

**SAĞLIK SİSTEMLERİNDE GERÇEK ZAMANLI EKİPMAN TAKİBİNİN  
KATKI ANALİZİ VE EKİPMAN SEÇİM ALGORİTMASI**

**ECE ARZU DEMİRCAN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
ENDÜSTRİ MÜHENDİSLİĞİ**

**TOBB EKONOMİ VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**OCAK 2013**

**ANKARA**

Fen Bilimleri Enstitü onayı

---

Prof. Dr. Ünver KAYNAK

Müdür

Bu tezin Yüksek Lisans derecesinin tüm gereksinimlerini sağladığımı onaylarım.

---

Prof. Dr. Ömer SAATÇIOĞLU

Anabilim Dalı Başkanı

Ece Arzu DEMİRCAN tarafından hazırlanan SAĞLIK SİSTEMLERİNDE GERÇEK ZAMANLI EKİPMAN TAKİBİNİN KATKI ANALİZİ VE EKİPMAN SEÇİM ALGORİTMASI adlı bu tezin Yüksek Lisans tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

---

Yrd. Doç. Dr. Nilgün FESCİOĞLU ÜNVER

Tez Danışmanı

Tez Jüri Üyeleri

Başkan: Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜLTEKİN

Üye : Prof. Dr. Serpil EROL

Üye : Yrd. Doç. Dr. Nilgün FESCİOĞLU ÜNVER

## **TEZ BİLDİRİMİ**

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Ece Arzu DEMİRCAN

**Üniversitesi** : TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi  
**Enstitüsü** : Fen Bilimleri  
**Anabilim Dalı** : Endüstri Mühendisliği  
**Tez Danışmanı** : Yrd. Doç. Dr. Nilgün FESCİOĞLU ÜNVER  
**Tez Türü ve Tarihi** : Yüksek Lisans – Ocak 2013

**Ece Arzu DEMİRCAN**

## **SAĞLIK SİSTEMLERİNDE GERÇEK ZAMANLI EKİPMAN TAKİBİNİN KATKI ANALİZİ VE EKİPMAN SEÇİM ALGORİTMASI**

### **ÖZET**

Hastanelerde kullanılan mobil ekipmanların ihtiyaç anında aranması ve ekipman kullanım oranlarındaki dengesizlik sebebiyle oluşan erken yıpranmalar, maddi kayıplara sebep olmaktadır. Gerçek zamanlı ekipman takip sistemleri (RTLS) hastanelerin arama zamanı kayıplarını azaltmaktadır. Ancak getirecekleri faydanın miktarı tam olarak bilinmediği için hastanelerde bu teknolojiyi kullanma konusunda çekinceler yaşanmaktadır. Literatürde, RTLS'in hastaneye sağlayacağı faydayı ölçmek adına yapılan çalışmalarda kısıtlı miktarda gerçek veri kullanılmış, hastanelerin kısıtlı bir bölümü ele alınmıştır. Bunun yanı sıra sisteme entegre çalışacak bir karar destek sisteminin getirebileceği ek faydaları değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Bu tezde tamamlanan çalışma TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada hastanenin mevcut durumu ve RTLS kullanım durumu için modeller oluşturulmuş ve akabinde bir karar destek sistemi entegre edilmiştir. Karar destek sistemi ekipman ihtiyacının aciliyetini göz önünde bulundurarak, ekipman kullanımı, mesafe arasında bir denge sağlamaktadır. Yapılan duyarlılık analizleri neticesinde önerilen algoritmanın farklı ekipman sayısı ve talep sayısı koşullarına karşı gürbüz olduğu görülmüştür. Sistem karşılaştırmaları ile geliştirilen algoritmanın performansının yüksek olduğu gösterilmiştir. Çalışma neticesinde RTLS kullanılmasının sistemin verimliliğini artırdığı, kayıpları azalttığı ortaya çıkarılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Simülasyon, Karar Destek, Gerçek Zamanlı Ekipman Takip Sistemi

**University** : TOBB Economics and Technology University  
**Institute** : Institute of Natural and Applied Sciences  
**Science Programme** : Industrial Engineering  
**Supervisor** : Asst. Prof. Dr. Nilgün FESCİOĞLU ÜNVER  
**Degree Awarded and Date** : M.Sc. – January 2013

**Ece Arzu DEMİRCAN**

**VALUE ANALYSIS OF HEALTHCARE REAL-TIME ASSET TRACKING  
SYSTEMS AND ASSET SELECTION ALGORITHM**

**ABSTRACT**

Hospitals face financial losses due to mobile asset searches and unbalanced asset utilizations which cause early depreciation of the assets. Real Time Location Systems (RTLS) decrease hospitals' equipment search time however hospitals abstain from investing in these technologies because they are not sure how much value will they gain by using this technology. In the literature, studies on analyzing value of RFID based real time location systems use limited amount of real data and cover a limited number of departments in hospitals. In addition, there are no studies on value contribution of an RTLS integrated decision support system in healthcare. The study presented in this thesis takes TOBB University of Economics and Technology Hospital as the case model. In this study, we developed models which represent hospital's current situation, with RTLS integration, and with decision support system integrated RTLS. The decision support system proposed, balances asset utilization and distance while considering asset request's urgency. Sensitivity analysis showed that the proposed algorithm behaves robust with different number of assets and demand levels. System comparisons showed that the algorithm's performance is high. This study revealed that RFID integration improves system efficiency and reduces losses.

**Keywords:** Simulation, Decision Support System, Real Time Location System

## TEŐEKKÜR

Bu alıŐma hocam Yrd. Do. Dr Nilgün FESCİOĞLU ÜNVER'in değerli yardım ve yol gstericiliği olmaksızın tamamlanamazdı. alıŐmamın her safhasında samimi ilgi ve abaları ile sağladığı katkılarının yanı sıra manevi desteği için hocama minnet ve Őukran borçluyum. Tezimi okuyup değerlendiren kıymetli hocalarım Prof. Dr. Serpil EROL'a ve Yrd. Doç. Dr. Hakan GÜLTEKİN'e teŐekkür ederim. Tez çalıŐmam sırasında yardımını ve desteğiyle yanımda olan arkadaŐım Ali YILDIZ'a, tezimi okuyarak dil ve üslup konusunda yardımlarını esirgemeyen arkadaŐım Orçun NALEZEN'e, teŐvikleriyle beni yreklendirmekle kalmayıp sıkıntılı anlarımda gösterdikleri sabır yakın alaka ve sevgi için aileme, yakınlıklarından dolayı tüm arkadaŐlarıma teŐekkürü bir borç bilirim. Bu vesile ile TOBB Ekonomi ve Teknoloji niversitesi'nin sağladığı maddi destek için ayrıca mteŐekkr olduğumu belirtmek isterim. Son olarak yardım, ilgi ve çalışmaya sağladıkları işbirliği için TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi yönetimine ve bölüm sorumlu hemŐirelerine teŐekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

1. GİRİŞ .....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	3
2.1 RFID Teknolojisi .....	3
2.2 Endüstriyel Sistemlerde RFID Kullanımı ile İlgili Çalışmalar .....	4
2.2.1 Endüstride RFID Kullanım Alanları ve Katkı Analizi .....	4
2.2.2 Sağlık Sistemlerinde RFID Kullanım Alanları ile İlgili Çalışmalar .....	8
2.2.3 Sağlık Sistemlerinde RFID ile Ekipman Takibi ve Katkı Analizi .....	10
3. SİSTEM ANALİZİ .....	15
3.1 Mevcut Sistemde Ekipman Paylaşımı ve Mevcut Sistemdeki Problemler ..	15
3.2 Takibi Gerekli Ekipmanların ve Takip Edilecek Bölümlerin Belirlenmesi.	16
4. RTLS DESTEKLİ EKİPMAN SEÇİM ALGORİTMALARI .....	20
4.1 Minimum Mesafe Algoritması .....	20
4.2 Denge Algoritması.....	21
4.3 Algoritmaları Değerlendirmede Kullanılacak Performans Ölçütleri.....	25
5. SİMÜLASYON MODELİ .....	28
5.1 Girdi Analizleri.....	28
5.2 Varsayımlar .....	30
5.3 Doğrulama ve Geçerlilik.....	31
5.3.1 Doğrulama.....	31
5.3.2 Geçerlilik.....	31
5.4 Isınma Periyodu ve Koşum Uzunluğu .....	35
5.4.1 Isınma Periyodunun Belirlenmesi .....	36
5.4.2 Koşum Uzunluğu.....	38
5.5 Tekrar Sayısının Belirlenmesi .....	38
6. ANALİZ.....	40
6.1 Sonuçlar .....	40
6.2 Duyarlılık Analizleri .....	41

6.2.1	Temel Seçim'in Talep ve Ekipman Sayısına Duyarlılığı .....	43
6.2.2	Minimum Mesafe Senaryosu'nun Talep ve Ekipman Sayısına Duyarlılığı .....	47
6.2.3	Denge Modelinin Talep ve Ekipman Sayısına Duyarlılığı .....	51
6.2.4	Temel-Minimum Mesafe-Denge Senaryoları Duyarlılık Karşılaştırması	57
6.3	İkili Sistem Karşılaştırmaları.....	60
6.3.1	RTLS (Minimum Mesafe Modeli) Kullanımının TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesine Katkısı .....	61
6.3.2	Denge Modelinin TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesine Katkısı.....	62
6.3.3	Denge Modelinin Minimum Mesafe (RTLS) Modeli ile karşılaştırılması.....	63
6.3.4	Tüm modellerin ikili karşılaştırması.....	63
6.4	Analiz Tartışması.....	66
6.4.1	Modellerin Talep ve Ekipman Sayısına Duyarlılığının Değerlendirilmesi .....	66
6.4.2	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi'ne RTLS Katkısının Değerlendirilmesi .....	67
7.	SONUÇ .....	69
8.	KAYNAKLAR.....	71
	EKLER.....	74
A.1	Hastane Verileri.....	74
A.2	Hastane Temsili Planı .....	81
A.3	Arena'ya Girilen Uzaklık Matrisi.....	82
A.4	EKG ve Ekokardiyografi Kullanım Süreleri için Dağılım Grafikleri .....	94
B. 1	Arena - Visual Basic Kodu.....	95
B. 2	Residual Grafikleri.....	102
C.	Elektromanyetik Etkileşim Bilgi Dokümanı .....	109
D.	Arena Ekran Görüntüleri.....	121
	ÖZGEÇMİŞ.....	122



## TABLULARIN LİSTESİ

Tablo 2-1 Sağlık Sistemlerinde RFID Kullanım Alanları Özet Tablosu.....	10
Tablo 3-1 Ekipman Öncelik ve Uygunluk Tablosu.....	18
Tablo 4-1 Şu Anki Durumda Tekerlekli Sandalye Kullanım Süresi ve Kullanım Oranı .....	26
Tablo 4-2 Farklı Modeller için 1.Tekrar Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranları (%) .....	27
Tablo 5-1 Ekipman Kullanım Süresi için Belirlenen Dağılımlar .....	30
Tablo 5-2 Tekrar Sayısının Belirlenmesi .....	39
Tablo 6-1 Temel Senaryo Sonuçları.....	40
Tablo 6-2 Minimum Mesafe Senaryosu Sonuçları.....	40
Tablo 6-3 Denge Senaryosu Sonuçları .....	41
Tablo 6-4 Ekipman Sayısı Seviyeleri .....	42
Tablo 6-5 2 <sup>2</sup> Faktörel Deney Tasarımı için Tasarım Matrisi.....	43
Tablo 6-6 Temel Senaryo Farklı Tasarım Noktalarında Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi.....	43
Tablo 6-7 Temel Senaryo Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları.....	44
Tablo 6-8 Temel Seçim Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları.....	44
Tablo 6-9 Temel Seçim EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları .....	45
Tablo 6-10 Minimum Mesafe Nebulizatör Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları .....	45
Tablo 6-11 Temel Seçim Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları.....	45
Tablo 6-12 Temel Seçim Tekerlekli Sandalye Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları.....	46
Tablo 6-13 Temel Seçim Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları.....	46
Tablo 6-14 Minimum Mesafe Senaryosu Farklı Tasarım Noktalarındaki Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi .....	47
Tablo 6-15 Minimum Mesafe Senaryosu Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları.....	47
Tablo 6-16 Minimum Mesafe EKG Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları .....	48
Tablo 6-17 Minimum Mesafe Senaryosu EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları.....	48
Tablo 6-18 Minimum Mesafe Nebulizatör Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları .....	49
Tablo 6-19 Minimum Mesafe Senaryosu Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları.....	49
Tablo 6-20 Minimum Mesafe Tekerlekli Sandalye Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları.....	50
Tablo 6-21 Minimum Mesafe Senaryosu Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları .....	50

Tablo 6-22 Denge Modeli Farklı Tasarım Noktalarında Acil Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi .....	51
Tablo 6-23 Denge Modeli Acil Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri İçin % 95 Güven Aralıkları.....	51
Tablo 6-24 Denge Modeli Orta Acil Ekipman İçin Farklı Tasarım Noktalarında Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi .....	52
Tablo 6-25 Denge Modeli Orta Acil Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri İçin % 95 Güven Aralıkları.....	52
Tablo 6-26 Denge Modeli Acil Olmayan Ekipman İçin Farklı Tasarım Noktalarında Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi .....	53
Tablo 6-27 Denge Modeli Acil Olmayan Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri İçin % 95 Güven Aralıkları.....	53
Tablo 6-28 Denge EKG Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları.....	54
Tablo 6-29 Denge Senaryosu EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları.....	54
Tablo 6-30 Denge Nebulizatör Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları .....	55
Tablo 6-31 Denge Senaryosu Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları.....	55
Tablo 6-32 Denge Tekerlekli Sandalye Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları .....	56
Tablo 6-33 Denge Senaryosu Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları.....	56
Tablo 6-34 Senaryolara Göre Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri.....	57
Tablo 6-35 Senaryolara Göre EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri.....	58
Tablo 6-36 Senaryolara Göre Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri.....	58
Tablo 6-37 Senaryolara Göre Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri.....	59
Tablo 6-38 Temel Senaryo ve Minimum Mesafe Modelinin İkili Karşılaştırılması ....	61
Tablo 6-39 Temel Senaryo ve Denge Modelinin İkili Karşılaştırılması.....	62
Tablo 6-40 Minimum Mesafe ile Denge Modelinin İkili Karşılaştırılması.....	63
Tablo 6-41 Tüm Senaryoların Ekipmanın Hastaya Ulaşma Süresi İçin Karşılaştırması .....	64
Tablo 6-42 Tüm Senaryoların EKG Kullanım Oranı Varyansı için Karşılaştırması..	65
Tablo 6-43 Tüm Senaryoların Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı için Karşılaştırması.....	65
Tablo 6-44 Tüm Senaryoların Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı için Karşılaştırması.....	65
Tablo 6-45 Her Tekerlekli Sandalye için 30 Günlük Toplam Kullanım Süresi.....	68

## ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil 3-1 Ekipman Arama Akış Şeması .....	16
Şekil 4-1 Gerçek Zamanlı Takip Sisteminin Entegrasyonu ile Oluşan Ekipman Temin Süreci ...	20
Şekil 4-2 Pareto Frontier için Örnek Grafik .....	22
Şekil 5-1 Bir Model için Tekrarlanan Kalibrasyon Süreci .....	32
Şekil 5-2 $m=168$ $w=30$ için Hareketli Ortalama .....	37
Şekil 5-3 $m=168$ $w=42$ için Hareketli Ortalama .....	38

## KISALTMALAR

### Kısaltmalar Açıklama

**RFID** Radyo Frekansı ile Tanımlama

**SDP** Sağlık Destek Personeli

## SEMBOL LİSTESİ

Bu çalışmada kullanılmış olan simgeler açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

<b>Simgeler</b>	<b>Açıklama</b>
$\nu$	Serbestlik derecesi
$S_i^2$	i. tekrarın varyansı
$R_i$	i. modelin tekrar sayısı
<b>s.h.</b>	Standart hata
$\bar{Y}_i$	i. tekrarın sistem çıktısının ortalaması

## 1. GİRİŞ

Hastanelerde hasta güvenliği ve hasta bakımı kritik derecede önem taşımaktadır. İnsan hayatının tehlikeye düşmemesi için hastane sisteminin hatasız faaliyet göstermesi gerekmektedir. Ancak hastanelerin bu amacı gerçekleştirmesi beklenirken aynı zamanda maliyetlerini düşürmesi de istenmektedir. Hastaneler bu amacı gerçekleştirebilmek için çeşitli teknolojilerden faydalanmaktadır. RTLS (Real Time Locating System – Gerçek zamanlı takip sistemi) bu teknolojilerden biridir ve son yıllarda sağlık sistemlerinde hasta, ilaç ve ekipman takibi gibi alanlarda kullanımı yaygınlaşmaktadır. RFID tabanlı gerçek zamanlı ekipman takibi ile hastanelerin kayıp arama, çalıntı, verimsiz ekipman kullanımı nedeniyle yaşadıkları mali kayıplar azaltılabilmektedir. Ancak hastanelerde RTLS kullanımı ile elde edebilecek faydanın boyutu hesaplanamadığı için bu teknolojiye yatırım yapma konusunda çekinceler söz konusudur. Bu çalışmada amaçlanan hastanelerin RTLS ile gerçek zamanlı ekipman takibinden elde edecekleri faydayı belirlemek ve bu faydayı artırabilecek bir karar destek sistemi önermektir.

Literatürde, gerçek zamanlı ekipman takip sisteminin hastaneye sağlayacağı faydayı ölçmek adına yapılan çalışmalarda kısıtlı miktarda gerçek veri kullanılmış, hastanelerin kısıtlı bir bölümü ele alınmıştır. Bunun yanı sıra sisteme entegre çalışacak bir karar destek sisteminin getirebileceği ek faydaları değerlendiren bir çalışma bulunmamaktadır. Tamamlanan çalışma TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi temel alınarak gerçekleştirilmiştir. Hastanenin mevcut durumu ve RFID kullanım durumu için modeller oluşturularak, akabinde bir karar destek sistemi entegre edilmiştir. Karar destek sistemi, ekipman ihtiyacının aciliyetini göz önünde bulundurup ekipman kullanımı ile mesafe arasında bir denge sağlamaktadır.

Tez çalışması 7 bölümden oluşmaktadır. İkinci bölümde RFID teknolojisi ile kullanım alanlarına ve değer analizi için yapılan çalışmalara temas edilmiştir. Üçüncü bölümde mevcut sistemin analizi, dördüncü bölümde ise geliştirilen algoritmalar ele alınmıştır. Beşinci bölümde geliştirilen simülasyon modeline dair açıklamalara yer verilmiştir. Altıncı bölümde ise simülasyon sonuçları, yapılan

duyarlılık analizleri ve sistem karşılaştırmaları paylaşılmıştır. Yedinci bölümde ise çalışma neticesinde elde edilen sonuçlardan ve gelecekte yapılması planlanan çalışmalardan bahsedilmiştir.

## 2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Sarac vd. [1] gerçek zamanlı ekipman takip sistemlerinde wi-fi, ultrasound ve RFID gibi birçok teknolojinin kullanılmakta olduğunu ve bu teknolojiler içinde sağlık sistemlerinde takipte kullanımı en yaygın olanın RFID olduğunu ifade etmiştir. Ayrıca günümüzde kullanımı yaygınlık kazanmaya başlayan radyo frekansı ile tanımlama teknolojisinin (RFID) aslında yeni bir teknoloji olmadığını, II. Dünya Savaşı sırasında dost uçakların ayırt edilebilmesi amacıyla kullanıldığını bildirmiştir.

Literatürde RFID kullanım alanları ve fayda analizi ile ilgili çalışmalar 2000'li yıllarda başlamış ve bu alana olan ilgi gün geçtikçe artmıştır. RFID teknolojisi ve kullanım alanları ile RFID teknolojisinin fayda analizine ilişkin literatürdeki çalışmalar ana başlıklar altında aşağıda incelenmektedir.

### 2.1 RFID Teknolojisi

RFID, üzerinde mikroişlemci ile donanmış etiket taşıyan bir nesnenin, bu etikette taşıdığı kimlik yapısı ile hareketlerinin izlenebilmesine imkân veren radyo frekansları ile çalışan teknolojiye verilen addır. RFID kelimesinin açılımı İngilizce olarak Radio Frequency Identification'dır [2]. Günümüzde RFID, barkod teknolojisinin yerini almaktadır. Bu durum RFID'nin barkod teknolojisine karşı sahip olduğu üstün yönleriyle ilişkilendirilebilir. Clampitt [3], RFID'nin barkod teknolojisine nazaran pek çok avantajı olduğunu bildirmektedir. Söz konusu avantajları temel olarak üç ana başlık altında toplamaktadır.

Yaşam süresi: RFID uzun ömürlüdür, tekrar tekrar kullanılabilir, gürbüzdür- zor koşullara karşı dayanıklıdır.

Veri: RFID barkoda nazaran daha çok bilgi tutabilir, taklidini yapmak zordur, dinamik güncellemelerin yapılmasına imkân tanır.

Tarama: RFID'nin taranması için barkodda olduğu gibi görüş mesafesine ihtiyaç yoktur, çok sayıda RFID tek seferde okunabilir.



Clampitt[3]'in vurguladığı avantajlara ek olarak Glabman [4] barkodların ekipman, çalışan ya da hasta takibi için kullanılamayacağından; ancak RFID ile takip yapılabildiğinden bahsetmiştir.

## **2.2 Endüstriyel Sistemlerde RFID Kullanımı ile İlgili Çalışmalar**

### **2.2.1 Endüstride RFID Kullanım Alanları ve Katkı Analizi**

#### RFID Sistemlerinin Katkısını Ölçen Çalışmalar

Bose vd. [5] günümüzde hızla kullanımı yaygınlaşmakta olan RFID teknolojisini kullanmayı düşünen bir firmanın, RFID'nin firmasına katacağı değeri bilmek isteyeceğini bildirmiştir. Bu durum RFID'nin sağlayabileceği faydanın belirlenmesi hususunda yapılacak olan araştırmaların önemini ortaya koymaktadır. Değer analizinin bu denli önem taşıdığı bu yeni teknoloji için kullanımının kattığı değeri ölçmek adına yapılmış bazı çalışmalar [6-12, 14] literatürde mevcuttur.

Ferrando vd. [6] çalışmalarında “Dengelenmiş Not Çizelgesi”ni temel alarak RFID değerini ölçmek için göstergeler tanımlamaktadır. Bu göstergeler; finansal performans, öğrenme ve gelişme açısı, müşteri ilişkileri, çalışan performansı ve süreç performansındır. Göstergelerin yanı sıra 5 dengeleyici faktör de tanımlamışlar ve bir model oluşturmuşlardır. Dengeleyici faktörler; şirket büyüklüğü, sanayi, proje başlatan pozisyonu, kamu finansmanı ve üniversite işbirliğidir. Oluşturdukları modeli 2008 ve 2009 yıllarında RFID İtalya Ödülleri'nde sunulan başarılı projeler arasından seçtikleri 64 proje üzerinde uygulamışlardır. Değerlendirme yapabilmek için yarışmanın internet sitesinde bir anket yaparak kullandıkları veriyi temin etmişlerdir. Yapılan analizde cevapların sıklığına göre genel dağılım eğilimini ölçmüşler ve dengeleyici faktörlerin etkisini değerlendirmek için sonuçları ki-kare testi ile doğrulamışlardır. Analizlerin neticesinde üniversite ile işbirliği içerisinde olan firmaların icatlara odaklandığı, küçük ölçekli firmaların ise büyük ölçekli firmalar gibi RFID uygulamalarında başarılı oldukları ortaya çıkmıştır.

Aluri vd. [7] çalışmalarında otellerde de güvenlik, çalışan ve demirbaş malzeme takibinde RFID'nin kullanılmaya başlandığına değinmektedir. Otellerde yüksek değere sahip eşyaların takibinde RFID kullanımı önerilmektedir. Çalışmada bir butik

otelde RFID ile demirbaş takibi yapıldığından bahsedilmekte ve otele kattığı değeri, yatırımın geri dönüşümü (ROI) yöntemi ile ölçeceklerini belirtmektedirler. Çıkış noktası ve RFID'in kullanım alanı açısından makale henüz amacına ulaşmış denemez. ROI hesaplanacağı belirtilmekle beraber bu hesabın ne şekilde gerçekleştirileceğine dair bir bilgi verilmediği görülmektedir.

Veeramani vd. [8] organizasyonların potansiyel ROI'yi tayin etmekte zorlandıklarına değinmekte ve RFID'nin yaygın olarak kullanıldığı bir alan olan tedarik zincirinde şu ana kadar yapılmış olan araştırmaların genel olarak RFID'nin perakendecilere olan faydasını ölçmeye odaklandığını belirtmektedir. Çalışmalarında birinci seviyeden tedarikçilerin RFID uygulamasından sağlayacakları faydayı düşük işletme maliyeti, gelirden artış, düşük genel gider, düşük envanter maliyeti, düşük tedarik süresi başlıkları altında ele almaktadır. Oluşturulan model süreci parçalara ayırması açısından farklı alanlardaki uygulamalar için de genel bir çerçeve çizmektedir.

Leung vd. [9] geliştirdikleri iş değeri modelinde ROI modellerinin içeremediği dolaylı getirileri de kapsam dâhilinde tutmuşlardır. Müşteri memnuniyeti, kısalan cevap süresi gibi getirileri finansal değerlere dönüştürmektedirler.

Pal vd. [10] bir üniversitenin sahip olduğu 20 otoparktan birinde pilot bir RFID uygulaması gerçekleştirmiştir. Otopark bariyeri kullanıcıların kimlik kartlarıyla ya da özel durumu olan kullanıcıların uzaktan kumandalarıyla açılmaktayken RFID sistemi ile herhangi bir okutmaya gerek kalmadan otoparka giriş sağlanabilir hale getirilmiştir. Gerçekleştirilen uygulamanın getirdiği faydayı, fayda/maliyet oranının yanı sıra birimsiz değerler sunan analitik hiyerarşi süreci metoduyla (AHP) da ortaya koymaya çalışmışlardır. Personel ve otopark yönetimine işletme maliyetlerindeki azalma, ek getiri potansiyeli gibi bilgiler danışılmıştır. Ayrıca otopark yöneticisine çeşitli fayda ve maliyet bileşenlerinin göreceli önem tahminleri de sorulmuş ve analitik hiyerarşi süreci için uygun hale getirilmiştir. Çalışma neticesinde fayda/maliyet oranı sonucunda beklenen faydanın maliyetin 4 katından daha fazla olduğu bulunmuştur. AHP metoduyla ise kazanılan faydanın daha önce kullanılan sistemden oldukça fazla olduğu görülürken, düşük maliyet açısından biraz daha iyi olduğu görülmüştür.

Subirana vd. [11] Wal-Mart gibi büyük ölçekli firmaların RFID kullanımında öncülük ettiğini vurgulamaktadır. Wal-Mart'ın 2005'ten bu yana RFID kullandığına ve tedarikçilerinin de kullanmasını sağladığına değinmişlerdir. Tedarik zincirinde kullanımı bu denli yaygınlaşan bir teknolojinin değerini ölçmek amacıyla çalışmalar yapıldığından bahsetmişlerdir. Kendileri de RFID değerinin ölçülmesi adına bir yol haritası sunmaktadır. Çalışma RFID değerinin ölçülmesi için öncelikle RFID öncesi süreç tanımının yapılması gerekliliğine değinmekte ve tanımın eksiksiz bir biçimde yapılabilmesi için araştırmacıların faydalanabileceği MIT tarafından hazırlanan bir süreç el kitabının [12] varlığına da işaret etmektedirler. RFID öncesi-şu anki süreç tanımı oluşturulduktan sonra RFID yerleştirildikten sonraki olması beklenen süreç tanımının oluşturulması gerektiğine değinmişler ve çalışmalarını bir örnekle desteklemişlerdir. Tanımı yapılan süreçlerin parçalarına kadar ayrılıp dokümente edilmesi gerektiğini vurgulamışlar ve sonrasında süreç için önemli ölçütleri belirlemişlerdir. Çalışma bir depoda gerçekleştirilmiştir. Yerleştirme süreci için saatlik operatör maliyeti, etiket maliyeti, işin süresi, taşınan palet sayısı gibi ölçütler önemli görülmüştür. Şu anki durum ve olması istenen durum için bu ölçütleri değerlendirmişlerdir. Akabinde girdi değişkenlerini belirleyip, indirgenmiş nakit akışı modeli oluşturulmuş, girdi değişkenlerine göre duyarlılık analizi yapılmış ve net bugünkü değer ile yatırımın geri dönüşümünün ne derece duyarlı olduğu incelenmiştir. Bu şekilde RFID'nin kattığı değer ölçülmüştür.

#### RFID'nin Katma Değerini Artırıcı Algoritmalar Öneren Çalışmalar

Saygın [13] zamana duyarlı malzemelerin RFID ile envanter yönetiminin sağladığı faydayı simulasyon yoluyla test etmiştir. Modeller servis seviyesi, maliyet, envanter ve israfa azalma yönleriyle kıyaslanmıştır. Depolarda parça bazında etiketlemeye gidildiği durumda depo kontrolünün çok daha etkin bir şekilde sağlanabileceğinden bahsedilmektedir. Ancak bu durumda işlenmesi gereken çok fazla miktarda veri ortaya çıkacak, bu verilerin doğru zamanda işlenebilmesi ve doğru zamanda doğru kararın verilmesi gerekecektir. Bu durum sağlanabilirse israf, envanter, stoksuz kalma, maliyet azalır ve otomatik depo ikmali gerçekleştirilebilir. Bütün bu bahsedilenleri, gerçekleştirebilmek için RFID verisine dayanan bir veritabanı ve bu veritabanı üzerinden çalışabilecek bir karar destek sistemi ihtiyacının ortaya

çıkıldığından bahsedilmektedir. Makalede her bir üretim istasyonunda 300 birimlik depo alanı bulunan 18 üretim istasyonlu, 23 farklı zamana duyarlı malzeme kullanan bir üretici firmada çalışma yapıldığının bahsi geçmektedir. Depolanan malzemelerin zamana duyarlı olması, sıklıkla depo alanlarının kontrol edilerek son kullanma tarihi geçen malzemelerin ayrılmasını gerektirmektedir. Bunun yanı sıra depo alanlarının belirli bir seviyede tutulmasının istenmesi ise gereksinim duyulan malzeme miktarının da hesaplanması ihtiyacını ortaya çıkarmaktadır. Malzeme istendiği zaman 3-5 günlük tedarik süresinin beklenmesi gerekmektedir. Ayrıca bazı durumlarda depo alanları arasında malzeme taşınması da söz konusu olabilmektedir. Simülasyonla öncelikle temel durum modellenmiş daha sonra da RFID ile izlemenin yapıldığı depolarda firma tarafından istenilen depo seviyesinin olduğu durum, RFID ile izlemenin yapıldığı depolarda firma tarafından istenilen depo seviyesinin yarısının olduğu durum, RFID ile izlemenin yapıldığı depolarda olması gereken miktarın ikili üstel düzeltme metoduyla belirlendiği durumlar modellenmiştir. Modeller karşılaştırılırken şu performans ölçütleri kullanılmıştır: Kullanılmadan vakti geçen, vakti geçmeden kullanılan, toplam sipariş edilen, komşu depo alanından alınan, stoksuz kalınan malzeme miktarları ve hizmet seviyesi (vakti geçmeden kullanılan malzeme miktarı/üretim talebi). Analizler Arena simülasyon yazılımına Visual Basic ve Microsoft Access programları entegre edilerek yapılmıştır. İkili üstel düzeltme metodunda kullanılacak  $\alpha$  ve  $\beta$  parametreleri, performans ölçütlerine göre ANOVA ile belirlenmiştir. Oluşturulan modeller arasında firmaya en çok değer katan uygulamanın ikili üstel düzeltme ile yapılan RFID uygulaması olduğu belirtilmiştir.

Kim vd. [14] bir otomobil montaj fabrikasının yükleme boşaltma alanında bir çalışma yapmışlardır. Araçların yeri tam olarak bilinemediği için, depo alanında bazı otomobillerin uzun süre beklediği ve bazen yanlış araçların gönderim için yüklendiği fabrika tarafından bildirilmiştir. Çalışma ile depo alanında bekleme zamanı ve gereken işgücünün azaltılması hedeflenmiştir. Bu iki kıstas aynı zamanda çalışmanın performans ölçütlerini oluşturmaktadır. Fabrikanın yükleme alanına RFID sisteminin entegre edilmesi durumunda fabrikaya sağlayacağı fayda bahsi geçen performans ölçütleri üzerinden simülasyon ile ortaya koyulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla üç farklı senaryo oluşturulmuştur: Temel durum-sezgisel seçim, yeni uygulama 1-RFID

ile mesafeye dayalı deneysel seçim, yeni uygulama 2-RFID ile gelişmiş yükleme boşaltma algoritmaları. Üç senaryonun karşılaştırılması için günlük üretim miktarının 3 farklı seviyesi için, elde tutulan araçların 3 farklı oranı için, fabrikaya geri dönen araç oranının 3 seviyesi için ve 2 farklı işgücü seviyesi için toplamda 270 senaryolu bir deney tasarımı yapılmıştır. Çalışma neticesinde sisteme RFID entegre edilmesi ile şu anki durumun iyileşmesinin yanı sıra gelişmiş algoritmaların eklenmesi ile RFID'den sağlanan faydanın arttığı ortaya çıkarılmıştır.

### **2.2.2 Sağlık Sistemlerinde RFID Kullanım Alanları ile İlgili Çalışmalar**

RFID, sağlık hizmetleri alanında çok çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Al Nahas vd. [15], Yeni Zelanda'da anestezi ilaçlarının takibi için RFID'den faydalandığına değinmektedir. Anestezi enjektörleri için barkod kullanan bir takip sistemi geliştirilmiş ancak barkodun okutulabilmesi için enjektörden çıkarılıp düzleştirilmesi gerekli olduğu için takip sistemi sağlık personeli tarafından gerektiği şekilde kullanılmadığından bahsetmiştir. RFID teknolojisi sayesinde ise enjektörleri okutma gerekliliğinin ortadan kalktığını ve anestezi ilaçları takip sisteminin başarıya ulaştığını bildirmektedir.

İrlanda ve Amerika'da hasta bilgilerine erişimi hızlandırmak amacıyla RFID uygulamalarının olduğuna sırasıyla Lahtela [16] ve Halamka [17] değinmiştir. Hastalara takılan RFID bileklikleri yardımıyla hastalar kolaylıkla tanımlanabilmektedir. Bu durum hastanın sağlık durumu, alerjileri, kullandığı ilaçlar, ilaçlarını alması gereken zaman, konulan teşhis gibi bilgilere anında ulaşılabilirliği mümkün kılmaktadır. RFID'nin bu şekilde kullanılması ile hastanelerde dokümantasyon problemlerine çözüm getirilmiş olmaktadır.

Agarawala vd. [18], RFID'nin hastanın ilaç uyumluluğu kontrolünde de kullanılabileceğine işaret etmektedirler. Çalışmalarında hastanın evde kullandığı ilaç şişesine RFID etiketi yerleştirildiğinden bahsetmişlerdir. Hastanın gözetiminden sorumlu kişide bulunan ekrana hastanın ilaçlarını doğru zamanda, doğru şekilde kullanıp kullanmadığı bilgisi RFID sayesinde ulaştırılmaktadır.

Tzeng vd. [19], Taipei Tıp Fakültesi Hastanesi'nde RFID'nin bulaşıcı hastalıkların yayılmasının önlenmesi için kullanıldığına değinmektedirler. Hastanın temasta

olduğu kişiler RFID vasıtasıyla izlenebileceği için olası bir salgının önlenmesi için kullanılabileceğini vurgulamışlar ve hastanenin bu sistemden SARS hastalığı ile mücadelede faydalanabileceği yönünde beklentileri olduğunu söylemektedirler. Show Chwan Hastanesi'nde SARS hastalığı gibi bulaşıcı hastalıkların uzaktan tedavisi için RFID kullanılması yönünde çalışmalar yapıldığına da değinmektedirler. Hastanın ateşini ölçen bir sensör ve hasta ateşi bilgilerini saklayan RFID etiketi ile sağlık personeli evinde yatan hastanın durumunu kontrol edebilmektedir.

Halamka [17], Harvard Üniversitesi'ne bağlı Beth Israil Deaconess Sağlık Merkezi'nde (BIDSM) ilaçlardaki barkodlar ve hastalardaki RFID bileklikleri yardımıyla doğru zamanda, doğru hastaya, doğru ilacın temin edildiğini belirtmektedir. Tzeng vd. [19] ise Taiwan'da RFID ve barkodun bir arada kullanıldığı BIDSM'de yapılandırılan biraz daha kapsamlı bir çalışmaya değinmiştir. Hastane ilaçları bir makine vasıtasıyla tek tek paketlemekte ve her bir adet ilaca barkod yerleştirmektedir. Hastalarda bulunan RFID bilekliği ve ilaç dozlarında bulunan barkod yardımıyla doğru hastaya, doğru ilaç, doğru dozda verilebilmektedir. BIDSM'de ilaçlar için tatbik edilen uygulamanın bir benzeri hastalara doğru testin uygulanmasında ve doğru sonuçların ilişkilendirilmesinde de kullanılmaktadır. Yine aynı sağlık merkezinde RFID, yeni doğan bebek yoğun bakım ünitesinde kalan bebekler için doğru bebeğe, doğru anne sütünün verilmesinde kullanılmaktadır. Çalışmada hastanede RFID kullanımından önce barkod kullanıldığından ancak barkod kullanımının bazı limitleri olduğundan bahsedilmiştir. Hastalara barkod bilekliği verildiği dönemde barkodu okutmak için hastanın uyuyorsa uyandırılması gerektiğine, bebeklerin kollarına takılan bileklerin ise her seferinde açılıp düzleştirilip okutulması gerekliliğine değinilmekte ve bu sıkıntıların yanı sıra barkodun okunmaması, hatta yanlış okunması durumlarıyla da karşılaşılabildiği vurgulanmaktadır [17].

RFID yalnızca hastalar için değil, çalışan ve ekipman takibi için de kullanılmaktadır. RFID kullanımıyla BIDSM'de çalışanların yemek ve sigara molalarında geçirdikleri saatler kontrol altına alınmış ve çalışanların verimliliği artırılmıştır. Taşınır ekipmanlara takılan RFID etiketleri sayesinde ekipmanın hastane içinde yeri belirlenebilmekte ve çalışanların ekipman ararken harcadıkları değer katmayan zaman azaltılabilmekte ve ekipman faydası maksimize edilebilmektedir [17]. Bir

başka çalışan takibi uygulamasına Lahtela [16]'nın çalışmasında değinilmiştir. Woodwards Laboratuvarlarında uygulanan bir hijyen izleme sistemi çalışanlar ellerini yıkadıkça elini yıkayan kişiyi RFID yardımıyla tanımlamaktadır. Bu şekilde laboratuvarlarda hijyen standartlarına uyulması sağlanmaktadır.

Tablo 2-1 Sağlık Sistemlerinde RFID Kullanım Alanları Özet Tablosu

<b>Hastanede Takip</b>	<b>İlaç</b>
Ekipman	Doğru ilaç, doğru hastaya
Personel	Doğru ilaç, doğru dozda, doğru hastaya
Bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önlemek için hasta yeri	Hasta Uyumluluğu (ilaç tavsiyelerine uyması)
Bebek eşleme	Uzaktan tedavi
Hasta dosyaları	

Tablo 2-1'de sağlık sistemlerinde RFID kullanım alanları özet halinde verilmiştir. Bahsedilen çalışmalarda demirbaş takibinin hastaneler açısından oldukça büyük bir öneme sahip olduğu görülmektedir. Demirbaş ekipman takibinin hastaneye getirisini ölçmeyi amaçlayan çalışmamıza bir yol haritası çizmek adına literatürde şu ana kadar yapılmış RFID ile ekipman takibi ve katkı analizi ile ilgili mevcut çalışmalar incelenmiştir.

### **2.2.3 Sağlık Sistemlerinde RFID ile Ekipman Takibi ve Katkı Analizi**

Glabman [4] hastanelerde yıllık ortalama %10 envanter kaybına rastlandığına bununla birlikte hastane personellerinin zamanlarının %25-33'ünü ekipman ararken harcadıklarını ortaya koymaktadır. Yine aynı çalışmada 2003 yılında Miami'de 1550 yataklı bir hastanede 4 milyon \$'lık bir malzeme kaybı yaşandığına da dikkat çekilmektedir. Yaklaşık 500 yataklı bir hastanenin, kayıp, kiralama ve personelin verimsiz bir şekilde kullanılması sebepleriyle yılda 1 milyon \$'lık kayıplar yaşadığını da belirtmektedir.

Hastanelerde darboğazları belirlemek, ekipman arayışından kaynaklanan verimsizliği ortadan kaldırmak ve ekipman faydasını artırmak için bazı çalışmalar yapılmaktadır. Boginski vd. [20] Tallahassee'de Capital Regional Medical Center'da (CRMC) sıklıkla yeri değiştirilen tıbbi ekipmanlardan olan IV pompaların takibi için RFID teknolojisinin kullanılmasını bildirmiş ve toplanan yer değişim verilerini kullanarak bir simülasyon modeli oluşturmuştur. Oluşturulan simülasyon modelinde hastaların merkeze geliş yoğunlukları değiştirilerek sağlık merkezindeki IV pompa açısından darboğaz konumunda olan bölümler belirlenmiştir. Buna karşın çalışmada, RFID ile edinilen veriyi kullanarak ekipman kullanım verimliliğini artırıcı önerilerde bulunabilecek bir karar destek sisteminin sağlık merkezine getirebileceği faydalar üzerine bir araştırmaya yer verilmemiştir.

Qu vd. [21] literatürde RFID kullanımının değer analizi için yapılmış çalışma sayısının kısıtlı olduğuna değinmiş ve bu alandaki açığı kapatmak için farklı alanlara uyarlanabilecek bir model önermiştir. Yazarlar RFID ile hastanede ekipman takibinin değer analizi için Markov zinciri tabanlı bir model geliştirmişlerdir. Geliştirilen modelde öncelikle ekipmanların sistemde bulunabilecekleri durumlar, akabinde durumlar arası geçiş olasılıkları ve durumlarda kalma olasılıkları belirlenmiştir. Belirlenen durumlar şunlardır: Boşta, kullanımda, hazırlanıyor, bakımda, aranıyor, kayıp ve sistem dışında. Yazarlar hastanelerde sıklıkla kullanılan ve yeri değiştirilen bir ekipman olan AED-otomatik harici elektroşok cihazı (automated external defibrillator) için verilerin varsayımlarla oluşturulduğu bir model kurmuştur. Çalışmada RFID kullanılan ve RFID kullanılmayan durumları karşılaştırmak için ortalama yer değiştirme, AED kullanım, arama ve kayıp sayıları kullanılmıştır. RFID kullanılan durum için 48, kullanılmayan durum için 384 senaryo farklı talep durumları, hizmet oranları, arama etkinliği, hazırlama ve bakım politikaları ile oluşturulmuştur. Çalışma neticesinde RFID kullanılan sistemde AED kullanım oranlarının daha yüksek olduğu, arama zamanlarının azaldığı görülmüştür. Her ne kadar değer analizi için farklı bir bakış açısı getirmekteyse de bu model, hasta bakımının iyileşmesi, çalışan performansı ile çalışma isteğinin artması, medikal hataların azalması gibi faktörleri içermemektedir.



Efe vd. [22] Phoenix Kadın Hastalıkları ve Doğum Hastanesi'nde infüzyon pompası ve tansiyon ölçme aletinin içinde bulunduğu bir grup ekipman için yaptıkları simülasyon çalışmasında hastanelerde RFID vasıtasıyla takip edilen taşınabilir ekipmanlar arasından anlık kullanım için seçilecek ekipmanın belirlenmesinde kullanılmak üzere iki yöntem önermektedirler. Makalede, taşınabilir ekipmanlardaki RFID etiketleri ile hastanenin gerekli bölgelerine yerleştirilen RFID okuyucuları sayesinde ekipmanların tam olarak yeri belirlenebildiği için personelin ekipman aramasına gerek kalmadığı vurgulanmakta ve belirli bir ekipman için ihtiyaç oluştuğunda birden fazla boşta ekipman varsa kullanılacak ekipmanı seçmek için önerilen iki yöntem simülasyon yoluyla karşılaştırılmaktadır. Ekipmanların bölümler arası transferinin 15 dakika olduğunu, hastanede fazla ekipman bulunmaması durumunda dışarıdan ekipman kiralandığını bildirmişer ve bu ekipmanın hastaya geliş süresinin 30 dakika olduğunu varsaymışlardır. Bunun yanı sıra hastane doluluk oranı ile ekipman kullanımının orantılı olacağını varsaymışlardır.

Makalede bahsedilen ilk yöntem ekipmana ihtiyaç olduğunda kullanılacak ekipmanın seçimini rastgele yapmakta, ikinci yöntem en az kullanılmış olan ekipmanı seçmektedir. Simülasyonla yapılan analizde iki performans ölçütüne dayalı olarak karşılaştırma yapılmaktadır. Kullanılan performans ölçütleri; belirli bir zaman periyodunda bölümler arası ekipman hareketi sayısı ve belirli bir zaman periyodunda acil durumda kiralanmış ekipman sayısıdır. Algoritmaların belirlenen performans ölçütlerine göre karşılaştırılmaları sonucunda rastgele seçimin çalışmanın yapıldığı hastane için daha uygun olduğu görülmüştür. Yazarlar daha gelişmiş algoritmalar ile daha iyi sonuçlara ulaşılabileceğini vurgulamaktadırlar. Makalede benzer çalışmalara yol gösterici olması açısından hastane ekipmanları için bir sınıflandırma sistemi de önerilmektedir.

Efe vd. [22]'nin araştırmalarında kullanılan ekipman seçme algoritmaları, bölümler arası mesafeleri, ekipmanın bulunduğu yerden kullanılacağı yere ulaştırılması için kat edilmesi gereken mesafe, ihtiyacın aciliyeti gibi önemli faktörleri göz önüne almamaktadır. Simülasyon modelini geliştirmek için hasta varış sıklıkları ve hastanede kalış süreleri incelenmiş, ancak ekipman taşınması için gereken süreler, ekipman bulunamadığı takdirde yeni ekipmanın gelmesi için beklenen süre gibi

önemli değişkenlerin değerleri varsayımlarla oluşturulmuştur. Bu çalışma, hastanelerde RFID ile takip edilen ekipmanlar arasından seçim yapmak için kullanılabilen basit iki yöntemin karşılaştırılmasına bir örnek teşkil etmekle beraber, yapılan çalışmada RFID kullanımının hastaneye getireceği katma değer incelenmemiştir.

Ekipman takibinde RFID ile entegre çalışan karar destek sistemlerine literatürde bulunan tek örnek bir patent çalışmasıdır. Choubey [23] tarafından hazırlanan patent çalışmasında, RFID tabanlı RTLS ile bütünleşik çalışan ekipman kullanım oranı, ekipman aciliyeti ve talep yoğunluğu faktörlerini dikkate alarak ekipman ataması yapan genetik algoritma tabanlı bir karar destek sistemi oluşturulmuştur. Öncelikle hastane için bir ekipman veritabanı kurulmuştur. Bu veritabanı her bir ekipman ile ilgili olarak öngörülen talep, şu anki durum, bölümlerdeki fazla ekipman sayısı, hasta akışı, ekipman kullanım oranları gibi bilgilerin saklanması ve Ekipman Atama Sistemi için gerekli bilgilerin tedarik edilmesi görevlerini gerçekleştirmektedir. Ekipman Atama Sistemi ekipmanlara yer ataması yaparken “yarış durumu”na engel olmaktadır. Yarış durumu belirli bir ekipman ihtiyacı ortaya çıktığında ekipman fazlası olan bir bölümden ekipman ihtiyacı olan bölüme ekipman nakli yapıldıktan sonraki birkaç saat içinde transferi yapan bölümün o ekipmana ihtiyaç duyması olarak tanımlanmaktadır. Ekipman Atama Sistemi sadece çalışanlardan ekipman talebi geldiği durumda değil otomatik olarak da ekipman talebi üretebilmektedir. Otomatik ekipman talebi hastanedeki iş yoğunluğuna göre oluşturulmaktadır. Sistem belirli bir ekipmana ihtiyacı olan bölüm için ekipman atamayı o tipte ekipman fazlası olan birden fazla bölüm var ise seçimi çalışmada tanımlanan maliyeti en aza indirgeyecek şekilde yapmaktadır. Ancak bu çalışma RFID tabanlı RTLS sisteminin karar destek sistemi entegre edilmesi ile performans değişimi ile ilgili bir bilgi içermemekte, yalnızca kurulan sistem hakkında bilgi veren bir patent çalışmasıdır.

RFID'nin, kullanımını yeni yaygınlaşan bir teknoloji olması sebebiyle getireceği katkı konusunda bir takım çekinceler mevcuttur. Literatürde üretim sistemleri üzerinde yapılmış bazı çalışmalar bulunmasına karşın hastaneler üzerinde yapılan çalışma sayısı yok denecek kadar azdır. Bu nedenle RFID sisteminin bir hastaneye entegre edilmesi durumunda getireceği faydayı bulmak önem arz etmektedir. Envanter takibi

alanında yapılmış bazı çalışmalarda [13, 14] RFID ve birlikte çalışan gelişmiş bir algoritma yardımıyla RFID'den sağlanan faydanın arttığı görülmüştür.

Literatür araştırmalarında bulunan çalışmalar arasında gerçek bir sağlık merkezinde RFID takip sistemlerinin ve takip sisteminden yararlanan varlık seçme-yerleştirme-atama algoritmalarının hastaneye getireceği katma değer üzerine bir inceleme bulunmamaktadır. Bu tez çalışması ile TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi'ne RFID tabanlı ekipman takip sistemi kurulması durumunda sağlanacak katkının ölçülmesi ve RFID ile entegre çalışan bir ekipman seçim algoritması ile sağlanan faydanın ne kadar artacağı sorularına cevap bulmaya çalışılmıştır.

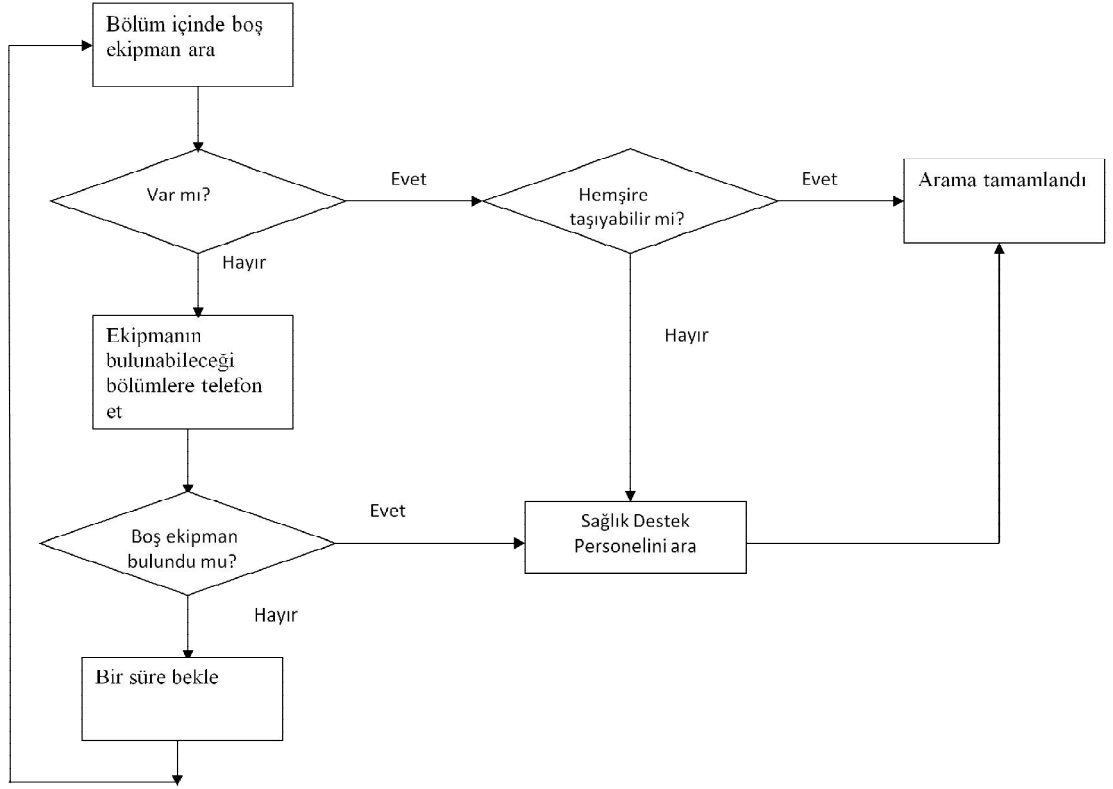
### **3. SİSTEM ANALİZİ**

Bu bölümde TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi için yapılan sistem analizi anlatılmıştır. Öncelikle mevcut sistemdeki bölümler arası ekipman paylaşımına değinilmiş, mevcut sistemin problemleri açıklanmış akabinde çalışma kapsamına dahil edilecek ekipman, bölümler ve bunların nasıl belirlendiği aktarılmıştır.

#### **3.1 Mevcut Sistemde Ekipman Paylaşımı ve Mevcut Sistemdeki Problemler**

Hastanede her bir bölümün kendine ait ekipmanı bulunmaktaysa da bir bölümdeki ekipman sayısının yetersiz kaldığı durumlarda bölümlerarası ekipman alış verişi gerçekleşmektedir. Ekipman kullanımı sonrasında bölümlerde ekipman için depolar olmasına rağmen ekipman çoğunlukla en son kullanıldığı bölümde, kullanıldığı odada bırakılmaktadır. Bu nedenle ekipmanlar bütün hastanede ortak kullanılıyor denilebilir.

Ekipmanların en son kullanıldıkları yerde bırakılması, hastanede ihtiyaç duyulan ekipmanların temin süresini geciktirmektedir. Ekipman ihtiyacı oluştuğunda ekipmanın tam olarak yeri belirlenemediği için ekipman aramak çalışanlara zaman kaybettirmektedir. Bu durum ekipmanın hastaya ulaştırılmasını geciktirmekte, dolayısıyla tedaviye başlama süresini uzatmaktadır. Hemşireler, ekipmanlar için önce ihtiyaç duyulan bölüm içindeki odalarda arama yapmakta, boş ekipman bulunamazsa telefon ile ekipmanın gitmiş olabileceği bölümleri aramaktadır. Ekipman arama akışı Şekil 3-1'de verilmiştir. Sistemdeki bir diğer problem, bazı ekipmanlar sıklıkla kullanılırken boş olduğu halde bulunamadığı için kullanılmayan ekipmanların olması ve bu durumun sonucu olarak ekipmanların bireysel kullanım miktarlarında farklılıklar oluşmasıdır. Bu durum bazı ekipmanların daha çabuk yıpranmasına sebebiyet vermektedir.



Şekil 3-1 Ekipman Arama Akış Şeması

### 3.2 Takibi Gerekli Ekipmanların ve Takip Edilecek Bölümlerin Belirlenmesi

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi yönetimi ile temasa geçilerek çalışmamız için hastanede gözlem yapmamız ve hasta mahremiyetini ihlal etmeyecek şekilde hastane verilerinden faydalanmamız için onay alındı.

TOBB ETÜ Endüstri Mühendisliği Bölümü, TOBB ETÜ Hastanesi yönetiminden katılımcıların ve bölüm sorumlu hemşirelerinin oluşturduğu RFID Çalışma Grubu ile bir RFID firmasının da katılımıyla hastanede toplantı yapılmıştır. Toplantı öncesinde bölüm sorumlu hemşirelerinden bölümlerinde başka bölümlerle ortak kullanıldığı için sıklıkla aranan ya da bölüm içinde sıklıkla yer değiştirdiği için aranan ekipmanların bir listesinin hazırlanması istenmiştir. Yapılan toplantıda bölüm sorumlularından temin edilen “Aranan Ekipman Listesi (AEL)”ndeki her bir ekipmanın RFID ile takibinin uygunluğuna karar vermek için görüş alışverişinde bulunulmuştur.

Takibi gerekli görülen ekipmanlar için öncelik ve takibe uygunluk analizi yapılmıştır. Bölümler tarafından AEL'deki 38 ekipman türünden 26'sının başlangıç aşamasında takibine gerek olmadığına karar verilmiştir. Ağrı pompa cihazı, alçı kesme makası, alçı kesme makinesi, ışık kaynağı, optik, otoskop oftalmoskop, seyyar bebek yatağı, süt sağma makinesi, usg-ultrasonografi, küvöz transport, dopler cihazı ekipmanları bölümler arasında taşınmadığı için; bladder sean, glukometre, havalı yatak, hasta yatağı, komot, larengoskop, pace-maker, pulse oksimetre, sedye, steteskop, tansiyon aletleri, timpanik termometre, transmitter (telemetry sistemi), walker ekipmanlarının nadiren aranması ya da aktif RFID etiketi ile takibinin ekipmanın maliyetinden daha fazla oluşu nedeniyle takibine bu aşamada gerek olmadığı belirlenmiştir. Takibi gerekli görülen ekipmanlar: ACT cihazı, ambu, EKG, ekokardiyografi, infüzyon pompası, şırınga pompası, nebulizatör, monitör, TEE probu, tekerlekli sandalye ve transcutan bilirubinometre olarak belirlenmiştir. Daha sonra takibi gerekli görülen ekipmanlar için öncelik ve aktif RFID etiketi ile takibe uygunluk özellikleri hastanede yapılan keşif gezisi sonucunda belirlenmiştir.

*Öncelik (1, 2, 3):* Takibi gerekli görülen ekipmanların takibinin yapılmasının bölüm bazında ve hastane bazında ne derece önemli olduğunun göstergesidir. Ekipmanın yer değiştirme sıklığına ve çalışanların arama sıklığına göre RFID takibinde en yüksek öncelik verilmesi istenen ekipmanlar için bu özelliğe 1 daha az öneme sahip ekipmanlar için 2, en düşük önceliğe sahip ekipmanlar için ise 3 değeri verilmiştir.

*Aktif RFID etiketi ile takibe uygunluk:* Ekipmanların şekil ve büyüklük itibarıyla aktif RFID etiketinin takılabilmesi için uygun olması. Takibe uygun olan ekipmanlar için U, olmayan ekipmanlar için UD değeri atanmıştır.

Tablo 3-1 Ekipman Öncelik ve Uygunluk Tablosu

Bölüm	Acil	Kardiyoloji	NICU	Yoğun Bakım	1.Kat	2.Kat	1.Kat Poliklinik	Malzeme Bölümü
Ekipman								
ACT cihazı		1,U		3,U				1,U
Ambu					3,UD	3,UD		
Nebulizatör	3,U			2,U	3,U	3,U		
Monitör		2,U		2,U	2,U			2,U
EKG					2,U	2,U		1,U
Ekokardiyografi		2,U						2,U
İnfüzyon Pompası				1,U	1,U	1,U		1,U
Perfüzör Pompası	2,U		1,U	1,U	1,U	1,U	1,U	1,U
TEE Cihazı		3,U						
Tekerlekli Sandalye					3,U	3,U		3,U
Transcutan			2,U			1,U		

Tablo 3-1 incelendiğinde ambunun şekil itibariyle aktif RFID etiketi ile takibe uygun olmadığı sonucuna varılarak ve kapsam dışında bırakılmıştır.

### 1. Keşif Gezisi

Ekipmanlar belirlendikten sonra bu ekipmanların takibi için hastanede izlenmesi gereken bölümlerin belirlenebilmesi amacıyla hastanedeki ekipman transferlerini bilen NICU Sorumlu Hemşiresi önderliğinde hastane yönetiminden bir temsilci, hastanenin teknik ekibinden bir çalışan ve firma teknik ekip sorumlusu ile hastane keşif gezisi yapılmıştır. RFID etiketi ile takip edilmesi istenen ekipmanların adetleri de belirlenmiştir. Belirlenen ekipmanların takip edilmesi gereken hastane bölümleri hastane planı üzerinde tespit edilmiştir. Şırınga pompası, infüzyon pompası ve EKG cihazı için neredeyse hastanenin tamamından oluşan bir bölgenin izlenmesi gerektiğine karar verilmiştir. Diğer ekipmanlar için belirlenen bölge nispeten daha dar olsa da bütün hastanede taşınan ekipmanları takip edebilmek için hastane genelinde bir takip sistemi kurulması gerekliliği doğmuştur. Keşif sırasında RFID antenlerinin (RFID Reader) yerleştirilebileceği noktalar hastanenin alt yapısı

konusunda bilgi sahibi olan hastane teknik ekibine danışılarak plan üzerinde belirlenmiştir.

## 2. Keşif Gezisi

Bu gezide 1. Keşif gezisinde belirlenen RFID anten noktalarının uygunluğu kontrol edilmiştir. 1. Keşif gezisine katılan gruba ek olarak donanımı sağlayacak firmadan da temsilciler katılmıştır. Anten uygunluğu testi için 433 MHz'de çalışan bir adet aktif RFID etiketi ve 3mW gücü olan bir anten kullanılmıştır. Takip edilmesine karar verilen türdeki ekipmanlardan birer örnek seçilerek aktif etiket yerleştirilmiş ve mümkün olan en az sayıda anten kullanılabilmesi için farklı noktalarda ölçümler yapılmıştır.

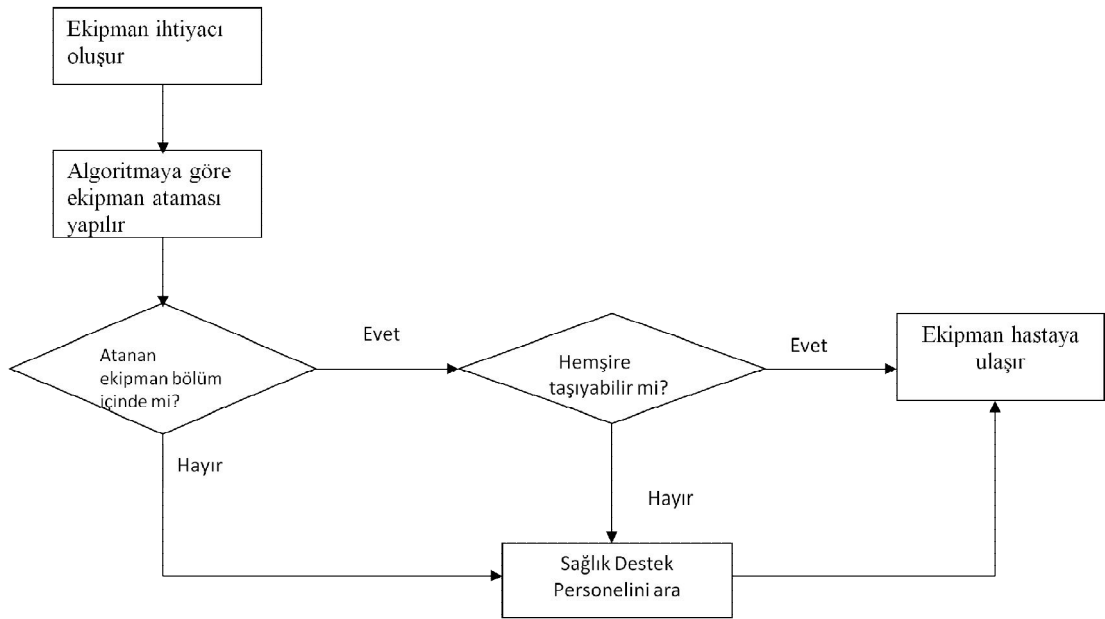
Yapılan gözlemler ve keşif gezileri sonucunda neredeyse hastanenin tamamı sayılabilecek olan bir bölgenin takip edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Takibin yapılması gereken bölümler: Zemin kat poliklinik, 1.kat poliklinik, 1.kat yatan hasta, 2.kat yatan hasta, 2.kat poliklinik, Anjiyo gözlem, B1 Kardiyoloji, Yoğun Bakımlar ve Ameliyathane olarak belirlenmiştir. Yapılan gözlemlerin yanı sıra hastanedeki ekipmanlar ile kurulması planlanan RTLS sisteminin etkileşimi olup olmayacağı incelenmiş ve benzer alanda çalışmak isteyen araştırmacılar için yol gösterici nitelikte bir doküman hazırlanmıştır ve EK C'de verilmiştir. Bu çalışma neticesinde takip edilmesi istenen ekipmanlar ile kullanılması düşünülen RFID frekansı arasında bir etkileşim olmayacağı ortaya çıkarılmıştır.



#### 4. RTLS DESTEKLİ EKİPMAN SEÇİM ALGORİTMALARI

Çalışmada geliştirilen hastanenin şu anki durumunu modelleyen simülasyon modeline iki farklı algoritma geliştirilerek entegre edilmiştir. Bu algoritmalar minimum mesafeye göre atama yapan Minimum Mesafe Algoritması ve ekipman ihtiyacının aciliyetini göz önünde bulundurarak atama yapan Denge Algoritmasıdır. Simülasyon modeline Minimum Mesafe Algoritması'nın entegre edildiği modele Minimum Mesafe Modeli/Senaryosu, Denge Algoritması'nın entegre edildiği modele ise Denge Modeli/Senaryosu olarak isim verilmiştir.

Gerçek zamanlı ekipman takip sisteminin entegre edilmesiyle oluşan ekipman temin süreci Şekil 4-1'de verilmiştir.



Şekil 4-1 Gerçek Zamanlı Takip Sisteminin Entegresiyle Oluşan Ekipman Temin Süreci

Süreç akışı incelendiğinde RTLS entegresiyle arama zamanlarının tamamen ortadan kalktığı görülmektedir. Bunun yanı sıra geliştirilen algoritmaların entegresi ekipmanların hastaya ulaşma süresini kısaltmıştır.

##### 4.1 Minimum Mesafe Algoritması

Bu model sisteme RFID kurulduktan sonra ekipmanların yerinin ve kullanım durumunun tam olarak bilineceği varsayımına dayanarak oluşturulmuştur. Piyasadaki

mevcut RTLS sistemleri bina planında ekipmanların yerini gösterdiği bilinmektedir. Kişilerin en yakındaki ekipmanı seçeceği varsayımı ile Minimum Mesafe Modeli'nin mevcut RTLS sistemlerini temsil ettiği söylenebilir. Oluşturulan modelde kullanılan Minimum Mesafe Algoritmasında ekipman seçimi, ekipman ihtiyacının olduğu bölüme en yakın olan boştaki ekipman seçilerek yapılır. Bu algorithmada ekipmanın aciliyeti ve kullanım oranı dikkate alınmamaktadır. Minimum Mesafe Modeli Arena Enterprise Suit Academic 13.0 programında oluşturulmuş, Minimum Mesafe Algoritması ise Visual Basic programında yazılarak modele entegre edilmiştir. Algoritmanın kodları EK B'de verilmiştir. Algoritma şu şekilde çalışmaktadır:

#### ***Minimum Mesafe Algoritması***

1. İhtiyaç duyulan ekipman tipi belirlenir
2. Belirlenen ekipman tipinden kaç adet olduğu belirlenir
3. Ekipman tipi için boşta olan cihaz numaraları "boş ekipman-kullanım miktarı-uzaklık matrisi"ne eklenir
4. Ekipman ihtiyacının olduğu bölüm belirlenir
5. Matristeki ekipmanların buldukları bölümler belirlenir
6. İhtiyacın olduğu bölüm ile matristeki ekipmanların bulunduğu bölümler arasındaki uzaklıklar belirlenir ve matrise yazılır
7. Matristeki ekipmanlar en yakından en uzağa doğru sıralanır
8. En yakındaki ekipman seçilir ve ekipman numarası belirlenir

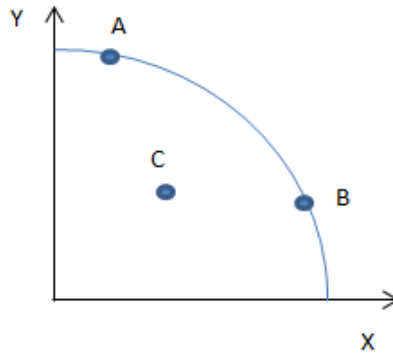
#### **4.2 Denge Algoritması**

Denge Algoritması ekipman ataması yaparken her bölüm için ihtiyacın aciliyet durumunun dikkate alınmasının yanı sıra ekipmanın kullanım süresi ve uzaklığı arasında bir denge sağlamayı da amaçlamaktadır. Denge Algoritması minimum mesafe algoritması gibi sisteme RFID kurulduktan sonra ekipmanların yerinin ve kullanım durumunun tam olarak bilinebileceği bilgisine dayanılarak oluşturulmuştur.

Diğer modellerden farklı olarak bu modelde ekipman ihtiyaçlarının aciliyet durumu bulunmaktadır. Bu model için de Arena'nın ve Visual Basic'in birlikte çalışması sağlanmıştır.

Ekipman ihtiyacının acil olduğu durumda en yakındaki boş ekipman seçilirken, ekipman ihtiyacının acil olmadığı durumda en az kullanılmış olan boş ekipman seçilmektedir. İhtiyacın aciliyetinin orta seviyede olduğu durum için ise kullanım süresi ve mesafe arasında denge kurulmaya çalışılmıştır. İki amaç birbirleriyle çelişebilir. Bu problem çok amaçlı bir optimizasyon problemi olarak ele alınmıştır. Bu tip problemlerin çözümünde sıklıkla amaçların belirli katsayılarla ağırlıklandırılarak tek bir amaç fonksiyonunda birleştirilmesi yoluna gidilir ya da Pareto optimal çözüm seti oluşturulur. Bahsi geçen ilk yöntemde ağırlıkların ne şekilde belirlendiği önem arz eder, küçük değişikliklerin çözüm üzerindeki etkileri büyük olabilir. Pareto optimal çözüm seti oluşturma yönteminde ise karar vericiye birkaç çözüm arasından seçme imkanı tanınır.

Bir maksimizasyon problemi için S mümkün çözümlerin kümesi ve karar değişkeni vektörü  $x^* \in S$  olmak üzere  $f_i(x) \leq f_i(x^*)$  her  $i=1, \dots, k$  için ve en az bir j için  $f_j(x) < f_j(x^*)$  sağlanıyorsa ve başka bir karar değişkeni vektörü  $x \in S$  yok ise  $x^*$  vektörüne pareto optimaldir denir [24].



Şekil 4-2 Pareto Frontier için Örnek Grafik

Şekil 4-2'de fayda maksimizasyonu için örnek bir pareto frontier verilmiştir. C noktasındaki X ve Y seviyesinden elde edilen fayda pareto frontier üzerinde olmadığı için en iyi değer değildir. A ve B noktaları ise faydanın en çok olduğu noktalardır.

Ancak A ve B noktaları arasında fayda açısından bir farklılık yoktur bir başka deyişle hiç biri bir diğerine baskın değildir ama her ikisi de C noktasına baskındır.

Denge Modeli'nde orta seviye aciliyete sahip ekipman ihtiyaçlarını karşılarken Kullanım Miktarı-Mesafe Dengeleme algoritması kullanılarak kullanım süresi ve mesafe arasında bir denge kurulmaktadır. Burada her bir ekipmanın toplam kullanım süresini en azlamak ve toplam alınan mesafeyi en azlamak iki amaç fonksiyonunu oluşturmaktadır. Bu problemde değerlendirilecek çözümlerin sayısı maksimum ekipman sayısı kadardır; TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi probleminde en fazla 20 adet (en fazla sayıya sahip olan nebulizatör için) çözüm noktası ele alınmaktadır. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi'nden daha büyük olan 1000 yataklı ve 500 yataklı iki hastane ile temasa geçilmiş her bir tip ekipman için sayının 200 adeti geçmediği bilgisine erişilmiştir. Hastane boyutu büyüdüğünde takip edilen ekipmanlar göz önüne alındığında arama uzayının çok fazla büyümeyeceği görülmüştür. Bu nedenle Pareto optimal çözüm kümesi oluştururken tam tarama (complete enumeration) yapılmıştır. Gerçek sistemde uygulandığında oluşturulan çözüm setinden karar vericiye seçenek sunularak seçim ona bırakılacaktır. Çalışmada geliştirilen Denge Modeli'nde kullanılan Kullanım Miktarı-Mesafe Dengeleme Algoritması'nda, ekipman seçimi pareto optimal çözüm setinden rastgele olarak yapılmaktadır. Algoritma kodu EK B'de verilmiştir.

Algoritma şu şekilde çalışmaktadır:

1. İhtiyaç duyulan ekipman tipi belirlenir
2. Belirlenen ekipman tipinden kaç adet olduğu belirlenir
3. Ekipman tipi için boşta olan cihaz numaraları "boş ekipman-kullanım miktarı-uzaklık matrisi"ne eklenir
4. Ekipman aciliyet durumu belirlenir
  - 4a. Aciliyet durumu acil ise *Minimum Mesafe Algoritması* çalıştırılır
  - 4b. Aciliyet durumu orta ise *Kullanım Miktarı - Mesafe Dengeleme Algoritması* çalıştırılır

4c. Aciliyet durumu acil değil ise *Minimum Kullanım Miktarı Algoritması* çalıştırılır

#### ***Minimum Kullanım Miktarı Algoritması***

1. İlgili ekipmanın “boş ekipman-kullanım miktarı- uzaklık matrisi”ndeki elemanları için toplam kullanım süreleri belirlenir ve matrise yazılır
2. Ekipmanlar en az kullanılanıdan en çok kullanılanına doğru sıralanır
3. En az kullanılan ekipmanın numarası seçilir

#### ***Kullanım Miktarı - Mesafe Dengeleme Algoritması***

1. İlgili ekipmanın “boş ekipman-kullanım miktarı- uzaklık matrisi”ndeki elemanları için toplam kullanım süreleri belirlenir ve matrise yazılır
2. Ekipman ihtiyacının olduğu bölüm belirlenir
3. Ekipmanların buldukları bölümler belirlenir
4. İhtiyacın olduğu bölüm ile matristeki ekipmanların bulunduğu bölümler arasındaki uzaklıklar belirlenir ve matrise yazılır
5. İki boyutlu sıralama algoritması kullanılarak (Bubblesort 2D) kullanım miktarı ve mesafeye göre ekipmanlar sıralanır
6. Baskılanmayan çözümlerden Pareto optimal çözüm kümesi oluşturulur
7. Pareto optimal çözüm kümesinden rastgele bir çözüm seçilir, seçilen ekipmanın numarası belirlenir.

Algoritma sisteme entegre edildiğinde karar vericinin çözümler arasından seçim yapması sağlanabilir. Ancak çalışmamızda algoritmanın katkısını ölçebilmek adına karar verici seçimini rastgele yaptığını varsayarak modellemiş bulunmaktayız.

### 4.3 Algoritmaları Değerlendirmede Kullanılacak Performans Ölçütleri

Mevcut sistemin problemleri bölümünde bahsedilen problemler için algoritmalar ile çözüm bulmak hedeflenmiştir. Bahsi geçen problemlere yönelik olarak sunulan çözümün performansını ölçebilmek adına *Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi* ve *Ekipmanların Kullanım Oranları Varyansları* performans ölçütü olarak belirlenmiştir.

*Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi:* Ekipman ihtiyacı ortaya çıktıktan sonra ekipmanın hastaya gelişine kadar olan süreyi kapsar.

*Ekipmanların Kullanım Oranları Varyansları:* Bir ekipman türünün mevcut aletlerinin bireysel % kullanım oranlarının, o ekipman türünün ortalama % kullanım oranından sapmasını inceler. Bu performans ölçütünün seçilmesinin temel sebebi ekipman türlerinin her birinin aletleri arasında kullanıma bağlı yıpranma farklarını incelemektir. Bu performans ölçütü ile aletler arasındaki kullanım süresine bağlı dengesizlikleri ne kadar azaltılabildiği ölçülmüştür.

Kullanım oranı varyansı ölçütü bir örnekle açıklanabilir. Hastanede toplam 18 adet bulunan tekerlekli sandalye için hastanenin şu anki durumu için yapılan hesaplama aşağıda anlatılmaktadır.

Tablo 4-1 örnek bir simülasyon tekrarı için farklı tekerlekli sandalyelerin numaraları, kullanım süreleri ve kullanım oranlarını göstermektedir. Tablo 4-1 ikinci sütunda verildiği gibi her bir simülasyon tekrarında her ekipman türünün her bir ekipmanı için toplam kullanım süresi tutulmuştur. Bu süre toplam ısınma periyodu haricinde kalan simülasyon koşum uzunluğuna bölünüp 100 ile çarpılarak ekipman türlerinin her bir ekipmanı için o simülasyon tekrarındaki ısınma periyodu sonrasındaki % kullanım oranı hesaplanmıştır. Hastanenin şu anki durumunda aranan ekipman aramayı yapan bölümde değilse diğer rastgele bir bölümden getirilir kuralı uygulandığı için ekipmanlar arasında kullanım oranları farklılıklar göstermektedir.

Tablo 4-1 Şu Anki Durumda Tekerlekli Sandalye Kullanım Süresi ve Kullanım Oranı

Tekerlekli Sandalye	1. Tekrardaki Kullanım Süresi (Dakika)	1. Tekrardaki Kullanım Oranı (%)
1	13820,81	31,99
2	14317,54	33,14
3	13721,27	31,76
4	12597,56	29,16
5	14223,36	32,92
6	15033,53	34,80
7	13285,21	30,75
8	12703,41	29,41
9	13691,53	31,69
10	14372,91	33,27
11	17512,62	40,54
12	14109,11	32,66
13	14111,71	32,67
14	13436,43	31,10
15	13388,81	30,99
16	14438,10	33,42
17	14381,78	33,29
18	13966,69	32,33

Bu durum, her zaman en yakındaki ekipmanın seçildiği Minimum Mesafe Modeli'nde Tablo 4-2'de görüldüğü gibi daha da belirgin olmaktadır. Bu çalışmada ekipmanların kullanım oranları arasındaki dengesizliği nümerik olarak ifade edebilmek için ekipmanların kullanım oranlarının varyansı performans ölçütü kullanılmıştır. Ekipmanların kullanım oranları varyansları ölçütünün anlamlı olması için takip edilen ekipman türlerinden en az beş ekipmanı olan türler için bu

performans ölçütü hesaplanmıştır. EKG, nebulizatör ve tekerlekli sandalye için bu ölçüt değerlendirilmiştir.

Tablo 4-2 Farklı Modeller için 1. Tekrar Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranları (%)

<b>Tekerlekli Sandalye Numarası</b>	<b>Şu Anki Durum Modeli</b>	<b>Minimum Mesafe Modeli</b>
1	31,99	14,60
2	33,14	72,44
3	31,76	70,81
4	29,16	2,79
5	32,92	0,19
6	34,80	67,93
7	30,75	67,29
8	29,41	59,02
9	31,69	55,17
10	33,27	49,63
11	40,54	40,37
12	32,66	32,21
13	32,67	20,52
14	31,10	13,29
15	30,99	8,06
16	33,42	5,80
17	33,29	2,66
18	32,33	0,84



## 5. SİMÜLASYON MODELİ

Bu bölümde analiz için, kurulan simülasyon modellerinin yanı sıra simülasyonla ilgili bazı temel bilgilerden de bahsedilmektedir. Problemin çözümü için incelenen hastane ekipman hareketleri sisteminin devinim içinde bir sistem oluşu, rastsal ve karmaşık olması sebebiyle simülasyon yönteminin uygun olduğuna karar verilmiştir. Ekipman seçim ve taşıma süreçleri düşünüldüğünde, olay odaklı olan kesikli olay simülasyon yönteminin en uygun araç olacağına karar verilmiştir. Uner vd. [25] simülasyon tanımını şu şekilde vermektedir: Simülasyon teorik ya da gerçek fiziksel bir sisteme ait, neden sonuç ilişkilerinin modelinin tasarlanması, farklı tasarım, koşul ve stratejiler altında model davranışlarının izlenmesi, sonuçların analiz edilmesi ve yorumlanması sürecidir.

Model oluşturma aşamasında ilk adım gerçek sistemi gözlemlemek, sistem bileşenleri arasındaki etkileşimleri incelemek ve gerekli verileri toplamaktır. Ancak sadece sistemi gözlemlemek her zaman yeterli olmayabilir. Sistemin içerisinde olan kişilerle konuşmak da sistemin çalışma şeklinin anlaşılmasında önem taşımaktadır (3.bölümde anlatılmıştır). İkinci adım ise kavramsal modeli oluşturmaktır. Sistem bileşenleri ile ilgili varsayımlar ve girdi parametrelerinin değerleri ile ilgili hipotezler de bu aşamada oluşturulur. Kavramsal model oluşturulduktan sonra ise gerçek sistemle karşılaştırılarak kavramsal geçerlilik testi yapılır. Üçüncü adım ise bir simülasyon yazılımı kullanarak kavramsal modeli bilgisayar ortamına geçirmektir. Gerçekte model oluşturma bu şekilde sıralı uygulanmamaktadır. Model geliştiricinin model oluşturma, doğrulama ve geçerlilik aşamalarında bahsi geçen adımların üzerinden pek çok kereler geçmesi gerekir [26].

### 5.1 Girdi Analizleri

Simülasyon modeli oluşturma aşamaları bölümünde bahsedilen şekilde öncelikle TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi yönetimi ile temasa geçerek çalışmamızı gerçekleştirebilmek için hastanede gözlem yapmak ve hasta mahremiyetini ihlal etmeyecek şekilde hastane verilerinden faydalanmak için onay aldık. Hastaneden toplamamız gereken veriler belirlendikten sonra veri için

hemşirelerle ve sağlık destek personelleriyle görüşülmüştür. Ekipmanların bir hastada kullanım süreleri, her bir bölümdeki her bir ekipman tipi için günlük ekipman ihtiyacı sayısı, bölümlerdeki ekipman arama süreleri, bölümlere gelen hasta sayısı, bölümler arası uzaklıklar ihtiyaç duyulan verileri oluşturmaktadır.

EKG ve ekokardiyografi ekipmanları dışındaki ekipmanların ne zaman hangi bölümde kullanılacağı tam olarak bilinemediği için zaman etüdü yaparak yeterli sayıda veriyi toplamak maalesef mümkün olmamıştır. Ancak tarafımızca yapılabilen az sayıda gözlem ve hemşireler ile yapılan görüşmeler sonucunda ekipmanların kullanım süreleri için Uniform ya da Üçgensel dağılım kullanılmıştır. Bilginin yetersiz olduğu durumlarda üçgensel ve uniform dağılım kullanımı uygundur [26-28]. Ekipman kullanım süreleri, günlük talep bilgileri ve bölümlere göre ekipman arama süreleri EK A'da verilmiştir. EKG ve ekokardiyografi için ise zaman etüdü çalışması yapılabilmştir. EKG için 30 ve ekokardiyografi için 20 veri tutulabilmştir. Toplanan veriler Arena Input Analyzer yardımıyla dağılıma oturtulmuştur. Dağılımın uygunluğunun kontrolü için toplanabilen veri sayısının 50'den az oluşu nedeniyle Ki-Kare testi kullanılamamış, Kolmogorov-Smirnov testi yapılmıştır. Bahsi geçen iki ekipman için dağılım grafikleri EK A.4'te verilmiştir, belirlenen dağılımlar ve uygunluk kontrolü için yapılan Kolmogorov-Smirnov testinin p değerleri ise Tablo 5-1'de verilmiştir. p değerinin büyük olması dağılımın uygunluğunun yüksek olduğunu gösterir.

$H_0$ : EKG Kullanım Süresi Erlang dağılımındadır.

$H_1$ : EKG Kullanım Süresi Erlang dağılımında değildir.

p değeri  $H_0$  hipotezini ancak reddeden önem derecesini gösterir. Geleneksel önem dereceleri 0.1, 0.05, 0.01'dir [26]. Tabloya göre EKG Kullanım Süresi için p değerinin oldukça yüksek olduğu görülür.

$H_0$ : Ekokardiyografi Kullanım Süresi Gamma dağılımındadır.

$H_1$ : Ekokardiyografi Kullanım Süresi Gamma dağılımında değildir.

Benzer şekilde ekokardiyografi için de p değerinin yüksek olduğu Tablo 5-1'den görülebilir.

Tablo 5-1 Ekipman Kullanım Süresi için Belirlenen Dağılımlar

<b>Ekipman</b>	<b>Belirlenen Dağılım</b>	<b>Kolmogorov-Smirnov</b>
<b>EKG</b>	1.1 + ERLA(0.294, 6)	p değeri > 0.15
<b>Ekokardiyografi</b>	2 + GAMM(1.41, 2.97)	p değeri > 0.15

Bölümler arası uzaklıklar için hastanenin elektrik alt yapısı planlarından faydalanılarak hastanenin planı çıkarılmıştır. Hastane planının basitleştirilmiş temsili AutoCad 2010 yardımıyla oluşturulmuş EK A.2'de verilmiştir. Oluşturulan plan üzerinden bölümler arasındaki uzaklıklar hesaplanmış ve Arena için uzaklık matrisi EK A.2'deki gibi oluşturulmuştur.

## 5.2 Varsayımlar

Simülasyon çalışmalarında varsayımlar iki ana tipte incelenir: Yapısal varsayımlar ve veri varsayımları. Yapısal varsayımlar sistemin çalışması ile ilgili modellemeyi yapabilmek için gerçeğin basitleştirilerek modele aktarılabilmesi için yapılmış varsayımlardır. Yapısal varsayımları kontrol etmek için sistemin çalışma şekli sorgulanmalıdır ve geçerliliği kontrol için modelin bu çalışma şeklini yeterli ölçüde sağlayıp sağlamadığı araştırılmalıdır[27].

Yapısal varsayımlar:

- Ekipmanlar kullanıldıkları yerde bırakılırlar.
- Sağlık Destek Personeli (SDP) sadece ekipman taşımakla görevlidir.
- SDP'lere birden fazla ekipman talebi aynı anda geldiğinde SDP'ler FIFO kuralına göre talepleri karşılar.

Veri varsayımları ise modelde kullanılacak veri dağılımları için yapılır ve güvenilir veri üzerinde doğru istatistiksel analizlerle oluşturulmalıdır [27]. Veri varsayımlarının geçerliliği uygunluk testleri (goodness of fit tests) ile kontrol

edilmelidir ya da Arena simülasyon programının girdi analizcisi (input analyzer) kullanılarak da en uygun dağılım bulunabilir.

Veri varsayımları:

- Ekipman talepleri, sorumlu hemşireler tarafından verilen oranlarla günlük hasta sayılarından yola çıkılarak hesaplandı.
- EKG ve ekokardiyografi dışındaki ekipmanlar için her bir bölümde kullanım süreleri, ekipmanları kullanan hemşirelere danışılarak üçgensel dağılıma uygun olarak belirlenmiştir [27].
- Katlar arası ekipman taşınırken asansör beklerken ve asansörde geçen süre ihmal edilmiştir.
- SDP'nin yürüme hızı 0,5 m/sn olarak kabul edilmiştir [29].

### **5.3 Doğrulama ve Geçerlilik**

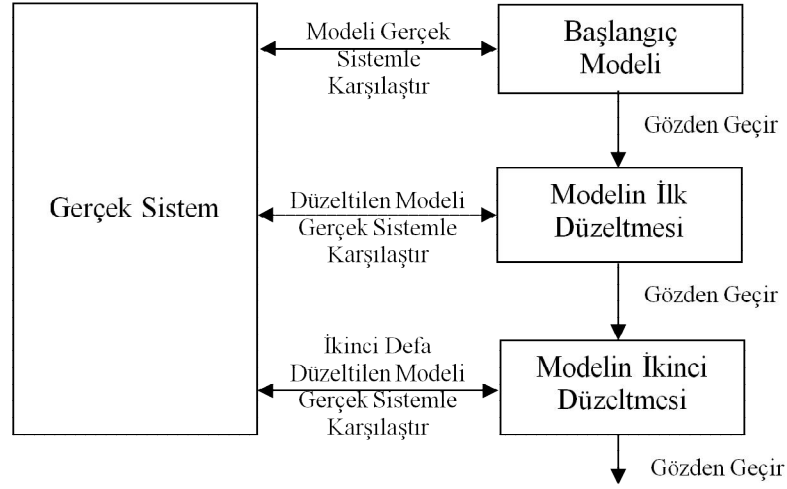
#### **5.3.1 Doğrulama**

Bu aşamada modelin bilgisayar ortamına doğru geçirilip geçirilmediği araştırılır. Ekipman kullanım süreleri, talep sayıları vb. girdilerin doğru girilip girilmediği kontrol edilmiştir. Bunun yanı sıra talep sayısı, kullanım süreleri, ekipman sayısı gibi girdi değişkenleri değiştirilerek modeldeki ortalama kuyruk uzunlukları, ortalama kuyrukta bekleme süreleri, ortalama süreç içi envanter gibi istatistikler incelenerek modelin tutarlılığı kontrol edilmiştir.

#### **5.3.2 Geçerlilik**

Bu aşamada doğru modelin kurulup kurulmadığı araştırılır. Model ile gerçek sistemin ve modelin davranışı ile gerçek sistemin davranışının karşılaştırılması ve modelin kalibre edilmesi sürecinin bütününe geçerlilik süreci denir. Modelin kabul edilebilir olduğuna karar verilene dek devam edilir. Kalibrasyon, modelin gerçek sistemle karşılaştırılması ve değişiklikler yapılması tekrarlanan sürecinin adıdır. Modelin gerçek sistemle karşılaştırılması pek çok değişik test ile yapılır. Bu testlerin bazıları öznel bazıları ise nesnedir. Öznel testler çoğunlukla sistem hakkında bir ya da birkaç

açından bilgi sahibi olan kişiler yardımıyla yapılır. Bu kişilere sistemin çıktılarıyla ilgili kanaatleri sorulur. Nesnel testler ise her zaman sistem davranışı ile ilgili verilere ve model davranışı ile ilgili verilere ihtiyaç duyar. Sistem ve modelin aynı açıdaki bir ya da daha fazla verinin istatistiksel olarak karşılaştırılması ile yapılır. Bu tekrarlanan işlemler modelin doğruluğundan emin olunana dek Şekil 5-1'deki gibi sürdürülür [27].



Şekil 5-1 Bir Model için Tekrarlanan Kalibrasyon Süreci

Hiçbir model gerçek bir sistemi her açıdan temsil edemez. Bunun dışında modelin her bir yeniden düzenlemesi zaman, emek ve para gerektirir. Bu nedenle model geliştirici gerçek sistemi yansıtmaya doğruluk oranı ile maliyet arasında bir denge sağlamalıdır. Geliştirici model kabul edilebilir olana kadar modeli düzeltmelidir. Geçerlilik testi üç aşamada yapılır: Yüzeysel geçerlilik, model varsayımları geçerliliği, girdi-çıktı değişimleri geçerliliği kontrolü.

### 1. Yüzeysel Geçerlilik (Face Validity)

Model geliştiricinin ilk amacı gerçek sistemi bilen kişilerce yüzeysel olarak geçerli görülen bir model oluşturmaktır. Mantıklı varsayımlar ve güvenilir veriler yardımıyla oluşturulmuş olup olmadığı sistem hakkında bilgili kişilerce kontrol edilir. Bir modelin yüzeysel olarak geçerliliği duyarlılık analizi yardımıyla da test edilebilir. Modelin bir girdi değişkeni değiştiğinde beklenen tepkiyi verip vermediği incelenir [27]. Çalışmamızda kurulan hastane temel durum modeli

sistemin içerisinde olan hemşireler tarafından kontrol edilmiştir ve yüzeysel geçerlilik testinden geçmiştir.

## **2. Model Varsayımları Geçerliliği**

Simülasyon modeli gerçeğin bir özeti niteliğindedir. Dolayısıyla model gerçek sistemin basitleştirilmiş bir halidir. Basitleştirme için yapılan varsayımların incelenen sistemin işleyişini değiştirmediğinden emin olmak gerekir. Aksi halde model incelenen sistemi yansıtamaz. Bölüm 5.2’de bahsedilen varsayımları inceleyelim.

Yapısal varsayımlar:

- Ekipmanlar kullanıldıkları yerde bırakılırlar.

*Geçerlilik Durumu:* Ekipmanlar çoğunlukla kullanıldıkları en son yerde bırakılmaktadırlar. Zaman zaman tekrar alındıkları bölüme ya da depoya geri götürüldükleri de olmaktadır. Ancak çoğunlukla en son yerde bırakılmaları varsayımı geçerli kılmaktadır.

- Sağlık Destek Personeli (SDP) sadece ekipman taşımakla görevlidir.

*Geçerlilik Durumu:* SDPlerle yapılan görüşmeler sonucunda günün çoğunda ekipman aradıkları ya da ekipman taşıdıkları artan vakitlerde hemşirelere hasta bakımı konusunda yardımcı oldukları öğrenilmiştir. Kurulan bütün modellerde bu varsayım olduğu için sistem karşılaştırmaları varsayımdan etkilenmemiştir. Bu nedenle sadece ekipman taşıdıkları varsayımı geçerli bir varsayımdır.

- SDPlere birden fazla ekipman talebi geldiğinde SDPler FIFO kuralına göre talepleri karşılar.

*Geçerlilik Durumu:* SDPlerle yapılan görüşmeler sonucunda bu varsayımın geçerli olduğu öğrenilmiştir.

Veri varsayımları:

- Ekipman talepleri, sorumlu hemşireler tarafından verilen oranlarla günlük hasta sayılarından yola çıkılarak hesaplandı.

*Geçerlilik Durumu:* İlgilendiğimiz ekipmanların çoğunlukla hemşireler tarafından kullanıldığı ya da hemşirelerin bulunduğu ortamda doktorlar tarafından kullanıldığı öğrenilmiştir. Dolayısıyla hastaların ne kadarında ekipmanların kullanıldığı hemşireler tarafından yaklaşık olarak bilinmektedir. Bu nedenle varsayım geçerlidir.

- EKG ve ekokardiyografi dışındaki ekipmanlar için her bir bölümde kullanım süreleri, ekipmanları kullanan hemşirelere danışılarak üçgenel dağılıma uygun olarak belirlenmiştir [27].

*Geçerlilik Durumu:* Ekipmanların çoğunlukla hemşireler tarafından kullanıldığı ya da hemşirelerin bulunduğu ortamda doktorlar tarafından kullanıldığı bilinmektedir. Dolayısıyla ekipmanların bir hasta üzerinde kullanım süresi hemşireler tarafından yaklaşık olarak bilinmektedir. Bu nedenle varsayım geçerlidir.

- Katlar arası ekipman taşınması sırasında hareket harici asansör beklerken ve asansörde geçen süre ihmal edilmiştir.

*Geçerlilik Durumu:* Hastanenin küçük 4 katlı bir hastane oluşu, günlük hasta sayısının büyük hastanelere nazaran az oluşu ve 5 asansörün katlar arasında ekipman taşımakta kullanılması asansör bekleme sürelerinin ve asansörde seyahat sürelerinin kısa olmasına sebebiyet vermektedir. Dolayısıyla modelde yapılan varsayım işleyişi değiştirmeden modele yansıtmanız konusunda bir sorun teşkil etmemektedir.

- SDP'nin yürüme hızı 0,5 m/sn olarak kabul edilmiştir [29].

*Geçerlilik Durumu:* Yapılan gözlemler neticesinde bu varsayım geçerli kabul edilmiştir.

### **3. Girdi-Çıktı Değişimleri Geçerliliği**

Modelin gelecekte gerçek sistemde yapılacak bir değişikliğin sonuçlarını tahmin edebilme yeteneğini ölçmek için yapılan bir geçerlilik testidir. Ayrıca modelin değişen girdi değişkenlerine göre çıktıları tahmin edebilme becerine sahip olması da gerekmektedir yani model tek bir girdi seti için değil pek çok girdi seti için doğru tahmini yapabilme yetisine sahip olmalıdır. Bu geçerliliği test etmek için geleceğin tahmini yerine “geçmişin tahmini” (prediction of past) yapılabilir. Modelin

geliştirilmesi ve kalibrasyonu için kullanılan veri setinin haricinde bir veri seti kullanılarak geçmiş sistem çıktılarının tahmini yapılabilir. Ancak istatistiksel testlerin uygulanmasının mümkün olmadığı durumlarda Turing Testi uygulanabilir. Sistem davranışı hakkında bilgili personel yardımıyla modelin çıktıları gerçek sistemle karşılaştırılarak modelin geçerlilik kontrolü yapılabilir. Sistem hakkında bilgi sahibi kişilere modelin sonuçları ve gerçek değerler karışık olarak verildiğinde kişiler hangi değerlerin hangisinin gerçek hangisinin model olduğunu anlayamıyorsa geçerlilik testinden geçmiş olur [27]. Elimizde gerçek sisteme ait bekleme süresi ve ekipman kullanım oranı verileri olmadığı için çalışmamızda geçerlilik kontrolü için yüzeysel geçerlilik testi kullanılmıştır. TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi çalışanlarına kurulan temel durum modelinden alınan ekipmanın hastaya gelme süreleri gösterilmiştir. Bölümlerin neredeyse tamamında temel durum modelinin sonuçlarının gerçek sistem verileriyle farksız olduğu görülmüştür. Gerçek sistem ile temel durum modeli arasında farkın bulunduğu durumlar için, farka neden olan sebepler araştırılmış ve model düzeltilmiştir.

#### **5.4 Isınma Periyodu ve Koşum Uzunluğu**

Çıktı analizi simülasyon sonucunda elde edilen verilerin incelenmesidir. Çıktı analizi sistemin performansını tahmin etmeyi ya da iki ve ya daha fazla alternatif sistem tasarımlarını karşılaştırmayı amaçlar [26].

Çıktı analizine göre simülasyon tipleri sonlu ve sonsuz simülasyon olmak üzere ikiye ayrılır. Sonlu simülasyonda (terminating simulation) her bir tekrarın koşum uzunluğunu belirleyen doğal bir E olayı mevcuttur. Farklı koşumlar birbirinden bağımsız rastgele sayıları ve aynı başlangıç kuralını kullandıkları için farklı koşumlardaki karşılaştırılabilir rastgele değişkenler birbirinden bağımsız ancak aynı dağılıma sahip olacaktır (iid). Sonsuz simülasyonda (nonterminating simulation) ise simülasyonun koşum uzunluğunu belirleyecek doğal bir E olayı yoktur. Yeni bir sistem tasarlarken ya da mevcut sistemi değiştirirken normal bir şekilde çalışan sistemin uzun vadedeki davranışının incelenmesinin istendiği durumlarda sonsuz simülasyon kullanılır, performans ölçüsü ise modelin kararlı hal parametresi olarak



isimlendirilir. Eğer bu parametre çıktı stokastik sürecinin bir karakteristiği ise kararlı hal parametresinden söz edilebilir [27].

#### 5.4.1 Isınma Periyodunun Belirlenmesi

$Y_1, Y_2, \dots$  sonsuz bir simülasyonun tek bir koşumunun bir çıktı stokastik süreci olsun.  $Y$ ,  $F$  dağılım fonksiyonuna sahip kararlı hal rastgele değişkeni olmak üzere  $i \rightarrow \infty P(Y_i \leq y) = F_i(y) \rightarrow F(y) = P(Y \leq y)$ .  $F_i$   $I$  başlangıç koşullarına bağlıdır. Eğer  $\Phi$ ,  $Y$ 'nin  $E(Y)$  gibi bir karakteristiği,  $P(Y \leq y)$  ya da  $Y$ 'nin quantili ise kararlı hal parametresi olarak adlandırılır.  $\Phi$  tahmin edilirken yaşanan bir sıkıntı  $F$ 'den farklı bir dağılıma sahip olan  $Y_i$ 'nin dağılım fonksiyonunun belirlenmesidir. Çünkü genellikle kararlı hal davranışını temsil edecek  $I$ 'yı seçmek mümkün olmamaktadır.  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$  gözlemleri temel alınarak oluşturulan  $\Phi$  tahmincisinin kararlı hal davranışını temsil edememesine sebebiyet vermektedir. Örneğin örneklem ortalaması  $\bar{Y}(m)$   $m$ 'nin bütün sonlu değerleri için  $v = E(Y)$ 'nin yanlı tahmincisidir. Bu problem simülasyon literatüründe başlangıç durumu problemi olarak adlandırılır. Kararlı hal ortalaması  $v = E(Y)$ 'yi tahmin etmeye çalıştığımızı düşünelim.  $v = \lim_{i \rightarrow \infty} E(Y_i)$  olarak tanımlanır. Bu problemin çözümü için model ısınma periyodu oluşturulur yani simülasyonda başlangıç verilerinin bir kısmı silinir. Bu şekilde tahminin yanlılığı azaltılır.

$$\bar{Y}(m, l) = \frac{\sum_{i=l+1}^m Y_i}{m-l} \quad (1 \leq l \leq m-l) \quad (5.1)$$

olmak üzere  $Y_1, Y_2, \dots, Y_m$  gözlemleri için  $v$ 'nin tahmincisi  $\bar{Y}(m)$  yerine  $\bar{Y}(m, l)$  kullanılır. Isınma periyodu  $l$  için  $E(\bar{Y}(m, l)) = v$  olacak şekilde  $l$  ve  $m$  seçilmesi istenir. Eğer  $l$  gerekenden fazla uzun alınırsa  $\bar{Y}(m, l)$ 'nin varyansı büyük olacaktır.  $l$ 'yi belirlemek için çalışmamızda Welch yöntemi kullanılmıştır [27].

#### Welch Yöntemi

1.  $n \geq 5$  olmak üzere  $n$  tekrarlı  $m$  uzunluğunda simülasyon yapılır. ( $m$  büyük olmak üzere)  $Y_{ji}$   $j$ . tekrarın  $i$ . gözlemi olsun. ( $j = 1, 2, \dots, n$ ;  $i = 1, 2, \dots, m$ )
2. Her bir tekrar için ortalamalar hesaplanır bu ortalamalar kullanılarak tekrarların ortalaması

$$\bar{Y}_i = \sum_{j=1}^n Y_{ji} / n \quad (5.2)$$

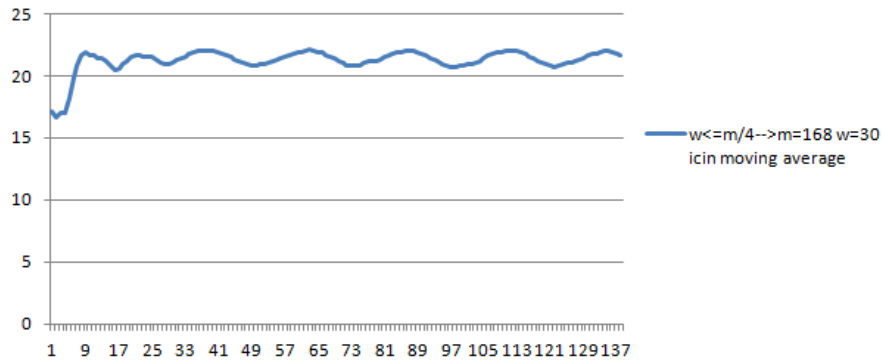
$i = 1, 2, \dots, m$  formülü ile bulunur.

3. Tekrarların hareketli ortalamaları  $\bar{Y}_i(w)$  hesaplanır.  $w$  pencere genişliği olarak adlandırılan pozitif bir tamsayıdır.  $w \leq \lfloor m/4 \rfloor$  olmak üzere

$$\bar{Y}_i(w) = \begin{cases} \frac{\sum_{s=-w}^w \bar{Y}_{i+s}}{2w+1} & i = w + 1, \dots, m - w \\ \frac{\sum_{s=-(i-1)}^{i-1} \bar{Y}_{i+s}}{2i-1} & i = 1, \dots, w \end{cases} \quad (5.3)$$

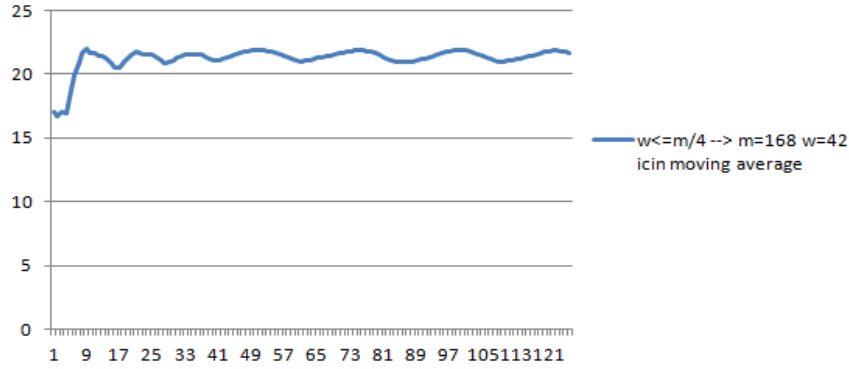
4.  $\bar{Y}_i(w)$ 'nin grafiğini çizerek kararlı halin başladığı nokta belirlenir, bu şekilde  $l$  belirlenmiş olur [27].

Temel durum için modele saatlik karşılanan ekipman taleplerini tutan bir sayaç eklenmiştir. 10 tekrar yapılmış her bir tekrarın her bir koşumunun değerleri bulunmuş her bir saat için ortalamalar bulunmuş daha sonra Welch yönteminde bahsedildiği gibi hareketli ortalamalar hesaplanarak pencere genişliği 30 ve 42 için grafikler oluşturulmuştur.



Şekil 5-2  $m=168$   $w=30$  için Hareketli Ortalama

Şekil 5-2 ve Şekil 5-3 incelendiğinde 33 saatlik bir sürenin ısınma periyodu olarak seçilmesinin uygun olduğu görülür. Pencere genişliğinin 42 olduğu durumda grafik daha düzgün bir hale gelmektedir ve ısınma periyodu için 33 saatin seçilmesi gerektiği daha net anlaşılabilir.



Şekil 5-3 m=168 w=42 için Hareketli Ortalama

Isınma periyodunun gerekenden daha kısa alınmaması önem teşkil etmektedir. Bu nedenle ihtiyatlı davranmak adına ısınma periyodu 48 saat olarak belirlenmiştir.

#### 5.4.2 Koşum Uzunluğu

Bir simülasyon koşumunun ısınma periyodu silindikten sonra geride kalan kısmı ısınma periyodunun en az on katı kadar olmalıdır [27]. Isınma periyodu 2 gün olarak belirlenmişti, bu durumda koşum uzunluğunun en az 22 gün olması (2 gün ısınma+ 20 gün koşum) gerekmektedir. Hastane modeli için koşum uzunluğu 32 gün (2 gün ısınma + 30 gün koşum) olarak belirlenmiştir.

#### 5.5 Tekrar Sayısının Belirlenmesi

Tekrar sayısı belirlenirken Görece Hata (Relative Error) metodu kullanılmıştır. Hesaplamalarımızda %90 güven aralığında görece kesinlik %10 olacak şekilde belirlenmiştir.

##### **Göreceli Hata Metodu**

Görece kesinlik ( $\gamma$ ) şu şekilde tanımlanır:

$$\frac{|\bar{X}(n) - \mu|}{|\mu|} \leq \gamma \quad (5.4)$$

Tekrar sayısı ise bu yöntemde aşağıdaki gibi belirlenir. [27]

$$n_r^*(\gamma) = \min \left\{ i \geq n : \frac{t_{i-1, 1-\alpha/2} \sqrt{S^2/i}}{|\bar{X}(n)|} \leq \frac{\gamma}{1+\gamma} \right\} \quad (5.5)$$

Hastane modeli için (5.4) ve (5.5) denklemleri kullanılarak replikasyon sayısı ortalamayı %90 ihtimalle maksimum %10 görece hatalı olarak tahmin edebilecek

şekilde yatan hasta ve poliklinik bölümlerindeki kritik görülen sağlık destek personelinin bekleme süreleri üzerinden hesaplanmıştır. Öncelikle altı tekrarlı 30 günlük bir koşturum yapılmıştır. Sonuçlar üzerinden kaç tekrar yapılması gerektiğine karar verilmiştir.  $\frac{t_{i-1,1-\alpha/2}\sqrt{S^2/i}}{|X(n)|} \leq \frac{\gamma}{1+\gamma}$  olması için 22 tekrarın yapılması yeterlidir. Bekleme süresi performans ölçütü ele alındığında denklem (5.5) kullanılarak 22 tekrarın yeterli olduğu görülmüştür. Bekleme süreleri her tekrar için o tekrarda gerçekleşen tüm bekleme sürelerinin ortalaması alınarak hesaplandığı için bekleme süreleri ortalamalarının dağılımı normal dağılıma uygundur.

Kullanım oranı varyansı bir tekrarda bir ekipman türü için tek bir sayı olarak hesaplanmaktadır. Varyans ortalamalarının analizinde güven aralıklarının sağlıklı bir şekilde kurulabilmesi için central limit teoremi uygun olarak en az 30 tekrar yapılmıştır. Tablo 5-2’de görüldüğü şekilde 30 tekrar bekleme süresi analizi için de yeterlidir.

Tablo 5-2 Tekrar Sayısının Belirlenmesi

Kuyruk Adı	Ortalama	Varyans	Tekrar Sayısı (i)	$\frac{t_{i-1,1-\alpha/2}\sqrt{S^2/i}}{ X(n) }$	$\frac{\gamma}{1+\gamma}$
1.Kat Ana Poliklinik Seize SDP Tekerlekli Sandalye	4,26	0,45	30	0,05	0,09
Pediyatri Seize SDP Transcutan	2,76	0,49	30	0,08	0,09

Arena Modeline ait bazı ekran görüntüleri EK D’de verilmiştir.

## 6. ANALİZ

Bu bölümde öncelikle hastanenin şu anki talep ve ekipman seviyesi için üç senaryonun sonuçları için oluşturulan %95 güven aralıkları aktarılmış sonrasında ise duyarlılık analizleri ve sistem karşılaştırmaları işlenmiştir. Duyarlılık analizleri kısmında Temel Senaryo, Minimum Mesafe Senaryosu ve Denge Senaryosu için 2<sup>2</sup> faktöriyel deney tasarımları yapılmış ve faktör etkileri incelenerek algoritmaların farklı koşullardaki performansı incelenmiştir. Sistem karşılaştırmaları kısmında ise Temel Senaryo ile diğer senaryoların %95 güven seviyesinde ikili karşılaştırmaları ve bütün senaryoların birbiriyle %95 güven seviyesinde karşılaştırmaları yapılmıştır.

### 6.1 Sonuçlar

Bu kısımda hastanenin şu anki ekipman sayısı ve talep seviyesi için temel seçim algoritmasıyla, minimum mesafe algoritmasıyla ve denge algoritmasıyla elde edilen sonuçlar Tablo 6-1, Tablo 6-2 ve Tablo 6-3'te verilmektedir.

Tablo 6-1 Temel Senaryo Sonuçları

<b>Temel Senaryo</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi (Dakika)	9,33	0,02
EKG Kullanım Oranı (%)	3,35	0,03
Nebulizatör Kullanım Oranı (%)	8,04	0,05
Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı (%)	31,92	0,16

Tablo 6-2 Minimum Mesafe Senaryosu Sonuçları

<b>Minimum Mesafe</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi (Dakika)	3,55	0,02
EKG Kullanım Oranı (%)	3,35	0,03
Nebulizatör Kullanım Oranı (%)	8,01	0,05
Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı (%)	31,90	0,12

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde ekipmanın hastaya geliş süresi performans ölçütü için geliştirilen iki modelin de temel durumdan daha iyi sonuçlar verdiği görülmektedir. Sisteme entegre edilen RTLS'in ve geliştirilen algoritmaların

ekipmanın hastaya geliş süresini kısalttığı söylenebilir. Ekipmanların ortalama kullanım oranları incelendiğinde beklenildiği üzere kullanım oranlarının yakın olduğu görülmektedir.

Tablo 6-3 Denge Senaryosu Sonuçları

<b>Denge</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Acil Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi (Dakika)	4,03	0,02
Orta Acil Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi (Dakika)	4,77	0,03
Acil Olmayan Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi (Dakika)	5,88	0,03
EKG Kullanım Oranı (%)	3,33	0,02
Nebulizatör Kullanım Oranı (%)	8,03	0,06
Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı (%)	31,83	0,15

## 6.2 Duyarlılık Analizleri

Bu aşamada kurulan senaryo modellerinin farklı koşullar altında gürbüzlüklerini ölçmeyi amaçladık. Bu amaçla 2<sup>2</sup> faktörel deney tasarımı yapılmıştır.

### Bağımsız Değişkenler (Faktörler)

Çalışmamızdaki bağımsız değişkenler ekipman atama metodu, bölümlerin ekipman talep sıklığı ve ekipman sayısıdır. Bu üç değişkenin farklı seviyeleri için simülasyon koşulları yapılmış, sonuçları incelenmiştir. Koşullar sonucunda ekipman talepleri için düşük seviye olarak şu anki ekipman talebi (d), yüksek seviye olarak şu anki ekipman talebinin iki katı (2d) belirlenmiştir. Ekipman sayısı için ise seviyeler Tablo6-4'teki gibi belirlenmiştir. Ekipman sayısı ve ekipman talebinin seviyelerini belirleyebilmek için uç senaryolar denenmiş; ekipman kullanım oranları, kuyruk uzunlukları, kuyrukta bekleme süreleri ve süreç içi talep sayısına bakılmıştır.

Tablo 6-4 Ekipman Sayısı Seviyeleri

<b>Ekipman</b>	<b>Düşük Seviye</b>	<b>Yüksek Seviye</b>
ACT	2	3
EKG	5	8
Ekokardiyografi	1	2
Nebulizatör	10	20
TEE Probu	1	2
Tekerlekli Sandalye	10	18
Transcutan	1	2

### Bağımlı Değişkenler

Talep olduğu andan ekipmanın hastaya ulaşmasına kadar geçen zaman (ekipmanın hastaya ulaşma süresi) ve her bir tipteki ekipmanın bireysel kullanım oranlarının varyansı bağımlı değişkenleri oluşturmaktadır. Ekipmanın hastaya ulaşma süresi için temel durum ve minimum mesafe modellerinde aciliyet dikkate alınmadığı için tek bir süre ölçülürken, denge modelinde ekipman taleplerinin aciliyetleri göz önünde bulundurulduğu için süreler acil, orta acil ve acil değil olmak üzere sınıflandırılarak tutulmuştur. Denge modelinde aciliyet durumu her bir talep için yaklaşık olarak eşit olasılıklandırılmıştır: her bölümde 0,333 ihtimalle acil, 0,333 ihtimalle orta acil ve 0,334 ihtimalle acil olmayan talep gelmektedir.

Yapılan deney tasarımından elde edilen sonuçların istatistiksel olarak belirginliğini ölçmek amacıyla ANOVA testi kullanılmak istenmiştir. Ancak ANOVA testinin uygulanabilmesi için iki varsayımın doğrulanması gerekmektedir:

1. Veriler normal dağılımdan gelmektedir
2. Karşılaştırılan grupların varyansları homojendir [30].

Ancak gerçek hayatta pek çok durumda toplanan verilerin Normal dağılıma uymadığı ve varyansların eşit olmadığı görülür. Biz de çalışmamızda Normal dağılıma uygunluğun kontrolü için Design Ease 8.0.7.1 programı ile residualların normal grafiği ve grupların varyans analizi için residual vs. predicted grafikleri çizdirilmiş, EK B.2’de verilmiştir [31]. Çoğu veri setinin ANOVA varsayımlarına uygun olmadığı görülmüştür. Bu nedenle faktör etkileri için % 95 güven aralıkları

oluşturulmuştur [27]. Bu güven seviyesinin sağlanabilmesi için Bonferroni eşitsizliği kullanılmıştır. 2 faktör ve 1 faktör etkileşimi için  $\alpha = ((1-0,95)/3)/2$  olarak hesaplanmıştır.

### Tasarım Matrisi

Her bir model için  $2^2$  faktörel deney tasarımı için belirlediğimiz Talep ve Ekipman Sayısı faktörleri için oluşturulan tasarım matrisi

Tablo 6-5'te verilmiştir.

Tablo 6-5  $2^2$  Faktörel Deney Tasarımı için Tasarım Matrisi

Talep	Ekipman Sayısı
Düşük	Düşük
Yüksek	Düşük
Düşük	Yüksek
Yüksek	Yüksek

### **6.2.1 Temel Seçim'in Talep ve Ekipman Sayısına Duyarlılığı**

Bu bölümde ekipman seçiminin Temel Seçim algoritması ile yapıldığı senaryo için ekipman sayısı ve talep faktörlerinin ekipmanın hastaya geliş süresi ve ekipman bireysel kullanım oranları üzerindeki etkisi için % 95 güven aralığı oluşturulmuştur.

### ***Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Etkiler***

Tablo 6-6 Temel Senaryo Farklı Tasarım Noktalarında Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi

Temel Senaryo		Hastaya Geliş Süresi (Dakika)	
Talep	Ekipman Sayısı	Ortalama	Yarı Genişlik
Düşük	Düşük	10,62	0,03
Yüksek	Düşük	20,48	0,41
Düşük	Yüksek	9,30	0,02
Yüksek	Yüksek	10,81	0,11

Tablo 6-6'da farklı talep ve ekipman sayısı seviyeleri için ekipmanın hastaya geliş süreleri verilmiştir.



Tablo 6-7 Temel Senaryo Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

Temel Senaryo	Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Etki (Dakika)	
	Ortalama	Yarı Genişlik
Faktörler		
Talep	5,68	0,25
Ekipman Sayısı	-5,49	0,26
Talep ve Ekipman Sayısı	-4,17	0,27

Tablo 6-7’de temel seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin ekipmanın hastaya ulaşma süresine etkileri görülmektedir. Güven aralığı 0’ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi süreyi ortalama 5,68 dakika artırmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi süreyi ortalama 5,49 dakika azaltmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Etkileşimin negatif yönde olması talebin - ve ekipmanın + seviyesinde oluşunun süreyi daha da azaltacağını göstermektedir.

#### ***Ekipmanların Bireysel Kullanım Oranları Üzerindeki Etkiler***

#### ***EKG***

Tablo 6-8 Temel Seçim Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları

EKG Temel Seçim		Kullanım Oranı (%)		Kullanım Oranı Varyansı	
Talep	Ekipman Sayısı	Ortalama Kullanım Oranı	Yarı Genişlik	Ortalama	Yarı Genişlik
Düşük	Düşük	5,36	0,02	0,08	0,02
Yüksek	Düşük	10,76	0,02	0,06	0,02
Düşük	Yüksek	3,35	0,03	0,23	0,06
Yüksek	Yüksek	6,69	0,05	0,21	0,05

Tablo 6-9 Temel Seçim EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

Temel Senaryo	EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Etki	
	Ortalama	Yarı Genişlik
Talep	-0,02	0,05
Ekipman Sayısı	0,15	0,05
Talep ve Ekipman Sayısı	0	0,05

Tablo 6-9’da temel seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin EKG ekipmanlarının kullanım oranlarının farklılaşmasına (varyansına) olan etkileri görülmektedir. Talep ve Talep-Ekipman etkileşimi faktörlerinin kullanım oranı varyansı üzerine istatistiksel olarak belirgin bir etkisi yoktur. Ekipman sayısı faktörünün ise istatistiksel olarak belirgin ama küçük bir etkisi vardır. Kullanım oranlarındaki farklılaşmanın faktörlerden pratikte belirgin bir şekilde etkilenmediği Tablo 6-8’den de görülebilir.

### ***Nebulizatör***

Tablo 6-10 Minimum Mesafe Nebulizatör Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları

Nebulizatör Temel Seçim		Kullanım Oranı (%)		Kullanım Oranı Varyansı	
Talep	Ekipman Sayısı	Ortalama Kullanım Oranı	Yarı Genişlik	Ortalama	Yarı Genişlik
Düşük	Düşük	16,06	0,10	0,71	0,02
Yüksek	Düşük	32,20	0,10	0,41	0,10
Düşük	Yüksek	8,04	0,05	6,93	0,81
Yüksek	Yüksek	16,07	0,08	1,98	0,25

Tablo 6-11 Temel Seçim Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

Faktörler	Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Etki	
	Ortalama	Yarı Genişlik
Talep	-2,63	0,45
Ekipman Sayısı	3,90	0,58
Talep ve Ekipman Sayısı	-2,33	0,53

Tablo 6-11’de temel seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin nebulizatör kullanım oranı varyansına etkileri görülmektedir. Güven aralıkları 0’ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi varyansı ortalama 2,63 azaltmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi varyansı ortalama 3,90 arttırmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Etkileşimin negatif yönde olması talebin - ve ekipmanın + seviyesinde oluşunun varyansı daha da arttıracakını göstermektedir. Bu durumu Tablo 6-10’da destekler niteliktedir.

### ***Tekerlekli Sandalye***

Tablo 6-12 Temel Seçim Tekerlekli Sandalye Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları

<b>Tekerlekli Sandalye Temel Seçim</b>		<b>Kullanım Oranı (%)</b>		<b>Kullanım Oranı Varyansı</b>	
<b>Talep</b>	<b>Ekipman Sayısı</b>	<b>Ortalama Kullanım Oranı</b>	<b>Yarı Genişlik</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Düşük	Düşük	57,28	0,28	2,93	0,72
Yüksek	Düşük	64,17	0,28	2,57	0,28
Düşük	Yüksek	31,92	0,16	4,55	0,51
Yüksek	Yüksek	35,68	0,15	4,16	0,65

Tablo 6-13 Temel Seçim Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

<b>Faktörler</b>	<b>Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Etki</b>	
	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Talep	-0,38	0,71
Ekipman Sayısı	1,61	0,70
Talep ve Ekipman Sayısı	-0,01	0,78

Tablo 6-13'te talep ve faktör etkileşimi için oluşturulan güven aralıkları 0'ı içerdiği için bu iki faktör için tekerlekli sandalye kullanım oranı varyansı üzerindeki etkileri istatistiksel olarak belirgin olmadığı söylenebilir. Sadece ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi varyansı ortalama 1,61 arttırmaktadır.

## 6.2.2 Minimum Mesafe Senaryosu'nun Talep ve Ekipman Sayısına Duyarlılığı

### *Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri*

Tablo 6-14 Minimum Mesafe Senaryosu Farklı Tasarım Noktalarındaki Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi

Minimum Mesafe Senaryosu		Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi (Dakika)	
Talep	Ekipman Sayısı	Ortalama	Yarı Genişlik
Düşük	Düşük	4,47	0,03
Yüksek	Düşük	13,29	0,37
Düşük	Yüksek	3,55	0,02
Yüksek	Yüksek	4,64	0,09

Tablo 6-14'te minimum mesafe senaryosu için farklı talep ve ekipman sayısı seviyeleri için ekipmanın hastaya geliş süreleri verilmiştir.

Tablo 6-15 Minimum Mesafe Senaryosu Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

Faktörler	Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Etki (Dakika)	
	Ortalama	Yarı Genişlik
Talep	4,96	0,22
Ekipman Sayısı	-4,78	0,25
Talep ve Ekipman Sayısı	-3,86	0,24

Tablo 6-15'de temel seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin ekipmanın hastaya ulaşma süresine etkileri görülmektedir. Güven aralığı 0'ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi süreyi ortalama 4,96 dakika arttırmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden +seviyeye geçişi süreyi ortalama 4,78 dakika azaltmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız

değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Etkileşimin negatif yönde olması talebin - ve ekipmanın + seviyesinde oluşunun süreyi daha da azaltacağını göstermektedir.

### ***Ekipmanların Bireysel Kullanım Oranları Üzerindeki Etkiler***

#### ***EKG***

Tablo 6-16 Minimum Mesafe EKG Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları

<b>EKG Minimum Mesafe</b>		<b>Kullanım Oranı (%)</b>		<b>Kullanım Oranı Varyansı</b>	
<b>Talep</b>	<b>Ekipman Sayısı</b>	<b>Ortalama Kullanım Oranı</b>	<b>Yarı Genişlik</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Düşük	Düşük	5,38	0,04	1,62	0,29
Yüksek	Düşük	10,72	0,04	4,16	0,04
Düşük	Yüksek	3,35	0,03	4,90	0,53
Yüksek	Yüksek	6,68	0,03	9,13	0,74

Tablo 6-17 Minimum Mesafe Senaryosu EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

	<b>EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Etki</b>	
<b>Faktörler</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Talep	3,39	0,63
Ekipman Sayısı	4,12	0,57
Talep ve Ekipman Sayısı	0,85	0,65

Tablo 6-17’de minimum mesafe seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin EKG kullanım oranı varyansına etkileri görülmektedir. Güven aralıkları 0’ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi varyansı ortalama 3,39 arttırmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi ise varyansı ortalama 4,12 arttırmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Etkileşimin pozitif yönde olması talebin + ve ekipman sayısının + seviyesinde oluşunun varyansı biraz daha arttıracaklarını göstermektedir.

### *Nebulizatör*

Tablo 6-18 Minimum Mesafe Nebulizatör Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları

<b>Nebulizatör Minimum Mesafe</b>		<b>Kullanım Oranı (%)</b>		<b>Varyans Kullanım Oranı Varyansı</b>	
<b>Talep</b>	<b>Ekipman Sayısı</b>	<b>Ortalama Kullanım Oranı</b>	<b>Yarı Genişlik</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Düşük	Düşük	16,13	0,10	23,98	0,97
Yüksek	Düşük	32,04	0,10	40,47	0,10
Düşük	Yüksek	8,01	0,05	46,18	3,07
Yüksek	Yüksek	16,11	0,07	51,62	3,36

Tablo 6-19 Minimum Mesafe Senaryosu Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

<b>Minimum Mesafe</b>	<b>Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Etki</b>	
<b>Faktörler</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Talep	10,97	2,73
Ekipman Sayısı	16,67	2,67
Talep ve Ekipman Sayısı	-5,52	3,04

Tablo 6-19’da minimum mesafe seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin nebulizatör kullanım oranı varyansına etkileri görülmektedir. Güven aralıkları 0’ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi varyansı ortalama 10,97 arttırmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi ise varyansı ortalama 16,67 arttırmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Etkileşimin negatif yönde olması talebin + ve ekipman sayısının - seviyesinde oluşunun varyansı azaltacağını göstermektedir.

### ***Tekerlekli Sandalye***

Tablo 6-20 Minimum Mesafe Tekerlekli Sandalye Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları

<b>Tekerlekli Sandalye Minimum Mesafe</b>		<b>Kullanım Oranı (%)</b>		<b>Kullanım Oranı Varyansı</b>	
<b>Talep</b>	<b>Ekipman Sayısı</b>	<b>Ortalama Kullanım Oranı</b>	<b>Yarı Genişlik</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Düşük	Düşük	57,25	0,28	110,84	6,24
Yüksek	Düşük	64,31	0,28	18,57	0,28
Düşük	Yüksek	31,90	0,12	762,28	17,02
Yüksek	Yüksek	35,67	0,15	334,82	15,59

Tablo 6-21 Minimum Mesafe Senaryosu Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

	<b>Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Etki</b>	
<b>Faktörler</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Talep	-259,87	14,52
Ekipman Sayısı	483,84	15,11
Talep ve Ekipman Sayısı	-167,60	13,05

Tablo 6-21’de minimum mesafe seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin nebulizatör kullanım oranı varyansına etkileri görülmektedir. Güven aralıkları 0’ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi varyansı ortalama 259,87 azaltmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi ise varyansı ortalama 483,84 arttırmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Etkileşimin negatif yönde olması talebin + ve ekipman sayısının - seviyesinde oluşunun varyansı azaltacağını göstermektedir.

### 6.2.3 Denge Modelinin Talep ve Ekipman Sayısına Duyarlılığı

#### *Acil Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Etkiler*

Tablo 6-22 Denge Modeli Farklı Tasarım Noktalarında Acil Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi

Denge Modeli-Acil Ekipman		Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi (Dakika)	
Talep	Ekipman Sayısı	Ortalama	Yarı Genişlik
Düşük	Düşük	5,01	0,05
Yüksek	Düşük	16,48	0,50
Düşük	Yüksek	4,03	0,02
Yüksek	Yüksek	6,44	0,21

Tablo 6-23 Denge Modeli Acil Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri İçin % 95 Güven Aralıkları

Acil Ekipman Faktörler	Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Etki (Dakika)	
	Ortalama	Yarı Genişlik
Talep	6,94	0,33
Ekipman Sayısı	-5,51	0,31
Talep ve Ekipman Sayısı	-4,53	0,30

Tablo 6-23’de denge seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin acil ekipmanın hastaya geliş süresine etkileri görülmektedir. Güven aralıkları 0’ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi süreyi ortalama 6,94 dakika arttırmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi ise süreyi ortalama 5,51 dakika azaltmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Etkileşimin negatif yönde olması talebin - ve ekipmanın + seviyesinde oluşunun süreyi azaltacağını göstermektedir.



### ***Orta Acil Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Etkiler***

Tablo 6-24 Denge Modeli Orta Acil Ekipman İçin Farklı Tasarım Noktalarında Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi

<b>Denge Modeli- Orta Acil Ekipman</b>		<b>Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi (Dakika)</b>	
<b>Talep</b>	<b>Ekipman Sayısı</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Düşük	Düşük	5,61	0,07
Yüksek	Düşük	16,93	0,56
Düşük	Yüksek	4,77	0,03
Yüksek	Yüksek	7,52	0,23

Tablo 6-24'te denge modeli orta aciliyetteki ekipman için farklı talep ve ekipman sayısı seviyelerinde hastaya geliş süreleri verilmiştir.

Tablo 6-25 Denge Modeli Orta Acil Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri İçin % 95 Güven Aralıkları

<b>Orta Acil Ekipman Faktörleri</b>	<b>Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Etki (Dakika)</b>	
	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Talep	7,03	0,37
Ekipman Sayısı	-5,12	0,36
Talep ve Ekipman Sayısı	-4,28	0,33

Tablo 6-25'te denge seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin orta acil ekipmanın hastaya geliş süresine etkileri görülmektedir. Güven aralıkları 0'ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi süreyi ortalama 7,03 dakika arttırmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi ise süreyi ortalama 5,12 dakika azaltmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Etkileşimin negatif yönde olması talebin - ve ekipmanın + seviyesinde oluşunun süreyi azaltacağını göstermektedir.

### *Acil Olmayan Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Etkiler*

Tablo 6-26 Denge Modeli Acil Olmayan Ekipman İçin Farklı Tasarım Noktalarında Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi

<b>Denge Modeli- Acil Olmayan Ekipman</b>		<b>Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi</b>	
<b>Talep</b>	<b>Ekipman Sayısı</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Düşük	Düşük	6,42	0,06
Yüksek	Düşük	17,58	0,54
Düşük	Yüksek	5,88	0,04
Yüksek	Yüksek	8,89	0,23

Tablo 6-26'da acil olmayan ekipman için farklı ekipman sayısı ve talep seviyelerinde ekipmanın hastaya geliş süresi verilmiştir.

Tablo 6-27 Denge Modeli Acil Olmayan Ekipman İhtiyacının Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri İçin % 95 Güven Aralıkları

<b>Acil Olmayan Ekipman</b>	<b>Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Etki (Dakika)</b>	
	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
<b>Faktörler</b>		
Talep	7,09	0,35
Ekipman Sayısı	-4,62	0,36
Talep ve Ekipman Sayısı	-4,07	0,33

Tablo 6-27'de denge seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin acil olmayan ekipmanın hastaya geliş süresine etkileri görülmektedir. Güven aralıkları 0'ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi süreyi ortalama 7,09 dakika arttırmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi ise süreyi ortalama 4,62 dakika azaltmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Etkileşimin negatif yönde olması talebin - ve ekipmanın + seviyesinde oluşunun süreyi azaltacağını göstermektedir.

### *Ekipmanların Bireysel Kullanım Oranları Üzerindeki Etkiler*

#### **EKG**

Tablo 6-28 Denge EKG Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları

EKG Denge		Kullanım Oranı (%)		Kullanım Oranı Varyansı	
Talep	Ekipman Sayısı	Ortalama Kullanım Oranı	Yarı Genişlik	Ortalama	Yarı Genişlik
Düşük	Düşük	5,37	0,04	0	0
Yüksek	Düşük	10,71	0,04	0	0,04
Düşük	Yüksek	3,33	3,33	0	0,01
Yüksek	Yüksek	6,71	0,18	0	0

Tablo 6-28’de farklı talep ve ekipman seviyeleri için ortalama kullanım oranı ve kullanım oranı varyansı için % 95 güven seviyesinde güven aralıkları verilmiştir.

Tablo 6-29 Denge Senaryosu EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

Faktörler	EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Etki	
	Ortalama	Yarı Genişlik
Talep	0	0
Ekipman Sayısı	0	0
Talep ve Ekipman Sayısı	0	0

Tablo 6-29’den talep, ekipman sayısı ve faktör etkileşimi için oluşturulan güven aralıkları 0’ı içerdiği için EKG kullanım oranı varyansı üzerindeki etkilerin istatistiksel olarak belirgin olmadığı görülebilir. Kullanım oranlarındaki farklılaşmanın faktörlerden pratikte belirgin bir şekilde etkilenmediği söylenebilir. Bu durum Tablo 6-28’den de görülebilir.

### ***Nebulizatör***

Tablo 6-30 Denge Nebulizatör Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları

<b>Nebulizatör Denge</b>		<b>Kullanım Oranı (%)</b>		<b>Kullanım Oranı Varyansı</b>	
<b>Talep</b>	<b>Ekipman Sayısı</b>	<b>Ortalama Kullanım Oranı</b>	<b>Yarı Genişlik</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Düşük	Düşük	16,04	0,10	0	0
Yüksek	Düşük	32,18	0,10	0	0,10
Düşük	Yüksek	8,03	0,06	0,26	0,14
Yüksek	Yüksek	16,08	0,06	0,03	0,01

Tablo 6-31 Denge Senaryosu Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

<b>Faktörler</b>	<b>Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Etki</b>	
	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Talep	-0,11	0,09
Ekipman Sayısı	0,14	0,08
Talep ve Ekipman Sayısı	-0,11	0,09

Tablo 6-31’de denge seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin nebulizatör kullanım oranı varyansı üzerindeki etkileri görülmektedir. Güven aralıkları 0’ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi varyansı ortalama 0,11 azaltmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi ise varyansı ortalama 0,14 arttırmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Faktör etkileşiminin negatif olması talebin + seviyesi ekipman sayısının – seviyesi için varyansı azaltmaktadır. Faktörlerin hepsinin istatistiksel olarak belirgin ama küçük bir etkisi vardır. Kullanım oranlarındaki farklılaşmanın faktörlerden pratikte belirgin bir şekilde etkilenmediği söylenebilir. Tablo 6-30 bu durumu destekler niteliktedir.

### ***Tekerlekli Sandalye***

Tablo 6-32 Denge Tekerlekli Sandalye Farklı Talep ve Ekipman Sayısı Seviyeleri İçin %95 Güven Seviyesinde Güven Aralıkları

<b>Tekerlekli Sandalye Denge</b>		<b>Kullanım Oranı (%)</b>		<b>Kullanım Oranı Varyansı</b>	
<b>Talep</b>	<b>Ekipman Sayısı</b>	<b>Ortalama Kullanım Oranı</b>	<b>Yarı Genişlik</b>	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Düşük	Düşük	57,26	0,28	0,03	0
Yüksek	Düşük	64,34	0,28	0,12	0,28
Düşük	Yüksek	31,83	0,15	0,83	0,33
Yüksek	Yüksek	35,59	0,18	0,14	0,06

Tablo 6-33 Denge Senaryosu Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri için % 95 Güven Aralıkları

<b>Faktörler</b>	<b>Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Etki</b>	
	<b>Ortalama</b>	<b>Yarı Genişlik</b>
Talep	-0,30	0,21
Ekipman Sayısı	0,41	0,20
Talep ve Ekipman Sayısı	-0,38	0,20

Tablo 6-33'te denge seçim algoritması kullanılan senaryoda faktörlerin tekerlekli sandalye kullanım oranı varyansı üzerindeki etkileri görülmektedir. Güven aralıkları 0'ı içermediği için tüm etkiler istatistiksel olarak belirgindir. Talebin - seviyesinden + seviyesine geçişi varyansı ortalama 0,30 azaltmaktadır. Ekipman sayısının - seviyeden + seviyeye geçişi ise varyansı ortalama 0,41 arttırmaktadır. Bu iki faktör arasında etkileşimin istatistiksel olarak belirgin olması, faktörlerin etkilerinin birbirinden bağımsız değerlendirilemeyeceğini göstermektedir. Faktör etkileşiminin negatif olması talebin + seviyesi ekipman sayısının - seviyesi için varyansı azaltmaktadır. Faktörlerin hepsinin istatistiksel olarak belirgin ama küçük bir etkisi vardır. Kullanım oranlarındaki farklılaşmanın faktörlerden pratikte belirgin bir şekilde etkilenmediği söylenebilir.

#### 6.2.4 Temel-Minimum Mesafe-Denge Senaryoları Duyarlılık Karşılaştırması

Tablo 6-34'da senaryolara göre ekipmanın hastaya geliş süresi üzerindeki faktör etkileri verilmiştir.

Tablo 6-34 Senaryolara Göre Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi Üzerindeki Faktör Etkileri

Faktörler	Temel Seçim	Minimum Mesafe	Denge
Talep	5,68 ± 0,25	4,96 ± 0,22	6,94 ± 0,33 (Acil)
			7,03 ± 0,37 (Orta Acil)
			7,09 ± 0,35 (Acil Olmayan)
Ekipman Sayısı	-5,49 ± 0,26	-4,78 ± 0,25	-5,51 ± 0,31 (Acil)
			-5,12 ± 0,36 (Orta Acil)
			-4,62 ± 0,36 (Acil Olmayan)
Talep - Ekipman Sayısı Etkileşim	-4,17 ± 0,27	-3,86 ± 0,24	-4,53 ± 0,30 (Acil)
			-4,28 ± 0,33 (Orta Acil)
			-4,07 ± 0,33 (Acil Olmayan)

Tablo 6-34 incelendiğinde ekipmanın hastaya geliş süresi için yapılan faktör etkilerinden minimum mesafe modelinin en az etkilendiği, temel durum modelinin de denge senaryosuna nazaran daha az etkilendiği söylenebilir. Minimum mesafe modelinin en az etkilenmesinin sebebi bu senaryoda her zaman en yakındaki ekipmanın seçilmesidir. Temel senaryonun minimum mesafe senaryosuna göre daha çok etkilenmesinin sebebi bölümde ekipman bulunmadığında ekipman atamayı rastgele yapmasıdır. Denge modeli ekipman aciliyetine göre seçim kriterini değiştirmektedir. Denge modeli acil olmayan ekipman ihtiyacı ortaya çıktığında kullanım oranını dengeleme kriteri ile seçim yapacak ve uzak bir bölüme ekipman ataması yapılmasına izin verebilecektir. Bir süre sonra ekipmanı gönderen bölümde acil ekipman ihtiyacı oluştuğunda bölümde ekipman bulunamadığından minimum mesafe algoritmasına nispetle daha uzak mesafelerden ekipman getirilmesine neden

olacaktır. Bu durum denge modelinin acil durumda ekipman bekleme süresinde, talep ve ekipman sayısı değişimlerinden diğer modellere göre daha çok etkilenmesine sebep olmuştur.

Tablo 6-35 Senaryolara Göre EKG Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri

<b>Faktörler</b>	<b>Temel</b>	<b>Minimum Mesafe</b>	<b>Denge</b>
A-Talep	-0,02 ± 0,05	3,39 ± 0,63	0 ± 0
B-Ekipman Sayısı	0,15 ± 0,05	0,63 ± 0,57	0 ± 0
AB	0 ± 0,05	0,85 ± 0,65	0 ± 0

Tablo 6-35'te verilen EKG kullanım oranı varyansı üzerindeki etkiler incelendiğinde denge modelinin neredeyse hiç etkilenmediği, temel seçim modelinin denge modeline göre biraz daha fazla etkilendiği, minimum mesafe modelinin ise özellikle talepteki değişiklikten etkilendiği gözlenmiştir. Temel seçim modelinde ekipman atamaları bölümde ekipman bulunmadığı durumda rastgele yapıldığı için kullanım oranlarında minimum mesafe senaryosuna göre biraz daha dengeli bir dağılım gözlenmektedir.

Tablo 6-36 Senaryolara Göre Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri

<b>Faktörler</b>	<b>Temel</b>	<b>Minimum Mesafe</b>	<b>Denge</b>
A-Talep	-2,63 ± 0,45	10,97 ± 2,73	-0,11 ± 0,09
B-Ekipman Sayısı	3,90 ± 0,58	16,67 ± 2,67	0,14 ± 0,08
AB	-2,33 ± 0,53	-5,52 ± 3,04	-0,11 ± 0,09

Nebulizatör kullanım oranı varyansının talep ve ekipman sayısı değişimlerinden en çok minimum mesafe senaryosunda etkilendiği, en az denge senaryosunda etkilendiği Tablo 6-36'dan görülmektedir. Denge senaryosu nebulizatör kullanım oranı varyansı için EKG kullanım oranı varyansında olduğu gibi farklı ekipman ve talep sayılarına karşın diğer modellere göre daha gürbüz olduğunu göstermiştir. Minimum mesafe senaryosunun her zaman ekipmana ihtiyaç duyan bölüme en

yakındaki ekipmanı ataması kullanım oranlarında dengesizliklerin oluşmasına sebep olmuştur.

Tablo 6-37 Senaryolara Göre Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Üzerindeki Faktör Etkileri

<b>Faktörler</b>	<b>Temel</b>	<b>Minimum Mesafe</b>	<b>Denge</b>
A-Talep	-0,38 ± 0,71	-259,90 ± 14,52	-0,30 ± 0,21
B-Ekipman Sayısı	1,61 ± 0,70	483,84 ± 15,11	0,41 ± 0,20
AB	-0,01 ± 0,78	-167,60 ± 13,05	-0,38 ± 0,20

Tablo 6-37'den tekerlekli sandalye kullanım oranı varyansı için minimum mesafe modelinin talep ve ekipman sayısı değişimlerinden en fazla etkilenen model olduğu, denge modelinin ise en az etkilenen model olduğu görülebilir. Minimum mesafe senaryosunun sadece uzaklığı göz önünde bulundurması bu durumun sebebidir. Temel senaryonun bölümde ekipman bulamadığı durumda rastgele ekipman ataması varyansı minimum mesafeye göre azaltmış ancak kullanım oranlarını göz önüne alarak atama yapan denge modeline göre faktörlerden daha çok etkilendiği görülmüştür.

Denge senaryosu yapısı gereği ekipmanların kullanım oranlarını dengelemeye çalıştığı için, kullanım oranı varyansı performans ölçütünün bu modelde faktörlerden etkilenmemesi beklenmektedir. Nitekim beklenildiği üzere olumlu sonuç alınmıştır. Denge senaryosu EKG ve nebulizatör kullanım oranları varyansında olduğu gibi tekerlekli sandalye kullanım oranı varyansında da faktörlerden en az etkilenen model olmuştur. Temel durum senaryosunun ekipmanın bölümde bulunmadığı zamanlarda ihtiyaç duyulan ekipmanı rastgele bir bölümden getirmesi, kullanım varyansının faktörlerden minimum mesafe modeline nazaran daha az etkilenmesine sebep olmaktadır. Farklı ekipman tiplerinin kullanım oranı varyanslarının faktörlerden etkileşim miktarları incelendiğinde tüm ekipman tiplerinin temel senaryo için pratikte belirgin denilemeyecek kadar az, denge modeli için hiç veya çok az



etkilendikleri, minimum mesafe modelinde ise etkilerin belirgin olduğu görülmektedir.

Minimum mesafe modelindeki etkiler değerlendirildiğinde değişik ekipman türleri üzerindeki faktör etkilerinin oldukça farklı olduğu görülmektedir. Bu etki farkının sebebi ortalama kullanım oranlarındaki farklılaşmayla açıklanabilir. Deney tasarımının farklı noktalarında EKG kullanım oranları %3 - %10, ekipman sayısı 5-8 adet; nebulizatör kullanım oranı %8 - %32, ekipman sayısı 10-18 adet; tekerlekli sandalye kullanım oranı %31 - %64, ekipman sayısı 10-20 adet arasında değişmektedir. Ortalama ekipman kullanım oranı arttıkça ekipmanlar arası dengesiz kullanım minimum mesafe modeli için artmaktadır. Örneğin ortalama kullanım oranının %64 olduğu durumda bazı tekerlekli sandalyelerin %1 oranında, bazılarının %80 oranında kullanılması varyansı arttırmaktadır. Ortalama %30 ve %64 kullanım seviyelerini veren farklı tasarım noktalarındaki kullanım varyansı farkı da etkileşimin büyük olmasına sebep olmaktadır.

Özet olarak temel senaryo ekipmanları rastgele atadığından minimum mesafe senaryosuna göre ekipmanlar daha dengeli kullanılmaktadır. Denge senaryosu ise kullanım oranlarını da göz önüne aldığı için kullanım oranları varyansını düşürmektedir. Bu durum ise denge modelinin faktörlerden daha az etkilenmesine sebebiyet vermektedir.

### **6.3 İkili Sistem Karşılaştırmaları**

Bu bölümde TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi'nin şu anki talep ve ekipman sayısı için temel durum senaryo ile alternatif senaryolar arasında ikili senaryo karşılaştırmaları %95 güven aralığı için paired t-test ile yapılmıştır. Ekipmanın Hastaya Gelme Süresi ortalama ve varyans değerlerinden, ekipmanların kullanım oranlarının varyanslarının ortalamasından ve varyansından faydalanılarak hesaplamalar yapılmıştır.

t-test

$$v = \text{Tam Sayı} \left( \frac{\left( \frac{S_1^2}{R_1} + \frac{S_2^2}{R_2} \right)^2}{\left[ \left( \frac{S_1^2}{R_1} \right)^2 / (R_1 - 1) \right] + \left[ \left( \frac{S_2^2}{R_2} \right)^2 / (R_2 - 1) \right]} \right) \quad (6.1)$$

$$s. h. (\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2) = \sqrt{\frac{S_1^2}{R_1} + \frac{S_2^2}{R_2}} \quad (6.2)$$

$$\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2 \pm t_{\alpha/2, v} s. h. (\bar{Y}_1 - \bar{Y}_2) \quad (6.3)$$

Oluşturulan güven aralığı 0 'ı içeriyorsa iki sistem arasında fark vardır denemez. [26]

### 6.3.1 RTLS (Minimum Mesafe Modeli) Kullanımının TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesine Katkısı

Tablo 6-38 Temel Senaryo ve Minimum Mesafe Modelinin İkili Karşılaştırması

Temel-Minimum Mesafe Farkı	Farkın Güven Aralığı
Ekipmanın Hastaya Ulaşma Süresi (Dakika)	[5,73 5,78]
EKG Kullanım Oranı Varyansı	[-5,13 -4,21]
Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı	[-41,97 -36,51]
Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı	[-772,46 -743]

Tablo 6-38 incelendiğinde ekipmanın hastaya ulaşma süresi performans ölçütü için minimum mesafe modelinin daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Bu durum Temel Senaryo'da ekipman yeri tam olarak bilinemediği için ekipman ararken geçen zamana ve Temel Senaryo'da ekipman atanmanın boş ekipmanın bölümde bulunmadığı durumlarda rastgele yapılması sonucu uzak bölümlerden getirilmesine bağlanabilir. Ekipman kullanım oranı varyansı performans ölçütlerinde ise temel durum senaryosunun daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Bunun sebebi ise Minimum Mesafe Modeli'nde her zaman en yakındaki ekipmanın seçilmesidir, ekipmanın kullanıldığı yerde bırakılması aynı ekipmanın sıklıkla kullanıldığı bölgelerde sürekli olarak atanması ile sonuçlanabilmektedir. Temel Senaryo'da ise arama yapan bölümde boş ekipmanın bulunmadığı durumlarda atama rastgele

yapıldığı için ekipman kullanım sürelerinde belirli ekipmanlarda yığılma olmamaktadır.

### 6.3.2 Denge Modelinin TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesine Katkısı

Tablo 6-39 Temel Senaryo ve Denge Modelinin İkili Karşılaştırılması

Temel-Denge Farkı		Farkın Güven Aralığı
Ekipmanın Hastaya Ulaşma Süresi (dakika)	Acil Ekipman	[5,25 5,30]
	Orta Acil	[4,50 4,56]
	Acil Olmayan	[3,39 3,46]
EKG Kullanım Oranı Varyansı		[0,18 0,28]
Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı		[5,96 7,39]
Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı		[5,58 6,62]

Temel Senaryo Modeli'nde tutulan ekipmanın hastaya ulaşma süresi ve Denge Modeli'nde ihtiyacın aciliyetine göre tutulan ekipmanın hastaya ulaşma süreleri karşılaştırılmıştır. Tablo 6-39'da verilen ilgili güven aralıkları incelendiğinde Denge Modeli'nin her üç durumda da daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Bunun en büyük sebebi temel senaryodaki aramanın denge modelinde olmamasıdır. Kullanım oranı varyansları incelendiğinde de denge modelinin daha iyi performans sağladığı görülmektedir. Temel Senaryoda ekipman atamanın rastgele yapılması ancak Denge Modeli'nde ekipman ihtiyacının orta acil ve acil olmadığı durumlarda ekipman kullanım süresinin gözetilerek atama yapılmasından kaynaklanmaktadır.

### 6.3.3 Denge Modelinin Minimum Mesafe (RTLS) Modeli ile karşılaştırılması

Tablo 6-40 Minimum Mesafe ile Denge Modelinin İkili Karşılaştırılması

Minimum Mesafe –Denge Farkı		Farkın Güven Aralığı
Ekipmanın Hastaya Ulaşma Süresi (dakika)	Acil Ekipman	[-0,50 -0,45]
	Orta Acil	[-1,25 -1,19]
	Acil Olmayan	[-2,36 -2,29]
EKG Kullanım Oranı Varyansı		[4,44 5,35]
Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı		[43,26 48,57]
Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı		[746,72 776,18]

Denge Modeli ve Minimum Mesafe Modeli için, Minimum Mesafe Modeli'nde tutulan ekipmanın hastaya varış süresi ile denge modelinde aciliyete göre tutulan ekipmanın hastaya ulaşma süresi karşılaştırıldığında her üç durumda da Minimum Mesafe Modeli'nin daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Minimum Mesafe Modeli'nde atamalar sadece yakınlığa göre yapıldığı için mümkün olan en kısa sürede hastaya ulaşmaktadır ancak denge modelinde acil ekipmanlar için en yakındaki seçilirken, orta acilde kullanım miktarına ve mesafeye göre bir seçim yapıldığı, acil olmayan ekipmanlar için ise kullanım oranına göre atama yapıldığı için daha uzakta bulunan ekipmanlar da atanabilmektedir. Bu durum hastaya geliş süresini ortalama 27 saniye gibi kısa bir süre uzatmaktadır. Tablo 6-40'teki kullanım oranları varyansı için verilen güven aralıkları incelendiğinde denge modelinin üç ekipman için de daha iyi performans gösterdiği görülmektedir. Denge Modeli kullanım sürelerine dikkat ederek atama yaparken, Minimum Mesafe Modeli'nde kullanım sürelerine dikkat edilmemesi bu sonucun sebebidir.

### 6.3.4 Tüm modellerin ikili karşılaştırması

Bu bölümde TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi'nin temel durumu için çoklu senaryo karşılaştırmaları Bonferroni metodu ile yapılmıştır. Bütün modeller arasında  $1 - \alpha$  güven aralığında karşılaştırma yapabilmek için  $k$  model sayısı olmak üzere her iki model arasında  $1 - \frac{\alpha}{[k(k-1)/2]}$  güven aralığı oluşturulmalıdır [27].

Bu sebeple % 95 güven aralığında bütün modellerin karşılaştırılabilmesi için her bir senaryo arasında % 98,33 güven aralığı kurulmuştur. Güven aralıklarını oluşturmak için gerekli t dağılım değeri Excel (TTERS( $\alpha$ ; *serbestlik derecesi*) fonksiyonu) yardımıyla hesaplanmıştır.

Tablo 6-41 Tüm Senaryoların Ekipmanın Hastaya Ulaşma Süresi İçin Karşılaştırması

Ekipmanın Hastaya Ulaşma Süresi Farkı (Dakika)	t-test	Temel	Minimum Mesafe	Denge		
				Acil	Orta Acil	Acil Olmayan
Temel			[5,72 5,78]	[5,24 5,31]	[4,49 4,57]	[3,38 3,47]
Minimum Mesafe						
		[-5,78 -5,72]		[-0,51 -0,45]	[-1,26 -1,18]	[-2,37 -2,28]
Denge	Acil					
	Orta Acil	[-5,31 -5,24]	[0,45 0,51]			
	Acil Olmayan	[-4,57 -4,49]	[1,18 1,26]			
		[-3,47 -3,38]	[2,28 2,37]			

Tablo 6-41 incelendiğinde ekipmanın hastaya ulaşma süresinde Minimum Mesafe ve Denge Senaryolarının Temel Senaryo'ya göre, Minimum Mesafe Senaryosunun ise Denge Senaryosu'na göre daha iyi performans gösterdiği görülebilir. Denge ve Minimum Mesafe Modellerinde arama zamanlarının bulunmayışı performanslarının yüksek olmasını sağlamıştır. Denge Modeli'nin acil ekipmanlar için en yakındaki ekipmanı ataması, orta aciller için ise uzaklık ve kullanım oranı arasında denge kurması sebebiyle bazı durumlarda en yakın ekipmanı seçmesi ekipmanın hastaya ulaşma süresinin ekipman atamayı rastgele yapan Temel Senaryo'dan daha kısa sürede ekipmanın hastaya ulaşmasını sağlamıştır. Denge Modeli'nde daha uzak bölümlerden de ekipman atamanın yapılması performansının minimum mesafe modelinden daha düşük olmasına sebebiyet vermiştir. Ancak aradaki fark acil ekipmanlar için TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi için ortalama 29 saniyedir. Minimum Mesafe Senaryosu'nun sadece uzaklığı dikkate alarak atama yapması her zaman en yakındaki ekipmanı atamasını sağlamış böylelikle ekipmanın hastaya ulaşma süresinde en iyi performansı gösteren senaryo olmasını sağlamıştır.

Tablo 6-42 Tüm Senaryoların EKG Kullanım Oranı Varyansı için Karşılaştırması

EKG Kullanım Oranı Varyansı Farkı	t-test	Temel	Minimum Mesafe	Denge
	Temel		[-5,24 -4,10]	[0,17 0,29]
	Minimum Mesafe	[4,10 5,24]		[4,33 5,46]
	Denge	[-0,29 -0,17]	[-5,46 -4,33]	

Tablo 6-43 Tüm Senaryoların Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı için Karşılaştırması

Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı Farkı	t-test	Temel	Minimum Mesafe	Denge
	Temel		[-42,63 -35,86]	[5,79 7,56]
	Minimum Mesafe	[35,86 42,63]		[42,62 49,22]
	Denge	[-7,56 -5,79]	[-49,22 -42,62]	

Tablo 6-44 Tüm Senaryoların Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı için Karşılaştırması

Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı Farkı	t-test	Temel	Minimum Mesafe	Denge
	Temel		[-776,03 -739,43]	[5,46 6,74]
	Minimum Mesafe	[739,43 776,03]		[743,16 779,75]
	Denge	[-6,74 -5,46]	[-779,75 -743,16]	

Tablo 6-42, Tablo 6-43 ve Tablo 6-44 incelendiğinde ekipman kullanım oranları varyansları için Temel Senaryo'nun Minimum Mesafe Senaryosu'ndan daha iyi performans gösterdiği görülebilir. Bu durumun sebebi Temel Senaryo'da atamanın rastgele olmasına ancak Minimum Mesafe Modeli'nde en yakındakinin seçilmesine bağlanabilir. Atama rastgele yapıldığı için hep aynı ekipmanın kullanılma ihtimali azalmaktadır. Minimum Mesafe Senaryosu'nda ise sıklıkla aynı ekipmanı kullanan bir bölümde ekipmanın kalması ve hep o ekipmanın seçilmesi durumu

oluşabilmektedir. Bu durum kullanım oranları varyanslarının yüksek olması ile sonuçlanmaktadır.

Tablolara göre Denge Senaryosu, Temel Senaryo ve Minimum Mesafe Senaryosu karşılaştırıldığında Denge Modeli'nin bütün performans ölçütlerinde daha iyi sonuç verdiği görülmektedir. Denge Modeli'nin kullanım sürelerini dikkate alarak atama yapması diğer modellere nazaran bütün ekipmanlar için daha iyi performans göstermesini sağlamıştır. Minimum Mesafe Modeli'nin kullanım sürelerini dikkate almadan her zaman en yakındakini ataması ancak Denge Modeli'nin kullanım sürelerine de dikkat ederek atama yapması hastaya ulaşma süresinde Minimum Mesafe Modeli'nin daha iyi sonuç vermesine sebebiyet vermiştir.

#### **6.4 Analiz Tartışması**

Bu bölümde analiz bölümünde yapılan çalışmaların bir özeti sunulmaktadır.

##### **6.4.1 Modellerin Talep ve Ekipman Sayısına Duyarlılığının Değerlendirilmesi**

Ekipmanın hastaya geliş süresi performans ölçütü için yapılan duyarlılık analizleri sonucunda faktörlerdeki değişikliklerden en az Minimum Mesafe Modeli'nin etkilendiği, Denge Modeli'nin Temel Senaryo'ya nazaran daha az etkilendiği söylenebilir.

EKG kullanım oranı varyansı üzerindeki etkiler incelendiğinde Denge Modeli'nin neredeyse hiç etkilenmediği, Minimum Mesafe Modeli'nin ise özellikle talep değişiminden etkilendiği gözlenmiştir.

Nebulizatör kullanım oranı varyansının talep ve ekipman sayısı değişimlerinden en çok Minimum Mesafe Senaryosu'nda etkilendiği, en az Denge Senaryosu'nda etkilendiği görülmüştür.

Tekerlekli sandalye kullanım oranı varyansı için Minimum Mesafe Modeli'nin talep ve ekipman sayısı değişimlerinden oldukça fazla etkilenen, Denge Modeli'nin ise en az etkilenen model olduğu tespit edilmiştir.

Ekipmanın hastaya geliş süresi performans ölçütü için Minimum Mesafe Senaryosu'nun, kullanım oranı varyansı performans ölçütü için ise geliştirmiş olduğumuz Denge Senaryosu'nun değişen şartlara karşı dayanıklı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

#### **6.4.2 TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi'ne RTLS Katkısının Değerlendirilmesi**

Hastanenin şu anki durumunda her ekipman talebinde ortalama 5,55 dakika ekipman arandığı görülmüştür. 30 günde hastanede toplam ortalama 17080 talep karşılanmıştır. Buradan ayda 94794 dakika (1580 saat), günde 3159,8 dakika (52,6 saat) ekipman arandığı sonucuna ulaşılabılır. RTLS sistemi entegre edildikten sonra arama sürelerinin tamamen ortadan kalktığı ve arama için harcanan zaman israfının önüne geçilebileceği anlaşılmıştır.

İkili sistem karşılaştırmaları ve tüm modellerin ikili karşılaştırmaları sonucunda hastaneye RFID entegre edilmesi durumunda ekipmanın hastaya geliş süresinde bir iyileşme kaydedileceği görülmüştür. Ancak ekipman kullanım oranları varyansları açısından değerlendirildiğinde hastanenin şu anki durumunda kullanım oranlarının daha dengeli olduğu görülür. RFID tabanlı RTLS sisteminin yanı sıra geliştirdiğimiz karar destek sisteminin de kullanılmasıyla ekipmanın hastaya geliş sürelerinde azalma olduğu, kullanım oranlarının da daha dengeli olduğu görülür. Karar destek sistemi entegre edilmiş RTLS ile entegre edilmeden önceki durum karşılaştırıldığında karar destek sistemi entegresinin ekipman kullanım oranları seviyelerini dengelediği ancak ekipmanın hastaya geliş süresinde karar destek sisteminin Temel Senaryo'dan daha iyi Minimum Mesafe Senaryosu'ndan daha kötü performans gösterdiğini söyleyebiliriz. Sonuçları özetleyelim.

Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi

$$Performans_{Minimum\ Mesafe} > Performans_{Denge} > Performans_{Temel}$$

Ekipman Kullanım Oranları Varyansı

$$Performans_{Denge} > Performans_{Temel} > Performans_{Minimum\ Mesafe}$$



Şu anki ekipman sayısı ve talep miktarı için ekipman kullanım sürelerinden bir örnek verilirse önerilen karar destek sisteminin faydası daha net anlaşılabilir. Tablo 6-45 incelendiğinde denge algoritmasının ekipmanların kullanım seviyelerini eşitlediği gözlemlenebilir.

Tablo 6-45 Her Tekerlekli Sandalye için 30 Günlük Toplam Kullanım Süresi

<b>Tekerlekli Sandalye Toplam Kullanım Süresi (Dakika)</b>	<b>Temel Senaryo</b>	<b>Minimum Mesafe</b>	<b>Denge</b>
1	14672,31	22938,96	15045,39
2	14691,08	33127,90	15661,93
3	15138,03	26729,86	15199,78
4	14617,71	19678,83	14745,49
5	14423,44	24463,94	14559,68
6	14393,81	17094,54	14589,74
7	14814,65	20731,00	14562,28
8	14766,29	24935,70	14545,22
9	14482,25	15678,51	14563,94
10	14478,60	15356,87	14558,76
11	14937,78	14320,63	14560,56
12	14343,88	11064,28	14551,61
13	15072,55	7801,90	14559,32
14	14822,73	4596,21	14549,06
15	14680,69	2447,11	14519,80
16	14607,63	1665,67	14549,83
17	13206,80	884,97	14550,72
18	14906,48	632,92	14544,85

## 7. SONUÇ

Çalışmada mevcut bir hastanede Gerçek Zamanlı Ekipman Takip Sistemi (RTLS) kullanımının katkısının simülasyon yardımı ile ölçülmesinin yanı sıra RTLS'ten sağlanan faydayı artıracak bir ekipman seçim algoritması da önerilmiştir. Farklı ekipman ve talep seviyeleri için RTLS sisteminin ve ekipman seçim algoritması entegre edilmiş RTLS'in hastaneye sağlayacağı fayda tespit edilmiştir.

Yapılan analizler neticesinde hastaneye RTLS entegrasyonu ile ekipmanın hastaya ulaşma süresinin kısaltılabileceği, dolayısıyla hasta bakımının kalitesinin artacağı, ekipman aramanın ortadan kalkması ile vakit kaybının sıfıra ineceği gösterilmiştir. Sisteme geliştirilen ekipman seçim algoritması entegre edildiğinde ekipman kullanım oranlarının da dengelendiği gösterilmiş, ayrıca değişen talep ve ekipman sayısına karşın mevcut durum modeline ve RTLS'e göre daha iyi performans sağlanmıştır.

Bu çalışma literatürdeki RTLS katkısını ölçen çalışmalar arasında en fazla ekipmanı kapsayan ve hastanede en geniş bölümü inceleyen çalışma niteliğini taşımanın yanı sıra hastane için bir ekipman seçim algoritması tasarlayıp faydasını ölçen ilk çalışma özelliğini de taşımaktadır.

Çalışmada 7 ekipman tipi takip edilmektedir. Monitör, infüzyon pompası ve şırınga pompası ekipmanları hasta başında günlerce kullanılabilirdiği için bu ekipmanlarla ilgili sağlıklı veri elde edilemediğinden modele dahil edilmemiştir. Bu ekipmanların da çalışmaya katılması RTLS'in katkısının daha iyi açığa çıkmasını sağlayacaktır.

Gelecekte tezde bahsi geçen minimum mesafe ve denge modellerinin yanı sıra ekipmanların bireysel kullanım sürelerine göre atama yapan bir minimum kullanım modeli geliştirilebilir, deney tasarımına ve sistem karşılaştırmasına dâhil edilebilir.

Geliştirilen modeller küçük sayılabilecek bir hastane üzerinde denenmiştir. RTLS faydasının hastane büyüklüğü arttıkça nasıl değişeceğini ölçebilmek amacıyla geliştirilen modeller, daha büyük bir binaya, kat yayılımına ve fazla kat sayısına sahip olan orta ve büyük iki hastane için uygulanabilir.

Sağlık Destek Personelleri (SDP) şu anki modellerde belirli bölümlere bağlı olarak çalışmaktadır. Çalışmanın devamında SDPler bölümlere bağlı değil de hastanenin genelinde çalışabilseydi ve SDPler de RTLS ile takip edilebilseydi RFID'nin hastaneye sağladığı katkı nasıl değişirdi, sorusunun cevabı aranabilir. Bu model için SDP rotalama probleminin de çözülmesi gerekebilir.

RFID'nin kullanılmadığı durumda her bir tipte ekipman için belirli depolardan istifade edilmesi ve çalışanların ekipmanları kullandıktan sonra bu depolara götürmesi halinde RFID kullanmadan da RFID kullanılan durumda olduğu gibi fayda elde edilebilir miydi, sorusuna cevap aranabilir. Bu problemi çözmek için toplam alınan yolu en küçükleyecek merkezin seçilmesi (p-median) problemi çözülebilir ve simülasyon modelinde gerekli değişiklikler yapılabilir. Bunun yanı sıra ekipmanlar kullanıldıkları yerde bırakılmayıp bölüm depolarına götürülseydi RFID kullanmanın hala anlamı olacak mıydı sorusuna da cevap aranabilir.

## 8. KAYNAKLAR

- [1] Sarac A., Absi N., Daut`ere-P`er`es S., A Simulation Approach to Evaluate The Impact Of Introducing RFID Technologies in a Three-Level Supply Chain, Proceedings of the 2008 Winter Simulation Conference, 2008.
- [2] RFID, Erişim Adresi: <http://www.rfidnedir.com/rfidnedir.aspx>, Erişim Tarihi: 21.12.2012.
- [3] Clampitt H, The RFID Handbook, Erişim Adresi: <http://RFIDhandbook.blogspot.com/2004/11/RFID-vs-bar-code.html>, Erişim Tarihi: 28.06.2011.
- [4] Glabman, M., Room for Tracking: RFID Technology Finds the Way, Materials Management in Health Care. 13(5):26–38, 2004.
- [5] Bose I., Ngai E., Teo T., Spiekermann S., Managing RFID Projects in Organizations, European Journal of Information Systems ,18, 534–540, 2009.
- [6] Ferrando, G., Pigni, F., Quetti, C., Astuti, S., Assessing the Business Value of RFID Systems Evidences from the Analysis of Successful Projects, Information Technology and Innovation Trends in Organizations, ed: D'Atri A., Ferrara M., George J., Spagnoletti P., Springer-Verlag, Berlin, 2011, Pp: 91.
- [7] Aluri A., Munnangi S., Asset and Inventory Management in the Hotel Industry using RFID Technology: An Experimental Study with Economic Analysis, 16th Graduate Students Research Conference, UMassAmherst, 2011.
- [8] Veeramani D., Tang,J., Gutierrez, A., A Framework for Assessing the Value of RFID Implementation by Tier-One Suppliers to Major Retailers, Journal of Theoretical and Applied Electronic Commerce Research, 3(1), 55-70, 2008.
- [9] Leung, Y., Cheng, F., Lee, Y., Hennessy, J., A Tool Set For Exploring The Value Of RFID in a Supply Chain, Trends in Supply Chain Design And Management: Technologies and Methodologies, ed: Jung, H., Chen, F., Jeong B., Vol:1, Springer
- [10] Pal R., Sengupta A., Bose I., Role of Pilot Study in Assessing Viability of New Technology Projects: The Case of RFID in Parking Operations, Communications of the Association for Information Systems, 23(15), 257-276, 2008.
- [11] Subirana B., Eckes C., Herman G., Sarma S., Barrett M., Measuring the Impact of Information Technology on Value and Productivity using a Process, Research Paper MIT Sloan 4450-03. CCS 223, 2003.

- [12] Weill, P., Malone, T., D'Urso, V., Herman, G., and Woerner S., Do Some Business Models Perform Better than Others? A Study of the 1000 Largest US Firms, MIT, 2006.
- [13] Saygin, C., Adaptive Inventory Management using RFID Data, *Int J Adv Manuf Technol*, Sayı 32,1045–1051, 2007.
- [14] Kim, J., et al., Value Analysis Of Location-Enabled Radio-Frequency Identification Information On Delivery Chain Performance, *International Journal of Production Economics*, 2007.
- [15] Al Nahas H., Deogun J., Radio Frequency Identification Applications in Smart Hospitals, Twentieth IEEE International Symposium on Computer-Based Medical Systems (CBMS'07), 2007.
- [16] Lahtela A., A Short Overview of the RFID Technology in Healthcare, Fourth International Conference on Systems and Networks Communications, 2009.
- [17] Halamka J., Early Experiences with Positive Patient Identification, *Journal of Healthcare Information Management*, 20,1,25-27, 2006.
- [18] Agarawala A., Greenberg S., and Ho G., The Context-Aware Pill Bottle and Medication Monitor, *Teknik Rapor 2004-752-17*, Bilgisayar Bilimi Bölümü, Calgary Üniversitesi, 2004.
- [19] Tzeng S., Chen W., Pai F., Evaluating the Business Value of RFID: Evidence from Five Case Studies, *International Journal of Production Economics*, 112, 601-613, 2008.
- [20] Boginski V., Mun I., Wu Y., Mason K., Zhang C., Simulation and Analysis of Hospital Operations and Resource Utilization Using RFID Data, *IEEE International Conference on RFID*, 2007.
- [21] Qu, X., Simpson, L., Stanfield, P., A model for quantifying the value of RFID-enabled equipment tracking in hospitals, *Advanced Engineering Informatics*, 2011.
- [22] Efe, K., Raghavan V., Choubey S., Simulation Modeling Movable Hospital Assets Managed With RFID Sensors, *Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference*, 2054, 2009.
- [23] Choubey, S., Systems and Methods for Healthcare Asset Allocation, United States Patent Application Publication, 2009.
- [24] Miettinen, K., *Nonlinear Multiobjective Optimization*, Kluwer Academic Publishers, USA, 1998.

- [25] Uner, Ö., Özkale, C., Aladağ, Z., Yazgan, B., Üretim Sistem Tasarımında Konveyörlü Taşıma Alternatiflerinin Simülasyon Yöntemiyle Değerlendirilmesi, İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi,4(8), 49-73, 2005.
- [26] Banks,J.,Carson, J.,Nelson, B., Nicol, D., Discrete Event System Simulation, Pearson, Upper Saddle River, 2010.
- [27] Law, A., Simulation Modelling and Analysis, McGrawHill, New York, 2007.
- [28] Sabuncuoğlu, I., Virlan, G., Modeling and Analyzing Army Air Assault Operations via Simulation, Simulation: Transactions of the Society of Modeling and Simulation International, 2011.
- [29] Türkmen, N., 2007, Hastane Akış ve Yerleşim Değerlendirmesi, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- [30] Anthony, J., Design of Experiments for engineers and Scientists, Elsevier, UK, 2003.
- [31] Anderson, M., Whitcomb, P., DOE simplified Practical Tools for Effective Experimentation,CRC Press-Taylor and Francis, Boca Raton FL, 2007.

## EKLER

### A.1 Hastane Verileri

Bölmelerde kullanılmayan ekipmanlar x ile işaretlemiştir. Verilen talep sayıları günlük ortalama değerlerdir.

Bölüm adı	2.kat Poliklinik		Zemin Poliklinik	
	Talep Sayısı/Gün	Kullanım Süresi (Dk)	Talep Sayısı/Gün	Kullanım Süresi (Dk)
ACT (3)	X	X	X	X
EKG (8)	X	X	X	X
Ekokardiyografi (2)	X	X	X	X
Nebulizatör (20)	X	X	X	X
TEE (2)	X	X	X	X
Tekerlekli Sandalye (18)	3,96	UNIF(20,30)	9,9	UNIF(20,30)
Transcutan (2)	X	X	X	X

Bölüm adı	Ameliyathane	
	Talep Sayısı/Gün	Kullanım Süresi (Dk)
ACT (3)	X	X
EKG (8)	X	X
Ekokardiyografi (2)	1,08(TEE)	UNIF(30,40)(TEE)
Nebulizatör (20)	X	X
TEE (2)	1,08	UNIF(30,40)
Tekerlekli Sandalye (18)	X	X
Transcutan (2)	X	X

Bölüm adı	Acil Poliklinik	
Ekipman adı (adet)	Talep Sayısı/Gün	Kullanım Süresi (Dk)
ACT (3)	X	
EKG (8)	0,35*TRIA(40,70,110)	1.1 + ERLA(0.294, 6)
Ekokardiyografi (2)	(0,24)*TRIA(40,70,110)	2 + GAMM(1.41, 2.97)
Nebulizatör (20)	(0,432)*TRIA(40,70,110)	UNIF(10,30)
TEE (2)	X	X
Tekerlekli Sandalye (18)	X	X
Transcutan (2)	X	X

Bölüm adı	1.kat Ana Poliklinik		Pediatri	
Ekipman adı (adet)	Talep Sayısı/Gün	Kullanım Süresi (Dk)	Talep Sayısı/Gün	Kullanım Süresi (Dk)
ACT (3)	X	X	X	X
EKG (8)	X	X	X	X
Ekokardiyografi (2)	X	X	X	X
Nebulizatör (20)	X	X	20	15
TEE (2)	X	X	X	X
Tekerlekli Sandalye (18)	19,99	TRANSFER OLUR	2	TRANSFER OLUR
Transcutan (2)	X	X	13,3	1



<b>Bölüm adı</b>	<b>B1 Kardiyoloji</b>	
<b>Ekipman adı (adet)</b>	<b>Talep Sayısı/Gün</b>	<b>Kullanım Süresi (Dk)</b>
<b>ACT (3)</b>	3,42	UNIF(4,6)
<b>EKG (8)</b>	32,49	1.1 + ERLA(0.294, 6)
<b>Ekokardiyografi (2)</b>	0,741+0,228 (TEE)	2 + GAMM(1.41, 2.97) ya da TEE ile 20 dk
<b>Nebulizatör (20)</b>	X	X
<b>TEE (2)</b>	0,23	20
<b>Tekerlekli Sandalye (18)</b>	19,38	UNIF(10,15)
<b>Transcutan (2)</b>	X	X

<b>Bölüm adı</b>	<b>Anjiyo</b>	
<b>Ekipman adı (adet)</b>	<b>Talep Sayısı/Gün</b>	<b>Kullanım Süresi (Dk)</b>
<b>ACT (3)</b>	6,37	UNIF(4,6)
<b>EKG (8)</b>	50,05	1.1 + ERLA(0.294, 6)
<b>Ekokardiyografi (2)</b>	15,47+2,73 (TEE)	2 + GAMM(1.41, 2.97) ya da TEE ile 20 dk
<b>Nebulizatör (20)</b>	X	X
<b>TEE (2)</b>	2,73	20
<b>Tekerlekli Sandalye (18)</b>	10,01	UNIF(10,15)
<b>Transcutan (2)</b>	X	X

Bölüm adı	Koronar Yoğun Bakım	
Ekipman adı (adet)	Talep Sayısı/Gün	Kullanım Süresi (Dk)
ACT (3)	2,38	UNIF(4,6)
EKG (8)	18,7	1.1 + ERLA(0.294, 6)
Ekokardiyografi (2)	5,78+1,02 (TEE)	2 + GAMM(1.41, 2.97) ya da TEE ile 20 dk
Nebulizatör (20)	X	X
TEE (2)	1,02	20
Tekerlekli Sandalye (18)	3,74	UNIF(10,15)
Transcutan (2)	X	X

Bölüm adı	Genel Yoğun Bakım	
Ekipman adı (adet)	Talep Sayısı/Gün	Kullanım Süresi (Dk)
ACT (3)	0,94	UNIF(4,6)
EKG (8)	0,94	1.1 + ERLA(0.294, 6)
Ekokardiyografi (2)	0,47	2 + GAMM(1.41, 2.97)
Nebulizatör (20)	1,89	15
TEE (2)	X	X
Tekerlekli Sandalye (18)	2,5	%20 5 DK, %80 UNIF(120,180)
Transcutan (2)	X	X

<b>Bölüm adı</b>	<b>KVC Yoğun Bakım</b>	
<b>Ekipman adı (adet)</b>	<b>Talep Sayısı/Gün</b>	<b>Kullanım Süresi (Dk)</b>
<b>ACT (3)</b>	3,97	UNIF(4,6)
<b>EKG (8)</b>	5,95	1.1 + ERLA(0.294, 6)
<b>Ekokardiyografi (2)</b>	0,2(TEE)	10 (TEE)
<b>Nebulizatör (20)</b>	1,98	15
<b>TEE (2)</b>	0,2	10
<b>Tekerlekli Sandalye (18)</b>	5,95	5
<b>Transcutan (2)</b>	X	X

<b>Bölüm adı</b>	<b>2.kat Yatan</b>	
<b>Ekipman adı (adet)</b>	<b>Talep Sayısı/Gün</b>	<b>Kullanım Süresi (Dk)</b>
<b>ACT (3)</b>	X	X
<b>EKG (8)</b>	5,22	1.1 + ERLA(0.294, 6)
<b>Ekokardiyografi (2)</b>	X	X
<b>Nebulizatör (20)</b>	4,06	15
<b>TEE (2)</b>	X	X
<b>Tekerlekli Sandalye (18)</b>	8,40	UNIF(5,10)
<b>Transcutan (2)</b>	7,25	2

<b>Bölüm adı</b>	<b>1.kat Yatan Genel Cerrahi</b>	
<b>Ekipman adı (adet)</b>	<b>Talep Sayısı/Gün</b>	<b>Kullanım Süresi (Dk)</b>
<b>ACT (3)</b>	X	X
<b>EKG (8)</b>	0,86	1.1 + ERLA(0.294, 6)
<b>Ekokardiyografi (2)</b>	0,06	2 + GAMM(1.41, 2.97)
<b>Nebulizatör (20)</b>	80,32	UNIF(5,10)
<b>TEE (2)</b>	X	X
<b>Tekerlekli Sandalye (18)</b>	10,04	UNIF(5,10)
<b>Transcutan (2)</b>	X	X

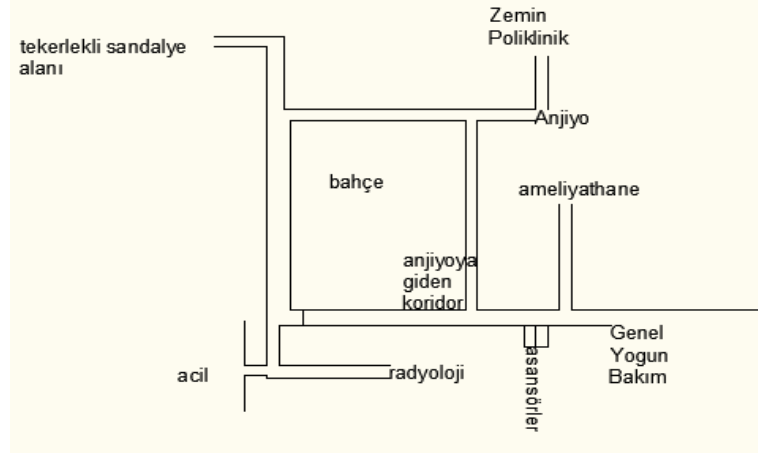
<b>Bölüm adı</b>	<b>1.kat KVC</b>	
<b>Ekipman adı (adet)</b>	<b>Talep Sayısı/Gün</b>	<b>Kullanım Süresi (Dk)</b>
<b>ACT (3)</b>	0,85	UNIF(4,6)
<b>EKG (8)</b>	20,34	1.1 + ERLA(0.294, 6)
<b>Ekokardiyografi (2)</b>	0,85	2 + GAMM(1.41, 2.97)
<b>Nebulizatör (20)</b>	30	15
<b>TEE (2)</b>	X	X
<b>Tekerlekli Sandalye (18)</b>	10,17	5
<b>Transcutan (2)</b>	X	X

Bölüm adı	NICU	
	Talep Sayısı/Gün	Kullanım Süresi (Dk)
ACT (3)	X	X
EKG (8)	X	X
Ekokardiyografi (2)	0,033	2 + GAMM(1.41, 2.97)
Nebulizatör (20)	X	X
TEE (2)	X	X
Tekerlekli Sandalye (18)	X	X
Transcutan (2)	0,05	TRIA(1,3,5)

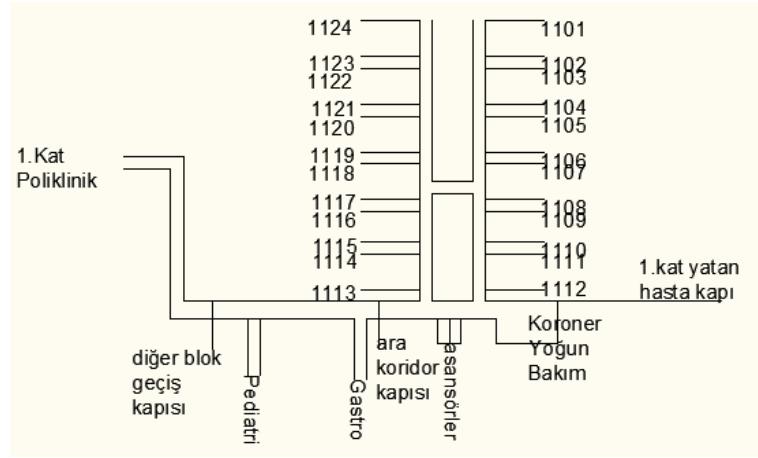
Bölmeler	Ekipman Arama Süresi (Dakika)
2.kat Poliklinik	UNIF(0,1)
1.kat Ana Poliklinik	UNIF(4,5)
Pediyatri	UNIF(4,5)
Zemin Poliklinik	UNIF(4,5)
Acil Polikliniği	TRIA(15,20,30)-Ekokardiyografi UNIF(4,5)-Nebulizatör
Ameliyathane	UNIF(10,15)
B1 Kardiyoloji	UNIF(4,5)
Anjiyo	UNIF(4,5)
Koroner Yoğun Bakım	UNIF(4,5)
Genel Yoğun Bakım	UNIF(4,5)
KVC Yoğun Bakım	UNIF(4,5)
2.kat Yatan Hasta	UNIF(4,5)
1.kat yatan Hasta Genel Cerrahi	TRIA(3,5,10)
1.kat Yatan KVC	TRIA(3,5,10)
NICU	TRIA(3,5,10)

## A.2 Hastane Temsili Planı

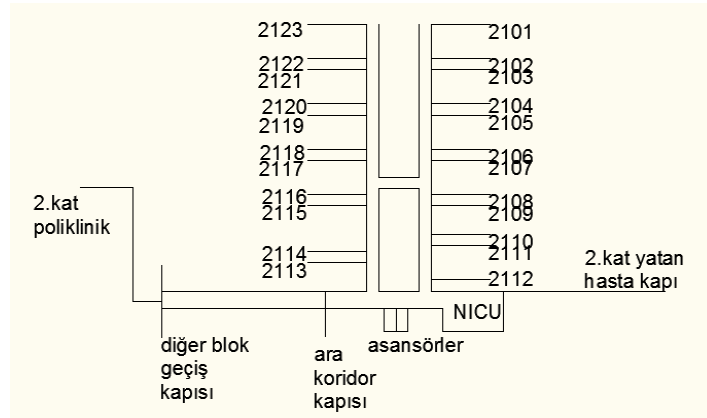
### Zemin Kat



### 1.Kat



### 2.Kat



### A.3 Arena'ya Girilen Uzaklık Matrisi

<b>Başlangıç İstasyonu</b>	<b>Bitiş İstasyonu</b>	<b>Uzaklık (m)</b>
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	0
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	0
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	1katanapoliklinik Station	105
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	2Kat Yatan Station	58
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	2katpol Station	103
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	acil station	98
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	acil station 2	98
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	ameliyathane Station	55
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	Anjiyo Station	44
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	B1 Kardiyoloji Station	107
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	Gastro Station	52
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	Genel Yogun Bakim Station	43
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	Koroner Yogun Bakim Station	30
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	KVC 1kat Yatan Station	9
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	KVC Yogun Bakim Station	43
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	NICU station	46
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	Pediatric Station	70
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	zeminpoliklinik Station	56
1Kat yatan Genel Cerrahi Station	NICU station 2	46
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	0
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	0
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	1katanapoliklinik Station	105
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	2Kat Yatan Station	58
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	2katpol Station	103
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	acil station	98
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	acil station 2	98
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	ameliyathane Station	55
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	Anjiyo Station	44

1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	B1 Kardiyoloji Station	107
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	Gastro Station	52
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	Genel Yogun Bakim Station	43
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	Koroner Yogun Bakim Station	30
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	KVC 1kat Yatan Station	9
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	KVC Yogun Bakim Station	43
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	NICU station	46
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	Pediatric Station	70
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	zeminpoliklinik Station	56
1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	NICU station 2	46
1katanapoliklinik Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	105
1katanapoliklinik Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	105
1katanapoliklinik Station	1katanapoliklinik Station	0
1katanapoliklinik Station	2Kat Yatan Station	105
1katanapoliklinik Station	2katpol Station	104
1katanapoliklinik Station	acil station	71
1katanapoliklinik Station	acil station 2	71
1katanapoliklinik Station	ameliyathane Station	104
1katanapoliklinik Station	Anjiyo Station	85
1katanapoliklinik Station	B1 Kardiyoloji Station	164
1katanapoliklinik Station	Gastro Station	77
1katanapoliklinik Station	Genel Yogun Bakim Station	101
1katanapoliklinik Station	Koroner Yogun Bakim Station	96
1katanapoliklinik Station	KVC 1kat Yatan Station	102
1katanapoliklinik Station	KVC Yogun Bakim Station	101
1katanapoliklinik Station	NICU station	102
1katanapoliklinik Station	Pediatric Station	58
1katanapoliklinik Station	zeminpoliklinik Station	143
1katanapoliklinik Station	NICU station 2	102
2Kat Yatan Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	58
2Kat Yatan Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	58



2Kat Yatan Station	1katanapoliklinik Station	105
2Kat Yatan Station	2Kat Yatan Station	0
2Kat Yatan Station	2katpol Station	96
2Kat Yatan Station	acil station	94
2Kat Yatan Station	acil station 2	94
2Kat Yatan Station	ameliyathane Station	58
2Kat Yatan Station	Anjiyo Station	114
2Kat Yatan Station	B1 Kardiyoloji Station	112
2Kat Yatan Station	Gastro Station	57
2Kat Yatan Station	Genel Yogun Bakim Station	43
2Kat Yatan Station	Koroner Yogun Bakim Station	47
2Kat Yatan Station	KVC 1kat Yatan Station	61
2Kat Yatan Station	KVC Yogun Bakim Station	43
2Kat Yatan Station	NICU station	38
2Kat Yatan Station	Pediatric Station	57
2Kat Yatan Station	zeminpoliklinik Station	63
2Kat Yatan Station	NICU station 2	38
2katpol Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	103
2katpol Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	103
2katpol Station	1katanapoliklinik Station	104
2katpol Station	2Kat Yatan Station	96
2katpol Station	2katpol Station	0
2katpol Station	acil station	68
2katpol Station	acil station 2	68
2katpol Station	ameliyathane Station	104
2katpol Station	Anjiyo Station	140
2katpol Station	B1 Kardiyoloji Station	158
2katpol Station	Gastro Station	74
2katpol Station	Genel Yogun Bakim Station	93
2katpol Station	Koroner Yogun Bakim Station	93
2katpol Station	KVC 1kat Yatan Station	94

2katpol Station	KVC Yogun Bakim Station	93
2katpol Station	NICU station	93
2katpol Station	Pediatric Station	55
2katpol Station	zeminpoliklinik Station	128
2katpol Station	NICU station 2	93
acil station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	98
acil station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	98
acil station	1katanapoliklinik Station	71
acil station	2Kat Yatan Station	94
acil station	2katpol Station	68
acil station	acil station	0
acil station	acil station 2	0
acil station	ameliyathane Station	96
acil station	Anjiyo Station	130
acil station	B1 Kardiyoloji Station	153
acil station	Gastro Station	69
acil station	Genel Yogun Bakim Station	85
acil station	Koroner Yogun Bakim Station	88
acil station	KVC 1kat Yatan Station	94
acil station	KVC Yogun Bakim Station	85
acil station	NICU station	91
acil station	Pediatric Station	51
acil station	zeminpoliklinik Station	119
acil station	NICU station 2	91
acil station 2	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	98
acil station 2	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	98
acil station 2	1katanapoliklinik Station	71
acil station 2	2Kat Yatan Station	94
acil station 2	2katpol Station	68
acil station 2	acil station	0
acil station 2	acil station 2	0

acil station 2	ameliyathane Station	96
acil station 2	Anjiyo Station	130
acil station 2	B1 Kardiyoloji Station	153
acil station 2	Gastro Station	69
acil station 2	Genel Yogun Bakim Station	85
acil station 2	Koroner Yogun Bakim Station	88
acil station 2	KVC 1kat Yatan Station	94
acil station 2	KVC Yogun Bakim Station	85
acil station 2	NICU station	91
acil station 2	Pediatric Station	51
acil station 2	zeminpoliklinik Station	119
acil station 2	NICU station 2	91
ameliyathane Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	55
ameliyathane Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	55
ameliyathane Station	1katanapoliklinik Station	104
ameliyathane Station	2Kat Yatan Station	58
ameliyathane Station	2katpol Station	104
ameliyathane Station	acil station	96
ameliyathane Station	acil station 2	96
ameliyathane Station	ameliyathane Station	0
ameliyathane Station	Anjiyo Station	109
ameliyathane Station	B1 Kardiyoloji Station	109
ameliyathane Station	Gastro Station	56
ameliyathane Station	Genel Yogun Bakim Station	31
ameliyathane Station	Koroner Yogun Bakim Station	44
ameliyathane Station	KVC 1kat Yatan Station	55
ameliyathane Station	KVC Yogun Bakim Station	31
ameliyathane Station	NICU station	47
ameliyathane Station	Pediatric Station	74
ameliyathane Station	zeminpoliklinik Station	99
ameliyathane Station	NICU station 2	47

Anjiyo Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	44
Anjiyo Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	44
Anjiyo Station	1katanapoliklinik Station	85
Anjiyo Station	2Kat Yatan Station	114
Anjiyo Station	2katpol Station	140
Anjiyo Station	acil station	130
Anjiyo Station	acil station 2	130
Anjiyo Station	ameliyathane Station	109
Anjiyo Station	Anjiyo Station	0
Anjiyo Station	B1 Kardiyoloji Station	165
Anjiyo Station	Gastro Station	112
Anjiyo Station	Genel Yogun Bakim Station	97
Anjiyo Station	Koroner Yogun Bakim Station	100
Anjiyo Station	KVC 1kat Yatan Station	44
Anjiyo Station	KVC Yogun Bakim Station	97
Anjiyo Station	NICU station	103
Anjiyo Station	Pediatric Station	130
Anjiyo Station	zeminpoliklinik Station	32
Anjiyo Station	NICU station 2	103
B1 Kardiyoloji Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	107
B1 Kardiyoloji Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	107
B1 Kardiyoloji Station	1katanapoliklinik Station	164
B1 Kardiyoloji Station	2Kat Yatan Station	112
B1 Kardiyoloji Station	2katpol Station	158
B1 Kardiyoloji Station	acil station	153
B1 Kardiyoloji Station	acil station 2	153
B1 Kardiyoloji Station	ameliyathane Station	109
B1 Kardiyoloji Station	Anjiyo Station	165
B1 Kardiyoloji Station	B1 Kardiyoloji Station	0
B1 Kardiyoloji Station	Gastro Station	109
B1 Kardiyoloji Station	Genel Yogun Bakim Station	98

B1 Kardiyoloji Station	Koroner Yogun Bakim Station	98
B1 Kardiyoloji Station	KVC 1kat Yatan Station	107
B1 Kardiyoloji Station	KVC Yogun Bakim Station	98
B1 Kardiyoloji Station	NICU station	101
B1 Kardiyoloji Station	Pediatric Station	127
B1 Kardiyoloji Station	zeminpoliklinik Station	155
B1 Kardiyoloji Station	NICU station 2	101
Gastro Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	52
Gastro Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	52
Gastro Station	1katanapoliklinik Station	77
Gastro Station	2Kat Yatan Station	57
Gastro Station	2katpol Station	74
Gastro Station	acil station	69
Gastro Station	acil station 2	69
Gastro Station	ameliyathane Station	56
Gastro Station	Anjiyo Station	112
Gastro Station	B1 Kardiyoloji Station	109
Gastro Station	Gastro Station	0
Gastro Station	Genel Yogun Bakim Station	44
Gastro Station	Koroner Yogun Bakim Station	41
Gastro Station	KVC 1kat Yatan Station	43
Gastro Station	KVC Yogun Bakim Station	44
Gastro Station	NICU station	47
Gastro Station	Pediatric Station	39
Gastro Station	zeminpoliklinik Station	102
Gastro Station	NICU station 2	47
Genel Yogun Bakim Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	43
Genel Yogun Bakim Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	43
Genel Yogun Bakim Station	1katanapoliklinik Station	104
Genel Yogun Bakim Station	2Kat Yatan Station	45
Genel Yogun Bakim Station	2katpol Station	101

Genel Yogun Bakim Station	acil station	85
Genel Yogun Bakim Station	acil station 2	85
Genel Yogun Bakim Station	ameliyathane Station	31
Genel Yogun Bakim Station	Anjiyo Station	97
Genel Yogun Bakim Station	B1 Kardiyoloji Station	98
Genel Yogun Bakim Station	Gastro Station	44
Genel Yogun Bakim Station	Genel Yogun Bakim Station	0
Genel Yogun Bakim Station	Koroner Yogun Bakim Station	31
Genel Yogun Bakim Station	KVC 1kat Yatan Station	42
Genel Yogun Bakim Station	KVC Yogun Bakim Station	0
Genel Yogun Bakim Station	NICU station	36
Genel Yogun Bakim Station	Pediatric Station	62
Genel Yogun Bakim Station	zeminpoliklinik Station	87
Genel Yogun Bakim Station	NICU station 2	36
Koroner Yogun Bakim Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	30
Koroner Yogun Bakim Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	30
Koroner Yogun Bakim Station	1katanapoliklinik Station	96
Koroner Yogun Bakim Station	2Kat Yatan Station	47
Koroner Yogun Bakim Station	2katpol Station	93
Koroner Yogun Bakim Station	acil station	88
Koroner Yogun Bakim Station	acil station 2	88
Koroner Yogun Bakim Station	ameliyathane Station	44
Koroner Yogun Bakim Station	Anjiyo Station	100
Koroner Yogun Bakim Station	B1 Kardiyoloji Station	98
Koroner Yogun Bakim Station	Gastro Station	41
Koroner Yogun Bakim Station	Genel Yogun Bakim Station	31
Koroner Yogun Bakim Station	Koroner Yogun Bakim Station	0
Koroner Yogun Bakim Station	KVC 1kat Yatan Station	39
Koroner Yogun Bakim Station	KVC Yogun Bakim Station	31
Koroner Yogun Bakim Station	NICU station	36
Koroner Yogun Bakim Station	Pediatric Station	59

Koroner Yogun Bakim Station	zeminpoliklinik Station	90
Koroner Yogun Bakim Station	NICU station 2	36
KVC 1kat Yatan Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	9
KVC 1kat Yatan Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	9
KVC 1kat Yatan Station	1katanapoliklinik Station	102
KVC 1kat Yatan Station	2Kat Yatan Station	61
KVC 1kat Yatan Station	2katpol Station	94
KVC 1kat Yatan Station	acil station	94
KVC 1kat Yatan Station	acil station 2	94
KVC 1kat Yatan Station	ameliyathane Station	55
KVC 1kat Yatan Station	Anjiyo Station	44
KVC 1kat Yatan Station	B1 Kardiyoloji Station	107
KVC 1kat Yatan Station	Gastro Station	43
KVC 1kat Yatan Station	Genel Yogun Bakim Station	42
KVC 1kat Yatan Station	Koroner Yogun Bakim Station	39
KVC 1kat Yatan Station	KVC 1kat Yatan Station	0
KVC 1kat Yatan Station	KVC Yogun Bakim Station	42
KVC 1kat Yatan Station	NICU station	45
KVC 1kat Yatan Station	Pediatric Station	61
KVC 1kat Yatan Station	zeminpoliklinik Station	68
KVC 1kat Yatan Station	NICU station 2	45
KVC Yogun Bakim Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	43
KVC Yogun Bakim Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	43
KVC Yogun Bakim Station	1katanapoliklinik Station	104
KVC Yogun Bakim Station	2Kat Yatan Station	45
KVC Yogun Bakim Station	2katpol Station	101
KVC Yogun Bakim Station	acil station	85
KVC Yogun Bakim Station	acil station 2	85
KVC Yogun Bakim Station	ameliyathane Station	31
KVC Yogun Bakim Station	Anjiyo Station	97
KVC Yogun Bakim Station	B1 Kardiyoloji Station	98

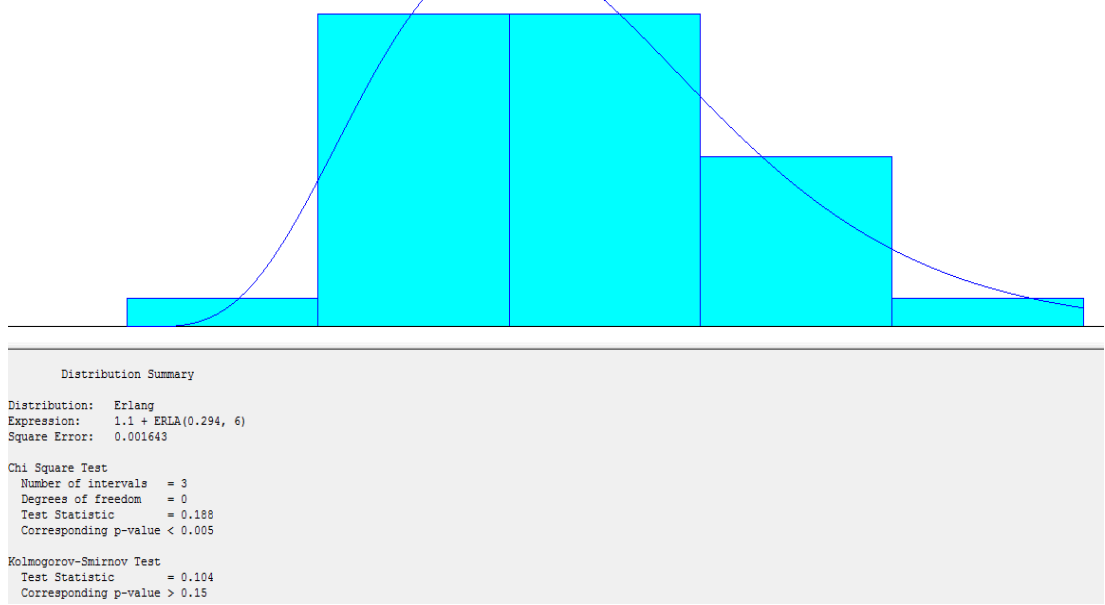
KVC Yogun Bakim Station	Gastro Station	44
KVC Yogun Bakim Station	Genel Yogun Bakim Station	0
KVC Yogun Bakim Station	Koroner Yogun Bakim Station	31
KVC Yogun Bakim Station	KVC 1kat Yatan Station	42
KVC Yogun Bakim Station	KVC Yogun Bakim Station	0
KVC Yogun Bakim Station	NICU station	36
KVC Yogun Bakim Station	Pediatric Station	62
KVC Yogun Bakim Station	zeminpoliklinik Station	87
KVC Yogun Bakim Station	NICU station 2	36
NICU station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	46
NICU station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	46
NICU station	1katanapoliklinik Station	102
NICU station	2Kat Yatan Station	38
NICU station	2katpol Station	93
NICU station	acil station	91
NICU station	acil station 2	91
NICU station	ameliyathane Station	47
NICU station	Anjiyo Station	103
NICU station	B1 Kardiyoloji Station	101
NICU station	Gastro Station	47
NICU station	Genel Yogun Bakim Station	36
NICU station	Koroner Yogun Bakim Station	36
NICU station	KVC 1kat Yatan Station	45
NICU station	KVC Yogun Bakim Station	36
NICU station	NICU station	0
NICU station	Pediatric Station	65
NICU station	zeminpoliklinik Station	93
NICU station	NICU station 2	0
Pediatric Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	70
Pediatric Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	70
Pediatric Station	1katanapoliklinik Station	58



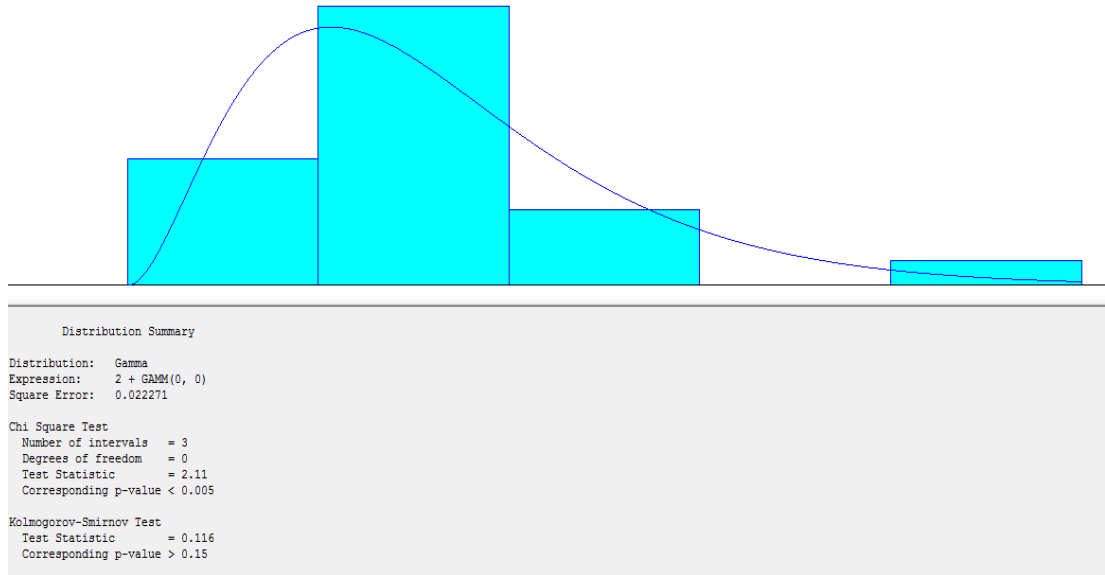
Pediatri Station	2Kat Yatan Station	57
Pediatri Station	2katpol Station	55
Pediatri Station	acil station	51
Pediatri Station	acil station 2	51
Pediatri Station	ameliyathane Station	74
Pediatri Station	Anjiyo Station	130
Pediatri Station	B1 Kardiyoloji Station	127
Pediatri Station	Gastro Station	39
Pediatri Station	Genel Yogun Bakim Station	62
Pediatri Station	Koroner Yogun Bakim Station	59
Pediatri Station	KVC 1kat Yatan Station	61
Pediatri Station	KVC Yogun Bakim Station	62
Pediatri Station	NICU station	65
Pediatri Station	Pediatri Station	0
Pediatri Station	zeminpoliklinik Station	120
Pediatri Station	NICU station 2	65
zeminpoliklinik Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	56
zeminpoliklinik Station	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	56
zeminpoliklinik Station	1katanapoliklinik Station	143
zeminpoliklinik Station	2Kat Yatan Station	63
zeminpoliklinik Station	2katpol Station	128
zeminpoliklinik Station	acil station	119
zeminpoliklinik Station	acil station 2	119
zeminpoliklinik Station	ameliyathane Station	99
zeminpoliklinik Station	Anjiyo Station	32
zeminpoliklinik Station	B1 Kardiyoloji Station	155
zeminpoliklinik Station	Gastro Station	102
zeminpoliklinik Station	Genel Yogun Bakim Station	87
zeminpoliklinik Station	Koroner Yogun Bakim Station	90
zeminpoliklinik Station	KVC 1kat Yatan Station	68
zeminpoliklinik Station	KVC Yogun Bakim Station	87

zeminpoliklinik Station	NICU station	93
zeminpoliklinik Station	Pediatric Station	120
zeminpoliklinik Station	zeminpoliklinik Station	0
zeminpoliklinik Station	NICU station 2	93
NICU station 2	1Kat yatan Genel Cerrahi Station	46
NICU station 2	1Kat yatan Genel Cerrahi Station 2	46
NICU station 2	1katanapoliklinik Station	102
NICU station 2	2Kat Yatan Station	38
NICU station 2	2katpol Station	93
NICU station 2	acil station	91
NICU station 2	acil station 2	91
NICU station 2	ameliyathane Station	47
NICU station 2	Anjiyo Station	103
NICU station 2	B1 Kardiyoloji Station	101
NICU station 2	Gastro Station	47
NICU station 2	Genel Yogun Bakim Station	36
NICU station 2	Koroner Yogun Bakim Station	36
NICU station 2	KVC 1kat Yatan Station	45
NICU station 2	KVC Yogun Bakim Station	36
NICU station 2	NICU station	0
NICU station 2	Pediatric Station	65
NICU station 2	zeminpoliklinik Station	93
NICU station 2	NICU station 2	0

#### A.4 EKG ve Ekokardiyografi Kullanım Süreleri için Dağılım Grafikleri



Şekil A-1 EKG Kullanım Süresi Dağılımı-Arena Input Analyzer



Şekil A-2 Ekokardiyografi Kullanım Süresi Dağılımı-Arena Input Analyzer

## B. 1 Arena - Visual Basic Kodu

```
Private Function ModelLogic_UserFunction(ByVal entityID As Long, ByVal
functionID As Long) As Double
Dim m As Model
Dim s As SIMAN
Set m = ThisDocument.Model
Set s = m.SIMAN
Dim aciliyetdurumu As Integer
Dim alettipi As Integer
Dim ekipmansayisi As Long
Dim hepsi(20, 2) As Long
Dim kullanimmiktari(9, 20) As Long ' alettipi x ekipmansayisi
Dim aletIndex As Integer
Dim sembolnumarasi(9, 20) As Long
Dim transporternumber As Long
Dim aletadi As String
Dim paretoFrontier(20) As Integer
Dim secilen As Integer
Dim availableTransporterNumber As Integer
Dim randomAta As Integer
Dim secebildimmi As Boolean
Dim transporterStationNumber As Long
Dim entityStationNumber As Long
Dim distanceNumber As Long
Dim aradakiMesafe As Long
Dim g As Integer
Dim z As Integer
Dim y As Integer
Dim transporterStatus As Long
Dim j As Variant
Dim n As Integer
Dim maxEkipmanSayisi As Integer
maxEkipmanSayisi = 21
Dim secilenmodelsno As Long
Dim basecasesembolno As Long
secilenmodelsno = s.SymbolNumber("hangiModel")
basecasesembolno = s.SymbolNumber("basecase")
If s.VariableArrayValue(secilenmodelsno) = 0 And
s.VariableArrayValue(basecasesembolno) = 0 Then
MsgBox ("hatalı giriş")
ElseIf s.VariableArrayValue(secilenmodelsno) > 0 And
s.VariableArrayValue(basecasesembolno) = 1 Then
MsgBox ("hatalı giriş2")
End If
aletIndex = 0
alettipi = s.AttributeValue(s.ActiveEntity, s.SymbolNumber("aletTipi"), 0, 0)
```

```

aciliyetdurumu = s.AttributeValue(s.ActiveEntity, s.SymbolNumber("aciliyet"), 0, 0)
Select Case alettipi
Case 1
    aletadi = "ACT"
Case 2
    aletadi = "EKG"
Case 3
    aletadi = "Ekokardiyografi"
Case 6
    aletadi = "Nebulizator"
Case 8
    aletadi = "TEE"
Case 9
    aletadi = "Tekerlekli Sandalye"
Case 10
    aletadi = "Transcutan"
End Select
transporternumber = s.SymbolNumber(aletadi)
ekipmansayisi = s.TransporterNumberOfUnits(transporternumber)
aletIndex = alettipi - 1
    For j = 0 To (ekipmansayisi - 1)
        sembolnumarasi(aletIndex, j) = s.SymbolNumber("nekadarkullandim", alettipi, j
+ 1)
        kullanimmiktari(aletIndex, j) =
s.VariableArrayValue(sembolnumarasi(aletIndex, j))
    Next j
    'available transporterları, utilizationlarını ve distancelarını tutacağımız arrayin ilk
boyutuna deger olarak 999 verelim . elimizde maksimum 21 transporter olacak
    'böylece default deger olan 0dan ayırabilmiş olacağız atanmış 0 nolu transporterleri
Dim f As Integer
For f = 0 To maxEkipmanSayisi - 1 'ekipmansayisi - 1
    hepsi(f, 0) = 999
    paretoFrontier(f) = 999
Next f
    'bos olan transporterları hepsinin ilk sütununa yazalım
availableTransporterNumber = 0
For z = 0 To ekipmansayisi - 1
    transporterStatus = s.TransporterUnitStatus(transporternumber, z + 1)
    If transporterStatus = 0 Then
        hepsi(z, 0) = z + 1
        availableTransporterNumber = availableTransporterNumber + 1 'kac tane
available transporter var sayalım
        hepsi(z, 1) = kullanimmiktari(aletIndex, z)
        'available transporterların mesafelerini hepsinin üçüncü sütununa yazalım
        transporterStationNumber = s.TransporterLocation(transporternumber, z + 1)
        entityStationNumber = s.EntityCurrentStation(s.ActiveEntity)
        distanceNumber = s.SymbolNumber("uzaklik")

```

```

        hepsi(z, 2) = s.DistanceSetValue(distanceNumber, transporterStationNumber,
entityStationNumber)
    End If
Next z

If availableTransporterNumber = 0 Then
MsgBox (alettipi)
End If
Dim temp As Long
temp = 0
Dim tempSira As Integer
tempSira = 0
'indexleri sırala 999 en alta insin diye yapıyoruz
For i = 0 To ekipmansayisi - 1
    For j = 1 To ekipmansayisi - i - 1
        ' indexleri
        If hepsi(j - 1, 0) > hepsi(j, 0) Then
            'swap the elements
            temp = hepsi(j - 1, 1)
            hepsi(j - 1, 1) = hepsi(j, 1)
            hepsi(j, 1) = temp

            temp = hepsi(j - 1, 2)
            hepsi(j - 1, 2) = hepsi(j, 2)
            hepsi(j, 2) = temp

            tempSira = hepsi(j - 1, 0)
            hepsi(j - 1, 0) = hepsi(j, 0)
            hepsi(j, 0) = tempSira
        End If
    Next j
Next i
secilen = 888
If availableTransporterNumber = 1 Then
    secilen = hepsi(0, 0)
Else
n = availableTransporterNumber
Dim secilenmodel As Long
Dim secilenmodelsembolno As Long
secilenmodelsembolno = s.SymbolNumber("hangiModel")
secilenmodel = s.VariableArrayValue(secilenmodelsembolno)
Select Case secilenmodel
Case 0 'basecasei calistirir
Dim sectimmi As Boolean
sectimmi = False
Dim rasgelesecelim As Integer
Dim rasgeleindex As Integer

```

```

Dim rasgele As Integer
rasgele = Int((n - 1 - 0 + 1) * Rnd + 0)
rasgeleindex = rasgele
While sectimmi = False
    i = rasgeleindex Mod n
    transporterStationNumber = s.TransporterLocation(transporternumber, hepsi(i,
0))
    entityStationNumber = s.EntityCurrentStation(s.ActiveEntity)
    If entityStationNumber = transporterStationNumber Then
        secilen = hepsi(i, 0)
        sectimmi = True
    Else
        rasgeleindex = rasgeleindex + 1
        i = rasgeleindex Mod n
        If i = rasgele Then
            'rasgele sec
            'Int((upperbound - lowerbound + 1) * Rnd + lowerbound)
            rasgelesecelim = Int((n - 1 - 0 + 1) * Rnd + 0)
            secilen = hepsi(rasgelesecelim, 0)
            sectimmi = True
        End If
    End If
Wend
Case 1 'minimum distance i çalıştırır
For i = 0 To n - 1
    For j = 1 To n - i - 1
        ' distanceları kıyasla
        If hepsi(j - 1, 2) > hepsi(j, 2) Then
            'swap the elements
            temp = hepsi(j - 1, 1)
            hepsi(j - 1, 1) = hepsi(j, 1)
            hepsi(j, 1) = temp

            temp = hepsi(j - 1, 2)
            hepsi(j - 1, 2) = hepsi(j, 2)
            hepsi(j, 2) = temp

            tempSira = hepsi(j - 1, 0)
            hepsi(j - 1, 0) = hepsi(j, 0)
            hepsi(j, 0) = tempSira
        End If
    Next j
Next i
secilen = hepsi(0, 0)

Case 2 'min utilizationi çalıştırır
For i = 0 To n - 1

```

```

For j = 1 To n - i - 1
    'sıralamak için utilizationa bakacağız
    If hepsi(j - 1, 1) > hepsi(j, 1) Then
        'swap elements
        temp = hepsi(j - 1, 1)
        hepsi(j - 1, 1) = hepsi(j, 1)
        hepsi(j, 1) = temp

        temp = hepsi(j - 1, 2)
        hepsi(j - 1, 2) = hepsi(j, 2)
        hepsi(j, 2) = temp

        tempSira = hepsi(j - 1, 0)
        hepsi(j - 1, 0) = hepsi(j, 0)
        hepsi(j, 0) = tempSira
    End If
Next j
Next i
secilen = hepsi(0, 0)

```

```

Case 3 'denge modelini çalıştırır
Select Case aciliyetdurumu
Case 1 'çok acil ise en yakındakini seç
'MsgBox (n)
For i = 0 To n - 1
    For j = 1 To n - i - 1
        ' distanceları kıyasla
        If hepsi(j - 1, 2) > hepsi(j, 2) Then
            'swap the elements
            temp = hepsi(j - 1, 1)
            hepsi(j - 1, 1) = hepsi(j, 1)
            hepsi(j, 1) = temp

            temp = hepsi(j - 1, 2)
            hepsi(j - 1, 2) = hepsi(j, 2)
            hepsi(j, 2) = temp

            tempSira = hepsi(j - 1, 0)
            hepsi(j - 1, 0) = hepsi(j, 0)
            hepsi(j, 0) = tempSira
        End If
    Next j
Next i
secilen = hepsi(0, 0)

```

```

Case 2
'bubblesort2D

```



```

For i = 0 To n - 1
  For j = 1 To n - i - 1
    'sıralamak için öncelikle utilizationa bakacağız
    If hepsi(j - 1, 1) > hepsi(j, 1) Then
      'swap elements
      temp = hepsi(j - 1, 1)
      hepsi(j - 1, 1) = hepsi(j, 1)
      hepsi(j, 1) = temp

      temp = hepsi(j - 1, 2)
      hepsi(j - 1, 2) = hepsi(j, 2)
      hepsi(j, 2) = temp

      tempSira = hepsi(j - 1, 0)
      hepsi(j - 1, 0) = hepsi(j, 0)
      hepsi(j, 0) = tempSira
    End If
  Next j
Next i

```

```

For i = 0 To n - 1
  For j = 1 To n - i - 1
    'utilizationlar eşitse distanceları kıyasla
    If hepsi(j - 1, 2) > hepsi(j, 2) And hepsi(j - 1, 1) = hepsi(j, 1) Then
      'swap the elements
      temp = hepsi(j - 1, 1)
      hepsi(j - 1, 1) = hepsi(j, 1)
      hepsi(j, 1) = temp

      temp = hepsi(j - 1, 2)
      hepsi(j - 1, 2) = hepsi(j, 2)
      hepsi(j, 2) = temp

      tempSira = hepsi(j - 1, 0)
      hepsi(j - 1, 0) = hepsi(j, 0)
      hepsi(j, 0) = tempSira
    End If
  Next j
Next i

```

```

'pareto frontieri oluşturalım
Dim q As Integer
Dim numpareto As Integer
Dim lastpareto As Integer
q = 0
numpareto = 0
lastpareto = 0

```

```

paretoFrontier(numpareto) = hepsi(q, 0)
For q = 1 To n - 1
  If hepsi(q, 2) < hepsi(lastpareto, 2) Then
    lastpareto = q
    numpareto = numpareto + 1
    paretoFrontier(numpareto) = hepsi(q, 0)
  End If
Next q
'frontierdaki ekipmanlardan rasgele atama yapılır
'Int((upperbound - lowerbound + 1) * Rnd + lowerbound)
  randomAta = Int(((numpareto - 0 + 1) * Rnd))
  secilen = paretoFrontier(randomAta)
Case 3 'acil degil en az kullanilani ata
For i = 0 To n - 1
  For j = 1 To n - i - 1
    'sıralamak için utilizationa bakacağız
    If hepsi(j - 1, 1) > hepsi(j, 1) Then
      'swap elements
      temp = hepsi(j - 1, 1)
      hepsi(j - 1, 1) = hepsi(j, 1)
      hepsi(j, 1) = temp

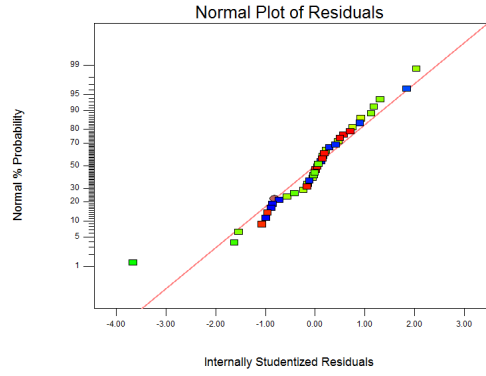
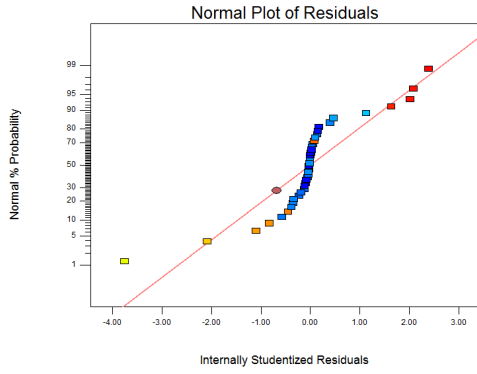
      temp = hepsi(j - 1, 2)
      hepsi(j - 1, 2) = hepsi(j, 2)
      hepsi(j, 2) = temp

      tempSira = hepsi(j - 1, 0)
      hepsi(j - 1, 0) = hepsi(j, 0)
      hepsi(j, 0) = tempSira
    End If
  Next j
Next i
secilen = hepsi(0, 0)
End Select
End Select 'modelsecimi kapatir
End If 'if n=1 i kapatır
ModelLogic_UserFunction = secilen
End Function

```

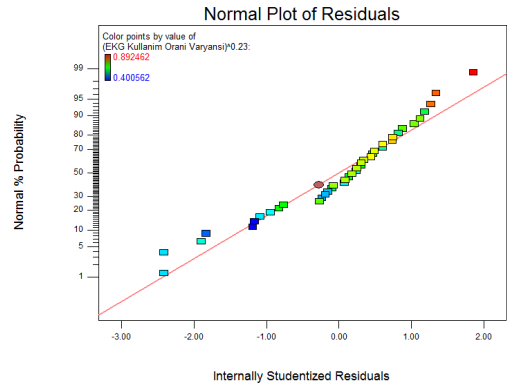
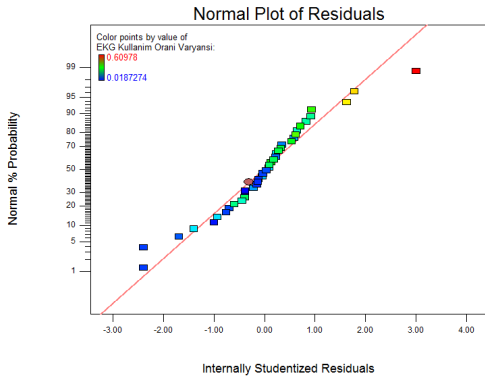
## B. 2 Residual Grafikleri

### Temel Senaryo



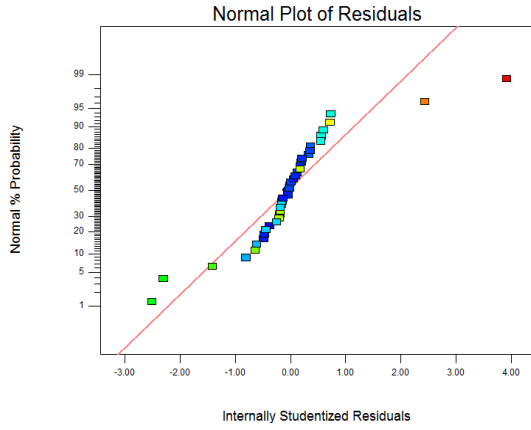
Şekil B-3 Temel Senaryo için Residualların Normal Grafiği

Şekil B-4 Transformdan Sonra Temel Senaryo için Residualların Normal Grafiği

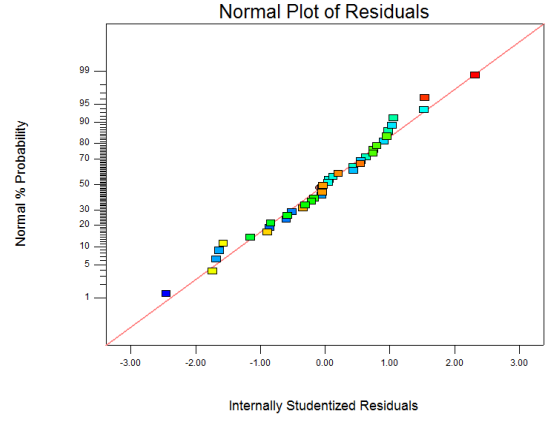


Şekil B-5 Temel Senaryo EKG Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği

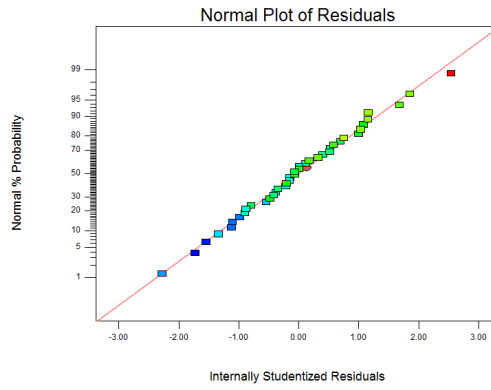
Şekil B-6 Transformdan Sonra Temel Senaryo EKG Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği



Şekil B-7 Temel Senaryo Nebulizator Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği

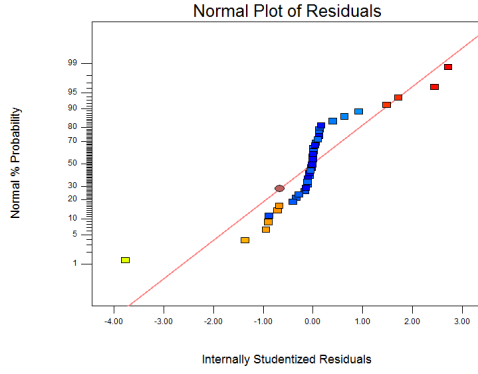


Şekil B-8 Temel Senaryo Nebulizator Kullanım Oranı Varyansı için Transform Sonrası Residualların Normal Grafiği

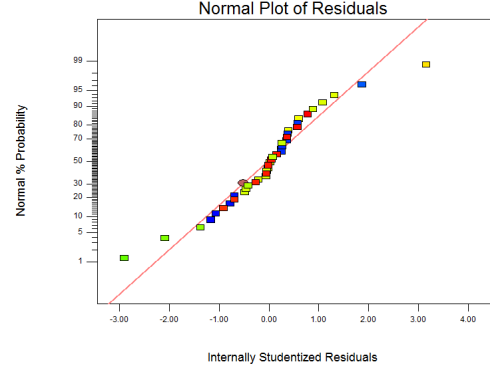


Şekil B-9 Temel Senaryo Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği

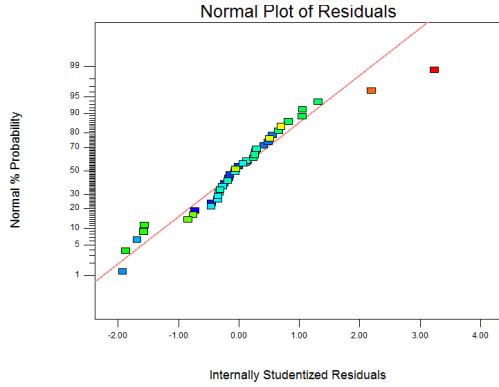
## Minimum Mesafe Senaryosu



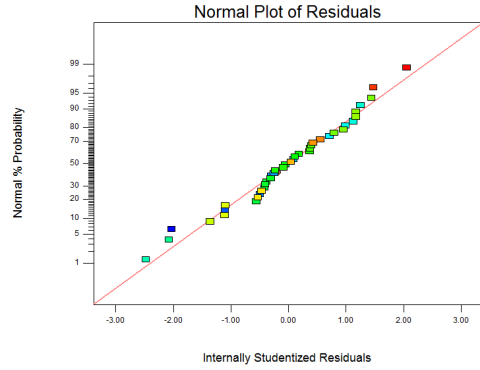
Şekil B-10 Minimum Mesafe Senaryosu Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi için Residualların Normal Grafiği



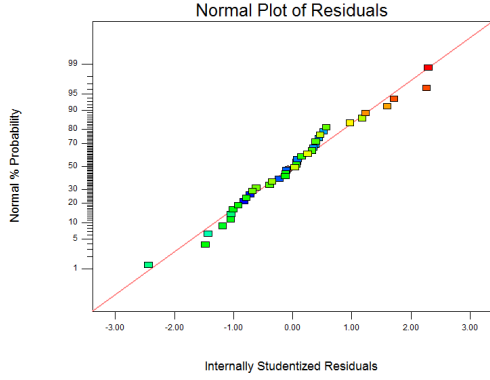
Şekil B-11 Transformdan sonra Minimum Mesafe Senaryosu Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi için Residualların Normal Grafiği



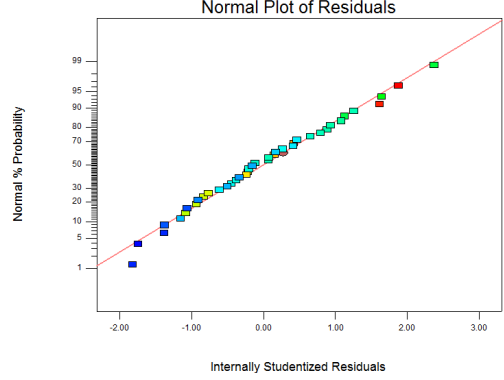
Şekil B-12 Minimum Mesafe Senaryosu EKG Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği



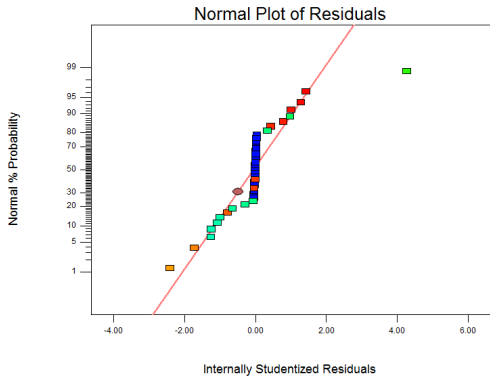
Şekil B-13 Transformdan Sonra Minimum Mesafe Senaryosu EKG Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği



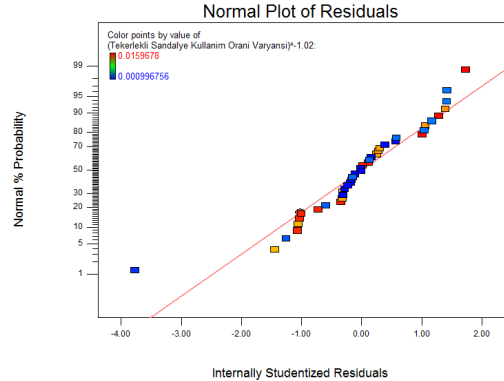
Şekil B-14 Minimum Mesafe Senaryosu Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği



Şekil B-15 Transformdan Sonra Minimum Mesafe Senaryosu Nebulizatör Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği

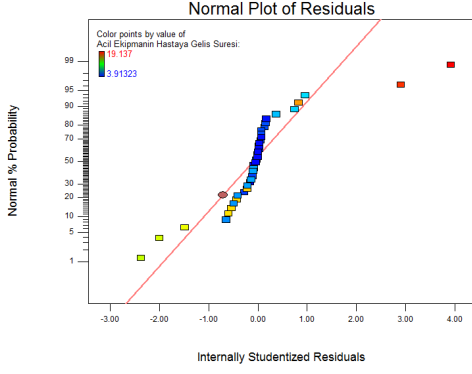


Şekil B-16 Minimum Mesafe Senaryosu Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği

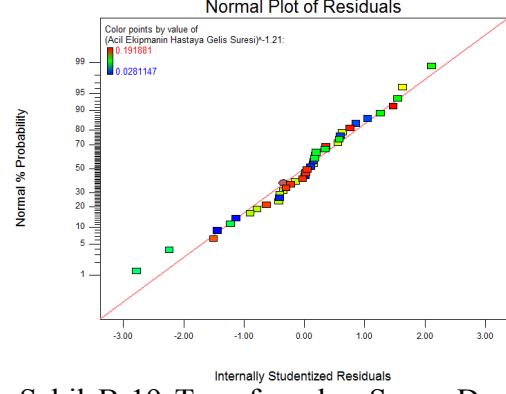


Şekil B-17 Transformdan Sonra Minimum Mesafe Senaryosu Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Normal Grafiği

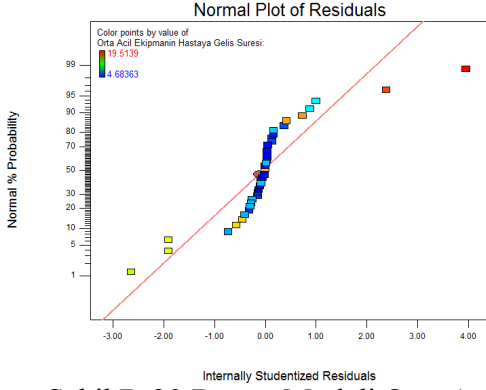
## Denge Senaryosu



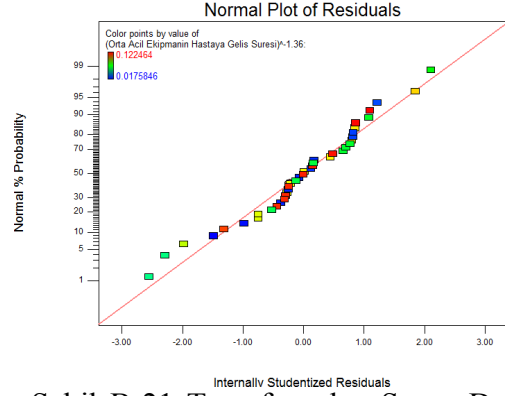
Şekil B-18 Denge Modeli Acil Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi için Residualların Normal Grafiği



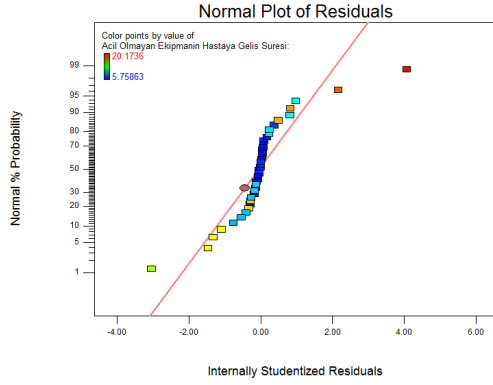
Şekil B-19 Transformdan Sonra Denge Modeli Acil Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi için Residualların Normal Grafiği



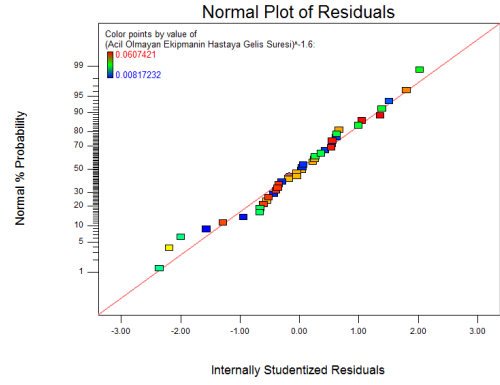
Şekil B-20 Denge Modeli Orta Acil Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi için Residualların Normal Grafiği



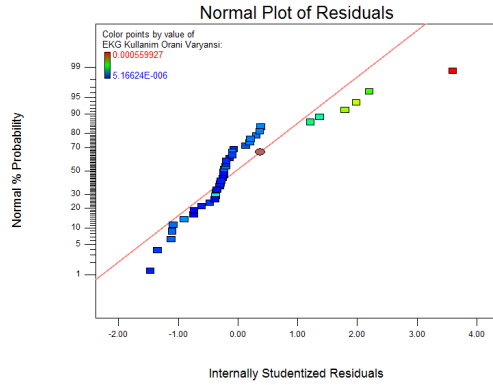
Şekil B-21 Transformdan Sonra Denge Modeli Orta Acil Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi için Residualların Normal Grafiği



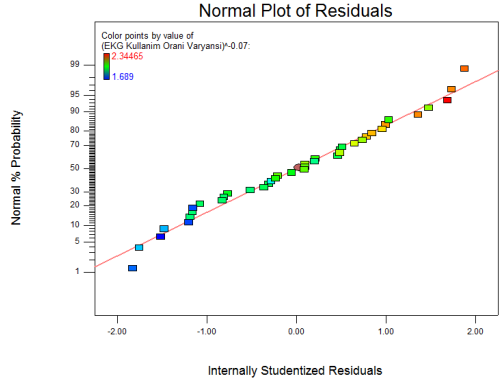
Şekil B-22 Denge Modeli Acil Olmayan Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi için Residualların Normal Grafiği



Şekil B-23 Transfordan Sonra Denge Modeli Acil Olmayan Ekipmanın Hastaya Geliş Süresi için Residualların Normal Grafiği

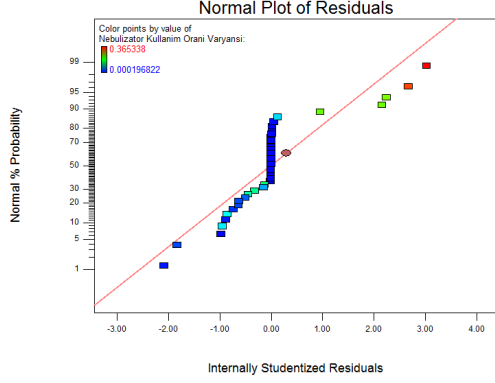


Şekil B-24 Denge Modeli EKG Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Grafiği

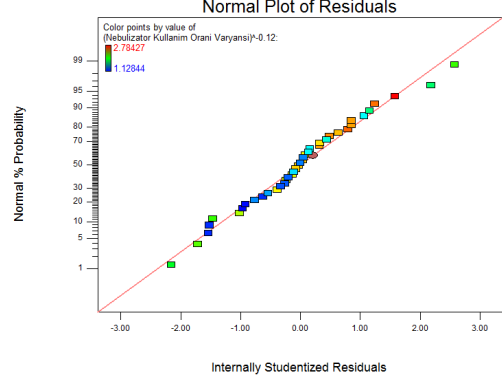


Şekil B-25 Transfordan Sonra Denge Modeli EKG Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Grafiği

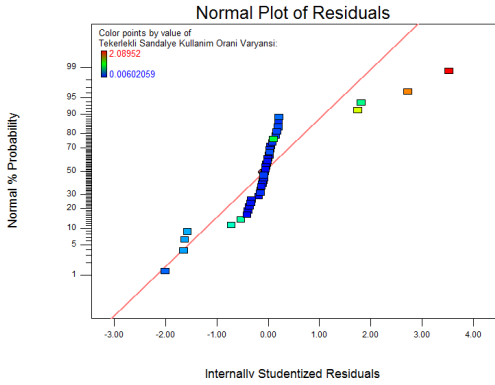




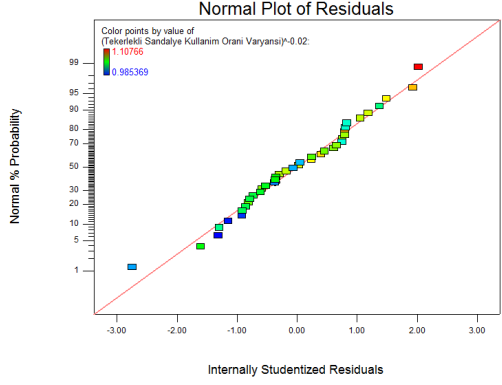
Şekil B-26 Denge Modeli Nebulizator Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Grafiği



Şekil B-27 Transformdan Sonra Nebulizator Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Grafiği



Şekil B-28 Denge Modeli Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Grafiği



Şekil B-29 Transformdan Sonra Denge Modeli Tekerlekli Sandalye Kullanım Oranı Varyansı için Residualların Grafiği

## C. Elektromanyetik Etkileşim Bilgi Dokümanı

### Özet

Frekans	Kullanan Firma	Testler ve Sonuç	Hastaneler
125 kHz	Feig electronic ( <a href="http://www.feig.de/">http://www.feig.de/</a> )	Etkileşim var, çeşitli ekipman (1) Etkileşim yok, infüzyon pompası (3)	St.Olavs Hospital
134 kHz	VeriChip ( <a href="http://www.4verichip.com">http://www.4verichip.com</a> )	Etkileşim var, pacemaker, ICD (4),(5)	<u>Alzheimer's Community Care (ACC)</u> , a West Palm Beach, Fla
13.56 MHz	Mobile Aspects ( <a href="http://www.mobileaspects.com">http://www.mobileaspects.com</a> )	Etkileşim var, pacemaker, ICD (4),(5) Etkileşim yok, infüzyon pompası (3)	<u>Children's Hospital Boston</u>
433 MHz	agiletrac ( <a href="http://agiletrac.gehealthcare.com">http://agiletrac.gehealthcare.com</a> )	Etkileşim yok, çeşitli ekipman (2), Etkileşim yok, neurostimulator (6)	Bon Secours Richmond's Hospital
868 Mhz	Alien Technology ( <a href="http://www.alientechnology.com/">http://www.alientechnology.com/</a> )	Etkileşim var, çeşitli ekipman (1)	Cabueñes Hospital,
915 MHz	<u>Identec Solutions</u> ( <a href="http://www.identecsolutions.com">http://www.identecsolutions.com</a> )	Etkileşim yok, pacemaker, ICD (4), (5)	<u>Ospedale Treviglio-Caravaggio</u>
2.4 GHz	AeroScout ( <a href="http://www.aeroscout.com">http://www.aeroscout.com</a> )	Etkileşim yok, ECG (7)	Jan Yperman Hospital

\*Parantez içindeki sayılar makale özetleri bölümünde anlatılan ilgili makalenin numarasıdır.

Iadanza'nın çalışmasında 433 MHz ile çalışan RFID sisteminin etkileşim göstermediği görülmüştür ve şu ana kadar yapılan literatür taramalarında sorun olduğunu gösteren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Sağlık Bakanlığı'nın izin verdiği

telekomünikasyon kurumunca da uygun olduğu bilinen 433 Mhz ile çalışan RFID takip sisteminin kurulmasına karar verilmiştir. İadanza yaptıkları seçilen test ekipmanlarının heterojen bir yapıda olduğuna değiniyor ama bütün ekipmanları temsil etmediğini de belirtiyor. Bu nedenle etkilenebileceği düşünülen ekipmanlar için ANSI C63.18 standardına uygun test yapılması önerilmektedir.

## **Elektromanyetik Etkileşim Özet Tablosunda Bahsi Geçen Makalelerin Özetleri**

### **1. Electromagnetic Interference From Radio Frequency Identification Inducing Potentially Hazardous Incidents in Critical Care Medical Equipment-JAMA 2008**

Remko van der Togt, MSc, Erik Jan van Lieshout, MD, Reinout Hensbroek, MSc, E. Beinat, PhD, J. M. Binnekade, PhD, P. J. M. Bakker, MD, PhD

Kullanılan RFID sistemi

-Pasif sistem: OBID, Feig Electronic, Weilburg, Germany had an 868-MHz reader (2-4 W).

-Aktif Sistem: Eureka RFID, Avonwood, England'ın 125-kHz reader'ı(68\_10E-3  $\mu$ T at 1 m) ve RFID etiketinin çalışma frekansf 868 MHz ,2  $\mu$ W.

Academic Medical Centre, University of Amsterdam, Amsterdam, the Netherlands'da bu iki sistem insanın kullanılmadığı uluslar arası test protokolüne göre EMI testlerine tabi tutulmuşlardır. EMI testlerinde 17 farklı kategoride 22 farklı üreticinin ürettiği 41 sağlık ekipmanı kullanılmıştır. Sonuçlar çok önemli, önemli ve hafif olarak sınıflandırılmıştır.

Sonuçlar özet olarak tabloda şu şekilde verilmiştir.

Ekipman Kategorisi-b	Ekipman Sayısı		Tipe Göre Oluşan Tehlikeli Durum Sayısı			
	Test Uygulanan	Etkileşim Gözlenen	Uzaklık, Ortalama (Aralık), cm	Çok Önemli-C	Önemli-C	Hafif -C
İnfüzyon/Şırınga Pompası	9	8	30 (0.1-100)	6	Geçerli değil	3
External pacemaker	3	3	25 (5-30)	5	Geçerli değil	Geçerli değil
Mekanik ventilatör	4	2	20 (5-400)	2	1	Geçerli değil
Hemofiltration/diyaliz aletleri	2	2	15 (10-20)	2	Geçerli değil	Geçerli değil
Pacemaker programmers	2	2	150 (25-600)	3	1	Geçerli değil
Intra-aortic balloon pumps	3	1	50-d	1	Geçerli değil	Geçerli değil
Fluid warmer	1	1	50-d	1	Geçerli değil	Geçerli değil
Cardiopulmonary bypass device	1	1	10-d	1	Geçerli değil	Geçerli değil
Autologous blood recovery device	1	1	5-d	1	Geçerli değil	Geçerli değil
Anesthesia devices	4	1	325 (25-600)	Geçerli değil	Geçerli değil	2
Defibrillators	3	2	303 (5-600)-e	Geçerli değil	Geçerli değil	2
12-lead ECG device	1	1	138 (25-250)-e	Geçerli değil	Geçerli değil	2
Monitörler	3	1	50-d	Geçerli değil	Geçerli değil	1

Kısaltmalar: ECG, elektrokardiogram

a-Oluşan tehlikeli durumların açıklamaları ve ekipmanların üreticileri bilgilerine Academic Medical Centre Web sitesinden ulaşılabilir (<http://amc.nl/?pid=5266>).

b-RFID'den etkilenmeyen ekipmanlara tabloda yer verilmemiştir. (2 yoğun bakım yatağı, 1 operasyon masası ve 1 hypo/hyperthermia ve vakum pompası)

c-Çok önemli, ekipmanın çalışmasında istenmeyen bir durum olduğu ve doğrudan hasta üzerinde etkisi olduğu durum tipini gösterir. Önemli, hasta bakımında istenmeyen bir durum oluşabileceği ve önemli miktarda dikkat gerektiğini gösterir. Hafif, hasta etkilenmesinde ya da ekipman çalışmasında önemli bir değişiklik olmadığını gösterir.

d- Sadece etkileşimin tek bir noktada olduğu en uzak noktanın mesafesini verir bu nedenle aralık söz konusu değildir.

e- Ortalama (aralık)

Tablo okuması için örnek:

İnfüzyon/şırınga pompaları

Test edilen 9 ekipmandan 6'sında 0.1 cm ile 100 cm arasında değişen bir alanda ortalama 30 cm'de çok ciddi etkilenme görüldüğü bildiriliyor. EMI cihazın durmasına sebebiyet veriyor.

Frekanslara göre cihaz etkileşim durumu

		RFID Sinyal, Tehlikeli Durum Sayısı	
	Uzaklık, Ortalama (Aralık),cm	868 MHz	125 kHz
<b>Çok Önemli Tehlikeli Durumlar</b>	25 (5-400)	17	5
<b>Önemli Tehlikeli Durumlar</b>	310 (20-600)	1	1
<b>Hafif Tehlikeli Durumlar</b>	45 (0.1-600)	8	2
<b>Bütün Tehlikeli Durumlar</b>	30 (0.1-600)	26	8

TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi Hastanesi'nde kullanılan ve çalışmada yapılan testlerde etkileşim olduğu bildirilen ekipmanlar belirlenmiş ve tablosu verilmiştir.

<b>EKİPMAN TÜRÜ</b>				
İnfüzyon pompaı		<b>Sinyal (türü)</b>	<b>Sınıflandırma</b>	<b>Detay</b>
B.Braun Compact (S)	40	868MHz	Hafif	Hoparlörden bip sesi geliyor.
B.Braun Infusomat (P)	30	868MHz	Hafif	Hoparlörden zangırdama sesi geliyor.
B.Braun Infusomat (P)	5	125kHz	Çok önemli	Çalışması duruyor, akustik alarm ve hata mesajı
Şırınga Pompaı				
B.Braun perfusor fm	0,1	868MHz	Hafif	Pil lambası kapanıyor

## **2. RFID Technologies for the hospital. How to choose the right one and plan the right solution? Recent advances in biomedical engineering** , InTech, October, 2009, ISBN:

978-953-307-004-9,

Ernesto Iadanza

Çalışmada UWB kullanılmayan bir band olduğu için interference olmayacaktır denilmektedir. (3,1 GHz-10,6 GHz) Eğer RTLS algoritmaları ile bütünleştirilirse ekipman, insan vs. takibinde kullanılabilir. Metale, sıvıya insensitiftir.

Çalışma asset tracking yapan hastanelerden de bahsetmektedir. Las Vegas'taki Harmon Medical Center'da Exavera Technology'nin 915 Mhz'de çalışan (aeroscoutun da var bu frekansta) RFID sistemini kullandığından bahsetmektedir.(mckesson.com-hardware, ekahau.com-RTLS)

Spartanburg Regional Medical Center'da Wi-Fi tabanlı bir sistem kullanılmaktadır. Hastanede 300 wi-fi erişim noktası bulunmaktadır. 550 damar içi infüzyon pompaı takip edilmektedir.

Washington Hospital Center'da UWB kullanılmaktadır. (www.parcomergedmedia.com)

Bir elektrikli ekipmanın UL/EN/IEC60601 standardına uyması gerektiği bunun yanı sıra ülkelerin de standartları olması durumunda onlara da uyması gerektiği

bildiriliyor. Bir de ikincil bir standart olan TE 60601-1-2 standardı vardır. Bu standarda uygunluk elektromanyetik uygunluğun var olduğunu (compatibility) gösterir. Hastanelerde kullanılan ekipmanların çoğunun sahip olduğu standardın eski olduğunu sadece 26MHz'den 1GHz'ye kadar uygun olduğunu gösterdiğine işaret etmektedir. Bu nedenle EMI testi yapılması gerekliliğinin çok büyük önem taşıdığı söylenmektedir.

433 MHz frekans kullanan aktif bir etiket ile yoğun bakım ünitesinde (ICU) kullanılan medikal ekipmanlar üzerinde bir test yapılmıştır. Test edilen ekipmanlar ve sayıları tabloda verilmiştir.

<b>EKİPMAN</b>	<b>EKİPMAN SAYISI</b>
Ventilatör	4
Şırınga Pompası	4
Volümetrik İnfüzyon Pompası	3
Defibrillatör/Monitör	3
Multiparametrik monitör	2

Test yapılmadan önce ellerindeki bilgi: Ekipmanlardan sadece 2 ventilatörde 10v/m'ye uygun olduğu bilgisi mevcuttur. Kalan 14 ekipman eski standartta belirtilen 3V/m'ye uygundur.

Testler hastanın bulunmadığı bir ortamda gerçekleştirilmiştir. Uygulanan test metodu ANSI C63.18 standardına uygundur. Her bir testte tek bir ekipman teste tabi tutulmuştur. Test standardına uygun olarak 2m, 0,6 m ve 0,01m (aletin üzerinde) olmak üzere kademeli olarak test edilmiştir. Her adımda ekipman kapatıp açılmıştır ve alet performansları sağlık görevlilerine danışılarak değerlendirilmiştir.

Paw, flow, respiratory frekanslarda ve ya başka parametrelerle yapılan aşağıdaki test modlarının hiç birinde çalışmasında bozukluk tespit edilmemiştir.

IPPV (Intermittent Positive Pressure Ventilation)

SIMV(Synchronized Intermittent Mandatory Ventilation)

MMV (Mandatory Minute Volume Ventilation)

CPAP (Continuous Positive Airway Pressure)

ASB (Assisted Spontaneous Breathing)

BIPAP (Biphastic Positive Airway Pressure)

APRV (Airway Pressure Release Ventilation)

PPS (Proportional Pressure Support)

Alarmlarda, test edilen benzetimle oluşturulmuş alarm durumlarında ya da eski modellerinde (IEC 60601-1-2'nin ilk versiyonuna uygun olanlar) çalışmasında bir bozukluk tespit edilmemiştir.

Hiçbir (5mL/h'ye ayarlanmış) pump ın çalışmasında sorun oluşmamıştır. Defibrillatörler için de hiçbir sorun oluşmamıştır. Siemens'in multiparametrik monitörleri de test edilmiş ve hiçbir etkileşim görülmemiştir.

Bu çalışma aktif düşük güçteki mikrodalga RFId sistemlerinin yakınlarındaki medikal ekipmanları etkilemediğini göstermektedir. Test edilen ekipmanların kullanılan ve satılmakta olan bütün ekipmanları kapsamadığı unutulmamalıdır. Ancak ekipman seçimi heterojendir kritik ekipmanları ve eski ekipmanları içermektedir.

### **3. In Vitro Protocol to Study the Electromagnetic Interaction of RFIDs and Infusion Pumps**

Nickolas J. LaSorte, Ifeatu B. Akunne, Hazem H. Refai

Çalışmada gövde simulatörü kullanılarak takılabilen (wearable) infüzyon pompaları üzerinde 125kHz ve 13.56MHz bantlarında çalışan iki RFID test edilmiştir. Herhangi bir etkileşim gözlenmemiştir. Yazarlar infüzyon pompalarının 1GHz'e yakın ya da birkaç MHz altındaki frekanslardan etkilendiği ile ilgili çalışmaların literatürde mevcut olduğunu belirtiyor.

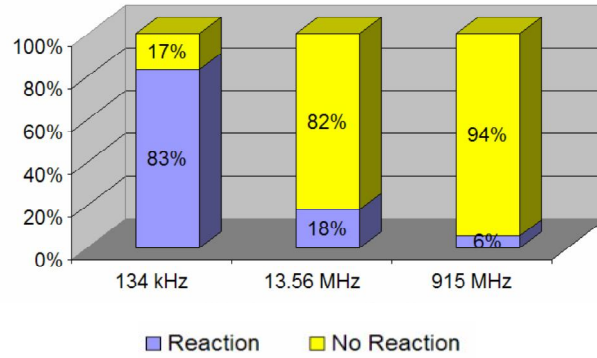


#### 4. Electromagnetic compatibility of pacemakers and implantable cardiac defibrillators exposed to RFID readers(2007)

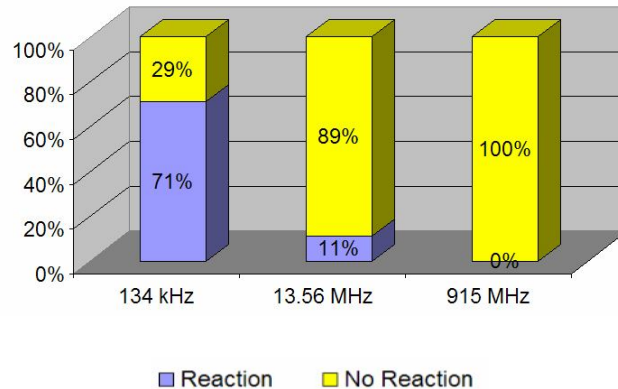
Seth Seidman, Paul Ruggera, Randall G. Brockman, Brian Lewis and Mitchell J. Shein

Elektromanyetik implantable cardiac cihazları için elektromanyetik uygunluk (EMC) testi yapılmıştır. Testlerde 18 pacemaker, 19 ICD etkileşim için 134 kHz (LF), 13.56 MHz (HF) ve 915 MHz (UHF) frekanslarında test edilmiştir. Testler ANSI/AAMI PC69 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Testlerde insan gövdesinin elektrik iletkenliğine benzeyen bir düzenek kurulmuştur. Testlerde ekipmanın çıkış sinyalindeki en ufak değişiklik etkileşim olarak adlandırılmıştır.

Pacemaker: yapılan testlerde 134 kHz bandındaki testlerin %83'ünde, 13.56 MHz'deki testlerin %18'inde ve 915 MHz'deki testlerin %6'sında etkileşim görülmüştür.



ICD (Implantable Cardiverter-defibrillator): testlerde 134 kHz bandındaki testlerin %71'inde, 13.56 MHz'deki testlerin %11'inde etkileşim görülmüş ancak 915 MHz'deki testlerde etkileşim görülmemiştir.



## 5. In vitro tests reveal sample radiofrequency identification readers inducing clinically significant electromagnetic interference to implantable pacemakers and implantable cardioverter-defibrillators-2010

Seth J. Seidman, Randall Brockman, Brian Marc Lewis, Joshua Guag, Mitchell J. Shein, Wesley J. Clement, James Kippola, Dennis Digby, Catherine Barber, Dan Huntwork.

ICD ve pacemakerlar 0.15mV ve daha az seviyedeki fiziksel sinyallere çok yüksek seviyede duyarlıdır.

Çalışmada readerların darbe tekrar oranı 0Hz olan taşıyıcılarla çalışabildiği vurgulanmaktadır. Bu şekilde çalışan readerlara sürekli dalga RFID readerları denir ve RFID standartları bunu desteklemez.

ICD ve pacemaker üzerinde 134 kHz (LF), 13.56 MHz (HF) ve 915 MHz (UHF) için testler yapılmıştır.

### *Test metodu*

AAMI PC69 standardına uygun bir insansız bir test düzeneği kurulmuştur. Düzenek insan gövdesinin elektriksel iletkenlik özelliklerini taklit etmektedir. Test düzeneği şekilde görülmektedir.

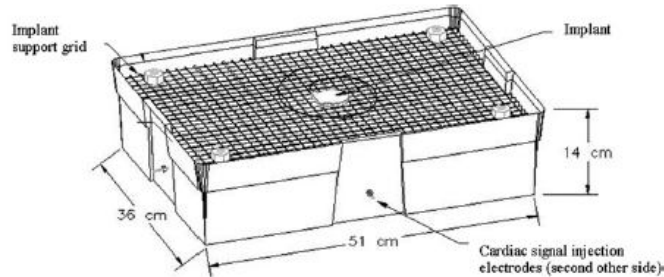


Figure 1 A drawing of the human torso simulator.

Testler reader taşıyan robotik bir kol yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Robotik kol başta test yüzeyinden 1m uzaklıkta tutulmuştur ve her dakika 1.3 cm test yüzeyine yaklaştırılmıştır. Eğer bir reaksiyon gözlemlenirse 10 cm uzaklaştırılmıştır. Daha

sonra her adımda 10 saniye bekleyerek 2.5 cm'lik adımlarla tekrar yaklaştırılmıştır. Yapılan testlerin sonucunda 2.5 cm'den 60cm'e kadar olan uzaklıklarda reaksiyon gözlenmiştir. Reaksiyon görülen uzaklıklara separation distance denmektedir.

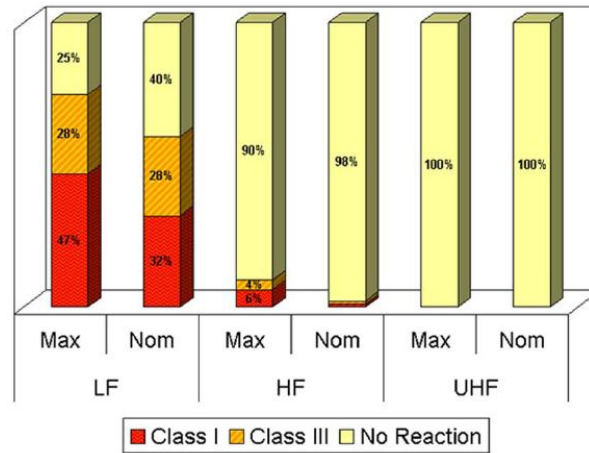
## Sonuç

Class I reaksiyonlar, klinik olarak önemlidir ve 3 dakika veya daha fazlası için transient ventricular inhibition olabildiği ya programlanmış ayarlarda kalıcı değişiklikler oluşabildiği bildirilen reaksiyonlardır. RFID kaynağı kapatılınca normal çalışma moduna döner.

Class II reaksiyonlar muhtemelen klinik olarak önemli olabilir ve 2 dakikadan fazla 3 dakikadan az transient ventricular inhibition oluşan durumlardır. (Hiç class II reaksiyonla karşılaşılması)

Class III reaksiyonlar muhtemelen klinik olarak önemli olmayan ve 2 dakika ya da dahaz az uygunsuz koşum(inappropriate pacing), atrial inhibition, ventricular inhibition'ı içerir.

pacemaker: (Figure 2) UHF'de EMI'ya maximum duyarlılık ve nominal duyarlılıkta hiçbir etkileşim gözlenmediği ancak LF'de max ve nominal duyarlılıkta Class I durumların olduğu görülmektedir. Etkileşim HF'de LF'ye göre nispeten az UHF'ye göre fazladır.



**Figure 2** Percentage of pacemaker reactions graded for clinical significance. The percentage of tests with a reaction for pacemakers graded for clinical significance (there were no class II reactions). Pacemaker tests at nominal sensitivity during HF RFID exposure had 1% class I reactions and 1% class III reactions. HF = high frequency; LF = low frequency; RFID = radiofrequency identification; UHF = ultra high frequency; Max = maximum sensitivity; Nom = nominal sensitivity.

ICD: (Figure 3) UHF’de EMI’ya maximum duyarlılık ve nominal duyarlılıkta hiçbir etkileşim gözlenmediği ancak LF’de max ve nominal duyarlılıkta Class I durumların oluştuğu görülmektedir. Etkileşim HF’de max duyarlılıkta Class II kritik durumların oluştuğu nominal duyarlılıkta bir etkileşim gözlenmediği görülmüştür.

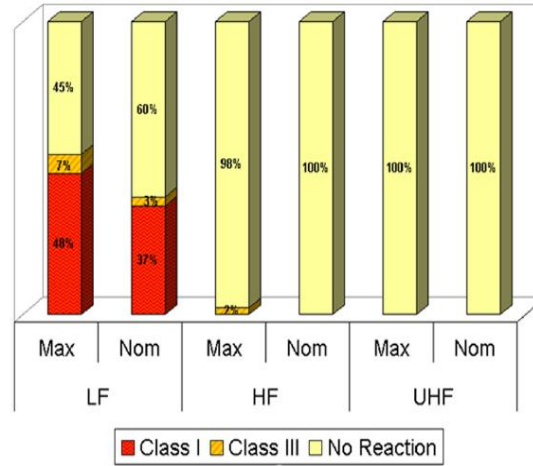


Figure 3 Percentage of ICD reactions graded for clinical significance. The percentage of tests with a reaction for ICDs graded for clinical significance (there were no class II reactions). ICD = implantable cardioverter-defibrillators; other abbreviations as in Figure 2.

## 6. Electromagnetic Compatibility Of Implantable Neurostimulators to RFID Emitters

Oxana S Pantchenko, Seth J Seidman, Joshua W Guag, Donald M Witters Jr., Curt L Sponberg

Lead sistemli 6 implantable neurostimulator üzerinde 21 RFID reader ve 1 aktif etiket ile farklı uzaklıklarda 1716 adet elektromanyetik etkileşim testi yapılmıştır. Çalışmada 125 kHz, 134 kHz, 13.56MHz, 433MHz, 915 MHz ve 2.45GHz kullanılmıştır. Çalışmada sadece 134 kHz’de neurostimulatörler üzerinde 2.5, 5, 10 cm yakınında etkileşim gözlenmiştir.

## **7. Methodology of Testing Electromagnetic Interference Caused by Active RFID Applied with Electrocardiography**

A. P. S. Silva, A.M. Fukuoka, C.G. Ribeiro, F. Tomoda, K. Camacho, R. M. A. Almeida, A. Gibertoni

Bu çalışma ANSI C63.18-1997 standardında RFID etiketlerinden meydana gelen elektromanyetik etkileşimi ölçmek için bir test metodu sunmaktadır. Oluşturulan metot ECG (elektrocardiograph device) üzerinde denenmiştir.

Test edilen ECG: Page Trim Phillips III with aFluke cardiac Simulator

Elektromanyetik etkileşim kaynağı olarak 81mW gücünde iki aktif AeroScout marka etiket kullanılmıştır. Toplamda 54 farklı (3 farklı uzaklıkta, 3 farklı pozisyonda ve 3 farklı çalışma modunda ve iki farklı miktarda etiket konumlandırılarak) etkileşim testi yapılmıştır. Testlerin hiçbirinde ECG'nin uygunsuz çalışması durumuyla karşılaşılmamıştır. Cihazdan gelen hafif sesler medikal uzmanlara danışılmıştır neticesinde bu seslerin hastanın test sonuçları üzerinde hiçbir etkisi olmadığı görülmüştür.



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : DEMİRCAN, Ece Arzu  
Uyuşu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 26.02.1988 Ankara  
Medeni hali : Bekar  
Telefon : 0 (312) 582 38 47  
e-mail : arzudemircan@gazi.edu.tr

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Lisans	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	2009

### İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2009-2010	Bilkent Üniversitesi	Öğretim Asistanı (T.A.)
2010-2012	TOBB Ekonomi ve Teknoloji Üniversitesi	Öğretim Asistanı (T.A.)
2012- halen	Gazi Üniversitesi	Araştırma Görevlisi

### Yabancı Dil

İngilizce (iyi) , Almanca (başlangıç)

### Yayımlar

Ece Arzu Demircan, Nilgün Fescioğlu Ünver, Value Analysis of Healthcare Asset Tracking Systems Using Simulation, 25th European Conference on Operational Research, Vilnius, Litvanya, Temmuz 2012.