

TRS 398 VE YÜKSEK ENERJİLİ FOTONLARDA DOZ KALİBRASYONU

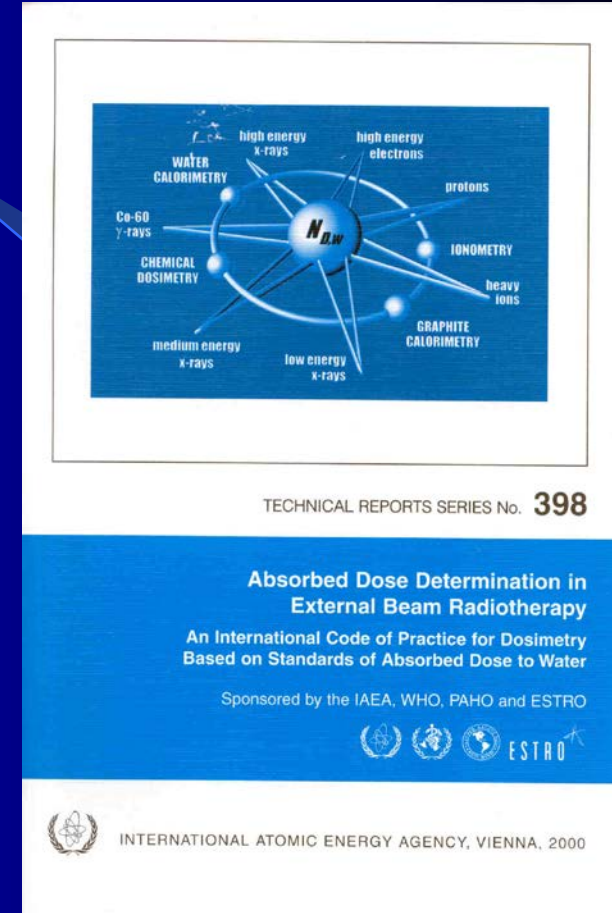
Kalibrasyonun Önemi

Radyasyon demetinin kalibrasyonu komplike ölçümlere ve pek çok dönüşüm ve düzeltme faktörünün uygulanmasına dayanmaktadır. Bu yüzden kalibrasyon işleminin bütün basamakları belirsizliğe yol açmayacak şekilde belirtilmelidir.

Bunun için IAEA 1987 yılında kalibrasyon işleminin bütün basamaklarını detaylı bir şekilde anlatan, fiziksel etkileşimler ve düzeltme faktörlerinin sayısal değerlerini veren böylece bizim soğrulan dozu tespit etmemizi sağlayan TRS 277 nolu protokolu geliştirmiştir.

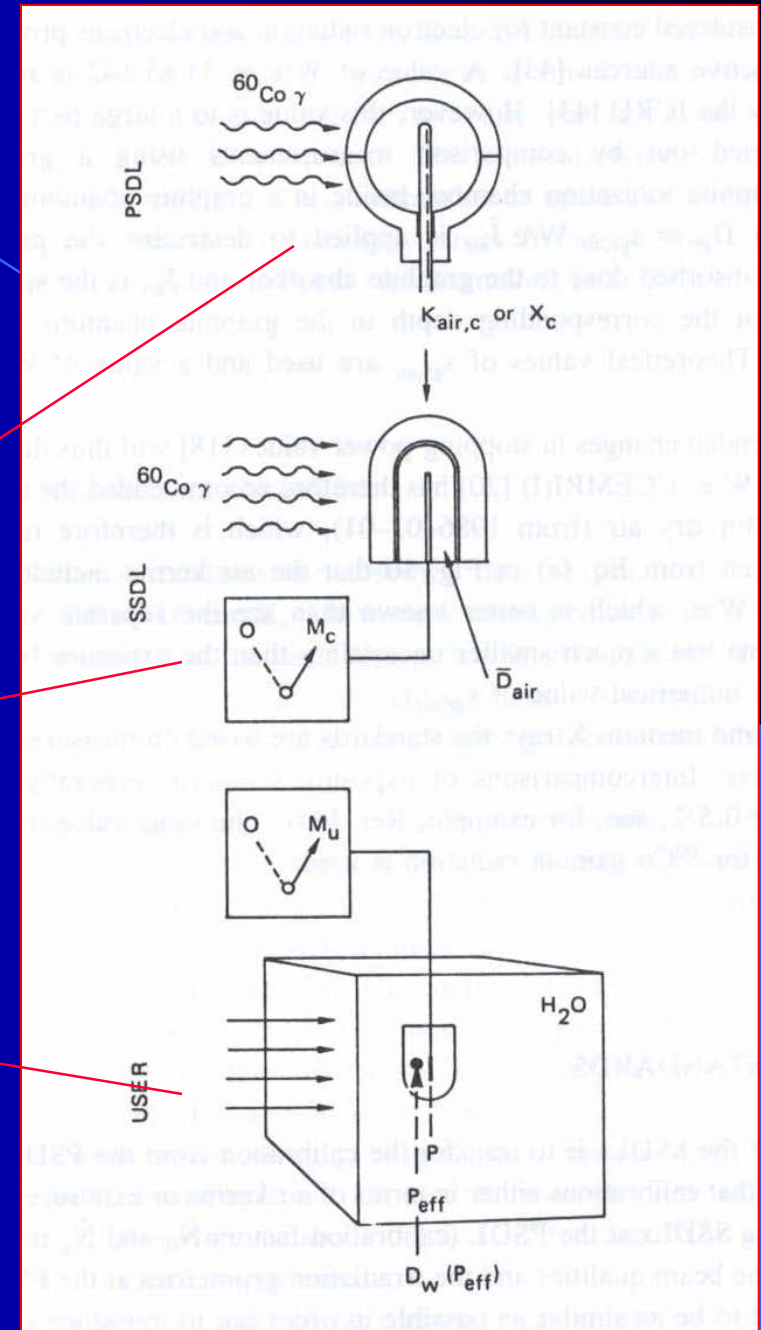
1997 yılında bu protokolün özellikle elektron demetleri için geliştirilmiş bir versiyonu olan TRS 381 yayımlanmıştır.

TRS 277 no'lu protokoldeki belirsizlikler elektronlar için % 3.7, yüksek enerjili X ışınları için % 3.2, Co-60 için ise % 2.5'dir. Radyoterapi geliştikçe bu belirsizlikleri minimuma indirilerek daha büyük bir kesinlikle soğrulan dozu bulmanın yolları araştırılmaya başlanmış, böylece 2000 yılında TRS 398 numaralı protokol geliştirilmiştir.

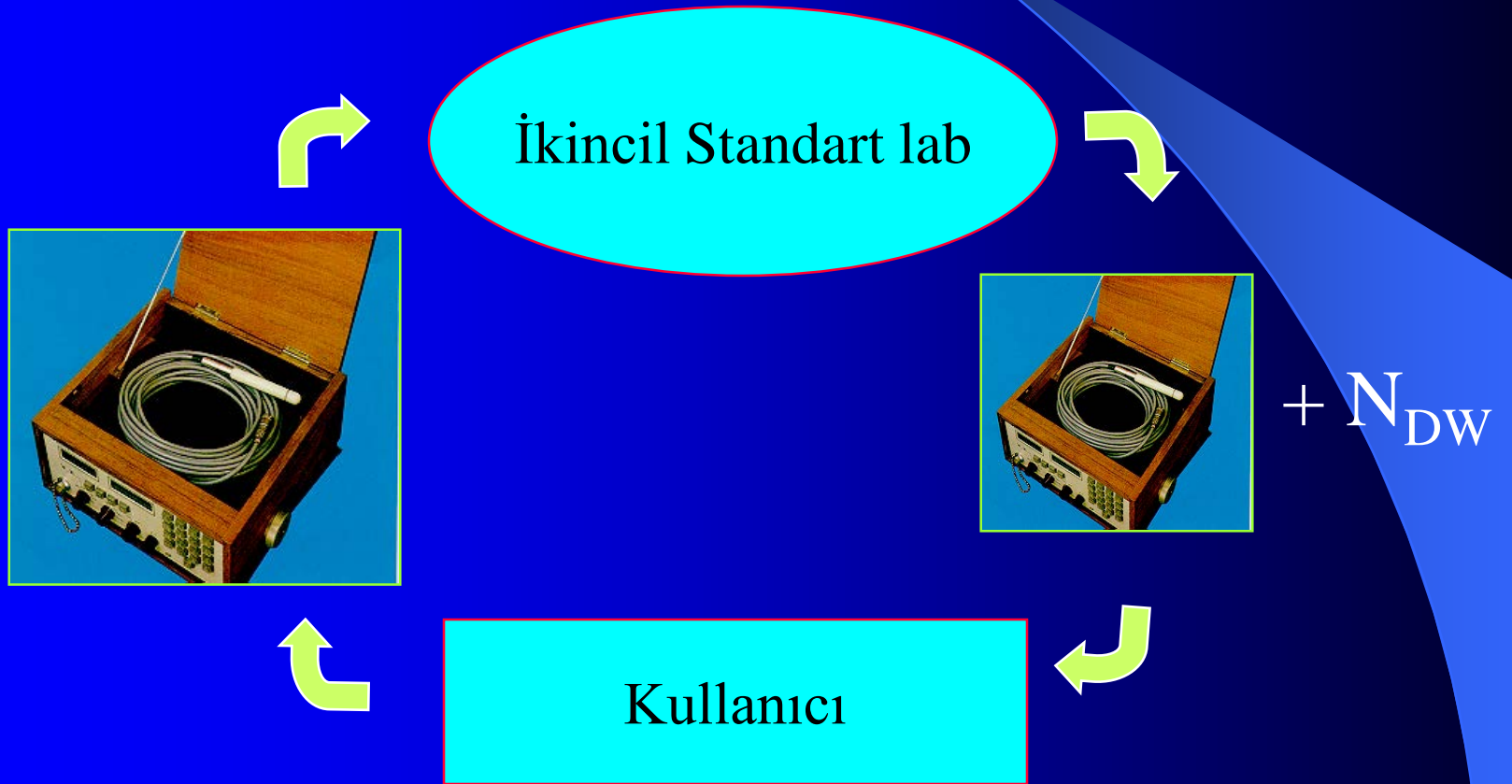


Kalibrasyon Zinciri

- **Primary Standard Lab:** Kobalt demetinde kalibrasyon
- **Secondary Standard Lab:** Kobalt demetinde kalibrasyon
- **Kullanıcı:** Kendi demeti ile suda soğrulan doz tayini



Kullanıcı Kalibrasyon Zinciri



Brag-Gray Kavite Teorisi

- Yüksek enerjili X ve γ ışınlarında soğrulan doz tayini Brag-Gray kavite teorisi ile açıklanabilir.
- B-G kavite teorisi, iyon odasının homojen bir foton içerisinde küçük bir kavite olarak davrandığını varsayar. Bu kavite;
 - Radyasyon demetinin spektrumu değiştirmeyecek kadar küçük olmalıdır.
 - Kavite bulunduğu ortamı perturbe etmemelidir.
 - Ancak bunlar tam olarak doğru değildir. Çünkü kavite teorisindeki ortam eksikliği elektronların daha az attenuasyonuna yol açar.

- B-G kavite teorisine göre doz absorpsiyonu sadece durdurma gücü oranına bağlıdır. Yani, iyon odasındaki doz ile fantomdaki doz arasındaki ilişki

$$\mathbf{D_w = D_{air} S_{w,air}}$$

- B-G kavite teorisi sadece birinci elektronu dikkate alır ve onun bütün enerjisini uzayda belirli bir noktada kaybettiğini varsayar.
- B-G kavite teorisi unrestricted stopping power' 1 kullanır. Yani sadece birincil elektronun yavaşlayan spectrumunun ortalamasını dikkate alır.
- B-G kavite teorisi kavite boyutlarını dikkate almaz.

Spencer-Attix Kavite teorisi

- Sadece birinci elektronu değil belli bir enerji değerinin üstünde enerjiye sahip bütün elektron enerjilerini dikkate alır.
- Restricted stopping power' ı kullanır.Yani belli bir eşik enerjinin üstünde enerjiye sahip meydana gelen bütün elektronların yavaşlayan spectrumunun ortalamasını dikkate alır.
- Bu eşik enerji genelde 10 keV dir.
- Kavite boyutlarını dikkate alır.

Absorbe doz ölçülmeden önce kontrol edilmesi gereken parametreler

- Kolimatör rotasyon eksenini (çapraz kıl) sabitliği
- Işıklı ve ışınlı alan uygunluğu kontrolü
- SSD veya FSD optik gösterge kontrolü
- Alan boyutlarının kontrolü

Absorbe doz ölçülmeden önce belirlenmesi gereken parametreler

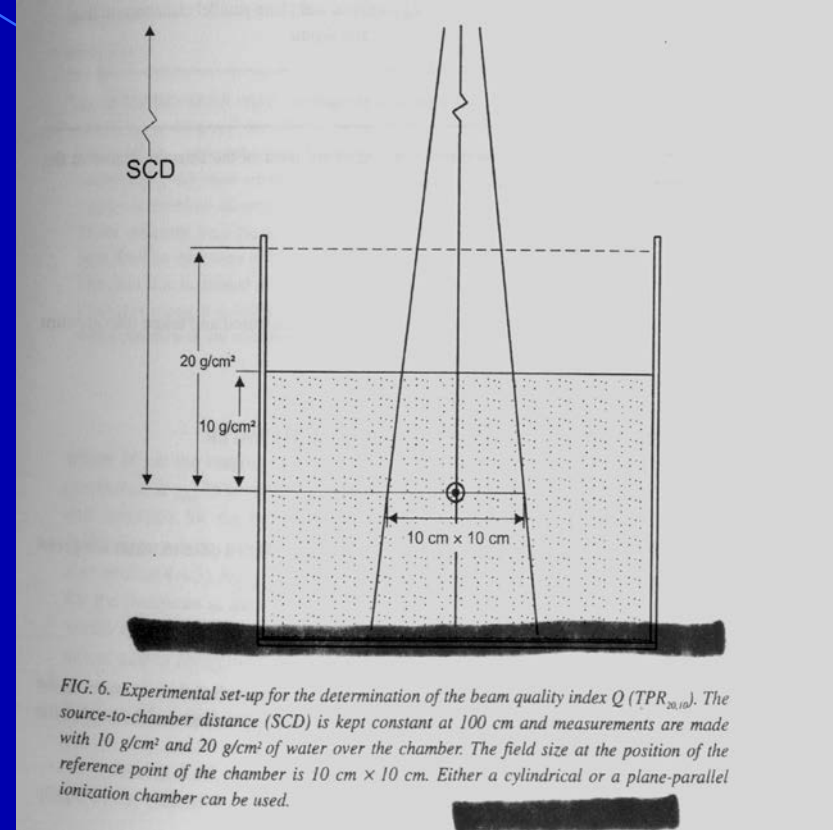
TRS 398 no'lu rapor 1 – 50 MV ($TPR_{20,10}$ 'u 0.50 ile 0.84 arasında olanlar) arasındaki foton enerjilerinde kullanılabilir. Absorbe doz ölçümlerinden önce;

- TPR_{10}^{20}
- Çalışılacak ışın tipi ve enerjisine göre kullanılacak iyon odası
- Etki parametreleri

belirlenmelidir.

Huzme Kalite İndeksi Q ($TPR_{20,10}$) Tayini

- Kaynak iyon odası mesafesi (SCD) 100 cm' de sabit tutulup üzerine sırasıyla 10 cm ve 20 cm su ilave edilerek ölçümler yapılır.



$$TPR_{20,10} = 1.2661PDD_{20,10} - 0.0595$$

TPR_(20,10)'nun Belirlenmesi için Gerekli Referans Şartlar

- Fantom materyali
 - İyon odasının tipi
 - Ölçüm derinliği
 - Referans noktası
 - Referans noktanın pozisyonu
 - SCD
 - SCD' de alan boyutu
- Su
- Silindirik veya Paralel Plak
20 cm ve 10 cm
- Silindirik iyon odaları için,
merkezi ekseninde kavite
volümünün ortası, paralel plak
iyon odaları için ise pencere iç
yüzeyi ortası
- Her iki oda için z_{ref} ölçüm
derinliği
- 100 cm
- 10 cm x 10 cm

Ölçüm Ortamı

- TRS 398, foton huzmelerinin soğurulmuş doz ölçümlerinde referans ölçüm ortamı olarak suyu tavsiye etmektedir.
- Fantomun en büyük alan boyutunda dört tarafta da en az 5cm fazlalığı olmalıdır. Maksimum doz derinliği arkasında en az 5 cm fazlalık olmalıdır.

Etki Parametreleri

- Etki parametreleri ölçümün öznesi olmayan ama ölçümü etkileyen parametrelerdir.
- Eğer iyon odası kalibrasyonun yapıldığı referans koşullardan farklı koşullarda kullanılırsa ölçülen sinyalin doğru olması için etki parametrelerinin düzeltilmesi gerekir.

1) Sıcaklık, Basınç ve Nem Düzeltmesi

- Atmosferik koşullar iyon odasındaki moleküllerin sayısını değiştirir.
- Basınç ve sıcaklığı düzeltmek için kullanıcının kullanması gereken basınç sıcaklık düzeltme faktörü,

$$k_{TP} = \frac{(273.2 + T) P_0}{(273.2 + T_0) P}$$

- Pek çok standart laboratuarda kalibrasyon normal koşullar altında;

$T_0 = 20 \text{ C}^0$ sıcaklık

$P_0 = 1013 \text{ mbar}$ basınç ve

rölatif nem % 20 - % 80 içerisinde.

- Nem için düzeltme faktörü içinde bulunduğumuz koşullar bunun dışında ise kullanılır.

2) Polarite Düzeltme Faktörü

- Oda kavitesi içerisindeki iyon toplama özelliği uygulanan polarizasyon voltajının işaretine göre değişebilir. Aynı ışınlama koşulları altında, polarize voltajın polaritesini tersine çevirirsek farklı bir okuma yaparız.

$$k_{pol} = \frac{|M_+| + |M_-|}{2M}$$

3) Yeniden Birleşme Faktörü

- İyon odasının kavitesinde oluşan iyonların yeniden birleşmesinin yaptığı etki yeniden birleşme faktörü ile düzeltilir. İki şekilde meydana gelir:
- Hacim birleşmesi:Farklı iyonizasyon parçacıklarının birleşmesi: İyonize parçacıkların yoğunluğuna ve böylece doz hızına bağlı
- Başlangıç birleşmesi:Tek meydana gelmiş iyonizasyon parçacıklarının birleşmesi: Doz hızından bağımsız
- İki birleşmede iyon odasının geometrisine ve uygulanan polarize voltaja bağlıdır.

- LINAC’larda doz hızı genellikle yüksek olduğundan bu etki genelde önemsizdir.

- Atımlı radyasyonlar için (LINAC)

$$k_S = a_0 + a_1\left(\frac{M_1}{M_2}\right) + a_2\left(\frac{M_1}{M_2}\right)^2$$

- Sürekli radyasyonlar için (Co-60)

$$k_S = \frac{(V_1 \setminus V_2)^2 - 1}{(V_1 \setminus V_2)^2 - (M_1 \setminus M_2)}$$

4) Elektrometre Faktörü

- Eğer elektrometre ve iyon odası ayrı ayrı kalibre edilmişlerse her birisi için bir kalibrasyon faktörü ikincil standart lab tarafından verilecektir.
- Eğer elektrometre ve iyon odası beraber kalibre edilmişse o zaman kalibrasyon faktörü $N_{D,w}$ tipik olarak Gy/okuma veya Gy/nC birimlerinden birisi olarak verilecektir ayrıca bir elektrometre kalibrasyon faktörü k_{elec} kullanmaya gerek yok.

Referans Koşullarda Absorbe Dozun Belirlenmesi

- Su da z_{REF} referans derinlikte, Q hüzme kalitesi için sudaki soğrulan doz:

$$D_{w,Q} = M_Q N_{D,w,Q_0} k_{Q,Q_0}$$

- M_Q : Etki parametreleri düzeltilmiş elektrometre okuması

- $M_Q = M_0 \times C_{TP} \times K_h \times K_{POL} \times K_S \times K_{ELEC}$

- $N_{D,W,Q0}$: İkincil standart laboratuvar tarafından verilen suda absorbe doz kalibrasyon faktörü

- $K_{Q,Q0}$: Enerji düzeltme faktörü

- İyon odalarının kalibrasyonunda en sık kullanılan referans demet kalitesi Q_0 kobalt 60'dır. Kullanıcı bu referans demet kalitesi dışında bir demet kullanıyorsa demet kalite düzeltme faktörü k_{Q,Q_0} kullanmak zorundadır.
- Bu faktör sudaki soğrulan doz cinsinden Q ve Q_0 daki kalibrasyon katsayılarının oranıdır.

$$k_{Q,Q_0} = \frac{N_{D,W,Q}}{N_{D,W,Q_0}}$$

- Durdurma gücü oranı ve perturbasyon düzeltme faktörleri k_{Q,Q_0} nun içinde

$$k_{Q,Q_0} = \frac{(S_{W,air})_Q P_Q}{(S_{W,air})_{Q_0} P_{Q_0}}$$

- İdeal olarak k_{Q,Q_0} her iyon odası için kullanıcının enerjisine bağlı olarak direkt ölçülmelidir. Ama direkt olarak ölçmek zordur. Bu yüzden demet kalitesine (TPR_{20}^{10}) ve kullanılan iyon odasının tipine bağlı olarak protokolden (tablo 14 , sf :72) bulunabilir. İyon odaları Co-60' da kalibre edildiğinden Cobalt için bu değer 1 dir.



Yüksek Enerjili Foton Huzmelerinde Absorbe Dozun Belirlenmesi için Referans Koşullar

- | | |
|-----------------------------|---|
| • Fantom Materyali | Su |
| • İyon Odası | Silindirik |
| • Ölçüm derinliği z_{ref} | $TPR_{20,10} < 0.7 \longrightarrow 10$ veya 5 cm $TPR_{20,10} > 0.7 \longrightarrow 10$ cm |
| • İyon odasının ref noktası | Merkezi ekseninde kavite hacminin ortası |
| • Ref nokta pozisyonu | Ölçüm derinliği z_{ref} |
| • SSD/SCD | 100 cm |
| • Alan Boyutu | 10 cm x 10 cm |

Çapraz Kalibrasyon

- Kullanıcı iyon odası Q_0 referans huzme kalitesinde kalibre edilmiş bir referans iyon odasına göre kalibre edilebilir.

$$N_{D,w,Q_0}^{field} = \frac{M_{ref}}{M_{field}} N_{D,w,Q_0}^{ref}$$

Burada M_{ref} ve M_{field} sırasıyla elektrometrenin ref ve alan iyon odaları ile olan okumalarıdır.

N_{D,w,Q_0}^{ref} : Referans iyon odası için soğurulmuş doz kalibrasyon faktörü

Merkezi Eksen Derin Doz Dağılımı

- Derin doz iyonizasyon eğrisi ölçümleri için paralel plak iyon odaları tavsiye edilmektedir.
- Eğer silindirik iyon odası kullanılırsa, iyon odasının etkin ölçüm noktası hesaba katılmalıdır.
- Bu ise tüm derin iyonizasyon eğrisinin $0.6r_{cyl}$ (r_{cyl} : Silindir iyon odasının kavite yarıçapı) kadar yüzeye kaydırılmasını gerektirmektedir.

Output faktörleri

- Output faktörleri referans dışı durumda yapılan düzeltilmiş elektrometre okumalarının referans koşulda yapılan ölçüme oranı olarak tanımlanır.
- Bu ölçümler tipik olarak maksimum doz derinliğinde veya referans derinlikte yapılmaktadır. Eğer referans derinlikte ölçüm yapılırsa doz maksimumuna % DD (veya TMR) kullanılarak geçilebilir.

TEŞEKKÜRLER