

**T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**BAŞ BOYUN KANSERLERİ TEDAVİSİNDE HAVA
BOŞLUKLARININ DOZ DAĞILIMINA ETKİLERİNİN
ARAŞTIRILMASI**

İMREN SABANER

**DANIŞMAN
DOÇ.DR İSMAİL ÖZBAY**

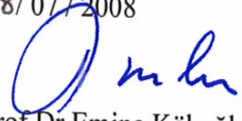
**TEMEL ONKOLOJİ ANABİLİM DALI TIBBİ
RADYOFİZİK PROGRAMI**

İSTANBUL-2008

TEZ ONAYI

Aşağıda tanıtımı yapılan tez, jüri tarafından başarılı bulunarak Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

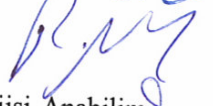
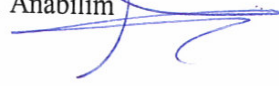
08/07/2008


Prof. Dr. Emine Kökoğlu
Enstitü Müdürü

Kurum : İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü
Program Adı : Tıbbi Radyofizik Bilim Dalı
Programın seviyesi : Yüksek Lisans ☒ Doktora ☐
Anabilim Dalı : Temel Onkoloji
Tez Sahibi : İmren SABANER
Tez Başlığı : Baş Boyun Bölgesi Kanseri Tedavisinde Hava Boşluklarının Doz Dağılımına Etkilerinin Araştırılması"
Sınav Yeri : İ.Ü. Onkoloji Enstitüsü
Sınav Tarihi : 04 / 07 / 2008

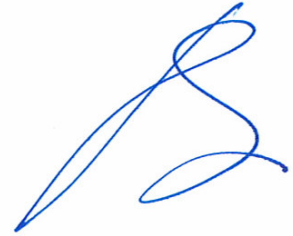
Tez Sınav Jürisi

Ünvanı Adı Soyadı Üniversitesi, Fakültesi, Anabilim Dalı

1. Prof. Dr. Hatice BİLGE / İ.Ü. Onkoloji Enstitüsü / Temel Onkoloji Anabilim Dalı 
2. Doç. Dr. Fulya AĞAOĞLU / İ.Ü. İstanbul Tıp Fakültesi / Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı 
3. Doç. Dr. İsmail ÖZBAY / İ.Ü. Onkoloji Enstitüsü / Temel Onkoloji Anabilim Dalı / Danışman 
4. Doç. Dr. Rasim MERAL / İ.Ü. Onkoloji Enstitüsü / Klinik Onkoloji Anabilim Dalı 
5. Doç. Dr. Esra Kaytan SAĞLAM / İ.Ü. İstanbul Tıp Fakültesi / Radyasyon Onkolojisi Anabilim Dalı 

BEYAN

Bu tez çalışmasının kendi çalışmam olduğunu, tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda etik dışı davranışımın olmadığını, bu tezdeki bütün bilgileri akademik ve etik kurallar içinde elde ettiğimi, bu tez çalışmayla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara kaynak gösterdiğimi ve bu kaynakları da kaynaklar listesine aldığımı, yine bu tezin çalışılması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığı beyan ederim.

İMREN SABANER

İTHAF

Sevgili dedem Hasan Mutlu'ya ithaf ediyorum

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam süresince ilgi ve destek gösteren, danışmanım İstanbul Üniversitesi Onkoloji Enstitüsü Öğretim üyesi Doç. Dr. İsmail ÖZBAY'a, tezimin birçok aşamasında yardımlarını esirgemeyen fizikçi arkadaşlarım ve İ.Ü. Onkoloji Enstitüsü çalışanlarına, hayatımın her anında olduğu gibi bu tez çalışmam sırasında da yanımda olan sevgili eşime, anneme, kayınvalideme ve kayın biraderime, her dönem destekleri ile güven kazandıran Erten ve Nihat AKKAN'a içten dileklerimle teşekkür ederim. Ayrıca teşvikleriyle bana sürekli cesaret veren Betül TARHAN'a ve tezin hazırlanması sırasında yanımda olan arkadaşım Zeliha MEMİŞOĞLU'na sonsuz teşekkürler.

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI	İİ
BEYAN	İİİ
İTHAF	İV
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
TABLolar LİSTESİ	Vİİİ
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	İX
SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ	Xİ
ÖZET	Xİİ
ABSTRACT.....	Xİİİ
1.GİRİŞ VE AMAÇ	1
2.GENEL BİLGİLER.....	3
2.1.İnhomojenitenin Etki Şekli	3
2.3.İnhomojenite Düzeltme Yöntemleri	6
2.4.Hava Boşlukları	6
2.4.1.Baş boyun bölgesindeki hava boşlukları.....	7
3.GEREÇ VE YÖNTEM.....	8
3.1.Araç ve Gereçler.....	8
3.1.1. GE Saturne 42 Lineer Hızlandırıcı	8
3.1.2. Orion Lineer Hızlandırıcı	8
3.1.3.Alcyon (Co 60) cihazı	8
3.1.4.PTW- Unidos Dozimetri sistemi ve PTW Markus Paralel Plan iyon odası.....	8
3.1.5.Fimel TLD sistemi	8
3.1.5.1 Fimel GR-200 A TLD rodları	8
3.1.5.2 Fimel LTM TLD okuyucu	8
3.1.5.3.Fimel fırın	8
3.1.6.RW-3 su eşdeğeri katı fantom	8
3.1.1.GE Saturne 42 Lineer Hızlandırıcı	9
3.1.2.Orion Lineer Hızlandırıcı	9
3.1.3.Alcyon II (Cobalt-60) Teleterapi Ünitesi	9

3.1.4.PTW -Unidos Dozimetri sistemi ve Markus Paralel-Plan İyon Odası.....	9
3.1.5.Fimel TLD Sistemi	10
3.1.5.1.Fimel GR-200 A TLD rodları	11
3.1.5.2.Fimel LTM TLD okuyucu	12
3.1.5.3.Fimel Fırın	12
3.1.6.RW-3 Katı Su Fantomu	13
3.2.Yöntem.....	13
3.2.1.Merkezi Eksen %DD ölçümleri.....	13
3.2.2.TLD Ölçümleri	15
4.BULGULAR.....	17
4.1.İyon odası ölçümleri	17
4.1.1.Homojen (boşluksuz) katı su fantomunda merkezi eksen %DD ölçümleri	17
4.1.2. 3cm derinlikte 3x3x3cm ³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomunda merkezi eksen %DD ölçümleri.....	18
4.1.3. 4cm derinlikte 2x2x∞ cm ³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomunda merkezi eksen %DD ölçümleri.....	19
4.2. TLD ölçümleri.....	21
4.2.1. 3cm derinlikte ve 3x3x3 cm ³ boyutlarında hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomunda TLD ölçümleri.....	21
4.2.2. 4cm derinlikte ve 2x2x∞ cm ³ boyutlarında hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomunda TLD ölçümleri.....	24
5.TARTIŞMA	28
KAYNAKLAR	33
HAM VERİLER.....	35
ÖZGEÇMİŞ	48

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 2-1:Tipik vücut yoğunlukları ve elektron yoğunlukları	4
---	---

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2-1 Yüksek enerjili x-ışınlarında absorpsiyon	5
Şekil 3-1: PTW unidos dozimetre ve Markus paralel plan odası.....	10
Şekil 3-2: Thermolüminesans olayı.....	11
Şekil 3-3: Fimel GR-200 A TLD rodları	11
Şekil 3-4: Fimel LTM TLD okuyucu	12
Şekil 3-5: Fimel Fırın	12
Şekil 3-6: RW-3 Katı Su Fantomu	13
Şekil 3-7: Paralel plan iyon odası ile boşluksuz katı su fantom deney düzeneği	14
Şekil 3-8: 3cm derinlikte $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu katı su fantom deney düzeneği.....	14
Şekil 3-9: $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu katı su fantom deney düzeneği	15
Şekil 3-10: 4cm derinlikte $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu, boşluk boyunca TLD yerleştirilen katı su fantom deney düzeneği.....	16
Şekil 3-11: 4cm derinlikte $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu, boşluğa dik doğrultuda TLD yerleştirilen fantom deney düzeneği	16
Şekil 4-1: $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda homojen katı su fantom %DD grafiği	17
Şekil 4-2: $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda homojen katı su fantom %DD grafiği	17
Şekil 4-3: $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, 3cm derinlikte $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu, (inhomojen) katı su fantom %DD grafiği.....	18
Şekil 4-4: $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, 3cm derinlikte $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantom %DD grafiği.....	19
Şekil 4-5: $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, 4cm derinlikte $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantom %DD grafiği.....	20
Şekil 4-6: $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, 4cm derinlikte $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantom %DD grafiği.....	21
Şekil 4-7: $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk önü doz dağılım grafiği	22
Şekil 4-8: $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk arkası doz dağılım grafiği.....	22
Şekil 4-9: $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk önü doz dağılım grafiği	23

Şekil 4-10: $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk arkası doz dağılım grafiği	23
Şekil 4-11: $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk önü doz dağılım grafiği.....	24
Şekil 4-12: $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk arkası doz dağılım grafiği.....	25
Şekil 4-13: $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk önü doz dağılım grafiği	25
Şekil 4-14: $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk arkası doz dağılım grafiği.....	26
Şekil 4-15: $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk arkası, dikey doğrultuda doz dağılım grafiği.....	27
Şekil 4-16: $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, boşluk arkası, dikey doğrultuda doz dağılım grafiği.....	27

SEMBOLLER / KISALTMALAR LİSTESİ

BT, CT: Bilgisayarlı tomografi, Computing tomography

Co-60: Kobalt 60

Gy: Gray (Absorbe doz birimi)

MV: Mega volt

MeV: Mega elektron volt

MU: Monitör unit

MV: Milyon volt

SID: Kaynak izomerkez mesafesi (source isocenter distance)

SSD: Kaynak cilt mesafesi (source to skin distance)

TLD: Termolüminesans Dozimetri

IMRT: Yoğunluk ayarlı radyoterapi (Intensity Modulated Radiotherapy)

%DD: Yüzde derin doz

ÖZET

Sabaner, İ. (2008). Baş Boyun Bölgesi Kanseri Tedavisinde Hava Boşluklarının Doz Dağılımına Etkilerinin Araştırılması. İstanbul Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Temel Onkoloji ABD. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul.

Baş boyun bölgesi tümörlerinin çoğu hava ile temas halindedir. Hava boşluklarının tedavi volumü içinde yer almalarından dolayı, nazofarenks, larinks ve maksiller sinüs tümörü ışınlamaları daha da önem kazanır. Tedavilerde, ışın huzmesi tümöre ulaşmadan önce çoğunlukla hava boşluğundan geçer. Işınlamalarda hava boşluğunun varlığı, hava-tümör ara yüzeyinde elektronik denge kayıplarına bağlı olarak, bu bölgede doz düşüşlerine neden olur. Doz düşüşünün büyüklüğü hava boşluğunun geometrisine, hacmine, ışınlanan alanın büyüklüğüne ve kullanılan foton enerjisine bağlıdır.

Bu çalışmada, klinikte sıkça kullanılan $6 \times 6 \text{ cm}^2$ ve $10 \times 10 \text{ cm}^2$ tedavi alanlarında, 4MV, 6MV ve Co-60 foton enerjileri için, $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ ve $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ boyutlarında hava boşluklarının doz dağılımına etkilerinin araştırılması amaçlandı.

Homojen katı su fantomda merkezi eksen % Derin Doz ölçümleri (%DD), GE Saturn 42 lineer hızlandırıcısında 6MV, Orion lineer hızlandırıcısında 4MV ve Alycon II Co-60 teleterapi ünitesinde, PTW Markus düz iyon odası kullanılarak RW-3 katı su fantomunda yapıldı. Lineer hızlandırıcılarda 100cm SSD ve Co-60 teleterapi ünitesinde 80cm SSD de, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ ve $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutları için uygulandı. Aynı şekilde, aynı enerji ve alan boyutlarında $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ ve $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu inhomojen katı su fantomda merkezi eksen %DD ölçümleri yapıldı. Doku-hava ve hava-doku ara yüzeylerinde boşluğun doz dağılımlarına etkisini görebilmek için aynı enerji seviyeleri ve alan boyutlarında TLD ile doz dağılımları ölçüldü.

Merkezi eksen derin doz ölçümlerinde $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ ve $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ büyüklüğünde hava boşluklu inhomojen katı su fantomunda $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutu için hava boşluğu arkasındaki bölgede kayda değer bir build-up gözlenmedi. $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda, hava boşluğu arkasında bir build-up olduğu gözlemlendi, ancak %DD eğrisinde bir pik oluşturacak kadar büyük olmadığından dolayı, etkisi ihmal edilebilir. Tedavi planlamalarında boşluk nedeniyle düzeltme gerekmemektedir.

Anahtar Kelimeler: hava boşlukları, %DD, TLD, build-up, hava-doku ara yüzeyi

ABSTRACT

Sabaner, İ. (2008). Investigation of effect to dose distribution of air cavity in head and neck cancer treatment. İstanbul University, Institute of Health Science, Department of Basic Oncology, M.Sc. Thesis. İstanbul. 2008.

The most of the head and neck tumors are contact with the air. Because the air cavity are in place treatment volume, irradiations for nasopharynx, larynx and maxillary sinus are become more important. In treatments, beam usually passes through the air cavity before reach to the tumor. Existing air cavity for irradiation gives rise to under dose due to the lost of electronic equilibrium in these parts. The greatness of under dose depends on the geometry of cavity, irradiated field size and photon energy that is used for treatment, respectively.

The aim of this work is investigate the effects of air cavities that of volumes are $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ and $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ for the energies are often used in clinics are 4MV, 6MV and Co-60 on the $6 \times 6 \text{ cm}^2$ and $10 \times 10 \text{ cm}^2$ treatment fields on the dose distribution.

In homogen phantom the measurements of the central axis % depth dose (%DD) were performed in RW-3 solid water phantom using PTW Markus parallel plate ion chamber on GE Saturn 42 linear accelerator for 6MV, Orion linear accelerator for 4MV and Alcyon II Co-60 teletherapeutic unit. Measurements are performed at 100cm SSD for the accelerators and 80cm SSD for Co-60 teletherapy for the $6 \times 6 \text{ cm}^2$ and $10 \times 10 \text{ cm}^2$ field sizes. Similarly, same energy and same field size, with $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ and $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ air cavity were performed measurements of the central axis %DD. The dose distributions were measured on the same field sizes and the same energies with TLD to observe the effect of cavity on dose distribution on the tissue-air and air-tissue interfaces.

It was not observed significant build-up for central axis deep dose measurement beyond the air cavity for $10 \times 10 \text{ cm}^2$ field size in inhomogen solid water phantom has $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ and $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ volume. It was observed forming a build-up beyond the air cavity has $6 \times 6 \text{ cm}^2$ field size, but it is not great to take shape on the %DD curve, and then its effect can be ignored.

Key Words: air cavity, %DD, TLD, build-up, air-tissue interface

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Radyasyon Onkolojisinde kullanılan standart izodoz ve derin doz tabloları, homojen su veya su eşdeğeri fantomda ölçülerek elde edilir ve homojen yoğunluklu bir medyuma uygulandığı var sayılır. Ancak, homojen yoğunluklu olmayan hastada ışın; yağ, kemik, kas, akciğer ve hava tabakalarından geçebilir. Foton ışınlamalarında inhomojenitenin varlığı, yoğunluğun değişmesine bağlı olarak, elektronik denge kayıpları ve dolayısıyla boşluğun hemen arkasında build-up meydana getirir. Alan kenarlarındaki saçılma, elektronik dengedeki kayıpları karşılayamadığından dolayı, özellikle hava-doku birleşim yerlerindeki doz dağılımında önemli değişimlere neden olur. Bu inhomojenitenin varlığı, yoğunluk değişmesine, mevcut doku tipi ve ışın kalitesine bağlı olarak doz dağılımlarını değiştirir.(1,2,3)

Baş boyun bölgesi tümörlerinin çoğu, genellikle üst sindirim yollarını kaplayan mukozadan kaynaklanırlar ve hava ile temas halindedirler. Nazal kavitenin arkasında, hava geçişinin genişlediği bölgede yer alan nazofarenks bu duruma örnek gösterilebilir. Bu bölgede yer alan tümörler mukozal epitelyum kaynaklıdır.(3,10) Hava boşlukları tedavi volümü içinde yer almalarından dolayı, hava boşluklarına yakın olmaları nedeniyle, nazofarenks, larinks, maksiller sinüs tümörü ışınlamaları daha da önem kazanıyor. Tedavilerinde ışın huzmesi tümörün yüzey tabakasına ulaşmadan önce, sıklıkla bir hava tabakasından geçer. Bu durumda hava-tümör ara kesitinde elektronik denge tam oluşmaz. Elektronik denge kayıpları hava-doku arakesitinde doz düşüşlerine neden olur.

Düz iyon odası ile yapılan ölçümler, farklı boyuttaki hava boşluklarında merkezi eksen boyunca belirgin iyonizasyon kayıpları olduğunu göstermiştir. İleri saçılan elektronların olmayışı veya azlığı nedeniyle bir larenks hava boşluğunda %12'ye kadar doz kaybı gözlemlenmiş olup, bu kayıp yeni birleşim bölgesinde (boşluk arkası build-up) 5mm içerisinde tekrar dengelenir.(1,2)

Yapılan birçok çalışma doku-hava arakesitindeki doz düşüşünün büyüklüğünün, hava boşluğunun geometrisine, boşluğun hacmine, ışınlanan alan büyüklüğüne ve kullanılan foton enerjisine bağlı olduğunu ortaya koymaktadır. Büyük hacme sahip hava boşluğunun, küçük alan boyutu ve yüksek enerjiye sahip foton ile ışınlandığında doz dağılımındaki değişimin daha da arttığı gözlenmiştir.(1,2,3,4,5,6,8)

Genelde, baş-boyun kanserlerinin tedavisi 6MV foton huzmeleri ile yapılmaktadır. Ancak, literatür sonuçları 4MV gibi düşük foton enerjileriyle tedavinin, özellikle büyük hava kavitesi olduğunda avantaj sağladığını göstermektedir. Ancak detaylı karşılaştırma çalışmaları azdır.(2,16,17)

Bu çalışmanın amacı olarak, baş-boyun kanserlerinde hava boşluklarının doz dağılımına etkisini araştırdık. Bu amaçla 10x10cm² ve 6x6cm²'lik iki farklı tedavi alanında Co-60, 4MV ve 6MV'lik üç farklı foton enerjisinde, hava boşluklarının doz dağılımına etkilerinin deneysel ölçüm yöntemiyle karşılaştırmalı olarak araştırdık.

2. GENEL BİLGİLER

İnsan vücudunun iç yapısı homojen değildir. Organların ayrıntılarını veren röntgen filmi, radyasyonun benzer olmayan dokular arasında farklılaşabildiğini gösterir. Bu durum tanı amaçlı radyolojide bir avantaj olmasına karşın, radyoterapide genellikle bir sorundur. İnhomojenitenin varlığı, inhomojenite dokusuna, tipine ve radyasyonun kalitesine bağlı olarak doz dağılımında değişiklikler meydana getirir.(8) Bazen, radyasyon demetinde doku farklılıklarının etkisi önemli olduğundan, bu farklılıkları belirlemenin yöntemleri araştırılmalıdır.

Baş-boyun kanserlerinin tedavi alanı içinde çoğunlukla hava boşlukları vardır.(3) Bu gibi durumlarda hava-doku arakesitinde elektronik denge tam oluşmaz ve doz azalmasına neden olur. Bu konuda yapılan çalışmalar, kullanılan ölçü tekniğine bağlı olarak, sonuçlarda farklılıklar göstermelerine rağmen, hepsi build-up ve build-up bölgesinde doz düşüklüğü olduğunu vurgulamışlardır. Çalışmaların çoğu kendi klinik foton enerjisi şartlarına bağlı olarak, düz iyon odası (paralel plate), TLD ve diod ile yapılmıştır.(7)

Tedavi alanı içinde hava boşluğunun varlığı, radyasyon geçişinin değişimi çok komplekstir. Primer ışın hava boşluğundan geçerken, normal dokuya göre daha az absorbe edileceğinden radyasyon dozu artar. Ancak, hava boşluğundan saçılan fotonlar azalacağından dozda azalma olur.(7) Hava boşluğunun varlığında boşluktan önce yüzeyesel bir doz azalması, boşluktan sonra ise daha derinde yeniden build-up oluşur. Literatüre göre 3cm'i aşmayan hava boşluklarında elektronik dengede fazla bir kayıp olmamaktadır.(4) Bu etki, küçük tedavi alanlarında, yüksek enerjilerde, büyük kaviterlerde ve hava boşluğunun daha yüzeysel olduğu durumlarda fazladır. Aynı zamanda kavite geometrisine ve tedavi huzmelerinin düzenlenmesine de bağlıdır.(1)

2.1.İnhomojenitenin Etki Şekli

Bir inhomojenitede ve civarında, beklenen dozdaki değişikliğe sebep olan üç etki vardır.(8)

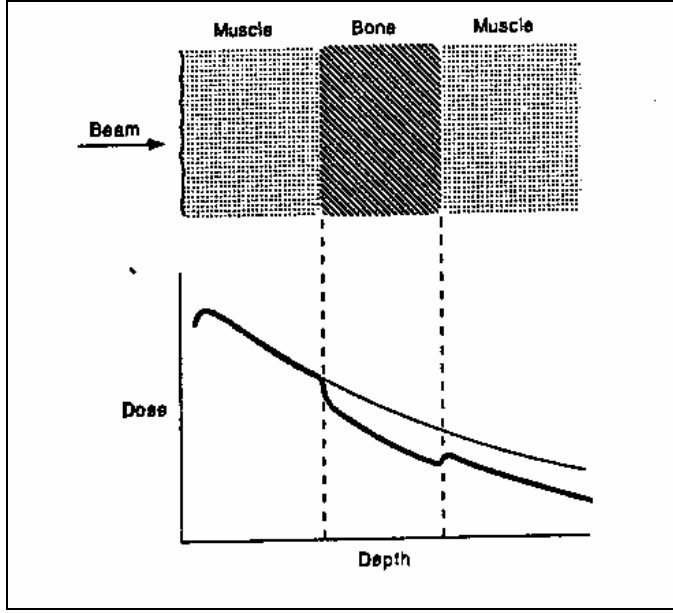
Birinci etki, primer radyasyonun azalma derecesinin değişmesidir. Bu değişikliğin inhomojenitede ve ötesindeki doz üzerinde önemli bir etkisi olmasına rağmen, primer eksen dışındaki doku üzerinde bir etkisi yoktur.

İkinci etki, saçılan radyasyon demetindeki değişimlerden kaynaklanan değişikliklerdir. Bu durum, sadece inhomojenite ve ötesindeki dokularda dozu değiştirmez, aynı zamanda geri saçılma nedeniyle primer eksen dışındaki dokunun dozunu da değiştirir. Bu etki, bazen etkinin küçük olması veya problemleri ele almak için bir teknik olmamasından dolayı, hesaplamalarda ihmal edilir. Düşük foton enerjilerinde hem ileri hem geri saçılmalardan kaynaklanan doz değişiklikleri, yüksek enerjili x ışınlarından daha fazladır. Yüksek enerjili x ışınlarında, saçılma çok küçük açılarla oluşmasından dolayı daha çok primer radyasyona eşlik ediyor gibi davranır.

Üçüncü etki sekonder elektronların akı dağılımındadır. Yani sınırlar civarında elektronik dengedeki kayıplardır. Daha az yoğun bir ortamdan yoğun bir ortama geçişten hemen sonra, örneğin akciğerden katı bir tümöre gidişte veya, soluk borusunun dışına çıkışta, skin sparing effect (cilt koruyucu etki) oluşması istenmeyen bir durumdur. Bir radyasyon demeti kemikten yumuşak dokuya geçtiğinde yüzey civarındaki yumuşak doku, kemikteki artan elektron akısı nedeniyle normalden daha yüksek doz alır. Bu nedenle dokunun her iki tarafında sınırdan 40-50 micron uzaklığına kadar etkilenir. Bu durum yumuşak radyasyonlarda çok daha belirgindir. Bir radyasyon demeti, herhangi bir yoğun ortamdan daha az yoğun ortama geçerken, örneğin göğüs duvarından akciğere geçişteki gibi, benzer bir durum meydana gelir. Tablo (2-1)(1,8)

Madde	Yoğunluk gr/cm ³	e/gr
Su	1,0	3,34x10 ²³
Hava	0,0013	3,01 x10 ²³
Yumuşak doku	1,0	3,31 x10 ²³
Kemik	1,1-1,8	3,19 x10 ²³
Yağ dokusu	0,9-0,95	3,37 x10 ²³

Tablo 2-1:Tipik vücut yoğunlukları ve elektron yoğunlukları



Şekil 2-1 Yüksek enerjili x-ışınlarında absorpsiyon

2.2. İnhojenitenin büyüklüğü ve yerinin belirlenmesi

İnhojenitenin lokalizasyonunun doğru tespit edilmesi düzeltme işlemleri için gereklidir. Buna alternatif olarak, hasta homojen varsayıp düzeltme yapmamak veya hastayı standart varsayıp akciğer ve büyük kemik gibi inhojeniteleri belirlenmiş volume gönderip büyüklük ve yerlerine göre belirlenebilir. Fakat birçok kanser hastası iç yapı olarak ortalama veya standart değildir. Bir akciğer çok büyük miktarda neoplazma veya sıvı ile dolu olabilir ve bu nedenle akciğerin elektron yoğunluğu, daha çok kas'ın elektron yoğunluğu ile benzerlik gösterir. Veya hastanın amfizemi (organın hava veya gaz infiltrasyonu) olabilir. Bu durumda elektron yoğunluğu havanın elektron yoğunluğuna yakındır. Aynı zamanda tümör nedeniyle kemik aşınmış olabilir ve bu nedenle yerinde olmayabilir.(8)

İç yapıların büyüklük ve yerinin belirlenmesinde en bilinen yöntem BT dir. BT sadece büyüklük ve şekil belirlemek için kullanılır. Özellikle çok küçük inhojenitelerin konumunun doğru olarak belirlenmesinde büyük rol oynar. Tedavi planlama sistemi ile CT sayıları kullanılarak inhojenite düzeltmeleri yapılabilir. Literatür ve enstitümüz hastaların nazofarenks bilgisayarlı tomografilerden elde edilen verilere göre, nazofarenks hava boşluğu 3cm derinlikte ve maksimum 3cm genişliğindedir.(3) Larenks hava boşluğu ise horizontal kesitte 2-4cm, vertikal kesitte

(ön-arka) 2cm ve yüzeyden 4cm derinliktedir.(2,3) Ancak, subglotik ve supraglotik bölgede genişlik sabit olarak 2cm'dir.(2)

İç yapıların büyüklük ve yerleri ile ilgili bazı bilgiler verebilen diğer yöntemler US ve ortagonal radyografidir. Ortagonal radyografi, birbirine dik açılı ve ortak izosentr ile yapılan radyografidir. Bu şekilde görüntüler üç boyutlu olarak verilebilir ve kalınlıklar matematiksel olarak belirlenebilir. Fakat, eğri sınırlarının tam yerini belirlemek zordur.

2.3.İnhomojenite Düzeltme Yöntemleri

İnhomojenite düzeltmelerinde birçok yöntem kullanılır. Bunları kısaca özetleyecek olursak: Efektif SSD yönteminde derin doz (DD) değerleri kullanılarak düzeltme yapılır. Doku Hava Oranları Yöntemi (TAR) değerlerini kullanır ve manuel uygulamalar için uygun bir yöntemdir. İzodoz Eğrilerini Kaydırma Yöntemi, Efektif SSD Yöntemini basitleştirerek, klinik uygulamaları kolaylaştıran bir yöntemdir. Doku Hava Oranı Üstel Kuvvet (Batho) Yöntemi ölçüm değerlerine en yakın yöntemdir ve inhomojenitenin altındaki yapıyı dikkate alır. Düşük enerjili x ışınları için en güvenilir yöntemdir. Eşdeğer Doku-Hava Oranı Yöntemi, (TAR) yöntemine dayanır ve inhomojen yapıyı segmentlere ayırıp, her bir segment için hesaplama yapılır. Bu yöntem inhomojenitenin yan saçılmalarını dikkate alır. Yeni planlama sistemlerinde kullanılmaktadır.(8,9,11,18)

2.4.Hava Boşlukları

Megavoltaj foton dozimetrisindeki hava boşluklarının en önemli etkisi, boşluk yüzeyinde elektronik dengedeki düşüşlerdir. Boşluğun önünde veya arkasındaki doz, beklenenden oldukça düşük olabilir. Bu düşüş nedeniyle boşluk arkasında bir build-up meydana gelir. Dozdaki en belirgin azalma, büyük boşluklar (derinlik 4cm) ve küçük alan boyutlarında ($4 \times 4 \text{cm}^2$) boşluğun hemen arkasındaki yüzeyde meydana gelir. Örneğin; üst solunum yolları arkasındaki lezyonların Co-60 ile ışınlamalarında, $4 \times 4 \text{cm}^2$ den daha küçük alan boyutları için doz düşüşünün %10 dan daha küçük, yüksek enerjili radyasyonlarda ise doz düşüşünün daha büyük olacağı öngörülmüştür.(9)

Baş ve boyun kanserleri, dudak, oral kavite, paranazal sinüsler, nazal fossa, tükürük bezleri, nazofarenks, orofarenks, hipofarenks, larenks ve boyun bölgesinden orjin alan habis tümörlerdir. Tüm vücut kanserlerinin %5-10 unu teşkil ederler.

Genellikle epiteyal yapılardan orjin alırlar. Yassı epitel hücreli karsinomlar en sık görülen kanserlerdir.(10,12,13)

2.4.1.Baş boyun bölgesindeki hava boşlukları

Ağız boşluğu; önde vestibulum oris (bukkal kavite) ve arkada cavum oris propriadan (esas ağız boşluğu) meydana gelir. Bukkal kavite dıştan dudak ve yanaklar, içten diş ve diş etleriyle sınırlanmış bir aralıktır. Esas ağız boşluğu önde ve yanlardan diş ve diş etleri, üstte damak, altta ağız tabanı ve arkada yutak ile sınırlanmış bir boşluktur.

Yutak (Farenks); burun boşlukları ağız boşluğu ve gırtlak başlangıç bölümünün arkasında bulunan, sindirim ve solunum sisteminde yer alan bir organdır. Kafa kaidesinden başlayıp, 6.boyun omuru ve özefagus ile devam eden yaklaşık 12cm uzunluğunda bir borudur. Nasofarenks, orafarenks ve hipofarenks olarak üç bölüme ayrılır. Nasofarenks yutağın burun boşluğu arkasındaki bölümüdür. Dış yan duvarında yer alan farengal delikler vasıtasıyla, orta kulak boşlukları ve nasofarenks arasındaki bağlantı sağlanır. Özefagus, C6 düzeyinde yutaktan başlayıp göğüs boşluğuna devam eden 2cm çapında ve 25-40cm uzunluğunda, yutak ile mide arasındaki bağlantıyı sağlayan bir borudur.

Gırtlak (Larenks); boynun ön tarafında, soluk borusu ve laringofarenks arasında yer alan, solunumun gerçekleşmesi ve sesin oluşmasında rol oynayan bir organdır. Gırtlak boşluğu (kavitas larenks), vestibulum larenks (üst bölüm), kavitas larenks intermedium (orta bölüm) ve kavitas interglotika (alt bölüm) olarak üç bölüme ayrılır.

Burun; dış burun ve burun boşluklarından oluşan koku alma organıdır. Solunumun başlangıç yeri olan burun boşluğu (cavum nasi) 2,5-3,5 cm³ hacminde, paranasal sinüsler orbita ve arkada nasofarenks ile bağlantılıdır. Paranasal sinüsler içi hava ile dolu olan boşluklardır. Bunlardan maksiller sinüs 33mm yüksekliğinde, 23mm genişliğinde ve 15 ml hacme sahiptir. Burnun arka kısmında bulunan, orta kulağın hava almasını sağlayan östaki borusu 3,5-4cm uzunluğunda ve 7-8mm çapında boru biçiminde bir yapıdır.

Kulak; dış kulak, orta kulak ve iç kulak olarak üç bölüme ayrılan işitme organıdır. Orta kulakta yer alan, nasofarenks ile bağlantılı içi hava dolu boşluklar yer alır. Orta kulak boşluğu bu boşlukların en büyüğüdür, çapı yaklaşık 1,5cm ve hacmi yaklaşık 1 cm³ tür.

3. GEREÇ VE YÖNTEM

Bu çalışma İ.Ü.Onkoloji Enstitüsünde yapılmıştır ve kullanılan cihazlar Onkoloji Enstitüsüne aittir.

3.1.Araç ve Gereçler

3.1.1. GE Saturne 42 Lineer Hızlandırıcı

3.1.2. Orion Lineer Hızlandırıcı

3.1.3.Alcyon (Co 60) cihazı

3.1.4.PTW- Unidos Dozimetri sistemi ve PTW Markus Paralel Plan iyon odası

3.1.5.Fimel TLD sistemi

3.1.5.1 Fimel GR-200 A TLD rodları

3.1.5.2 Fimel LTM TLD okuyucu

3.1.5.3.Fimel fırın

3.1.6.RW-3 su eşdeğeri katı fantom

3.1.1. GE Saturne 42 Lineer Hızlandırıcı

6 ve 15 MV foton ile 4.5, 6, 7.5, 9, 12, 15, 18 ve 21 MeV nominal enerji seviyelerinde elektron demetlerine sahip bir lineer hızlandırıcıdır. Maksimum doz derinliği 6MV enerjili foton ışını için 1,5cm, 15MV enerjili foton demeti için ise 3cm'dir. 100cm SSD'de foton ışını için alan boyutu 40x40cm²dir. Kolimatör yapısında, simetrik ve asimetrik hareket edebilen (X1, X2) ve yalnız simetrik hareket edebilen (Y1, Y2) çeneleri mevcuttur. Durağan dalga hızlandırıcı, 270⁰'lik eğici magnet ve çift saçıcı filtre kullanır. 60⁰'lik motorize kama filtreye sahiptir.

3.1.2. Orion Lineer Hızlandırıcı

Cihaz orjinalde 6MV foton enerjilidir. Ancak çalışmayı yaptığımız Orion Lineer Hızlandırıcı cihazı 4MV foton enerjisine sahiptir. Maksimum doz derinliği 1cm'dir. 100cm SSD'de alan boyutları 40x40cm² ye kadar açılmaktadır. Kolimatör yapısında simetrik ve asimetrik hareket edebilen (x) ve yalnız simetrik hareket edebilen (y) çeneleri mevcuttur. 15°, 30°, 45° ve 60° lik eksternal wedge'leri vardır.

3.1.3. Alcyon II (Cobalt-60) Teleterapi Ünitesi

Alcyon II, Co-60 radyoaktif kaynağını kullanan bir teleterapi ünitesidir. 2cm yarıçaplı radyoaktif kaynağın yayınladığı gama ışının ortalama enerjisi 1,25 MeV olarak kabul edilir ve maksimum doz derinliği 0,5cm'dir. SSD 80cm mesafesinde maksimum alan büyüklüğü 32x32cm²'dir. Co-60 kaynağından çıkan β ışınları, girginlik kabiliyetine sahip olmadığından kaynak etrafındaki koruyucu tabaka tarafından tutulur. Durağan ve rotasyonel tedavi için uygundur.

3.1.4. PTW -Unidos Dozimetri sistemi ve Markus Paralel-Plan İyon Odası

Ölçümlerde PTW 23343 model Markus tipi paralel-plan iyon odası kullanıldı. Bu iyonizasyon odalarının elektrot mesafeleri sabittir. Etkili ölçü noktası ön giriş penceresinin merkezidir. Kalibrasyonda, referans radyasyon kalitesi olarak, 60Co kullanılır. Markus tipi paralel-plan iyon odasının hacmi 0,055 cm³, elektrot mesafesi 2mm ve koruyucu halka genişliği 0,2mm. Giriş (çember) penceresi ince grafit tabakalı polietilen'den yapılmıştır, kalınlığı 0,9mm ve alan yoğunluğu 2.76 mg/cm² (0,025mm su eşdeğeri) dir. İyon odasının tabanı silindirik ve PMMA'dan (perspeks = pleksiglas) yapılmıştır. Elektrodu grafit kaplama akrilik olup etkin çapı 5,3mm'dir. Polarite etkisini

ve elektrostatik yükü en aza indirmek için elektrot küçük hacimlidir. Ölçüm için önerilen fantom materyali su ve PMMA dır. Şekil (3-1) (14,15)



Şekil 3-1: PTW unidos dozimetre ve Markus paralel plan odası

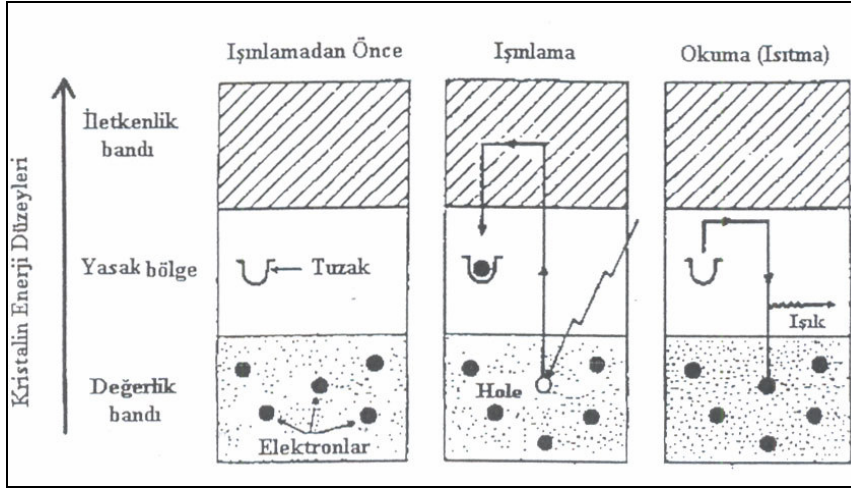
3.1.5.Fimel TLD Sistemi

TLD; Thermolüminesans Dozimetri

Kusursuz bir kristalde valans bandı en dolu ve iletkenlik bandı en boş bant olmak üzere, valans bandındaki bir elektron enerji aldığı anda iletkenlik bandına yükselir ve valans bandında bir boşluk kalır.

Thermolüminesans dozimetri ölçümlerinde, içine yabancı madde eklenerek saflığı bozulmuş kristaller kullanılır. Kristaldeki bu kusurlar enerji bandında değişimlere neden olur. Enerji bandındaki bu değişimler bölgede lokal enerji düzeylerini (tuzaklar) meydana getirirler. Bu tür kristaller enerji aldıklarında (ışınlandığında) valans bandındaki elektronlar ya iletkenlik bandına geçerler ya valans bandına geri dönerler yada tuzaklara yakalanırlar. Tuzaklar çok derindeyse ısıtıcı plançet yardımıyla sıcaklık (termal enerji) arttırılarak elektronların iletkenlik bandına geçişleri sağlanır. İletkenlik bandına çıkan elektronlar, ya tekrar tuzağa döner veya valans bandına inerler. Sıcaklık arttıkça tuzaklardan kurtulup iletkenlik bandına çıkan elektron sayısı artar. Bu geçişler sırasında foton yayımlanır, yayınlanan foton sayısı sıcaklık arttıkça artar. Bu olaya thermolüminesans denir. Thermolüminesans ışığın yoğunluk değeri fotomultiplikator (PM) ekranındaki parlama eğrisinin pik değeri ile belirlenebilir. Bu işlemlerden sonra TLD lerdeki tuzaklarda kalmış olan elektronların

tekrar valans bandına dönmesi için 250 santigrat dereceye ısıtılır ve bu işlemle sönümleme sağlanır. Şekil (3-2)(11)



Şekil 3-2: Thermoluminesans olayı

Fantomda tedavi verifikasyonu, in-vivo dozimetri, personel ve çevre monitoring gibi kullanım alanları mevcut. Tekrar kullanılabilirliği, doz hızından bağımsız olmaları, geniş doz aralığında lineer cevap vermeleri ve küçük olmaları TLD lerin genel özelliklerindendir. Piyasada farklı işlevleri olan, rot, çip ve toz gibi, bir çok çeşidi bulunur.

3.1.5.1.Fimel GR-200 A TLD rodları

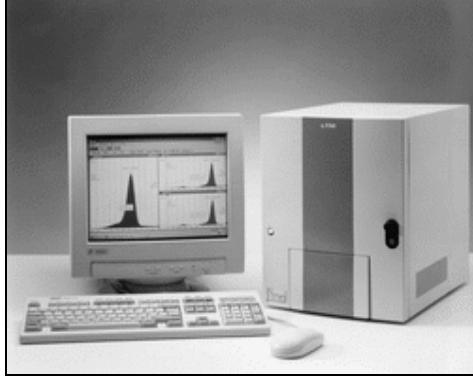
Radyoterapide en çok kullanılan TL malzemeler magnezyum ve titanyumla saflığı bozulmuş lityum flüorittir; LiF: Mg, Ti, LiF: Mg, Cu, P (GR-200 A), lityum borat ve kalsiyum florittir. Bu dozimetreler çip, rod ve toz şeklindedir. Ölçümlerde kullanılan GR-200 A TL rodları 1x1x4,5 mm boyutlarındadır. Şekil (3-3)



Şekil 3-3: Fimel GR-200 A TLD rodları

3.1.5.2.Fimel LTM TLD okuyucu

TL okuyucu 1 μ Gy ile 10 Gy'lık doz aralığında okuma yapabilir. Cihaz içinde, sürekli takılı bulunan optik filtre ve absorblayıcı filtre olarak iki filtre bulunmaktadır. Krom- Demir- Alüminyum karışımı materyalden yapılmış değiştirilebilir plançete sahiptir. Cihaz yapılan ölçümlerin istatistik verileri, parlama eğrisinin çıktısını verebilmekte ve ölçümlerin kaydını yapabilmektedir. Şekil (3-4)



Şekil 3-4: Fimel LTM TLD okuyucu

3.1.5.3.Fimel Fırın

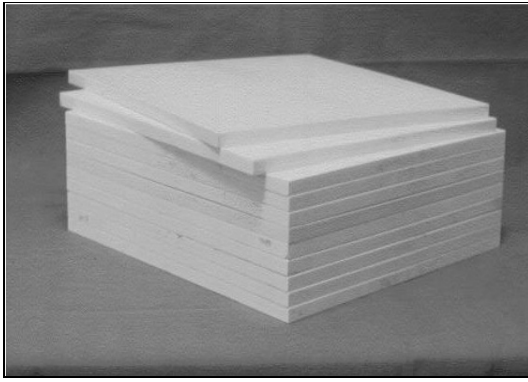
Termolüminesans rotların ve çiplerin sönmleme işlerinde kullanılır. Fırlama kabı 80 rod veya çip alabilmektedir. Farklı TLD ler için programlanabilir ve sıcaklık 500 °C ye kadar arttırılabilir. Şekil (3-5)



Şekil 3-5: Fimel Fırın

3.1.6.RW-3 Katı Su Fantomu

RW-3 katı su fantomu, yüksek enerjili radyasyon tedavisi dozimetrisinde kullanılan, beyaz polystyrene'den yapılmış, %2 TiO içeren, fiziksel yoğunluğu 1.045g/cm^3 , elektron yoğunluğu $3.43 \times 10^{23} \text{ e/cm}^3$ olan bir fantom materyalidir. ^{60}Co 'dan 20MV foton ile 4 MeV' den 25 MeV elektron ışın enerjisi aralığında ölçüm yapılacak şekilde dizayn edilmiştir. 40x40cm boyutlarına sahip ve 1, 2, 5 ve 10mm olarak farklı kalınlıklarda bulunmaktadır. Buna ek olarak, arada hava boşluğu bırakmadan paralel-plan ve silindirik iyon odalarının yerleştirildiği levhalar da vardır. Şekil (3-6)



Şekil 3-6: RW-3 Katı Su Fantomu

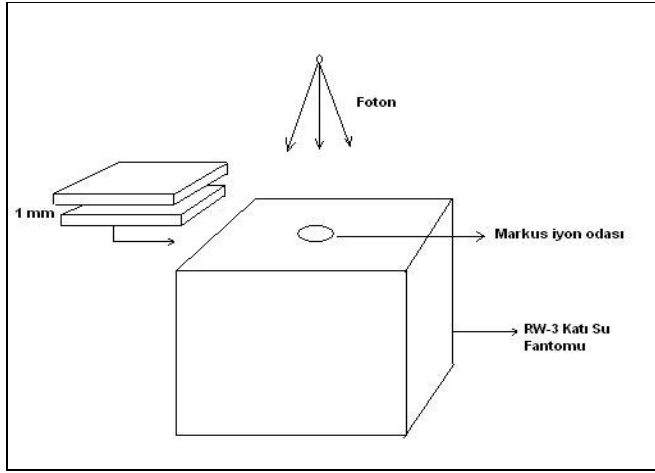
3.2.Yöntem

Bu çalışmada Saturne Lineer Hızlandırıcı (6MV), Orion Lineer Hızlandırıcı (4MV) için 100cm SSD' de ve Alcyon Co-60 teleterapi cihazında 80cm SSD 'de homojen katı su fantomunda $6 \times 6 \text{ cm}^2$ ve $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutları için, merkezi ekseninde %Derin Doz (%DD) ölçümleri yapıldı. Bu ölçümler aynı cihazlarda ve aynı alanlar için 3cm derinlikte $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ boyutlarında hava boşluklu (merkez eksen üzerinde) ve 4cm derinlikte $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ boyutlarında hava boşluklu (merkez eksen üzerinde) inhomojen katı su fantomunda tekrarlandı. Ölçümler merkezi ekseninde, PTW-Unidos dozimetre ile PTW -Markus paralel plan iyon odası kullanılarak, RW-3 katı su fantomunda yapıldı. TLD ile hava boşluğunun ön ve arka yüzeylerindeki (doku-hava ve hava-doku arakesitleri) doz dağılımları araştırıldı. İşlemler sırasıyla aşağıda verilmiştir.

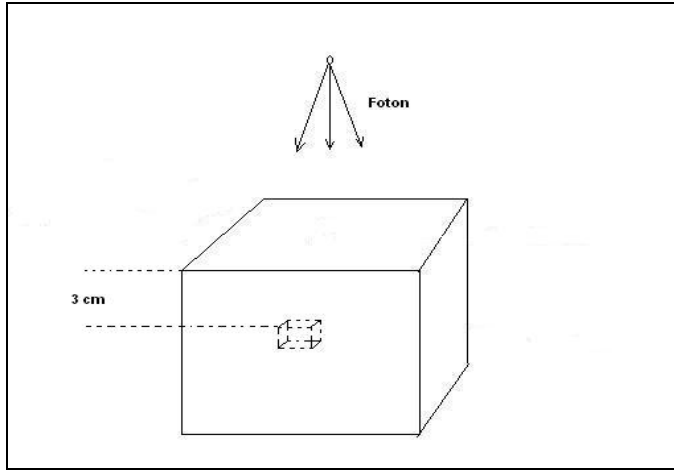
3.2.1.Merkezi Eksen %DD ölçümleri

Ölçümler belirlenmiş SSD ve alanlarda, derinlik 1mm arttırılarak, Linaklar için 100 Monitor Unit (MU), Co-60 için 1 dakika'lık doz vererek merkezi ekseninde yapıldı

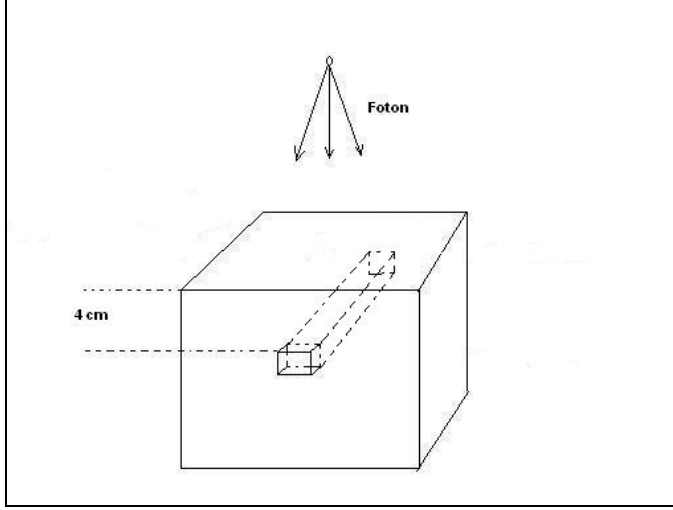
ve elektrometreden değerler okundu. Okunan bu değerler, en büyüğü 100 olacak şekilde normalize edildi ve boşluklardan dolayı kaynaklanan farklılıkları daha rahat gözlemleyebilmek için %Derin Doz (%DD) grafikleri çizildi. Deney düzenekleri  ekil (3-7),  ekil (3-8) ve  ekil (3-9) de verildiği gibidir.



Şekil 3-7: Paralel plan iyon odası ile boşluksuz katı su fantom deney düzeneği



Şekil 3-8: 3cm derinlikte 3x3x3cm³ hava boşluklu katı su fantom deney düzeneği



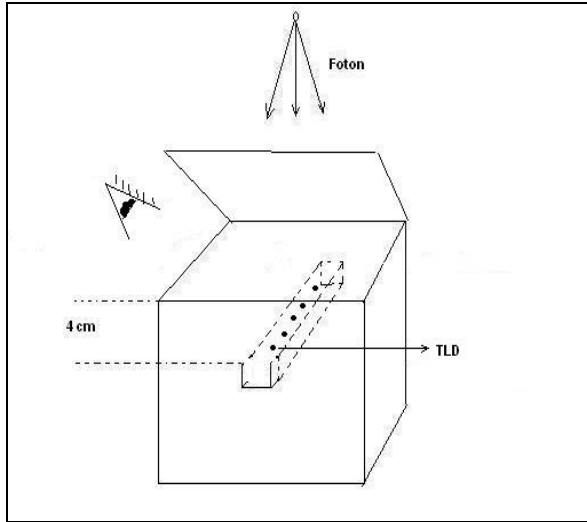
Şekil 3-9: 2x2x∞ cm³ hava boşluklu katı su fantom deney düzeneği

3.2.2.TLD Ölçümleri

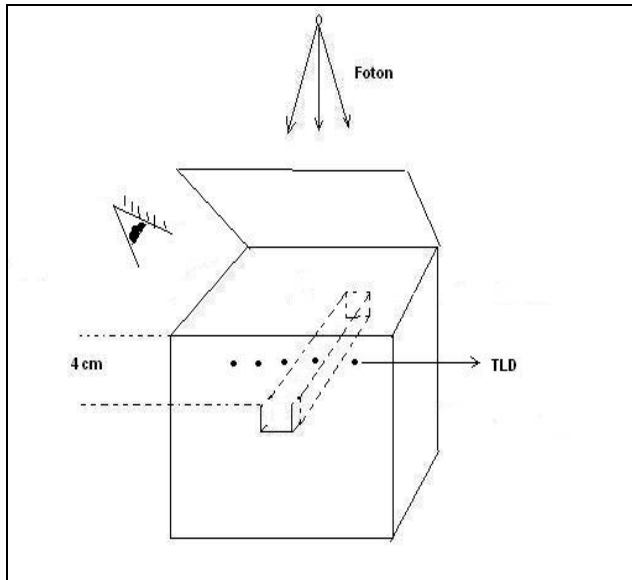
Daha önce gruplanmış olan 11 grup TLD'den, kalibrasyon grubu 2cm derinlikte ve 80cm SSD'de 100 cGy dozda ışınlanarak, okuma değeri TLD okuyucusunda "a" değeri (bölme faktörü) olarak girildi. Bu bize okuma sonuçlarının mGy cinsinden okumamızda kolaylık sağladı.

Oluşturulan 11 grup TLD, 3cm derinlikte 3x3x3cm³ boyutlarında ve 4cm derinlikte 2x2x∞ cm³ boyutlarındaki iki boşluk için, boşluk önüne ve boşluk arkasına sırayla yerleştirildi. TLD'ler merkezi eksene belirli mesafede ve karşılıklı olarak dizildi. Yerleştirme yapılırken alan kenarları ve boşluk kenarlarına özel dikkat harcandı. Buna ek olarak 2x2x∞ cm³ boyutlarındaki boşluk için x ekseni doğrultusunda (dikey doğrultuda) TLD yerleştirilerek saçılmanın dolaylı olarak araştırıldı.

Işınlamalar; 4MV ve 6MV için 100 MU, Co-60 için 1 dakika'ya karşılık gelen doz vererek 6x6cm² ve 10x10cm² alan boyutlarında yapıldı. Işınlamanın ardından okuyucudan TL'lerin okuma değerleri alınıp kaydedildi. Merkezi eksene uzaklığına bağlı olarak doz dağılımının nasıl değiştiğini görebilmek için doz grafikleri çizildi. Deney düzenekleri Şekil (3-10) ve Şekil (3-11) de verildiği gibidir.



Şekil 3-10: 4cm derinlikte $2 \times 2 \times \infty$ cm³ hava boşluklu, boşluk boyunca TLD yerleştirilen katı su fantom deney düzeneği



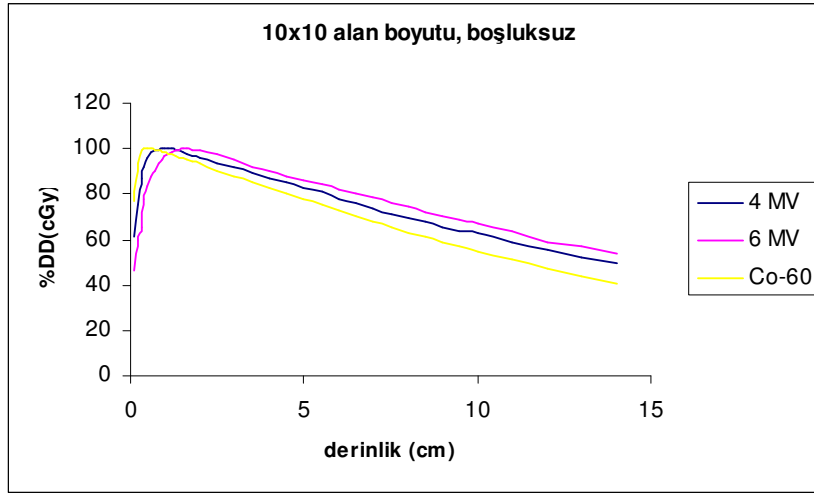
Şekil 3-11: 4cm derinlikte $2 \times 2 \times \infty$ cm³ hava boşluklu, boşluğa dik doğrultuda TLD yerleştirilen fantom deney düzeneği

4. BULGULAR

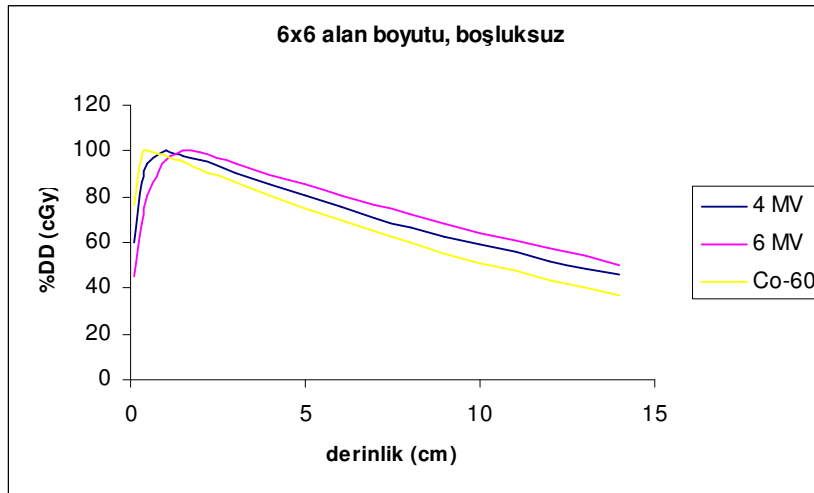
4.1. İyon odası ölçümleri

4.1.1. Homojen (boşluksuz) katı su fantomunda merkezi eksen %DD ölçümleri

Saturne (6MV), Orion (4MV) ve Alcyon (Co-60) Cihazlarında, homojen katı su fantomda $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ve $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutları için, merkez ekseninde düz iyon odası ile ölçülen dozlar, maksimum doz derinliğine normalize edilerek %DD grafikleri çizildi. Elde edilen grafikler şekil (4-1) ve şekil (4-2)'de verilmektedir.



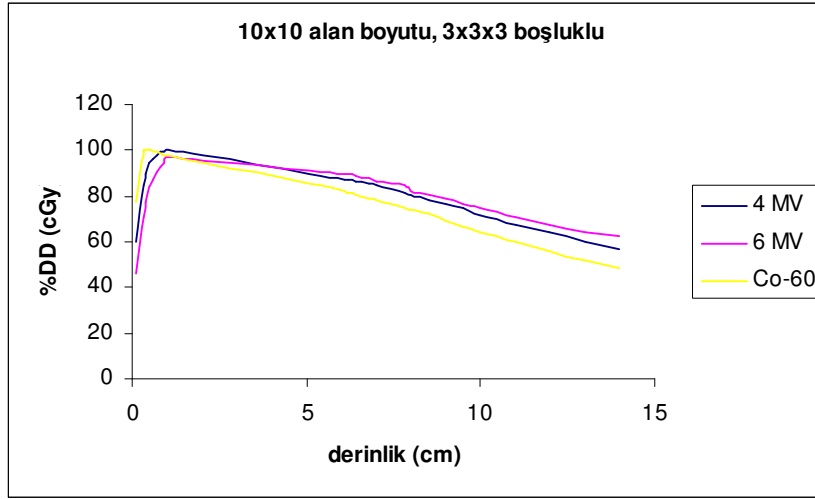
Şekil 4-1: $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda homojen katı su fantom %DD grafiği



Şekil 4-2: $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda homojen katı su fantom %DD grafiği

4.1.2. 3cm derinlikte 3x3x3cm³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomunda merkezi eksen %DD ölçümleri

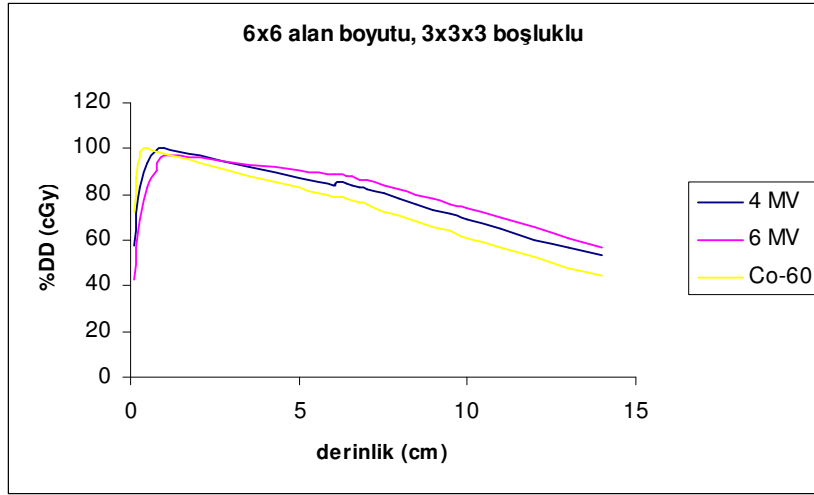
3cm derinlikte 3x3x3 cm³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomunda 6x6cm² ve 10x10cm² alan boyutları için Saturne (6MV), Orion (4MV) ve Alcyon (Co-60) cihazlarında, merkezi ekseninde %DD ölçümleri yapıldı. Elde edilen grafikler şekil (4-3) ve şekil (4-4)'de verilmektedir.



Şekil 4-3: 10x10cm² alan boyutunda, 3cm derinlikte 3x3x3cm³ hava boşluklu, (inhomojen) katı su fantom %DD grafiği

10x10cm² alan boyutunda, 3cm derinlikte ve 3x3x3 cm³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomda, merkez ekseninde yapılan ölçümlerde, her üç enerji için hava boşluğunun hemen arkasında (hava- doku arakesitinde) önemli sayılabilecek ikinci bir build-up etkisi gözlenmedi. Boşluktan hemen sonra Co-60 cihazında 1mm derinlikte (doz farkı %0,35), 4MV'de 2mm derinlikte (doz farkı %0,5) ve 6MV'de 2mm derinlikte (doz farkı %0,3) build-up noktaları oluştuğu gözlemlendi.

Merkez ekseninde yapılan ölçümlerde, absorpsiyon azalması nedeniyle boşluktan sonraki derinliklerde merkezi ekseninde doz artış oranı; Co-60 cihazında 9cm derinliğe kadar %10 daha büyük derinliklerde %7'ye, Orion (4MV)'de 9cm derinliğe kadar %10,8 9cm'den sonra %7,1'e, Saturne (6MV)'de 9cm derinliğe kadar %8,1 9cm'den sonra %6,7'ye kadar düşmektedir.



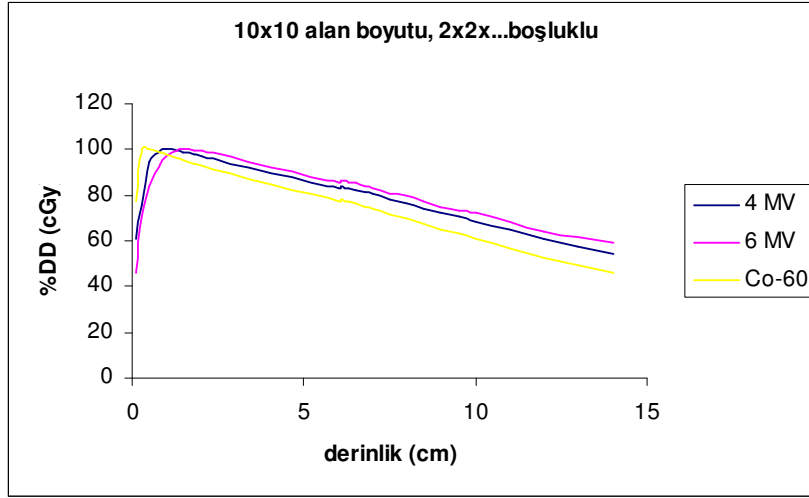
Şekil 4-4: 6x6cm² alan boyutunda, 3cm derinlikte 3x3x3 cm³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantom %DD grafiği

Aynı boyutlardaki hava boşluğu için 6x6cm² alan boyutunda, boşluktan hemen sonra (hava-doku arakesitinde), Co-60 cihazı için 1mm derinlikte (doz farkı %0,1) 4MV'de 2mm derinlikte (doz farkı %0,11) ve 6MV'de 1mm derinlikte (doz farkı %0,4) build-up noktaları oluştuğu görüldü.

6x6cm² alan boyutunda doz artış oranı; Co-60 cihazında 9cm derinliğe kadar %11,1 daha büyük derinliklerde %7,3'e, Orion (4MV)'de 9cm derinliğe kadar % 11,4 9cm'den sonra %7,4'e, Saturne (6MV)'de 9cm derinliğe kadar %9,8 9cm'den sonra %6,8'e kadar düşmektedir.

4.1.3. 4cm derinlikte 2x2x∞ cm³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomunda merkezi eksen %DD ölçümleri

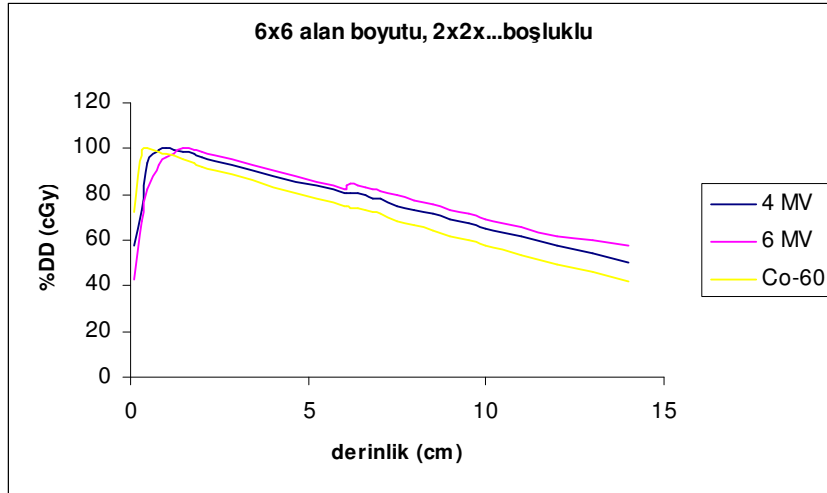
4cm derinlikte 2x2x∞ cm³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomda 6x6cm² ve 10x10cm² alan boyutları için Saturne (6MV), Orion (4MV) ve Alcyon (Co-60) cihazlarında, merkez ekseninde ölçülen dozların %DD grafikleri şekil (4-5) ve şekil (4-6)'de verilmektedir.



Şekil 4-5: 10x10cm² alan boyutunda, 4cm derinlikte 2x2x∞ cm³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantom %DD grafiği

4cm derinlikte 2x2x∞ cm³ hava boşluklu inhomojen katı su fantomda merkez ekseninde yapılan ölçümlerde 10x10cm² alan boyutu için önemli sayılabilecek ikinci bir build-up etkisi gözlenmedi. Co-60 cihazında boşluktan hemen sonra 1mm derinlikte (doz farkı %1), 4MV'de 1mm derinlikte (doz farkı %0,2) ve 6MV'de 1mm derinlikte (doz farkı %0,6) boşluktan sonra (hava-doku arakesitinde) build-up noktaları oluştu.

4cm derinlikte ve 2x2x∞ cm³ hava boşluklu (inhomojen) fantomda 10x10cm² alan boyutunda merkez ekseninde yapılan ölçümlerde, absorpsiyon azalması nedeniyle boşluktan sonraki derinliklerde merkezi ekseninde doz artışı, Co-60 cihazında 9cm derinliğe kadar %6,4 daha büyük derinliklerde %5,2'ye, Orion (4MV)'de 8cm derinliğe kadar % 7, 7cm'den sonra %4,7'ye, Saturne (6MV)'de 9cm derinliğe kadar %5 9cm'den sonra %3,8'e kadar düşmektedir



Şekil 4-6: 6x6cm² alan boyutunda, 4cm derinlikte 2x2x∞ cm³ hava boşluklu (inhomojen) katı su fantom %DD grafiği

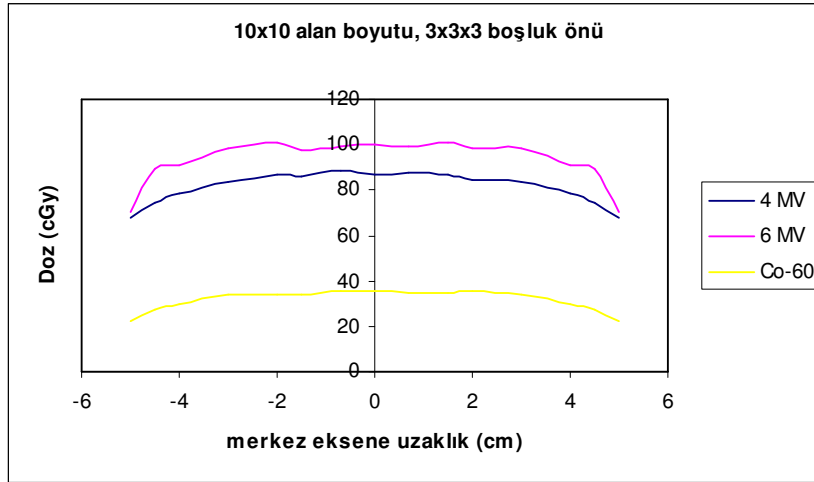
Aynı boyutlardaki hava boşluğu için 6x6cm² alan boyutunda boşluktan hemen sonra (hava-doku arakesitinde) , Co-60 cihazında 1mm derinlikte (doz farkı %0,1)), 4MV’de 2mm derinlikte (doz farkı % 1,3) ve 6MV’de 1mm derinlikte (doz farkı % 3,1) build-up noktaları olduğu gözlemlendi.

2x2x∞ cm³ hava boşluğunun 6x6cm² alan boyutunda doz artış oranı, Co-60 cihazında 8cm derinliğe kadar %6,6 daha büyük derinliklerde %4,7’ye, Orion (4MV)’de 8cm derinliğe kadar %6,9 8cm’den sonra %4,7’ye Saturne (6MV)’de 8cm derinliğe kadar %5,4 8cm’den sonra %4,4’e kadar düşmektedir.

4.2. TLD ölçümleri

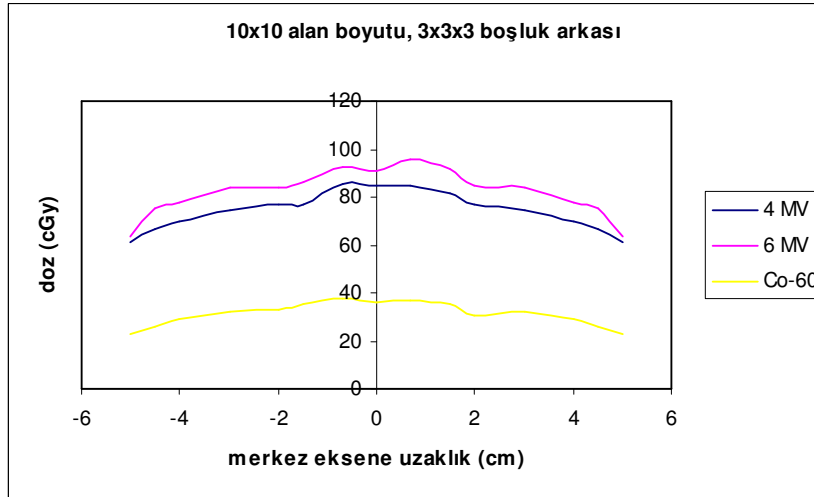
4.2.1. 3cm derinlikte ve 3x3x3 cm³ boyutlarında hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomunda TLD ölçümleri

3cm derinlikte ve 3x3x3 cm³ hava boşluklu (inhomojen) fantomda, boşluğun önüne (doku-hava arakesitinde), 10x10cm² alan boyutu için, belirli aralıklarla TLD’ler yerleştirilerek Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (39,4 cGy), Orion (4MV) cihazında 100 MU (91 cGy), Saturne (6MV) cihazında 100 MU (102,3 cGy) doz verildi. Ölçüm sonuçları şekil (4-7)’de verilmektedir.



Şekil 4-7: 3x3x3cm³ hava boşluklu, 10x10cm² alan boyutunda, boşluk önü doz dağılım grafiği

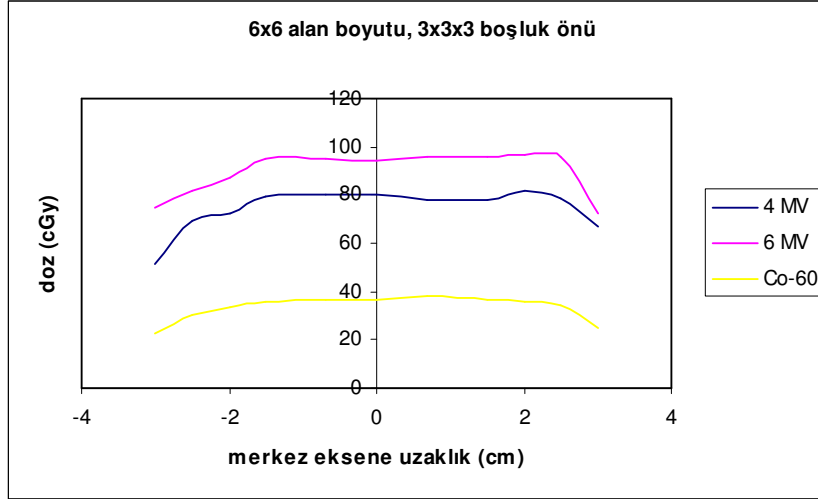
Aynı hava boşluğu ve alan boyutu için, boşluk arkası (hava-doku arakesitinde) TLD'ler yerleştirerek Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (32,8 cGy), Orion (4 MV) cihazında 100 MU (78 cGy), Saturne (6 MV) cihazında 100 MU (89 cGy) doz verildi. Ölçüm sonuçları şekil (4-8)'de verilmektedir.



Şekil 4-8: 3x3x3cm³ hava boşluklu, 10x10cm² alan boyutunda, boşluk arkası doz dağılım grafiği

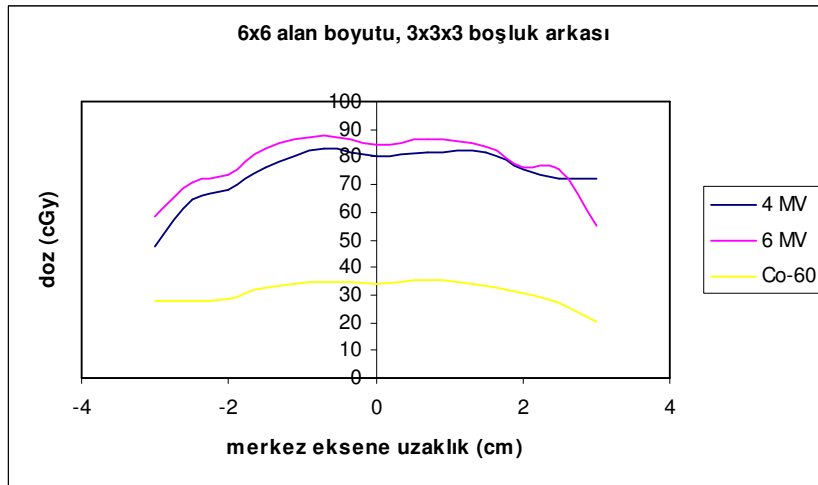
Aynı hava boşluğu ve 6x6cm² alan boyutu için, boşluğun önüne (doku-hava arakesitinde), TLD'ler yerleştirerek Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (36,8 cGy),

Orion (4MV) cihazında 100 MU (87,3 cGy), Saturne (6MV) cihazında 100 MU (97,1 cGy) doz verildi. Ölçüm sonuçları şekil (4-9)'da verilmektedir.



Şekil 4-9: 3x3x3cm³ hava boşluklu, 6x6cm² alan boyutunda, boşluk önü doz dağılım grafiği

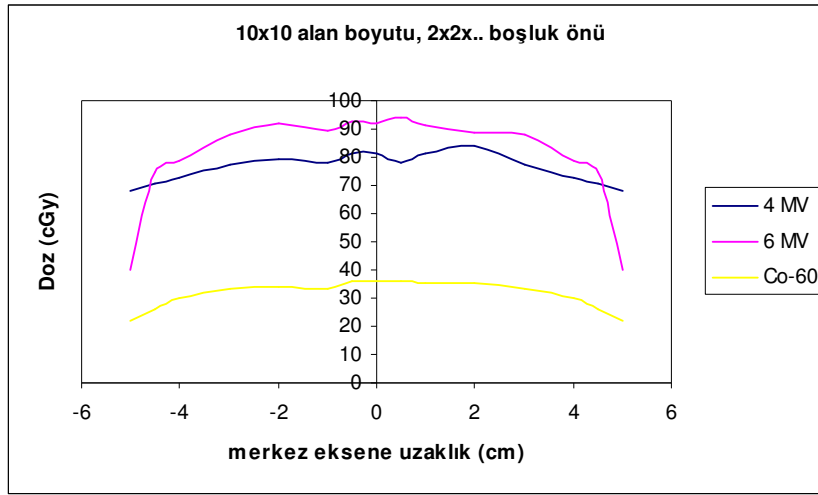
Aynı hava boşluğu ve alan boyutu için, boşluk arkası (hava-doku arakesitinde) TLD'ler yerleştirilerek Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (30 cGy), Orion (4MV) cihazında 100 MU (73,2 cGy), Saturne (6MV) cihazında 100 MU (83,2 cGy) doz verildi. Ölçüm sonuçları şekil (4-10)'da verilmektedir.



Şekil 4-10: 3x3x3cm³ hava boşluklu, 6x6cm² alan boyutunda, boşluk arkası doz dağılım grafiği

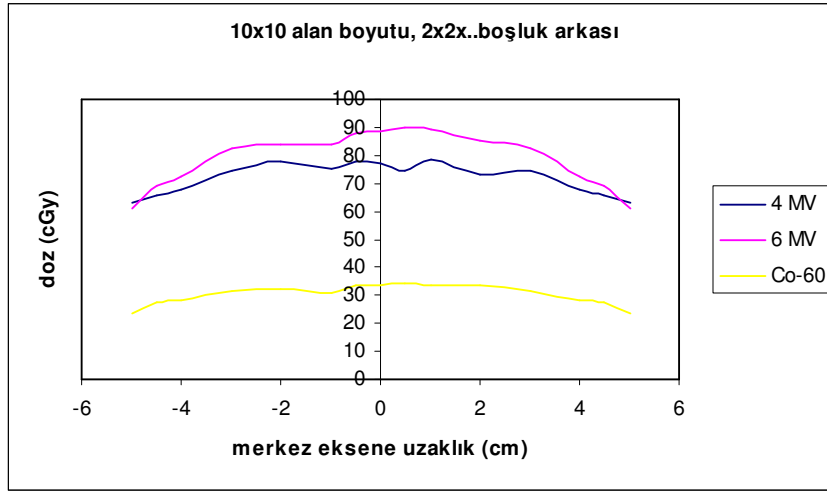
4.2.2. 4cm derinlikte ve $2 \times 2 \times \infty$ cm³ boyutlarında hava boşluklu (inhomojen) katı su fantomunda TLD ölçümleri

4cm derinlikte ve $2 \times 2 \times \infty$ cm³ boyutlarında inhomojen fantomda, boşluğun önüne (doku-hava arakesitinde) boşluk boyunca, 10×10 cm² alan boyutu için, belirli aralıklarla TLD'ler yerleştirilerek Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (37,2 cGy), Orion (4MV) cihazında 100 MU (86,7 cGy), Saturne (6MV) cihazında 100 MU (97,8 cGy) doz verildi. Ölçüm sonuçları şekil (4-11)'de verilmektedir.



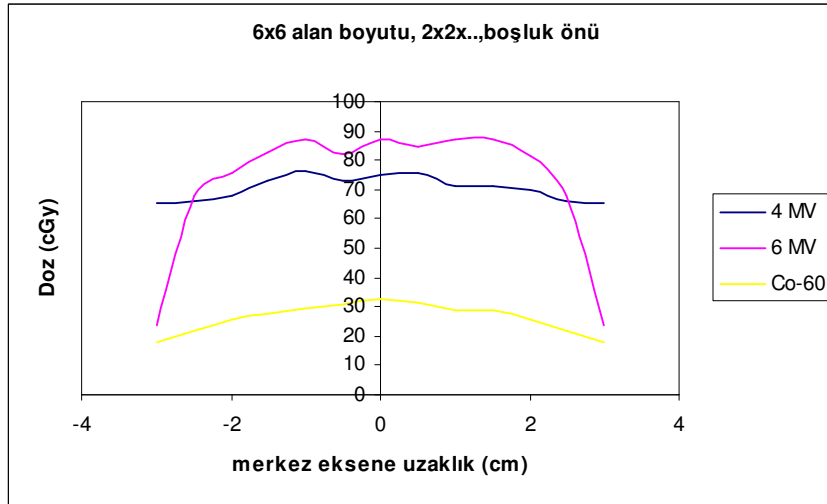
Şekil 4-11: $2 \times 2 \times \infty$ cm³ hava boşluklu, 10×10 cm² alan boyutunda, boşluk önü doz dağılım grafiği

Aynı hava boşluğu ve alan boyutu için, boşluk arkası (hava-doku arakesitinde) TLD'ler yerleştirilerek Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (32,8 cGy), Orion (4MV) cihazında 100 MU (78 cGy), Saturne (6MV) cihazında 100 MU (89 cGy) doz verildi. Ölçüm sonuçları şekil (4-12)'de verilmektedir.



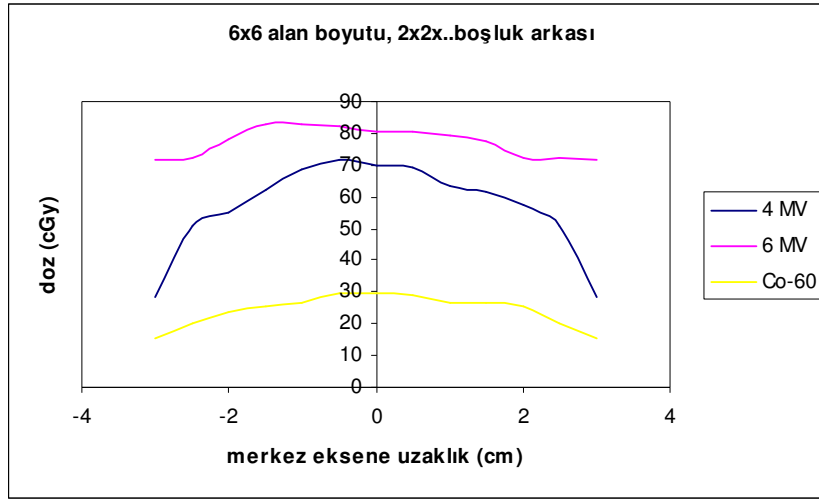
Şekil 4-12: $2 \times 2 \times \infty$ cm³ hava boşluklu, 10x10cm² alan boyutunda, boşluk arkası doz dağılım grafiği

Aynı hava boşluğu ve 6x6cm² alan boyutu için, boşluğun önüne (doku-hava arakesitinde) boşluk boyunca, TLD'ler yerleştirerek Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (34,5 cGy), Orion (4MV) cihazında 100 MU (82,5 cGy), Saturne (6MV) cihazında 100 MU (92,4 cGy) doz verildi. Ölçüm sonuçları şekil (4-13)'te verilmektedir.



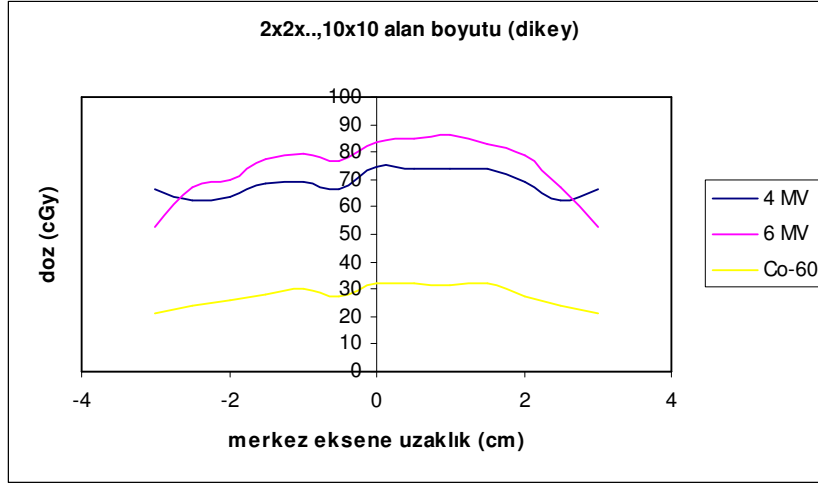
Şekil 4-13: $2 \times 2 \times \infty$ cm³ hava boşluklu, 6x6cm² alan boyutunda, boşluk önü doz dağılım grafiği

Aynı hava boşluğu ve alan boyutu için, boşluk arkası (hava-doku arakesitinde) TLD'ler yerleştirilerek Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (30 cGy), Orion (4MV) cihazında 100 MU (73,2 cGy), Saturne (6MV) cihazında 100 MU (83,2 cGy) doz verildi. Ölçüm sonuçları şekil (4-14)'te verilmektedir

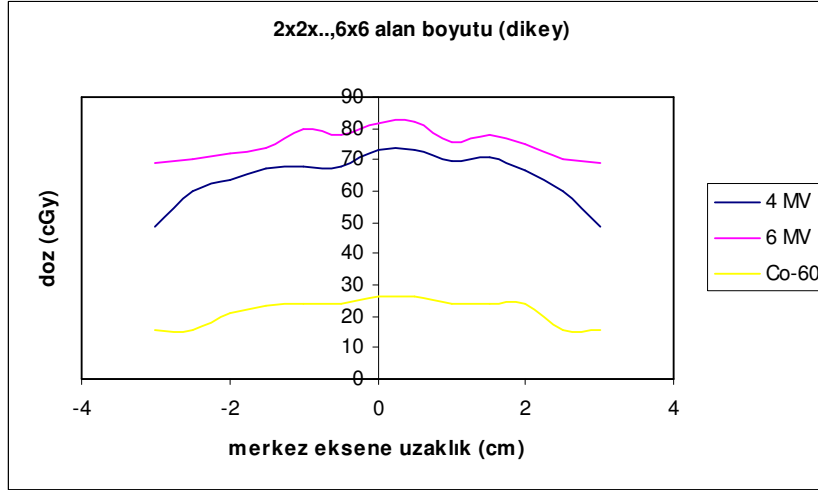


Şekil 4-14: 2x2x∞ cm³ hava boşluklu, 6x6cm² alan boyutunda, boşluk arkası doz dağılım grafiği

4cm derinlikte ve 2x2x∞ cm³ boyutlarında hava boşluklu (inhomojen) fantomda, boşluk arkası (hava-doku arakesitinde) boşluğa dik doğrultuda, 10x10cm² ve 6x6cm² alan boyutları için, belirli aralıklarla TLD'ler yerleştirildi. 10x10cm² alan boyutunda Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (32,8 cGy), Orion (4MV) cihazında 100 MU (78 cGy), Saturne (6MV) cihazında 100 MU (89 cGy) ; 6x6cm² alan boyutu için Alcyon (Co-60) cihazında 1dakika (30 cGy), Orion (4MV) cihazında 100 MU (73,2 cGy), Saturne (6MV) cihazında 100 MU (83,2 cGy) doz verildi. Ölçüm sonuçları şekil (4-15) ve şekil (4-16)'da verilmektedir.



Şekil 4-15: $2 \times 2 \times \infty$ cm³ hava boşluklu, 10x10cm² alan boyutunda, boşluk arkası, dikey doğrultuda doz dağılım grafiği



Şekil 4-16: $2 \times 2 \times \infty$ cm³ hava boşluklu, 6x6cm² alan boyutunda, boşluk arkası, dikey doğrultuda doz dağılım grafiği

5. TARTIŞMA

Baş-boyun bölgesindeki hava boşluklarının yanındaki lezyonların tedavisinde, hava- doku arayüzeylerinde doz artışları veya azalmaları olmaktadır. Hava boşluğunun toplam etkisi, absorpsiyon azalması nedeniyle doz artışı, saçılan fotonların azalması nedeniyle doz azalması ve elektronik denge kayıpları şeklindedir.(3,19) Hava boşluğunun etkisi enerjiye, tedavi alanına ve hava boşluğunun büyüklüğüne bağlıdır.(3, 4, 15)

$3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu inhomojen katı su fantomunda yapılan ölçümler Co-60, 4MV ve 6MV enerjileri için hava boşluğunun arkasında (hava-doku arakesitinde) önemli sayılabilecek ikinci bir build-up etkisi gözlenmedi. $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda Co-60 enerjisi için 1mm derinlikte, 4MV için 2mm derinlikte ve 6MV için 2mm derinlikte. $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda Co-60 enerjisi için 1mm derinlikte, 4MV’de 2mm ve 6MV’de 1mm derinlikte build-up noktaları oluştuğu görüldü.

$2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu inhomojen katı su fantomunda, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutu için bütün enerjilerde 1mm derinlikte $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutu için Co-60 ve 6MV enerjilerinde 1mm derinlikte, 4MV’de 2mm derinlikte build-up noktaları oluştu. Ancak bu build-up etkisi %DD eğrisinde bir pik oluşturacak büyüklükte değildir ve ihmal edilebilir. (doz farkı %0,3 - %1 arasında değişmektedir).

Çalışmayı yaptığımız enerjiler (Co-60, 4MV ve 6MV) tedavi alanları ve hava boşluk büyüklüklerinde build-up etkisinin önemsiz olduğu görülmektedir. Karşılıklı paralel tedavi alanları kullanıldığı için, arayüzey ve birkaç mm’deki yüzeyel kayıplar (en fazla %1) kompanse edilmektedir. Baş-boyun kanserlerinde daha küçük tedavi alanları pek kullanılmadığı ve hava boşluklarının en fazla 3cm çapında olduğundan, (3, 19 ve hasta CT’leri) yoğunlukla boşluğun bir kısmında tümörle kaplı olması nedeniyle, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ tedavi alanından daha küçük ve 3cm’den büyük (3, 4) hava boşlukları için çalışma yapılmadı. Aynı şekilde literatüre göre baş boyun kanserleri 6 MV’den büyük enerjilerde tedavi edilirse, büyük doz azalması sorunlarının ortaya çıkacağı bildirilmektedir.(1, 7)

Kan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada $4 \times 4 \times 4 \text{ cm}^3$ hava boşluğunda, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ ’den büyük alanlar için build-up etkisinin önemsiz olduğunu ve ihmal

edilebileceğini, $4 \times 4 \text{ cm}^2$ alanda 0,5 cm'lik erişim mesafesinde %3'lük bir artış, $3 \times 3 \text{ cm}^2$ alanda 1cm erişim mesafesinde %25'lik bir doz değişimi olduğunu bildirmişlerdir. Ancak baş-boyun kanserlerinin tedavisinde küçük alanlar pek kullanılmaması veya boşluğun bir kısmı tümörle kaplanabilir, boşluğa doğru radyasyona bağlı reaksiyon ve mukozal ödem olabileceğini bildirmişlerdir.(3)

Beach ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu bir larenks fantomunda, çeşitli alanların ölçülen ve hesaplanan doz oranların (O/E) küçük alanlarda Co-60 enerjisinin daha iyi sonuç verdiğini bildirmektedirler. $5 \times 5 \text{ cm}^2$ alan için fark olmadığını, $4 \times 4 \text{ cm}^2$ ve $3 \times 3 \text{ cm}^2$ alanlarda doz azalması olduğunu; 6MV'de ise $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alanda fark olmadığını, daha küçük alanlarda doz azalmasının (alana bağlı) fazla olduğunu belirtmişlerdir. Küçük alanlarla ışınlama gerektiğinde, ($5 \times 5 \text{ cm}^2$ 'den küçük) Co-60 enerjisinin tercih edilmesini önermektedirler.(6)

Absorbsiyon azalması nedeniyle, boşluktan sonraki derinliklerde doz artış oranı $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutu için ve $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu (inhomojen) fantomda, Co-60 enerjisinde 9cm derinliğe kadar %10 9cm'den sonra %7; 4MV'de 9cm derinliğe kadar %10,8 9cm'den sonra %7,1; 6MV'de 9cm derinliğe kadar %8,1 9cm'den sonra %6,7'e kadar düşer. $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda doz artış oranı Co-60 enerjisinde 9cm derinliğe kadar %11,5 9cm'den sonra %7,3; 4MV'de 9cm derinliğe kadar %11,4 9cm'den sonra %7,4; 6MV'de 9cm derinliğe kadar %9,8 9cm'den sonra %6,8'e kadar düşmektedir.

$2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu (inhomojen) fantomda $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutu için Co-60 enerjisi için 9cm derinliğe kadar %6,4 9cm'den sonra %5,2; 4MV için 8cm derinliğe kadar %7 8cm'den sonra %4,7; 6MV için 9cm derinliğe kadar %5, 9cm'den sonra %3,8 kadar düşer. $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alan boyutunda Co-60 enerjisi için 8cm derinliğe kadar %6,6 8cm'den sonra %4,7; 4MV için 8cm derinliğe kadar %6,9 8cm'den sonra %4,7; 6MV için 8cm derinliğe kadar %5,4 8cm'den sonra %4,4'e kadar düşer.

Ölçümlerden görüldü gibi boşluk kalınlığı arttıkça, boşluk arkası 2-3cm derinlikte doz artışı olmakta ($3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ boşluk için ortalama %10 , $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ için ortalama %6-7) sonra düşmektedir. Karşılıklı paralel ışınlamalarda doz artışı daha da azaldığından ve ayrıca nazofarenks ışınlamalarında boşluğun bir kısmı çoğunlukla tümörle kaplı olması nedeniyle herhangi bir düzeltmeye gerek yoktur. Olası doz artışları

da çoğunlukla tümör volumü içinde kalmaktadır. Larenkste ise boşluk küçük olduğundan doz artışı azdır ve klinik olarak önemi yoktur.

Kan ve arkadaşlarının yaptığı çalışmada, boşluktan sonra absorpsiyon azalması nedeniyle 6 MV'de ve $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda doz artışını %7 olarak bildirmişlerdir. Karşılıklı paralel ışınlamada 4MV'de $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alanda %3 doz artışı olduğu, $6 \times 6 \text{ cm}^2$ alanda doz değişiminin $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alandan biraz daha büyük olduğunu bildirmişlerdir.(3)

Allen ve ark. Co-60, 6MV, 15MV ve 24MV enerjilerde 10cm derinliğe yerleştirilmiş 3cm kalınlıklı hava boşluklu ($5 \times 5 \text{ cm}^2$ ve $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alanlarda) Monte Karlo (EGS4 Monte Carlo code sistem) hesaplama yöntemiyle yaptıkları çalışmada Doz Perurbasyon Faktörün (Hava kaviteli fantomda d derinlikteki doz /aynı derinlikte homojen fantomdaki doz) özellikle arayüzeylerde enerji artışı ile azaldığını bildirmişlerdir. Çünkü enerji arttıkça, sekonder elektronların erişim mesafeleri artmakta ve enerji arayüzeyden daha uzağa taşınmaktadır. $5 \times 5 \text{ cm}^2$ alanda Co-60 enerjisinde boşluktan 1mm mesafede faktör 1 iken, daha derinlerde 1,12'ye kadar çıkmakta, 6MV'de 2,5-3mm'de 1'iken daha derinlerde 1,08'e çıkmaktadır. Yüksek enerjilerde DPF (doz perturbasyon faktörü) çok düşmektedir. $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alanda Co-60 enerjisinde DPF 0,5mm'de 1 iken , 1-2mm'de 1,1'e kadar çıkmaktadır. 6MV'de 2mm'de 1 iken sonra 1,07'ye kadar çıkmaktadır. Yüksek enerjilerde 3-4mm derinliğe kadar DPF birden küçüktür, sonra 1 civarındadır. Paralel karşılıklı alanlar kullanıldığında, 6MV $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alanda boşluk arkası 1mm derinlikte itibaren DPF 1'dir , $5 \times 5 \text{ cm}^2$ alanda 2mm'den itibaren 1 civarındadır. 15MV'de ise $10 \times 10 \text{ cm}^2$ alanda 0,96 civarında, ancak $5 \times 5 \text{ cm}^2$ alanda çok düşmekte ve homojenite bozulmaktadır.(7)

Anna ve ark $6 \times 8 \text{ cm}^2$ alan ve $4 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ hava boşluklu tek yönlü ışınlamada boşluğun 1cm arkasında dozun 4MV'de +%18, 6MV'de +%15 , iki yönlü ışınlamada 4MV'de +%8 , 6MV'de +%7 ; $2 \times 2 \times \infty \text{ cm}^3$ boşluklu tek yönlü ışınlamada 4MV'de +%8 , 6MV'de +%6 , iki yönlü ışınlamada 4MV'de +%3 , 6MV'de +%4 olduğunu bildirmişlerdir.(2)

$10 \times 10 \text{ cm}^2$ alan boyutunda ve $3 \times 3 \times 3 \text{ cm}^3$ hava boşluklu inhomojen fantomda boşluk öncesi ve sonrası TLD ile yapılan merkezi eksen üzerinde doz ölçümlerinde, Co-60 enerjisinde ölçülen ve hesaplanan doz oranı -%10,4; 4MV'de -%4,2; 6MV'de -%2,3; boşluk arkasında Co-60 enerjisi için %10,4; 4MV'de +%7,5; 6MV'de %2,4.

6x6cm² alan boyutunda, boşluk önünde, Co-60 enerjisi için -%1,4; 4MV'de -%8; 6MV'de -%2,5; boşluk arkası Co-60 enerjisi için %1,13; 4MV'de %6,7; 6MV'de %1,3.tür

10x10cm² alan boyutunda ve 2x2x∞ cm³ boşluk öncesi Co-60 enerjisi için -%3,5; 4MV'de -%6; 6MV'de -%5,8 boşluk arkası Co-60 enerjisi için %2,1; 4MV'de -%0,9; 6MV'de -%0,8. 6x6cm² alanda boşluk önünde Co-60 -%5,5; 4MV'de -%9, 6MV'de -%5,7; boşluk arkası Co-60 -%1; 4MV'de -%4,4; 6MV'de -%3.tür

Karşılıklı paralel ışınlamada orta hatta %100 (düzeltme yapmadan) verecek şekilde planlama yapılırsa doku-hava ara yüzeyi dozları 3x3x3 cm³ hava boşluklu (inhomojen) fantomda 6x6cm² alanda Co-60'ta %107, 6MV'de %99,8 , 4MV'de %101,7; 10x10cm² alanda Co-60'ta %100,7 , 4MV'de %102,3 , 6MV'de %100,8'dir. 2x2x∞ cm³ hava boşluklu (inhomojen) fantomda 6x6cm² alanda Co-60'ta %98,17 , 4MV'de %94,83 6MV'de %96,1; 10x10cm² alanda Co-60'ta %100,7 , 4MV'de %101,12 6MV'de %97'dir.

Ölçümelerde görüldüğü gibi 3cm'e kadar olan hava boşluklarında ara yüzeylerdeki ölçülen dozlar hemen hemen düzeltme yapılmadan planlanmış orta hat dozlarına çok yakındır. Ayrıca, orta hat genellikle boşluk ortasına rastladığından düzeltme yapmanın önemi yoktur. Düzeltme yapılmadan yapılan ışınlamalarda boşluk nedeniyle doz artışı saçılan ışınların azalması ile kompanse edilmektedir.

Azam ve ark. 4cm hava boşluklu 7x7cm² karşılıklı alan ile düzeltme yapmadan orta hatta %100 olacak şekilde Co-60, 6MV ve 10MV enerjilerde TLD, radyografik film ve radyokromik filmle doku-hava ara yüzey dozlarını ölçmüşlerdir.(4)

Anna ve ark. 4x2x∞ cm³ hava boşluklu 6x8cm² ve 4x4cm² alan boyutlarında 4MV ve 6MV ile hava-doku arayüzeylerinde (hemen boşluk arkası) düz iyon odası kullanarak yaptıkları ölçümlerde; 6x8cm² alan 4MV'de tek yönlü ışınlamada +%7 , iki yönlü ışınlamada +%2 , 6MV'de tek yönlü ışınlamada +%5 , iki yönlü ışınlamada +%1 ; 4x4cm² alan 4MV'de tek yönlü ışınlamada -%6 , iki yönlü ışınlamada -%4 fark bulmuşlardır. 2x2x∞ cm³ hava boşluklu 6x8cm² alan 4MV'de tek yönlü ışınlamada +%5 , iki yönlü ışınlamada +%2 , 6MV'de tek yönlü ışınlamada +%4 , iki yönlü ışınlamadan +%2 ; 4x4cm² alan 4MV'de tek yönlü ışınlamada -%1 , iki yönlü ışınlamada -%1 , 6MV'de tek ve iki yönlü ışınlamada da -%4'tür.(2) Sonuçlarımızı her iki çalışma sonuçlarıyla uyumlu olarak bakabiliriz.

Sonuç olarak, baş-boyun kanserlerinde tedavi alanları içindeki hava boşluklarının büyüklükleri önemli build-up etkisi yapmamakta ve hava boşluğunda absorbsiyon azalması nedeniyle doz artışının klinik olarak önemi yoktur. Çünkü, boşluk azdır ve boşluğun bir kısmı çoğunlukla tümör ile kaplanmaktadır. Ayrıca, kavite ebatları radyoterapi süresi boyunca değişebilmektedir. Tümörün küçülmesine karşılık mukozal ödem olabilmektedir. Dolayısıyla herhangi bir düzeltme yapmaya gerek yoktur. Küçük alanlarda klinik şartlarına göre küçük enerjiler tercih edilmelidir. Bu günlerde baş-boyun kanserlerinin tedavisinde IMRT tekniği sıklıkla tercih edilmeye başlandığından ve çoğunlukla birçok küçük alan kombinasyonları kullanıldığından dikkatli olunması gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. C F Behrens, Dose build-up behind air cavities for Co-60, 4, 6 and 8 MV. Measurements and Monte Carlo simulations /PMB/51/5937
2. Anna L. Petoukhova, Chris H.J. Terhaard, Hans Welleweerd, Does 4MV perform better compared to 6MV in the presence of air cavities in the head and neck region?, Radiotherapy and Oncology, 2006, 79, 203-207.
3. W K Kan , P M Wu, H T Lenung, T C Lo, C W Chung, Dora L W Kwong and S T Sham, The effect of the nasopharyngeal air cavity on x-ray interface doses, Phys. Med. Biol. 1998, 43, 529-537.
4. Azam Niromand-Rad, K. William Harter, Senti Thobejane and Kari Bertrand, Air cavity effects on the radiation dose to the larynx using Co-60, 6MV, and 10MV photon beams, Int. J Radiation Oncology Biol. Phys., 1994,29,1139-1146.
5. Atul K. Rustgi, Michael A. Samuels, and Surendra N. Rustgi, Influence of air inhomogeneities in radiosurgical beams, Medical Dosimetry, 1997, 22, 95-100.
6. J. L. Beach, M. S. Meninodo, and O. A. Meninodo, A comparison of air-cavity inhomogeneity effects for cobalt-60, 6, and 10-MV X-ray beams, Med. Phys.1987,14, 140-144.
7. X. Allen Li, Cedric Yu, and Timothy Homes, A systematic evaluation of air cavity dose perturbation in megavoltage x-ray beams, Med. Phys., 2000, 27, 1011-1017.
8. Shahabi, S.: Blackburn's Introduction to Clinical Radiation Therapy Physics. Siamak Shahabi 1989 171-183
9. Khan F. M., The Physics of Radiation Therapy, Williams & Wilkins 243-257
10. Prof. Dr. Erkan Topuz, Prof Dr. Adnan Aydın, Prof. Dr.A. Nafiz Karadeniz, Klinik Onkoloji, İ. Ü. Onkoloji Enstitüsü Yayınları: 06
11. Robert Stanton, Donna Stinson, Applied Physics for Radiation Oncology, Medical Physics Publishing, 1996
12. Janfaza P, Nadol J, Galla JR, Fabian LR, Montgomery WW, Edit. Cansız H. Baş ve Boyunun Cerrahi Anatomisi 2002; s.639-671, 815-819, 368-392

13. Demiröz C. Baş boyun kanserleri, Uludağ Üniv. Tıp Fak. Radyasyon Onk. ABD
14. PTW-FREIBURG Ionizing Radiation Detectors. 2006/2007
15. IAEA. The Use of Plane-Parallel Ionization Chambers in High-Energy Electron and Photon Beams. An International Code of Practice for Dosimetry. Technical Report Series No.381. Vienna; 1997.
16. Sombeck M D, Kalbaugh K J, Mendenhall W M, Parsons J T, Smith S A , Million R R and Palta J R 1996 Radiotherapy for early vocal cord cancer: a dosimetric analysis of Co 60 versus 6 (MV) photons Head & Neck 18 167-73
17. Spiridovich S, Papiez L, Moskvina V and Desrosiers P 2006 Evaluation of underdosage in the external photon beam radiotherapy of glottic carcinoma: Monte Carlo study Radiother.oncol. 78 159-64
18. AAPM report No.85 Tissue inhomogeneity corrections for megavoltage photon beams. Report of Task Group No.65 of the Radiation Therapy Committee of the American Association of Physicists in Medicine
19. B.H. Shahine, M.S.A.L. Al-Ghazi, E.El-Khatib Experimental evaluation of interface doses in the presence of air cavities compared with treatment planning algorithms Med.Phys.26 (3), March 1999

HAM VERİLER

Merkez eksen %DD değerleri

Boşluksuz, 10x10cm ² alan boyutu			
Derinlik(cm)	4MV	6MV	Co-60
0,1	61,3	46	77
0,2	75,4	59,7	93,4
0,3	87,1	65,4	99,2
0,4	91,5	77,7	100,3
0,5	96	83,2	100
0,6	98,1	87,8	99,8
0,7	98,9	90,5	99,4
0,8	99,5	93,3	98,9
0,9	100	95,1	98,5
1	100	97	98,1
1,1	100,4	97,8	97,7
1,2	100,1	98,4	97,3
1,3	99,7	99,2	96,9
1,4	99,1	99,7	96,1
1,5	98,8	100	95,6
1,6	98	99,9	94,8
1,8	97,1	99,7	94,1
2	96,3	99,1	93,4
2,5	93,8	97,3	90,6
3	91,7	95,1	87,8
3,5	89,6	92	85,1
4	87,1	90,5	82,6
4,5	85,1	88,1	80
5	82,6	86,4	77,6
5,5	80,7	84,2	75
6	77,9	82,3	72,5
6,5	76	80,1	70,2
7	73,6	78,4	67,8
7,5	71,5	76,3	65,5
8	69,3	74,3	63,3
8,5	67,6	72,4	61,1
9	65,6	70,6	58,9
9,5	63,4	68,6	56,9
10	62,5	67	54,9
11	59,1	63,8	51,1
12	55,6	58,9	47,5
13	52,1	57,5	44
14	49,3	54,1	40,9

Merkez eksen %DD değerleri

Boşluksuz 6x6 cm ² alan boyutu			
Derinlik(cm)	4MV	6MV	Co-60
0,1	60,1	45,3	76,4
0,3	86,5	68,1	98,9
0,5	94,2	80,5	100
0,8	98,7	91,3	98,6
1	100	96,2	97,7
1,3	98,4	98,4	96,1
1,5	97,8	100	95,4
2	95,8	99,1	92,2
3	90,8	94,7	86,1
4	85,6	89,7	80,5
5	80,7	85,2	75
6	75,5	80,7	69,5
7	71	76,4	64,6
8	66,5	72,1	59,8
9	62,5	68,1	55,3
10	59,2	64,4	51,1
11	55,7	61,2	47,4
12	52,1	57,5	43,7
13	48,6	54,1	40,2
14	45,8	49,9	37,3

Merkez eksen %DD değerleri

3x3x3cm ³ boşluklu 6x6 cm ² alan boyutu			
Derinlik(cm)	4MV	6MV	Co-60
0,1	57,6	42,9	72,2
0,3	83,3	68,7	99
0,5	94,1	82,7	100
0,8	99,6	90,1	98,8
1	100	96,9	97,7
6	84,2	88,4	79
6,1	84,6	88,8	79,1
6,2	85,1	88,6	78,7
6,4	84,6	88,2	77,9
6,6	83,8	87,6	77
6,8	82,9	86,5	76,2
7	82,1	85,9	75,5
7,5	80,2	83,6	72,1
8	77,9	81,9	70,9
8,5	75,7	79,9	68,2
9	73,5	77,9	65,8
9,5	71,5	75,5	64,2
10	68,9	73,7	61
11	64,6	69,6	56,4
12	60,3	65,5	52,2
13	56,6	61	48
14	53,2	56,7	44,6

Merkez eksen %DD değerleri

10x10 cm ² 3x3x3cm ³ boşluklu			
Derinlik(cm)	4MV	6MV	Co-60
0,1	60,4	46,1	77,2
0,3	84,9	70,4	99,6
0,4	89,4	77,1	100,3
0,5	94,5	83,7	100
0,6	96,1	87,5	99,6
0,7	97,9	90,5	99,1
0,8	99,8	92,7	98,8
0,9	99,6	94,7	98,2
1	100	96,8	97,8
6,1	87	89,2	81,9
6,2	87,3	89,2	81,6
6,4	86,7	88,6	80,8
6,6	86	87,9	80
6,8	85,3	87,7	79,2
7	84,4	86,4	78,4
7,8	81,4	84,4	74,8
8	80,8	82,6	74
8,5	78,4	80,7	72
9	76,4	78,7	69,1
9,5	74,4	76,2	66,4
10	71,8	74,8	64,5
11	67,8	70,9	60,1
12	63,7	67,4	55,8
13	60	64,2	51,7
14	56,4	62,1	48,1

Merkez eksen %DD değerleri

10x10cm ² 2x2x ∞ cm ³ boşluklu			
Derinlik(cm)	4MV	6MV	Co-60
0,1	60,7	46,2	77,5
0,3	75,3	70,8	99,9
0,5	94,6	84,1	100
0,8	99,6	93,6	99
1	100	97,1	98
1,3	99,3	99,4	96,3
1,5	99	100	95,5
1,8	97,5	99,8	94,1
2	96,8	99,3	93
6	83,4	85,6	77,6
6,1	83,6	86,1	77,7
6,2	83,2	86	77,3
6,3	82,8	85,8	76,9
6,5	82	85,1	76,1
6,8	81,1	84	75
7	80,3	83	74
7,5	78,3	80,5	71,9
8	76,3	79,7	69,7
8,5	74,2	77,4	67,4
9	72,2	75,1	65,3
9,5	70,3	73,2	63,2
10	68,4	72	61,1
11	64,8	67,9	57
12	60,9	64,3	53
13	57,2	61,3	49,4
14	54	59,2	46,1

Merkez eksen %DD değerleri

6x6cm ² 2x2x ∞ cm ³ boşluklu			
Derinlik(cm)	4MV	6MV	Co-60
0,1	57,6	42,7	72,2
0,3	72,9	68,3	99,3
0,5	93,6	82,4	100
0,8	99,5	92,6	98,7
1	100	96,5	97,7
1,2	99,8	98,1	96,7
1,5	98,9	100	95,1
1,8	97,5	99,7	93,4
2	96,1	99	92,3
6	80,8	81,9	74,7
6,1	80,9	83,7	74,7
6,2	80,8	84,4	74,3
6,4	80,3	83,7	73,6
6,6	79,6	82,9	72,8
6,8	78,3	82,4	72
7	77,7	81,6	71,1
7,5	75,2	79,6	68,6
8	73,4	77,5	66,4
8,5	71,7	75,4	64,2
9	69	73,2	61,9
9,5	67,2	71,2	59,6
10	65,1	69,3	57,6
11	61,3	65,7	53,3
12	57,5	61,9	49,4
13	54	59,8	45,7
14	50,5	57,8	42

Merkez ekseninde boşluk arkası derinliğe göre doz artış oranları

3x3x3cm ³ 10x10alan	%	%	%
Derinlik(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
6,1	9,4	7,3	9,9
6,2	10,1	7,8	10
6,4	10,3	8,1	10,1
6,6	10,5	8,1	10,3
6,8	10,7	8,6	10,4
7	10,8	8	10,6
8	11,5	8,3	10,7
9	10,8	8,1	10,2
10	9,3	7,8	9,6
11	8,7	7,1	9
12	8,1	8,5	8,3
13	7,9	6,7	7,7
14	7,1	8	7,2

3x3x3cm ³ 6x6 alan	%	%	%
Derinlik(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
6,1	8,7	7,7	9,5
6,2	9,5	8,5	10,1
6,4	10,5	8,7	10,2
6,6	10,8	9,2	10,3
6,8	11	9,5	10,4
7	11	9,2	10,6
8	11,1	9,5	10,9
9	11,4	9,8	11,1
10	11	9,8	10,5
11	9,7	9,3	9,9
12	8,9	8,4	9
13	8,2	8	8,5
14	8	6,9	7,8
14	7,4	6,8	7,3

Merkez ekseninde boşluk arkası derinliğe göre doz artış oranları

2x2x ∞ cm ³ 10x10 alan	%	%	%
Derinlik(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
6	5,5	3,3	5,1
6,1	6	4,2	5,7
6,2	6	4,6	5,7
6,3	6	4,8	5,8
6,5	6	5	5,9
6,8	6,5	4,9	6,2
7	6,7	4,6	6,2
8	7	5,4	6,4
9	6,6	4,5	6,4
10	5,9	5	6,2
11	5,7	4,1	5,9
12	5,3	5,4	5,5
13	5,1	3,8	5,4
14	4,7	5,1	5,2

2x2x ∞ cm ³ 6x6 alan	%	%	%
Derinlik(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
6	5,3	1,2	5,2
6,1	5,8	3,4	5,7
6,2	6,2	4,5	5,8
6,4	6,5	4,7	6
6,6	6,8	4,8	6,2
6,8	6,4	5,1	6,4
7	6,7	5,2	6,5
8	6,9	5,4	6,6
9	6,5	5,1	6,6
10	5,9	4,9	6,5
11	5,6	4,5	5,9
12	5,4	4,4	5,7
13	5,4	5,7	5,5
14	4,7	7,9	4,7

TLD değerleri

Doku-hava arakesitinde

3x3x3 cm ³ boşluk önü 10x10 cm ² alan			
Uzaklık(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
-5	67,7	70,7	22,2
-4,5	74,1	89,6	27
-4	78,5	91,2	29,9
-3	84	98,8	33,8
-2	86,6	100,8	33,6
-1,5	85,9	97,8	33,9
-0,7	88,8	99,6	35,4
0	87,2	99,9	35,3
0,7	87,6	99,1	35,1
1,5	86,7	100,7	35,1
2	84,6	98,5	35,5
3	84	98,8	33,8
4	78,5	91,2	29,9
4,5	74,1	89,6	27
5	67,7	70,7	22,2

Hava-doku arakesitinde

3x3x3 cm ³ boşluk arkası 10x10 cm ² alan			
Uzaklık(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
-5	61,5	63,8	22,9
-4,5	66,5	75,5	25,8
-4	69,9	77,4	29
-3	74,3	84,3	32
-2	76,8	83,9	32,6
-1,5	76,7	86,5	35,1
-0,7	85,6	92,5	38
0	83,8	91,1	36,2
0,7	84,6	95,7	37,1
1,5	81,8	91,8	35,1
2	76,7	84,8	30,8
3	74,3	84,3	32
4	69,9	77,4	29
4,5	66,5	75,5	25,8
5	61,5	63,8	22,9

Doku-hava arakesitinde

3x3x3 cm ³ boşluk önü 6x6 cm ² alan			
Uzaklık(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
-3	51,2	75	22,9
-2,5	69	81,7	30,3
-2	72,6	87,5	33,6
-1,5	79,1	95	36
-0,7	80,6	95,2	36,6
0	80,3	94,6	36,3
0,7	78,3	95,9	37,8
1,5	78,2	96,2	36,3
2	81,5	97	36
2,5	78,6	96,2	34,3
3	66,8	72,8	24,8

Hava-doku arakesitinde

3x3x3 cm ³ boşluk arkası 6x6 cm ² alan			
Uzaklık(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
-3	47,6	58,2	28
-2,5	64,7	70,8	27,6
-2	67,9	73,7	28,5
-1,5	76,2	82,9	32,7
-0,7	82,7	87,6	34,9
0	78,1	84,3	33,9
0,7	81,7	86,6	35,5
1,5	81,3	84	33,1
2	75,4	76,3	30,3
2,5	72,4	75,4	27,1
3	71,8	55	20,6

Doku-hava arakesitinde

2x2x ∞ cm ³ boşluk önü 10x10 cm ² alan			
Uzaklık(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
-5	68,2	40,3	21,8
-4,5	70,5	75	26,2
-4	73	78,9	30,3
-3	77,6	88	33,4
-2	79,1	92,3	34,2
-1	78	89,1	33,6
-0,5	81,1	92,4	35,9
0	81,4	92,1	35,9
0,5	77,8	93,8	35,9
1	81,3	91,4	35,1
2	83,7	89	35,3
3	77,6	88	33,4
4	73	78,9	30,3
4,5	70,5	75	26,2
5	68,2	40,3	21,8

Hava-doku arakesitinde

2x2x ∞ cm ³ boşluk arkası 10x10 cm ² alan			
Uzaklık(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
-5	63,4	61	23,7
-4,5	65,7	68,8	27,3
-4	67,6	72,4	28,4
-3	74,7	82,8	31,3
-2	77,9	84,2	32,4
-1	74,9	84	30,6
-0,5	77,7	88	33,7
0	77,3	88,3	33,5
0,5	74,8	90,2	34
1	78,3	89,1	33,8
2	73	85,3	33,8
3	74,7	82,8	31,3
4	67,6	72,4	28,4
4,5	65,7	68,8	27,3
5	63,4	61	23,7

Doku-hava arakesitinde

2x2x ∞ cm ³ boşluk önü 6x6 cm ² alan			
Uzaklık(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
-3	65,5	24	18,2
-2,5	65,8	67,9	21,9
-2	67,8	75,8	25,5
-1,5	73,2	82,4	27,4
-1	76,1	87,1	29,3
-0,5	73,3	82	30,9
0	75,1	87,1	32,6
0,5	75,6	84,9	31,6
1	71,2	87,4	29
1,5	71,4	87,2	28,7
2	69,7	81,6	25,6
2,5	65,8	67,9	21,9
3	65,5	24	18,2

Hava-doku arakesitinde

2x2x ∞ cm ³ boşluk arkası 6x6 cm ² alan			
Uzaklık(cm)	4 MV	6 MV	Co-60
-3	28,7	71,5	15,3
-2,5	50,7	72,1	20,1
-2	55	78	23,8
-1,5	62,2	82,9	25,3
-1	68,8	82,6	26,6
-0,5	71,5	82,2	29,7
0	70	80,7	29,7
0,5	69,2	80,4	29
1	63,3	79,6	26,6
1,5	61,4	77,6	26,4
2	57,7	72,4	25,6
2,5	50,7	72,1	20,1
3	28,7	71,5	15,3

Hava-doku arakesitinde

2x2x ∞ cm ³ boşluk arkası 10x10 cm ² alan			
dikey	4 MV	6 MV	Co-60
-3	66,1	52,5	21
-2,5	62,5	67,1	24,3
-2	63,7	69,9	25,9
-1,5	68,3	77,6	28,3
-1	68,9	79,4	29,8
-0,5	66,7	76,8	27,6
0	74,8	83,7	32,3
0,5	73,8	84,8	32,2
1	73,8	86,2	31,6
1,5	73,7	82,8	32,1
2	69,2	78,9	27,4
2,5	62,5	67,1	24,3
3	66,1	52,5	21

Hava-doku arakesitinde

2x2x ∞ cm ³ boşluk arkası 6x6 cm ² alan			
dikey	4 MV	6 MV	Co-60
-3	48,5	69,1	15,3
-2,5	60	69,9	15,5
-2	63,4	71,7	21
-1,5	67	73,9	23,7
-1	67,7	80,1	24,2
-0,5	68,1	78	24,3
0	73,3	81,4	26,4
0,5	73,2	81,9	26,2
1	69,5	75,7	24,2
1,5	71,1	78,1	24,2
2	66,6	75,1	24,1
2,5	60	69,9	15,5
3	48,5	69,1	15,3

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı	İmren	Soyadı	Sabaner
Doğ.Yeri	Silistre	Doğ.Tar.	16.10.1975
Uyruğu	TC	TC Kim No	55363015918
Email	imrensabaner@hotmail.com	Tel	

Eğitim Düzeyi

	Mezun Olduğu Kurumun Adı	Mez. Yılı
Doktora		
Yük.Lis.		
Lisans	Trakya Üniv.	2003
Lise	Fatih Vatan Lisesi	1993

İş Deneyimi (Sondan geçmişe doğru sıralayın)

	Görevi	Kurum	Süre (Yıl - Yıl)
1.			-
2.			-
3.			-

Yabancı Dilleri	Okuduğunu Anlama*	Konuşma*	Yazma*	KPDS/ÜDS Puanı	(Diğer) Puanı
İng.	iyi	orta	orta		56,25

*Çok iyi, iyi, orta, zayıf olarak değerlendirin

	Sayısal	Eşit Ağırlık	Sözel
ALES Puanı	63		
(Diğer) Puanı			