



## SiPM Sayısındaki Değişimin Dedektör Verimi ve Enerji Çözünürlüğüne Etkisinin Belirlenmesi

E. İREN<sup>1</sup>, T.YETKİN<sup>2</sup>, O. B. KOLCU<sup>3</sup>, F. ÖZOK<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi

<sup>2</sup> Yıldız Teknik Üniversitesi

<sup>3</sup> İstinye Üniversitesi

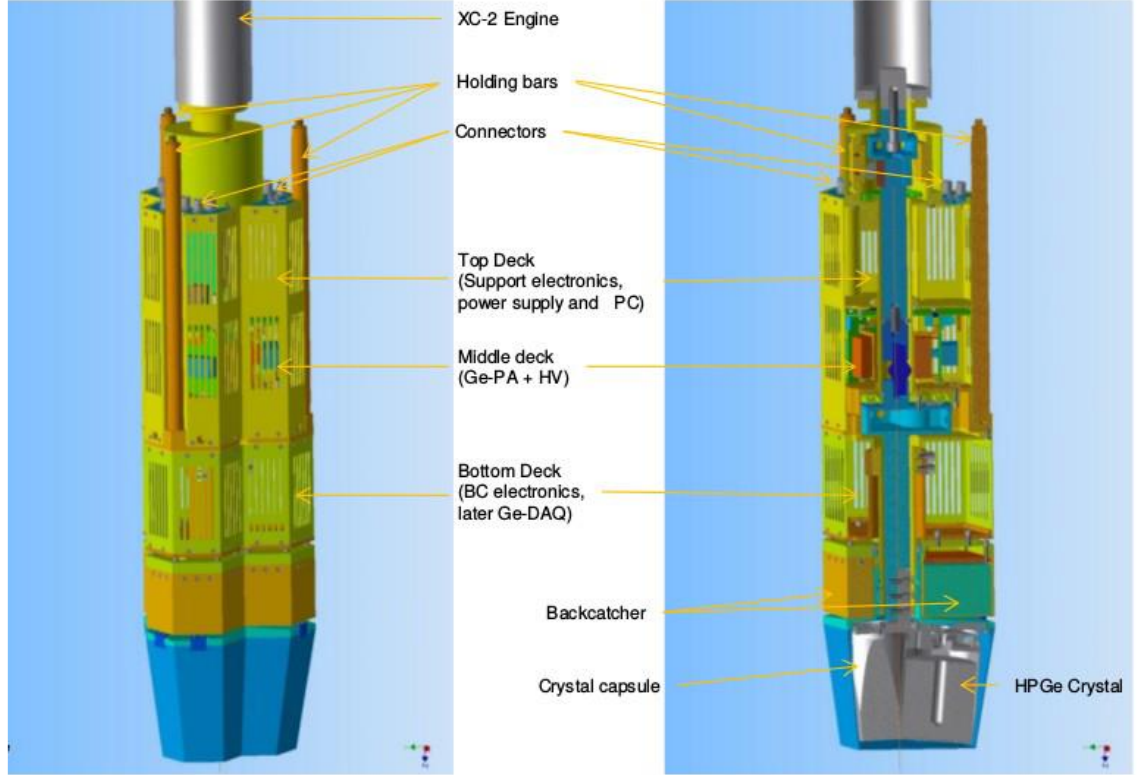
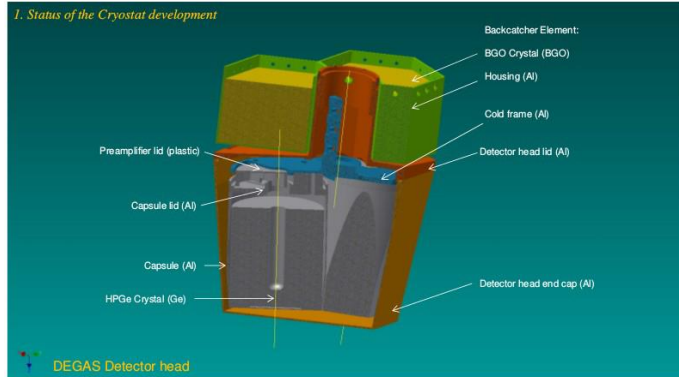
# İÇERİK

- Motivasyon
- Ölçümler
- Sonuçlar
- Devam Eden Çalışmalar
- Çalışma Grubumuz

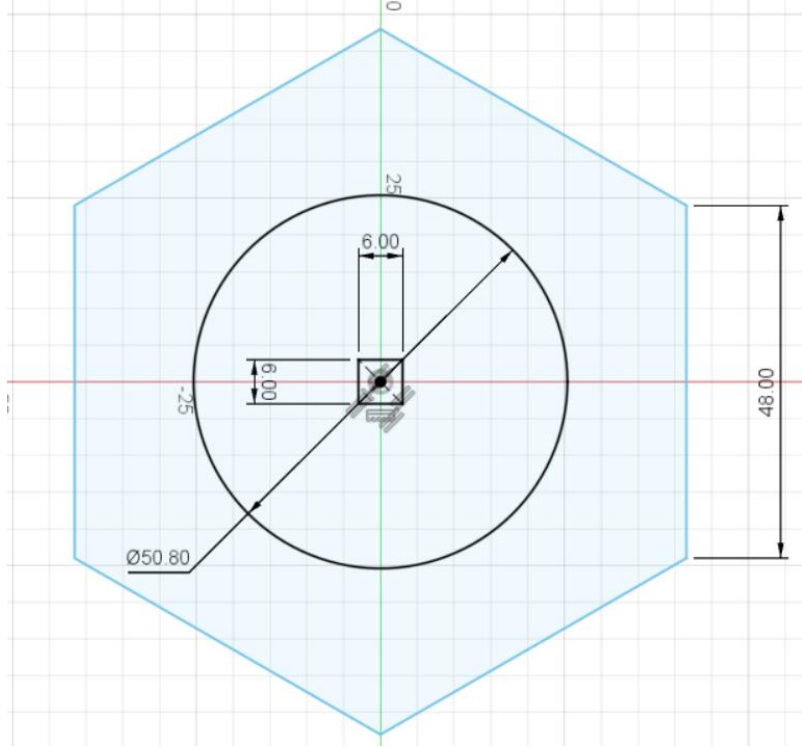
# Motivasyon



## 1. Status of the Cryostat development

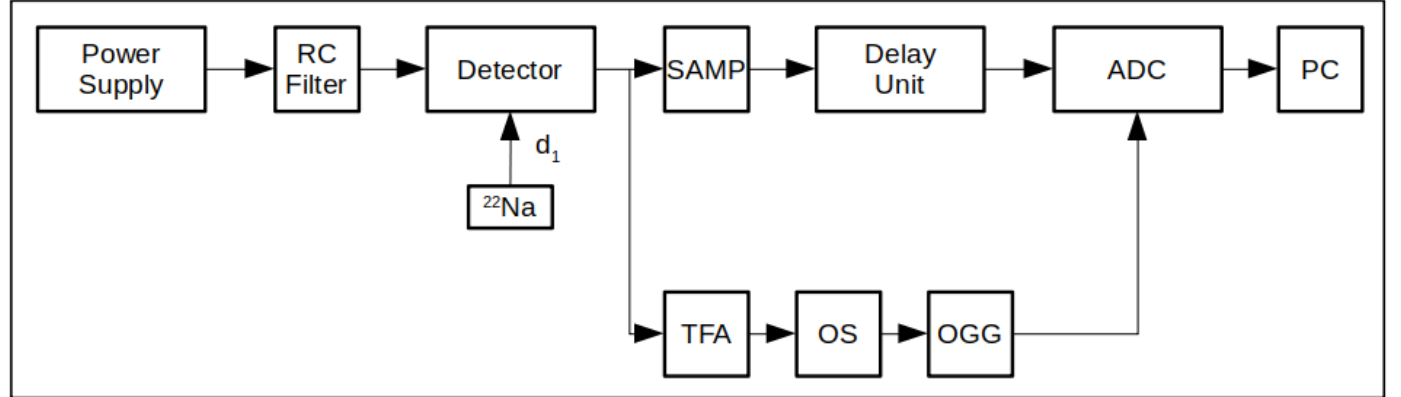
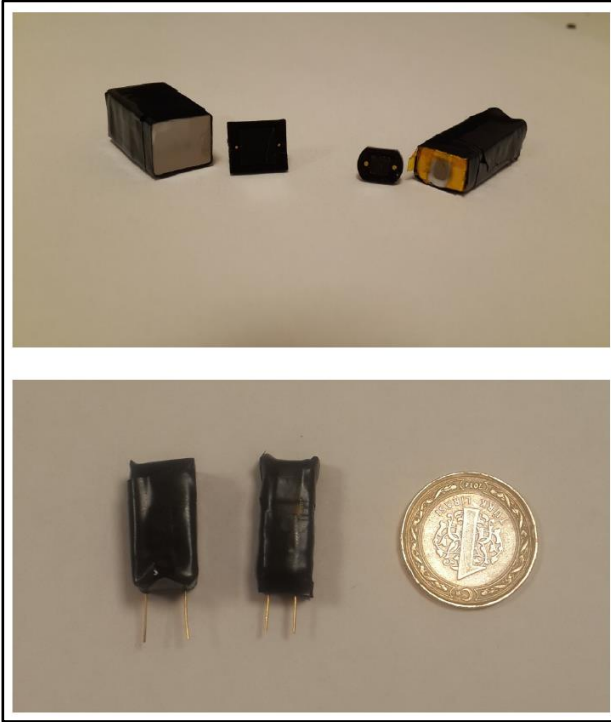


# Motivasyon

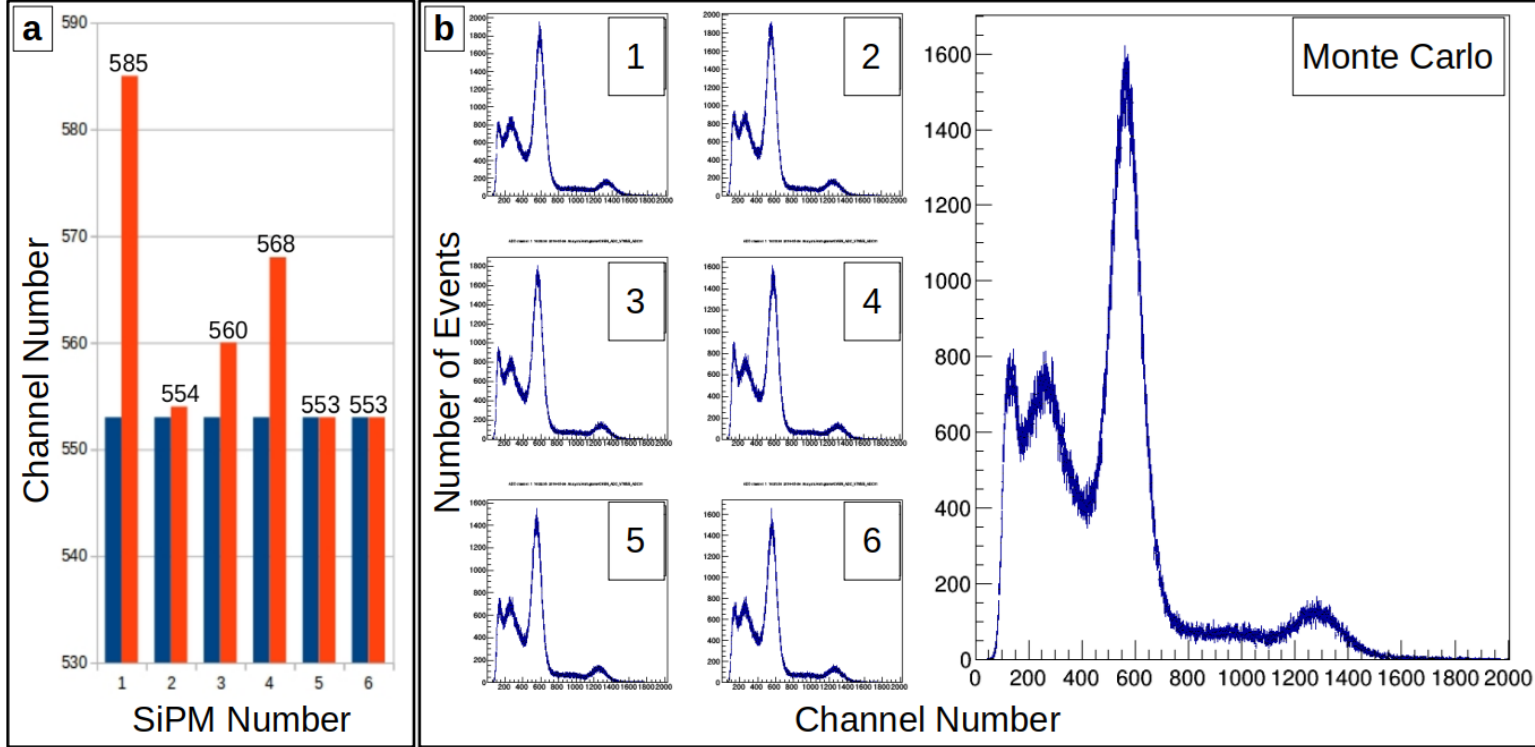


Sintilatörün Yüzey Alanı	: 54.98 cm <sup>2</sup>
PMT'nin Yüzey Alanı	: 20.26 cm <sup>2</sup>
SiPM'in Yüzey Alanı	: 0.36 cm <sup>2</sup>

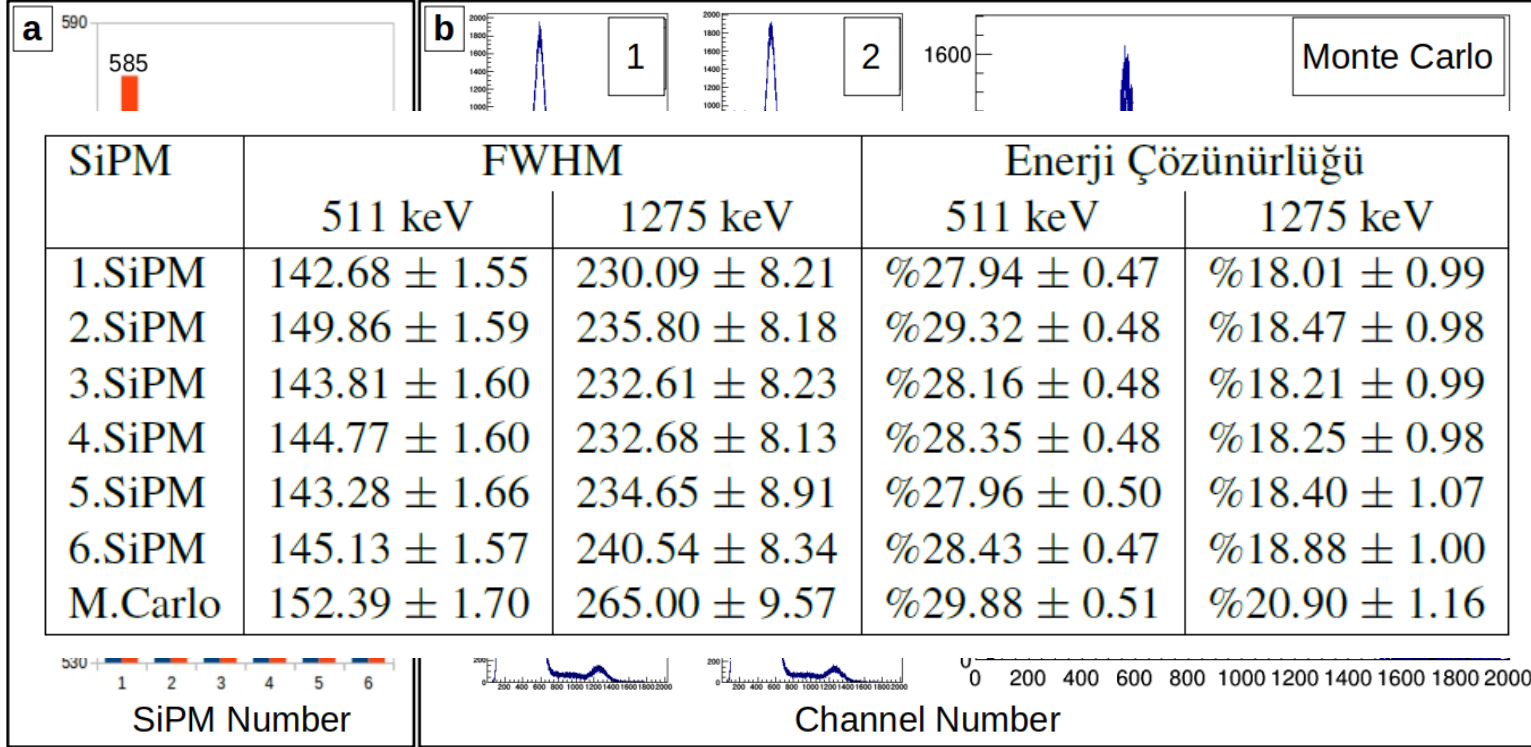
# SiPM Kazanç Testleri



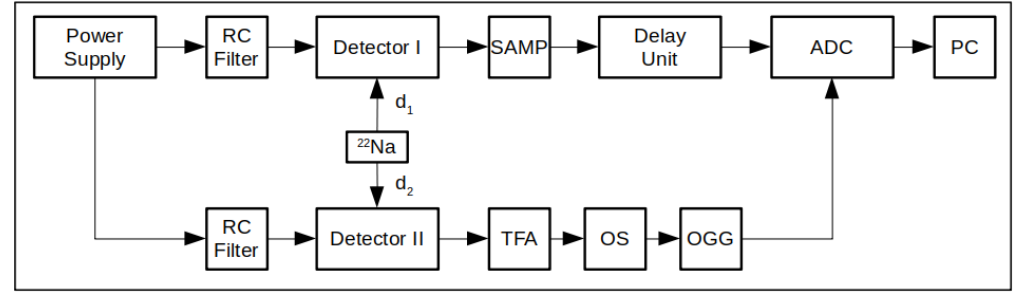
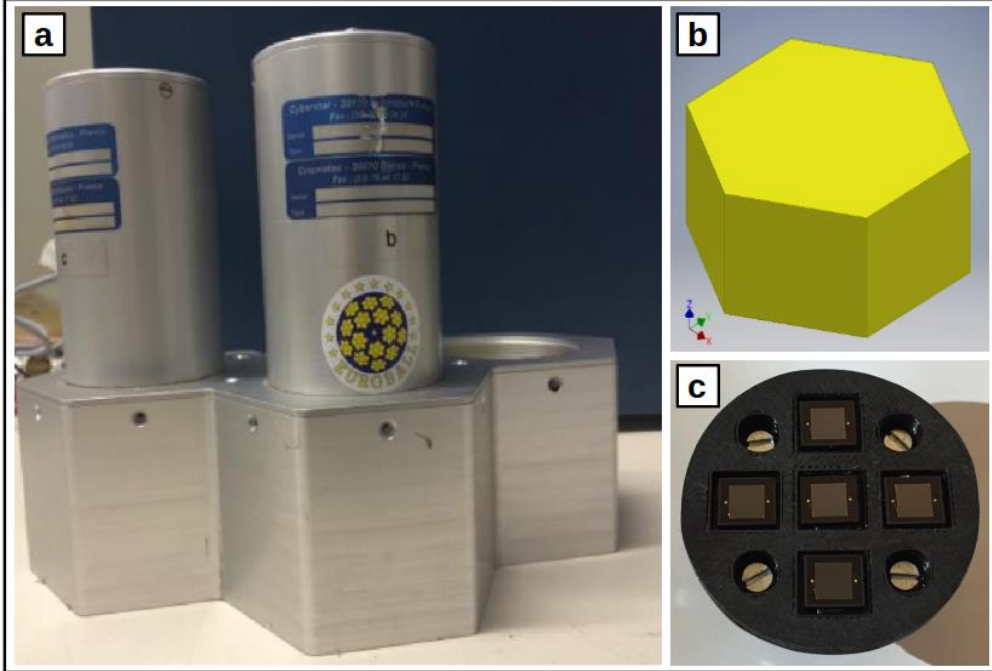
# SiPM Kazanç Testleri



# SiPM Kazanç Testleri

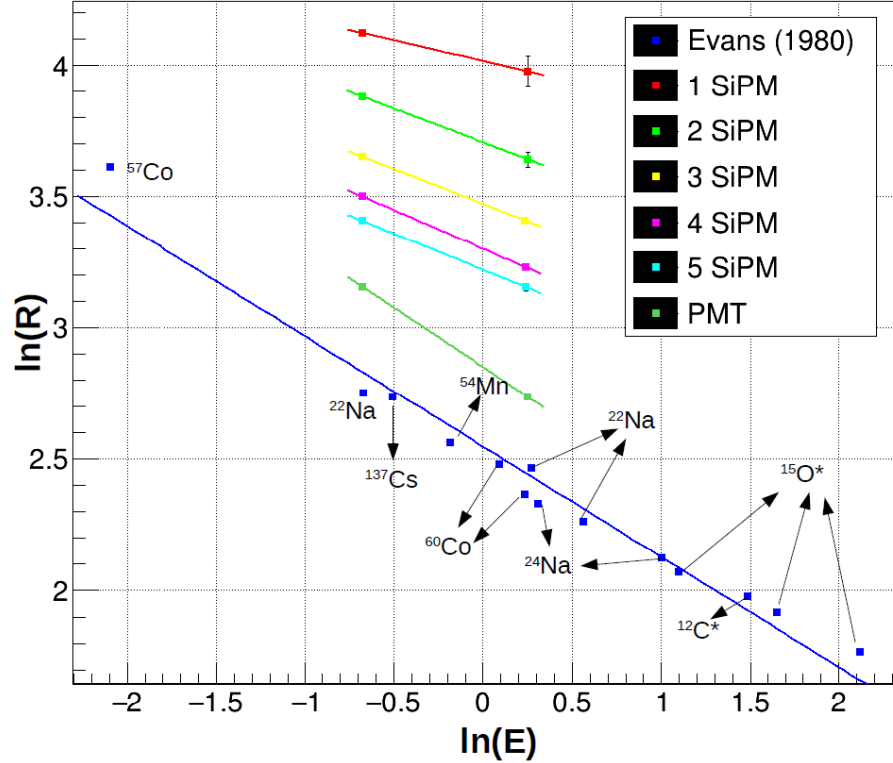


# Enerji Çözünürlüğünün Belirlenmesi





# Enerji Çözünürlüğünün Belirlenmesi



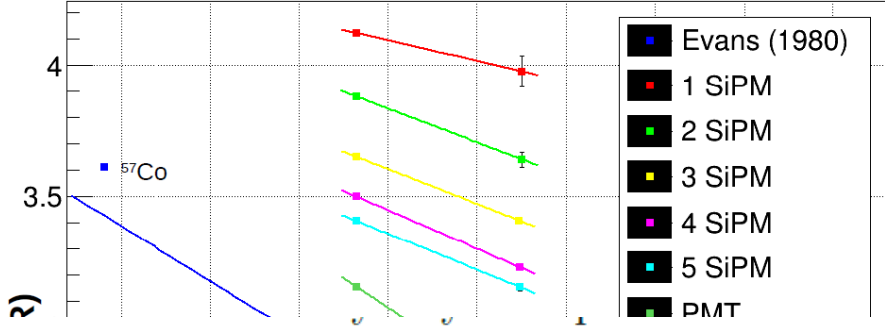
Enerji çözünürlüğü, FWHM değeri ile yani enerjinin kare kökü ile orantılı bir büyüklüktür.

$$R = \frac{FWHM}{E} = K \frac{\sqrt{E}}{E} = \frac{K}{\sqrt{E}}$$

Her iki tarafın logaritması alındığında:

$$\ln R = \ln K - \frac{1}{2} \ln E$$

# Enerji Çözünürlüğünün Belirlenmesi



Enerji çözünürlüğü, FWHM değeri ile yani enerjinin kare kökü ile orantılı bir büyüklüktür.

$$R = \frac{FWHM}{E} = K \frac{\sqrt{E}}{E} = \frac{K}{\sqrt{E}}$$

SiPM / PMT Sayısı	Enerji çözünürlüğü (Deneysel)		Enerji çözünürlüğü (Benzetim)		Kristal yüzeyinin kaplanma yüzdesi
	511 keV	1275 keV	511 keV	1275 keV	
1 SiPM	%60.70 ± 0.19	%49.78 ± 0.65	%60.56 ± 0.08	%49.11 ± 0.32	%0.65
2 SiPM	%46.68 ± 0.11	%36.55 ± 0.28	%46.66 ± 0.05	%36.29 ± 0.14	%1.30
3 SiPM	%37.08 ± 0.06	%28.60 ± 0.14	%37.76 ± 0.03	%28.96 ± 0.07	%1.95
4 SiPM	%32.16 ± 0.05	%25.07 ± 0.10	%32.82 ± 0.03	%25.26 ± 0.05	%2.60
5 SiPM	%29.91 ± 0.04	%23.84 ± 0.09	%30.41 ± 0.02	%23.90 ± 0.04	%3.25
1 PMT	%23.44 ± 0.04	%15.43 ± 0.04			%37

# Enerji Çözünürlüğünün Belirlenmesi

Ölçülen enerji değeri sintilatörde üretilen foton sayısı ile orantılıdır. ( $E \propto N$ )

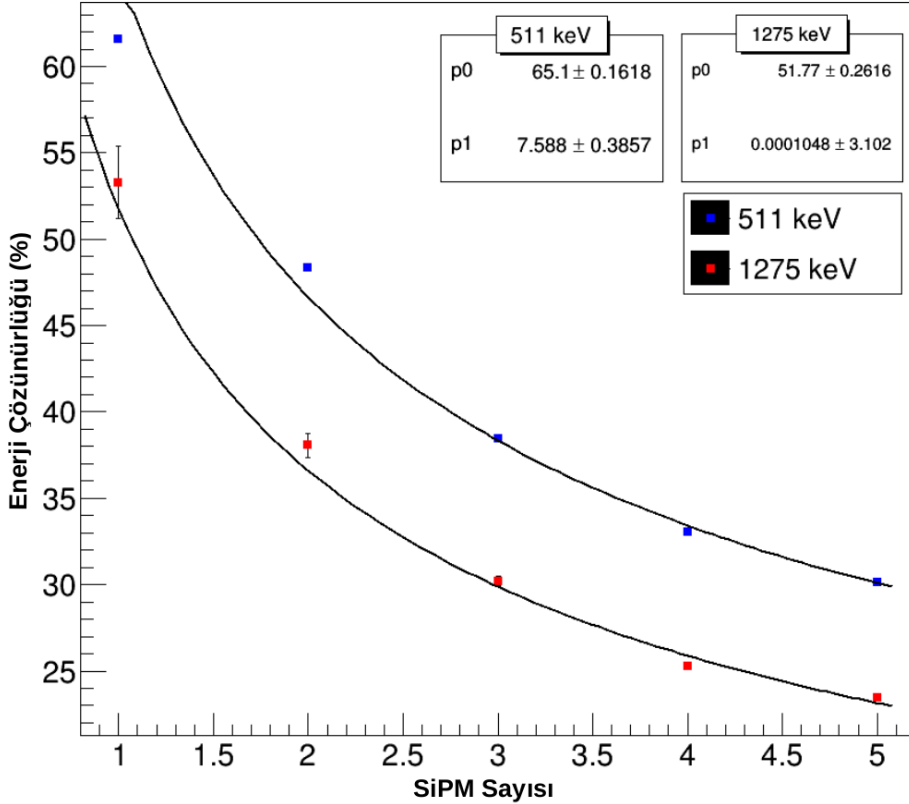
Fototepenin doruk noktasına ait enerji değeri SiPM'den çıkan sinyal genliği ile yani foton sayısı ile orantılıdır.

$$N' = N \times N_{SiPM}$$

SiPM sayısının değişimi ile elde edilen enerji çözünürlüğü

$$R \propto \frac{1}{\sqrt{N}} \rightarrow R' \propto \frac{1}{\sqrt{N'}} = \frac{R}{\sqrt{N_{SiPM}}}$$

# Enerji Çözünürlüğünün Belirlenmesi



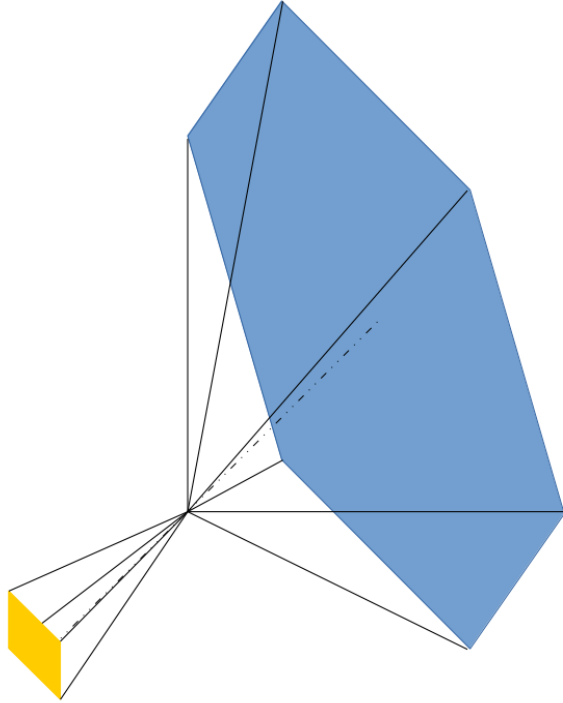
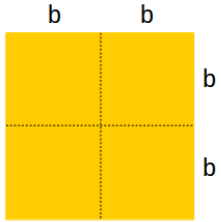
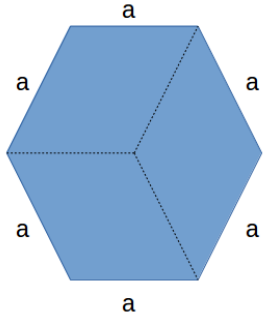
Fit fonksiyonu:

$$R = \frac{p_0}{\sqrt{N_{SiPM}}} + p_1$$

$p_0$ , foto-istatistik etkileri ifade eden stokastik terim

$p_1$ , sabit sayı

# Dedektör Veriminin Belirlenmesi

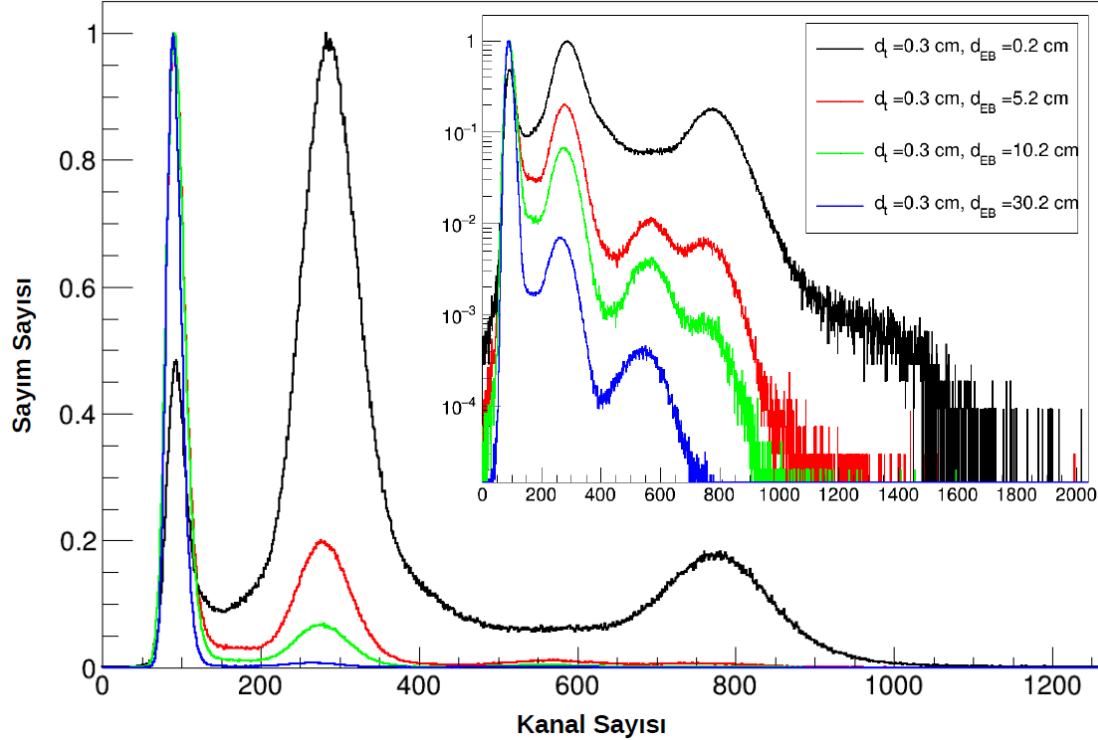


Dedektör verimi litertürde gerçek ( $\epsilon_{int}$ ) ve toplam ( $\epsilon_{top}$ ) olmak üzere iki farklı şekilde hesaplanmaktadır.

$$\epsilon_{int} = \frac{D}{N'_{\gamma}} \quad \epsilon_{top} = \frac{D}{N_{\gamma}}$$

$N_{\gamma}$  kaynaktan yayınlanan  $\gamma$  ışınlarının sayısı  
 $N'_{\gamma}$  dedektöre giren  $\gamma$  ışınlarının sayısı  
 $D$  dedektörde sayılan  $\gamma$  ışınlarının sayısı

# Dedektör Veriminin Belirlenmesi



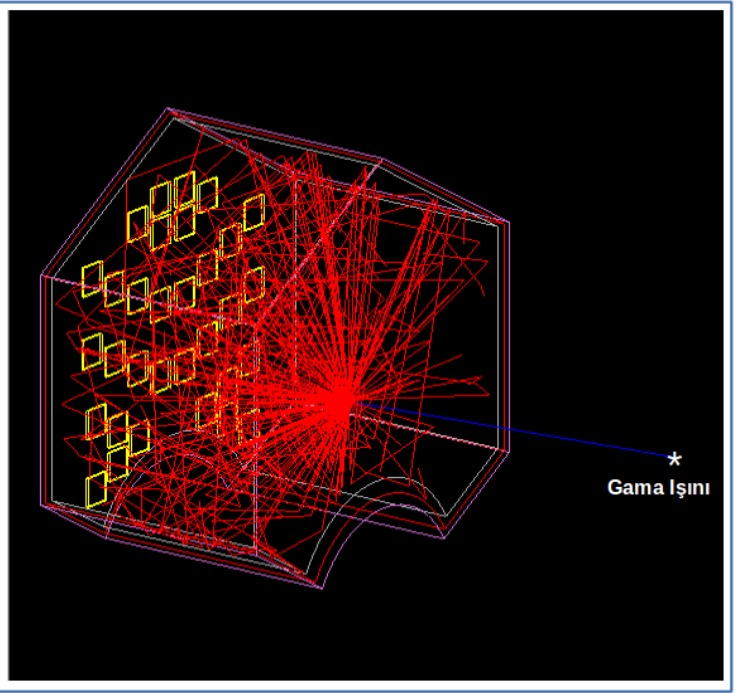
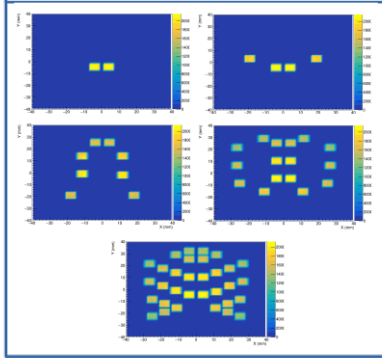
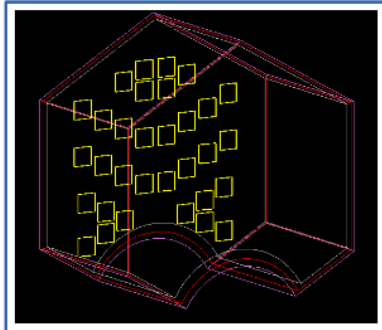
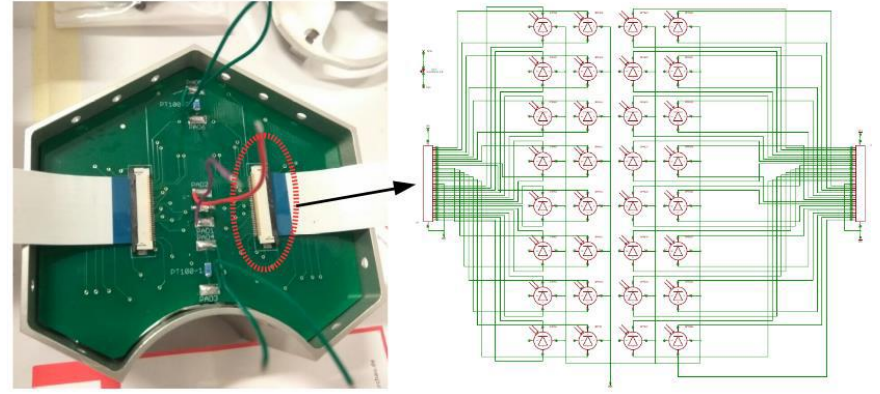
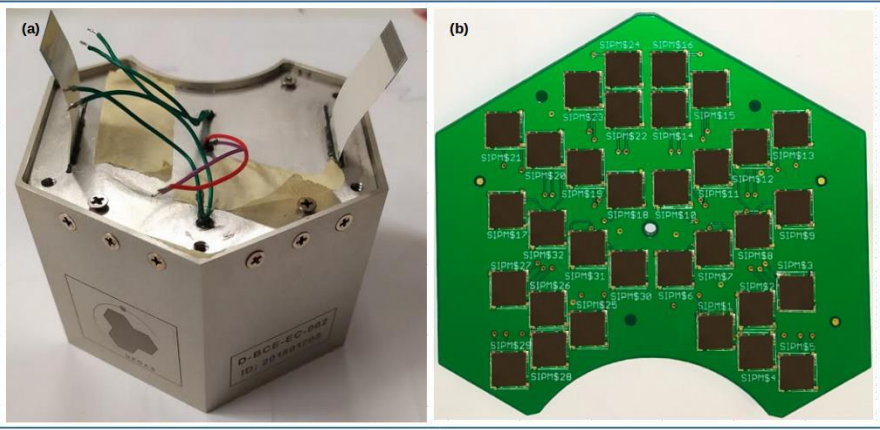
d (cm)	Teorik	
	$\epsilon_{top}$	$\epsilon_{int}$
0.2	$0.17287 \pm 0.00041$	$0.95952 \pm 0.00228$
5.2	$0.05203 \pm 0.00012$	$0.95902 \pm 0.00228$
10.2	$0.01943 \pm 0.00005$	$0.95852 \pm 0.00228$
30.2	$0.00259 \pm 0.00001$	$0.95651 \pm 0.00228$

d (cm)	Deneysel	
	$\epsilon_{top}$	$\epsilon_{int}$
0.2	$0.06252 \pm 0.00074$	$0.34699 \pm 0.00413$
5.2	$0.03214 \pm 0.00037$	$0.59236 \pm 0.00679$
10.2	$0.01572 \pm 0.00018$	$0.77525 \pm 0.00882$
30.2	$0.00262 \pm 0.00003$	$0.96736 \pm 0.01110$

# Sonuç

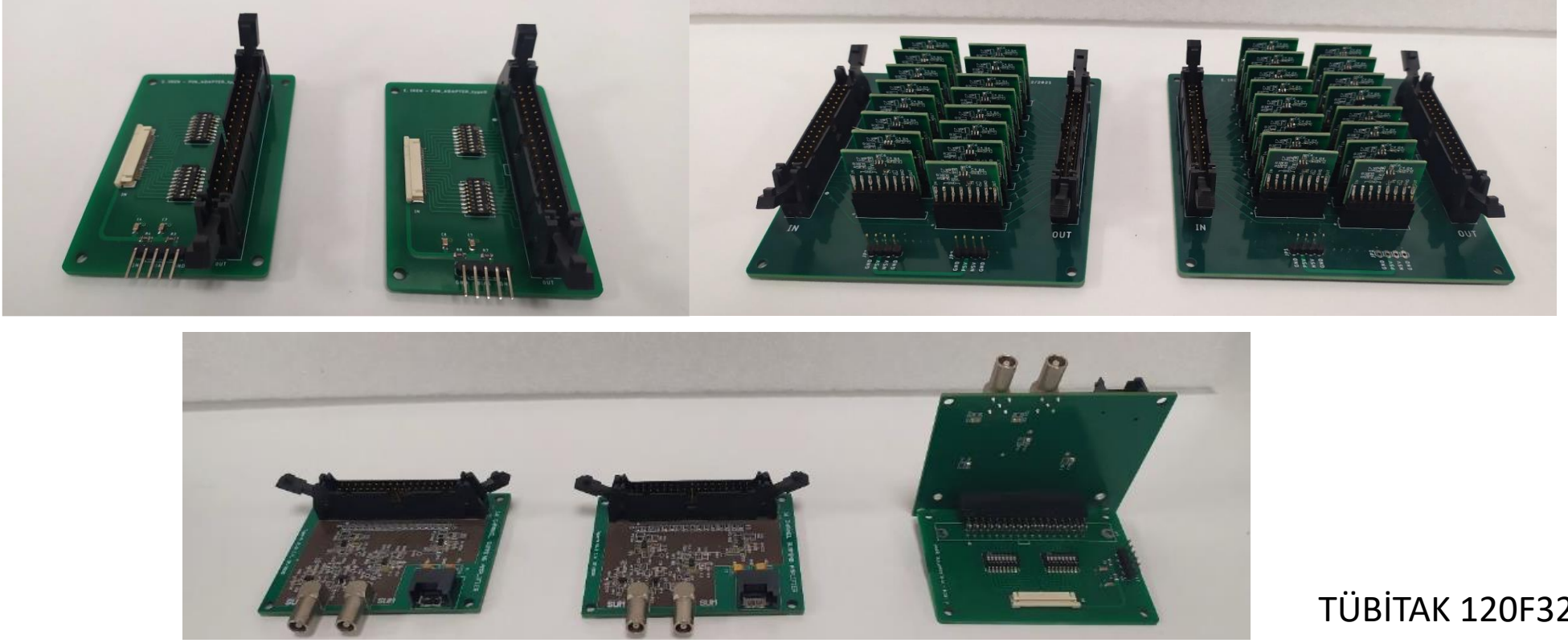
- 511 keV enerjili gama ışınları için hesaplanan ve deneysel olarak ölçülen verim değerleri kaynak ile dedektör arasındaki mesafe arttıkça birbirlerine yaklaşmaktadır.
- SiPM sayısı ile enerji çözünürlüğü arasındaki ilişki kuramsal olarak belirlenmiştir.
- 5 SiPM kullanılarak elde edilen enerji çözünürlüğü değerleri (511 keV için) %35 değerinin altındadır.
- Benzetim çalışmalarından elde edilen sonuçlar deneysel sonuçlar ile tutarlılık göstermektedir.
- Bu çalışmada kullanılan SiPM'lerin her birinin ışığa duyarlı alanı  $0.36 \text{ cm}^2$ 'dir. Test yapılan modülün yüzey alanı  $54.98 \text{ cm}^2$  olduğu göz önüne alınırsa elde edilen enerji çözünürlüğü değeri dedektör yüzeyinin sadece %3.25'lik bir kısmının SiPM'ler ile kaplanması sonucunda elde edilmiştir.

# Devam Eden Çalışmalar





# Devam Eden Çalışmalar



TÜBİTAK 120F320

## Çalışma Grubumuz



.Dr. Öğr. Üyesi Ferhat ÖZOK

.Arş. Gör. Emre İREN



.Prof. Dr. Taylan YETKİN



.Dr. Öğr. Üyesi Onur B. KOLCU

# Çalışma Grubumuz



.Prof. Dr. M. Nizamettin ERDURAN

.Dr. Öğr. Üyesi A. Tarık ZENGİN

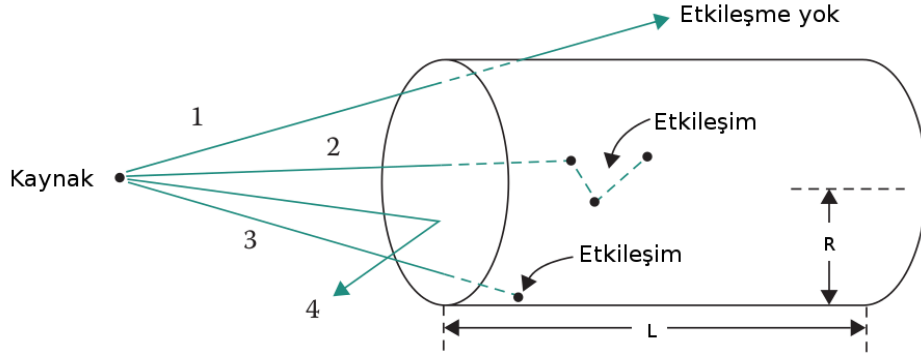
.Dr. Öğr. Üyesi Oktay DOĞANGÜN

.F. Anıl SELÇUK

# Teşekkürler.

# BACKUP

d (cm)	Teorik		Deneysel	
	$\epsilon_{top}$	$\epsilon_{int}$	$\epsilon_{top}$	$\epsilon_{int}$
0.2	$0.17287 \pm 0.00041$	$0.95952 \pm 0.00228$	$0.06252 \pm 0.00074$	$0.34699 \pm 0.00413$
2.2	$0.10887 \pm 0.00026$	$0.95932 \pm 0.00228$	$0.05204 \pm 0.00060$	$0.45855 \pm 0.00531$
3.2	$0.08467 \pm 0.00020$	$0.95922 \pm 0.00228$	$0.04395 \pm 0.00051$	$0.49791 \pm 0.00575$
4.2	$0.06604 \pm 0.00016$	$0.95912 \pm 0.00228$	$0.03824 \pm 0.00044$	$0.55538 \pm 0.00638$
5.2	$0.05203 \pm 0.00012$	$0.95902 \pm 0.00228$	$0.03214 \pm 0.00037$	$0.59236 \pm 0.00679$
6.2	$0.04154 \pm 0.00010$	$0.95892 \pm 0.00228$	$0.02809 \pm 0.00032$	$0.64828 \pm 0.00741$
7.2	$0.03366 \pm 0.00008$	$0.95882 \pm 0.00228$	$0.02388 \pm 0.00027$	$0.68014 \pm 0.00776$
8.2	$0.02766 \pm 0.00007$	$0.95872 \pm 0.00228$	$0.02056 \pm 0.00023$	$0.71269 \pm 0.00813$
9.2	$0.02304 \pm 0.00005$	$0.95862 \pm 0.00228$	$0.01791 \pm 0.00020$	$0.74521 \pm 0.00850$
10.2	$0.01943 \pm 0.00005$	$0.95852 \pm 0.00228$	$0.01572 \pm 0.00018$	$0.77525 \pm 0.00882$
30.2	$0.00259 \pm 0.00001$	$0.95651 \pm 0.00228$	$0.00262 \pm 0.00003$	$0.96736 \pm 0.01110$



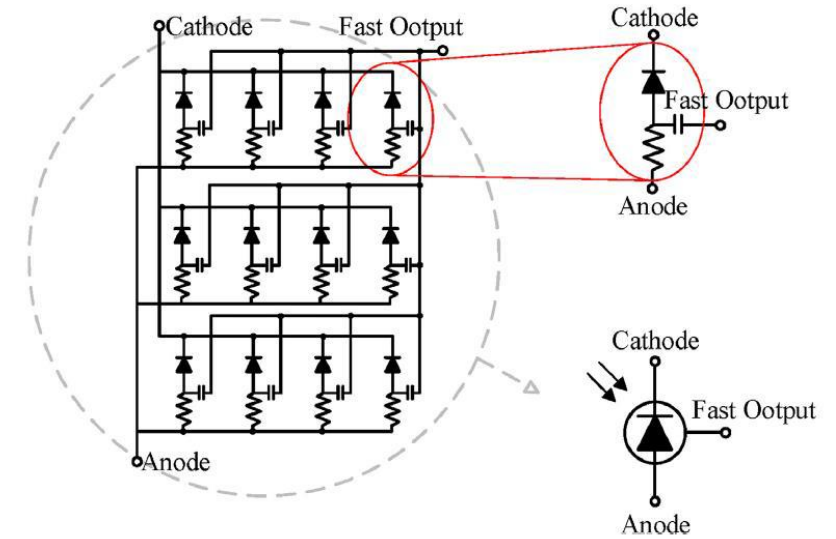
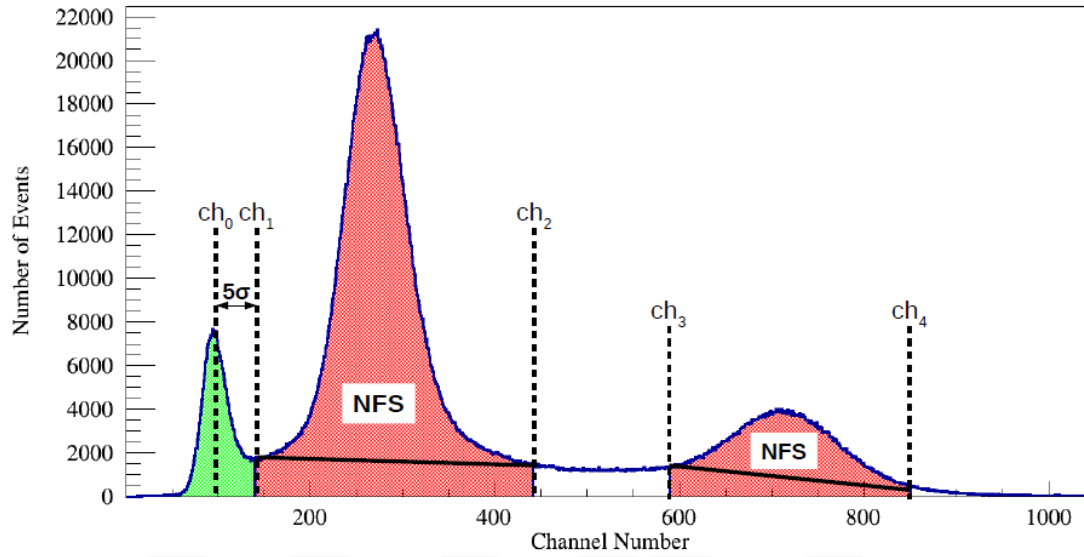
$D$ 'nin belirlenmesinde iki farklı yöntem izlenir. İlk yöntemde ortamda radyoaktif bir kaynak olduğu ve olmadığı durumlarda alınan sayım sayıları ( $S$ ) elektronik gürültü değerleri atıldıktan sonra birbirlerinden çıkarılır. Elde edilen değer net sayım sayısı olan  $D$ 'nin değeridir:

$$D = S_{\text{kaynakvar}} - S_{\text{kaynak yok}} \quad (3.14)$$

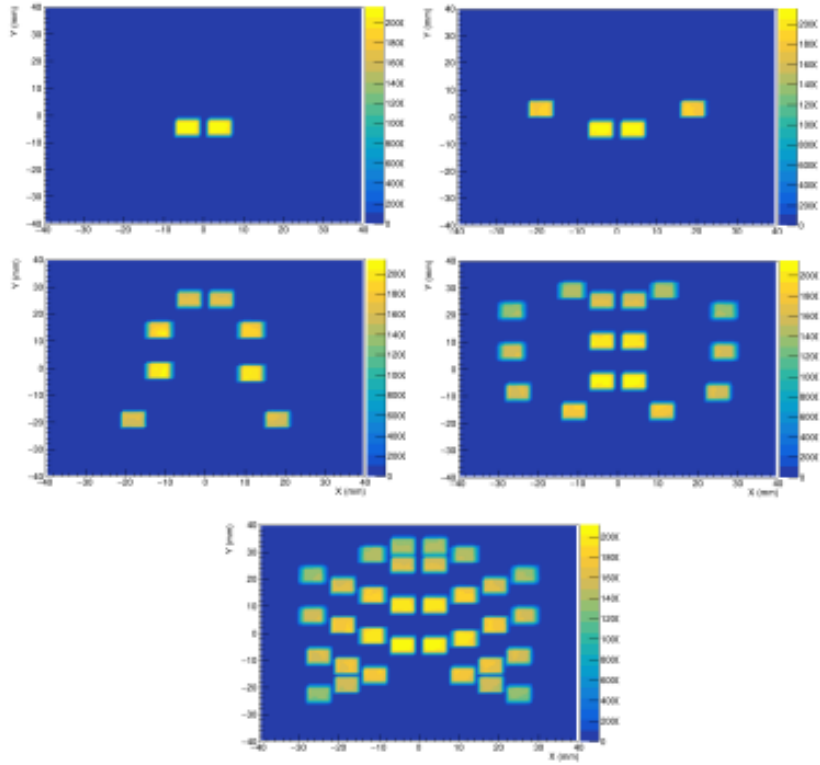
İkinci yöntem ise fototepe bilgisi kullanılarak  $D$ 'nin belirlenmesidir. Spektrumunda oluşan net fototepe sayım miktarının ( $NFS$ ),  $PT$  değerine ( $PT$ ) bölünmesi ile elde edilir:

$$D = \frac{NFS}{PT} \quad (3.15)$$

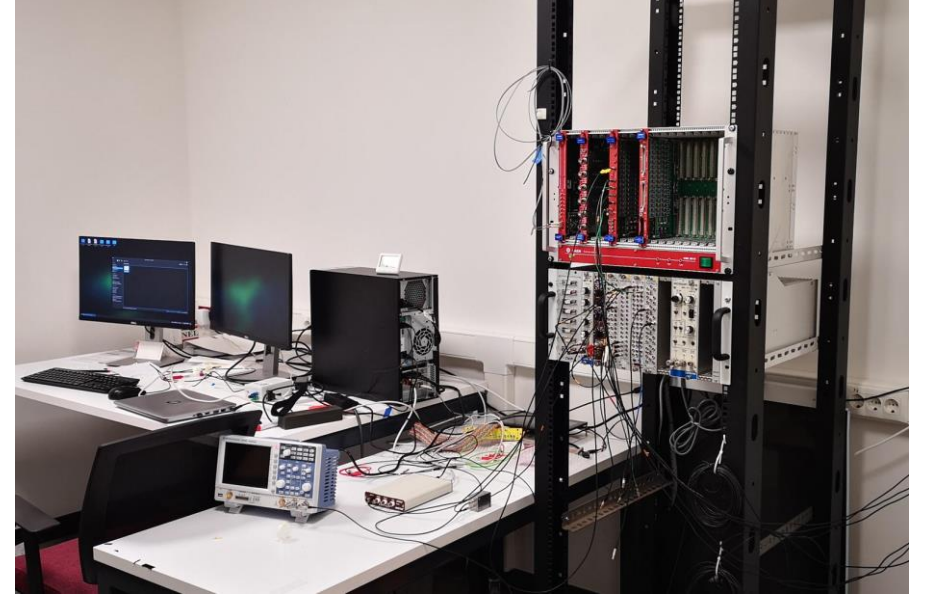
Buradaki  $PT$  değerleri için ya literatürde benzer kristal boyutları ile yapılmış deneyler sonucu hesaplanan (Şekil 3.23) değerler kullanılır ya da oluşan spektrumdaki  $PT$  değeri hesaplanır. Literatürdeki değerler kullanılacaksa bu değerlerin alındığı koşullar göz önünde bulundurulmalı ve gerekli durumlarda bir geometri faktörü ile bu değerler düzeltilmelidir.







# Laboratuvar İmkanlarımız



# Laboratuvar İmkanlarımız

