

# TÜBİTAK

## Ulusal Metroloji Enstitüsü



Endüstride Koordinat Ölçümlerindeki Belirsizlik Hesaplamaları için Standartlar

İlker MERAL



# Giriş

Yıllar içinde gelişen sanayi ile birlikte, bir parçanın üretiminin hızlı yolları geliştirilmiştir. Fakat, üretilen bu parçaların boyut ve formlarının doğru üretildiğinden emin olmak için kontrolleri üretimden daha uzun sürede yapılmaktaydı. Bu zaman kaybı, yıllar içinde 3 Boyutlu Ölçüm Cihazlarına olan ihtiyacı ortaya çıkarmıştır.

3 Boyutlu Ölçüm Cihazları, ölçümleri otomatize edilebilen ve üç boyutta hassas ölçümler yapan cihazlardır. CMM cihazları, üç boyutta hassas ölçüm yapabilen tek boyutlu cihazlar ile ölçümü yapılamayan, aynı anda farklı eksenlerde ölçüm gerektiren karmaşık parçaların ölçümlerinde kullanılan cihazlardır.



# CMM Ölçüm Sistemi

## 3D Ölçümler (Koordinat Metrolojisi)

UME Boyutsal Lab. CMM Ölçüm Aralığı:

X = 900 mm, Y = 1200 mm, Z = 650 mm

VAST Gold Kafa

Boy Ölçüm Hatası

$E_0 = (0,7 + L/400) \mu\text{m}$ , L=mm

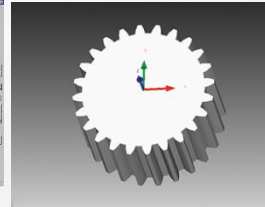
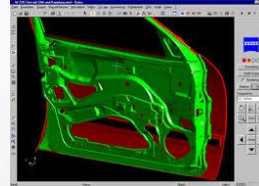
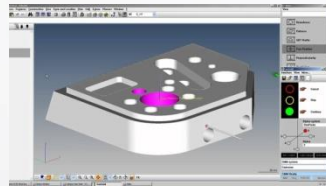


Referans Küre



Step Gauge

Clypso Software ve örnek uygulamalar

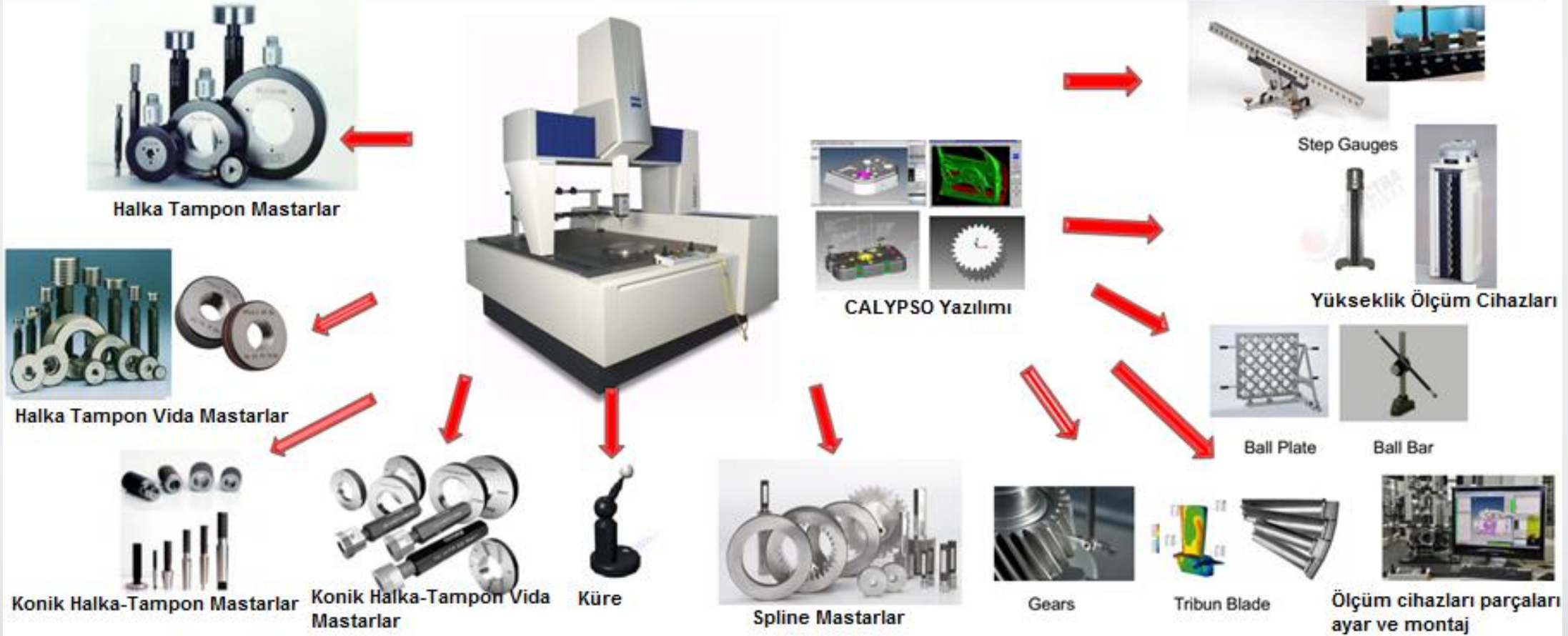


3D Ölçüm Cihazı (Coordinate Measuring Machine)



# CMM Ölçüm Sistemi

## ÖLÇÜM SİSTEMİ



# CMM Ölçüm Sistemi

## UME CMM Laboratuvarı

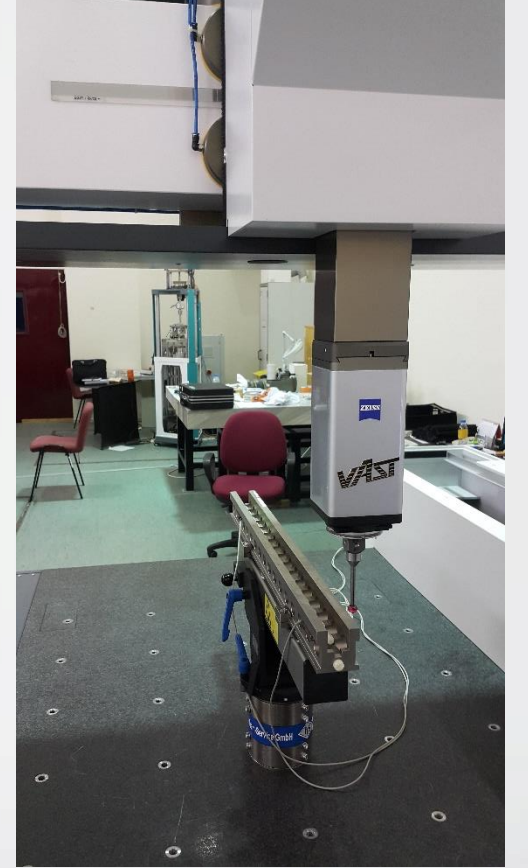
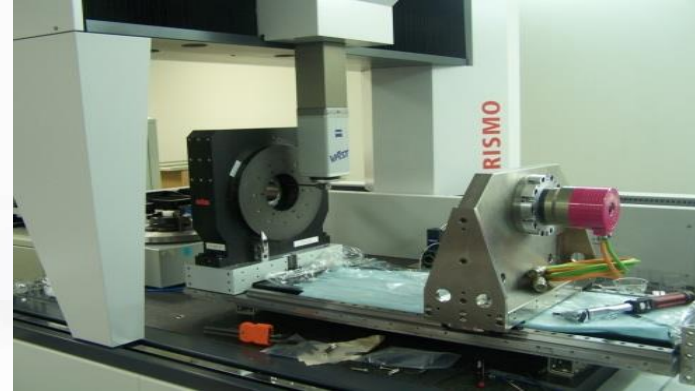
Form ve boyut ölçümlerinin birleştirilmesi ile oluşan endüstriyel üretim talepleri nedeniyle koordinat metrolojisi daha önemli hale gelmiştir. Bu konudaki UME CMM Laboratuvarı aktiviteleri; silindir standartların, konik masterların, vida, konik vida, dişli çark masterlarının, kanat parçaları (blade) ve özel masterların kalibrasyonları, iş parçalarının ölçümleri ve konu ile ilgili araştırmalardan oluşmaktadır.



# CMM Ölçüm Sistemi

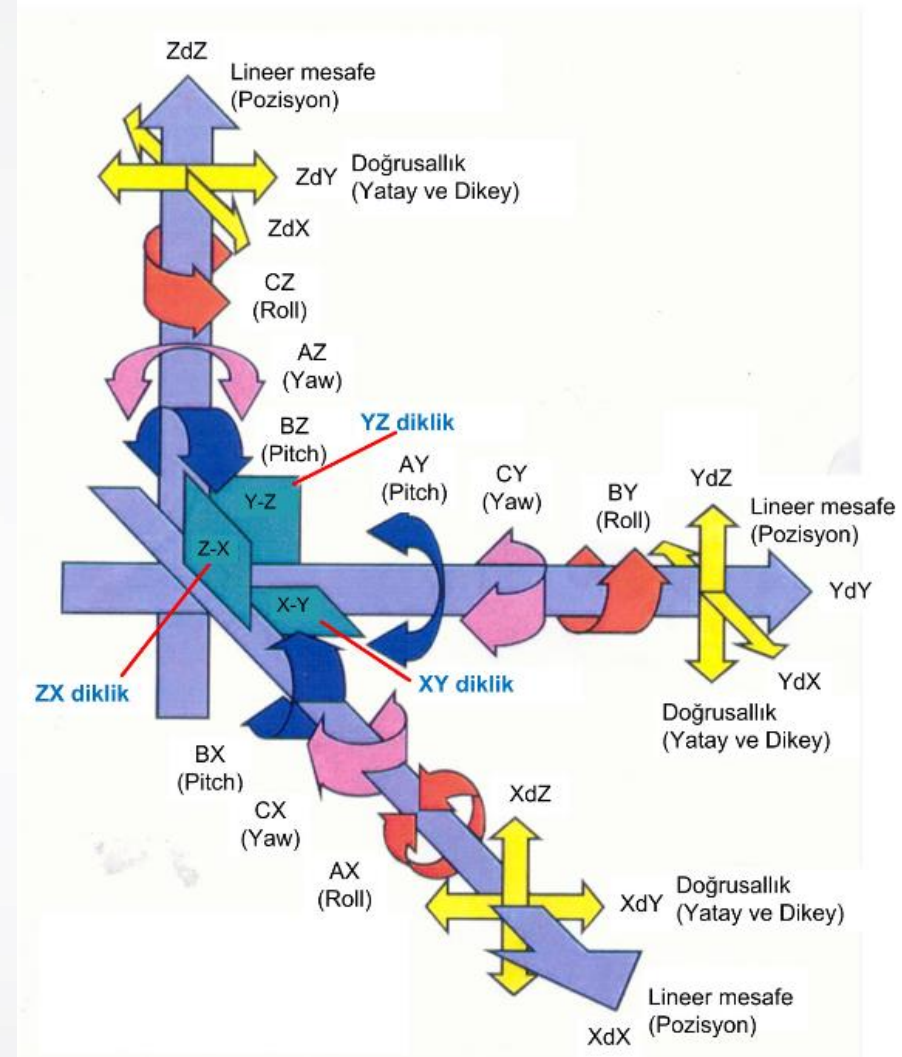
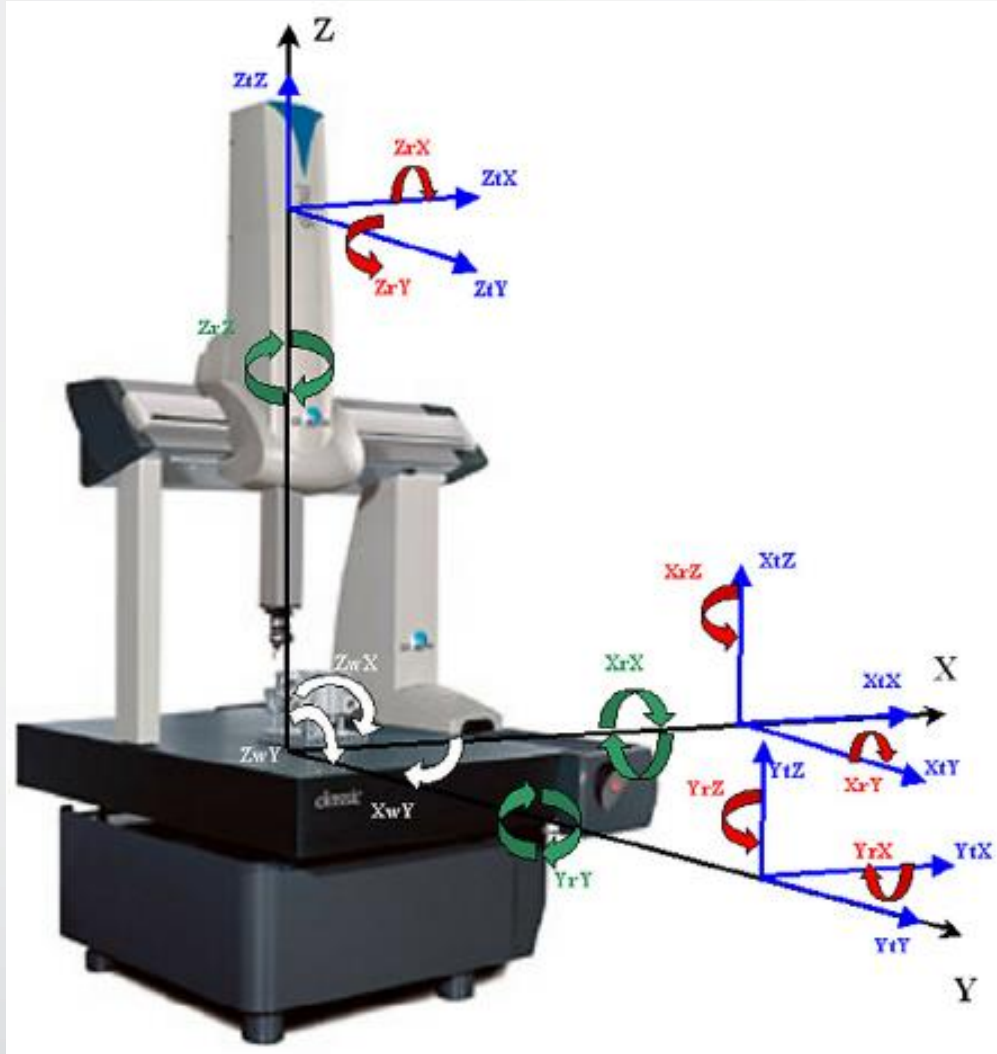
3 Boyutlu Ölçümler (Coordinate Metrology)

ZEISS CMM (Prismo 7 SACC Gold Head)



Kompleks Parça Ölçümleri  $U = 0,75 \mu\text{m}$  (Başlangıç)

# CMM Hataları



CMM eksenlerinde (X, Y, Z) hataların gösterimi.

# CMM ile Yapılan Ölçümlerde Kullanılan Standartlar

Günümüz endüstrisinde, özellikle boyutsal alanda, muayene ve kontrol için koordinat metroloji oldukça popüler bir ölçüm yöntemi olmuştur. Sonuçların doğru değerlendirilmesi ve uygun olmayan parçaların doğru bir şekilde ayrılabilmesi için belirsizlik değeri önemli ve vazgeçilmez bir kriter haline gelmiştir. Yanlış verilen bir karar, üretim bantlarının gereksiz yere durdurulmasından, uçak kazalarına kadar geniş bir yelpazede sonuçlar doğurabilmektedir. Bu proje ile amaç koordinat ölçümleri için, endüstriyel ölçümlerde rahatlıkla kullanılacak ve yetkili kurumları destekleyecek şekilde, mevcut basılı standartların (ISO 15530 serisi) geliştirilmesine yardımcı olacak 2 farklı belirsizlik hesabı yöntemi geliştirmektir.





# İlgili Standartlar

- **BS EN ISO 14253-1** Geometrical product specifications (GPS) – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment – Part 1: Decision rules for verifying conformity or nonconformity with specifications (ISO/FDIS 14253-1:2017; approved, awaiting publication)
- **EN ISO 14253-2:2011** Geometrical product specifications (GPS) – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment – Part 2: Guidance for the estimation of uncertainty in GPS measurement, in calibration of measuring equipment and in product verification (ISO 14253-2:2011)
- **EN ISO 14253-3:2011** Geometrical product specifications (GPS) – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment – Part 3: Guidelines for achieving agreements on measurement uncertainty statements (ISO 14253-3:2011)
- **EN ISO 14253-5:2015** Geometrical product specifications (GPS) – Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment – Part 5: Uncertainty in verification testing of indicating measuring instruments (ISO 14253-5:2015)
- **ISO/TR 14253-6:2012** Geometrical product specifications (GPS) -- Inspection by measurement of workpieces and measuring equipment -- Part 6: Generalized decision rules for the acceptance and rejection of instruments and workpieces



# İlgili Standartlar

- **CEN ISO/TS 15530-1:2013** Geometrical product specifications (GPS) – Coordinate measuring machines (CMM): Technique for determining the uncertainty of measurement – Part 1: Overview and metrological characteristics (ISO/TS 15530-1:2013)
- **ISO/DTS 15530-2** Geometrical Product Specifications (GPS) – Coordinate measuring machines (CMMs): Techniques for evaluation of the uncertainty of measurement – Part 2: Use of multiple measurement strategies in measurements of artefacts (2008, unpublished; see documents ISO/TC213/WG10 N727-1, ISO/TC213/WG10 N727-2, ISO/TC213/WG10 N727-3)
- **EN ISO 15530-3:2011** Geometrical product specifications (GPS) – Coordinate measuring machines (CMM): Technique for determining the uncertainty of measurement - Part 3: Use of calibrated workpieces or measurement standards (ISO 15530-3:2011)
- **ISO/TS 15530-4:2008** Geometrical Product Specifications (GPS) – Coordinate measuring machines (CMM): Technique for determining the uncertainty of measurement – Part 4: Evaluating task-specific measurement uncertainty using simulation

# EUCoM

Mevcut standartlarda tavsiye edilen yöntemler her ölçüm alanı için uygulaması mümkün olmadığından ve CMM ile yapılan ölçümlerde belirsizlik hesaplamalarındaki açığın kapatılması için çalışmalar başlatılmıştır.

12 farklı Ulusal Metroloji Enstitüleri, Üniversiteler ve Üretici Firmalardan oluşan bir konsorsium kurulmuş ve İtalya Ulusal Metroloji Enstitüsü (INRIM) koordinatörlüğünde Avrupa Birliği (AB) Metroloji Araştırma ve İnovasyon Programına sunmak üzere 18NRM03 EUCoM kısa isimli proje hazırlanmış, 2017'de desteklenmesi kabul edilmiş ve Haziran 2018'de proje çalışmalarına başlanmıştır.

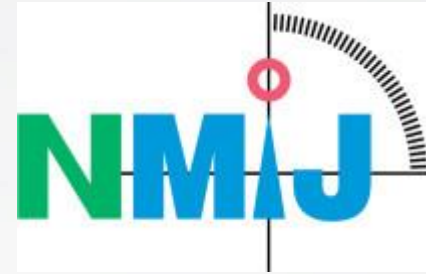


EURAMET EMPIR Project 18NRM03 EUCoM: “Standards for The Evaluation of The Uncertainty of Coordinate Measurements in Industry”

<http://eucom-empir.eu/>



# EUCoM Konsorsium



## PAYDAŞLAR/ALTYÜKLENİCİLER

**Metroloji Enstitüleri;** INRIM (İtalya), CMI (Çek Cumhuriyeti), PTB (Almanya), NPL (İngiltere), GUM (Polonya), AIST (Japonya) ve Metrosert (Estonya).

**Atanmış Enstitüler;** DTI (Danimarka) ve AHT (Polonya).

**Firma;** IK4-Teknikel (İspanya).

**Üniversite;** UNIPD (İtalya).

# EUCoM Bilgi

## TAKVİM

Proje başlangıç tarihi: 01/06/2018

Proje bitiş tarihi: 01/06/2021 (Covid-19 sebebiyle 6 ay uzatıldı)

## YÖNETİCİLER

Proje Yöneticisi: Alessandro Balsamo, INRIM, İTALYA

## PROJE BÜTÇESİ

Bütçe: 706 k€



# EUCoM Hedefleri

## SRT Objectives:

Traceable and standardised a posteriori methods

Simplified and validated a priori methods

Demonstration of the validity of the methods in industrial conditions

Revisions of normative and dissemination of methods

## WP5: management and coordination

### WP1: a posteriori (type A) methods

- Development of procedures
- Development of simulation programs
- Coordinated measurement exercise

- Documentation of a priori information
- Development of algorithms / software
- Experimental evidence

### WP2: a priori (type B) methods

- Independent measurement on case studies
- Determination of measurement uncertainty using the results of WP1 and WP2
- Comparison of results

### WP4: Creating impact

- Stakeholder Committee
- EUCoM seminars
- Scientific publications
- Input to GPS and standardisation bodies

WP3: Experimental validation of methods

## n11 - EUCoM

Standards for the evaluation of the uncertainty of coordinate measurements in industry

Excellence

**CMMs (Coordinate Measuring Machine) are state of the art in industry:**

- Universal measuring devices able to measure complex geometries where no dedicated measuring instrument exists
- Digital oriented, separating clearly point sampling from data reduction
- Broad range available on the market, in size and in accuracy

**CMMs are very popular in industry:**

- Wherever there is manufacturing
- ~ 40 000 CMMs in the EU (50 ME turnover in manufacturing/CMM)

**The uncertainty is very needed:**

- CMMs mainly used for conformity assessment of parts
- The EN ISO 14253-1 applies and asks for an uncertainty value to decide conformity or non conformity

**The uncertainty is very difficult to estimate for CMMs:**

- The possible measurements are virtually infinite, each deserving task-specific evaluation
- Features are computed iteratively, no analytical close-form evaluation
- The error parameters of a CMM are many (200+)
- This is a recognised difficult scientific problem

**The EN ISO 15530 series:**

- Guiding standards exist on the CMM uncertainty evaluation
- The EN ISO 15530-3: Use of calibrated workplaces
- The ISO/TS 15530-4: Simulation (Virtual CMM)
- Both suffer severe limitations in their applicability

Limitations	Applicability
EN ISO 15530-3: A calibrated workplace and a long experimental investigation	Serial measurements, e.g. at the end of a production line
ISO/TS 15530-4: Initial experimental effort, time-consuming simulations, not all components included	Calibration or high end laboratories

EUCoM

**A posteriori (type A) method**  
(measure first, then evaluate)

**A priori (type B) method**  
(evaluate first, then measure)

Impact

**Strong relation to the ISO/TC213/WG10:**

- The need for methods of uncertainty evaluation is recognised by standard committee ISO/TC213/WG10 (CMM)
- The ISO 15530 series (Measurement uncertainty for CMMs) was originally designed to include the two methods of this JRP (as ISO 15530-2 and -4, respectively)
- These ISO projects were not completed due to lack of resources

**The ISO/TC213/WG10 is open and welcoming EUCoM outputs**

**Four JRP members are:**

- Long standing permanent members of the ISO/TC213/WG10 (CMMs)
- One (A. Sakano) is coordinator of EUCoM
- One (A. Sano) is project leader of the ISO/TC213/WG10
- One (A. Sakano) is Convener of the ISO/TC213/WG4 (Uncertainty and decision rules)

Implementation

**SRT Objectives:**

- Traceable and standardised a posteriori methods
- Simplified and validated a priori methods
- Demonstration of the validity of the methods in industrial conditions
- Revisions of normative and dissemination of methods

**WP5: management and coordination**

- WP1: a posteriori (type A) methods**
  - Development of procedures
  - Development of simulation programs
  - Coordinated measurement exercise
- WP2: a priori (type B) methods**
  - Documentation of a priori information
  - Development of algorithms / software
  - Experimental evidence
- WP4: Creating impact**
  - Stakeholder Committee
  - EUCoM seminars
  - Scientific publications
  - Input to GPS and standardisation bodies

Stakeholder Committee:

- EUCoM is all about industry and industrial needs: the Stakeholder Committee provides important feedback and ensures compatibility of approaches to industry demands
- Only one meeting in person at mid term (when the methods will be already available), not to overload stakeholders, and periodic teleconferences in conjunction with the project meetings
- Special role to the Chair
- Stakeholder, involved and invited
- The project consortium can count on the experience of Shoda Auto as Chair stakeholder

Validation of the developed methods:

- The validation is essential to gain acceptance and approval for standardisation
- The validation process must be as large and diverse as possible
- All JRP partners have experience but with different equipment, environments, industrial background
- Extensive validation made possible by the consortium structure

# EUCoM Proje Amaçları (Objectives)

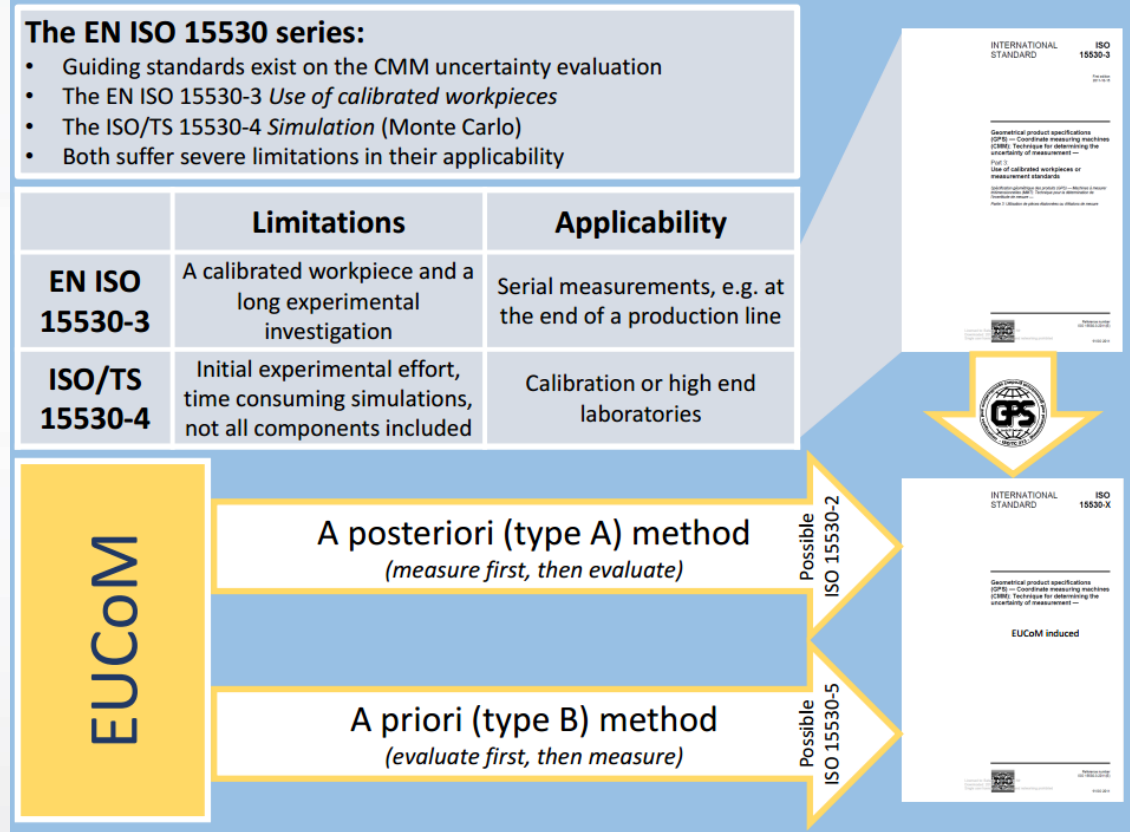
1. A tipi değerlendirme kullanarak koordinat ölçümünün belirsizliğini değerlendirmek için izlenebilir ve standartlaştırılmış yöntemler geliştirmek.
2. B tipi değerlendirmeyi kullanarak koordinat ölçümlerinin belirsizliğini önceden tahmin etmek için basitleştirilmiş ve doğrulanmış bir yöntem geliştirmek.
3. Mevcut yöntemlerin ve 1&2 numaralı endüstriyel şartlarda yer alan kriterlerin geçerliliğini göstermek ve Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM) ve eklerine olan tutarlılığını ve doğruluğunu değerlendirmek.
4. Gerekli veri, yöntem, kılavuz ve tavsiyeleri ilk fırsatta standartlara dahil edilebilecek şekilde sağlayarak EN ISO 15530 ve EN ISO 14253 2 revizyonlarına katkıda bulunmak. Ek olarak, CEN/TC290 ve ISO/TC213/WG10 teknik komiteleri ve geliştirdikleri standartların kullanıcıları ile proje çıktılarının kendi ihtiyaçları ve tavsiyeleri ile uyumlu olmasını sağlamak için bu bilgilerin gelecekteki standartlara dahil edilmesi için işbirliği yapmak. Geliştirilen yöntemlerin sanayiye yayılmasını teşvik etmek.



# EUCoM Belirsizlik Hesap Yöntemleri

Projenin temel amacı CMM belirsizlik hesaplamaları konusunda mevcut yöntemleri inceleyerek, yeni ve uygulanabilir iki farklı yöntem geliştirmektir.

- I. İzlenebilir standartlaştırılmış yöntem geliştirmek (Posteriori Type-A)
- II. Basitleştirilmiş ve onaylanmış yöntem geliştirmek (Piriori Type-B)



# EUCoM Belirsizlik Hesap Yöntemleri

- I. **Type-A:** Önceden tanımlanmış prosedürler kullanılarak ölçümler yapılır ve bu ölçümlerden elde edilen veriler ile hesaplamalar yapılır.
  
- II. **Type-B:** Belirsizlik hesaplamaları; aşağıda sıralanan, önceki (Piori) bilgilerden yararlanarak ve ölçüm yapılmadan hesaplayan bir yöntem geliştirilmesiyle yapılması.
  - i. CMM kabiliyetinin, özellikle EN ISO 10360 standardına göre yapılan testler sonucu elde edilen MPE (Maximum Permissible Error, maksimum izin verilen hata) değerleri,
  - ii. CMM'in kendine has özel (durumunun) temel modeli,
  - iii. Benzer ölçümlerden elde edilen sonuçlar ve
  - iv. Uzman görüşü vs.

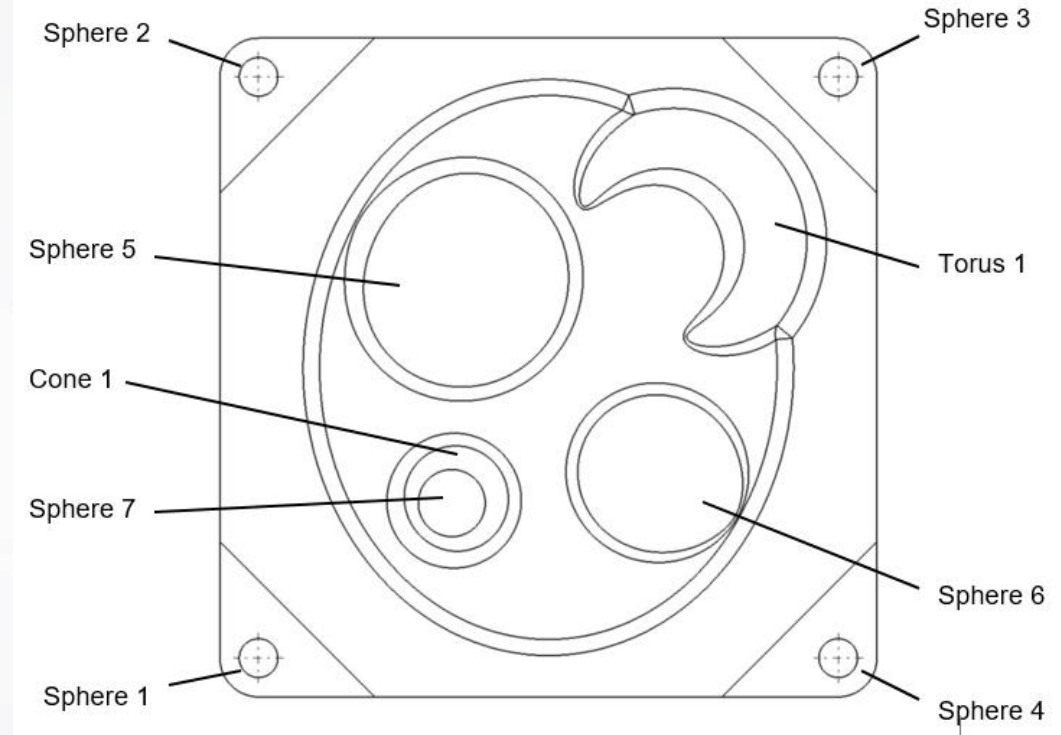
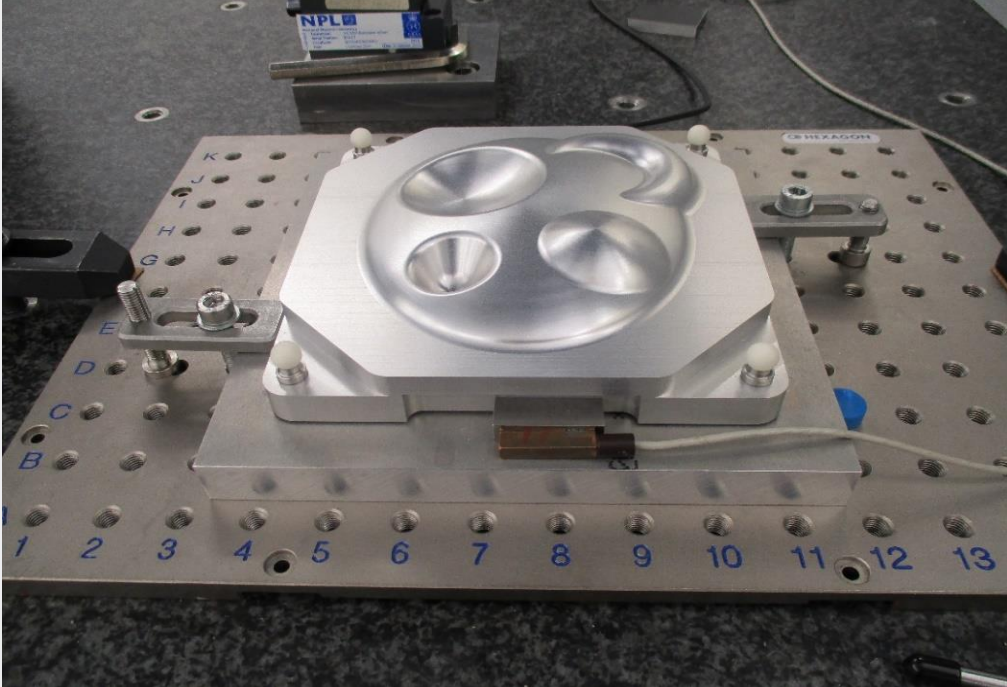
Bu iki yöntemin validasyonu, laboratuvarlar ölçüm kapasitelerine göre kendi ortamlarında ve farklı CMM'ler ile ölçümler yapacak ve bu ölçüm sonuçlarının karşılaştırılmasıyla yapılacaktır.

# **EUCoM Proje Kapsamında Ölçümü Yapılacak Parçalar**

## **Proje Kapsamında Ölçümü Gerçekleştirilen/Gerçekleştirilecek Referans Parçalar**

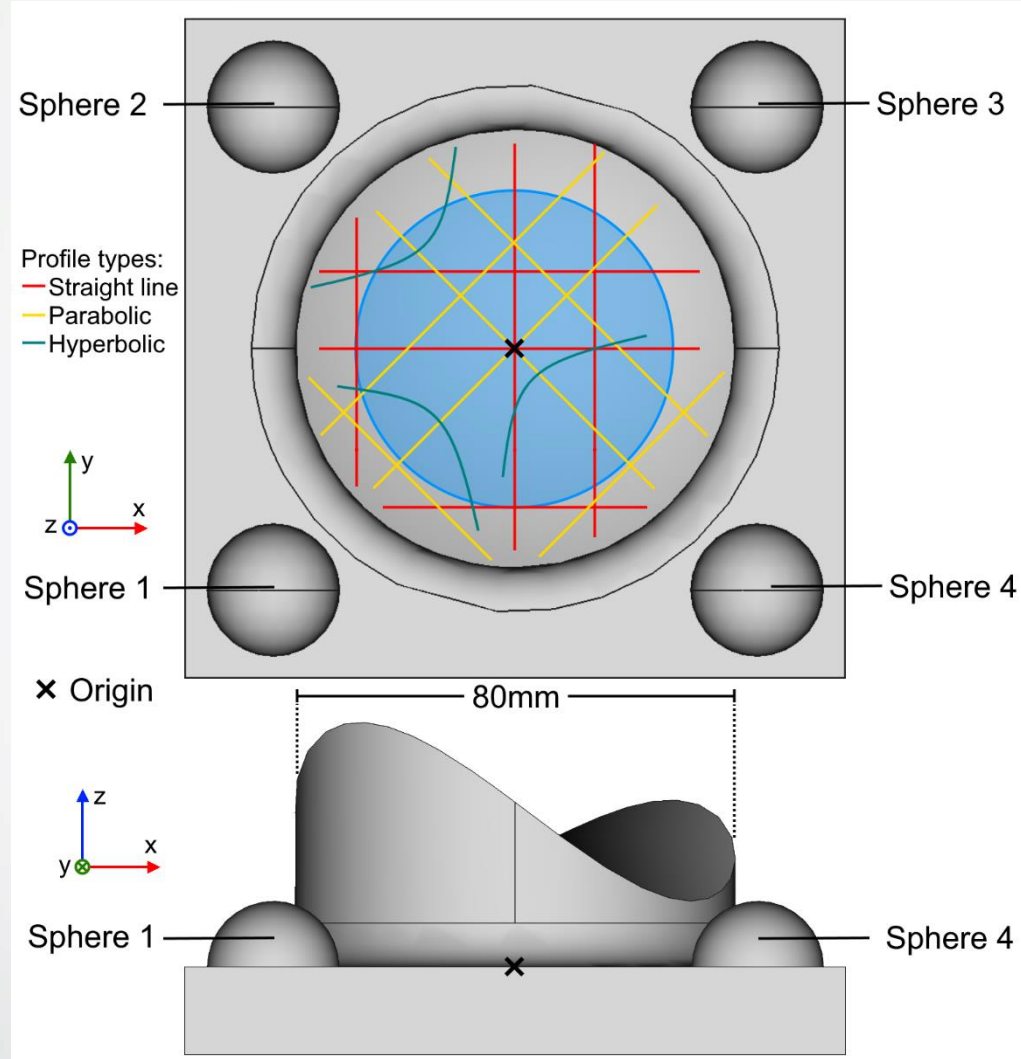
- 3 Adet Freeform standard
- 3 Adet Çok özellikli kontrol mastarı (multi-feature check (MFC))

# EUCoM Proje Kapsamında Ölçümü Yapılacak Parçalar



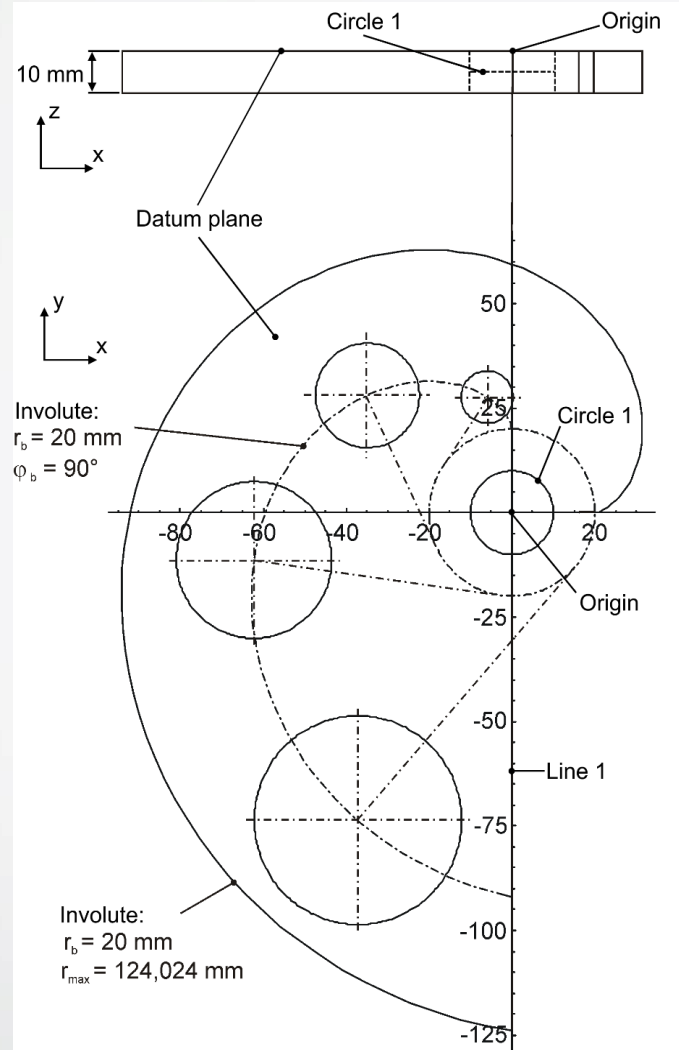
Freeform Standard

# EUCoM Proje Kapsamında Ölçümü Yapılacak Parçalar



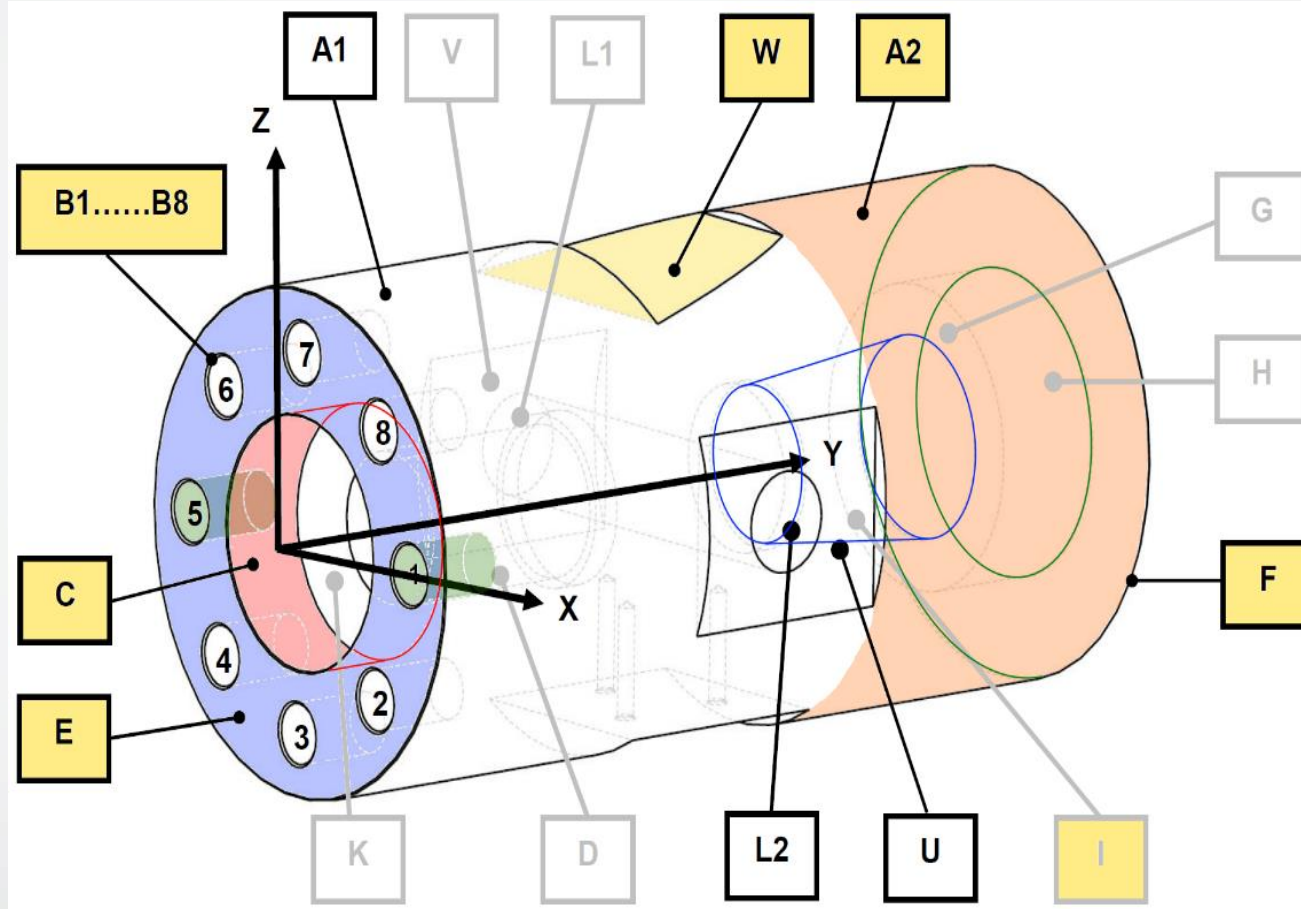
Hyperbolic Paraboloid

# EUCoM Proje Kapsamında Ölçümü Yapılacak Parçalar



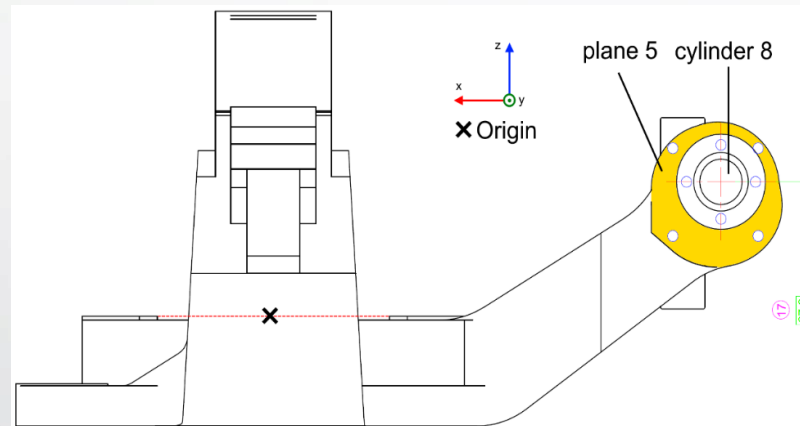
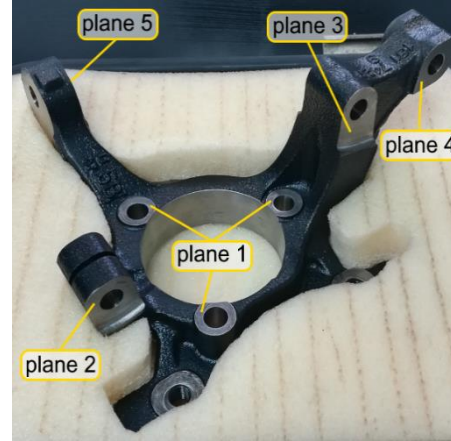
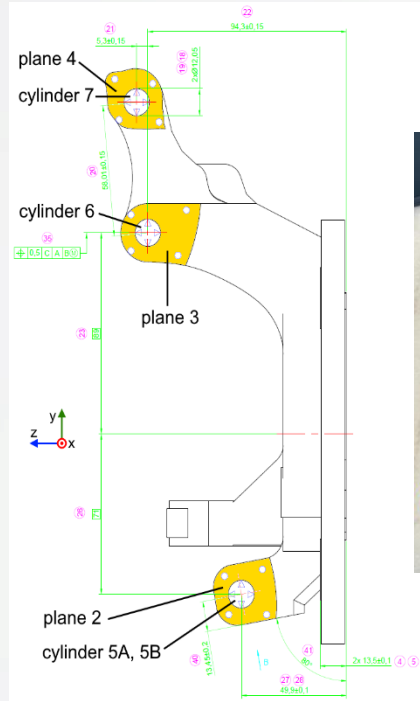
Involute Gear

# EUCoM Proje Kapsamında Ölçümü Yapılacak Parçalar



Multi-feature Check (MFC)

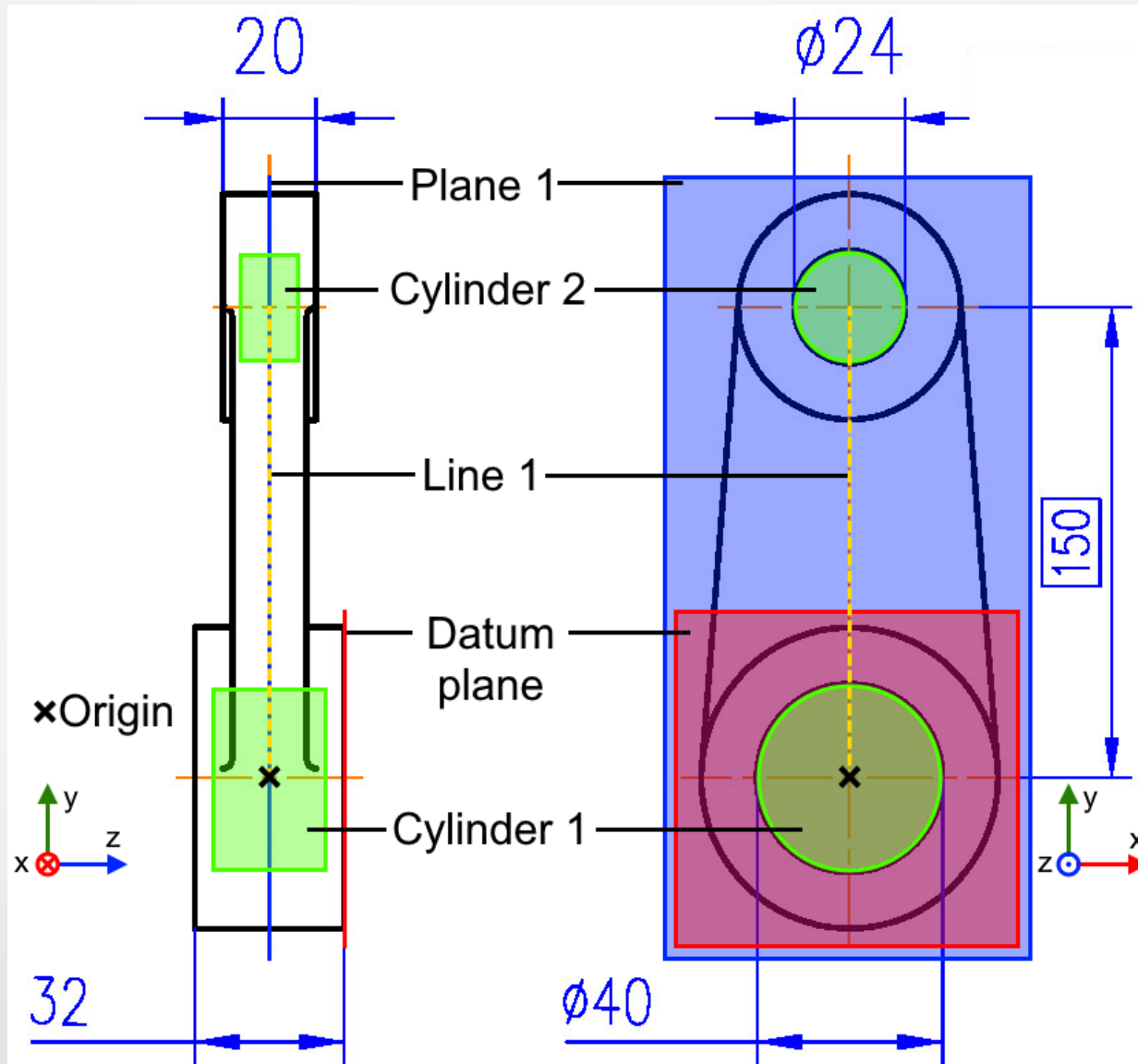
# EUCoM Proje Kapsamında Ölçümü Yapılacak Parçalar



Steering Knuckle (Mafsal)



# EUCoM Proje Kapsamında Ölçümü Yapılacak Parçalar

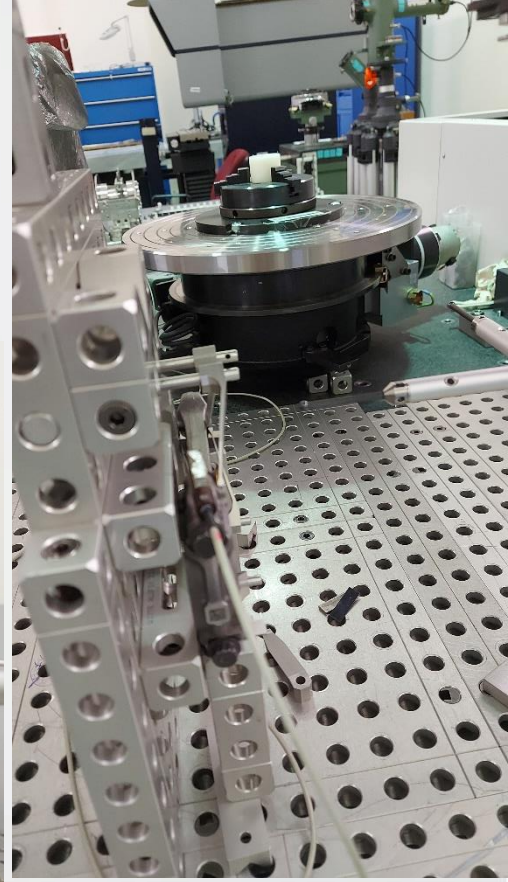
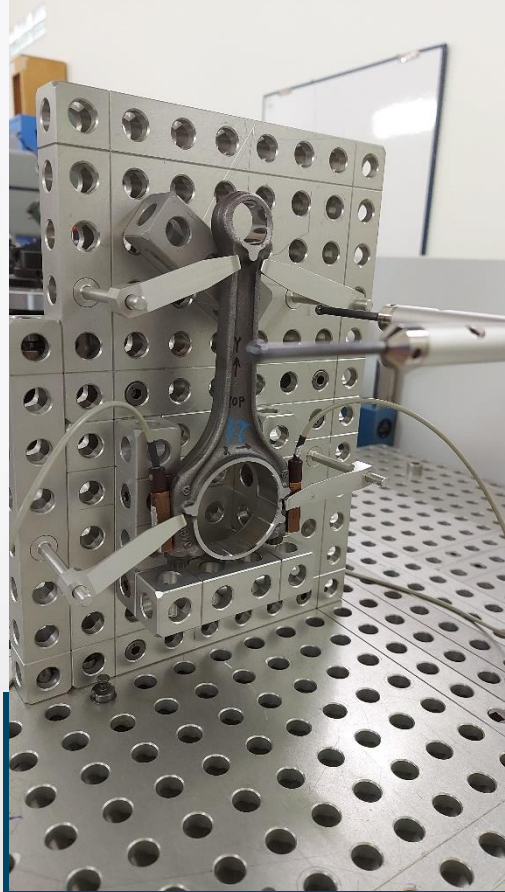
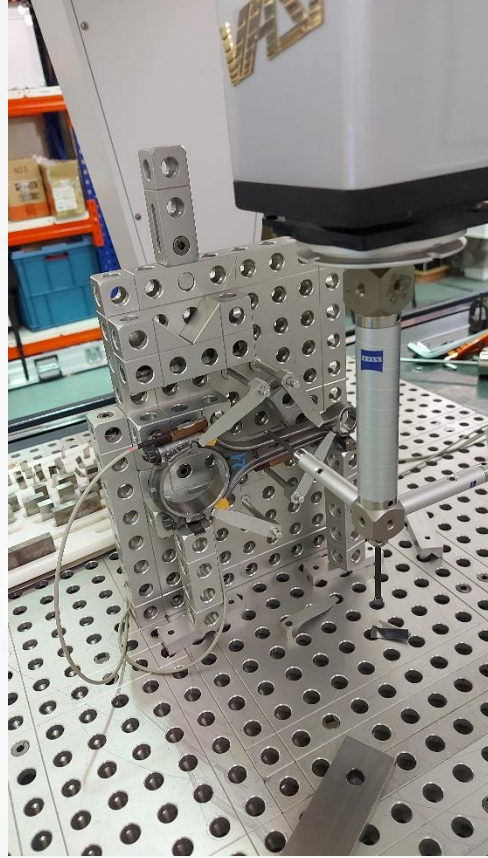
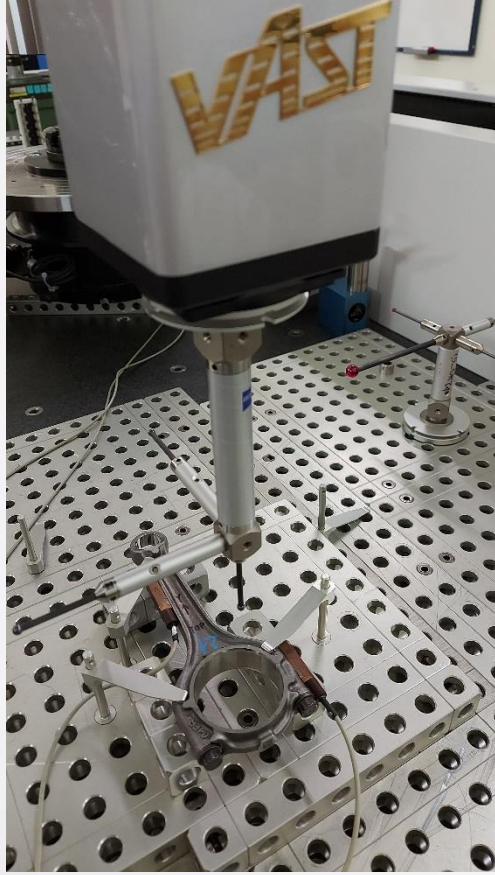


Connecting Rod (Biyel Kolu)

Evaluating Uncertainty in Coordinate Measurement



# EUCoM Proje Kapsamında Ölçümü Yapılacak Parçalar



Biyel Kolu (Connecting Rod) Ölçüm Pozisyonları

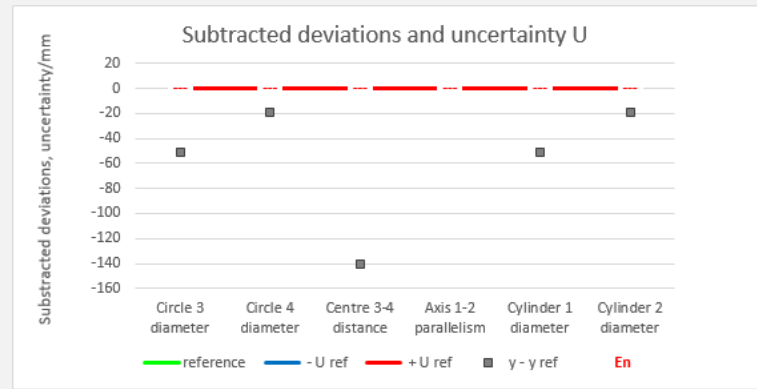
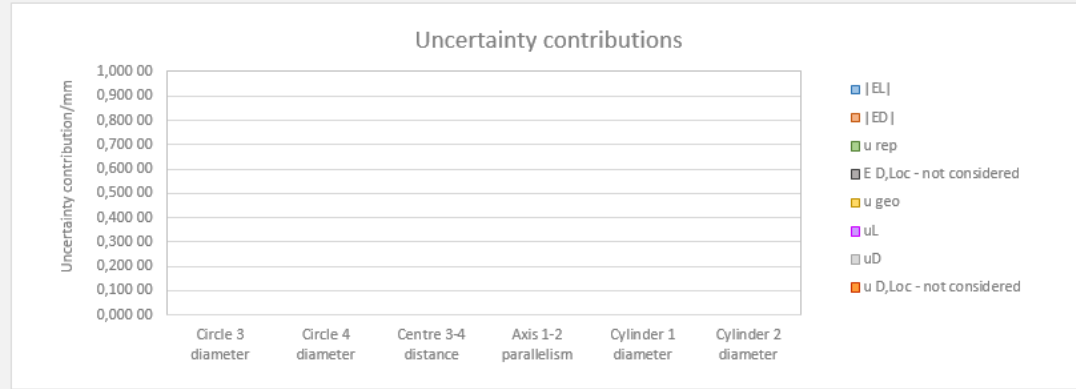
# EUCoM Proje Kapsamında Hesaplama Yöntemleri

	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	<b>TH STANDARD MEASUREMENT</b>					<b>DIAMETER STANDARD MEASUREMENT</b>						
2	Cycle	X	Y	Z			Cycle	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5
3	1				Measurement results of diameter standard		1					
4	2						2					
5	3						3					
6	4						4					
7	5						5					
8	Lc				Calibrated value	Dc						
9	U L,c				Expanded calibration uncertainty	U D,c						
14	EL	0,000 000 000			Probe size error	ED	0,000 000 000					
17	uL	0,000 000 000			Probe size error uncertainty	uD	0,000 000 000					
18					Multi-stylus measurement	No						
19					Probe location error	E D,Loc	0,000 000 000					
20					Probe location error uncertainty	u D,Loc	0,000 000 000					
21					Coordinates of GMM Spheres centres	Coords	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5	
22					Cycle 1	x						
23						y						
24						z						
25					Cycle 2	x						
26						y						
27						z						
28					Cycle 3	x						
29						y						
30						z						
31					Cycle 4	x						
32						y						
33						z						
34					Cycle 5	x						
35						y						
36						z						

# EUCoM Proje Kapsamında Hesaplama Yöntemleri

CONNECTING ROD MEASUREMENT																										
Coverage factor k	2	Cycle 1				Cycle 2				Cycle 3				Cycle 4				Cycle 5				Measurement value	Expanded combined standard uncertainty	Calibrated value	Uncertainty of calibrated value	En number
Measured feature		11 y	12 y	13 y	14 y	21 y	22 y	23 y	24 y	31 y	32 y	33 y	34 y	41 y	42 y	43 y	44 y	51 y	52 y	53 y	54 y	y	U	y ref	U ref	En
Circle 3 diameter	2.5.1																					0,000 00	0,000 00	50,607 21	0,000 55	---
Circle 4 diameter	2.5.1																					0,000 00	0,000 00	19,015 38	0,000 52	---
Centre 3 - Centre 4 distance	2.5.2																					0,000 00	0,000 00	140,006 42	0,000 64	---
Axis 1 - Axis 2 parallelism	2.5.3																					0,000 00	0,000 00	0,001 79	0,000 70	---
Cylinder 1 diameter	2.5.4																					0,000 00	0,000 00	50,611 33	0,000 65	---
Cylinder 2 diameter	2.5.4																					0,000 00	0,000 00	19,025 22	0,000 62	---

$$U = k \sqrt{E_L^2 + E_D^2 + E_{D,Loc}^2 + \frac{u_{rep}^2}{n_1} + \frac{u_{geo}^2}{n_2} + u_L^2 + u_D^2 + u_{D,Loc}^2}$$



\* Covid-19 sebebiyle UME'de sadece Connecting Rod ölçümü yapılmıştır. Planlama dahilinde ölçümler devam etmektedir.

# **EUCoM Proje Kapsamında Hesaplama Yöntemleri**

**Düzeltilme için Kullanılan Standartlar:**

**Uzunluk Standardı: 125 mm Uzun Mastar Blok**

**Çap Standardı: 50 mm Halka Mastar**

# EUCoM Proje Kapsamında Hesaplama Yöntemleri



## Ölçümlerde Kullanılan Prob

- X Eksenine Yönünde
- +Y Eksenine Yönünde
- Z Eksenine Yönünde

## CMM Referans Küre

Çap: 29,98597 mm

Belirsizlik: 0,25  $\mu\text{m}$

# EUCoM Proje Kapsamında Hesaplama Yöntemleri

LENGTH STANDARD MEASUREMENT				
	Cycle	X	Y	Z
Measuremet results of length standard	1	124,999 42	124,999 90	125,000 01
	2	124,999 40	124,999 88	125,000 02
	3	124,999 43	124,999 79	125,000 06
	4			
	5			
Calibrated value	Lc	124,999 73		
Expanded calibration uncerta	U L,c	0,000 08		
Scale error	EL	0,000 042 778		
Scale error uncertainty	uL	0,000 187 225		

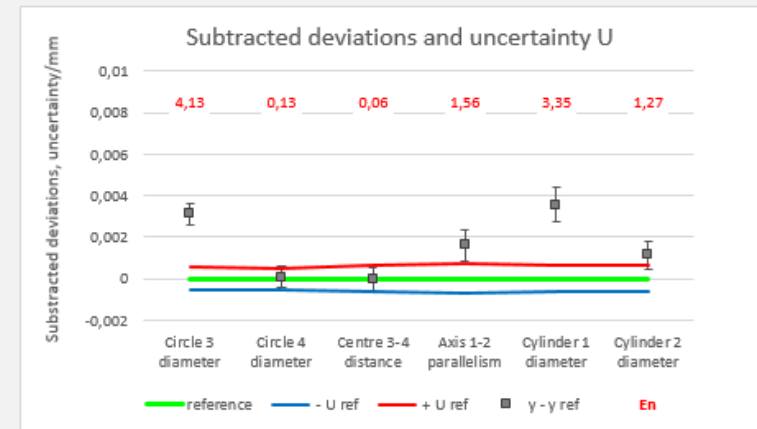
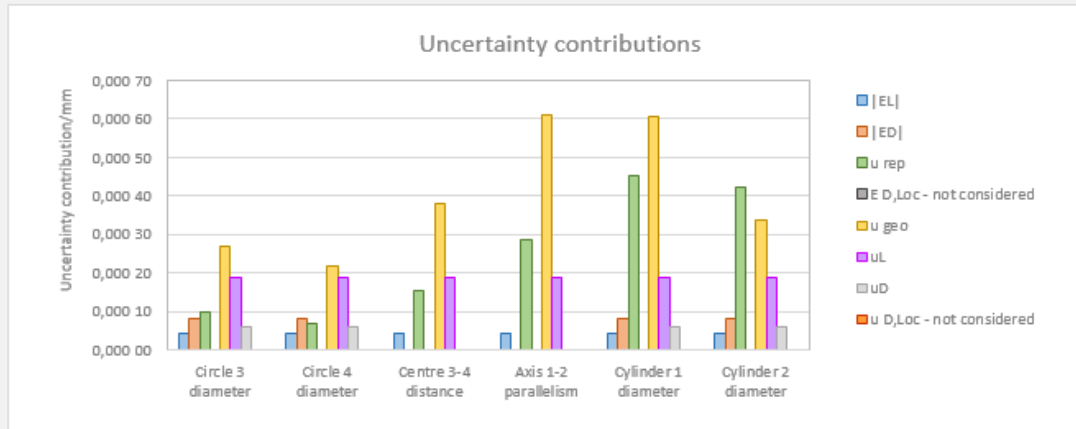
DIAMETER STANDARD MEASUREMENT						
	Cycle	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5
Measuremet results of diameter standard	1	50,001 510 0	50,001 470 0	50,001 480 0		
	2	50,001 500 0	50,001 490 0	50,001 400 0		
	3	50,001 630 0	50,001 510 0	50,001 420 0		
	4					
	5					
Calibrated value	Dc	50,001 41				
Expanded calibration uncerta	U D,c	0,000 1				
Probe size error	ED	0,000 080 000				
Probe size error uncertainty	uD	0,000 060 341				
Multi-stylus measurement	No					
Probe location error	E D,Loc	0,000 000 000				
Probe location error uncertainty	u D,Loc	0,000 000 000				
Coordinates of LSM spheres	Coords	Probe 1	Probe 2	Probe 3	Probe 4	Probe 5
Cycle 1	x	0,000 000 0	0,000 000 0	0,000 000 0		
	y	0,000 000 0	0,000 000 0	0,000 000 0		
	z	0,000 000 0	0,000 000 0	0,000 000 0		
Cycle 2	x	0,000 100 0	0,000 500 0	0,000 100 0		
	y	-0,000 200 0	0,000 100 0	-0,000 300 0		
	z	0,000 100 0	0,000 300 0	-0,000 200 0		
Cycle 3	x	-0,000 100 0	0,000 600 0	0,000 100 0		
	y	-0,000 200 0	0,000 100 0	-0,000 400 0		
	z	0,000 200 0	0,000 200 0	0,000 200 0		
Cycle 4	x					
	y					
	z					
Cycle 5	x					
	y					
	z					

# EUCoM Proje Kapsamında Hesaplama Yöntemleri

## CONNECTING ROD MEASUREMENT

Coverage factor k	2	Cycle 1				Cycle 2				Cycle 3				Cycle 4				Cycle 5				Measurement value	Expanded combined standard uncertainty	Calibrated value	Uncertainty of calibrated value	En number
Measured feature		11 y	12 y	13 y	14 y	21 y	22 y	23 y	24 y	31 y	32 y	33 y	34 y	41 y	42 y	43 y	44 y	51 y	52 y	53 y	54 y	y	U	y ref	U ref	En
Circle 3 diameter	2.5.1	50,6106	50,6100	50,6104	50,6105	50,6106	50,6100	50,6101	50,6105	50,6105	50,6101	50,6101	50,6106	50,6104	50,6100	50,6100	50,6105	50,6107	50,6100	50,6103	50,6107	50,610 33	0,000 52	50,607 21	0,000 55	4,13
Circle 4 diameter	2.5.1	19,0156	19,0151	19,0155	19,0158	19,0155	19,0152	19,0154	19,0156	19,0155	19,0152	19,0154	19,0157	19,0157	19,0152	19,0154	19,0156	19,0157	19,0152	19,0154	19,0157	19,015 47	0,000 49	19,015 38	0,000 52	0,13
Centre 3 - Centre 4 distance	2.5.2	140,0070	140,0063	140,0058	140,0066	140,0067	140,0063	140,0059	140,0066	140,0068	140,0061	140,0058	140,0067	140,0066	140,0062	140,0059	140,0065	140,0063	140,0064	140,0059	140,0069	140,006 37	0,000 56	140,006 42	0,000 64	0,06
Axis 1 - Axis 2 parallelism	2.5.3	0,0021	0,0044	0,0032	0,0032	0,0027	0,0041	0,0032	0,0031	0,0027	0,0042	0,0032	0,0032	0,0031	0,0043	0,0036	0,0031	0,0034	0,0042	0,0038	0,0032	0,003 41	0,000 76	0,001 79	0,000 70	1,56
Cylinder 1 diameter	2.5.4	50,6151	50,6141	50,6161	50,6145	50,6149	50,6143	50,6157	50,6147	50,6149	50,6142	50,6154	50,6149	50,6144	50,6144	50,6147	50,6147	50,6150	50,6143	50,6170	50,6147	50,614 91	0,000 85	50,611 33	0,000 65	3,35
Cylinder 2 diameter	2.5.4	19,0251	19,0269	19,0268	19,0268	19,0251	19,0265	19,0263	19,0266	19,0261	19,0266	19,0263	19,0265	19,0265	19,0272	19,0265	19,0264	19,0263	19,0262	19,0262	19,0266	19,026 37	0,000 67	19,025 22	0,000 62	1,27

$$U = k \sqrt{E_L^2 + E_D^2 + E_{D,Loc}^2 + \frac{u_{rep}^2}{n_1} + \frac{u_{geo}^2}{n_2} + u_L^2 + u_D^2 + u_{D,Loc}^2}$$





# EUCoM

Ölçümler; her eksen ve düzlemde, eksen ve düzlemden gelen hata değerlerinin değişmesine bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca, ölçümler her tekrar için parça sökülerek yeniden bağlanmış ve ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Ölçümler sırasında, en çok dikkat edilmesi gereken nokta ölçülen parçanın sıkıştırılması ile yaşanmıştır. Biyel kollarının sabitleme noktaları olmadığı için, sıkıştırmalar ölçüm parametrelerini etkilemiş ve en büyük değişkenlik paralellik ölçümlerinde görülmüştür.

Yöntem, CMM hacmine göre küçük ve orta büyüklükteki parçalar için doğrulanmıştır. Büyük ve ağır parçaların aynı şekilde ölçümlerini gerçekleştirmek mümkün olmayabilir.

# Sonuç

Standartların revizyonu ve metotların yayılmasıyla;

- CMM belirsizlik hesaplarındaki bilinmezlerin ortadan kaldırılması ve daha güvenilir ölçüm belirsizliği hesaplayacak yöntemlerin geliştirilmesi,
- Seri şekilde üretim yapılan durumlarda, üretimin sonunda bir defa belirsizlik hesaplanabilmesi ve bütün üretim boyunca kullanılabilmesi,
- Standartların, CMM alanında farklı belirsizlik yöntemleri ve uygulamalarıyla tamamlanması ve CMM kullanıcılarına daha geniş uygulama alanında daha geniş imkanlar sağlaması,
- Ölçümleri kabul veya ret için karar verme platformu olarak kullanan üreticiler için, uluslararası standartlar ile tanımlanmış güvenilir ve uygulanabilir belirsizlik hesabı yöntemlerini kullanabilmesi mümkün olacaktır.

Proje EURAMET EMPIR tarafından fonlanmaktadır.

# EMPIR



The EMPIR initiative is co-funded by the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme and the EMPIR Participating States

# Teşekkür Ederim..

