

**MLC' LERİN IMRT GAMMA  
ANALİZİNE ETKİSİ:  
Tongue and Groove,  
Hız ve Pozisyon Hatalarının  
Kliniğe Etkisi**

İ.Ü. Onkoloji Enstitüsü  
Yrd. Doç. Dr. Murat OKUTAN

XIV. Medikal Fizik Kongresi 21-24 Kasım 2013 ANTALYA

# IMRT'de Hata Kaynakları

- **LINAC Ölçüm Süreci (%30)**
  - Ölçüm tekniği, ölçüm sistemindeki kabul limitleri
  - Uygulamadaki insan hataları
- **Tedavi Planlama Sistemi (%50)**
  - Doğru olmayan veri, modelleme ve yazılım hataları,
  - IMRT planınının kompleksliği.
- **Tedavi sistemi ve LINAC (%20)**
  - Verim hatası, MLC hatası, Hasta sabitleme sistemindeki hatalar

# Tedavi Planlama Sisteminin Kabulü

- **Doğru Data Girişi**

3D Profiller için,

- Uygun ölçüm dozimetrimin seçilmesi
  - Örnek; Uygun iyon odası ile profil penumbra ölçümü

Nokta ölçümler,

- Out-put faktörünün ölçümü
- Küçük alan ölçümleri
- MLC geçirgenliğinin ölçülmesi

# Tedavi Planlama Sisteminin Kabulü

- **Parametrelerin Modellenmesi (MLC tabanlı)**
  - Yuvarlatılmış MLC sonu modelleme
  - MLC lif kenarı modelleme
  - MLC geçirgenlik
  - Jaw geçirgenliği
  - Lif arası sızıntı (Inter-leaf leakage)

# Tedavi Planlama Sisteminin Kabulü

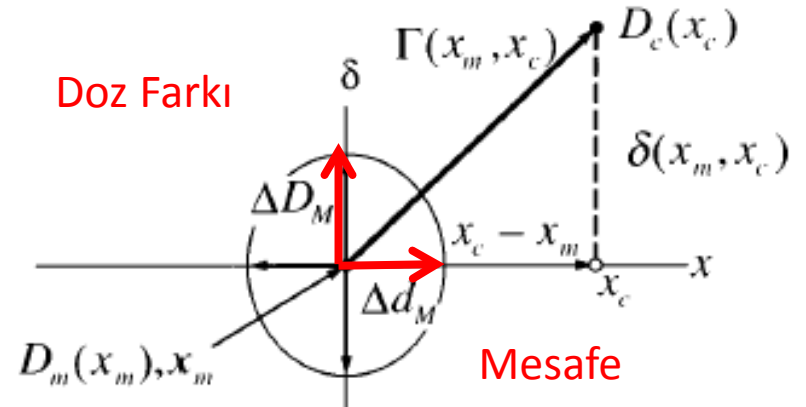
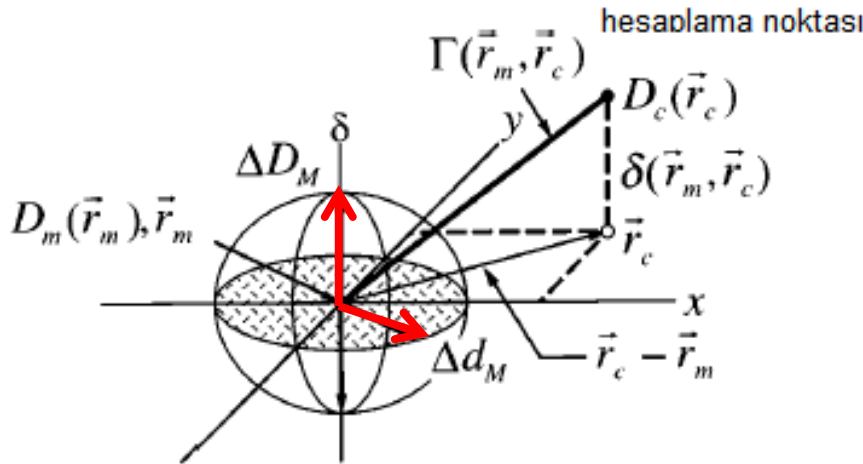
MLC geçirgenliğinin TPS'ye yanlış Girilmesi

Yaprak geçirgenliği %3 → Gamma Index **Passing Rate: %43.4**

Yaprak geçirgenliği %1.5 → Gamma Index **Passing Rate:%96.2**

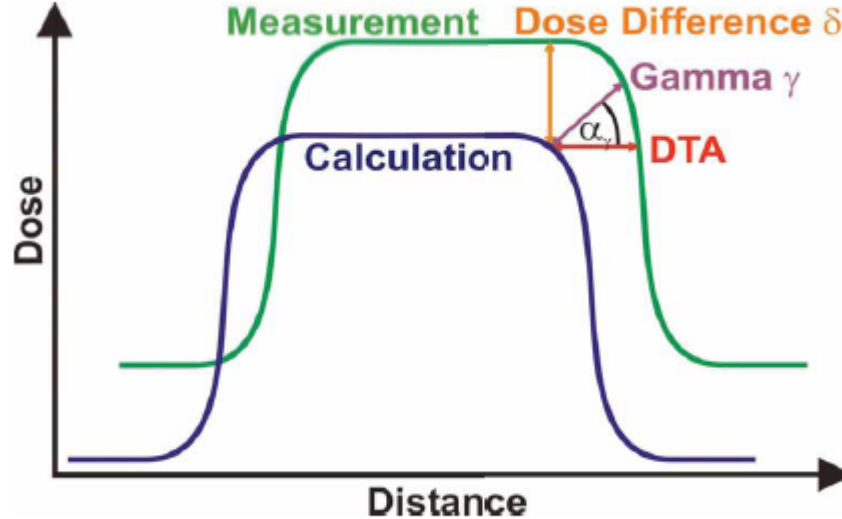
# Gama Değerlendirmesi (Gamma Evaluation)

- İlk olarak Low ve ark. tarafından kullanılan bu metod, doz dağılımlarını iki boyutlu karşılaştırma imkanı verir.
- Ölçülen dozu referans olarak kabul edip doz farkı (DD: Dose difference) ve mesafe uyumuna (DTA :Distance to agreement ) dayanarak analiz yapan bir yöntemdir.



# Gama Değerlendirmesi (Gamma Evaluation)

- Doz farkı için %3, DTA (Mesafe Uyumu) için 3mm ;  
Gamma index  $\leq 1$  ise hesaplanan değer analizi geçer,  
Gamma index  $>1$  ise hesaplanan değer analizi geçemez.



Gamma analiz için en iyi genel kriter 3%/3mm kriteridir (Nelms & Simon, 2007).

# ESTRO BOOKLET NO. 9: GUIDELINES FOR THE VERIFICATION OF IMRT

**Table 7.4** Proposed values of the confidence limits and action levels for IMRT treatments (from Palta *et al.*, 2003).

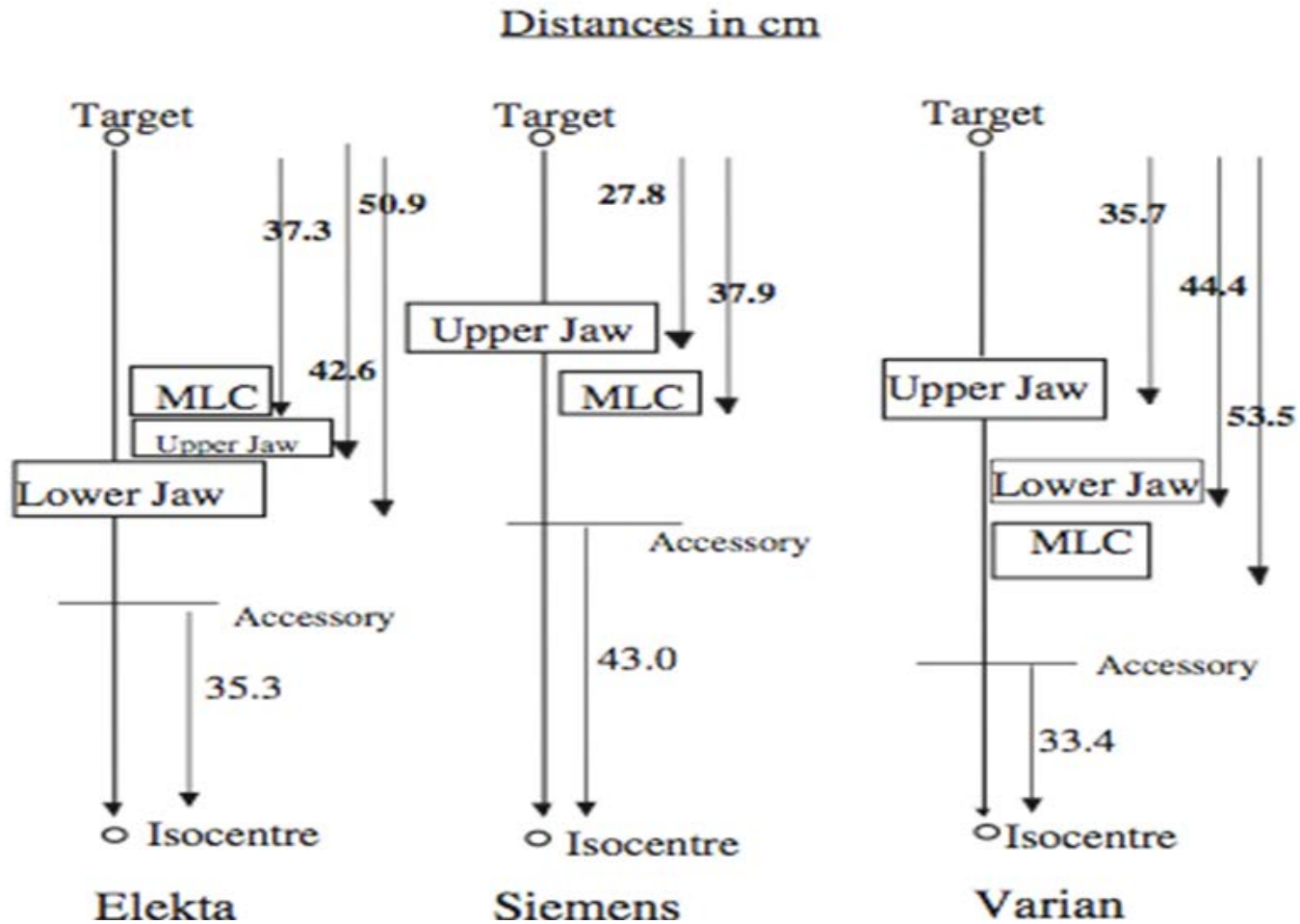
<i>Region</i>	<i>Confidence Limit*</i>	<i>Action Level</i>
High dose, low dose gradient	+/-3%	+/- 5%
High dose, high dose gradient	10% or 2mm DTA	15% or 3mm DTA
Low dose, low dose gradient	4%	7%
Dose fall off (d <sub>90-50%</sub> )	2mm DTA	3mm DTA

\* The confidence limit is defined as the sum of the average deviation and 1.96 SD. The average deviation used in the calculation of confidence limit for all regions is expressed as a percentage of the prescribed dose according to the formula:  $100\% \times (D_{\text{calc}} - D_{\text{meas}} / D_{\text{prescribed}})$ .

Yüksek doz düşüş bölgesinde doz değişimi çok fazladır.  
Bu bölgeler için limit biraz daha arttırılabilir.

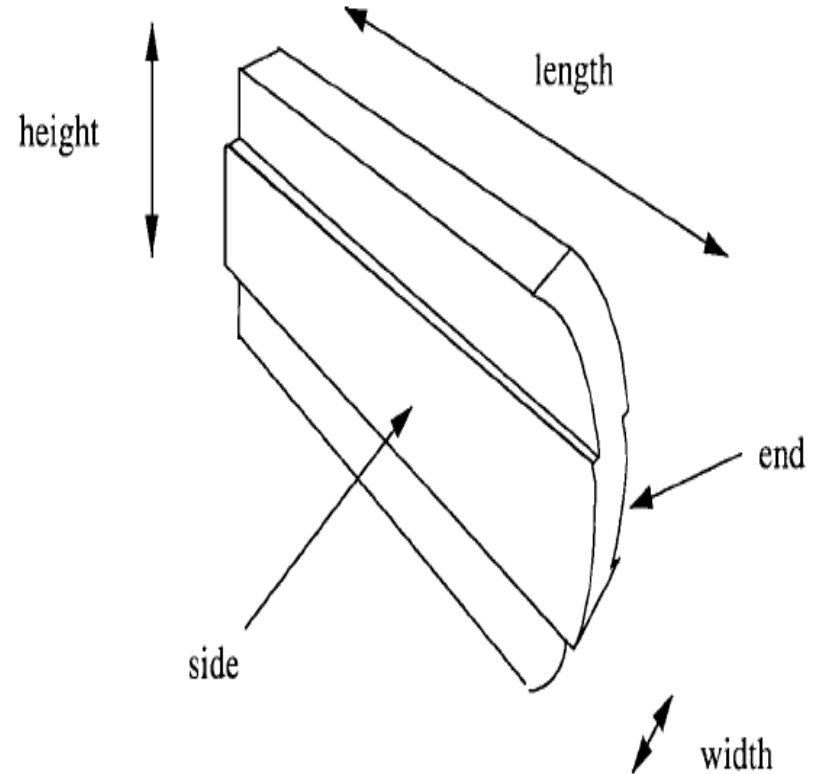


# Linac MLC Dizaynı



# Tek Yaprak MLC Profili

- Her lifin kalınlığı ışın geçirgenliği %1 olacak şeklindedir.
- Yaprakların genişliği izosantrda MLC dizaynına göre 0,5-1 cm. dir.
- Lif dizaynları MLC nin odaklama özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Odaklama özellikleri ;
  - paralel,
  - tek odaklı ve
  - çift odaklı olmak üzere gruplanır.



# Leaf End ( Lif Sonu)



**Elekta**  
**Düz Lif sonu**



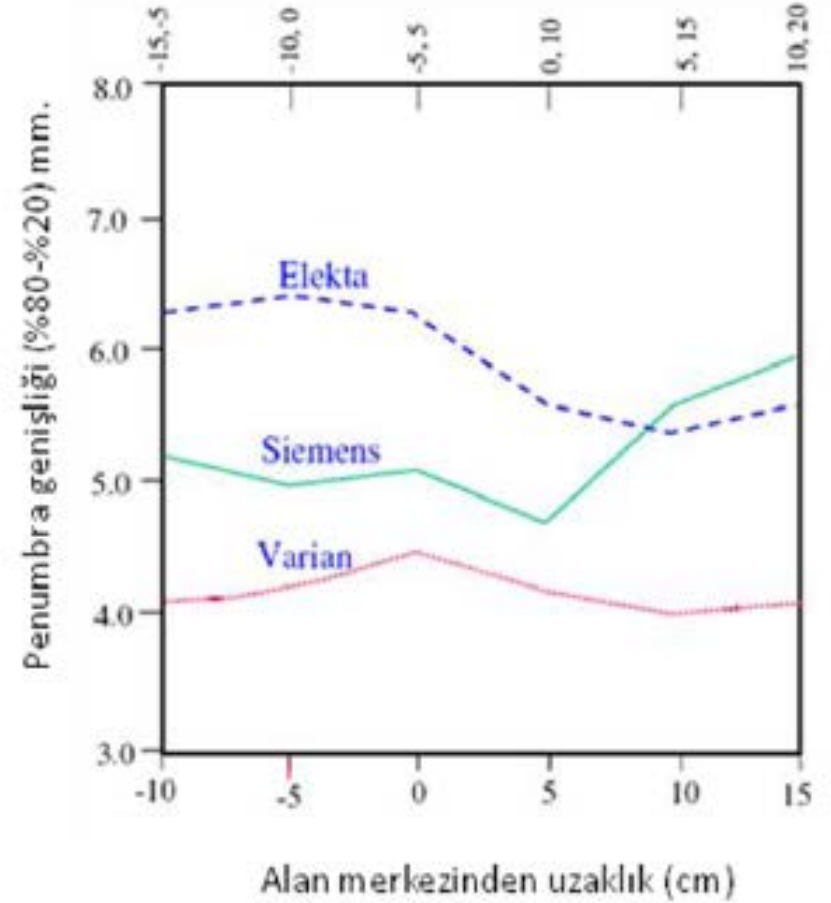
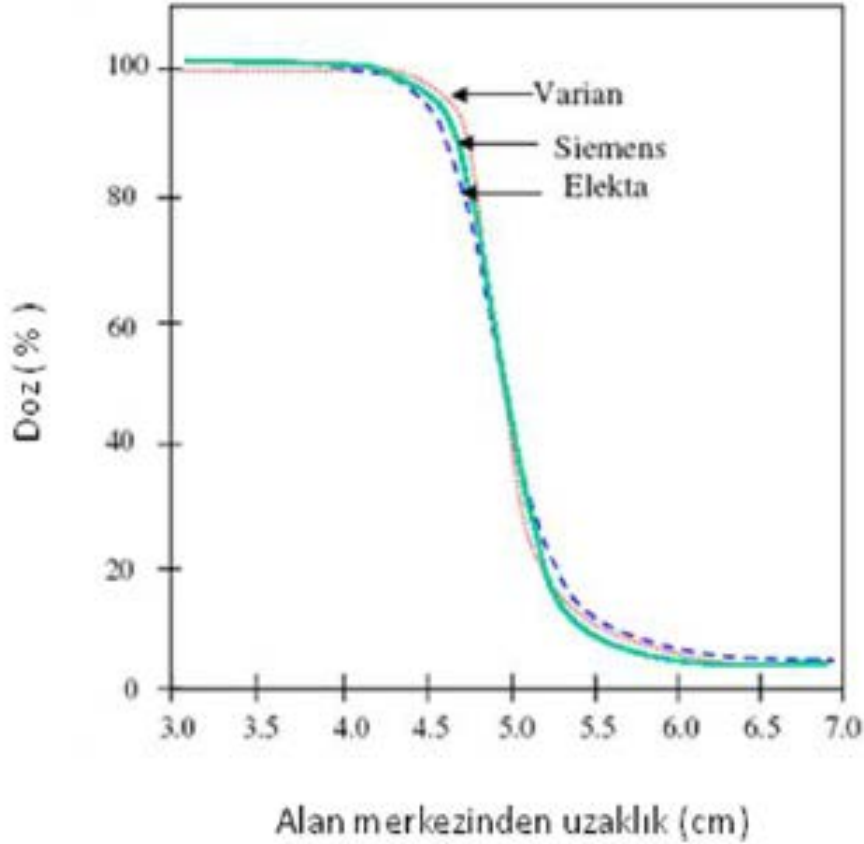
**Varian**  
**Yuvarlak Lif sonu**



**Siemens**  
**Huzme diverjansına uygun Lif**

- Paralel lifler, birbirine paralel kenarlara sahip liflerden oluşur.
- Tek odaklı liflerin uçları genellikle yuvarlaktır.
- Çift odaklı liflerin ise huzme diverjansına uygun uçları vardır (küçük penumbra elde edilebilir).

# MLC ve Penumbra



Farklı MLC modelleri için aynı alanlarda penumbralar benzerdir.

# MLC Sızıntıları

## İntra leaf transmission/leakage:

### (Lif içi geçirgenlik)

Leaf yüksekliği (kalınlığı) boyunca oluşan sızıntı Radyasyon

## İnter leaf transmission:

### (Lif arası geçirgenlik)

Komşu iki leaf arasındaki transmission (Tongue and Groove Effect)

## Tongue and Groove Effect:

Komşu MLC çiftleri arasındaki sızıntıyı azaltmak için design edilen kolimatörlerden gelen etki

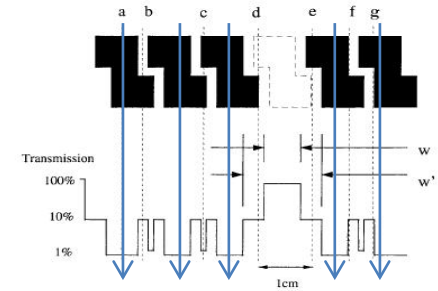


Figure 7. Illustration of different leakage paths between leaves and the effect of leaf cross-section shape on penumbra along the side of an MLC leaf.

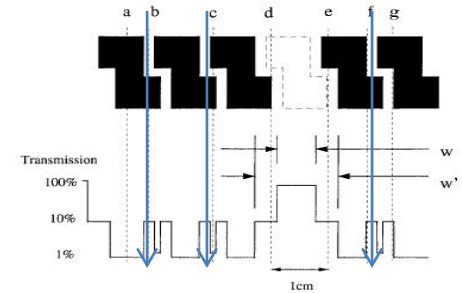
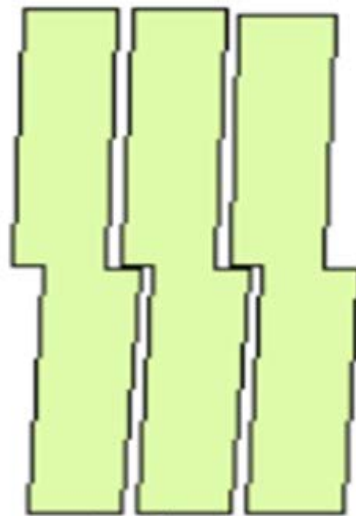
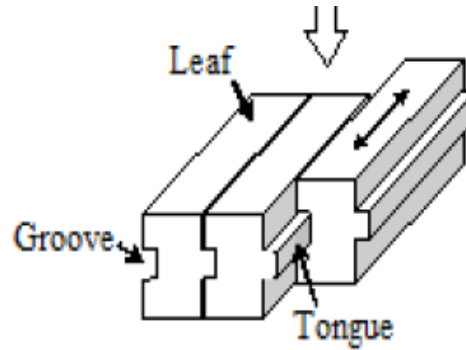
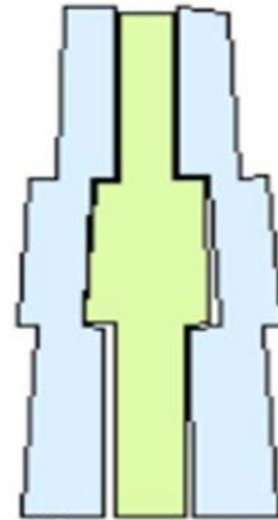


Figure 7. Illustration of different leakage paths between leaves and the effect of leaf cross-section shape on penumbra along the side of an MLC leaf.

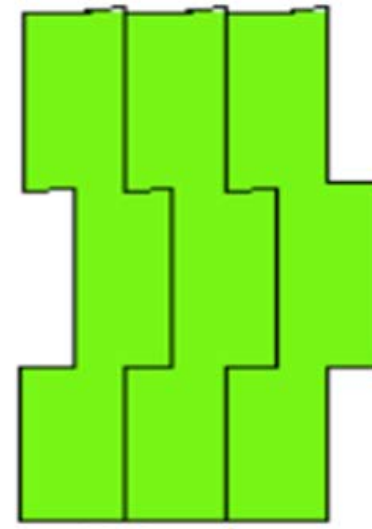
# Tongue and Groove Etki



**Elekta**



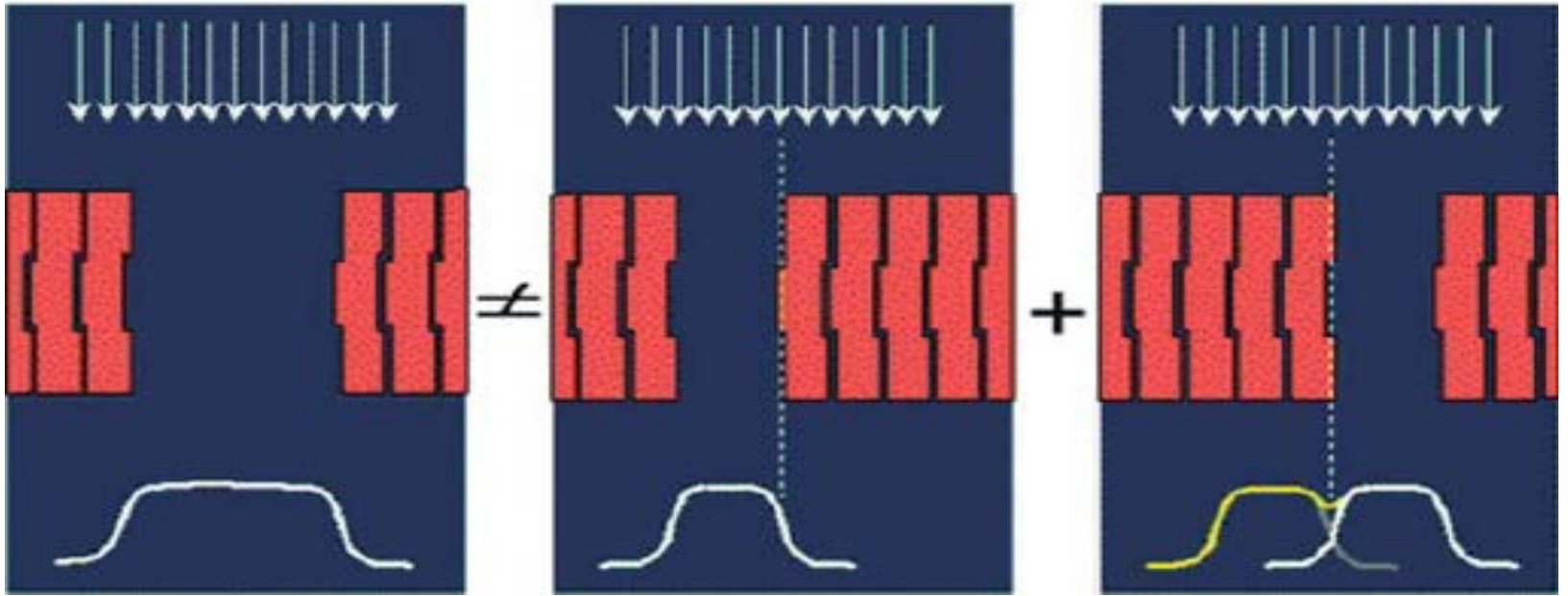
**Siemens**



**Varian**

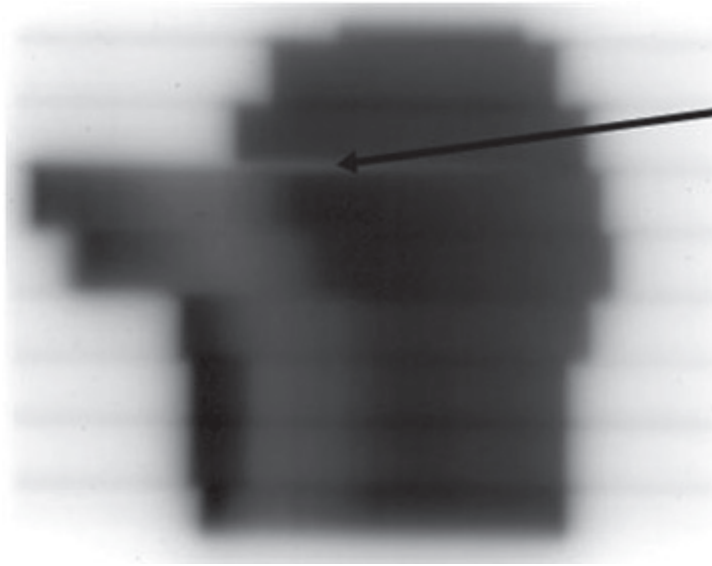
# Tongue and Groove Etki

Lifler arası sızıntıyı engellemek için bazı linaklarda MLC ,Tongue and Groove dizaynına sahiptir.



İki alt alanın kenarı Tongue and Groove dizaynının küçük bir farklılığından dolayı lifler tarafından absorblanmakta ve sonuçta alt alanların birleşim yerinde yaklaşık %20'lik bir doz düşüklüğü oluşmaktadır.

# Tongue and Groove Etki

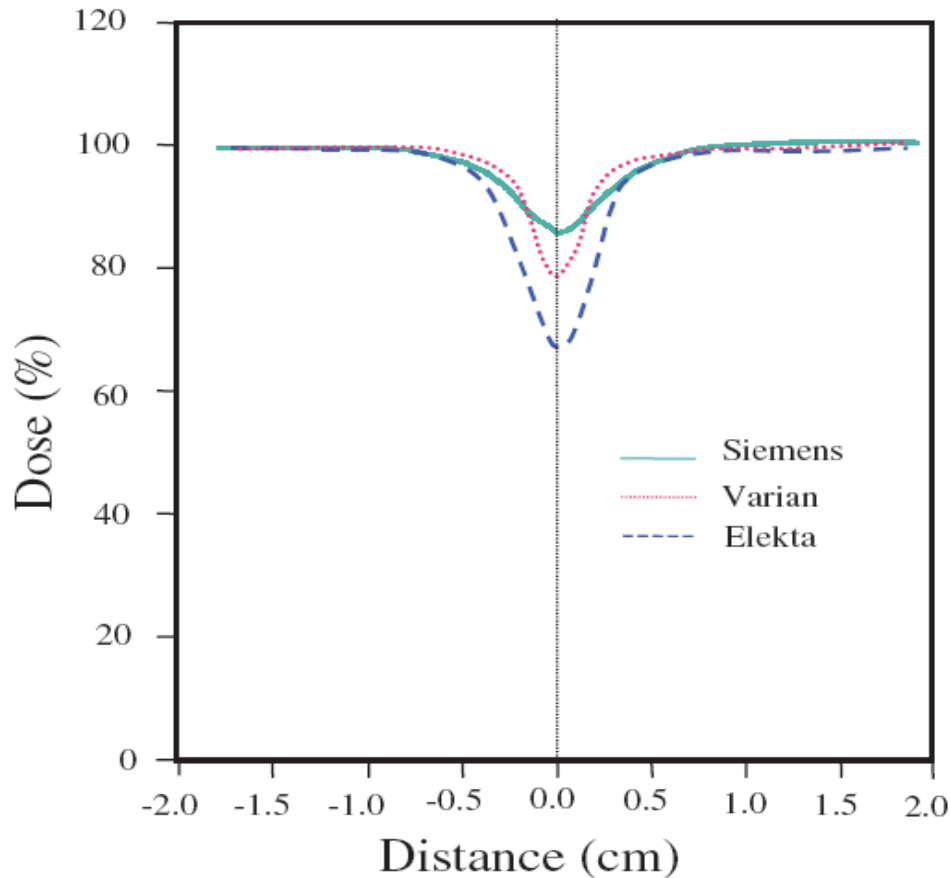


Tongue and Groove Etki



# Tongue and Groove Etki

Tongue & Groove Effect

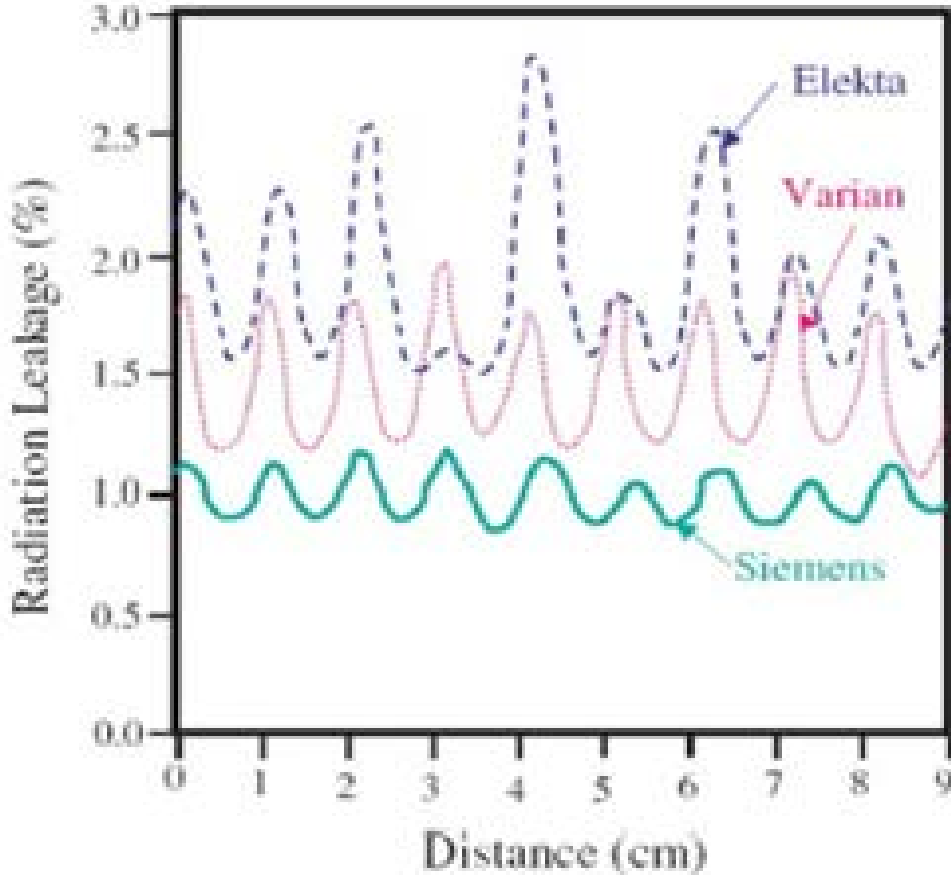


Huq et. al.;  
A dosimetric comparison of  
various multileaf collimators

MLC performans değerlendirmesi  
Tongue and Groove Etki

- Elekta için %67
- Varian için %78,
- Siemens cihazı için %86

# Inter ve Intraleaf Sızıntı

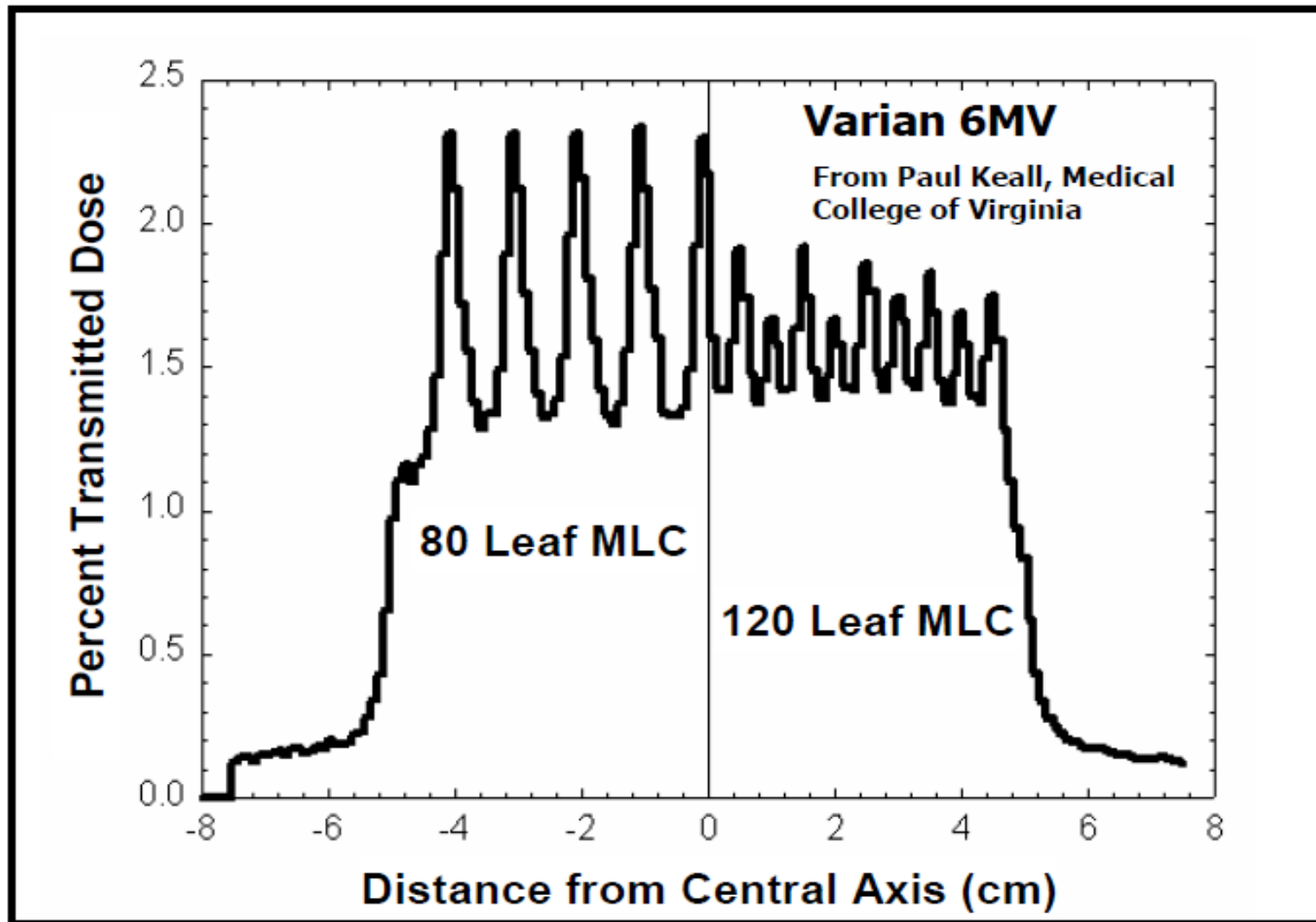


- TPS de Sızıntı, bir değer olarak tanımlanmalıdır.

- Segment sayılarının artması, ölçülen ve hesaplanan doz farkını arttıracaktır.

- Bu Liteartür Sonucu: **‘Tavsiye edilebilir hiçbir mükemmel MLC sistemi yoktur’**

# MLC'ler arası sızıntı



# TPS commissioning

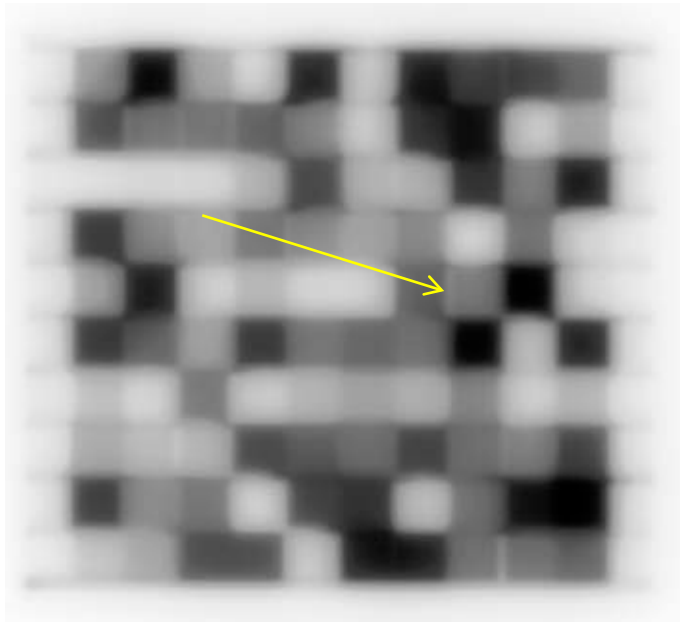
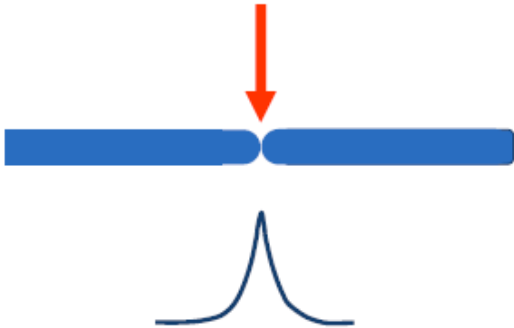
**Dosimetric Data**

Machine:

Energy:

Material	Parameter	Value
MLC	Transmission Factor	0.015000
MLC	Dosimetric Leaf Gap [cm]	0.200000
BL1	Transmission Factor	0.030000
Block Tray	Transmission Factor	0.970000

# Yuvarlatılmış Leaf Sonu Geçirgenliği-dls



**MLC Configuration Properties**

General | **MLC** | Comment

**ID**  
Millennium\_120

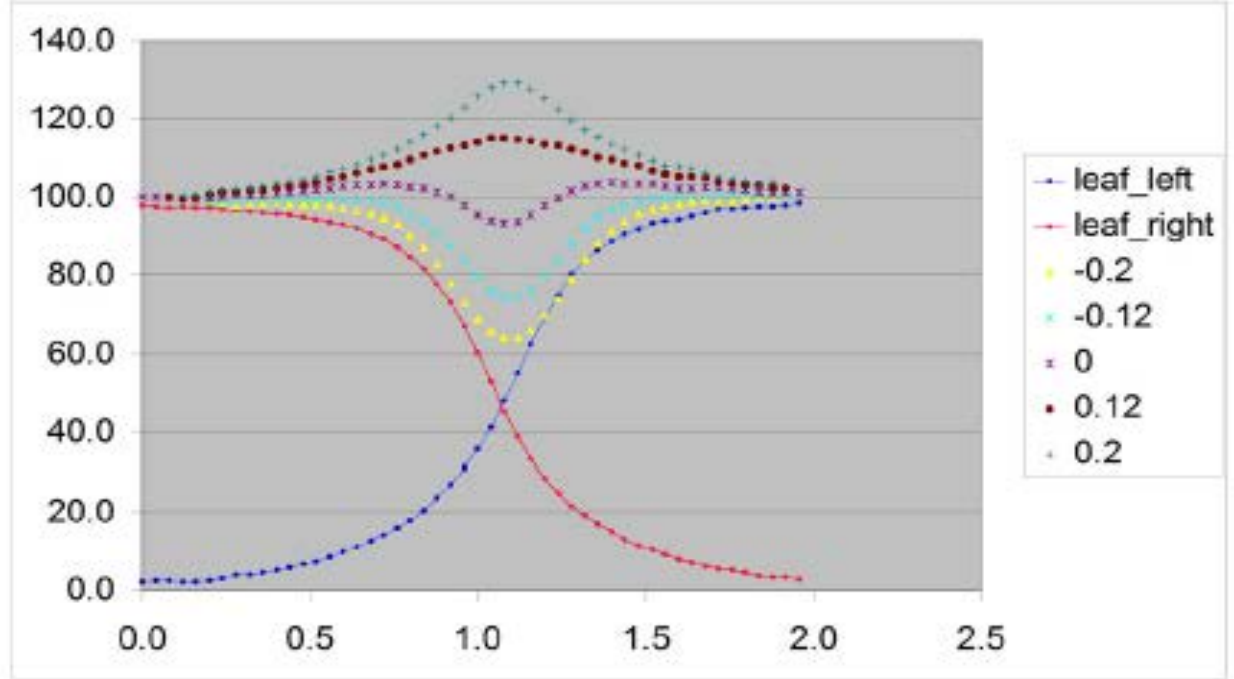
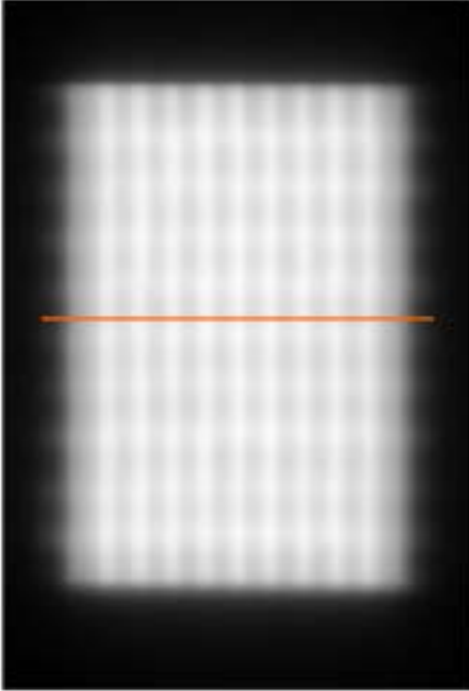
Manufacturer: Varian Medical Systems  
Model: Millennium 120  
Serial No.: 4381  
Rotation: 0.0 deg

**Leaf**

Minimum Dose Dynamic Leaf Gap: 0.0500 cm  
Minimum Arc Dynamic Leaf Gap: 0.0500 cm  
Minimum Static Leaf Gap: 0.0500 cm  
Maximum Leaf Speed: 2.50 cm/s  
Dose Dynamic Leaf Tolerance: 0.200 cm  
Arc Dynamic Leaf Tolerance: 0.500 cm

Arc Enabled     Dose Enabled    Details

# Sistematik MLC pozisyon hataları



Karşılıklı lif pozisyonları arasında farklı aralıklar ve yuvarlak lif sonu ile oluşan doz profilleri.

	IMRT	SRS/SBRT
Dozimetrik		
X-ışını output sabitliği	%2	
Doz hızı değişimi	%2	%2
Foton ışını profili düzgünlüğü	%2	
Mekanik		
Işık/ışın alanı uyumu	2 mm veya her bir alan kenarı için %1	
Işık/ ışın alan uyumu asimetric	1 mm veya her bir alan kenar için %1	
SSD mesafe göstergesi	1 mm	
Jaw pozisyon göstergesi	1 mm	
Cross hair	1 mm	
Tedavi masası pozisyon doğruluğu	1 mm	<1 mm/0.5°
Gantry/Collimator açısı göstergeleri (90, 270, 0, 180)	1°	
Lazer göstergeleri	±1 mm	<±1 mm
MLC pozisyon doğruluğu	±1 mm	
MLC transmisyon	±0.5 mm acceptance değerinden sapma	
Dinamik IMRT tekniği için MLC hızındaki değişim	<0.5 cm/s	

IMRT: Yoğunluk ayarlı radyoterapi; SRS/SBRT: Stereotaktik radyocerrahi; SSD: Kaynak yüzey mesafesi; MLC: Çok yapraklı kolimatör.

TABLE V. Multileaf collimation (with differentiation of IMRT vs non-IMRT machines).

Procedure	Tolerance	
Qualitative test (i.e., matched segments, aka “picket fence”)	Weekly (IMRT machines)	
	Visual inspection for discernable deviations such as an increase in interleaf transmission	
Setting vs radiation field for two patterns (non-IMRT) Backup diaphragm settings (Elekta only) Travel speed (IMRT)	Monthly	
	2 mm	
	2 mm	
	Loss of leaf speed >0.5 cm/s	
Leaf position accuracy (IMRT)	1 mm for leaf positions of an IMRT field for four cardinal gantry angles. ( <i>Picket fence</i> test may be used, test depends on clinical planning-segment size)	
MLC transmission (average of leaf and interleaf transmission), all energies	Annually	
	±0.5% from baseline	
	Leaf position repeatability	±1.0 mm
	MLC spoke shot	≤1.0 mm radius
	Coincidence of light field and x-ray field (all energies)	±2.0 mm
	Segmental IMRT (step and shoot) test	<0.35 cm max. error RMS, 95% of error counts <0.35 cm
	Moving window IMRT (four cardinal gantry angles)	<0.35 cm max. error RMS, 95% of error counts <0.35 cm



# Impact of MLC leaf position errors on simple and complex IMRT plans for head and neck cancer\*

G Mu, E Ludlum and P Xia

1 mm sistematik hata;

$D_{\%95}$  için ortalama değişiklik Basit planda (<50 Segment) %4

Komplex planda (>100 Segment) %8

Kritik Organ  $D_{0.1\text{ cc}}$  ortalama değişiklik Basit planda %4

Komplex planda %12

**Parotis** için ortalama değişiklik Basit planda %9

Komplex planda %13

# Physical and dosimetric aspects of a multileaf collimation system used in the dynamic mode for implementing intensity modulated radiotherapy

Thomas LoSasso,<sup>a)</sup> Chen-Shou Chui, and C. Clifton Ling

*Department of Medical Physics, Memorial Sloan-Kettering Cancer Center, 1275 York Avenue, New York, New York 10021*

LoSasso ve ark. dinamik modda çalışan MLC için  
**±1mm lik** pozisyon hatasının 1cm.lik bölgede **%10**

**DOZ HATASI !!!**

Monte Carlo based IMRT dose verification using MLC log files and R/V outputs.

Luo W ; Li J ; Price RA Jr ; Chen L ; Yang J ; Fan J ; Chen Z ; McNeeley S ; Xu X ; Ma CM

**1 mm.** sistematik lif pozisyon hatası,  
Target dozunda %5 **DOZ HATASI!!!**

*Med.Phys. 2006; 33: 2557-2564*

# Tolerances on MLC leaf position accuracy for IMRT delivery with a dynamic MLC

Alejandra Rangel<sup>a)</sup>

*Department of Medical Physics, Tom Baker Cancer Centre, 1331-29 Street NW, Calgary, Alberta T2N 4N2, Canada and Department of Physics and Astronomy, University of Calgary, 2500 University Drive NW, Calgary, Alberta T2N 1N4, Canada*

Peter Dunscombe

*Department of Medical Physics, Tom Baker Cancer Centre, 1331-29 Street NW, Calgary, Alberta T2N 4N2, Canada; Department of Physics and Astronomy, University of Calgary, 2500 University Drive NW, Calgary, Alberta T2N 1N4, Canada; and Department of Oncology, Tom Baker Cancer Centre, 1331-29 Street NW, Calgary, Alberta T2N 4N2, Canada*

Sistematik **1 mm**. MLC hatalarında,

Prostat hastaları için CTV de % **2.7 DOZ HATASI!!!**

Baş-Boyun hastaları için CTV de % **5.6 DOZ HATASI!!!**

## Understanding the impact of RapidArc therapy delivery errors for prostate cancer

Mike Oliver,<sup>a</sup> Karl Bush, Sergei Zavgorodni, Will Ansbacher,  
Wayne A. Beckham

*Department of Medical Physics, British Columbia Cancer Agency, Victoria,  
British Columbia, Canada  
moliver@hscrc.on.ca*

Received 11 July, 2010; accepted 21 March, 2011

RapidArc prostat tedavi planlarında (Gantry, MU ve MLC)  
değişim parametreleri için  
Sistemik ve Random hatalarda PTV dozunda

**1 mm. de %8 DOZ HATASI!!!**

# SONUÇ

- IMRT ile tedavilerde istenilen başarıya ulaşılabilmesi için kullanılan cihaza ait mekanik kontrollerin yapılması ve sürekliliğinin sağlanması ilk adımdır.
- TPS bilgisayarlarına cihaz MLC bilgilerinin eksiksiz girilmesi gerekmektedir.
- Başarılı bir tedavinin gerçekleşmesi için TPS de hazırlanan IMRT planlarının dozimetrik ölçüm yöntemleri ile doğrulanması zorunludur.

Teşekkürler...