HPFBU

MADX I

(**M**ethodical **A**ccelerator **D**esign)

Yöntemli Hızlandırıcı Tasarımı Programı

Dr. Öznur METE

University of Manchester

The Cockcroft Institute of Accelerator Science and Technology

İletişim Bilgileri

oznur.mete@cockcroft.ac.uk

oznur.mete@manchester.ac.uk

www.cern.ch/omete

Teşekkürler

Bu ders 2009'da düzenlenen CERN Hızlandırıcı Okulu'nda verilmiş olan MADX dersi temel alınarak hazırlanmıştır. Desteği için Dr. Werner Herr'e en derin teşekkürlerimi sunarım.

Acknowledgments

This lecture was prepared based on the MADX lecture in the CERN Accelerator School organized in 2009. I express my deepest gratitude to Dr. Werner Herr for his support.

- Bu dersteki amacımız gerçekçi bir hızlandırıcı örgüsü tasarlamayı öğrenmektir.
- Bir "monolog" değil sizlerin de "ellerinizi kirlettiğiniz" bir etkinlik şeklinde olacak.
- Tüm MADX saatlerimiz (6 ders saati) boyunca öğretmenleriniz sizlerle, sorularınıza ve soru sormaya hazır olacaklar!

- MADX ile ilgili temel bilgiler
- Alıştırmalar
  - Verilen özellikleri taşıyan bir periyodik hızlandırıcının tasarlanması.
  - Renksellik, magnetik hatalar, hizalama hataları gibi kusurların benzetimi ve düzeltilmesi.
  - Tasarım Ödevi: Bir dağılım bastırıcı (dispersion suppressor) tasarımı.
  - Yıldızlı Ödev: CERN'deki SPS halkası için bazı hesaplar!

Ders Araçlarımız

- Hızlandırı sınıfı bilgisayar odasında herkesin kendine ait bir bilgisayarı var.
- Üzerinde çalışacağımız benzetim programı **MADX için** bilgisayarınıza önceden kopyalanmış olan **linux bilgisayar görüntüsünü çalıştırınız**.
- Bu görüntünün içinde size lazım olacak MADX, gnuplot v.b. programlar yüklenmiş haldedir.
- Ayrıca hiçbirşey kurmanıza gerek yok.
- Okulun sonunda kullandığınız bilgisayar görüntüsü ile birlikte ürettiğiniz tüm dosyaları, ödevleri, üzerinde çalıştığınız projeleri ve bazı programların kaynak kodu sizlere verilecek.
- MADX dersleri sürecinde kimlerden yardım alabilirsiniz?
  - Zafer Nergiz
  - Görkem Türemen
  - Zafer Sali
  - Ben ^_^

- Temel kavramların tanımlanması ve MADX dili ile tanışma.
- Örgü tanımlama.
- Şimdiye kadar öğrendiğimiz demet optiği fonksiyonlarının verilen bir örgü için hesaplatılması.
- Hesaplanan parametrelerin benzetim çıktısı olarak alınması,
  - demet ölçüleri,
  - ayar, renksellik,
  - ...

MADX Öğrenmek için Kaynaklar

- **Ders notlarımız** - Bu derslerde
- **Örnek dosyalar** - Bu derslerde
- **Çalışabilen dosyalar (Executables)** - Sanal bilgisayarınızda
- **MADX internet sayfası** --> Documentation @ http://mad.web.cern.ch/mad/

Genel amaçlı hızlandırıcı örgü tasarım programları hakkında...

- Doğrusal ve dairesel hızlandırıcılar için kullanılabilirler.
- Özellikleri tanımlanmış bir hızlandırıcı için optik parametreleri hesaplarlar.
- İstenilen nicelikleri hesaplarlar (denkleştirme / matching).
- Hızlandırıcı üzerinde oluşabilecek kusurları benzetimini yapabilirler ve bu kusurları düzeltebilirler.
- Demet dinamiği benzetimi yaparlar.
- Bu kursta kullanılack olan genel amaçlı hızlandırıcı örgü tasarımı programı ise MADX olacak.

MADX

- Şu anda kullanacağımız son hali aslında yıllar sürmüş uzun bir gelişim zincirinin son halkasıdır.
- 20 yıldan fazladır, CERN'deki çeşitli hızlandırıcıların tasarımında ve benzetim çalışmalarında kullanıldı (PS, SPS, LEP, LHC, gelecek nesil hızlandırıcılar, demet hatları).
- Şu anda gündemde olan sürümleri: MAD8, MAD9, MADX (PTC, polymorphic tracking code -- çok biçimli izleme kodu).
- Temel olarak büyük projeler (LEP, LHC, CLIC...) için tasarlanmış bir programdır.

Bu okulda neden MADX kullanmayı seçtik?

- MADX, büyük tasarım çalışmalarında kullanılabileceği gibi bizim yapacağımız gibi küçük uygulamalar içinde kolayca kullanılabilir.
- Çok amaçlıdır. Tasarımımızın en erken evrelerinden en gelişmiş değerlendirmelere kadar açılmamıza olanak verir.
- Tüm işletim sistemleri üzerinde çalıştırabiliriz.
- Açık kaynak bir uygulamadır ve genişletilmesi kolaydır.
- Program girdilerinin anlaşılmasının kolay olduğunu hep birlikte göreceğiz.

Herhangi bir optik tasarım programı için ne tür veriler gerekir?

- Hızlandırıcının tanımı:
  - ➡ Her bir hızlandırıcı bileşeninin tanımı.
  - ➡ Bileşenlerin özellikleri.
  - ➡ Bileşenlerin konumları.
- Demetin (ya da demetlerin) tanımı.
- Programın ne yapmasının istenildiğine dair yönergeler.

Peki bu tür verileri MADX'e nasıl gireceğiz?

- MADX yorumlamalı bir dildir.
  - ➡ Önermeleri kabul eder ve çalıştırır.
  - ➡ Bu önermeler, atamalar, program ifadeleri (expressions) ya da karmaşık eylemlerin başlatılması şeklinde olabilir.
  - ➡ Etkileşimli ya da toplu iş dosyası yardımıyla (batch mode) kullanılabilir.
    - Emirleri bir girdi akışından ya da dosyadan, "grafik kullanıcı arayüzü kullanmadan" okuyabilir.
- Bir programlama dilinin sahip olduğu pekçok özelliğe sahiptir.
  (Döngüler, şartlı ifadeler, makrolar, altyordamlar...)

MADX için Girdi Dili

- C dili ile oldukça fazla benzerlik gösterir.
- Tüm ifadeler **;** ile sonlandırılır.
- Yorum satırları **** ya da **!** ile başlar.
- Temel fonksiyonlar da (**exp, log, sin, cosh, ...**) içinde olmak üzere aritmetik fonksiyonlar kullanılabilir.
- İçinde farklı dağılımlar için çeşitli gelişigüzel sayı üreteçleri bulundurur.
- Geciktirilmiş ifadeler (**=** yerine **=:**) kullanılabilir.
- Önceden-tanımlanmış sabitler (**clight, e, pi, mp, me, ...**) kullanılabilir.

MADX için Geleneksel Kullanımlar

- Komutların büyük harf - küçük harf duyarlılığı yoktur.
- Hızlandırıcı bileşenler ideal yörünge boyunca yerleştirilir (**s** değişkeni).
- Yatay eksen **x** (varsayılan eğme düzlemi), dikey eksen **y**'dir.
- s boyunca ilerleyen bölgesel bir koordinat sistemi kullanır.
  - ❖ Yani x=y=0 curvilinear sistemi izler.
- MADX değişkenleri çifte duyarlılıkta, kayan noktalı sayılardır.
- = ve := işlemcileri oldukça farklı anlama sahiptir (Gelişigüzel sayı üreteci olabilir!).
  - DX = GAUSS()*1.5E-3;

    Değer **sadece bir kere** hesaplanır ve DX'te saklanır.
  - DX := GAUSS()*1.5E-3;

    Değer DX'in kullanıldığı **her seferinde** yeniden hesaplanır.

Deneyelim...

```
X: ==> angle = 2*pi/1232;

X: ==> value, angle;

X: ==> value, asin(1,0)*2;

X: ==> dx = gauss()*2.0;

X: ==> value, dx;

X: ==> value, dx;

X: ==> dx := gauss()*2.0;

X: ==> value, dx;

X: ==> value, dx;
```

Deneyelim...

Bir önceki yazdıklarımızı bir dosya içine yazalım.

```
> madx

X: ==> call, file=dosyam.madx;
```

```
> madx < dosyam.madx    (linux)
```

MAD girdileri olarak kullanılan ifadeler

- Genellikle yapılan değer atamalar:
  - ❖ Demet özelliklerinin tanımlanması (parçacık türü, enerjisi, yayınımı...).
  - ❖ Hızlandırıcı bileşenlerinin özellikleri.
  - ❖ Hızlandırıcı örgüsünün kurulması.
  - ❖ Hızlandırıcı kusurlar ve hatalar.
- Genellikle gerçekleştirilen eylemler:
  - ❖ Örgü fonksiyonlarının hesaplanması.
  - ❖ Hızlandırıcı kusurlarının düzeltilmesi.
  - ❖ Bir hızlandırıcının alt birimlerinin birbirine eşleştirilmesi.

Hızlandırıcı bileşenlerinin tanımlanması

- Hızlandırıcının tüm bileşenleri MADX'e tanıtılmalıdır.
- Bileşenler teker teker tanımlanabildiği gibi,
- aileler **(sınıf, "class")** halinde de tanımlanabilirler.
- Bir ailenin içinde olan tüm bileşenlerin özellikleri aynı olacaktır.
- Tüm bileşenlerin kendine özgü isimleri olabilir (koşul değildir).
- Bu tanımlamalar, birbirini izleyen emirler ve ifadelerde kullanılabilir.

Hızlandırıcı bileşenlerinin tanımlanması

- Bir hızlandırıcı bileşeninin türünü tanımlamak için bazı MADX anahtar kelimeleri kullanırız (madx keywords).
- Tek bir bileşen ya da ortak bir isim vererek bir bileşenler sınıfı tanımlayabiliriz.
- Genel tanımlama biçimi:

  isim: anahtar_kelime, özellikler;

Şimdi bazı örnekler görelim...

Örnekler: Hızlandırıcı bileşenlerinin tanımlanması

- İki-kutuplu (eğici) magnet:

MBL: SBEND, L=10.0, ANGLE = 0.0145444;

- Dört-kutuplu (odaklayıcı) magnet:

MQ: QUADRUPOLE, L=3.3, K1 = 1.23E-02;

- Alto-kutuplu magnet:

ksf = 0.00156;
MSF: QUADRUPOLE, K2 := ksf, L=1.0;

Magnetik kuvvetlerin tanımlanması

- **İki-kutuplu (eğici) magnet:**

$$k_0 = \frac{1}{p/c} B_y[T] \quad \left(= \frac{1}{\rho} = \frac{angle}{\ell}[rad/m]\right)$$

DIP01: SBEND, L=10.0, ANGLE = angle, K0=k0;
DIP02: MBL; ! MBL ailesine ait
DIP03: MBL; ! MBL sınıfının bir "durumu"

- **Dört-kutuplu (odaklayıcı) magnet:**

$$k_1 = \frac{1}{p/c} \frac{\partial B_y}{\partial x}[T/m] \quad \left(= \frac{1}{\ell.f}\right)$$

MQA: QUADRUPOLE, L=3.3, K1 =k1;

Magnetik kuvvetlerin tanımlanması

- **Altı-kutuplu magnet:**

$$k_2 = \frac{1}{p/c}\frac{\partial^2 B_y}{\partial x^2}[T/m^2]$$

```
KLSF = k2;
MSXF: SEXTUPOLE, L=1.1, K2 = KLSF;
```

- **Sekiz-kutuplu magnet:**

$$k_3 = \frac{1}{p/c}\frac{\partial^3 B_y}{\partial x^3}[T/m^3]$$

```
KLOF = k3;
MOF: OCTUPOLE, L=1.1, K3 = KLOF;
```

Magnetik kuvvetlerin tanımlanması

- **LHC'nin iki-kutuplu magneti:**

```
uzunluk = 14.3;
B = 8.33;
PTOP = 7.0E12
ANGLHC = B*clight*uzunluk/PTOP;
MBLHC: SBEND, L=uzunluk, ANGLE = anglhc;
```

```
ANGLHC = 2*pi/1232;
MBLHC: SBEND, L=uzunluk, ANGLE = anglhc;
```

Deneyelim...

```
        > madx
X: ==> uzunluk = 14.3;
X: ==> B = 8.33;
X: ==> PTOP = 7.0E12;
X: ==> ANGLHC = B*clight*uzunluk/PTOP;
X: ==> MBLHC: SBEND, L = UZUNLUK, ANGLE = ANGLHC;
X: ==> value, mblhc->angle;
```

Kalın ve İnce Bileşenler

- **Kalın bileşenler:** Şimdiye kadar gördüğümüz tüm örnekler kalın bileşenler (ya da mercekler) içerdi.
- Bileşen uzunluğu ve kuvveti ayrı ayrı tanımlanır (dipole dışında):
  - \+ Daha hassas bir yaklaşım, yol farkları ve kenar alanları doğru.
  - − Parçacık izleme yaparken symplectic değil (bir sayısal integral metodu)

Kalın ve İnce Bileşenler

- **İnce bileşenler:** Uzunlukları "sıfır" olan bileşenler olarak tanımlanırlar.
- Bunların etkin alan integralleri tanımlanır ($k_0.L$, $k_1.L$, $k_2.L$, ...):
  - \+ Kullanımı kolaydır.
  - \+ Tekmeleri (kicks) kullanır (genlik-bağımlıdır), herzaman "symplectic" tir.
  - \+ Bu yüzden izleme için bu yaklaşım kullanılır.
  - − Yol uzunlukları tam olarak doğru değildir.
  - − Kenar alan etkileri tam olarak doğru değildir.
  - − Küçük hızlandırıcılar için bazı sorunlara sebep olabilir.

Kalın ve İnce Bileşenler

MADX'e Özel Bileşenler: Çok-kutuplular (multipoles)

- **Çok-kutuplu (multipole):** Uzunluğu sıfır olan genel bir bileşendir. Herhangi bir dereceden bir ya da daha fazla çok-kutuplu bileşeniyle kullanılabilir:

  cok_kutuplu: multipole, knl := {k_n0L, k_n1L, k_n2L, k_n3L, ...};

  ---> knl = k_n . L (n. dereceden normal alan bileşenleri)

- **Kullanması çok kolay:**

  mul1: multipole, knl := {0, k_1L, 0, 0, ...};

  (Bir odaklayıcı magnetin tanımlamasına eşdeğerdir.)

  mul0: multipole, knl := {angle, 0, 0, ...};

  (Bir eğici magnetin tanımlamasına eşdeğerdir.)

Kalın ve İnce Bileşenler

- Dersimizdeki örnekler için **"ince mercek"** yaklaşımı yapacağız (aksi belirtilmediği durumlarda).
- Kullanımı kolay ve analitik hesaplarımızla tutarlı olacak.
- Magnetlerimizi aşağıdaki gibi tanımlayabiliriz:

```
dipolum: multipole, knl := {angle, 0, 0, ...};
odaklayicim: multipole, knl := {0, k1L, 0, ...};
```

Bir "dizi" nin (sequence) tanımlanması

- Hızlandırıcımızı tanımlarken tüm bileşenlerinin konumlarını da tanımlamalıyız.
- Bileşenlerin konumları bir **"dizi"** (sequence) dosyasında, isimleri ile birlikte verilir.
- Herhangi bir bileşenin konumunu bileşenin **merkezinde**, **çıkışında** ya da **girişinde** tanımlayabiliriz.
- Konumlar mutlak ya da görece tanımlanabilir.

```
hpfbu_sps: SEQUENCE, REFER=CENTRE, L=6912;

...

...

ENDSEQUENCE;
```

Çeşitli bileşenlerin konumları burada belirtilir.

Bir "dizi" nin (sequence) tanımlanması

SPS Dizisinden Bir Kesit

```
SPS : SEQUENCE,              L = 6911.5038;

 BEGI.10010          : STARTSPS      , AT = 0;
 QF.10010            : QF            , AT = 1.5425       , SLOT_ID = 2361953;
 MBA.10030           : MBA           , AT = 6.575        , SLOT_ID = 2361954;
 MBA.10050           : MBA           , AT = 13.235       , SLOT_ID = 2361955;
 MBB.10070           : MBB           , AT = 19.885       , SLOT_ID = 2361956;
 MBB.10090           : MBB           , AT = 26.525       , SLOT_ID = 2361957;
 VVSA.10101          : VVSA          , AT = 29.9385      , SLOT_ID = 2361958;

  ...

  ...

 MBA.63570           : MBA           , AT = 6899.3611    , SLOT_ID = 2363841;
 MBA.63590           : MBA           , AT = 6906.0211    , SLOT_ID = 2363842;
 LOE.63602           : LOE           , AT = 6909.8401    , SLOT_ID = 2363843;
 LSF.63605           : LSF           , AT = 6910.5088    , SLOT_ID = 2363844;
 MDH.63607           : MDH           , AT = 6910.9838    , SLOT_ID = 2363845;
 BPH.63608           : BPH           , AT = 6911.2713    , SLOT_ID = 2363846;
 END.10010           : ENDOFSPS      , AT = 6911.5038;
ENDSEQUENCE;
```

Bir "dizi" nin (sequence) tanımlanması

```
circum = 6912;

// bending magnets as thin lenses
mbsps: multipole,knl={0.007272205};

// quadrupoles and sextupoles
qf: quadrupole,l=3.085,k1 =  0.0146315;
qd: quadrupole,l=3.085,k1 = -0.0146434;
lsf: sextupole,l=1.0,  k2 =  1.9518486E-02;
lsd: sextupole,l=1.0,  k2 = -3.7618842E-02;

// monitors and orbit correctors
bpm: monitor,l=0.1;
ch:  hkicker,l=0.1;
cv:  vkicker,l=0.1;
```

SPS Dizisi - Kalın Bileşenler

sps_all.seq

Bir "dizi" nin (sequence) tanımlanması

```
cassps: sequence, l = circum;
start_machine: marker, at = 0;
qf,  at = 1.5425;
lsf, at = 3.6425;
ch,  at = 4.2425;
bpm, at = 4.3425;
mbsps, at = 5.0425;
mbsps, at = 11.4425;
mbsps, at = 23.6425;
mbsps, at = 30.0425;
qd, at = 33.5425;
lsd, at = 35.6425;
cv,  at = 36.2425;
bpm, at = 36.3425;
 ...

 ...

mbsps, at = 6903.6425;
mbsps, at = 6910.0425;
end_machine: marker, at = 6912;
endsequence;
```

SPS Dizisi - Kalın Bileşenler

sps_all.seq

Bir "dizi" nin (sequence) tanımlanması

SPS Dizisi - Döngü içinde Bileşenler

```
circum=6912.0; // define the total length
ncell = 108; // define number of cells
lcell = circum/ncell;
// all magnets as multipoles
mbsps: multipole, knl={2.0*pi/(2*ncell)};
qfsps: multipole, knl={0.0, 4.36588E-02};
qdsps: multipole, knl={0.0,-4.36952E-02};
// sequence declaration;
cassps: sequence, refer=centre, l=circum;
   n = 1;
   while (n <= ncell) {
   qfsps: qfsps,   at=(n-1)*lcell;
   mbsps: mbsps,   at=(n-1)*lcell+16.0;
   qdsps: qdsps,   at=(n-1)*lcell+32.00;
   mbsps: mbsps,   at=(n-1)*lcell+48.00;
   n = n + 1;
}
endsequence;
```

s1.seq

Her yiğidin bir yoğurt yiyişi vardır...

İş akışı planı:

Kullanıcı tanımlı girdiler

Komutlar

Aperture
Alignments
Beams
Elements
Sequences
Strengths

Çalıştırılabilir girdiler (executables)

MADX

PTC

Demet dinamiği ve izleme sonuçları

Sonuçlar

Ardişlem sonuçları

Matlab, Root, Gnuplot, ...

MADX'in Kullanımı

- **Etkileşimli kullanım:**
  - ➡ Terminale **madx** komutunu girelim ve açılacak olan madx oturumunda komutları sıralayalım. (Büyük hızlandırıcılar için çok kullanışlı bir yöntem sayılmaz!)
  - ➡ Komut satırına **madx** yazalım ve önceden hazırlanmış bir girdi dosyasını çağıralım.

```
call, file=sps.mad;
```

- **Toplu iş dosyası ile kullanım için komut satırına aşağıdaki komutlar yazılır:**
  - ➡ **madx < sps.mad**
- **Şimdi komutların ve hızlandırıcı tanımlamalarının farklı dosyalarda oluşturulduğu bir örnek görelim:**
  - ➡ **sps.madx**: MADX komutları
  - ➡ **sps.seq**: Hızlandırıcı ile ilgili tanımlar.

- Burada ara verelim ve Candle örneği ile devam edelim.
- Geri kalan bölümü örgü tasarımı öncesinde öğreneceğiz.

Basit MADX yönergeleri

- Öncelikle girdi dosyasını ya da dosyalarını tanımlayacağız.
- Sonra kullanılacak demetin özelliklerini tanımlayacağız.
- Çeşitli hesaplamaları başlatacağız. (Twiss hesapları, hataların atanması, yörünge düzeltmeleri v.b. ...)
- Hangi parametrelerin sonuçlarını istediğimizi ve sonuçların çıktı biçimini belirleyeceğiz.
- Gerekli parametreleri denkleştireceğiz.

Kullanacağımız MADX komutları dosyası

```
TITLE, 'MAD-X deneme';

// Hizlandirici tanimlamasini iceren girdi dosyasini oku.
call file="sps.seq";
option,-echo,-thin_foc;

// Hizlandirici icin kullanilacak demeti tanimla.
Beam, particle = proton, sequence=hpfbu_sps, energy = 450.0;

// hpfbu_sps isimli diziyi kullan.
use, sequence=hpfbu_sps;

// Sonucun icermesini istedigin parametreleri belirle.
select,flag=twiss,column=name,s,betx,bety;

// Twiss parametrelerini hesaplamak icin TWISS komutunu calistir.
// Hesabi bilesenlerin merkezi icin yap ve sonucu twiss.out dosyasina
// yazdir.
twiss,save,centre,file=twiss.out;

// Bir dagitici magnetin 10. ve 16. kez belirdigi aralikta
// yatay ve dikey beta fonksiyonunu cizdir.

plot, haxis=s, vaxis=betx, bety,colour=100,range=qd[10]/qd[16];
plot, haxis=s, vaxis=dx, colour=100,range=qd[10]/qd[16];

survey,file=survey.out;

stop;
```

Kullanacağımız MADX komutları dosyası

```
TITLE, 'MAD-X deneme';

// Hizlandirici tanimlamasini iceren girdi dosyasini oku.
call file="sps.seq";
option,-echo,-thin_foc;
```

- **Girdi dosyasını çağırmalıyız:**
  - ❖ call, file="sps.seq";
  - ❖ Burada hızlandırıcının tanımlandığı bir dosya seçiyoruz.
  - ❖ Bu birkaç dosyaya da paylaştırılmış olabilir.

Kullanacağımız MADX komutları dosyası

```
TITLE, 'MAD-X deneme';

// Hizlandirici tanimlamasini iceren girdi dosyasini oku.
call file="sps.seq";
option,-echo,-thin_foc;

// Hizlandirici icin kullanilacak demeti tanimla.
Beam, particle = proton, sequence=hpfbu_sps, energy = 450.0;

// hpfbu_sps isimli diziyi kullan.
use, sequence=hpfbu_sps;

// Sonucun
select,flag

// Twiss par
// Hesabi bi
// yazdir.
twiss,save,

// Bir dagi
// yatay ve

plot, haxis
plot, haxis

survey,file=survey.out;

stop;
```

- Demetin türü ve özelliklerini tanımlamalıyız:
  - ❖ Parçacık türü
  - ❖ Enerjisi
  - ❖ Yayınımı, içindeki parçacık sayısı, ...

Kullanacağımız MADX komutları dosyası

```
TITLE, 'MAD-X deneme';

// Hizlandirici tanimlamasini iceren girdi dosyasini oku.
call file="sps.seq";
option,-echo,-thin_foc;

// Hizlandirici icin kullanilacak demeti tanimla.
Beam, particle = proton, sequence=hpfbu_sps, energy = 450.0;

// hpfbu_sps isimli diziyi kullan.
use, sequence=hpfbu_sps;
```

- **Hızlandırıcıyı etkinleştirmeliyiz:**
  - USE, sequence = hpfbu_sps;
  - "sps.seq" içinde başka diziler de bulunabilir.
  - USE komutu ile belirlenen dizi kullanılır.

Kullanacağımız MADX komutları dosyası

```
TITLE, 'MAD-X deneme';

// Hizlandirici tanimlamasini iceren girdi dosyasini oku.
call file="sps.seq";
option,-echo,-thin_foc;

// Hizlandirici icin kullanilacak demeti tanimla.
Beam, particle = proton, sequence=hpfbu_sps, energy = 450.0;

// hpfbu_sps isimli diziyi kullan.
use, sequence=hpfbu_sps;

// Sonucun icermesini istedigin parametreleri belirle.
select,flag=twiss,column=name,s,betx,bety;

// Twiss parametrelerini hesaplamak icin TWISS komutunu calistir.
// Hesabi bilesenlerin merke
// yazdir.
twiss,save,centre,file=twiss

// Bir dagitici magnetin 10.
// yatay ve dikey beta fonks

plot, haxis=s, vaxis=betx, b
plot, haxis=s, vaxis=dx, col

survey,file=survey.out;

stop;
```

- **SELECT komutu ile üzerinde çalışacağımız parametreleri seçmeliyiz. Seçilen parametrelerle şunlar yapılabilir:**
  - Twiss parametrelerinin hesabı
  - Örgü fonksiyonlarının kaydedilmesi
  - Beta fonksiyonun çizdirilmesi
  - ...

Kullanacağımız MADX komutları dosyası

```
TITLE, 'MAD-X deneme';

// Hizlandirici tanimlamasini iceren girdi dosyasini oku.
call file="sps.seq";
option,-echo,-thin_foc;

// Hizlandirici icin kullanilacak demeti tanimla.
Beam, particle = proton, sequence=hpfbu_sps, energy = 450.0;

// hpfbu_sps isimli diziyi kullan.
use, sequence=hpfbu_sps;

// Sonucun icermesini istedigin parametreleri belirle.
select,flag=twiss,column=name,s,betx,bety;

// Twiss parametrelerini hesaplamak icin TWISS komutunu calistir.
// Hesabi bilesenlerin merkezi icin yap ve sonucu twiss.out dosyasina
// yazdir.
twiss,save,centre,file=twiss.out;

// Bir dagitici magnetin 10. ve 16. kez belirdigi
// yatay ve dikey beta fonksiyonunu cizdir.

plot, haxis=s, vaxis=betx, bety,colour=100,range=q
plot, haxis=s, vaxis=dx, colour=100,range=qd[10]/q

survey,file=survey.out;

stop;
```

- Bir komut çalıştıralım; dairesel hızlandırıcı çevresinde örgü parametrelerinin hesaplanması:
  - twiss; ya da
  - twiss, file=output; ya da
  - twiss, sequence=hpfbu_sps;

Kullanacağımız MADX komutları dosyası

```
TITLE, 'MAD-X deneme';

// Hizlandirici tanimlamasini iceren girdi dosyasini oku.
call file="sps.seq";
option,-echo,-thin_foc;

// Hizlandirici icin kullanilacak demeti tanimla.
Beam, particle = proton, sequence=hpfbu_sps, energy = 450.0;

// hpfbu_sps isimli diziyi kullan.
use, sequence=hpfbu_sps;

// Sonucun icermesini istedigin parametreleri belirle.
select,flag=twiss,column=name,s,betx,bety;

// Twiss parametrelerini hesapl
// Hesabi bilesenlerin merkezi
// yazdir.
twiss,save,centre,file=twiss.ou

// Bir dagitici magnetin 10. ve 16. kez belirdigi aralikta
// yatay ve dikey beta fonksiyonunu cizdir.

plot, haxis=s, vaxis=betx, bety,colour=100,range=qd[10]/qd[16];
plot, haxis=s, vaxis=dx, colour=100,range=qd[10]/qd[16];

survey,file=survey.out;

stop;
```

- Bir komut çalıştıralım; beta fonksiyonu ve dağılım için bir grafik çıktı oluşturalım.

Kullanacağımız MADX komutları dosyası

```
TITLE, 'MAD-X deneme';

// Hizlandirici tanimlamasini iceren girdi dosyasini oku.
call file="sps.seq";
option,-echo,-thin_foc;

// Hizlandirici icin kullanilacak demeti tanimla.
Beam, particle = proton, sequence=hpfbu_sps, energy = 450.0;

// hpfbu_sps isimli diziyi kullan.
use, sequence=hpfbu_sps;

// Sonucun icermesini istedigin parametreleri belirle.
select,flag=twiss,column=name,s,betx,bety;

// Twiss parametrelerini hesaplamak icin TWISS komutunu calistir.
// Hesabi bilesenlerin merkezi icin yap ve sonucu twiss.out dosyasina
// yazdir.
twiss,save,centre,file=twiss.ou

// Bir dagitici magnetin 10. ve
// yatay ve dikey beta fonksiyo

plot, haxis=s, vaxis=betx, bety,colour=100,range=qd[10]/qd[16];
plot, haxis=s, vaxis=dx, colour=100,range=qd[10]/qd[16];

survey,file=survey.out;

stop;
```

- Bir komut çalıştıralım; hızlandırıcının geometrisini gözden geçirip sonucu bir çıktı dosyasına yazalım.

MADX Sonuç Çıktısına Bir Örnek

```
++++++ table: summ

          length             orbit5              alfa             gammatr
            6912                 -0     0.001504942753      25.77745337

              q1                dq1            betxmax              dxmax
      26.57999204      -1.67838253      108.7763569      2.44661758

            dxrms            xcomax            xcorms                 q2
      1.830638952                0                 0      26.62004577

             dq2            betymax             dymax             dyrms
     -1.680294089      108.7331749                 0                 0

           ycomax            ycorms            deltap           synch_1
                0                 0                 0                 0

          synch_2           synch_3           synch_4           synch_5
                0                 0                 0                 0
```

- "madx" uzantılı dosyayı çalıştırdığımızda komut satırında görülen program çıktısı.

MADX Sonuç Çıktısına Bir Örnek

```
@ NAME              %05s "TWISS"
@ TYPE              %05s "TWISS"
@ SEQUENCE          %09s "HPFBU_SPS"
@ PARTICLE          %06s "PROTON"
@ MASS              %le          0.938272013
@ CHARGE            %le                    1
@ ENERGY            %le                  450
@ PC                %le          449.9990218
@ GAMMA             %le          479.6050546
@ KBUNCH            %le                    1
@ BCURRENT          %le                    0
@ SIGE              %le                    0
@ SIGT              %le                    0
@ NPART             %le                    0
@ EX                %le                    1
@ EY                %le                    1
@ ET                %le                    1
@ LENGTH            %le                 6912
@ ALFA              %le       0.001504942753
@ ORBIT5            %le                   -0
@ GAMMATR           %le          25.77745337
@ Q1                %le          26.57999204
@ Q2                %le          26.62004577
@ DQ1               %le          -1.67838253
@ DQ2               %le         -1.680294089
@ DXMAX             %le           2.44661758
@ DYMAX             %le                    0
@ XCOMAX            %le                    0
@ YCOMAX            %le                    0
@ BETXMAX           %le          108.7763569
```

- "madx" uzantılı dosyayı çalıştırdığımızda oluşacak twiss.out dosyasından bir kesit.

1

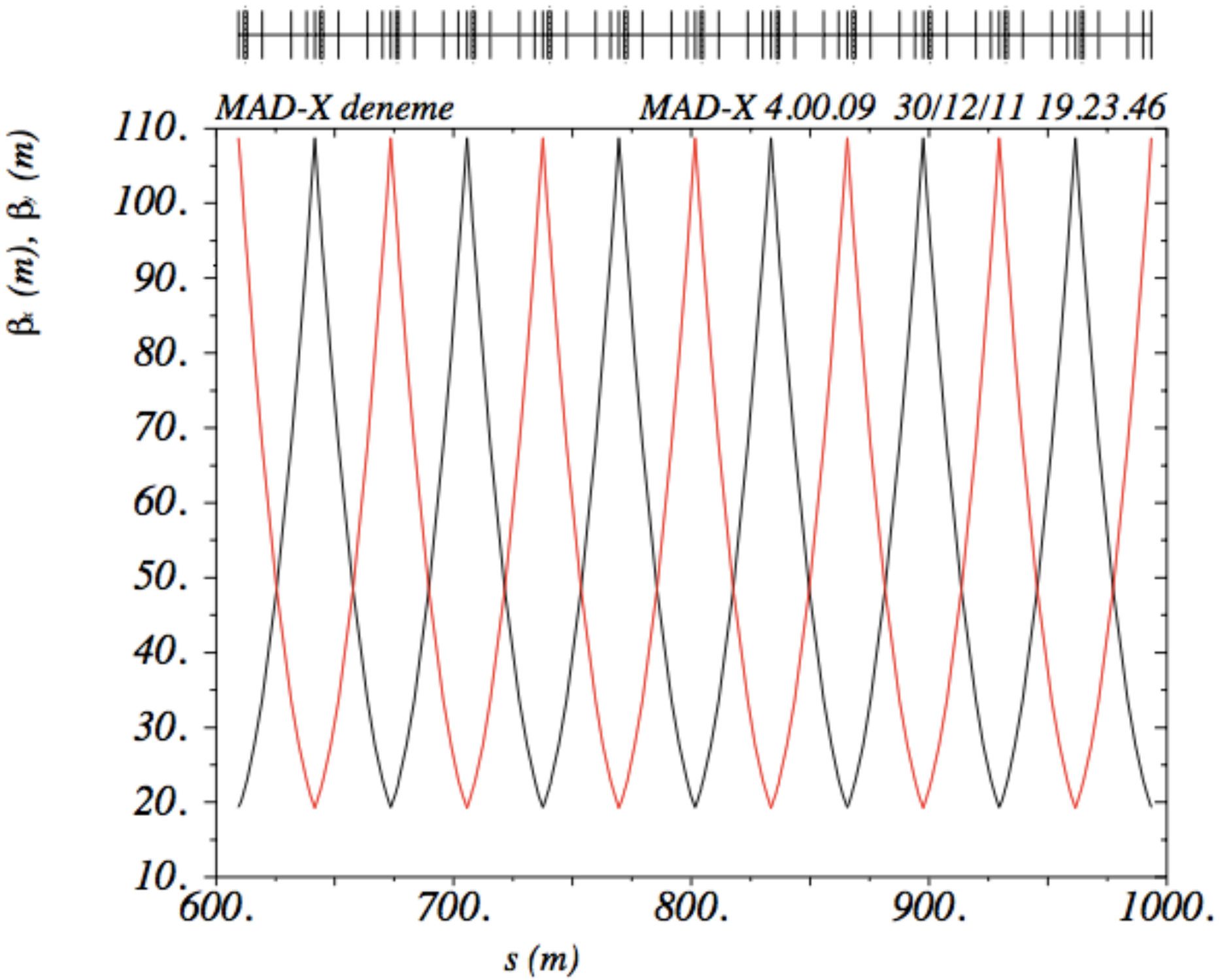
MADX Sonuç Çıktısına Bir Örnek

* NAME	S	BETX	BETY
$ %s	%le	%le	%le
"HPFBU_SPS$START"	0	101.5961579	20.70328425
"START_MACHINE"	0	101.5961579	20.70328425
"DRIFT_0"	0.77125	105.1499566	19.94571028
"QF"	1.5425	108.7763569	19.26082066
"DRIFT_1"	2.5925	103.8571423	20.21112973
"LSF"	3.6425	99.07249356	21.29615787
"DRIFT_2"	3.9424975	97.73017837	21.6309074
"CH"	4.2425	96.39882586	21.97666007
"DRIFT_3"	4.2925	96.17800362	22.03535424
"BPM"	4.3425	95.95748651	22.0943539
"DRIFT_4"	4.6925025	94.4223997	22.51590816
"MBSPS"	5.0425	92.90228648	22.95242507
"DRIFT_5"	8.2425	79.69728195	27.63752778
"MBSPS"	11.4425	67.74212222	33.5738988
"DRIFT_6"	17.5425	48.41469349	48.35614376
"MBSPS"	23.6425	33.6289371	67.68523387
"DRIFT_5"	26.8425	27.68865546	79.6433337
"MBSPS"	30.0425	22.99821861	92.85270185
"DRIFT_7"	31.7925	20.96178735	100.6058286
"QD"	33.5425	19.29915001	108.7331749
"DRIFT_1"	34.5925	20.25187715	103.8118608

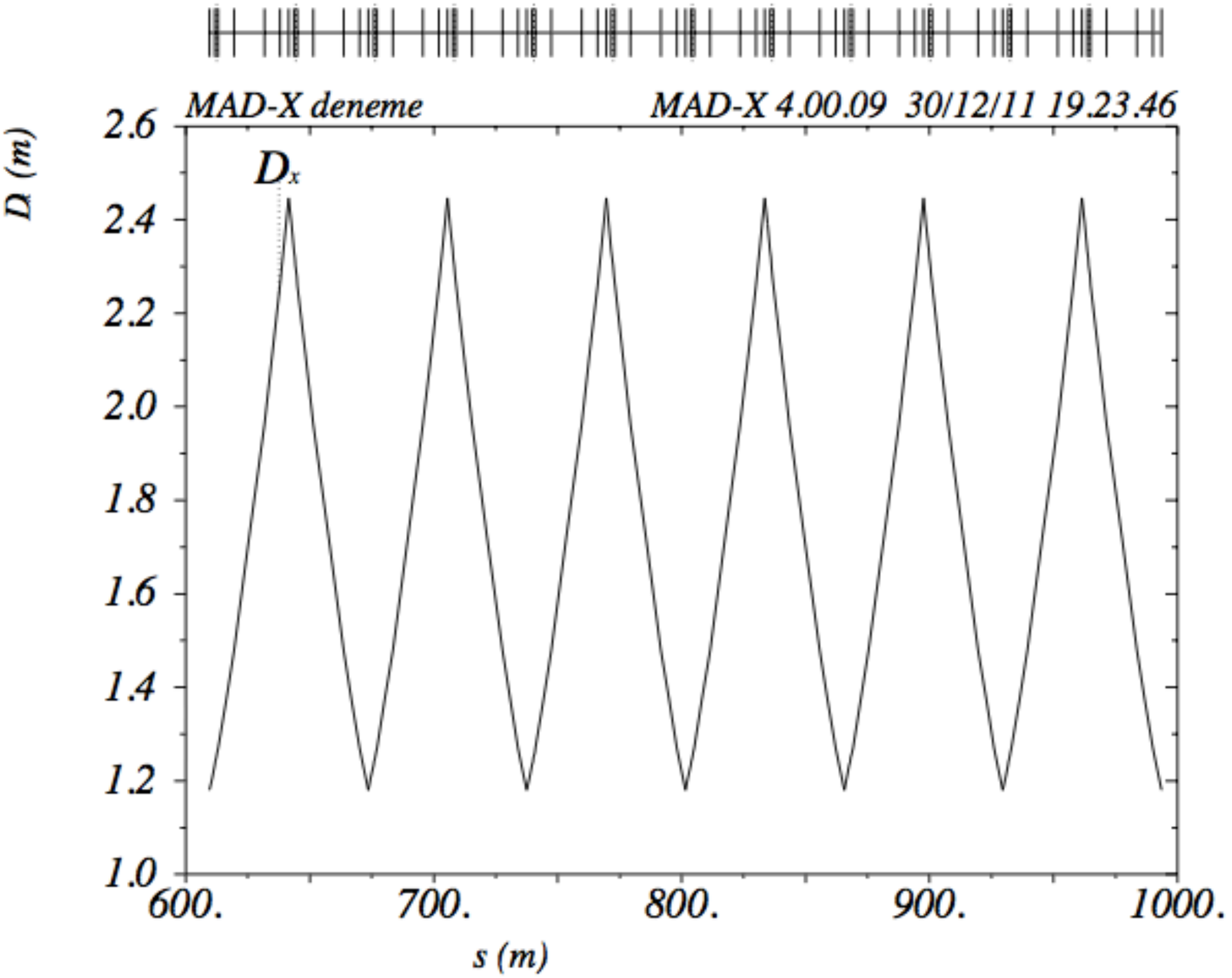
2

- "madx" uzantılı dosyayı çalıştırdığımızda oluşacak twiss.out dosyasından bir kesit.

MADX Grafik Çıktısına Bir Örnek: Beta fonksiyonları

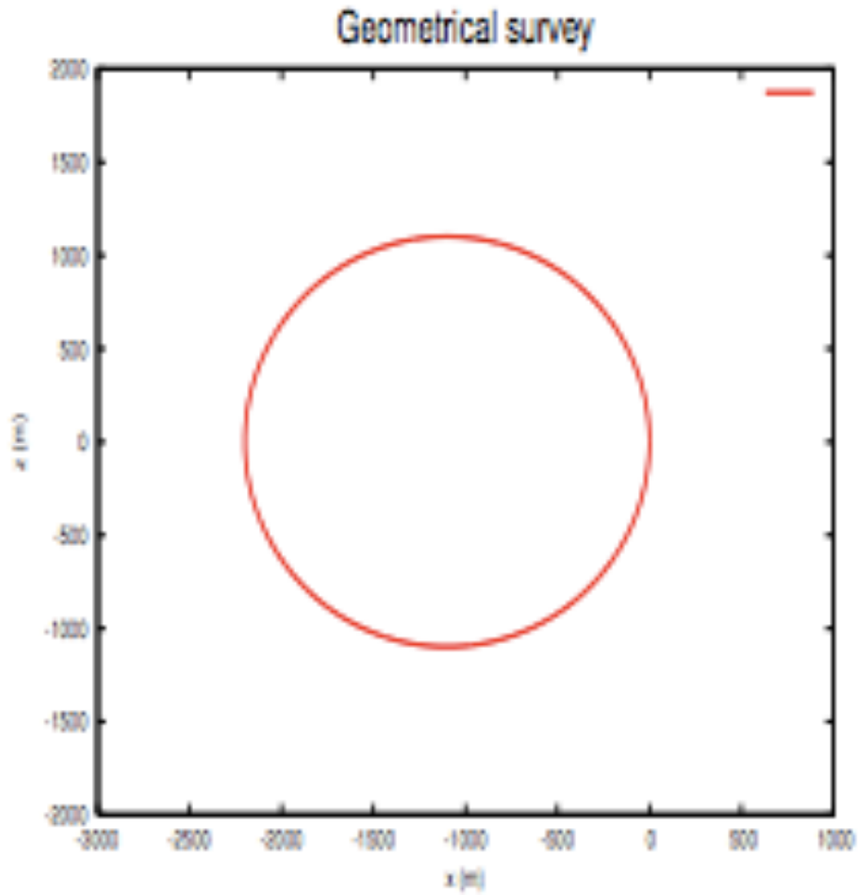


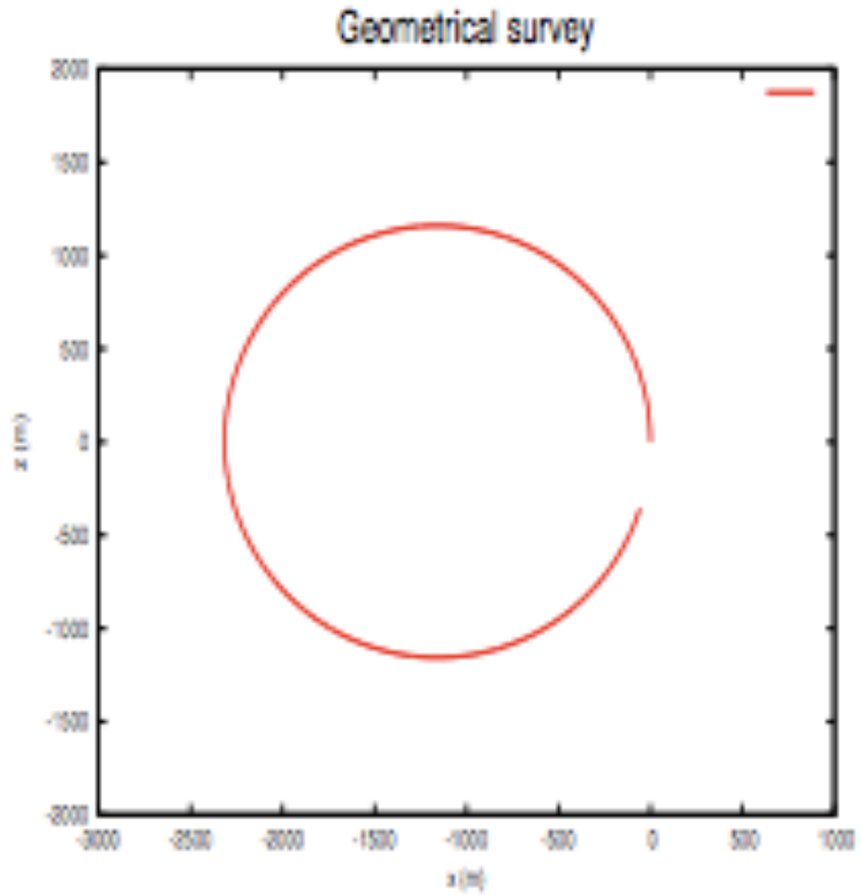
MADX Grafik Çıktısına Bir Örnek: Dağılım fonksiyonu



MADX Grafik Çıktısına Bir Örnek: Hızlandırıcı Tarama

- Geometrik tarama sonucu x, y, z, theta cinsinden mutlak koordinatları verecektir.
- Tarama sonucunun olumlu olması için x'in z'ye karşı çizimi bir halka vermelidir.





Optik denkleştirme

- İstenilen optik düzenlemenin gerçekleştirilebilmesi için optik denkleştirme yapılır.
- Temel uygulamaları:
  - Global optik parametrelerin ayarlanması (ayar, renksellik ...).
  - Yerel optik parametrelerin belirlenmesi (beta fonksiyonu ...) --> gelecek derslerde
  - Kusurların düzeltilmesi --> gelecek derslerde

Genel (global) parametrelerin denkleştirilmesi

- İstenilen genel parametreleri (ör: ayar, renksellik) elde edebilmek için magnetlerin kuvvetleri ayarlanır.
- Denkleştirme yaparken, istediğimiz hedef **parametre değerlerini** ve bunları elde etmek için ayarlanması gereken **bileşenleri** tanımlarız.
- MADX'de aşağıdaki parametreler geleneksel olarak genel parametreler olarak kabu edilirler:
  - **Q1**, **Q2**: Yatay ve dikey ayar.
  - **dQ1**, **dQ2**: Yatay ve dikey renksellik.

Genel (global) parametrelerin denkleştirilmesi

- Örnek olarak, hpfbu_sps dizisinde yatay (Q1) ve dikey (Q2) ayarları denkleştirelim.
- Bunu yaparken odaklayıcı magnetlerimizin kuvvetlerini (kqf, kqd) değiştirelim.

```
match, sequence=hpfbu_sps;
   vary,name=kqf, step=0.00001;   ⟶  değişecek
   vary,name=kqd, step=0.00001;   ⟶  değişecek
   global,sequence=hpfbu_sps,Q1=26.58;   ⟶  hedef değer
   global,sequence=hpfbu_sps,Q2=26.62;   ⟶  hedef değer
   Lmdif, calls=10, tolerance=1.0e-21;
endmatch;
```

sps_denklestir_genel.madx

Bazı ek bilgiler

- İlk bakışta girdi hazırlama dili karmaşık mı geldi?
- Bu biçimde iş yapmamızın bazı sebepleri:
  - Veri tabanı ve diğer programlarla arayüz olasıdır (mathematica, matlab, ...).
  - MADX için girdi dosyası hazırlayan programlar var.
  - Ağ-tabanlı uygulamalara olanak verir.
  - Daha karmaşık uygulamaların sağlanmasına olanak verir.

Neredeyiz?

- Buraya kadar edindiğimiz bilgilere (enine dinamik I ve II, MADX I dersleri) dayanarak:
  - Düzenli bir örgü hesaplarını ve tasarımını yapabiliriz.
  - Temel hızlandırıcı parametreleri ile oynayabiliriz (ayar, renksellik, beta fonksiyonu, ...).
- Bundan sonrası için bizi neler bekliyor?
  - Hızlandırıcılarda bulunabilecek kusurlar ve bunların düzeltilmesi.
  - Dağılım bastırıcı tasarımı.
  - Çok düşük beta fonksiyonu gerektiren eklentilerin düzenli örgü içine yerleştirilmesi.