

Izvještaj br. I-1275-28-25-UM

**UMJERAVANJE SUSTAVA ZA KONTINUIRANO MJERENJE
EMISIJE (QAL2 TEST) ONEČIŠĆUJUĆIH TVARI U ZRAK IZ
NEPOKRETNOG IZVORA TVRTKE ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.,
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan**

Nepokretni izvor emisija:

Izvor br. 1.: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

Zagreb, siječanj 2026.

Izvještaj se bez pismenog odobrenja ne smije reproducirati

Obrazac LME-O-110b/izdanje 01

Izvođač –akreditirani
Ispitni laboratorij:

METROALFA d.o.o.
Laboratorij za mjerenje emisija i ispitivanje kvalitete zraka (LME)
Karlovačka 4L, 10000 Zagreb
Tel ++385 (01) 5555 740
e-mail: metroalfa@metroalfa.hr

Izveštaj broj: I-1275-28-25-UM

Vlasnik izvora: ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan

Lokacija: ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan

Vrsta mjerenja: Kalibracija sustava (QAL2 test) za kontinuirano mjerenje emisija na nepokretnom izvoru emisija

Radni nalog: 1275/2025

Narudžbenica broj: -

Datum mjerenja: 27., 28. 11. i 02.12.2025.

Datum izvještaja: 14.01.2026.

Ukupan broj stranica: 17

Svrha: Svrha mjerenja na nepokretnom izvoru je kalibracija sustava za kontinuirano mjerenje emisija prema Pravilniku o praćenju emisija onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnih izvora (N.N. br. 47/21).

Mjerenje obavili: Tehnički voditelj: Željko Keliš, dipl.ing.kem.tehn.,univ.spec.oecoing.

Tehnički voditelj: Hrvoje Zaninović, dipl.kem.ing.

Ispitivač: Lovro Perković, SSS

Izveštaj izradio:

Tehnički voditelj:

Željko Keliš, dipl.ing.kem.tehn.

METROALFA d.o.o.
M.P.
Zagreb, Karlovačka cesta 4L

Voditelj LME:

Željko Keliš, dipl.ing.kem.tehn.

SADRŽAJ

1	DEFINIRANJE NALOGA	4
1.1	NARUČITELJ.....	4
1.2	KORISNIK.....	4
1.3	NEPOKRETNI IZVOR NA KOJEM SE OBAVLJA QAL 2 TEST.....	4
1.4	DATUM MJERENJA	4
1.4.1	Datum prethodne kalibracije (QAL2 test) sustava za kontinuirano mjerenje	4
1.5	PREDMET I OPSEG ISPITIVANJA	4
1.6	NOSITELJ NALOGA	5
2.	AUTOMATSKI MJERNI SUSTAVI (AMS)	6
2.1	OSNOVNI PODACI O AUTOMATSKIM MJERNIM SUSTAVIMA (AMS).....	6
2.2	INTERNA KONTROLA AUTOMATSKIH MJERNIH SUSTAVA.....	6
3	REZULTATI MJERENJA	7
3.1	ODSTUPANJE OD PLANA MJERENJA.....	7
3.2	PRIKAZ REZULTATA MJERENJA.....	8
3.2.1	NEPOKRETNI IZVOR - MJERNO MJESTO BR. 2: KUPOLNA PEĆ (OZNAKA – ISPUST BR. 1.1.)	9
3.2.1.1	Praškasta tvar – standardna referentna metoda.....	9
3.2.1.2	Volumni protok otpadnih plinova – standardna referentna metoda	10
3.2.1.3	Temperatura otpadnih plinova – standardna referentna metoda.....	13
3.3	SAŽETAK MJERENJA	16
4	ZAKLJUČAK.....	17

1 DEFINIRANJE NALOGA

1.1 NARUČITELJ

ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan

1.2 KORISNIK

ROCKWOOL ADRIATIC d.o.o.
Poduzetnička zona Pićan Jug 130, Zajci, 52 333 Potpićan

1.3 NEPOKRETNI IZVOR NA KOJEM SE OBAVLJA QAL 2 TEST

Nepokretni izvor: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

1.4 DATUM MJERENJA

Predviđeno vrijeme mjerenja je 27., 28. i 02.12.2025. u vremenu od 07:00 h do 20:00 h.

1.4.1 Datum prethodne kalibracije (QAL2 test) sustava za kontinuirano mjerenje

03. – 05.09.2024. i 25., 26. i 28.11.2024. od tvrtke Metroalfa d.o.o., Izveštaj broj (I-965-1-28-24-QAL2 i I-1360-13-24 QAL2) – QAL2 sustava za kontinuirano mjerenje emisija.

1.5 PREDMET I OPSEG ISPITIVANJA

Predmet naloga je kalibracija sustava za kontinuirano mjerenje emisije onečišćujućih tvari u zrak na ispustima proizvodnje kamene vune u tvornici Rockwool Adriatic d.o.o., u Pićanu. Sustavi za kontinuirano mjerenje na pojedinim ispustima mjere sljedeće parametre, koji su bili predmet kalibracije:

1. Nepokretni izvor: KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.)

- emisijske koncentracije praškaste tvari (u mg/m^3_n),
- temperatura otpadnih plinova (K)
- protok otpadnih plinova (Q, u m^3/h),

Kalibraciju sustava za kontinuirano mjerenje emisije smo obavili po postupku iz standarda HRN EN 14181:2014 (test QAL2) u sljedećim koracima:

- istovremeno paralelno mjerenje pojedinog parametra, sa standardnom referentnom metodom (SRM) i automatskim mjernim sustavom (AMS),
- usporedbom rezultata SRM i AMS, sa statističkom obradom po testu QAL2 (HRN EN 14181:2014),
- test varijabilnosti AMS-SRM (prema QAL2 testu).

Rezultati mjerenja i mjerna oprema koja je korištena za mjerenje emisija onečišćujućih tvari u zrak je navedena u izvještaju I-1275-28-25 RM.

1.6 NOSITELJ NALOGA

Tehnički voditelj: Željko Keliš, dipl.ing.kem.tehn.,univ.spec.oecoing.

2. AUTOMATSKI MJERNI SUSTAVI (AMS)

2.1 OSNOVNI PODACI O AUTOMATSKIM MJERNIM SUSTAVIMA (AMS)

Uzorak otpadnih plinova za mjerenje plinskih komponenata automatsko ekstraktivno uzorkovanje kroz sondu za uzorkovanje iz bor-silikatnog stakla. Na vanjskoj strani odvodnog kanala je namješten filter od staklenih (SiO_2) vlakana, zagrijan na temperaturu $200\text{ }^{\circ}\text{C}$, iznad temperature rosišta plinova. Dalje se zagrijani plin na $200\text{ }^{\circ}\text{C}$ vodi kroz zagrijano crijevo, koje je od PTFE dužine 15 m, unutarnjeg promjera 4 mm. Plin se u vlažnom stanju vodi u analizator zagrijan na $200\text{ }^{\circ}\text{C}$. Protok plinova kroz sistem za uzorkovanje je minimalno 250 l/h.

Cirkonijeva sonda se koristi za mjerenje koncentracije kisika u otpadnim plinovima.

Mjerni sustav PSI Flowmeter (pito cijev) se koristi za mjerenje protoka, PT100 za mjerenje temperature otpadnih plinova.

Način uzorkovanja i pripreme otpadnog plina je usklađen sa normom HRN ISO 10396:2008 Emisije iz stacionarnih izvora - Uzorkovanje za automatizirano određivanje emisijskih koncentracija plinova za trajno instalirane mjerne sustave. Prije umjeravanja AMS je obavljen „Functional test“.

Tablica 1: prikaz mjernih područja automatskih mjernih sustava

Mjerni sustav	Komponenta	Mjerne Jedinice	Mjerno područje
<i>ABB ACF5000</i>			
	CO	(mg/m^3)	0-4000
	NO	(mg/m^3)	0-2000
	NO ₂	(mg/m^3)	0-1000
	SO ₂	(mg/m^3)	0-5000
	CO ₂	(% vol.)	0-30
	HF	(mg/m^3)	0-6
	HCl	(mg/m^3)	0-90
	Amonijak	(mg/m^3)	0-230
	H ₂ O	(% vol.)	0-20
<i>Cirkonijeva sonda (ZrO₂)</i>			
	O ₂	(% vol.)	0-25
<i>PSI Flowmeter</i>			
	Brzina strujanja	(m/s)	0-30
<i>PT100</i>			
	Temperatura	($^{\circ}\text{C}$)	-250 do 600
<i>DURAG D-R 320</i>			
	Praškasta tvar	(mg/m^3)	0-100

2.2 INTERNA KONTROLA AUTOMATSKIH MJERNIH SUSTAVA

Kontrola automatskog mjernog sustava se obavlja prema protokolu QAL-3, opisanom u standardu EN 14181 »Stationary source emissions – Quality assurance of automated measuring systems«

Mjerni sistem održava vlasnik u skladu s uputstvima proizvođača. O redovnom i izvanrednom održavanju se vodi dnevnik.

Održavanje uređaja *ABB ACF5000* i *DURAG D-R-320* na kupolnoj peći se obavlja prema uputama proizvođača.

3 REZULTATI MJERENJA

3.1 Odstupanje od plana mjerenja

Nije bilo odstupanja u odnosu na predviđene uvjete navedene u Planu mjerenja.

Za dobivene podatke od naručitelja mjerenja, koje mogu utjecati na rezultate mjerenja, laboratorij mjerenja emisija (LME) nije odgovoran.

U vremenu mjerenja dan 27., 28.11. i 02.12.2025. proizvodnja kamene vune je tekla prema uobičajenom kapacitetu, bez posebnih zastoja.

Prema podacima Naručitelja parametri proizvodnje i gustoća proizvoda u vrijeme mjerenja od 27., 28.11. i 02.12.2025., bili su slijedeći:

Opis	Debljina (mm)	Gustoća (kg/m3)	Početak proizvodnje	Kraj proizvodnje
234 003 900 2400/1205/101 12ST/PAL	101	100	02.12.2025 00:53	02.12.2025 02:42
SPANROCK M 2400/1205/102 26ST/PAL	102	100	02.12.2025 02:42	02.12.2025 07:22
Spanrock S 2400/1205/102 25ST/PAL	102	90	02.12.2025 07:22	02.12.2025 08:56
590.004.900 2340/1210/100 24ST/PAL	100	75	02.12.2025 08:56	02.12.2025 10:12
590.004.900 1910/1210/100 24 ST/PAL	100	75	02.12.2025 10:12	02.12.2025 10:57
MULTIROCK 35 100/1200/625 8/16P T	100	32	02.12.2025 10:57	02.12.2025 11:49
MULTIROCK 35 100/1200/600 8/16P T	100	32	02.12.2025 11:49	02.12.2025 13:16
MULTIROCK 35 200/1200/600 4/16P T	200	32	02.12.2025 13:16	02.12.2025 13:58
MULTIROCK 35 160/1200/600 5/16P T	160	32	02.12.2025 13:58	02.12.2025 14:49
MULTIROCK 35 50/1200/600 15/16P T	50	32	02.12.2025 14:49	02.12.2025 16:07
220 PANNELLO/AIRROCK ND 1200/600/100 TAH	100	50	02.12.2025 16:07	02.12.2025 16:45
SPANROCK TT 101/1200/1200 48ST/PAL	104	95	02.12.2025 16:45	02.12.2025 20:24
SPANROCK TX 1200/1200/101 48ST/PAL	104	120	02.12.2025 20:24	02.12.2025 22:30
FRONTROCK MAX PLUS 120/1000/600 3/12P	120	78	02.12.2025 22:30	02.12.2025 23:28
FRONTROCK EXTRA/RENO 120/1000/600 2/10P	120	107	02.12.2025 23:28	03.12.2025 00:22
FLAT50/MONROCK EP 80/1215/1015 64/P HALB	81	138	28.11.2025 01:25	28.11.2025 05:38
FRONTROCK PRO 100/1200/500 4/12P	100	81	28.11.2025 05:38	28.11.2025 06:13
FRONTROCK MAX PLUS 100/1000/600 4/12P	100	80	28.11.2025 06:13	28.11.2025 09:22
AIRROCK DD/VENTIROCK DUO 1200/600/120	120	49	28.11.2025 09:22	28.11.2025 14:20
225 AC PLUS/AC EXT N 140/1200/600 4/8P	140	70	28.11.2025 14:20	28.11.2025 14:57
225 AC PLUS/AC EXT N 40/1200/600 9/14P	40	70	28.11.2025 14:57	28.11.2025 15:33
211 PANN AC/ACOU. N 80/1200/600 8/16P T	80	40	28.11.2025 15:33	28.11.2025 17:24
211 PANN AC/ACOU. N 40/1200/600 15/16P T	40	40	28.11.2025 17:24	28.11.2025 19:18
211 PANN AC/ACOU. N 60/1200/600 10/16P T	60	40	28.11.2025 19:18	28.11.2025 21:26
211 PANN AC/ACOU. N 50/1200/600 12/16P T	50	40	28.11.2025 21:26	28.11.2025 22:35
HARDROCK ENERGY P 2400/600/100 24ST	100	114	28.11.2025 22:35	29.11.2025 00:00
SPANROCK M 2400/1205/102 26ST/PAL	102	100	27.11.2025 01:24	27.11.2025 06:12
SPANROCK XL 1200/1200/101 48ST/PAL	104	120	27.11.2025 06:12	27.11.2025 08:57
LC SWP 12 1000/1020/112 36ST/PAL	113	120	27.11.2025 08:57	27.11.2025 10:22
FRONTROCK MAX PLUS 140/1000/600 3/12P	140	77	27.11.2025 10:22	27.11.2025 12:11
Roof 50 PL/Dach 50 PL 150/2000/1200 8 MW	150	120	27.11.2025 12:11	27.11.2025 12:55
Block232090-IST 2000/1000/240 5ST/PAL	240	90	27.11.2025 12:55	27.11.2025 13:52
DUROCK ENERGY P 1200/600/50 100ST/PAL	50	149	27.11.2025 13:52	27.11.2025 16:04
DUROCK ENERGY P 1200/600/60 84ST/PAL	60	144	27.11.2025 16:04	27.11.2025 17:29
FLAT50/MONROCK EP 60/1215/1015 84/P HALB	60	144	27.11.2025 17:29	27.11.2025 19:52
HARDROCK ENERGY PLUS 1200/600/80 64ST/P	80	119	27.11.2025 19:52	27.11.2025 23:46
DUROCK ENERGY P 1200/600/80 64 ST/PAL	80	138	27.11.2025 23:46	28.11.2025 01:25

3.2 PRIKAZ REZULTATA MJERENJA

U tabelama su emisijske koncentracije ukupne prašine i plinova pri pogonskim uvjetima.

Opis simbola:

AMS ...automatski mjerni sustav

SRM ...standardna referentna metoda (mjerni sustav - Metroalfa)

GVE ...granična emisijska vrijednost

D_i razlika između izmjerene vrijednosti s SRM (Y) i izmjerene vrijednosti s AMS (Y')

k_v tabelarna vrijednost testa varijabilnosti

ppropisana mjerna nesigurnost, izražena kao dio mjerne emisijske vrijednosti (%MEV)

$t_{0.95}$ tabelarna vrijednost testa ispravnosti kalibracijske funkcije

Y_i pojedina izmjerena vrijednost emisijskog parametra, izmjerena s SRM

X_i pojedina izmjerena vrijednost emisijskog parametra, izmjerena s AMS

σ_0 propisana mjerna nesigurnost, izražena kao standardna devijacija

S_D standardna devijacija razlika parova (D) izmjerenih vrijednosti s SRM i AMS

3.2.1 NEPOKRETNI IZVOR - MJERNO MJESTO BR. 2: KUPOLNA PEĆ (OZNAKA – ISPUST BR. 1.1.)

3.2.1.1 Praškasta tvar – standardna referentna metoda

Automatski mjerni sustav (AMS): DURAG D-R 320

Standardna referentna metoda (SRM): prema HRN EN 13284/1

Tablica 2: Rezultati paralelnog mjerenja sa automatskim mjernim sustavom (AMS) i standardnom referentnom metodom (SRM)

Praškasta tvar - Kupolna peć																		
Redni broj mjerenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Datum mjerenja	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.
Vrijeme	12:34	14:47	15:47	16:47	17:50	18:50	10:25	13:57	15:00	16:01	17:01	18:01	11:12	12:15	13:15	14:15	15:17	16:17
	13:11	15:23	16:24	17:23	18:25	19:30	13:38	14:34	15:37	16:37	17:37	18:37	11:48	12:50	13:50	14:50	15:53	16:53
AMS (mg/m ³)	0,17	0,10	0,23	0,19	0,15	0,18	0,13	0,09	0,14	0,13	0,12	0,20	0,10	0,14	0,08	0,09	0,13	0,23
SRM (mg/m ³)	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5

3.2.1.2 Volumni protok otpadnih plinova – standardna referentna metoda

Automatski mjerni sustav (AMS): PSI-2, back Purge ser.no.: PSI-2 0466, PCB s/n: PSI-2bcp-RevA 04; Probe s/n: PSI - 0806

Standardna referentna metoda (SRM): prema HRN EN ISO 16911-1:2013

Tablica 3: Rezultati paralelnog mjerenja sa automatskim mjernim sustavom (AMS) i standardnom referentnom metodom (SRM)

Protok (brzina strujanja) - Kupolna peć																			Srednja vrijednost	Stand. devijacija
Redni broj mjerenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	-0,4	0,6
Datum mjerenja	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.		
Vrijeme	12:34	14:47	15:47	16:47	17:50	18:50	10:25	13:57	15:00	16:01	17:01	18:01	11:12	12:15	13:15	14:15	15:17	16:17		
	13:11	15:23	16:24	17:23	18:25	19:30	13:38	14:34	15:37	16:37	17:37	18:37	11:48	12:50	13:50	14:50	15:53	16:53		
AMS (m/s)	16,35	14,12	14,67	14,59	14,13	14,16	14,96	14,51	14,53	14,19	14,20	14,33	15,06	14,28	14,58	14,13	14,18	14,52		
SRM (m/s)	16,26	13,85	13,51	13,45	13,70	13,65	14,16	14,86	14,82	14,41	14,43	14,69	13,62	13,47	13,01	14,00	14,11	14,32		
Razlika (Di) - (m/s)	-0,09	-0,28	-1,16	-1,14	-0,43	-0,51	-0,80	0,35	0,30	0,22	0,23	0,37	-1,44	-0,81	-1,58	-0,13	-0,07	-0,19		
Z vrijednost (Zi)	0,49	0,20	1,22	1,18	0,05	0,18	0,63	1,20	1,11	0,98	0,99	1,22	1,67	0,65	1,88	0,43	0,52	0,32		
Z kritična vrijednost	2,65																			
Outlier	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK		

Kalibracijska funkcija	
b=	0,968
a=	0,065

Koeficijent korelacija (R^2)	0,967
Valjanost područja kalibracije:	
Y's,max+10% * Y's,max (m/s)	17,88

Tablica 4: Test varijabilnosti brzina strujanja otpadnih plinova

Protok - Kupolna peć																		Suma	Srednja vrijednost
Redni broj mjerenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Datum mjerenja	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	
Vrijeme	12:34	14:47	15:47	16:47	17:50	18:50	10:25	13:57	15:00	16:01	17:01	18:01	11:12	12:15	13:15	14:15	15:17	16:17	
	13:11	15:23	16:24	17:23	18:25	19:30	13:38	14:34	15:37	16:37	17:37	18:37	11:48	12:50	13:50	14:50	15:53	16:53	
AMS (m _N ³ /h)	40488	35840	37212	37128	36168	36227	36940	36104	36413	35917	35905	36091	38054	36058	36595	35504	35464	35756	
SRM (m _N ³ /h)	41410	36117	35225	35186	35998	35876	35957	38011	38192	37476	37487	38041	35370	34965	33543	36162	36269	36259	
Razlika (Di) - (m _N ³ /h)	922	277	-1987	-1942	-171	-352	-984	1907	1779	1559	1582	1950	-2684	-1093	-3052	658	805	503	-320
Di-Dsr	940	295	-1969	-1924	-153	-334	-966	1925	1797	1577	1599	1968	-2666	-1075	-3034	676	823	521	0
(Di-Dsr) ²	884170	86805	3876765	3700723	23390	111392	933239	3705985	3228201	2486490	2558321	3874078	7109296	1155449	9204300	456324	677028	271269	44343225

Granična vrijednost emisije (GVE)/Mjerno podr: 50000 m³/h

Propisana mjerna nesigurnost (p): 10 %

TEST VARIJABILNOSTI:

$$S_D \leq \sigma_0 * k_v \quad \text{Zadovoljava}$$

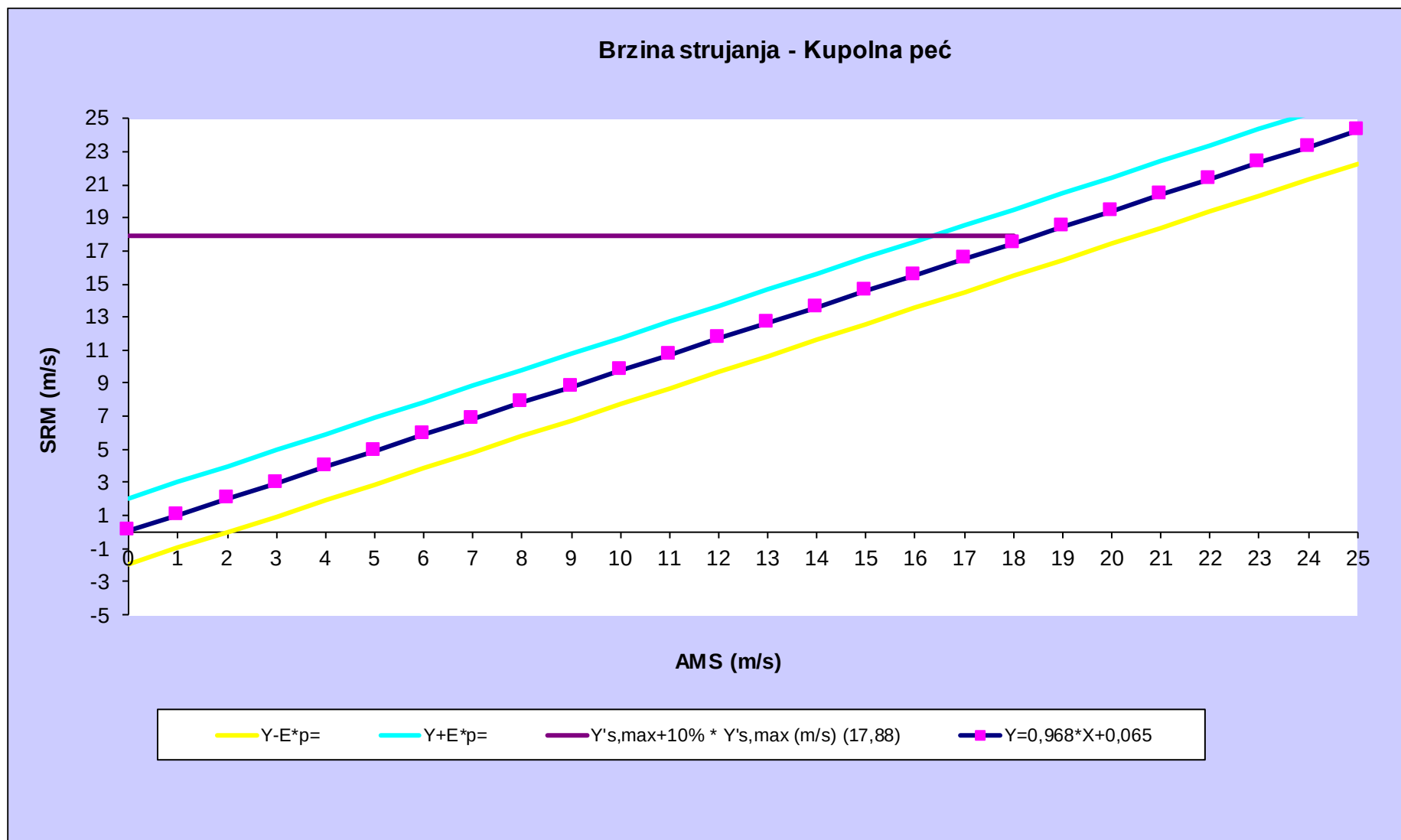
$$\sigma_0 = p * GVE / 1,96 = 2551,02$$

$$k_v = 0,9803 \quad \text{iz tablice}$$

$$\sigma_0 * k_v = 2500,77$$

$$S_D = (1/(N-1) * (\sum(D_i - D_{sr})^2))^{0,5} = 1615,06$$

Slika 1: grafički prikaz paralelnih mjerenja, uključujući valjanost područja kalibracije



3.2.1.3 Temperatura otpadnih plinova – standardna referentna metoda

Automatski mjerni sustav (AMS): PT100; PSI-2, back Purge ser.no.: PSI-2 0466, PCB s/n: PSI-2bcp-RevA 04; Probe s/n: PSI - 0806

Standardna referentna metoda (SRM): HRN ISO 10780:1997

Tablica 5: Rezultati paralelnog mjerenja sa automatskim mjernim sustavom (AMS) i standardnom referentnom metodom (SRM)

Temperatura plinova - Kupolna peć																			Srednja vrijednost	Stand. devijacija
Redni broj mjerenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	-3,0	0,9
Datum mjerenja	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.		
Vrijeme	12:34	14:47	15:47	16:47	17:50	18:50	10:25	13:57	15:00	16:01	17:01	18:01	11:12	12:15	13:15	14:15	15:17	16:17		
	13:11	15:23	16:24	17:23	18:25	19:30	13:38	14:34	15:37	16:37	17:37	18:37	11:48	12:50	13:50	14:50	15:53	16:53		
AMS (K)	556,4	538,6	537,9	536,9	534,9	535,3	551,6	546,3	542,5	538,8	539,7	541,3	538,6	538,9	539,7	540,8	543,4	554,5		
SRM (K)	552,4	534,3	534,0	533,3	531,2	531,6	548,0	543,9	540,2	536,2	537,6	538,5	537,0	536,8	537,8	539,0	540,6	550,9		
Razlika (Di) - K	-4,0	-4,4	-3,9	-3,6	-3,7	-3,8	-3,7	-2,4	-2,4	-2,7	-2,1	-2,8	-1,7	-2,2	-2,0	-1,8	-2,8	-3,6		
Z vrijednost (Zi)	1,22	1,62	1,08	0,75	0,84	0,93	0,79	0,63	0,69	0,36	0,96	0,19	1,53	0,94	1,15	1,36	0,17	0,75		
Z kritična vrijednost	2,65																			
Outlier	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok		

Kalibracijska funkcija	
b=	0,994
a=	0,027

Koeficijent korelacija (R^2)	1,000
Valjanost područja kalibracije:	
$Y_{\max} + 10\% \cdot Y_{\max}$ (K)	608,7

Tablica 6: Test varijabilnosti temperatura otpadnih plinova

Temperatura plinova - Kupolna peć																				Srednja
																			Suma	vrijednost
Redni broj mjerenja	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
Datum mjerenja	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	27.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	28.11.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.	02.12.2025.		
Vrijeme	12:34	0:00	13:53	0:00	14:53	0:00	9:58	0:00	10:58	0:00	11:58	0:00	8:32	0:00	9:32	0:00	10:32	0:00		
	13:11	0:00	14:28	0:00	15:28	0:00	10:33	0:00	11:33	0:00	12:33	0:00	9:07	0:00	10:07	0:00	11:07	0:00		
AMS (K)	553,3	535,7	534,9	533,9	531,9	532,4	548,6	543,3	539,6	535,9	536,7	538,3	535,6	536,0	536,8	537,8	540,4	551,4		
SRM (K)	552,4	534,3	534,0	533,3	531,2	531,6	548,0	543,9	540,2	536,2	537,6	538,5	537,0	536,8	537,8	539,0	540,6	550,9		
Razlika (Di) - K	-1,0	-1,4	-1,0	-0,7	-0,8	-0,8	-0,6	0,6	0,6	0,3	0,8	0,2	1,3	0,8	1,0	1,2	0,2	-0,6	0,0	0,0
Di-Dsr	-1,0	-1,4	-1,0	-0,7	-0,8	-0,8	-0,6	0,6	0,6	0,3	0,8	0,2	1,3	0,8	1,0	1,2	0,2	-0,6	0,0	
(Di-Dsr) ²	0,9	2,0	0,9	0,5	0,6	0,7	0,4	0,3	0,4	0,1	0,7	0,0	1,7	0,6	1,0	1,4	0,0	0,3	12,4	

Mjerno područje: 873 K
 Propisana mjerna nesigurnost (p): 2 %

TEST VARIJABILNOSTI:

$$S_D \leq \sigma_0 * k_v \text{ Zadovoljava}$$

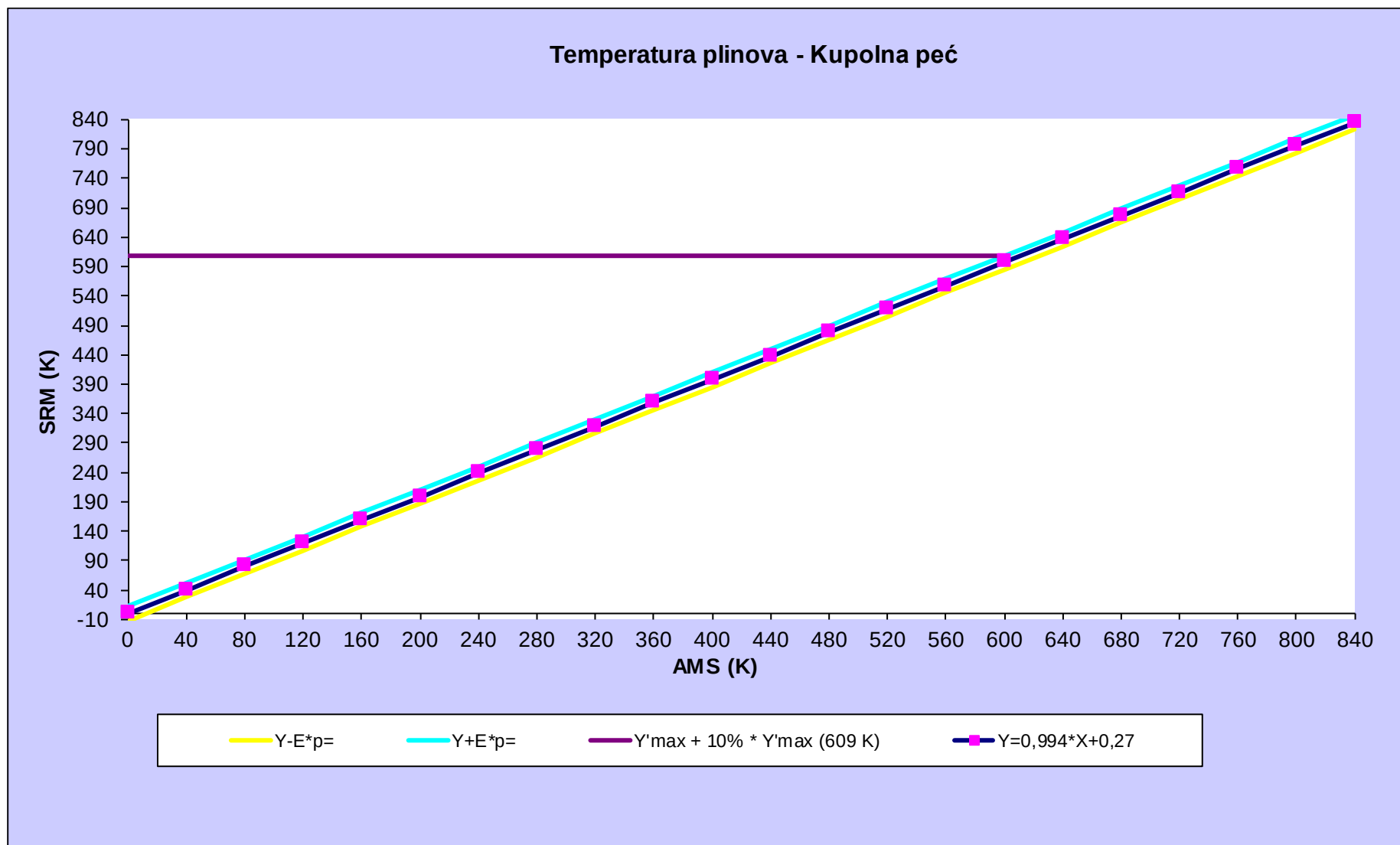
$$\sigma_0 = p * GVE / 1,96 = 8,9$$

$$k_v = 0,98 \quad \text{iz tablice}$$

$$\sigma_0 * k_v = 8,7$$

$$S_D = (1/(N-1) * (\sum(D_i - D_{sr})^2))^{0,5} = 0,9$$

Slika 5: grafički prikaz paralelnih mjerenja, uključujući valjanost područja kalibracije



3.3 SAŽETAK MJERENJA

Tablica 7: sažeti rezultati kalibracije automatskih mjernih sustava (AMS) Zone hlađenja

Parametar	Jed.	Granična vrijednost emisije	Zahtijevana mjerna nesigurnost	Kalibracijska funkcija ($Y' = a + b \cdot X$)		Područje valjanosti kalibracijske funkcije	Test varijabilnosti		Ocjena
		GVE ili mjerno područje	p (%)	a	b	$Y'_{s,max}$	S_D	$\sigma_0 \cdot k_v$	
Kupolna peć									
Brzina strujanja plinova	m/s	30	20	0,065	0,968	17,88	1615	2500	Zadovoljava
Temperatura plinova	K	873	2	0,027	0,994	609 K	0,9	8,7	Zadovoljava
Praškasta tvar	mg/m ³	20	30	-	-	-	-	-	-

- Crveno su označena područja mjerenje obzirom da za navedene parametre nema GVE.

4 ZAKLJUČAK

U okviru kalibracije sustava za kontinuirano mjerenje emisije onečišćujućih tvari u zrak iz nepokretnog izvora - KUPOLNA PEĆ (oznaka – ispust br. 1.1.) u proizvodnji kamene vune u tvornici Rockwool Adriatic d.o.o., kalibrirane su funkcije automatskih mjernih sustava za kontinuirano praćenje emisije onečišćujućih tvari u zrak.

Umjeravanje podrazumijeva utvrđivanje kalibracijske funkcije, područje valjanost područja kalibracijske funkcije i test varijabilnosti po postupku HRN EN 14181:2014.

Kalibracijske krivulje mjernih parametara automatskih mjernih sustava, koji su bili predmet kalibracije, su prihvatljive jer **test varijabilnosti i koeficijent korelacije** zadovoljava kriterije iz standarda HRN EN 14181:2014.

Novi baždarni pravci se upisuju u obliku

$Y=b \cdot X + a$ gdje je:

b – nagib pravca

a – odsječak kalibracijske funkcije

X – mjerni signal AMS uređaja

Rezultati kalibracije navedeni su u tablici 7.

Za **ukupnu praškastu tvar** nismo bili u mogućnosti izraditi kalibracijsku krivulju zbog niskih vrijednosti očitavanja koncentracije ukupne praškaste tvari na AMS-u. Iz tog razloga te obzirom da su vrijednosti analize SRM-a ispod akreditiranog mjernog područja preporučamo paralelno mjerenje u uvjetima kada koncentracije ukupne praškaste tvari budu iznad granice kvantifikacije SRM-a (veće od 0,5 mg/m³). Na temelju mjerenja u tim novim uvjetima će se izraditi kalibracijska krivulja. Do tada preporučamo i dalje primjenu postojeće kalibracijske krivulju.