

# Aktif Radon Detektörlerinin Marmara Bölgesi Deprem Çalışmalarında Kullanılmak Üzere Dizaynı ve Üretimi

ÖĞR. GÖR. DR. M. ERHAN EMIRHAN – İÜ FEN FAKÜLTESİ FIZIK BÖLÜMÜ NÜKLLER FIZIK ABD  
PROF. DR. CENAP ŞAHABETTİN ÖZBEN - İTÜ FEN EDEBİYAT FAKÜLTESİ FIZIK MÜHENDİSLİĞİ  
BÖLÜMÜ

# TÜBİTAK-1005

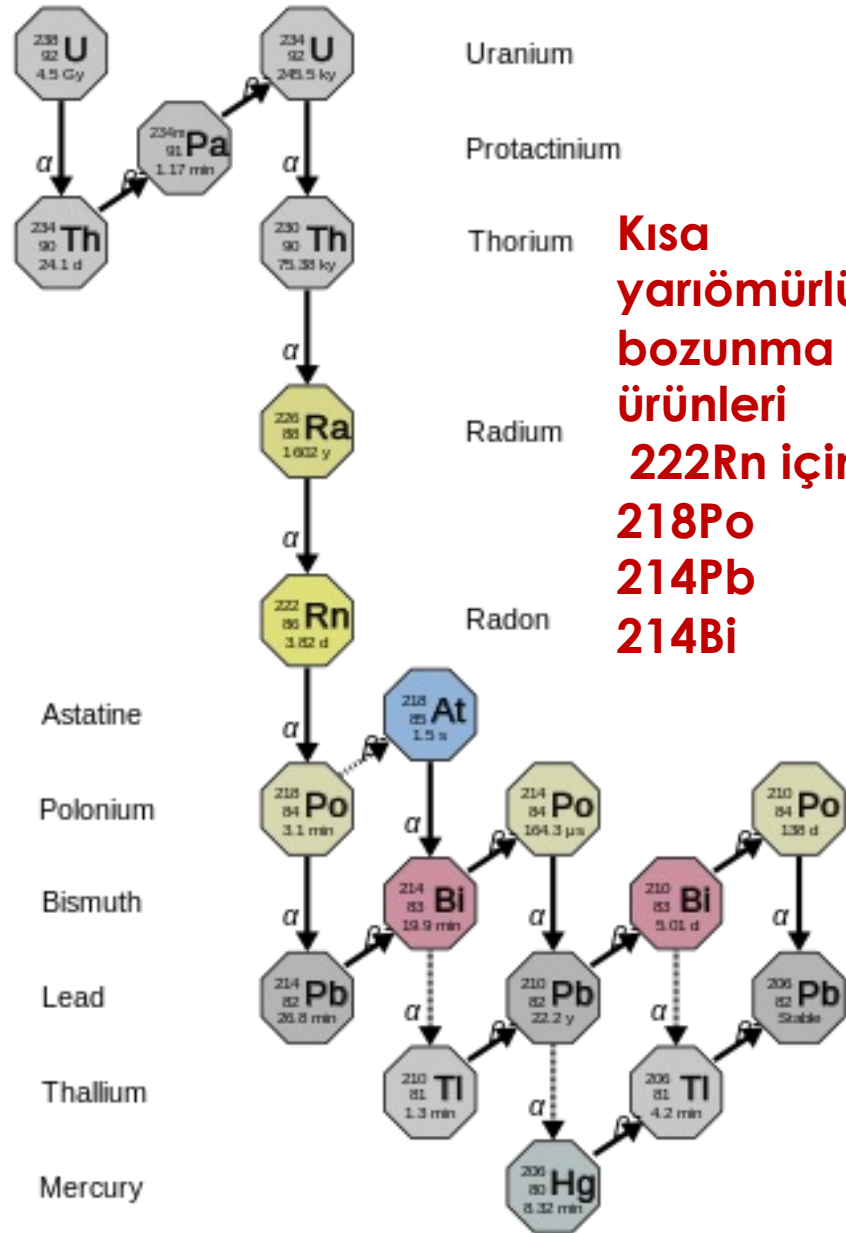
Kompakt ve Tümüleşik, Kendi Kendine Yeterli Aktif Radon  
Detektörünün Tasarımı ve Prototip Üretimi

Yürütücü: Erhan Emirhan  
120F007

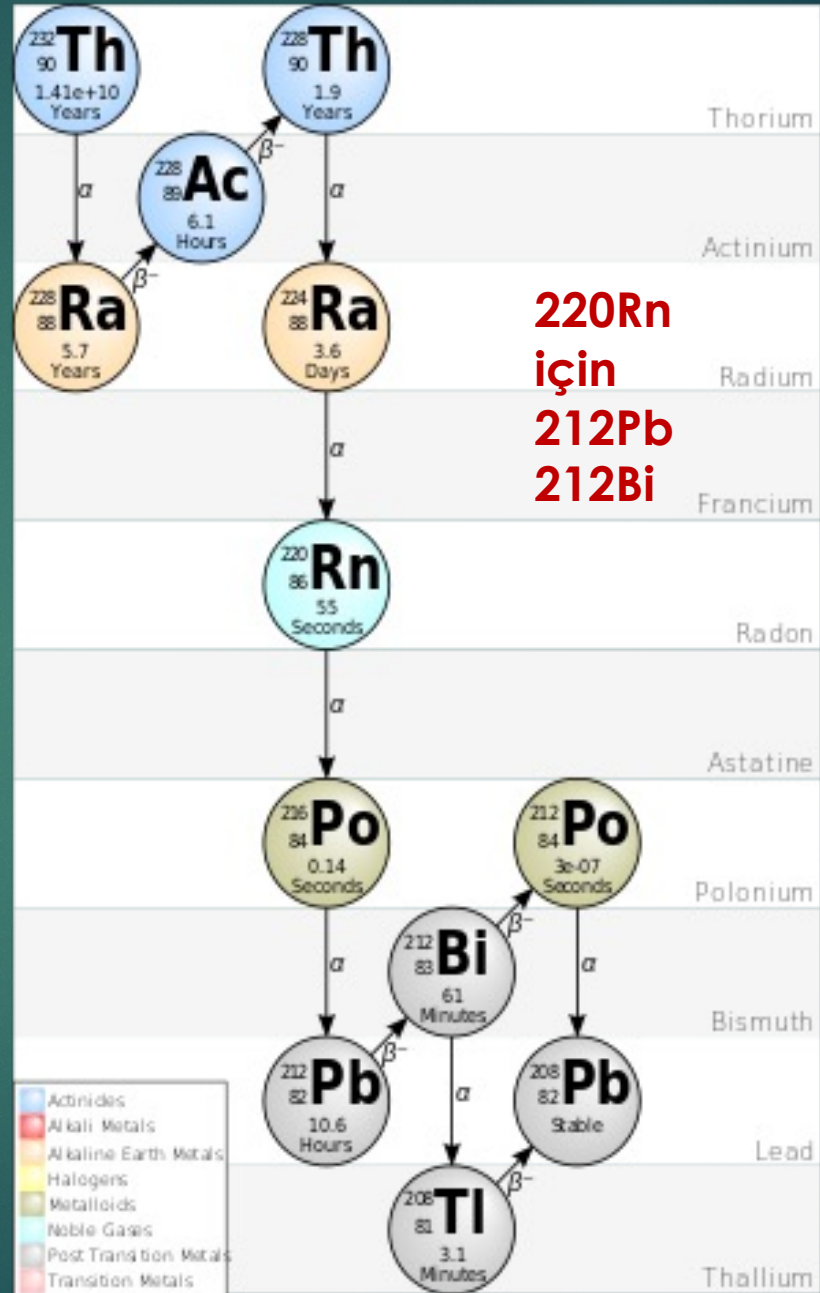
# TÜBİTAK-1001

Radon Konsantrasyonunun Marmara Bölgesindeki Fay Zonlarında  
10T Donanımlı Yerli Radon

Detektörleri ile İzlenmesi  
Yürütücü: Cenap Özben  
121F215



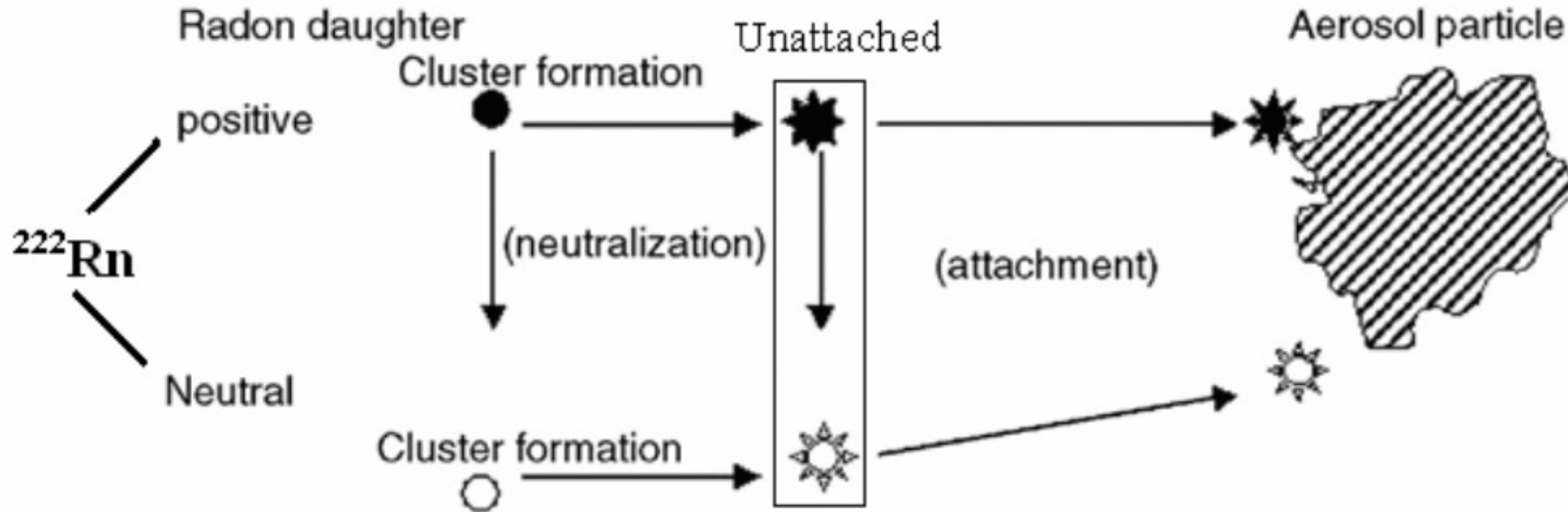
**Kısa yarıömürlü bozunma ürünleri**  
**222Rn için**  
**218Po**  
**214Pb**  
**214Bi**



**220Rn için**  
**212Pb**  
**212Bi**

- Actinides
- Alkali Metals
- Alkaline Earth Metals
- Halogens
- Metalloids
- Noble Gases
- Post Transition Metals
- Transition Metals

# Taşınma mekanizması



**Fig. 1:** Formation of radioactive aerosols.

# İzotoplar

- ▶ 39 izotop
- ▶  $^{211}\text{Rn}$  14.6 saat
- ▶  $^{210}\text{Rn}$  2.4 saat
- ▶  $^{224}\text{Rn}$  1.8 saat
- ▶  $^{222}\text{Rn}$  3.8235 gün
- ▶ Monoatomik gaz
- ▶ Havadan ağır (9.73 kg/m<sup>3</sup>)
- ▶ Suda çözünebilir
- ▶ Bozunma ürünleri iyonize kendisi değil

# Bağımlılıklar

- Cevher tenörü
- Mineralojisi
- Tane boyutu
- Nem içeriği
- Atmosfer basıncı, nem, sıcaklık, mevsim, yağış, rüzgar
- Yer altı yapısı

**Table 1**  
Summary of state-of-the-art studies on indoor radon prediction.

Reference	Purpose	Data size	Model	Performance
<b>Statistical models</b>				
<b>1. Spatial inference</b>				
[18]	Predict indoor radon concentration at the ground-floor level of buildings	1.2 million indoor radon records in Europe	Interpolation techniques, i.e., inverse distance weighting, ordinary kriging, collocated cokriging, regression kriging	$R^2_{IDW} = 0.1001$ $R^2_{OK} = 0.3457$ $R^2_{CCK} = 0.3512$ $R^2_{RK} = 0.3687$
<b>Machine learning models</b>				
<b>1. Regressions</b>				
[16]	Predict and map national indoor radon concentrations	238,769 indoor radon records from 148,458 houses in Switzerland	Kernel regression, probability estimation	$R^2 = 0.28$
[15]	Delineate spatial clusters of radon-prone areas	2,382 indoor radon records from the Abruzzo, Italy	Bayesian spatial quantile regression, stepwise analysis	N/A
[19]	Estimate the indoor radon concentrations	123,000 indoor radon records from Sweden	Multivariate adaptive regression splines	$R^2_{All} = 0.13$ $R^2_{Singlefamily} = 0.14$ $R^2_{Multifamily} = 0.13$ $R^2_{School} = 0.08$ $R^2_{Others} = 0.03$
<b>2. Decision trees</b>				
[17]	Classify lithological units automatically and improve radon prediction	238,769 indoor radon records from 148,458 houses in Switzerland	Random forest, Bayesian additive regression trees, k-medoid clustering	$R^2_{RF} = 0.33$ $R^2_{BART} = 0.29$
[20]	Estimate the indoor radon concentrations	123,000 indoor radon records from Sweden	Random forest	$R^2_{All} = 0.24$ $R^2_{Singlefamily} = 0.21$ $R^2_{Multifamily} = 0.28$ $R^2_{School} = 0.06$ $R^2_{Others} = 0.02$

### 3. Artificial neural networks

[14]	Predict and benchmark indoor radon	192 indoor radon records from tertiary institutions in Nigeria	Feed-forward backpropagation neural network	AVE = 0.05 MAE = 0.02 RMSE = 0.04 MAPE = 3.64% G = 83.71%
------	------------------------------------	--	---	---

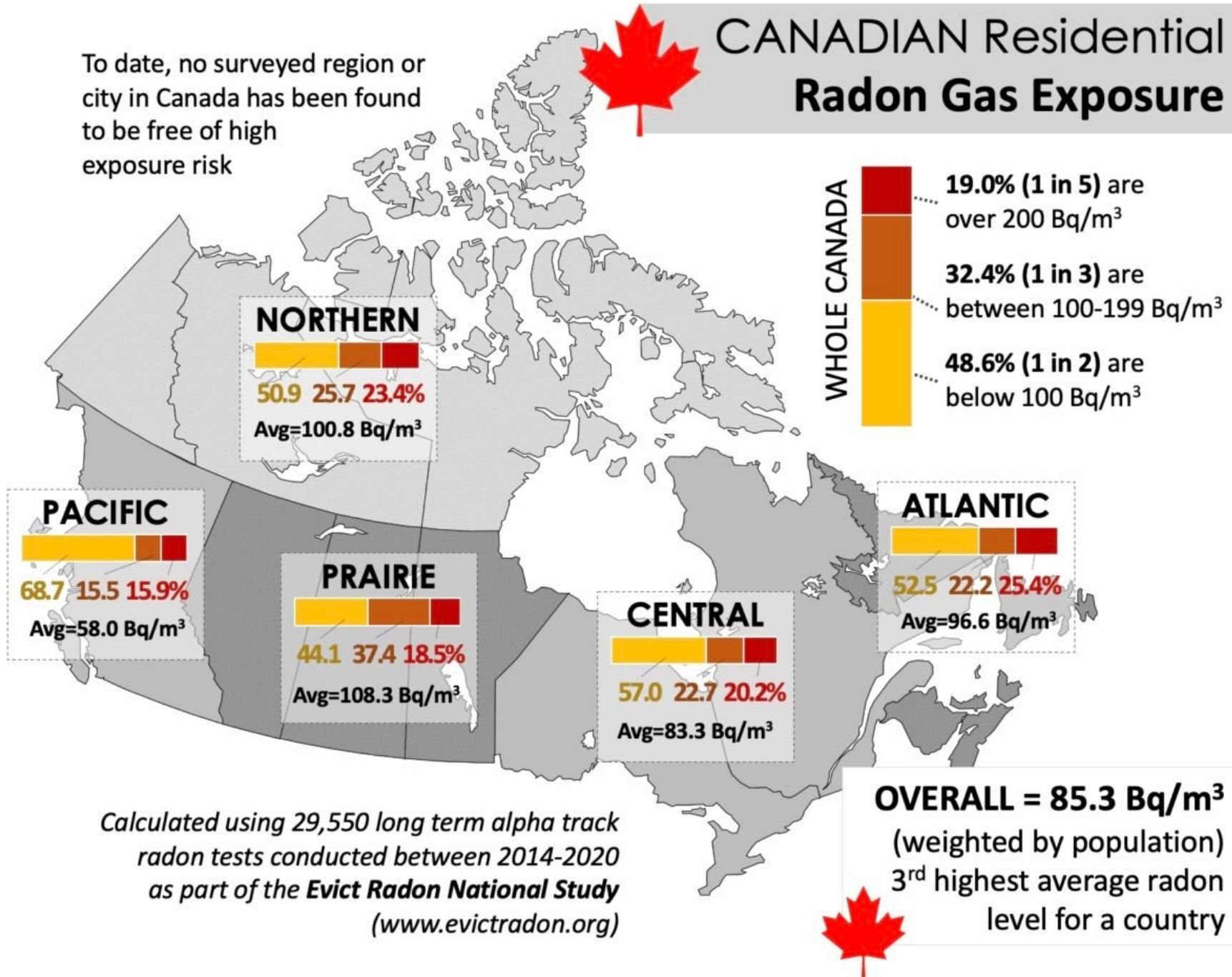
### 4. Recurrent neural networks

[13]	Forecast indoor radon in Canadian and Swedish dwellings by 2050	Indoor radon records from 25,489 Canadian and 38,596 Swedish properties	Long short-term memory	N/A
[11]	Predict indoor radon based on the current Rn	12,000 indoor radon records from a building in Spain	Long short-term memory	RMSE = 28 Bq/m <sup>3</sup>

Reference	Purpose	Data size	Model	Performance
[10]	Map geogenic radon potential	1,452 indoor radon records in Danyang-Gun, South Korea	Long short-term memory, Extreme learning machine, Random factor function link	AUC = 0.824 RMSE = 0.209 StD = 0.207

# CANADIAN Residential Radon Gas Exposure

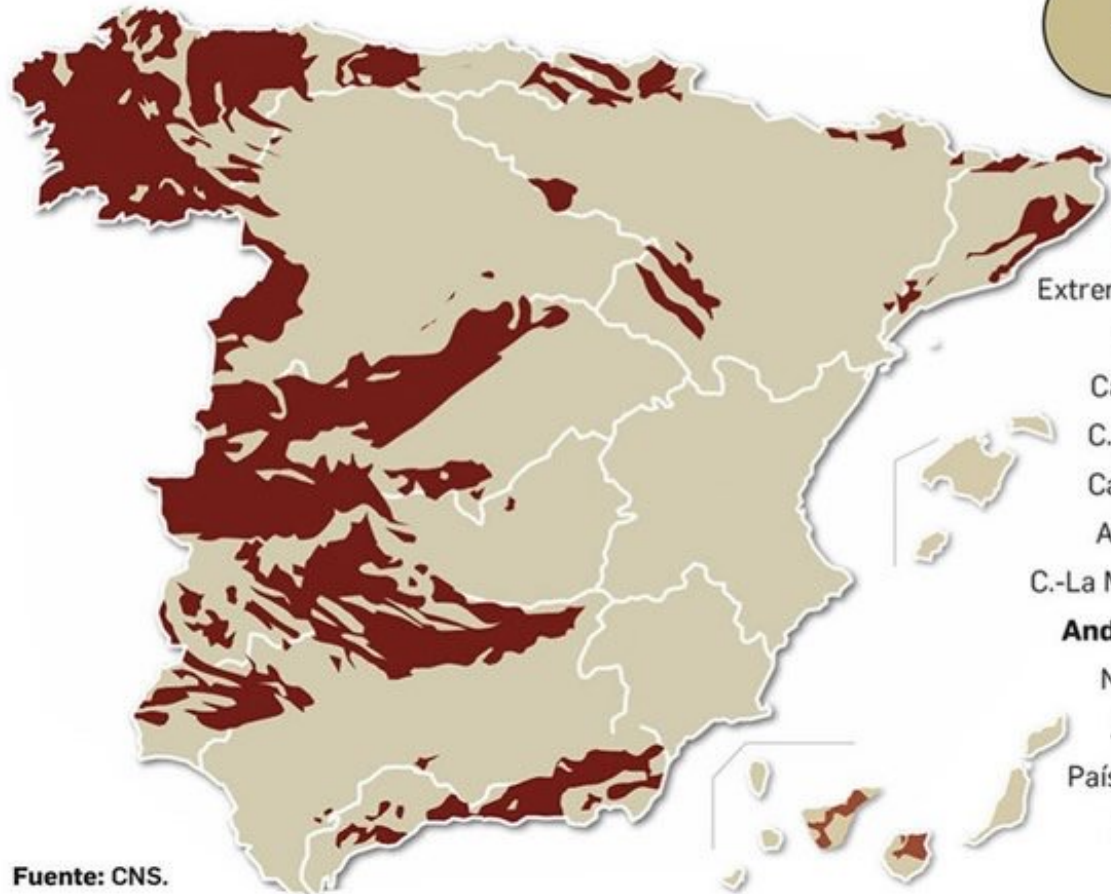
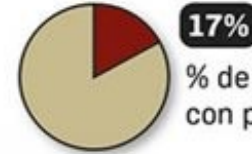
To date, no surveyed region or city in Canada has been found to be free of high exposure risk





# Presencia de radón en España

Zonas con exposición alta al radón



## Superficie por CCAA:

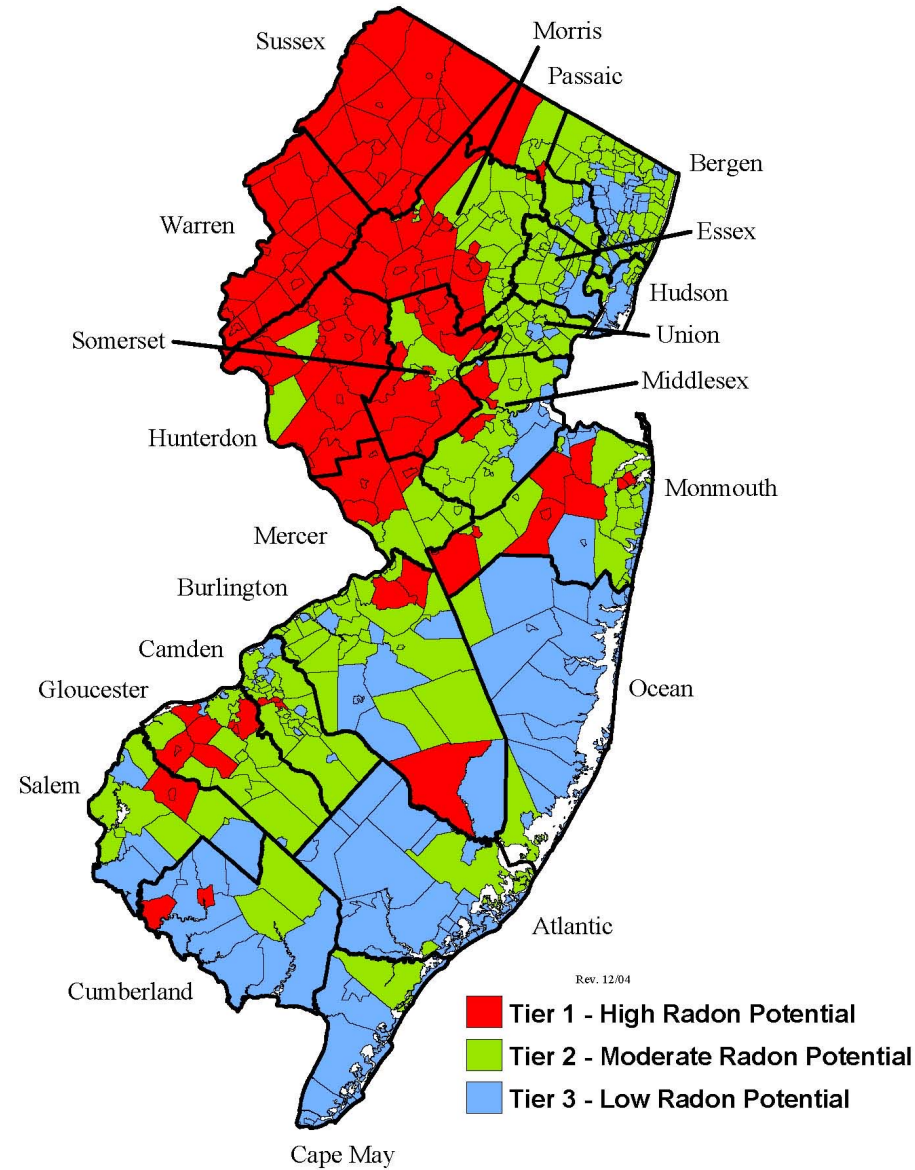


Fuente: CNS.

Image: the Nuclear Safety Council of Spain



# New Jersey Department of Environmental Protection Radon Potential Map



For information in New Jersey, call (800) 648-0394

T.C.  
SAĞLIK BAKANLIĞI  
Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Başkanlığı

Sayı : 23776858/157.01  
Konu : Ulusal Radon Kontrol Programı

ACELE  
GÜNLÜDÜR

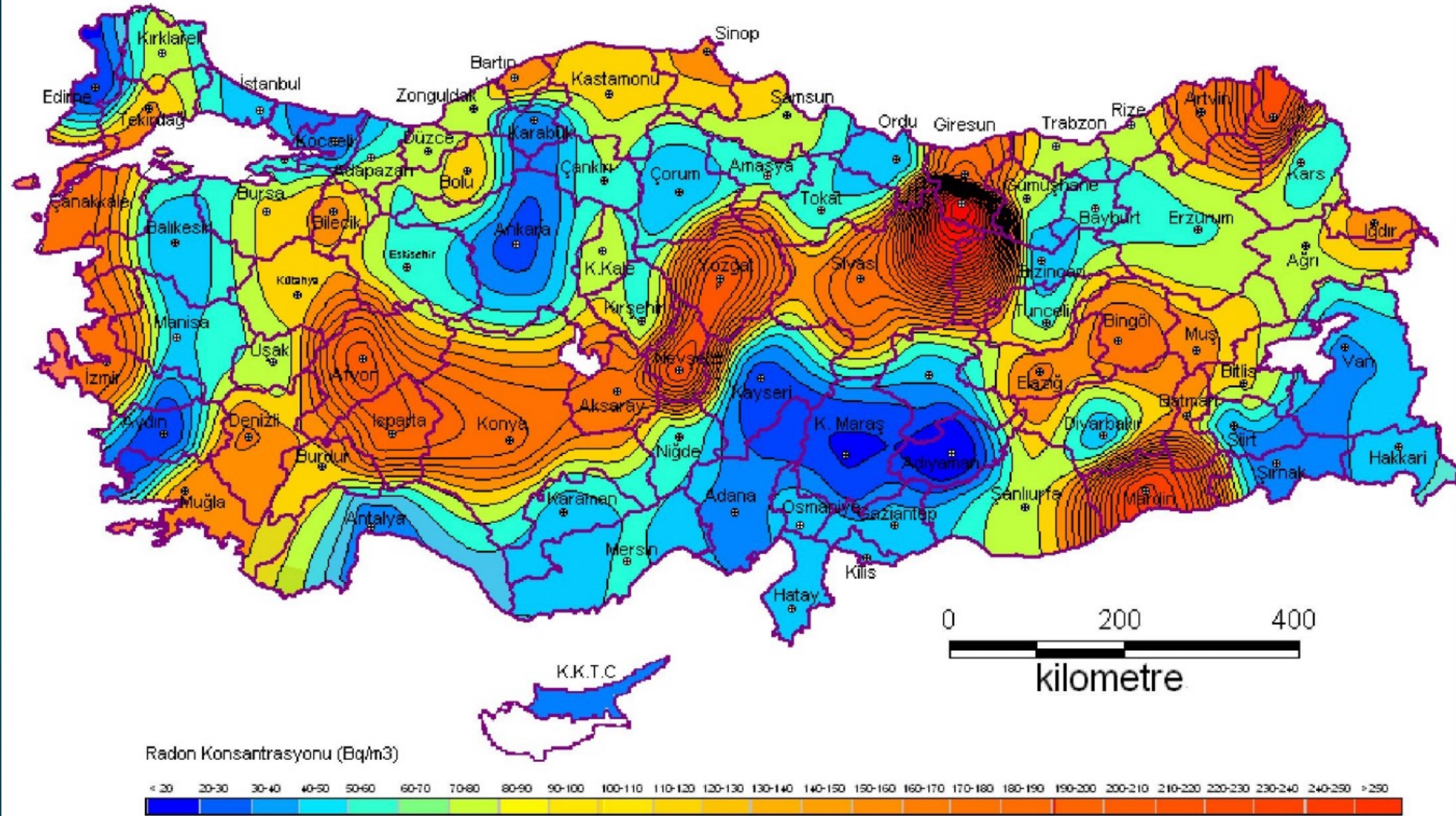
ŞANLIURFA.....VALİLİĞİNE  
(Halk Sağlığı Müdürlüğü)

Radon gazı akciğer kanserlerinde sigaradan sonra en önemli etkenlerden olup, akciğer kanserlerinin %3-15'inden sorumludur. Ev içerisindeki radon kaynağının büyük kısmını (%90), binanın temelinde bulunan toprak ve kayalar oluşturmaktadır.

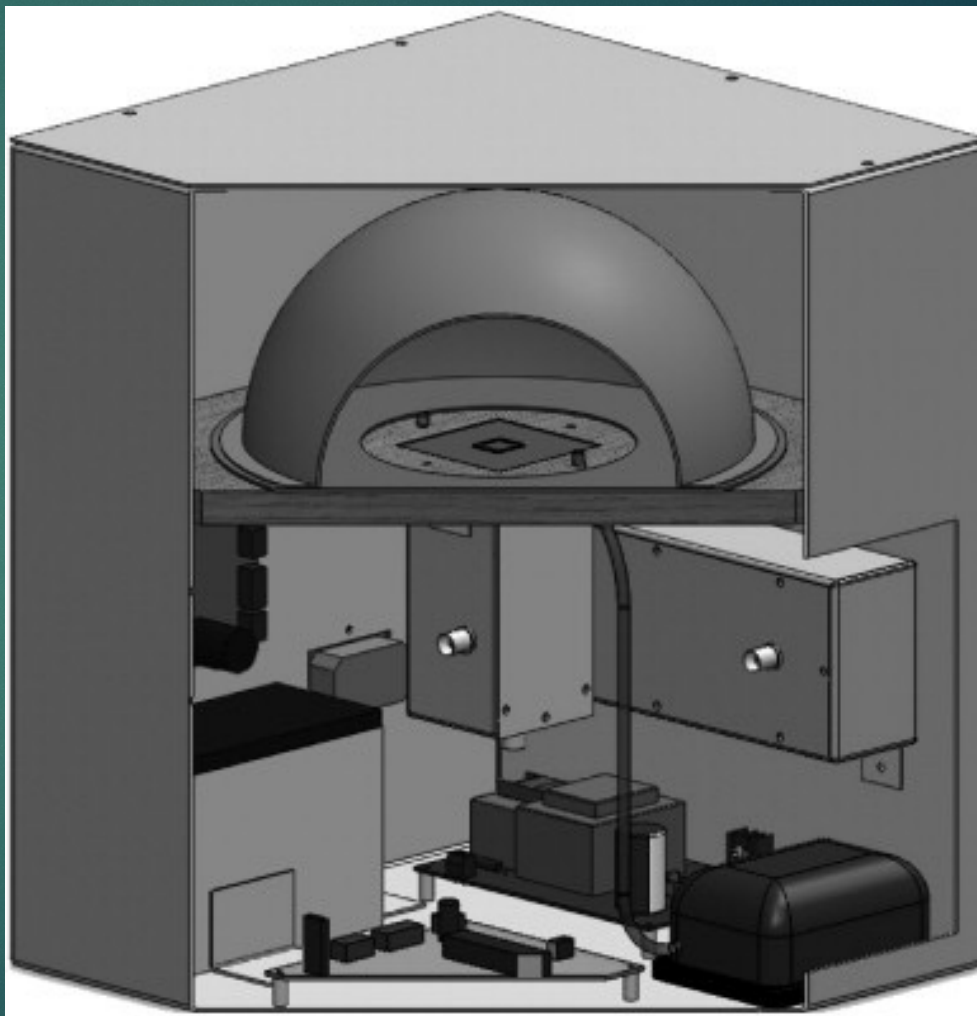
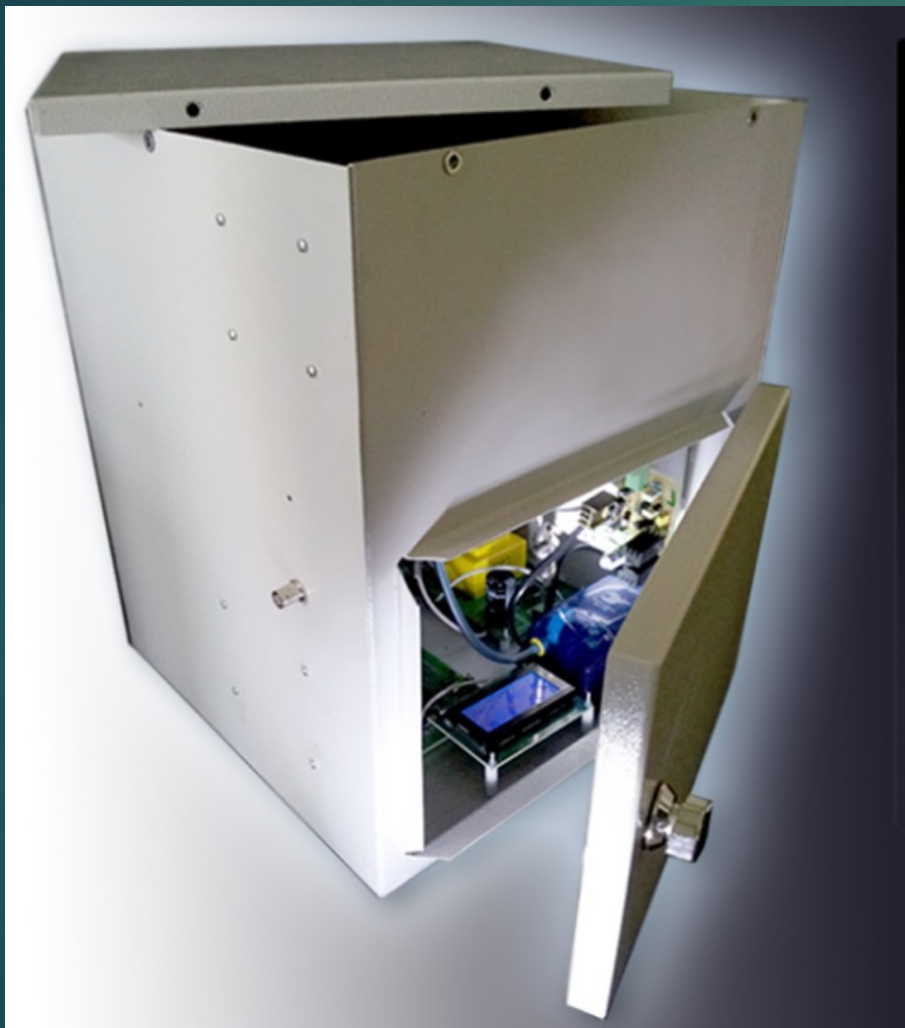
İnsanların doğal kaynaklardan maruz kaldıkları radyasyon dozuna önemli bir katkı oluşturan radon gazının insan sağlığı üzerindeki olası etkilerinin belirlenmesine temel teşkil etmek üzere, kapalı ortamlardaki radon gazı miktarının belirlenmesi ve değerlendirilmesine yönelik 81 ilde yapılacak ölçümlerle "Türkiye Ev İçerisinde Radon Seviyesi Haritası" oluşturulması ve sonrasında "Ulusal Radon Kontrol Programı" geliştirilmesi için Bakanlığımız ve Türkiye Atom Enerji Kurumu arasında bir protokol imzalanmıştır.

Önümüzdeki beş yıl içerisinde tamamlanması planlanan Türkiye Ev İçerisinde Radon Seviyesi haritalandırılması çalışmasında; Türkiye İstatistik Kurumu tarafınca bilimsel yöntemlerle seçilmiş ve ülkenin genelini temsil eden, 81 il de 62 bin üzerinde hanede dedektörler ile ev içerisinde radon gazı miktarı 2 ay boyunca ölçülecektir.

Bu çerçevede yapılacak olan çalışmaya 02 Şubat 2015 tarihinde Adana ve Mersin illerinde, 12 Şubat 2015 tarihinde Şanlıurfa, Manisa, Gaziantep illerinde, ve 20 Şubat 2015 tarihinde ise Malatya, Erzurum, Konya ve Karaman illerinde başlanacaktır. Çalışma öncesi Türkiye Atom Enerjisi Kurumu tarafından ilinize gönderilecek olan ekte sayısı belirtilen Dedektör kapları, TÜİK tarafından belirlenen adreslere 30 gün içerisinde yerleştirilecek, TÜİK tarafından belirlenen adresler dışında başka adreslere kesinlikle yerleştirilmeyecek ve 2 ay boyunca bu adreslerde kalacaktır. 2. ayını dolduran dedektör kapları zaman kaybedilmeden ivedi bir şekilde toplanarak Türkiye Atom Enerjisi Kurumunun belirtmiş olduğu adrese kargo



# RSM



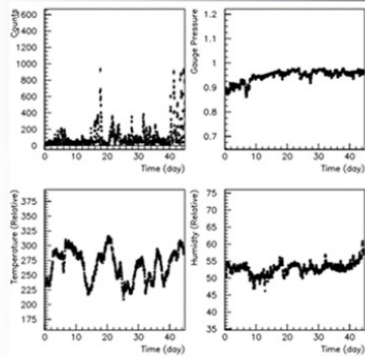
# RSM V 1.0 TEKNİK ÖZELLİKLER

13

YEHİST 2023-YTU DAVUTPASA  
14.10.2023

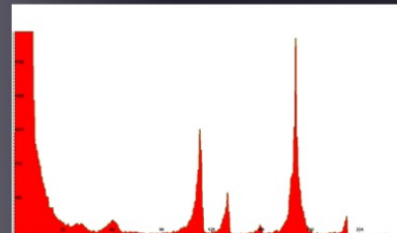


**Kapalı ortamda örnek Radon Gazı ölçümü**

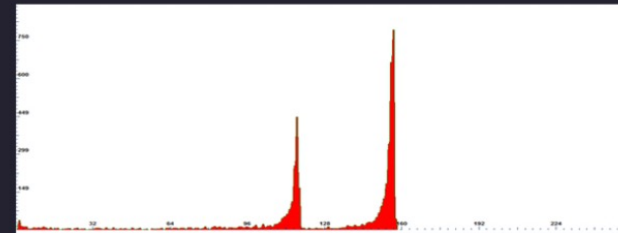


**Sürekli çalışma modunda Radon Basınç Sıcaklık Nem ölçümleri**

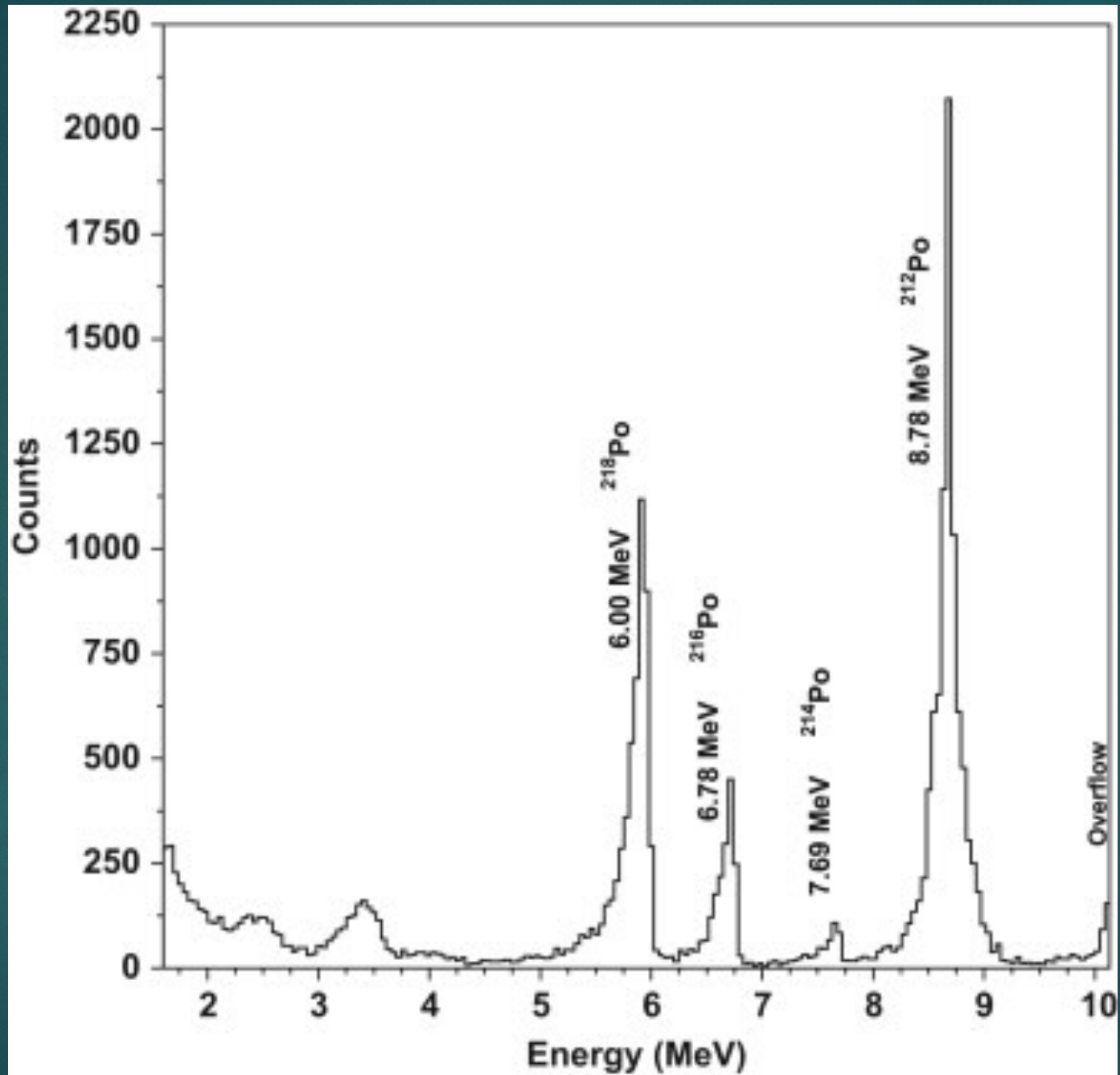
Detektör türü	Silikon PIN Fotodiyot
Ölçüm yöntemi	Elektrostatik toplama (+3600 V)
Ölçüm mekanizması	Ortamdaki havanın hava pompası yardımıyla ölçüm odasından geçirilerek örneklenmesi
Veri görüntüleme	4x16 LCD ekran
Örnekleme hızı	1L/dak
Min. Ölçülebilir aktivite	4 Bq/m <sup>3</sup> (1 saat)
I/O	Çok kanallı analizör çıkışı (Analog 0-10V) Dijital çıkış (8-Bit)
Çevresel ölçümler	Sıcaklık, Basınç, Nem
Ölçüm modları	Kullanıcı seçimli ölçüm periyotları (1s - 1 hafta)
Çalışma ortamı koşulları	-10 ... +50(°)C
Veri kaydı	SD karta zaman bilgisi içeren kayıt (.txt veya.csv)



**Kum Numunesinin, RSM nin Analog çıkışından alınan enerji spektrumu**



**Radon standart kaynağının RSM ile alınmış enerji spektrumu**





**TÜRK  
PATENT**  
TÜRK PATENT VE MARKA KURUMU

## İNCELEMESİZ PATENT

**No: TR 2013 01007 B**

Buluş Başlığı

**Radon saha monitörü.**

Başvuru sahibi

**PROF. DR. CENAP Ş. ÖZBEN**

**AHMET BAYRAK**

**M. ERHAN EMİRHAN**

**ESRA BARLAS**

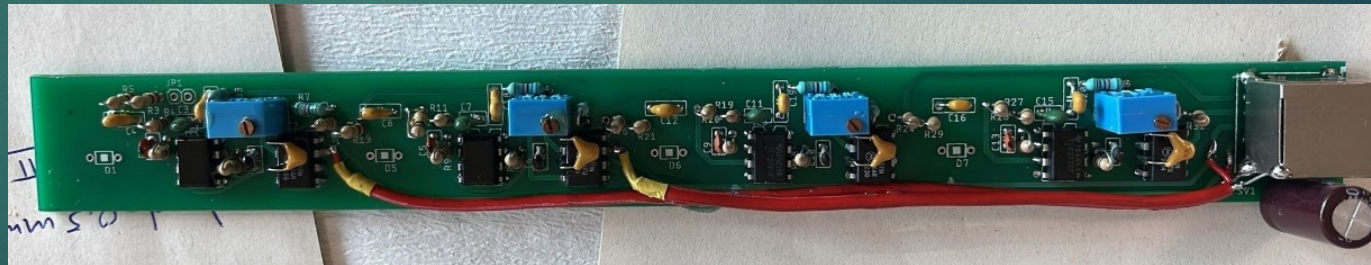
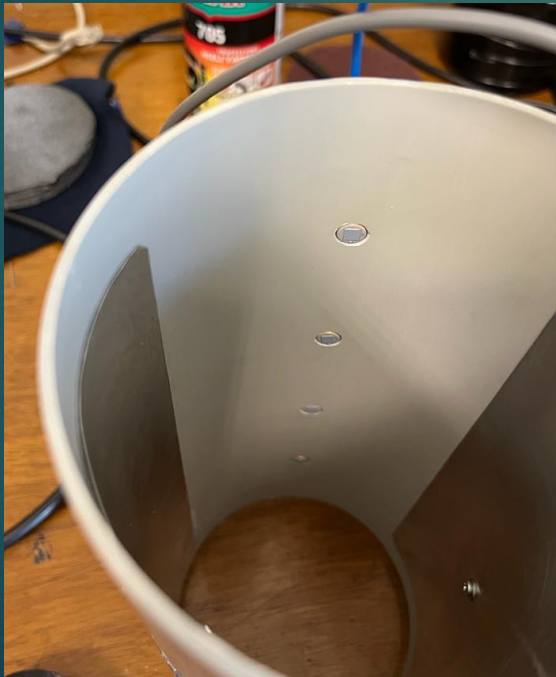
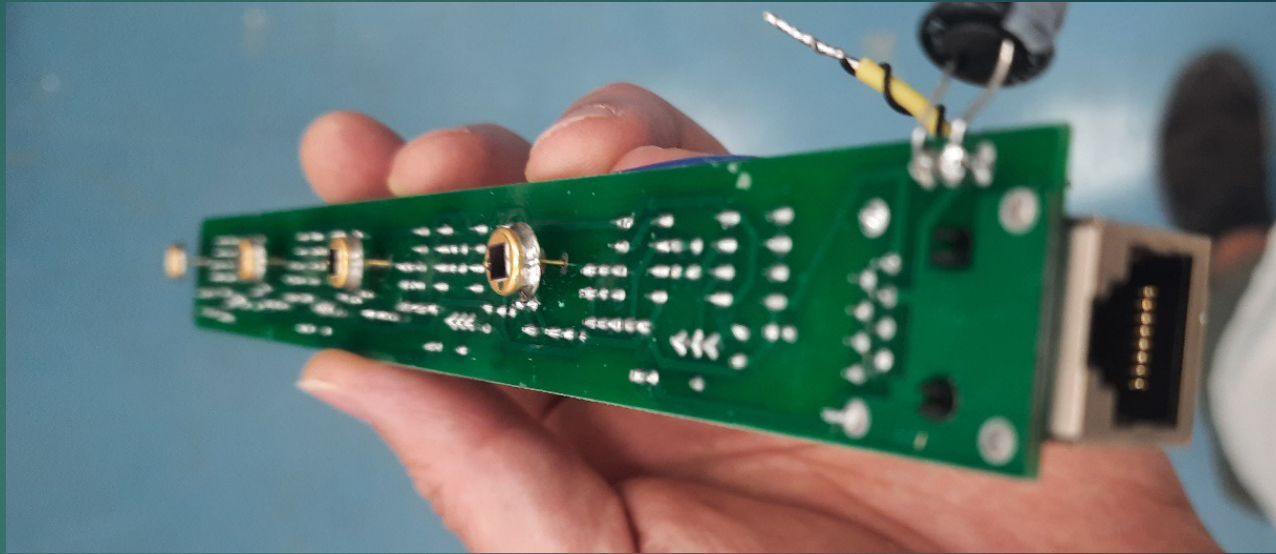
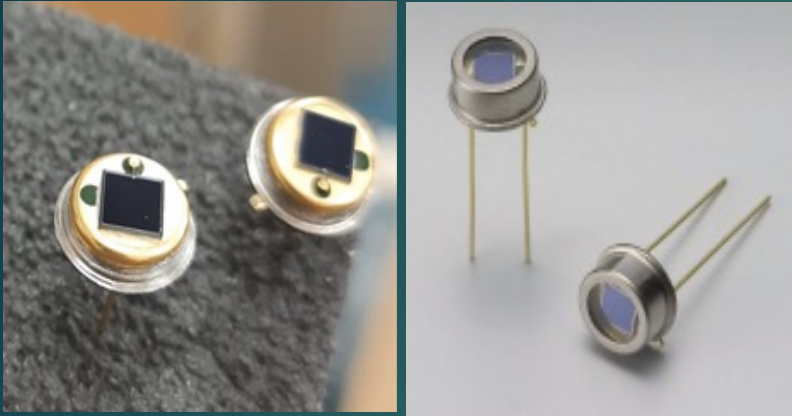
**ÇAĞLAR KUTLU**

Bu patent, 6769 sayılı Sınai Mülkiyet Kanununun Geçici 1 nci maddesi uyarınca Mülga 551 sayılı Patent Haklarının Korunması Hakkında Kanun Hükmünde Kararname kapsamında 28/01/2013 tarihinden itibaren 7 yıl süre ile korunmak üzere 21/12/2017 tarihinde inceleme-siz olarak verilmiştir

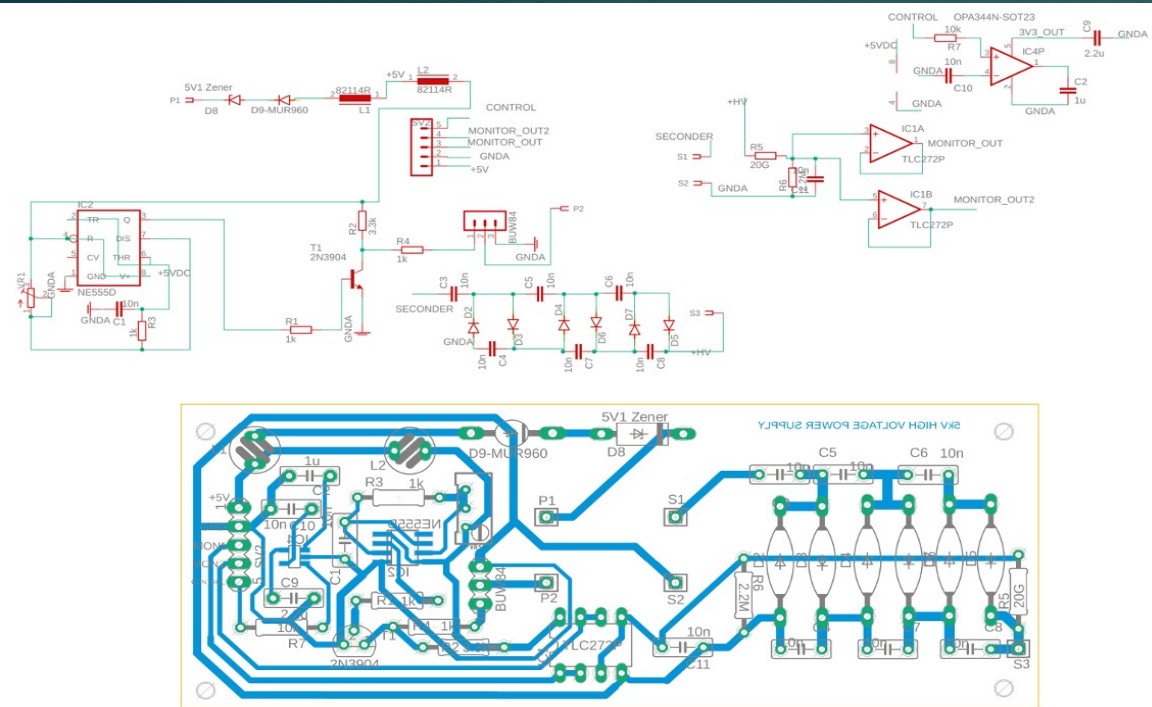
Prof. Dr. Habip ASAN  
Başkan



# ELEKTRONİK



# YÜKSEK GERİLİM

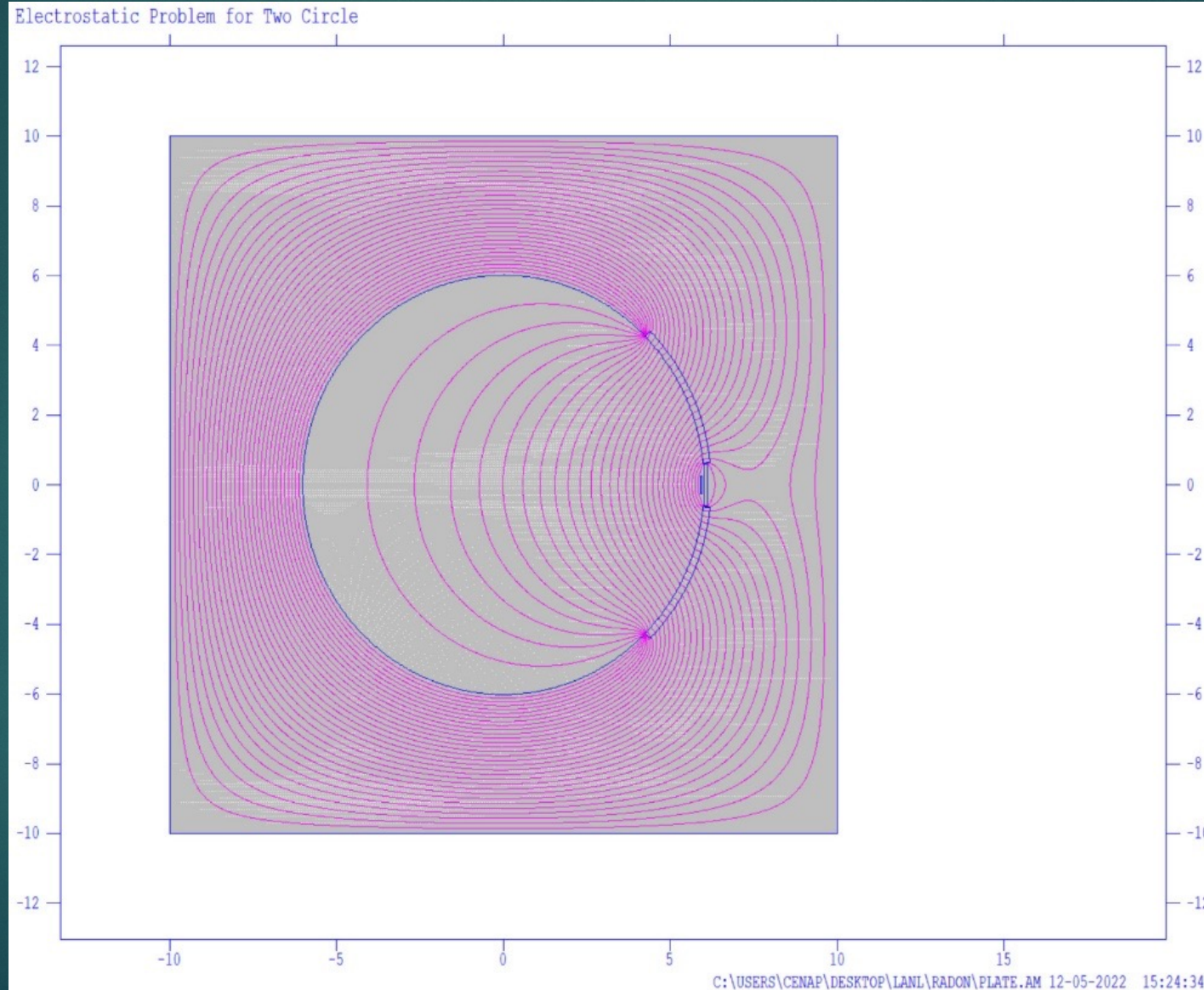


Şekil 2.1 Autodesk-Eagle ile tasarımı yapılan yüksek gerilim kartının şematik ve PCB devreleri.



# SİMÜLASYON

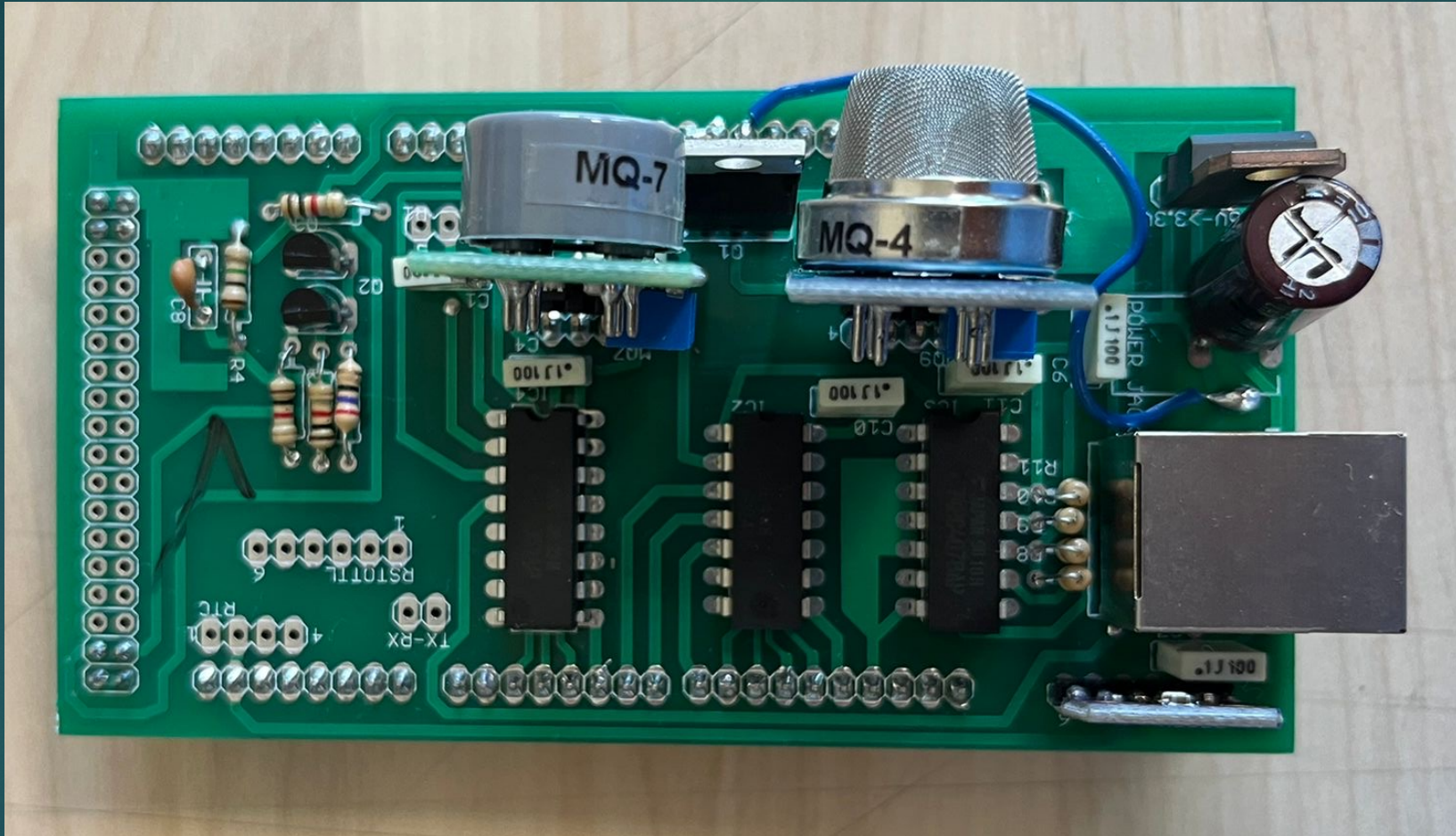
18



YEHİST 2023-YTU DAVUTPAŞA  
13.10.2023

# KONTROL

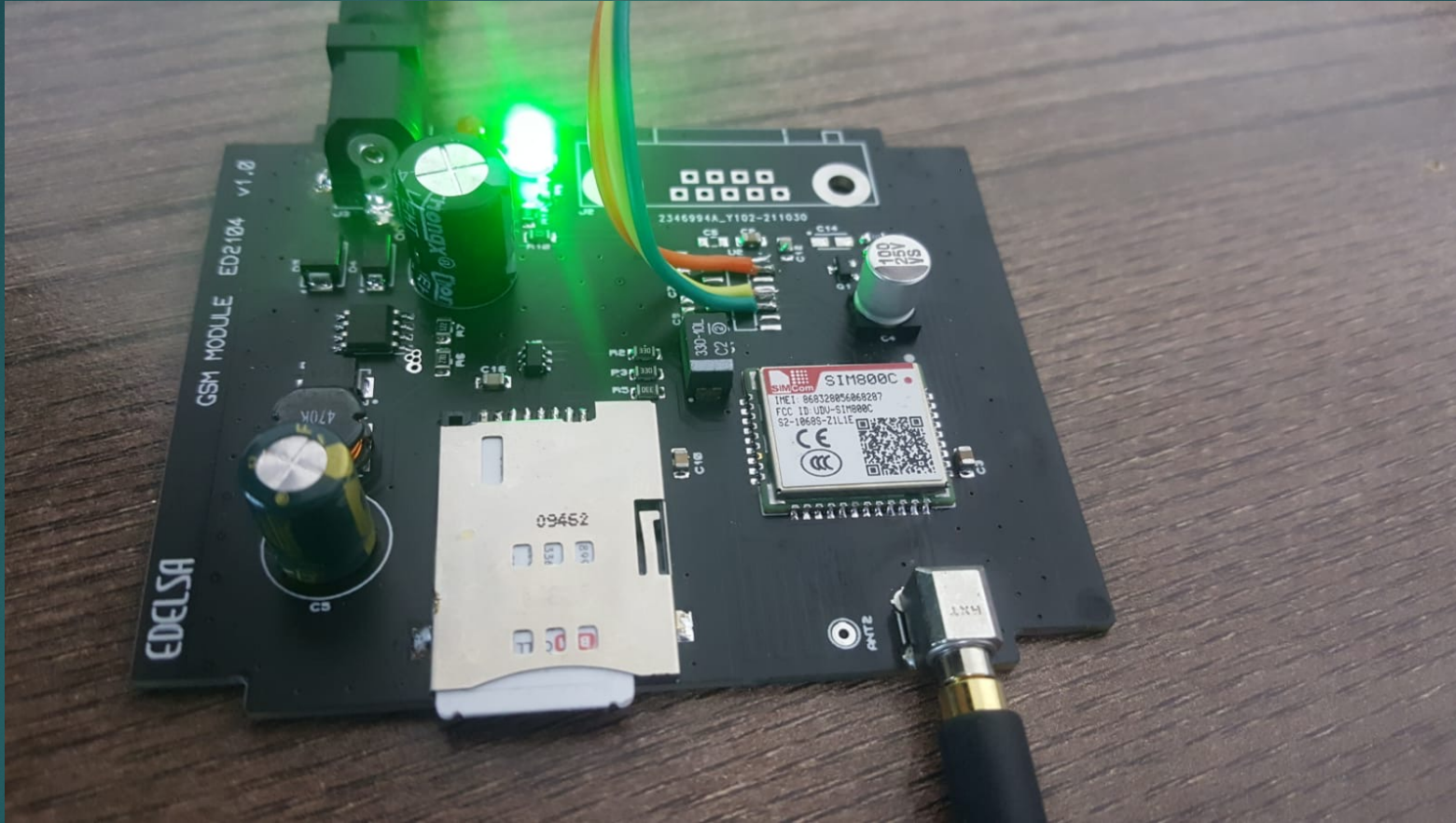
19



YEHST 2023-YTU DAVUTPASA  
10.10.2023

# İLETİŞİM

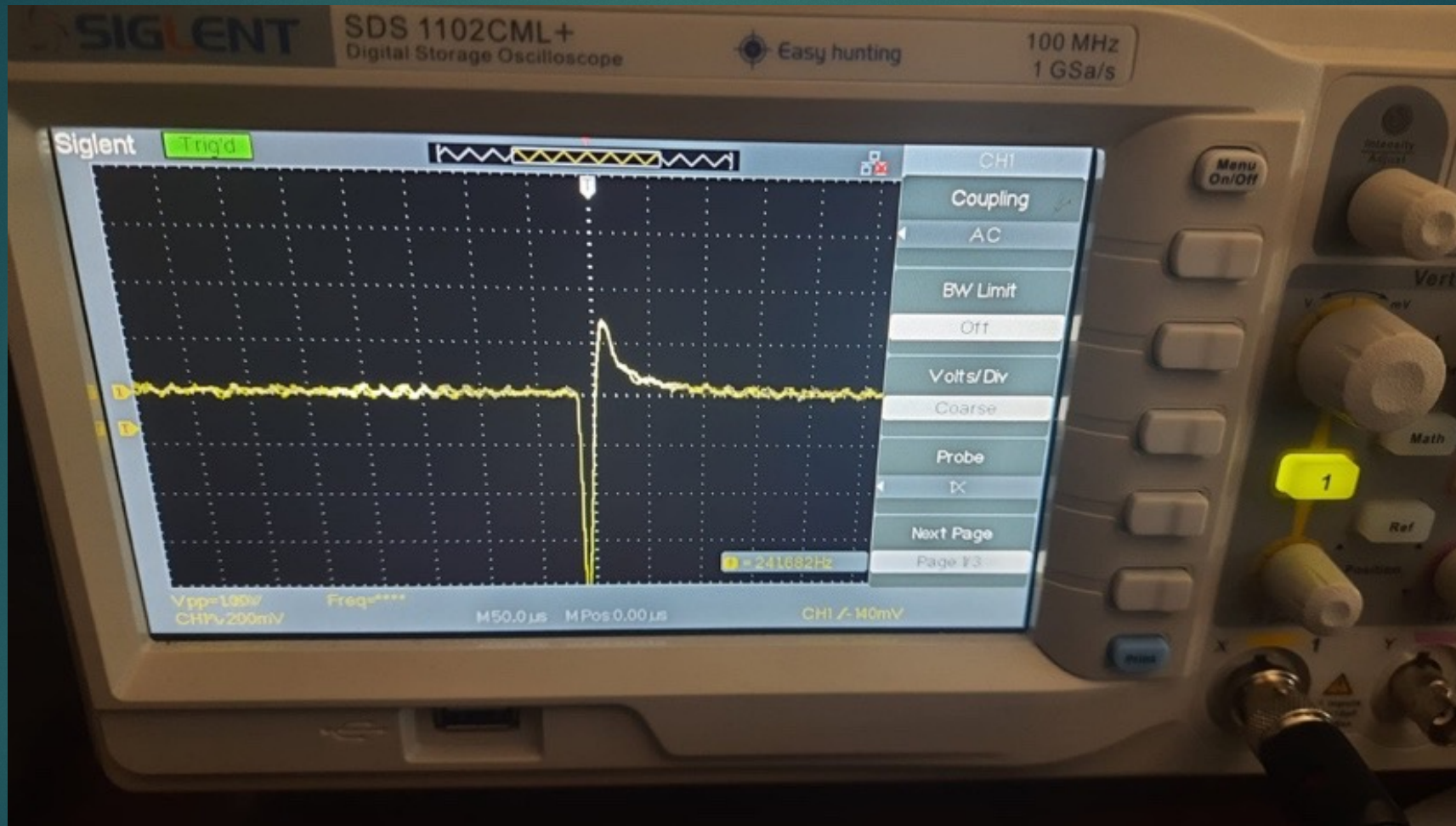
20



YEHİST 2023-YTU DAVUTPAŞA  
10.10.2023

# SINYAL

21



# YALITIM



# TEST

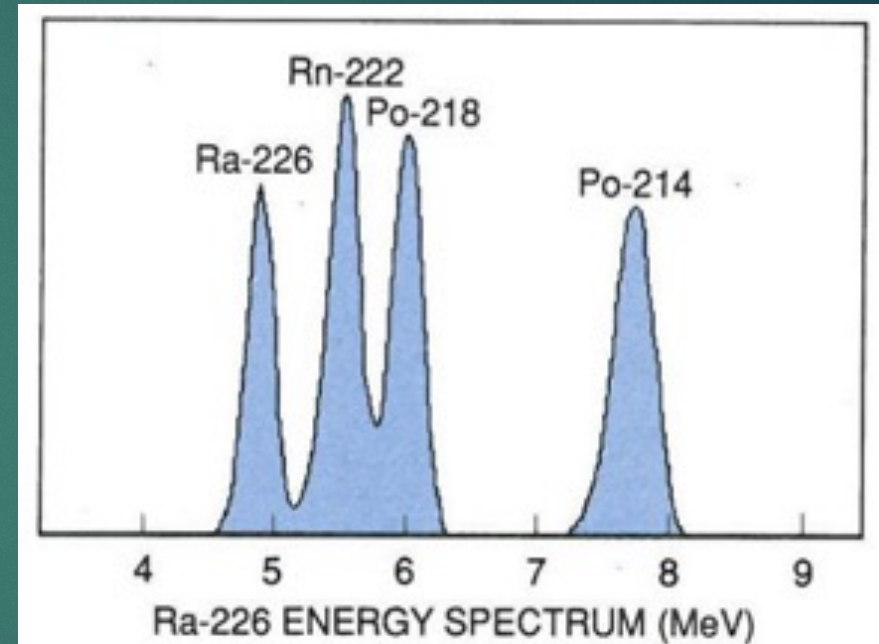
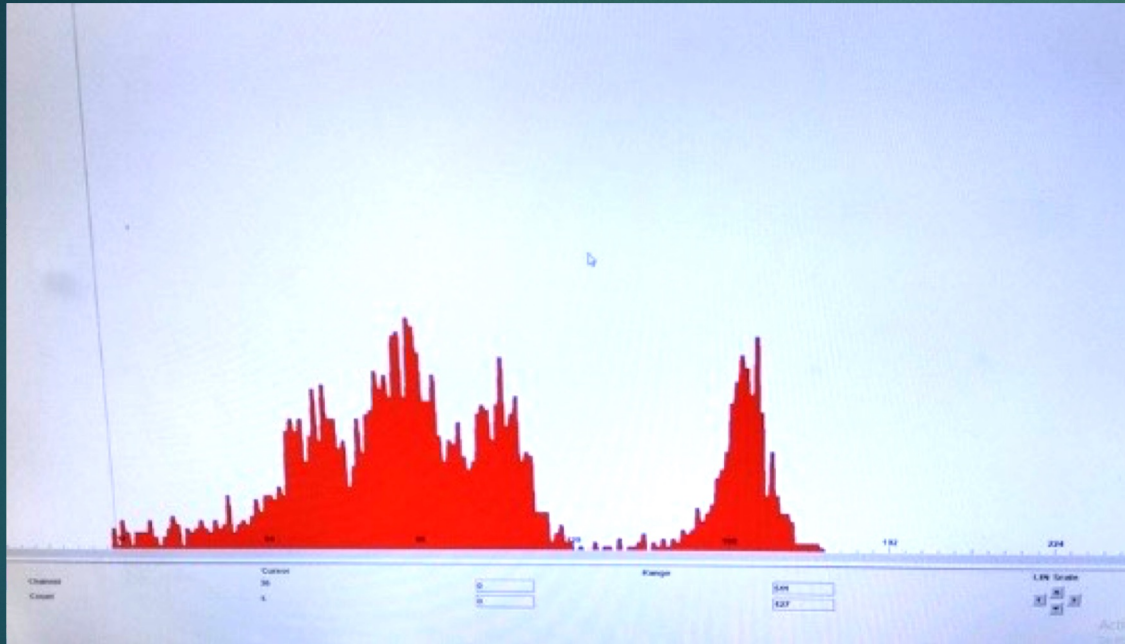
23



YEHIST 2023-YTU DAVUTPASA  
14.10.2023



# Ra-226 enerji spektrumu



# 50 adet üretim

25

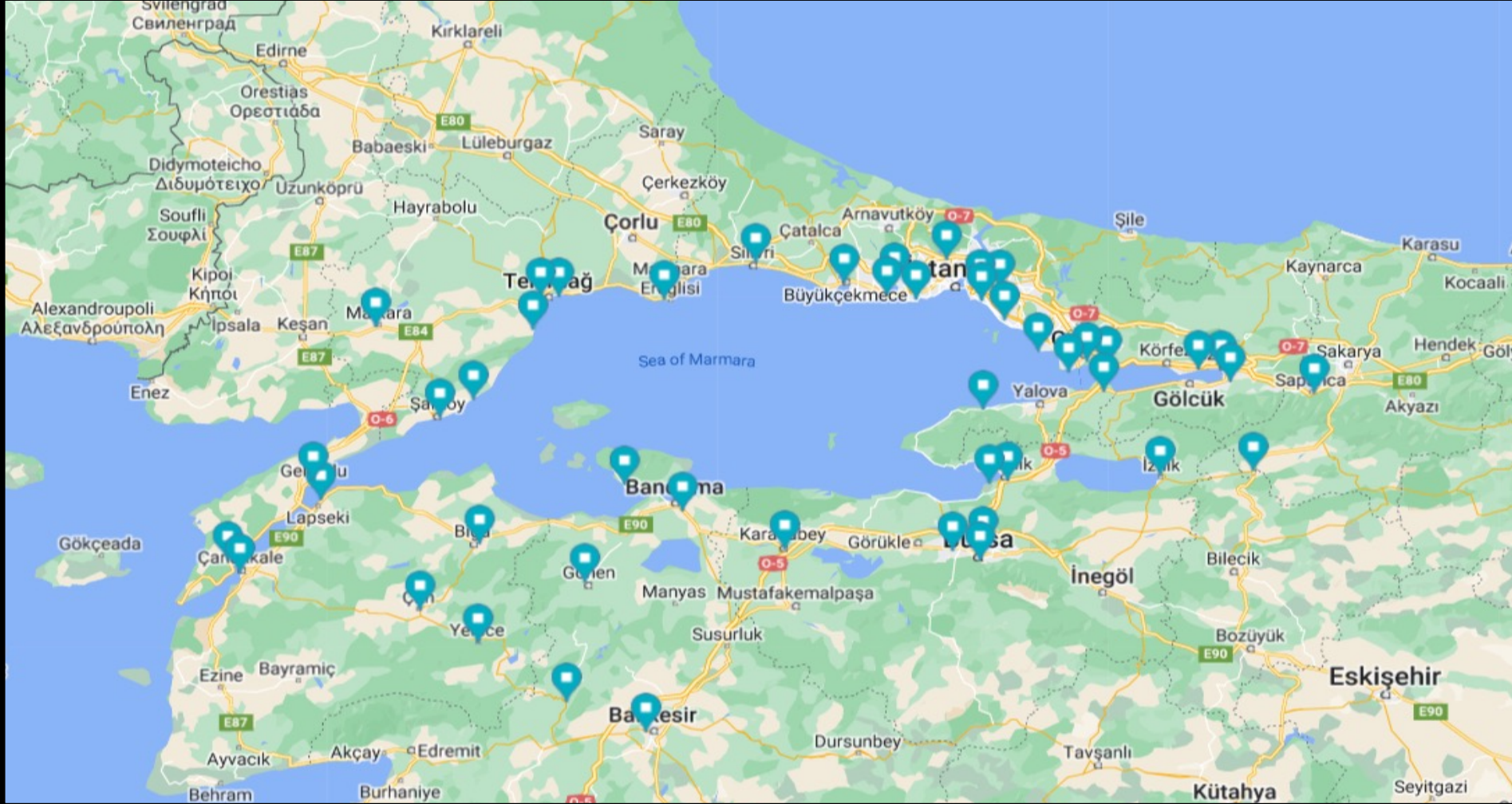


YEHİST 2023-YTU DAVUTPAŞA  
14.10.2023

# MONTAJ

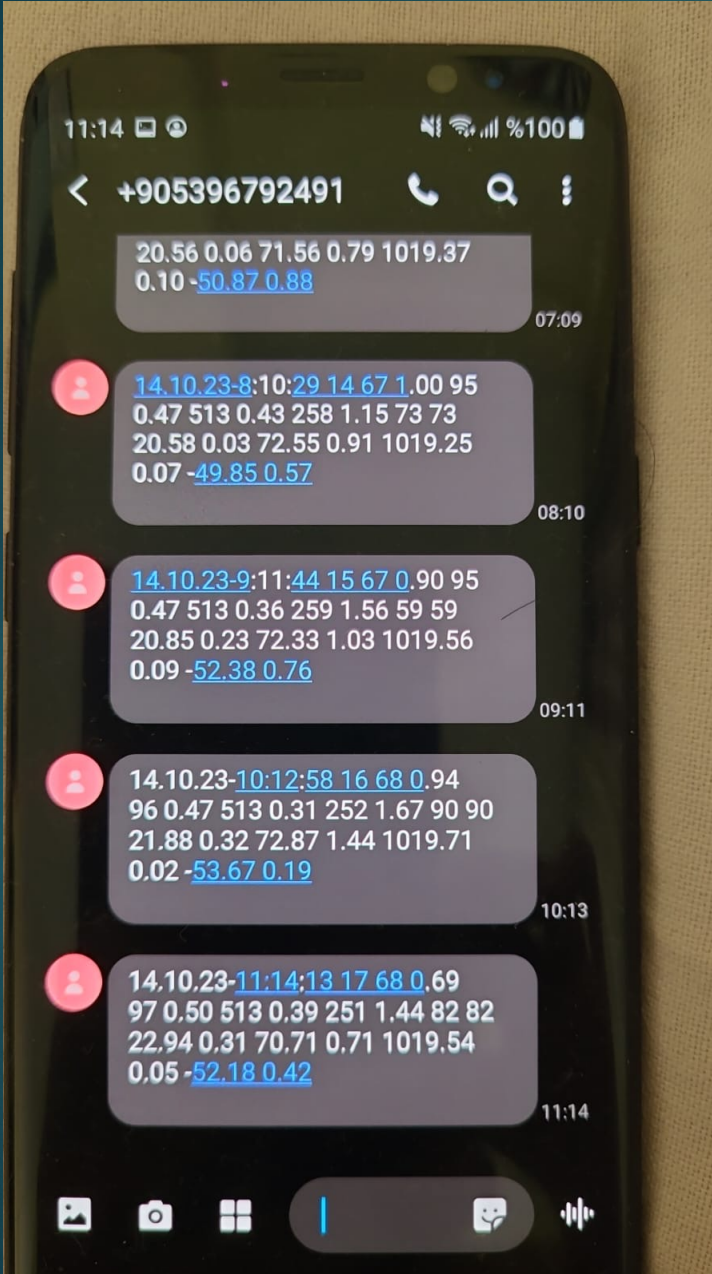
26





# KAYIT

28



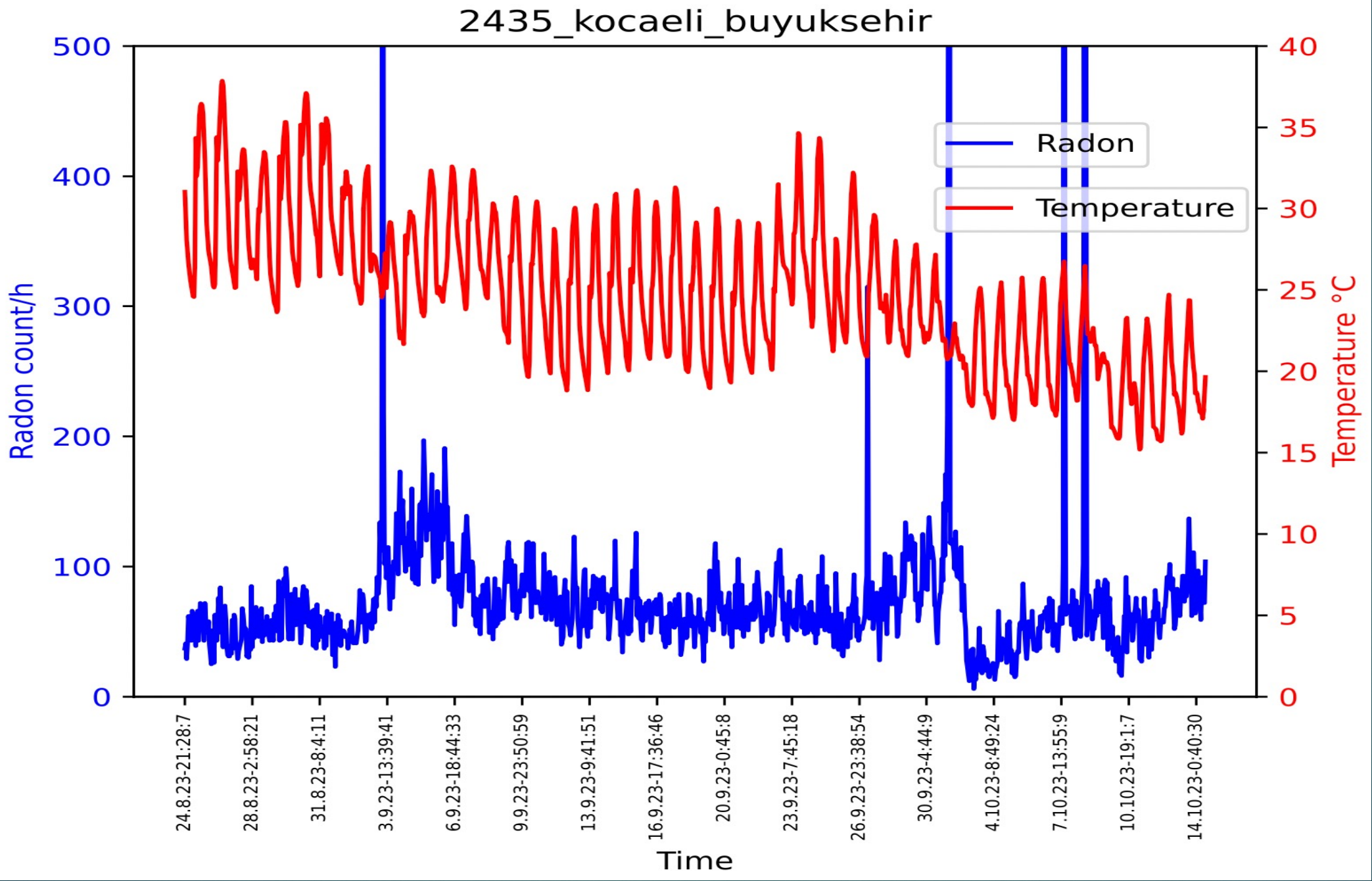
Full\_data ☆ 📁 🌐

Dosya Düzenle Görünüm Ekle Biçim Veri Araçlar Uzatılar Yardım

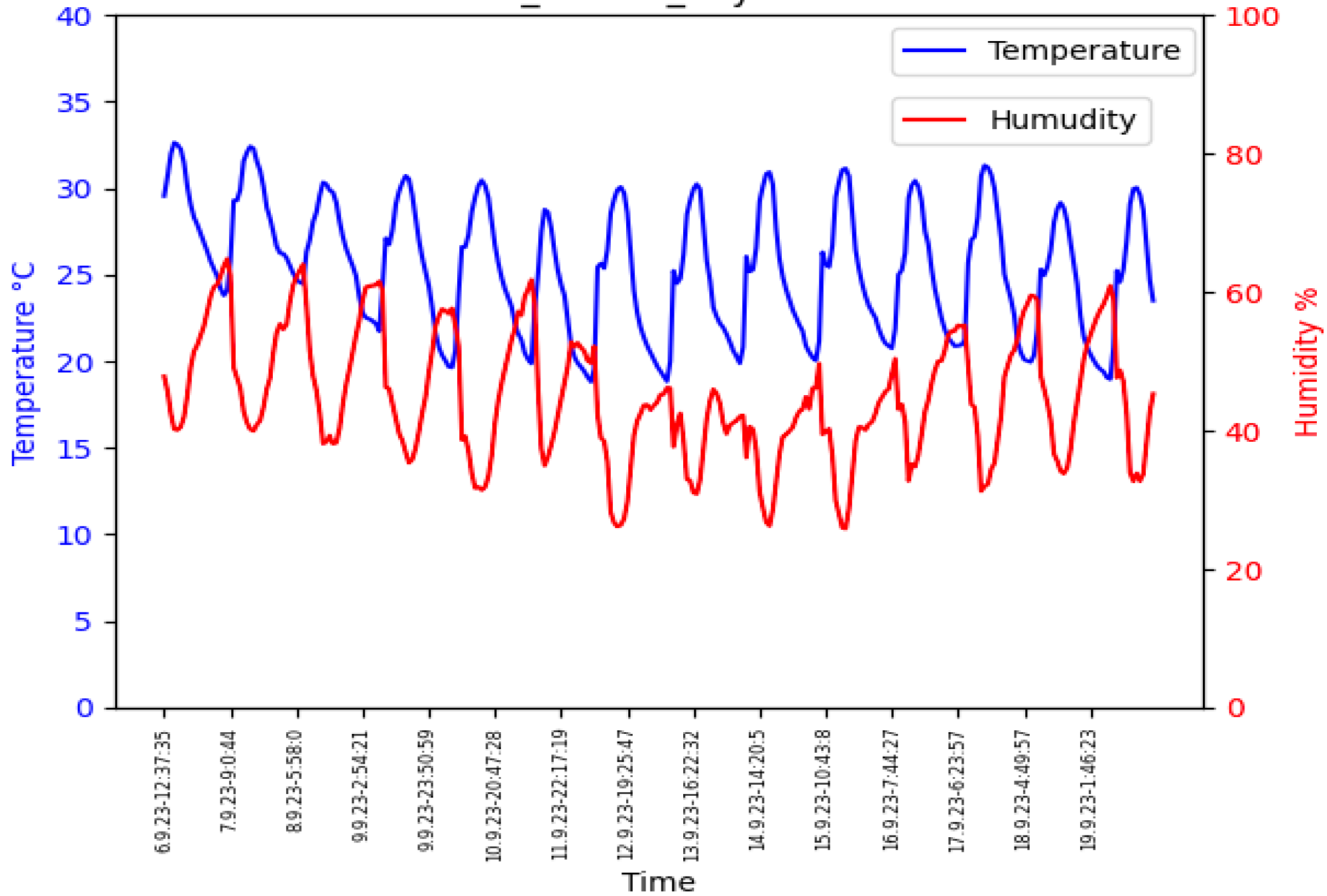
75% 123 Calibri 10 B I A

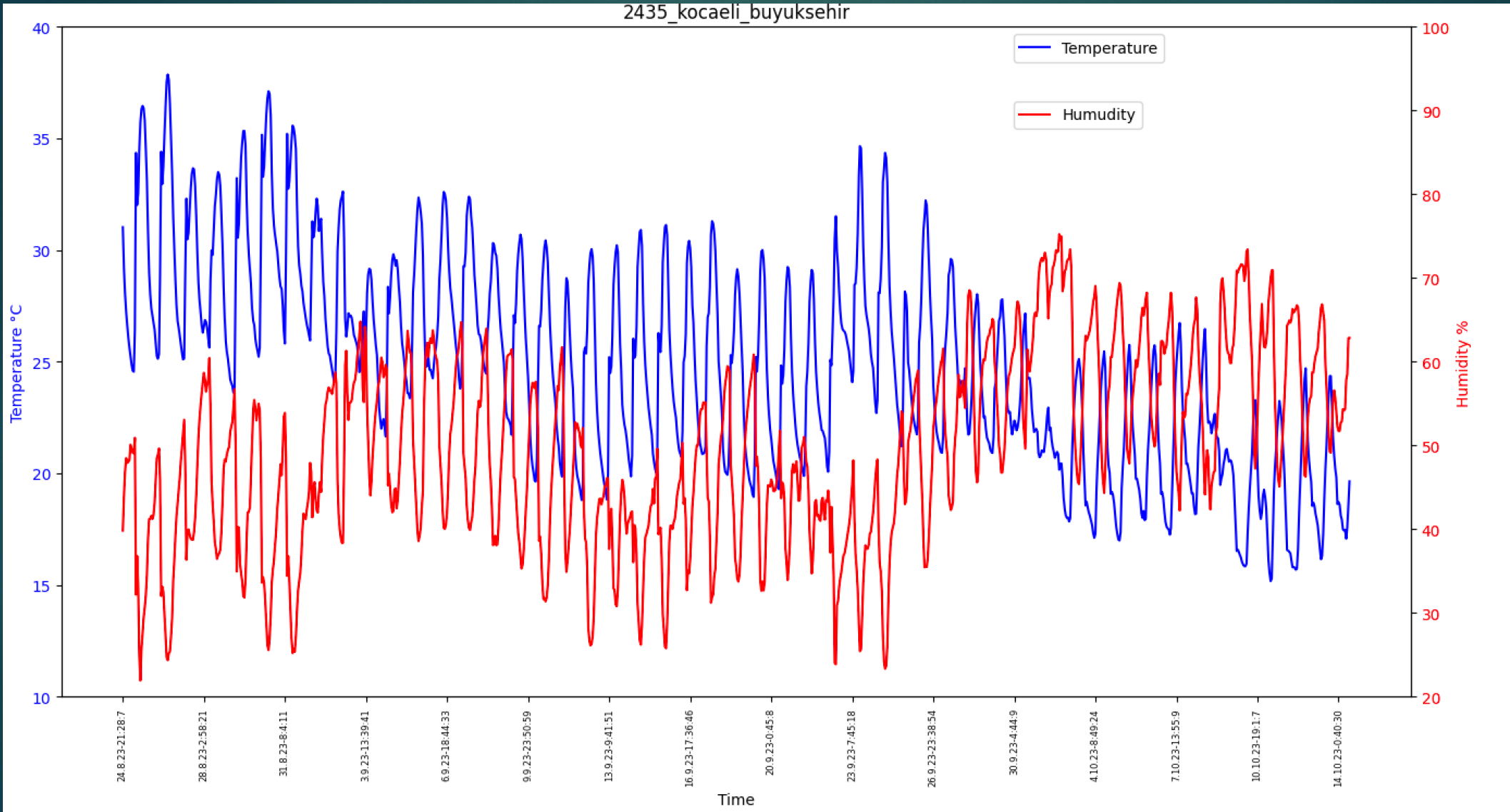
A1 tarih

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	tarih	main	meanAM0	stDevG1	meanAM1	stDevG2	meanAM6	stDevA6	meanAM7	stDevA7	mtotal	radon_real	meanTemp	stDevT	meanHum	stDevH	meanPres	stDevP	Su_motor	stDev_motor	ML	
2	22.8.23-15:48:9	1,001	417,001	0,471	104,001	36,091	513,001	0,361	209,001	18,791	8,001	8,001	42,251	0,441	18,541	3,081	1005,781	0,071	62,391	0,591		
3	22.8.23-17:39:19	1,001	417,001	0,371	67,001	0,471	513,001	0,421	236,001	16,481	11,001	11,001	42,641	0,651	17,371	0,751	1005,541	0,041	64,421	0,321		
4	22.8.23-18:40:31	2,001	417,001	0,501	65,001	0,471	513,001	0,261	242,001	1,871	8,001	8,001	38,731	1,121	26,781	3,741	1005,721	0,121	62,861	0,961		
5	22.8.23-19:41:44	3,001	415,001	0,471	64,001	0,901	513,001	0,361	245,001	0,541	12,001	12,001	35,331	0,891	33,671	1,771	1006,471	0,191	56,581	1,631		
6	22.8.23-20:42:56	4,001	415,001	0,501	64,001	0,471	513,001	0,131	246,001	1,121	12,001	12,001	32,511	0,651	40,511	2,201	1006,971	0,111	52,421	0,951		
7	22.8.23-21:44:8	5,001	414,001	0,471	63,001	0,691	513,001	0,311	247,001	0,591	11,001	11,001	30,831	0,321	46,181	0,721	1007,191	0,061	50,551	0,481		
8	22.8.23-22:45:19	6,001	414,001	0,001	62,001	0,001	513,001	0,261	247,001	0,551	13,001	13,001	30,051	0,181	48,091	0,511	1007,241	0,031	50,161	0,231		
9	22.8.23-23:46:31	7,001	414,001	0,001	62,001	0,371	513,001	0,341	248,001	0,501	10,001	10,001	29,511	0,151	51,341	1,361	1007,111	0,081	51,211	0,691		
10	23.8.23-0:47:43	8,001	413,001	0,471	62,001	0,471	513,001	0,261	247,001	0,491	21,001	21,001	28,991	0,171	55,491	1,111	1006,981	0,051	52,321	0,401		
11	23.8.23-1:48:55	9,001	414,001	0,501	63,001	0,501	513,001	0,231	247,001	0,421	20,001	20,001	28,401	0,171	58,721	0,831	1007,041	0,061	51,841	0,521		
12	23.8.23-2:50:6	10,001	413,001	0,471	63,001	0,501	513,001	0,311	247,001	0,471	23,001	23,001	27,891	0,101	61,421	0,361	1006,901	0,111	52,991	0,901		
13	23.8.23-3:51:18	11,001	414,001	0,501	62,001	0,371	513,001	0,231	246,001	0,571	26,001	26,001	27,591	0,091	61,721	0,501	1006,751	0,031	54,271	0,271		
14	23.8.23-4:52:30	12,001	413,001	0,001	62,001	0,581	513,001	0,341	246,001	0,601	38,001	38,001	27,061	0,141	62,631	0,781	1006,771	0,041	54,101	0,351		
15	23.8.23-5:53:41	13,001	413,001	0,371	62,001	0,371	513,001	0,191	245,001	0,501	39,001	39,001	26,881	0,021	64,511	0,351	1007,001	0,121	52,131	0,991		
16	23.8.23-6:54:53	14,001	413,001	0,001	61,001	0,471	513,001	0,261	244,001	0,471	25,001	25,001	26,691	0,101	64,671	0,281	1007,231	0,051	50,241	0,421		
17	23.8.23-7:56:5	15,001	413,001	0,371	62,001	0,471	513,001	0,341	243,001	0,691	35,001	35,001	26,831	0,231	66,041	0,341	1007,551	0,111	47,561	0,921		
18	23.8.23-8:57:16	16,001	414,001	0,471	62,001	0,471	513,001	0,231	242,001	0,491	45,001	45,001	27,911	0,361	64,391	1,211	1007,651	0,071	46,721	0,611		
19	23.8.23-9:58:28	17,001	414,001	0,371	62,001	0,471	513,001	0,191	244,001	0,691	51,001	51,001	29,041	0,321	60,041	1,101	1007,481	0,071	48,171	0,571		
20	23.8.23-10:59:40	18,001	414,001	0,001	62,001	0,371	513,001	0,261	245,001	0,601	38,001	38,001	30,121	0,291	56,981	0,641	1007,261	0,061	49,951	0,531		
21	23.8.23-12:0:52	19,001	414,001	0,371	62,001	0,001	513,001	0,231	245,001	0,701	50,001	50,001	31,171	0,351	53,951	1,561	1006,941	0,141	52,641	1,121		
22	23.8.23-13:2:4	20,001	415,001	0,371	62,001	0,371	513,001	0,261	247,001	0,581	56,001	56,001	32,741	0,651	48,661	1,451	1006,381	0,171	57,391	1,401		
23	23.8.23-14:3:16	21,001	417,001	1,111	65,001	0,691	513,001	0,371	247,001	0,641	49,001	49,001	40,281	2,951	33,881	5,661	1005,811	0,111	62,161	0,981		
24	23.8.23-15:4:29	22,001	418,001	0,471	65,001	0,471	513,001	0,421	247,001	0,601	33,001	33,001	45,791	0,411	22,231	2,381	1005,461	0,091	65,091	0,731		
25	23.8.23-16:5:42	23,001	418,001	0,581	64,001	0,501	513,001	0,371	246,001	0,361	45,001	45,001	43,401	1,151	20,131	2,941	1005,201	0,041	67,221	0,351		
26	23.8.23-17:39:17	1,001	417,001	0,371	63,001	0,371	513,001	0,441	242,001	17,231	39,001	39,001	41,601	0,671	22,601	0,741	1005,151	0,061	67,681	0,481		
27	23.8.23-18:40:29	2,001	416,001	0,471	62,001	0,001	513,001	0,191	246,001	0,511	44,001	44,001	44,001	37,501	1,161	30,031	2,821	1005,081	0,081	68,221	0,691	
28	23.8.23-19:41:41	3,001	415,001	0,471	62,001	0,501	513,001	0,261	247,001	0,411	43,001	43,001	34,251	0,791	38,951	2,421	1005,391	0,111	65,631	0,901		
29	23.8.23-20:42:53	4,001	415,001	0,371	61,001	0,471	513,001	0,261	247,001	1,081	42,001	42,001	31,901	0,551	46,581	1,641	1005,811	0,151	62,121	1,271		
30	23.8.23-21:44:5	5,001	414,001	0,371	61,001	0,001	513,001	0,361	248,001	0,421	52,001	52,001	30,571	0,281	49,311	0,431	1006,301	0,111	58,011	0,911		
31	23.8.23-22:45:16	6,001	414,001	0,001	61,001	0,501	513,001	0,131	247,001	0,891	29,001	29,001	29,781	0,181	51,931	1,101	1006,541	0,051	55,991	0,411		
32	23.8.23-23:46:28	7,001	414,001	0,001	60,001	0,471	513,001	0,361	248,001	0,351	24,001	24,001	29,171	0,161	55,251	0,801	1006,531	0,091	56,151	0,731		
33	24.8.23-0:47:40	8,001	414,001	0,371	61,001	0,501	513,001	0,341	247,001	1,251	34,001	34,001	28,671	0,131	57,931	0,961	1006,551	0,051	55,951	0,431		
34	24.8.23-1:48:52	9,001	414,001	0,371	61,001	0,371	513,001	0,231	243,001	0,451	24,001	24,001	28,191	0,161	60,181	0,351	1006,501	0,061	56,311	0,501		
35	24.8.23-2:50:4	10,001	414,001	0,471	61,001	0,001	513,001	0,231	242,001	0,531	22,001	22,001	27,781	0,111	61,961	0,301	1006,341	0,071	57,731	0,581		



# 2435\_kocaeli\_buyuksehir

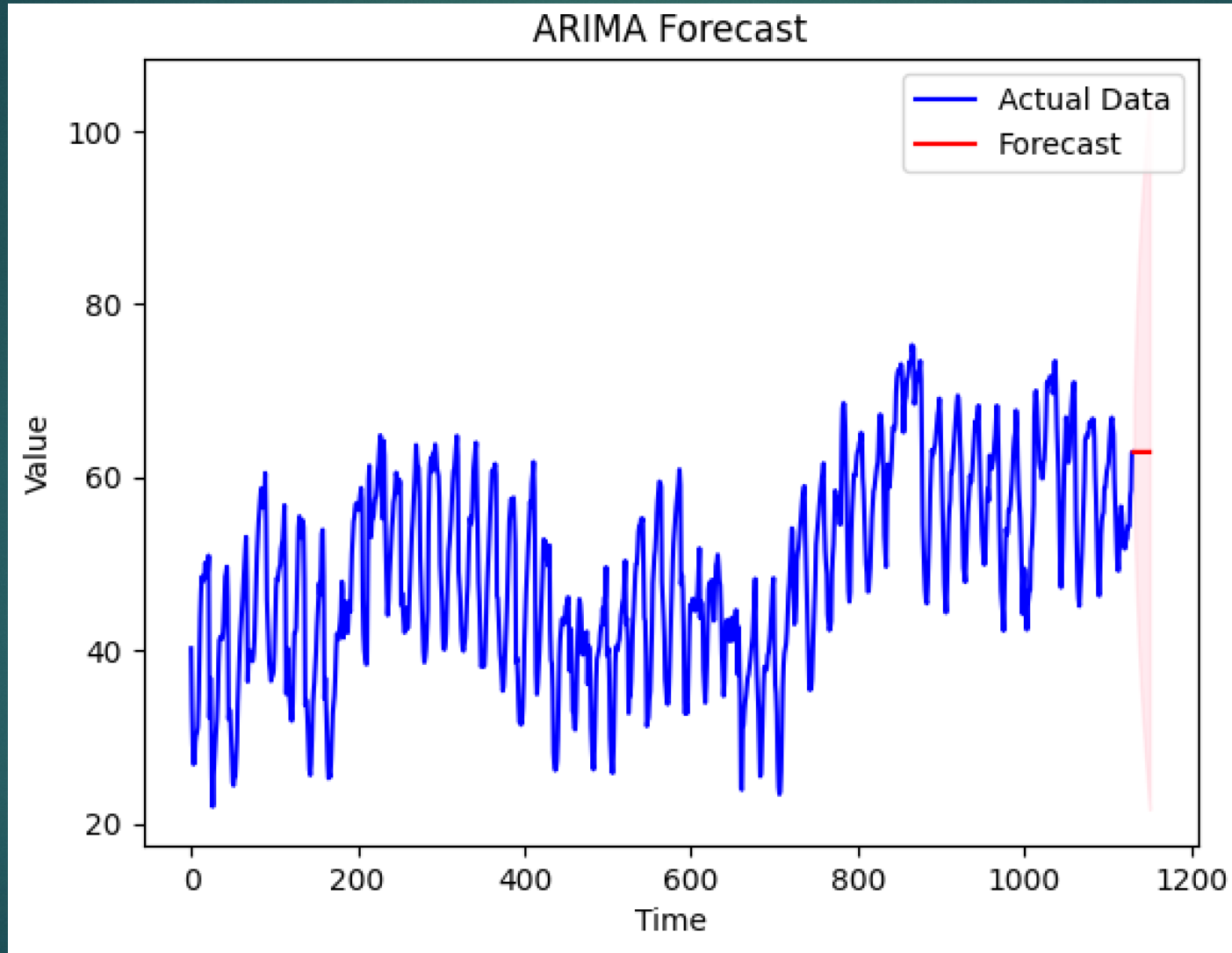




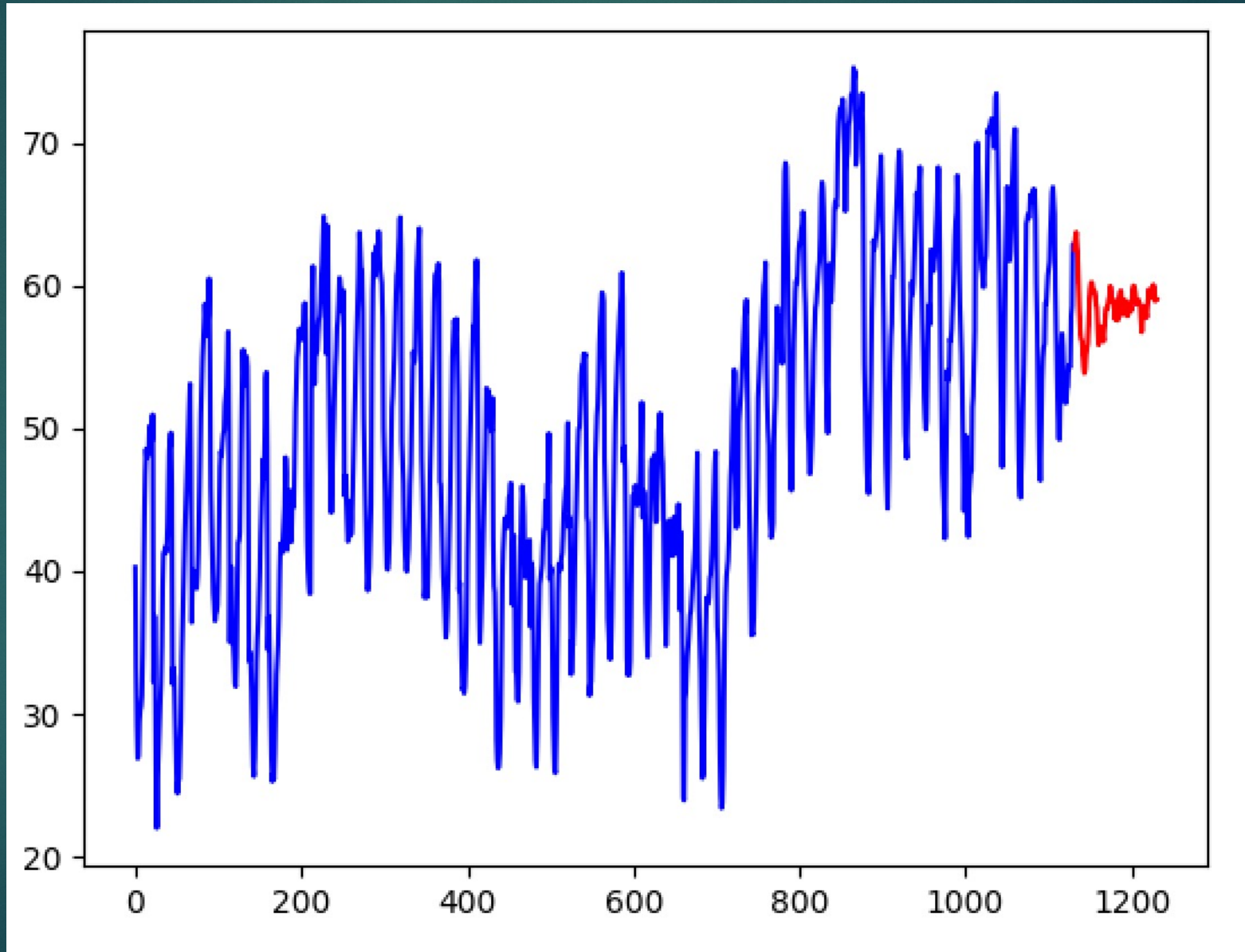


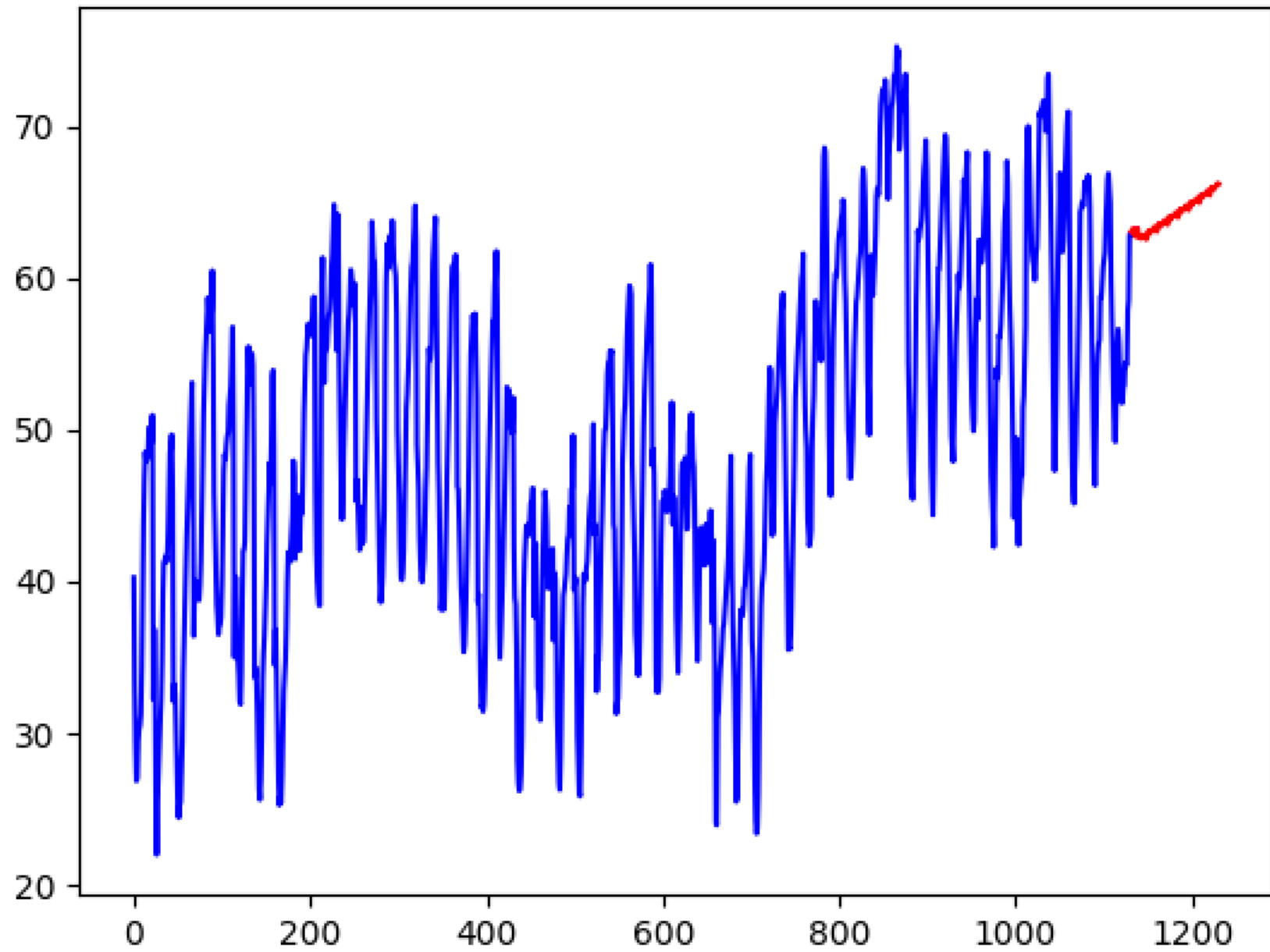
# TAHMİN

32



# SARIMAX





# ARIMA (AutoRegressive Integrated Moving Average)

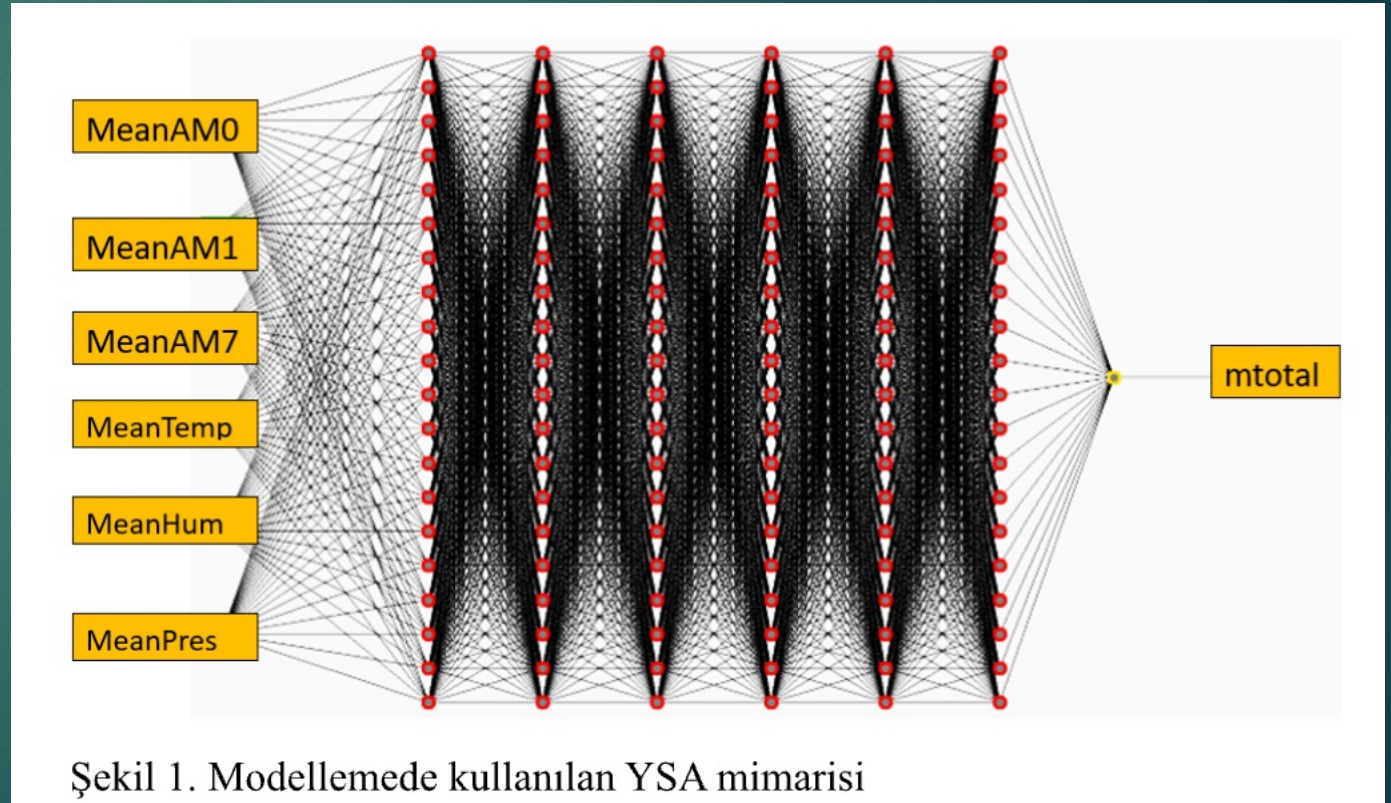
35

- ▶ Veri hazırlığı
- ▶ Model seçimi ve belirlemesi ARIMA (2,0,0)
- ▶ Parametre seçimi (statsmodels, pmdarima)
- ▶ Test ve Rezidü analizi
- ▶ Model hesaplatması
- ▶ Tahmin aşaması

# ÇALIŞILAN ALANLAR

36

- ▶ SARIMAX
- ▶ PROPHET (FACEBOOK)
- ▶ GREYKITE (LINKEDLN)
- ▶ NEURAL NETWORK



# TEŞEKKÜRLER