

PARALEL MASTAR BLOĞU KALİBRASYONLARINDA LABORATUVAR ORTAM SICAKLIĞININ ÖLÇÜM BELİRSİZLİĞİNE ETKİSİ

Mehmet K. TORUN
Mehmet NACAR
Ahmet T. İNCE

ÖZET

Paralel Mastar Blokları endüstride sıklıkla kullanılan, üretimde sınır ölçü ve şekillerinin belirlenen değerlerde olup olmadığının tespit edilmesini sağlayan, boyutları standart ölçülerde sabitlenmiş ölçü aletleridir. Endüstride, üretilen parçanın toleranslarını, gerçek değeri bilinen referans mastar bloğuyla, üretilen parçayı seri bir biçimde karşılaştırıp, istenilen tolerans içinde olup olmadığı kontrol edilmektedir. Bu çalışmada, Paralel Mastar Bloklarının kalibrasyon işlemi sırasında, özellikle 100 mm ve üzeri uzunluklarda termal genişmeden ötürü kaynaklanan ölçüm belirsizliği etkisi araştırılacaktır. Karşılaştırma metoduyla yapılan kalibrasyon işlemlerinde referans mastar bloğuyla, test mastar bloğunun arasında sıcaklık farkları, yüzey sensörlü olarak dizayn edilmiş ve kalibreli Pt-100 direnç termometreleri (belirsizlik: $\pm 0.020^{\circ}\text{C}$) kullanılarak tespit edilecek. Bu sıcaklık farklarının Paralel Mastar Bloklarının kalibrasyonlarında en iyi ölçüm belirsizliği elde edebilmek amacıyla, ölçüm laboratuvarı sıcaklık ve nem dağılımlarının ne düzeyde olmasına destek olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Sıcaklık, Uzun Blok Mastar Kalibrasyonu, Genleşme, Ölçüm, Belirsizlik.

ABSTRACT

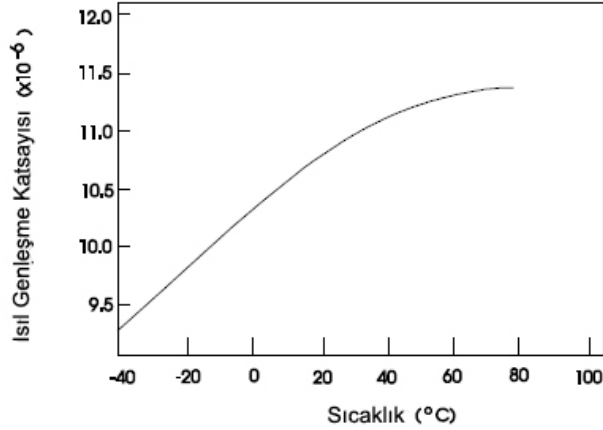
Parallel Gauge Blocks are commonly used in the industry. They are used in production to limit values and shapes are determined to determine whether the values, standard sizes are fixed to the measurement instruments. In industry, the tolerances of the manufactured part are compared in series with the reference gauge block whose actual value is known, and it is checked whether it is in the desired tolerance. In this study, the effect of measurement uncertainty caused by thermal expansion of lengths of 100 mm and above during the calibration process of Parallel Gauge Blocks will be investigated. In the calibration process with the comparison method, the temperature differences between the reference gauge block and the test gauge block will be detected using calibrated Pt-100 resistance thermometers ($\pm 0.020^{\circ}\text{C}$) designed with surface sensors. In order to obtain the best measurement uncertainty in the calibration of Parallel Gauge Blocks of these temperature differences, the measurement laboratory will support the level of temperature and humidity distributions.

Key Words: Temperature, Gauge Block Calibration, Thermal Expansion, Measurement, Uncertainty.

1. GİRİŞ

Mastar blokları kullanım kolaylıkları açısından endüstride en çok kullanılan ölçüm aletlerinin başında gelmektedir. Bu denli önemli bir yere sahip olan mastar bloklarının ölçüm hassasiyeti için boyutsal metroloji alanında uzun yıllardır hassasiyeti artıracak yeni bir gelişme yaşanmamıştır [1]. Mastar blokların ölçüm belirsizliklerine en önemli katkı sağlayan bileşenlerden bir tanesi, ısıl genişleme olarak

bilinmektedir. Isıl genleşmeyi kısaca tanımlayacak olursak, ortamdaki sıcaklığın değişimi, birçok malzemenin boyutunun değişmesine sebep olmaktadır, malzemenin boyutundaki bu değişim gerek sıcaklık değişiminin büyüklüğüyle gerekse de malzemenin yapısıyla alakalıdır. Aşağıda görülen şekil-1 de[2], çelik tipli master bloğunun genleşme katsayısının, sıcaklık karşısındaki değişimini göstermektedir.



Şekil 1. Genleşme katsayısının değişimine karşılık sıcaklık değişimi

Isıl genleşmeyi bir denklem ile ifade edecek olursak:

$$\Delta L / L = \alpha_L \Delta T \quad (m) \quad (1)$$

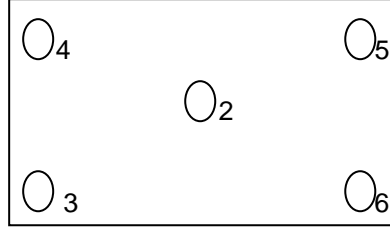
Burada ΔL uzunluktaki değişikliği, L uzunluğu, α_L genleşme katsayısını ve ΔT ise sıcaklık değişimini simgeler. Çelik master bloklarının uzama katsayısı bir metrede, $11.5 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ dir. Basit bir hesap ile 1 numaralı denklem kullanılırsa 100 mm boyunda bir master bloğu sıcaklığı 20°C olan bir ortamda bulunurken sıcaklıkta 1°C lik artış olursa, bu master bloğunun boyunun bir metrede $1,15 \mu\text{m}$ uzaması anlamı taşır. Bu uzama blok masterları kullanan birçok alan için büyük bir uzama olarak kabul edilir. Blok masterların kalibrasyon işlemleri sırasında karşılaştırmalı ölçümlerde genellikle aynı malzemeden yapılmış olan blok masterlarla karşılaştırılır, böyle bir durum söz konusu değilse ve masterlar farklı malzemelerden üretiliyse, masterların üretildiği malzemenin uzama katsayısı bilinip farklı yapıdaki blok masterların kalibrasyonu için düzeltme hesabı yapılır.

2. BLOK MASTERLARIN KARŞILAŞTIRMA YÖNTEMLERİ VE SICAKLIĞIN ETKİSİ

Bu çalışmada 2 adet K grade 100 mm ve Tolerans 1 ve Tolerans 2 olmak üzere 2 adet 131.40 mm uzunluğunda çelik blok masterlar kullanılmıştır. Ölçümlerde iki ayrı deney düzeneği kullanılmıştır. İlk yöntem olarak paralel blok master kalibratörü, ikinci yöntem olarak evrensel uzunluk ölçme cihazı (ULM) kullanılmıştır. Her iki yöntem uygulanırken laboratuvarın sıcaklık değeri $20^\circ\text{C} \pm 0.5^\circ\text{C}$ de tutulmuştur. Ölçümler aynı malzeme ile üretilmiş olan blok masterlar arasında olmuştur, bu sebeple farklı uzama katsayıları olmadığı için herhangi bir düzeltme hesabı yapılmamıştır. Ölçümü alınan blok masterların sıcaklıkları yüzey sensörlü Pt-100 direnç termometreleri ile ölçülmüştür. Sıcaklık sensörü, Pt-100, YUKAL sıcaklık kalibrasyon laboratuvarında $\pm 0.020^\circ\text{C}$ belirsizlikle ($k=2$, %95) kalibrasyonu yapılmıştır. Sıcaklık ölçümlerinde karşılaştırılan iki blok masterın arasındaki sıcaklık farkı dikkate alınıp çalışma sonunda elde edilen grafiklerde bu sıcaklık farkları gösterilmiştir. Blok masterların ölçümü yapılırken YÜKALTP-13 [3,4] ve YÜKALTP-15 [5,6] prosedürlerinden faydalanılmıştır.

2.1. Paralel Blok Master Kalibratörü ile yapılan ölçümler

Karşılaştırmalı ölçüm prensibi ile çalışan bu sistem, bir referans master bloğu ile nominal uzunluğu bu referans blokla aynı olan test master bloğunu karşılaştırarak aradaki farkı ölçer, bunun sonucunda uzunluk hesaplanır. Referans ve Test master bloğu bu yöntemle karşılaştırılırken önceden tanımlanmış bir düzen için de ölçümler yapılır. Şekil 2'de, izlenen ölçüm sıralamasını anlamak için aşağıda verilmiştir. Bu sıralama ölçüm sonuçlarının yer aldığı grafiklerde gösterilmiştir.



Şekil 2. Blok Master üzerinde sırasıyla ölçüm yapılan noktalar

Blok masterlar karşılaştırılırken sırasıyla 2, 3, 4, 5 ve 6 numaralı noktalardan ölçüm alınır, bu sırada karşılaştırılan blok masterların yüzeyinde sıcakları ölçmek için yüzey sensörlü Pt-100 termometreleri takılı olup, düzenek hazırlandıktan sonra, elle tutulmadan ötürü herhangi bir sıcaklık değişimi olmaması için ölçüm başlamadan önce ortam şartlarını sağlamak amacıyla beklenir. Bu ölçüm metodunun çalışma prensibi

$$L_T = L_b + t \quad (m) \quad (2)$$

$$L_R = L_b + r \quad (m) \quad (3)$$

$$L_T = L_R + (t - r) \quad (m) \quad (4)$$

L_T : test mastarı, L_R : referans master, L_b : Cihazın sıfırlandığı başlangıç ölçümü, t ve r cihazdan okunan değer, $(t - r)$: iki blok master arasındaki uzunluk farkı olarak görülmektedir.

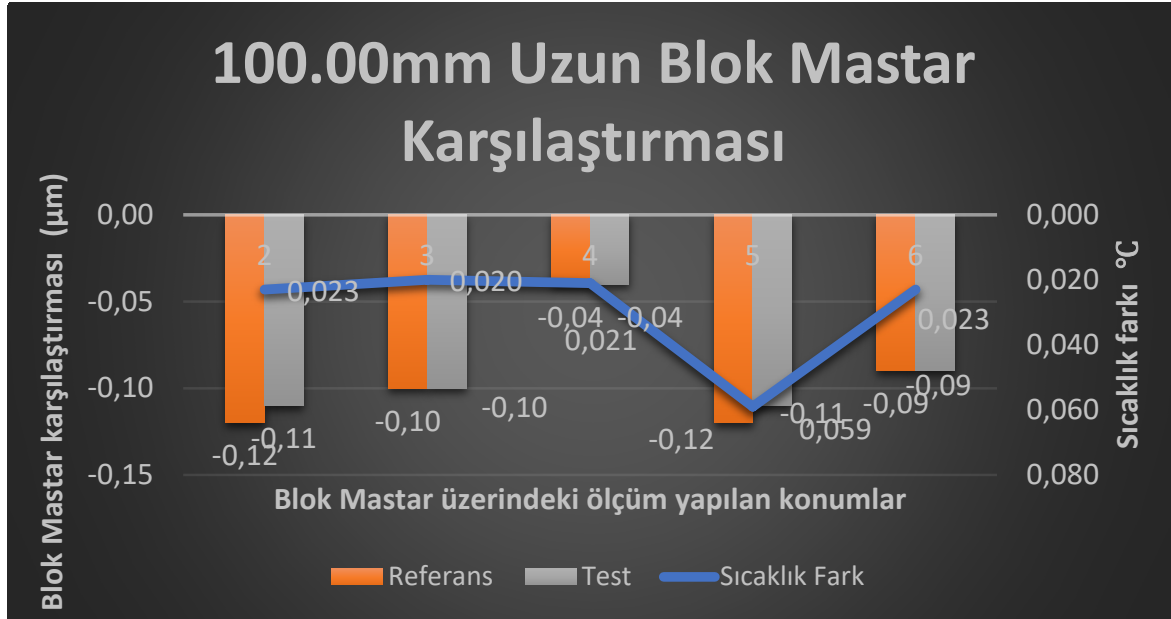
2.2. Evrensel Uzunluk Ölçüm Cihazı (ULM) ile yapılan ölçümler

ULM ile yapılan ölçümün prensibi şu şekildedir ilk etapta blok masterların üzerine yüzey sensörlü Pt-100'ler yerleştirilir akabinde ölçüm, karşılaştırma metoduna göre yapılacağından aynı değerli referans ve test mastarı ULM cihazının tablasına yerleştirilir. Referans master blok tablanın arka kısmına, test master blok tablanın ön tarafına yerleştirilir. Ölçümden önce master bloklar kesinlikle elle tutulmamalı ve mutlaka eldiven kullanılmalıdır, aksi takdirde hem sıcaklık farkı oluşabilir hem de master blokları kirlenmeye maruz kalabilir. ULM cihazının yazılımı kullanılarak ölçüm yapılacak referans mastarın nominal değeri girilip cihaz referans master için hizalanıp sıfırlanır. Bu işlem yapıldıktan sonra test mastara geçilir ve karşılaştırma metoduyla referans ve test masterlar ölçülmüş olur.

3. ÖLÇÜMLER

Bir önceki bölümde anlatılan 2 farklı ölçüm metoduyla yapılan 100 mm K Grade ve 131.4 mm tolerans 1 ve tolerans 2 kapsamında olan blok masterların, sıcaklık parametresiyle birlikte karşılaştırma ölçüm sonuçları aşağıdaki grafiklerde sırasıyla ilk olarak Paralel Blok Master Kalibratörü ve sonrasında Evrensel Uzunluk Ölçme Cihazı (ULM) olmak üzere verilmiştir. Grafiklerin açıklamaları şu şekildedir, turuncu ve mavi sütunlar referans mastarı ve test mastarını göstermektedir. Sütunların üzerinde yazan rakamlar ilgili mastarın (referans/test) ölçüm sonucudur. Mavi çizgi blok masterların üzerinde bulunan yüzey sensörlü Pt-100 termometrelerinin sıcaklık farkını göstermektedir. Sütunların başlangıç noktalarında bulunan beyaz renkte olan 2, 3, 4, 5 ve 6 rakamları master bloğun hangi noktasından ölçüm yapıldığını belirtmektedir.

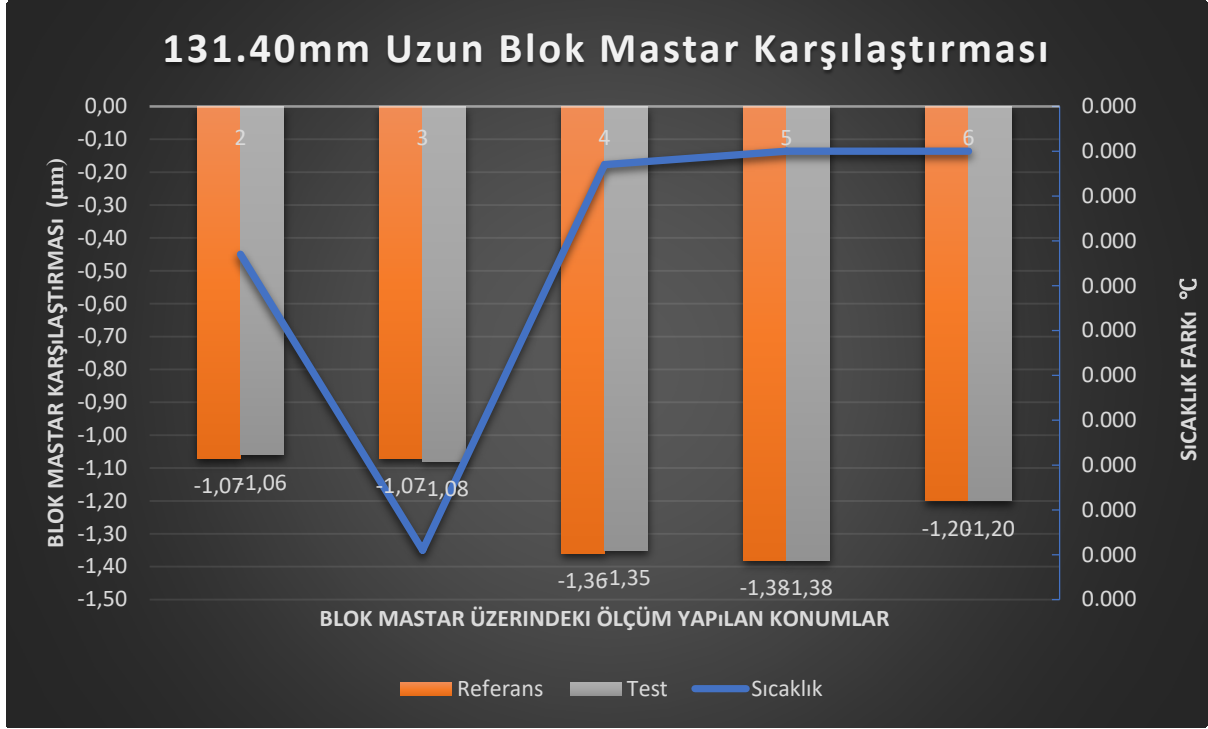
Paralel Blok Master Kalibratörü ile yapılan ölçümler Grafik 1-Grafik 4 te verilmiştir.



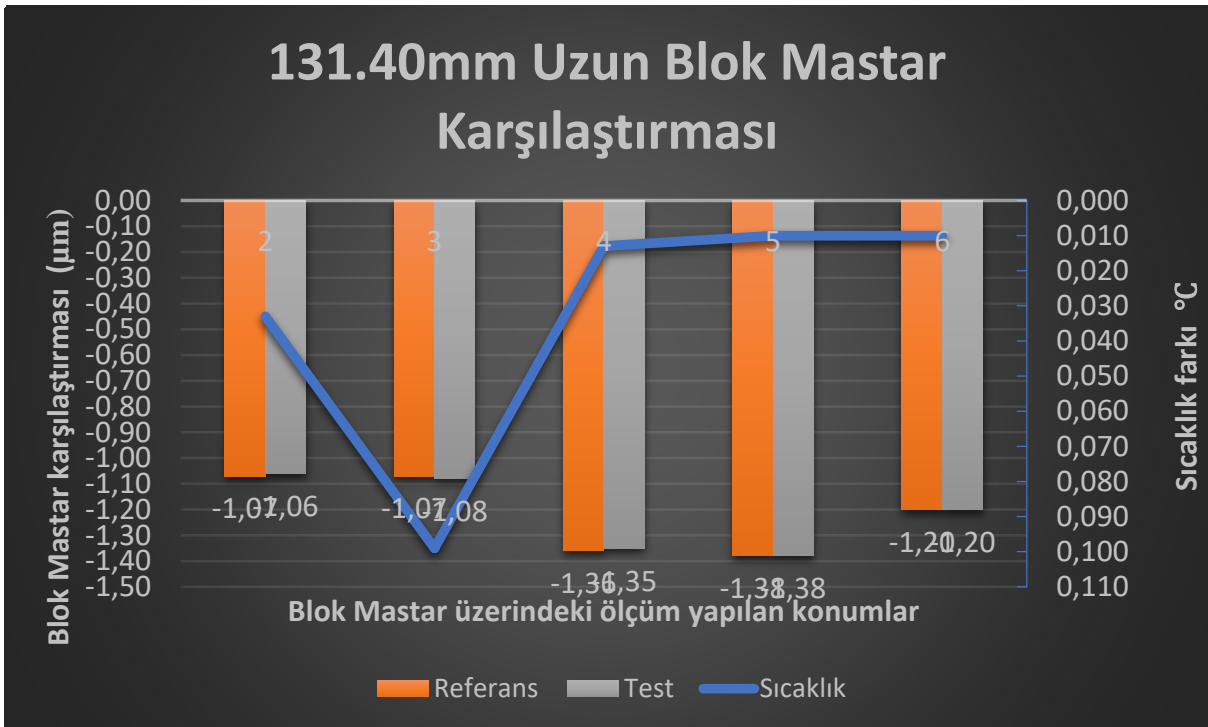
Grafik 1. 100 mm uzun blok master karşılaştırması ölçümü, referans master ve test master



Grafik 2. 100 mm uzun blok master karşılaştırması yukarıdaki ölçümde yer alan referans masterla test master yer değiştirmiştir.

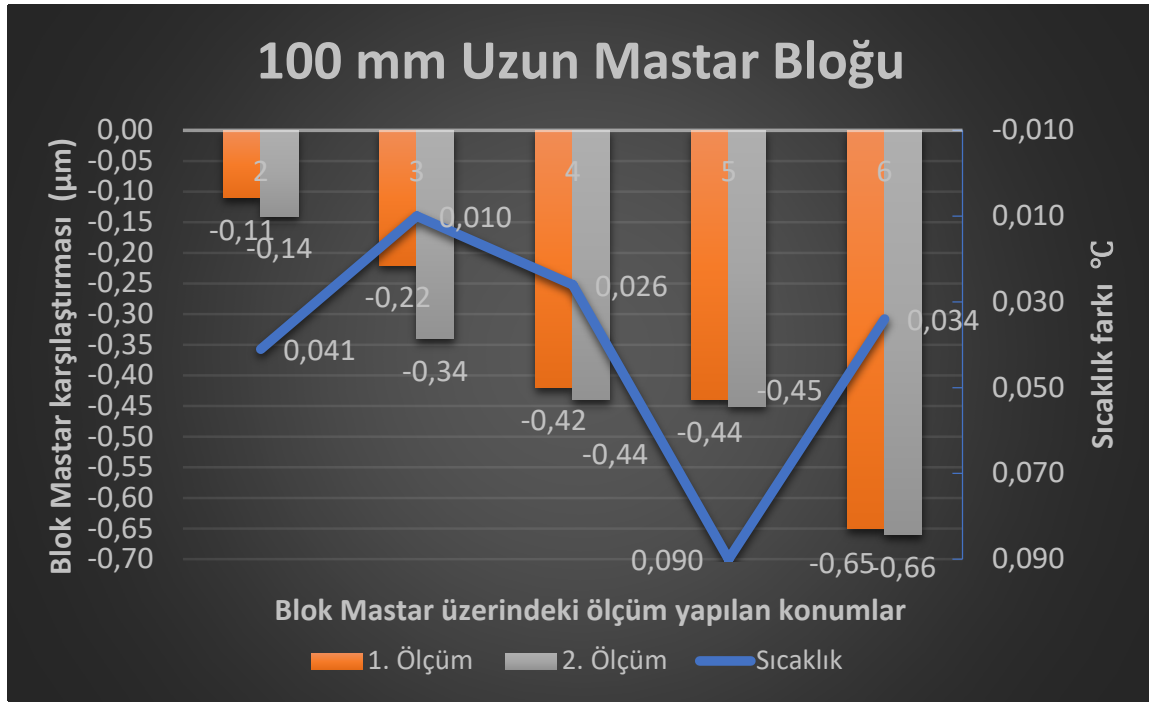


Grafik 3. 131,40 mm uzun blok master karşılaştırması ölçümü, referans master olarak tolerans 1 sınıfı test master olarak tolerans 2 sınıfı kullanılmıştır.

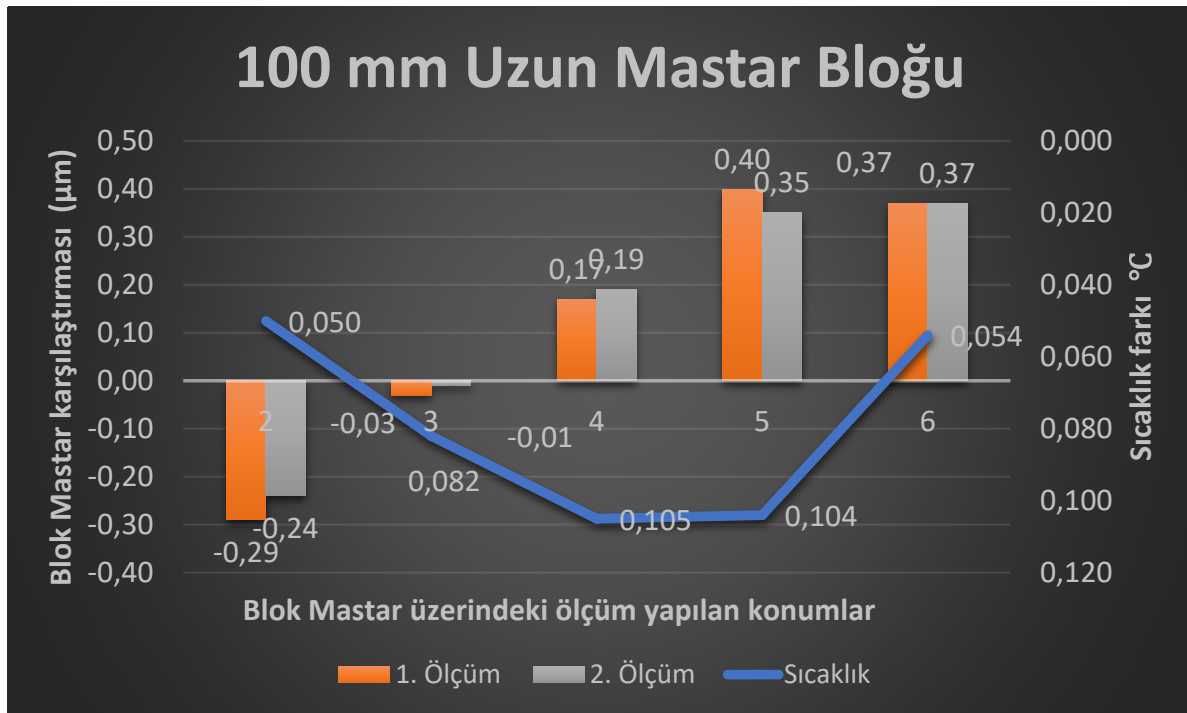


Grafik 4. 131,40 mm uzun blok master karşılaştırması ölçümü, referans master olarak tolerans 2 sınıfı test master olarak tolerans 1 sınıfı kullanılmıştır

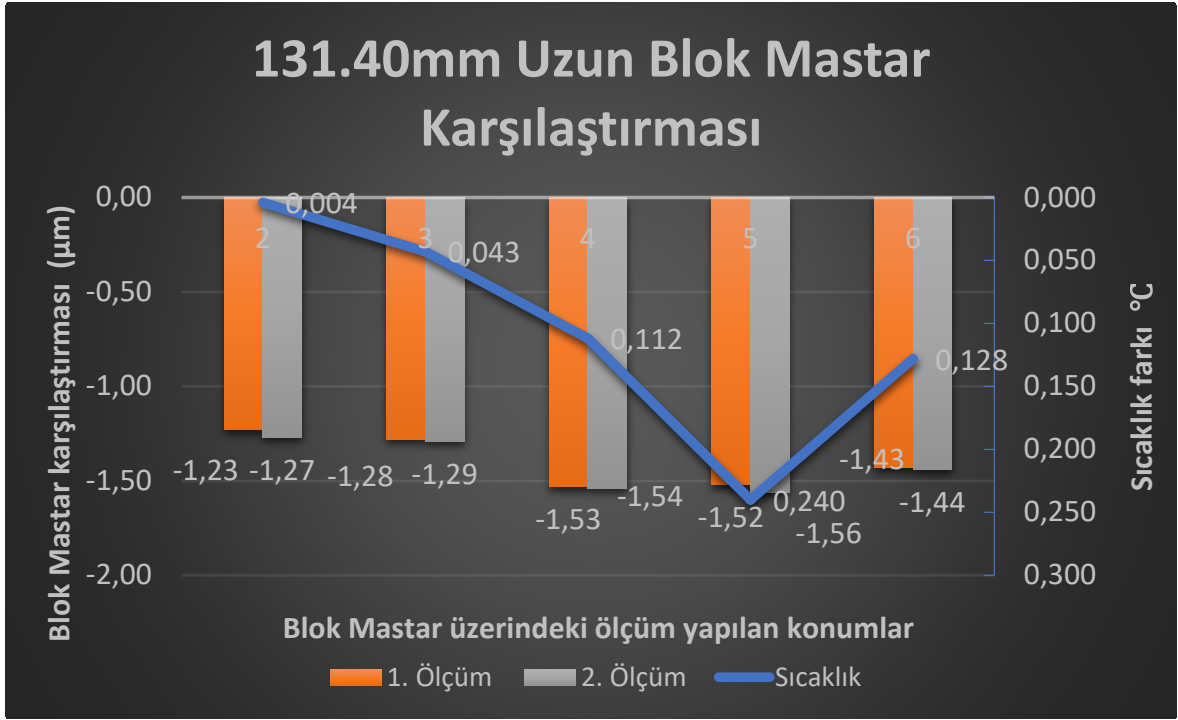
Evrensel Uzunluk Ölçme Cihazı ile yapılan Ölçümler Grafik 5-Grafik 8 de verilmiştir.



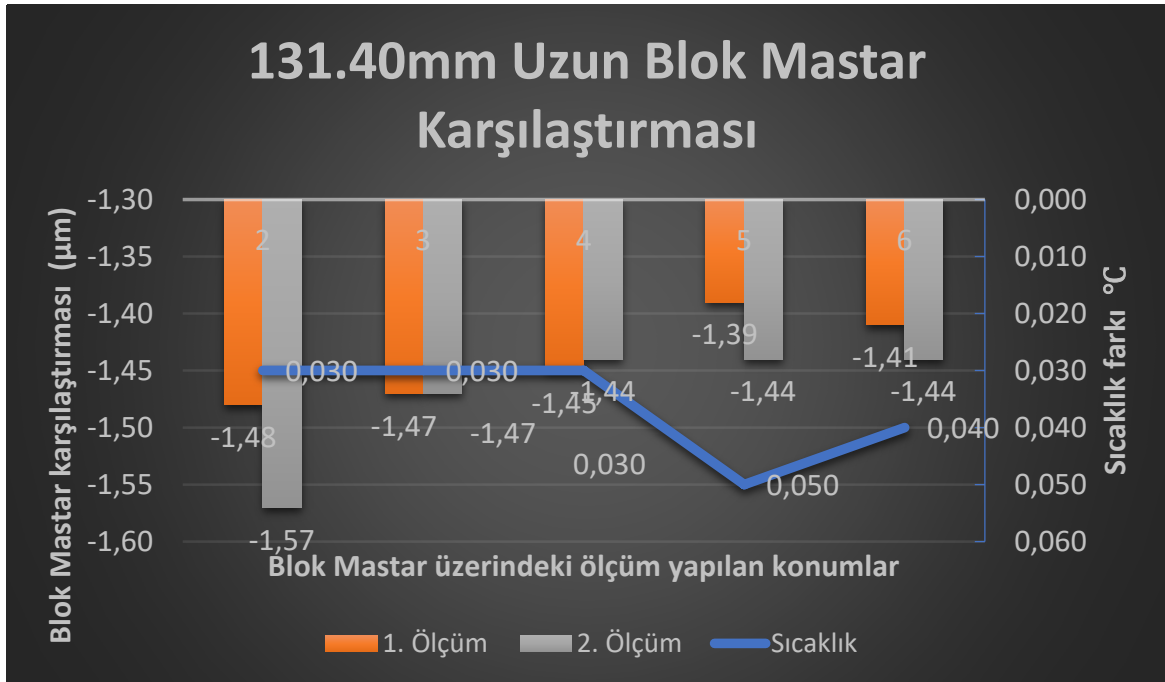
Grafik 5. 100 mm uzun blok master karşılaştırması ölçümü, referans master ve test master



Grafik 6. 100 mm uzun blok master karşılaştırması yukarıdaki ölçümde yer alan referans masterla test master yer değiştirilmiştir.



Grafik 7. 131,40 mm uzun blok master karşılaştırması ölçümü, referans master olarak tolerans 1 sınıfı test master olarak tolerans 2 sınıfı kullanılmıştır.



Grafik 8. 131,40 mm uzun blok master karşılaştırması ölçümü, referans master olarak tolerans 2 sınıfı test master olarak tolerans 1 sınıfı kullanılmıştır

SONUÇ

Uzun blok masterların ölçümünde iki farklı metot kullanılarak yapılan deneylerde, sıcaklığın blok masterlar üzerindeki etkisi irdelenmiştir. Isıl genleşme uzun blok master kullanılması gereken ve hassas ölçümün zaruri olduğu alanlarda çok önemli bir etkidir. Yapılan ölçümlerin tamamı çevre şartları olarak $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ olarak TÜRKAK tarafından akredite edilmiş olan YUKAL'da yapılmıştır. Bu sıcaklık aralığında sürekli şartlanan ölçüm cihazları ve uzun blok masterlar ölçümlerde standartların sağlamamızı beklediği toleranslardan iyi bir performans sergilemiştir. Blok Masterların arasındaki sıcaklık farkı tüm ölçümler göz önüne alındığında $0,010^{\circ}\text{C}$ ile $0,105^{\circ}\text{C}$ derece arasındadır, bu aralık ölçüm sistemimizin hassasiyetini göz önüne aldığımızda, bir değişim göstermiştir. Buna karşılık masterların kendi aralarındaki uzunluk farkları $0,00\ \mu\text{m}$ ile $0,09\ \mu\text{m}$ arasında değişmiş olup en büyük değişim $131.4\ \text{mm}$ boyundaki tolerans 2 ve tolerans 1 sınıfında bulunan blok mastarda ve aralarındaki sıcaklık farkı $0,030^{\circ}\text{C}$ iken evrensel uzunluk ölçme cihazı (ULM) ile yapılan ölçümde olmuştur. Bu tolerans sınıfı için standartların belirlediği sapmalardan çok daha düşük bir sonuç elde edilmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] DORION, T. BEERS, J. "The Gauge Block Handbook", Dimensional Metrology Group NIST
- [2] BIRCH, K.P., "An automatic absolute interferometric dilatometer", J. Phys. E: Sci. Instrum. 20 (1987) 1387-1392. Printed in the UK
- [3] YUKALPT-13 Bölüm 13 Revizyon 1
- [4] Euromet CG 02/ v 01 Calibration Of Gauge Block Comparators
- [5] YUKALPT-15 Bölüm 15 Revizyon 4
- [6] VDI/VDE/DGQ 2618 Part 3.1. Inspection of measuring and test equipment – Test instructions for gauge blocks

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet K. TORUN

1976 yılı İstanbul doğumludur. 2001 yılında İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Astronomi ve Uzay Bilimleri bölümünü, 2006 yılında Yeditepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalında Yüksek Lisansını ve 2017 yılında Yeditepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fizik Ana Bilim Dalında Doktorasını tamamlamıştır. 2007 yılından 2011 yılına kadar Yeditepe Üniversitesi Metroloji ve Kalibrasyon laboratuvarı Kalite Sistem Yönetici vekili, 2007 yılından günümüze Yeditepe Üniversitesi Fizik Bölümü PHYS 102, PHYS 308 ve PHYS 319 derslerinin laboratuvar sorumlusu, 2011 yılından 2017 yılına kadar Yeditepe Üniversitesi Metroloji ve Kalibrasyon Laboratuvarı Sıcaklık Laboratuvar yardımcısı ve 2018 yılından günümüze Boyut Laboratuvar sorumlusu olarak görevini sürdürmektedir.

Mehmet NACAR

1972 Darendede doğdum. Liseyi İzmir Atatürk lisesinde okudum. Ege Üniversitesi ve Münih Teknik Üniversitesinde (Lisans ve Yüksek lisans düzeyinde) Fizik Eğitimi aldım. Daha sonra Yeditepe Üniversitesinde farklı bir disiplin alanında (İSG) Yüksek lisans yaptım.

Egemet Kalibrasyon Firmasında Boyut alanında çalışmaya başladım. 2011 yılından beri Yeditepe Üniversitesinde Ar-Ge ve Kalibrasyon Laboratuvarında Boyut bölümünde çalışıyorum. Şu anda Boyut bölümü sorumlu vekili olarak çalışmaktayım.

Ahmet T. İNCE

1962 yılı Zara-Sivas doğumludur. 1992 yılında, İngiltere, Manchester Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Enstitüsü, Enstrümantasyon ve Analitik Bilim bölümünden (DIAS-UMIST) doktorasını almıştır. 1992–1994 yılları arasında doktora sonrası çalışmalarında Londra Üniversitesinde devam etmiştir. 1993 – 1998 yılları arasında TÜBİTAK UME’ de Fizik grup Başkanı ve Sıcaklık Laboratuvarı sorumlusu olarak çalışmıştır. 1997 yılında Doçentlik ve 2002 yılında da Profesörlük ünvanını almıştır. 1998 yılında Yeditepe Üniversitesi Fizik Bölüm Başkanı olarak çalışmaya başlamıştır. 2002-2005 yılları arası Yeditepe Üniversitesi Fen–Edebiyat Fakültesi Dekan yardımcılığı görevini yapmıştır. 2005 yılından bu yana ise aynı fakültenin dekanlık görevini sürdürmektedir. 2016-2018 yılları arasında Yeditepe Üniversitesi Rektör Yardımcılığı görevinde bulunmuştur. 2012 yılından bu yana TÜBİTAK-UME Sıcaklık laboratuvarının danışmanlığını yapmaktadır. Ayrıca, TÜRKAK denetçisi, Baş Denetçisi olarak görev almakta olup, yaklaşık 8 yıl TÜRKAK Sektör Komitesi Başkanlığı yapmıştır.