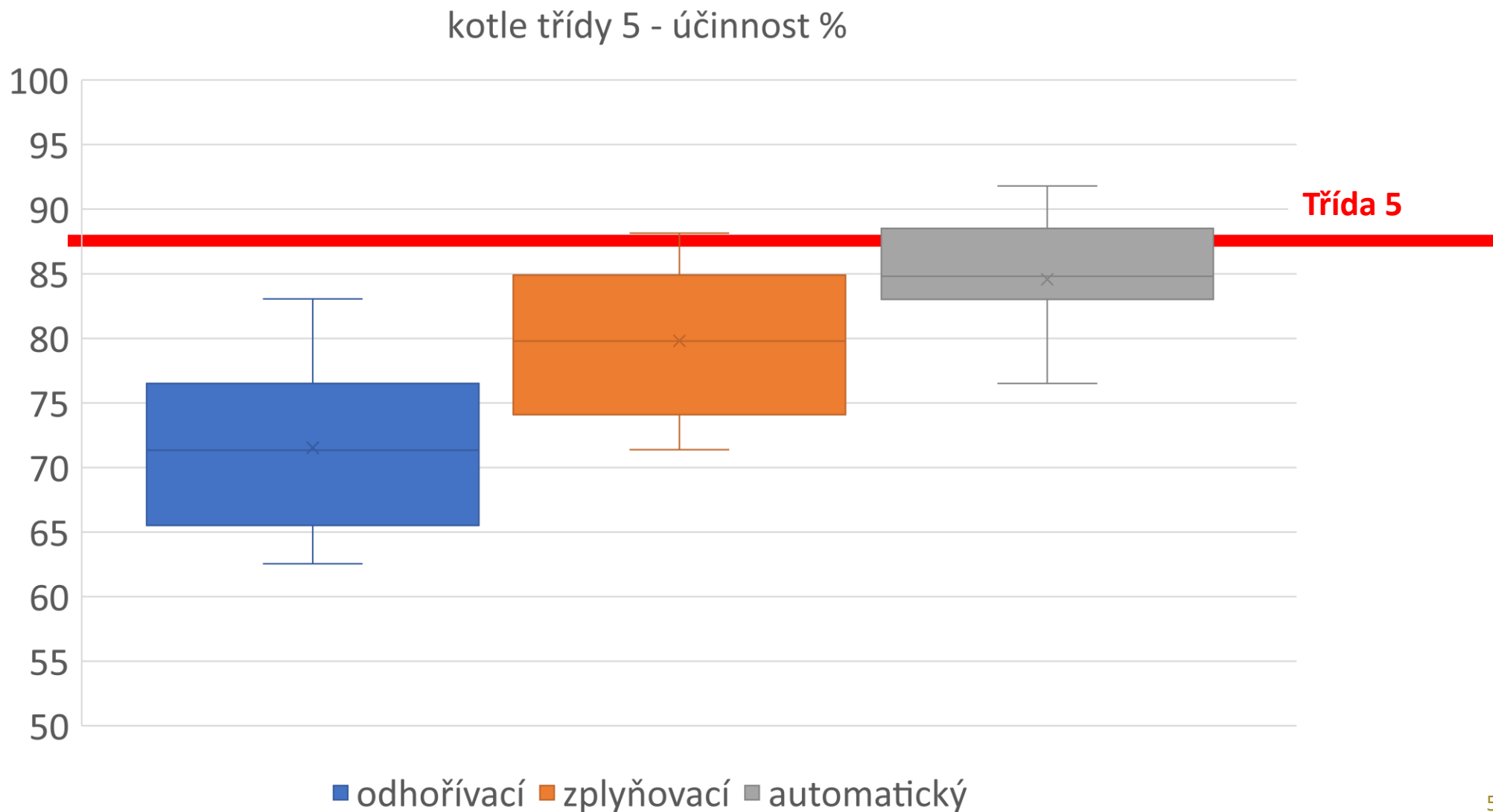


Výsledky kotlů třídy 5

kotle třídy 5 - prach @10 % O₂ mg/m³N



Výsledky kotlů třídy 5



Závěry:

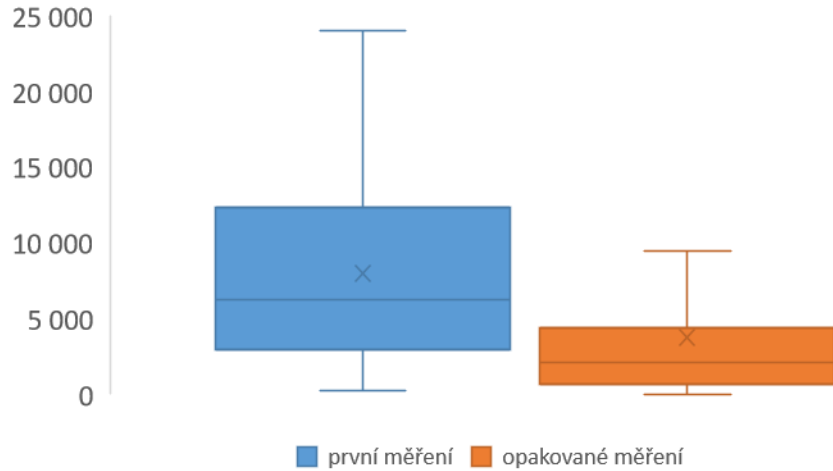
- Dobře provozovaný moderní kotel produkuje méně emisí ZL než dobře provozovaný starý kotel a má vyšší účinnost
- Pokyny výrobců sp. zařízení v návodu jsou důležité (nečíst návod až když zařízení „nefunguje“)
- Moderní kotel je „jen“ stroj a potřebuje údržbu i kvalitní obsluhu (čtyři parametry)
- Reálné parametry spalovacích zařízení jsou horší než štítkové hodnoty (hodnoty ze zkušebny – diselgate/kotlíkgate)
- SMOKEMANův cíl je tyto rozdíly zmenšovat

Závěry:

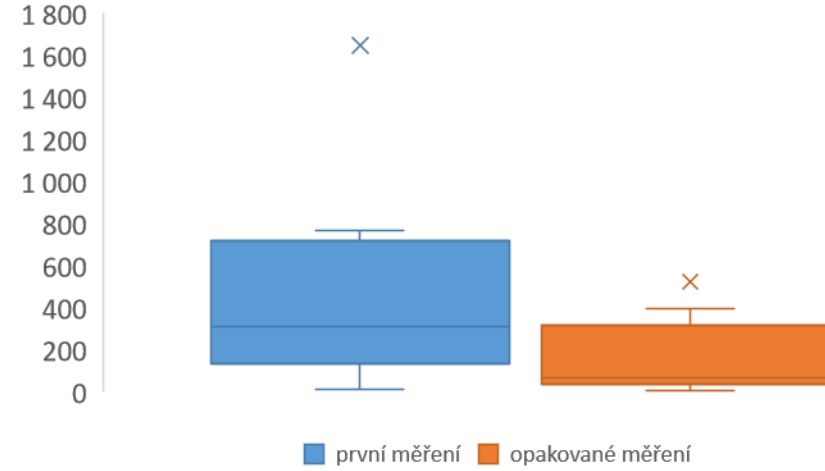
- Nejmenší rozdíly byly u automatických kotlů (pelety lepší než uhlí)
- Kvalita spalování se snížením výkonu výrazně zhoršuje (ne u automatů)
- Zplyňovací a odhořívací kotle někdy trpí klenbováním (vzpříčením) paliva
- Špatně provozovaný moderní kotel může mít horší parametry než dobře provozovaný starý kotel – SMOKEMANovo desatero správného topiče
- Porovnání se starým a novým autem
- Peletové kotle v reálu často dosáhly parametrů třídy 5
- Uhlé automaticky v reálu dosáhly parametrů třídy 2 až 4
- Dobře provozované zplyňovací kotle dosáhly parametrů třídy 4 až 5
- Špatně provozované zplyňovací kotle dosáhly parametrů třídy 0 až 3

Vybrané opakované testy na zplyňovacích kotlích (snaha o zlepšení – 8 kotlů)

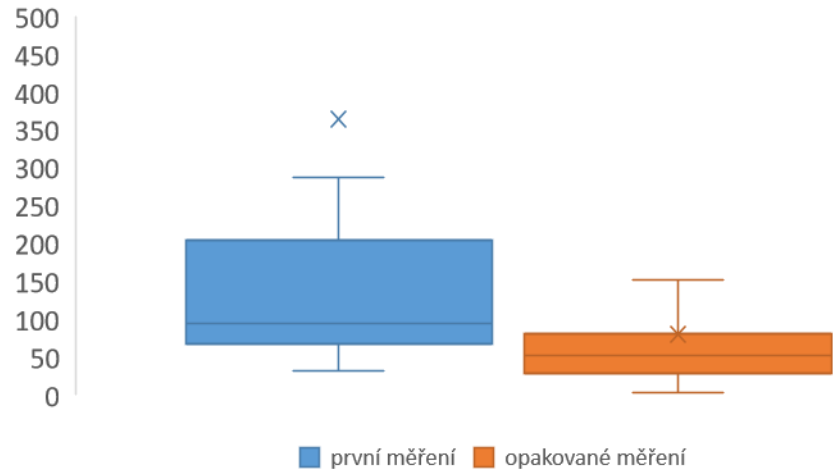
CO v mg/m³ @ 10 % O₂; 0 °C; 101325 Pa



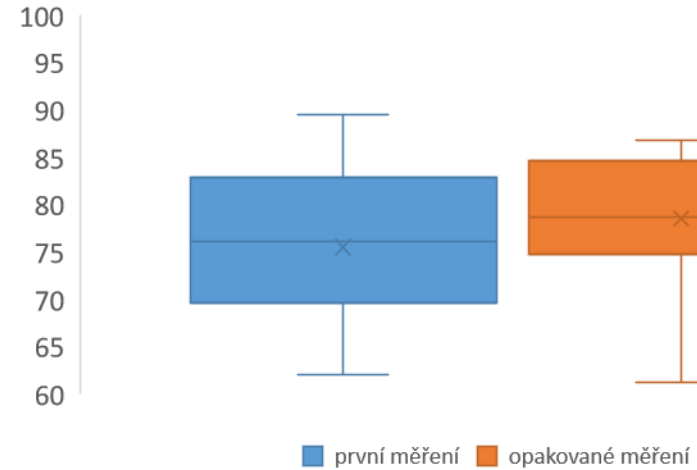
OGC v mg/m³ @ 10 % O₂; 0 °C; 101325 Pa



prach v mg/m³ @ 10 % O₂; 0 °C; 101325 Pa



účinnost v %



Závěry:

- Samotná výměna kotlů nezaručuje snížení emisí znečišťujících látek
- Je nutné si ujasnit si co znamená když kotel má na štítku třídu 5
- Seřízení kotle má velký potenciál pro zlepšení spalování a redukci emisí ZL, proto měření v domácnostech má velký význam (v ČR zatím nemáme metodiku – děláme na ní)
- Provozovatelé mají dobré kotle, ale často je neumí obsluhovat
- Proč STK u automobilů „nevadí“, ale u kotlů o ní nechceme slyšet?
- Dobře provozovaná moderní spalovací zařízení jsou výborný zdroj tepla s kvalitním spalováním. Dřevo určitě patří do zplyňovacích kotlů
- Musíme lidi naučit, jak lépe topit = edukace má v sobě velký potenciál pro zlepšení
- SMOKEMAN zasahuje











 Sdílet

[< Předchozí díl](#)

[Všechny díly](#) 6903

[Následující díl >](#)

★★★★☆ 10 hlasů

živě

Ostrava

Jak topit ekologicky

Jiří Horák

VŠB – Technická univerzita Ostrava

DOMÁCÍ

Stovky restaurací odmítají kontrolovat hosty. Byla by to diskriminace, tvrdí

[VÍCE INFORMACÍ](#) >

[CNN Prima News](#) • [Pořady](#) [HLAVNÍ ZPRÁVY](#) [HLAVNÍ ZPRÁVY 24.10.2021](#)



SMOKE MAN

HLAVNÍ ZPRÁVY 24.10.2021

[CNN Prima News](#) • [Pořady](#) [HLAVNÍ ZPRÁVY](#) [HLAVNÍ ZPRÁVY 24.10.2021](#)



HLAVNÍ ZPRÁVY 24.10.2021

Playlist YouTube TZB-info

SMOKEMANovo desatero správného topiče

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLZCEJpckSlpV3TGeEixJU73JVH1J2mi62>

Czech TV – CT Edu - contract





Někdy zanecháme v majitelích hlubokou vzpomínku 😊

SMOKEMAN ZASAHUJE!

Vzdělávací show o tom,
jak správně (ne)topit

U nás se dozvíte:

- Co nejvíce ovlivní váš kouř a jak lépe topit?
- Jak si doma stanovit vlhkost dřeva a účinnost kamen?
- A mnoho dalšího...

Pro děti: funkční modely,
pokusy a soutěže





Kouři zmar a dobrou chuť

Děkuji za pozornost

Ing. Jiří SMOKEMAN Horák, Ph.D.

Ing. František Hopan, Ph.D.

Martin Chmelář

Jiří Kremer

Oleksandr Molchanov

+420 603 565 926

smokeman@vsb.cz

<https://ceet.vsb.cz/vec/cs/>