

Parçacıkların Gözlemlenmesinde Dedektörlerin Rolü

CERN-CMS DENEYİ VE MARMARA KOZMİK IŞIN LAB.

Prof. Dr. Mithat KAYA
Marmara Üniversitesi

**Hızlandırıcı Teknolojileri
Enstitüsü Uygulamalı Kış Okulu
2024 (HTE-UKO'24)**

12-17 Şubat 2024

Dedektörler Sadece kararlı parçacıkları ölçerler

$e^\pm, \mu^\pm, \gamma, \pi^\pm, K^\pm, K^0, p^\pm, n$

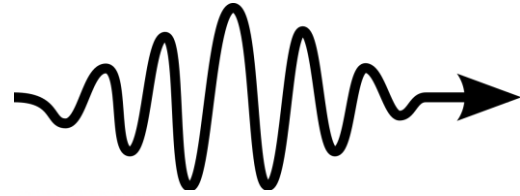
- **Yüklü parçacıklar**

Proton, elektron, pion, kaon, sigma ...

- **Güçlü etkileşen nötr parçacıklar**

Notron, pion(π^0), kaon(K^0) ...

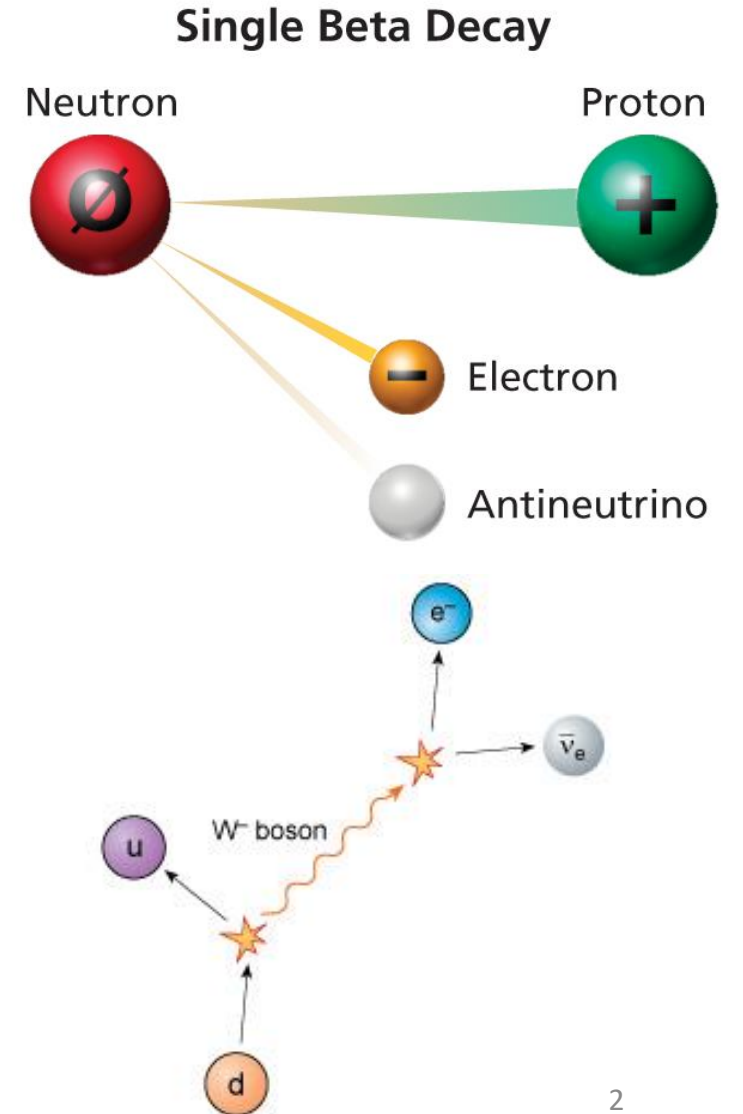
- **Fotonlar**



- **Müonlar**



- **Nötrinolar**



- **Momentum**
 - Parçacıkların manyetik alanda bükülmesinden ölçülür,
- **Kütle**
 - Parçacıkların hızlarının ölçülmesinden belirlenir
- **Enerji**
 - Parçacıklar madde ile etkileşmeleri sonucu enerjilerini detektörlerde(Kalorimetrelerde) bırakarak ölçüm gerçekleşir
- **Yük(e), Spin(s), ömür(sn), ...**
 - Magnetler ve diğer dedektörler yardımıyla hesaplanır
- **Tesir Kesiti, bozunma oranları**
 - Momentum ve enerji ölçümü ile hesaplanır

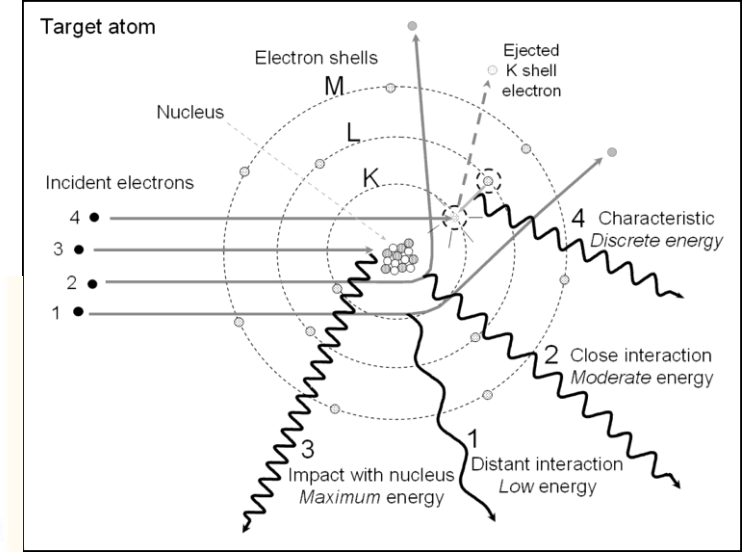
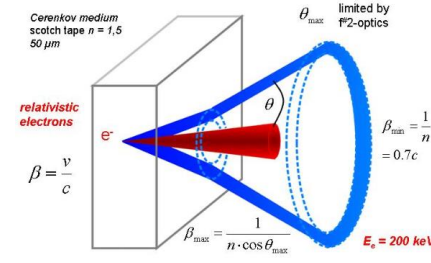
Parçacıkların Madde ile Etkileşmeleri

Yüklü parçacıklar her zaman elektron veya atomun çekirdeği ile etkileşirler

• Yüklü Parçacıkların Madde ile etkileşmesi

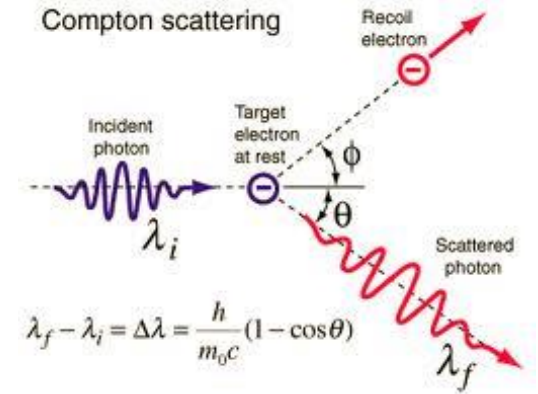
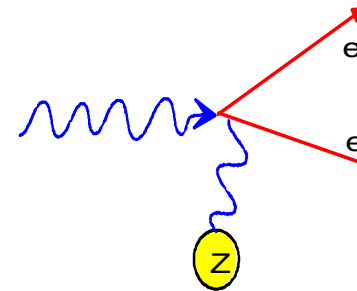
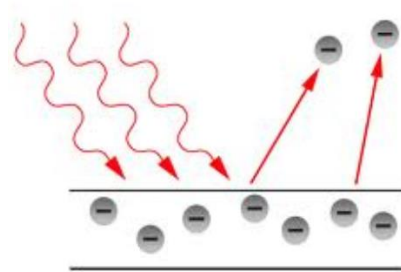
(Elektromanyetik etkileşme (Foton Salınımı))

- İyonlaşma veya uyarılma
- Bremsstrahlung (Çoklu etkileşmelerden dolayı enerji kaybı)
- Cerenkov Işıması
- Geçiş Radyasyonu (Transition Radiation)



• Fotonların Madde ile Etkileşmesi

- Fotoelektrik Olay
- Çift oluşumu
- Kompton Saçılması

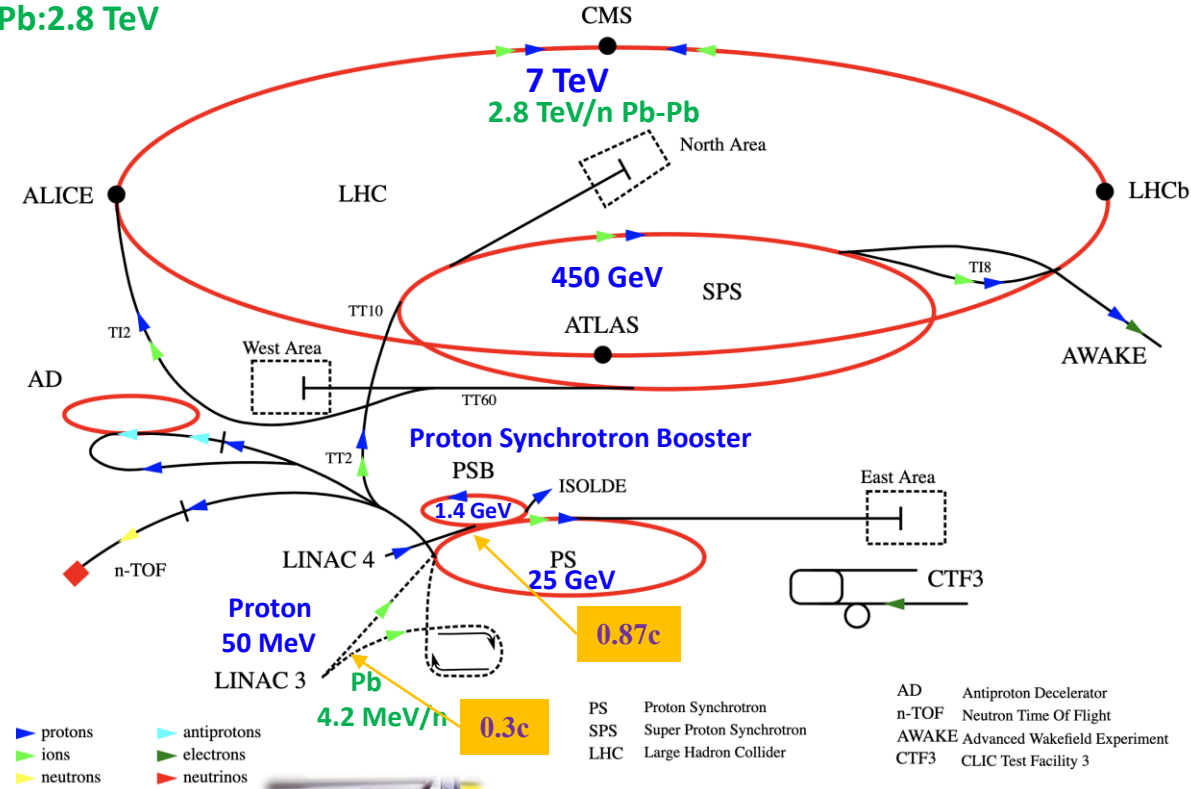
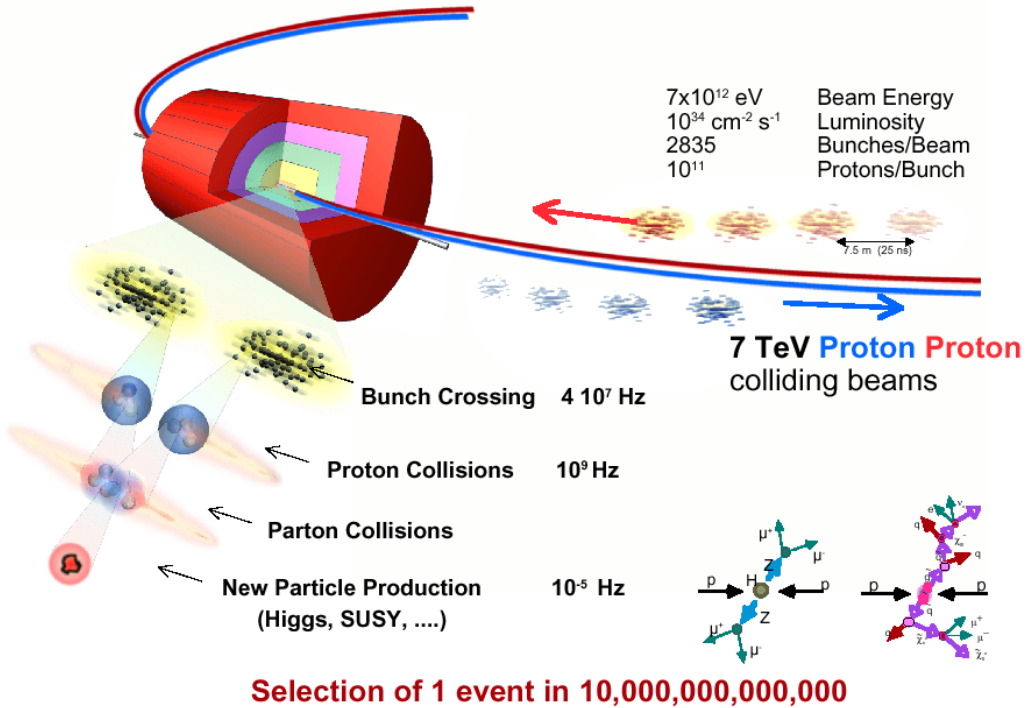


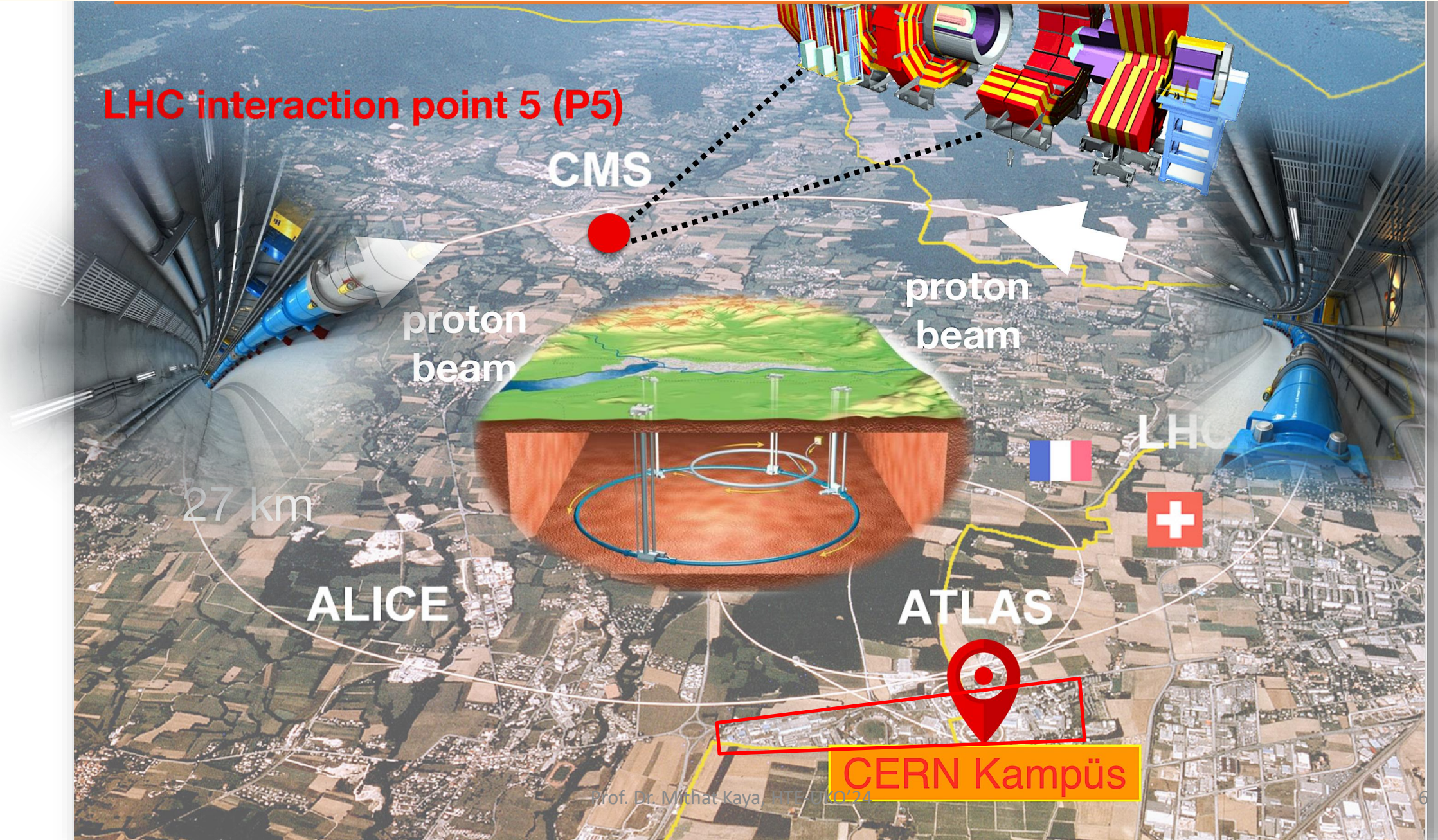
Hızlandırıcı-Büyük Hadron Çarpıştırıcısı(LHC)



Uzunluğu: 27 Km
Konumu: 100 m yerin altında
Manyetik Alan: ~8 T
Enerji: p-p 7 TeV Pb-Pb:2.8 TeV

Proton'un bu noktadaki hızı 0.999999991c





CMS DETECTOR

Total weight : 14,000 tonnes
Overall diameter : 15.0 m
Overall length : 28.7 m
Magnetic field : 3.8 T

STEEL RETURN YOKE
12,500 tonnes

Silikon İz dedektörleri: $|\eta| \leq 2.5$
SILICON TRACKERS
Pixel (100x150 μm) $\sim 16\text{m}^2 \sim 66\text{M}$ channels
Microstrips (80x180 μm) $\sim 200\text{m}^2 \sim 9.6\text{M}$ channels

SUPERCONDUCTING SOLENOID
Niobium titanium coil carrying $\sim 18,000\text{A}$

MUON CHAMBERS
Barrel: 250 Drift Tube, 480 Resistive Plate Chambers
Endcaps: 468 Cathode Strip, 432 Resistive Plate Chambers

Eta coverage:
♦ $|\eta| < 1.6$: 4 layers of CSCs, RPCs, DTs
♦ the $|\eta| \geq 1.6$: CSCs only;

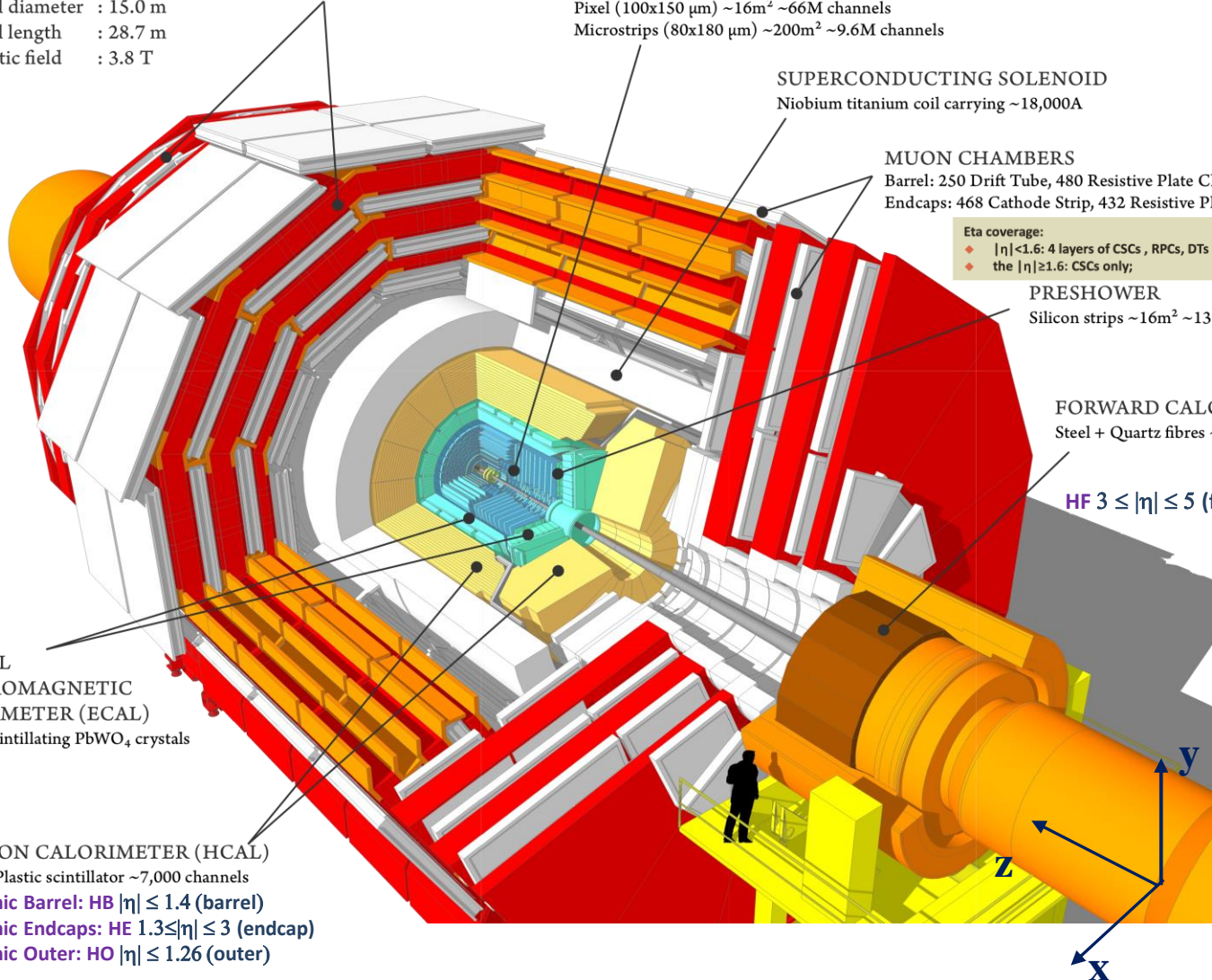
PRESHOWER
Silicon strips $\sim 16\text{m}^2 \sim 137,000$ channels

FORWARD CALORIMETER
Steel + Quartz fibres $\sim 2,000$ Channels

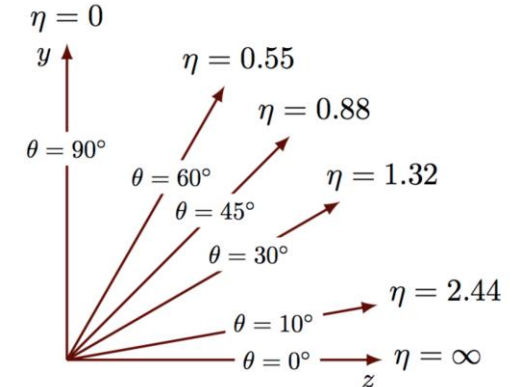
HF $3 \leq |\eta| \leq 5$ (forward)

CRYSTAL
ELECTROMAGNETIC
CALORIMETER (ECAL)
 $\sim 76,000$ scintillating PbWO_4 crystals

HADRON CALORIMETER (HCAL)
Brass + Plastic scintillator $\sim 7,000$ channels
Hadronic Barrel: HB $|\eta| \leq 1.4$ (barrel)
Hadronic Endcaps: HE $1.3 \leq |\eta| \leq 3$ (endcap)
Hadronic Outer: HO $|\eta| \leq 1.26$ (outer)

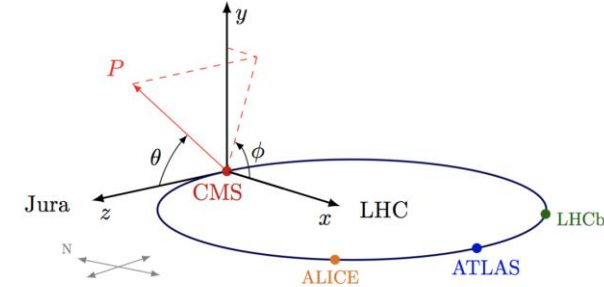
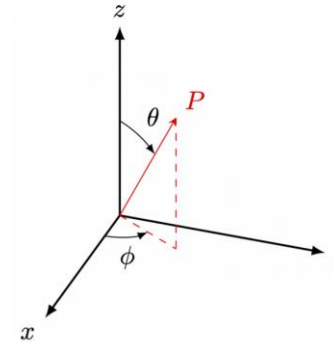


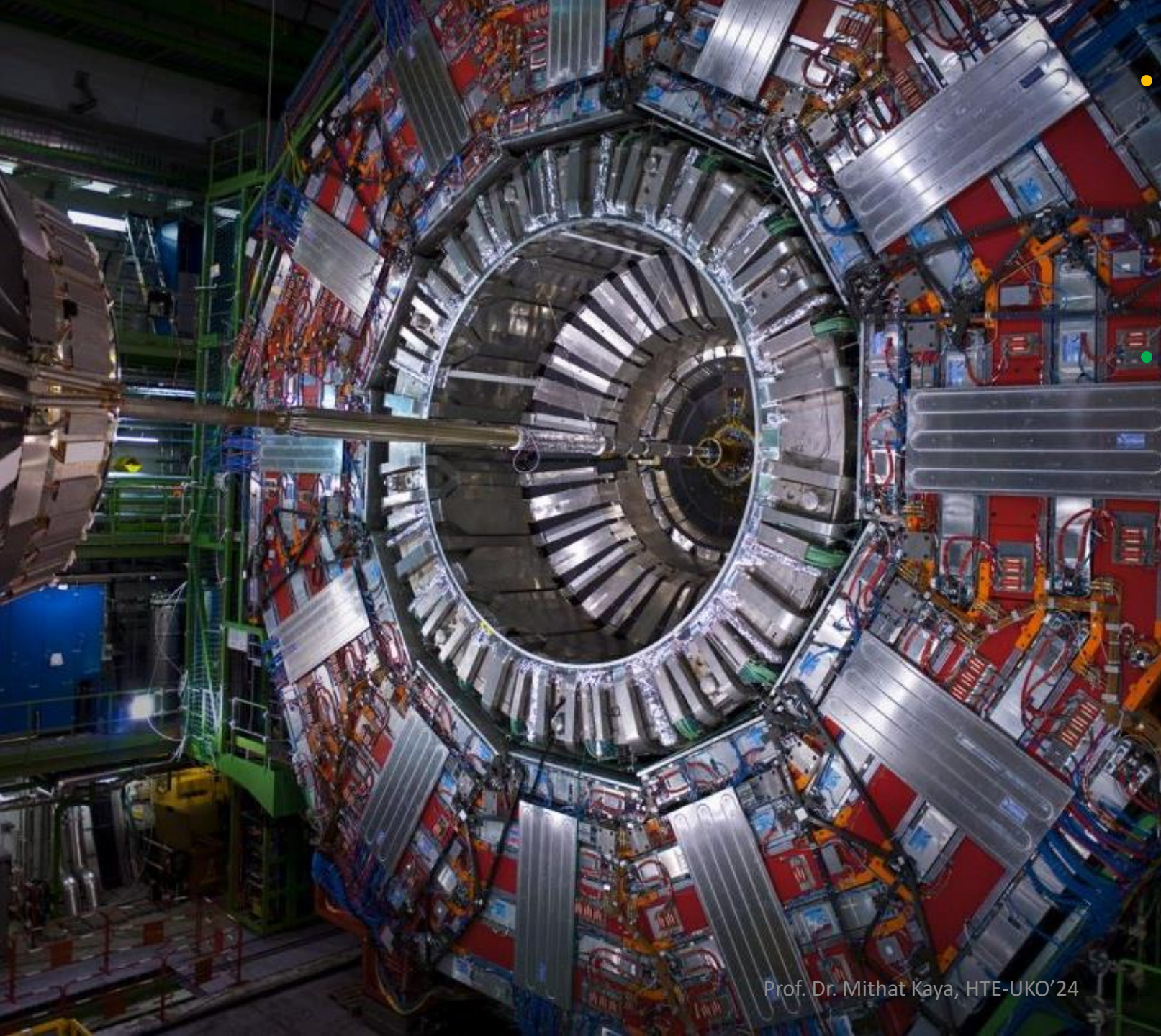
Koordinat Sistemi



$$\eta \equiv -\ln \left[\tan \left(\frac{\theta}{2} \right) \right]$$

Parçacık fiziğinde, **sıfır açısı genellikle ışın eksenı boyunca** ve bu nedenle yüksek pseudorapidity değerlerine sahip parçacıklar, ışınla birlikte dedektördeki boşluktan kaçarak genellikle kaybolur. (Wikipedia)





- Kompakt Müon Solenoid (CMS) deneyi, CERN'deki Büyük Hadron Çarpıştırıcısında (LHC) bulunan iki büyük genel amaçlı parçacık fiziği deneylerinden biridir.
- CMS deneyinin amacı, aşırı yüksek enerjili proton çarpışmalarının sonuçlarından elde edilen verileri işleyerek Fizik çalışmaları yapmak:
 - Standart Model Fiziği
 - Higgs bozonunu
 - Egzotik parçacıklar
 - Ekstra boyutlar
 - Karanlık madde
 - Karanlık Enerji
 - Süpersimetri
 -

Yüksek çözünürlüklü, çok hızlı ve yüksek enerjili parçacıkların çarpışmalarını 3D'de resmini çeken bir kamera. 100 milyon pixel çözünürlükte sn de 40 milyon **Quantum dünyasında** resim çekme kapasitesine sahip



- **CMS dedektör sistemi solenoid magnet içine ve etrafına yerleştirilmiştir.** Magnet süperiletken kablolardan oluşan silindirik bir yapıya ve 4 **Tesla**lık Manyetik alana sahiptir.
- **CMS dedektörünün yapısı silindirik soğansı ve simetriktir.**
- Dedektör 21 metre uzunluğunda, 15 metre genişliğinde ve 15 metre yüksekliğindedir. 14000 Ton ağırlığındadır.
- CMS deneyi, mühendis, teknisyen, öğrenci ve destek personelinin dahil olduğu tarihteki en büyük uluslararası bilimsel işbirliklerinden biridir.

Parçacık Tanımlaması(PID)

Momentum ölçümü

Manyetik alanda bükülmelerinden,

Elektromanyetik-Hadronik Duşlar

Duşların soğrulmasın'dan enerji ölçülür

Müon Ölçümü

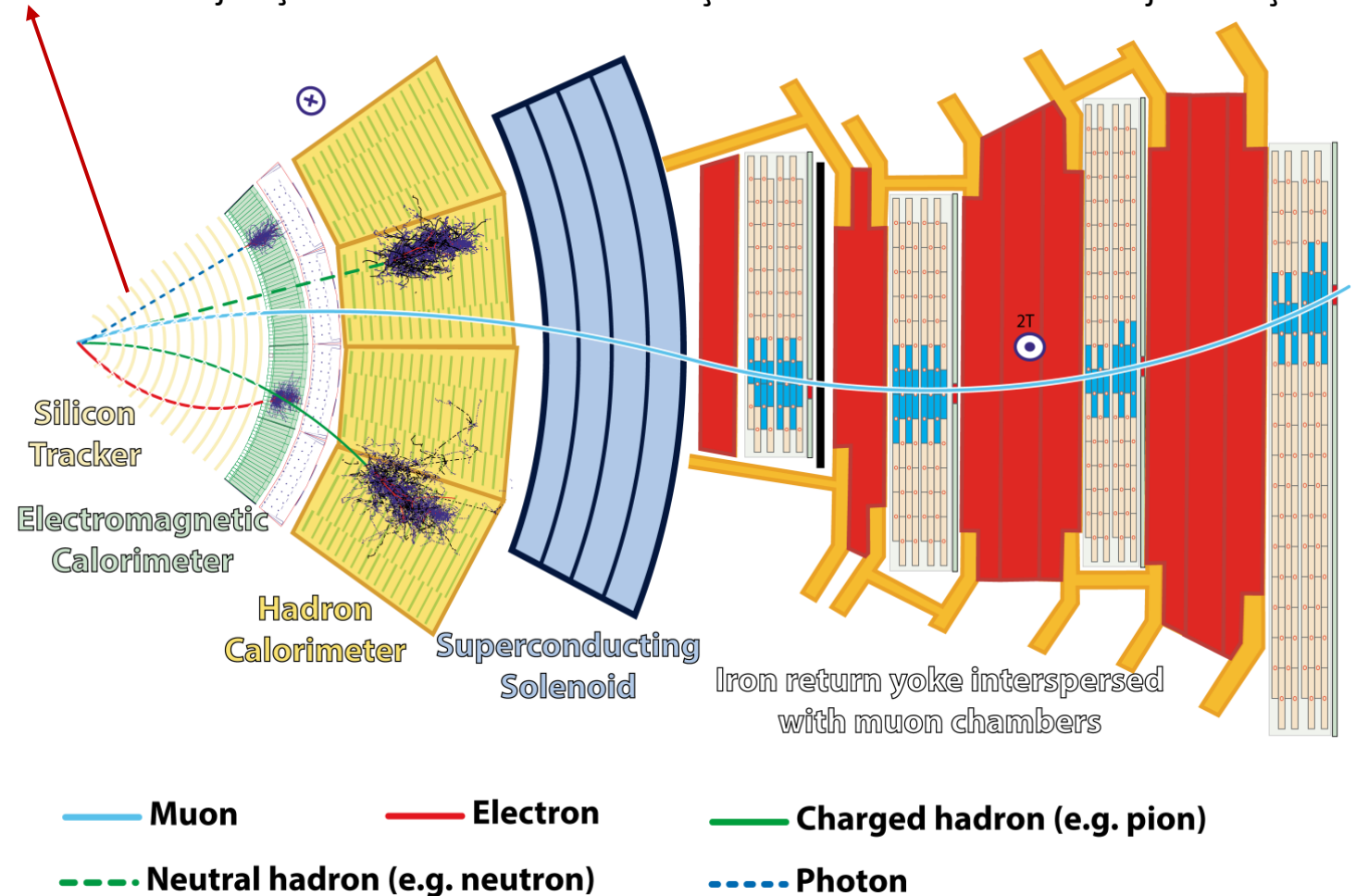
Müon odacıklarında iz bırakma, momentum ölçümü

Nötrinolar

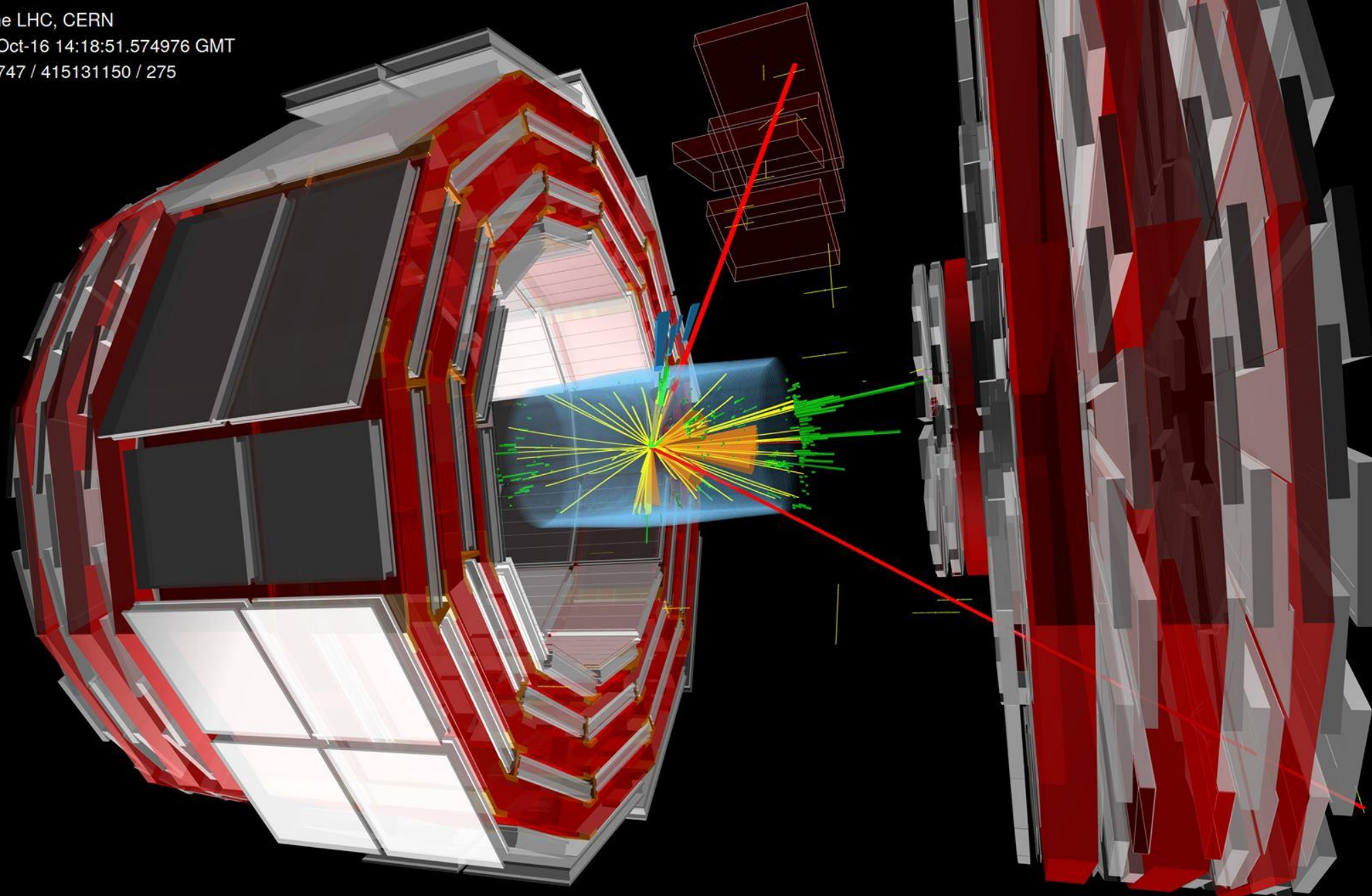
dedektörler ile görünmezler, kayıp enerjiden ölçülürler

Parçacıkların Madde ile etkileşmesi:

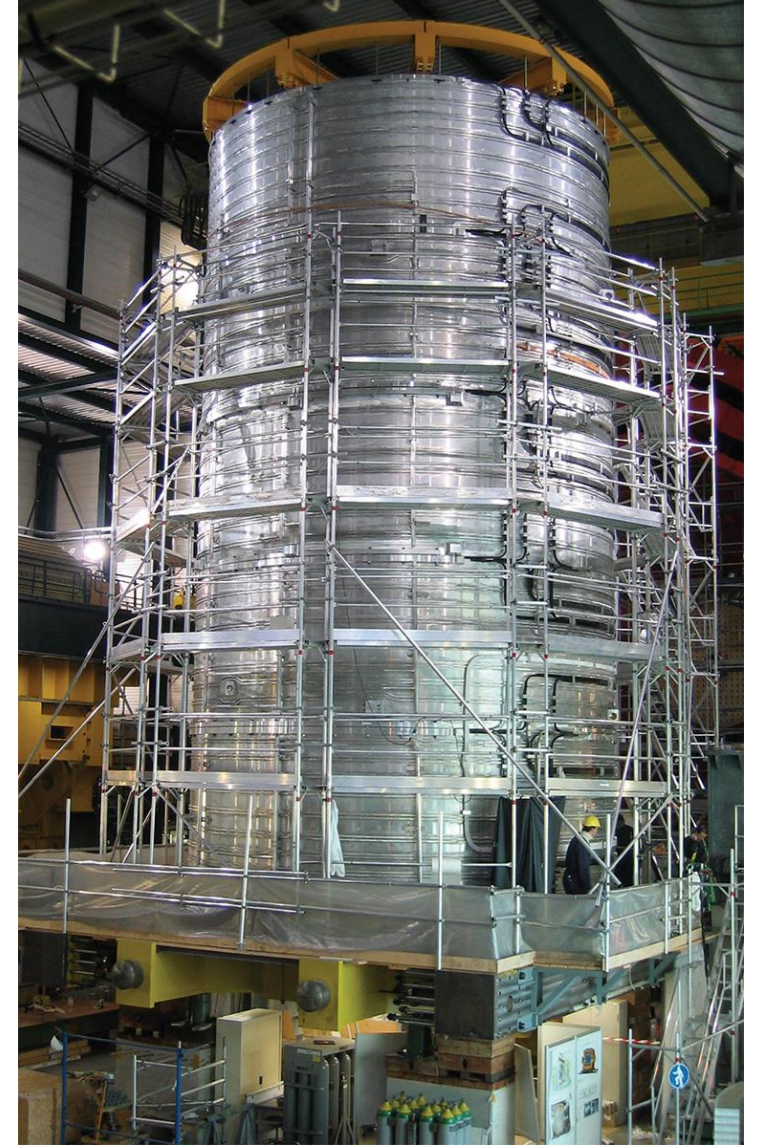
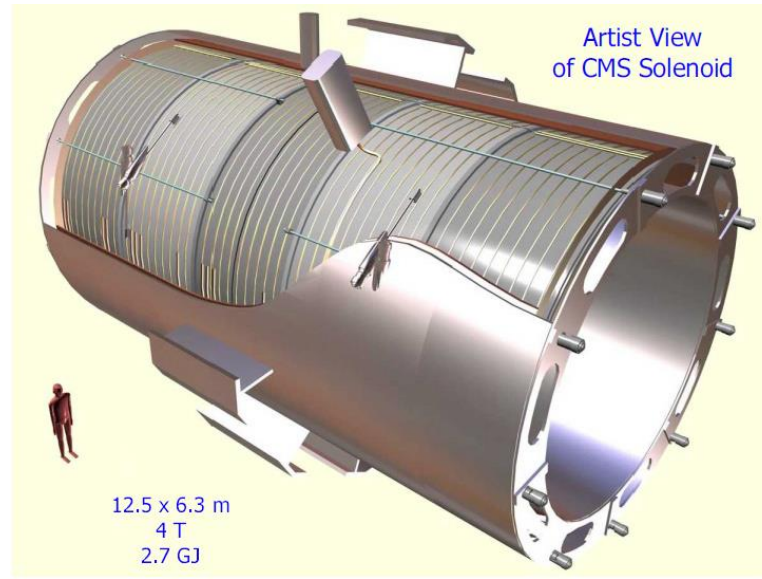
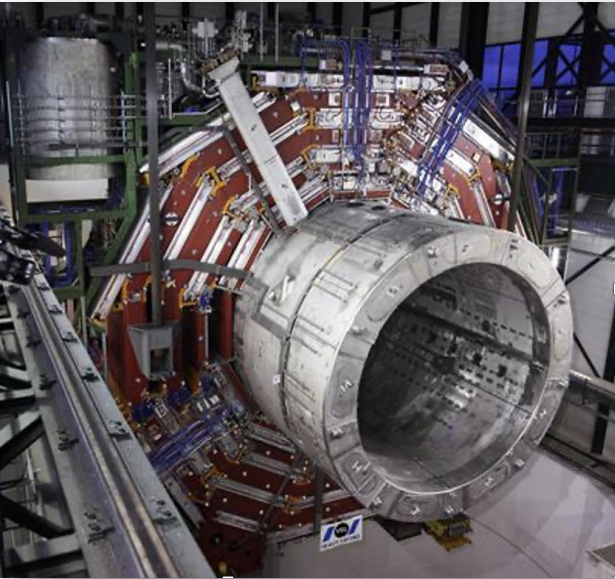
- **Elektronlar** elektromanyetik yollarla duş oluştururlar(Zayıf kuvveti ve elektromanyetik kuvveti hissederler, güçlü kuvveti değil)
- **Fotonlar** yüksüzdür. İzleri takip edilemez, elektromanyetik olarak duş oluşturur, elektromanyetik kuvveti hisseder
- **Müonlar** madde ile çok az etkileşirler, elektromanyetik ve zayıf kuvveti hissederler, duş oluşturmazlar sadece gazı iyonlaştırırlar
- **Hadronlar** güçlü kuvveti hissederler ve hadronik duş oluştururlar
- **Nötrinolar** zayıf kuvveti hissederler ve maddeyle etkileşmezler, detektörlerden etkileşmeden geçerler.

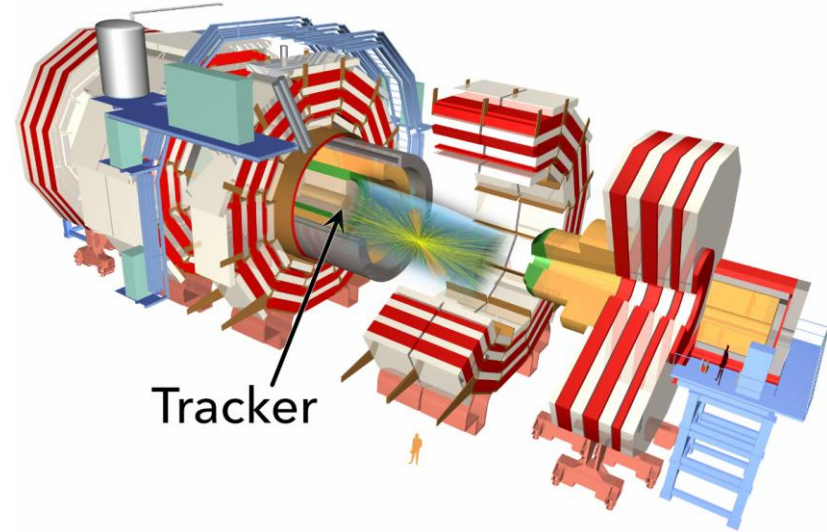


Parçacıklar	Tracker (İz dedektörleri)	Ecal (Elektromanyetik Kalorimetreler)	HCAL (Hadron Kalorimetreleri)	Müon Odaları
Foton	Sinyal Yok	Sinyal Var	Sinyal Yok	Sinyal Yok
Elektron/Pozitron	Sinyal Var	Sinyal Var	Sinyal Yok	Sinyal Yok
Yüklü Hadronlar (p^+ , π^- , K^+ ...)	Sinyal Var	Sinyal Yok	Sinyal Var	Sinyal Yok
Yüksüz Hadronlar (n , π^0 , K^0 ...)	Sinyal Yok	Sinyal Yok	Sinyal Var	Sinyal Yok
Müon	Sinyal Var	Sinyal Yok	Sinyal Yok	Sinyal Var
Nötrino, SUSY parçacıkları	Sinyal Yok (Kayıp Enerji ölçümleri bu parçacıklar hakkında bilgi verir)			



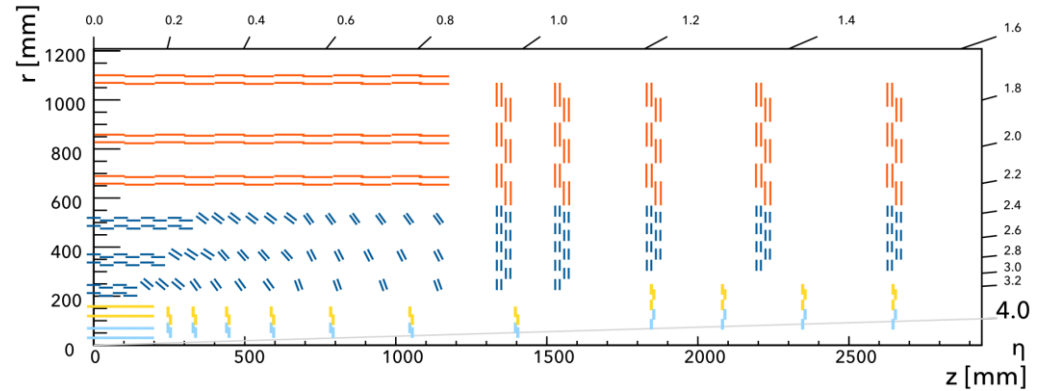
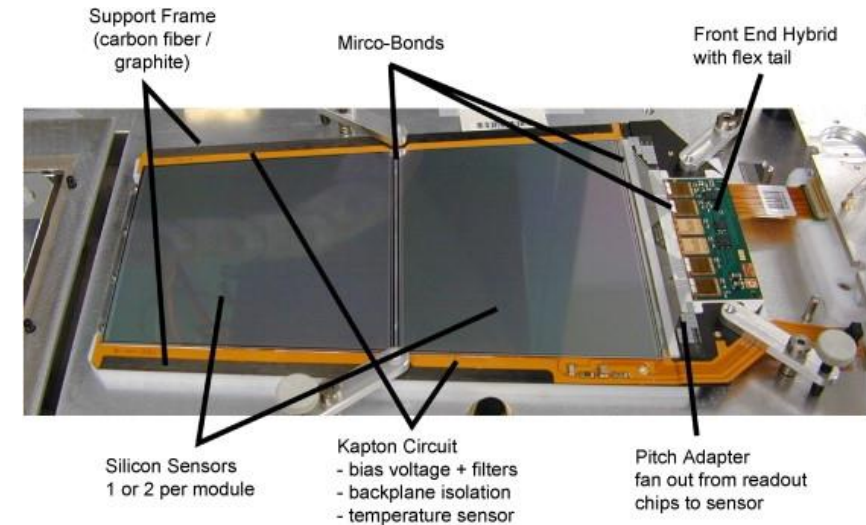
- CMS Solenoid Magneti, depolanan enerji açısından şimdiye kadar yapılmış en büyük ince solenoid olma özelliğini taşımaktadır.
- Güçlü Manyetik Alan $B = 4 \text{ T}$ (3.8 T çalıştırılan)
- Güçlü Akım : 20 kA
- Süperiletken teller: Niobium-titanium (NbTi ($\sim 4 \text{ K}$))
- $-270 \text{ }^\circ\text{C}$ kadar soğutulur
- 4 T lık manyetik alanda Depolanan Enerji 2.6 GJ
- Boyut uzunluğu= 12.5 , çapı= 6.3 m
- İz dedektörlerini ve Kalorimetreleri içine alır
- Yüklü parçacıklar yüksek manyetik alanda bükülerek momentum ölçümleri ve ayrımları yapılır.



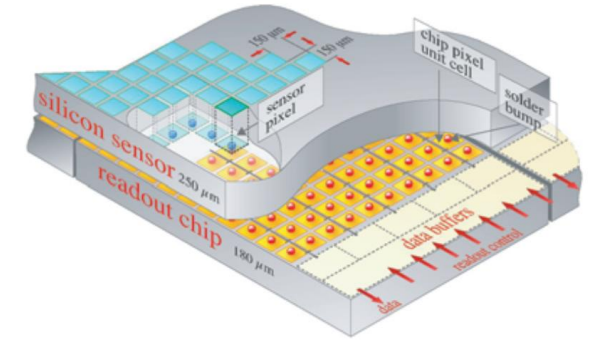
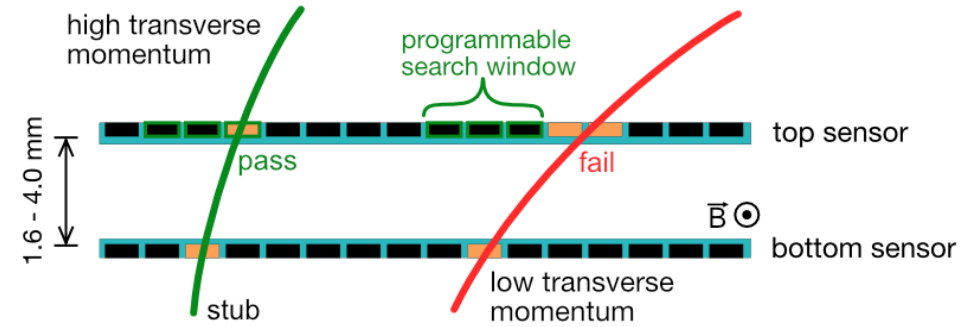
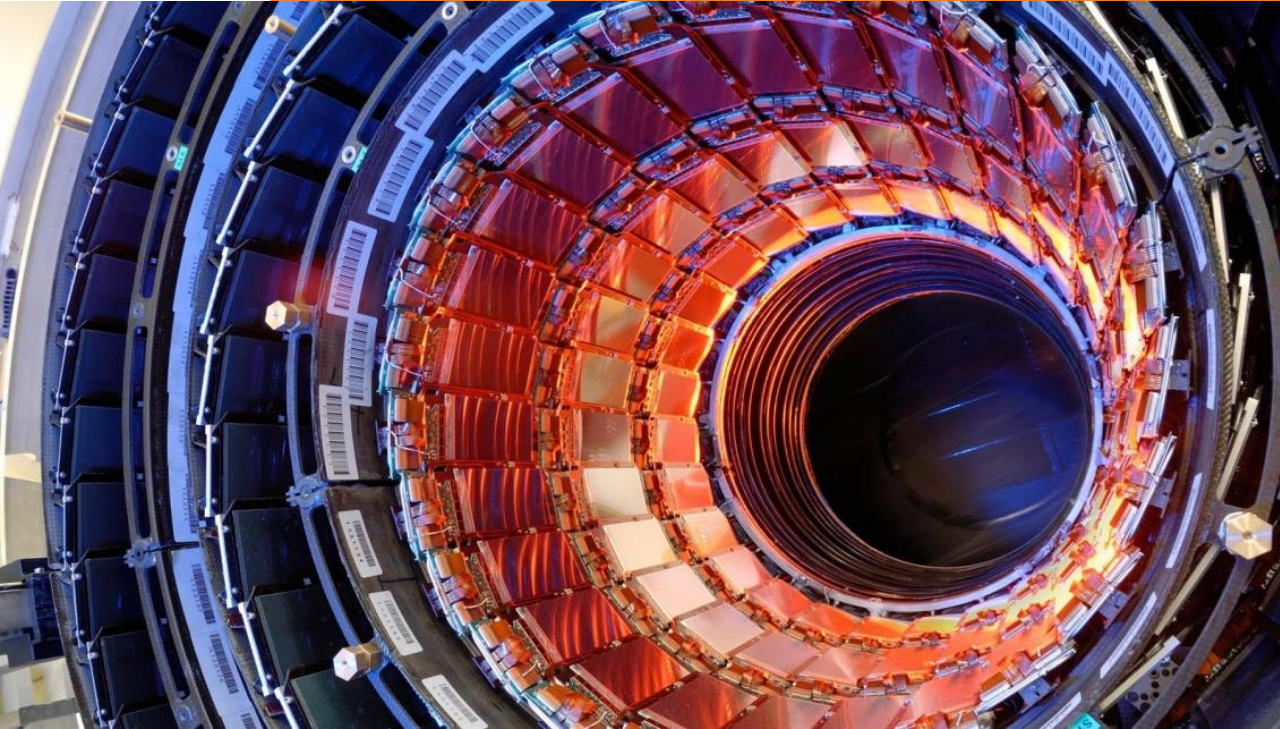


- CMS deneyinin merkezini silikon iz dedektörleri oluşturmaktadır.
- Bunlar etkileşme mesafesine en yakın olan dedektörlerdir.
- Protonların çarpıştığı ışın eksenini tamamen sarmaktadırlar ve pseudorapidity $\eta=2.5$ 'a kadar olan bölgeyi kapsamaktadırlar.
- Bu dedektörler yüklü parçacıkların izleri hakkında bilgi verirler.
- İz dedektörleri **Fıçı (Barrel)** ve **sonbaşlık (Endcap)** diye adlandırılan 2 bölümden oluşmaktadır ve toplam 15148 dedektör modülü içermektedir.
- Aşağıdaki şekilde Turuncu ve mavi çizgiler dedektör modüllerinin pozisyonunu ve oryantasyonunu r-z düzleminde göstermektedirler. Burada r ışın ekseninden olan uzaklık z ise etkileşme (p-p çarpışma) noktasından olan uzaklığı göstermektedir.

İz dedektörleri son başlık modülü

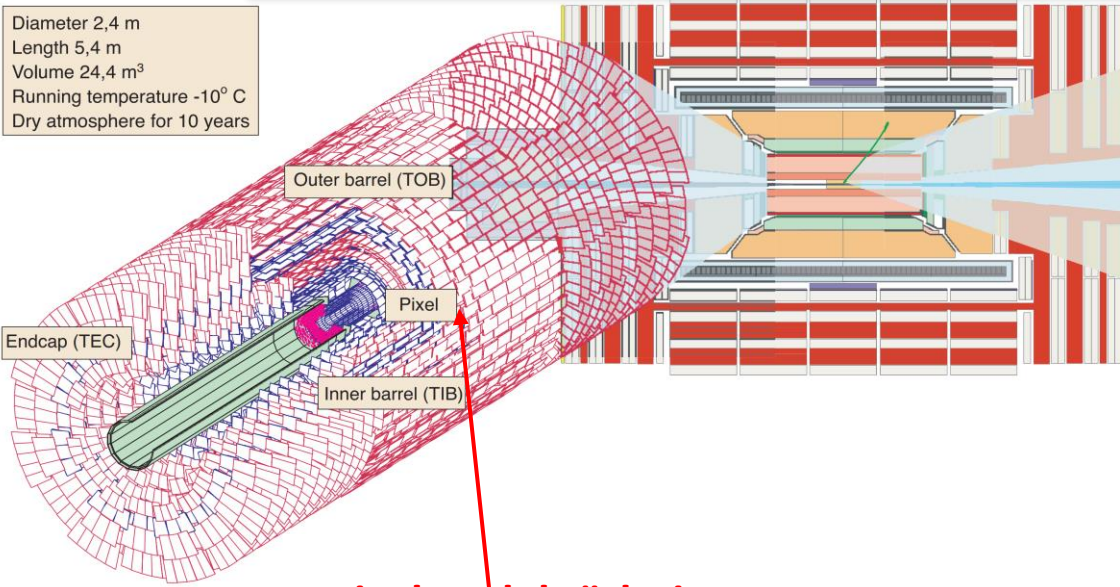


- Sinyaller, özel bir okuma sistemi olan ASIC (Application Specific Integrated Circuits -Uygulamaya Özel Entegre Devreler) ile okunur. Sensörler ve elektronikler, karbon fiber yapılarla desteklenir.



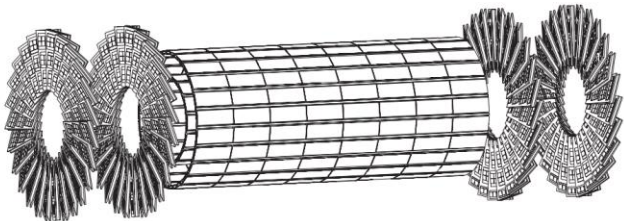
- Silikon iz dedektörleri ile yüklü parçacıkların momentumlarının ölçümü yapılır
- Parçacıkların momentumu, çarpışmanın kalbindeki olayların bir resmini oluşturmamıza yardımcı olması açısından çok önemlidir.
- Bir parçacığın momentumunu hesaplamanın bir yöntemi, manyetik bir alandan geçen yolunu izlemektir; yol ne kadar kıvrılırsa, parçacığın sahip olduğu momentum o kadar azdır.
- CMS iz dedektörleri, bir dizi kilit noktada konumlarını bularak yüklü parçacıkların izlediği yolları kaydeder.

Diameter 2,4 m
Length 5,4 m
Volume 24,4 m³
Running temperature -10° C
Dry atmosphere for 10 years

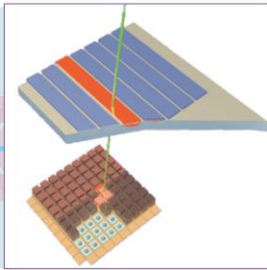


Pixel Dedektörleri

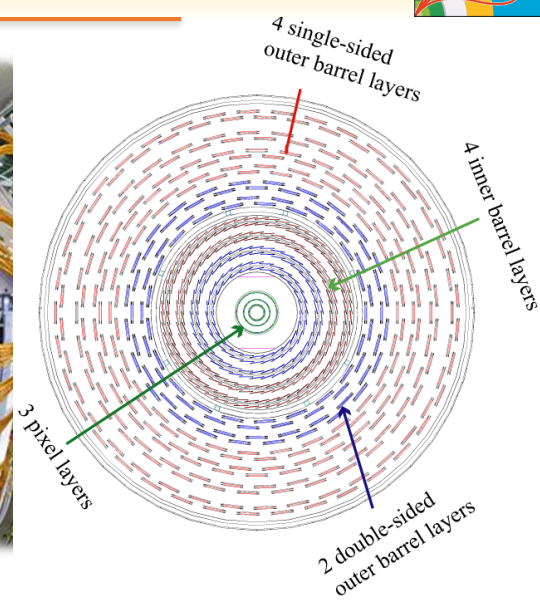
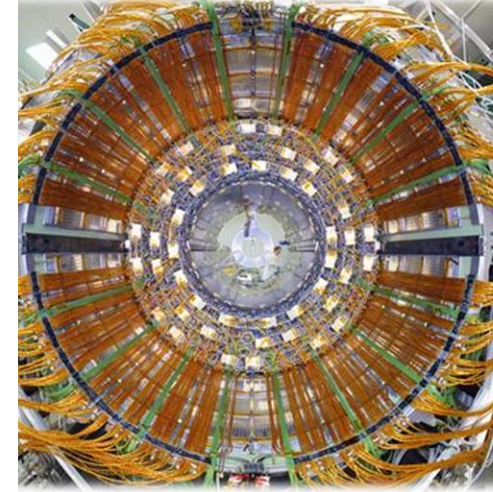
- En küçük Yarıçaplı olanıdır. Işın yoluna olan uzaklığı 4-11 cm arasındadır
- Etkileşme bölgesi silikon pixel dedektörlerinden oluşan iki fiçı (barel) katmanı ile çevrelenmiştir.
- İki son başlık diski (endcap disks) 6 cm den 15 cm'ye kadarlık bir yarıçapı kapsamaktadır.



Silicon strip detector



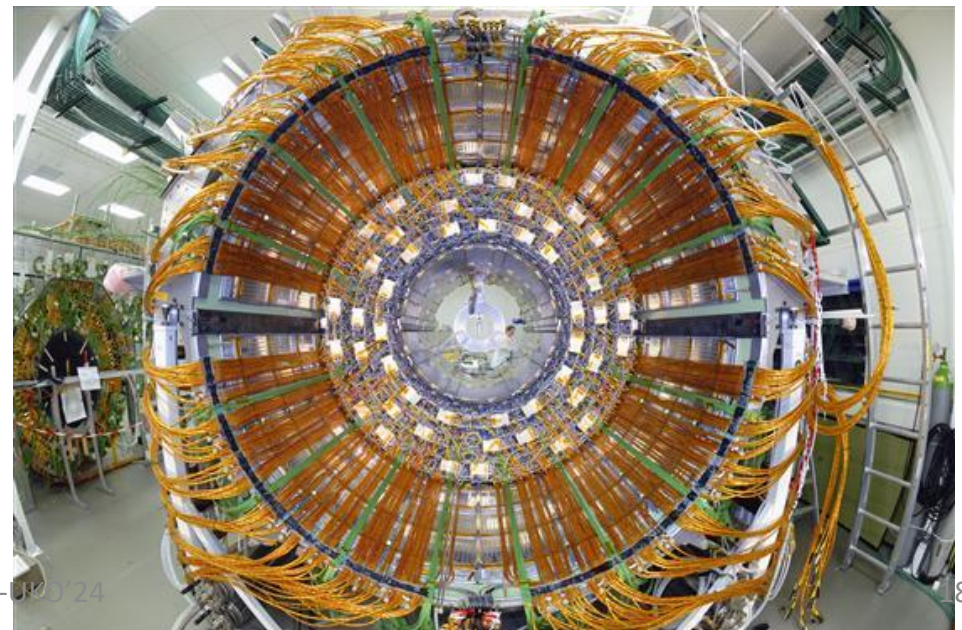
Pixel detector

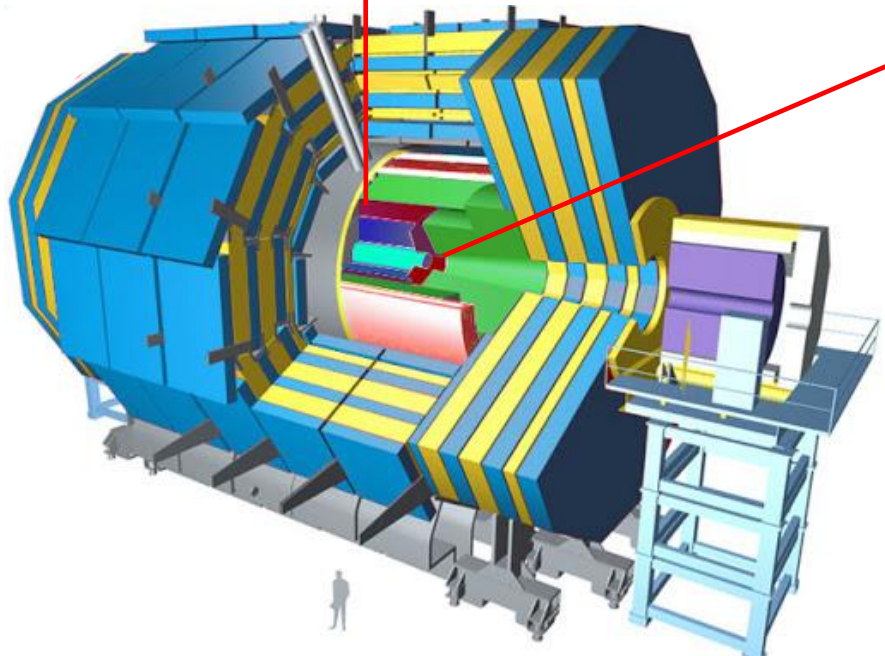
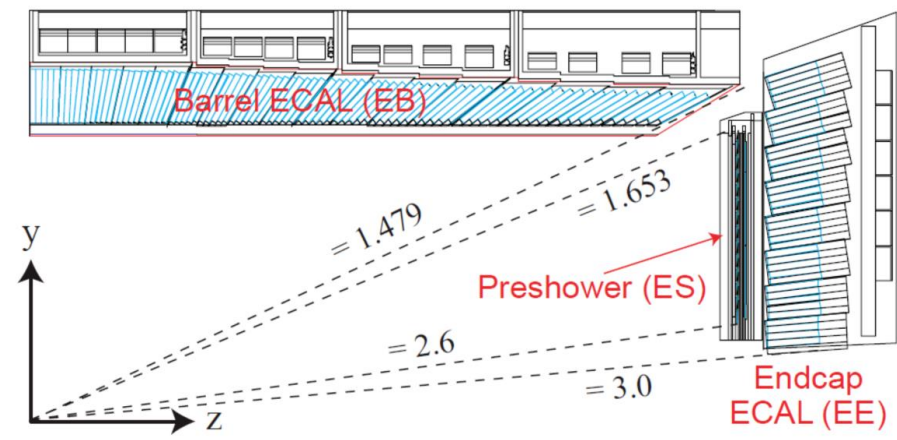
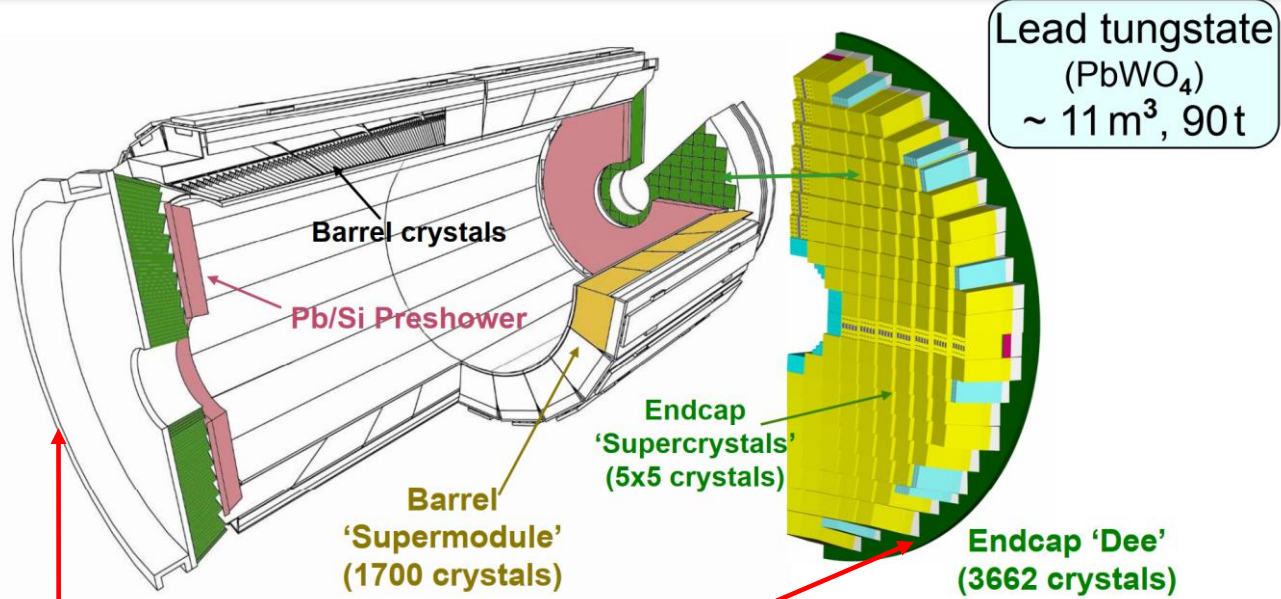


Silikon Şerit (Strip) Dedektörleri

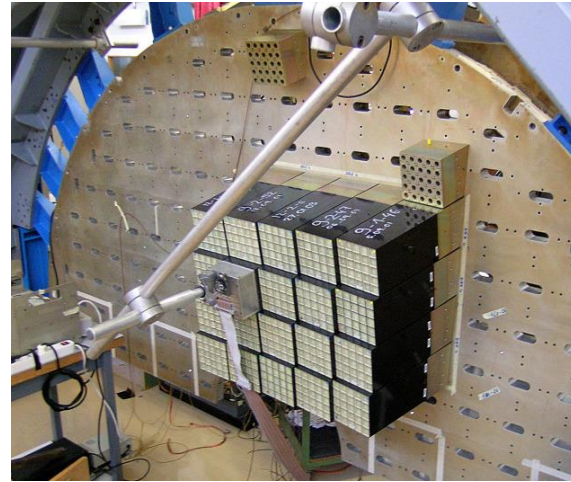
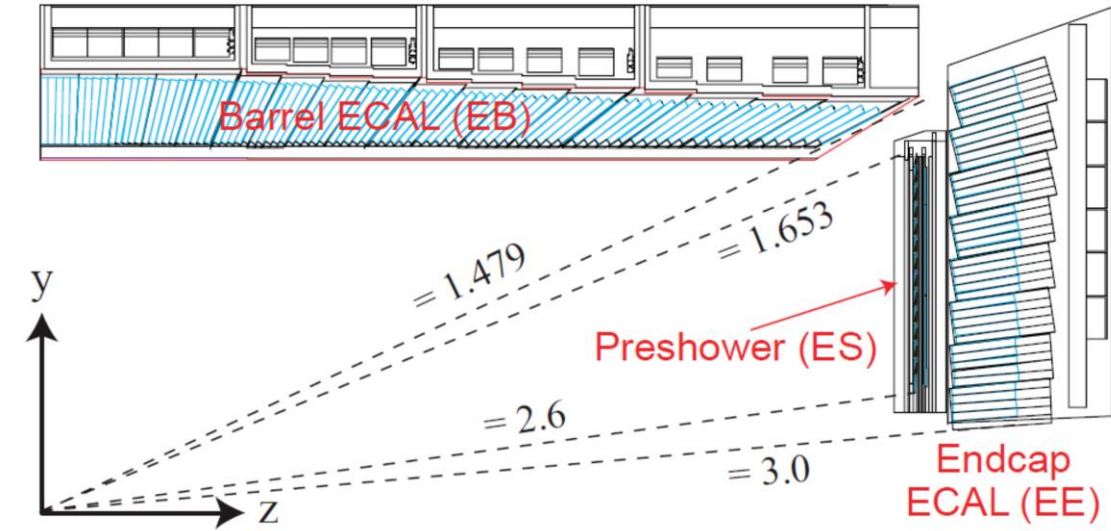
- Silikon şerit iz dedektörleri, her biri üç küçük diskten oluşan iki iç son başlık(inner endcaps) (TID) kabuklarına monte edilmiş dört iç fiçı(inner barrel) (TIB) katmanından oluşur.
- Dış Fiçı(outer barrel) (TOB) altı eşmerkezli katmandan oluşur ve son olarak iki son başlık (endcaps)(TEC) izleyiciyi kapatır.
- Her biri dedektör içindeki yeri için farklı tasarlanmış silikon modüllere sahiptirler.
- İzleyicinin bu kısmı, 80.000 mikro elektronik yonga tarafından okunan toplam 10 milyon dedektör şeridi ile 15.200 yüksek hassasiyetli modül içerir.
- Her modül üç unsurdan oluşur: bir sensör seti, mekanik destek yapısı ve okuma elektroniği.

- Silikon sensörler, hızlı tepkileri ve iyi uzaysal çözünürlükleri nedeniyle küçük bir alanda birçok parçacığı algılamak için oldukça uygun dedektörlerdir. Bu dedektörler vertex dedektörü olarak kullanılır.
- Silikon dedektörler piksellerle aynı şekilde çalışır: yüklü bir parçacık malzemeyi geçerken atomlardan elektronu koparır ve uygulanan elektrik alanı içinde bu elektronlar hızlandırılarak birkaç nanosaniye de çok küçük bir akım oluşturur.
- Bu küçük miktardaki akım daha sonra **APV25(Analogue Pipeline Voltage) yongaları** tarafından büyütülür ve elde edilen 'elektronik sinyal' parçacığın yolunu oluşturmamızı sağlar.
- Her mikro şerit üzerindeki yük, bir APV25 yongası ile okunur ve yükseltilir. Bu tür dört veya altı yonga hybrid içinde saklanır. Bunların yanında, sıcaklık ve çarpışmada ki sinyalleri(hit) eşleştirmek için zaman bilgisini gözlemlemek için çeşitli elektroniklerde hybrid içinde saklanır.
- APV25, sinyalleri birkaç mikro saniye için bir bellekte saklar ve işler ardından kızılötesi pulslara dönüştürülmek üzere bir lazere gönderir.
- Silikondaki düzensizliği en aza indirmek için dedektörün bu kısmı -20°C 'de tutulur, herhangi bir hasarı "dondurur" ve devam etmesini engeller.
- Bunlar daha sonra radyasyon içermeyen bir ortamda analiz için 100 m fiber optik kablo üzerinden iletilir. İzleyici, sinyali taşımak için düşük güç ve hafif bir yol sağlayan bu tür 40.000 fiber optik bağlantı kullanır. İzleyici elektronığının arkasındaki teknolojinin çoğu, endüstri ile işbirliği içinde yapılan yeniliklerden gelmiştir.





- Hızlı Işık Yayınımı: 25 ns de $\sim 80\%$
- Yayınım dalga boyu $\sim 425 \text{ nm}$ (Görünür Bölge)
- Kristaller Kısa radyasyon uzunluğuna sahip: $X_0 = 0.89 \text{ cm}$
- Kısa Molière Yarıçapı: $R_M = 2.10 \text{ cm}$
- Low Light yield: 1.3% NaI(Tl)



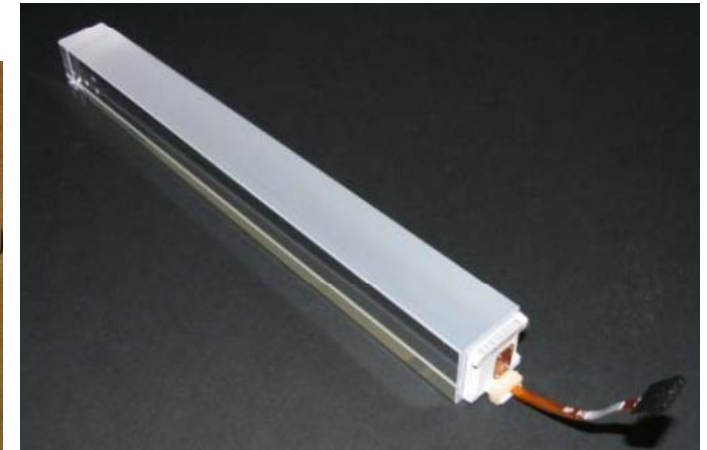
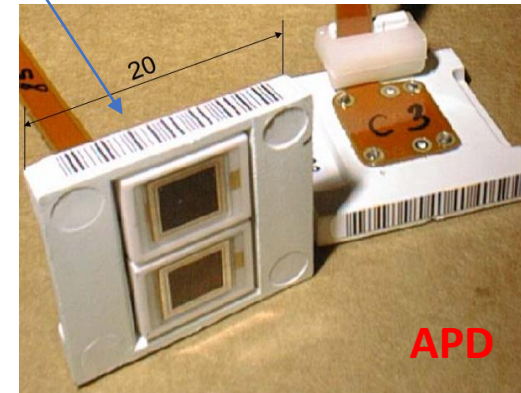
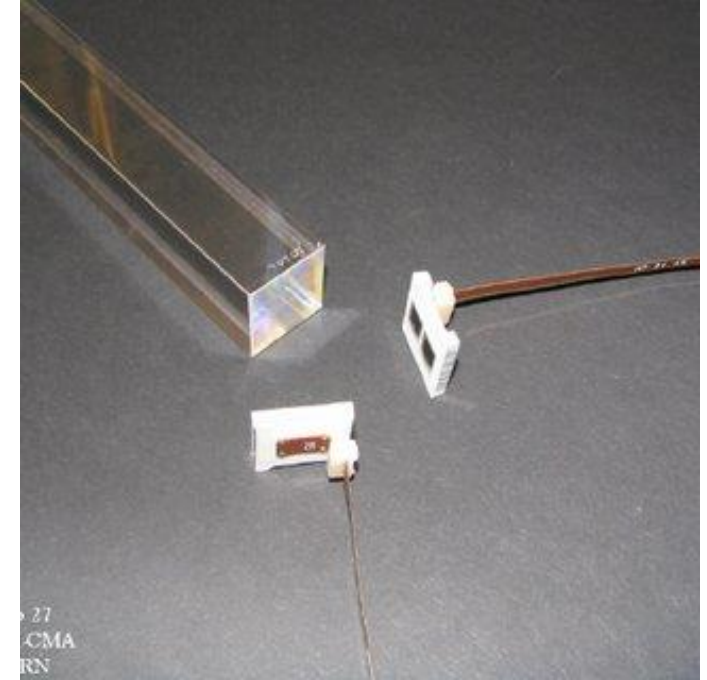
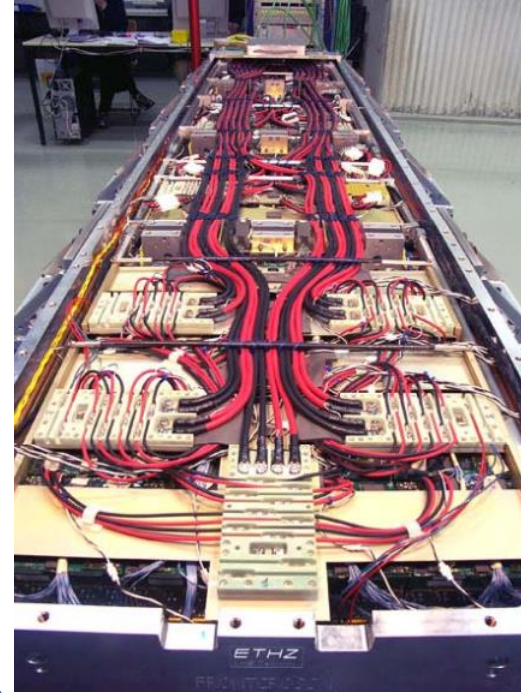
- Elektron/pozitron ve fotonların enerji ölçümleri yapılır.
- EM parçacıkların tanımlanmasına yardımcı olur.
- İz dedektörleri ile kullanımı EM parçacıkların yerleri hakkında bilgi verir.
- Yüksek ışıklılıkta Foton ve lepton ayırımı, π^0 dışlaması gerçekleştirebilir.
- ECAL, Elektron ve Foton çıktıkları olan bütün parçacıkların ölçümünde kullanılır. Örneğin
 - $H \rightarrow \gamma \gamma$
 - $H \rightarrow ZZ \rightarrow 4l$

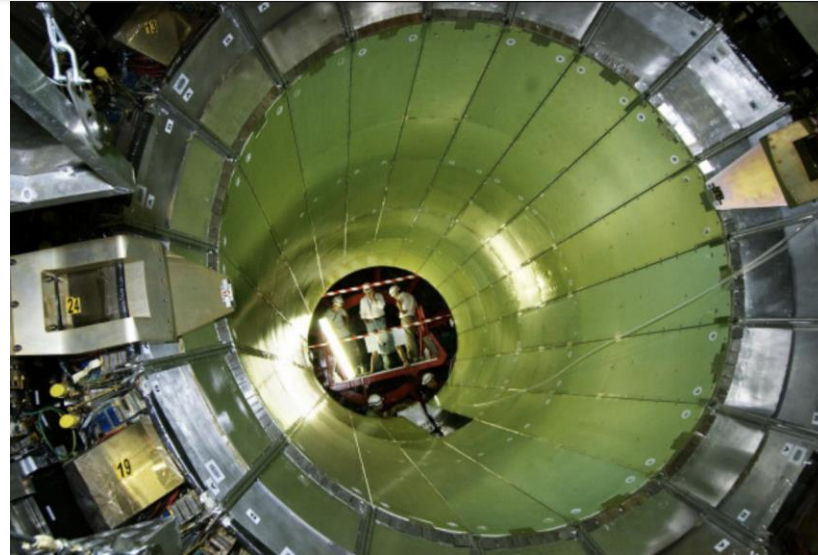
- Parçacık enerji ölçümleri için Lead tungstate kristaller ($PbWO_4$) kullanılır.
- 420 nm de Mavi-yeşil sintilasyon ışık yayar.
- Işık Okuma sistemi(Fotoçoğaltıcılar):
- Barel bölümü APDs(Avalanche photodiodes)(123 K)
- Endcap: VPTs (Vacuum phototriodes)(17 K)



- Barrel: $|\eta| < 1.48$
- **Ecal Barrel (Fıçı)** 36 Süpermodule ve **61200 kurşun tungstate kristalden (PbWO₄)(2x2x23cm³) yapılmıştır.**
- Bu kristallerden elde edilen ışık (scintillation light) APD (Avalanche Photodiodes-Hamamatsu)ler tarafından okunur.
- Her bir Kristal için iki APDs kullanılmıştır (Yandaki Şekil)
- APD ler verimli çalışması için 350-450 V luk yüksek voltaj uygulanır.
- Kalorimetrenin performansı Elektron/Foton enerjilerinin çözünürlüğü ile belirlenir.

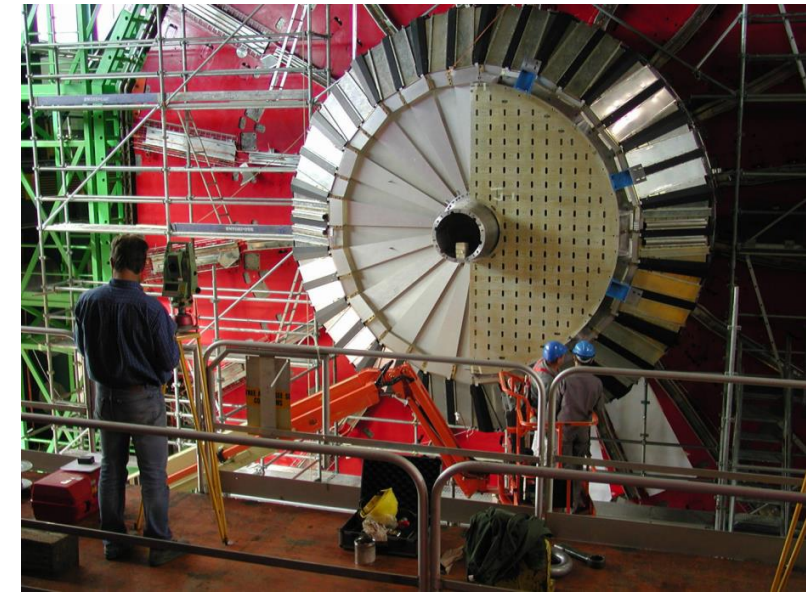
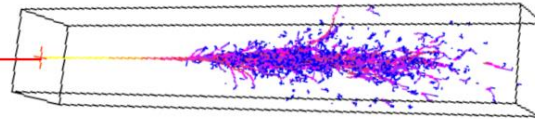
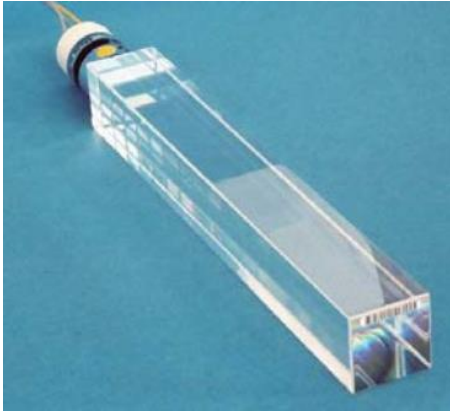
$$\frac{\sigma_E}{E} = \frac{a}{\sqrt{E}} \oplus \frac{b}{E} \oplus c$$

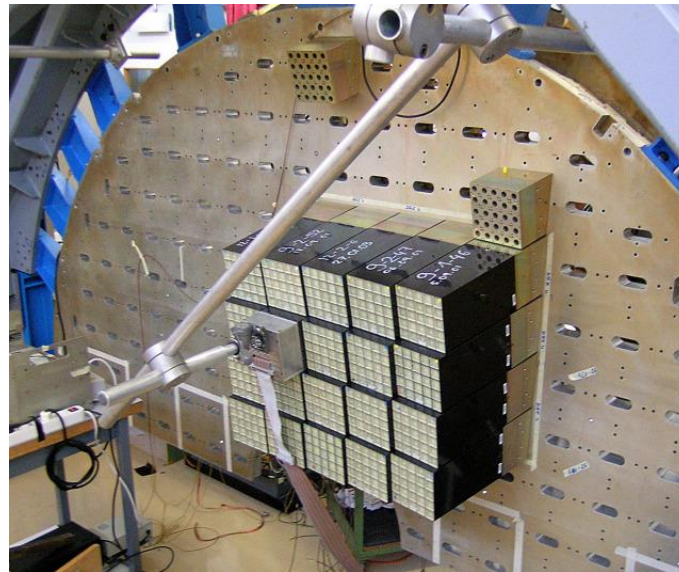
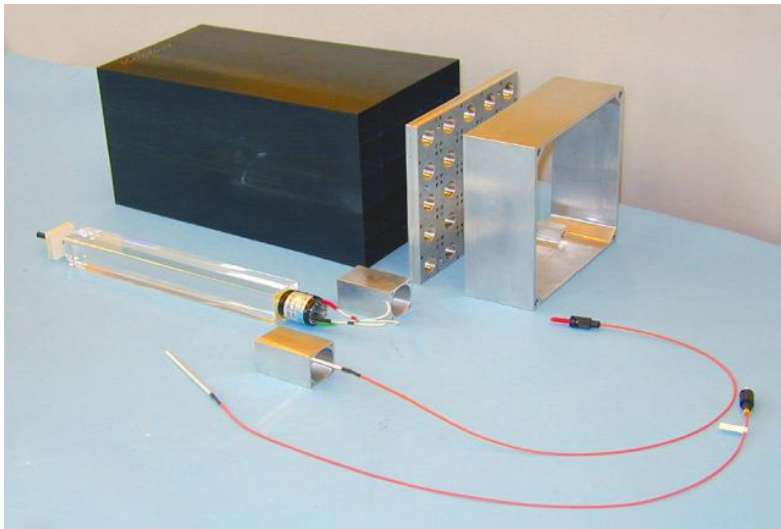
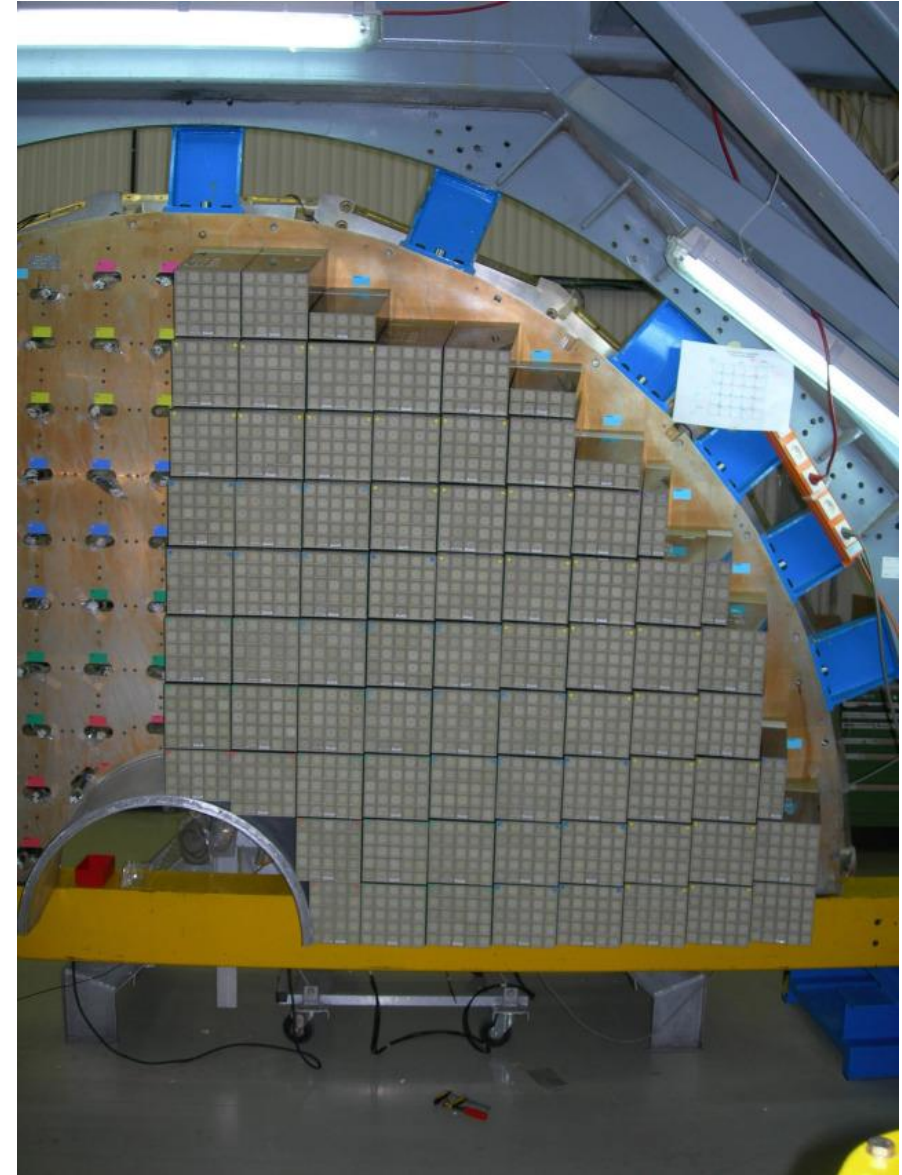
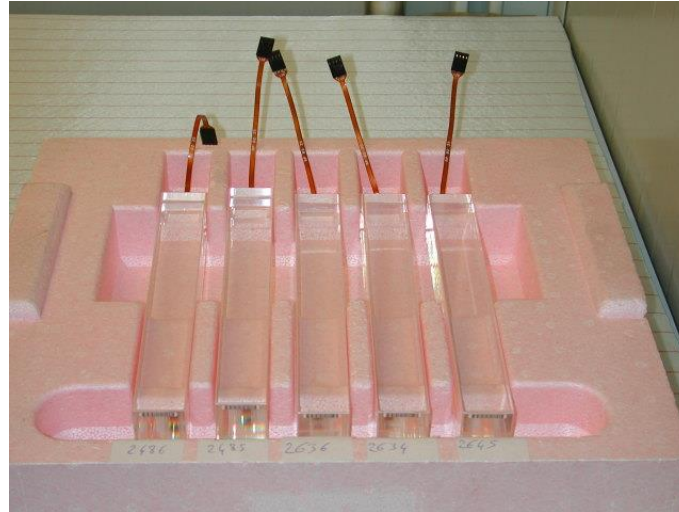
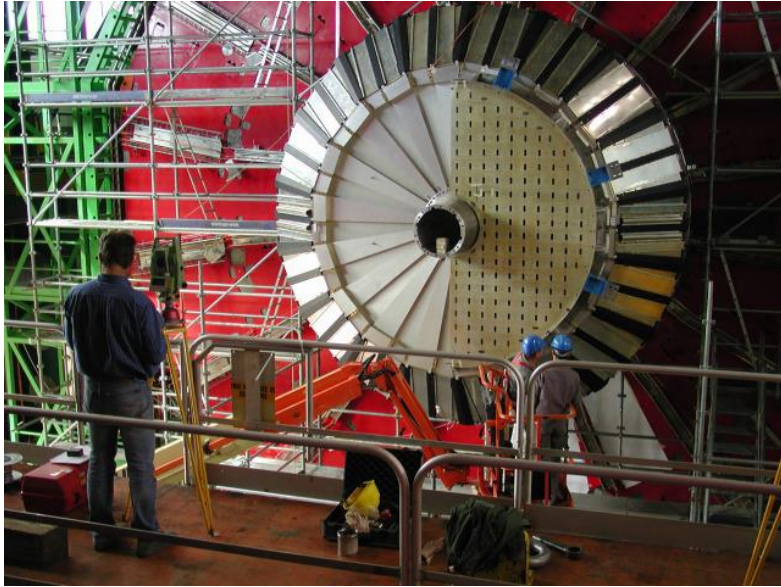




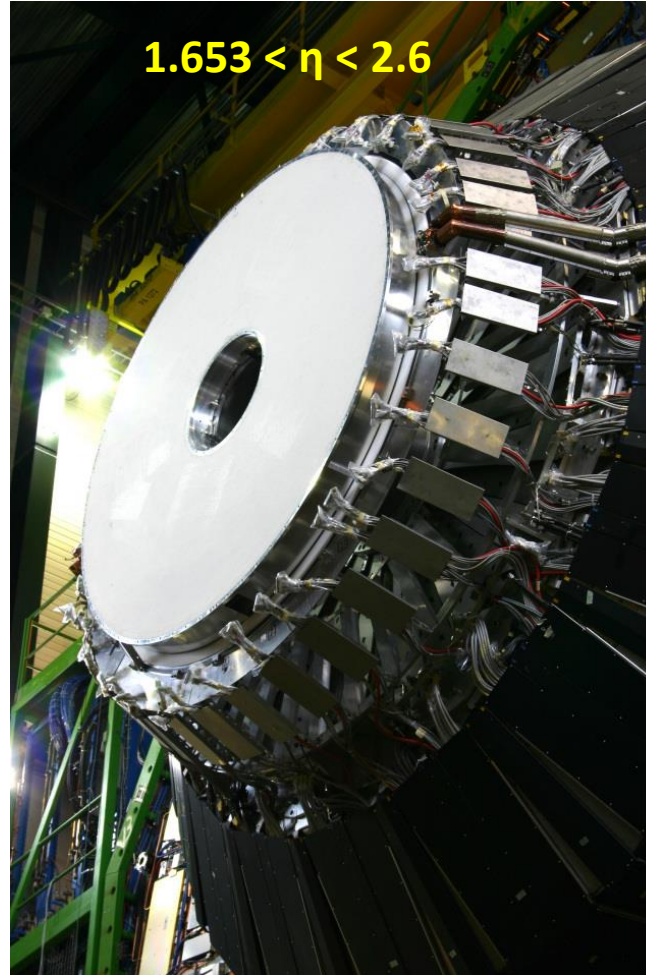
ECAL Sonbaşlık (Endcap)

- Eta uzunluğu $1.479 \leq \eta \leq 3.0$ ve Etkileşme noktasından olan uzaklığı: 3.14 m
- Her bir sonbaşlık iki 'Dees' ve her bir Dee 5x5 yapıda olan 3662 kristalden oluşmaktadır
- Her bir Dee 138 süperkristal (25 Kristal) ve 18 yarım süperkristal içerir
- Süperkristaller η - ϕ yerine x-y sistemine göre düzenlenmiş

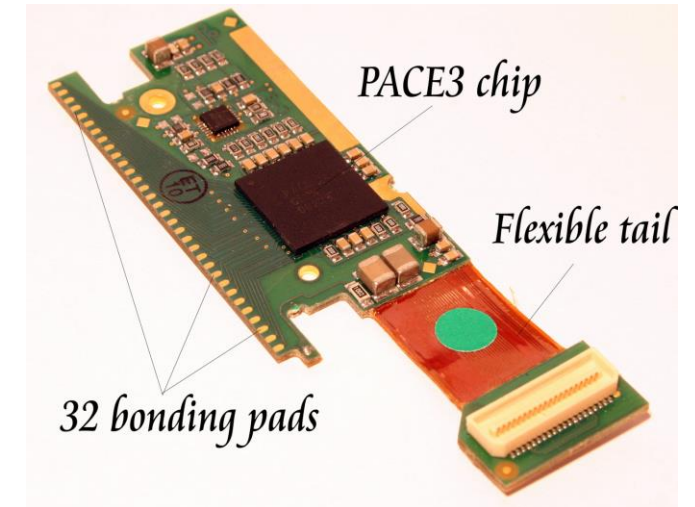
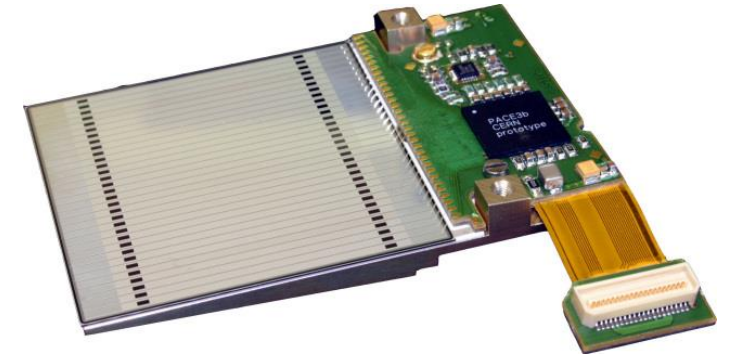


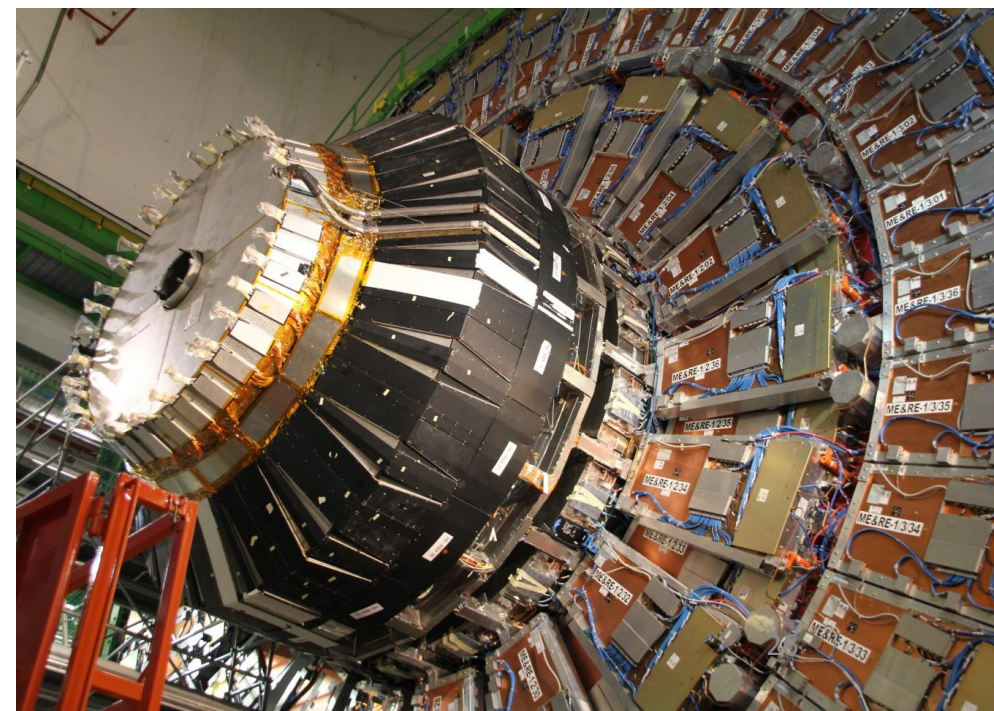
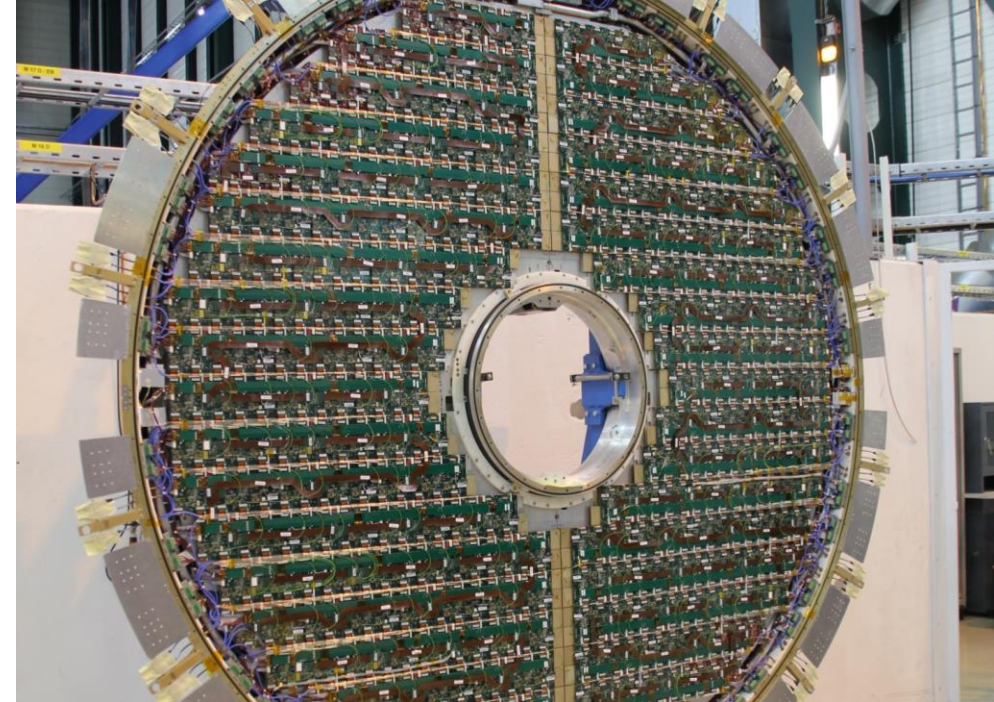
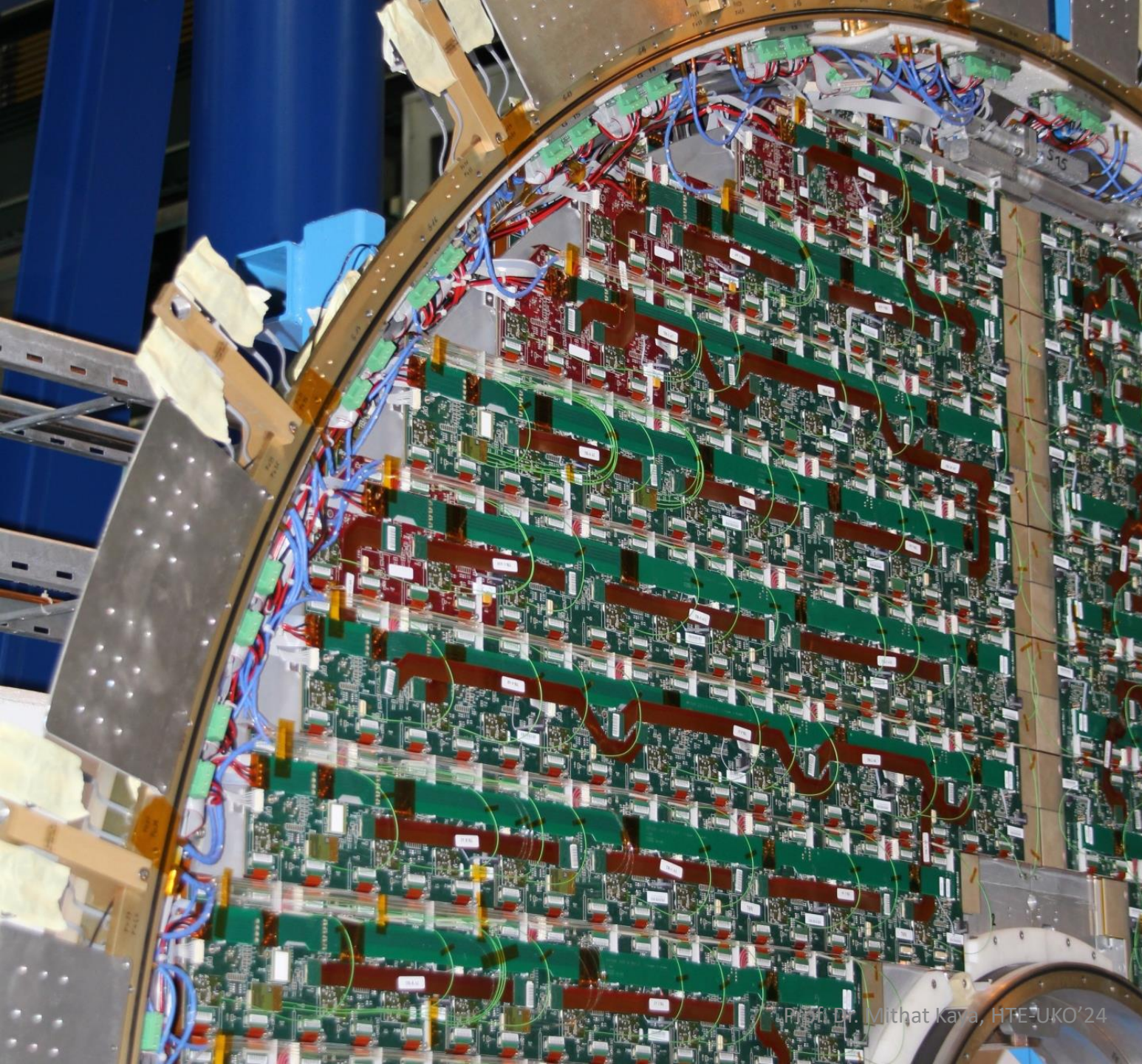


- Her biri son başlığın (Ecal-Endcap) önünde bulunan Ecal preshower dedektörleri silikon stripler içermektedirler ve iki katman olarak dizayn edilmiş.
- Higgs 'in en önemli kanallarından birisi olan $H \rightarrow \gamma \gamma$ iki yüksek enerjili foton bozunumu için Ecal dedektörleri kullanılmaktadır.
- Nötr piyonlar, π^0 , birbirine yakın (küçük açılarda) iki düşük enerjili foton yayabilir ve bu endcap tarafından iki yüksek enerjili foton gibi algılanabilir.
- Bu gibi olayları ortadan kaldırmak için sonbaşlıkların önüne preshower dedektörleri yerleştirilmiştir.

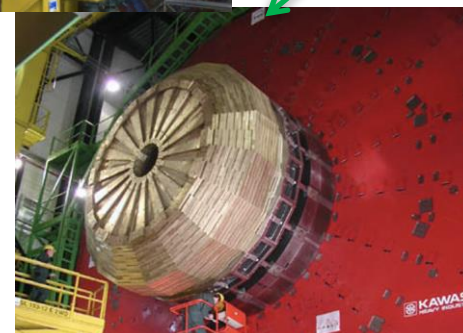
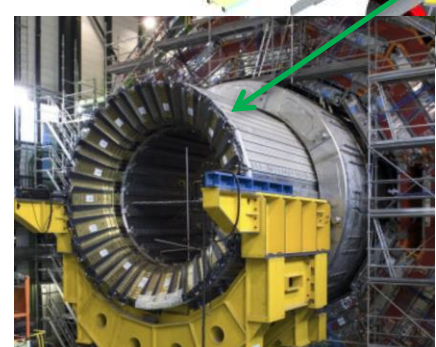
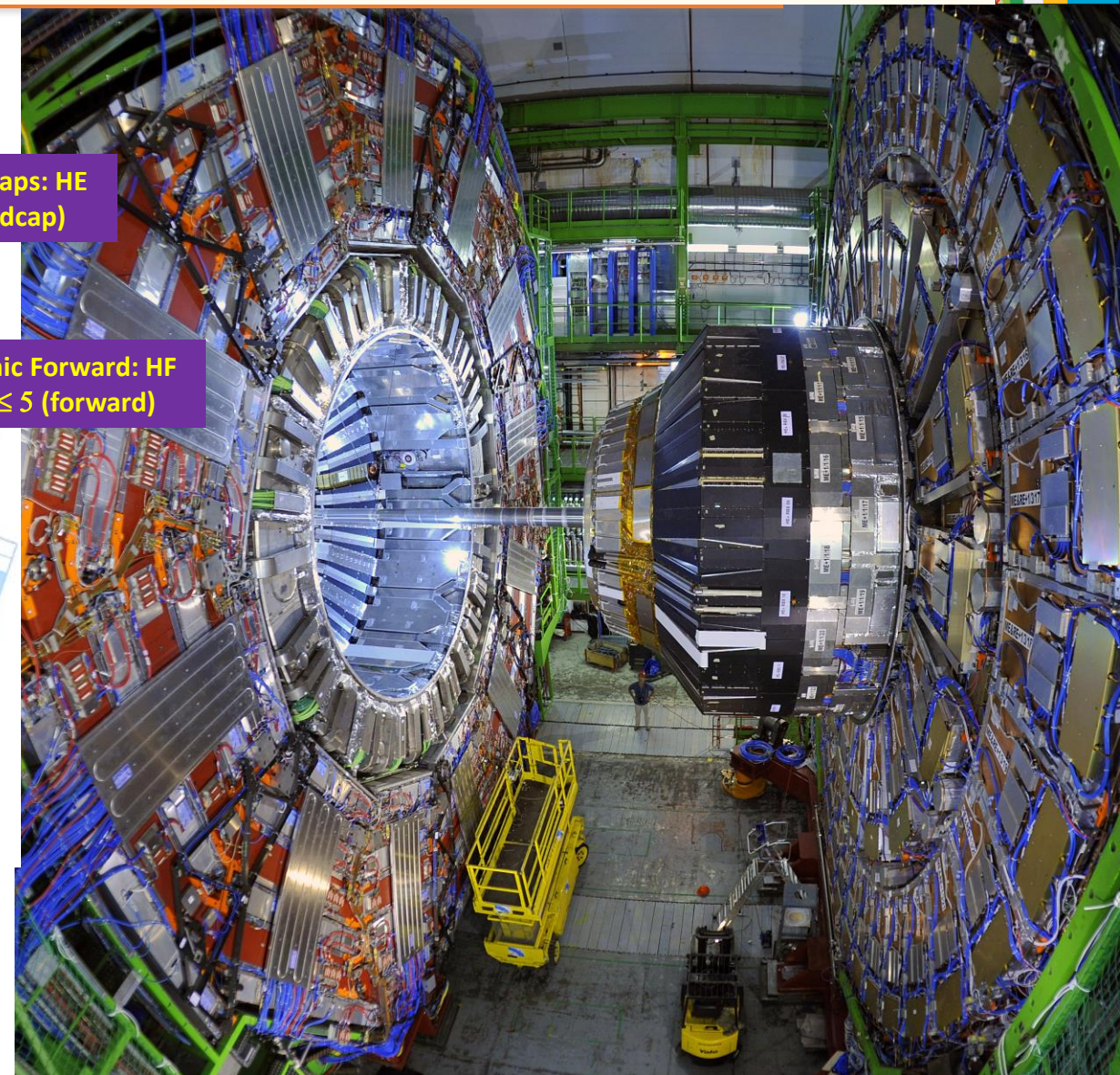
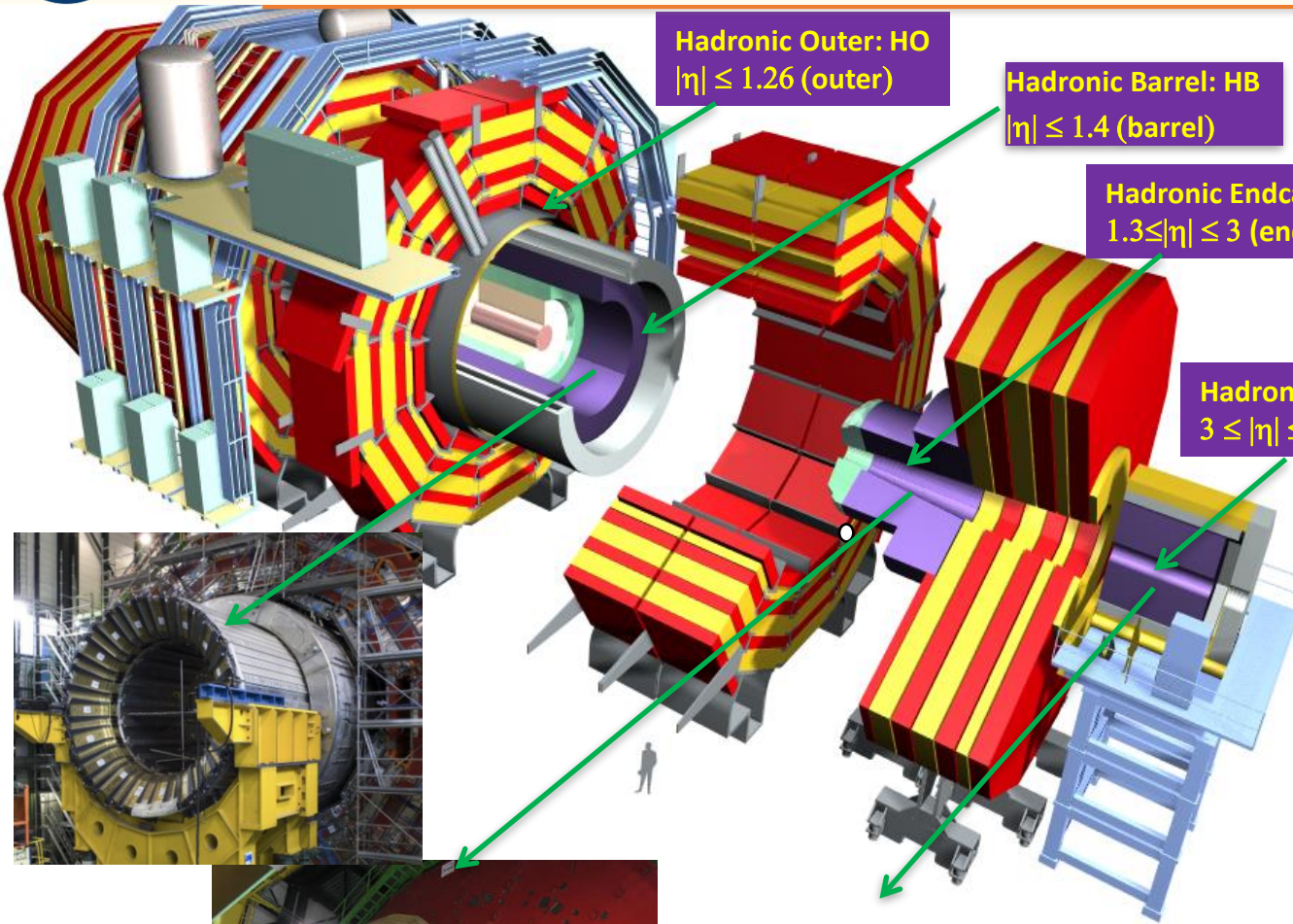


32 şerit, Her bir silikon sensor $61 \times 61 \text{mm}^2$ aktif alana sahip olup 32 şerid'e bölünmüştür. Her silikonun nominal kalınlığı $310 \mu\text{m}$ kadardır

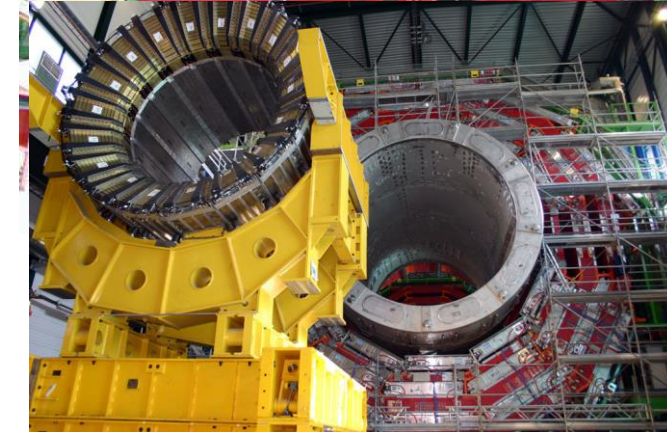
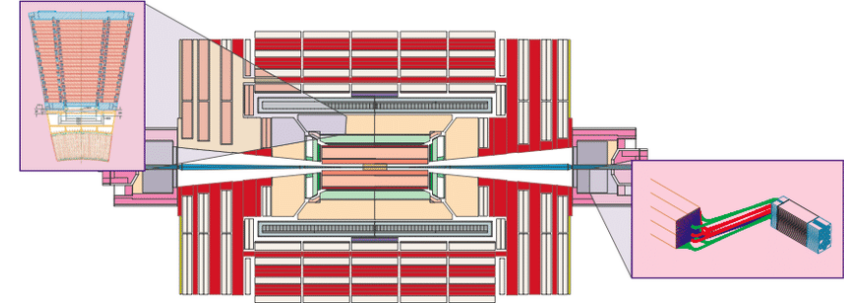


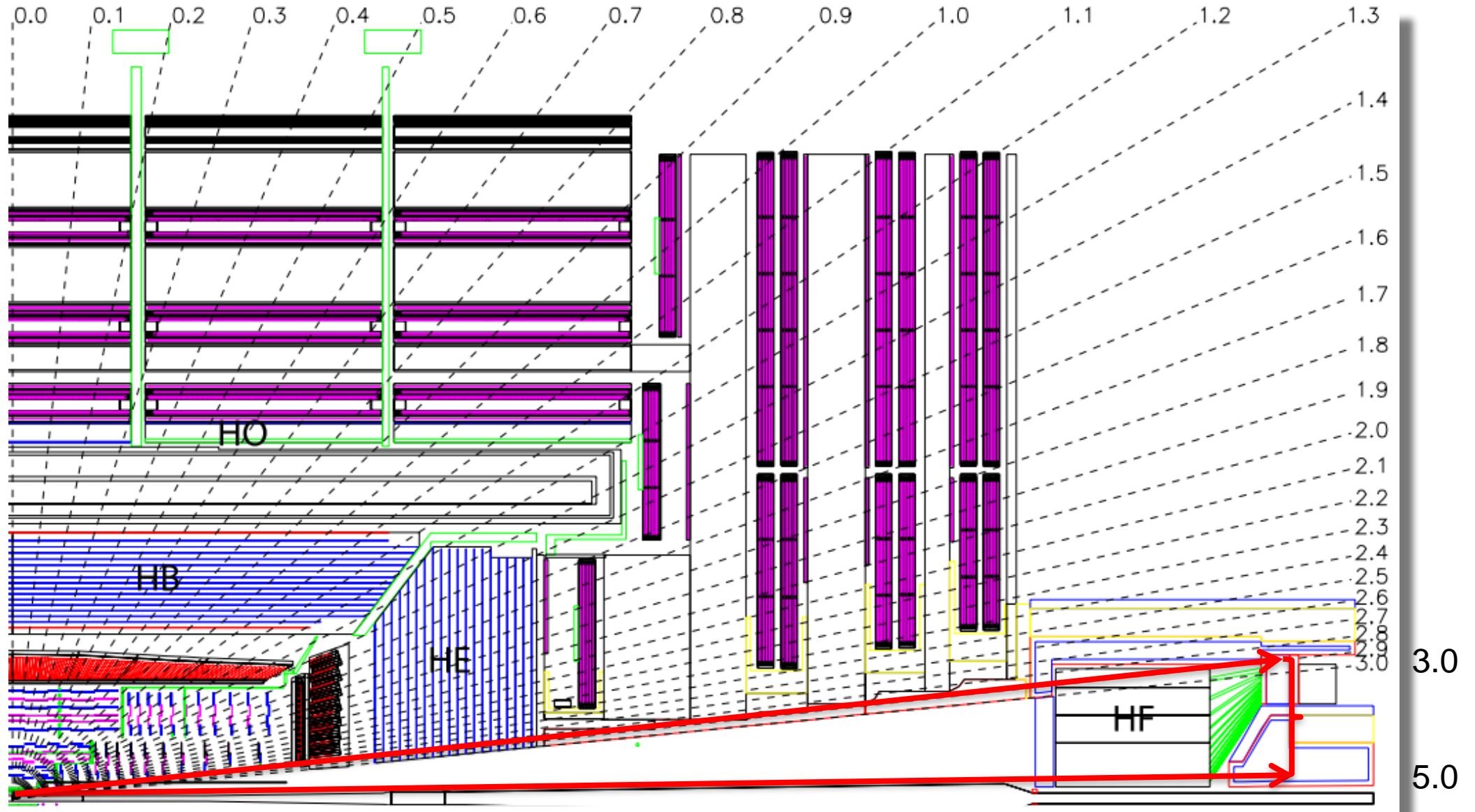


Hadron Kalorimetresi (HCAL)

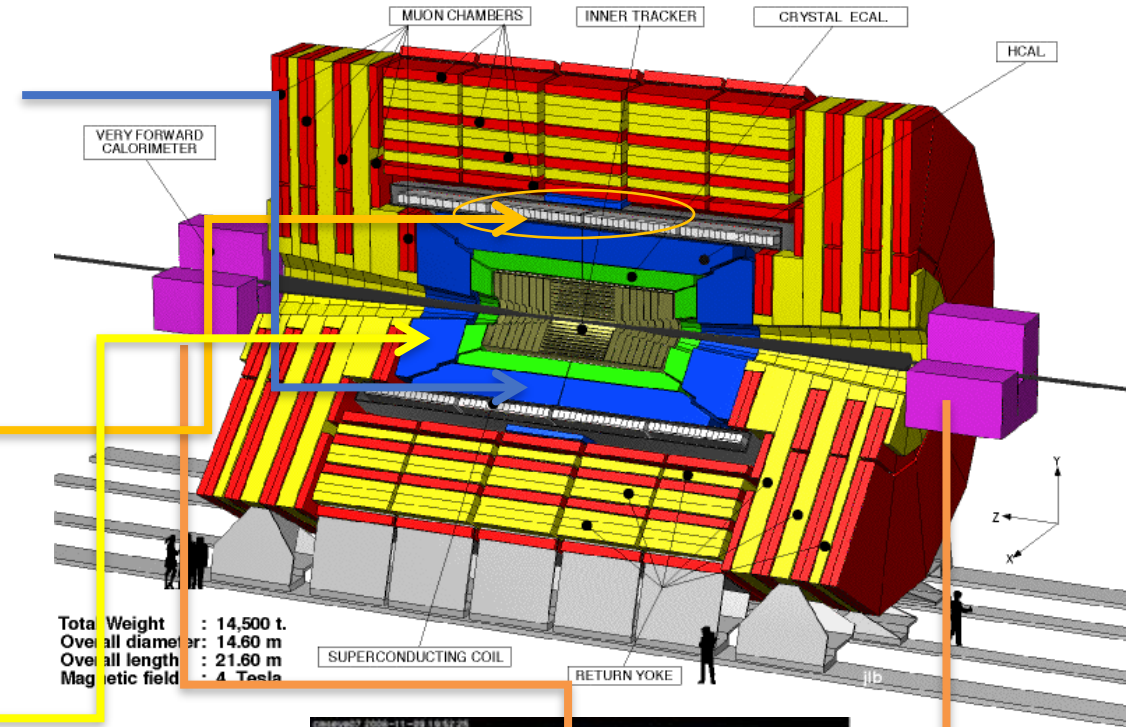


- Hadron Kalorimetreleri (HCAL) quark ve gluon dan oluşan hadronların (proton, nötron, pion, kaon vb.) enerjilerini ölçmek için dizayn edilmiştir.
- Ayrıca nötrino gibi etkileşmeyen parçacıkları da kayıp enerji ölçümleri ile dolaylı yoldan ölçümlerini yapabilmektedir.
- Hadron Kalorimetreleri aynı zamanda elektron, foton ve müon gibi parçacıkların tanımlanmasını Ecal ve Müon sistemi ile iletişim kurarak yapar.
- **HCAL CMS alt dedektörleri bütün olmasa bile birçok fizik çalışmalarında önemli rol oynamaktadır.**
- Yapısal olarak HCAL dedektörleri **11 ayrı Bileşenden** oluşmaktadır. Bunların bir kısmı (**HB, HE**) Selonoid magnetin içerisinde bir kısmı (**HO, HF**) ise magnetin dışında bulunmaktadır.
- HCAL barrel olarak (HB and HO), endcap olarak (HE) ve ileri bölgede (HF) bölümleri bulunmaktadır.
 1. Pozitif ve Negatif barrel : HB+ ve HB-.
 2. Pozitif ve Negatif endcaps : HE+ ve HE-.
 3. Pozitif ve Negatif ileri kalorimetre: HF+ ve HF-.
 4. Beş dairesel dış kabuk(Hadronic Outer-HO) : HO2-, HO1-, HO0, HO1+,and HO2+.

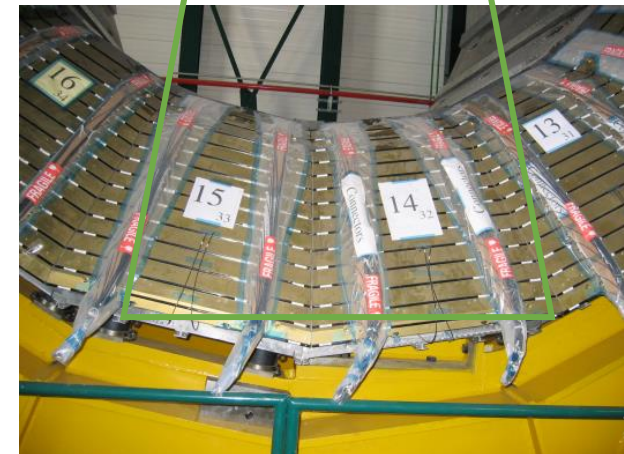
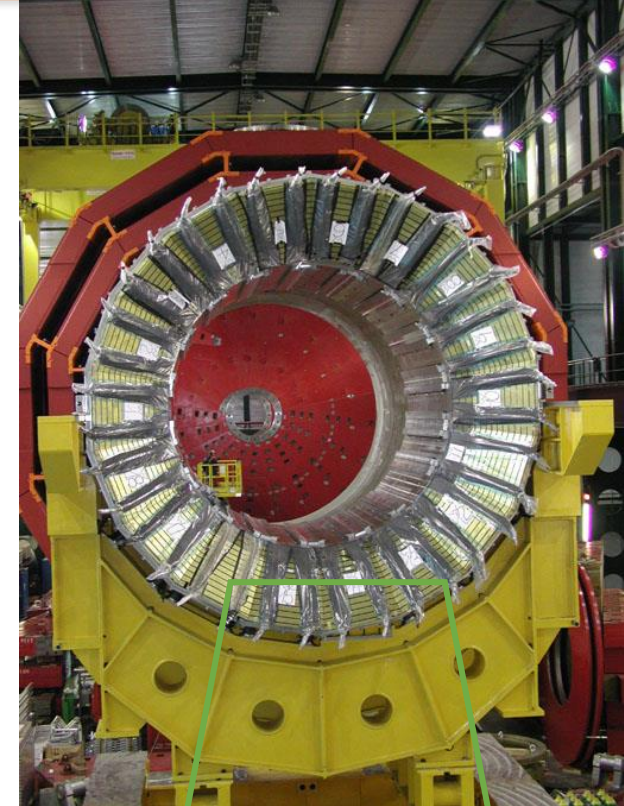
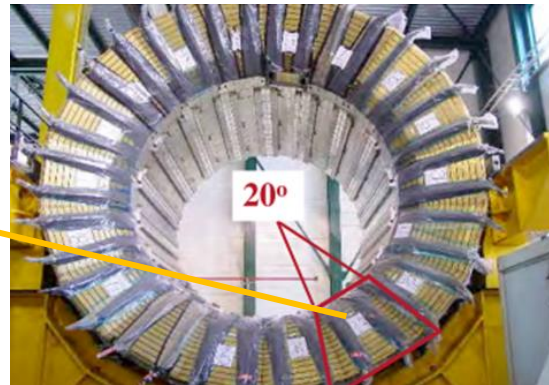
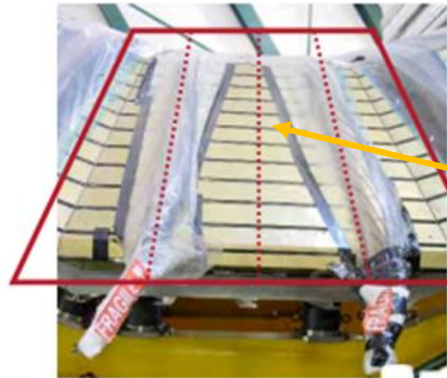




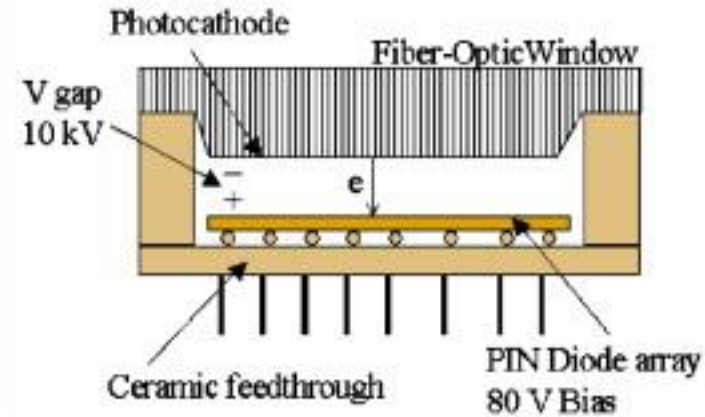
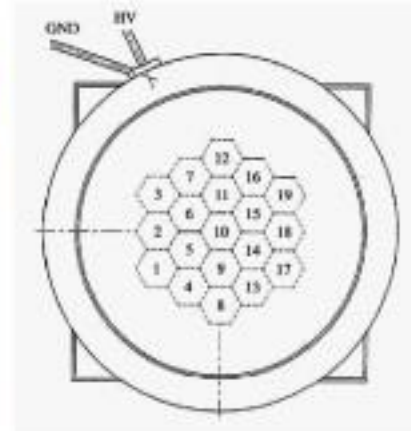
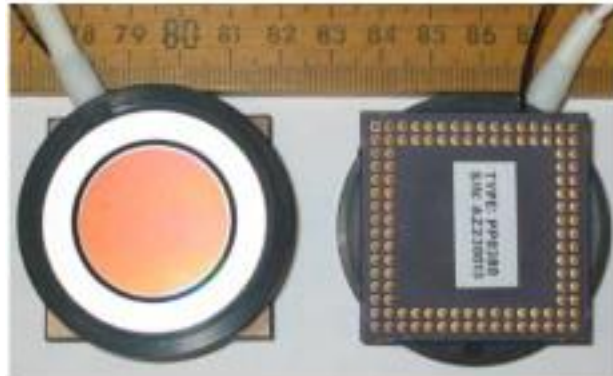
- 36 fiç (barrel) “takozu(wedges)”, her biri 26 ton ve magnetin içine yerleştirilmiştir
- HO(Hadronic Outer) dedektörlerinin birkaç katmanı magnetin dışına yerleştirilmiştir. Bunun nedeni ise HB dedektörlerinden sızabilecek enerjiyi ölçmek
- Aynı şekilde, 36 sonbaşlık takozu, solenoid mıknatısın uçlarından çıkan parçacıkların enerjilerini ölçer
- İki tane ileri hadron kalorimetresi CMS dedektörünün her iki ucuna yerleştirilmiştir. Bunların amacı ise çarpışma bölgesinden çıkan sayısız parçacığı ışın hattına göre sığ açılarda toplamak.



- Hadronik Fıçı (HB) aktif bölge için sintilatör, pasif bölge için ise Brass kullanılmaktadır.
- İki yarım fıçıda (HB+, HB-), her biri 18 benzer 20 derecelik olan takozlar (wedge) bulunmaktadır. Her bir takoz 4 azimuthal açıya ($\Delta\phi=5^\circ$) bölünmüştür.
- Takozlar, ışın eksenine paralel yassı pirinç alaşımlı emici plakalardan oluşmuştur.
- İç ve dış emiciler sağlamlık açısından paslanmaz çelikten yapılmıştır.
- 17 aktif plastik sintilatör karoları çelik ve pirinç emici plakaların arasına yerleştirilmiştir.
- Tekli sintilatör plakaları $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.087 \times 0.087$ boyutlarında yapılmış ve dalga boyu öteleme fiberi ile donatılmıştır.



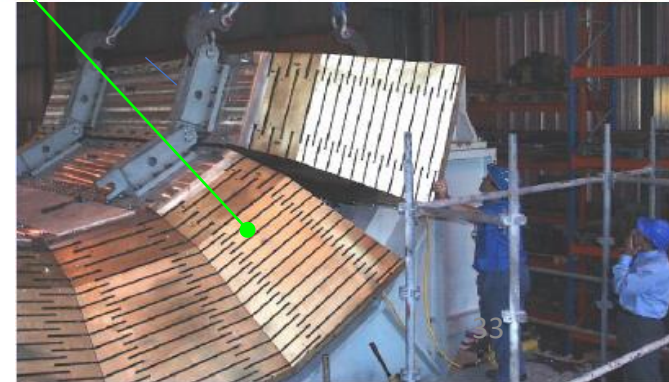
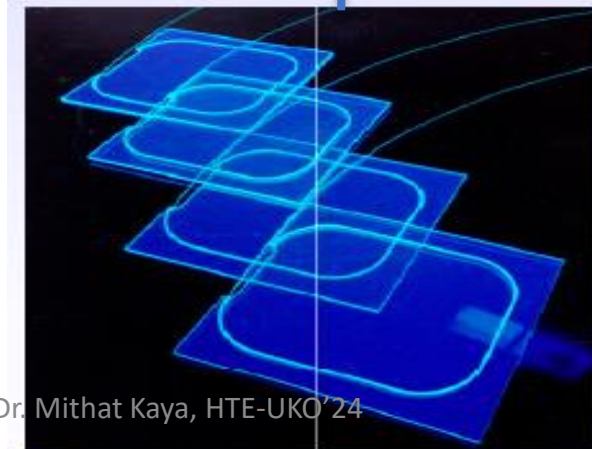
- HCAL readout sisteminde Hybrid Fotodedektörler (HPD) ve konvansiyonel Fototüpler kullanılmaktadır
- HB, HE ve HO için Sintilatörlerden elde edilen ışık önce plastik fiberlere ve sonrada HPD'lere gönderilir.
- HPD'lerin tepkisi doğrusaldır ve yüksek manyetik alanda çalışabilirler.
- HPD'ler 19 kanala sahiptir ve 10 kV potansiyel uygulanır.



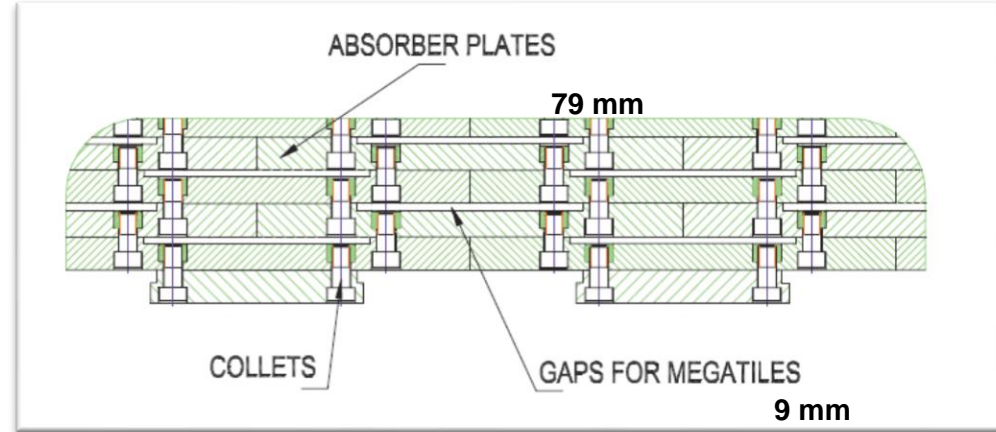
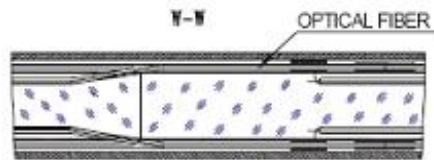
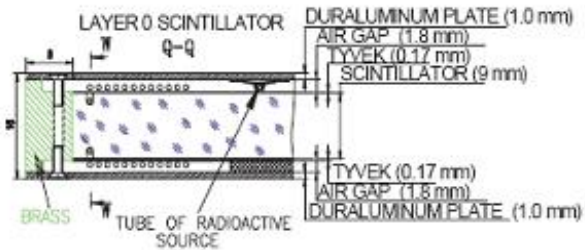
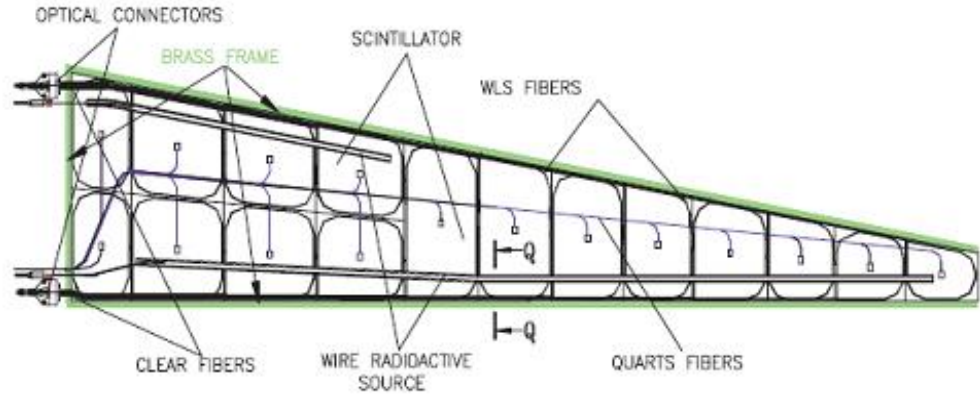
- **4 Teslalık Magnetin her iki ucuna yerleştirilmiştir.**
- **Emiciler (Absorbers) manyetikleşmeyen C26000 kartuş pirinçten (%70 Cu ve %30 Zn) yapılmıştır.**
- **Etkileşme uzunlukları $\sim 11 \lambda$ ve Ağırlığı ~ 300 Ton**
- **Genel anlamda CMS detektörü, müonlar, elektronlar, fotonlar, hadron jetleri ve nötrinolar veya sonuçta ortaya çıkan egzotik parçacıklar içeren son durumlar ile çeşitli imzaları içeren çok çeşitli temel problemleri incelemek için tasarlanmıştır.**
- **HE bu parçacıkların % 34'ünü tanımlamak için kullanılmaktadır**



18 wedges



Toplam 20916 Karo(tile) ve 1368 Büyükkaro (Megatile) kullanılmıştır.

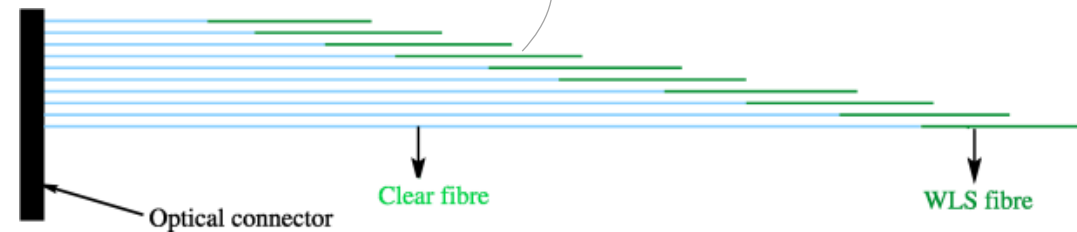
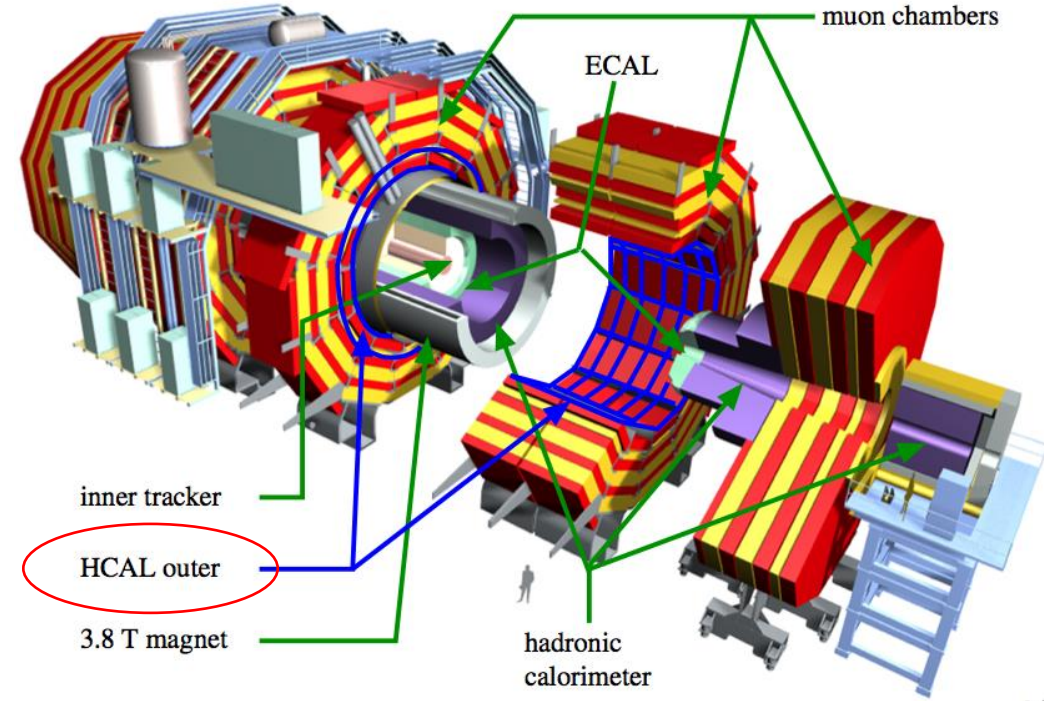


- Karolardan yayılan ışık mavi-mor olup dalga boyu $\lambda = 410-425$ nm aralığındadır.
- Bu ışık dalga-kaydırma fiberleri ile $\lambda = 490$ nm yeşil ışığa yükseltiliyor.
- Bu ışık, şeffaf fiber dalga kılavuzları aracılığıyla Büyük karoların uçlarındaki konektörlere iletilir.
- Elde edilen ışık HPD ve fotoçoğaltıcılarla okuma elektronğine gönderilir

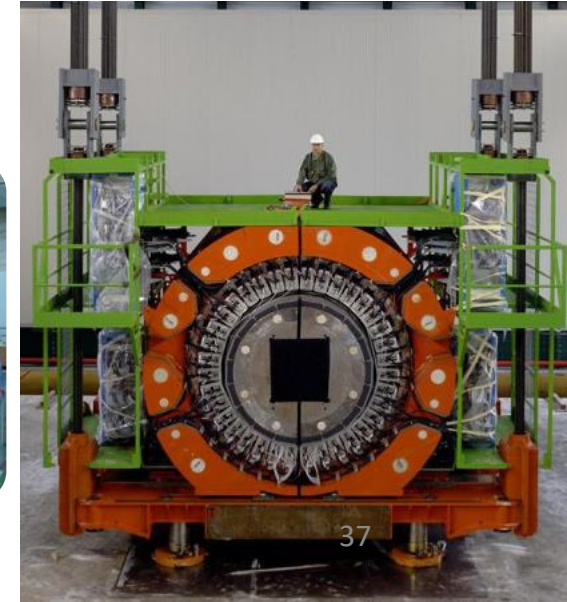


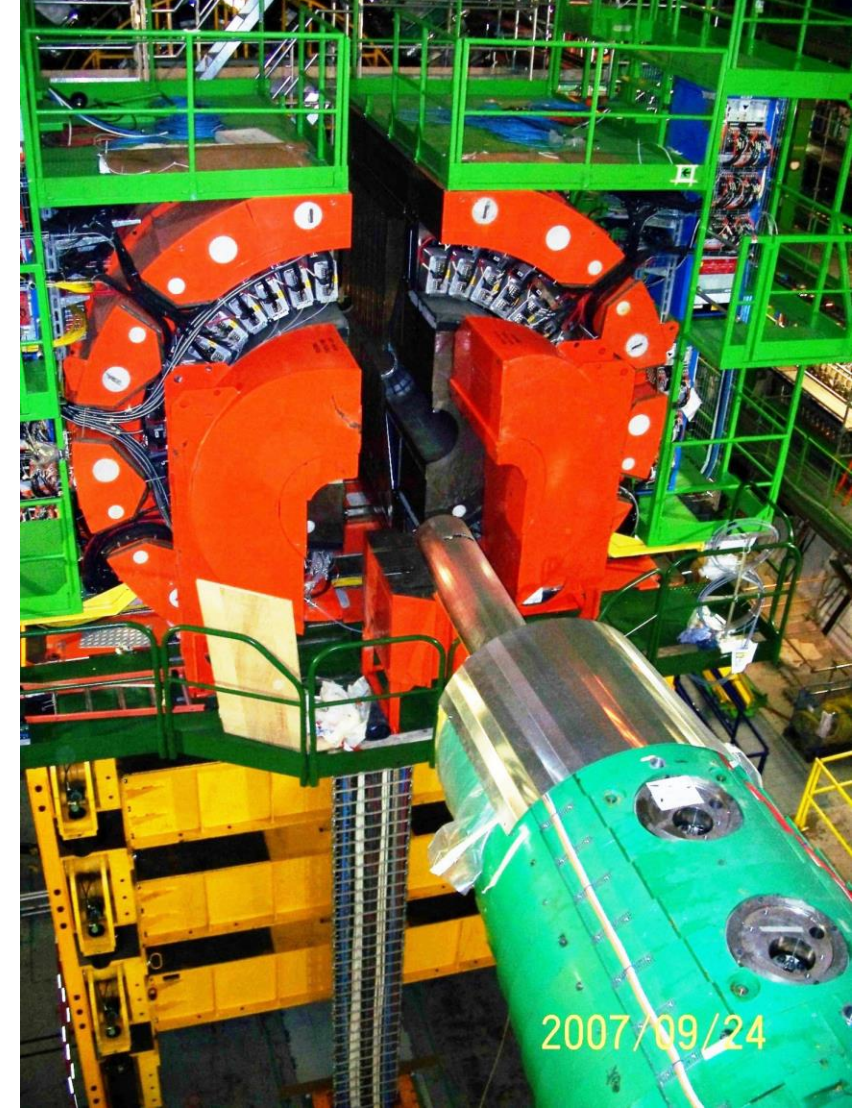
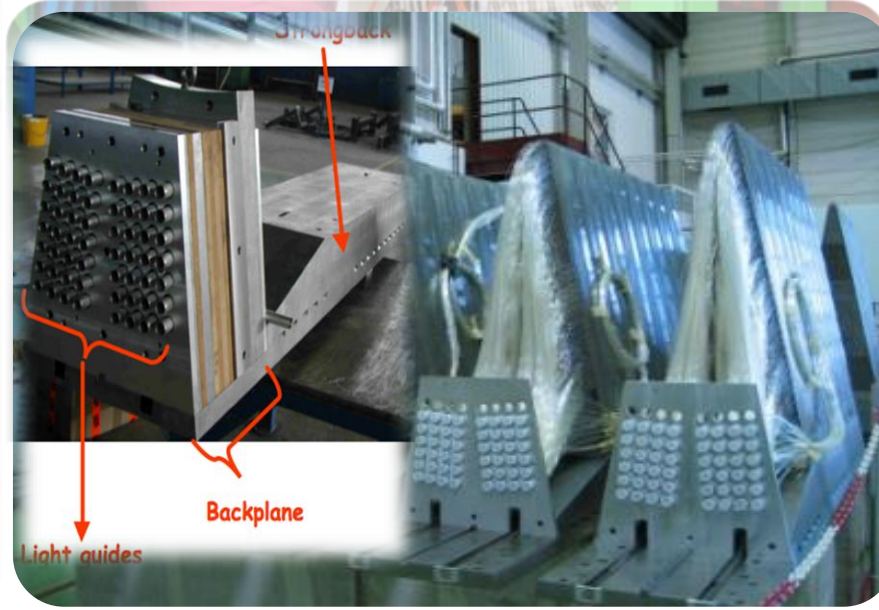
- 50 yıldan fazla Rus Askeri depolarında bulunan ve deniz donanmasında kullanılan piring kapsüller HCAL'ın yapımında kullanılmak üzere eritilip tekrar şekillendirilmişlerdir.

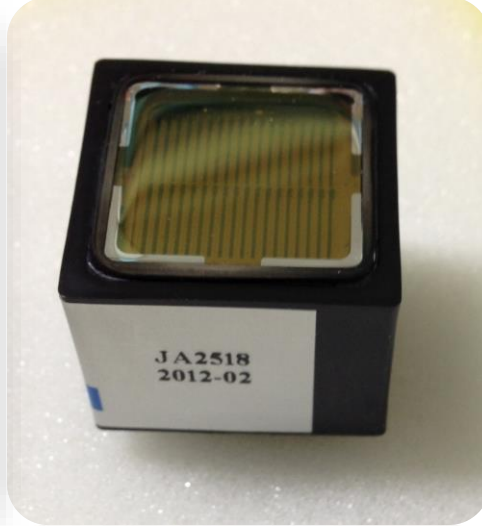
- **Magnet içerisindeki HCAL yeterince kalın olmadığından dolayı yüksek enerjili duşların hepsini tutması mümkün olmamaktadır.**
- **Bunun için magnet dışına ekstra sintilatör katmanları yerleştirilmiştir (HOB).**
- **HB ve HOB'un tam derinliği yaklaşık 11λ kadardır**
- **1 cm kalınlığında Bicron BC408 sintilatör karoları kullanılmıştır**
- **HO sintilatörleri 4 çeyreğe bölünmüştür ve her bir çeyrekteki ışık dalga boyu kaydırma(WLS-wave length shifter) fiberleri ile okunur.**



- İki tane ileri kalorimetresi (HF+, HF-) CMS'in her iki ucuna, etkileşme noktasından $\pm 11\text{m}$ uzaklığa yerleştirilmiştir.
- $3.0 < |\eta| < 5.0$ pseudorapidity bölgesini kapsamaktadır.
- Bu bölgedeki yüksek LHC radyasyon seviyelerine direnmek için, radyasyona karşı sert bileşenlerle inşa edilmişlerdir: çok yüksek dozlarda (Grad düzeyinde) hayatta kalması için uzunlamasına kuvars fiberli çelik emiciler kullanılmıştır.
- Her biri yaklaşık 250 ton olan iki HF modülü için yaklaşık 1000 km kuvars fiber kullanılmıştır.
- HF, kuvars fiberlerindeki duş parçacıkları tarafından yayılan ve aynı fiberden fotoçoğaltıcı tüplere (PMT) taşınan Çerenkov ışığını algılayarak, hadronik jetleri birkaç TeV enerjisine kadar ölçebilir.

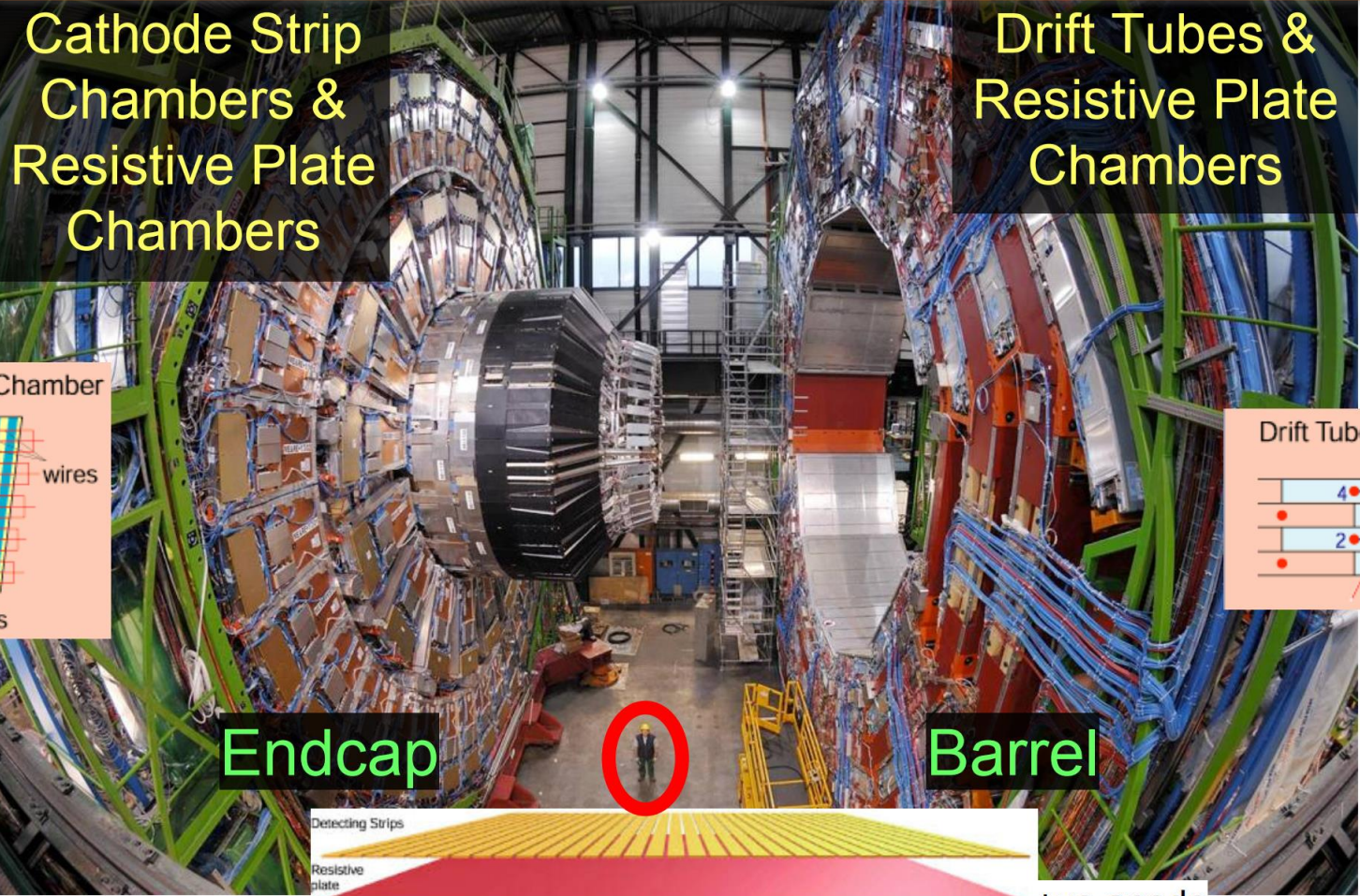






HF+ ve HF- için 216 Baseboard ve 1728 adet ise 4 Anotlu Fotoçoğaltıcılar (Photo Multiplier Tubes-PMT) kullanılmıştır

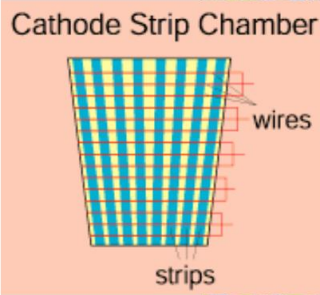




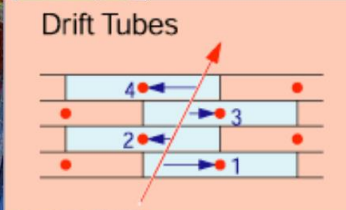
Cathode Strip Chambers & Resistive Plate Chambers

Drift Tubes & Resistive Plate Chambers

Wires = anodes

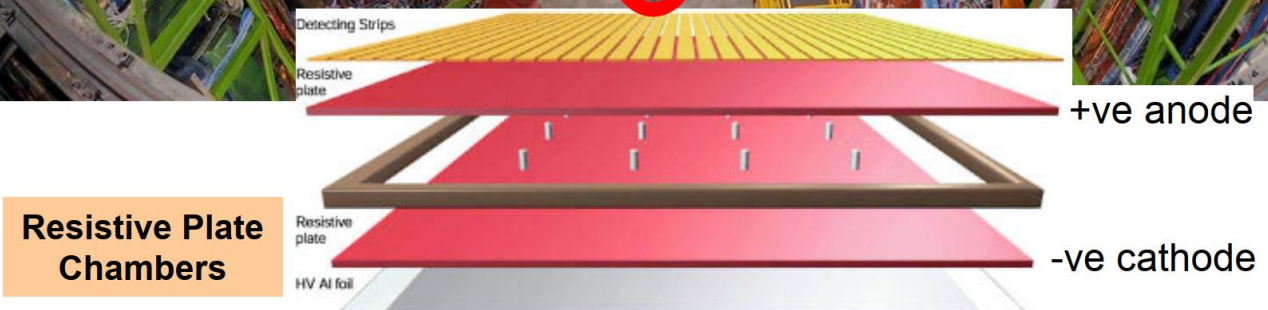


Strips = cathodes



Endcap

Barrel

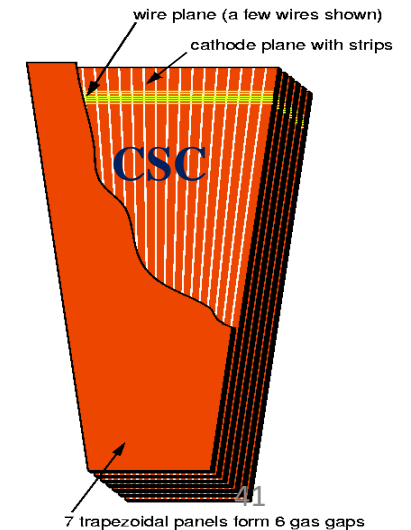
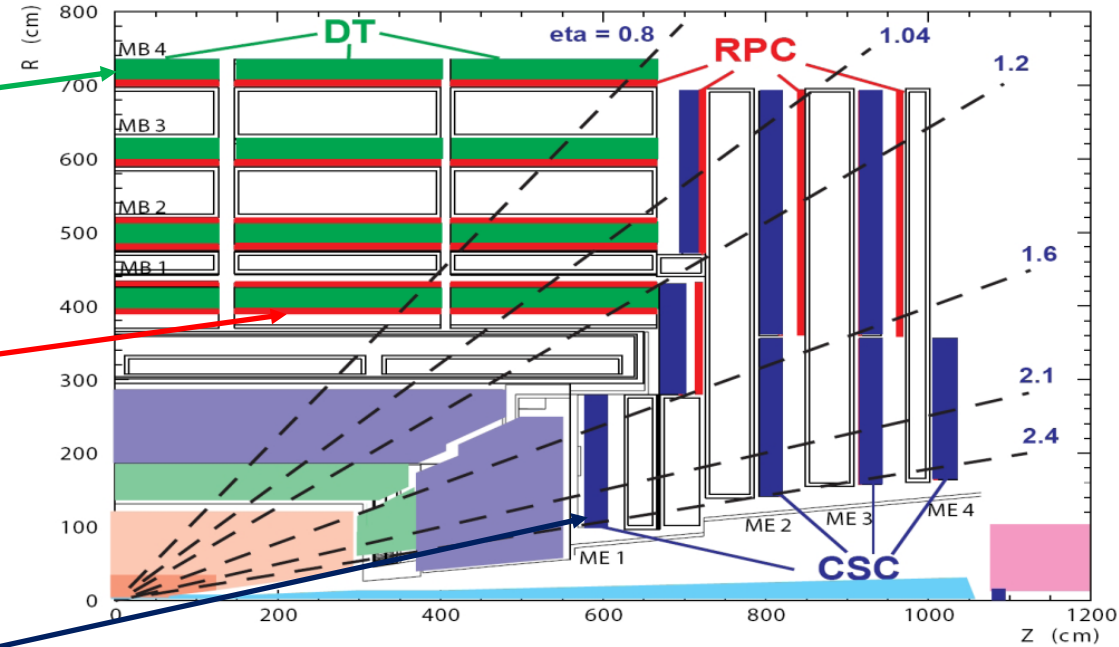


Resistive Plate Chambers

CMS dedektörü özellikle müon ölçümü için optimize edilmiştir.

Müon dedektör sisteminde:

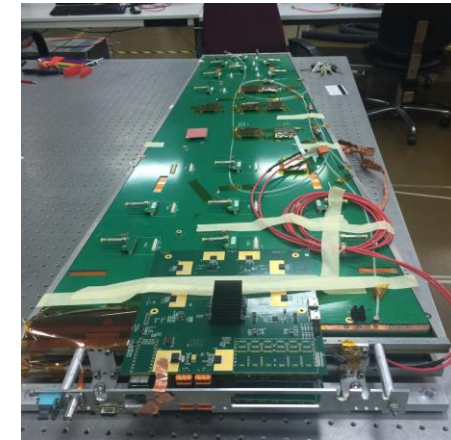
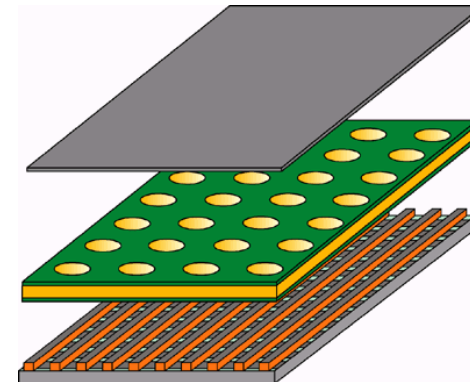
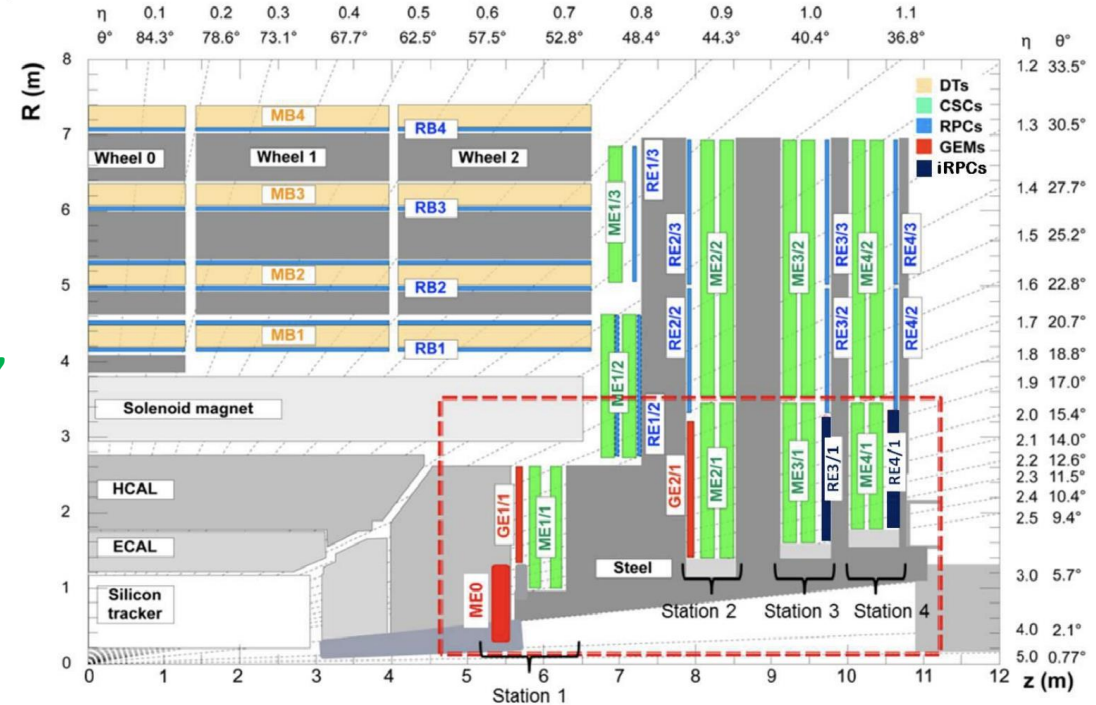
- **Sürüklenme Tüpü(Drift Tube-DT) Odaları (barrel bölgesinde yer alır)**
 - 250 Oda (Chambers), 180k Kanal
 - İyi müon çözünürlüğü ($r-\phi \sim 100\mu\text{m}$, $Z \sim 150\mu\text{m}$, angle $\sim 1\text{mrad}$)
 - Yavaş tepki (140 ns'e kadar)
 - Düşük oranlı bölgede kullanım için ekonomik
- **Dirençli Plaka Odaları (Resistive Plate Chambers-RPC) (Barrel ve Endcap bölgesinde yer alır)**
 - 1020 Oda (Chambers)
 - Müon uzaysal çözünürlüğü: $r-\phi \sim 1.5\text{ cm}$
 - Hızlı tepki, Zaman çözünürlüğü $< 3\text{ns}$
 - Birinci Seviye tetikleyiciye adanmıştır
- **Katot şerit odaları (Cathode Strip Chambers-CSC) Sonbaşlık(Endcap) bölgesinde yer alır.(For tracking and Triggering)**
 - 468 Oda(Chambers), 450k Kanal
 - Her bir oda için 1 tel katman ve 1 katot katman (şerit-strips)
 - İyi müon uzaysal çözünürlüğü ($r-\phi \sim 75-150\mu\text{m}$, $< 2\text{mm}$ at Trigger level)
 - Tel aralıkları yakın (uzay çözünürlüğü $100\mu\text{m}$)
 - Hızlı tepki, Zaman çözünürlüğü 4 ns
 - Yüksek Oranlar için iyi



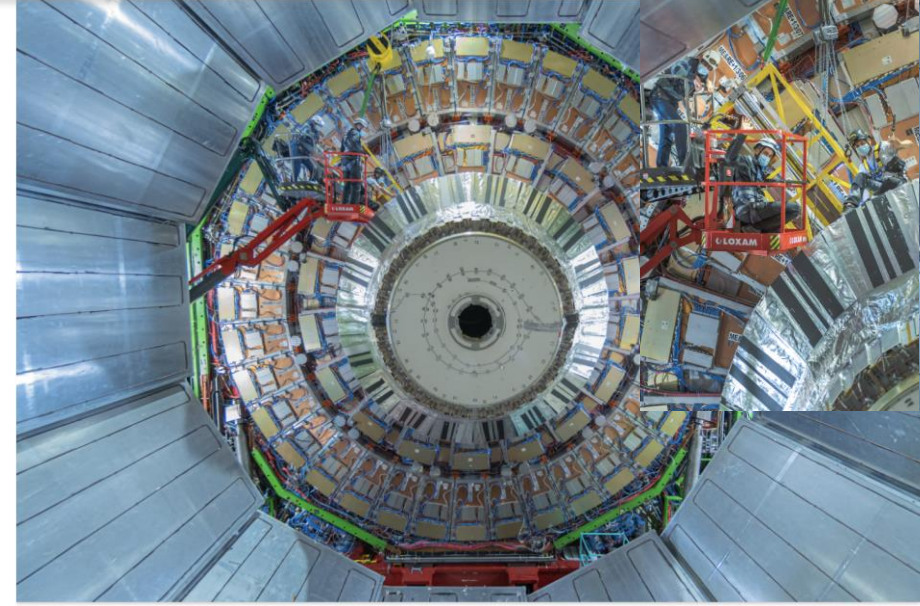
- Gaz elektron çarpanı (Gas Electron Multiplier- GEM) dedektörleri, sonbaşıklardaki mevcut sistemleri tamamlamak için CMS'de yeni yapılan bir müon sistemini temsil etmektedir.
- İleri bölge, CMS'nin büyük radyasyon dozlarından ve yüksek olay oranlarından en çok etkilenen kısmı olduğundan, GEM dedektörleri, daha iyi bir müon izi tanımlamasına ve ayrıca çok ileri bölgede daha geniş bir kapsama alanına izin veren ek imkan ve ölçüm noktaları sağlayacak.
- GEM odaları, tipik olarak milimetrekare başına 50 ila 100 olmak üzere milyonlarca delikle kimyasal olarak delinmiş 50 mikron kalınlığında bakır kaplı bir polimer folyodan oluşur.
- Bu folyolardan üçü iki elektrotla birleştirilmiş bir dedektörü oluşturur.
- Müonlar geçerken dedektör içindeki gaz (Ar/CO_2) iyonize olur ve elektron-iyon çifti oluşur.
- Bu elektronlar, çok güçlü bir elektrik alanı altında bir elektron çığına neden oldukları deliklere doğru sürüklenerek sinyal oluşturur.

Ref:<https://doi.org/10.1016/j.nima.2016.05.127>

http://www.inf.infn.it/seminars/talks/murtas_28_11_02.pdf



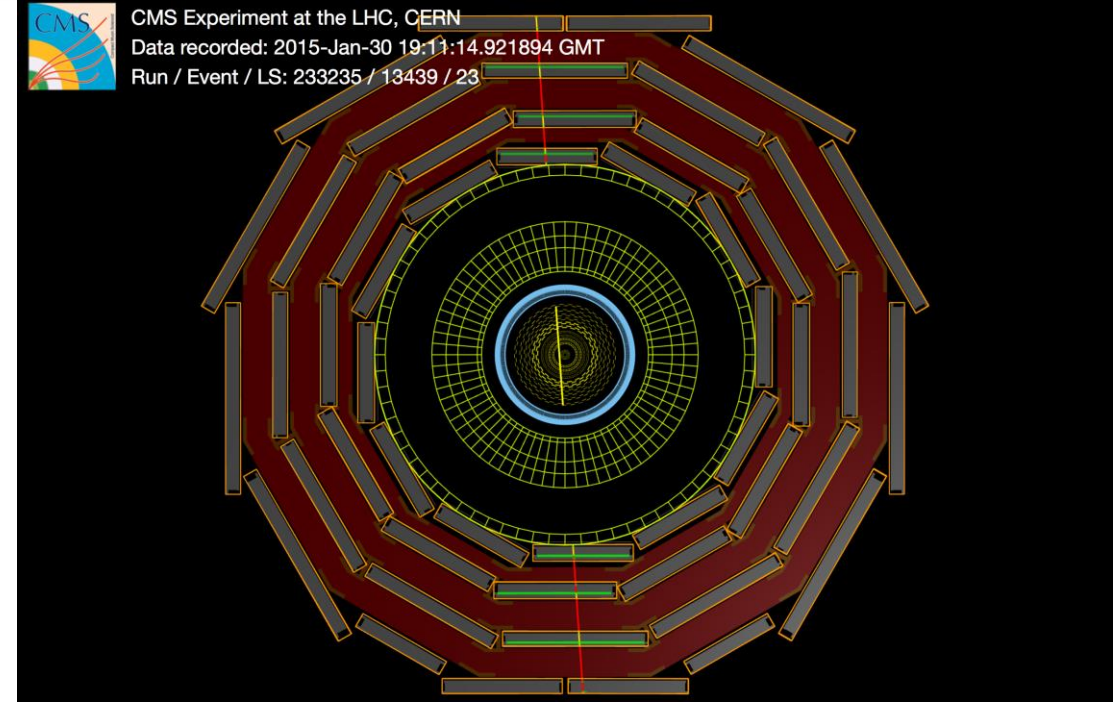
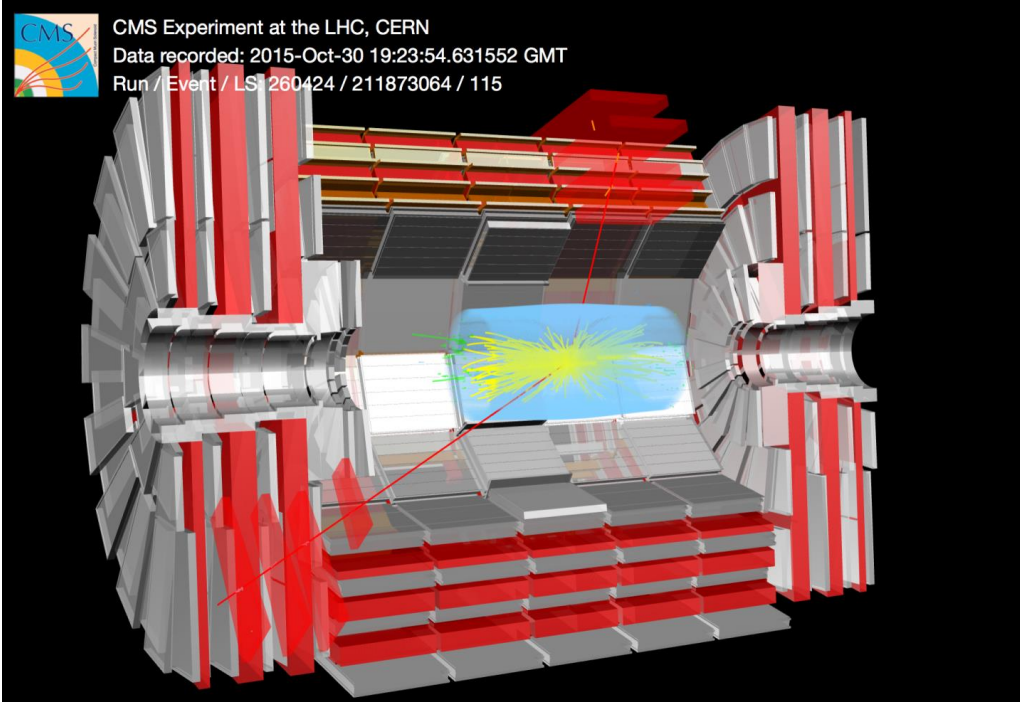
- **CMS müon sonbaşıkları, her biri iki gaz elektron çarpanı (Gas electron multiplier-GEM) dedektörü içeren 72 modülden oluşmaktadır**
- **Bu modüller ışın eksenine (beam axis) göre yaklaşık 10° 'lik bir açıyla saçılan müonları tespit etmek için kullanılmaktadır.**
- **GEM dedektörleri Cathode Strip Chambers (CSC) ların önüne yerleştirilmiştir**
- **GEM ler ayrıca müon bükülme açılarını (bending angle) ölçmeye fayda sağlayacak**
- **Bu sistem müon momentum çözünürlüğünü önemli ölçüde artıracaktır.**
- **Yeni müon dedektörleri (144 Chambers) CMS'in en dış katmanına, yani uç kapaklara (endcaps) kurulumu gerçekleştirilmiştir.**
- **Çok sayıda kalite ve performans testinin yanı sıra kozmik ışın müonlarıyla ilk ölçümler halihazırda gerçekleştirilmiştir. Diğer odalar LHC'nin 2. aşamasından önce gelecek ve 2024-2026 yılları arasında kurulacaktır.**



The last installation of Gas Electron Multiplier (GEM) detectors on the second CMS endcap took place in September. (Image: CERN)



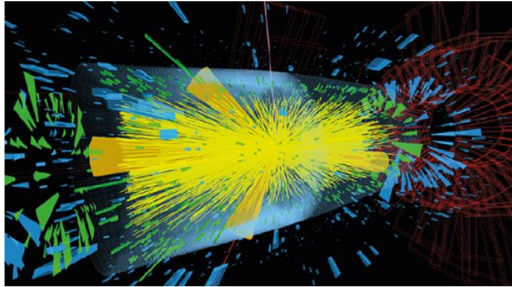
Assembly of the GEM detectors at CERN in clean room (Image: CERN)



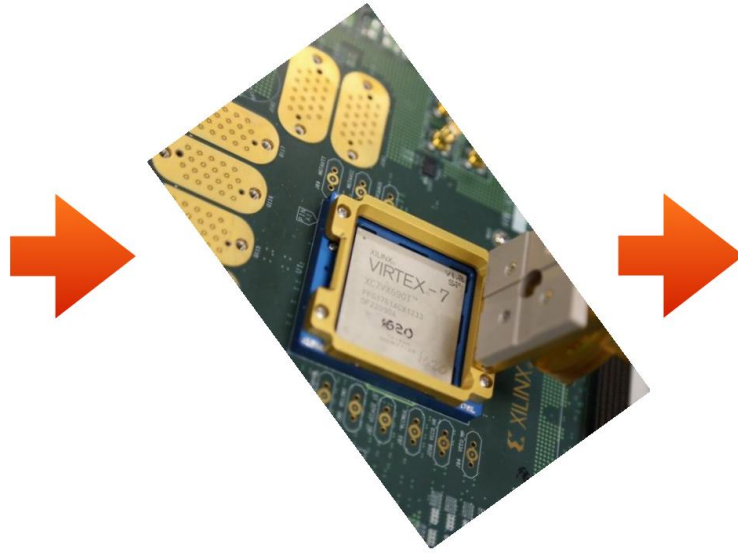
- Bu görüntü, 2015 yılında toplanan proton çarpışma verilerinde CMS detektörü tarafından şimdiye kadar gözlemlenen en büyük kütleli müon çiftine sahip bir çarpışma olayını göstermektedir.
- Di-muon sisteminin kütlesi 2,4 TeV'dir.
- 0.7 TeV'lik enine momentuma sahip bir müon, merkez bölgedeki Drift Tüplerinden geçerken, 1.0 TeV'lik enine momentumlu ikinci müon, ön bölgedeki Katot Şerit Odalarına çarpıyor.
- Her iki müon da yüksek enine momentum müon seçim kriterlerini karşılıyor.
- Dedektör testi, Kozmik müon,
 - Atmosferden gelen müonun Vertex dedektörlerinde ve müon dedektörlerinde görülen izleri

- CMS te 2 Seviyeli Tetikleme Sistemi Kullanılmaktadır. Birinci Seviye L1 (Level 1) ve
- İkinci Seviye L2 Yüksek Seviyeli Tetikleme (HLT-High Level Trigger) Sistemi

40M events/s



% 0.25
100K events/s

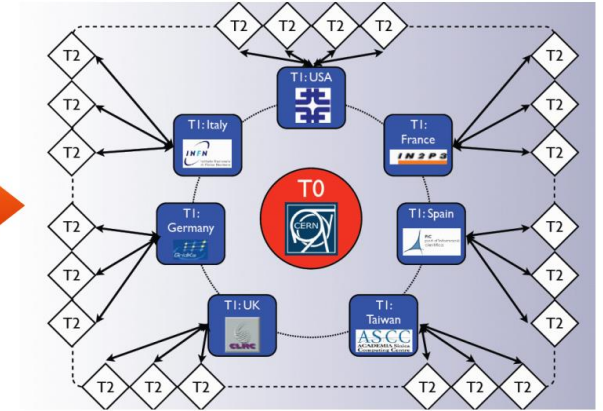


Level-1 Trigger

% 0.0025
1K events/s



High-Level Trigger

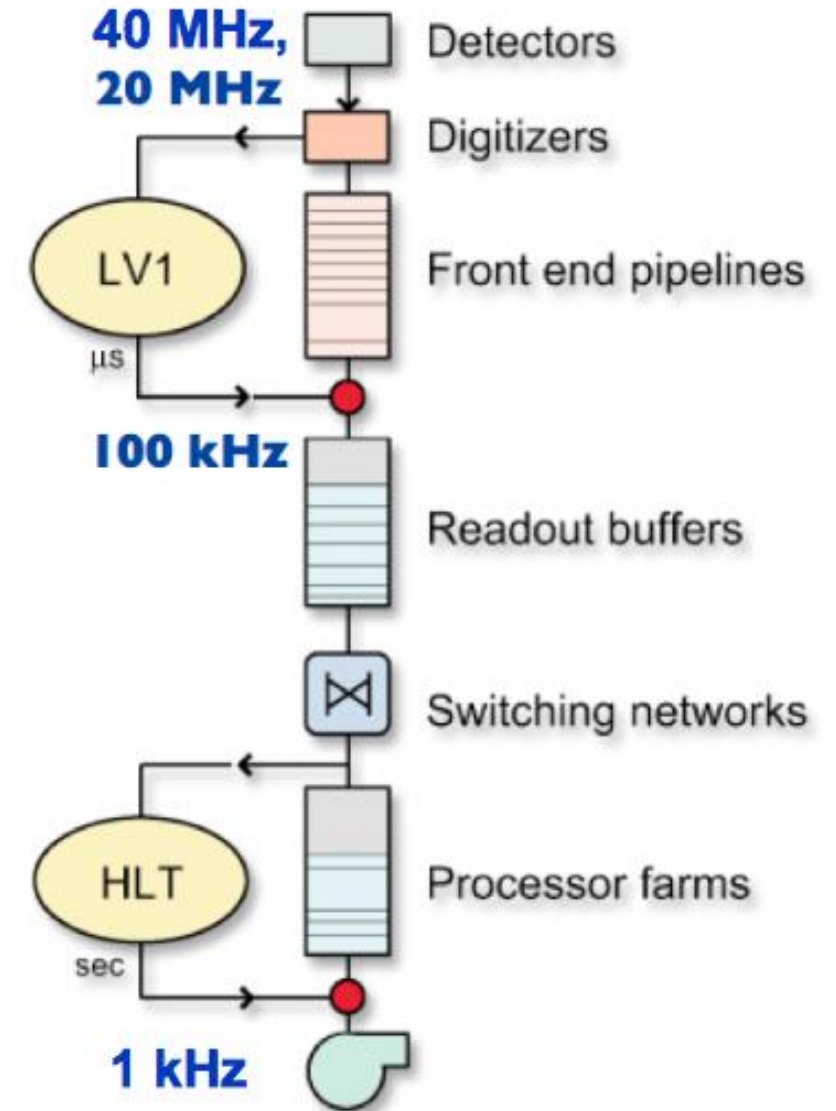


Offline analysis
at Tier-0
1 MB/event

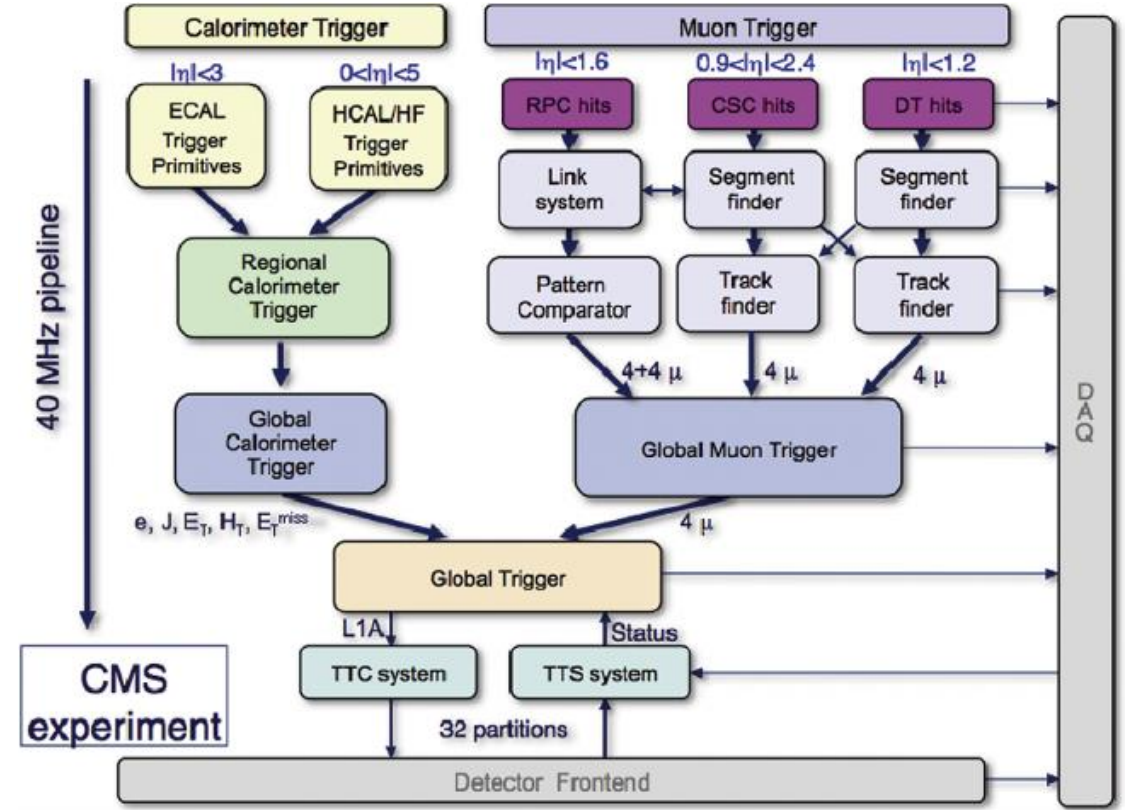
- Dedektörlerden Alınan Olayların (event) %99'undan fazlası geri çevrilmektedir, yani seçme kriterlerini geçmemektedir.
- Olay seçimi ve Karar aşaması L1 için yaklaşık 4 μ s HLT için ise 300 milisaniye sürmektedir.
- Bununun için 30000 CPU lu bilgisayarlar ağı kullanılmaktadır.
- Alınan verilerin % 99.9975 'i atılmasına rağmen gerçek fizik yapmak için gerekli veriler tutulmaktadır.

CMS İki Seviyeli Tetikleyiciye sahip(Level 1-Level 2)

- **L1 Tetikleyicisi (Level 1 Trigger)**
 - Elektronik Tabanlıdır
 - Her demet geçişi için Olay Oranını 20-40 MHz den 100 kHz'e indirir
- **Yüksek Seviyeli Tetikleyicisi (High Level Trigger)**
 - Yazılım Tabanlıdır. Çok geniş bir bilgisayar çiftliğine sahiptir(Large Computer farm)
 - L1 kararları dedektörden geçtikten sonra HLT Tetikleyicide inşa (Full Reconstruction) edilerek kalıcı depolama sistemine yazılır.
 - Olay oranı ~1kHz'e iner



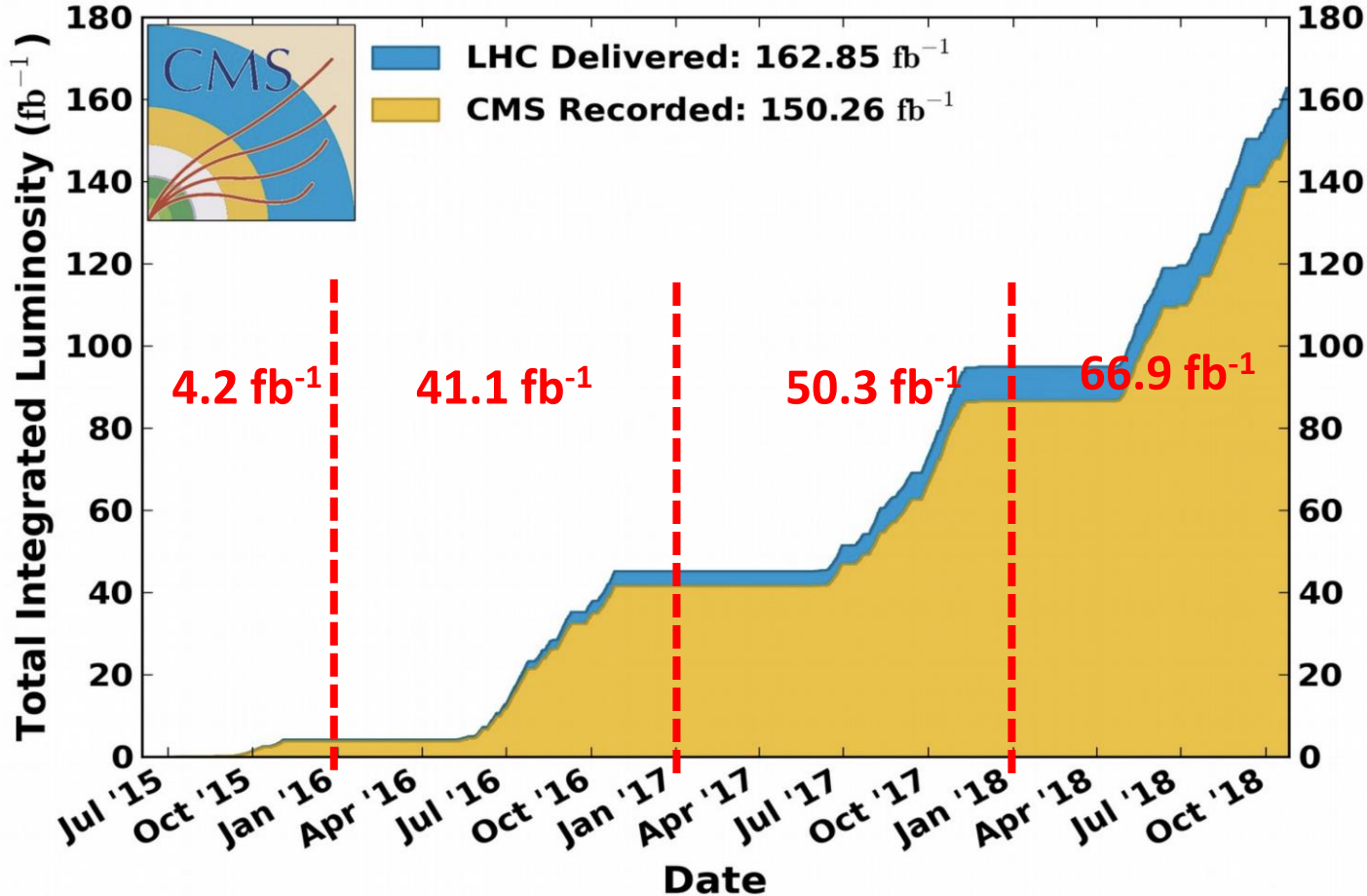
- L1 Kararları için CMS üç müon Dedektör Sistemini ve kalorimetre sistemini kullanmaktadır
- Kalorimetre Tetikleme Objeleri
 - Elektromanyetik Kalorimetre (ECAL), (5x5 Ecal Kristal)
 - Hadronik Kalorimetre (HCAL Tower)
 - İleri hadronik Kalorimetre (HF Tower)
- Müon Tetikleme Objeleri ise
 - Drift Tubes (DTs),
 - Katot şerit Odaları (CSCs)
 - Dirençli Plaka Odaları (RPCs)



Kalorimetrelere gelen datalar Bölgesel Kalorimetre Tetikleyicide toplanır daha sonrada Global Tetikleyiciye gönderilir. Müon dedektörlerinden gelen tetikleme kararları ise Global Müon Tetikleyicisinde toplanır Ve en iyi 4 müon adayını Global Tetikleyiciye gönderir. **CMS Silikon tracker'lar henüz L1 için kullanılmamaktadır.**

CMS Integrated Luminosity, pp, $\sqrt{s} = 13$ TeV

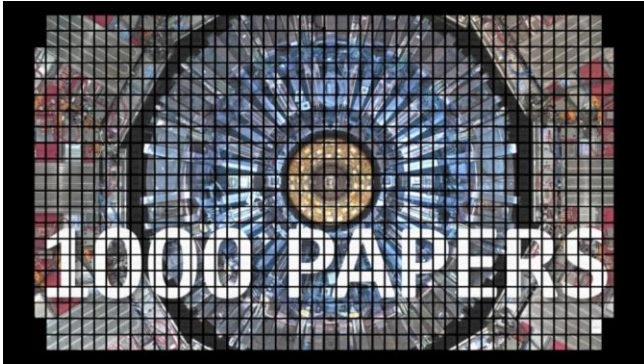
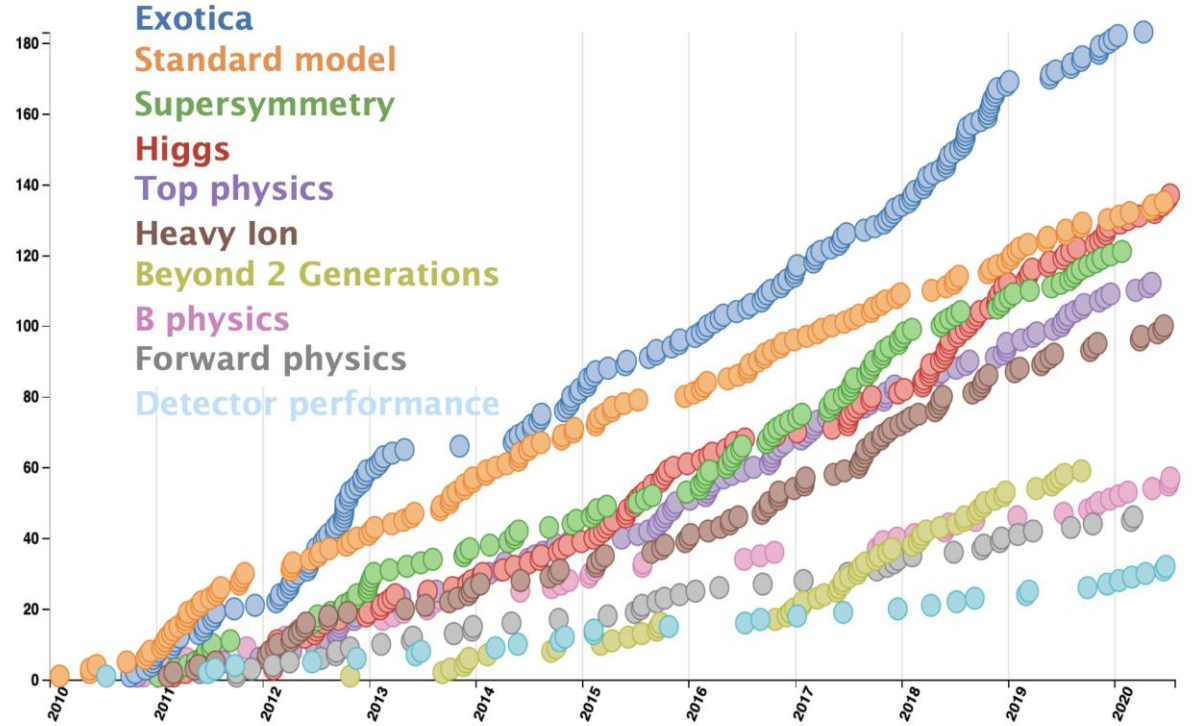
Data included from 2015-06-03 08:41 to 2018-10-26 08:23 UTC



CMS Dedektörünün performansı ve CMS kolaborasyonunun başarılı ve öz verili çalışmasından dolayı bu kadar veri toplanmıştır.

CMS	delivered	recorded	
2015	4.2 fb ⁻¹	3.8 fb ⁻¹	90%
2016	41.1 fb ⁻¹	37.8 fb ⁻¹	92%
2017	50.3 fb ⁻¹	45.4 fb ⁻¹	90%
2018	66.9 fb ⁻¹	62.8 fb ⁻¹	94%
	162.8 fb⁻¹	150.2 fb⁻¹	92%

- CMS de ilk Makale 2008 yılında Yayınlandı
- **Higgs'in keşfi ile ilgili Makale 183. sırada yer aldı**
- **Şu an itibariyle (29 Nisan 2021) CMS den yayınlanan makalelerin sayısı 1000'in üzerindedir.**
- Farklı Fizik Çalışmalarına göre Makale dağılımını yandaki grafikten görebilirsiniz:
- Şu ana kadar Yayınlanan Makalelerde hala 2015, 2016 veya 2017 yılında alınan veriler kullanılmaktadır, 2018 ve 2019 verilerinin tamamının kullanılmasıyla CMS makale sayısı daha da hızla artacaktır.



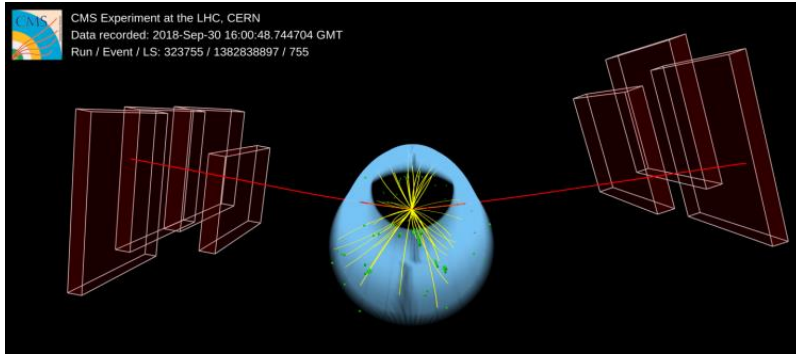
1000. Makale Haziran 19, 2020 de yayınlanmıştır

H → μμ Ölçümü

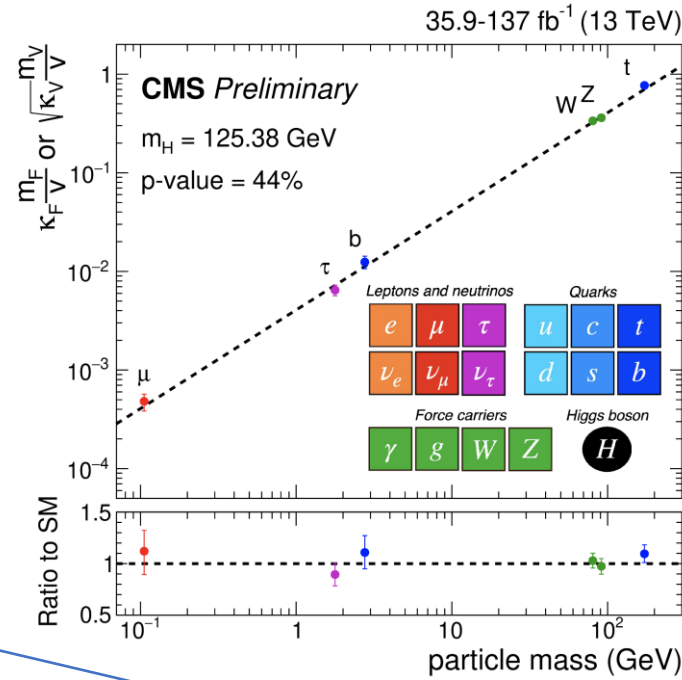
LHC Run 2 verileri bize 3. nesil fermiyonlar ile H çiftlenimine doğrudan erişim sağladı

- Tau leptonlara bozunmalar (PLB 779 (2018) 283)
- Top kuarklarla ilişkili üretim (PRL 120 (2018) 231801)
- Bottom kuarklara bozunmalar (PRL 121 (2018) 121801)
- Run 2 data (137 fb⁻¹)
- 4 Mod içeriyor ggH, VBF, VH, ve ttH
- En büyük tesir kesitli modlar → ggH and VBF
- Sonuçlar Run 1 datası ile birleştirilmiştir
- Higgs Kütlesi: m_H = 125.38 GeV [Phys. Lett. B 805 (2020)]

significance: 3.0σ obs (2.5σ exp)
 signal strength: μ = 1.19^{+0.41}_{-0.39} (stat)^{+0.17}_{-0.16} (syst)



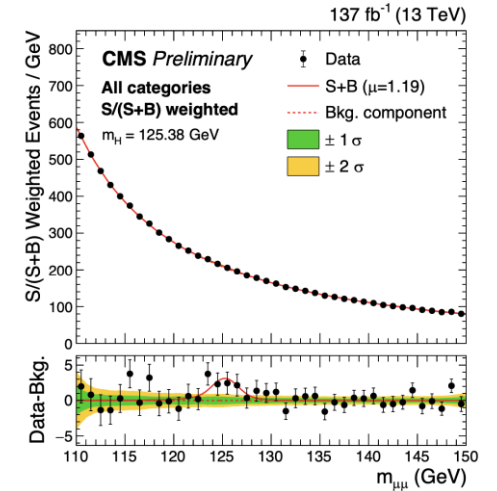
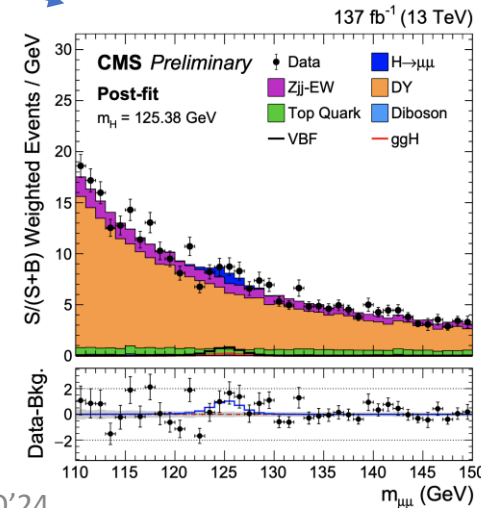
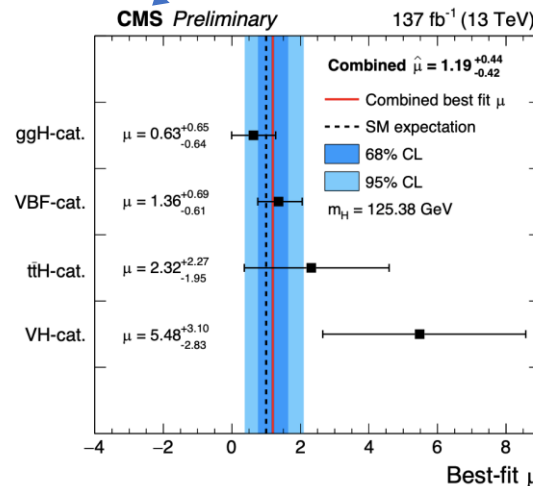
<https://cms.cern/physics>

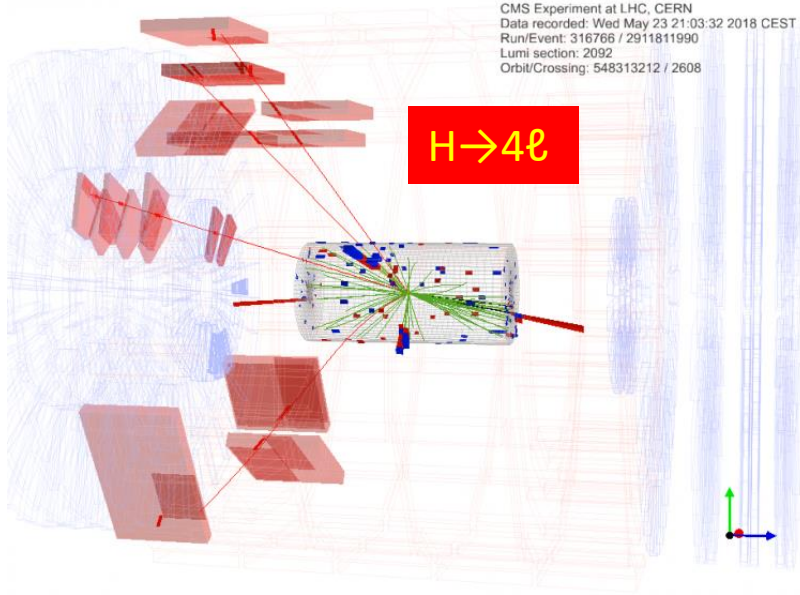


Yandaki Şekilde: Standart modelin (kesikli siyah çizgi) öngörülerine Higgs bozonunun diğer temel parçacıklar ile kuplajlarının CMS'de ölçümlerinin bir özeti verilmiştir.

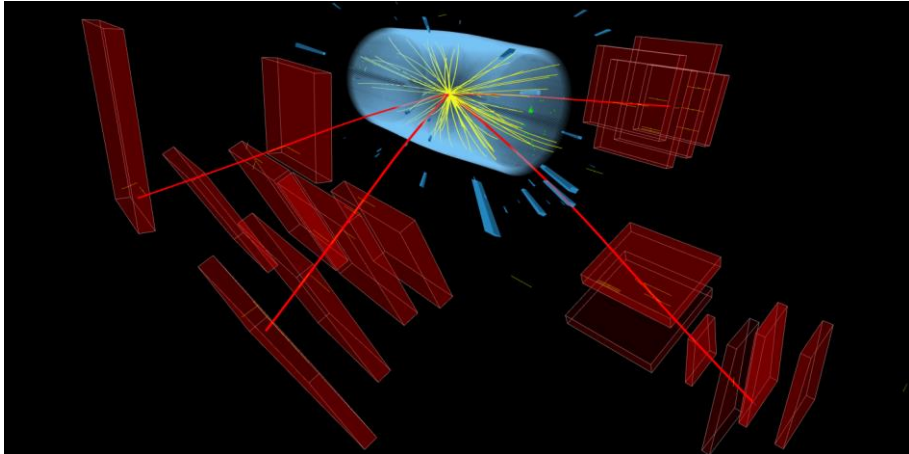
Alt panelde, ölçülen kuplajlar ile standart model tahmini arasındaki oran gösterilmektedir.

Bu yeni CMS sonucu, en soldaki veri noktasıyla gösterilen, Higgs bozonu ile mion kuplajının ilk ölçümünü göstermektedir.

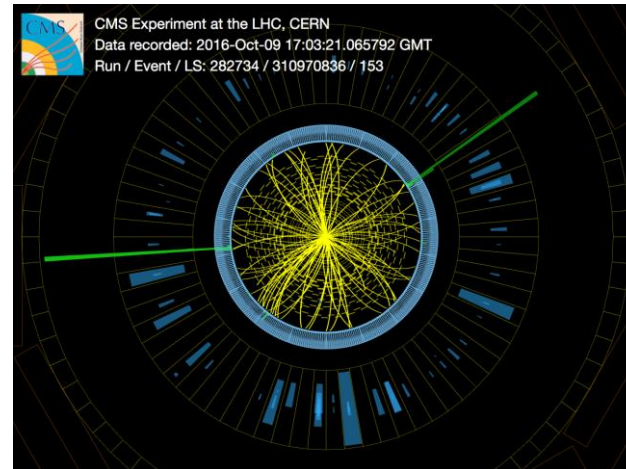
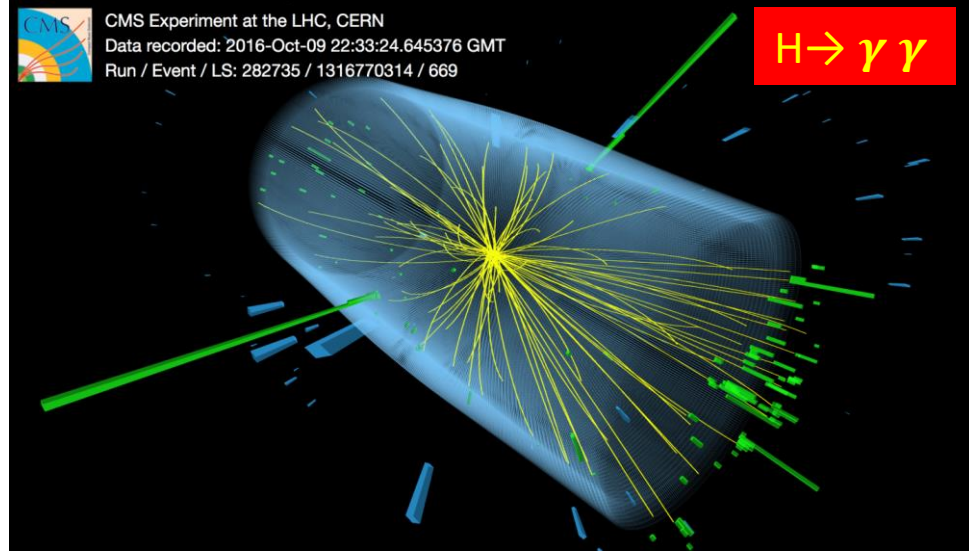




Higgs 4 lepton'a bozunuyor, kırmızı çizgiler



İki Foton Elektromanyetik kalorimetredeki enerji kümelerinden gözlemlenmiştir

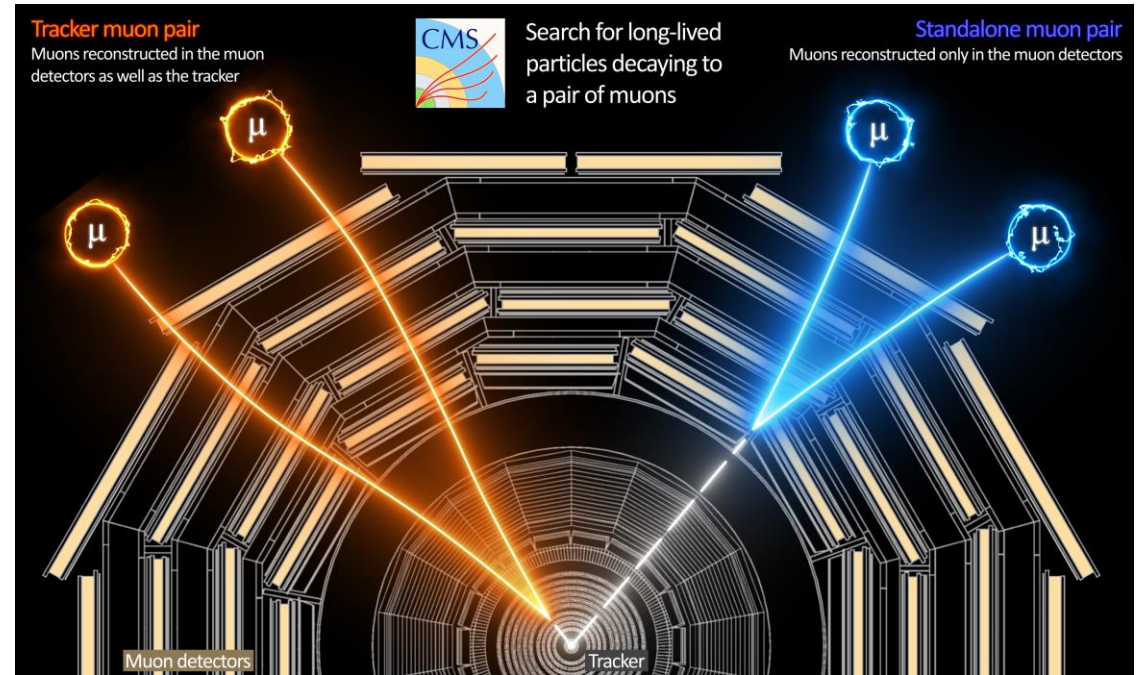
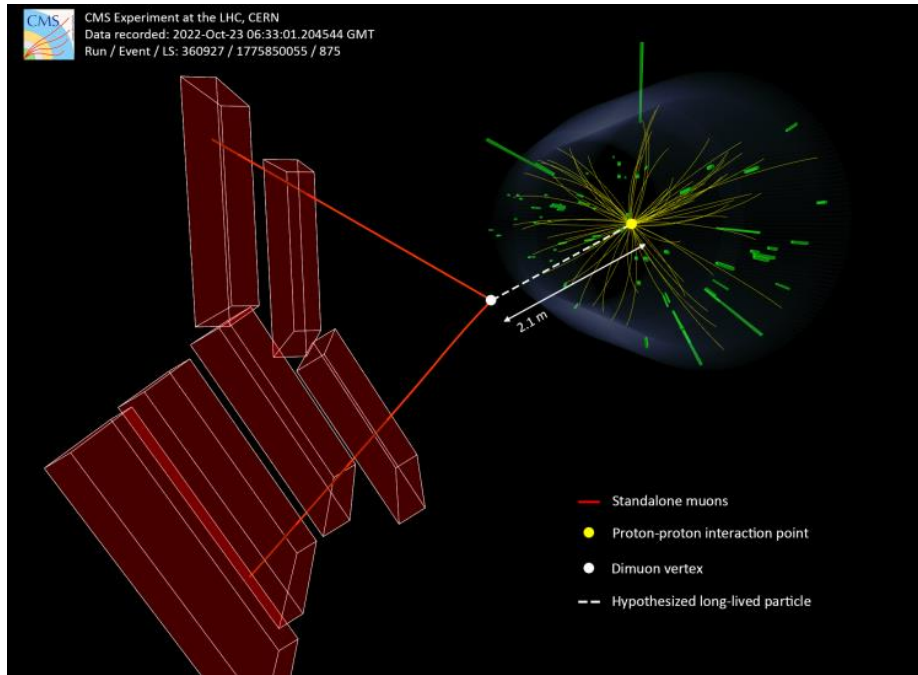


<https://cms.cern/physics>

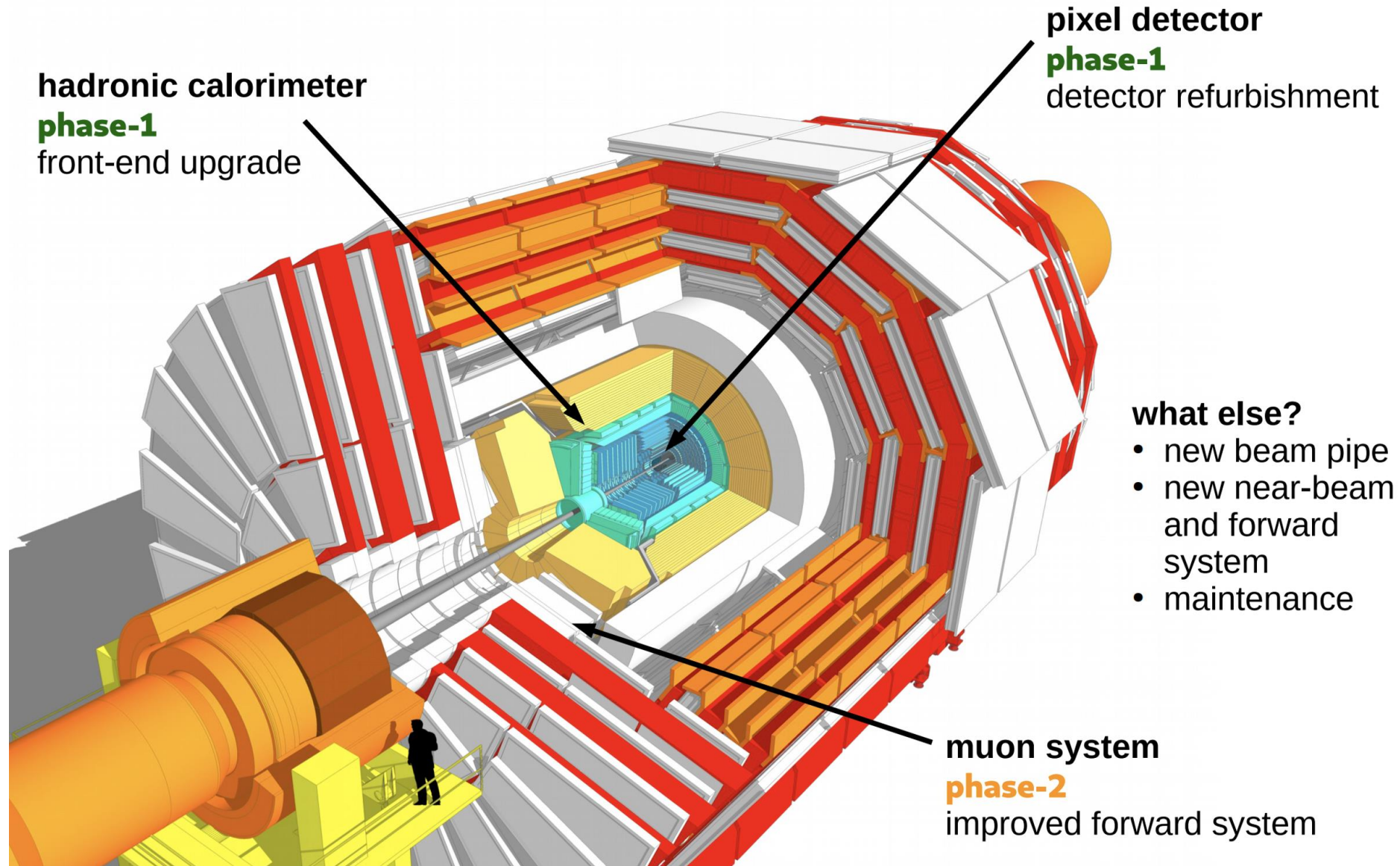
Search for long-lived particles decaying to a pair of muons in pp collisions at $\sqrt{s}= 13.6$ TeV with 2022 data

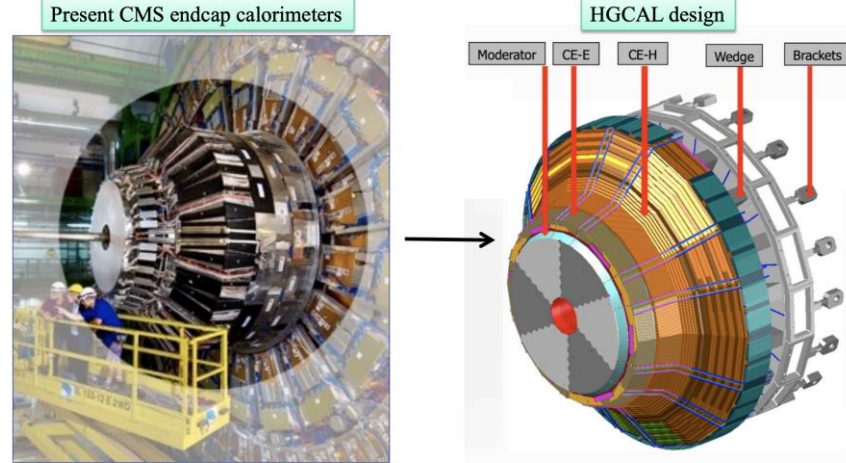
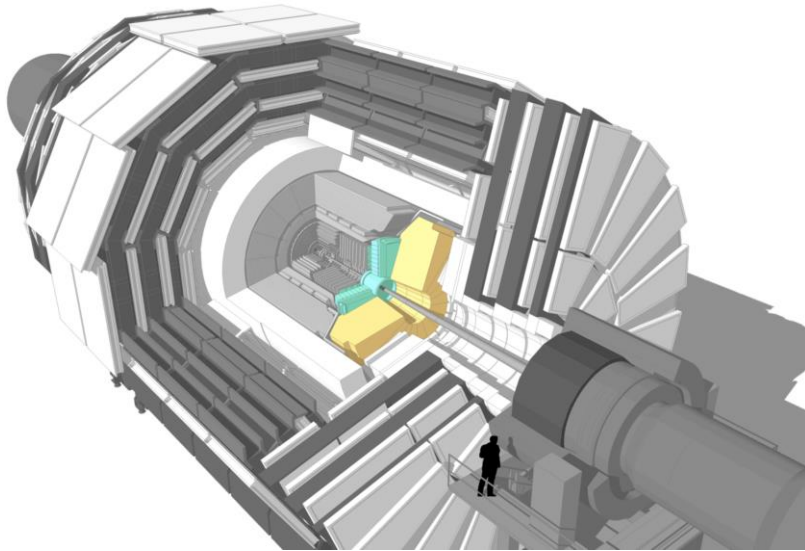
The results are interpreted in the frameworks of the hidden Abelian Higgs model, in which the Higgs boson decays to a pair of long-lived dark photons; (Dark Foton, Dark matter'ın ara parçacığı olarak tanımlanmaktadır)

Bir çift müona bozunan iki tür uzun ömürlü parçacığın çizimi; izleyiciden ve müon dedektörlerinden gelen bilgiler aracılığıyla müon sinyallerinin uzun ömürlü parçacık bozunma noktasına kadar nasıl izlenebileceğini gösteriyor.



<https://cms.cern/news/long-lived-particles-light-lhc-run-3-data>



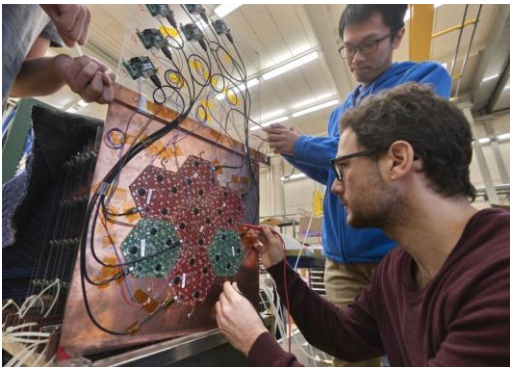


Concept: **remove complete endcap calo. system and replace with HGCAL**
CMS internal nomenclature: Calorimeter Endcap (CE), divided into CE-E and CE-H

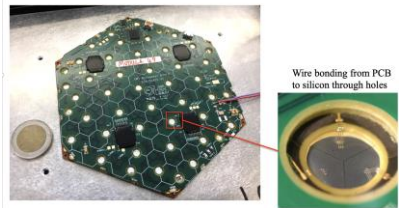
CERN EP Seminar, April 2018

14

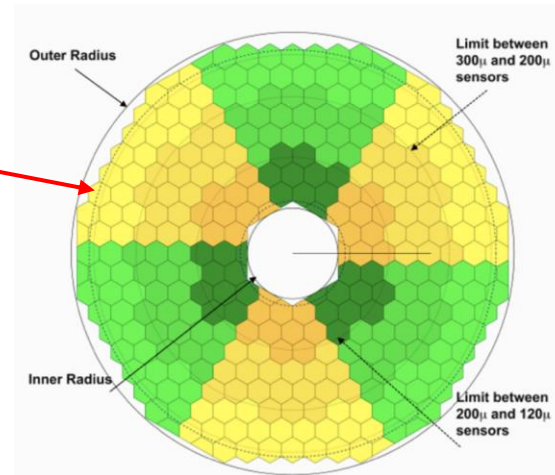
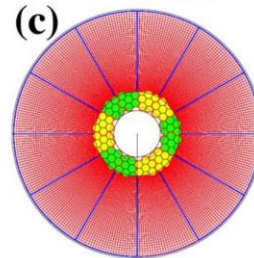
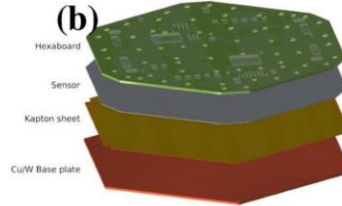
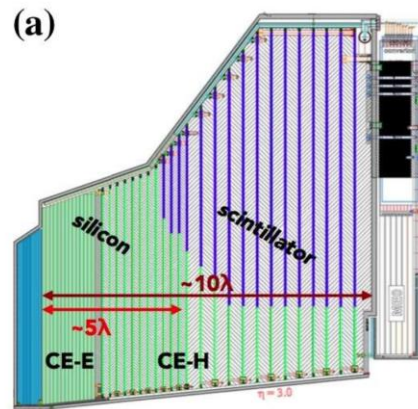
D. Barney (CERN)



Silicon sensor glued to baseplate and PCB containing front-end electronics



Wire bonding from PCB to silicon through holes



a) HGCAL düzeninin dörtte birinin r-z görünümünde taslağı.

b) CE-E(Calorimeter Endcap-Electromagnetic) silikon modülünün istiflenmiş katmanları.

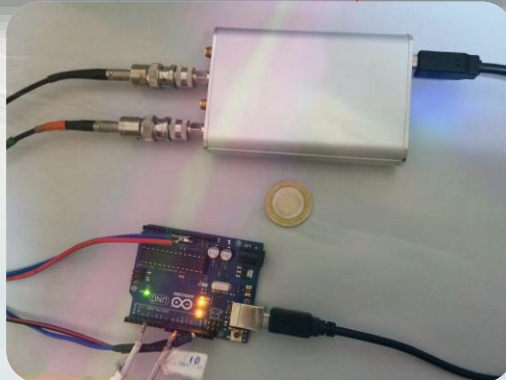
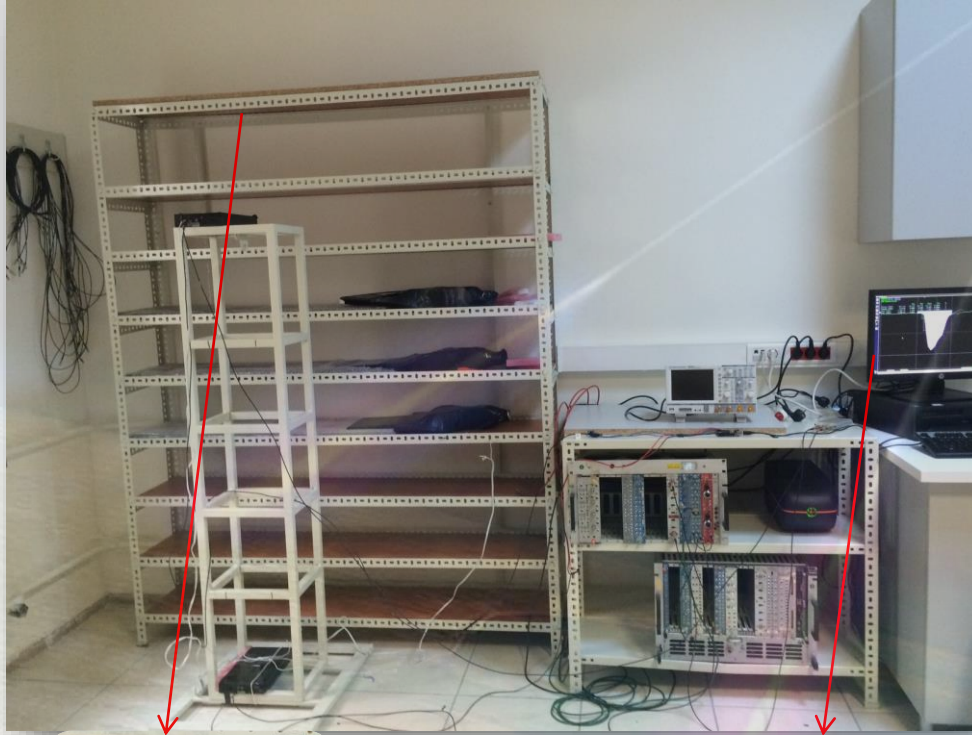
c) CE-H'nin(Calorimeter Endcap-Hadronic) katmanındaki silikon (iç kısım) ve sintilatör karo (dış kısım) modülleri



KOZMİK IŞIN DEDEKTÖR KURULUMU

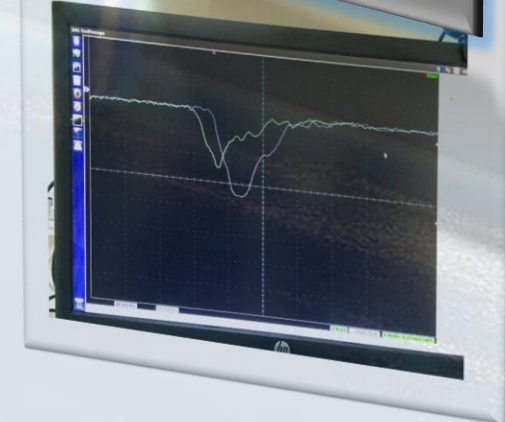
- Parıltıcılar (Sintilatör)
- Işık ölçen Fotoçoğaltıcılar ve fotosensörler
- Fotoçoğaltıcılar için gerekli olacak Güç Kaynağı
- Fotoçoğaltıcılar dan Elde edilen sinyali artıran ve digitize eden elektronik bileşenler.
 - Çoğaltıcılar (Amplifier)
 - Analog to Digital Converter(ADC)
 - Tetikleyici
- Bunları içine alan Okuma sistemleri (Readout system)
- Bilgisayar programları(c++, root vs.)
- Analiz
- sonuç

KOZMİK İŞİN DEDEKTÖR KURULUMU



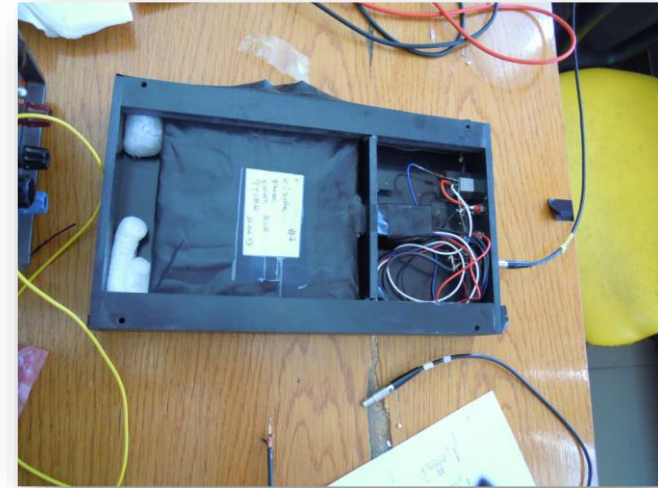
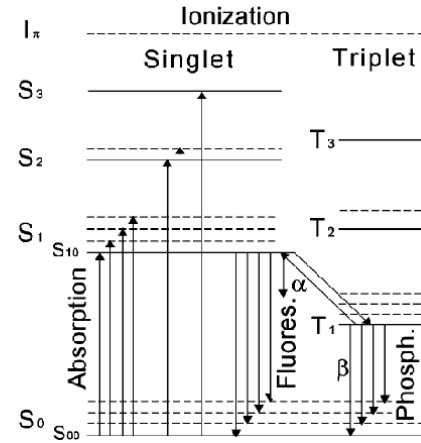
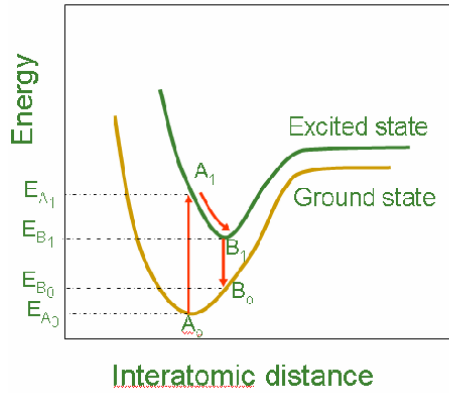
Malzemeler

1. Pariltilcilar(organik kuraray, (12x12 cm², 1.5 cm thick) Tyvek kagidi ile kaplanmis
2. Dusuk Voltaj Hamamatsu H10721 photocogaltici tupu tube.
3. 2 GS, 200 MHz 4 kanal dijital osiloskop
4. Domino Ring Sampler(DRS4)
5. Arduino
6. NIM, CAMAC, VME
7. Lemo kablolar, bnc, 50 ohm vs



SİNTİLATÖRLER(PARILTICI)

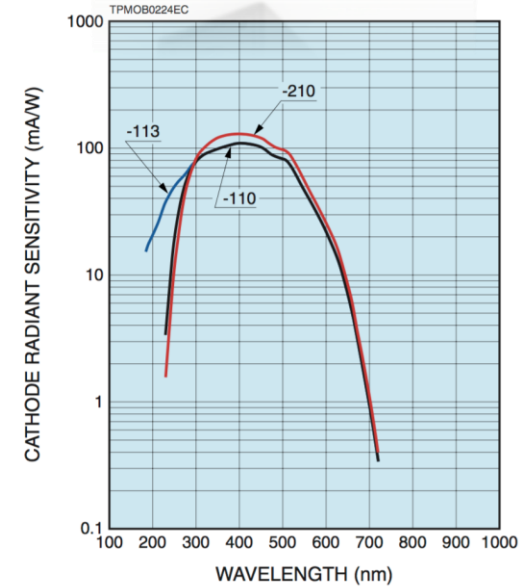
- Kuraray SCSN-61 organik (12x12x1.5 cm³)
- Doğru zaman bilgisi
- Spektrumun Mavi bölgesinde ışık oluşumu gerçekleşmektedir
- 430 nm ışık oluşumu



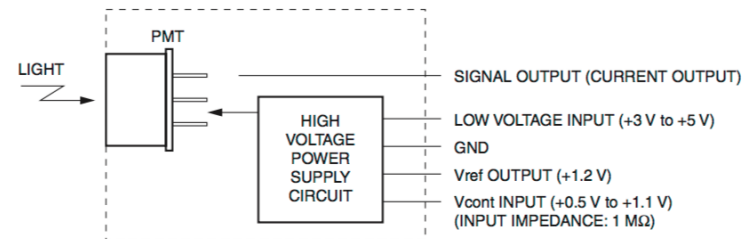
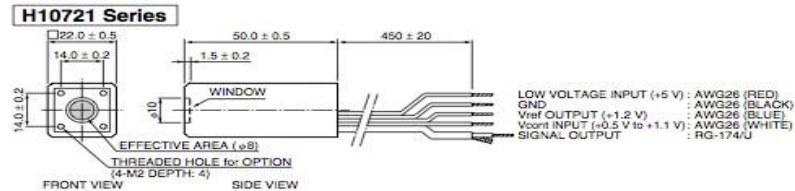
FOTOÇOĞALTICI TÜP

Hamamatsu H10721-110 düşük voltajlı Fotosensör

- Düşük Voltaj (çalışma aralığı +2.8 den +5.5 V(max))
- Yüksek Kazanç (high Gain, 2.0×10^6)
- Geniş dinamik alanı (wide dynamic range)
 - Dalga boyu aralığı 230 nm(Kısa)-700 nm (uzun)
 - Doruk dalga boyu 400 nm
- Yüksek-hız tepkisi
- Foto Katod: Süper bialkali (Yüksek hassasiyet)
- Cam pencere: Borosilikat cam



Type No.	Spectral response	Photocathode	Window material
H10721-110 / H10721P-110	230 nm to 700 nm	Super bialkali	Borosilicate glass



TPM00281EA

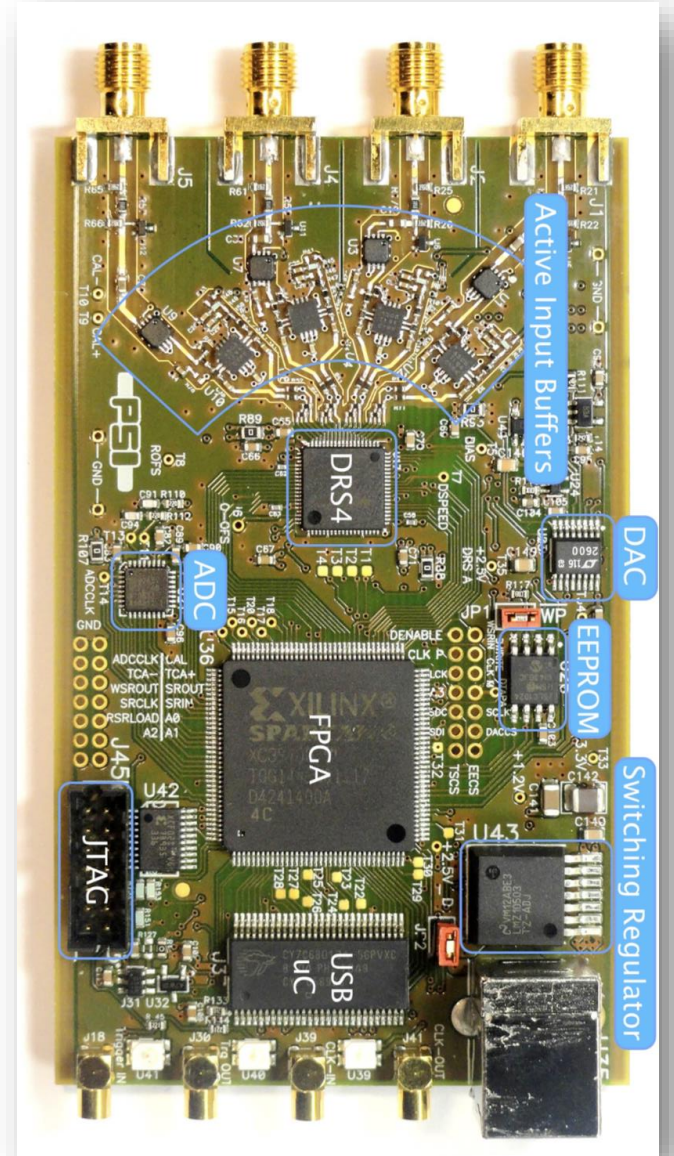
DRS4 OKUMA ELEKTRONİĞİ(READOUT)

- The Domino Ring Sampler chip version 4 (DRS4)
- Örnekleme hızı 5 GSPS
- 8 kanalı digitize edebilen anahtarlama kapasitör dizisine sahip
- İsviçre'deki Paul Scherrer Enstitüsünden Stefan Ritt ve Roberto Dinapoli tarafından geliştirilmiştir

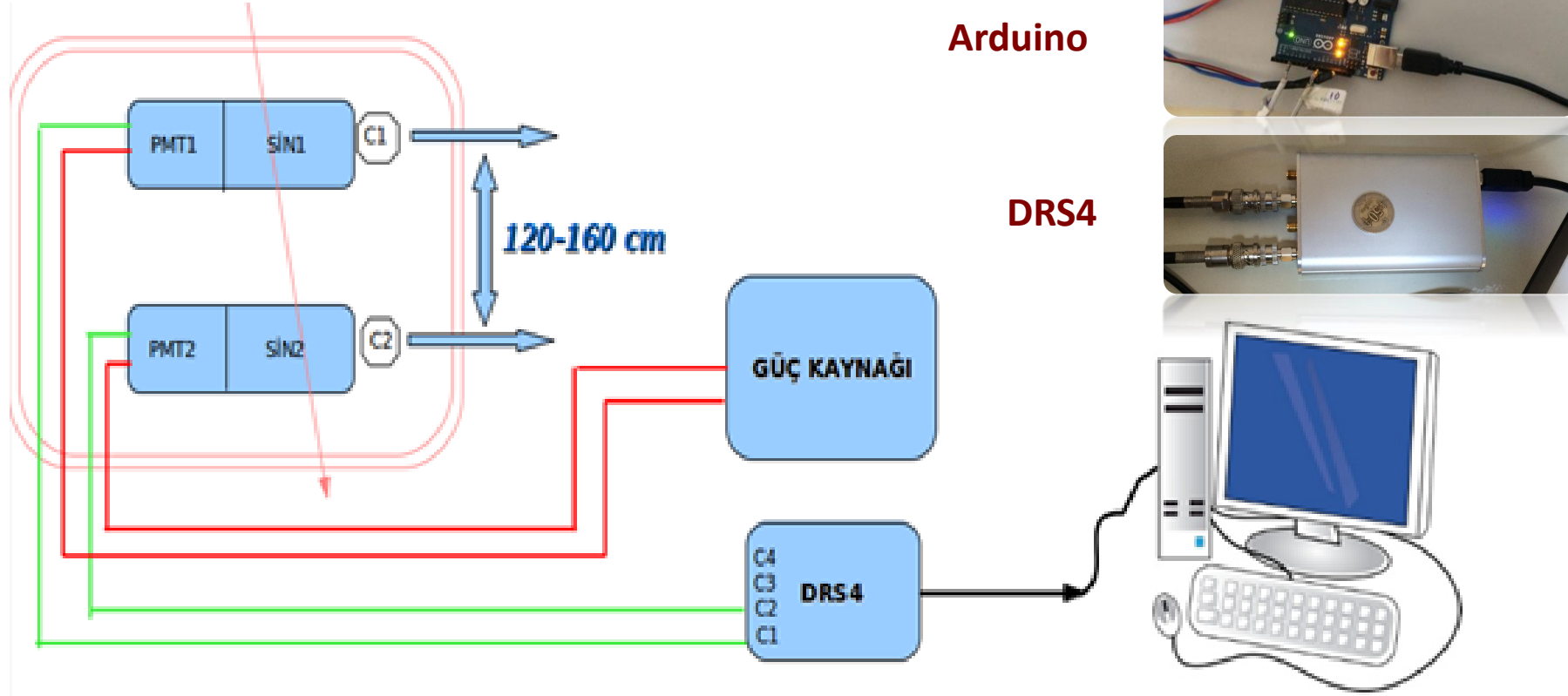


DRS4 OKUMA ELEKTRONİĞİ

- **DRS4 Yongasının özellikleri:**
- DRS4, 14-bit lik ADC(AD9245) ve FPGA (Xilinx® Spartan 3) yongaları ile okuma sağlamaktadır.
- Çalışma voltajı:+5 V, tahtaya adapte edilmiş micro controller (Cypress® CY2C68013A) ile USB portundan gücünü almaktadır. Veri akışı 20 MB/s
- 50 Ω terminated TTL compatible input is implemented (LEMO 00 connector) for trigger purposes.
- SMA girişli 4 Kanala sahip
- Her bir kanal kendi içinde tetikleme yapmak için yonga üzeri programlanabilen seviyede discriminator'ler kullanılmış
- 1 Mbit lik EEPROM, tahtanın seri numarası ve kalibrasyon bilgilerini saklamak için kullanılmış
- JTAG adaptörü FPGA yongasının firmware'ini yenilemek için kullanılmış



DENEY DÜZENLEĞİ



Mehtap Atakanın Yüksek Lisans Tezinden (Kafkas Univ. Kütüphanesi)



DRS4 İLE VERİLERİN GÖRÜNTÜLENMESİ

Parıltıcılar(Scintillators)



The image displays the experimental setup and the DRS4 software interface. On the left, a white metal rack holds two electronic modules, with red boxes highlighting them. The central part is a computer monitor displaying the DRS4 software interface. The top window shows a 'Time of Flight' histogram with a red fit curve. The bottom window shows an oscilloscope view with two waveforms and a table of statistics. An orange arrow points from the text below to the oscilloscope window.

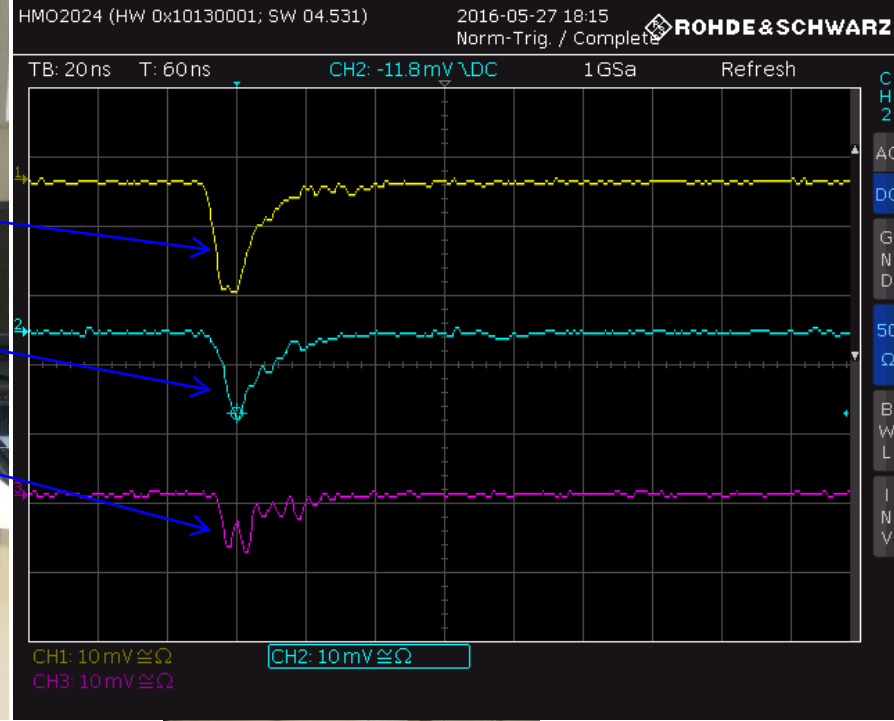
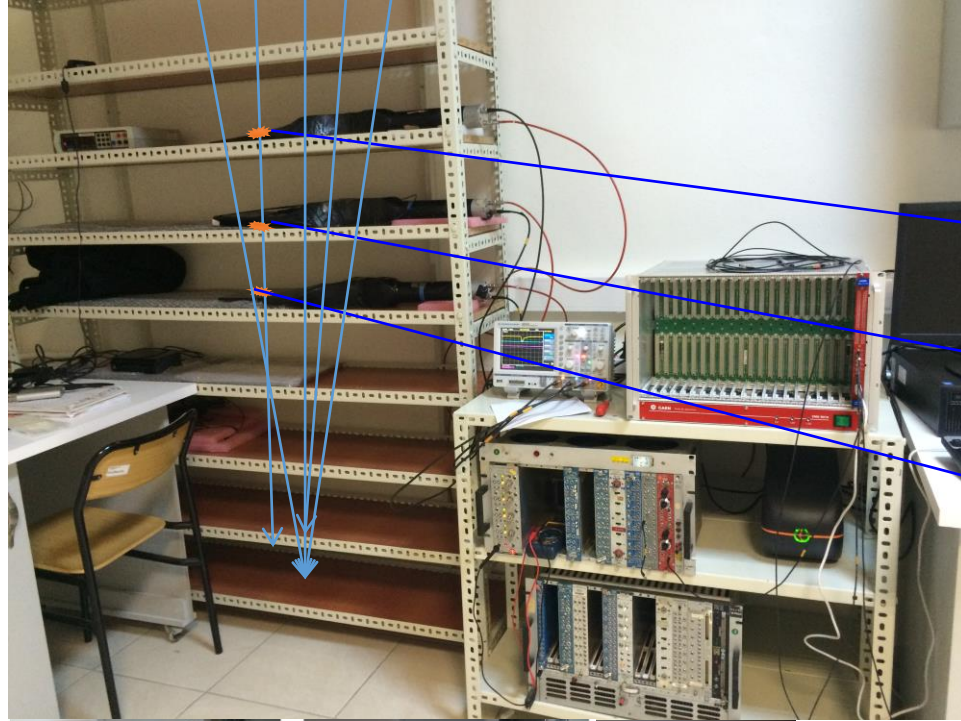
PK-Pk. [CH2]:	4.4 mV	Min	3.000	Max	934.500	Mean	20.708	Std	26.6814	N	50000
PK-Pk. [CH4]:	45.6 mV	Min	3.200	Max	520.100	Mean	37.716	Std	34.7434	N	50000

Min	Max	Mean	Std	N
23.379	122.612	48.594	17.7332	16288
23.379	122.612	48.728	18.9444	32329

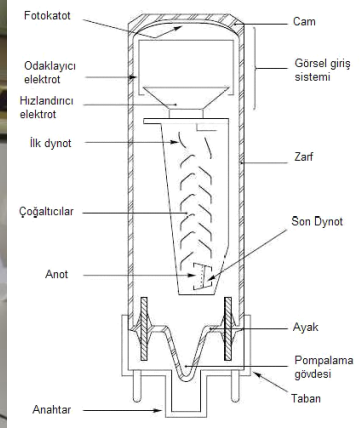
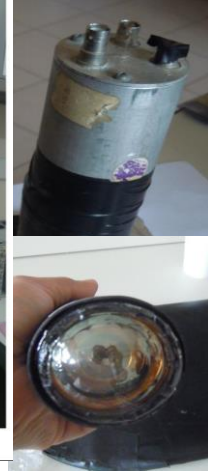
Verileri görüntülemek ve kaydetmek için kullanılan DRS4'ün Arayüzü

KOZMİK İŞİN ÖLÇÜMÜ (ALTERNATİF SETUP)

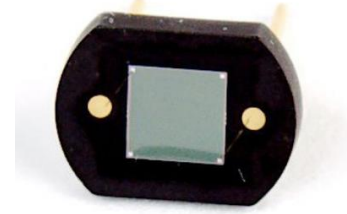
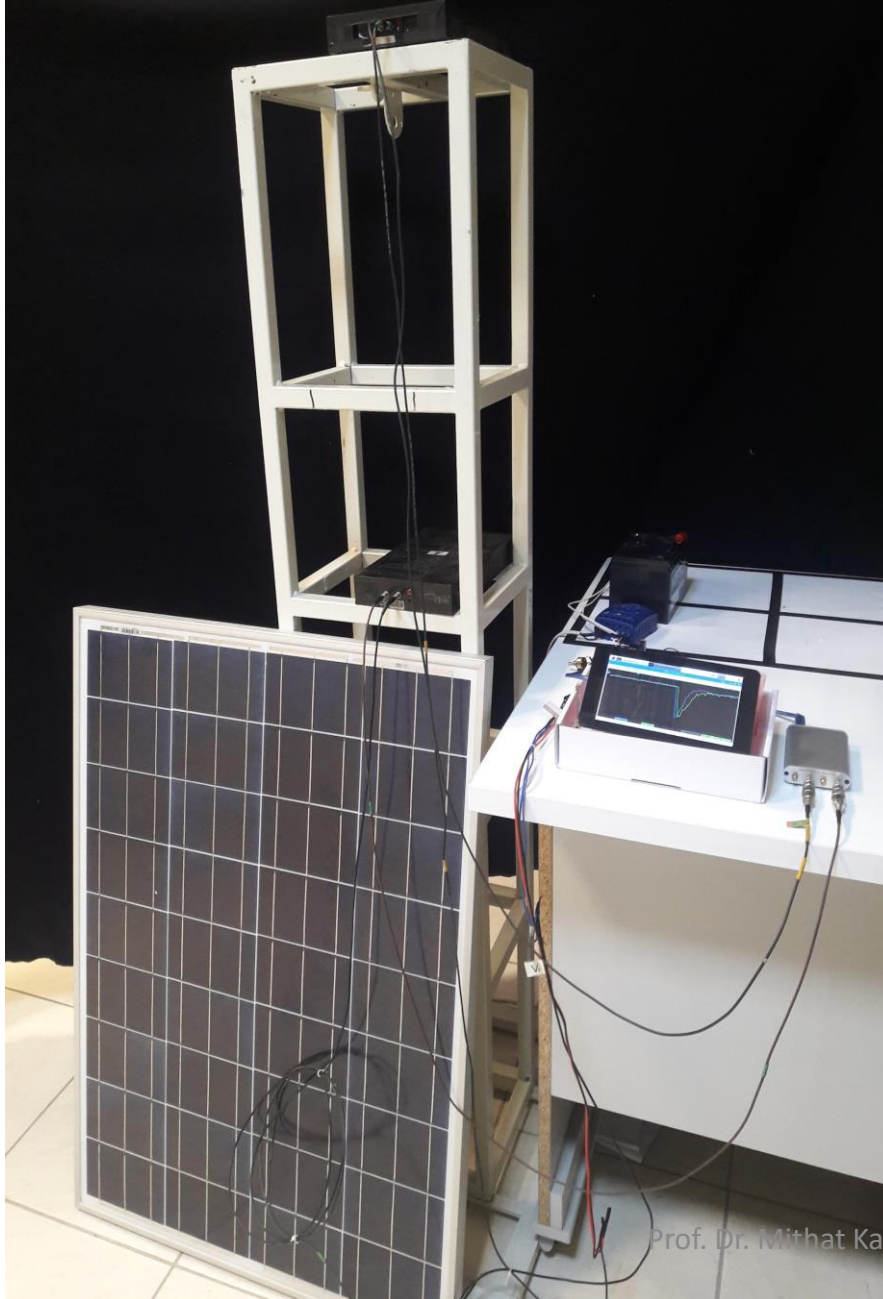
Bu düzenekte Yüksek voltaj PMT ler kullanıldı, Uygulanan Voltajlar, 1400-1700 V aralığında



Güç Kaynağı



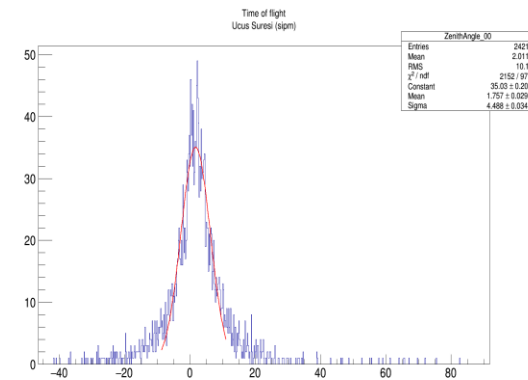
KOZMİK İŞIN ÖLÇÜMÜ(Silikon Sensors-Prototip)

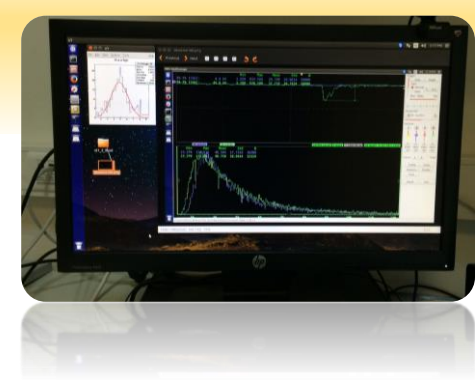


Sensl SiPM microSM-30035-X13



Raspberry Pi bilgisayar

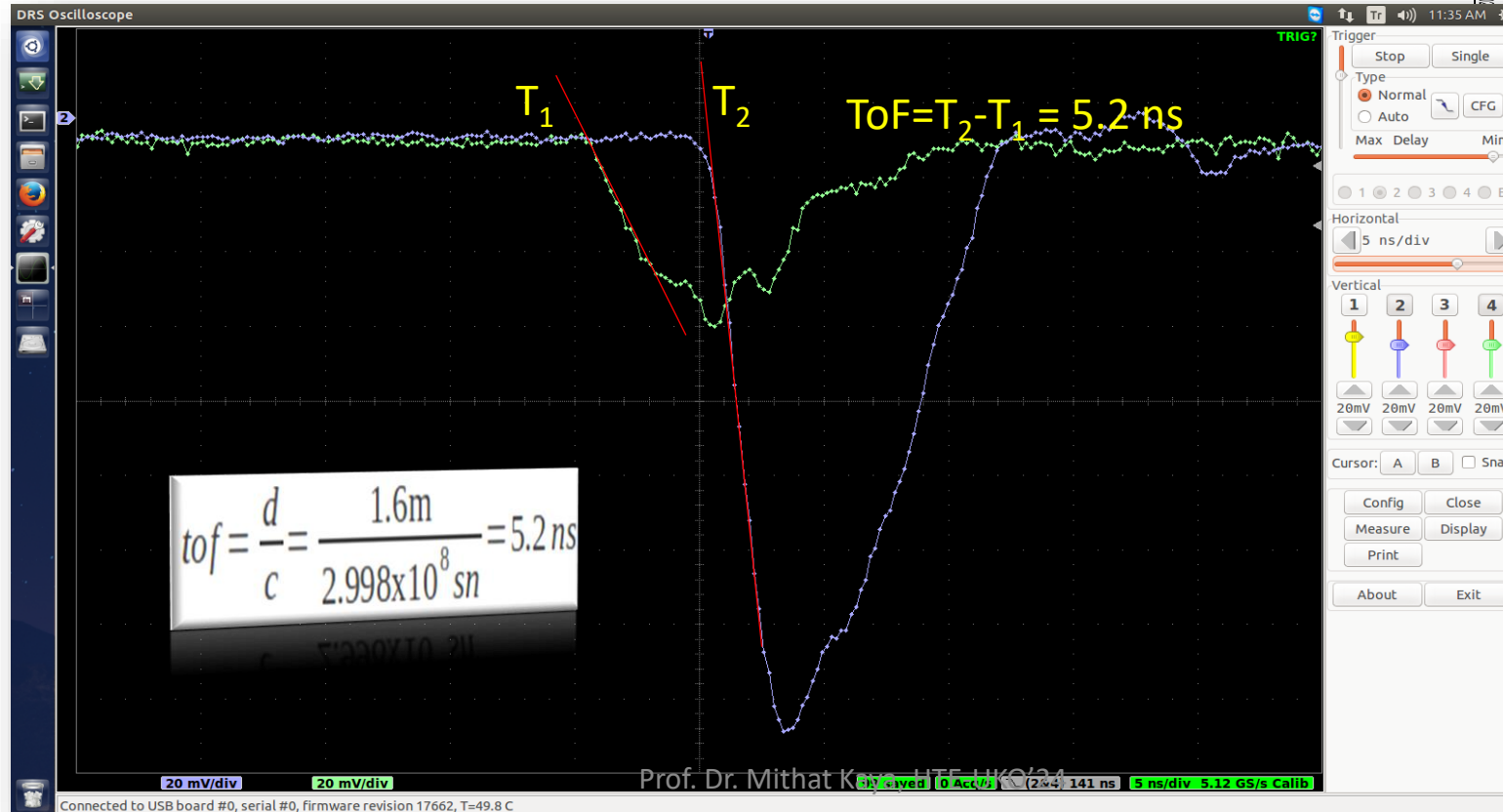
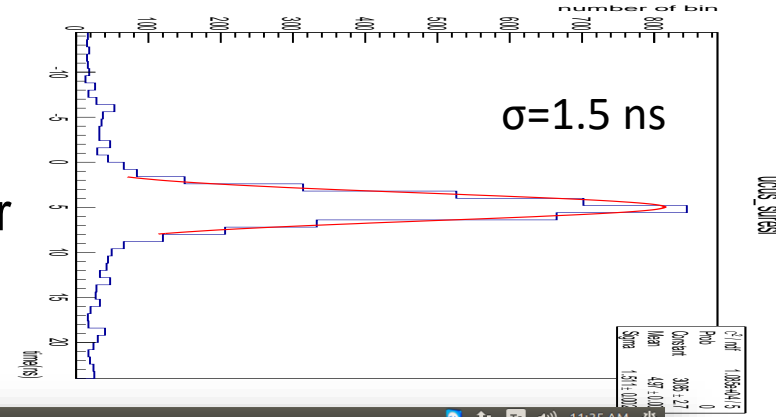




- Kozmik ışınların oluşturduğu fotonlar Fotosensörler ile akıma çevrilerek DRS4'a gönderilir.
- Sinyaller DRS4 de işlendikten sonra bilgisayara gönderilerek txt veya binary dosyası olarak kaydedilmesi sağlanır.
- Bu dosyalar; Tarih, Zaman (ns) ve Voltaj (mV) bilgileri içerir.
- Elektronik gürültüden kurtulmak için Zero suppression dediğimiz metod uygulanır yani belirli bir voltajın üzerindeki veriler kaydedilir.
- Her iki kanaldan (parıltıcıdan) alınan veriler kullanılarak zaman farkına bakılır. Yani kozmik ışınların Uçuş süresi (Time of Flight-ToF) hesaplanır.
- Uçuş süresinin ortalama değeri bulunarak (160 cm aralık için yaklaşık 5.2 ns) 2σ (% 95) lık bir sınırlama ile Kozmik ışın Akısı Hesaplanır.

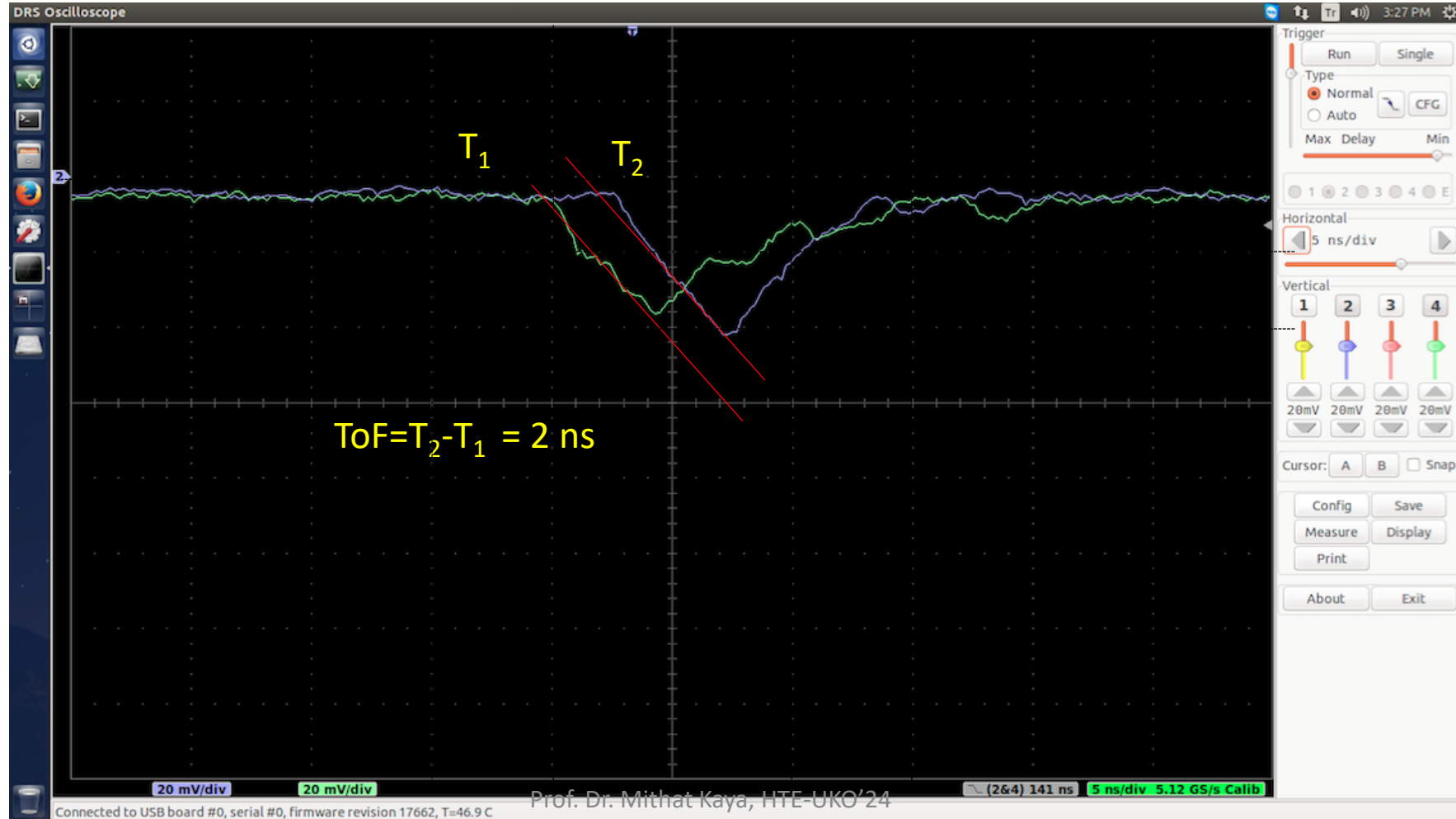
UÇUŞ SÜRESİ ÖLÇÜMÜ (TOF) 160 cm İÇİN

- Parıltıcılar arasındaki mesafe 160 cm
- Eşik Voltaj = 10 mV
- Her bir sinyal için 5 nokta alınarak linear fit uygulanır ve sinyalin zaman başlangıç noktası T_1 ve T_2 olarak alınır.



UÇUŞ SÜRESİ ÖLÇÜMÜ (TOF) 60 cm İÇİN

- İki Parıltıcı arasındaki mesafe 60 cm
- Eşik Voltajı = 10 mV
- Uçuş süresi ≈ 2 ns



1760 m'de Akı Ölçümü

Kozmik Akı tanımı $\phi = \frac{N d^2}{S^2 \Delta t}$

Parıltıcılar arasındaki uzaklık $d=160$ cm,

Toplam zaman $\Delta t= 2246400$ sn,

Olay Sayısı $N=17334$

Parıltıcıların yüzey alanı $S=12 \times 12$ cm² = 144 cm²

$$\phi = \frac{17334 \times 160^2}{144^2 \times 2246400} = 0.0095 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$

$$\text{Hata} = \frac{d^2 \sqrt{N}}{S^2 \Delta t} = \frac{160^2 \times \sqrt{17334}}{144^2 \times 2246400} = 7.2 \times 10^{-5}$$

$$\phi = 0.0095 \pm 7.2 \times 10^{-5} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$

$$\phi = (95 \pm 0.72) \times 10^{-4} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$

Deniz Seviyesinde Akı Ölçümü

Parıltıcılar arasındaki uzaklık $d=114$ cm

Toplam zaman $\Delta t=147883$ sn

Olay Sayısı $N = 1352$

Parıltıcılar yüzey Alanı $S=11 \times 11$ cm = 121 cm²

$$\phi = \frac{1352 \times 114^2}{121^2 \times 147883} = 0.008 \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$

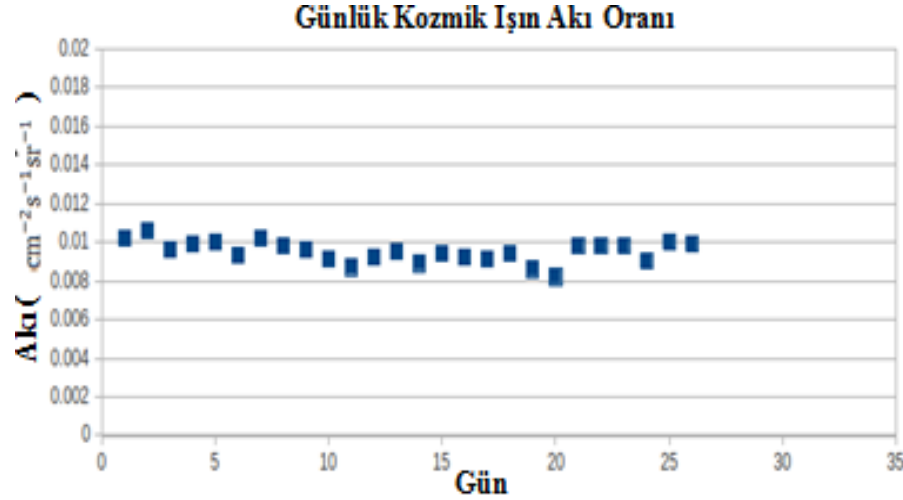
$$\text{Hata} = \frac{d^2 \sqrt{N}}{S^2 \Delta t} = \frac{114^2 \times \sqrt{1352}}{121^2 \times 147883} = 2.2 \times 10^{-4}$$

$$\phi = 0.008 \pm 2.2 \times 10^{-4} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$

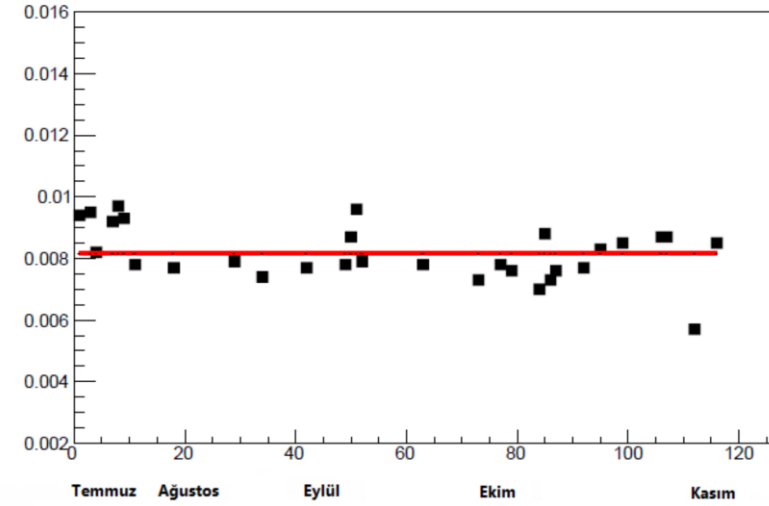
$$\phi = (80 \pm 2.2) \times 10^{-4} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1} \text{ sr}^{-1}$$

ZAMANA BAĞLI AKI ÖLÇÜMÜ

1760 m'de(Kars) Günlük Akı Oranı

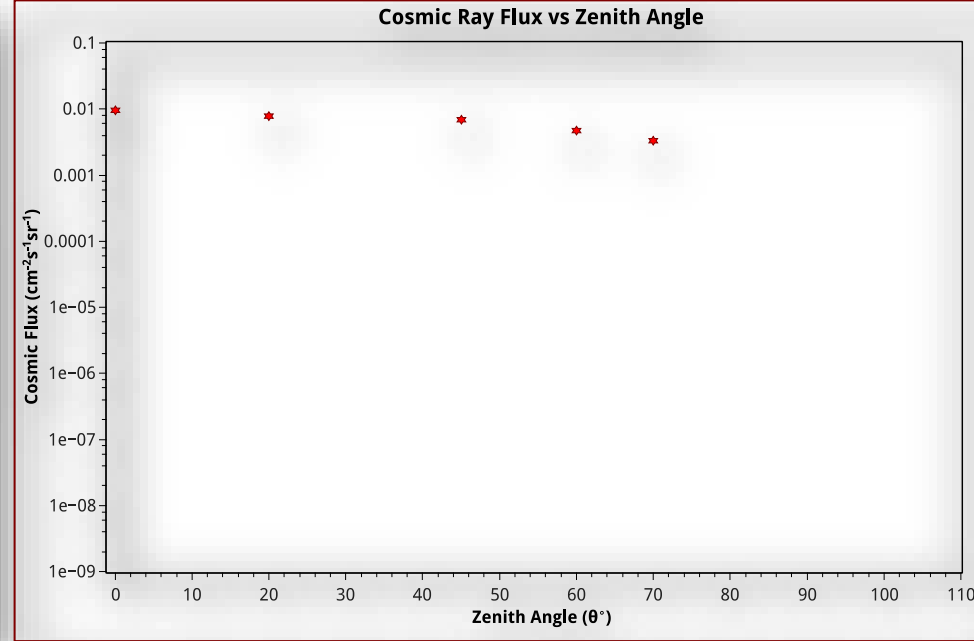
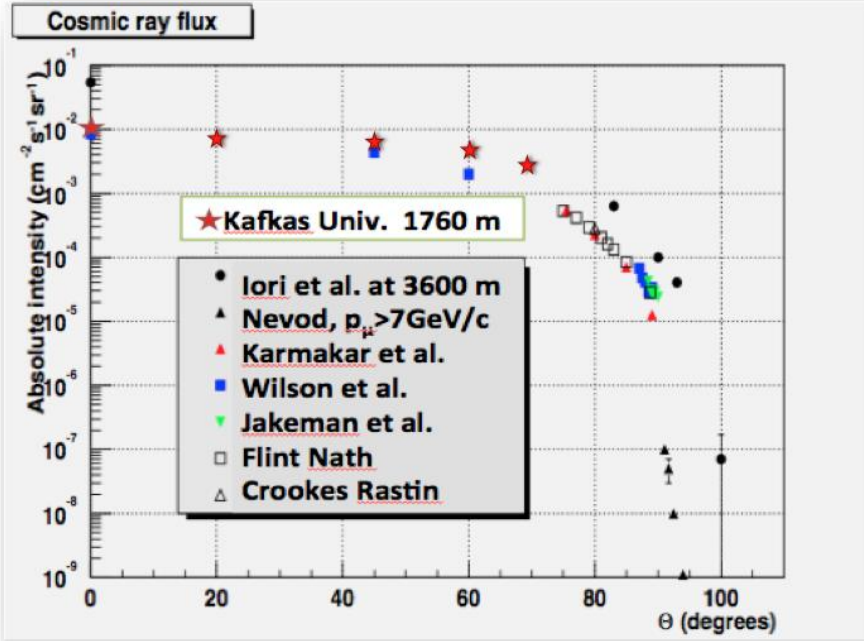


0 m'de(İstanbul) Aylık Akı Oranı



Yükseklik (metre)	1760	Deniz Seviyesi
Parıltıcılar arasındaki uzaklık (cm)	160	114
Toplam zaman, Δt (sn)	2246400	147883
Parıltıcı yüzey alanı(cm^2)	144	121
Kozmik Akı ($\text{cm}^{-2} \text{s}^{-1} \text{sr}^{-1}$)	0.0095	0.008

AÇISAL DAĞILIM

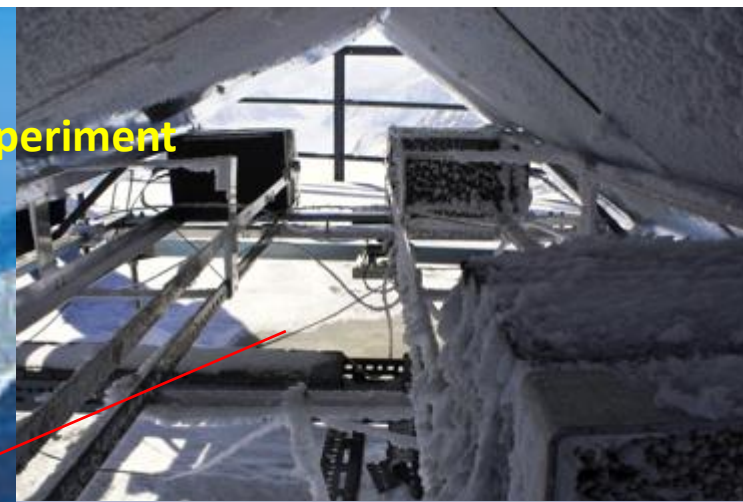
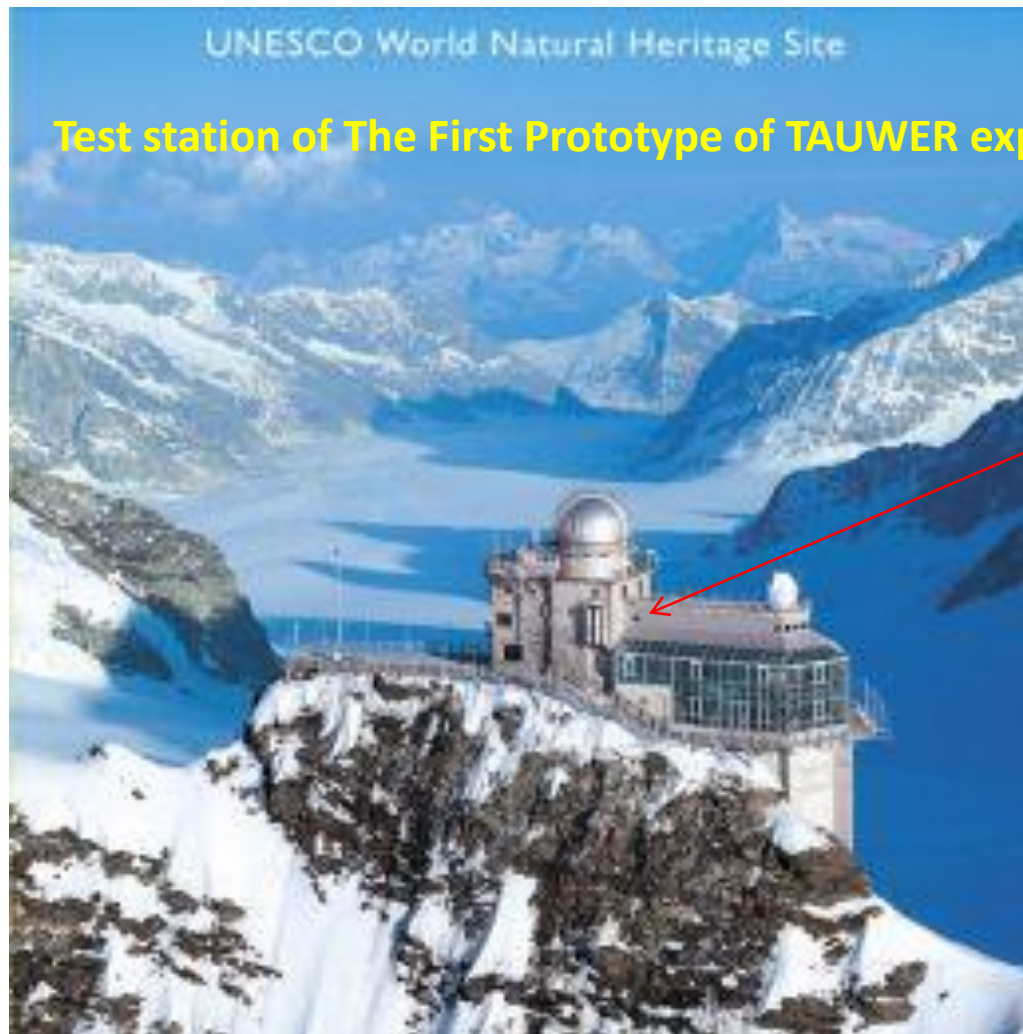


- $\Theta = 0, 20, 45, 60, 70$
- Kozmik ışın Akısı Doruk açısıyla değişim göstermektedir.
- Yüksek Doruk Noktasında Kozmik Akı oranının düşük olduğu görülmektedir.

Tauwer at the Karlsruhe Institute of Technology (KIT)



Installing a Prototype at the KIT

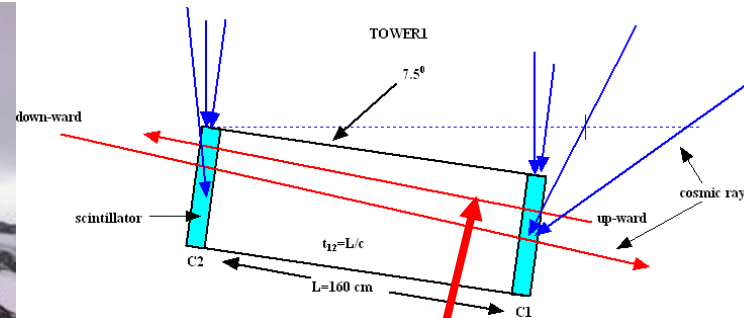


<http://www.ifjungo.ch/gallery/pictures/archive/0909.html>

Frame installation of the first TAUWER project prototype on the Sphinx terrace by the Physics Dept. of the University of Rome “La Sapienza”, together with colleagues from the universities of Bolu and Kafkas Turkey. Data taking of large angle cosmic rays is expected to start in October.

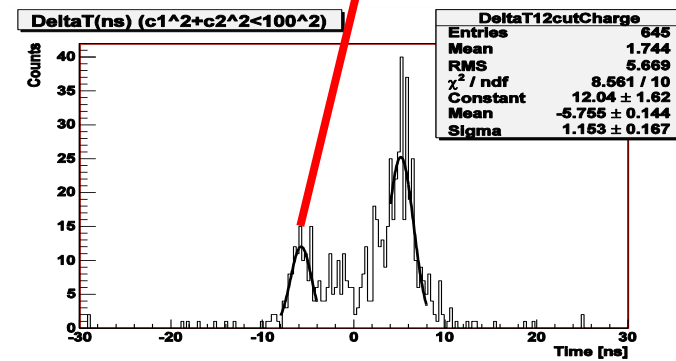
Jungfrauoch İstasyonu (3600 m) İsviçre

İsviçrenin Jungfrauoch istasyonunda (3600 m) yapılan testler ve data alımı (2005-2006)

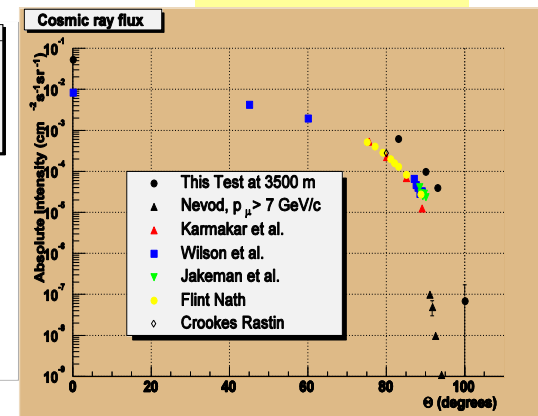


Up-going tracks

Field of view



Time of flight



1. Kozmik Müon için Uçuş süresi ve akı ölçümleri yapılır
2. Bu ölçümlerde sintilatörler ve Fotoçoğaltıcılar ile okunur
3. Belirli bir zaman periyodu içerisinde alınan datalar değerlendirilerek zamana bağımlılığı gözlenir,
4. Kozmik müon ölçümleri farklı yüksekliklerde ölçülerek yüksekliye bağılılığı izlenir
5. Veriler analiz edilerek sonuçlar çıkartılır
6. Elektron ve müon ayrımı için montecarlo çalışması gerçekleştirilir
7. Ölçülen değerler Literatür ile uyumuna bakılır

Beni Dinlediğiniz için

Teşekkür Ederim