

# Proton Demeti Tanı Yöntemleri (Doğrusal Hızlandırıcılarda)

Veli YILDIZ  
5 Şubat 2015  
HPFBU

# İçerik

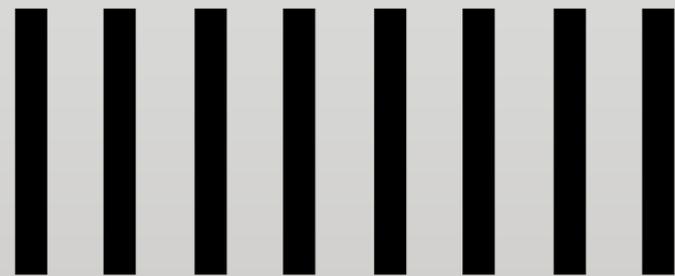
- Neden tanı yöntemlerine ihtiyacımız var?
- Hızlandırıcının çalışması sırasında kullanılan tanı yöntemleri,
- Hızlandırıcının işleme sokulması (commissioning) sırasında kullanılan tanı yöntemleri,
- Demet Akımının Ölçülmesi
  - Faraday Fincanı
  - BCT
- Demet merkezinin ölçülmesi
- Demetin Enine Kesitinin Ölçülmesi
  - İkincil elektron yayım ızgarası (Secondary electron emission grid)
  - Telli tarayıcı (wire scanner)
- Dikine yayılım (emittance) ölçümü
  - Doğrudan ölçüm
    - Yarık-ızgara yöntemi
  - Dolaylı ölçüm
    - 4-kutuplu taraması (demet akımı yoksayılr)
    - 3 ekran yöntemi (demet akımı yok sayılır)

# İçerik

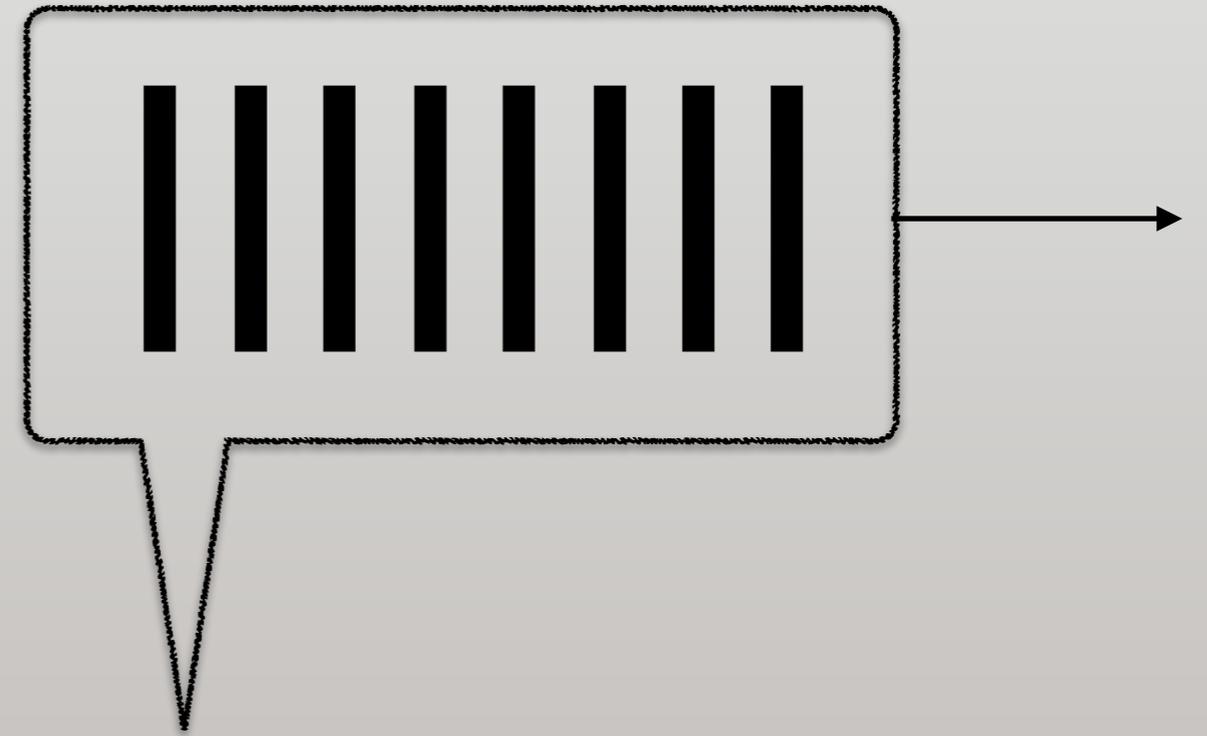
- Boyuna bohça yapısının ölçülmesi
  - Bohça şekil ekranı (bunch shape monitor: BSM)
- Demetin ortalama kinetik enerjisinin ölçülmesi
  - Uçuş zamanı (time of flight)
  - İki kutuplu mıknatıs + profil ekranı
- Ölçüm aletlerini başka amaçlar için kullanmak
  - Yarık + BCT (Faraday fincanı) —> dikine profil ekranı
  - BSM—>Telli tarayıcı
  - DTL+BCT —> BSM

# Demetin zaman yapısı

- Atmalı
  - Bohçalı
  - Bohçasız
- Sürekli
  - Bohçalı
  - bohçasız



Bohça



Atma

# Neden ölçmeliyiz?

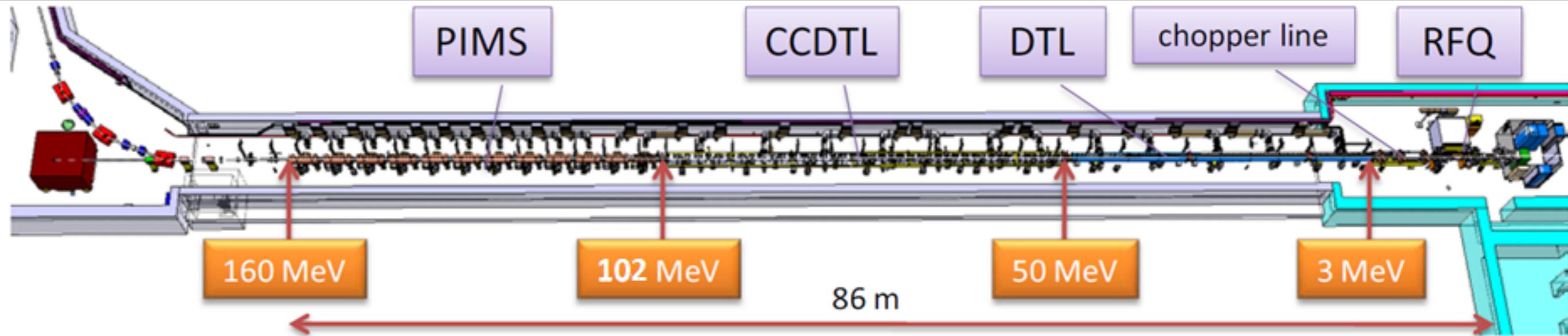
- Hızlandırıcının çalışması sırasında demeti kontrol etmek için.
  - Neyi hızlandırdığını göremezsen nasıl hızlandıracağını da bilemezsin!!!
- Hızlandırıcının işleme sokulması sırasında demeti ve hızlandırıcı yapılarını test etmek ve anlamak için.
  - Hızlandırıcı beklediğim gibi çalışıyor mu?
  - Hızlandırıcı üretilirken hatalar olabilir. Bu hatalar ne kadar, demeti ne kadar etkiliyor?
  - Hızlandırıcı kovuklarının rf fazlarını ve potansiyel seviyelerini ayarlamak için yapıların demeti nasıl etkilediğine bakılır.

# Tanı yöntemleri arasındaki fark.

- Hızlandırıcı çalışırken
  - Hızlandırıcıya koyduğum ölçüm aletleri az yer kaplamalı.
  - Bana hızlı bir şekilde demetin temel parametreleri hakkında bilgi verebilmeli.
- Hızlandırıcının işleme sokulması sırasında
  - Kullanılan ölçüm aletleri daha karmaşıktır.
  - Büyük olabilirler.
  - Demet ve hızlandırıcı yapıları hakkında ayrıntılı bilgiye ulaşmamızı sağlamalılar.
  - Hızlandırıcının işleme sokulması sırasında güvenilir ölçüm aletlerine sahip olmak, performansı yüksek bir hızlandırıcı kurmak için şarttır!!!

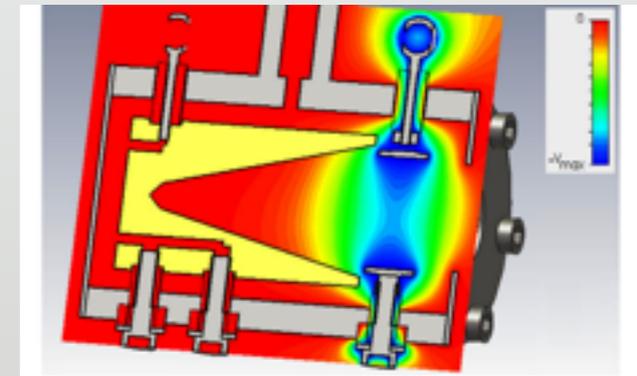
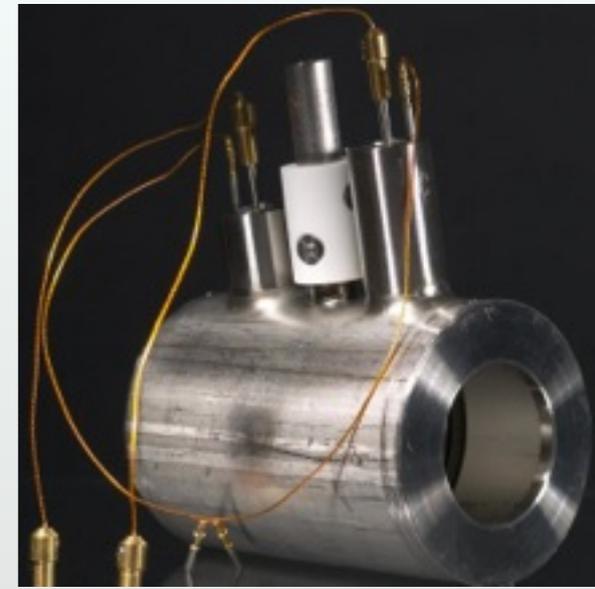
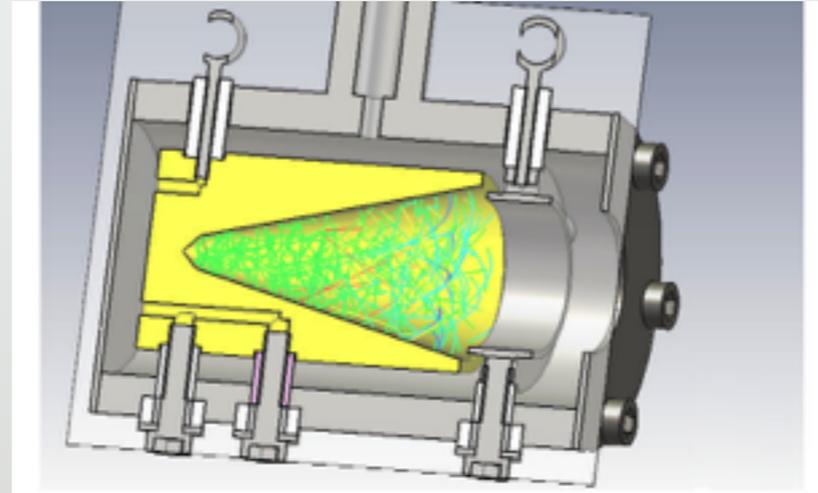
# Linac4 ün işleme sokulması

- 45keV -iyon kaynağı sonrası ve solenoid sonrası
- 3MeV - RFQ sonrası ve chopper sonrası
- 12MeV - 1. DTL tankı sonrası
- 50MeV- 3. DTL tankı sonrası
- 100MeV- CCDTL sonrası
- 160MeV- PIMS sonrası
- Hızlandırıcı adım adım inşa edilecek ve test edilecek. Sadece 160MeV de ölçüm yaparsak bir hata durumunda hatanın nereden kaynaklandığını bulmamız çok zor veya imkansız olabilir.



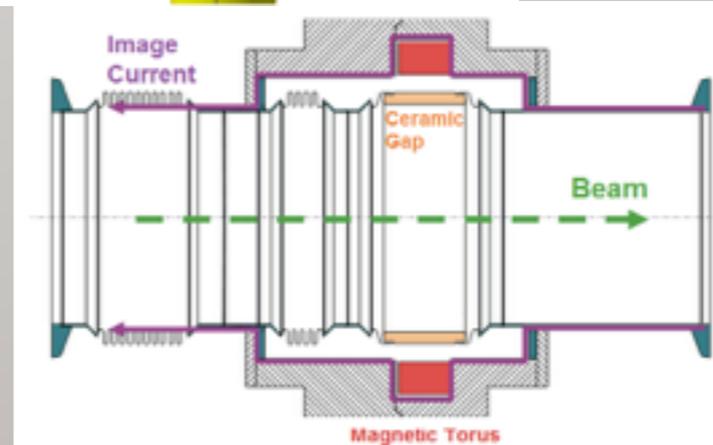
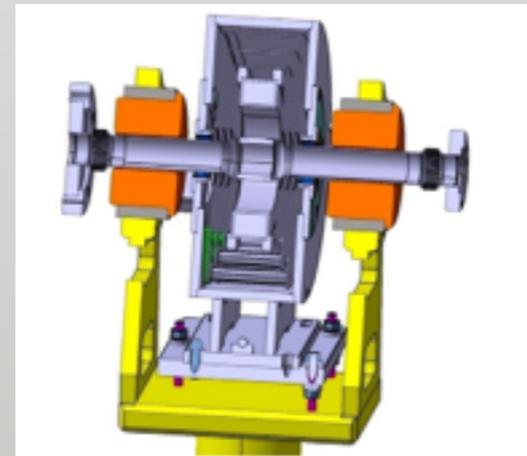
# Akım ölçümü

- Faraday Fincanı: Fincana çarpan yük miktarını sayar.



- $I = dq / dt$

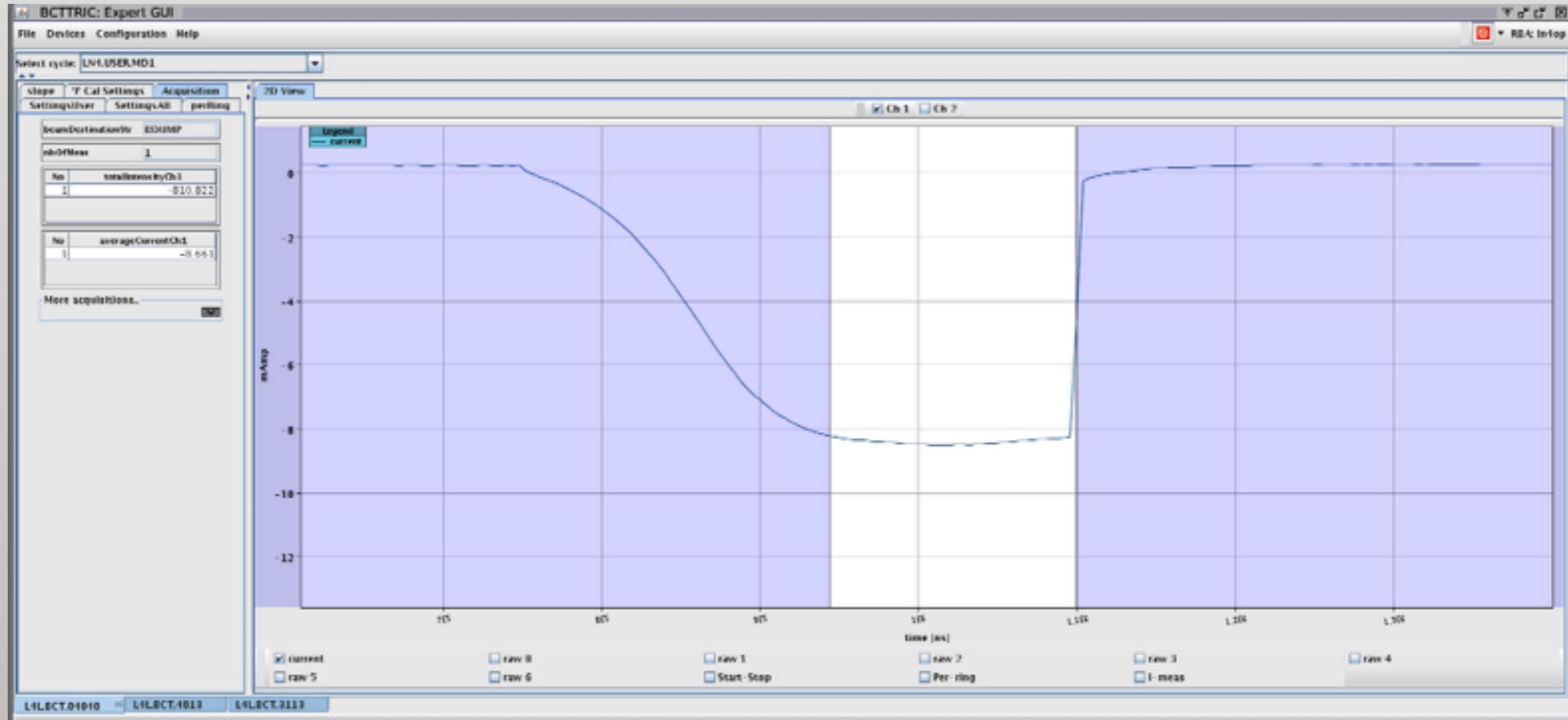
- Akım Dönüştürücü (BCT): Demetin etrafında oluşturduğu manyetik alanın değişimini ölçerek akımı hesaplar.





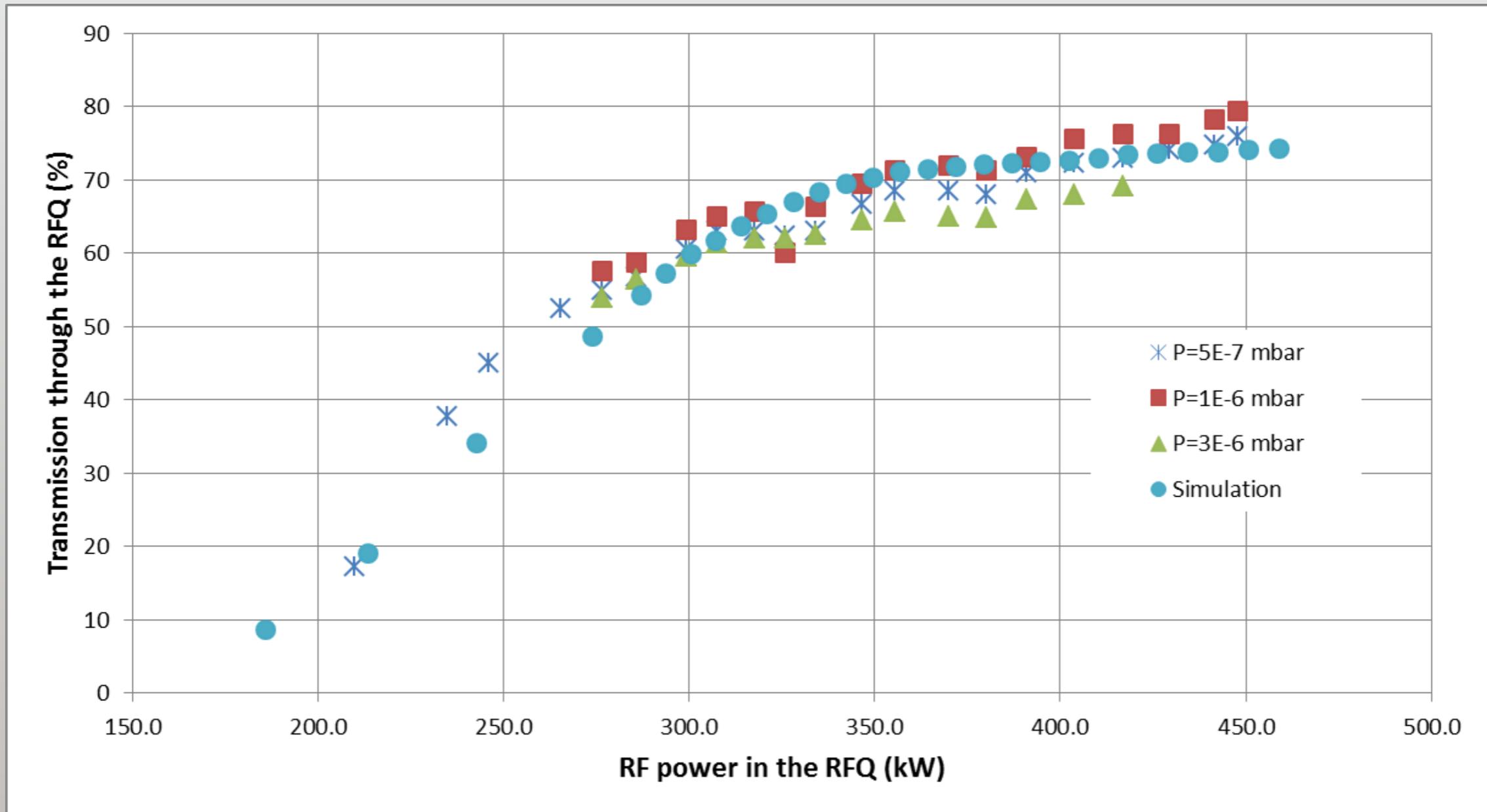
# Hangi akımı ölçüyoruz

- Demet atmalı ise ortalama akımı ve demet zirve (peak) akımı farklıdır. Ölçerken atma akımını ölçüyoruz, zaman yapısını bildiğimiz için ortalama akımı da hesaplayabiliriz.



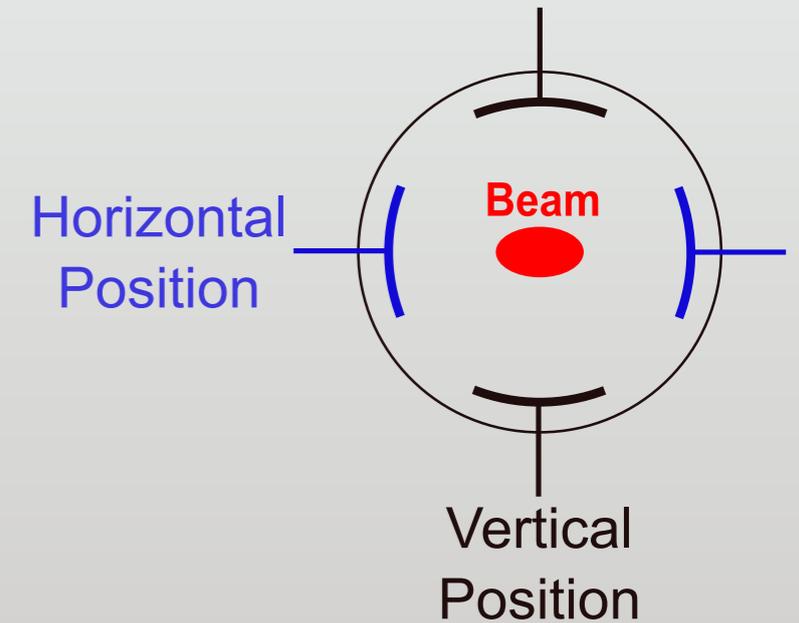
# L4 RFQ su çalıştı mı

- Demet akımı baktığımız ilk şeydi



# Demet konum ekranı

- BPM demetin yarattığı elektrik alanı ölçer. Elektrotlardan gelen sinyal farkına bakarak demetin konumunu belirler.



BCT vs BPM demet akımının karşılaştırılması

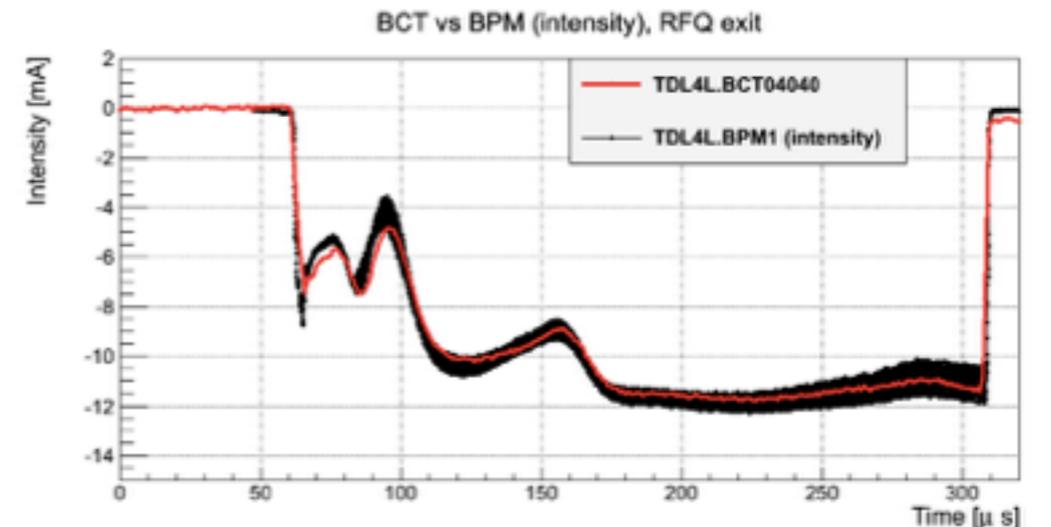
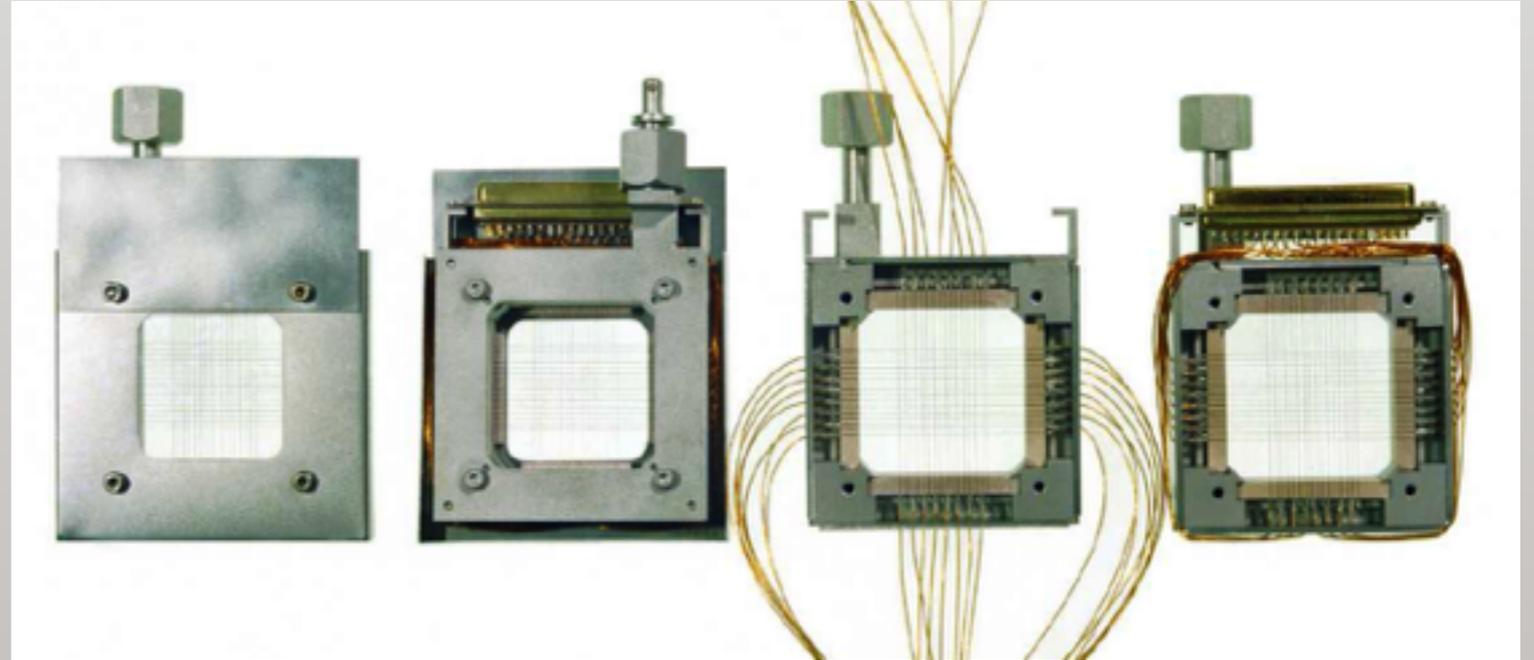
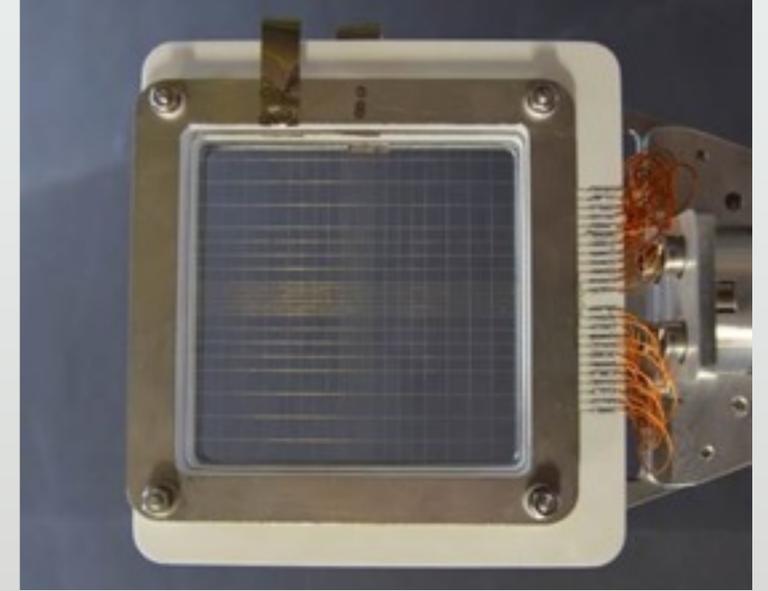


Figure 23 Comparison between beam intensity measurements on adjacent BCT and BPM installed on the diagnostics test bench.

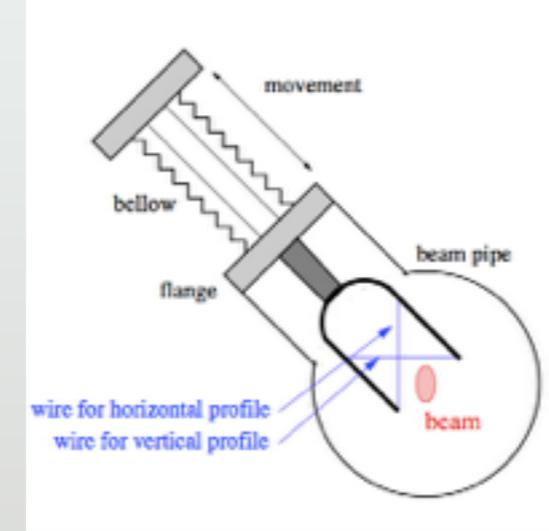
# İkincil elektron yayım ızgarası (SEM grid)

- Yeterli enerjideki birincil demet kablolara çarptıktan sonra kablodan elektron yayımı oluyor ve bir sinyal oluşuyor.
- Her kablonun bireysel elektroniği var (pahalı)

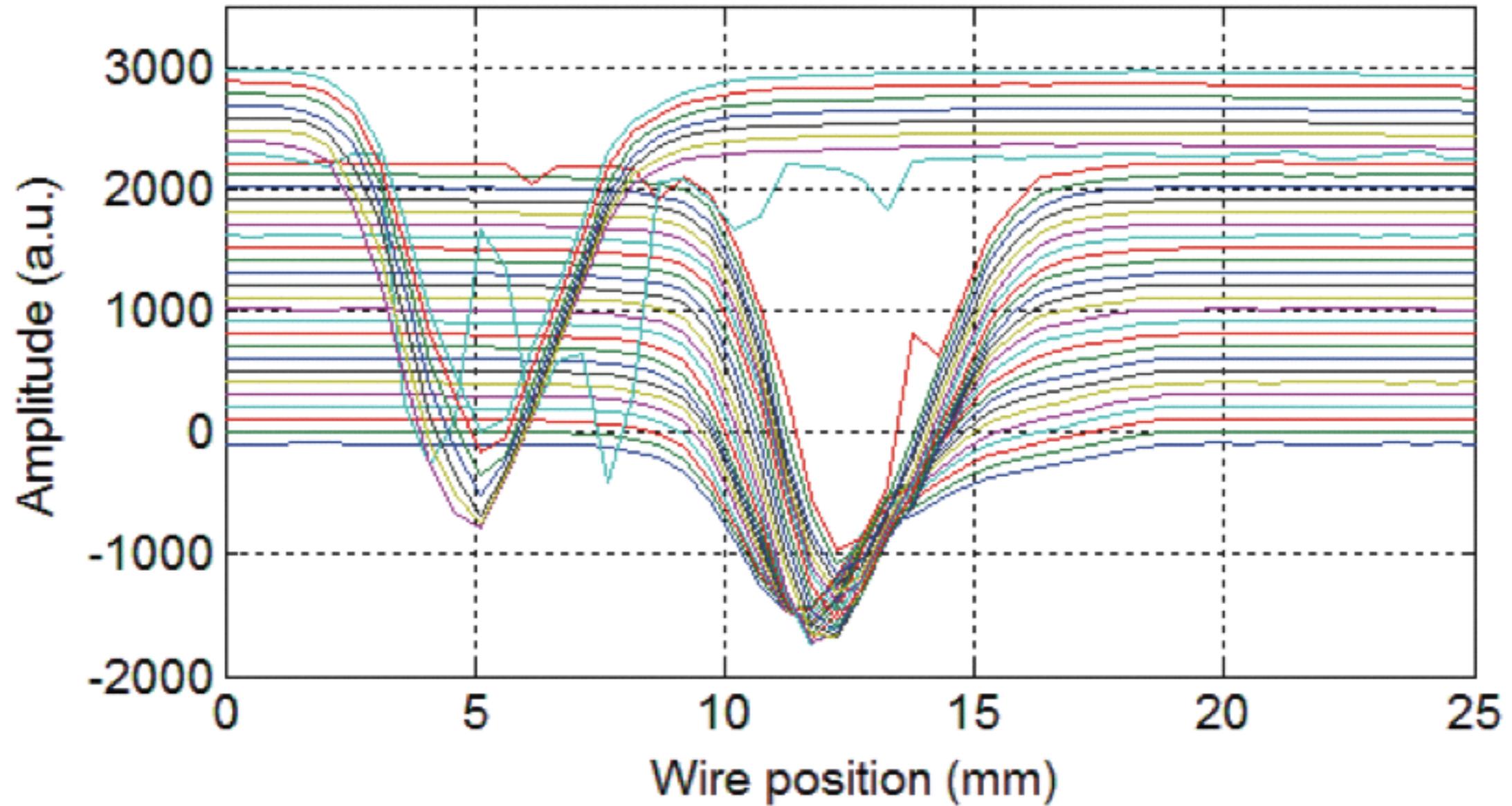


# Telli tarayıcı

- Bir teli demetin kesit alanından geçirerek dikine profili ölçebiliriz.
- Güzel yanı, sadece bir elektronik kanal var.

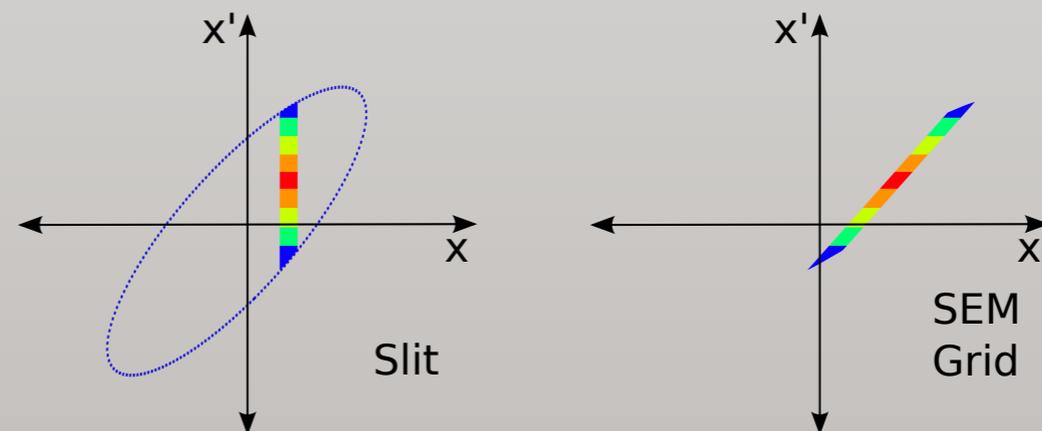
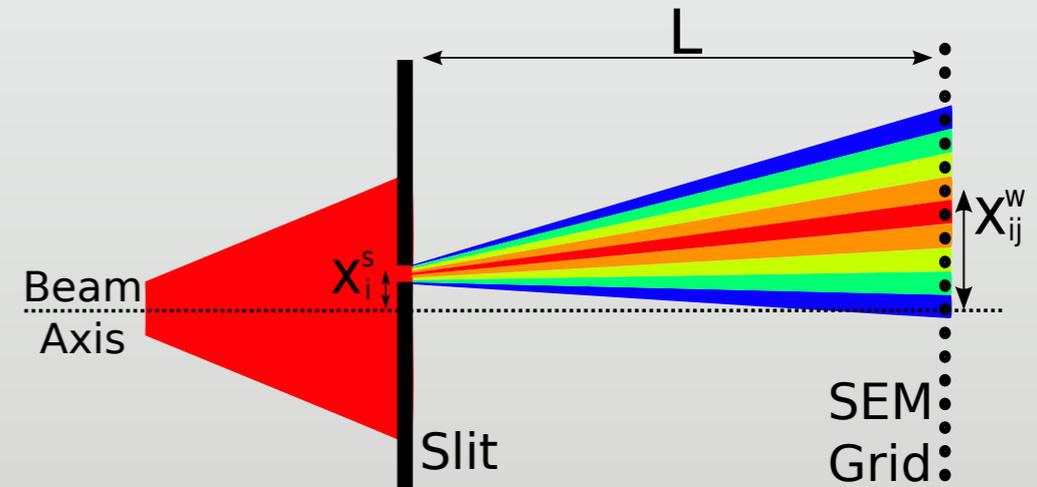


# Atma bohyunca demeti ölçebiliyoruz

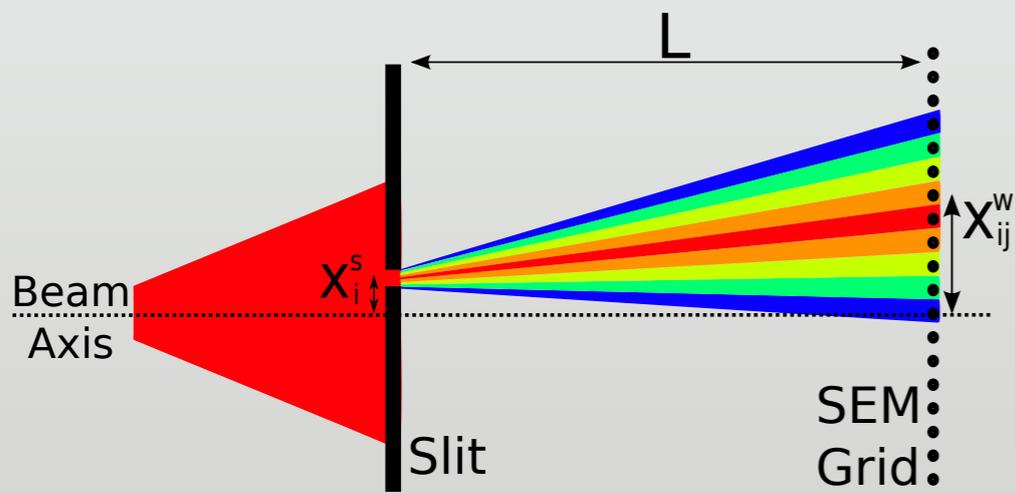


# Dikine yayılım ölçümü

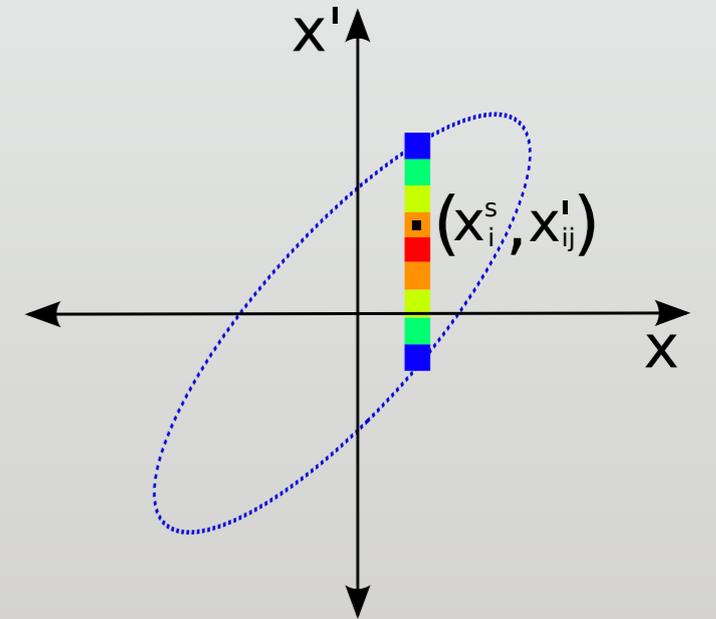
- Doğrudan ölçüm
  - Yarık-ızgara yöntemi
- Faz uzayından bir parça seçiyoruz (yarık ile) ve ölçüyoruz.
- Yarık pozisyonunda açı dağılımını ızgarada konum dağılımına dönüştürüyor.



# Analizi



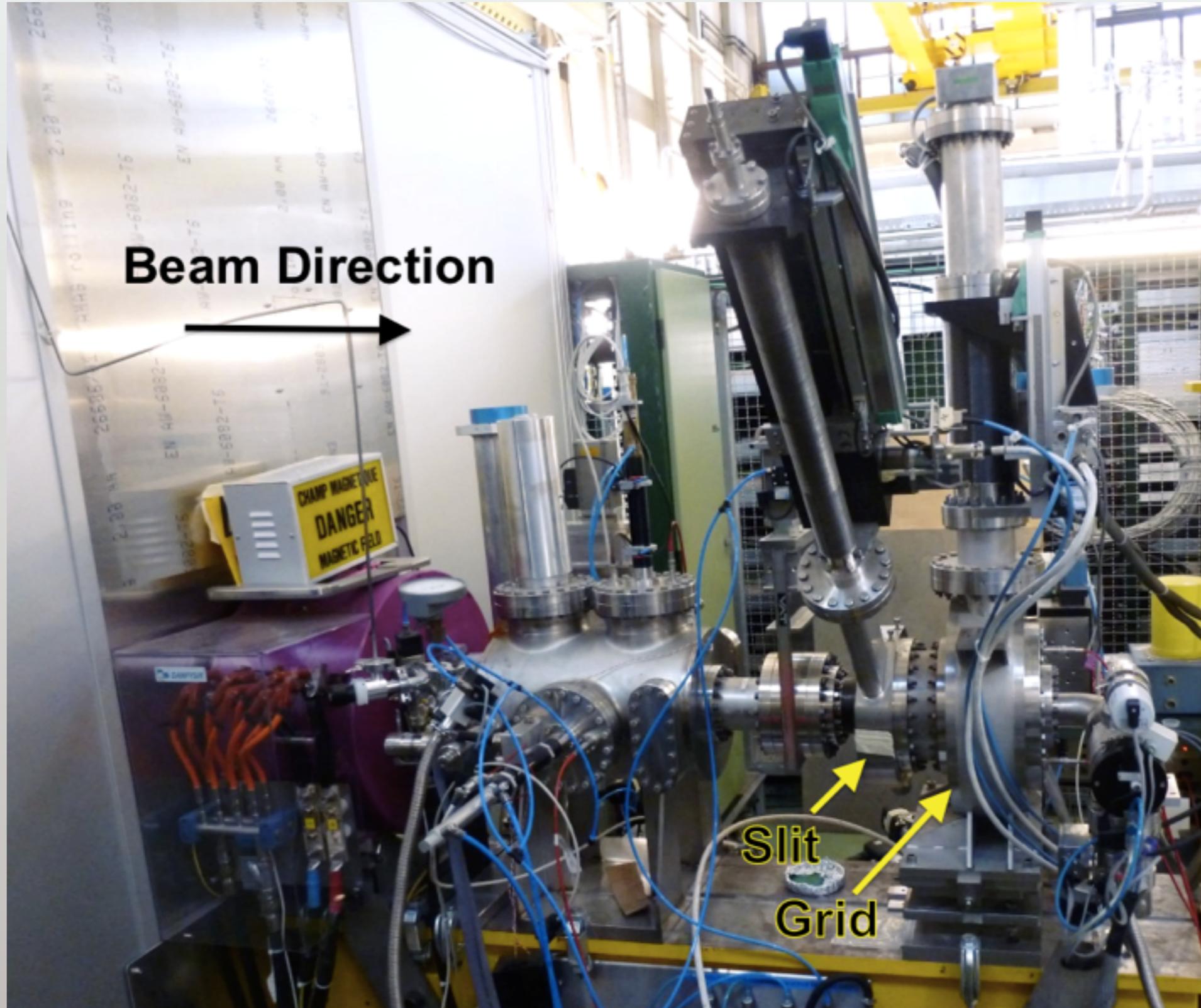
$$x'_{ij} = \frac{x_{ij}^w - x_i^s}{L}$$



Yayınım ölçümü sadece yayınının değerini bulmak değildir.  
Twiss parametrelerini belirliyor  
Doğrudan ölçüm ile parçacıkların faz uzayındaki dağılımını da bulabiliyoruz.



# 45keV de yayınım ölçer



# Yayınım ölçer kullanıcı arayüzü

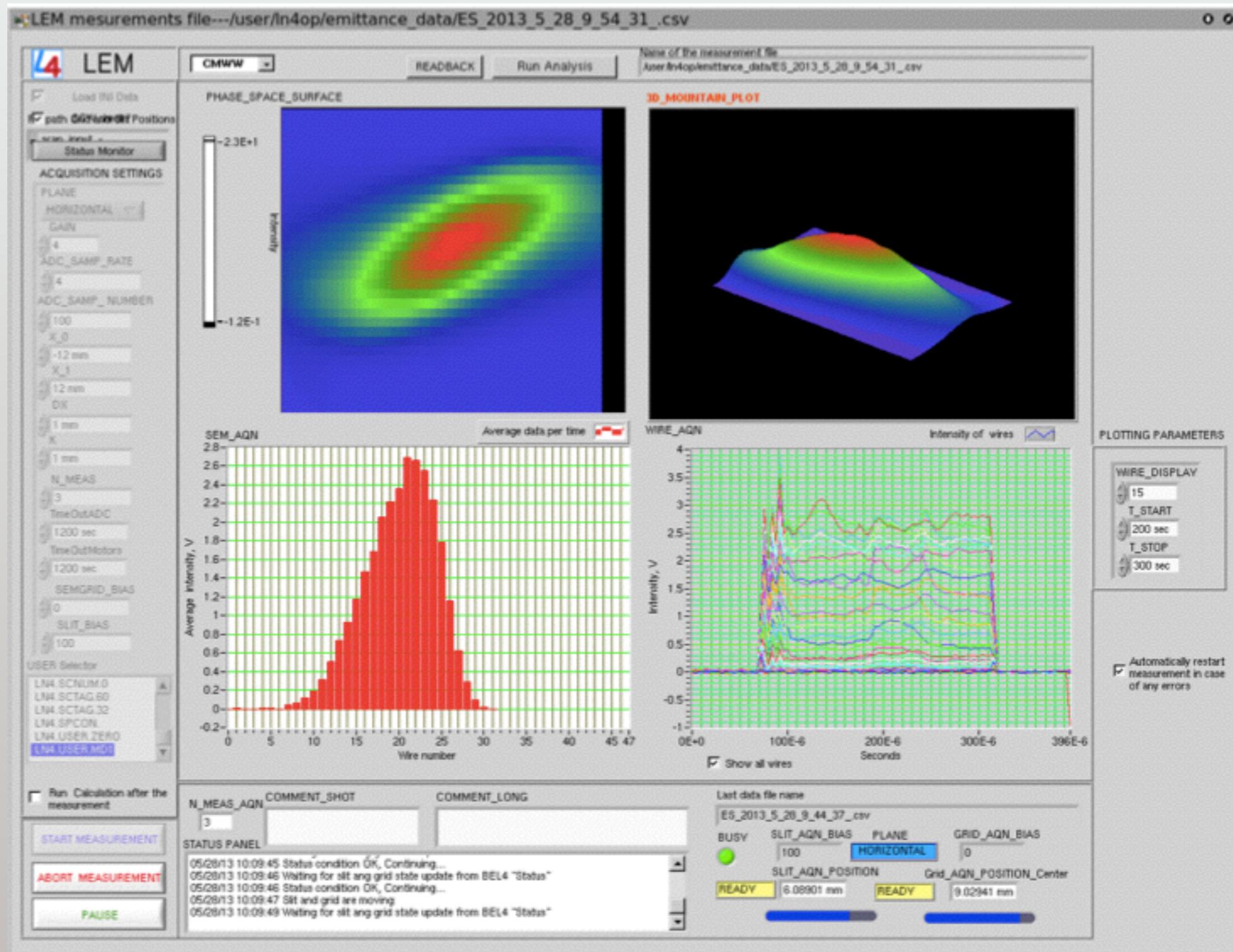
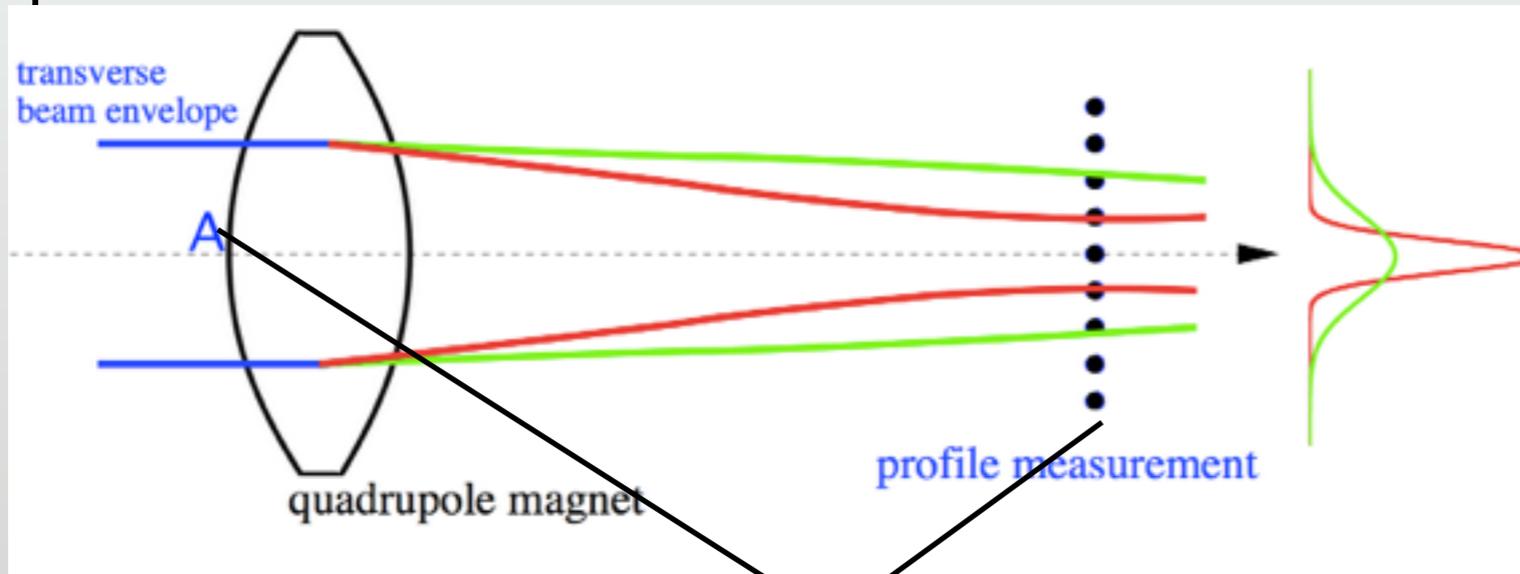


Figure 29 Transverse emittance measurement

# Dolaylı ölçüm

- 4 kutuplu taraması



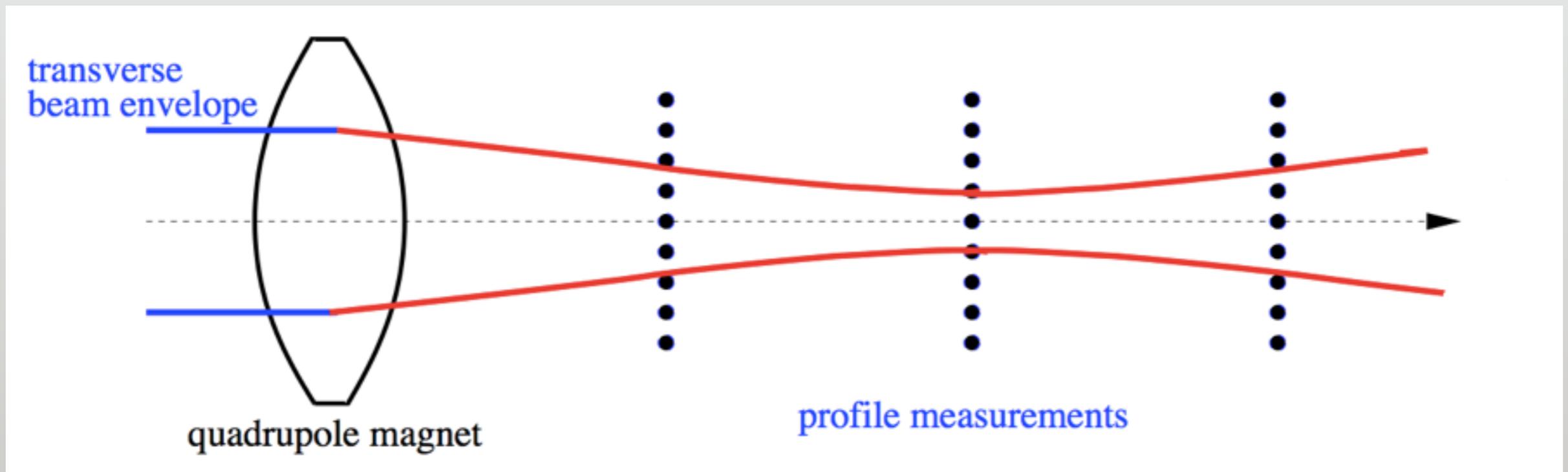
$$\sigma(f) = \mathbf{R}\sigma(i)\mathbf{R}^T$$

$$x_{RMS}^2 = \sigma_{11}(f) = R_{11}^2\sigma_{11}(i) + 2R_{11}R_{12}\sigma_{12}(i) + R_{12}^2\sigma_{22}(i)$$

- R (transfer) matrisini biliyoruz. 3 bilinmeyen var. En az üç denklem lazım.

# 3 ekran yöntemi

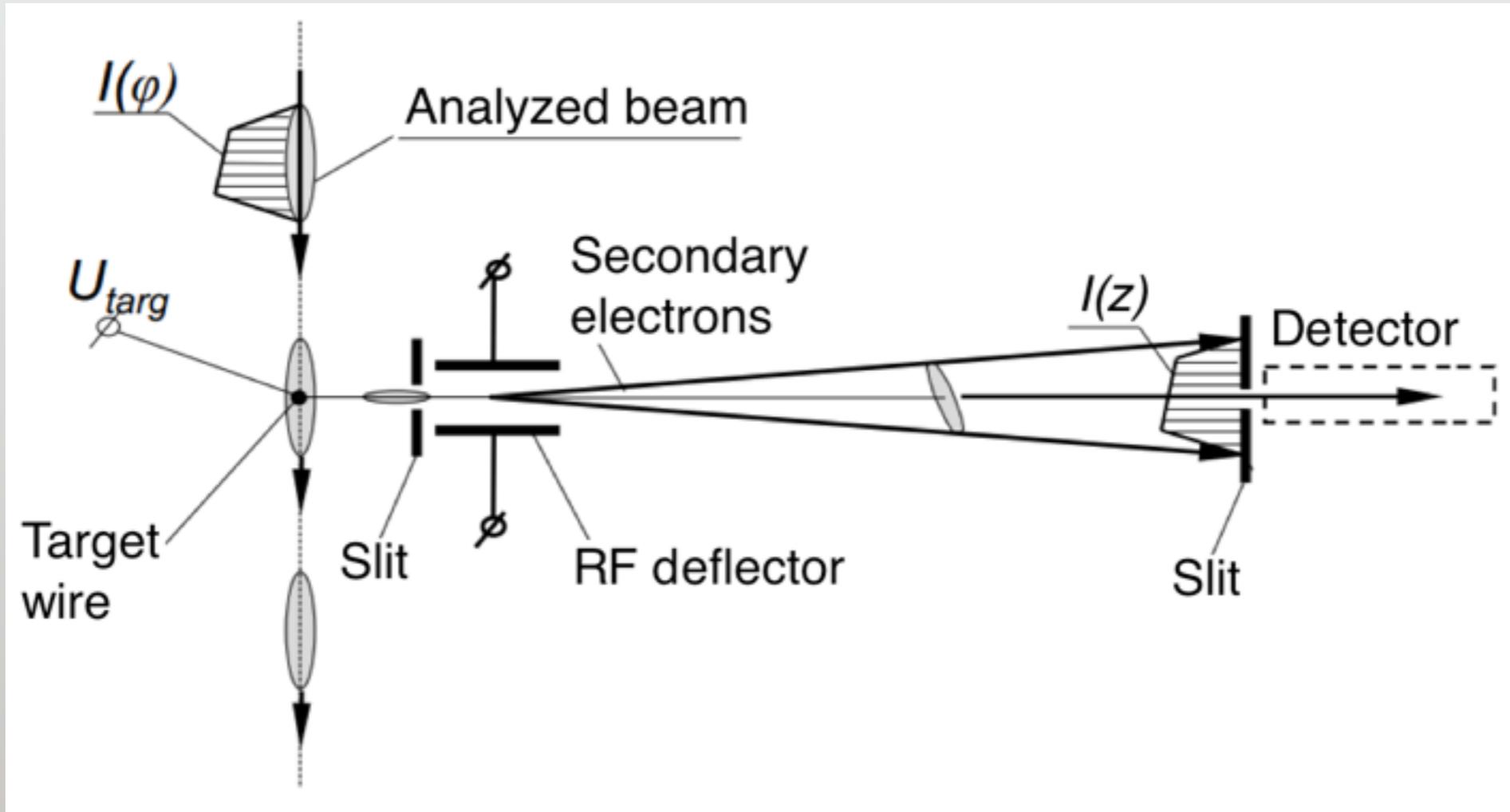
- 4 kutuplunun kuvvetini değiştirmek yerine demeti 3 yerde ölçüyoruz.



$$x_{RMS}^2 = \sigma_{11}(f) = R_{11}^2 \sigma_{11}(i) + 2R_{11}R_{12} \sigma_{12}(i) + R_{12}^2 \sigma_{22}(i)$$

# Boyuna bohça yapısının ölçülmesi

- Bohça şekil ekranı (bunch shape monitor)



# BSM ara yüzünde şunu görüyoruz

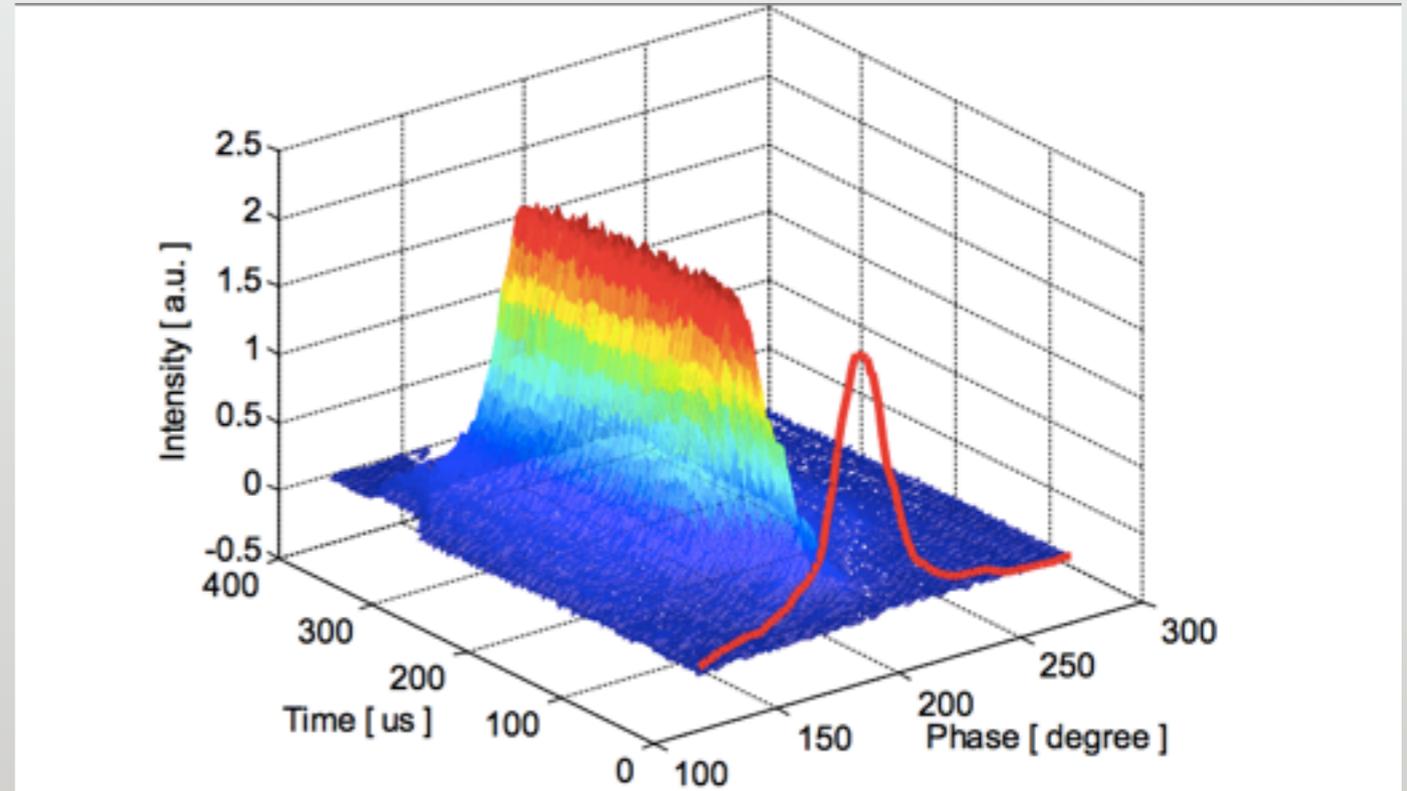
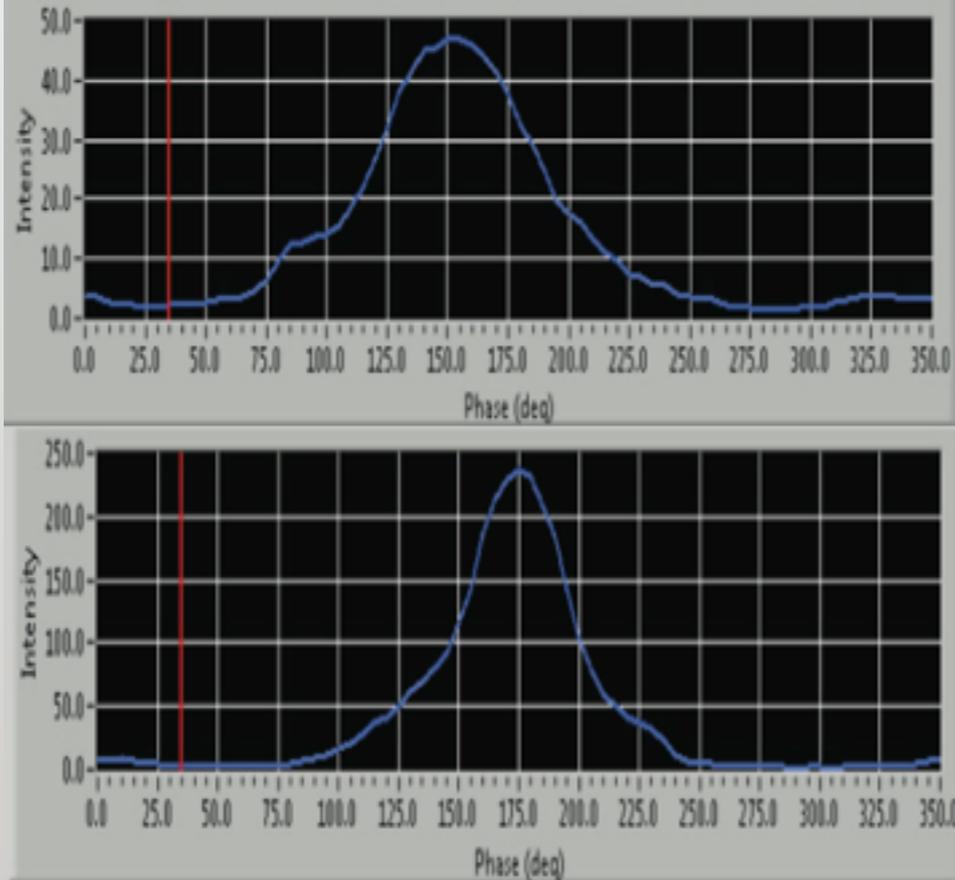
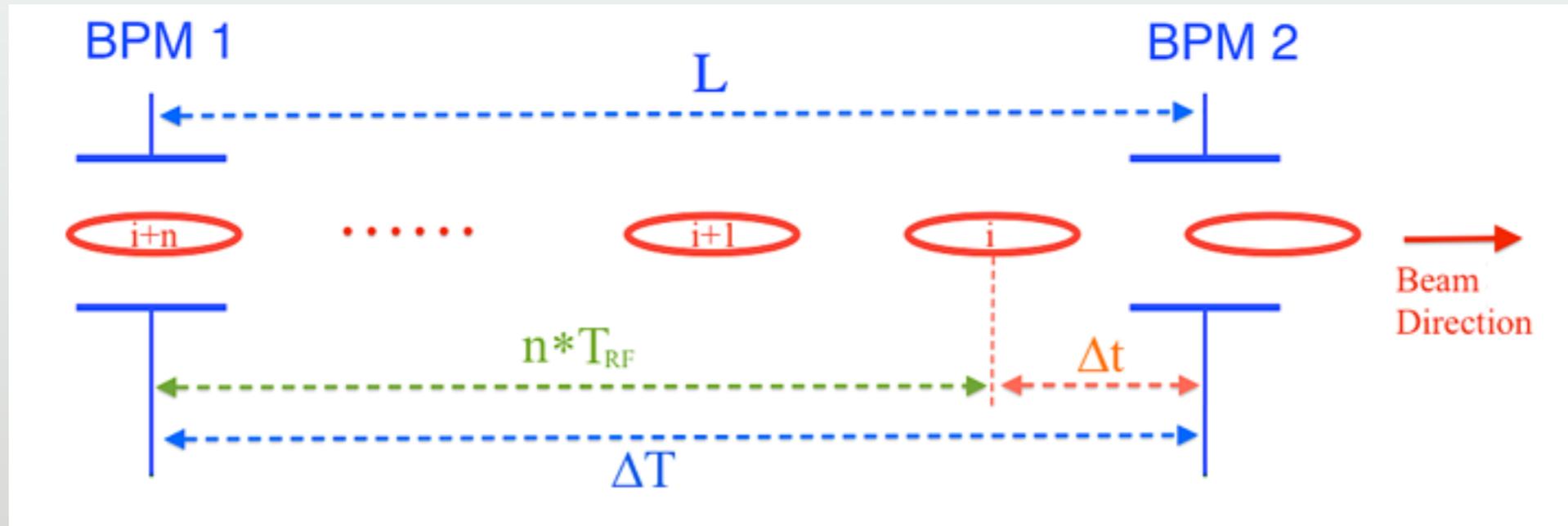


Figure 6: Typical longitudinal distribution acquired by the BSM when the three MEBT bunchers are phase tuned.

# Ortalama kinetik enerji

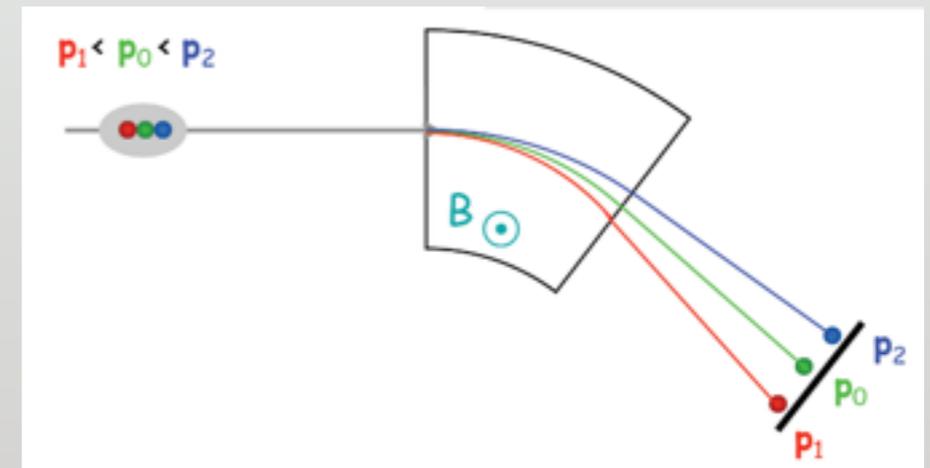
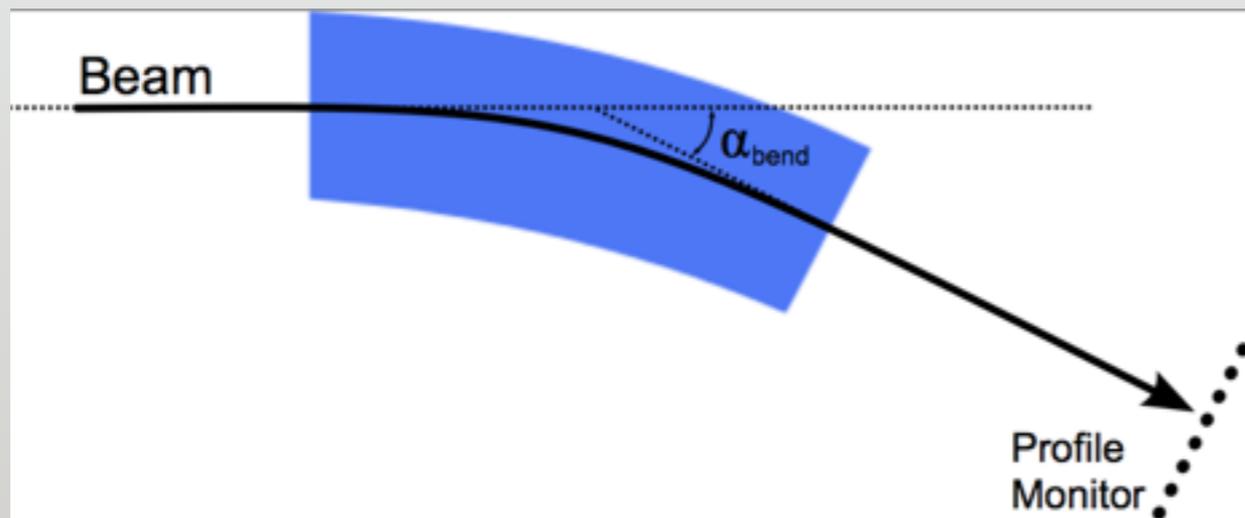


$$\Delta T = nT_{RF} + \Delta t$$

- İki nokta arasında uçuş zamanını hesaplırsak
- $V=x/t$  den hizi hesaplayabiliriz

# iki kutuplu + profil ekranı

- Parçacıkların alanı bilinen bir mıknatıstan ne kadar saptığına bakarak enerjiyi hesaplayabiliriz.

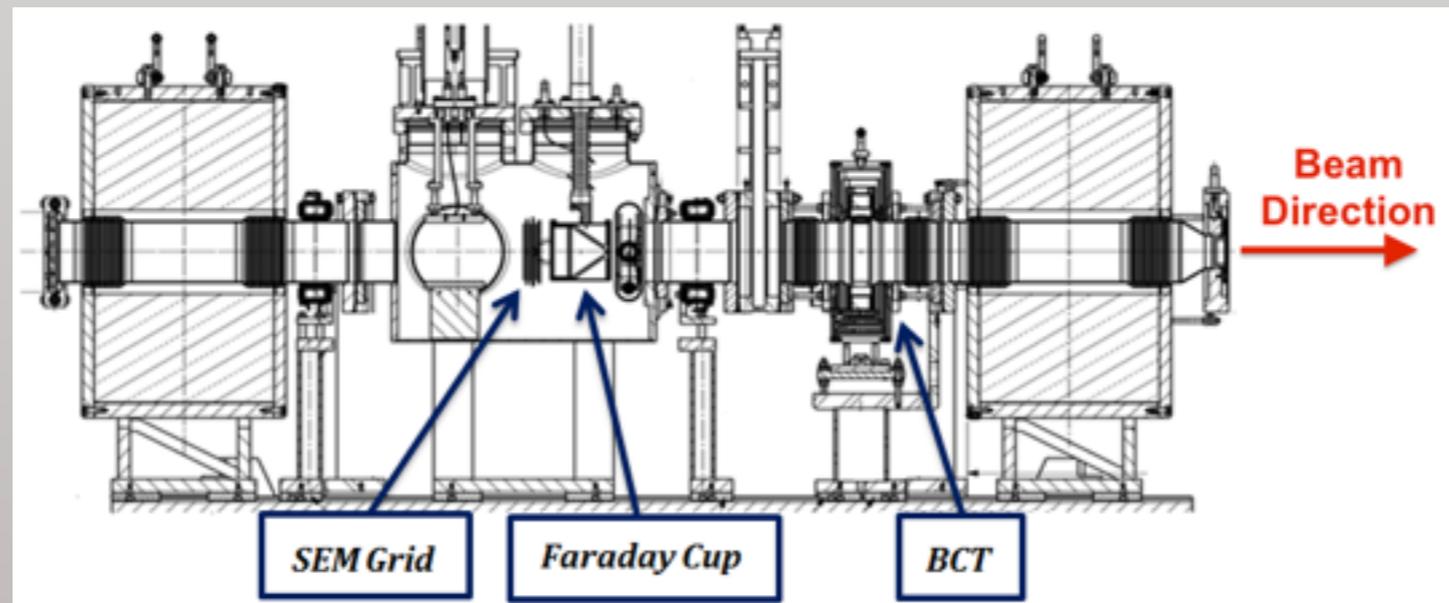
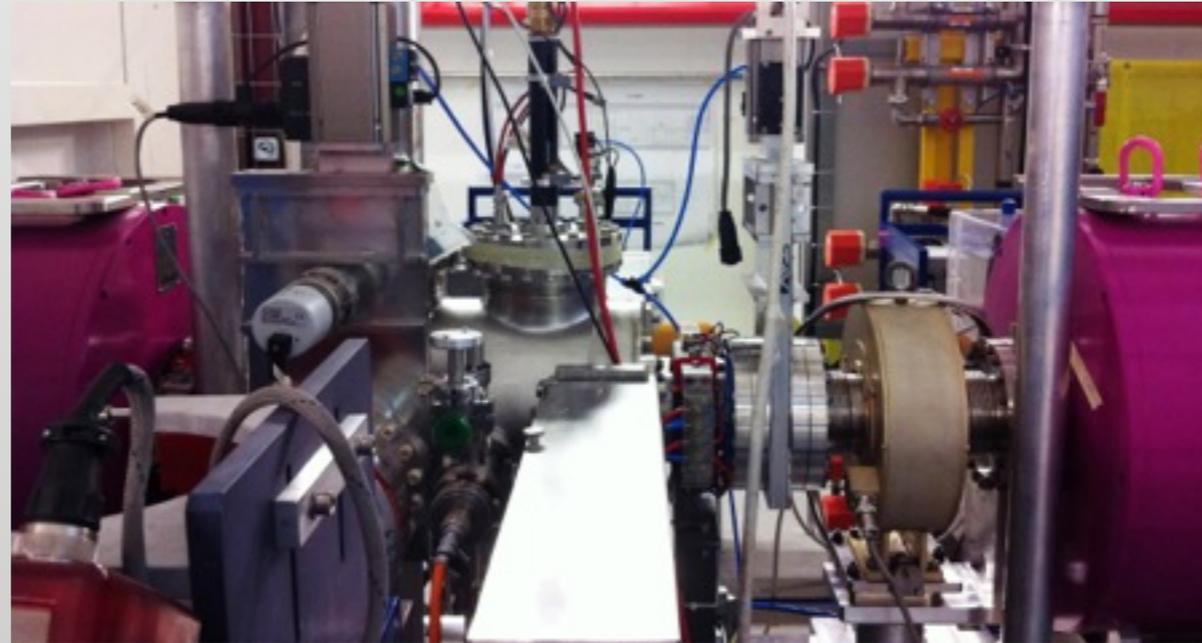


$$p = \frac{q}{\alpha_{bend}} \int_{path} B_y(z) dz$$



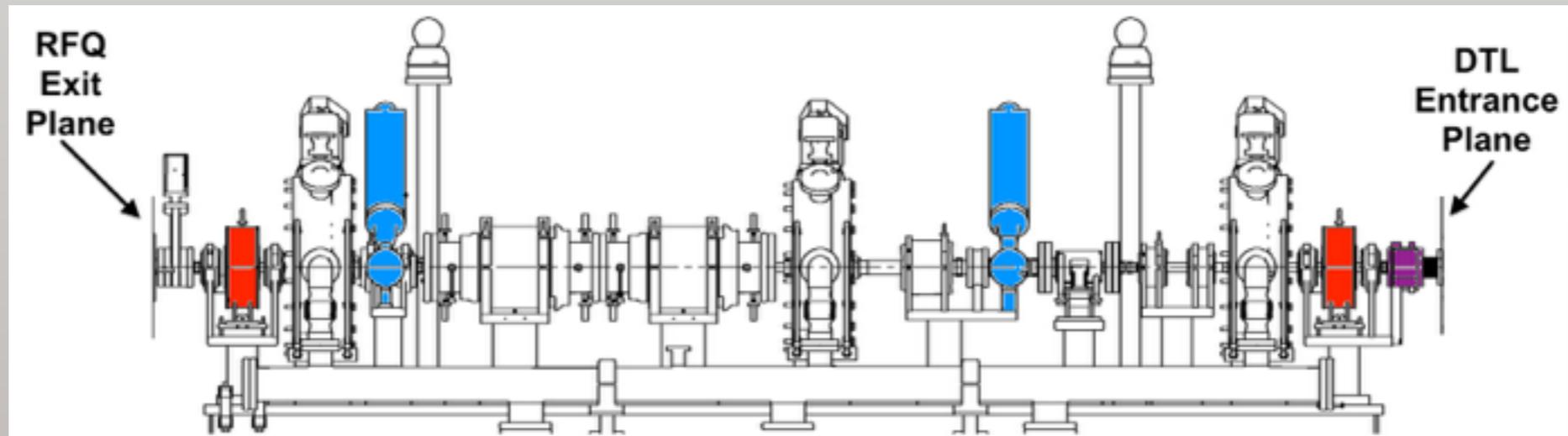
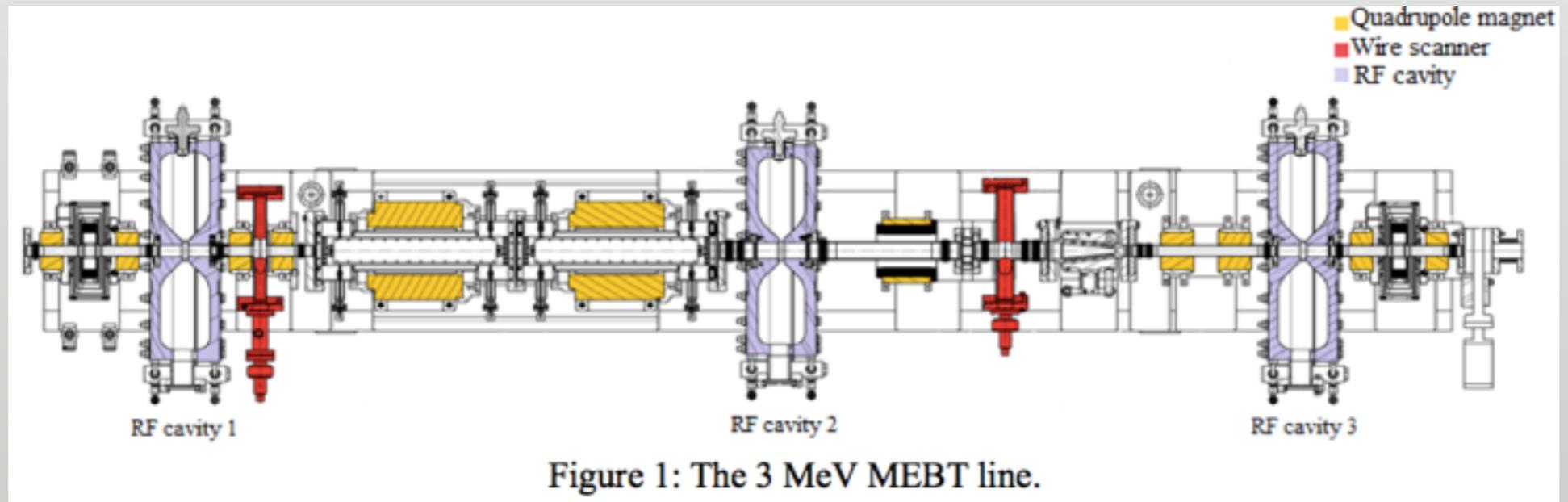
# Linac4 LEBT

- LEBT iyon kaynağı ile RFQ arasında iki solenoid mıknatısın olduğu kısım. iyon kaynağından gelen demeti RFQ ya eşler.

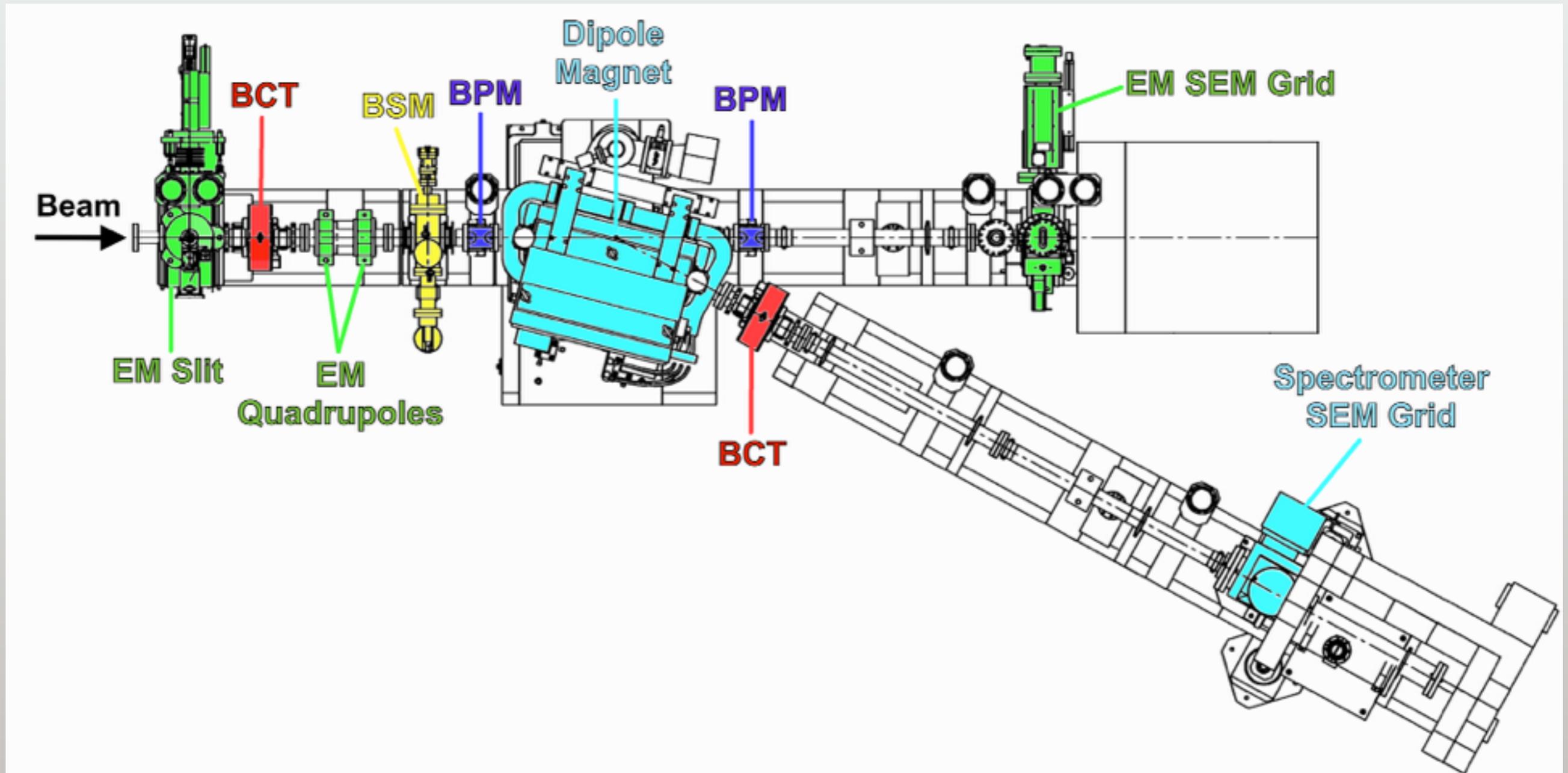


# MEBT

- MEBT RFQ ile DTL arasında 11 4-kutuplu ve 3-bohçalayıcı kovuktan oluşur. RFQ dan gelen demeti DTL e eşler.

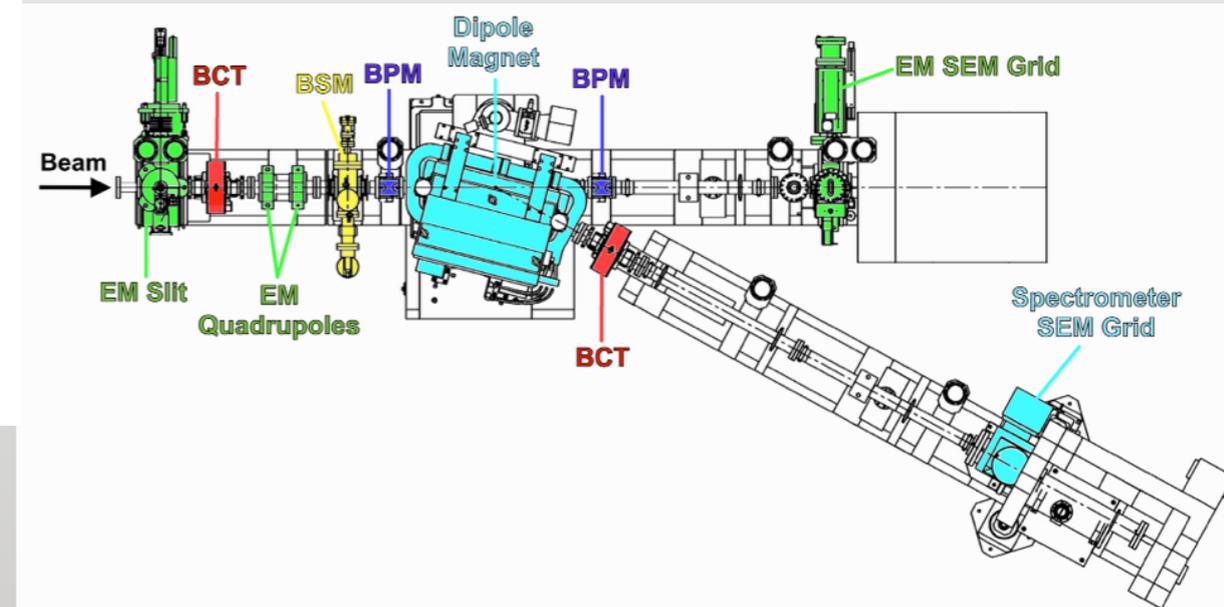
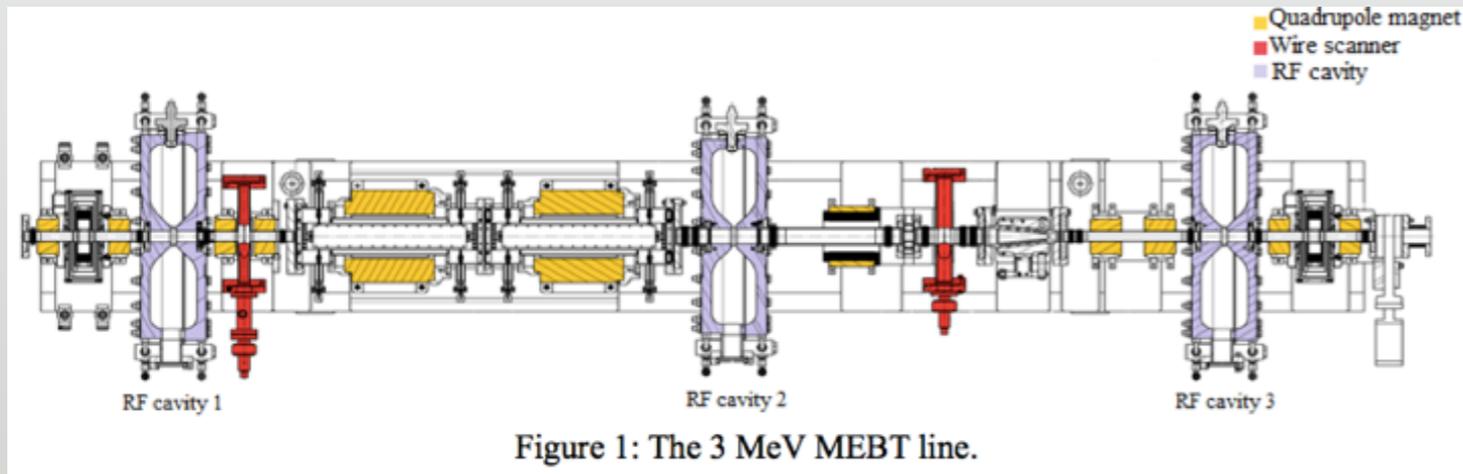


# Linac4 hareket edebilir ölçüm tezgahı



# Biraz örnek

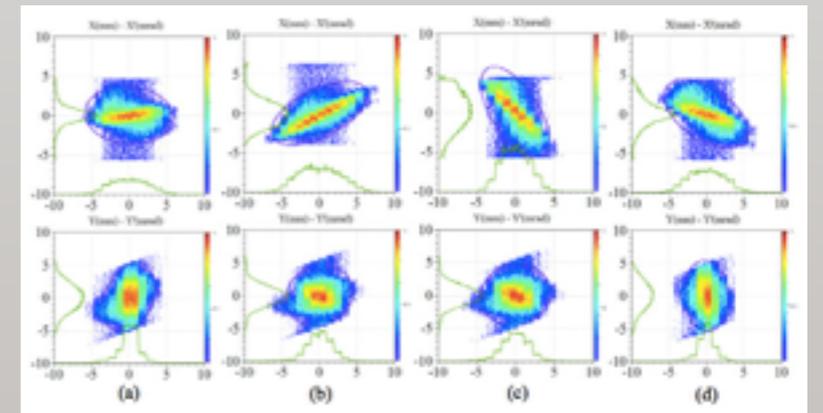
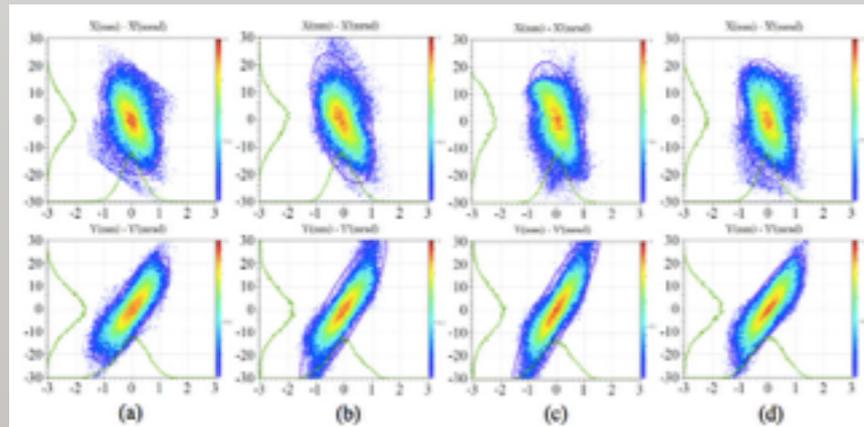
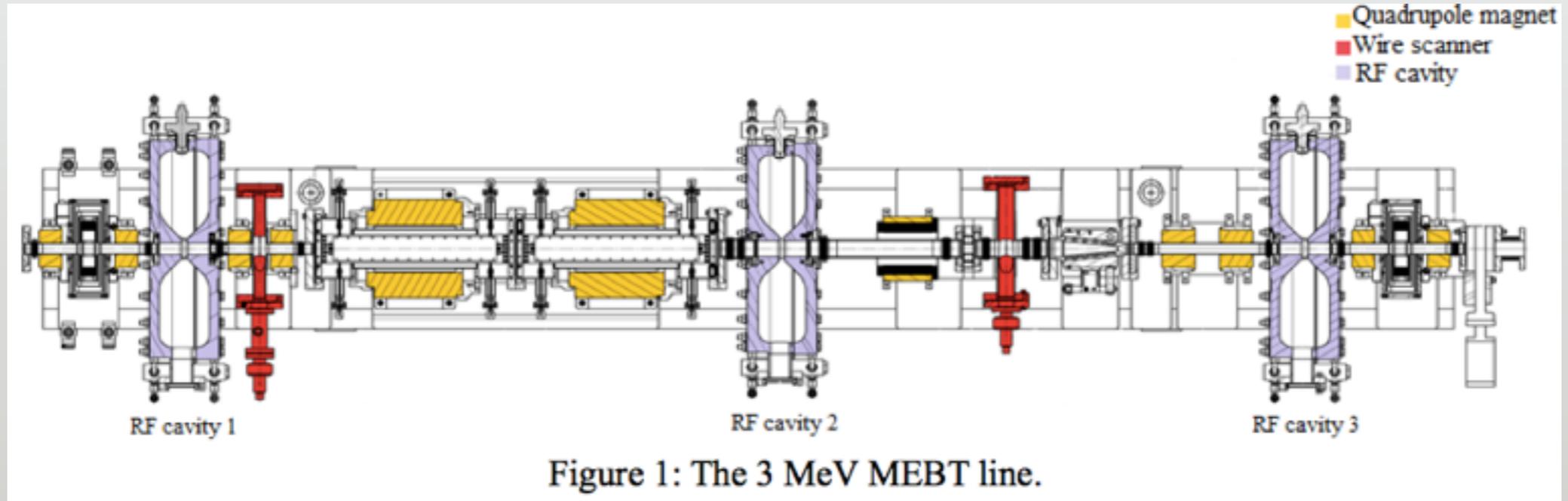
- Yanıyım ölçümü vs profil ölçümü (güvenilirlik)



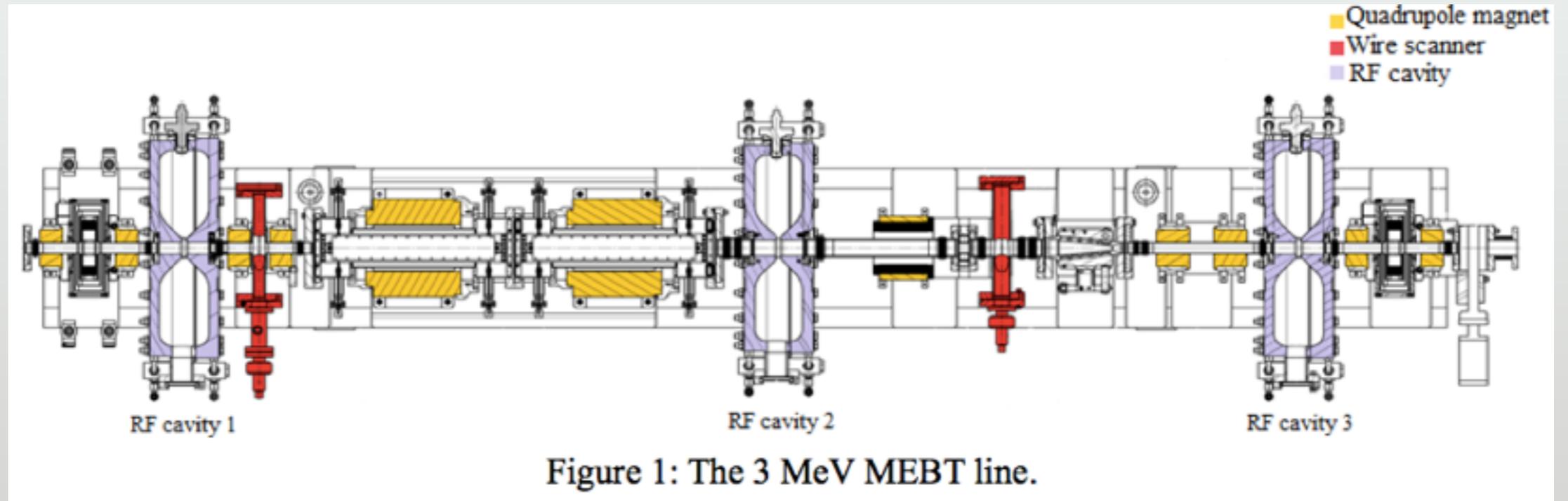
MEBT in son 4 tane 4-kutuplusunun değişik güçleri için yanıyım ölçümü.

# Olçülmüş demetlerin RFQ sonrası görünümü

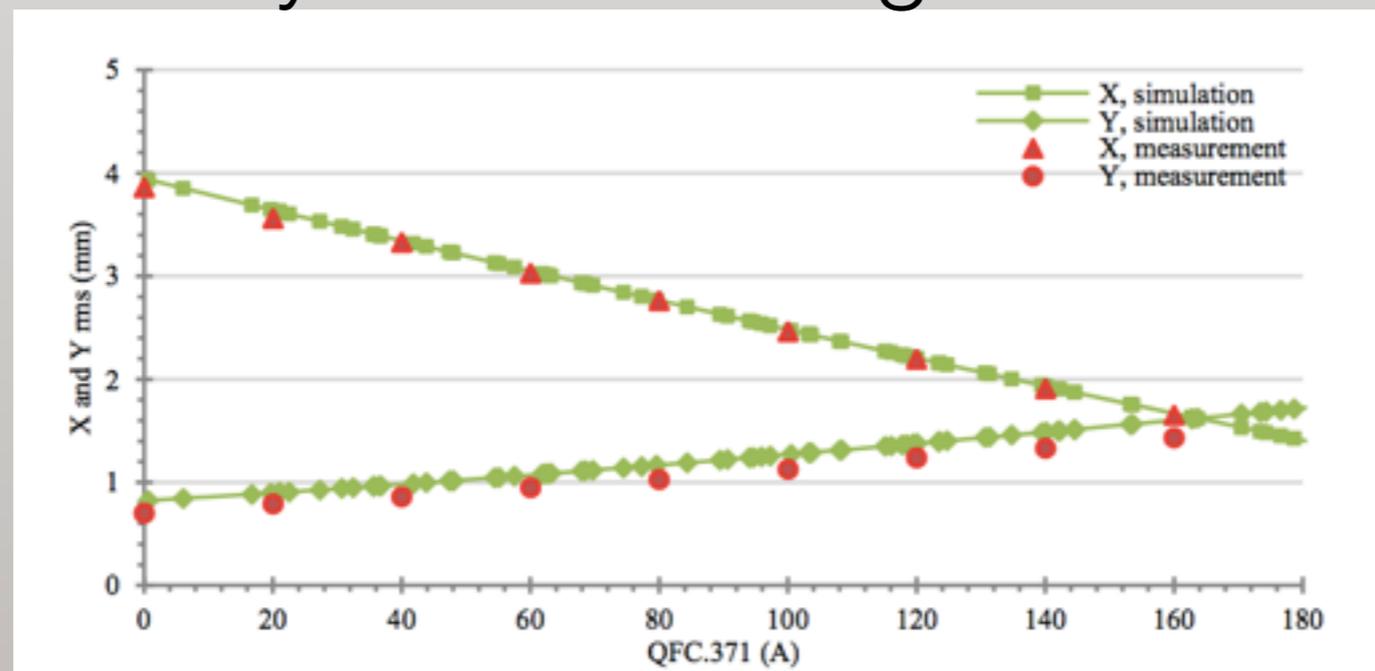
- Geri doğru demet dinamiği



# Sonucu telli tarayıcıdan aldığımız sonuçla karşılaştıralım



4 kutupluları tarayınca elde ettiğimiz rms demt boyutu



# Bohçalayıcıların RF fazını belirlemek

4 temel RF faz nokta

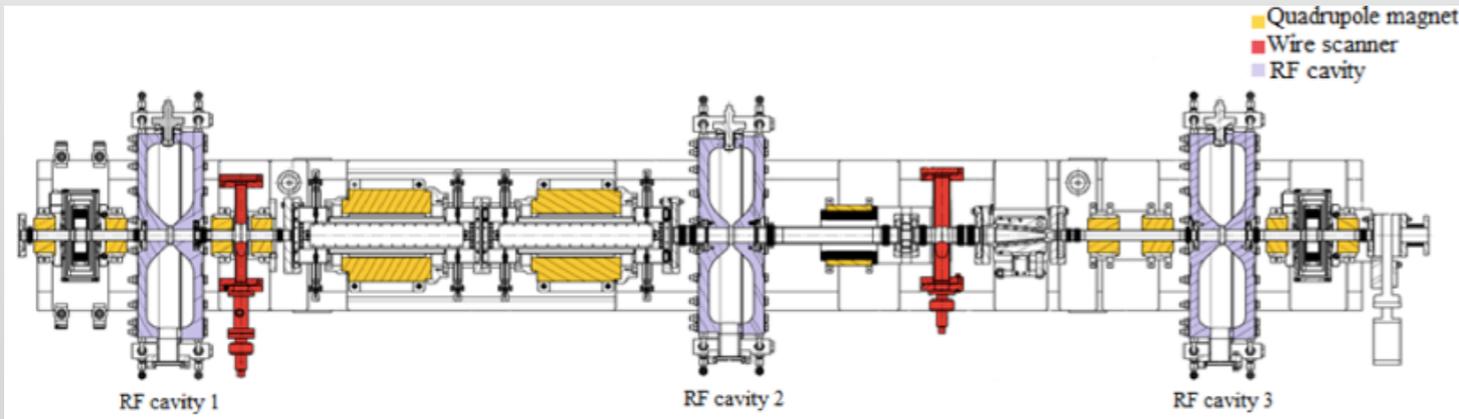
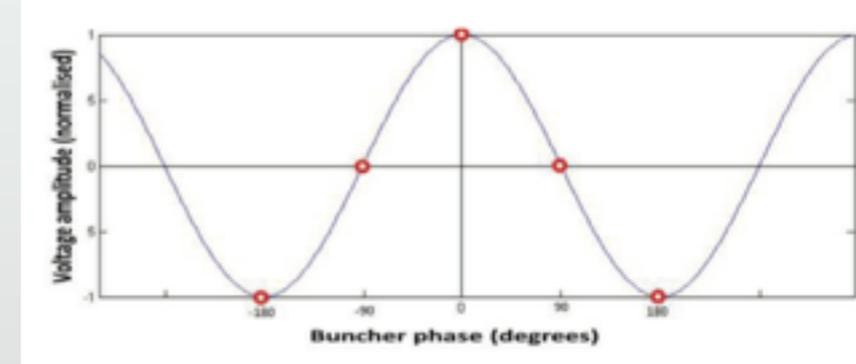
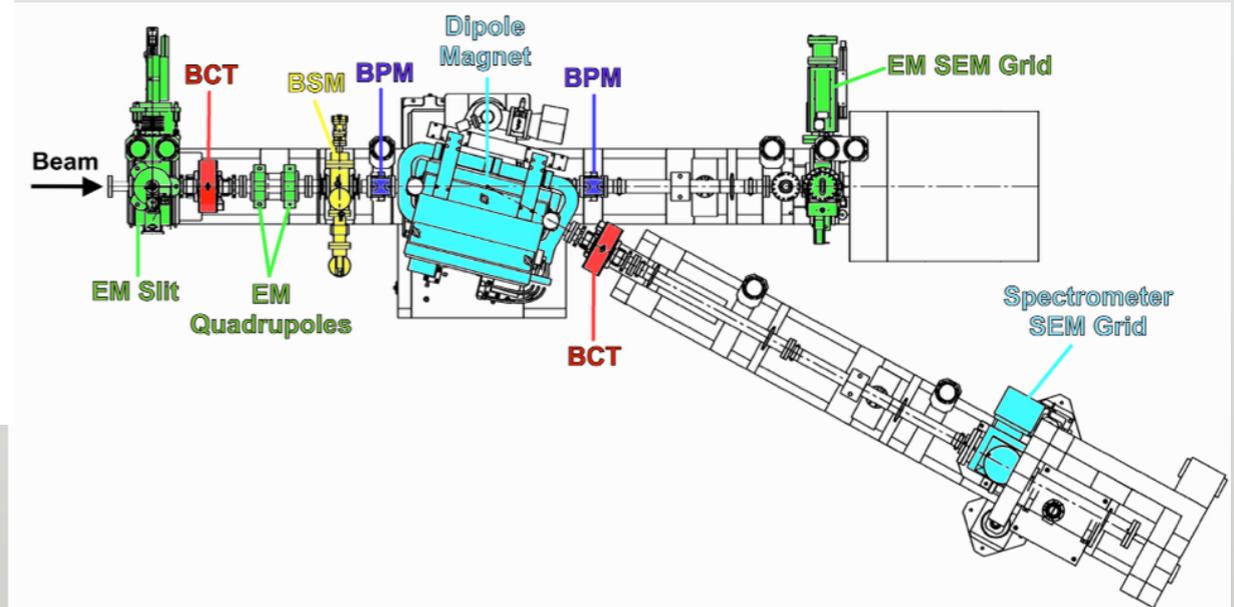
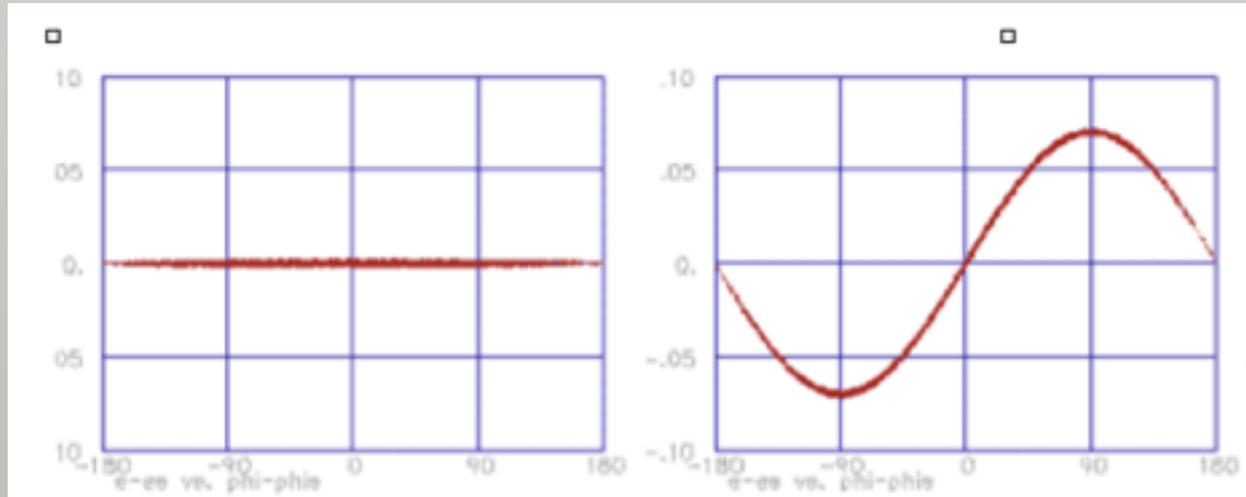


Figure 1: The 3 MeV MEFT line.

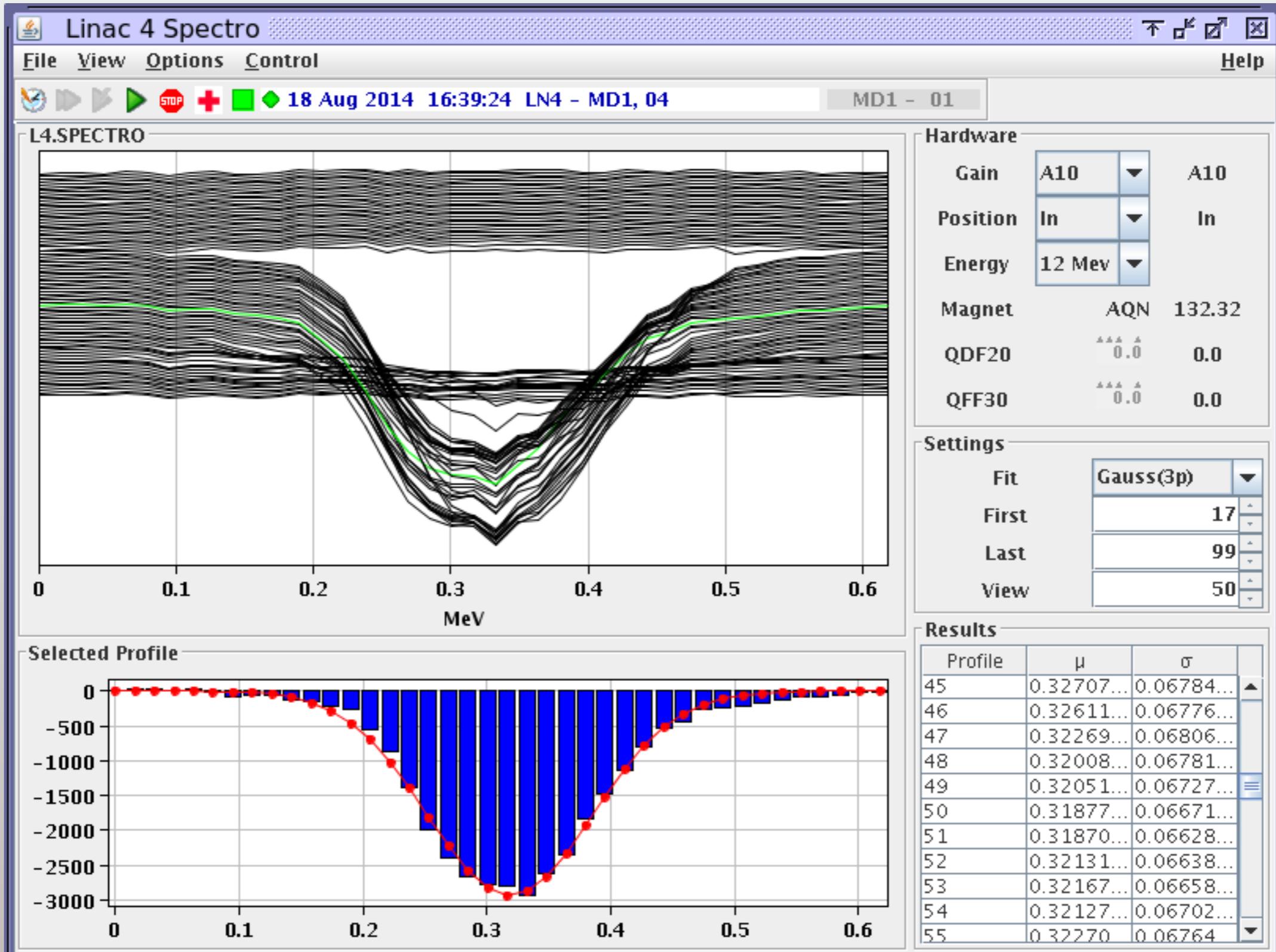


kovuk öncesi kovuk sonrası



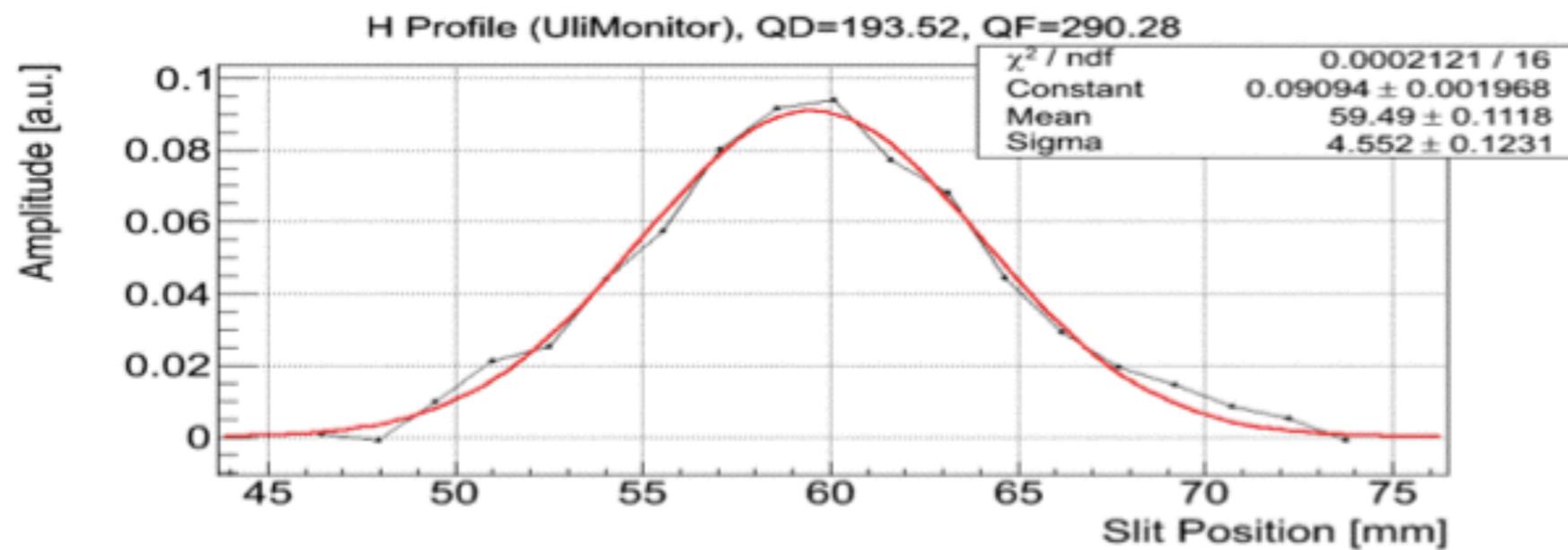
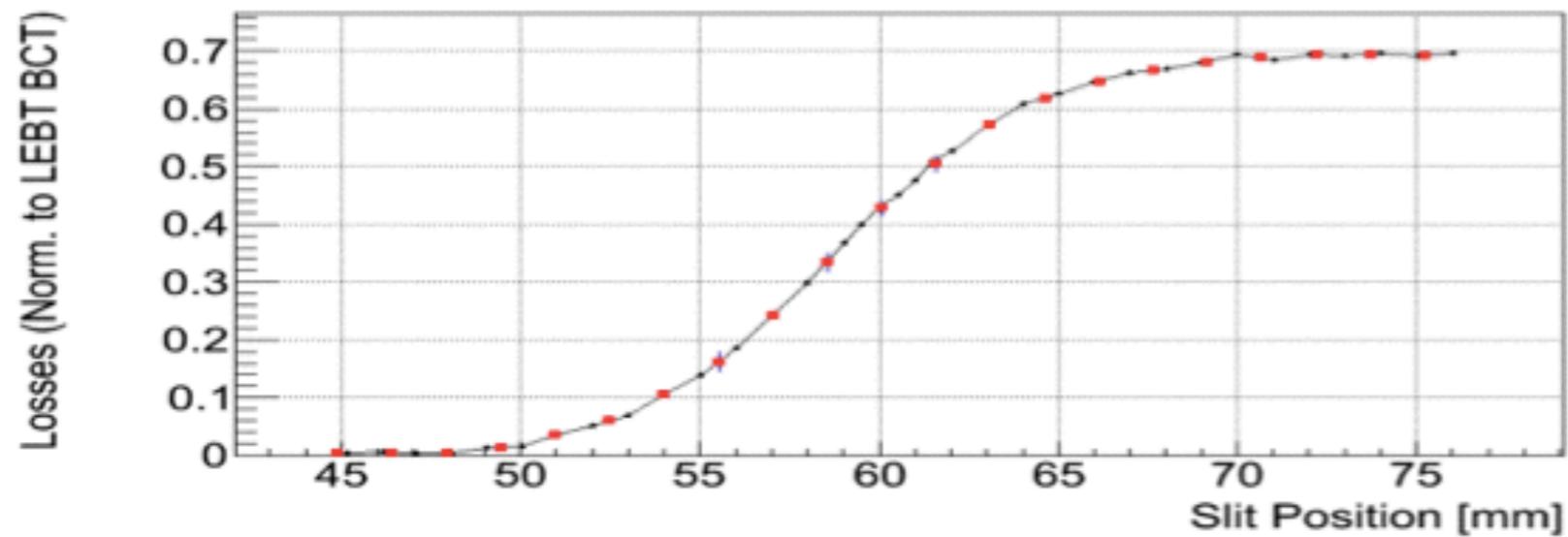
RF fazını çok az değiştir  
mıknatısın manyetik alanını  
değiştirerek demeti ızgaranın  
merkezine yerleştir.  
Enerjisini hesapla.

# Izgara kullanıcı arayüzü

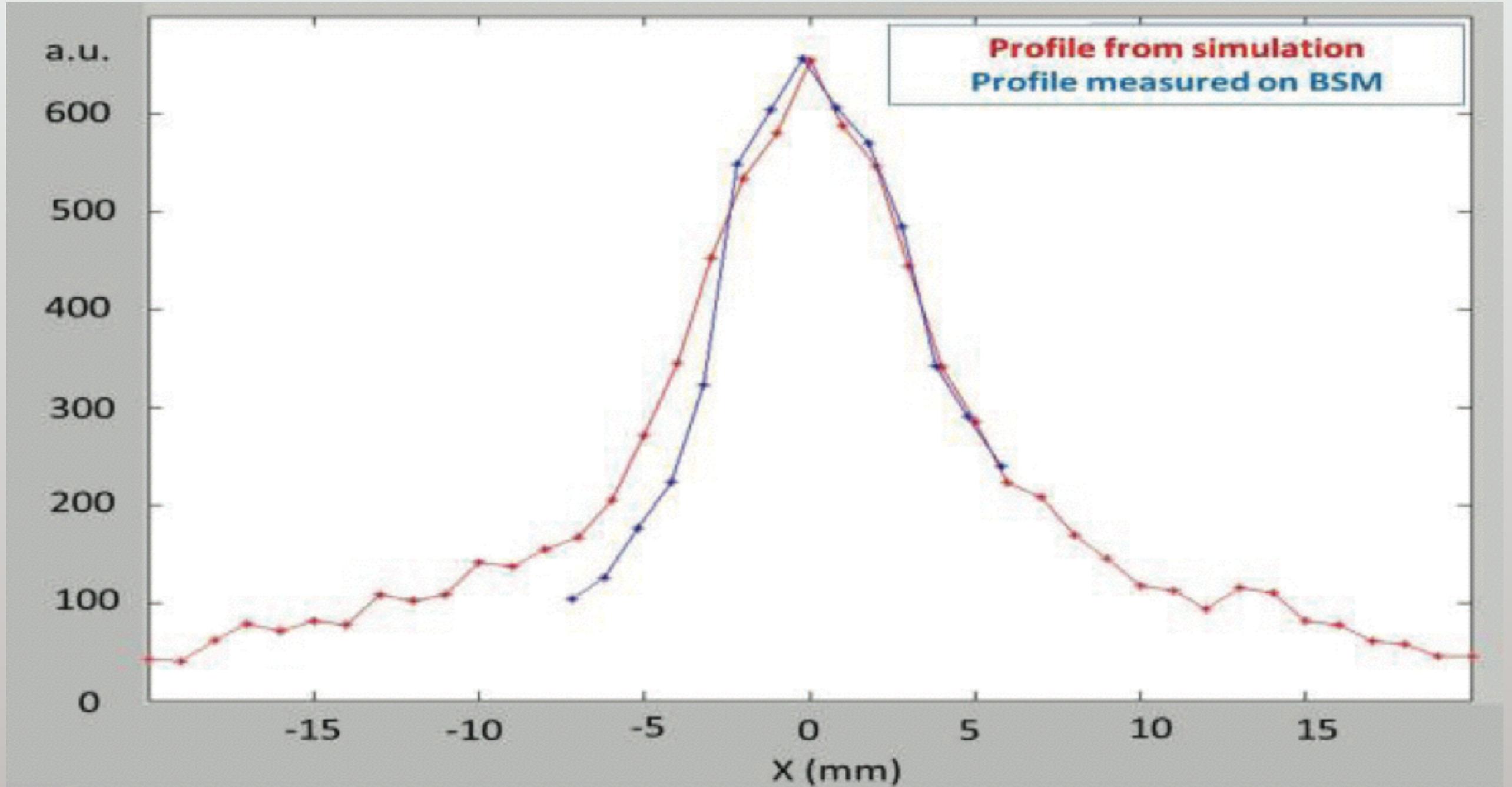




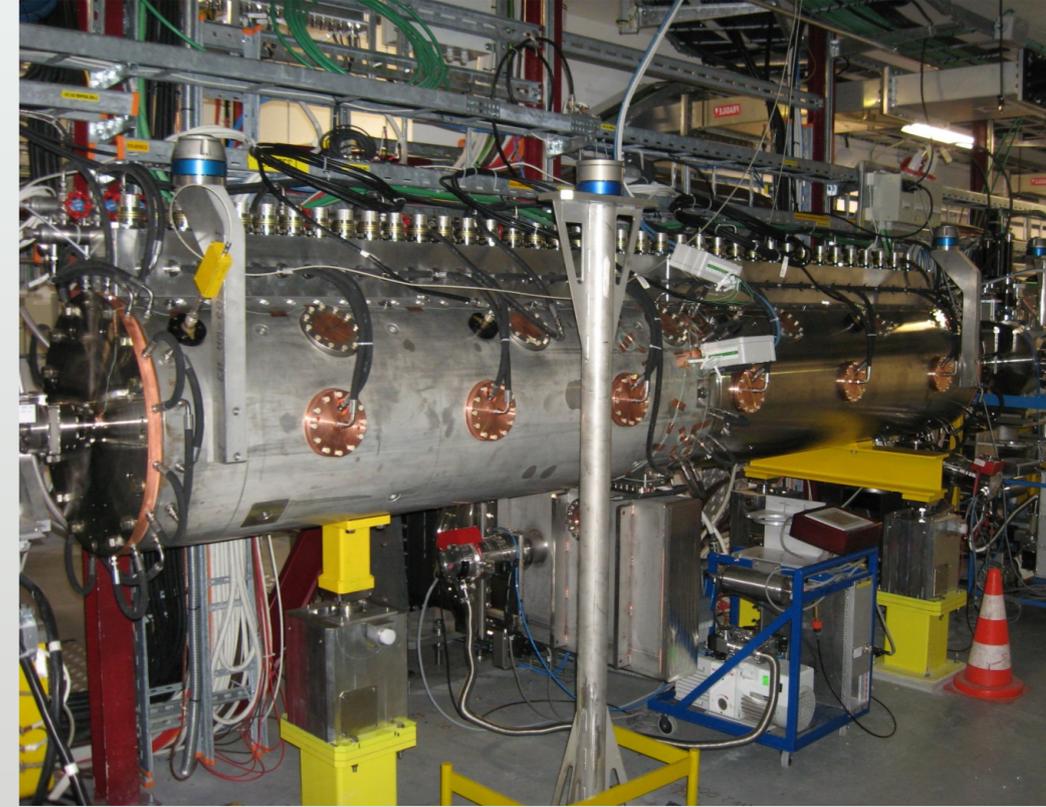
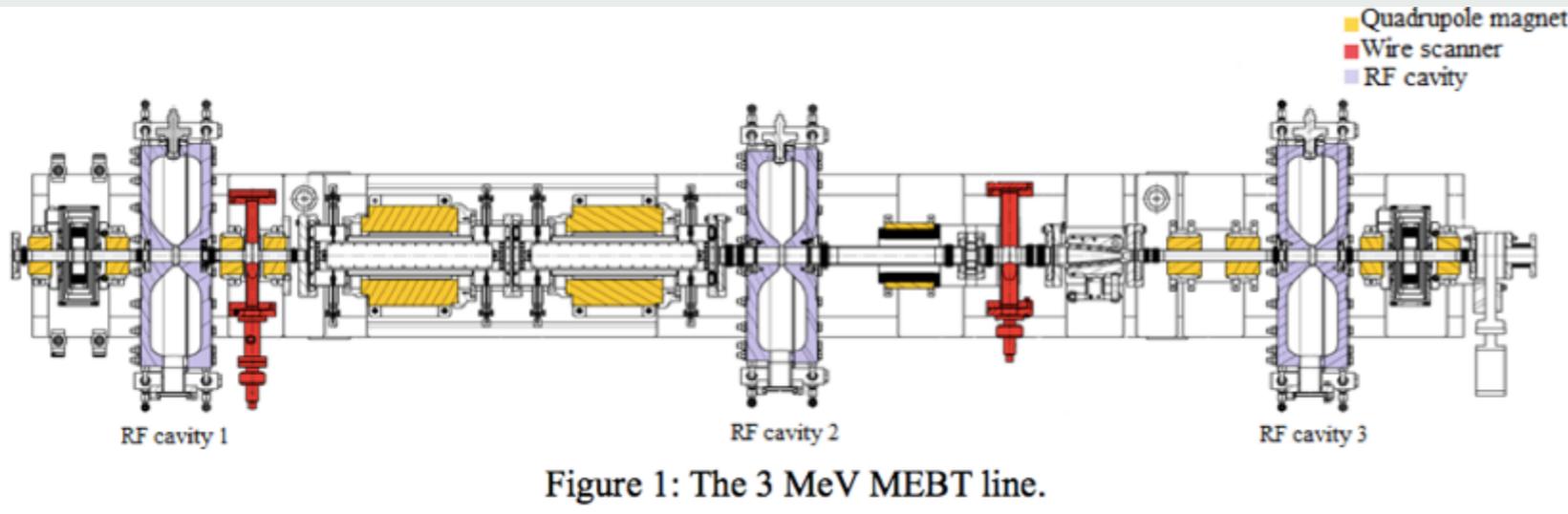
# Yarık+ BCT = profil ekranı



# BSM ile profil ölçümü

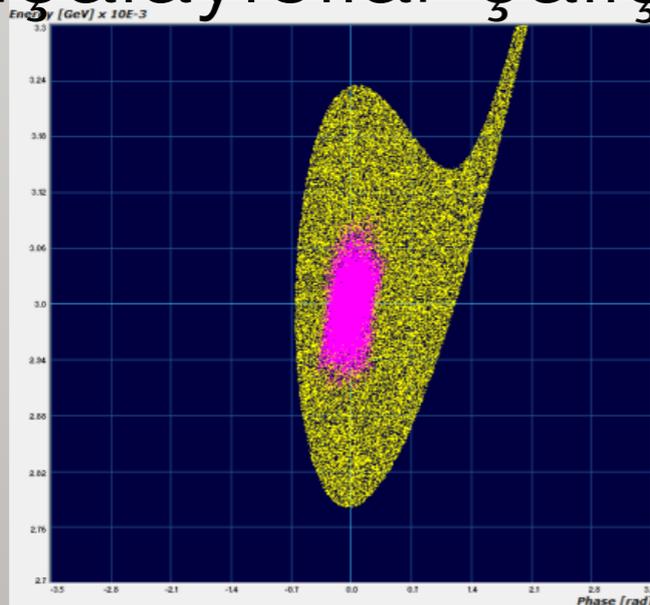


# RFQ dan DTL e

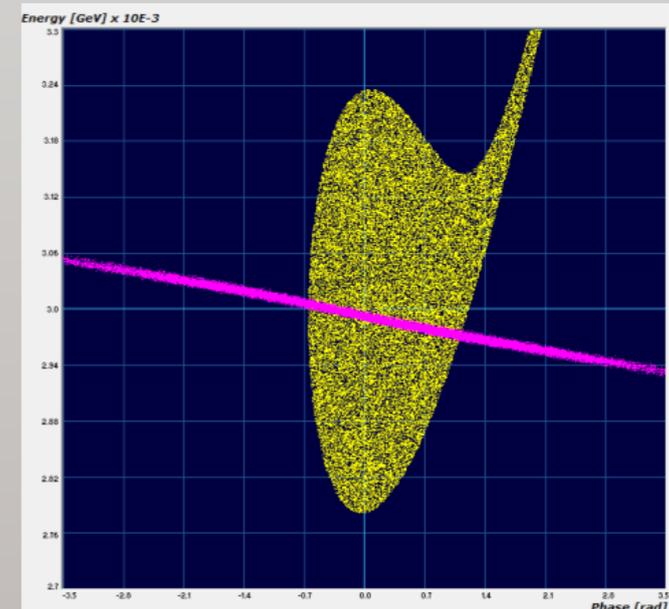


- Bohçalayıcı kovuklarla bohça yapısını korumazsak RFQ dan DTL e gidene kadar demet dağılıyor

Bohçalayıcılar çalışıyor



Bohçalayıcılar çalışmıyor



# DTL in RF fazını nasıl ayarladık?

