

LINAC

DOĞRUSAL HIZLANDIRICI

Mert Can YILDIZ



T.C. Sağlık Bakanlığı

Kamu Hastaneleri
Genel Müdürlüğü

LINAC

(DOĞRUSAL HIZLANDIRICI)'NIN

MİMARİ ve TEMEL ALTYAPI

GEREKSİNİMLERİ



UYARI

İçerik © 2018 T.C. Sağlık Bakanlığı Kamu Hastaneleri Genel Müdürlüğü.

Bu eserin telif hakkı vardır. Bu materyal sadece tarafınızdan kişisel, ticari olmayan kullanımlar için (bu uyarıyı saklı tutarak) değiştirilmemiş haliyle çoğaltılabilir, indirilebilir, görüntülenebilir. 5846 sayılı fikir ve sanat eserleri kanununca izin verilen herhangi bir kullanım dışında diğer tüm haklar saklıdır. Çoğaltma ve haklar ile ilgili talepler ve sorular için aşağıda bulunan adresle iletişime geçilmelidir.

Sağlık Bakanlığı;
Bilkent yerleşkesi , Üniversiteler mah.
Dumlupınar bulvarı 6001. Cad. No:9
Çankaya/Ankara 06800
Tel. +90 (312) 565 03 64
URL: <http://khgm.saglik.gov.tr/>

Bu yayının içeriği ile ilgili bilgi talepleri, T.C. Sağlık Bakanlığı, Kamu Hastaneleri Genel Müdürlüğü, Tedarik planlama, Stok ve Lojistik Dairesi, Biyomedikal Mühendisliği birinden sağlayabilirsiniz ya da khgm.biyomedikal@saglik.gov.tr adresine mail atabilirsiniz.

Editörler

Prof. Dr. Murat ALPER
Uzm. Ecz. İrem MÜHÜRÇÜ

Hazırlayan

İç Mimar Mert Can YILDIZ,

Katkıda Bulunanlar

B.M.M. Kemal Tolga ÇETİN
B.M.M. Bilal BECEREN
B.M.M. Caner Niyazi OKU
Uzm. Dr. Öznur SARI

Grafik Tasarım - Mizanpaj

Merve Seher OKU

Ref : KHGM-KMY-MCY-001.V02

Ocak 2018'de T.C. Sağlık Bakanlığı Kamu Hastaneleri Genel Müdürlüğü tarafından yayınlanmıştır.

ÖNSÖZ

Klinik Mühendisliği'nin görev ve sorumluluklarından biri klinik alanların mimari ve temel altyapılarına yönelik Kamu Hastaneleri Genel Müdürlüğü tarafından standart ve buna bağlı kılavuzlar hazırlanmaktadır.

Kamu Hastaneleri klinik alanlarında verilen hizmet kalitesinin ve verimliliğin artmasını ve sürdürülebilirliğin sağlanması için oluşturulan Radyasyon Onkolojisine bağlı klinik alanların mimari ve mühendislik altyapılarını oluşturmaktır.

Bu kılavuz ile Kamu Hastanelerindeki klinik alanların mimari ve temel altyapı özelliklerinin biyomedikal alanla birleşerek, Kamu Hastaneleri perspektifinde uygulanmasına yönelik referans bir kaynağın oluşturulması amaçlanmıştır. Mimari ve mühendislik biliminin biyomedikal alandaki çalışmalara ve Klinik Mühendislik hizmetlerine katkıda bulunmasına, böylece Sağlık Hizmetlerine yeni bir mimari vizyonun geliştirilmesinde katkıda bulunmasını dilerken büyük emek ürünü olan bu eseri hazırlayan, İç mimar Mert Can YILDIZ'a, tasarımını yapan Merve OKU'ya ve destek veren Tedarik Planlama Stok ve Lojistik Yönetimi Dairesinin tüm ekibine teşekkürlerimi sunarım.

Prof. Dr. Murat ALPER
Kamu Hastaneleri Genel Müdürü

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	x
ŞEKİLLER DİZİNİ	xi
PLANLAR DİZİNİ	xii
KESİTLER DİZİNİ	xiii
GİRİŞ.....	xiv
1. Fizibilite	1
2. Doğrusal Hızlandırıcı Çeşitleri	1
2.1. Görüntü Kılavuzluğunda Radyoterapi Sistemi (IGRT / Doğrusal Hızlandırıcı / LINAC)	2
2.2. Radyoterapi Simülasyon Sistemi	3
2.3. Yoğunluk Modülasyonlu Arc Terapi Sistemi (VMAT / Doğrusal Hızlandırıcı / LINAC)	4
2.4. Yoğunluk Modülasyonlu Radyoterapi Sistemi (IMRT / Doğrusal Hızlandırıcı/ LINAC)	5
3. Temel Altyapı Gereksinimleri	8
3.1. Radyasyon korumasında kullanılan malzemeler	8
3.2. Radyasyon Koruması.....	10
3.2.1. Radyasyon Korumasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	10
3.2.2. Tipik Tedavi Odası Radyasyon Koruması	12
3.3. Havalandırma Tesisatı Ve Özellikleri.....	13
3.4. Elektrik Tesisatı Ve Özellikleri	18
3.4.1. ELEKTA Markası İçin Gerekli Elektrik Tesisatı	18
3.4.2. VARIAN, SIEMENS Markaları İçin Gerekli Elektrik Tesisatı.....	20
3.5. Pis Su Tesisatı Özellikleri	21
3.6. Zemin Özellikleri	21
3.6.1. Zemin Kaplama Özellikleri	21
3.6.2. ELEKTA Markası İçin Gerekli Zemin Özellikleri	22

3.6.3. VARIAN Markası İçin Gerekli Zemin Özellikleri	23
3.7. Yangın Tesisatı Özellikleri	25
4. TİP 1 (ELEKTA LINAC Markası) Mekân Tasarımı.....	28
4.1. Merkez Noktanın Belirlenmesi.....	28
4.2. Önerilen Minimum Tedavi Ünitesi Ölçüleri.....	29
4.3. Teknik Hacim Odası	32
4.3.1. Örnek Teknik Hacim Çizimi Ve Ölçüleri	32
4.3.2. Teknik Hacimde Bulunması Gereken Üniteler.....	33
4.3.2.1. Ana Portal (<i>Gantry Assembly</i>).....	33
4.3.2.2. Makaralı Ara Birim Ünitesi (<i>Reeling Interface Cabinet, RIC</i>).....	33
4.3.2.3. İstemci Arabirim Ünitesi (<i>Client Interface Terminal Box, CITB</i>)	34
4.3.2.4. Güç Kontrolü Dağılım Ünitesi (<i>PCDU</i>)	35
4.3.2.5. Elektrik Aktarım Ünitesi (<i>Electrical Interface Module, EIM</i>).....	35
4.3.2.6. kV Generator	36
4.4. Tedavi Odası.....	37
4.4.1. Örnek Tedavi Odası Çizimi Ve Ölçüleri	37
4.5. Kontrol Odası	41
4.5.1. Örnek Kontrol Odası Çizimi Ve Ölçüleri	41
4.6. Soğutma Odası.....	43
5. TİP 2 (VARIAN, SIEMENS Markaları) Mekân Tasarımı	45
5.1. Merkez Noktasının Belirlenmesi	45
5.2. Önerilen Minimum Oda Ölçüleri	45
5.3. Tedavi Odası.....	48
5.3.1. Örnek Tedavi Odası Çizimi Ve Ölçüleri	48
5.3.2. Tedavi Odasında Bulunması Gereken Üniteler	50
5.3.2.1. Doğrusal Hızlandırıcı (<i>LINAC</i>)	50
5.3.2.2. Modülatör Kabini;	51
5.3.2.3. Bağlantı Kutuları;.....	52
5.3.2.4. LINAC Oda İçi Monitörü	53
5.3.2.5. Lazer Konumlama Işıkları.....	53

5.3.2.6. Tedavi Odası Mobilyaları	54
5.4. Kontrol Odası	55
KAYNAKÇA	vi

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>LINAC</u>	: Linear accelerator
<u>IGRT</u>	: Image-guided radiation therapy
<u>MV</u>	: Mega Volt
<u>DRR</u>	: Digitally reconstructed radiograph-dijital graphy
<u>BT</u>	: Bilgisayarlı Tomografi
<u>VMAT</u>	: Volumetric modulated arc therapy
<u>IMRT</u>	: Volumetric modulated arc therapy
<u>TAEK</u>	: Türkiye Atom Enerjisi Kurumu
<u>TSE</u>	: Türk Standartları Enstitüsü
<u>NOAA</u>	: National Oceanic and Atmospheric Administration
<u>RIC</u>	: Reeling Interface Cabinet
<u>CITB</u>	: Client Interface Terminal Box
<u>PCDU</u>	: Power Conditioning Distribution Unit
<u>EIM</u>	: Electrical Interface Module

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 VARIAN, SIEMENS Marka Doğrusal Hızlandırıcılar.....	1
Şekil 2.2 ELEKTA Marka Doğrusal Hızlandırıcı.....	2
Şekil 2.3 Hustic Medikal LINAC Radyoterapi Simülatörü	3
Şekil 2.4 Varian VMAT Sistemi.....	4
Şekil 3.1 Örnek Zırhlanmış Doğrusal Hızlandırıcı Odası İzometri Görünüşü (Ölçeksiz).....	10
Şekil 3.2 Doğrusal Hızlandırıcı Zemin Özellikleri (Ölçeksiz).....	22
Şekil 3.3 Montaj Çukuru (Ölçeksiz)	23
Şekil 4.1 Merkez Noktanın Konumlanması (Ölçeksiz).....	28
Şekil 4.2 Ana Portal (Ölçeksiz).....	33
Şekil 4.3 Arabirim Ünitesi Ölçüleri (Ölçeksiz)	34
Şekil 4.4. CITB boyutları (Ölçeksiz).....	34
Şekil 4.6 Power Conditioning Distribution Unit (Ölçeksiz).....	35
Şekil 4.7 Electric İnterface Module, EIM (Ölçeksiz).....	36
Şekil 4.8 kV Jeneratör (Ölçeksiz)	37
Şekil 5.1 Merkez Noktanın Konumlanması (Ölçeksiz).....	45
Şekil 5.2 Doğrusal Hızlandırıcı (Ölçeksiz)	50
Şekil 5.3 Modülatör Kabini Plan Görünümü (Ölçeksiz).....	51
Şekil 5.4 Modülatör Kabini Cephe Görünümü (Ölçeksiz)	52
Şekil 5.5 Standart Lazer Montaj Şekli (Duvara gömülü şekilde) (Ölçeksiz)	53
Şekil 5.6 Tedavi Odası Sabit Mobilya Grubu Ön Yüzü (Ölçeksiz).....	54
Şekil 5.7 Tedavi Odası Sabit Mobilya Grubu Yan Yüzü (Ölçeksiz)	55

PLANLAR DİZİNİ

Plan 3.1 Radyasyon Korumasında Dikkat Edilmesi Gereken Alanlar (Ölçeksiz).....	12
Plan 3.3Varian, Siemens Marka Tedavi Ünitesi Zırhlama Özellikleri (Ölçeksiz).....	13
Plan 3.4 ELEKTA Marka Havalandırma Kanalları Planı (Ölçeksiz).....	16
Plan 3.5 VARIAN, SIEMENS Marka Oda Tasarımı, Havalandırma Kanalları Planı (Ölçeksiz) ...	17
Plan 3.6 Kablo Kanalı Dizilimi (Ölçeksiz).....	18
Plan 3.7 Kablo Kanalı Dizilimi (Ölçeksiz).....	19
Plan 3.8 VARIAN, SIEMENS Markaları Tedavi Ünitesi Kablo Yerleşim Planı (Ölçeksiz)	20
Plan 3.9 VARIAN, SIEMENS Doğrusal Hızlandırıcı Zemin Özellikleri (Ölçeksiz)	24
Plan 4.1 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Örnek Oda Planı (Ölçeksiz)	29
Plan 4.2 Teknik Hacim Planı (Ölçeksiz)	32
Plan 4.3 Tedavi Odasında Plan Görünümü (Ölçeksiz)	38
Plan 4.4 Kontrol Odası Planı (Ölçeksiz).....	41
Plan 4.5 Soğutma Odası Planı (Ölçeksiz).....	43
Plan 5.1 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Minimum Oda Ölçüleri (Ölçeksiz).....	46
Plan 5.2 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Örnek Oda Planı 2 (Ölçeksiz)	48
Plan 5.3 Kontrol Odası Planı (Ölçeksiz).....	57

KESİTLER DİZİNİ

Kesit 3.1 Emiş Menfezi Yan Görünüşü Detayı (Ölçeksiz)	15
Kesit 3.2 Doğrusal Hızlandırıcı Zemin Özellikleri A – A Kesiti (Ölçeksiz)	25
Kesit 4.1 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Örnek Oda Kesiti (Ölçeksiz)	30
Kesit 4.2 A – A Kesiti, Dolap Grubu (Ölçeksiz)	39
Kesit 4.3 B – B Kesiti, Dolap Grubu (Ölçeksiz)	39
Kesit 4.4 C – C Kesit (Ölçeksiz)	40
Kesit 5.1 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Örnek Oda Kesiti (Ölçeksiz)	47
Kesit 5.2 A-A Kesiti (Ölçeksiz)	49
Kesit 5.3 B-B Kesiti (Ölçeksiz)	49
Kesit 5.4 C-C Kesiti (Ölçeksiz)	50
Kesit 5.5 Kontrol Odası Elektrik Tesisatı Ölçüleri (Ölçeksiz)	56
Kesit 5.6 A – A Kesiti (Ölçeksiz)	58
Kesit 5.7 B – B Kesiti (Ölçeksiz)	59

GİRİŞ

LINAC, linear accelerator, kelimelerinin kısaltılmış halidir. Doğrusal hızlandırıcı anlamına gelmektedir.

Kanser, kontrolsüz hücre çoğalımı anlamına gelmektedir. Bir kanserli hücrenin radyasyonla tedavisi başlamadan önce onkologlar tarafından kemoterapi (*ilaç tedavisi*), hipertermia (*ısı tedavisi*), immünoterapi (*yabancı hücrelere karşı vücut direncinin arttırılması*) gibi tedaviler uygulanabilmektedir. Eğer bu tedaviler sonucunda ilerleme kaydedilmediyse doğrusal hızlandırıcı aracılığıyla radyoterapiye geçilebilir.

Hedef; hızlandırılan elektronlar aracılığıyla kanserli hücrelerin DNA'sını bozmak ve bölünmelerini engelleyerek kanserli hücre ölümüne yol açmaktır. LINAC'da elektron ve X-ışını olmak üzere iki tedavi seçeneği vardır. X-ışını modunda, X ışını hücreden bir elektron söker, sökülen elektron etkileşime girerek serbest radikaller oluşturur bu radikaller DNA da tahribat yaratır hücre de bu durumu düzeltmeye çalışır. düzeltemezse apoptoza gider, gidemezse mutasyon olur ki bu durum istenen bir şey değildir.

Kısaca; yüzeysel ve/veya derin yerleşimli tümörlerin, hızlandırılmış elektron hüzmeleri veya X-ışını ile yok olmasını sağlayan radyoterapi sistemine **Doğrusal Hızlandırıcı** ismi verilmektedir.

1. Fizibilite

2. Doğrusal Hızlandırıcı Çeşitleri

1. Fizibilite

Doğrusal hızlandırıcı tedavisi sırasında, fotodisintegrasyon (fotoayırışma, foto bozunma) sonucu ortaya istenmeyen nötronlar saçılmaktadır. “Bu nötronların hastane ortamında başka mekânlara geçip insan sağlığını riske atmaması ve aynı zamanda tedavi edilecek hastanın en uygun şartlarda tedavi edilmesi için doğrusal hızlandırıcının bulunduğu odanın uygun koşullarda tasarlanması gerekmektedir. Uygun şartlardan emin olunmadığı takdirde doğrusal hızlandırıcı ile tedavi yapılması risk oluşturmaktadır.

2. Doğrusal Hızlandırıcı Çeşitleri

Doğrusal hızlandırıcı (*LINAC*) kapsamında Philips, Shinva, Nucletron, Lonsino, PTW, Siemens, Varian ve Elekta markaları mevcuttur. Bunlardan VARIAN, ELEKTA ve SIEMENS markaları en çok tercih edilenlerdir. Bu markalar temel alınarak tasarlanması gereken iki tip oda türü vardır. Bunlardan ELEKTA markası için tasarlanması gereken oda tipi, VARIAN, SIEMENS ve diğer markaları için tasarlanması gereken diğer oda tipidir. Bunun sebebi, VARIAN, SIEMENS ve diğer markalı doğrusal hızlandırıcıların kontrol ünitesi hariç tüm birimlerinin bir oda da bulunması, ELEKTA doğrusal hızlandırıcı birimleri için ise bir teknik odaya ihtiyaç duyulmasıdır.



Şekil 2.1 VARIAN, SIEMENS Marka Doğrusal Hızlandırıcılar



Şekil 2.2 ELEKTA Marka Doğrusal Hızlandırıcı

2.1. Görüntü Kılavuzluğunda Radyoterapi Sistemi (IGRT¹ / Doğrusal Hızlandırıcı / LINAC)

Megavoltaj (MV) portal görüntüleme, sıklıkla pek çok klinikte kullanımda olan en basit ve her cihazda kullanılabilen pratik bir yöntemdir. Klasik film kasetleri kullanılarak yapılabildiği gibi son yıllarda lineer hızlandırıcılarda online olarak çekilmesini sağlayan portal görüntüleme cihazları yaygın olarak kullanılmaktadır. En önemli avantajı portal görüntüleme sırasında verilen dozun tedavi dozundan düşülebilmesidir. Bunun yanında kötü görüntü kalitesi, oblik alanlarda değerlendirme zorluğu, kemik yapıya göre değerlendirme zorunluluğu ve işlemin uzun olması dezavantajları olarak sayılabilir.

kV - kV veya kV - MV görüntüleme, LINAC tabanlı bir görüntüleme yöntemi olup cihazın, hareketli X-ışını kaynağı sayesinde lateral filmlerin çekilmesi esasına dayanır. Beyin tümörleri, baş boyun kanserleri, meme kanseri, akciğer kanserleri, abdominal

¹ Image-guided radiation therapy

lezyonlar, pelvik lezyonlar ve ekstremiteler lezyonlarında özellikle kemik anatomiyi eşleştirmede; prostat kanserlerinde ise kemik anatomisinin yanı sıra marker eşleştirmede çok faydalıdır. Portal görüntülemeye göre üstün görüntü kalitesi ve düşük radyasyon dozunun yanı sıra DRR²'lar ile imajların eşleştirmesi sonrasında yapılan milimetrik değişiklikleri düzeltme için tedavi odasına girilmemesi en önemli ve zaman kazandıran avantajdır. Dezavantajları arasında; hasta yüküne bağlı olan merkezlerde sık yapılamaması, oblik alanlarda değerlendirme zorluğu ve bu nedenle memede kullanışsız oluşu ve tabii ki bütün değerlendirmelerin kemik yapıya göre yapılması gerekliliği sayılabilir.

Conebeam BT, diğer bir IGRT yöntemi olup kV şeklinde elde edilir. kV - kV hasta etrafında 360 derecelik bir dönüşle elde edilen BT görüntülemesidir. Klasik BT'lerden farklı olarak conebeam şeklinde çekildiğinden alan kenarlarında görüntü kalitesinde azalma olabilir. İlk ticari conebeam IGRT sistemli LINAC, Elekta tarafından geliştirildikten sonra Varian Trilogy cihazını ve Siemens Artiste'i geliştirip conebeam IGRT LINAC cihazlarını piyasaya sürmüşlerdir.

2.2. Radyoterapi Simülasyon Sistemi



Şekil 2.3 Hustic Medikal LINAC Radyoterapi Simülatörü

Radyoterapi Simülatörü, radyoterapi ışınlarının boyut ve yöneliminin doğru bir şekilde seçilmesi için tümörün fiziksel kapsamını ve çevresindeki dokularla olan ilişkisini teşhis etmekte kullanılan sistemdir. Radyoterapi simülatörünün başlıca alt birimleri gantry, kolimatör, x-ışını tüpü, görüntüleme ünitesi, hasta destek, konumlandırma sistemi ve uzaktan kumandalı konsoldur. Görünümü doğrusal hızlandırıcıya benzerdir, ancak radyasyonun kaynağı olarak teşhis röntgeni kullanılır. Paralleleştirilmiş

² Digitally reconstructed radiograph-dijital grafi oluşturulması

röntgen ışını bir taraftan hastadan geçer ve zayıflatılmış ışın, diğer tarafta bulunan CCD kamera sistemi ile birleştirilmiş bir görüntü yoğunlaştırıcıyla dijital görüntüye dönüştürülür. Görüntü yoğunlaştırıcı destek kolu, ilgi alanındaki görüntü yoğunlaştırıcının uzak ve interaktif konumlandırılması için motorlu hareketlere sahiptir. Portalın, kolimatörün ve görüntü yoğunlaştırıcı destek kolunun tüm hareketleri, bu tuş takımlarıyla uzaktan kumanda konsolundan kontrol edilebilir. Yakalanan görüntü, tümör konumu, hacmi ve kritik yapılara yakınlık hakkında ayrıntılı bilgi çıkarmak için neredeyse anında işlenebilir analiz verebilmektedir. Bu görüntüler, gerçek radyasyon dozu dağıtım planını formüle etmek için tedavi planlama bilgisayar sistemine aktarılır. Conebeam BT sonuç olarak 3 boyutlu tedavi planlama için kullanılmaktadır.

2.3. Yoğunluk Modülasyonlu Arc Terapi Sistemi (VMAT³ / Doğrusal Hızlandırıcı / LINAC)



Şekil 2.4 Varian VMAT Sistemi

VMAT, tümörlü bölgenin çevresindeki dokulara ve organlara düşük dozda radyasyon vererek hasarı azaltan, tümörlü bölgeye ise yüksek radyasyon dozları uygulayan gelişmiş bir radyoterapi sistemidir. Hastanın çevresinde devamlı arc'lar halinde tekli veya çoklu radyasyon ışınları kullanarak, tedavi sürelerinin önemli ölçüde azaltılmasını sağlamaktadır. Her

VMAT tedavisi iki dakikadan kısa sürede tamamlanır. Daha hızlı tedaviler, hasta rahatlığını ve yaşam kalitesini artırmanın yanı sıra radyasyon iletiminin doğruluğunu geliştirir. Hasta hareket etmeden tedavi işlemi bitmiş olur.

Yoğunluk modülasyonlu arc terapi sistemi (VMAT) tıbbi bir lineer hızlandırıcı tarafından üretilen fotonları (*W-ışınları*) kullanır. Değişken yoğunluklara sahip çok küçük ışınlar bir tümöre yöneltilir ve daha sonra hasta çevresinde 360 derece döndürülür. Bu işlem, üç boyutlu bir şekilde hedefe saldırmaya neden olmaktadır.

³ Volumetric modulated arc therapy

Yoğunluk modülasyonlu arc terapi sistemi (VMAT) tedavisi üç temel aşamadan oluşur ve bunlar tanı, tedavi planlamasında uygulanmalıdır. Tedavi planlaması için elde edilen görüntüler tümörün konumunu belirleyerek tanı ve tedavi işlemine yardımcı olmaktadır. VMAT ışınları minimum 2.5 x 5 milimetreye⁴ kadar küçülebilmektedir.

2.4. Yoğunluk Modülasyonlu Radyoterapi Sistemi (IMRT⁵ / Doğrusal Hızlandırıcı/ LINAC)

Yoğunluk modülasyonlu radyasyon terapisi (IMRT), tümör veya tümör içindeki belirli alanlara hassas radyasyon dozları vermek için bilgisayar kontrollü doğrusal hızlandırıcıları kullanan gelişmiş yüksek hassasiyetli bir radyoterapi sistemidir. IMRT, çok küçük hacimlerde radyasyon demetinin modülasyonunu kontrol edilmesiyle tümörün üç boyutlu şekline daha hassas şekilde uymasını sağlamaktadır. Tedavi, bilgisayarlı doz hesaplamaları ile birlikte hastanın 3 boyutlu bilgisayarlı tomografisi (BT) veya manyetik rezonans (MRI) görüntüleri kullanılarak, tümör şekline en iyi uyacak doz yoğunluk modelini belirleyerek dikkatlice planlamaktadır. Tipik olarak, farklı ışın yönlerinden gelen çoklu yoğunlukla modüle edilmiş alanların kombinasyonları, komşu normal dokulara olan dozu en aza indirirken aynı zamanda tümör dozunu en yükseğe çıkaran özel bir uyarlanmış radyasyon dozu üretir.

Normal doku dozunun, tümörlü dozuna oranı IMRT yaklaşımıyla asgari seviyeye indirildiğinden, geleneksel radyoterapi tekniklerine kıyasla daha az yan etki gösteren tümörlere daha yüksek ve daha etkili radyasyon dozları güvenle sağlanabilir. IMRT, dozlar arttırılmadığında bile, tedavi toksin oranını azaltma potansiyeline sahiptir. IMRT, karmaşıklığı nedeniyle, hastanın tedaviye başlamadan önce günlük radyasyon terapisine göre biraz daha uzun günlük tedavi süreleri ve ek planlama ve güvenlik kontrolleri gerektirmektedir.

Günümüzde IMRT, prostat, baş ve boyun kanserlerinin tedavisinde ve merkezi sinir sisteminde yaygın olarak kullanılmaktadır. IMRT, gastrointestinal, jinekolojik

⁴ Bu bir kalem ucu kalınlığına eşdeğerdir.

⁵ Intensity-modulated radiation therapy

maligniteler ve belirli sarkom tiplerinin yanı sıra göğüs, tiroid, akciğer tedavisinde sınırlı durumlarda kullanılmaktadır.

IMRT dâhil olmak üzere radyasyon tedavisi, kanser hücrelerini bölünmeden ve büyütmeden durdurur, böylece tümör büyümesini yavaşlatır veya durdurur. Birçok durumda, radyasyon terapisi tüm kanser hücrelerini öldürme yeteneğine sahiptir, böylece tümörleri küçültür veya ortadan kaldırır.

3. Temel Altyapı Gereksinimleri

3. Temel Altyapı Gereksinimleri

Bu bölümde doğrusal hızlandırıcının ihtiyaç duyduğu radyasyon koruması, havalandırma, elektrik, pis su, yangın tesisatı ve zemin, tavan özelliklerinden bahsedilmektedir.

3.1. Radyasyon korumasında kullanılan malzemeler

Kurşun; yüksek atomik parçacıklara ve yüksek yoğunluğa (2.350 kg/m^3) sahip, zırhlamada çokça tercih edilen bir malzemedir. Her ne kadar kurşun rulo halinde satın alınabilse de, kurşun yumuşaktır ve genellikle kurulum için kontrplak veya alçı panel üzerine yapıştırılmalıdır. Kurşun kaplamalı kapı aksesuarları, koruyucu ekranlar ve panjurlar da zırhlama yapılmasında kullanılan ek ürünlerdir.

Uygulamada, yuvarlamalardan kaynaklanacak hataları önlemek için gerekli kodu belirtmek tercih edilmektedir. Kurşun levhalar BS EN 12588 standartlarına uygun olarak yapılmaktadır. Kalınlığında $\% \pm 5$ tolerans gösterilebilmektedir (*BRI, 2000*).

Beton ve beton bloklar; genelde zırhlama malzemesi olarak yüksek yoğunluklu bürüt beton şeklinde kullanılmalıdır⁶. Katı beton bloklar uygun vibrasyon sağlanmadığı sürece iç boşluklara meydana gelecektir. Bu nedenle uygulanırken çok dikkatli olunmalıdır. Zırhlamada hafif beton bloklar (2200 kg/m^3) kullanılıyorsa, beton kalınlığı buna göre ölçeklendirilmelidir. Beton blokların yüzeylerine radyasyon korumasını güçlendirmek için ek malzemeler (*baritli hazır sıva, borla güçlendirilmiş plakalar*) uygulanabilmektedir. Yaklaşık olarak 10 (on) cm betona eşdeğerdir. Normal betona göre 30 kat daha mukavemetli fakat çok maliyetli olduğundan tercih edilmemektedir.

Boşluklu beton bloklar, düşük enerjili veya düşük dozlu uygulamalar (Mamografi, dış radyolojisi) dışında, genellikle radyasyon korumasına uygun değildir. Diğer zırhlama ürünleriyle birlikte kullanıldığında uygulanması mümkündür.

⁶ (2350 kg/m^3), (3500 kg/m^3)

Baritli hazır sıva; barit⁷ agregalarını⁸ içeren alçı sıva olup beton bloklar yüzeyine uygulanmaktadır. X-ışınlarını emme özellikleri, baritle büyük ölçüde arttırılmıştır. Baritli hazır sıva, 2.5 cm kalınlığında yüzeye uygulanmalıdır (BİR, 2000). Bu uygulama maliyetli olup periyodlarda kurutulması gerekmektedir⁹.

İngiliz Gypsum tarafından üretilen baritli hazır sıva karışımını, %15 ile %30 arasında radyasyon yayılımında azalma gerçekleştirmiştir. Baritli hazır sıva, BT ve yüksek kVp göğüs birimleri gibi yüksek kVp¹⁰ tesislerini korumak için yetersizdir.

Tuğla; 1600 kg/m³ kadar düşük fiziksel özelliklere ve yoğunluklara sahip çok sayıda tuğla çeşidi vardır. Eğer radyasyon korumasında tuğla kullanılacaklarsa, tuğlanın koruyucu özellikleri iyice değerlendirilmelidir. Ayrıca, tuğlaların arasındaki boşlukları unutmamak önemlidir; bu boşluklar, aynı yoğunlukta bir harçla doldurulmalıdır. Tuğla genellikle kurşun alçı panel dâhil diğer koruyucu malzemeler için destek sağlar.

Alçı panel; genellikle bir karkas sistemine vida veya çivi yardımıyla monte edilen bina yapılarında kullanılan alçı esaslı bir malzemedir. Yüksek ışın enerjilerinde nispeten daha az koruma sağlar, ancak mamografide kullanılan daha düşük enerjilerde etki göstermektedir.

Kurşun cam; yüksek kurşun ve barit içermektedir. Genellikle operatörün ekranları, tavan askılı koruyucu cihazları ve röntgen odasında pencereleri izlemek için kullanılır. Radyofarmasi ve radyoloji laboratuvarlarda kullanılmaktadır. Normal camdan daha yumuşaktır ve kolayca zarar görebilir. Aynı zamanda lekelenmeye duyarlıdır ve kuru tutulmalıdır.

Kurşun akrilik; kurşun eşdeğeri kalınlığı aralığında üretilen şeffaf bir koruyucu malzemedir. Kurşun, camdan daha yumuşaktır ve sıklıkla düşük kVp ortamında (mamografi) pencereler veya ekranlar için kullanılır.

⁷ Barit, Ba, 56

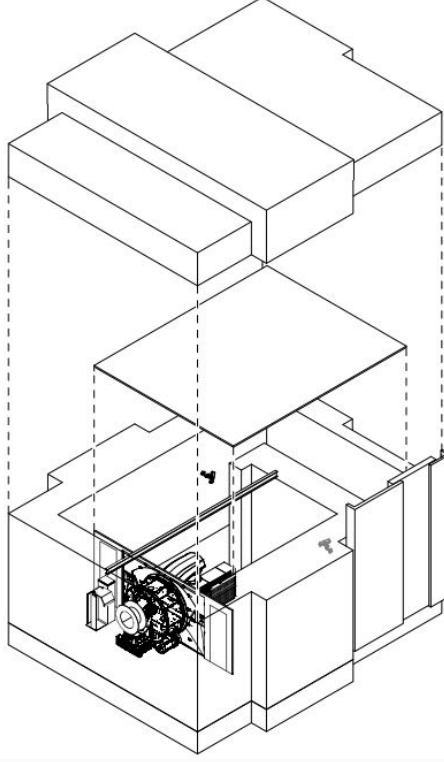
⁸ **Agrega,** çeşitli büyüklüklerde kırılmış veya kırılmamış, yapay veya her iki cins yoğun mineral malzemelere denilmektedir.

⁹ Bir kat sıva uygulamasından sonra 24 ile 48 saat arası bekletildikten sonra ikinci kat sıva uygulaması yapılmalıdır.

¹⁰ Kilovolt doruğu, (Kilovolts peak) X-ışını tüpünün ulaştığı maximum doruk noktası anlamına gelmektedir.

3.2. Radyasyon Koruması

Doğrusal hızlandırıcının çevresinde radyasyon tehlikesi mevcut olduğundan, doğrusal hızlandırıcı radyasyon emisyonuna karşı korumalı bir odada bulunması ve kullanılması gerekmektedir.



Şekil 3.1 Örnek Zırhlanmış Doğrusal Hızlandırıcı Odası İzometri Görünüşü (Ölçeksiz)

3.2.1. Radyasyon Korumasında Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- Radyoloji laboratuvarların pencereleri ve pervazları dâhil olmak üzere zırhlanma yapılmalıdır.
- Radyoloji laboratuvarında açıkta bulunan çiviler, borular, elektrik tesisatı, kapı kenarları, kapı kilitleri zırhlamayı etkilememesi gerekmektedir. Gerekirse bu alanlara radyasyon koruması yapılmalıdır.
- Tedavi ünitesi giriş kapısının türü, kalınlığı şaşırtma koridorunun¹¹ uzunluğuna ve doğrusal hızlandırıcının enerji seviyesine bağlıdır. (Plan 3.1)
- Yüksek enerjili doğrusal hızlandırıcıların bulunduğu oda kapıları, radyasyona karşı dayanıklı olmalı ve kurşun plakalarla güçlendirilmelidir.

¹¹Şaşırtma koridoru, tipik olarak tek bir giriş noktası ile tasarlanmaktadır. Tedavi odasından istenmeden dağılan ışınların oda dışına çıkmasını engellemek için yapılmaktadır.

- Kapılar interlock sistemi¹² içermelidir. Tedavi sırasında kapı açılırsa ışın otomatik olarak kesilmelidir. Girişler tedavi süresi boyunca kapalı kalmalı, ışık ve işaretlerle uyarılmalıdır. Uyarı ışıkları kapı önüne konumlanmalıdır (*MDGN, 2002*). Kapı yüzeyinde radyasyon yonca sembolü gösterilmelidir.
- Radyasyona maruz kalma oranını en aza indirmek için hava kanalları oda çıkış bölümünün mümkün olduğunca en yüksek yerine yerleştirilmesi gerekmektedir.
- Hava kanalları şaşırtma koridorunu çıkış bölümlerinde yeterli açıklık bırakılarak, hava kanalları ile duvar arasında kalan boşluklar kurşun plakalarla güçlendirilmelidir.
- Hava kanalları direk olarak tedavi odasını içine girmesinden kaçınılmalıdır (*Plan 3.4*), (*Plan 3.5*). Hava kanalları çıkış yönleri, insanları hava kanalları yoluyla dışarı atılan radyasyon sızıntısından korumak üzere planlanmalıdır.
- Şaşırtma koridoru olmayan tedavi ünitelerinde hava kanalı tasarımı ve zırhlama biçimi TAEK¹³ tarafından yapılacak radyasyon ölçümler ışığı altında uygulanmalıdır.
- Yeterli radyasyon koruması sağlamak için perde betonların zayıflatılmış kısımları ve birleşim noktaları çelik ya da kurşun plakalarla güçlendirilmelidir (*Plan 3.2*), (*Plan 3.3*).
- Gerekli kalınlıklar ve yerleşimleri doğrusal hızlandırıcının radyasyon seviyesine, iş yüküne, kullanım şekline, bulunduğu alana, LINAC ile duvarlar arasındaki mesafeye ve kullanılan malzemeye göre belirlenmektedir (*Plan 3.2*), (*Plan 3.3*).

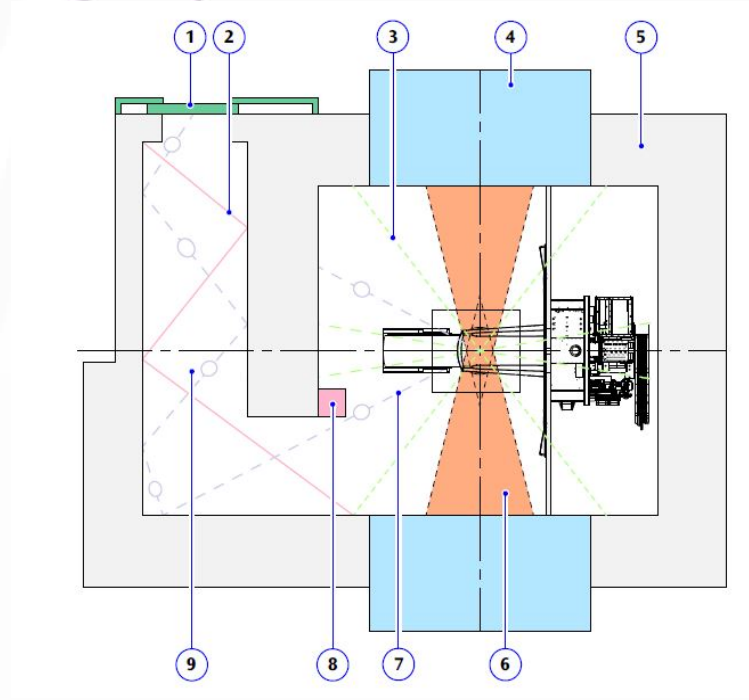
Yukarıda belirtilen hususlar radyasyon güvenliği açısından olması gereken ideal laboratuvar tasarım ve zırhlama koşullarıdır. Ancak proje üzerinde nihai karar TAEK tarafından, kendi belirledikleri mevzuat doğrultusunda ve uluslararası ölçüm standartları dâhilinde yerinde yapılacak radyasyon ölçümü sonucuna göre karar verilmektedir.

¹² Elektronik kapı geçiş kontrol sistemidir.

¹³ Türkiye Atom Enerjisi Kurumu

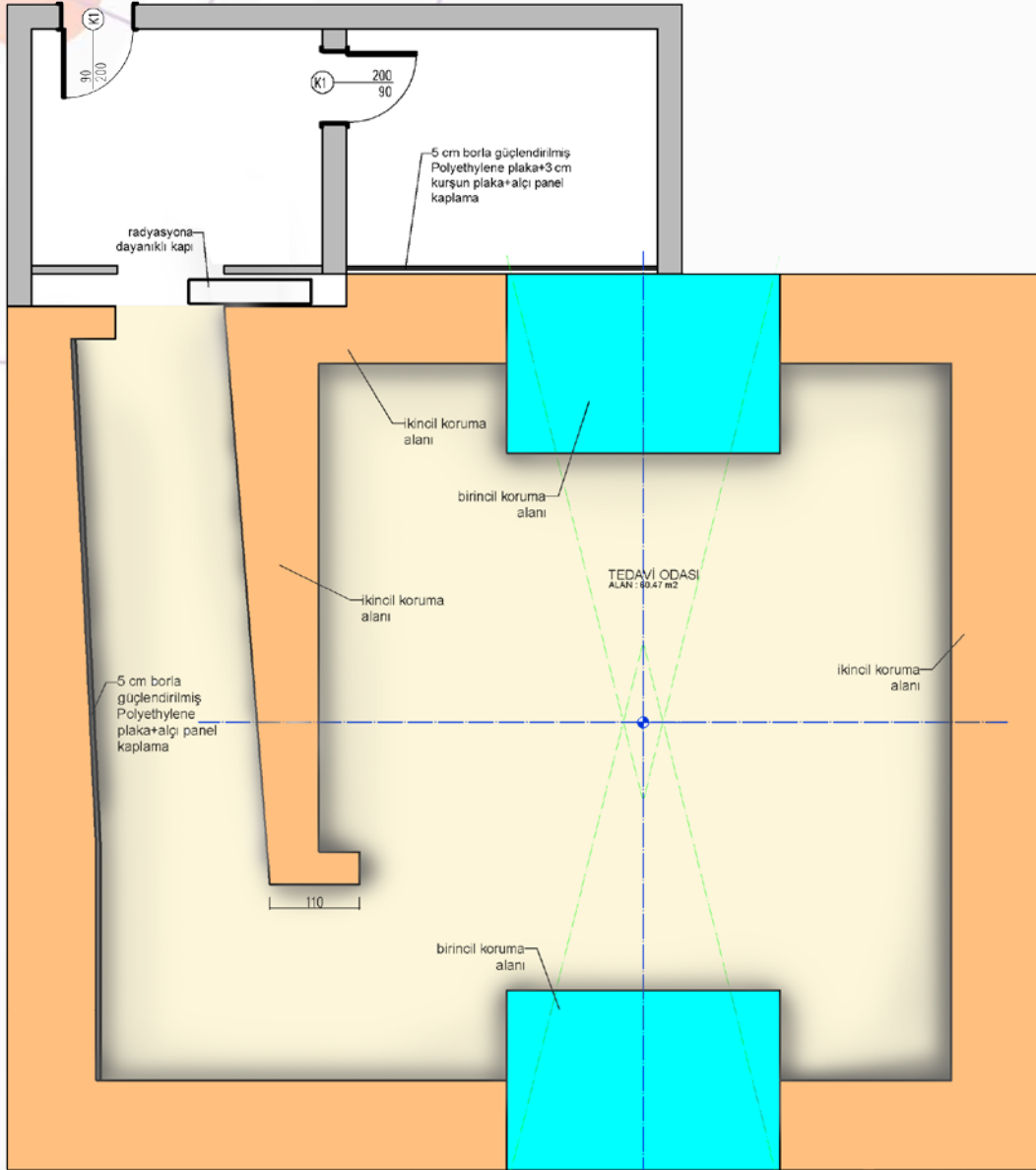
3.2.2. Tipik Tedavi Odası Radyasyon Koruması

Tedavi odası radyasyon korumasında dikkat edilmesi gereken alanların şematik bir örneği Plan 3.1’de görülmektedir.



Plan 3.1 Radyasyon Korumasında Dikkat Edilmesi Gereken Alanlar (Ölçeksiz)

- | | | | |
|---|-------------------------|---|--------------------------|
| 1 | Kapı | 6 | Birincil radyasyon alanı |
| 2 | Dağılmış radyasyon | 7 | Nötron parçacıkları |
| 3 | Radyasyon sızıntısı | 8 | Beton köşe |
| 4 | Birincil koruma bölgesi | 9 | Şaşırtma Koridoru |
| 5 | İkincil koruma bölgesi | | |



Plan 3.2Varian, Siemens Marka Tedavi Ünitesi Zırhlama Özellikleri (Ölçeksiz)

3.3. Havalandırma Tesisatı Ve Özellikleri

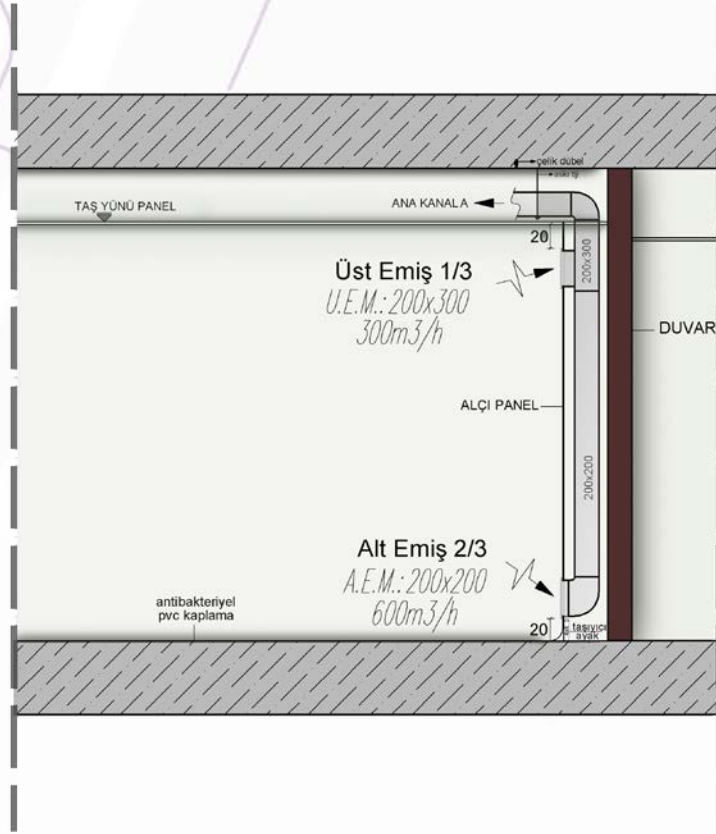
Doğrusal Hızlandırıcı tedavi ünitesini havalandırılması mekanik olarak, merkezi havalandırma sisteminden ayrı gerçekleştirilmektedir. Ayrı bir havalandırma sistemine ihtiyaç duymasının sebebi oda içerisinde oluşan iyonize havanın ve oluşan ozonun merkezi havalandırma sistemine karışmasını engellemektir. Hava kontrol ünitesi, tedavi ünitesi içinde ki atmosferin, uygun şartlarda olması için birkaç işlevi tek başına gerçekleştirmektedir. Bunlar ısı şartlandırma, nem kontrolü ve oda içindeki oluşabilecek zehirli gazların tahliyesidir.

Tedavi ünitesinde uygun atmosferi sağlayabilmek için hava egzoz gücü, hava üfleme gücünden yüksek olmalıdır. Ayrıca tedavi odası hava sıcaklığı 21 °C ile 22 °C ($\pm 1^\circ\text{C}$) arasında olup, nem oranı %30 ile %70 arasında olması gerekmektedir. Yapılacak havalandırma hesapları tüm bu kriterler doğrultusunda yapılmalıdır.

Tedavi ünitesi havalandırma hesabı, oda zemin alanının, betonarme tavan yüksekliği ile çarpımı sonucu çıkacak oda hacminin bir saate değişecek hava miktarı ile çarpılması sonucunda elde edilen değer olacaktır. LINAC tedavi odasında ki hava değişim oranı saatte minimum 10 kez olmalıdır

Doğrusal hızlandırıcı tedavi ünitesi havalandırma sistemi menfezler, kanallar aracılığı ile yapılmaktadır. Tedavi odasında iyonlaşan havanın tahliye edilmesinden dolayı egzoz menfezlerinin bir kısmı zemine kadar indirilmelidir (*Kesit 3.1*). Odalar içerisinde bulunan hava kanallar galvanizli çelik sacdan, kanalların iç kısımları ise düz, pürüzsüz ve birleşim yerleri net sızdırmaz biçimde olmalıdır. Kanalların binaya montaj noktaları her türlü çalışma koşullarında titreşimi önleyecek vaziyette tesis edilmelidir. Hava kanalı menfez veya plenum kutuları¹⁴ bağlantılarında kullanılacak, esnek kanallar orta basınçlı havalandırma sistemlerine uygun, yüksek sıcaklıklarda veya yangın anında herhangi bir gaz emisyon çıkarmayacak şekilde olmalıdır. Hava kanalları Türk Standartlar Enstitüsü (*TSE*) veya idarece kabul edilecek uluslararası bir standarda uygun olarak hava kanallarının asbest ihtiva etmeyen TSE veya idarece kabul edilecek uluslararası bir standarda ait test sertifikalı malzeme ile kanal içinde veya dışında oluşabilecek yangına karşı en az 120 dakika mukavemet edecek şekilde kaplanmalıdır. Hava kanallarının akustik yalıtımı bu iş için özel geliştirilmiş minimum 20 mm kalınlığında açık hücreli polyester – polietilen köpüğü malzemenin kanal iç cidarına NFPA 90A' ya uygun yanıcı madde ihtiva etmeyen, yapıştırıcı ile yapıştırılması sureti ile yapılacaktır.

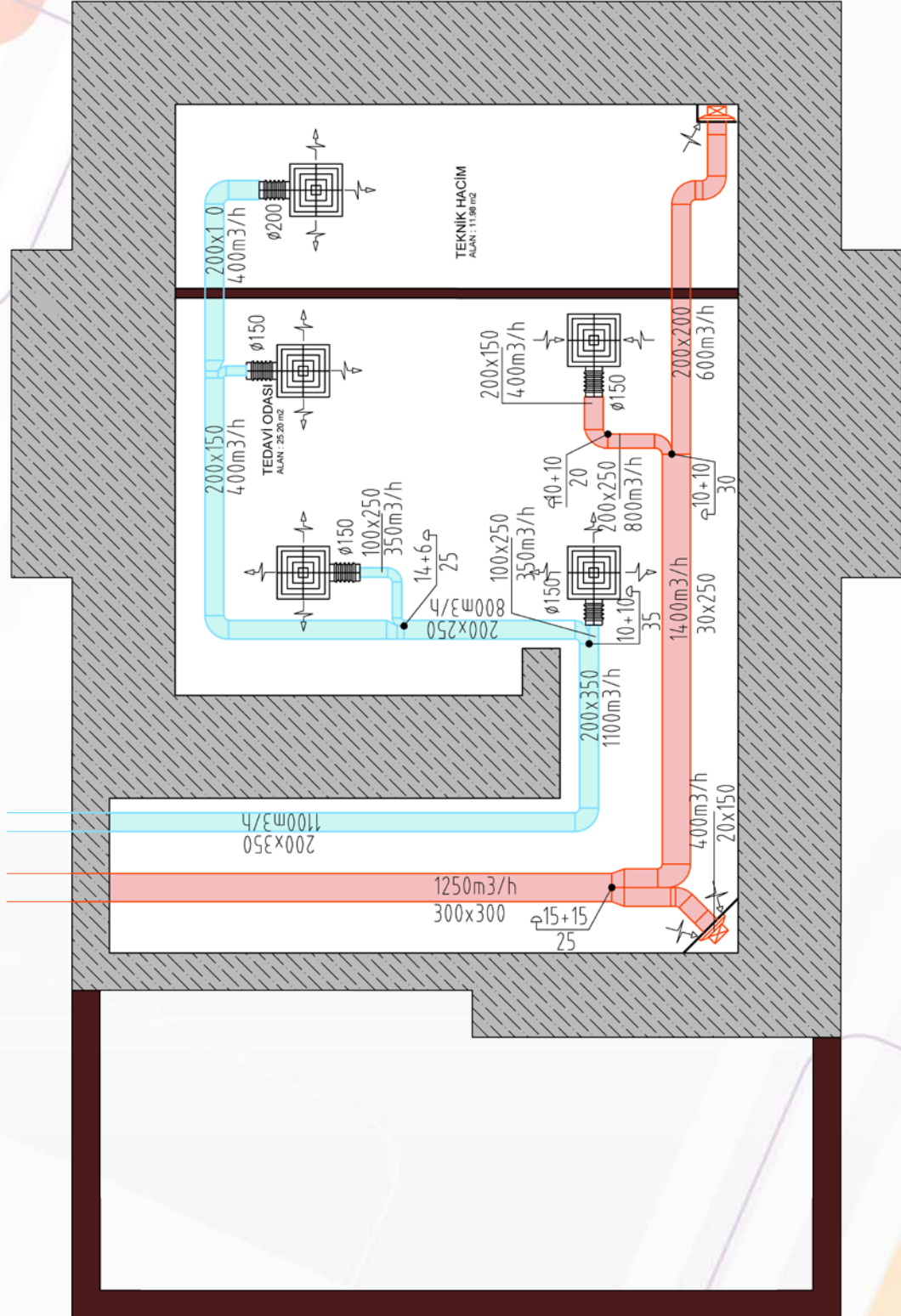
¹⁴ Havalandırma sistemlerinde havanın, difüzör veya menfezlerle homojen yönlendirilmesi için kullanılmaktadır. Genellikle asma tavan uygulamalarında kullanılmaktadır.



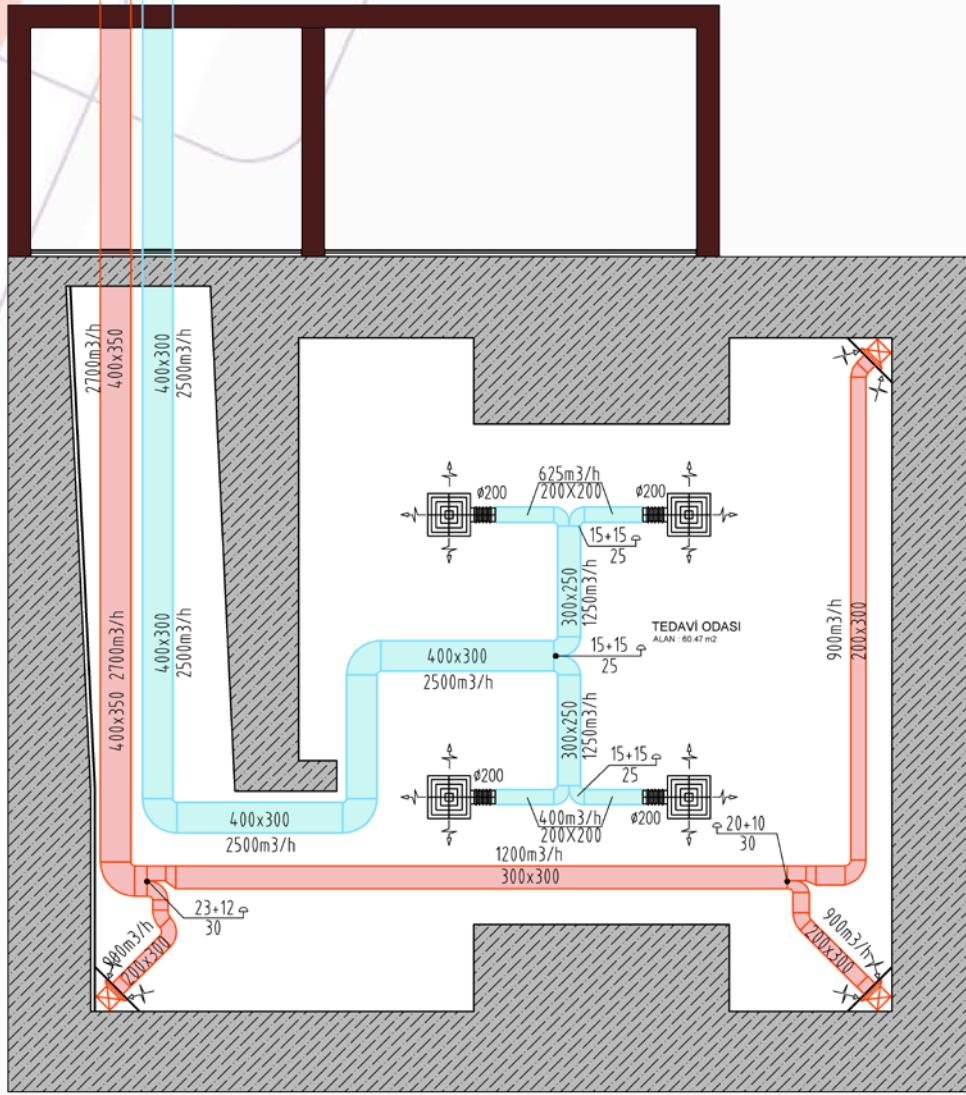
Kesit 3.1 Emiş Menfezi Yan Görünüşü Detayı (Ölçeksiz)

Radyasyon sızıntısını en aza indirmek için hava kanallarını tedavi odası içerisinden tahliyesi şaşırtma koridorunun sonundan gerçekleşmesi gerekmektedir. Hava kanallarını oda şaşırtma koridorunun tahliye noktası radyasyon sızıntısına karşı güçlendirilmelidir. Dışarıdan alınan temiz havayı sağlayan kanallar ile oda içindeki kirlenen havayı dışarı atan kanallar temiz ve kirli havanın karışmaması çıkışları farklı yerde olması gerekmektedir. Oda içerisine üflenecek olan hava 100 % temiz olmalıdır.

Doğrusal hızlandırıcılar belirli koşullar altında saptanabilir seviyede ozon üretmektedir. Oda içerisinde oluşan ozon seviyesinin saptanması, ozon ölçümleri "Ozonsonde Yöntemi" ile yapılmaktadır. Ozonsonde Yöntemi, yer tabanlı balonlu ölçme yöntemidir. Bu yöntemde, içerisine havadan daha hafif hidrojen gazı doldurulan balona (1200gr'lık) bağlanmış ölçüm cihazı (ozonsonde) kullanılmaktadır. Bu cihaz, yerden itibaren balonun patladığı yaklaşık 35–40 km yüksekliğe kadar, mevcut hava kütlesi içerisindeki ozon miktarını ölçerek, ozonun dikey dağılımının belirlenmesine yardımcı olmaktadır.



Plan 3.3 ELEKTA Marka Havalandırma Kanalları Planı (Ölçeksiz)



Plan 3.4 VARIAN, SIEMENS Marka Oda Tasarımı, Havalandırma Kanalları Planı (Ölçeksiz)

Bu yöntemin esasını oluşturan Ozonsonde Cihazı, Elektrokimyasal Konsantrasyon Hücreli (ECC) olup, atmosferdeki ozonun dikey dağılımını tespit etmek amacıyla NOAA Laboratuvarları'nda¹⁵ basit şekilde tasarlanmış, hafif ve balonla birlikte kullanılabilme özelliğine sahiptir.

Bu cihaz, içerisinde platin elektrot bulunan ve birbirine iyon köprüsü ile bağlı katot ve anot hücrelerinden oluşmaktadır. Bu hücreler, tetrafluoroethylene (Teflon TFE)'den yapılmış olup, içerisine ozona duyarlı %1'lik Potasyum İyodid (KI) çözeltisi konulmaktadır. Bu çözelti, havanın içerisindeki ozonla etkileşerek redoks tepkimesi¹⁶

¹⁵ (Komhry, 1964, 1969; Komhry and Harris, 1971)

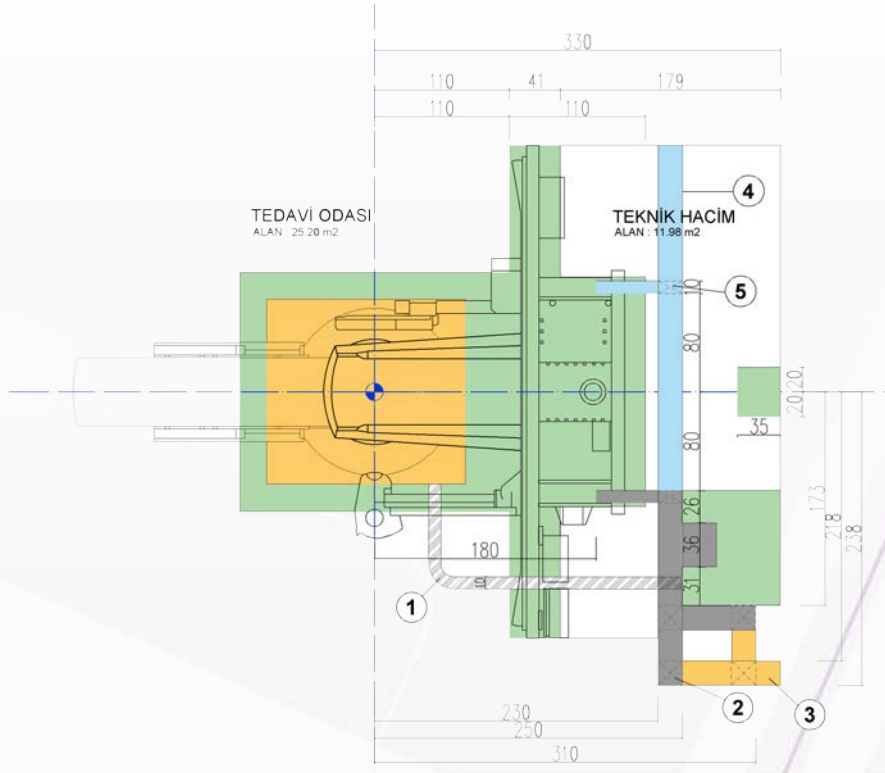
¹⁶ Elektron alış-verişinin olduğu kimyasal tepkimeleri belirtmek için kullanılır.

oluşturmakta ve tepkime sunucunda bir akım değeri elde edilmektedir. Akım değeri ile birlikte bazı meteorolojik parametreler (*hava sıcaklığı, basınç ve kutu içi sıcaklığı vb. gibi*) de kullanılarak hava içerisindeki ozon miktarı hesaplanmaktadır.

3.4. Elektrik Tesisatı Ve Özellikleri

3.4.1. ELEKTA Markası İçin Gerekli Elektrik Tesisatı

Doğrusal hızlandırıcı, tedavi masası, jeneratör ve kontrol odası arasında ki bağlantıyı kurmak için oluşturulması gereken bir kablo ağına ihtiyaç vardır. Bu kablolarında kablo kanalları¹⁷ aracılığı ile birbirlerine bağlanması gerekmektedir. Kablo kanallarının gereksinimi, kabloları çevresel faktörlerden hasar almasını engellemek ve kabloları müdahale etmek için kullanılmaktadır. ELEKTA LINAC için 10 cm çapında 2 (*iki*) adet ve 10 cm çapında 1 (*bir*) adet dozimetre kablosu için rezervasyon boşluğu bırakılmalıdır. Ana gücün geçeceği diğer kablo rezervuarı dozimetre kablolarını etkilememesi için ayrı yerden geçirilmelidir.

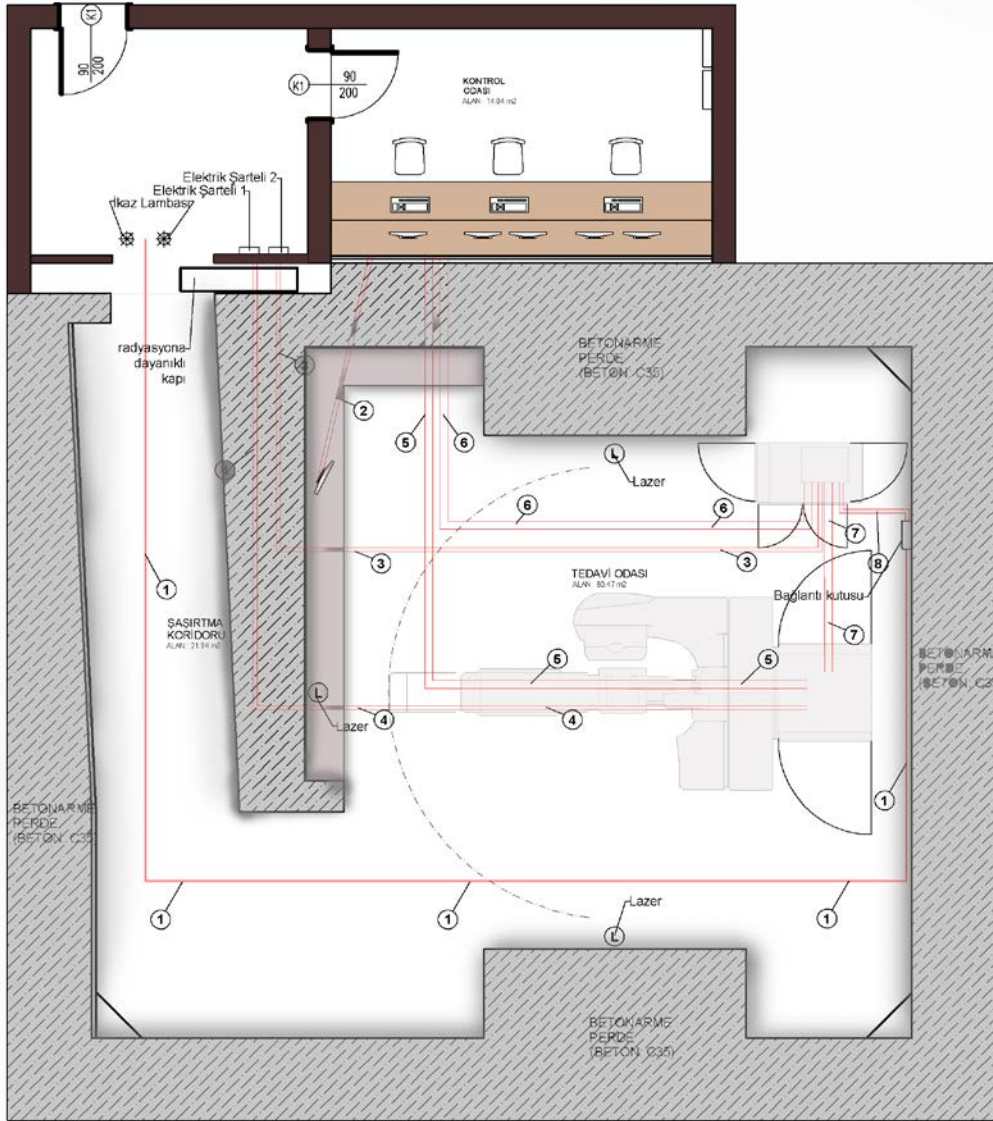


Plan 3.5 Kablo Kanalı Dizilimi (Ölçeksiz)

¹⁷ Kablo kanalları PVC ve sac olmak üzere iki çeşittir. Eğer sac olursa topraklama yapılması gerekir.

- | | |
|---|--|
| (1) EIM (Elektrik aktarım ünitesi) | (6) Portal köprüsü kanal çıkışı |
| (2) CITB (istemci arabirim ünitesi) | (7) Tedavi masası çıkışı |
| (3) RIC kanal çıkışı (Makaralı ara birim) | (8) Tedavi masası çukuru çıkışı |
| (4) RIC ana çıkışı | (9) IMKM (oda içi kontrol ünitesi) |
| (5) 16 kV jeneratör | (10) Kontrol Odası kanalı (Zemin altından) |

3.4.2. VARIAN, SIEMENS Markaları İçin Gerekli Elektrik Tesisatı



Plan 3.7 VARIAN, SIEMENS Markaları Tedavi Ünitesi Kablo Yerleşim Planı (Ölçeksiz)

- (1) İkaz lambası¹⁸ ile bağlantı kutusu arasındaki bağlantıyı sağlamak için 1,5 cm genişliğinde konumlanan kablo kanalıdır.
- (2) Tedavi odası monitörü ile kontrol odası arasında bağlantıyı kurmak için konumlanan kablo kanalıdır¹⁹. Kablo kanalı genişliği 5 cm olacaktır.
- (3) Modülatör besleme kutusu²⁰ ile ana şalter 2 arasındaki bağlantıyı sağlamak amacıyla konumlanmış 5 cm genişliğinde kablo kanalıdır.
- (4) Ana portal toplama kutusu²¹ ile ana şalter 1 arasında bağlantı sağlamak için 5 cm genişliğinde konumlanan kablo kanalıdır.

3.5. Pis Su Tesisatı Özellikleri

Lavabo bölümünde, LINAC devre için su soğutma suyunun doldurulması için bir hortum musluğuna ve hortuma ihtiyaç vardır. Zeminde olası su sızıntılarına karşın yer süzgeci bulunmamalıdır. Su ve pis su tesisatlarını kesinlikle doğrusal hızlandırıcı tesisatları üzerinden geçirilmemelidir.

3.6. Zemin Özellikleri

3.6.1. Zemin Kaplama Özellikleri

Birçok bilgisayar parçalarında olduğu gibi, doğrusal hızlandırıcı parçaları da statik elektriğe karşı duyarlıdır. Odadaki veya kontrol ekipmanı alanındaki ekipmana bitişik olan yer döşeme malzemesi, ölçümler sonucunda,% 20 bağıl nemde 2.0 kV değerini aşmayacak şekilde olmalıdır. Kullanılacak olan zemin kaplama malzemesi statik elektriğe²² karşı duyarlı olmasına karşın, makinaların hareket kabiliyetini sınırlamaktadır. Zemin kaplaması seçilirken dikkat edilmesi gereken bir başka hususta, hastaların referans noktaları işaretlenirken zemine dökülen boyaların zemin üzerinde oluşturduğu lekelerdir. Bu yüzden zemine leke tutmayan malzemelerin kullanılması önerilmektedir. Bunun içinde zemin kaplamasında karo

¹⁸ İkaz lambası, tedavi ünitesi kapısının üzerinde bulunması zorunlu olan, tedavi işlemi aktif olduğu zaman yanması gereken bir lambadır.

¹⁹ Kablo kanalları pvc ve sac olmak üzere iki çeşittir. Eğer sac olursa topraklama yapılması gerekir.

²⁰ Modülatörün alt kısmında bulunan ve modülatörün diğer ünitelerle bağlantısını kuran 45x60x25 cm kutudur.

²¹ Ana portalın altında bulunan ve portalın diğer ünitelerle bağlatışını sağlayan kutudur.

²² **Statik Elektrik**, tabiatta birbirinden farklı veya aynı, iletken veya yalıtkan iki maddenin temas etmesi ve sonra ayrılması veya sürtünme işlemi sonucunda, bu iki cisim arasında pozitif ve negatif elektronların serbest bırakılması ve işaretlerinin değişmesi ile kendiliğinden oluşur.

Zemin çukuruna yerleştirilecek tüm malzemelerden sonra zemin malzemesinin döşenmesi zemin kaplamasının zarar görmemesini sağlayacaktır.

Şekil 3.2' de doğrusal hızlandırıcının bulunduğu zemin özellikleri belirtilmiştir.

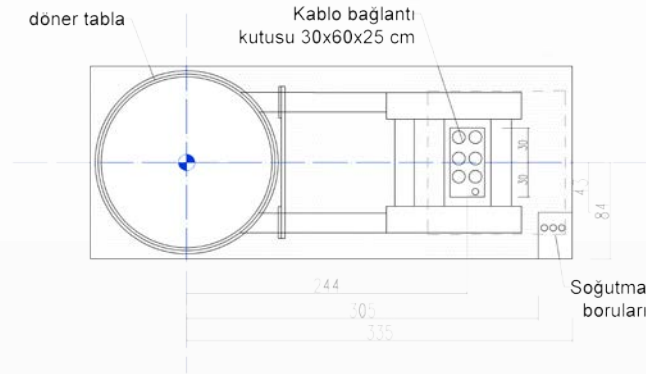


- 22

Şekil 3.2.'te görülen tedavi masasının altında dördüncü bölgede bulunan çukur zemin, homojen bir yapıda ve çelik kafes sistemi ile desteklenmelidir. Çukurun derinliği 23,5 cm olmalı ve beton kalınlığı minimum 22 cm olmalıdır. Çukurun zemini, kesinlikle herhangi bir zemin kaplama malzemesiyle kaplanmamalıdır. Masa çukuru ve gantry bölümü zemin betonları mono blok şekilde dökülmelidir. Aynı zamanda çukur tozdan ve sudan arındırılmalıdır. Çukurun içine kesinlikle şap²³ atılmamalıdır.

3.6.3. VARIAN Markası İçin Gerekli Zemin Özellikleri

Montaj çukuru, ana portal ile tedavi masası arasındaki bağlantının kurulması ve ünitenin yerleşmesi için gerekli çukurdur.



Şekil 3.3 Montaj Çukuru (Ölçeksiz)

Şekil 3.3'te görüldüğü gibi montaj çukurunda döner çelik tabla²⁴, kablo bağlantı kutusu²⁵ ve soğutma boruları²⁶ bulunmaktadır.

Plan 3.9'da tedavi odasında, doğrusal hızlandırıcının konumlanacağı alanın zemin özellikleri belirtilmiştir. Zemin, Kesit 3.1'de görüldüğü gibi zemin 33 cm düşük döşeme yapılmalıdır.

Çukurun konumlanacağı alan, Plan 3.9'da görüldüğü gibi merkez noktasında makinanın arkasında ki duvara olan uzaklığı 335.3 cm, makinanın merkez

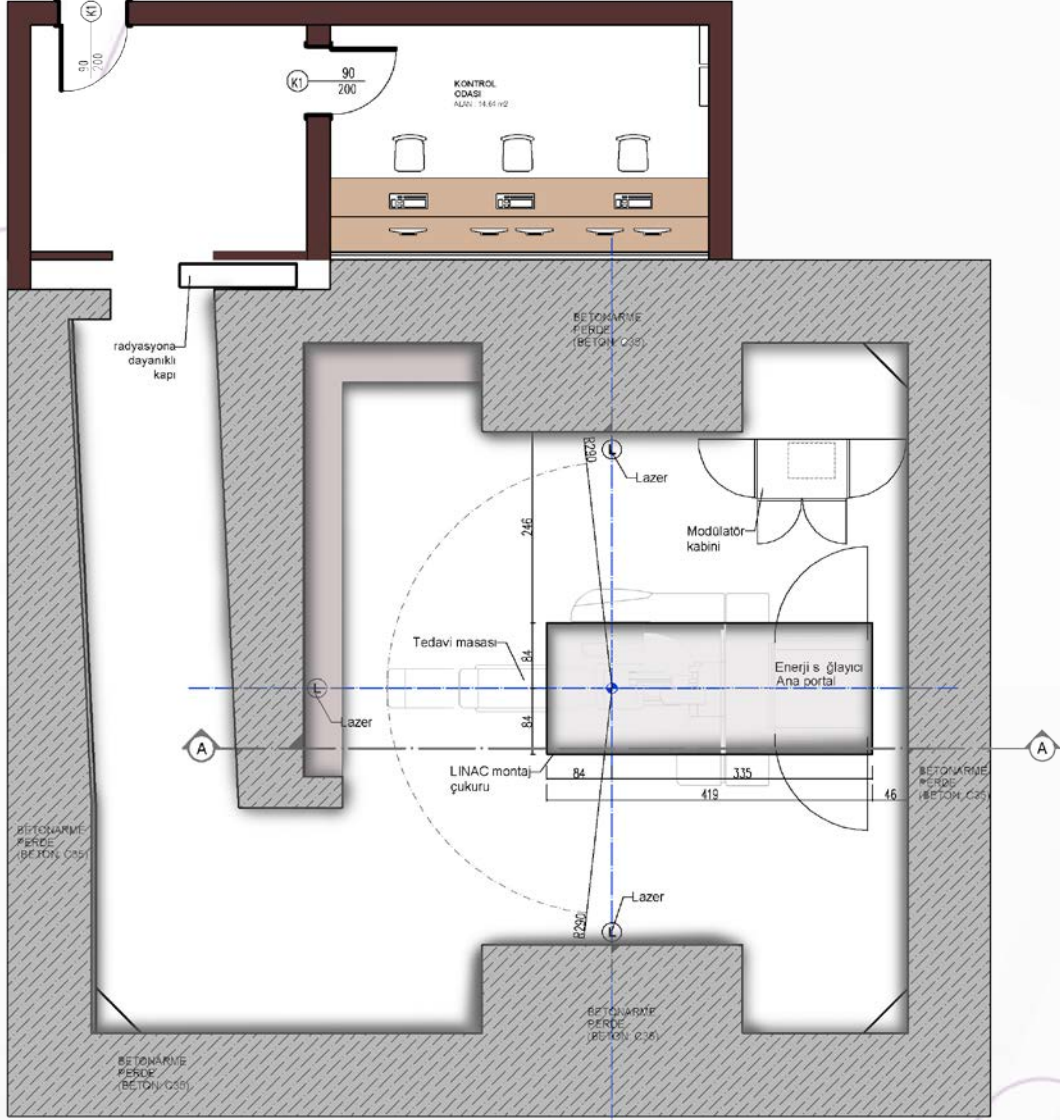
²³Şap, yerine dökülmüş tesviye betonu üzerine zeminin izolasyonu, görsel güzelliği ve özel kullanım amacı için dökülen yer kaplama malzemesidir.

²⁴Tedavi masasının ekseninde hareket edebilmesini sağlamak amacıyla konumlanan plakadır.

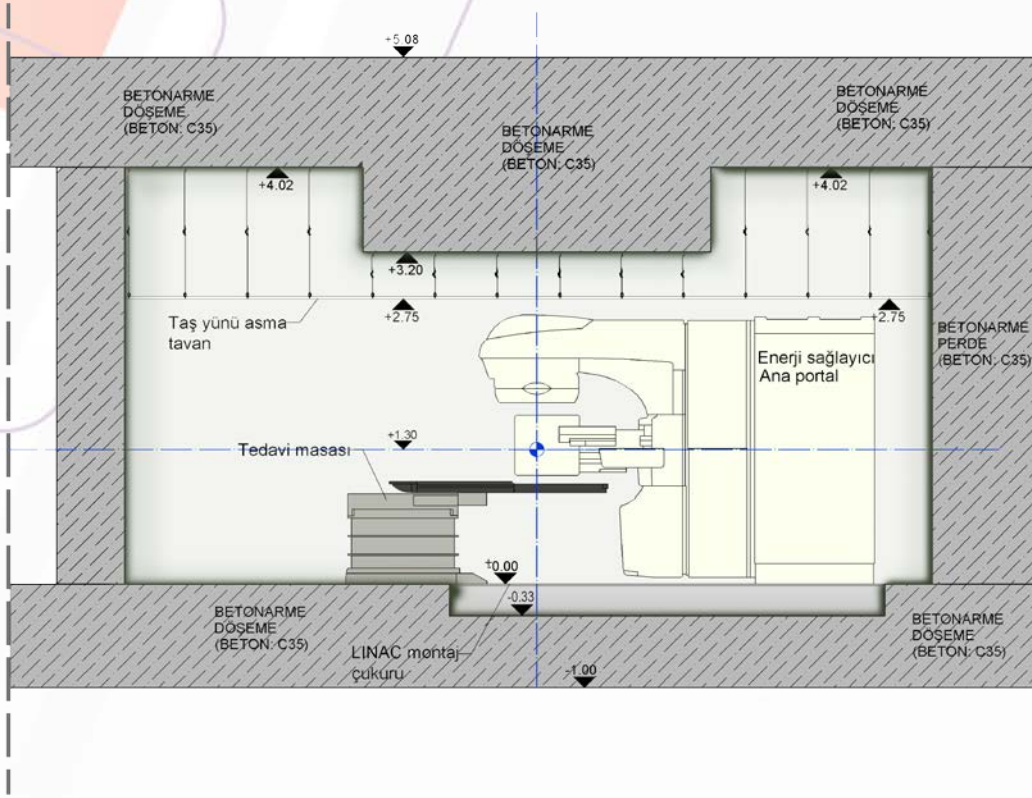
²⁵Ana portalın bağlantı kablolarını toplamak amacıyla konumlanan 30x60x25 cm ebadında bağlantı kutusudur.

²⁶Soğutma boruları, ana portalın soğutma sistemin besleyen borudur.

noktasından ön duvara olan uzaklığı 83.8 cm, merkez noktasından her iki yan duvarlara olan mesafesi 83.8 cm olacak şekilde olmalıdır.



Plan 3.8 VARIAN, SIEMENS Doğrusal Hızlandırıcı Zemin Özellikleri (Ölçeksiz)



Kesit 3.2 Doğrusal Hızlandırıcı Zemin Özellikleri A – A Kesiti (Ölçeksiz)

3.7. Yangın Tesisatı Özellikleri

Yağmurlama sistemi, tedavi masasına veya ana ünite üzerine istenmedik sebeplerle su sızdırması sonucunda yüksek maliyetli arızalara ve uzun süreli kapanmalara yol açacağından tedavi odası içerisinde kullanılması önerilmemektedir. Bu alanlara yangın sistemi olarak halokarbon veya karbondioksit sistemleri kullanılmalıdır. Tedavi odası içerisinde yangın dedektörleri bulunması gerekmektedir. Oda içi iyonizasyon tipi dedektörler bazı durumlarda yanlış alarm verdiğinden, bu dedektörler yerine ısı dedektörleri veya foto-elektrikli duman dedektörleri kullanılmalıdır.

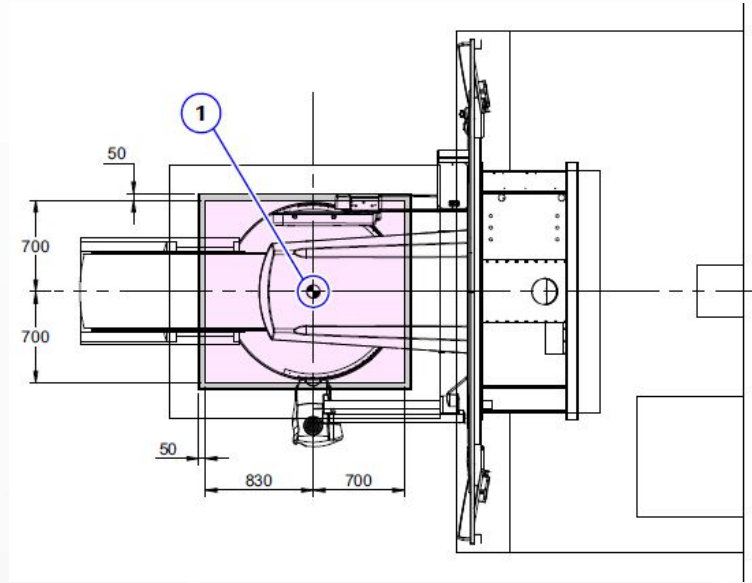
4. TİP 1 (ELEKTA LINAC Markası) Mekân Tasarımı

4. TİP 1 (ELEKTA LINAC Markası) Mekân Tasarımı

Model Tip 1, ELEKTA medikal doğrusal hızlandırıcının gereksinimlerine uygun olarak tasarlanacak mekândır.

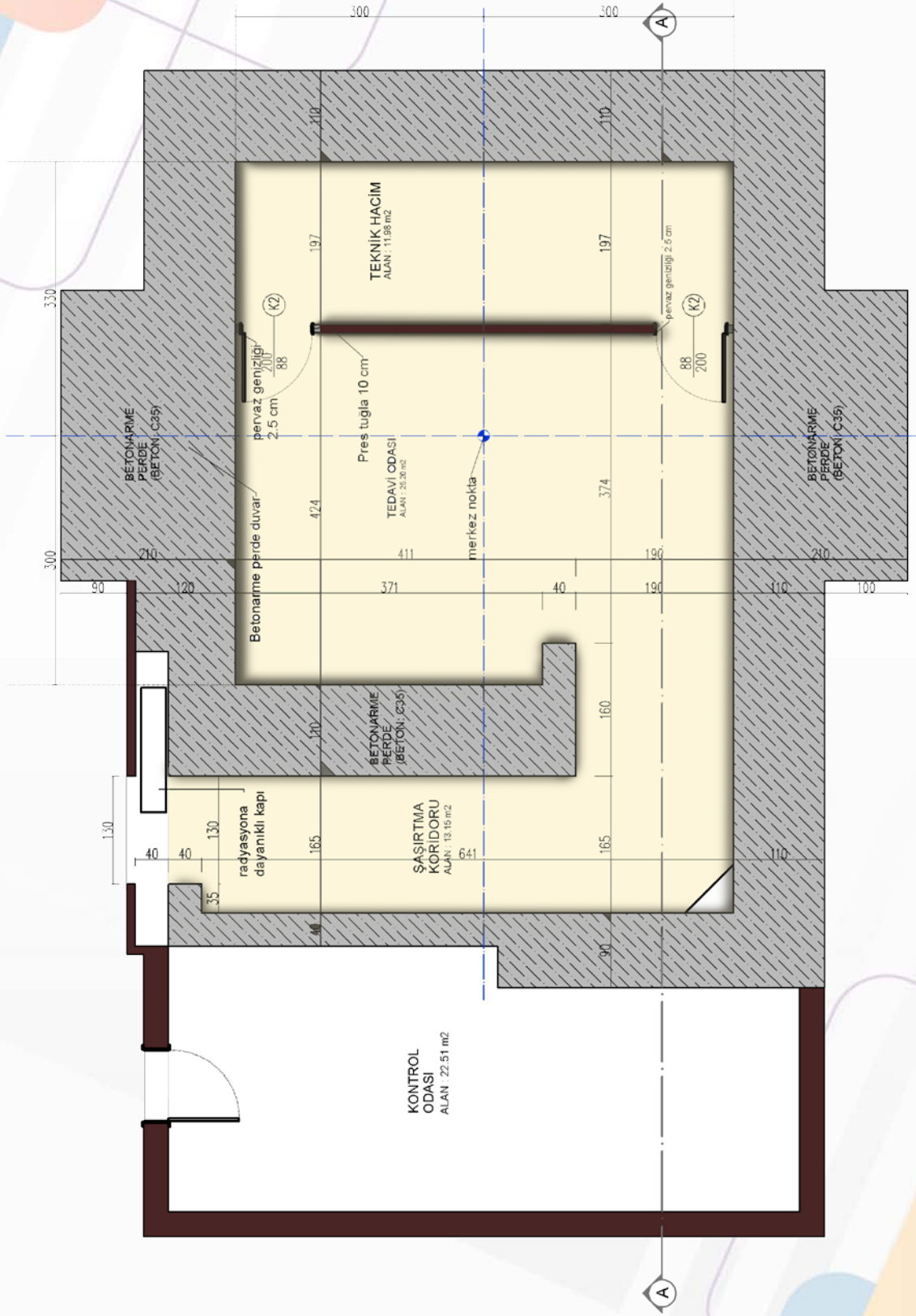
4.1. Merkez Noktanın Belirlenmesi

- Çukurun arka yüzeyinde merkeze olan uzaklık 700 mm
- Çukurun ön yüzeyinden merkeze olan uzaklık 830 mm
- Çukurun sağ ve sol yüzeylerinde orta noktaya uzaklık 700 mm

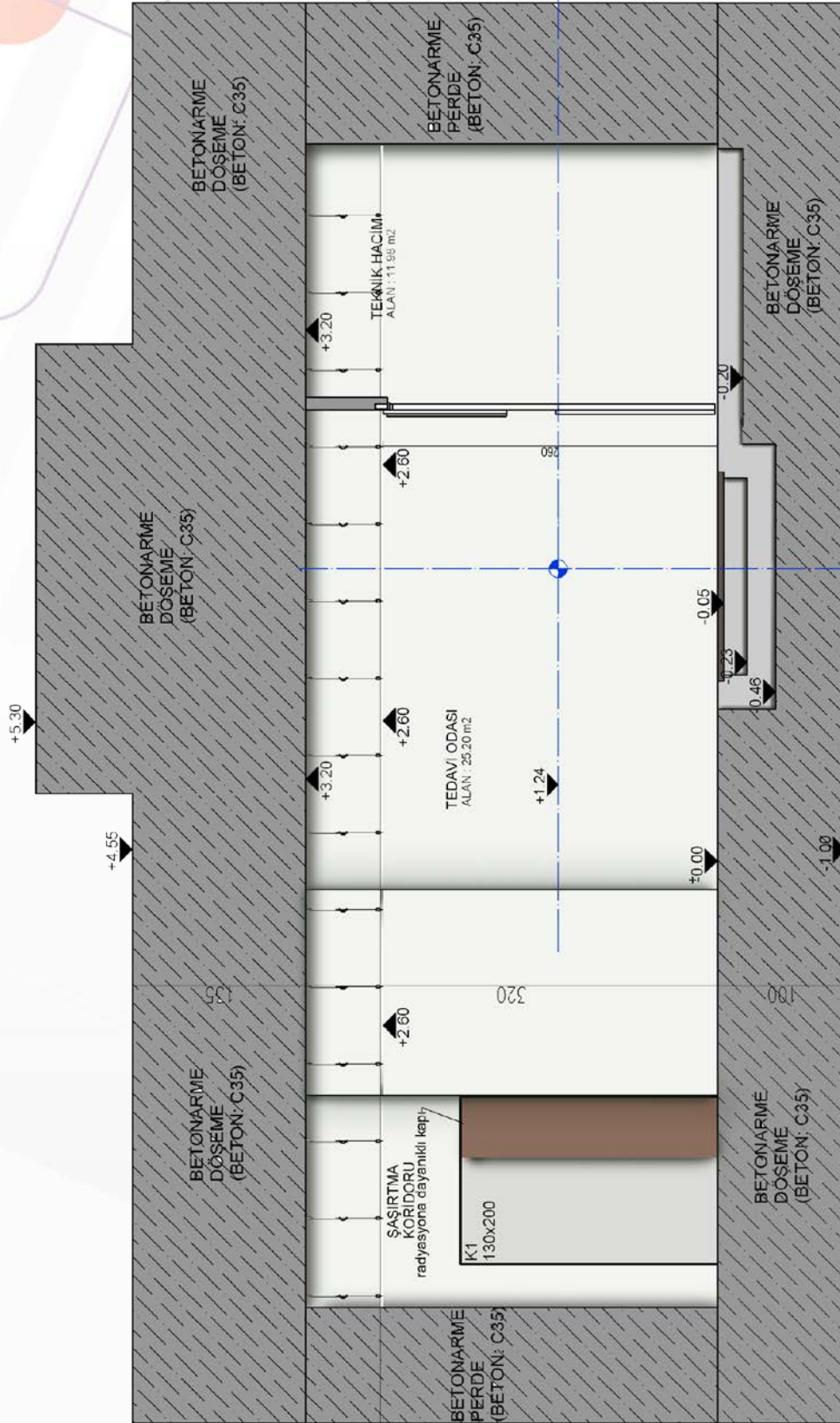


Şekil 4.1 Merkez Noktanın Konumlanması (Ölçeksiz)

4.2.Önerilen Minimum Tedavi Ünitesi Ölçüleri



Plan 4.1 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Örnek Oda Planı (Ölçeksiz)



Kesit 4.1 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Örnek Oda Kesiti (Ölçeksiz)

Plan 4.1 ve Kesit 4.1’de tedavi odasının minimum ölçüleri verilmektedir.

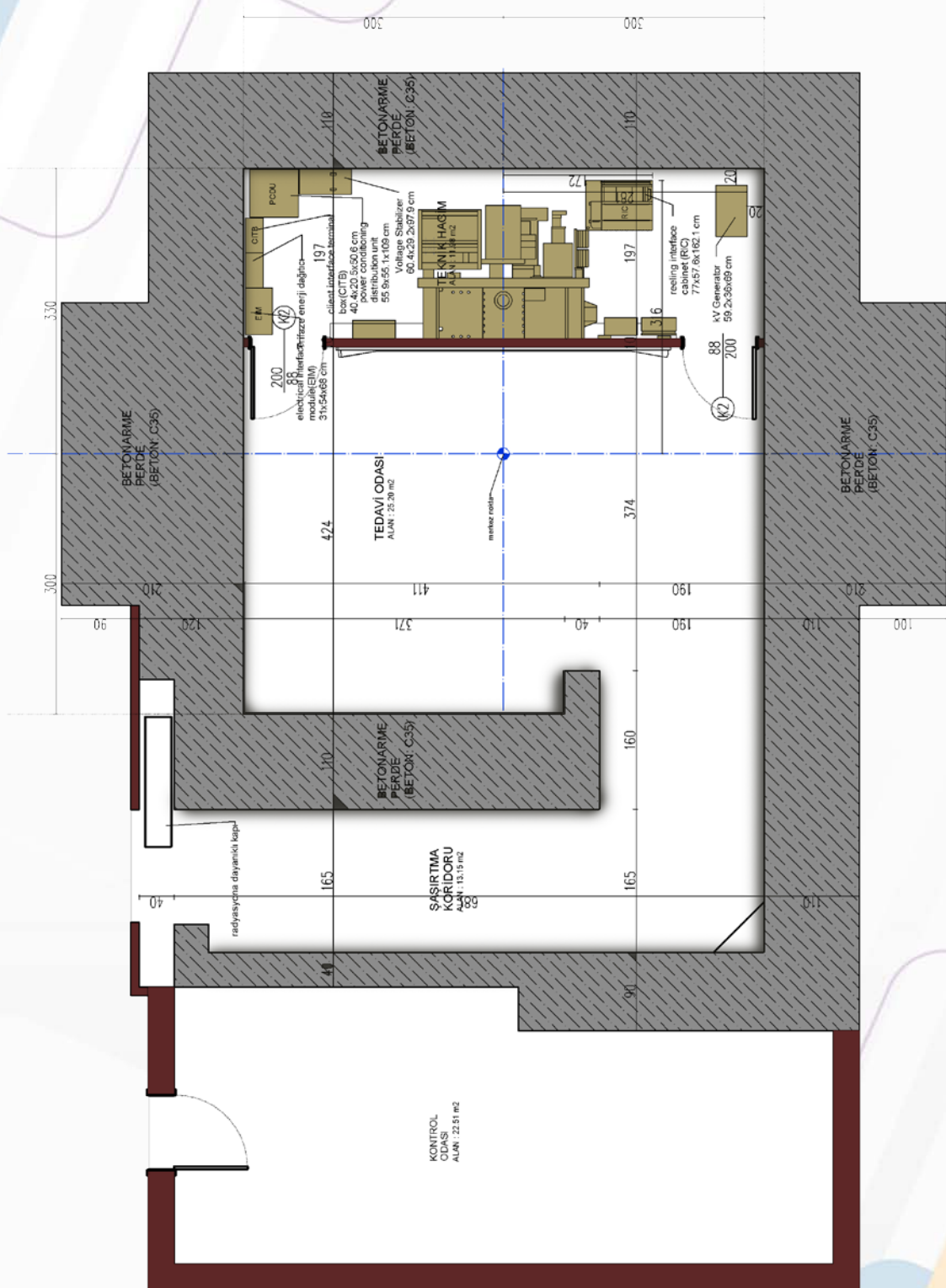
Araştırmalar sonucunda tedavi odasının gerekli asgari alan özellikleri altta belirtilen hususlar doğrultusunda şekillenmektedir;

- Tedavi odası örnekte belirtilen türde ise minimum 25 m² olmalıdır.
- Merkez noktasından sol duvar mesafesi minimum 300 cm, merkez noktasından sağ duvara mesafesi eğer teknik hacme tek kapı ile geçiliyorsa minimum 370 cm, Plan 4.1’de olduğu gibi çift kapıyla geçiliyorsa minimum 330 cm olmalıdır.
- Merkez noktasından ön (*şaşırtma koridoru duvarı*) ve arka duvara olan mesafeleri eşit şekilde olup 300 cm olmalıdır.
- Radyasyona maruz kalan birincil bölge perde duvar kalınlığı 210 cm olmalıdır (*Plan 4.1*).
- Radyasyona ikincil maruz kalan tavan döşemeleri 135 cm olmalıdır (*Kesit 4.1*).
- Zemin döşemesi kalınlığı minimum 100 cm olmalıdır (*Kesit 4.1*).
- Tedavi masası hareket aksı yarıçapı 245 cm olacak şekilde doğrusal hızlandırıcıyı konumlandırmak gerekmektedir.
- Şaşırtma koridoru minimum 13 m² olmalıdır.
- Şaşırtma koridoru minimum 165 cm genişliğinde olmalıdır. Eğer şaşırtma koridoru genişliği minimum 165 cm ise odaya giren açıklığın genişliği de minimum 200 cm olacak şekilde tasarlanmalıdır.
- Şaşırtma koridorunun kontrol odasına komşu olan duvarı uygun şartlarda zırhlanmalıdır.
- Kesit 4.1’de belirtildiği gibi minimum betonarme tavan döşemesi yüksekliği minimum 320 cm’dir.
- Yapılacak minimum asma tavan yüksekliği minimum 260 cm olmalıdır.²⁷
- Şaşırtma koridorunda bulunan (*K1*) 130 cm genişliğinde, 210 cm yüksekliğinde radyasyon korumalı, interlock²⁸ kapı olmalıdır.
- Teknik hacim kapı ölçüleri (*K2*) 88 cm genişliğinde, 210 cm yüksekliğinde olup interlock sistemi içermelidir.

²⁷ Doğrusal hızlandırıcı hareket çapı doğrultusunda belirlenmiştir.

²⁸ Elektronik kapı geçiş kontrol sistemidir.

4.3.1. Örnek Teknik Hacim Çizimi Ve Ölçüleri



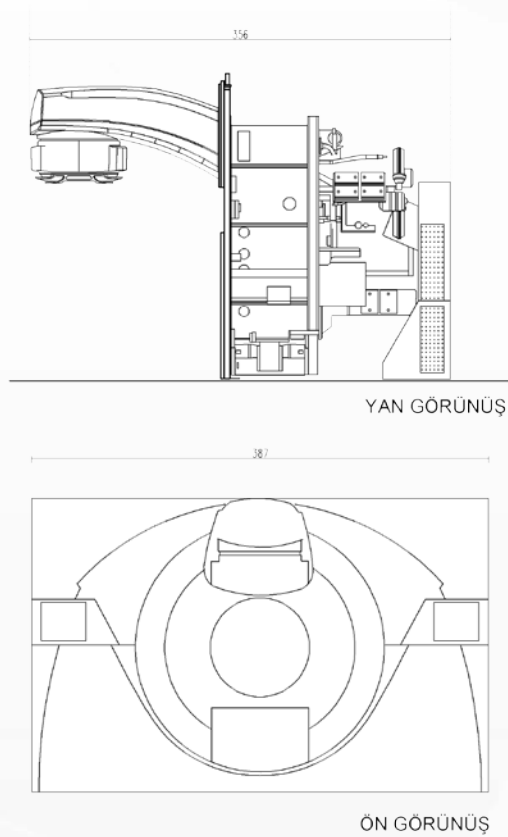
Plan 4.2 Teknik Hacim Planı (Ölçeksiz)

4.3.2. Teknik Hacimde Bulunması Gereken Üniteler

Bu bölümde, teknik hacimde bulunması gereken üniteler, bu ünitelerin özellikleri ve ölçülerinden bahsedilmektedir.

4.3.2.1. Ana Portal (Gantry Assembly)

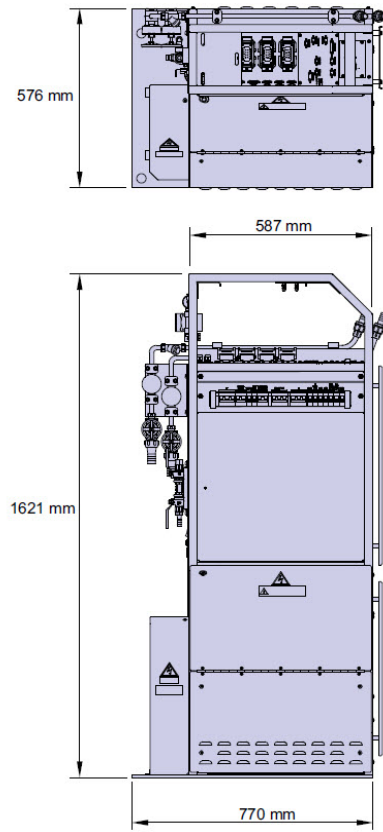
Ana portal, bir adet dönme tamburu, hızlandırıcı dalga kılavuzu ve ışın tabancasını içermektedir. Bunların bir kısmı dönme tamburuna bir kısmı da makinanın yüzeyinde bulunmaktadır. Ana portal teknik hacimde, zemine Plan 4.2'de belirtildiği yere sabitlenmektedir.



Şekil 4.2 Ana Portal (Ölçeksiz)

4.3.2.2. Makaralı Ara Birim Ünitesi (Reeling Interface Cabinet, RIC)

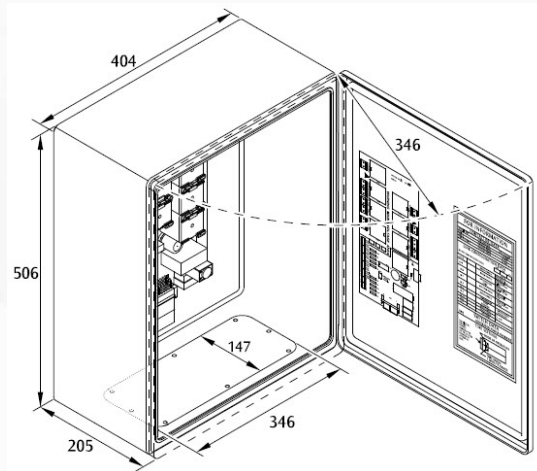
- Elektrik güç dağılımı ve devre kesici görevini görmektedir.
- Ara birim ünitesi kontrol alanı (ICCA)
- Teknik hacimde Plan 4.2'te belirtilen alana konması gerekmektedir



Şekil 4.3 Arabirim Ünitesi Ölçüleri (Ölçeksiz)

4.3.2.3. İstemci Arabirim Ünitesi (Client Interface Terminal Box, CITB)

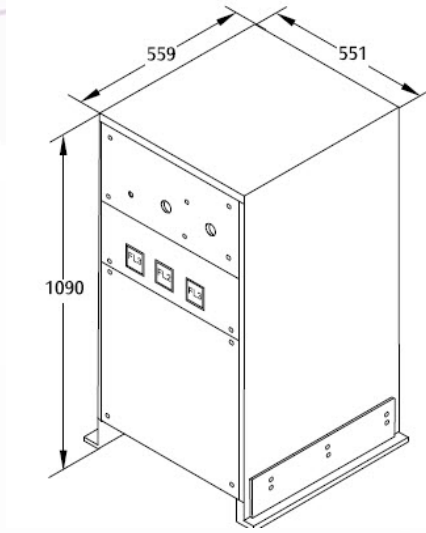
Bu ünite genellikle duvara monte edilmektedir. Teknik hacimde *Plan* 4.2’te belirtilen alana konması gerekmektedir. Kablo bağlantıları CITB’ye alttan bağlanmaktadır, bundan dolayı CITB duvara, kablo kanalının üzerine montajı yapılmalıdır.



Şekil 4.4. CITB boyutları (Ölçeksiz)

4.3.2.4. Güç Kontrolü Dağılım Ünitesi (PCDU²⁹)

PCDU genellikle şehir şebekesinde 110V kullanılan ülkelerde kullanılmaktadır.

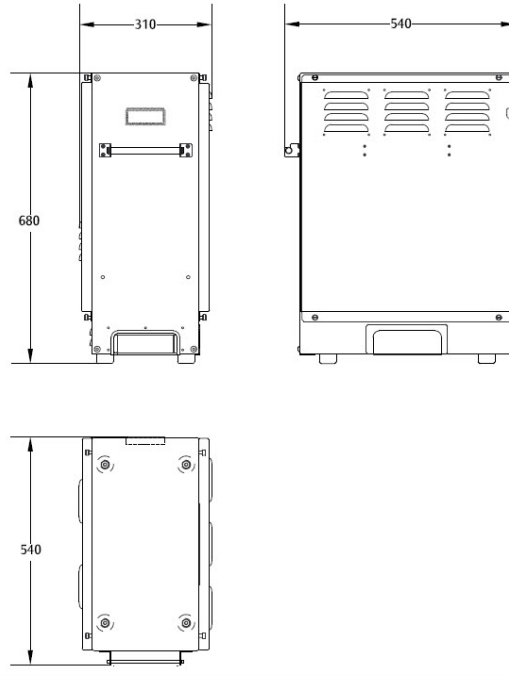


Şekil 4.5 Power Conditioning Distribution Unit (Ölçeksiz)

4.3.2.5. Elektrik Aktarım Ünitesi (Electrical Interface Module, EIM)

EIM tedavi masası ve ana makine arasındaki bağlantıyı kuran ünedir. EIM kesinlikle birincil ışın alanına ve doğrusal hızlandırıcı odasına konmamalıdır.

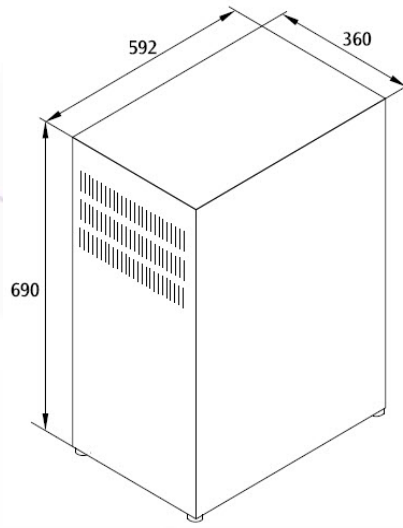
²⁹ Power Conditioning Distribution Unit



Şekil 4.6 Electric Interface Module, EIM (Ölçeksiz)

4.3.2.6. kV Generator

Jeneratör, ana portal üzerinde bulunan X-ışını tüpüne yüksek gerilimli voltajı sağlar. Jeneratör teknik hacimde bulunup X-ışını tüpüne kablolar aracılığı ile bağlanmaktadır. Ek olarak jeneratör teknik hacimde, ana portalın arkasında bulunmalıdır. Plan 3.6'da görüldüğü gibi jeneratör ve ara birim ünitesi arasında kablo kanalının girebileceği kadar yeterli bir alan bırakılmalıdır.



Şekil 4.7 kV Jeneratör (Ölçeksiz)

Jeneratör, CITB, RIC ve kontrol kabinine bağlanmaktadır. Jeneratör havalandırma açıklıklarından dolayı jeneratörün çevresinden minimum 20'er cm boşluk bırakılmalıdır.

4.4. Tedavi Odası

4.4.1. Örnek Tedavi Odası Çizimi Ve Ölçüleri

Tedavi odası minimum oda ölçüleri Bölüm 5.2.'de belirtildiği gibi olmalıdır. Bu hususta tedavi odasında bulunması gereken üniteler ve ölçüler , Plan 4.3, Kesit 4.2, Kesit 4.3, Kesit 4.4'te belirtildiği gibi olmalıdır.

Tedavi odasında bulunması gereken birimler dönme tamburu, hızlandırıcı dalga kılavuzu ve ışın tabancası³⁰ bulunmaktadır. Ayrıca bu bölümde tedavi masası, oda içi kontrol ünitesi, dolap grubu bulunmalıdır.

Dolap grubu ve oda içi kontrol ünitesinin bulunduğu tezgâhın yeri Plan 4.3'te görülmektedir. Tezgâhın yüksekliği maksimum 90 cm olmalı ve Kesit 4.2'de görüldüğü gibi dolap ve çekmece üniteleri içermelidir. Tezgâhın malzemesi akrilik³¹ olmalıdır.

³⁰ Bu birimler hakkında detaylı bilgi için bakınız: Bölüm 5.2.

³¹ **Akrilik** Tezgahlar, doğal mineraller ve akriliğin özel bir yöntem ile birleştirilerek ve döküm tekniği ile üretilen %100 akrilik esaslı bir yüzey kaplama malzemesidir.

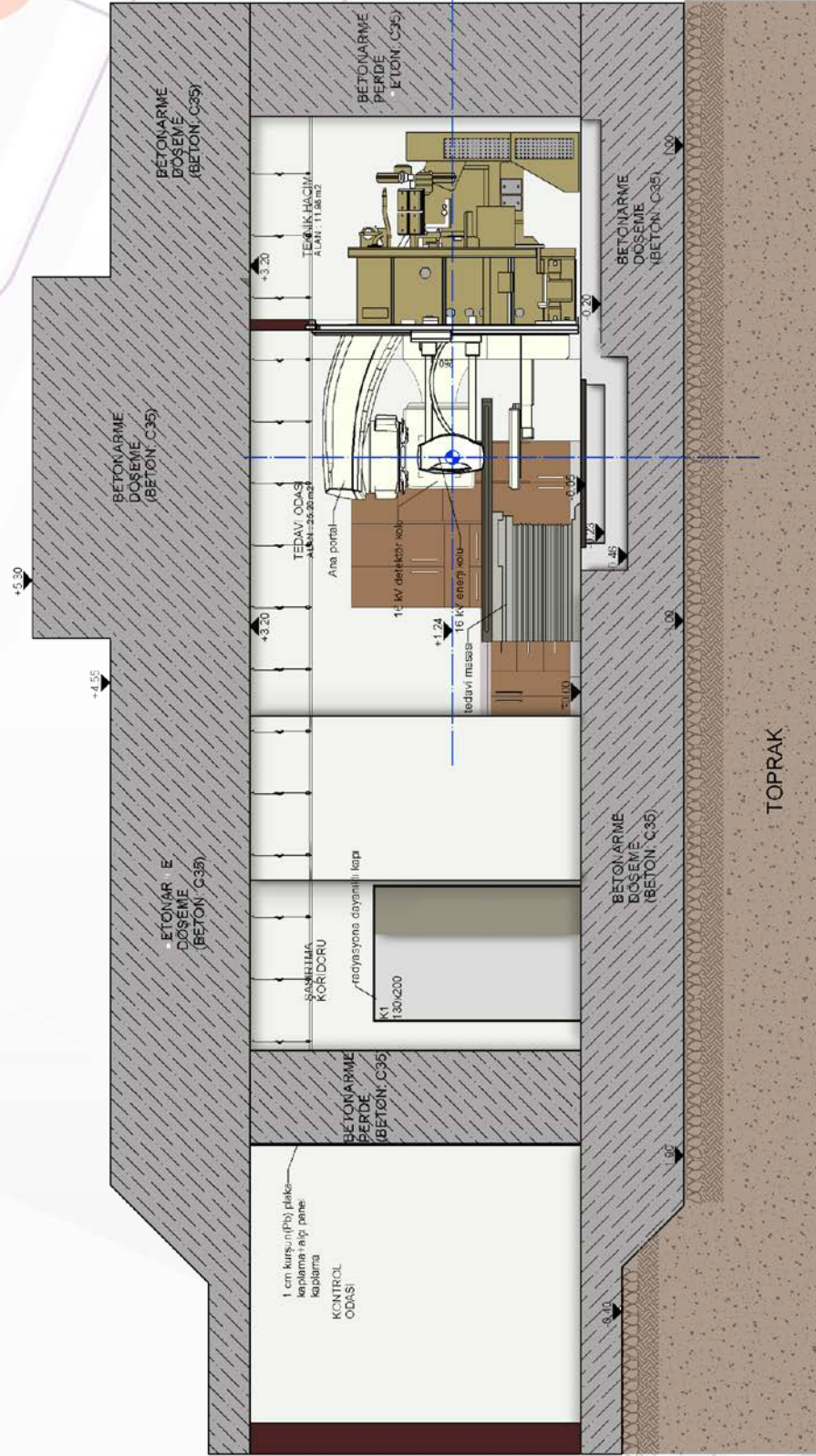


Kesit 4.2 A – A Kesiti, Dolap Grubu (Ölçeksiz)



B - B KESİTİ

Kesit 4.3 B – B Kesiti, Dolap Grubu (Ölçeksiz)

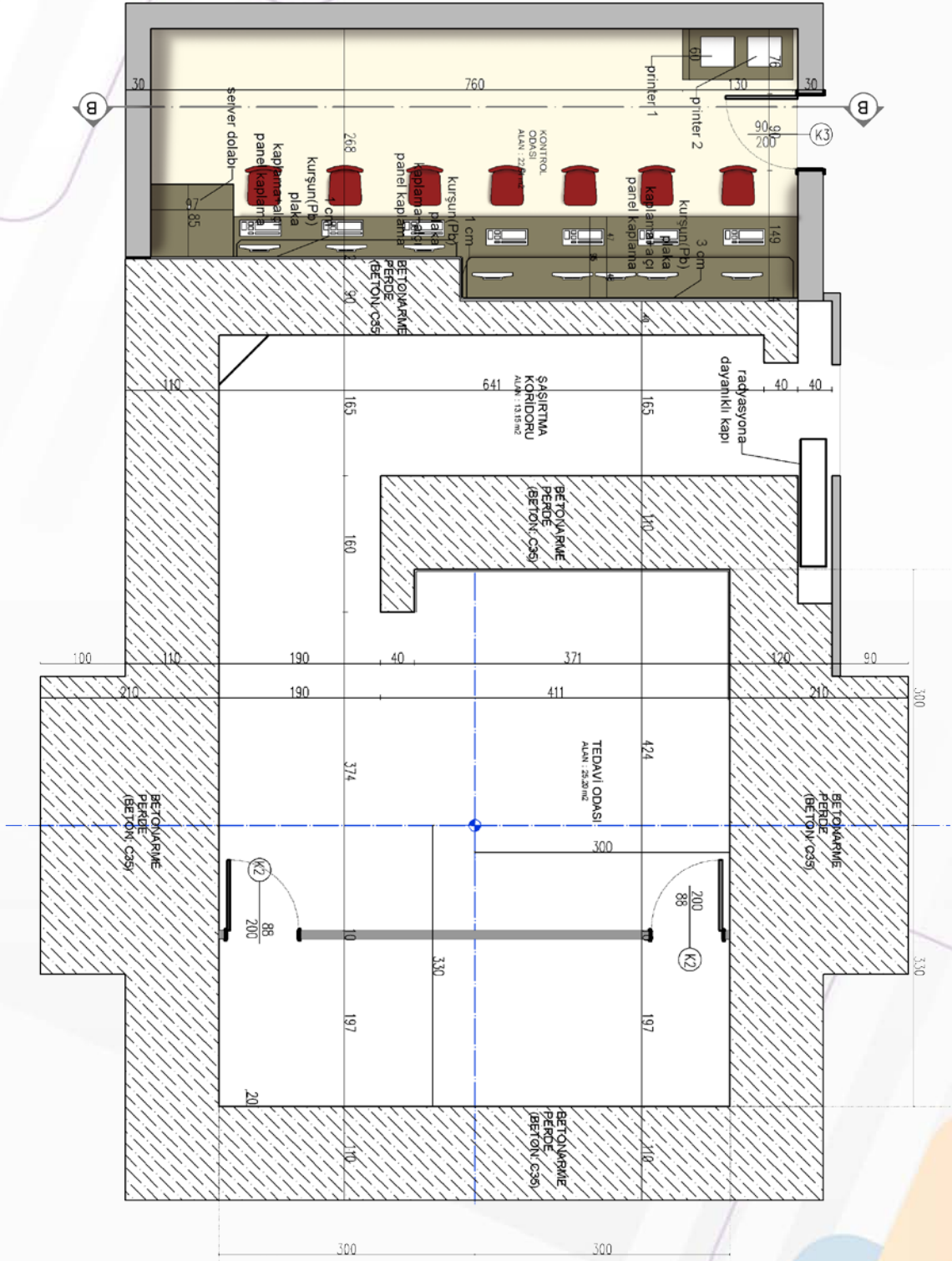


C - C KESİTİ

Kesit 4.4 C – C Kesit (Ölçeksiz)

4.5. Kontrol Odası

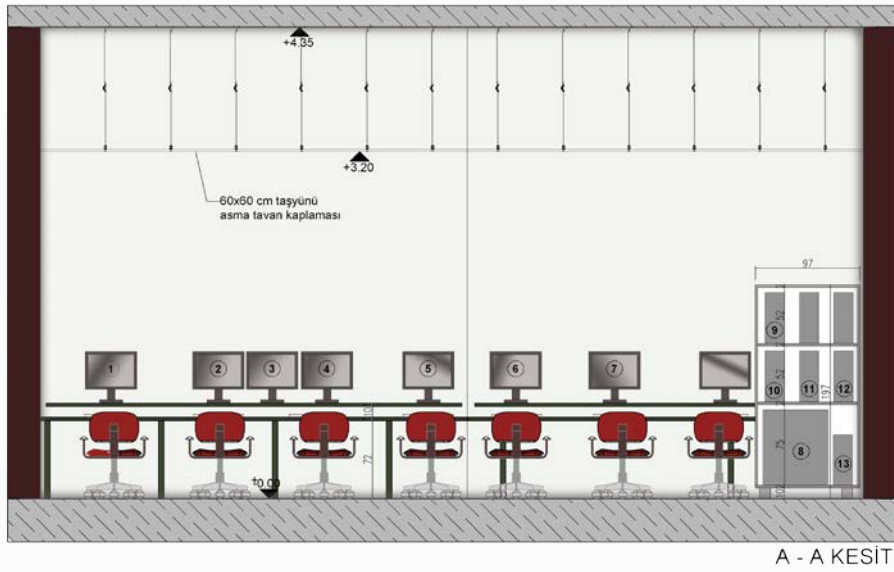
4.5.1. Örnek Kontrol Odası Çizimi Ve Ölçüleri



Plan 4.4 Kontrol Odası Planı (Ölçeksiz)

Kontrol odası, tedavi odasında gerçekleşecek tüm işlerin kontrolünün sağlanması için gerekli alandır. Kontrol odasında, kontrol masası, sunucu dolabı, yazıcı istasyonu bulunmaktadır.

Kontrol masasının yüksekliği 75 cm olacaktır. Server dolabı, ısınmaya karşı iyi şekilde havalandırılmalıdır. Server dolabının yüksekliği 197 cm, genişliği 97 cm, derinliği 85 cm olacaktır. Server dolabı üç raftan³² oluşmaktadır.



Kesit 4.5. Kontrol Odası A – A Kesiti (Ölçeksiz)

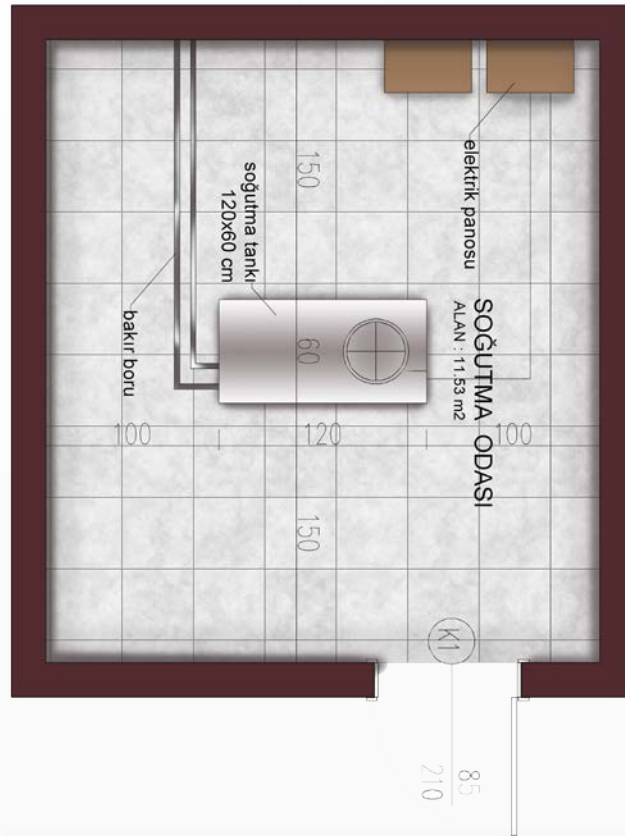
- (1) MOSAIQ®/SYNERGISTIQ™ çalışma birimi
- (2) Radyoterapi çalışma birimi
- (3) Radyoterapi çalışma birimi ikinci monitörü
- (4) iViewGT™ çalışma birimi
- (5) XVI çalışma birimi
- (6) iGUIDE çalışma birimi
- (7) Apex çalışma birimi
- (8) Integrity™ R1.x TCC
- (9) MOSAIQ®/SYNERGISTIQ™ bilgisayar
- (10) XVI kontrol paneli

³² Detaylar için bakınız: Kesit 4.5 Kontrol Odası A – A Kesiti

- (11) iGUIDE bilgisayarı
- (12) Apex bilgisayarı
- (13) iViewGT kontrol paneli

4.6. Soğutma Odası

Tedavi ünitesi aynı zamanda doğrusal hızlandırıcının soğutulması için bir soğutma odasına ihtiyaç duymaktadır.



Plan 4.5 Soğutma Odası Planı (Ölçeksiz)

Doğrusal hızlandırıcı ve soğutma tankı arasındaki bağlantı bakır borular aracılığı ile olmalıdır. Soğutma tankı ile doğrusal hızlandırıcı arasındaki maksimum mesafe 50 metre değildir, bu bağlamda odanın konumlanmasında bu konu dikkate alınmalıdır.

Soğutucudan, sıcak havanın etkin bir şekilde çıkarılmasına izin vermek için yanlarda ve su soğutucunun üzerinde en az 150 cm boşluk olmalıdır.

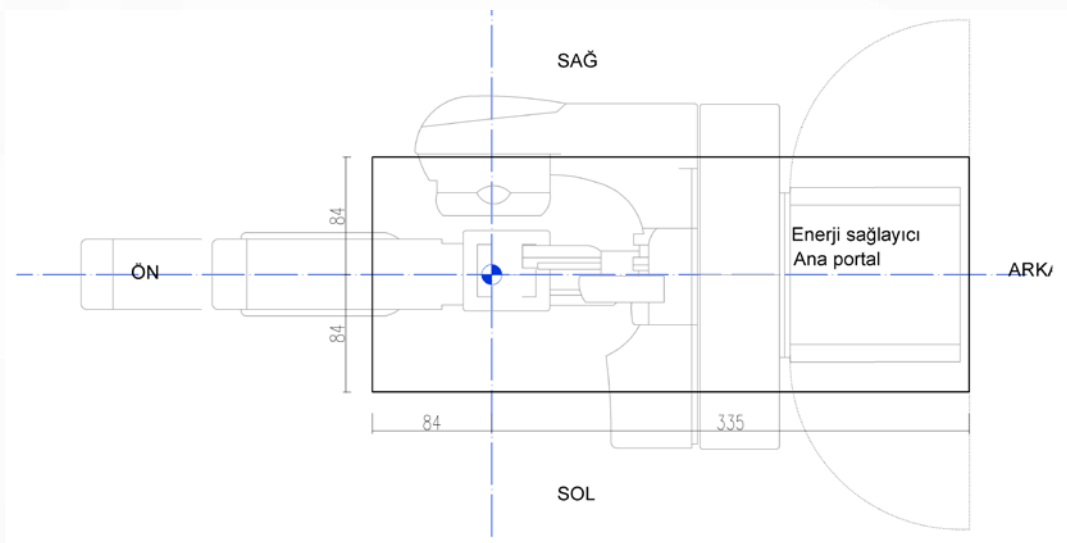
5. TİP 2 (VARIAN, SIEMENS Markaları) Mekân Tasarımı

5. TİP 2 (VARIAN, SIEMENS Markaları) Mekân Tasarımı

Model Tip 2, SIEMENS, VARIAN ve diğer teknik hacme ihtiyaç duymayan medikal doğrusal hızlandırıcının gereksinimlerine uygun olarak tasarlanacak mekândır.

5.1. Merkez Noktasının Belirlenmesi

- Çukurun, arka yüzeyinde merkeze olan uzaklık 335,3 cm
- Çukurun, ön yüzeyinden merkeze olan uzaklık 83,8 cm
- Çukurun, sağ ve sol yüzeylerinde orta noktaya uzaklık 83,8 mm



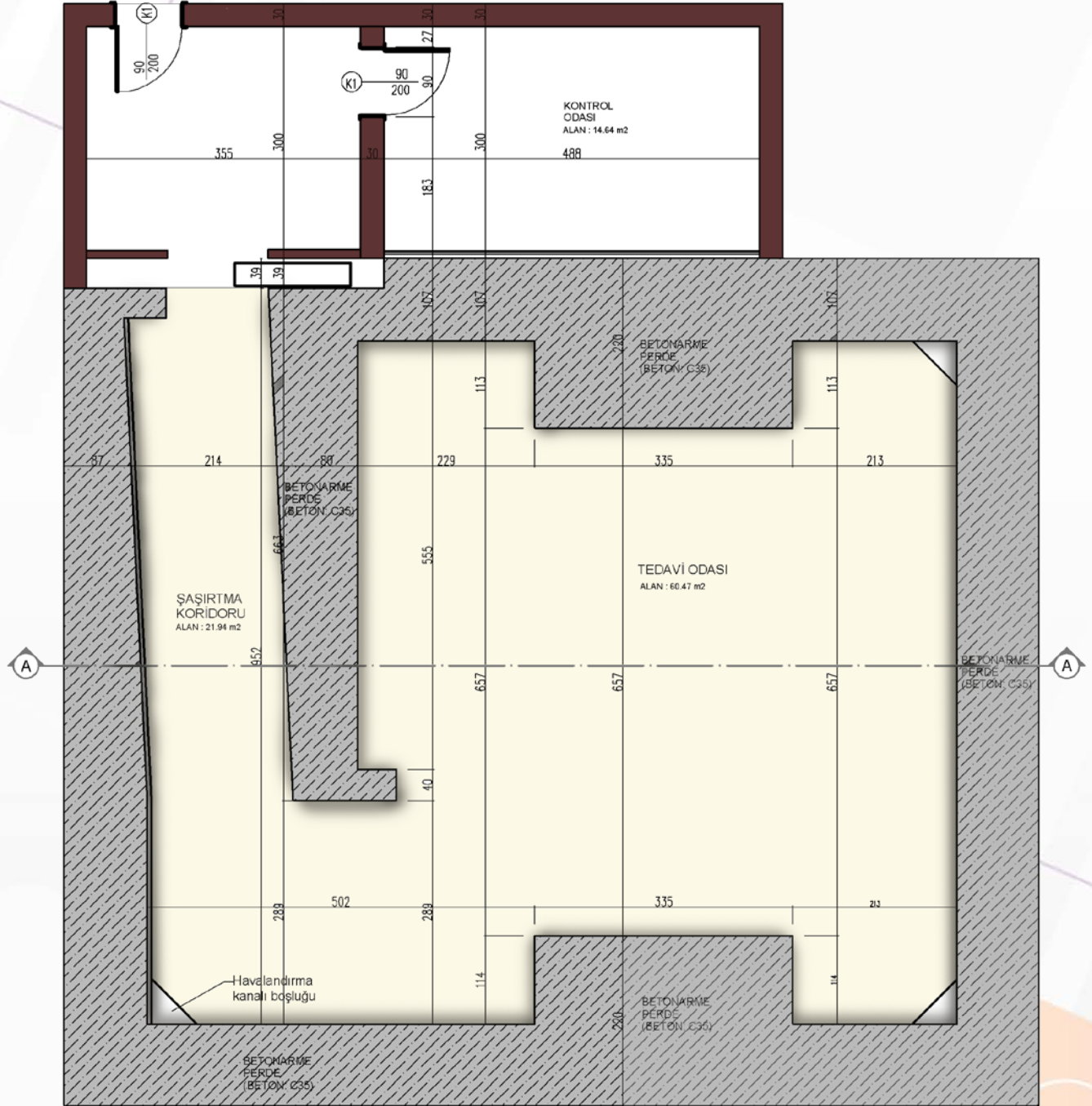
Şekil 5.1 Merkez Noktasının Konumlanması (Ölçeksiz)

5.2.Önerilen Minimum Oda Ölçüleri

Plan 5.1 ve Kesit 5.1'de tedavi odasının minimum ölçüleri verilmektedir. Araştırmalar sonucunda tedavi odasının gerekli alan asgari özellikler altta belirtilen hususlarda doğrultusunda şekillenmektedir;

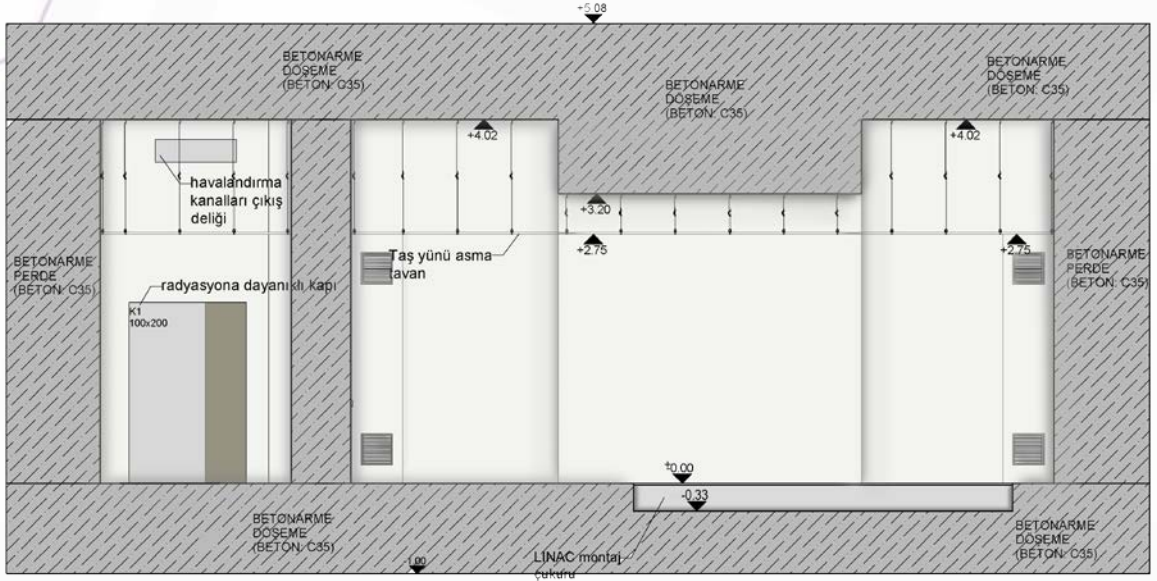
- Tedavi odası örnekte belirtilen türde ise minimum 60 m² olmalıdır.
- Merkez noktasından ön duvara mesafesi minimum 395 cm, merkez noktasından arka duvara mesafesi 380 cm, merkez noktadan her iki yan duvara olan mesafesi 330 cm olmalıdır.
- Radyasyona maruz kalan birincil bölge perde duvar kalınlığı 220 cm olmalıdır (Plan 5.1).

- Radyasyona ikincil maruz kalan kısımlar minimum 105 cm olmalıdır (*Kesit 5.1*).
- Radyasyona birincil maruz kalan tavan döşemesi kalınlığı minimum 185 cm olmalıdır (*Kesit 5.1*).



Plan 5.1 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Minimum Oda Ölçüleri (Ölçeksiz)

- Radyasyona ikincil maruz kalan tavan döşemeleri 105 cm olmalıdır. (Kesit 5.1)
- Tedavi masası hareket aksı yarıçapı maksimum 290 cm olacak şekilde doğrusal hızlandırıcıyı konumlandırmak gerekmektedir.
- Şaşırtma koridoru minimum 22 m² olmalıdır. (Plan 5.1)
- Şaşırtma koridoru minimum 200 cm genişliğinde olmalıdır.
- Kesit 5.1’de belirtildiği gibi minimum betonarme tavan yüksekliği 320 cm’dir.



Kesit 5.1 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Örnek Oda Kesiti (Ölçeksiz)

- Yapılacak asma tavan, doğrusal hızlandırıcının dönme çapını etkilemeyecek şekilde olması için, minimum 275 cm olmalıdır.
- Şaşırtma koridorunda bulunan (K1) 130 cm genişliğinde, 200 cm yüksekliğinde radyasyon korumalı, interlock³³ kapı olmalıdır.
- Kontrol odası minimum 10 m² olmalıdır.
- Kontrol odasında tedavi odasına olan duvarı uygun şartlarda zırhlanmalıdır. Kontrol odası derinliği 488 cm, genişliği 300 cm olmalıdır.
- Kontrol odası tavan yüksekliği minimum 275 olmalıdır.

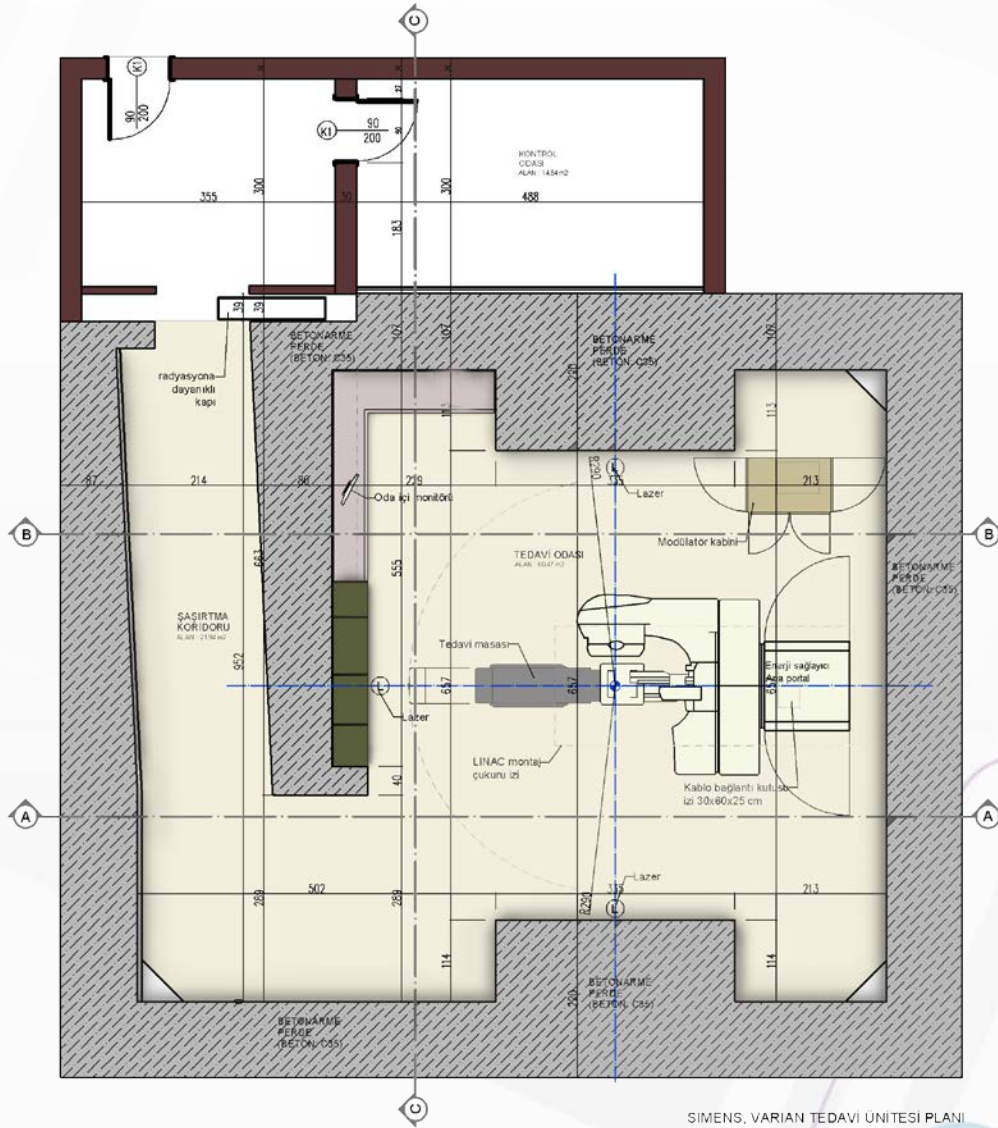
³³ Elektronik kapı geçiş kontrol sistemidir.

5.3.Tedavi Odası

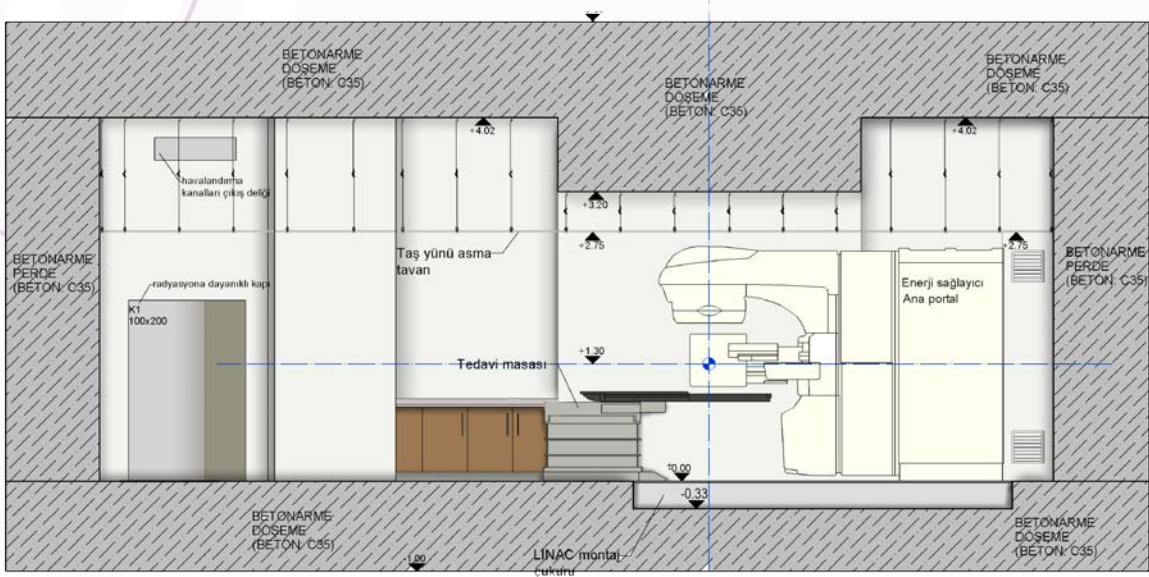
5.3.1. Örnek Tedavi Odası Çizimi Ve Ölçüleri

Tedavi odası minimum oda ölçüleri Bölüm 6.2.'de belirtildiği gibi olmalıdır. Bu hususta tedavi odasında bulunması gereken üniteler ve ölçüleri Plan 5.2, Kesit 5.2, Kesit 5.3 ve Kesit 5.4'de belirtildiği gibi olmalıdır.

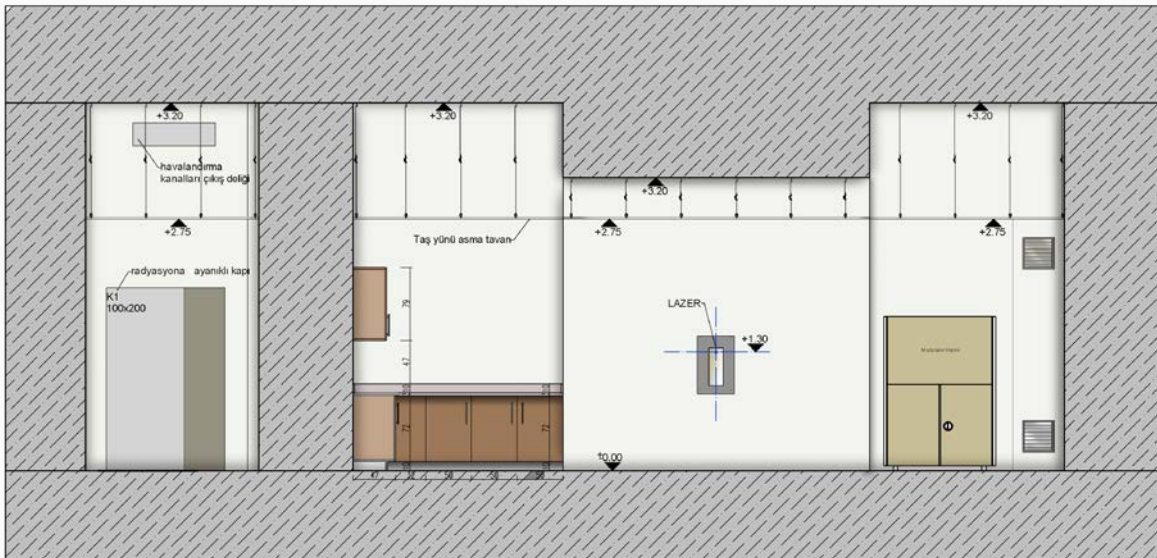
Tedavi odasında bulunması gereken üniteler, doğrusal hızlandırıcı, tedavi masası, modülatör kabini, lazerler, oda içi monitörü, tezgâh ve lavabo bulunmalıdır.



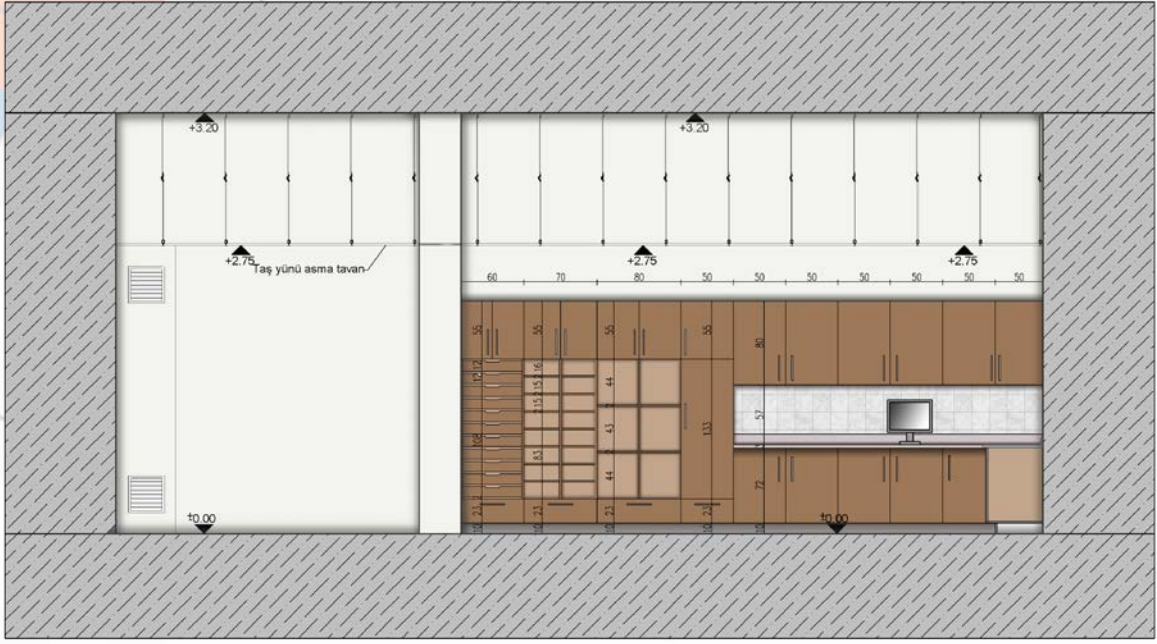
Plan 5.2 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Örnek Oda Planı 2 (Ölçeksiz)



Kesit 5.2 A-A Kesiti (Ölçeksiz)



Kesit 5.3 B-B Kesiti (Ölçeksiz)

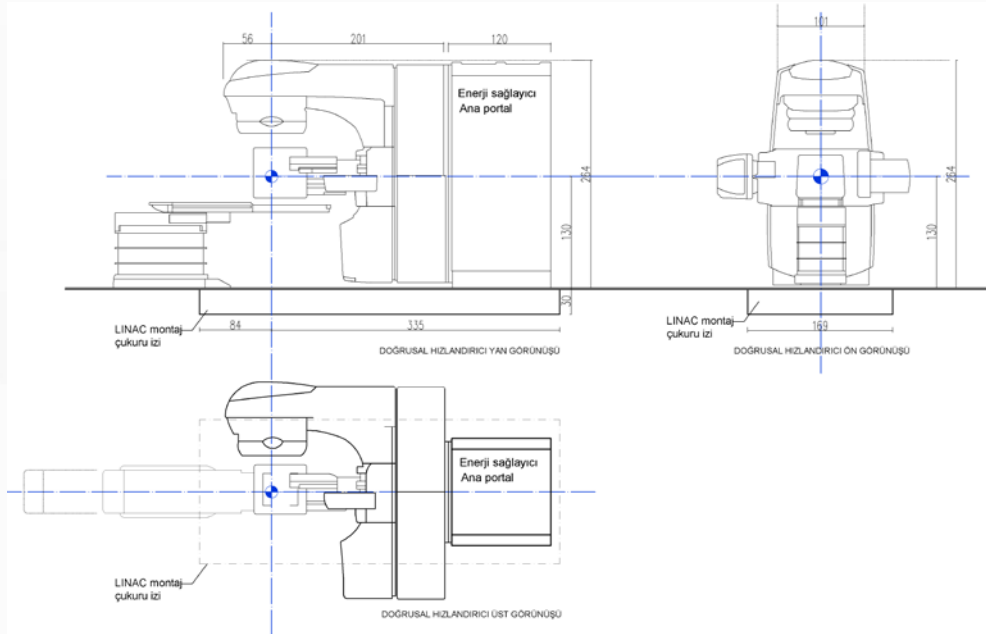


Kesit 5.4 C-C Kesiti (Ölçeksiz)

5.3.2. Tedavi Odasında Bulunması Gereken Üniteler

Bu bölümde, tedavi odasında bulunması gereken üniteler, bu ünitelerin özellikleri ve ölçülerinden bahsedilmektedir.

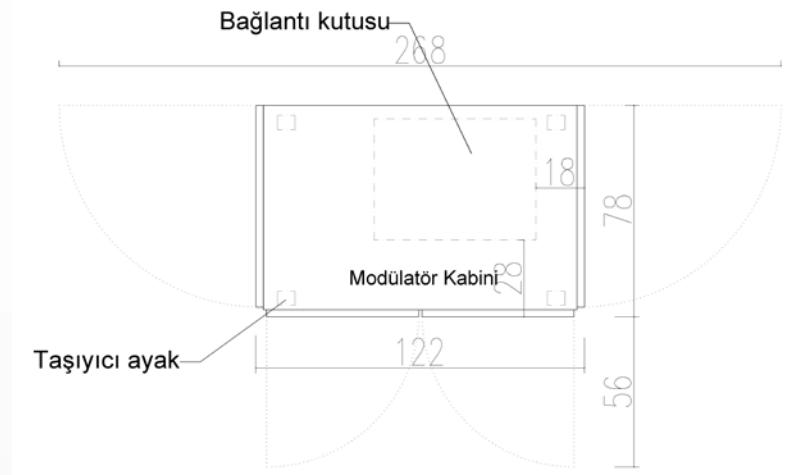
5.3.2.1. Doğrusal Hızlandırıcı (LINAC)



Şekil 5.2 Doğrusal Hızlandırıcı (Ölçeksiz)

Doğrusal Hızlandırıcı tedavi odasının ana birimidir. Ünitenin tedavi odası içerisinde konumlanma şekli Plan 5.2’de gösterilmektedir. Doğrusal hızlandırıcının yüksekliği 264,2 cm, uzunluğu 381 cm, genişliği 106 cm’dir. Doğrusal hızlandırıcı ana portalına müdahale iki yan cephelerinden olmaktadır³⁴. Bu sebepten dolayı gerekli açıklığın yan cephelerde bırakılması gerekir. Ünitenin dönen tamburunun hareketi için minimum tavan yüksekliği 275 cm olmalıdır. Tedavi masasının kendi ekseninde etrafında dönüşünü gerçekleştirmesi için bırakılması gereken yeterli açıklığın yarıçapı 290 cm olmalıdır.

5.3.2.2. Modülatör³⁵ Kabini;

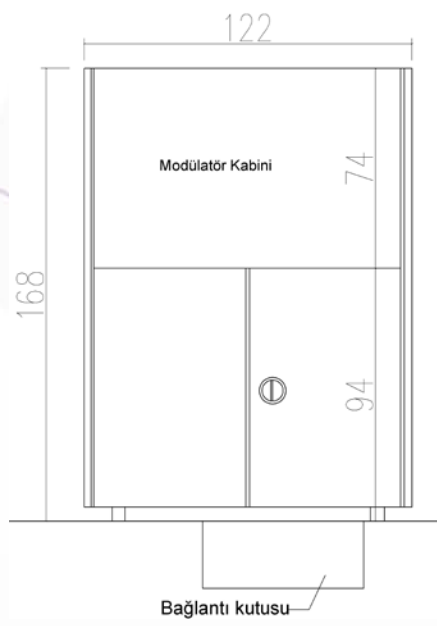


Şekil 5.3 Modülatör Kabini Plan Görünümü (Ölçeksiz)

Modülatör kabini doğrusal hızlandırıcının bir parçasıdır. Kabinin ölçüsü 122x78x167 cm’dir. Modülatör kabini tercihe bağlı olarak tedavi odasında veya odanın dışında konumlanmaktadır. Modülatör kabini Şekil 5.3’de görüldüğü gibi hem ön yüzünde, hem de arka yüzeyinde müdahale kapağı içermektedir. Modülatör kabini konumlandırılırken havalandırmasına, servis kapaklarına ve kablo uzunluklarına dikkat edilmelidir.

³⁴ Bknz : Plan 5.2 Doğrusal Hızlandırıcı İçin Örnek Oda Planı 2

³⁵ **Modülatör**, taşıyıcı bir sinyali başka bir sinyalle modüle eden aygıttır.



Şekil 5.4 Modölatör Kabini Cephe Görünümü (Ölçeksiz)

Modölatör kabinin diğr makinalarla bağlantısı için modölatörün alt tarafında zemine gömölü şekilde konumlanan bağlantı kutusu vardır. Boyutları 45x60x25 cm'dir. Modölatör kabini yaklaşık ağırlığı 816 kg'dır. Modölatör zemine 4 ayak aracılığı ile oturmaktadır. Modölatörün konumlandırılmasında dikkat edilmesi gereken en önemli husus birincil radyasyon alanı içerisinde bulunmamasıdır.

5.3.2.3. Bağlantı Kutuları;

- Kontrol Ekipmanı Bağlantı Kutusu

Kontrol ekipmanı kontrol kutusu minimum ölçüsü 45x30x15 cm'dir. Bu kutu LINAC elektronik kabininin içinde yer almaktadır. Bu kutuyu amacı boşta kalan kablo uçlarının korunmaktır.

- Modölatör Bağlantı Kutusu

Modölatör bağlantı kutusu Şekil 5.4'te göröldüğü gibi modölatör ünitesinin altında zemine gömölü biçimde konumlanan birimdir. Ölçüleri 45x60x30 cm'dir. Modölatör bağlantı kutusunun boyutu ve konumu, Modölatör ve Bağlantı kablosu erişiminin düzgün yerleştirilmesini sağlamak için çok önemlidir.

- Ana Portal Bağlantı Kutusu

Ana portal bağlantı kutusunun bağlantısı, Ana portala üç farklı şekilde olmaktadır. Standart olarak, ana portal tablasının altına gömülmektedir. Montajı yüzeye olabilir. Montaj çukurundan erişilebilir veya ana portalın arkasından zemine bağlanmaktadır.

- **Oda İçi Monitörü Bağlantı Kutusu**

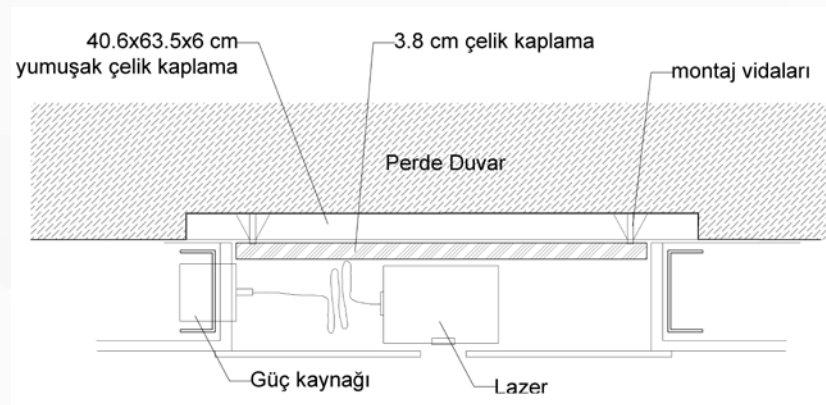
Oda içi monitöre sinyal almak ve kontrol odasından gelen kablonun bağlantısını sağlamak için konumlanmış kutudur. Bu kutuya bağlanan kablo standart bilgisayar bağlantı kablosudur.

5.3.2.4. LINAC Oda İçi Monitörü

Oda İçi Monitör, operatörün tedavi masasından veya hastadan uzaklaşmadan gözlemleyebileceği bir yerde bulunması gerekir. Oda içi monitörü aynı zamanda operatörün hastayı tedaviye hazırlaması aşamasında hastaya ait bilgileri almak için kullanılmaktadır. Oda içi monitörü, duvara, tavana veya tezgâh üzerine konabilir. LINAC oda içi monitörü kesinlikle birincil radyasyon alanına konumlandırılmamalıdır.

5.3.2.5. Lazer Konumlama Işıkları

Hastanın tedavi masasındaki konumu, lazer ışıklarıyla ve hastanın üzerindeki işaretlemelerle sabitlenmektedir. İki duvardaki lazerlerin yüksekliği 130 cm olup, merkez noktası ile aynıdır.



Şekil 5.5 Standart Lazer Montaj Şekli (Duvara gömülü şekilde) (Ölçeksiz)

Lazer ünitesi Şekil 5.5'te olduğu gibi duvara gömülerek yerleştirilmektedir. Duvara açılan oyuntu radyasyon koruması açısından

zayıfladığı için açılan açıklığın yüzeyine 6 cm kalınlığında 40.6x63.5 cm ebadında çelik plaka yerleştirilmektedir.

Bu plakanın üzerine destek olarak 3,8 cm kalınlığında lazer kutusunun arkasına çelik plaka ile güçlendirme yapılmalıdır. Lazerin çalışmasını sağlayan güç kaynağı her bir lazere ayrı olacak şekilde Şekil 5.5'te olduğu gibi zemine yerleştirilmektedir. Her bir lazer 25W'tır.

5.3.2.6. Tedavi Odası Mobilyaları



Şekil 5.6 Tedavi Odası Sabit Mobilya Grubu Ön Yüzü (Ölçeksiz)

Sabit mobilya grubu genellikle depolama amaçlı kullanılmaktadır. Bu kapsamda üst dolaplar ve alt dolaplar genel depolama alanı olarak kullanılmaktadır. Raflar ise doğrusal hızlandırıcıya ait ekipmanların ve hazırlık aşamasında kullanılacak ekipmanların depolanmasında kullanılmalıdır. Tezgâha bulunması tercih edilen bir adet lavabo bulunmalıdır.



Şekil 5.7 Tedavi Odası Sabit Mobilya Grubu Yan Yüzü (Ölçeksiz)

5.4. Kontrol Odası

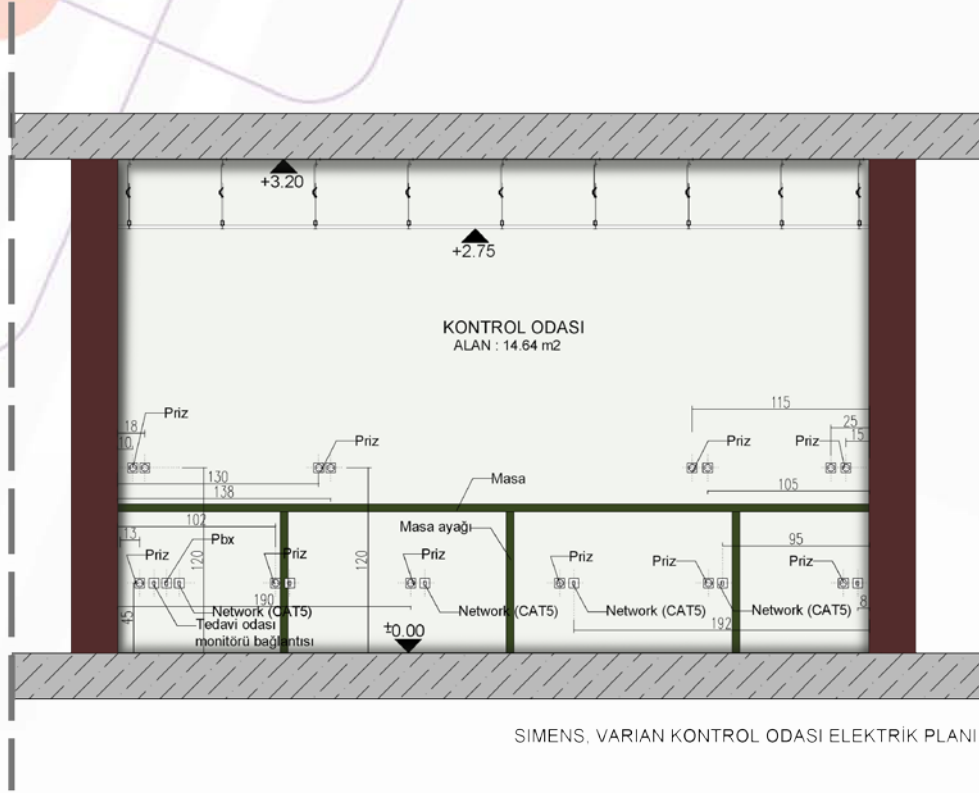
Kontrol odası, doğrusal hızlandırıcının kontrolü amacıyla oluşturulmuş bir alandır. Kontrol odası, tedavi ünitesine yakın olmalıdır. Kontrol odası minimum 14 m² olmalıdır. Kontrol ünitesinin konumlanması için oda derinliğine minimum 485 cm olmalıdır. Odanın tavan yüksekliği minimum 320 cm olup, havalandırma sisteminin konumlanması için asma tavanla 275 cm düşürülmelidir. Asma tavan, 60x60 cm taş yünü asma tavan³⁶ olmalıdır.

Kontrol odasında ki üniteler ısı yaydığı için, oda içinin iyi bir şekilde havalanması gerekmektedir. Oda içindeki kontrol konsollarının hava ısı yükünü gidermek için yeterli havalandırma değerleri aşağıda belirtilmektedir

- LINAC Elektrik kabini 003 > 1.0 kW (3,415 Btu/hr)
- Kontrol ünitesi kabini 030 > 1.5 kW (5,123 Btu/hr)
- Kontrol ünitesi kabini 031 > 2.3 kW (7,855 Btu/hr)

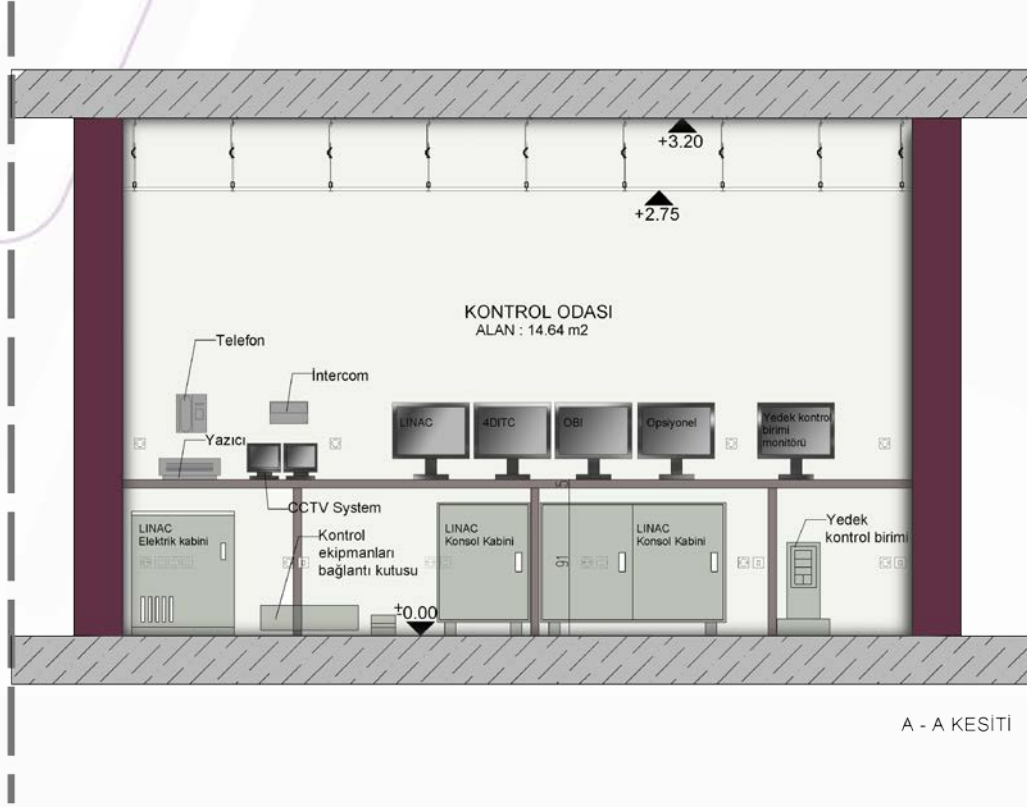
³⁶ Taşyünü asma tavan; ezilerek toz durumuna getirilmiş bazal taşının, farklı kimyasal materyaller ve geri dönüşüme sahip atık materyallerle birleştirilmesiyle oluşan tavan kaplama malzemesidir.

- Genel oda havalandırması $> 0.5 \text{ kW}$ ($1,707 \text{ Btu/hr}$)



Kesit 5.5 Kontrol Odası Elektrik Tesisatı Ölçüleri (Ölçeksiz)

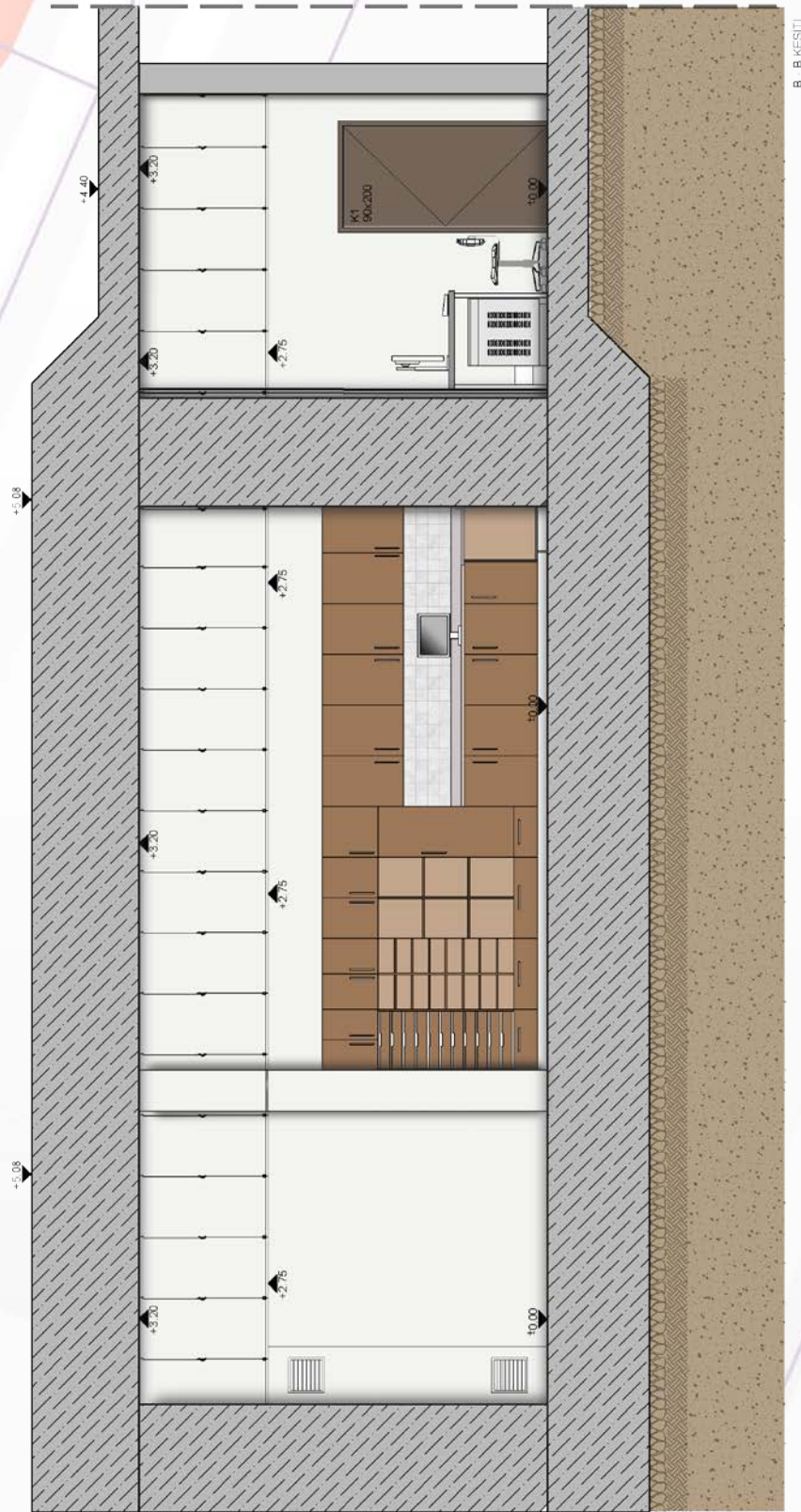
Kontrol odasında ki ünitelere gerekli priz ve network bağlantı birimlerinin yerleri ve ölçüleri Kesit 5.5'te görülmektedir. Bu kapsamda oda içinde bulunması gereken 14 adet priz ve 8 adet network prize ihtiyac vardır. Ayrıca bunlara ek olarak oda içinde iki adet elektrik panosu bulunmalıdır.



Kesit 5.6 A – A Kesiti (Ölçeksiz)

Plan 5.3, Kesit 5.5, Kesit 5.6 ve Kesit 5.7’de kontrol odasında bulunan üniteler ve ihtiyaç olan ölçüler ve alanlar bulunmaktadır. Kontrol üniteleri masanın altına konumlanmaktadır, buna bağlı olarak oda içindeki masanın yüksekliği 92 ile 102 cm arasında olmalıdır. Ayrılacak alan ve masanın boyutları, ileride eklenecek birimlere uygun ölçülerde olmalıdır. Masanın derinliği Plan 5.3 ve Kesit 5.7’de görüldüğü gibi 96.5 cm olup üzerinde monitörler ve yazıcı bulunmaktadır.

Kontrol odasında bulunması gereken üniteler; telefon(Pbx), yazıcı, CCTV, intercom, kontrol ünitesi bağlantı kutusu, yedek bilgisayar ve monitörler bulunmaktadır. Ayrıca zeminden 110 cm yükseklikte konumlanan iki adet sigorta kutusu bulunmaktadır.



Kesit 5.7 B – B Kesiti (Ölçeksiz)

KAYNAKÇA

- International Commission on Radiological Protection (ICRP103), The Netherlands, 2007; Recommendations of the International Commission on Radiological Protection.
- Bethesda, Maryland; NCRP(1977), "Radiation Protection Design Guideliness for 0.1-100 MeV Particle Accelerator Facilities", NCRP Report No.51, National Council on Radiation Protection and Measurements.
- Bethesda, Maryland; NCRP(1976); "Structural Shielding Design and Evaluation for Medical Use of X Rays and Gamma Rays of Energies up to 10 MeV", NCRP Report No.49, National Council on Radiation Protection and Measurements.
- TAEK; Tibbi Radyoloji Laboratuvarlarının Havalandırılmasına İlişkin Kılavuz; RSGD-KLV-012
- TAEK; Tibbi Radyoloji Uygulamalarının Yapıldığı Odaların Tasarımında Dikkat Edilecek Hususlara Ve Zırhlama Koşullarına İlişkin Kılavuz; RSGD-KLV-007.
- TAEK; Radyasyon Alanlarının Sınıflandırılmasına İlişkin Kılavuz; RSGD-KLV-005.
- YÜCEL, Haluk; KOLBAŞI, Asuman; YÜKSEL, Alptuğ Özer; December 2015; Measurement of Photo-Neutron Dose From an 18-MV Medical Linac Using a Foil Activation Method in View of Radiation; Nuclear Engineering and Technology.
- KaKALAYCI, Ümit; Kasım 2012; Yangın Sistemleri Tasarımı ve Ekipmanları.
- William Schimpf, Donald J. MacKenzie, Martin Z. Karson, Bernard R. Schmidt, J.E. Casteras and James J. Cullen; A Guide To The Use Of Lead For Radiation Shielding.
- T.C. Milli Eğitim Bakanlığı 2011; Radyoloji Departmanının Yapısı – 725TTT056.
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna 2000; Legal and Governmental Infrastructure for Nuclear, Radiation, Radioactive Waste and Transport Safety, IAEA Safety Standards Series No. GS-R-1,
- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY; Vienna (1998); Design and Implementation of a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects, IAEA-TECDOC-1040.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Geneva (1997); Guidelines for Radiotherapy Treatment Rooms, Publication IEC 61859.
- INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION, Geneva (2000); Medical Electrical Equipment: Requirements for the Safety of Treatment Planning Systems, Publication IEC-62083, IEC,
- WORLD HEALTH ORGANIZATION, Geneva (1988); Quality Assurance in Radiotherapy.

- INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY, Vienna (1998); Design and Implementation of a Radiotherapy Programme: Clinical, Medical Physics, Radiation Protection and Safety Aspects, IAEA-TECDOC-1040.
- The American Institute of Architects Press, 2006; Guidelines for Design and Construction of Hospital and Health Care Facilities.
- Radiological Protection Institute of Ireland, June 2009; The Design of Diagnostic Medical Facilities where Ionising Radiation is used.
- World Health Organization, 2011; Core Medical Equipment.
- <http://www.amedis.sk/upload/shop/priloha/85-linearny-urychlovac-clinac-ix.pdf>
- <https://varian.force.com/servlet/servlet.FileDownload?retURL=%2Fapex%2FCpEventPresList%3Fid%3Da0OE000000pZaMdMAK&file=00PE000000VdYOPMA3>
- <https://static.elekta.com/mr-linac/>
- http://www.pmb-alcen.com/en/products/linac-orientron?gclid=CjwKEAjw_PfGBRDW_sutqMbQsmMSJAAMpUap1afpgctwawPrF8l6Thk1GF_uWC4N1u7_aVXItul2IhoC2vPw_wcB
- <https://www.oncologysystems.com/radiation-therapy/linear-accelerators/varian-high-energy-linear-accelerator-comparison-chart.php>
- <http://varinak.com/lineer-akselerator/clinac-ailesi/>
- <https://www.oncologysystems.com/radiation-therapy/linear-accelerators/comparison-charts.php>
- <https://www.elekta.com/radiotherapy/treatment-delivery-systems/elekta-synergy.html>



T.C. Sağlık Bakanlığı

**Kamu Hastaneleri
Genel Müdürlüğü**