

# ELEKTRİKSEL BÜYÜKLÜKLERDE ULUSLARARASI KARŞILAŞTIRMA SONUÇLARI

Şahin Özgül, Saliha Selçik, Beylan Akyel  
TÜBİTAK - Ulusal Metroloji Enstitüsü(UME)

## ÖZET

*PTB'nin öncülüğünde, 1995 - 1996 yılları arasında, UME Gerilim Laboratuvarı ile Kenya (KBS), Ürdün (RSS), Mısır (NIS) ve Almanya (PTB) nin katıldığı, elektriksel büyüklükler alanında uluslararası karşılaştırma yapılmıştır. Bu bildiri, söz konusu karşılaştırmada yapılan ölçümler ve sonuçları sunulacaktır.*

*Anahtar Kelimeler: Karşılaştırma, standart, ac/dc gerilim, ac/dc akım, direnç.*

## 1. GİRİŞ

Elektriksel büyüklükler alanındaki uluslararası karşılaştırmaya PTB (Physikalisch-Technische Bundesanstalt) Almanya, KBS (Kenya Bureau of Standards) Kenya, RSS (Royal Scientific Society) Ürdün, NIS (National Institute For Standards) Mısır ve UME (Ulusal Metroloji Enstitüsü) Türkiye katılmıştır. Karşılaştırma için pilot laboratuvar olarak PTB'nin laboratuvarı, karşılaştırma cihazı olarak da çok-fonksiyonlu transfer standart Datron 4950 seçilmiştir.

## 2. KARŞILAŞTIRMA YÖNTEMİ

Datron 4950 Çok-fonksiyonlu Transfer Standart ilk olarak PTB'de ölçülmüştür. Daha sonra UME'ye gönderilip ölçümler tamamlanmıştır ve PTB'ye geri gönderildikten sonra burada ölçümler tekrar yapılmıştır. Aynı yöntemle diğer ülkelerde de sıra ile ölçümler tekrarlanmıştır.

## 3. UME GERİLİM LABORATUVARINDA UYGULANAN ÖLÇÜM YÖNTEMİ

DC gerilim (DCV), AC gerilim (ACV), DC akım (DCI), AC akım (ACI) ve DC direnç (DCR) büyüklüklerinin ölçümleri yapılmıştır. Bu ölçümler 08.12.1995 ile 09.01.1996 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Ölçülen cihaz PTB'ye ait Datron 4950 çok-fonksiyonlu transfer standarttır. Ölçümlerde referans standart olarak Fluke 5700A çok-fonksiyonlu kalibratör kullanılmıştır. Karşılaştırma için kalibrasyonu yapılan noktalar tablo 1'de gösterilmiştir. Ayrıca 10 V ölçüm bölgesinde 1 V, 2 V, 5 V, 10 V ve -10 V noktalarında cihazın doğrusallık ölçümleri yapılmıştır. 50 Hz, 60 Hz ve 1 kHz frekanslarında ac gerilim ve ac akım kalibrasyonu yapılmıştır.



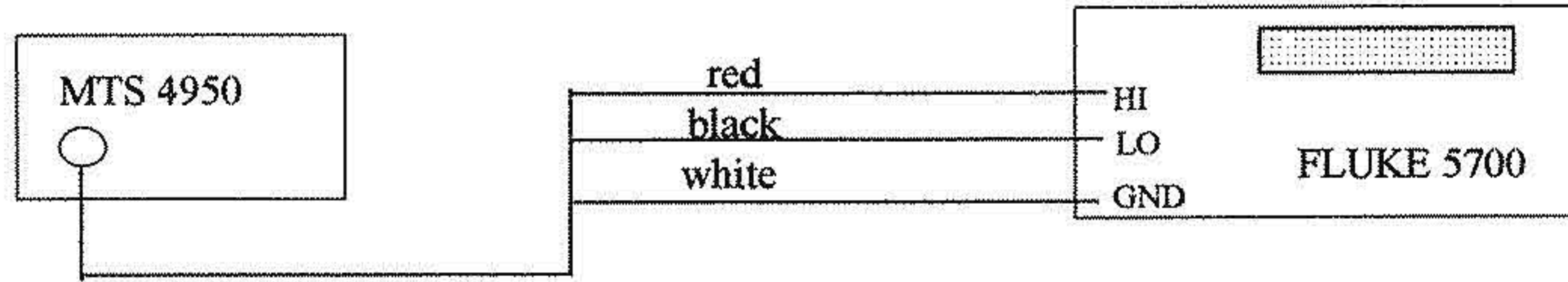
**Tablo1. Karşılaştırma noktaları.**

DCV	DCI	DCR	ACV	ACI
100 mV	100 $\mu$ A	10 $\Omega$	1 V	10 mA
1 V	1 mA	100 $\Omega$	10 V	100 mA
10 V	10 mA	1 k $\Omega$	100 V	1 A
100 V	100 mA	10 k $\Omega$	1000 V	
1000 V		100 k $\Omega$		
		1 M $\Omega$		

#### 4. ÖLÇÜM ŞARTLARI

Gerilim Laboratuvarının ortam sıcaklığı ( $23\pm 1$ ) $^{\circ}$ C, bağıl nemi  $\%(45\pm 5)$  dir. Fluke 5700A ve MTS 4950 cihazları tüm karşılaştırma süresi boyunca açık bırakılmıştır. Ölçümlere başlamadan önce cihazların self-kalibrasyonları yapılmıştır. MTS 4950 ile kalibratörün ölçümlerde kullanılan bağlantı devreleri şekil 1'deki blok diyagramda gösterilmiştir.

Çok-fonksiyonlu transfer standardı olan Datron 4950'nin kalibrasyonu, dc gerilim, dc akım, ac gerilim, ac akım ve dc direnç değerleri UME (Gerilim Laboratuvarı)'nın çalışma standardı olan Fluke 5700A'dan doğrudan uygulanarak gerçekleştirilmiştir. Karşılaştırma süresince her değer için 20 bağımsız ölçüm alınmıştır. Bu ölçümlerin ortalama değerleri tablo 2,3,4,5 ve 6 'da verilmiştir.



**Şekil 1. Karşılaştırmada kullanılan bağlantı şeması**



**Tablo 2. DC Gerilim**

Aralık	Uygulanan Değer	Ölçülen Değer	Belirsizlik ( $\times 10^{-6}$ )		
			$U_B(1\sigma)$	$U_A(1\sigma)$	$U(2\sigma)$
100 mV	0.1 V	99.99937 mV	3	0.37	6
1 V	1 V	1.0000029 V	1	0.06	2
10 V	1 V	0.999995 V	1	0.21	2
	2 V	1.999999 V	2.5	0.13	5
	5 V	5.000017 V	2.5	0.05	5
	10 V	10.000043 V	2.5	0.03	5
	-10 V	-10.000044 V	2.5	0.03	5
100 V	100 V	100.00034 V	2.5	0.02	5
1000 V	1000 V	1000.0025 V	2.5	0.04	5

**Tablo 3. DC Akım**

Aralık	Uygulanan Değer	Ölçülen Değer	Belirsizlik ( $\times 10^{-6}$ )		
			$U_B(1\sigma)$	$U_A(1\sigma)$	$U(2\sigma)$
100 $\mu$ A	100 $\mu$ A	99.9996 $\mu$ A	10	0.44	20
1 mA	1 mA	0.999989 mA	10	0.34	20
10 mA	10 mA	10.00009 mA	10	0.16	20
100 mA	100 mA	100.0028 mA	10	0.20	20

**Tablo 4. AC Akım**

Aralık	Uygulanan Değer	Ölçülen Değer	Belirsizlik ( $\times 10^{-6}$ )		
			$U_B(1\sigma)$	$U_A(1\sigma)$	$U(2\sigma)$
10 mA	10 mA, 50 Hz	9.99985 mA	10	1.26	20
	10 mA, 60 Hz	9.99983 mA	10	1.30	20
	10 mA, 1 kHz	9.99951 mA	10	1.11	20
100 mA	100 mA, 50 Hz	100.0021 mA	17	1.28	35
	100 mA, 60 Hz	100.0024 mA	17	1.02	35
	100 mA, 1 kHz	100.0042 mA	17	1.14	35
1 A	1 A, 50 Hz	0.999993 A	20	2.49	40
	1 A, 60 Hz	1.000022 A	20	1.25	40
	1 A, 1 kHz	0.999998 A	20	1.73	40



**Tablo 5. AC Gerilim**

Aralık	Uygulanan Değer	Ölçülen Değer	Belirsizlik ( $\times 10^{-6}$ )		
			$U_B(1\sigma)$	$U_A(1\sigma)$	$U(2\sigma)$
1 V	1 V, 50 Hz	1.000011 V	30	0.62	60
	1 V, 60 Hz	1.000010 V	30	0.64	60
	1 V, 1 kHz	1.000010 V	25	0.70	50
10 V	10 V, 50 Hz	10.00005 V	15	0.57	30
	10 V, 60 Hz	10.00004 V	15	0.31	30
	10 V, 1 kHz	10.00006 V	10	0.33	20
100 V	100 V, 50 Hz	100.0018 V	15	0.41	30
	100 V, 60 Hz	100.0017 V	15	0.89	30
	100 V, 1 kHz	100.0014 V	15	0.39	30
1000 V	1000 V, 50 Hz	1000.019 V	30	0.83	60
	1000 V, 60 Hz	1000.013 V	30	0.39	60
	1000 V, 1 kHz	1000.012 V	30	0.47	60

**Tablo 6. DC Direnç**

Aralık	Uygulanan Değer	Ölçülen Değer	Belirsizlik ( $\times 10^{-6}$ )		
			$U_B(1\sigma)$	$U_A(1\sigma)$	$U(2\sigma)$
10 $\Omega$	9.999908 $\Omega$	9.999839 $\Omega$	5	1.33	10
100 $\Omega$	99.99169 $\Omega$	99.99213 $\Omega$	5	0.08	10
1 k $\Omega$	0.9999131 k $\Omega$	0.9999150 k $\Omega$	5	0.05	10
10 k $\Omega$	9.999879 k $\Omega$	9.999872 k $\Omega$	5	0.07	10
100 k $\Omega$	99.99952 k $\Omega$	99.99925 k $\Omega$	5	0.04	10
1 M $\Omega$	0.9999603 M $\Omega$	0.9999600 M $\Omega$	15	0.06	30

### 5. BELİRSİZLİK

MTS 4950 sertifikalandırılırken ölçümlerdeki belirsizlik değeri  $U(2\sigma)$  olarak ifade edilir. Tip A belirsizliği  $u_A$  ve tip B belirsizliği  $u_B$  (ikiside  $1\sigma$  değerinde) değerlerinden aşağıdaki ifade kullanılarak,  $u$  değeri hesaplanır.

$$U = k \times \sqrt{u_B^2 + u_A^2} = k \times u_c$$

Burada  $2\sigma$  kalibrasyon belirsizliği için (% 95 güvenirlilik seviyesi)  $k=2$  alınmıştır. Tip A belirsizliği  $u_A$ , her değer için 20 ölçüm alınarak aşağıdaki bağıntı ile hesaplanmıştır.

$$u_A = \frac{S(v)}{\sqrt{n}}$$



Burada  $S(v)$ ,  $v$  ölçümlerinin standart sapması,  $n$  ölçüm sayısıdır. Belirsizlik hesapları için aşağıdaki gibi bir örnek verebiliriz.

Fluke 5700A kalibratörün dc gerilim çıkışı MTS 4950 çok-fonksiyonlu transfer standardı kullanılarak doğrudan ölçülmüştür. 100 V dc gerilim kalibrasyon noktası için ölçüm sonuçları tablo 7'de verilmiştir.

**Tablo 7. 100 V DC Gerilim değeri sonuçları.**

Ölçüm Sayısı	$V_i$	$(V_i - \bar{V}) \times 10^{-5}$	$(V_i - \bar{V})^2 \times 10^{-10}$
1	100.00034	-0.15	0.02
2	100.00035	0.85	0.72
3	100.00035	0.85	0.72
4	100.00035	0.85	0.72
5	100.00034	-0.15	0.02
6	100.00035	0.85	0.72
7	100.00034	-0.15	0.02
8	100.00034	-0.15	0.02
9	100.00037	2.85	8.12
10	100.00033	-1.15	1.32
11	100.00033	-1.15	1.32
12	100.00034	-0.15	0.02
13	100.00034	-0.15	0.02
14	100.00033	-1.15	1.32
15	100.00032	-2.15	4.62
16	100.00035	0.85	0.72
17	100.00033	-1.15	1.32
18	100.00034	-0.15	0.02
19	100.00035	0.85	0.72
20	100.00034	-0.15	0.02
$\Sigma$	2000.00683	0	22.55
Ortalama ( $\bar{v}$ )	100.00034		

DC gerilimin aritmetik ortalama değeri  $\bar{V}$  dir.

$$\bar{V} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n V_i = \frac{2000.00683}{20} = 100.00034 \text{ V}$$

Burada  $n=20$  dir.

Ölçüm değerlerinin standart sapması  $S(v)$  aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.



$$S(v) = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^{20} (V_i - \bar{V})^2} = \sqrt{\frac{22.55 \times 10^{-10}}{19}} = 10.9 \times 10^{-6} \text{ V}$$

Variyans değeri  $S(\bar{v})^2$  aşağıdaki şekilde verilir.

$$S(\bar{v})^2 = \frac{S(v)^2}{n} = \frac{(10.9 \times 10^{-6})^2}{20} = \frac{1.19 \times 10^{-10}}{20} = 5.93 \times 10^{-12} \text{ V}^2 = u_A^2$$

Referans Fluke 5700A kalibratörün'den gelen ölçüm hatası aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$u_1^2 = \left( \frac{3.5 \times 10^{-6} \times 100}{2} \right)^2 = 3.06 \times 10^{-8} \text{ V}^2$$

Kalibratörün çıkış geriliminin 30 günlük kararlılığı aşağıdaki bağıntı ile bulunur.

$$u_2^2 = \frac{1}{3} (2 \times 10^{-6} \times 100)^2 = 1.33 \times 10^{-8} \text{ V}^2$$

Tip B belirsizliği aşağıdaki bağıntı ile hesaplanır.

$$\begin{aligned} u_B^2 &= u_1^2 + u_2^2 \\ &= 3.06 \times 10^{-8} + 1.33 \times 10^{-8} \\ &= 4.39 \times 10^{-8} \end{aligned}$$

Ölçüm varyansı aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$\begin{aligned} u^2 &= u_B^2 + u_A^2 \\ &= 5.93 \times 10^{-12} + 4.39 \times 10^{-8} \\ &= 4.39 \times 10^{-8} \text{ V}^2 \end{aligned}$$

Birleşik belirsizlik değeri ( $1\sigma$ ) olarak aşağıdaki ifade ile hesaplanır.

$$u_c = \sqrt{4.39 \times 10^{-8}} \text{ V} = 2.10 \times 10^{-4} \text{ V}$$

%95 güvenilirlik seviyesinde ölçümün belirsizlik değeri U şeklinde verilir.

$$U = k \times u_c = 2 \times 2.10 \times 10^{-4} \text{ V} = 0.419 \text{ mV}$$

Ölçüm sonucu aşağıdaki şekilde de ifade edilir.

$$y \pm U = (100.00034 \pm 0.419 \times 10^{-3}) \text{ V}$$

Bağıl belirsizlik değeri ise aşağıdaki gibi ifade edilir.

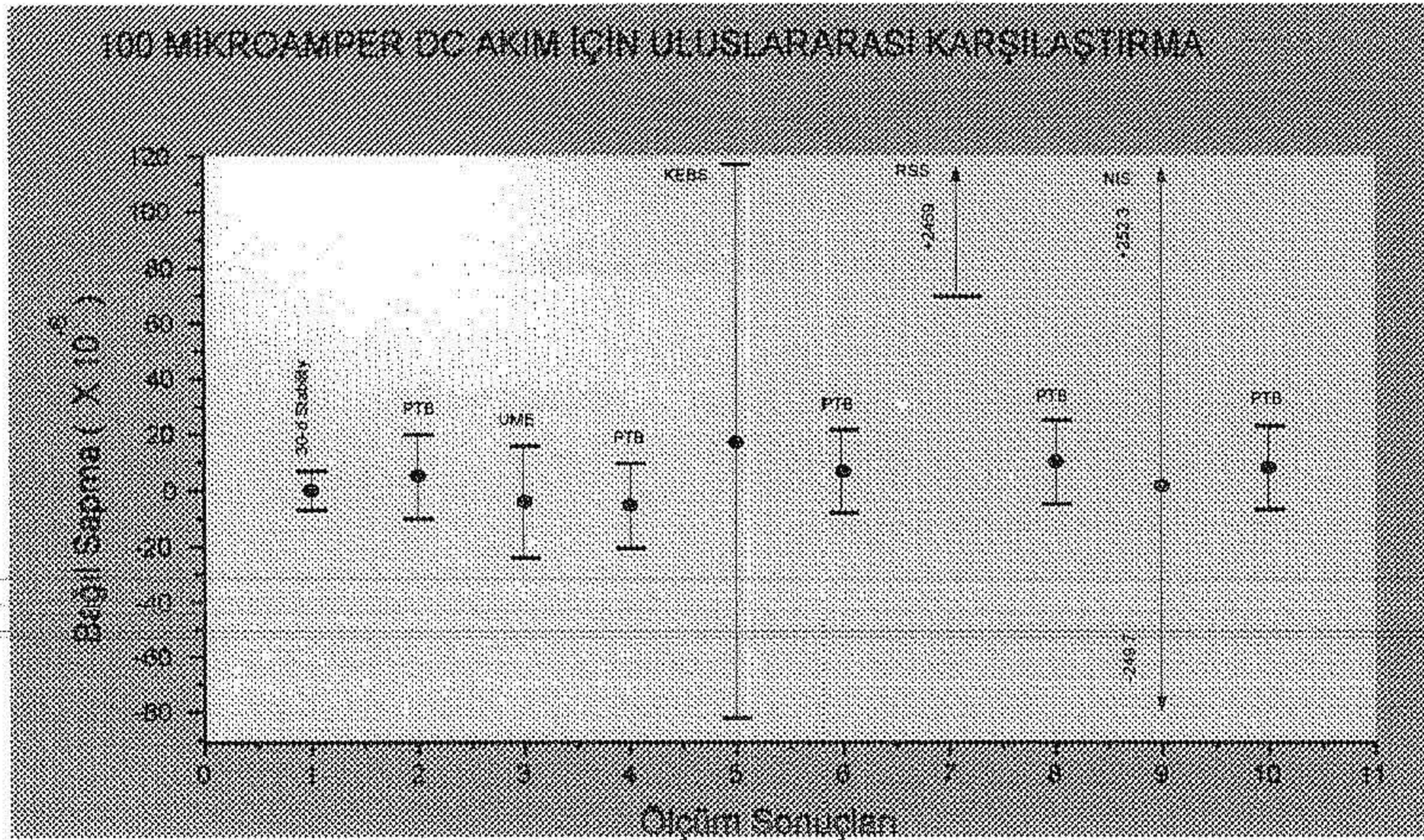
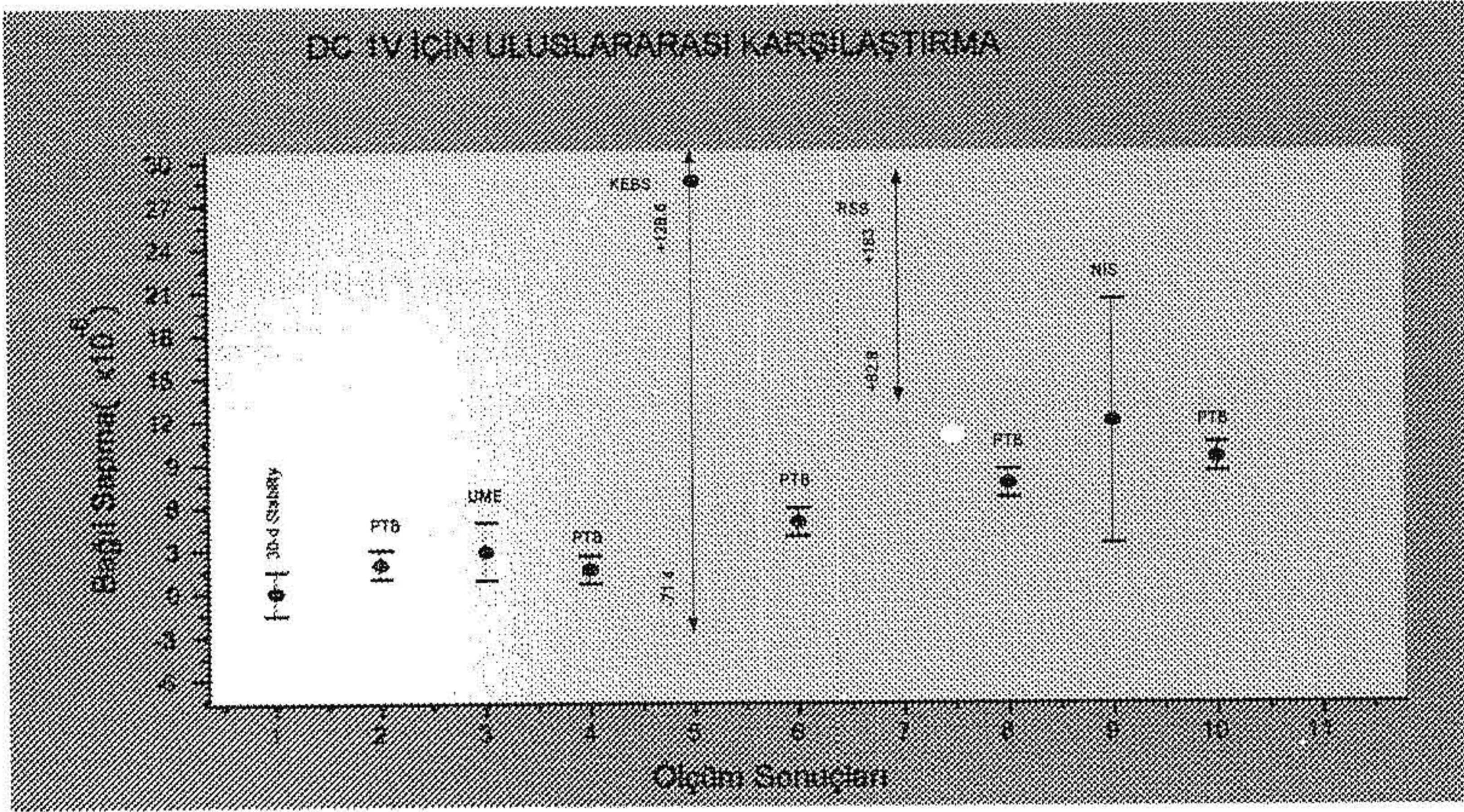
$$U_R = \frac{U}{V} \cong 5 \times 10^{-6}$$

## 6. KARŞILAŞTIRMA SONUÇLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Bu karşılaştırma sonuçları Nisan 1997 tarihinde Kahire (Mısır) da yapılan bir seminer ile açıklanmıştır. Karşılaştırma sonuçları Ek-1'de gösterilmiştir. Bu sonuçlara göre UME Gerilim Laboratuvarının ölçüm sonuçlarının PTB'nin sonuçlarına çok yakın olduğu görülmektedir. Bu da izlenebilirlik açısından bakıldığında, uluslararası izlenebilirliğin UME Gerilim Laboratuvarı tarafından gerçekleştirildiğini kanıtlamış olmaktadır. Böylece UME tarafından yapılan ölçüm ve kalibrasyonların güvenilirliği, uluslararası alanda belgelenmiş olmaktadır.

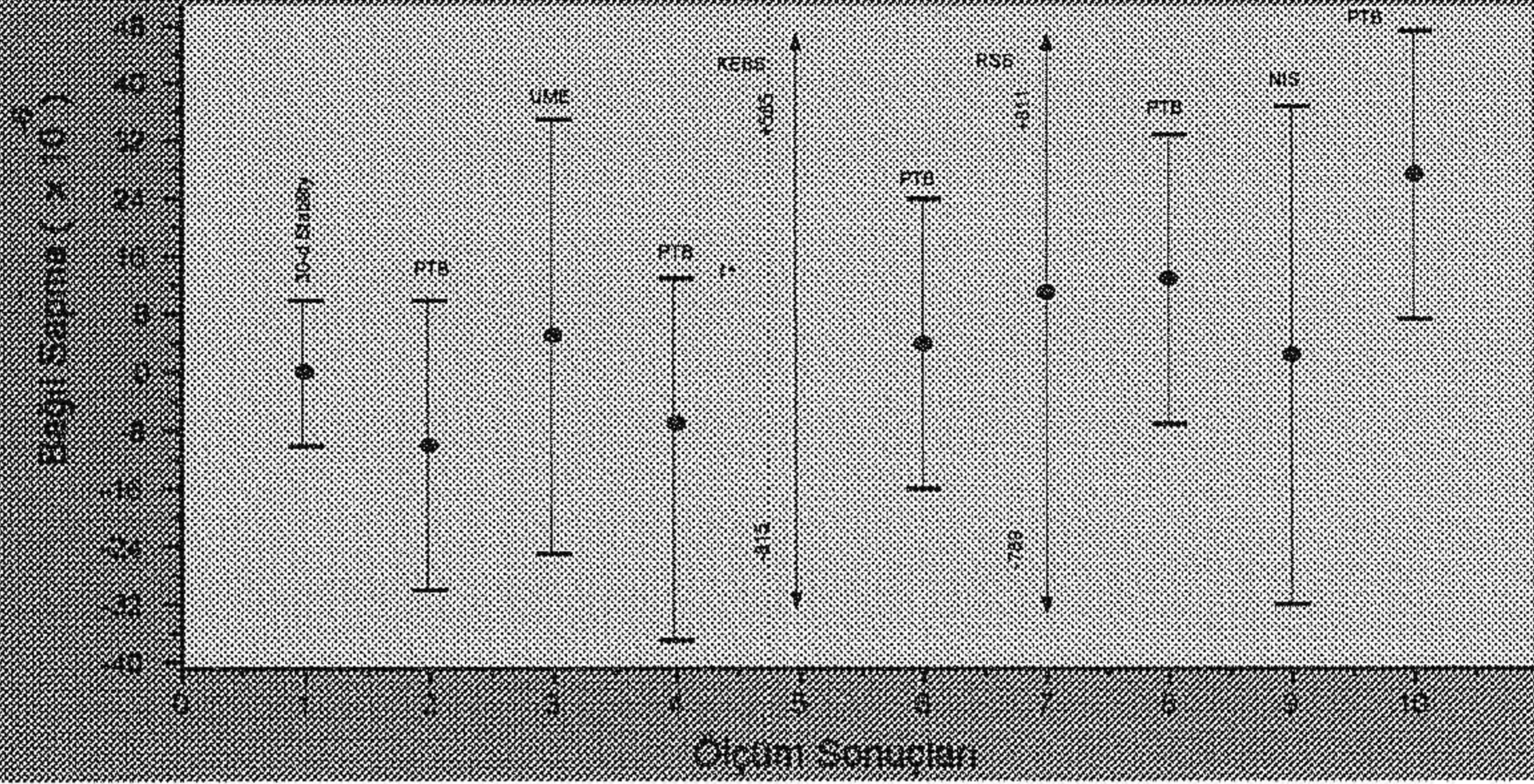


Ek - 1 Elektriksel büyüklüklerin uluslararası karşılaştırma sonuçları

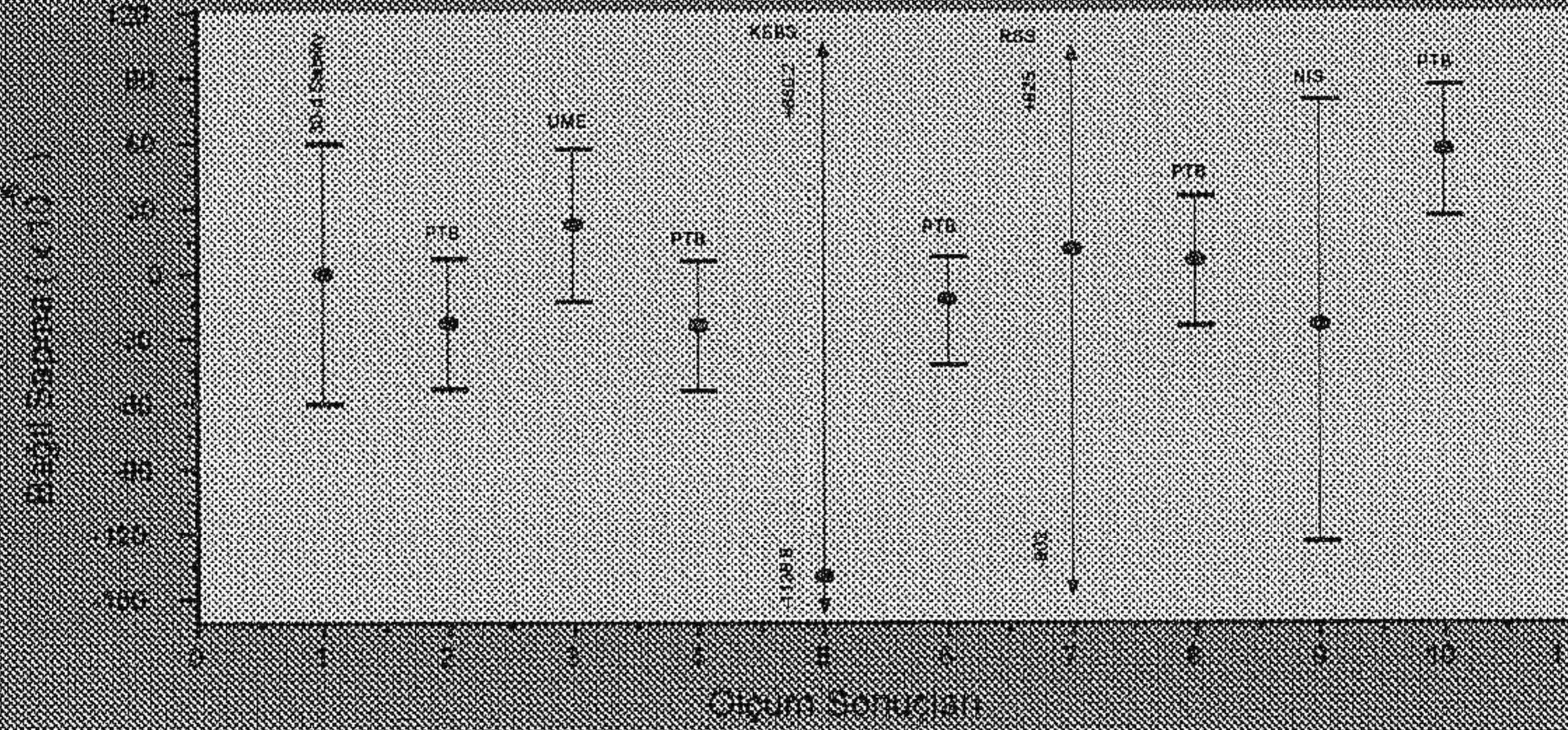




10V 55Hz AC GERİLİM İÇİN ULUSLARARASI KARŞILAŞTIRMA



100 mA 55Hz AC AKIMI İÇİN ULUSLARARASI KARŞILAŞTIRMA





Kontr. ÇİNÜLİBLARAPASİ KAPSLAŞTRMA

