

**KALIBRACIJSKI CERTIFIKAT • Calibration Certificate • Kalibrierschein**  
**KALIBRACIJSKA OZNAKA • Calibration mark • Kalibrierzeichen: 202100252**

**NAROČNIK**  
Customer  
*Auftraggeber*

MPT SISTEMI d.o.o.  
Dobja vas 185  
2390 Ravne na Koroškem  
Slovenija

**LASTNIK**  
Owner  
*Besitzer*

MPT SISTEMI d.o.o.  
Dobja vas 185  
2390 Ravne na Koroškem  
Slovenija

**MERILO**  
Object  
*Gegenstand*

3D Koordinatni merilni stroj  
3D Coordinate measuring machine  
3D Koordinatenmeßgerät

**IDENTIFIKACIJA**  
Identification  
*Identifikation*

76373

**PROIZVAJALEC**  
Manufacturer  
*Hersteller*

ZEISS

**KRAJ IN DATUM KALIBRACIJE**  
Place and date of calibration  
*Ort und Datum der Kalibrierung*

Ravne na Koroškem, dne 23.10.2021

**ŠTEVILO STRANI**  
Number of pages  
*Anzahl der Seiten*

10

**OPOMBE**  
Notes  
*Notizen*

Ta certifikat v celoti nadomešča certifikat številka 202100227. Test pogrška oblike z enim tipalnom ni bil opravljen, ker naročnik ta test ne potrebuje.

<b>IZVAJALEC</b> Performed by <i>Durchgeführt von</i>	Matjaž Dobnik	<b>ODOBRIL</b> Approved by <i>Genehmigt</i>	Matjaž Dobnik	<b>DATUM</b> Date <i>Datum</i>	20.12.2021
---	---------------	---	---------------	--------------------------------------	------------

**Ta kalibracijski certifikat dokumentira sledljivost do (inter)nacionalnih etalonov v skladu z mednarodnim sistemom merskih enot (SI).** • This calibration certificate documents the traceability to (inter)national standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI). • *Dieser Kalibrierschein dokumentiert die Rückführung auf (inter)nationale Normale zur Darstellung der Einheiten in Übereinstimmung mit dem Internationalen Einheitensystem (SI).*

**Dovoljeno je razmnoževanje celotnega certifikata. Razmnoževanje posameznih delov certifikata pa samo s pisno odobritvijo laboratorija.** • Reproduction of the complete certificate is allowed. Parts of the certificate may only be reproduced with written approval of calibration laboratory. • *Wir erlauben Vervielfältigung dieses Zertifikats als Ganzes: Vervielfältigung von einzelnen Teilen nur mit schriftlicher Genehmigung des Ausgebers.*

**Kalibracijski objekt:**

<b>Merilo:</b> 3D-KMS	<b>Merilni obseg:</b> 850x1200x600 mm
<b>Tip:</b> WMM 850	<b>Ločljivost:</b> 0.1 $\mu\text{m}$
<b>Proizvajalec:</b> ZEISS	<b>Merilni program:</b> RationalDMIS
<b>Identifikacija:</b> 76373	<b>Tipalni sistem:</b> VAST, XT
<b>Datum kalibracije:</b> 23.10.2021	<b>Toleranca proizvajalca, MPE<sub>E</sub>:</b> 1.5+2·L/1000 [ $\mu\text{m}$ ], L [mm]

**Sledljivost meritev na narodno ali mednarodno raven je zagotovljena z uporabo naslednjih etalonov:**

Merilo	Identifikacija	Št. certifikata	Kal. laboratorij	Datum kalibracije
Merilnik temperature GTH 175/PT	ST1203133	A2113886	SIJ RAVNE SYSTEMS d.o.o. Laboratoriji	16.9.2021
Stopničasto merilo - Check Master 610 1420034	1420034	12745-LTM-21	Laboratorij za tehnološke meritve Maribor	31.5.2021
Referenčna krogla $\varnothing$ 25 mm SN:173850	173850	201270	TN UNITED KINGDOM, LTD	14.6.2021

**Kalibracijski postopek:**

Kalibracija koordinatnega merilnega stroja je narejena v skladu z internim postopkom KL-MPT-4, ki temelji na standardu SIST EN ISO 10360-2:2011 ter obsega določitev:

**Pogrešek merjenja dolžine,  $E$ :**

Za določitev pogreškov merjenja dolžine  $E$  smo uporabili kalibrirano stopničasto merilo. Pogrešek  $E$  smo določili na osnovi merjenja razdalje točka-točka z bidirekcijskim tipanjem dveh paralelnih merilnih ploskev stopničastega merila.

**Pogrešek brez zamika,  $E_0$ :**

S tipalom brez znatnega zamika smo izmerili najmanj 5 dolžin stopničastega merila v 7 različnih položajih merilnega volumna stroja. Meritev vsake dolžine smo ponovili 3 krat.

**Pogrešek z zamikom,  $E_L$ :**

Po trikrat smo izmerili najmanj 5 dolžin stopničastega merila v vertikalni ravninski diagonali stroja s na pinolo pravokotnim zamikom tipala L iz dveh nasprotnih smeri.

**Ponovljivost merjenja,  $R_0$ :**

Ponovljivost merjenja smo določili za vsak položaj stopničastega merila posebej, tako da smo določili razpon treh meritev vsake izmerjene dolžine brez zamika tipala. Razpon vseh meritev za vseh 7 položajev je prikazan na skupnem diagramu.

**Pogrešek oblike z enim tipalom,  $P_{FTU}$ :**

Pogrešek oblike z enim tipalom smo določili po zahtevah standarda SIST EN ISO 10360-5:2020.

S tipalom v smeri pinole dolžine med 20 in 100 mm smo izmerili 25 točk na gornji polovici referenčne krogle premera 25-30 mm po priporočenem vzorcu in določili razpon radijev kot  $R_{max}-R_{min}$  vseh 25 točk. Absolutna vrednost te razlike je pogrešek oblike,  $P_{FTU}$ .

**Temperaturni pogoji:**

Kalibracijo smo izvedli brez temperaturne kompenzacije. Pogreški merjenja dolžine so najmanjši pri tej temperaturi, pri višjih ali nižjih temperaturah pa so lahko pogreški merjenja dolžine večji. Uporabljene etalone smo temperirali na stroju najmanj 6 ur pred začetkom meritev.

**Merilna negotovost:**

Merilna negotovost je podana kot standardna negotovost meritve pomnožena s faktorjem  $k = 2$ , ki pri normalni porazdelitvi ustreza verjetnosti 95%. Standardna merilna negotovost je določena v skladu s publikacijo EA-4/02.

Za odstopanje tipanja  $P$ : 0,13 [ $\mu\text{m}$ ]

Odstopanje v skenirnem načinu  $T$ : 0,17 [ $\mu\text{m}$ ]

Za odstopanje merjenja dolžine  $L$  brez premikanja etalona do dolžine 1500 mm:  $0.4+0.6 \cdot L/1000$  [ $\mu\text{m}$ ],  $L$  v mm

Za pogrešek pravokotnosti: 1,2 "

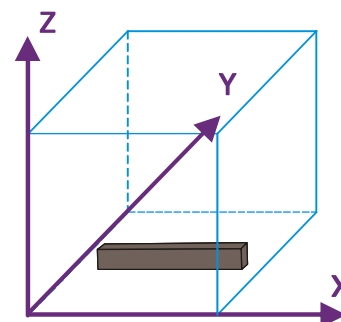
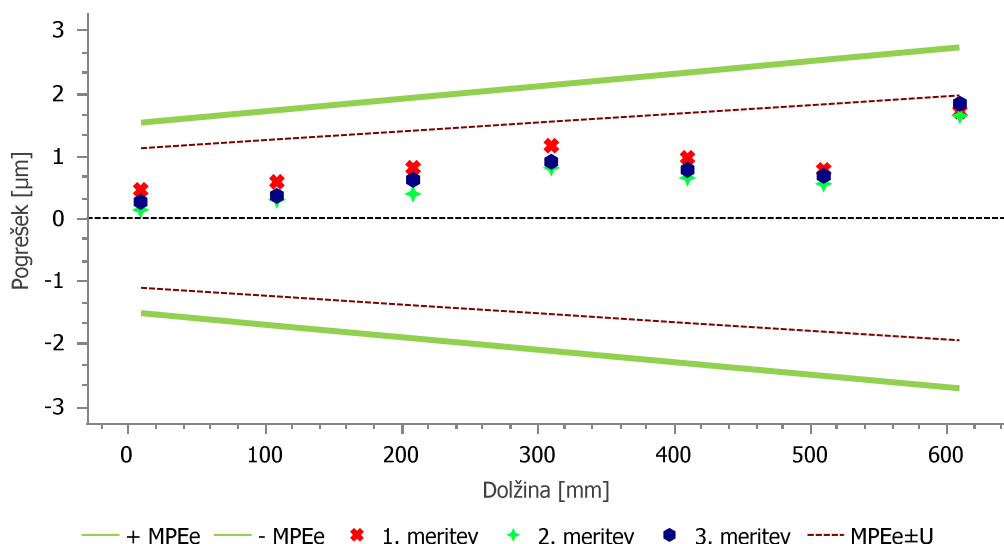
Merilni rezultati podani na naslednjih straneh certifikata in navedena merilna negotovost se nanaša na izmerjene vrednosti v času izvajanja meritev in ne zagotavljajo dolgotrajne stabilnosti.

**Pogreški pravokotnosti osi:**

Ravnina	XY	YZ	ZX
pred korekcijo	13.2 $\mu\text{m}/\text{m}$	12.1 $\mu\text{m}/\text{m}$	-9.1 $\mu\text{m}/\text{m}$
po korekciji	1.3 $\mu\text{m}/\text{m}$	0.8 $\mu\text{m}/\text{m}$	0.5 $\mu\text{m}/\text{m}$

## Merilni rezultati

Položaj: X+



Smer	
I	1.000
J	-0.003
K	0.000

Začetna točka	
X	49.262 mm
Y	-1021.096 mm
Z	-366.575 mm

Tipalni sistem	
Zamik X	0.000 mm
Y	0.000 mm
Z	-200.500 mm
Kroglica	5.002 mm
Orientacija	TOOL_1

Temperature		
	T <sub>PRED</sub> [°C]	T <sub>PO</sub> [°C]
E	18.7	18.7
X	19.1	19.1
Y	18.7	18.7
Z	19.1	19.1

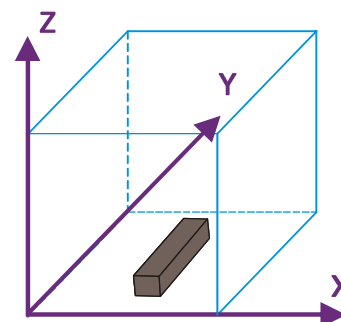
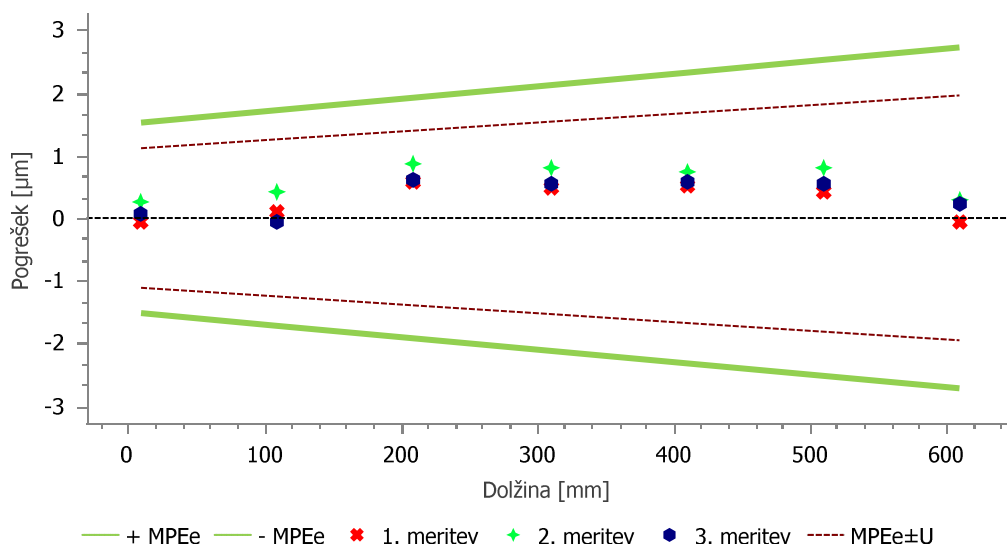
Izračuni	
E <sub>0MAX+</sub>	1.8 µm
E <sub>0MAX-</sub>	0.6 µm
R <sub>0MAX</sub>	0.4 µm
k	1.8 µm/m

Dolžina [mm]	Pogreški [µm]					Ponov.
	1. meritev	2. meritev	3. meritev	+ MPEe	- MPEe	
10	0.5	0.1	0.3	1.5	-1.5	0.3
110	0.6	0.3	0.4	1.7	-1.7	0.3
210	0.8	0.4	0.6	1.9	-1.9	0.4
310	1.1	0.8	0.9	2.1	-2.1	0.3
410	1.0	0.7	0.8	2.3	-2.3	0.3
510	0.8	0.6	0.7	2.5	-2.5	0.2
610	1.7	1.6	1.8	2.7	-2.7	0.2

E<sub>0MAX+</sub> največji pozitivni pogrešek; E<sub>0MAX-</sub> največji negativni pogrešek; R<sub>0MAX</sub> ponovljivost meritve; k koeficient naraščanja pogreška; U merilna negotovost meritve

## Merilni rezultati

Položaj: Y+



Smer	
I	-0.002
J	1.000
K	0.000

Začetna točka	
X	389.937 mm
Y	-916.192 mm
Z	-366.579 mm

Dolžina [mm]	Pogreški [µm]					Ponov.
	1. meritev	2. meritev	3. meritev	+ MPEe	- MPEe	
10	-0.1	0.3	0.1	1.5	-1.5	0.3
110	0.1	0.4	-0.1	1.7	-1.7	0.5
210	0.6	0.9	0.6	1.9	-1.9	0.3
310	0.5	0.8	0.6	2.1	-2.1	0.3
410	0.5	0.7	0.6	2.3	-2.3	0.2
510	0.4	0.8	0.5	2.5	-2.5	0.4
610	-0.1	0.3	0.2	2.7	-2.7	0.3

Tipalni sistem	
Zamik X	0.000 mm
Y	0.000 mm
Z	-200.500 mm
Kroglica	5.002 mm
Orientacija	TOOL_1

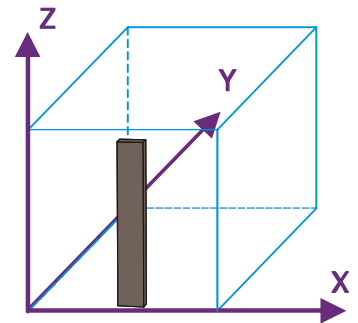
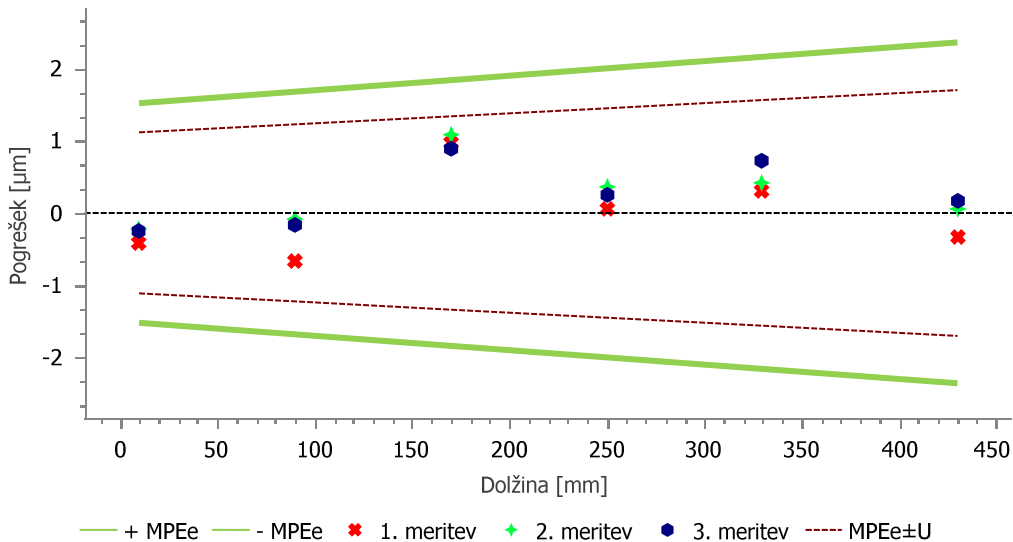
Temperature		
	T <sub>PRED</sub> [°C]	T <sub>PO</sub> [°C]
E	18.7	18.7
X	19.1	19.1
Y	18.7	18.7
Z	19.1	19.1

Izračuni	
E <sub>0MAX+</sub>	0.9 µm
E <sub>0MAX-</sub>	0.1 µm
R <sub>0MAX</sub>	0.5 µm
k	0.4 µm/m

E<sub>0MAX+</sub> največji pozitivni pogrešek; E<sub>0MAX-</sub> največji negativni pogrešek; R<sub>0MAX</sub> ponovljivost meritve; k koeficient naraščanja pogreška; U merilna negotovost meritve

## Merilni rezultati

Položaj: Z+



Smer	
I	0.000
J	0.005
K	1.000

Začetna točka	
X	380.856 mm
Y	115.939 mm
Z	124.025 mm

Tipalni sistem	
Zamik X	0.000 mm
Y	-126.000 mm
Z	-79.000 mm
Kroglica	5.002 mm
Orientacija	TOOL_1

Temperature		
	T <sub>PRED</sub> [°C]	T <sub>PO</sub> [°C]
E	18.8	18.8
X	19.2	19.2
Y	18.8	18.8
Z	19.2	19.2

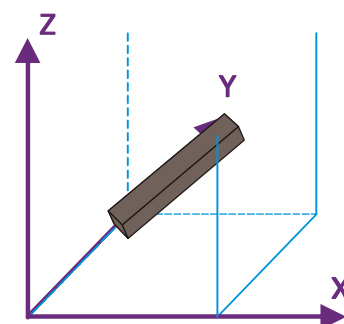
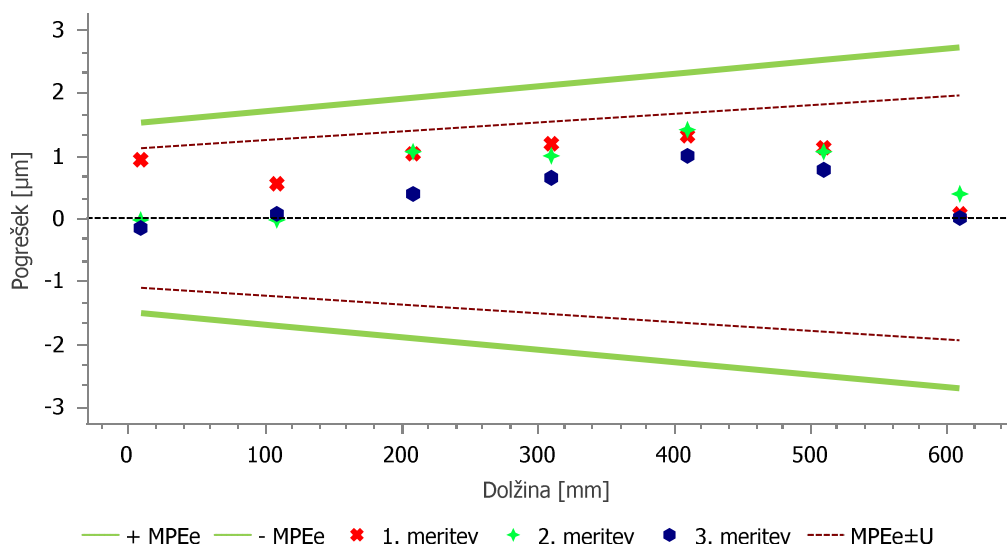
Izračuni	
E <sub>0MAX+</sub>	1.1 µm
E <sub>0MAX-</sub>	0.7 µm
R <sub>0MAX</sub>	0.6 µm
k	0.9 µm/m

Dolžina [mm]	Pogreški [µm]					Ponov.
	1. meritev	2. meritev	3. meritev	+ MPEe	- MPEe	
10	-0.4	-0.2	-0.2	1.5	-1.5	0.2
90	-0.7	-0.1	-0.2	1.7	-1.7	0.6
170	1.0	1.1	0.9	1.8	-1.8	0.2
250	0.1	0.4	0.3	2.0	-2.0	0.3
330	0.3	0.4	0.7	2.2	-2.2	0.4
430	-0.3	0.1	0.2	2.4	-2.4	0.5

E<sub>0MAX+</sub> največji pozitivni pogrešek; E<sub>0MAX-</sub> največji negativni pogrešek; R<sub>0MAX</sub> ponovljivost meritve; k koeficient naraščanja pogreška; U merilna negotovost meritve

## Merilni rezultati

**Položaj:** X+Y+Z+



Smer	
I	0.486
J	0.508
K	0.711

Začetna točka	
X	151.254 mm
Y	51.695 mm
Z	105.247 mm

Tipalni sistem	
Zamik X	0.000 mm
Y	0.000 mm
Z	-200.500 mm
Kroglica	5.000 mm
Orientacija	TOOL_1

Temperature		
	T <sub>PRED</sub> [°C]	T <sub>PO</sub> [°C]
E	18.9	18.9
X	19.2	19.2
Y	18.9	18.9
Z	19.2	19.2

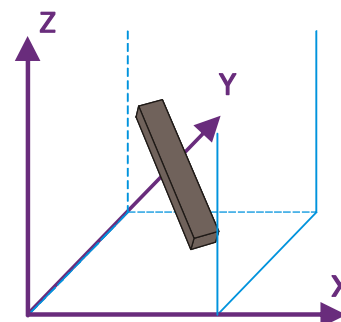
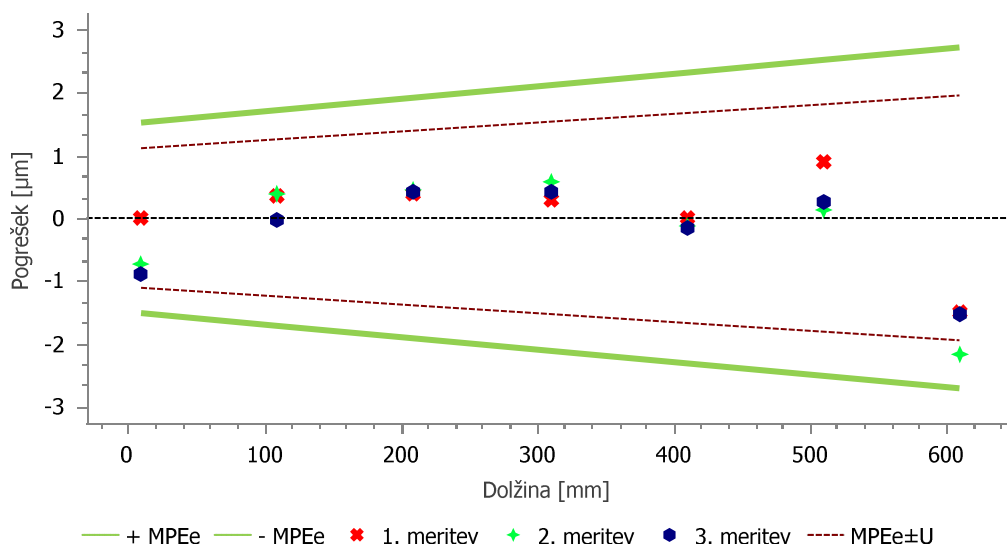
Izračuni	
E <sub>OMAX+</sub>	1.4 µm
E <sub>OMAX-</sub>	0.2 µm
R <sub>OMAX</sub>	1.1 µm
k	0.6 µm/m

Dolžina [mm]	Pogreški [µm]					Ponov.
	1. meritev	2. meritev	3. meritev	+ MPEe	- MPEe	
10	0.9	0.0	-0.2	1.5	-1.5	1.1
110	0.5	0.0	0.1	1.7	-1.7	0.6
210	1.0	1.0	0.4	1.9	-1.9	0.7
310	1.2	1.0	0.6	2.1	-2.1	0.5
410	1.3	1.4	1.0	2.3	-2.3	0.4
510	1.1	1.0	0.8	2.5	-2.5	0.4
610	0.1	0.4	0.0	2.7	-2.7	0.4

E<sub>OMAX+</sub> največji pozitivni pogrešek; E<sub>OMAX-</sub> največji negativni pogrešek; R<sub>OMAX</sub> ponovljivost meritve; k koeficient naraščanja pogreška; U merilna negotovost meritve

## Merilni rezultati

Položaj: X-Y+Z+



Smer	
I	-0.475
J	0.518
K	0.711

Začetna točka	
X	606.930 mm
Y	80.993 mm
Z	105.269 mm

Tipalni sistem	
Zamik X	0.000 mm
Y	0.000 mm
Z	-200.500 mm
Kroglica	5.000 mm
Orientacija	TOOL_1

Temperature		
	T <sub>PRED</sub> [°C]	T <sub>PO</sub> [°C]
E	18.7	18.7
X	19.3	19.3
Y	18.7	18.7
Z	19.3	19.3

Izračuni	
E <sub>0MAX+</sub>	0.9 µm
E <sub>0MAX-</sub>	2.2 µm
R <sub>0MAX</sub>	0.9 µm
k	-1.3 µm/m

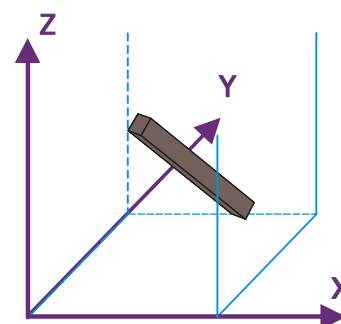
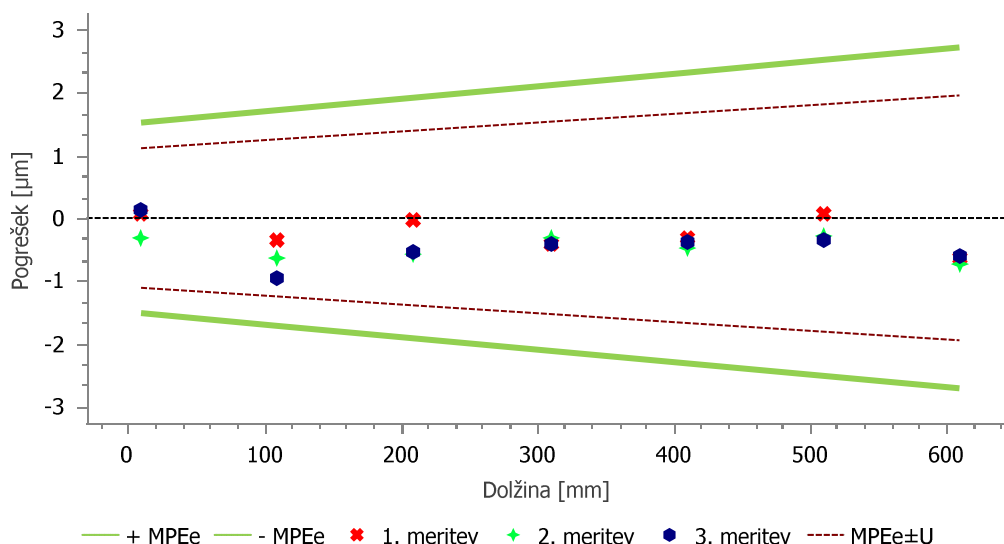
Dolžina [mm]	Pogreški [µm]					Ponov.
	1. meritev	2. meritev	3. meritev	+ MPEe	- MPEe	
10	0.0	-0.7	-0.9	1.5	-1.5	0.9
110	0.4	0.4	0.0	1.7	-1.7	0.4
210	0.4	0.4	0.4	1.9	-1.9	0.1
310	0.3	0.6	0.4	2.1	-2.1	0.3
410	0.0	-0.1	-0.2	2.3	-2.3	0.2
510	0.9	0.1	0.2	2.5	-2.5	0.8
610	-1.5	-2.2	-1.5	2.7	-2.7	0.7

E<sub>0MAX+</sub> največji pozitivni pogrešek; E<sub>0MAX-</sub> največji negativni pogrešek; R<sub>0MAX</sub> ponovljivost meritve; k koeficient naraščanja pogreška; U merilna negotovost meritve



## Merilni rezultati

Položaj: X-Y-Z+



Smer	
I	-0.480
J	-0.514
K	0.711

Začetna točka	
X	570.619 mm
Y	488.047 mm
Z	105.326 mm

Tipalni sistem	
Zamik X	0.000 mm
Y	0.000 mm
Z	-200.500 mm
Kroglica	5.000 mm
Orientacija	TOOL_1

Temperature		
	T <sub>PRED</sub> [°C]	T <sub>PO</sub> [°C]
E	18.9	18.9
X	19.3	19.3
Y	18.9	18.9
Z	19.3	19.3

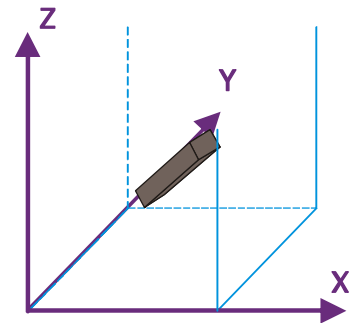
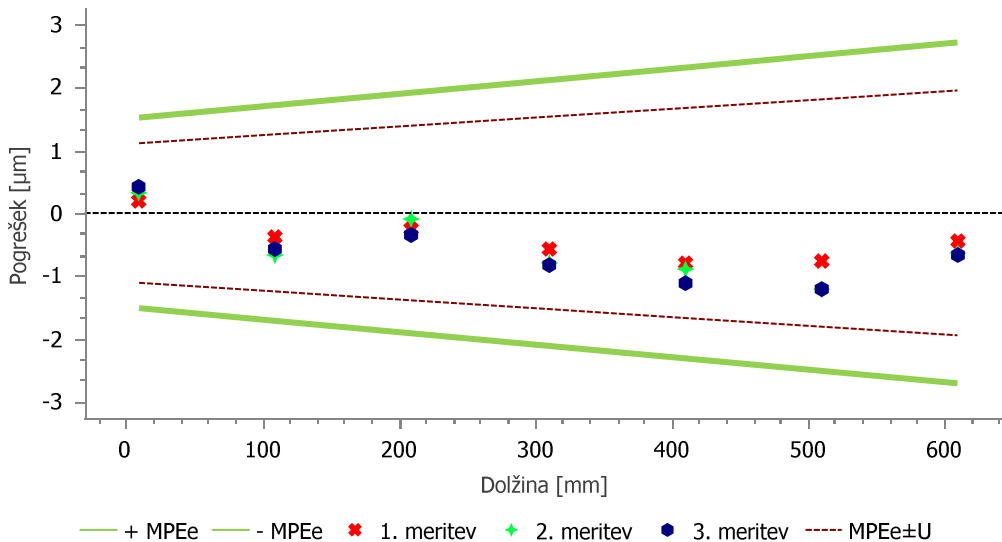
Izračuni	
E <sub>0MAX+</sub>	0.1 µm
E <sub>0MAX-</sub>	1.0 µm
R <sub>0MAX</sub>	0.6 µm
k	-0.3 µm/m

Dolžina [mm]	Pogreški [µm]					Ponov.
	1. meritev	2. meritev	3. meritev	+ MPEe	- MPEe	
10	0.1	-0.3	0.1	1.5	-1.5	0.4
110	-0.4	-0.6	-1.0	1.7	-1.7	0.6
210	0.0	-0.6	-0.5	1.9	-1.9	0.5
310	-0.4	-0.3	-0.4	2.1	-2.1	0.1
410	-0.3	-0.5	-0.4	2.3	-2.3	0.2
510	0.1	-0.3	-0.4	2.5	-2.5	0.4
610	-0.6	-0.7	-0.6	2.7	-2.7	0.1

E<sub>0MAX+</sub> največji pozitivni pogrešek; E<sub>0MAX-</sub> največji negativni pogrešek; R<sub>0MAX</sub> ponovljivost meritve; k koeficient naraščanja pogreška; U merilna negotovost meritve

## Merilni rezultati

Položaj: X+Y-Z+



Smer	
I	0.510
J	-0.484
K	0.711

Začetna točka	
X	162.797 mm
Y	501.478 mm
Z	105.299 mm

Tipalni sistem	
Zamik X	0.000 mm
Y	0.000 mm
Z	-200.500 mm
Kroglica	5.000 mm
Orientacija	TOOL_1

Temperature		
	T <sub>PRED</sub> [°C]	T <sub>PO</sub> [°C]
E	18.9	18.9
X	19.2	19.2
Y	18.9	18.9
Z	19.3	19.3

Izračuni	
E <sub>0MAX+</sub>	0.4 µm
E <sub>0MAX-</sub>	1.2 µm
R <sub>0MAX</sub>	0.4 µm
k	-1.6 µm/m

Dolžina [mm]	Pogreški [µm]					
	1. meritev	2. meritev	3. meritev	+ MPEe	- MPEe	Ponov.
10	0.2	0.3	0.4	1.5	-1.5	0.2
110	-0.4	-0.7	-0.6	1.7	-1.7	0.3
210	-0.3	-0.1	-0.4	1.9	-1.9	0.3
310	-0.6	-0.8	-0.8	2.1	-2.1	0.3
410	-0.8	-0.9	-1.1	2.3	-2.3	0.3
510	-0.8	-1.2	-1.2	2.5	-2.5	0.4
610	-0.4	-0.6	-0.7	2.7	-2.7	0.2

E<sub>0MAX+</sub> največji pozitivni pogrešek; E<sub>0MAX-</sub> največji negativni pogrešek; R<sub>0MAX</sub> ponovljivost meritve; k koeficient naraščanja pogreška; U merilna negotovost meritve