

TRS-398

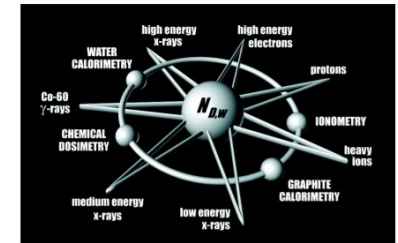
ELEKTRONLAR

IAEA TRS-398

Uzm. Fiz. Sinan HOCA

EÜTF Radyasyon Onkolojisi AD.
IAEA TRS-398 / İzmir
24.03.2018

*Absorbed Dose Determination in
External Beam Radiotherapy:
An International Code of Practice for Dosimetry
based on Standards of Absorbed Dose to Water*



Pedro Andreo, Dosimetry and Medical Radiation Physics Section, IAEA
David T. Burns, Bureau International des Poids et Mesures (BIPM)
Klaus Hübner, Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB), Braunschweig, Germany
M. Saiful Haq, Thomas Jefferson University, Philadelphia, USA
Tatsuki Kanai, National Institute of Radiological Sciences (NIRS), Chiba, Japan
Fedele Laitano, Ente per le Nuove Tecnologie L'Energia e L'Ambiente (ENEA), Rome, Italy
Vere Snyth, National Radiation Laboratory (NRL), Christchurch, New Zealand
Stefan Vynckier, Catholic University of Louvain (UCL), Brussels, Belgium

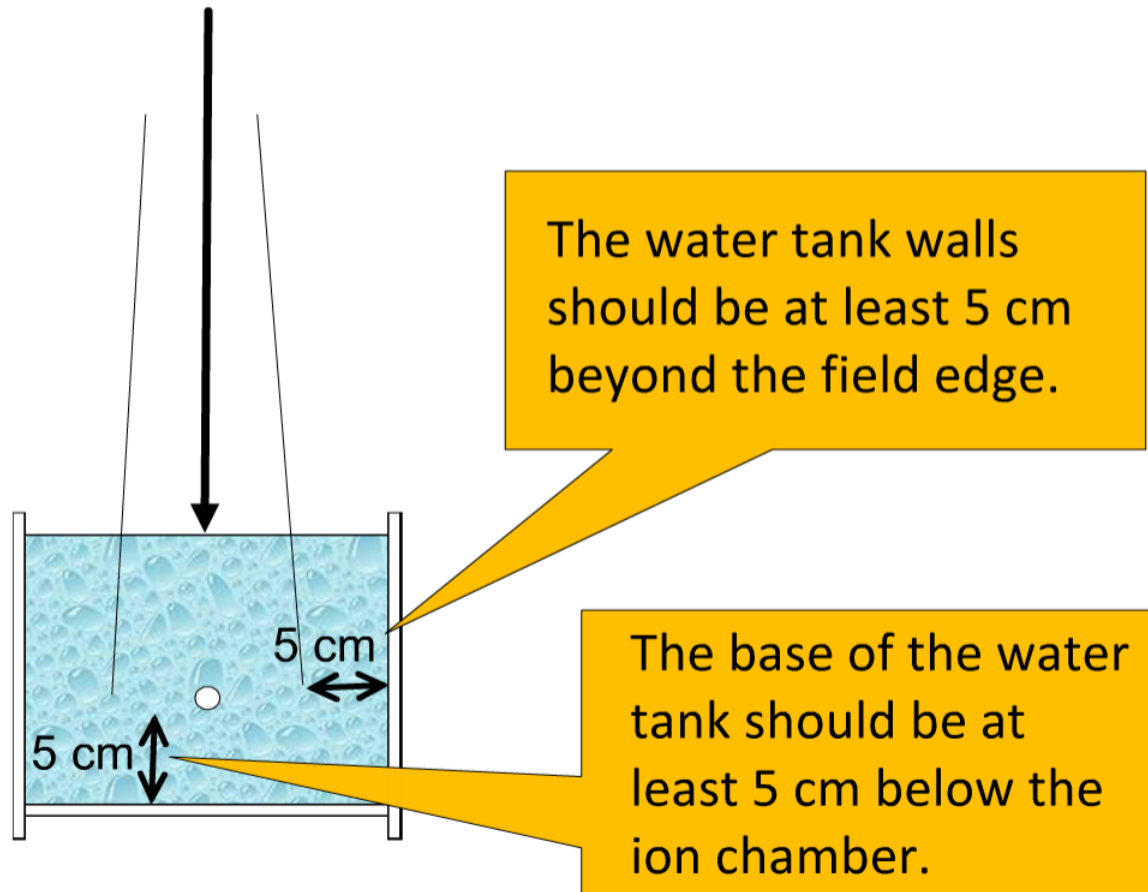
PUBLISHED BY THE IAEA ON BEHALF OF IAEA, WHO, PAHO, AND ESTRO



INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY IAEA
05 June 2006 (V.12)

Referans Dozimetri Fantom Materyali:

Su



The water phantom should extend to at least 5 cm beyond all four sides of the largest field size employed at the depth of measurement. There should also be a margin of at least 5 g cm⁻² beyond the maximum depth of measurement.

Plastik Fantomlar; kullanılmamalı..

Plastic phantom	c_{pl}	h_{pl}	$\rho_{pl} (g\ cm^{-3})$
Solid water (WT1)	0.949	1.011	1.020
Solid water (RMI-457)	0.949	1.008 ^a	1.030
Plastic water	0.982	0.998 ^b	1.013
Virtual water	0.946	- ^c	1.030
PMMA	0.941	1.009	1.190
Clear polystyrene	0.922	1.026	1.060
White polystyrene ^d	0.922	1.019	1.060
A-150	0.948	- ^c	1.127



Several disadvantages because a plastic phantom requires:

- scaling of depth: $z_w = z_{pl} \ c_{pl}$
- scaling of dosimeter reading $M_{Q,pl}$: $M_Q = M_{Q,pl} \ h_{pl}$

where c_{pl} is a depth scaling factor

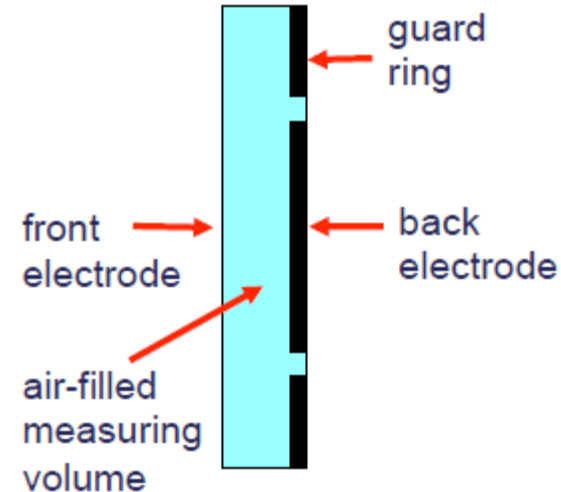
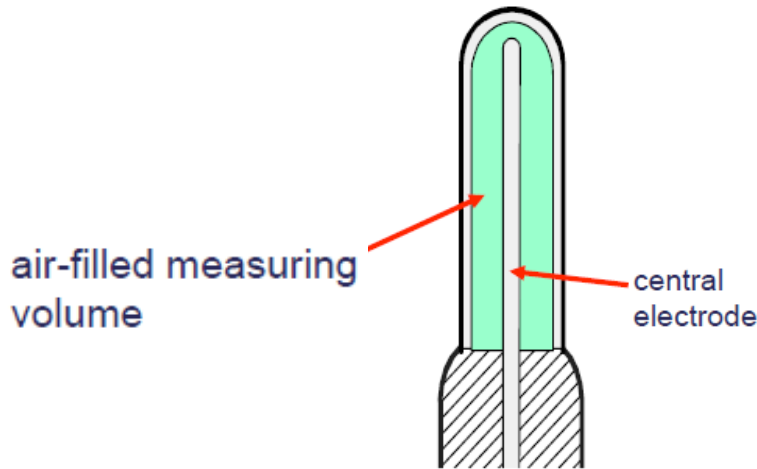
h_{pl} is a fluence scaling factor

Note:

The **high uncertainty** associated with h_{pl} is the main reason for avoiding the use of plastic phantoms.

İyon Odaları

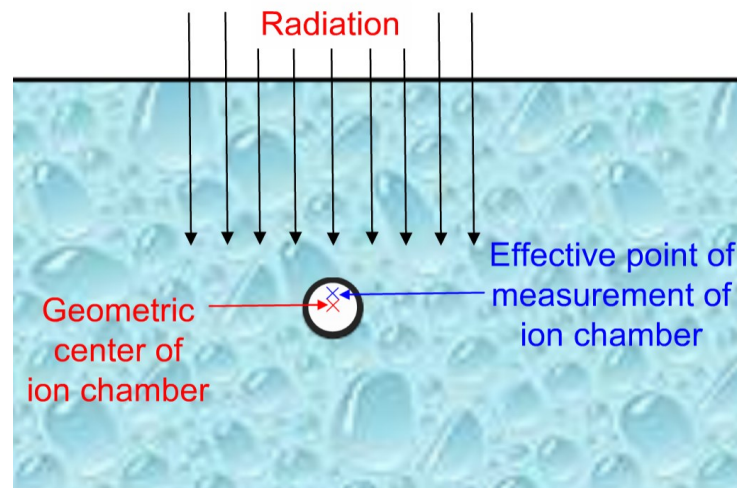
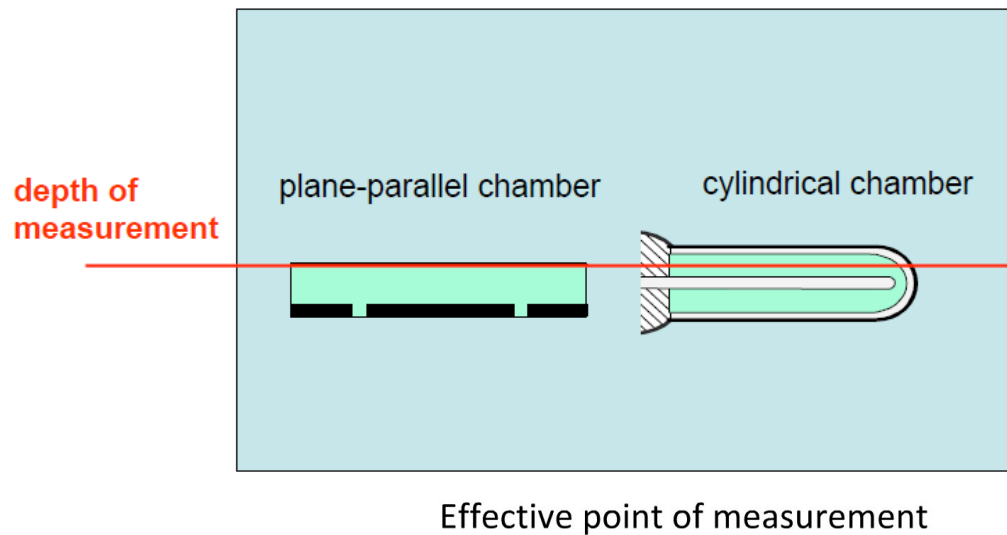
- Silindirik oda için referans noktası odanın ekseninde kavite volümünün merkezindedir.
- Paralel plaka odalar için referans nokta odanın giriş penceresi iç yüzeyinde ve merkezdedir.



Hangi İyon Odası

- ❑ Paralel plan iyon odaları tüm ışın kaliteleri için,
- ❑ Veya $R_{50} < 4 \text{ g.cm}^{-2}$ ($E_0 \cdot 10 \text{ MeV}$) için mutlaka kullanılmalıdır.
- ❑ $R_{50} \geq 4 \text{ g.cm}^{-2}$ ($E_0/10 \text{ MeV}$) için silindirik odalar kullanılabilir.
- ❑ Referans nokta fantomda istenen derinlikten $0.5 r_{\text{cly}}$ kadar daha derine yerleştirilmelidir.
- ❑ 0,6 cc için kayma değeri yaklaşık olarak 1,5 mm.

Efektif Nokta



Hatırlanması Gerekenler

- ☐ Ölçüm sisteminin sıcaklık dengesini sağlamak için bir gece öncesinde linak odasında bırakılması
- ☐ Elektrometre açılmadan önce iyon odası ve uzatma kablosu bağlantıları yapılmalı.
- ☐ Açıldıktan sonra gerekli polarizasyon voltajı ayarlanmalı
- ☐ Polarite değişiklikleri yapıldığında, sistemin dengeye gelmesi beklenmeli
- ☐ İyon odasına, bir test dozu uygulanmalı
- ☐ Elektrometre sıfırlanmalı
- ☐ Sızıntı dozun önemsiz olduğuna emin olunmalı
- ☐ Okuma değerleri stabilse, genel olarak 3-5 değerlerin ortalaması alınmalı.

Suda Absorbe Doz

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

- M_Q : Referans noktası ölçüm derinliği (Z_{ref}) 'e yerleştirilen iyon odasıyla okunan ve sıcaklık, basınç, elektrometre kalibrasyonu, polarite etkisi ve iyon rekombinasyonu etkileriyle düzeltilmiş dozimetre okuması
- N_{D,w,Q_0} : Q_0 referans kalitesi için suda absorbe doz açısından kalibrasyon faktörü
- k_{Q,Q_0} : Oda spesifik faktörüdür ve referans ışın kalitesi Q_0 ile kullanılan ışın Q arasındaki farklılıkları düzelten faktör.

Dozimetre okuması düzeltmeleri

□ Eğer kullanılan ışın, referans ışıktan (Cobalt-60) farklıysa;

3 adet " k " düzeltmesi yapılmalıdır.

- ✓ $k_{T,P}$: Hava yoğunluğu
- ✓ k_{pol} : Polarite
- ✓ k_{sat} : Eksik satürasyon

Basınç, Sıcaklık Etkisi: k_{tp}

$$k_{TP} = \frac{(273.2 + T)}{(273.2 + T_o)} \frac{P_o}{P}$$

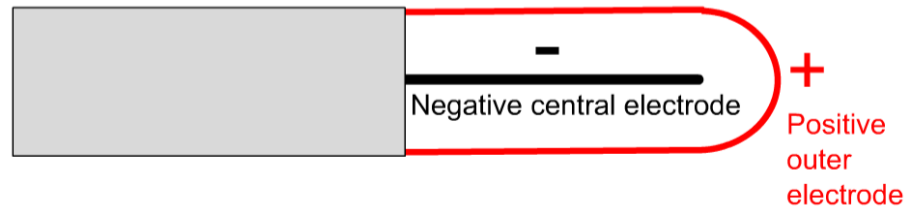
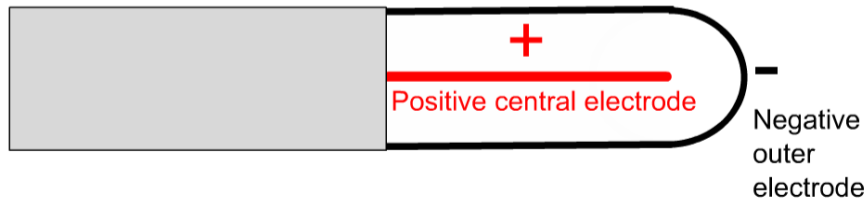
$$T_o = 20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T = \dots\dots\dots ^\circ\text{C}$$

$$P_o = 1013,3 \text{ mb}$$

$$P = \dots\dots\dots \text{mb}$$

Polarite Etkisi : k_{pol}



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



Positive
central
electrode

≠

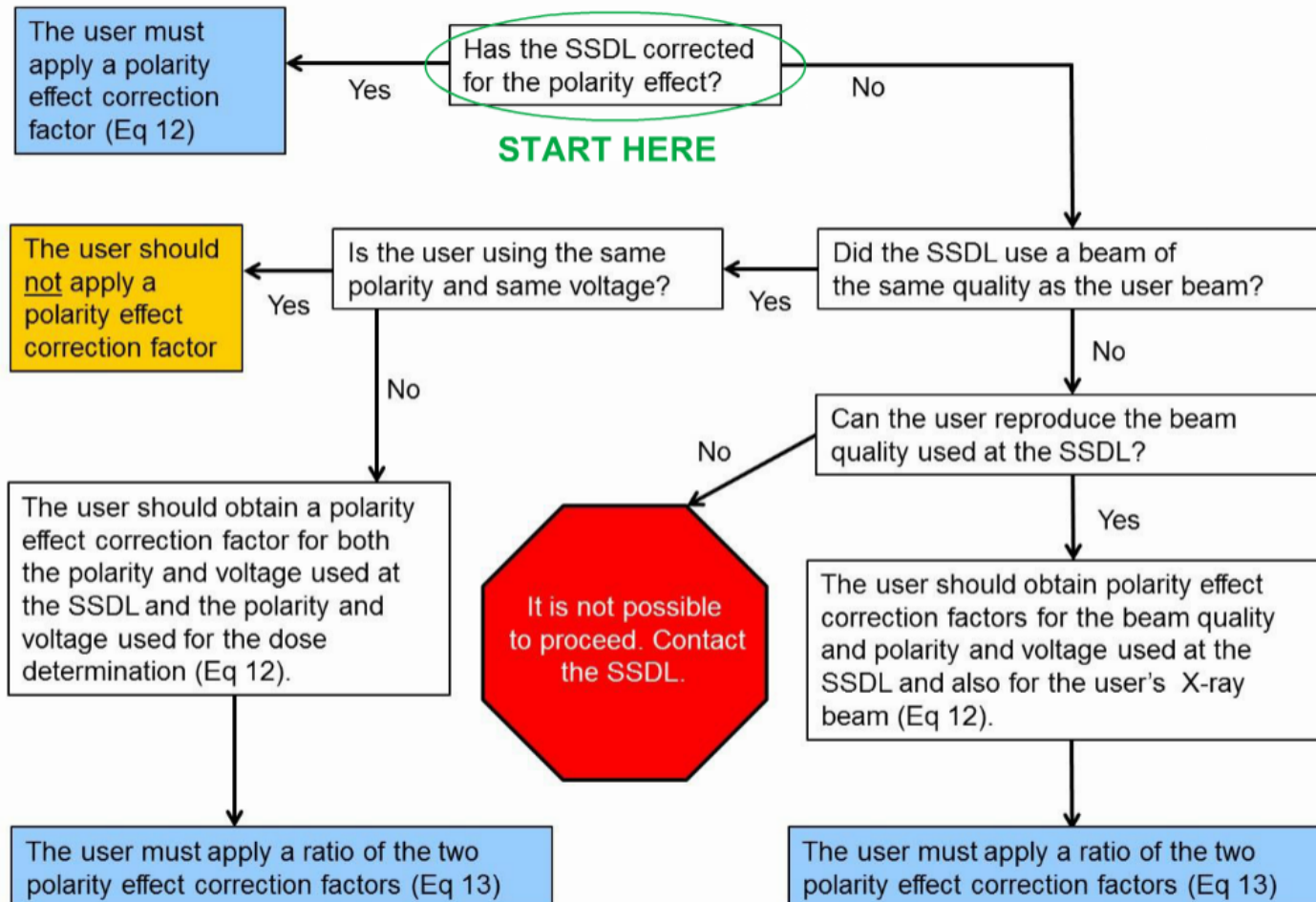


Negative
central
electrode

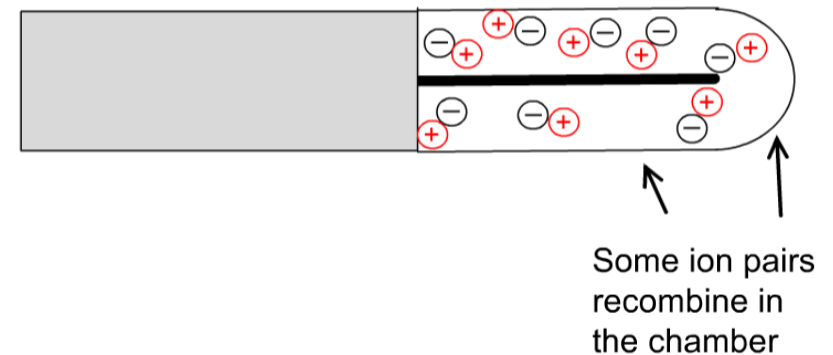
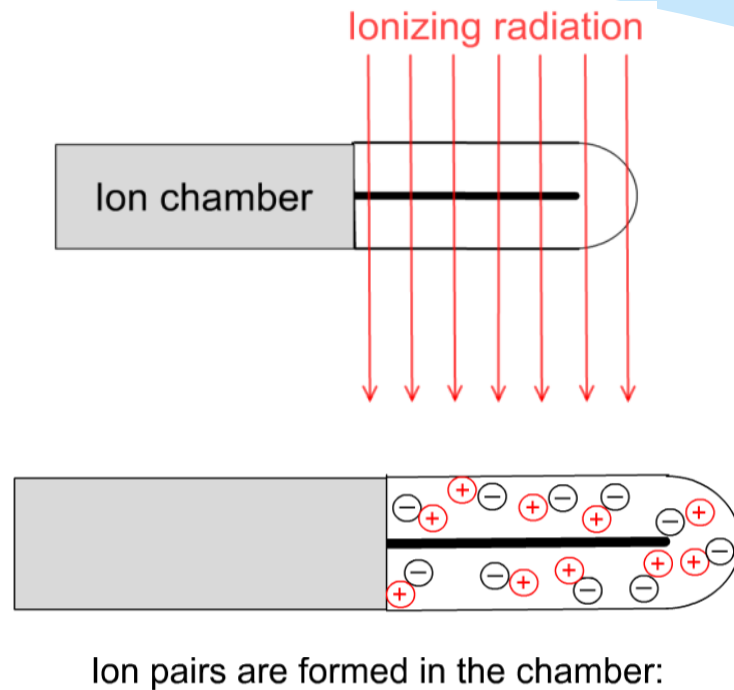
The reading from an ion chamber may be different for negative polarity compared to positive polarity.

Polarite Etkisi : k_{pol}

Polarity effect correction for TRS 398 calibration of a high energy X-ray beam



İyon Rekombinasyonu: k_r



This means less charge is captured by the ionization chamber and the electrometer records a lower reading.

İyon Rekombinasyonu: k_s

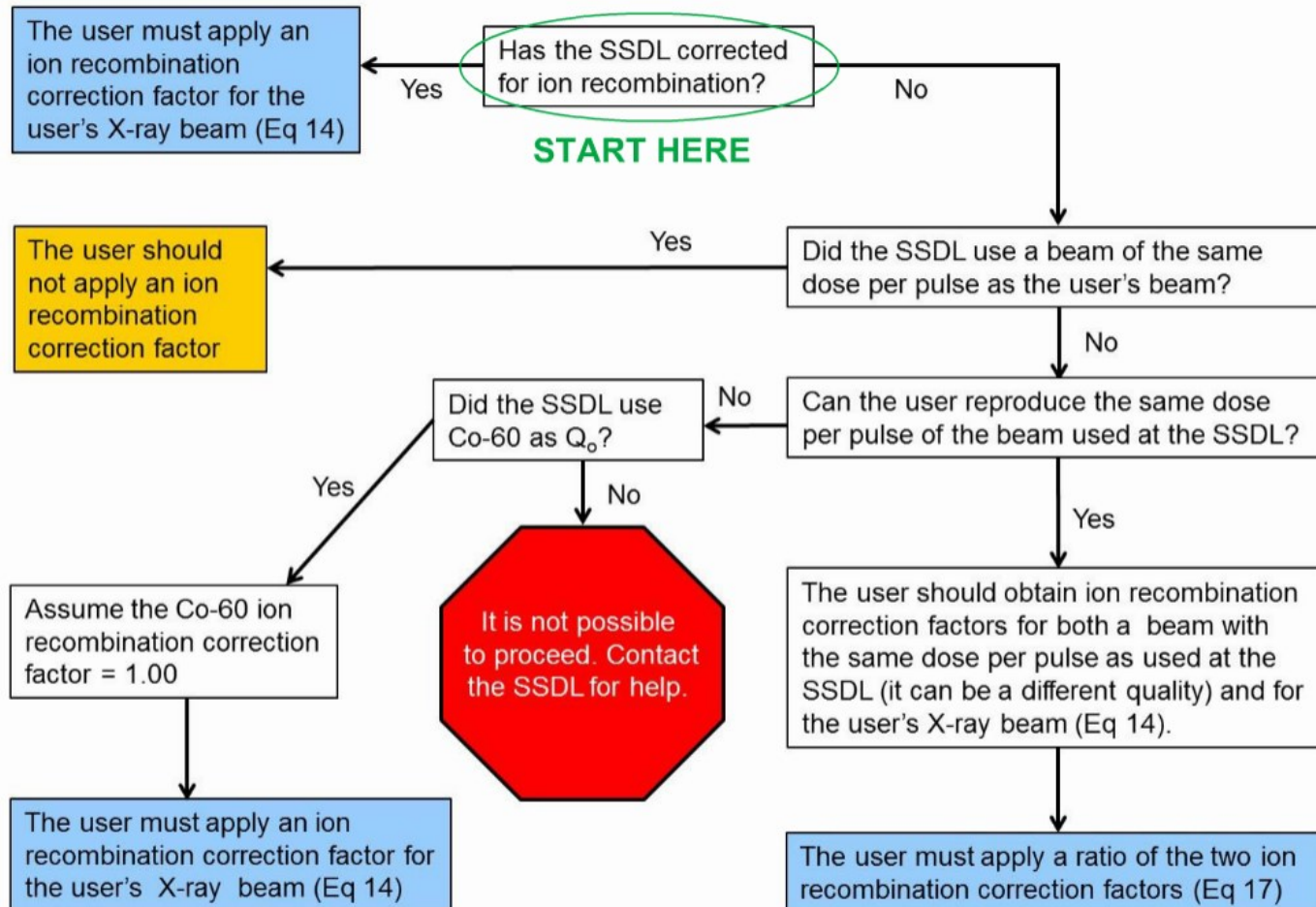
$$k_s = a_o + a_1 \left(\frac{M_1}{M_2} \right) + a_2 \left(\frac{M_1}{M_2} \right)^2$$

$$M_1 = ..nC \ (V_1=V) \quad M_2 = ..nC \ (V_2=en \ az \ V/3)$$

V_1/V_2	Pulsed		
	a_0	a_1	a_2
2.0	2.337	-3.636	2.299
2.5	1.474	-1.587	1.114
3.0	1.198	-0.875	0.677
3.5	1.080	-0.542	0.463
4.0	1.022	-0.363	0.341
5.0	0.975	-0.188	0.214

İyon Rekombinasyonu: k_s

Ion recombination correction for TRS 398 calibration of a high energy X-ray beam



Genel Özellikler

- ❑ Öneriler 3 MeV ile 50 MeV arası elektron enerjileri için geçerlidir.
- ❑ En önemli değişiklik “yeni referans derinlik, z_{ref} ”
- ❑ Bu yeni derinliğin klinik elektron ışınlarında elektron ve foton kontaminasyonunu ve farklı akseleratörler arasındaki spektral farklılıkların etkisini azalttığı görülmüştür.

Işın Kalite İndeksi, R_{50}

- ❑ Elektron ışınları için ışın kalite indeksi ' R_{50} ' suda yarı değer derinliğidir.
- ❑ Bu derinlik g/cm^2 suda absorbe maksimum dozun % 50 'sidir.
- ❑ Sabit SSD=100 cm

$R_{50} \leq 7 \text{ g/cm}^2$ için fantom yüzeyinde en az $10 \times 10 \text{ cm}^2$

$R_{50} > 7 \text{ g/cm}^2$ için en az $20 \times 20 \text{ cm}^2$.

$$R_{50} \leq 7 \text{ g/cm}^2 \quad (E_0 \leq 16 \text{ MeV})$$

$$R_{50} > 7 \text{ g/cm}^2 \quad (E_0 > 16 \text{ MeV})$$

- ❑ Önceleri kullanılan fantom yüzeyindeki ortalama enerji olan E_0 yerine artık ışın kalite faktörü ' R_{50} ' dir. Zaten E_0 ; R_{50} 'den türetilmekteydi ve böylece enerjiye dönüştürme işlemi by-pass edilerek süreç basitleştirilmiştir.

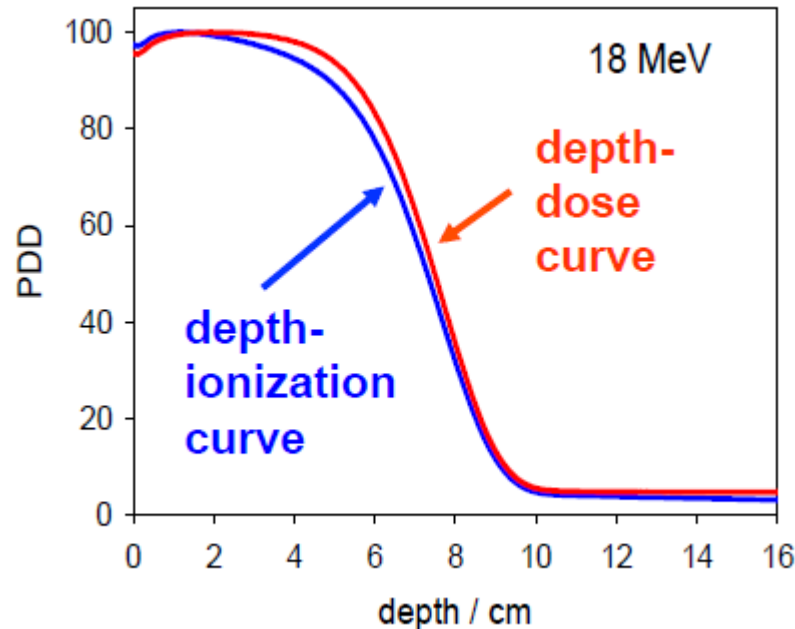
Işın Kalite İndeksi, R_{50}

TABLE 7.1 REFERENCE CONDITIONS FOR THE DETERMINATION OF ELECTRON BEAM QUALITY (R_{50})

Influence quantity	Reference value or reference characteristics
Phantom material	for $R_{50} \geq 4 \text{ g cm}^{-2}$, water. For $R_{50} < 4 \text{ g cm}^{-2}$, water or plastic
Chamber type	for $R_{50} \geq 4 \text{ g cm}^{-2}$, plane-parallel or cylindrical. For $R_{50} < 4 \text{ g cm}^{-2}$, plane parallel
Reference point of chamber	for plane-parallel chambers, on the inner surface of the window at its centre. For cylindrical chambers, on the central axis at the centre of the cavity volume
Position of reference point of chamber	for plane-parallel chambers, at the point of interest. For cylindrical chambers, $0.5 r_{cyl}$ deeper than the point of interest
SSD	100 cm
Field size at phantom surface	for $R_{50} \leq 7 \text{ g cm}^{-2}$, at least 10 cm x 10 cm. For $R_{50} > 7 \text{ g cm}^{-2}$, at least 20 cm x 20 cm ^a

Işın Kalite İndeksi, $R_{50,ion}$

- ❑ Problem!!!!
- ❑ Derin iyonizasyon eğrisinden derin doza
- ❑ Her derinlikte ölçülen iyonizasyon veya yükün ilgili derinliğe ait $S_{w,air}$ değeriyle çarpımı)



Durdurma Gücü Oranları

$$s_{w,air}(z_{ref}) = 1.253 - 0.1487(R_{50})^{0.214} \quad (R_{50} \text{ in g cm}^{-2})$$

➤ Z_{ref} dışındaki derinlikler için aynı temel data aşağıdaki formül ile sağlanmıştır.

$$s_{w,air}(z) = \frac{a + bx + cx^2 + dy}{1 + ex + fx^2 + gx^3 + hy}$$

$$x = \ln(R_{50}) \text{ and } y = z / R_{50}$$

$a = 1.075$	$b = -0.5087$	$c = 0.0887$	$d = -0.084$
$e = -0.4281$	$f = 0.0646$	$g = 0.00309$	$h = -0.125$

Durdurma Gücü Oranları

TABLE 7.V. SPENCER-ATTIX STOPPING-POWER RATIOS ($\Delta = 10$ keV) WATER TO AIR ($S_{w,air}$) FOR ELECTRON BEAMS, AS A FUNCTION OF BEAM QUALITY R_{50} AND RELATIVE DEPTH z/R_{50} IN WATER
(The data are derived using Eq (B.6) in Appendix B due to Burns et al [91].)

	Beam quality R_{50} (g cm ⁻²)																
	1.0	1.4	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	10.0	13.0	16.0	20.0
z_{ref} (g cm ⁻²):	0.5	0.7	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6	2.9	3.2	3.5	4.1	4.7	5.9	7.7	9.5	11.9
$S_{w,air}(z_{ref})$:	1.102	1.090	1.078	1.070	1.064	1.058	1.053	1.048	1.044	1.040	1.036	1.029	1.022	1.010	0.995	0.983	0.970
Relative depth in water z/R_{50}																	
0.02	1.076	1.060	1.042	1.030	1.020	1.012	1.004	0.997	0.991	0.986	0.980	0.971	0.963	0.950	0.935	0.924	0.914
0.05	1.078	1.061	1.044	1.032	1.022	1.014	1.006	1.000	0.994	0.988	0.983	0.974	0.965	0.952	0.937	0.926	0.916
0.10	1.080	1.064	1.047	1.036	1.026	1.018	1.010	1.004	0.998	0.992	0.987	0.978	0.970	0.957	0.942	0.931	0.920
0.15	1.083	1.067	1.050	1.039	1.030	1.022	1.014	1.008	1.002	0.997	0.992	0.983	0.975	0.961	0.946	0.935	0.924
0.20	1.085	1.070	1.053	1.043	1.034	1.026	1.019	1.012	1.006	1.001	0.996	0.987	0.979	0.966	0.951	0.940	0.929
0.25	1.088	1.073	1.057	1.046	1.037	1.030	1.023	1.017	1.011	1.006	1.001	0.992	0.984	0.971	0.956	0.945	0.933
0.30	1.091	1.076	1.060	1.050	1.041	1.034	1.027	1.021	1.016	1.010	1.006	0.997	0.989	0.976	0.961	0.950	0.938
0.35	1.093	1.079	1.064	1.054	1.045	1.038	1.032	1.026	1.020	1.015	1.011	1.002	0.995	0.982	0.966	0.955	0.943
0.40	1.096	1.082	1.067	1.058	1.049	1.042	1.036	1.030	1.025	1.020	1.016	1.007	1.000	0.987	0.972	0.960	0.948
0.45	1.099	1.085	1.071	1.062	1.054	1.047	1.041	1.035	1.030	1.025	1.021	1.013	1.006	0.993	0.978	0.966	0.953
0.50	1.102	1.089	1.075	1.066	1.058	1.051	1.046	1.040	1.035	1.031	1.027	1.019	1.012	0.999	0.984	0.971	0.959
0.55	1.105	1.092	1.078	1.070	1.062	1.056	1.051	1.045	1.041	1.036	1.032	1.025	1.018	1.005	0.990	0.977	0.964
0.60	1.108	1.095	1.082	1.074	1.067	1.061	1.056	1.051	1.046	1.042	1.038	1.031	1.024	1.012	0.996	0.984	0.970
0.65	1.111	1.099	1.086	1.078	1.072	1.066	1.061	1.056	1.052	1.048	1.044	1.037	1.030	1.018	1.003	0.990	0.976
0.70	1.114	1.102	1.090	1.082	1.076	1.071	1.066	1.062	1.058	1.054	1.050	1.043	1.037	1.025	1.010	0.997	0.983
0.75	1.117	1.105	1.094	1.087	1.081	1.076	1.072	1.067	1.064	1.060	1.057	1.050	1.044	1.033	1.017	1.004	0.989
0.80	1.120	1.109	1.098	1.091	1.086	1.081	1.077	1.073	1.070	1.066	1.063	1.057	1.051	1.040	1.025	1.012	0.996
0.85	1.123	1.112	1.102	1.096	1.091	1.087	1.083	1.080	1.076	1.073	1.070	1.064	1.059	1.048	1.033	1.019	1.004
0.90	1.126	1.116	1.107	1.101	1.096	1.092	1.089	1.086	1.083	1.080	1.077	1.072	1.067	1.056	1.041	1.028	1.011
0.95	1.129	1.120	1.111	1.106	1.102	1.098	1.095	1.092	1.090	1.087	1.085	1.080	1.075	1.065	1.050	1.036	1.019
1.00	1.132	1.124	1.115	1.111	1.107	1.104	1.101	1.099	1.097	1.095	1.092	1.088	1.083	1.074	1.059	1.045	1.028
1.05	1.136	1.127	1.120	1.116	1.113	1.110	1.108	1.106	1.104	1.102	1.100	1.096	1.092	1.083	1.069	1.055	1.037
1.10	1.139	1.131	1.125	1.121	1.118	1.116	1.115	1.113	1.112	1.110	1.109	1.105	1.102	1.093	1.079	1.065	1.046
1.15	1.142	1.135	1.129	1.126	1.124	1.123	1.122	1.120	1.119	1.118	1.117	1.114	1.111	1.104	1.090	1.075	1.056
1.20	1.146	1.139	1.134	1.132	1.130	1.129	1.129	1.128	1.128	1.127	1.126	1.124	1.121	1.115	1.101	1.086	1.066

Işın Kalite İndeksi, $R_{50,ion}$

Derinlik (mm)	% doz değeri
0	...
0,1	...
0,2	..
..	..
..	..
2,4	52,2
2,5	43,8

$$R_{50,ion} \approx 2,4 \text{ cm}$$

Işın Kalite İndeksi, R_{50}

- ❑ İyon odası kullanıldığında " $R_{50, \text{ion}}$ " ölçülen değeri suda derinlik-iyonizasyon dağılımının yarı değeridir.
- ❑ Suda iyonizasyonun maksimum değerinin % 50' sine denk geldiği derinlik (g.cm^{-2}).
- ✓ $R_{50} = 1.029 R_{50, \text{ion}} - 0.06 \text{ g.cm}^{-2} \quad (R_{50, \text{ion}} \leq 10 \text{ g.cm}^{-2})$
- ✓ $R_{50} = 1.059 R_{50, \text{ion}} - 0.37 \text{ g.cm}^{-2} \quad (R_{50, \text{ion}} > 10 \text{ g.cm}^{-2})$
- ❑ İyon odalarına alternatif olarak diod, elmas vs. dedektörler kullanılabilir. Fakat farklı ışınlar için iyon odalarıyla test ölçümleriyle derin-doz ölçümleri için uygun oldukları doğrulanmalıdır.

Referans Derinlik, Z_{ref}

- Alan boyutları fantom yüzeyinde $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 'den küçük olmamak şartıyla absorbe doz için referans derinlik

$$Z_{ref} = 0.6 R_{50} - 0.1 \text{ g cm}^{-2} (R_{50} ; \text{g.cm}^{-2})$$

- Bu yeni ölçüm derinliği $R_{50} < 4 \text{ g.cm}^{-2}$ için absorbe doz maksimum derinliğine yakinken, yüksek enerjilerde Z_{max} 'dan daha derindedir.

$$R_{50} < 4 \text{ g/cm}^2 \text{ için}$$

$$R_{50} > 4 \text{ g/cm}^2 \text{ için}$$

$$Z_{ref} \approx Z_{max}$$

$$Z_{ref} > Z_{max}$$

Referans Derinlik, z_{ref}

TABLE 7.II. REFERENCE CONDITIONS FOR THE DETERMINATION OF ABSORBED DOSE IN ELECTRON BEAMS

Influence quantity	Reference value or reference characteristic
Phantom material	for $R_{50} \geq 4 \text{ g cm}^{-2}$, water. For $R_{50} < 4 \text{ g cm}^{-2}$, water or plastic
Chamber type	for $R_{50} \geq 4 \text{ g cm}^{-2}$, plane-parallel or cylindrical. For $R_{50} < 4 \text{ g cm}^{-2}$, plane parallel
Measurement depth z_{ref}	$0.6 R_{50} - 0.1 \text{ g cm}^{-2}$
Reference point of chamber	for plane-parallel chambers, on the inner surface of the window at its centre. For cylindrical chambers, on the central axis at the centre of the cavity volume
Position of reference point of chamber	for plane-parallel chambers, at z_{ref} . For cylindrical chambers, $0.5 r_{cyl}$ deeper than z_{ref}
SSD	100 cm
Field size at phantom surface	10 cm x 10 cm or that used for normalization of output factors, whichever is larger

k_{Q,Q_0} Değerleri

- k_Q radyasyonun tipine, enerjisine ve cihaza göre değişiklik gösterir.
- Her iyon odası çeşidi bir k_Q gerektirir.
- İyon odasının doğru pozisyonunun tanımlanması yeterlidir ve pozisyonlamadaki herhangi bir sapma N_{D,w,Q_0} ve k_Q değerlerinde hesaba katılmıştır.

k_{Q,Q_0} Değerleri

□ Referans ışın Cobalt-60 olunca;

✓ $k_{Q,Q_0} \longrightarrow k_Q$

✓ $N_{D,W,Q_0} \longrightarrow N_{D,W}$ ile gösterilir.

□ Cobalt-60 ile kalibre edilen iyon odaları için hesaplanan k_Q değerleri için: Tablo 7.III

k_{Q,Q_0} Değerleri

TABLE 7.III. CALCULATED VALUES FOR k_Q FOR ELECTRON BEAMS, FOR VARIOUS CHAMBER TYPES CALIBRATED IN ^{60}Co GAMMA RADIATION, AS A FUNCTION OF BEAM QUALITY R_{50}

(The data are derived using values for stopping-power ratios and perturbation factors as given in Appendix B.)

Ionization chamber type ^a	Beam quality R_{50} (g cm ⁻²)																
	1.0	1.4	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	10.0	13.0	16.0	20.0
<i>Plane-parallel chambers</i>																	
Attix RMI 449	0.953	0.943	0.932	0.925	0.919	0.913	0.908	0.904	0.900	0.896	0.893	0.886	0.881	0.871	0.859	0.849	0.837
Capintec PS-033	-	-	0.921	0.920	0.919	0.918	0.917	0.916	0.915	0.913	0.912	0.908	0.905	0.898	0.887	0.877	0.866
Exradin P11	0.958	0.948	0.937	0.930	0.923	0.918	0.913	0.908	0.904	0.901	0.897	0.891	0.885	0.875	0.863	0.853	0.841
Holt (Memorial)	0.971	0.961	0.950	0.942	0.936	0.931	0.926	0.921	0.917	0.913	0.910	0.903	0.897	0.887	0.875	0.865	0.853
NACP / Calcam	0.952	0.942	0.931	0.924	0.918	0.912	0.908	0.903	0.899	0.895	0.892	0.886	0.880	0.870	0.858	0.848	0.836
Markus	-	-	0.925	0.920	0.916	0.913	0.910	0.907	0.904	0.901	0.899	0.894	0.889	0.881	0.870	0.860	0.849
Roos	0.965	0.955	0.944	0.937	0.931	0.925	0.920	0.916	0.912	0.908	0.904	0.898	0.892	0.882	0.870	0.860	0.848
<i>Cylindrical chambers</i>																	
Capintec PR06C (Farmer)	-	-	-	-	-	-	0.916	0.914	0.912	0.911	0.909	0.906	0.904	0.899	0.891	0.884	0.874
Exradin A2 (Spokas)	-	-	-	-	-	-	0.914	0.913	0.913	0.913	0.912	0.911	0.910	0.908	0.903	0.897	0.888
Exradin T2 (Spokas)	-	-	-	-	-	-	0.882	0.881	0.881	0.881	0.880	0.879	0.878	0.876	0.871	0.865	0.857
Exradin A12 (Farmer)	-	-	-	-	-	-	0.921	0.919	0.918	0.916	0.914	0.911	0.909	0.903	0.896	0.888	0.878
NE 2571 (Guarded Farmer)	-	-	-	-	-	-	0.918	0.916	0.915	0.913	0.911	0.909	0.906	0.901	0.893	0.886	0.876
NE 2581 (Robust Farmer)	-	-	-	-	-	-	0.899	0.898	0.896	0.894	0.893	0.890	0.888	0.882	0.875	0.868	0.859
PTW 30001/30010 (Farmer)	-	-	-	-	-	-	0.911	0.909	0.907	0.905	0.904	0.901	0.898	0.893	0.885	0.877	0.868
PTW 30002/30011 (Farmer)	-	-	-	-	-	-	0.916	0.914	0.912	0.910	0.909	0.906	0.903	0.897	0.890	0.882	0.873
PTW 30004/30012 (Farmer)	-	-	-	-	-	-	0.920	0.918	0.916	0.915	0.913	0.910	0.907	0.902	0.894	0.887	0.877
PTW 30006/30013 Farmer	-	-	-	-	-	-	0.911	0.909	0.907	0.906	0.904	0.901	0.898	0.893	0.885	0.878	0.868
PTW 31002/31003 (flexible)	-	-	-	-	-	-	0.912	0.910	0.908	0.906	0.905	0.901	0.898	0.893	0.885	0.877	0.867
PTW 31006 PinPoint	-	-	-	-	-	-	0.928	0.924	0.921	0.918	0.915	0.910	0.905	0.896	0.885	0.876	0.865
PTW 31014 PinPoint	-	-	-	-	-	-	0.929	0.925	0.922	0.919	0.916	0.910	0.905	0.897	0.886	0.876	0.865
Scdx-Wellhöfer CC01	-	-	-	-	-	-	0.942	0.938	0.935	0.932	0.929	0.923	0.918	0.909	0.898	0.889	0.878
Scdx-Wellhöfer CC04/IC04	-	-	-	-	-	-	0.928	0.925	0.922	0.920	0.918	0.913	0.910	0.902	0.893	0.884	0.874
Scdx-Wellhöfer CC08/IC05/IC06	-	-	-	-	-	-	0.920	0.918	0.917	0.915	0.913	0.910	0.907	0.902	0.894	0.886	0.877
Scdx-Wellhöfer CC13/IC10/IC15	-	-	-	-	-	-	0.920	0.918	0.917	0.915	0.913	0.910	0.907	0.902	0.894	0.886	0.877
Scdx-Wellhöfer CC25/IC25	-	-	-	-	-	-	0.920	0.918	0.917	0.915	0.913	0.910	0.907	0.902	0.894	0.886	0.877
Scdx-Wellhöfer FC23-C/IC28	-	-	-	-	-	-	0.920	0.918	0.916	0.914	0.913	0.910	0.907	0.902	0.894	0.886	0.877
Farmer shortened	-	-	-	-	-	-	0.920	0.918	0.916	0.914	0.913	0.910	0.907	0.902	0.894	0.886	0.877
Scdx-Wellhöfer FC65-P/IC69 Farmer	-	-	-	-	-	-	0.914	0.912	0.911	0.909	0.907	0.904	0.902	0.896	0.889	0.881	0.872
Scdx-Wellhöfer FC65-G/IC70 Farmer	-	-	-	-	-	-	0.920	0.918	0.916	0.914	0.913	0.910	0.907	0.902	0.894	0.887	0.877
Victoreen 30-348	-	-	-	-	-	-	0.910	0.908	0.906	0.903	0.902	0.898	0.895	0.888	0.880	0.872	0.862
Victoreen 30-351	-	-	-	-	-	-	0.906	0.904	0.902	0.901	0.899	0.896	0.893	0.888	0.880	0.873	0.864
Victoreen 30-349	-	-	-	-	-	-	0.899	0.898	0.897	0.896	0.895	0.893	0.891	0.888	0.881	0.875	0.866

^a Some of the chambers listed in this table fail to meet all of the minimum requirements described in Section 4.2.1. However, they have been included in this table because of their current clinical use.

Z_{max} 'da Absorbe Doz

- Z_{ref} 'de ölçülen doz, merkezi eksen derin doz dağılımı yardımıyla normalize edilerek Z_{max} 'daki doza dönüştürülür.

Çapraz Kalibrasyon

- ❑ Bir iyon odasının, önceden kalibre edilmiş başka bir iyon odasına karşı doğrudan karşılaştırma yöntemiyle kalibre edilmesi
- ❑ Cobalt-60 'ta kalibre edilmiş referans silindirik bir iyon odasına karşı, paralel plan iyon odasının kalibrasyonu.
- ❑ Amaç: Paralel plan odayla suda absorbe dozu belirlemek, dolayısıyla doğrudan Cobalt-60'a göre kalibre edilmiş paralel plan odayı kullanmaktan daha güvenilirdir.
- ❑ Çünkü doğrudan Cobalt-60 ile kalibre edilen paralel plan odalarda ρ_{wall} düzeltmesi ile ilgili problemlerin k_Q, Q_0 belirlenmesine katkısından kaçınılmış olur.

Çapraz Kalibrasyon

- En yüksek enerjili elektron kullanılması ($R_{50} > 7 \text{ g. cm}^{-2}$) önerilir.

$$N_{D,w,Q_{cross}}^x = \frac{M_{Q_{cross}}^{ref}}{M_{Q_{cross}}^x} N_{D,w,Q_o}^{ref} k_{Q_{cross},Q_o}^{ref}$$

$M_{Q_{cross}}^{ref}$: Referans dozimetrenin okuduğu k_{pol} , k_s , k_{tp} ile düzeltilmiş doz

$M_{Q_{cross}}^x$: Kalibre edilen dozimetrenin okuduğu k_{pol} , k_s , k_{tp} ile düzeltilmiş

N_{D,w,Q_o}^{ref} : Referans dozimetre kalibrasyon faktörü

k_{Q_{cross},Q_o}^{ref} : Referans dozimetre ışın kalite düzeltme faktörü (Tablo 7.III)

- Böylece paralel plan iyon odası için çapraz kalibrasyonla suya bağlı kalibrasyon değeri $N_{D,w,Q_{cross}}^x = N_{\text{paralel plan } D,w}$ bulunmuştur.

Çapraz Kalibrasyon

$$D_{w,Q} = M_Q^x N_{D,w,Q_{cross}}^x k_{Q,Q_{cross}}^x$$

$$k_{Q,Q_{cross}}^x = \frac{k_{Q,Q_{int}}^x}{k_{Q_{cross},Q_{int}}^x}$$

- ❑ Çapraz kalibrasyon yapılan enerjiden farklı bir enerji için absorbe doz hesaplanacaksa ;
- ❑ $k_{Q,Q_{int}}^x$ ve $k_{Q_{cross},Q_{int}}^x$ değerleri (tablo 7.IV 'den)

$k_{Q,Q_{int}}^x$: Absorbe dozu ölçülmek istenilen elektron enerjisinin faktörü

$k_{Q_{cross},Q_{int}}^x$: Çapraz kalibrasyon yapılan elektron enerjisinin faktörü

$k_{Q,Q_{int}}^{Rx}$ $k_{Q,Q_{cross}}^{ve}$ $k_{Q,Q_{int}}^{Rx}$

TABLE 7.IV. CALCULATED VALUES FOR $k_{Q,Q_{int}}$ FOR VARIOUS CHAMBER TYPES CALIBRATED IN ELECTRON BEAMS, AS A FUNCTION OF BEAM QUALITY R_{50}
(The data are derived using values for stopping-power ratios and perturbation factors as given in Appendix B and taking the value $Q_{int} = 7.5 \text{ g cm}^{-2}$.)

Ionization chamber type ^a	Beam quality R_{50} (g cm ⁻²)																
	1.0	1.4	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	7.0	8.0	10.0	13.0	16.0	20.0
<i>Plane-parallel chambers</i>																	
Attix RMI 449	1.078	1.068	1.055	1.047	1.040	1.034	1.028	1.023	1.019	1.014	1.010	1.003	0.997	0.986	0.972	0.961	0.948
Capintec PS-033	-	-	1.016	1.015	1.014	1.013	1.012	1.010	1.009	1.007	1.006	1.002	0.998	0.990	0.978	0.968	0.955
Exradin P11	1.078	1.068	1.055	1.047	1.040	1.034	1.028	1.023	1.019	1.014	1.010	1.003	0.997	0.986	0.972	0.961	0.948
Holt (Memorial)	1.078	1.068	1.055	1.047	1.040	1.034	1.028	1.023	1.019	1.014	1.010	1.003	0.997	0.986	0.972	0.961	0.948
NACP / Calcam	1.078	1.068	1.055	1.047	1.040	1.034	1.028	1.023	1.019	1.014	1.010	1.003	0.997	0.986	0.972	0.961	0.948
Markus	-	-	1.038	1.032	1.028	1.024	1.020	1.017	1.014	1.011	1.008	1.003	0.997	0.988	0.976	0.965	0.952
Roos	1.078	1.068	1.055	1.047	1.040	1.034	1.028	1.023	1.019	1.014	1.010	1.003	0.997	0.986	0.972	0.961	0.948
<i>Cylindrical chambers</i>																	
Capintec PR06C (Farmer)	-	-	-	-	-	-	1.012	1.010	1.008	1.006	1.005	1.001	0.999	0.993	0.984	0.976	0.966
Exradin A2 (Spokas)	-	-	-	-	-	-	1.003	1.003	1.002	1.002	1.002	1.001	0.999	0.996	0.991	0.984	0.975
Exradin T2 (Spokas)	-	-	-	-	-	-	1.003	1.003	1.002	1.002	1.002	1.001	0.999	0.996	0.991	0.984	0.975
Exradin A12 (Farmer)	-	-	-	-	-	-	1.012	1.010	1.008	1.006	1.005	1.002	0.998	0.993	0.984	0.976	0.965
NE 2571 (Guarded Farmer)	-	-	-	-	-	-	1.012	1.010	1.008	1.006	1.005	1.001	0.999	0.993	0.984	0.976	0.966
NE 2581 (Robust Farmer)	-	-	-	-	-	-	1.012	1.010	1.008	1.006	1.005	1.001	0.999	0.993	0.984	0.976	0.966
PTW 30001/30010 (Farmer)	-	-	-	-	-	-	1.013	1.010	1.008	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.984	0.976	0.965
PTW 30002/30011 (Farmer)	-	-	-	-	-	-	1.013	1.010	1.008	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.984	0.976	0.965
PTW 30004/30012 (Farmer)	-	-	-	-	-	-	1.013	1.010	1.008	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.984	0.976	0.965
PTW 30006/30013 Farmer	-	-	-	-	-	-	1.013	1.010	1.008	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.984	0.976	0.965
PTW 31002/31003 (flexible)	-	-	-	-	-	-	1.014	1.011	1.009	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.983	0.974	0.964
PTW 31006 PinPoint	-	-	-	-	-	-	1.023	1.019	1.015	1.012	1.009	1.003	0.997	0.988	0.976	0.965	0.953
PTW 31014 PinPoint	-	-	-	-	-	-	1.023	1.019	1.015	1.012	1.009	1.003	0.997	0.988	0.976	0.965	0.953
Sedx-Wellhöfer CC01	-	-	-	-	-	-	1.023	1.019	1.015	1.012	1.009	1.003	0.997	0.988	0.976	0.965	0.953
Sedx-Wellhöfer CC04/IC04	-	-	-	-	-	-	1.018	1.015	1.012	1.009	1.007	1.002	0.998	0.990	0.980	0.970	0.959
Sedx-Wellhöfer CC08/IC05/IC06	-	-	-	-	-	-	1.013	1.011	1.009	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.984	0.975	0.965
Sedx-Wellhöfer CC13/IC10/IC15	-	-	-	-	-	-	1.013	1.011	1.009	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.984	0.975	0.965
Sedx-Wellhöfer CC25/IC25	-	-	-	-	-	-	1.013	1.011	1.009	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.984	0.975	0.965
Sedx-Wellhöfer FC23-C/IC28	-	-	-	-	-	-	1.013	1.011	1.009	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.984	0.975	0.965
Farmer shortened	-	-	-	-	-	-	1.012	1.010	1.008	1.006	1.005	1.002	0.998	0.993	0.984	0.976	0.965
Sedx-Wellhöfer FC65-P/IC69 Farmer	-	-	-	-	-	-	1.012	1.010	1.008	1.006	1.005	1.002	0.998	0.993	0.984	0.976	0.965
Sedx-Wellhöfer FC65-G/IC70 Farmer	-	-	-	-	-	-	1.012	1.010	1.008	1.006	1.005	1.002	0.998	0.993	0.984	0.976	0.965
Victoreen 30-348	-	-	-	-	-	-	1.015	1.013	1.010	1.008	1.006	1.002	0.998	0.991	0.982	0.973	0.962
Victoreen 30-351	-	-	-	-	-	-	1.013	1.010	1.008	1.007	1.005	1.002	0.998	0.992	0.984	0.976	0.965
Victoreen 30-349	-	-	-	-	-	-	1.008	1.006	1.005	1.004	1.003	1.001	0.999	0.995	0.988	0.980	0.971

^a Some of the chambers listed in this table fail to meet all of the minimum requirements described in Section 4.2.1. However, they have been included in this table because of their current clinical use.

Protocols for the dosimetry of high-energy photon and electron beams: a comparison of the IAEA TRS-398 and previous international Codes of Practice

**Pedro Andreo¹, M Saiful Huq², Mathias Westermarck³, Haijun Song²,
Aris Tilikidis³, Larry DeWerd⁴ and Ken Shortt⁵**

¹ Division of Medical Radiation Physics, University of Stockholm – Karolinska Institute,
PO Box 260, SE-171 76 Stockholm, Sweden

² Department of Radiation Oncology, Kimmel Cancer Center of Jefferson Medical College,
Thomas Jefferson University, 111 South 11th Street, Philadelphia, PA 19107, USA

³ Department of Hospital Physics, Karolinska Hospital, SE-171 76 Stockholm, Sweden

⁴ Radiation Dosimetry Calibration Laboratory, University of Wisconsin, 1530 MSC 1300,
University Ave Madison, WI 53706, USA

⁵ Dosimetry and Medical Radiation Physics Section, Division of Human Health, International
Atomic Energy Agency, PO Box 100 A-1400 Vienna, Austria

Received 1 May 2002

Published 7 August 2002

SONUÇLAR

- TRS 398 ile önceki protokoller arası maksimum fark %1,5-2'dir.
- Absorbe dozlarda fotonlar için (TRS 277, silindirik odalar) ve elektronlar için TRS 277 paralel plan odalar çapraz kalibre edildiğinde TRS 398 önceki IAEA önerilerine göre %1 civarında daha çok verimlidir.
- Co-60'a göre ND,w kalibrasyonu yapılmış paralel plan odalar absorbe dozda Roos tipi oda için TRS 277'de %1,5 ile %2 arası maksimum bir belirsizlik yaratır. Bu belirsizlik paralel plan odaların Co-60 kalibrasyon sürecine veya bu ışına verdikleri bireysel yanıtı bağlı olabilir.

SONUÇLAR

- ❑ Eski protokoller her iyon odası tipi için aynı datanın kullanılmasını önerirken, ND,w tabanlı protokol olan 398 her iyon odasının kullanılan ışın kalitesi için spesifik kalibrasyonuna dayanmaktadır.
- ❑ Havada bir iyon çifti oluşturmak için gerekli olan ortalama enerji değerinin (W_{air}) miktarında enerjiyle muhtemel değişikliğe her zaman dikkat çekilmiş, fakat net bir yanıt verilememiştir. Deneysel kQ değerleri bu niceliğin muhtemel enerji bağımlılığını da içermektedir.
- ❑ Hava kerma tabanlı protokollerde aynı tip ölçüm prensibi nedeniyle belirsizlikler yeteri kadar hesaba katılamazken ND,w tabanlı prosedürler daha güvenli bir sistem standardına sahiptir.



IAEA publications

All IAEA publications are available for free (downloadable PDF files) or can be ordered in hardcopy format for a fee.

Absorbed Dose Determination in External Beam Radiotherapy. IAEA Technical Report Series 398. Available in several languages from <http://nucleus.iaea.org/HHW/MedicalPhysics/Radiotherapy/Dosimetry/Generalprinciples/index.html>

Spreadsheet version of the worksheet which calculates all the TRS-398 factors. www-naweb.iaea.org/nahu/DMRP/zip/trs398.zip

Radiation Oncology Physics Handbook. Edited by E.B. Podgorsak. www-pub.iaea.org/mtcd/publications/pdf/pub1196_web.pdf

Setting Up a Radiotherapy Programme : Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects www-pub.iaea.org/MTCD/Publications/PDF/pub1296_web.pdf

Medical Physics page on the IAEA Human Health Campus website:
<http://nucleus.iaea.org/HHW/MedicalPhysics/Radiotherapy/Dosimetry/index.html>

Radiation Oncology page on the IAEA Human Health Campus website:
<http://nucleus.iaea.org/HHW/RadiationOncology/index.html>