



HEXAGON



**SLOVENSKA
AKREDITACIJA**
SIST EN ISO/IEC 17025
LK-031

Hexagon Metrology Spa
Podružnica v Sloveniji
Šentjanž 75
2373 Šentjanž pri Dravogradu
T: +386 (0) 2 870 7660
F: +386 (0) 2 870 7675
HexagonMI.com
info.si@hexagon.com

CERTIFIKAT O KALIBRACIJI / Calibration certificate

Številka / Number: A23023

Stran / Page: 1/11

Naročnik Applicant	MPT D.O.O. Šmartno ob Paki 136a 3327 Šmartno ob Paki	
Lastnik Owner	MPT D.O.O. Šmartno ob Paki 136a 3327 Šmartno ob Paki	
Merilo Instrument	Koordinatni merilni stroj TIGO SF	
Identifikacija Identification	TAGE000948IA	
Merilna negotovost Uncertainty of measurement	1,0 μm + 1.10 ⁻⁶ .L, pravokotnost 1,5" Razširjena merilna negotovost je podana kot standardna negotovost pomnožena s faktorjem k=2, ki pri normalni porazdelitvi ustreza verjetnosti 95 %. Standardna merilna negotovost je določena v skladu s publikacijo EA - 4/02. The reported expanded uncertainty of measurement is stated as the standard uncertainty of measurement multiplied by the coverage factor k = 2, which corresponds to a coverage probability of approximately 95 %. The standard uncertainty of measurement has been determined in accordance with publication EA - 4/02.	
Datum kalibracije Calibration date	27.01.2023	
Sledljivost Traceability	Pri meritvah so uporabljeni etaloni, ki so sledljivi na mednarodne etalone. The measurements have been executed using standards, which are traceable to (inter) national standards.	
Izvedel / Performed by:	Odobril / Approved by:	Datum izdaje / Date of issue:
Nejc Kuhelnik, univ. dipl. ing. el.	Marko Modic, univ. dipl. fizik	01.02.2023



Merilo/Tip: KMS Tigo SF
Identifikacija: TAGE000948IA
Obseg/Vrednost: 500x600x500 [mm]
Spec. točnosti: 2.2+1*L/300 [μ m]
Spec. ponov.: 2.2 [μ m]

Lastnik: MPT d.o.o.
Proizvajalec: Hexagon
Kraj kalibracije: Šmartno ob Paki
Datum kalibracije: 27.01.2023
Temperatura okolja: (23.0 \pm 1.5) $^{\circ}$ C

Sledljivost – uporabljeni etaloni:

Pri kalibraciji so bili uporabljeni etaloni, ki so sledljivi na nacionalno in internacionalno raven.

Etalon	Identifikacija	Kalibr. certifikat	Kalibriran pri	Datum kalib.
Stopničasto merilo KOB420	901213/56B	13179-LTM-22	LTM Maribor	19.12.22
Krogla	001	23777-2018-12	Eumetron GmbH	27.12.18

Procedura prevzemnega testa:

Točnost koordinatnega merilnega stroja je bila preverjena v skladu s EN ISO 10360-2:2009 in internim delovnim navodilom QNCL123, z uporabo kalibriranega stopničastega merila. Pogreški so bili dobljeni z otipanjem dveh nasprotnih si merilnih ravnin stopničastega merila. Rezultati so prikazani v tabeli na naslednjih straneh.

Pogrešek tipanja P_{FTE} smo določili tako, da smo merili etalonsko kroglo s 30 točkami, ki so bile enakomerno porazdeljene po gornji polovici krogle. Pogrešek tipanja je podan kot razpon vseh radijev posameznih točk na krogli $P_{FTE}=R_{max}-R_{min}$.

Srednja vrednost meritev in temperaturno kompenzirane meritve so izključno informativne narave. Pri kompenziranih meritvah je uporabljen razteznostni koeficient α , ki je podan nad meritvami.

Vse meritve so bile opravljene v DCC načinu z merilnim programom PC-DMIS in z uporabo tipalne sonde Hexagon HP-S-X1C, s tipalom dolžine 50 mm in s kroglico premera 5 mm.

Opombe:

- Pogrešek = izmerjena dolžina – referenčna dolžina
- Tolerance po specifikaciji proizvajalca
- Vse meritve so bile opravljene z vključeno temperaturno kompenzacijo.

Priloge:

- Scanning test na Kalibrirni krogli po standardu EN ISO 10360-4:2009.

	Toleranca [μ m]	V območju specifikacije	
Osi	2.2+1*L/300	<input checked="" type="checkbox"/> Da	<input type="checkbox"/> Ne
Diagonale	2.2+1*L/300	<input checked="" type="checkbox"/> Da	<input type="checkbox"/> Ne
Pogrešek tipanja	2.2	<input checked="" type="checkbox"/> Da	<input type="checkbox"/> Ne

Opomba: V zgornji izjavi ni upoštevan vpliv merilne negotovosti

Korekcije izvedene pred kalibracijo:

Pred določitvijo pogreškov merjenja dolžine in pogreška tipanja smo izvedli potrebne korekcije parametrov geometrijskih napak v datoteki geometrične kompenzacije. Posamezne parametre v kompenzacijski datoteki smo korigirali samo linearno s faktorjem - sorazmerno z dolžino osi glede na izhodiščno točko geometrične kompenzacije. V ta namen smo merili najmanj 5 dolžin stopničastega merila v različnih položajih merilnega volumna in odstopke vnesli v diagrame v odvisnosti od merjene dolžine. Iz diagrama pogreškov smo določili naklon - srednje odstopanje na 1m dolžine. Te faktorje smo uporabili pri korekcijah.

1. Glavne rotacijske napake Rxz, Rxy, Ryx

Za določitev rotacijskih napak smo merili stopničasto merilo v dveh različnih položajih za vsak parameter. Iz razlike izmerjenih dolžin smo izračunali korekcijski faktor.

2. Napaka pravokotnosti

Napako pravokotnosti smo določili v vseh 3 strojnih ravninah, tako da smo merili stopničasto merilo v 4 telesnih diagonalah. Napako pravokotnosti smo izračunali iz razlik dolžin.

3. Linearna napaka osi (Faktor skale)

Po izvedenih korekcijah smo vse napake ponovno preverili.

Opomba:

Pred korekcijami smo 3D-KMS pregledali na neoporečno funkcijo in nastavili po navodilih proizvajalca.

Rotacijski pogrešek [$\mu\text{m}/\text{m}$]/m]

rotacija	pred korekcijo	po korekciji
Rxz	1.5	kor. ni potrebna
Rxy	-1.2	kor. ni potrebna
Ryx	2.6	-1.3

Pogrešek pravokotnosti [$\mu\text{m}/\text{m}$]

ravnina	pred korekcijo	po korekciji
XY	-4.5	-2.0
YZ	-6.1	0.4
ZX	7.7	-0.5

Linearni pogrešek [$\mu\text{m}/\text{m}$]

os	pred korekcijo	po korekciji
X	-8.2	0.1
Y	-7.0	0.6
Z	-0.2	kor. ni potrebna

Položaj 1: X+

Merilni stroj		Začetna točka		Smer		Os	T [°C]	α [$10^{-6} K^{-1}$]
Tip	Tigo SF	X	-14.3	I	1.00	X	22.4	10.5
Velikost	500x600x500 [mm]	Y	248.7	J	0.00	Y	23.0	10.5
Ser. št.	TAGE000948IA	Z	-477.9	K	0.00	Z	23.6	10.5
						Etalon	22.3	11.5

Vsi pogreški so v [μm]

Datum: 27.01.23

Čas: 11:45:43

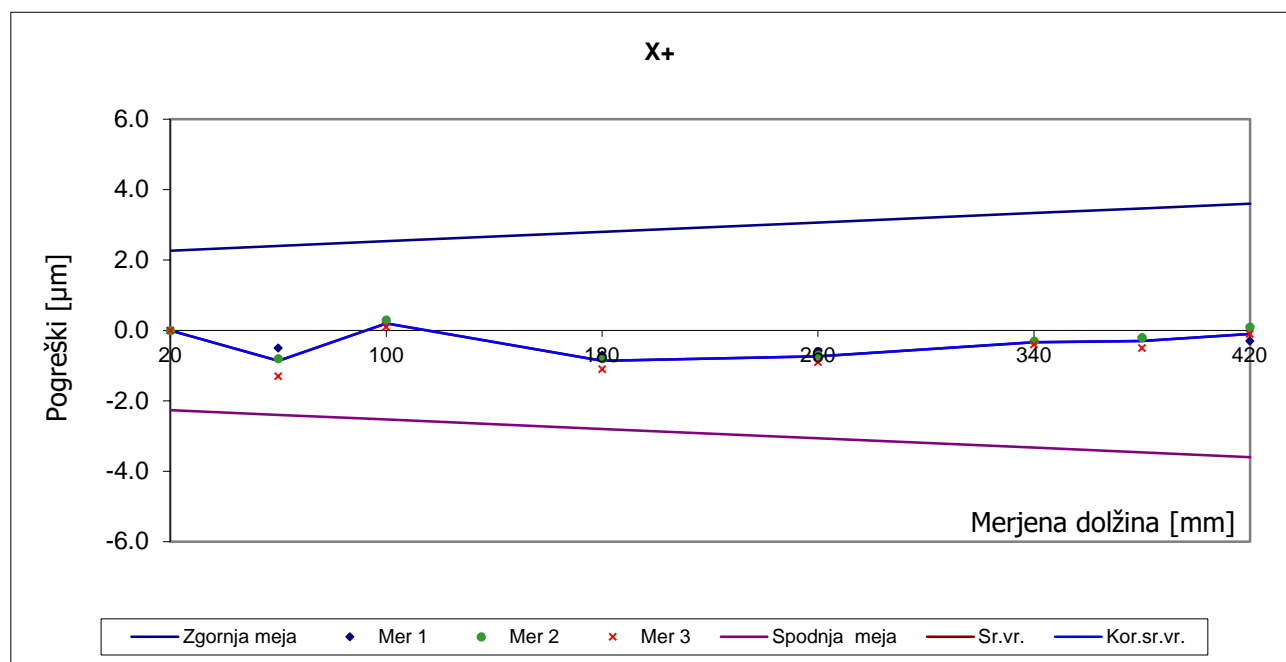
Dolžina mm	Pogreški				Pogreški pri 20°C		Zgornja meja	Spodnja meja	Pono- vljivost
	Mer 1	Mer 2	Mer 3	Sr.vr.	Korekcija	Kor.sr.vr.			
20	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	-2.3	0.0
60	-0.5	-0.8	-1.3	-0.9	0.0	-0.9	2.4	-2.4	0.8
100	0.2	0.3	0.1	0.2	0.0	0.2	2.5	-2.5	0.2
180	-0.7	-0.8	-1.1	-0.9	0.0	-0.9	2.8	-2.8	0.4
260	-0.6	-0.7	-0.9	-0.7	0.0	-0.7	3.1	-3.1	0.3
340	-0.3	-0.3	-0.4	-0.3	0.0	-0.3	3.3	-3.3	0.1
380	-0.2	-0.2	-0.5	-0.3	0.0	-0.3	3.5	-3.5	0.3
420	-0.3	0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	3.6	-3.6	0.4

Največji pozitivni pogrešek
Največji negativni pogrešek

0.3 μm
1.3 μm

Največja ponovljivost
Naklon

0.8 μm
0.07 $\mu m/m$



Položaj 2: Y+

Merilni stroj		Začetna točka		Smer		Os	T [°C]	α [$10^{-6} K^{-1}$]
Tip	Tigo SF	X	168.5	I	0.01	X	22.4	10.5
Velikost	500x600x500 [mm]	Y	4.3	J	1.00	Y	23.0	10.5
Ser. št.	TAGE000948IA	Z	-477.7	K	0.00	Z	23.6	10.5
						Etalon	22.3	11.5

Vsi pogreški so v [μm]

Datum: 27.01.23

Čas: 11:36:22

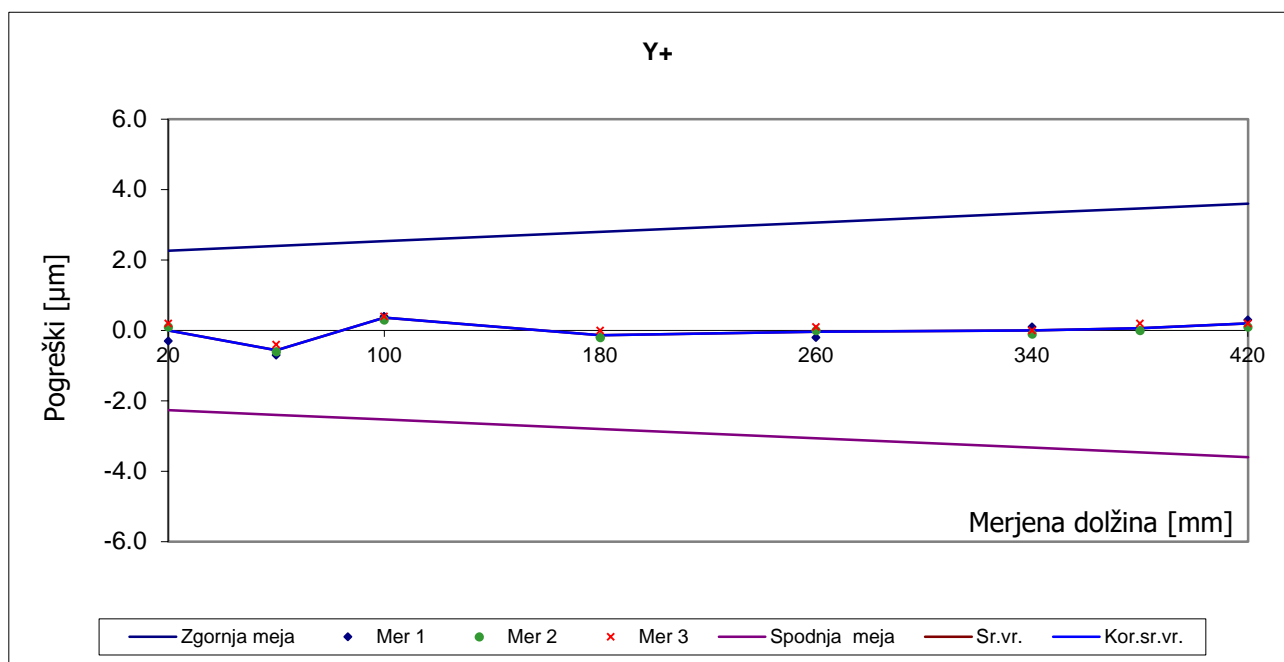
Dolžina mm	Pogreški				Pogreški pri 20°C		Zgornja meja	Spodnja meja	Pono- vljivost
	Mer 1	Mer 2	Mer 3	Sr.vr.	Korekcija	Kor.sr.vr.			
20	-0.3	0.1	0.2	0.0	0.0	0.0	2.3	-2.3	0.5
60	-0.7	-0.6	-0.4	-0.6	0.0	-0.6	2.4	-2.4	0.3
100	0.4	0.3	0.4	0.4	0.0	0.4	2.5	-2.5	0.1
180	-0.2	-0.2	0.0	-0.1	0.0	-0.1	2.8	-2.8	0.2
260	-0.2	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	3.1	-3.1	0.3
340	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	3.3	-3.3	0.2
380	0.0	0.0	0.2	0.1	0.0	0.1	3.5	-3.5	0.2
420	0.3	0.1	0.2	0.2	0.0	0.2	3.6	-3.6	0.2

Največji pozitivni pogrešek
Največji negativni pogrešek

0.4 μm
0.7 μm

Največja ponovljivost
Naklon

0.5 μm
0.62 $\mu m/m$



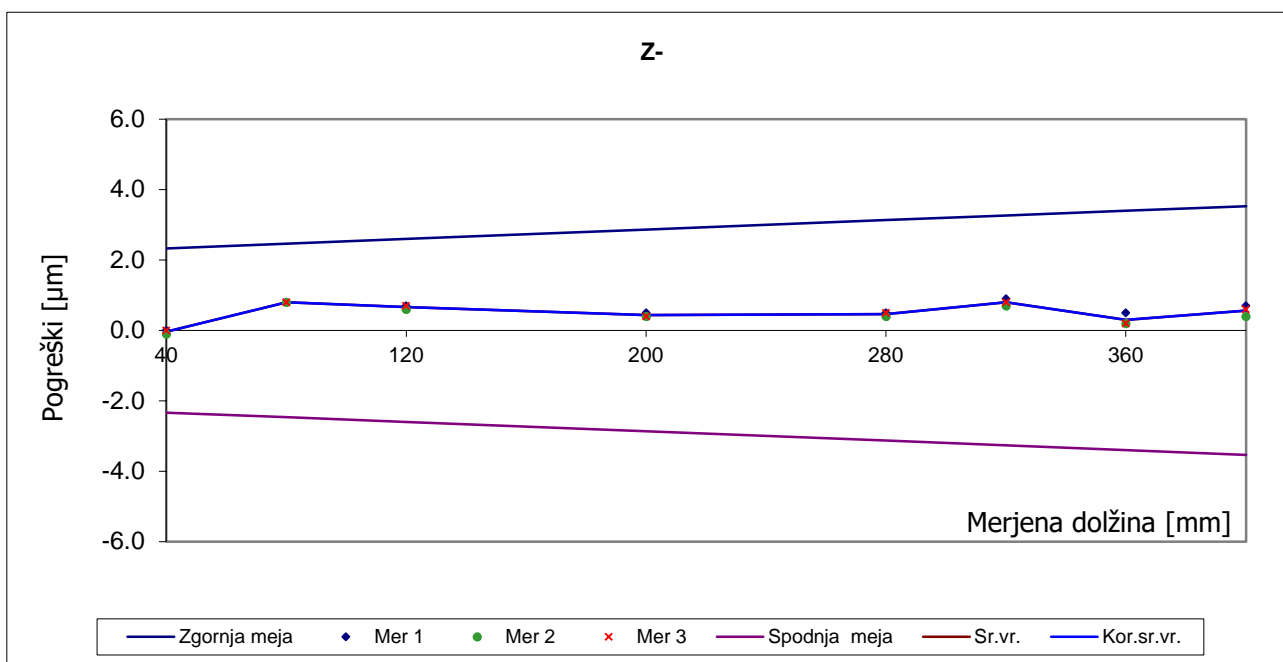
Položaj 3: Z-

Merilni stroj		Začetna točka		Smer		Os	T [°C]	$\alpha [10^{-6} K^{-1}]$
Tip	Tigo SF	X	264.6	I	0.00	X	22.4	10.5
Velikost	500x600x500 [mm]	Y	266.0	J	0.00	Y	23.0	10.5
Ser. št.	TAGE000948IA	Z	-143.2	K	-1.00	Z	23.6	10.5
						Etalon	22.3	11.5

Vsi pogreški so v [μm] Datum: 27.01.23 Čas: 11:57:29

Dolžina mm	Pogreški				Pogreški pri 20°C		Zgornja meja	Spodnja meja	Pono- vljivost
	Mer 1	Mer 2	Mer 3	Sr.vr.	Korekcija	Kor.sr.vr.			
40	0.0	-0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	2.3	-2.3	0.1
80	0.8	0.8	0.8	0.8	0.0	0.8	2.5	-2.5	0.0
120	0.7	0.6	0.7	0.7	0.0	0.7	2.6	-2.6	0.1
200	0.5	0.4	0.4	0.4	0.0	0.4	2.9	-2.9	0.1
280	0.5	0.4	0.5	0.5	0.0	0.5	3.1	-3.1	0.1
320	0.9	0.7	0.8	0.8	0.0	0.8	3.3	-3.3	0.2
360	0.5	0.2	0.2	0.3	0.0	0.3	3.4	-3.4	0.3
400	0.7	0.4	0.6	0.6	0.0	0.6	3.5	-3.5	0.3

Največji pozitivni pogrešek 0.9 μm Največja ponovljivost 0.3 μm
 Največji negativni pogrešek 0.1 μm Naklon 0.40 $\mu m/m$



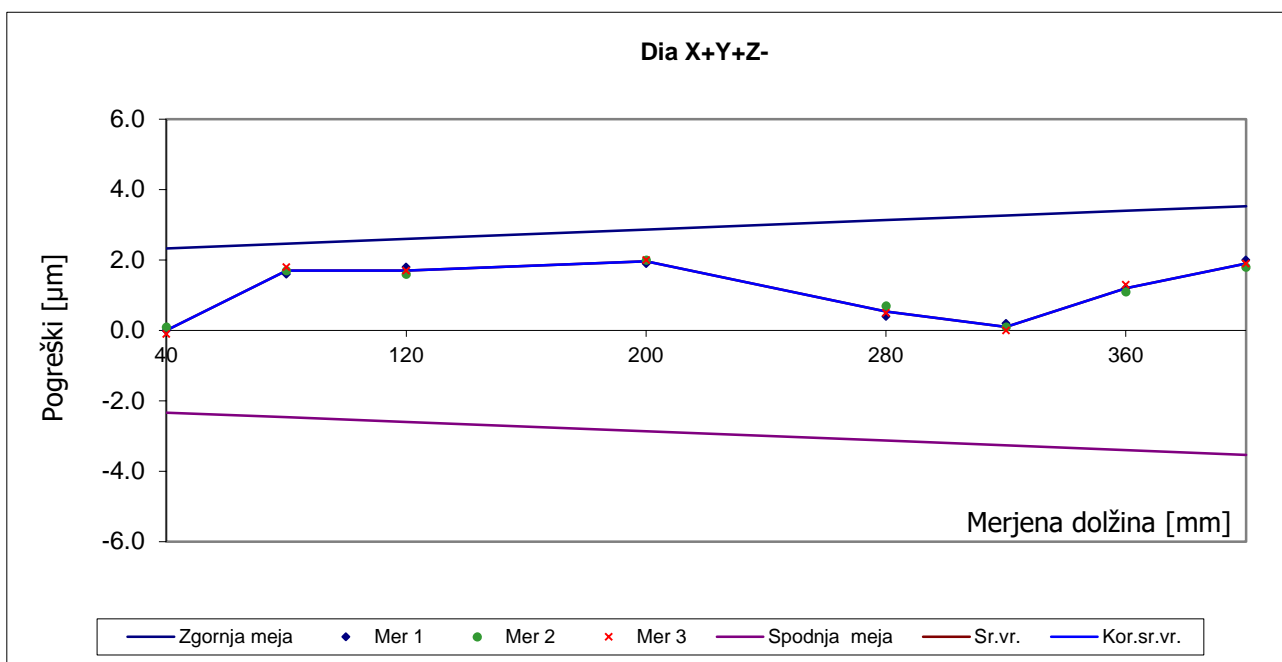
Položaj 4: Dia X+Y+Z-

Merilni stroj		Začetna točka		Smer		Os	T [°C]	α [$10^{-6} K^{-1}$]
Tip	Tigo SF	X	155.2	I	0.50	X	22.8	10.5
Velikost	500x600x500 [mm]	Y	157.2	J	0.50	Y	23.3	10.5
Ser. št.	TAGE000948IA	Z	-260.8	K	-0.71	Z	24.0	10.5
						Etalon	22.9	11.5

Vsi pogreški so v [μm] Datum: 27.01.23 Čas: 12:32:08

Dolžina mm	Pogreški				Pogreški pri 20°C		Zgornja meja	Spodnja meja	Ponovljivost
	Mer 1	Mer 2	Mer 3	Sr.vr.	Korekcija	Kor.sr.vr.			
40	0.0	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	2.3	-2.3	0.2
80	1.6	1.7	1.8	1.7	0.0	1.7	2.5	-2.5	0.2
120	1.8	1.6	1.7	1.7	0.0	1.7	2.6	-2.6	0.2
200	1.9	2.0	2.0	2.0	0.0	2.0	2.9	-2.9	0.1
280	0.4	0.7	0.5	0.5	0.0	0.5	3.1	-3.1	0.3
320	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	3.3	-3.3	0.2
360	1.2	1.1	1.3	1.2	0.0	1.2	3.4	-3.4	0.2
400	2.0	1.8	1.9	1.9	0.0	1.9	3.5	-3.5	0.2

Največji pozitivni pogrešek 2.0 μm Največja ponovljivost 0.3 μm
 Največji negativni pogrešek 0.1 μm Naklon 0.46 $\mu m/m$



Položaj 5: Dia X-Y+Z-

Merilni stroj		Začetna točka		Smer		Os	T [°C]	α [10^{-6}K^{-1}]
Tip	Tigo SF	X	195.7	I	-0.46	X	22.8	10.5
Velikost	500x600x500 [mm]	Y	153.7	J	0.54	Y	23.3	10.5
Ser. št.	TAGE000948IA	Z	-260.8	K	-0.71	Z	24.0	10.5
						Etalon	22.9	11.5

Vsi pogoški so v [μm]

Datum: 27.01.23

Čas: 12:36:03

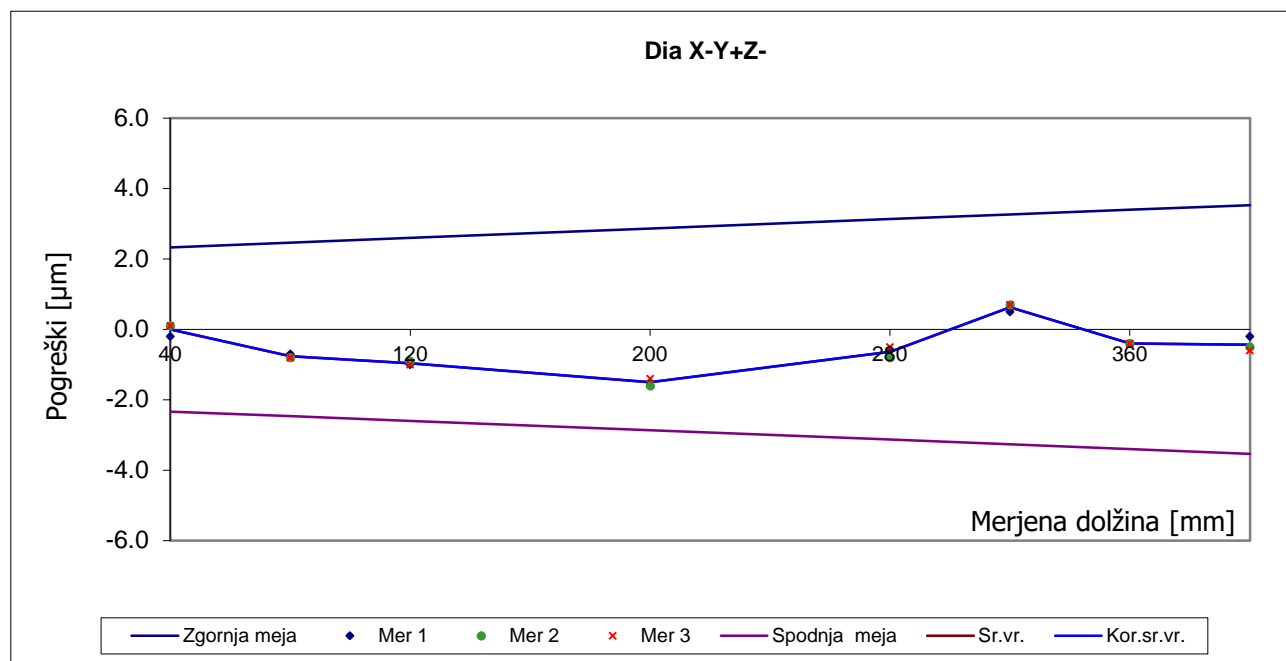
Dolžina mm	Pogreški				Pogreški pri 20°C		Zgornja meja	Spodnja meja	Pono- vljivost
	Mer 1	Mer 2	Mer 3	Sr.vr.	Korekcija	Kor.sr.vr.			
40	-0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3	-2.3	0.3
80	-0.7	-0.8	-0.8	-0.8	0.0	-0.8	2.5	-2.5	0.1
120	-1.0	-0.9	-1.0	-1.0	0.0	-1.0	2.6	-2.6	0.1
200	-1.5	-1.6	-1.4	-1.5	0.0	-1.5	2.9	-2.9	0.2
280	-0.6	-0.8	-0.5	-0.6	0.0	-0.6	3.1	-3.1	0.3
320	0.5	0.7	0.7	0.6	0.0	0.6	3.3	-3.3	0.2
360	-0.4	-0.4	-0.4	-0.4	0.0	-0.4	3.4	-3.4	0.0
400	-0.2	-0.5	-0.6	-0.4	0.0	-0.4	3.5	-3.5	0.4

Največji pozitivni pogrešek
Največji negativni pogrešek

0.7 μm
1.6 μm

Največja ponovljivost
Naklon

0.4 μm
1.14 $\mu\text{m/m}$



Položaj 6: Dia X-Y-Z-

Merilni stroj		Začetna točka		Smer		Os	T [°C]	α [10^{-6}K^{-1}]
Tip	Tigo SF	X	212.3	I	-0.49	X	22.8	10.5
Velikost	500x600x500 [mm]	Y	240.9	J	-0.51	Y	23.3	10.5
Ser. št.	TAGE000948IA	Z	-260.8	K	-0.71	Z	24.0	10.5
						Etalon	22.9	11.5

Vsi pogoški so v [μm]

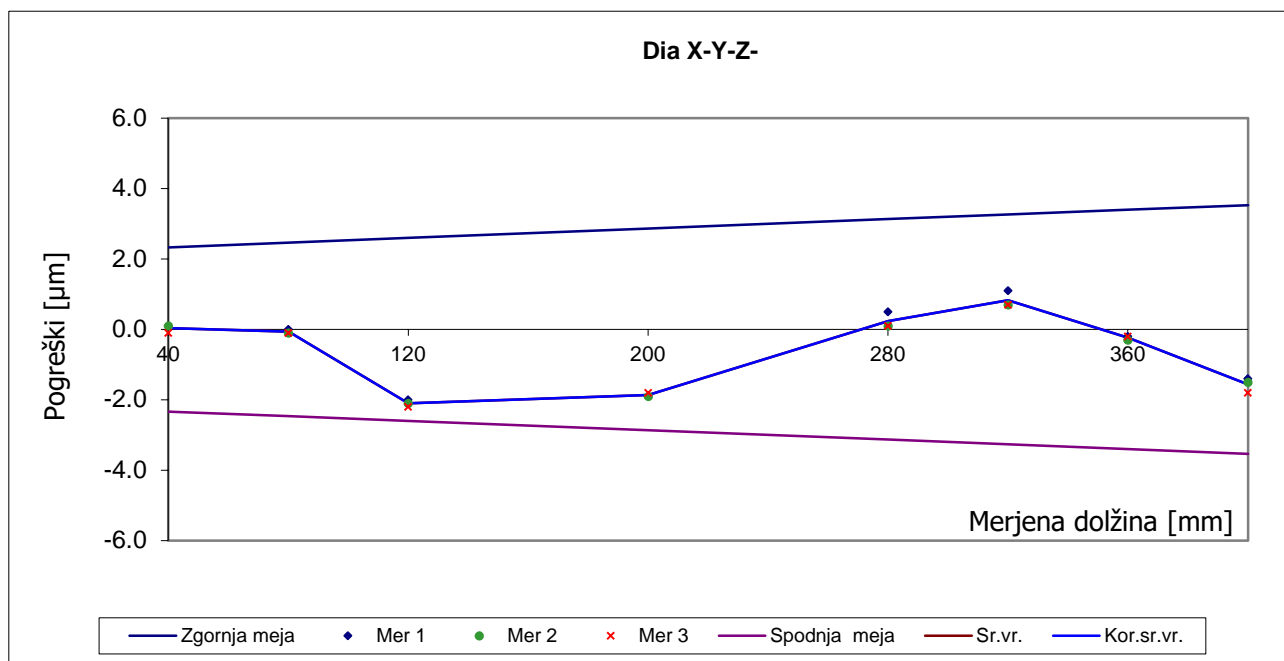
Datum: 27.01.23

Čas: 12:39:38

Dolžina mm	Pogreški				Pogreški pri 20°C		Zgornja meja	Spodnja meja	Pono- vljivost
	Mer 1	Mer 2	Mer 3	Sr.vr.	Korekcija	Kor.sr.vr.			
40	0.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0	2.3	-2.3	0.2
80	0.0	-0.1	-0.1	-0.1	0.0	-0.1	2.5	-2.5	0.1
120	-2.0	-2.1	-2.2	-2.1	0.0	-2.1	2.6	-2.6	0.2
200	-1.9	-1.9	-1.8	-1.9	0.0	-1.9	2.9	-2.9	0.1
280	0.5	0.1	0.1	0.2	0.0	0.2	3.1	-3.1	0.4
320	1.1	0.7	0.7	0.8	0.0	0.8	3.3	-3.3	0.4
360	-0.2	-0.3	-0.2	-0.2	0.0	-0.2	3.4	-3.4	0.1
400	-1.4	-1.5	-1.8	-1.6	0.0	-1.6	3.5	-3.5	0.4

Največji pozitivni pogošek 1.1 μm
 Največji negativni pogošek 2.2 μm

Največja ponovljivost 0.4 μm
 Naklon 0.45 $\mu\text{m/m}$



Položaj 7: Dia X+Y-Z-

Merilni stroj		Začetna točka		Smer		Os	T [°C]	α [10^{-6}K^{-1}]
Tip	Tigo SF	X	175.2	I	0.51	X	22.8	10.5
Velikost	500x600x500 [mm]	Y	251.6	J	-0.49	Y	23.3	10.5
Ser. št.	TAGE000948IA	Z	-260.9	K	-0.71	Z	24.0	10.5
						Etalon	22.9	11.5

Vsi pogoški so v [μm]

Datum: 27.01.23

Čas: 12:44:08

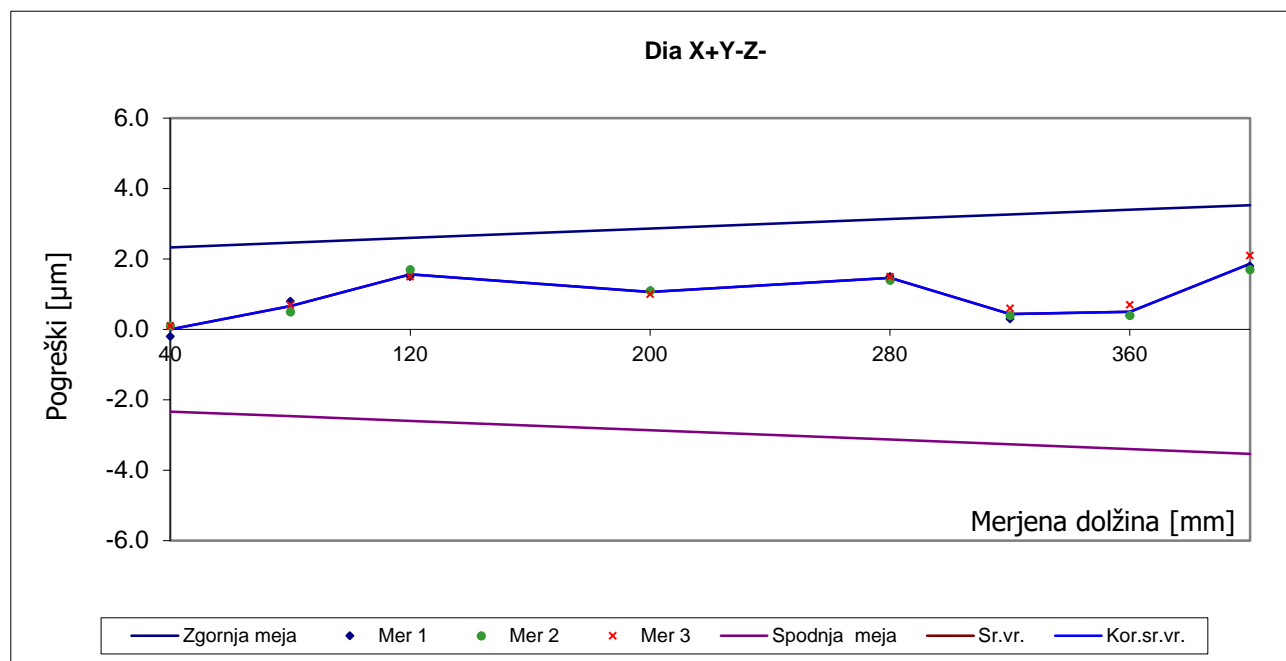
Dolžina mm	Pogreški				Pogreški pri 20°C		Zgornja meja	Spodnja meja	Pono- vljivost
	Mer 1	Mer 2	Mer 3	Sr.vr.	Korekcija	Kor.sr.vr.			
40	-0.2	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	2.3	-2.3	0.3
80	0.8	0.5	0.7	0.7	0.0	0.7	2.5	-2.5	0.3
120	1.5	1.7	1.5	1.6	0.0	1.6	2.6	-2.6	0.2
200	1.1	1.1	1.0	1.1	0.0	1.1	2.9	-2.9	0.1
280	1.5	1.4	1.5	1.5	0.0	1.5	3.1	-3.1	0.1
320	0.3	0.4	0.6	0.4	0.0	0.4	3.3	-3.3	0.3
360	0.4	0.4	0.7	0.5	0.0	0.5	3.4	-3.4	0.3
400	1.8	1.7	2.1	1.9	0.0	1.9	3.5	-3.5	0.4

Največji pozitivni pogošek
Največji negativni pogošek

2.1 μm
0.2 μm

Največja ponovljivost
Naklon

0.4 μm
1.79 $\mu\text{m/m}$

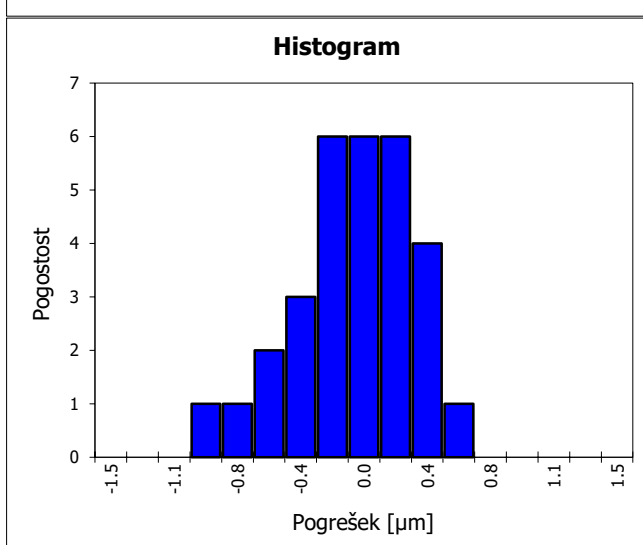
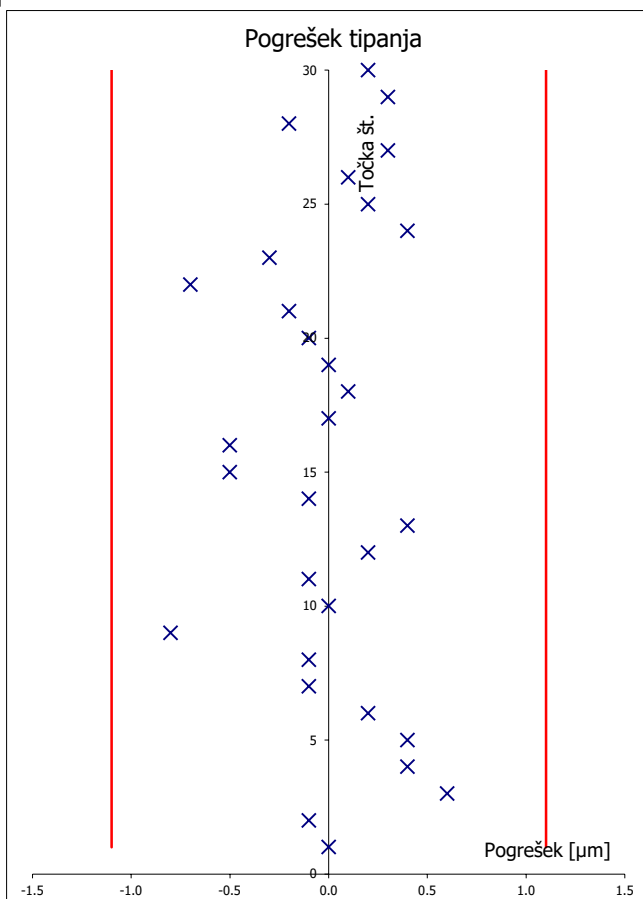


Pogreški tipanja po ISO10360-5

KMS:	Kalibrirna krogla:	Položaj krogle:	Tipalni sistem:
Tip: Tigo SF	Identifikacija: 001	X 97.6	Glava: /
Obseg: 500x600x500 [mm]	Premer: 29.99649	Y 136.0	Tipalna sonda: HP-S-X1C
Ser. št.: TAGE000948IA	Material: Keramika	Z -457.2	Dolžina tipala, L: 50
	Orientacija: X->Y: 0		Tipalna kroglica, d: 5
	Z->X: 0		Orientacija: A0B0

Datum: 27.01.2023 Čas: 01:09:52 Pogreški v [µm]

Točka št.	X	Y	Z	Pogrešek
1	14.9984	0.0016	-0.0022	0.0
2	11.4879	9.6422	0.0010	-0.1
3	2.6038	14.7710	0.0031	0.6
4	-7.4984	12.9896	0.0041	0.4
5	-14.0940	5.1303	0.0031	0.4
6	-14.0942	-5.1299	-0.0001	0.2
7	-7.4935	-12.9925	-0.0061	-0.1
8	2.6052	-14.7707	-0.0051	-0.1
9	11.4880	-9.6417	-0.0075	-0.8
10	13.8599	0.0027	5.7318	0.0
11	10.6184	-8.9101	5.7283	-0.1
12	2.4084	-13.6515	5.7272	0.2
13	-6.9282	-12.0058	5.7296	0.4
14	-13.0231	-4.7421	5.7325	-0.1
15	-13.0202	4.7432	5.7364	-0.5
16	-6.9282	12.0002	5.7377	-0.5
17	2.4035	13.6473	5.7370	0.0
18	10.6144	8.9106	5.7344	0.1
19	10.6124	0.0059	10.5982	0.0
20	6.6142	8.2989	10.5981	-0.1
21	-2.3605	10.3453	10.5989	-0.2
22	-9.5573	4.6066	10.5999	-0.7
23	-9.5615	-4.6027	10.5987	-0.3
24	-2.3607	-10.3490	10.5967	0.4
25	6.6209	-8.2963	10.5967	0.2
26	5.7433	0.0055	13.8550	0.1
27	0.0005	-5.7434	13.8553	0.3
28	-5.7459	0.0054	13.8536	-0.2
29	-0.0011	5.7503	13.8522	0.3
30	0.0000	0.0104	14.9983	0.2



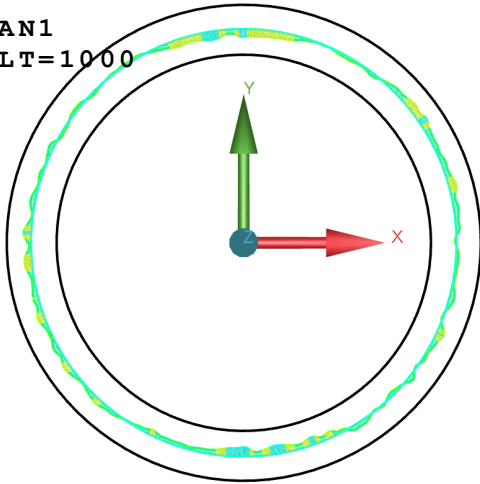
Pogreški v tabeli so podani kot razlika med polarnim radijem opazovane točke in srednjim radijem izračunanim iz vseh točk. Pogrešek tipanja je izračunan kot razpon pogreškov oz. radijev $P_{FTE} = R_{max} - R_{min}$.

Maksimalni pozitivni pogrešek:	0.6	µm
Maksimalni negativni pogrešek:	-0.8	µm
Specifikacija, $MPE - P_{FTE}$:	2.2	µm
Volumetr. pogrešek tipanja P_{FTE} :	1.4	µm

Rezultat prevzema: **Specifikacija izpolnjena**

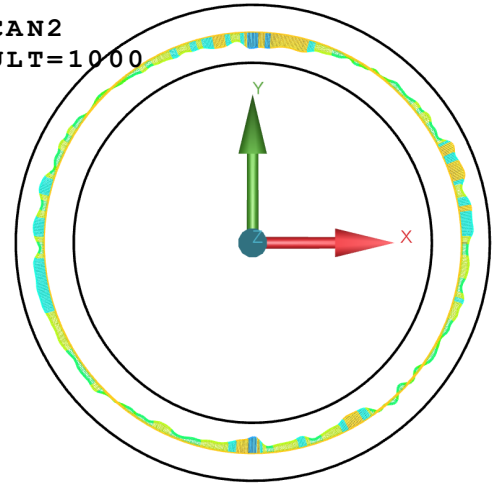
Scan Plane 1 at Z = 0

SCAN1
MULT=1000



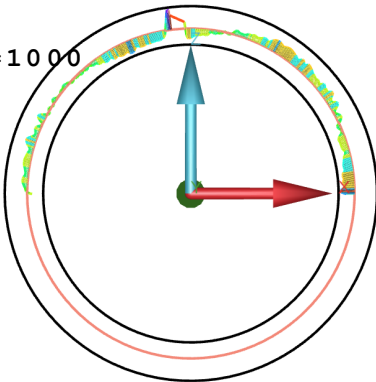
Scan Plane 2 at Z = 8mm

SCAN2
MULT=1000



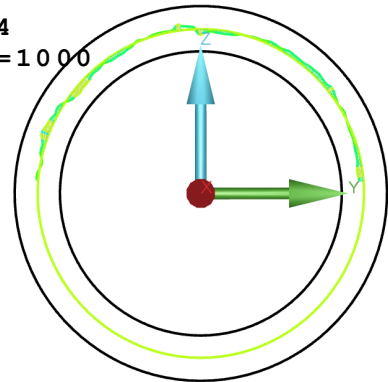
Scan Plane 3 at Y = 0

SCAN3
MULT=1000

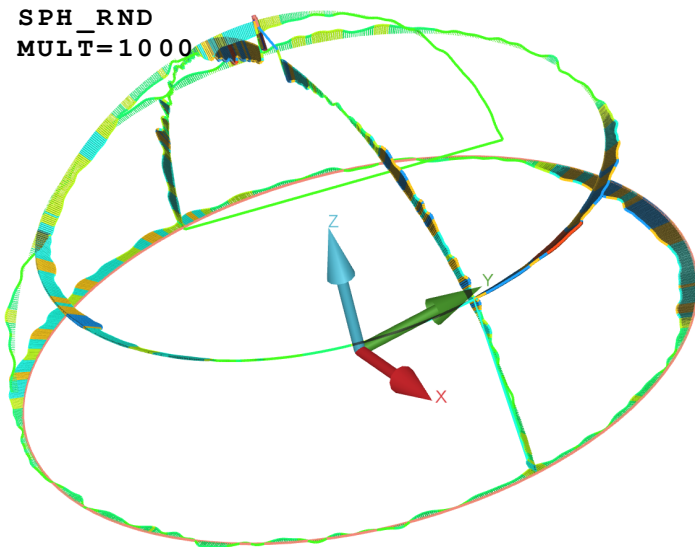


Scan Plane 4 at X = 8mm

SCAN4
MULT=1000



SPH_RND
MULT=1000



THP Test Results

	Actual	TOL
6.1.a Rmax-Rmin	2.93 microns	3.5
6.1.b Time	31 seconds	45
6.1.c Max Radial Dev.	2.33 microns	3.5

Sphere	Nominal	Actual
Radius	14.99824	0.0007
X-Coor.	188.7414	0.0000
Y-Coor.	328.7643	0.0000
Z-Coor.	-452.5892	-0.0001

Scan Data		ACTIVE TIP	
mm/sec	8	TIP1 <0, 0, 1>	
mm/sec^2	20	Filter	Polar Gaussian 50 upr
offset (N)	0.03	CMM	Tigo SF
offset (mm)	0.03	SN #	TAGE0009481A
pts/mm	10	CUST.	MPT d.o.o.
# pts.	3004	OPER.	Nejc Kuhelnik



HEXAGON

Tel: +386 2 870 7660
support.slovenia.mi@hexagon.com
Shop.HexagonMI.com

ISO 10360-2 Acceptance Test

P A S S E D

Specified accuracy

MPE-E
2.2+1L/300 [μm]

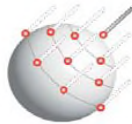
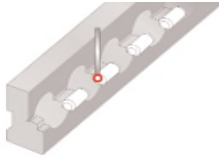
MPE-P_{FTE}
2.2 [μm]

Machine: Tigo SF

Serial No.: TAGE000948IA

Verified on: 27.01.2023

Verified by: Nejc Kuhelnik



Recommended
recalibration
interval:

2 years