

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SÜRÜCÜ KOLTUĞU SİMÜLATÖRÜ MEKANİK VE  
TAHRİK SİSTEMİ TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Murat Cihan ÇALIŞKAN**

**Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**  
**Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ**  
**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ünal UYSAL**

**Ocak 2014**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

# SÜRÜCÜ KOLTUĞU SİMÜLATÖRÜ MEKANİK VE TAHRİK SİSTEMİ TASARIMI

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

Murat Cihan ÇALIŞKAN

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ

Enstitü Bilim Dalı : ENERJİ

Bu tez ... / ... /2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Ünal UYSAL  
Jüri Başkanı

Doç. Dr. Nedim SÖZBİR  
Üye

Doç. Dr. Cemil ÖZ  
Üye

## **TEŐEKKÖR**

Hazırlamıő olduğum projenin her aőamasında çalıőmamızı yönlendiren, fikirlerini ve önerilerini benimle paylaşan değerli hocalarımız Yrd. Doç. Dr. Ünal UYSAL'a, Öğr. Gör. Adem ÇALIŞKAN'a teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

TEŞEKKÜR.....	i
İÇİNDEKİLER .....	ii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	iv
TABLolar LİSTESİ .....	vi
SEMBOLLER LİSTESİ .....	vii
ÖZET.....	viii
SUMMARY .....	ix
BÖLÜM 1.	
GİRİŞ.....	1
1.1. Simülatör Tanımı .....	1
1.2. Simülatörün İmalatı ve Projelendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar	2
BÖLÜM 2.	
SİMÜLATÖR ÇEŞİTLERİ .....	3
2.1. Eğlence Simülatörleri .....	3
2.2. Sağlık Simülatörleri .....	4
2.3. İş makinesi Simülatörleri.....	5
2.4. Uçak Simülatörü .....	5
2.5. Afet Simülatörleri .....	6
2.6. Gemi Simülatörleri .....	7
2.7. Sürücü Simülatörü .....	7
BÖLÜM 3.	
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI .....	9

## BÖLÜM 4.

SÜRÜCÜ KOLTUĞU SİMÜLATÖRÜ TASARIMI.....	13
4.1. Mekanik Sistemin Tasarımı.....	14
4.1.1. Sürücü koltuğu .....	14
4.1.1.1. Sürücü boyutlarının belirlenmesi.....	14
4.1.1.2. Sürücü koltuğu boyutlandırılması .....	15
4.1.2. Simülatör platformu .....	18
4.1.3. Hareketli platform .....	20
4.2. Elektronik Tasarım .....	22
4.3. Tahrik Sistemi Tasarım ve Hesaplamaları.....	24
4.3.1. Hidrolik sistem tasarımı ve hesaplamaları (Sistem – A).....	24
4.3.2. Elektrik tahrikli sistem tasarımı ve hesaplamaları (Sistem – B). .....	36
4.4. Tasarım Resimleri.....	38

## BÖLÜM 5.

### TASARIMIN EKONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ VE YAPILABİLİRLİK

HESAPLARI .....	42
5.1. Sistemlerin Ekonomik Açıdan Karşılaştırılması .....	42
5.2. Tasarımın Yapılabilirlik Hesabı .....	45
5.2.1. Hesaplama yöntemleri.....	45
5.2.1.1. Geri ödeme süresi yöntemi – PBP (Pay back period method)45	
5.2.1.2. Bugünkü değer yöntemi – $P_v$ (Present value method).....	45
5.2.2. Yapılabilirlik hesaplamaları .....	46
5.2.2.1. Geri ödeme sistemi yöntemi – PBP (Sistem-A) .....	46
5.2.2.2. Geri ödeme sistemi yöntemi – PBP (Sistem-B) .....	47
5.2.2.3. Bugünkü değer yöntemi – $P_v$ (Sistem – A) .....	48
5.2.2.4. Bugünkü değer yöntemi – $P_v$ (Sistem – B) .....	50

## BÖLÜM 6.

SONUÇLAR .....	54
----------------	----

KAYNAKLAR .....	56
EKLER .....	59
ÖZGEÇMİŞ .....	63

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 2.1. Tennis for Two Oyun Sistemi.....	3
Şekil 2.2. Nintendo Wii, Sony Playstation 3 ve Microsoft XBOX 360 Oyun Konsolları .....	4
Şekil 2.3. Damar Genişletme İçin Kullanılan Bir Simülatör .....	4
Şekil 2.4. Caterpillar Firmasının Operatörleri Eğitmek İçin Kullandığı Simülatörler	5
Şekil 2.5. Amerikalı Bürokrat Sarah Palin Amerikan Ordusunun Uçuş Simülatörünü Kullanırken .....	6
Şekil 2.6. Deprem Etkilerini Gösteren Bir Simülatör .....	6
Şekil 2.7. Gemi Simülatörü .....	7
Şekil 2.8. Eğlence Amaçlı Kullanılan "PlayMotion" Marka Simülatör.....	8
Şekil 2.9. Leeds Üniversitesindeki Sürücü Simülatörü.....	8
Şekil 4.1. Simülatör Görünümü .....	13
Şekil 4.2. Sürücü Boyu.....	15
Şekil 4.3. Sürücü Koltuğu .....	15
Şekil 4.4. Sürücünün Koltuğa Oturmuş Hali .....	16
Şekil 4.5. Sürücü Koltuğu Teknik Resmi.....	17
Şekil 4.6. Simülatör Platformu.....	18
Şekil 4.7. Alt Tabla Teknik Resmi.....	19
Şekil 4.8. Hareketli Platform.....	20
Şekil 4.9. Hareketli Platform Teknik Resmi .....	21
Şekil 4.10. Bilgisayar .....	22
Şekil 4.11. Monitör .....	23
Şekil 4.12. Elektronik Valf Kartı .....	24
Şekil 4.13. Hidrolik Silindir .....	26
Şekil 4.14. Silindir Teknik Resmi .....	26
Şekil 4.15. Hidrolik Pompa .....	27
Şekil 4.16. Sistem Üzerine Gelen Yükün Şematize Edilmesi.....	29

Şekil 4.17. Piston Kuvvetinin Dağılımı .....	30
Şekil 4.18. Silindir Üzerine Gelen Momentin Temsili .....	31
Şekil 4.19. Sistemin Hidrolik Şeması .....	33
Şekil 4.20. Hidrolik Oransal Valf .....	34
Şekil 4.21. Sistem – A Sinyal Akış Şeması .....	35
Şekil 4.22. Servo Silindir .....	36
Şekil 4.23. Rexroth Firmasının Servo Silindir Seçiminde Kullanılan Tablo .....	37
Şekil 4.24. Servo Sürücü .....	37
Şekil 4.25. Sistem - B Sinyal Akış Şeması .....	38
Şekil 4.26. Simülatör Platformu .....	39
Şekil 4.27. Elektronik Ekipmanlardan Kumanda Kolu ve Pedalları .....	39
Şekil 4.28. Monitör .....	39
Şekil 4.29. Sürücünün Simülatör Üzerine Oturmuş Hali .....	40
Şekil 4.30. Montaj Görünümü .....	40
Şekil 4.31. Üstten Görünüm .....	41
Şekil 4.32. Merdiven Yerleşimi .....	41
Şekil 5.1. Sistemlerin Yıllık Enerji Sarfıyatı .....	43
Şekil 5.2. Geri Ödeme Sistemi - Grafik Gösterimi ( Sistem – A) .....	47
Şekil 5.3. Geri Ödeme Sistemi - Grafik Gösterimi (Sistem - B) .....	48
Şekil 5.4. Bugünkü Değer Yöntemi - Grafik Gösterimi (Sistem – A) .....	50
Şekil 5.5. Bugünkü Değer Yöntemi - Grafik Gösterimi (Sistem – B) .....	52
Şekil 5.6. Bugünkü Değer Yöntemine Göre Yöntemlerinin Karşılaştırılması .....	52
Şekil 5.7. Geri Ödeme Süresi Yöntemine Göre Yöntemlerin Karşılaştırılması ....	53



## TABLolar LİSTESİ

Tablo 4.1. Sistem Bileşenleri ve Kütelleri .....	25
Tablo 5.1. Hareket Veren Sistemin Bileşenlerinin Fizibilitesi .....	42
Tablo 5.2. Hidrolik ve Elektrikli Sistemin Enerji Tüketimi.....	43
Tablo 5.3. Sistemlerin Maliyetleri .....	44
Tablo 5.4. Geri Ödeme Süresi Yöntemi (Sistem-A).....	46
Tablo 5.5. Geri Ödeme Süresi Yöntemi (Sistem-B) .....	47
Tablo 5.6. Bugünkü Değer Yöntemi (Sistem – A).....	50
Tablo 5.7. Bugünkü Değer Yöntemi (Sistem - B) .....	51

## SEMBOLLER LİSTESİ

**$V_s$** : Silindir basma kuvveti uygulayan hacmi

**$D_i$** : Silindir iç çapı

**$D_{hi}$** : Hortum iç çapı

**$D_p$** : Piston çapı

**$G$** : Ağırlık

**$m$** : Kütle

**$g$** : Yerçekimi ivmesi (9,81 m/s<sup>2</sup>)

**$P_ç$** : Pompanın çalışma basıncı

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Sürücü koltuğu, sürücü simülatörü, hidrolik sistem tasarımı

Simülatörler özellikle gerçek sistem üzerinde denenmesi tehlikeli veya imkansız olan eğitim konuları için ya da halihazırda olmayan sistemlerin davranışlarının gözlenmesi ve incelenmesi için kullanılır. Araç sürücü koltuğu simülatörü yapılması, başta sürücü kurslarında verilen pratik eğitimin daha ekonomik, verimli ve güvenli bir şekilde yapılmasını sağlar. Aynı zamanda çevresel etkileri de azaltacaktır. Bu doğrultuda tasarlanması planlanan sistem için önce literatür araştırması yapılmıştır. Simülatör; üç ayrı bölümden meydana gelecek şekilde tasarlanmıştır. Bu bölümler; Mekanik, Elektronik-Kontrol ve Tahrik Sistemidir. Tasarım öncesinde insanın anatomik özellikleri düşünülerek mekanik sistemin boyutlandırılması yapılmıştır. Mekanik sistem uygun bir zemine yerleştirilecek ve üç boyutlu sanal olarak tasarlanmış sürüş güzergahına uygun hareketler yapacak şekilde Elektronik-Kontrol ve Tahrik sistemleri projelendirilecektir. Burada iki farklı tahrik sistemi kullanılacaktır. Birincisinde mekanik sistemin tahriki hidrolik sistem, ikincisinde ise elektromekanik sistem tarafından sağlanacaktır. Bu iki farklı tahrik sisteminin simülatöre uygulanması, ekonomikliğı ve verimliliğı karşılaştırılacaktır.

# **DESIGNING MECHANIC AND PROPULSION SYSTEM OF DRIVER SEAT SIMULATOR**

## **SUMMARY**

Key Words: Driver seat, driver simulator, design of hydraulic system

Simulators are especially used on educational subjects which are too dangerous or impossible to try on the real system or the observation and examination of unprepared systems' behaviors. The production of the Driver's Seat Simulator provides a more economical, more efficient and safer version of the practice lessons given at the driving schools. In this direction, first, literature research was made for the system planned for designing. The simulator was designed to be formed by 3 separate parts. These parts are Mechanic, Electronic-Control and Propulsion Systems. Before the designing the size of the system was calibrated by considering the anatomic structure of the human body. The Mechanical System will be placed in a proper base, the Electronic-Control and the Propulsion System will be projected with the ability to move appropriately to the 3 dimensional virtually designed driveway. There will be 2 different Propulsion Systems used in this set-up. At the first one the propulsion will be provided by the propulsive hydraulic system of the mechanical system and at the second one the propulsion will be provided by the electromechanical system. The application of these two different propulsion systems will compare the productivity and the affordability.

# BÖLÜM 1. GİRİŞ

## 1.1. Simülâtör Tanımı

Simülasyon gerçek sistem üzerinde denenmesi tehlikeli veya imkansız olan eğitim konuları için ya da halihazırda var olmayan sistemlerin davranışlarının gözlenmesi ve incelenmesi için kullanılan son yılların en gözde uygulamalarıdır. Simülasyon, performans optimizasyonu, güvenlik mühendisliği, eğitim, video oyunları gibi çeşitli alanlarda kullanılır. Simülâtörler özellikle havacılık alanında oldukça yoğun şekilde pilot eğitimi için kullanılmaktadır. Simülâtörlerin bu şekilde kullanılması hem yakıt açısından hem araç bakımı açısından hem de emniyet açısından faydalıdır. Ancak burada dikkat edilmesi gereken husus simülâtörlerin tek başlarına eğitim için yeterli olmadığıdır. Eğitimin tamamlanması için simülâtörde belirli bir süre eğitim gören personelin öğrendiği konuları gerçek araçta da uygulaması gerekir [1].

Eğitim simülâtörleri, pilotlara gerçekçi bir deneyim sağlamak için uçuş simülâtörü içerir. Uçak veya helikopter ile havadayken yapılacak en küçük hata hayati tehlikeler yaratabilir. Bu hataların sonuçları hem maddi hem de can kayıplarına neden olabilir. Bu nedenle havacılık alanında kullanılan simülâtörlerin faydası çoktur. Zamanla kara araçları içinde çeşitli simülâtörler geliştirilmiştir. Kara araçlarında ise simülâtörler özellikle riskli eğitim konularının uygulanmasında önem kazanmaktadır. Örneğin zırhlı araçlar ile sulardan geçiş hareketi esnasında icra edilen eğitim hem personel açısından hem de araç açısından önemlidir. Özellikle savunma sanayinde kullanılan zırhlı araçların maliyetleri düşünüldüğünde bu tip simülâtörlerin kullanılması, aynı eğitim konusunun defalarca tekrarlanması ülke ekonomisine katkı sağlayacaktır. Bu nedenle simülâtörler özellikle askeri eğitim konularında sağladıkları yüksek mali tasarruf açısından tercih edilen eğitim yardımcı malzemeleridirler [2].

Simülasyon sistemleri birçok açıdan avantaj sağlamaktadır. Simülasyon sistemlerinin sağladığı avantajların başında ekonomik faydası gelmektedir. Simülatörlerin kurulum maliyetleri yüksektir ancak çok kısa bir süre içinde yapılan yatırım kendini amorti etmektedir. Simülatörlerin mali tasarruf avantajı yanında eğitici personel, yer ve zaman tasarrufu gibi diğer konularda da sağladıkları avantajlar mevcuttur.

Simülasyon, gerçek dünyadaki olayların taklit edilmesi olarak tanımlanabilir. Simüle edilecek nesnenin bir modelini geliştirmek ilk yapılması gerekendir. Bu model, seçilen sistem veya hareketin fiziksel ya da soyut önemli özelliklerini içermelidir. Simülasyon, doğal sistemleri veya insan sistemlerini, bunların işleyişi hakkında fikir edinmek amacıyla bilimsel modellemede kullanılır.

## **1.2. Simülatörün İmalatı ve Projelendirilmesinde Dikkat Edilecek Hususlar**

Bir simülatör projelendirilirken ve imalatı esnasında dikkat edilmesi gereken konular şunlardır:

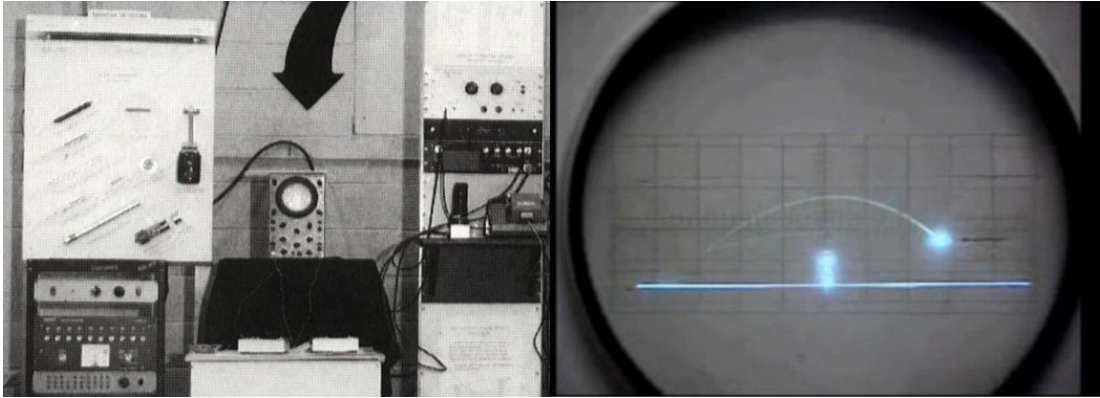
- a. Maksimum ve minimum yüklerin büyüklükleri bilinmelidir.
- b. Sistemin çalışma süresinin ne kadar olduğu bilinmelidir.
- c. Kullanılacak olan personel ve yardımcı kaynakların bilinmesi gerekir.
- d. Sistemin sınırları ve kısıtlamaları bilinmelidir.
- e. Sistemde kullanılan cihazların cevap verme gecikmeleri bilinmelidir.
- f. Çalışma esnasındaki ihtiyaçların(elektrik, yağ vs. ) belirlenmesi gerekir.
- g. Gerekli personel sayısı
- h. Sistemin maksimum verimli olduğu bölgenin belirlenmesi
- i. Kontrol sistemin maksimum verimli olduğu bölgenin belirlenmesi [3].

## BÖLÜM 2. SİMÜLATÖR ÇEŞİTLERİ

### 2.1. Eğlence Simülatörleri

Eğlence simülatörlerinin büyük bir kısmı popüler endüstrilerden film, televizyon, video oyunları gibi alanlarda, lunaparklarda ve binicilikte kullanılmaktadır. Modern simülatörler temelde askeri ve eğitim alanlarında kullanılması düşünülmeye rağmen 20. Yüzyılda kar amaçlı olarak eğlence sektöründe kullanılmıştır. Bilhassa 1980-1990 yıllarında film sektöründe Jurassic Park gibi filmlerde ve Battlezone gibi bilgisayar oyunlarında kullanılmıştır.

1947 yılında Thomas T. Goldsmith Jr. Ve Estle Ray tarafından ilk oyun simülatörü yapılmıştır. Bir füzenin ileriye doğru ateşlenmesi ve hedefi bulmasıyla ilgili bir oyundur. 1958 yılında Willy Higginbotham tarafından Tennis for Two isimli iki kişinin aynı anda elle kontrol edebileceği bir bilgisayar oyunu yapılmıştır. Bir grafik ekran kullanılan ilk elektronik oyundur.



Şekil 2.1.Tennis for Two Oyun Sistemi

1985 yılında Nintendo Eğlence Sistemleri tarafından üretilen NES (Nintendo Entertainment System) adlı video oyun konsolu en çok satılan ürün olmuştur [4].



Şekil 2.2. Nintendo Wii, Sony Playstation 3 ve Microsoft XBOX 360 Oyun Konsolları

## 2.2. Sağlık Simülatörleri

Tıbbi simülatörler, giderek gelişmiş ve yaygınlaşmış durumda ve sağlık alanında çalışan personele tıp kavramlarının öğretilmesinin yanında; hastalıkların tanısı ve tedavisi hakkında yardımcı olmaktadır. Simülatörler kan almaktan laparoskopik cerrahiye ve travma tedavisine kadar çeşitli alanlarda eğitim amaçlı geliştirilmiştir [5].



Şekil 2.3. Damar Genişletme İçin Kullanılan Bir Simülatör



### 2.3. İş makinesi Simülatörleri

Operatörlerin maksimum verimde çalışmasına katkı sağlayacak şekilde senaryolara sahip olmalıdır. Örneğin bir ön yükleyici simülatörü en kısa süre içerisinde bir taşıma aracının doldurulması ve yerden düzgün bir şekilde malzeme alması istenmektedir. Bu işlem operatörün kısa süre içerisinde yükleme ve boşaltma kabiliyetini artıracaktır. Bir kanal kazıcı operatörü ise kanalın aynı derinlik ve genişlikte açılması konusunda eğitilmesi çalışma hızını artıracaktır. Böylece zaman ve yakıt tasarrufu sağlanacaktır.



Şekil 2.4. Caterpillar Firmasının Operatörleri Eğitmek İçin Kullandığı Simülatörler

### 2.4. Uçak Simülatörü

Uçuş simülatörleri pilotların eğitiminde kullanılmaktadır. Uçuş esnasında manevraların pilot üzerine etkisini azaltmak, pilotun konum ve yön konusunda tecrübesini artırmak için kullanılmaktadır. Böylece pilotlara çok düşük risk ortamında çalışma imkanı verilmektedir [6].



Şekil 2.5. Amerikalı Bürokrat Sarah Palin Amerikan Ordusunun Uçuş Simülâtörünü Kullanırken

## 2.5. Afet Simülâtörleri

Bu tip simülâtörler sel, deprem, fırtına gibi doğal afetlerin etkilerini hissettirecek şekilde tasarlanmıştır. Örneğin deprem simülâtörü; çeşitli deprem şiddetlerine göre basit bir ev düzeneğinde sarsıntılar oluşturularak gerçek deprem hissi ve alınabilecek önlemleri göstermek amacıyla oluşturulmalıdır.



Şekil 2.6. Deprem Etkilerini Gösteren Bir Simülâtör

## 2.6. Gemi Simulatörleri

Gemi simulatörleri gemi kaptanlarının eğitimlerini sanal ortamda yapıp gerçek uygulamada zorlanmamaları için tasarlanmıştır. Bu doğrultuda bir gemide veya herhangi bir deniz taşıtında bulunması gereken ekipmanlar hazırlanarak sanal bir ortam üzerinden sanki denizin üzerinde hareket ediyormuş hissi uyandırılır. Bu sayede kaptanın deniz yolları konusunda beceri ve deneyim kazanması amaçlanır [7].



Şekil 2.7. Gemi Simulatörü

## 2.7. Sürücü Simulatörü

Bir sürücü simulatörü bir sanal ortamda gerçek aracın hareket karakteristiklerini üretebilecek şekilde tasarlanmalıdır. Kabin içerisinde bir aracı kullandığı hissini verebilecek şekilde dış etkiler meydana getirilmelidir. Kabin içerisinde sürücü bir eğitimde olduğunu hissetmekten ziyade gerçek ortamdaymış gibi olmalıdır. Acemi sürücüler için tasarlanan simulatörler karmaşık çalışma örnekleri sayesinde usta sürücüler haline gelmesine yardımcı olmalıdır. Usta sürücüler için ise güvenli sürüş tekniklerini öğretici şekilde dizayn edilmelidir. Aynı zamanda şirketler için minimum bakım masrafına sahip, güvenli ve mümkün olduğunca donanımlı olmalıdır [3].

Sürücü simulatörleri sürücü kurslarında eğitim vermek ve özel işler için kullanılmasının yanında eğlence amaçlı da kullanılır. Eğlence amaçlı tasarlanan sürücü simulatörleri; genelde oyun oynanan, oyundan haz almak için hazırlanmış, oyuncu isteklerine uyarlanmış, oyuncunun gerçek bir arabayla yarış yapıyormuş

hissinin verilmeye çalışıldığı platformlardır. Bu araçlar genelde oyun salonlarında bulunur.



Şekil 2.8. Eğlence Amaçlı Kullanılan "PlayMotion" Marka Simülâtör

Eğitim için tasarlanan sürücü simülâtörleri ise başta sürücü kursları olmak üzere araç kullanmak için eğitim veren kuruluşlar tarafından kullanılır. Bu simülâtörler değişik tip ve özelliklerde olmalarına rağmen hepsi trafiğe çıkmaya hazırlanan sürücü adayının, trafikte karşılaşacağı zorluklar ile sanal ortamda karşılaşarak bunlara çözüm bulmasını amaçlar. Aynı zamanda tüm içerik sanal olduğu için yakıttan tasarruf sağlanmaktadır. Bununla birlikte eğitim sırasında yaşanabilecek olası kazaların da önüne geçilmiş olunmaktadır. Bu sayede hem güvenli hem de tasarruflu bir şekilde sürücü adaylarına hem ilk sürüş becerisi hem de çeşitli trafik şartlarının eğitimi kazandırılmış olunur [8].



Şekil 2.9. Leeds Üniversitesindeki Sürücü Simülâtörü

### **BÖLÜM 3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI**

Natasha Merat, A. Hamish Jamson tarafından 2012 yılında “Sürücü yorgunluğu üzerine üç mühendislik yaklaşımının etkisi: Bir simülatör çalışması” başlığıyla yayınlanan yazıda bir simülatör yardımıyla 35 yaş altındaki ve 45 yaş üzerindeki erkek sürücülerin yorgunlukları ve bu yorgunlukların getirdiği sürüş hatalarını incelemişlerdir [8].

M. Karpenko ve N. Sepehri, tarafından 2009 yılında yayınlanan “Bir uçuş kontrol uygulamasında elektrohidrolik aktüatörlerin hata tolerans kontrolünün donanımla benzetimi” başlıklı makalede yazarlar hidrolik silindirler ile çalışan bir uçuş simülatörü üzerinde kullanım sırasında meydana gelen etkileri incelenmiştir [9].

J. M. Auberlet, F. Rosey ve arkadaşları tarafından 2011 yılında yayınlanan “Sürücü davranışları üzerindeki algısal tedavilerin etkisi: Sürüş simülatöründen çalışmaların teste uygulanması” başlıklı makalede yazarlar sürücülerin özellikle dağlık bölgelerde algı değişimlerinin sürücü davranışlarını nasıl etkilediğini gözlemlemişlerdir. Bunu yaparken bir simülatör üzerine vermek istedikleri algıları (tırtıklı şeritler, kasisler vs.) yüklemişler ve sonuçlarını paylaşmışlardır [10].

Padova Üniversitesi’nden R. Riccardo, G. Massimiliano, G. Gregorio, ve M. Claudio, tarafından yayınlanan 2012 tarihli “Sürüş simülatörü deney verileri kullanarak kavşak geçiş davranışını temsil eden rastgele yarar modelleri ve bulanık mantık modellerinde karşılaştırmalı analizi” başlıklı makalede farklı modeller üzerinde ve sürücü simülatöründen alınan veriler çerçevesinde kavşaklarda geçiş önceliğinin sürücüler tarafından nasıl uygulandığını ele almıştır [11].

Roma TRE Üniversitesi’nden Francesco Bella 2007 yılında yayınlanan “İki şeritli kırsal yollarda hız araştırması için sürüş simülatörü” başlıklı makalesinde üniversite

bünyesinde yapılan simülâtörün Roma yakınlarında iki şeritli köy/kasaba yollarında hız araştırmalarında kullanılabileceği incelenmiştir [12].

Thomas Longridge, Judith Bürki-Cohen, Tiauw H. Go, Andrew J. Kendra tarafından 2001 yılında “Bugünün pilotlarının eğitim ve değerlendirilmesinde simülâtörün faydaları” başlıklı Massachusetts Institute of Technology ile Amerika Havacılık Dairesi’nin ortaklaşa yaptıkları çalışmada günümüzde pilotlara verilen eğitimlerin simülâtörler üzerinden verilmesinin satın alınabilirlik ve geçerlilik amaçları doğrultusunda Amerikan havayollarında kullanılabirliği anlatılmıştır [13].

David H. Weir, Dynamic Research, Inc., Torrance, CA, USA tarafından 2010 yılında yapılan “Bir sürüş simülâtörünün araç içi insan-makine ara yüzlerinin geliştirilmesinde uygulanması” başlıklı çalışmada simülasyon sistemlerinin araçlarda insan ile makinelerin nasıl etkileştiğini ve simülâtör sistemlerinin gelişimi ile birlikte sürücü simülâtörü kullanmanın Ar-Ge sürecini nasıl desteklediği incelemiştir [14].

Judith Bürki-Cohen, Tiauw H. Go ve Andrea L. Sparko tarafından 2007 yılında “Hareketli koltuğa sahip uçuş simülâtörünün eğitime faydası” başlıklı yayında hareketli bir koltuk yardımıyla uçuş simülâtörü üzerinden alınan eğitimin ne derece başarılı olduğu açıklanmıştır [15].

E. Peli, A. R. Bowers, A. J. Mandel, K. Higgins, R. Goldstein, L. Bobrow tarafından “Görme kayıpları ve sanal yardım konusunda tasarlanan sürüş simülâtörünün performans değerlendirilmesi” başlıklı 2005 yılında yazılan yayında bir simülâtör vasıtası ile farklı senaryolar altında sürücülerin yaşayabileceği görme kayıplarını incelemişlerdir. Özellikle araç farlarından kaynaklanan parıldamaların sürücü üzerindeki etkileri incelenmiştir [16].

Alex D. Hwang, Eli Peli tarafından 2013 yılında yayımlanan “Bir sürüş simülâtörü için bir far parlama simülâtörü geliştirme” başlıklı makalede bir simülâtör aracılığıyla farların göz almasının incelenmesi ve LED ışığın 9 farklı pozisyonda yerleştirilmesinin sürücüler üzerindeki etkileri açıklanmıştır [17].

John D. Lee, Daniel V. McGehee, Timothy L. Brown ve arkadaşları tarafından 2011 yılında yazılan “Simülatör özelliklerinin karayolu tasarım sorunları ile eşleştirilmesi” başlıklı yayınında simülatörlerde ölçülen sürücü kabiliyetlerinin otobanlarda kullanılmaya uygun olup olmadığı incelenmiştir [18].

Chris Schwarz, Yefei He, Andrew Veit tarafından yazılan 2011 yılındaki “Bilgisayar tabanlı bir simülatöre göz takip sistemi yerleştirilmesi: Devreye alma ve uygulamaları” başlıklı yayında IOWA üniversitesindeki MiniSim adlı simülatör üzerine göz takip sistemi eklenerek komutların göz ile verilmesi sağlanmıştır [19].

Utah Üniversitesinden David L. Strayer, Frank A. Drews, ve William A. Johnston 2003 yılındaki “Cep telefonu kaynaklı görsel dikkat hatalarının sürüş simülasyonu” başlıklı makalelerinde bir simülatör vasıtasıyla sürücülerin sürüş esnasında telefon görüşmesi yapmalarında dikkat dağınıklığı ve kaza riski olduğu ve bununla birlikte hoparlör ile yapılan konuşmalarda bu riskin azaldığı anlatılmıştır [20].

“Elektronik stabilite kontrol sistemleri etkinliğini saptamak için simülatör senaryoları tasarımı” başlıklı 2005 yılındaki yayında Ginger S. Watson, Yiannis E. Papelis ve Omar Ahmad Amerikan otobanlarındaki ölümlerin azalması ve güvenliğin artması amacıyla Ulusal Gelişmiş Sürücü Simülatörü ile sürücülerin aracın kontrollerini kaybettikleri anları tespit edip önleme çalışmaları yer almıştır [21].

Yiannis Papelis, Omar Ahmad ve Matt Schikore tarafından 2001 yılında yapılan “Ulusal ileri sürüş simülatörü (NADS) için senaryo tanımı ve kontrolü” başlıklı çalışmada IOWA Üniversitesinde bulunan NADS isimli sürücü simülatörü için bilgisayar yazılımıyla farklı senaryolarla hayata geçirilmesi konusunda incelemeler yapılmıştır [22].

Vicki L. Ellingrod, Paul J. Perry, William R. Yates, John H. MacIndoe, Ginger S. Watson tarafından 1997 yılında yapılan “IOWA sürüş simülatörü yardımıyla anabolik steroidin etkilerini görülmesi” başlıklı çalışmada sentetik testosteron hormonu verilen 6 gönüllünün simülatör kullanımı esnasındaki konsantrasyonu ve sürüş becerilerinin değişimi incelenmiştir [23].

“Feksofenadin, difenhidramin ve alkolün sürüş performansı üzerine etkileri” başlıklı 2000 yılındaki yayında John M. Weiler, John R. Bloomfield, George G. Woodworth, Angela R. Grant, Teresa A. Layton alerji önleyici ilaçların en az alkol kadar sürüş becerilerini etkilediğini ve bir simülatör vasıtasıyla alkol etkileri ile kıyaslamasını çalışmıştır [24].

Matthew C. Schikore, Yiannis E. Papelis, Ginger S. Watson tarafından yazılan 2000 yılındaki “Ulusal ileri sürüş simülatörü (NADS) üzerine grafik yazılımı için gelişmiş araçlar” başlıklı yayında simülatör üzerine yerleştirilebilecek sanal ve yapay zekaya sahip çevre ile trafik yazılımı incelenmiştir [25].

Yiannis Papelis ve Omar Ahmad 2000 yılında “Yüksek yararlı sürüş simülasyonu için bir kapsamlı ve donanımlı sürücü modeli” başlıklı yayında yüksek hassasiyette simülatör çevresi geliştirebilmek için kapsamlı ve donanımlı bir sürücü modeli geliştirme çalışması yapmışlardır [26].

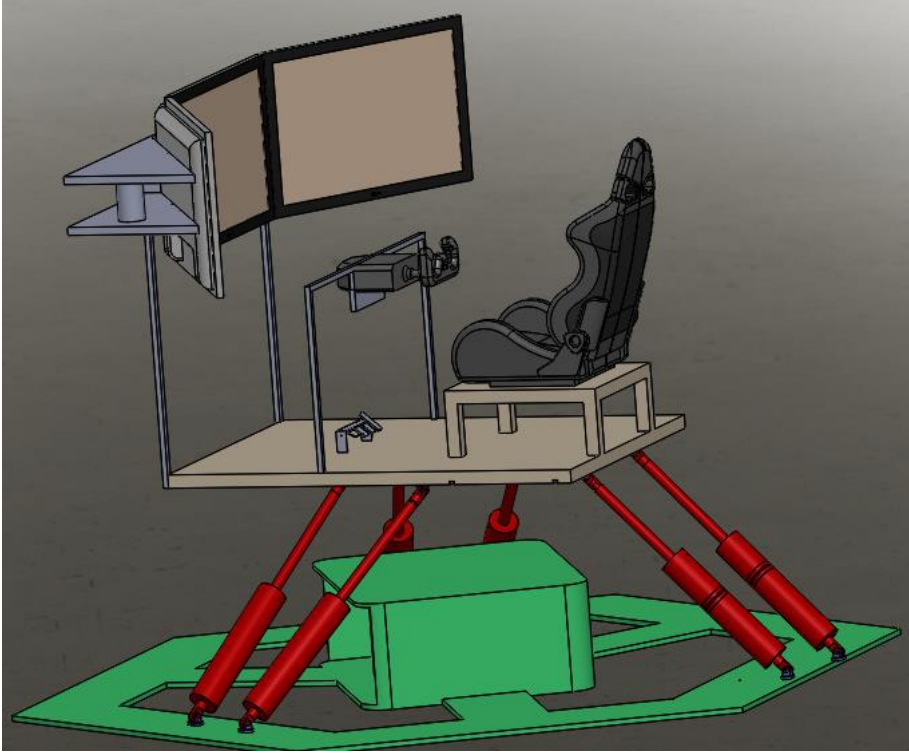
[20] Shawn Allen ve Corey Bruse tarafından 2001 yılında “Sürücü simülatörü için gerçekçi arazi yüzeyleri ve özellikleri geliştirilmesi” başlığıyla yayımlanan çalışmada simülatörde kullanılması gereken sanal çevrelerin gerçekçi olabilmesi için geliştirilmesi gereken konulara değinilmiştir. Yolların yüzey şekillerinin, trafik ışıklarının nasıl olması gerektiği ve örnekleri incelenmiştir [27].

İstanbul Teknik Üniversitesi’nden O. Atabay 2004 yılındaki “Sürücü-Taşıtlar-Çevre Etkileşim Etütlerine Yönelik Bir Sürüş Simülatörü Geliştirilmesi” başlıklı doktora tezinde bir taşıt dinamiğinin modellenmesi yapılmıştır. Bu modellemede tekerlek, direksiyon motor, fren gibi araç kısımları mevcuttur. Daha sonra, oluşturulmuş olan sanal çevre görüntüsü ile eşleştirilmiştir. Bu sayede çevre etkilerinin sürücü davranışlarında ne gibi değişiklikler yaptığı incelenmiştir [28].



## BÖLÜM 4. SÜRÜCÜ KOLTUĞU SİMÜLATÖRÜ TASARIMI

Yapılan çalışmada simülatörü tasarlarken bölümlere ayrılmış; ayrı ayrı tasarlanmış ve sonrasında bu bölümlerin birlikte çalışmasını sağlanmıştır. Bu bölümler; mekanik, elektronik ve tahrik sistemi olmak üzere 3 bölümde yapılmıştır.



Şekil 4.1. Simülatör Görünümü

Simülatörde iki farklı hareket sistemi kullanılacaktır. Simülatörün mekanik ve elektronik kontrol sistemleri ortak olacaktır. Hidrolik tahrik sistemi (Sistem-A) ile simülatör hareketlendirilecektir. Daha sonrasında elektrikli tahrik sistemi (Sistem-B) ile simülatör hareketlendirilecektir. İki sistem ekonomik olarak karşılaştırılacaktır.

## **4.1. Mekanik Sistemin Tasarımı**

Mekanik tasarım bölümünde yapılacak olan simülasyonun fiziksel yapısının hesapları, tasarımı ve üretim aşamaları anlatılacaktır. Mekanik kısımda; simülasyon platformu, hareketli platform, sürücü koltuğu, elektronik ve hidrolik ekipmanların bağlanacağı düzenekler bulunmaktadır. Ayrıca hiçbir ekipmanın diğerini etkilemeyeceği şekilde bir yerleşim yapılmıştır.

### **4.1.1. Sürücü koltuğu**

Sürücü koltuğu boyutlarını belirlenmesi için Türkiye’de yaşayan insanların ortalama boyları ve kütlelerinin bilinmesi gerekmektedir. Ayrıca koltuğun ergonomik, sportif, kullanışlı, rahat, terletmeyecek şekilde olması istenmektedir. Buna göre önce sürücü boyutlarının tespiti yapılacak, daha sonra koltuğun boyutları sürücü boyutlarına göre tasarlanacaktır.

#### **4.1.1.1. Sürücü boyutlarının belirlenmesi**

1884 ve 2006 yılları arasında Türkiye’de yaşayan insanların ağırlıklarında ve boylarında yapılan araştırmada erkeklerde boy 162 cm den 174 cm ye yükseldiği, bayanlarda ise 153 cm den 159 cm ye yükseldiği tespit edilmiştir. Aynı araştırmada ağırlıklar erkeklerde 62.0 kg dan 77.8 kg a, bayanlarda ise 52.9 kg dan 67.0 kg a yükseldiği anlaşılmıştır [29].



Şekil 4.2. Sürücü Boyu

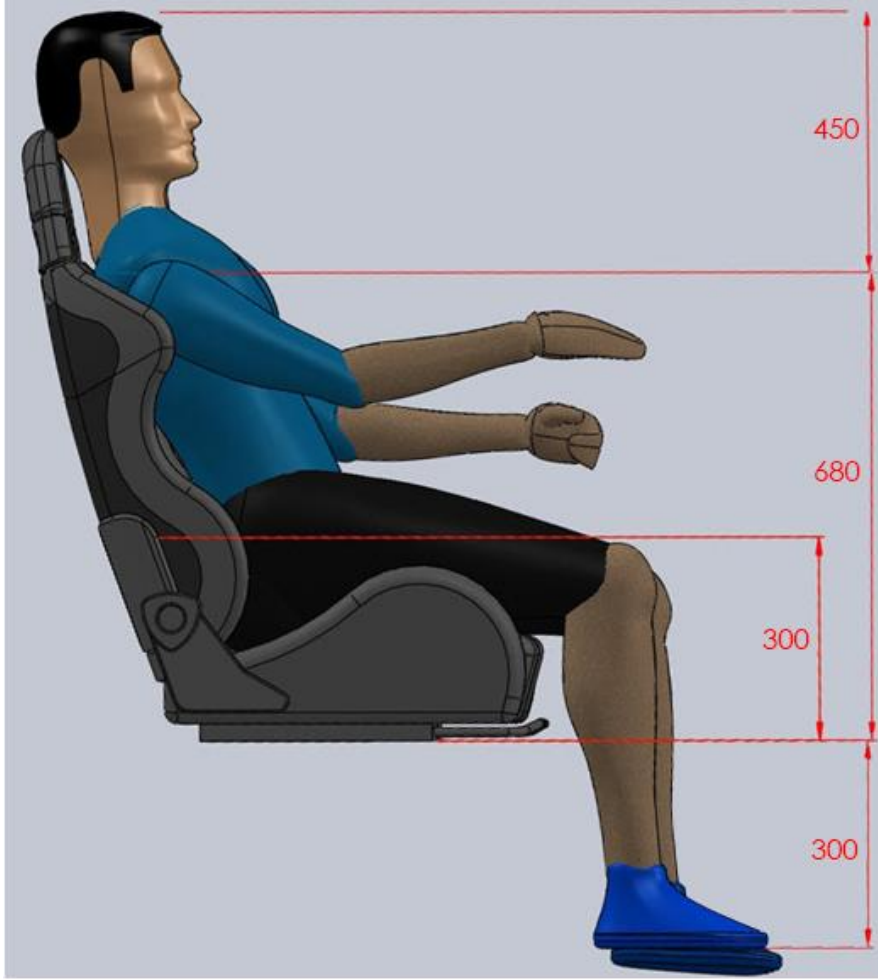
#### 4.1.1.2. Sürücü koltuğu boyutlandırılması

Araştırma sonuçlarından, sürücünün boyu 174 cm, kütlesi ise 77.8 kg olduğu tespit edilmiştir. Emniyet açısından boy 190 cm, kütle 150 kg olarak alınmıştır. Bu bilgiler ışığında sürücü simülörünün koltuk büyüklüğünün boyutlandırma çalışması yapılmıştır.

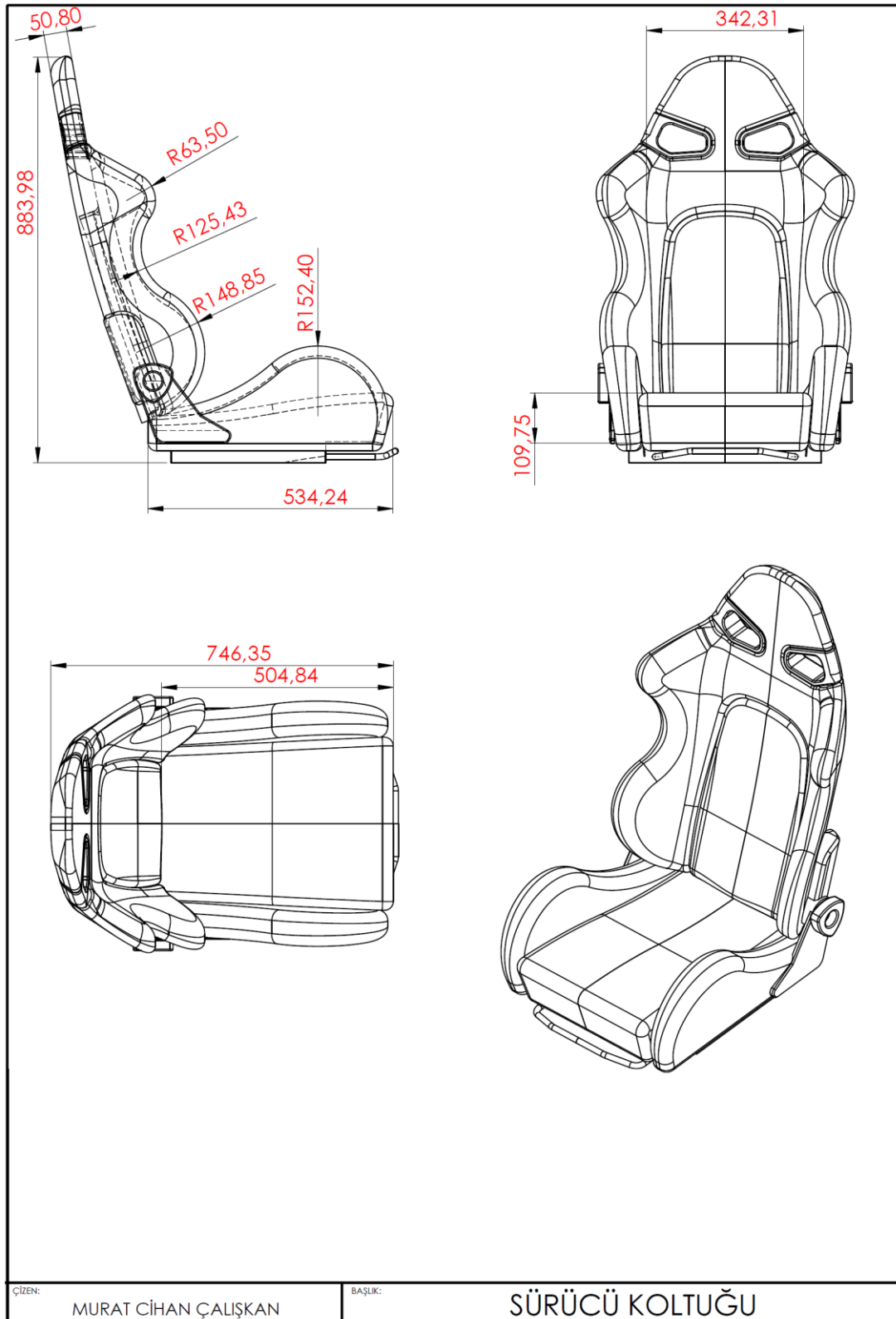


Şekil 4.3. Sürücü Koltuğu

Buna göre koltuğun yüksekliği yaklaşık 90 cm, oturma alanı uzunluğu yaklaşık 55 cm, genişliği yaklaşık 35 cm olarak belirlenmiştir. Ayrıca koltuğun bağlandığı hareketli platform ile ayak pedalları arasındaki yükseklik 30 cm olarak alınmıştır.



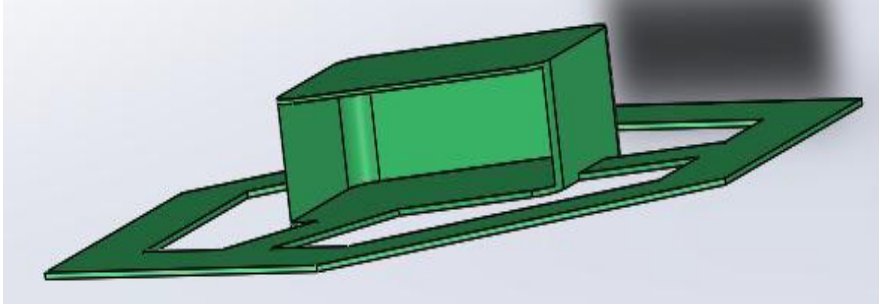
şekil 4.4. Sürücünün Koltuğa Oturmuş Hali



Şekil 4.5. Sürücü Koltuğu Teknik Resmi

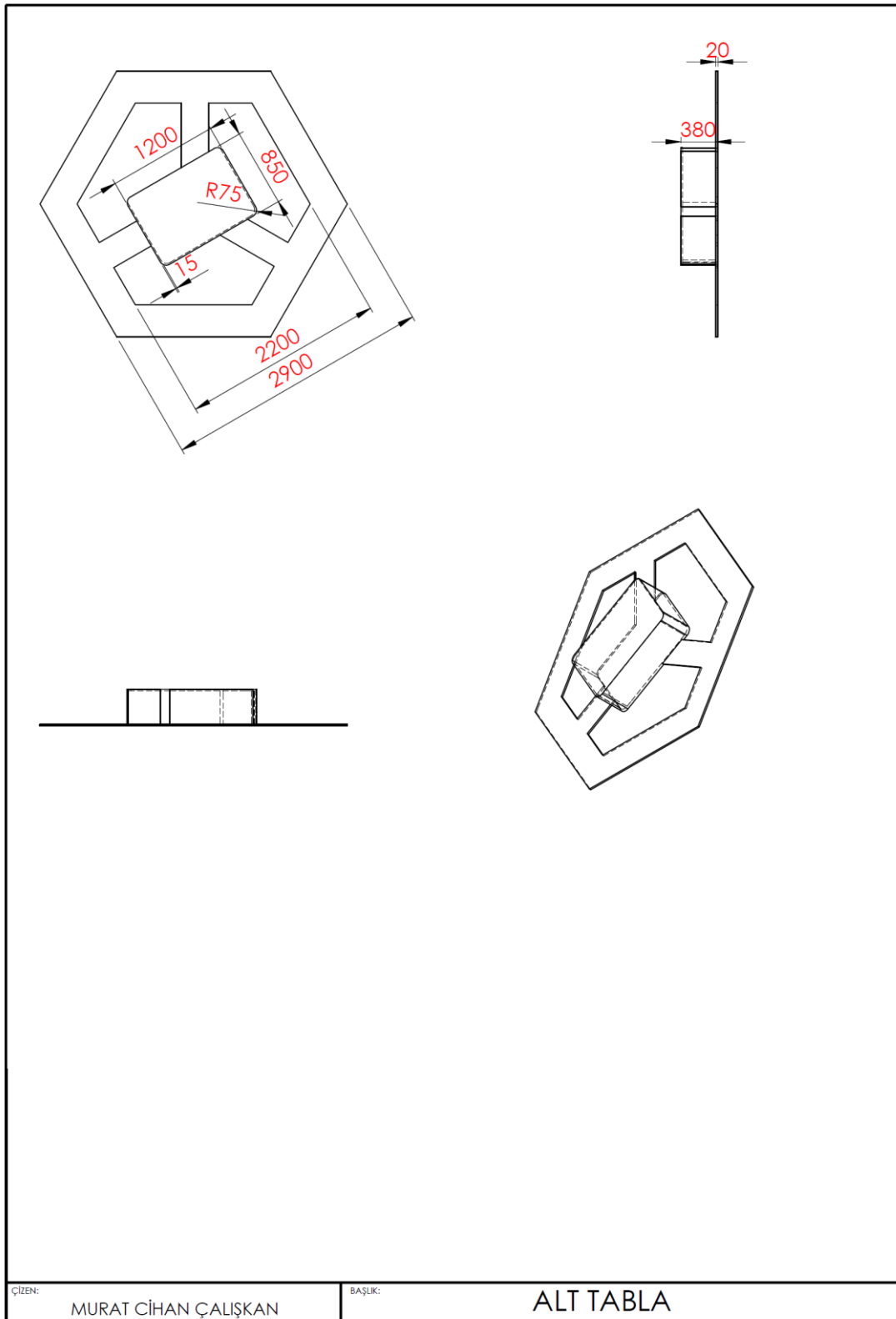
#### 4.1.2. Simülâtör platformu

Platformumuz altıgen bir plaka üzerine 70 cm yükseklikte başka bir plakadan oluşmaktadır. İki plaka arasında hidrolik ve elektriksel sistemlerin ekipmanları bulunmakta, ayrıca gizlenmektedir. Üst plaka ve alt plaka 3 noktadan 6 silindir ile bağlantılıdır. Üst plakaya sürücü koltuğu monteli şekildedir.



Şekil 4.6. Simülâtör Platformu

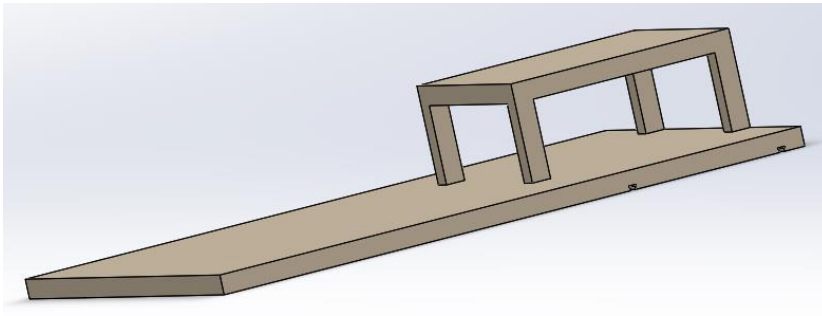
Sistemimizde 3 noktadan yerleştirilmiş 6 silindir bulunmasının en önemli özelliği de simülâtörün hassas ve kesin sonuçlar vermesi isteğidir.



Şekil 4.7. Alt Tabla Teknik Resmi

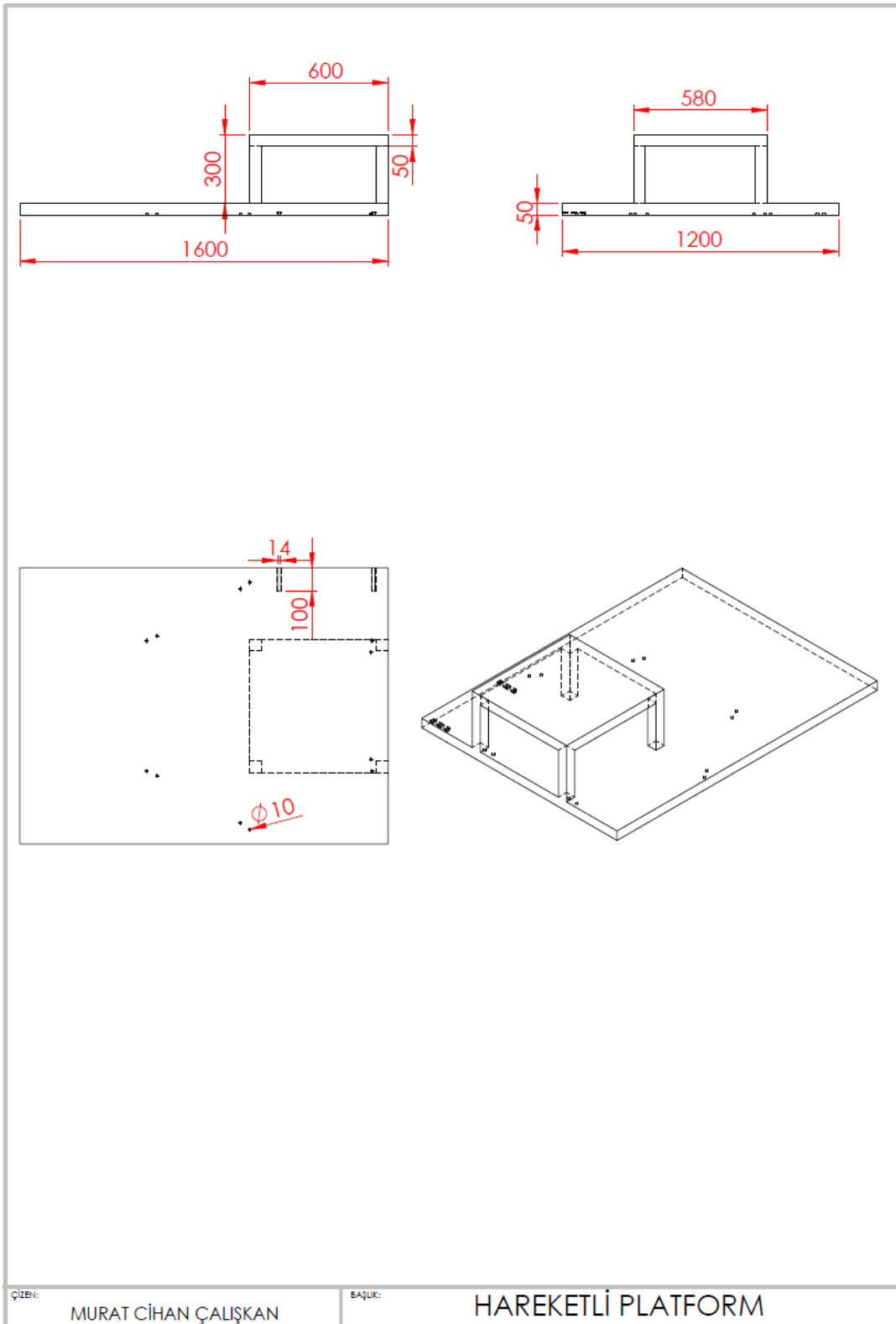
### 4.1.3. Hareketli platform

Sürücü koltuğunun, elektronik bileşenlerin üzerine bağlandığı ve silindirlerin çalışmasıyla hareket eden platformdur. Ayrıca platformun kenarında sürücünün sisteme ulaşmasını sağlamak adına merdiven yerleştirilebilecek 2 adet kızak bulunmaktadır. Bu sayede portatif merdiveni kullanım öncesi takılıp sürücünün simülatöre çıkmasını sağladıktan sonra kullanım sırasında zarar görmemesi adına çıkarılmaktadır.



Şekil 4.8. Hareketli Platform





Şekil 4.9. Hareketli Platform Teknik Resmi

## 4.2. Elektronik Tasarım

Tasarladığımız simülatörün elektronik ekipmanları arasında; yazılımın çalıştırılacağı bir bilgisayar, çalıştırılan yazılımın gösterileceği ekran, hidrolik elemanların kontrolünün sağlanması için kartlar, yazılımın kontrol edileceği direksiyon-gaz-fren seti olarak gösterilebilir.

Sistemimizde kullanılması düşünülen bilgisayar, son derece hızlı, kapasitesi yüksek, sürücünün hareketlerine anlık olarak yanıt verebilecek özelliklere sahip olması gerekir. Bunun için de piyasada “Workstation (İş İstasyonu)” olarak geçen bilgisayarlardan kullanılması uygun görülmüştür. Bu doğrultuda 2 adet Xeon E5-2665 8C 2.40 GHz işlemciye, HP marka 64GB(8x8GB) DDR3-1600 Mhz belleğe, NVIDIA Quadro 6000 6 GB ekran kartına, Seagate 1 TB Sata II disk ve Windows 8 Professional 64 Bit işletim sistemine sahip HP HELIOS Z820 model bilgisayar seçilmiştir.



Şekil 4.10. Bilgisayar

Yazılımın gösterileceği monitör olarak ise 42” boyutunda FULL HD özellikli 3D görüntü destekli bir televizyon kullanılması öngörülmüştür. Nedeni ise görüntünün kusursuz, akıcı ve net bir şekilde gösterilmesi ve simülatörü kullanan kişinin kendini tamamen görüntünün içerisinde hissetmesi gerektiğindedir. Bu çerçevede monitör olarak LG marka 42LA667S model 3D LED televizyon tercih edilmiştir.



Şekil 4.11. Monitör

Sürücü koltuğunun ön kısmında bulunacak olan monitörlerde önceden belirlediğimiz ve dijital olarak modellediğimiz bir yol güzergahı bulunmaktadır. Araç sanal olarak o güzergahta ilerlerken yine bizim belirlediğimiz viraj, tümsek, çukur, bariyer gibi yol unsurları ile karşılaşmaktadır. Bu unsurlar karşısında aracın yapacağı hareketler önce elektriksel kısma aktarılır. Elektriksel bir komutla hidrolik sisteme gönderilir. Hidrolik sistemde silindirleri hareketlendirerek simülatörün o unsur karşısında aracın yapması gereken hareketi sürücüye hissettirir. Bu sinyal alışverişleri mümkün olan en kısa sürede gerçekleşir. Bu da yaklaşık 50 ms civarındadır.(Bkz Ek C) Dolayısıyla anlık olarak sürücü aracın ekranda görülen unsurlara karşı etkileşimini hissetmiş olur.

Yukarıda da belirtildiği üzere Sistem-A hidrolik enerjisi ile çalışacaktır. Kullanılacak hidrolik silindirlerin anlık ve oransal olarak -yani silindirin hareket miktarına göre koltuğun ne kadar ve hangi doğrultuda hareket edeceğinin programlanıp kontrol edileceği- hidrolik oransal valf kartı kullanılması gerekmektedir. Bu sebepten 6 silindir için 6'lı oransal valf kartı ve bloğu sisteme dahil edilmiştir. Valf kartları tamamen elektronik ekipmanlar olup sinyal düzenlemesi yapan sistem elemanlarıdır. Yazılımın gönderdiği sinyali, görevi yapacak silindir için, o silindirin valfine gerektiği kadar hareket yapılması yönünde sinyal gönderir.

Gelen sinyal doğrultusunda silindir hareket eder ve simülâtörün konumu değişmiş olur. Gönderilen sinyal ise ekrandaki görüntü ve sürücünün sinyal sağlayıcıya verdiği komutlar çerçevesindedir.



Şekil 4.12. Elektronik Valf Kartı

Ayrıca Sistem-B elektrik enerjisi ile çalışmaktadır. Bu sistem ekipmanlarından servo motorlu silindirin kontrolünü sağlayan sürücüleri de Elektronik Sistemin içerisine dahil olmaktadır.

### 4.3. Tahrik Sistemi Tasarım ve Hesaplamaları

Simülâtörü oluşturan 6 adet silindire enerji vererek sistemin hareket etmesini sağlayan sistemdir. Hidrolik ve elektrik olmak üzere 2 farklı enerji kullanarak simülâtör tasarımı yapılmıştır. Daha sonra ise kullanılan bu 2 sistem ile beraber oluşturulan simülâtörlerin kıyaslanması yapılmıştır.

#### 4.3.1. Hidrolik sistem tasarımı ve hesaplamaları (Sistem – A)

Tasarım yapılırken ilk önce sistemdeki bileşenlerin kütleleri hesaplanmalıdır. Kullanılan sistemdeki başlıca bileşenler; sürücü, sürücü koltuğu, hareketli platform, elektronik ekipmanlar ve hidrolik ekipmanlardır. Aşağıdaki tabloda bu bileşenlerin kütleleri verilmiştir.

Tablo 4.1. Sistem Bileşenleri ve Kütleleri

Sistemin Bileşenleri	Kütlesi (~kg)	
Sürücü	150	
Sürücü Koltuğu	40	
Hareketli Platform	25	
Elektronik Ekipmanlar	45	
Hidrolik Ekipmanlar	Valfler	20
	Güç Ünitesi	25
	Yağ	45
TOPLAM	350	

Buradan yola çıkarak insan faktörü göz önüne alındığında kütle emniyet katsayısı olarak 3 seçilirse tahrik sisteminin 1050 kg kütle kaldırabilme kapasitesine sahip olması gerekmektedir. Kütle ağırlığa çevrildiğinde;

$$G = m \times g = 1050 \times 9,81 = 10300,5 N \quad (4.1)$$

Hidrolik sistemlerin kullanıldığı; insanların da yakınında bulunduğu sistemlerde hidrolik basınç değeri (Emniyet açısından) 100 barın üzerinde olmamalıdır. Sistem güvenliği ve piyasa bilgileri esas alınarak 65 bar çalışma basıncı olarak seçilmiştir. İş elemanlarımız olan silindirlerimizden aynı anda 3 tanesinin çalışacağı ve bir kurs boyunu 12 saniyede tamamlaması hedef alınarak hesaplama yapılacaktır. Buradan yola çıkarak ihtiyaç duyulan silindir yüzey alanı hesaplandığında;

$$P_{\zeta} = \frac{G}{3A_s} \Rightarrow A_s = \frac{G}{P_{\zeta}} = \frac{10300,5}{6,5 \times 3} = 528,2307 \text{ mm}^2 \quad (4.2)$$

değeri ortaya çıkmaktadır. Buradan silindir çapına geçilirse, bir silindir için;

$$A_s = \frac{\pi D_s^2}{4} \Rightarrow D_s = \sqrt{\frac{4A_s}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \times 528,2307}{\pi}} = 25,9338 \text{ mm} \quad (4.3)$$

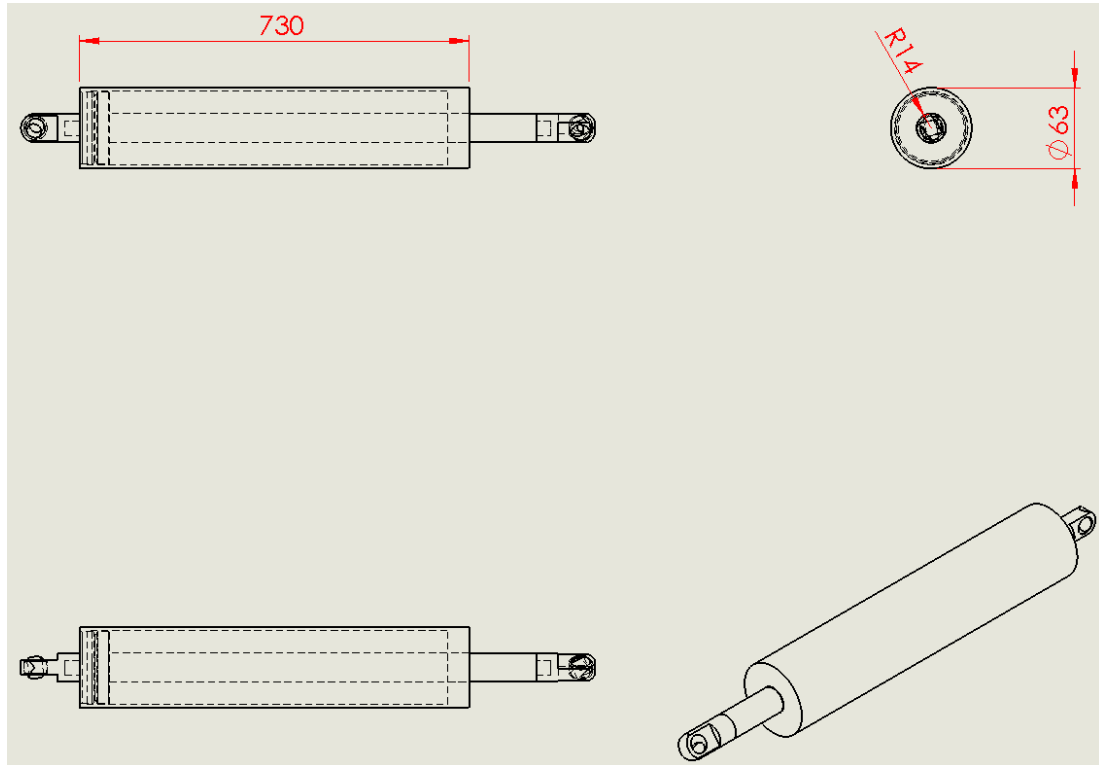
çapında bir silindir uygun görülmektedir. Standart silindir çaplarından 50 mm silindir seçilmiştir. Bu seçimin nedeni piyasada bulunma çoğunluğu ve firmaların genellikle

ürettikleri silindirlerde en küçük çap olarak 50 mm tercih etmeleridir. Sistem için 50 mm çap seçildiği takdirde hidrolik emniyet katsayısı 1,93 olmaktadır.

Simülâtör hareketlerini tam olarak karşılaması ve sistem elamanlarının yerleşiminde sorun teşkil etmemesi açısından silindirlerin strok mesafesi diye tabir edilen piston açılma miktarı 700 mm olarak alınmıştır. Buna göre seçtiğimiz silindir  $\phi 50 \times 700$  koduyla piyasada yer almaktadır. Bu doğrultuda WINMAN marka W1-50-700-DKC kodlu silindir seçilmiştir.



Şekil 4.13. Hidrolik Silindir



Şekil 4.14. Silindir Teknik Resmi

Pompa debisi hesaplanırken kullanılan silindirlere pompalanması gereken yağ hacmi bilinmelidir. Bunun için silindirlerin hacimlerini hesaplırsak;

$$V = \frac{\pi D_s^2}{4} \times l = \frac{\pi 50^2}{4} \times 700 = 1374446,7859 \text{ mm}^3 \quad (4.4)$$

Sistemde aynı anda çalışacak 3 silindir için toplam hacim ise;

$$3V = 3 \times 1374446,7859 = 4123340,3577 \text{ mm}^3 = 4,1233403577 \text{ lt} \quad (4.5)$$

Debi hesabı için toplam hacmin zamana bölünmesi gerekmektedir;

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{4,1233}{12/60} = 20,6165 \frac{\text{lt}}{\text{dk}} \quad (4.6)$$

Görüldüğü üzere pompamızın en az 20,6165 lt/dk debisine sahip olması gerekmektedir. Buna göre sistemde kullanılacak pompa olarak 24 lt/dk debi, 2800 rpm, 65 bar (6,5 MPa) basınç üreten WINMAN-0PF0.50L07B01LBF marka pompa seçilmiştir.



Şekil 4.15. Hidrolik Pompa

Bir silindirin yağ kapasitesi;

$$V_s = \frac{\pi \times 0,050^2}{4} 0,7 = 1,3744 \text{ lt} \quad (4.7)$$

olduğu sistemde 6 silindir olduğu için

$$V_{6s} = 6 \times 1,3744 = 8,2424 \text{ lt} \quad (4.8)$$

yağ gerekmektedir.

Sistemde kullanılan hortumların iç çapı  $D_{hi}=19$  mm dir ve yaklaşık 25 m hortum kullanıldığına göre;

$$V_{hi} = \frac{\pi \times 0,019^2}{4} 25 = 7,0882 \text{ lt} \quad (4.9)$$

Hidrolik valf ve diğer ekipmanların yaklaşık 2 lt yağ alacağı varsayılırsa;

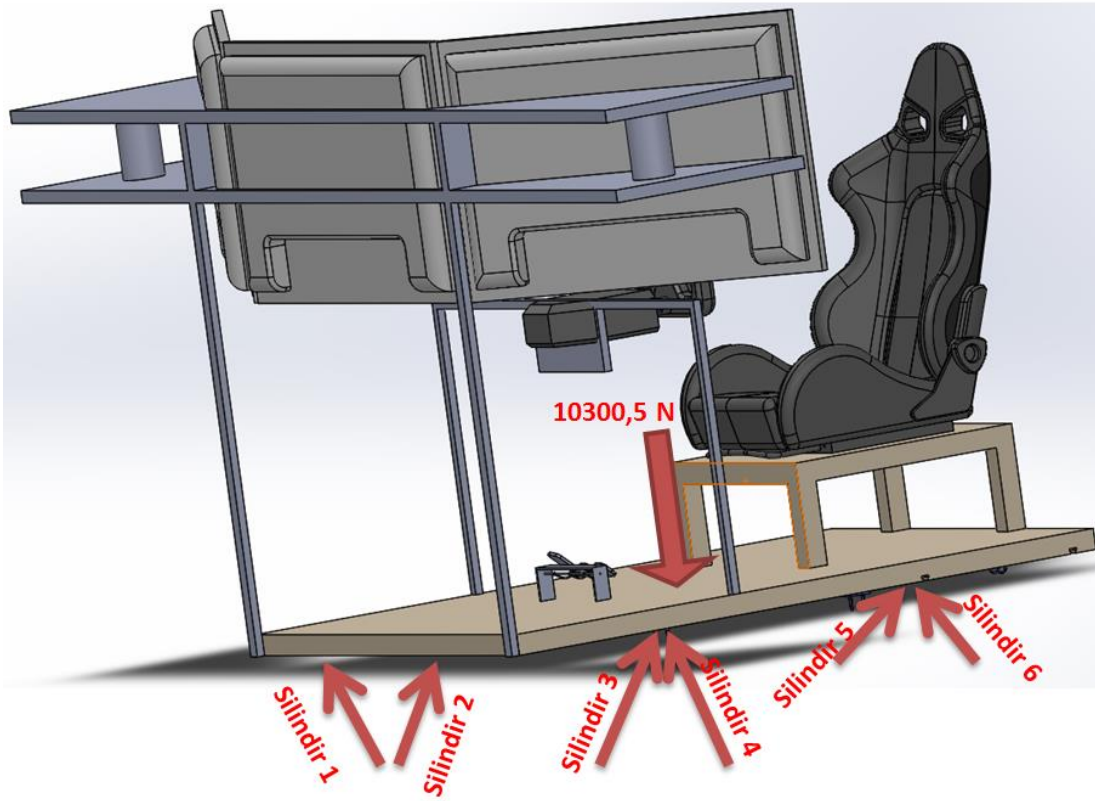
$$8,2424 + 7,0882 + 2 = 17,3306 \text{ lt} \cong 18 \text{ lt} \quad (4.10)$$

Sistemin genel yağ ihtiyacı 18 lt dir. Tankımızda 3 ila 5 kat yağ bulundurulmalıdır. 50 lt yağ kapasiteli bir tank sistem için uygun görülmüştür. Hidrolik yağın yoğunluğu 0,90 kg/lt'dir. Buradan yola çıkarak yağın kütlesi;

$$m_{yağ} = 50 \times 0,90 = 45 \text{ kg} \text{ dir.} \quad (4.11)$$

Sistemdeki pistonlar yük karşısında bir eğilmeye maruz kalmaktadır. Bu eğilmeye karşı bir direnç uygulamaktadır. Sistemden istenen, üzerindeki yükü kaldırmasıyla birlikte o yük karşısında herhangi bir deformasyona uğramamasıdır. Bu sebeple seçilen ekipmanların dirençlerinin yükten fazla olması gerekmektedir.



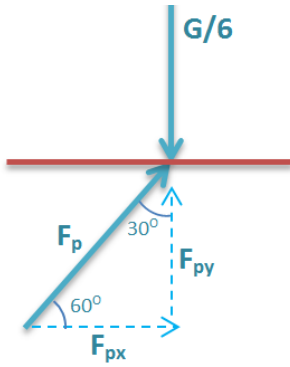


Şekil 4.16. Sistem Üzerine Gelen Yükün Şematize Edilmesi

Hesaplanan ağırlık kuvveti değeri sistem üzerinde hareketli platforma etkimektedir. Şekilde de görüldüğü gibi toplam kuvvet olan 10300,5 N yük 6 silindir üzerine eşit bir şekilde dağılacaktır.

$$F = \frac{10300,5}{6} = 1716,75 \text{ N} \quad (4.12)$$

Silindir başına 1716,75 N yük düşmektedir. Fakat silindirler dik olarak etkimeğinden bu kuvvetten daha fazla bir kuvvet silindirlere etkimektedir. Her bir silindir in hareketli platform ile 120° açı yapacak şekilde tasarım yapılmıştır ve buna bağlı olarak da aşağıdaki hesaplamalar yapılmıştır.



Şekil 4.17. Piston Kuvvetinin Dağılımı

$$F_{py} = \frac{G}{6} = \frac{10300,5}{6} = 1716,75 \text{ N} \quad (4.13)$$

$$F_p = \frac{F_{py}}{\sin 60} = \frac{1716,75}{\sin 60} = 1982,3321 \text{ N} \quad (4.14)$$

Burada bulunan  $F_p$  değeri yani bir pistonun kaldırması gereken kuvvet 1982,3321 N'dur. Anlaşıyor ki bir silindir en az 1982,3321 N kaldırma kapasitesine sahip olmalıdır.

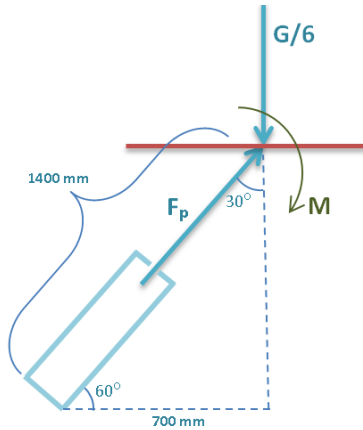
Sistem için seçilen silindir ise çapı 50 mm olan, strok boyu 700 mm olan bir silindiridir. Sistemi besleyen pompa 65 bar basınç üretmektedir. Bu değerler ile silindirin üreteceği kaldırma kuvveti şu şekilde hesaplanır:

$$F = P \times A_s \quad (4.15)$$

$$F = 6,5 \times \frac{\pi \times 50^2}{4} = 12762,7202 \text{ N} \quad (4.16)$$

Her bir silindir ihtiyaç olandan yaklaşık 6,43 kat daha fazla kuvvet kaldırabilme kapasitesindedir. Bu da oldukça emniyetli bir sistem olduğunu gösterir.

Bununla birlikte silindirlerin üzerine gelen kuvvetin oluşturacağı moment de sistemin mukavim olmasında ve sağlıklı çalışmasında önemli bir sorundur. Silindirlerin oluşan moment değeri karşısında fiziksel bir bozunmaya uğramamaları gerekir.



Şekil 4.18. Silindir Üzerine Gelen Momentin Temsili

Moment Şekil 4.18'deki gibi etkiğine göre;

$$M = \frac{G}{6} \times l = 1716,75 \times 700 = 1201725 \text{ Nmm} \quad (4.17)$$

değerinde moment pistonların şeklini bozmaya çalışır. Pistondan istenen başka bir özellik de bu momente karşı koyabilme kabiliyetidir. Momente karşı koyabilme kabiliyeti eğme mukavemeti olarak tanımlanır. Bir malzemenin eğme mukavemetini hesaplayabilmek için ise o maddenin eğme deneyi sırasında maruz kaldığı kuvvet ve deney düzeneğindeki parametrelere ihtiyaç vardır.

Eğilme momentinin denklemi;

$$M_e = \frac{F \times l}{4} \text{ tür.} \quad (4.18)$$

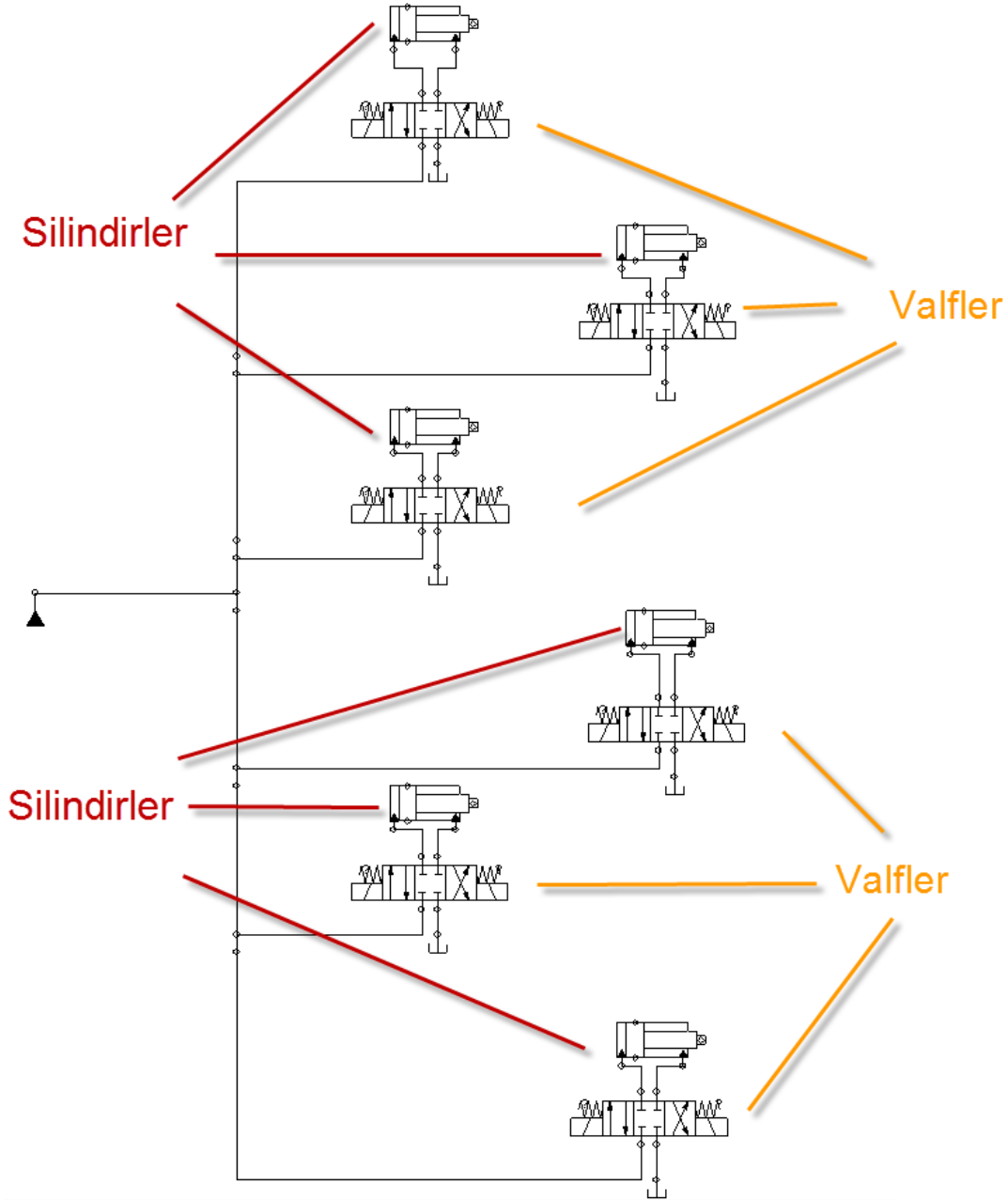
Burada  $F$ , numuneyi eğmek için kullanılan kuvveti temsil eder.  $l$  ise eğme deneyinde kullanılan mesnetler arası uzaklıktır. Standart olarak deneylerde kullanılan numune çapı 16 mm olan bir silindir şeklinde numunedir. Tablodan baktığımızda bu numunenin eğme deneyindeki mukavemet değeri  $630 \text{ N/mm}^2$ 'dir.(Bkz EK-A) Eğme için gerekli kuvvet ise;

$$F = R \times A = 630 \times \frac{\pi \times 16^2}{4} = 126669,0158 \text{ N} \quad (4.19)$$

Buradan yola çıkarak eğme momenti:

$$M_e = \frac{F \times l}{4} = \frac{126669,0158 \times 80}{4} = 2533380,316 \text{ Nmm} \quad (4.20)$$

buluruz. Bu da sistemimizin eğilme mukavemeti açısından 2,11 kat daha fazla dayanıklı olduğunu gösterir.



Şekil 4.19. Sistemin Hidrolik Şeması

Şekil 4.19’da tasarımını yapmış olduğumuz simülatörün hidrolik ekipmanlarını ve bağlantı şekillerini gösteren bir şema bulunmaktadır. Şemadan da görüldüğü üzere sistem 6 adet lineer cetveli, hassas hidrolik silindirden oluşmaktadır. Bu 6 silindiri 6 farklı elektronik kart kontrollü oransal selenoidli yön kontrol valfi ile kontrol etmektedir. Tasarımımızda WINMAN-DPG-03-3C2-32 Marka valf kullanılmıştır. Söz konusu valflere komutlar dijital olarak gitmektedir. Sistem üzerine monte edilmiş bir bilgisayar üzerinden komut alan elektronik kart ünitesi, daha önceden

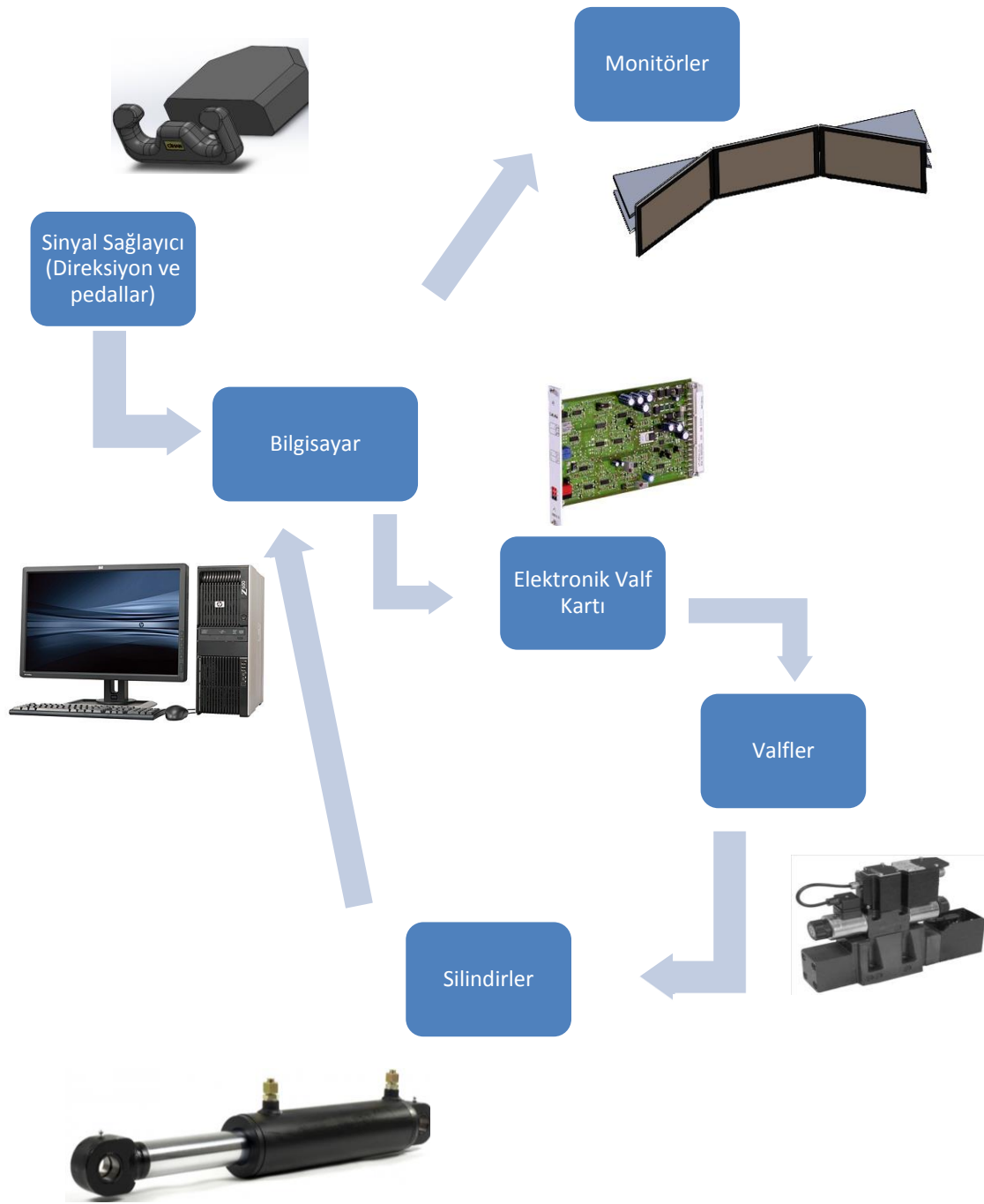
hangi hareketi yapacağı tanımlanmış olan silindire hareket vermek üzere o silindire ait valfe sinyal gönderir. Bu sinyal ile valf konum değiştirerek akışkanın verilen komut doğrultusunda iş elemanına yani silindire gitmesini sağlar.



Şekil 4.20. Hidrolik Oransal Valf

Bu olayı bir örnek ile açıklayacak olursak; Sistem üzerinde bulunan monitörde, hazırlanmış olan sanal güzergahta, bir engel görüldüğünde sürücü frene basmak isteyecektir. Frene basıldığında da sürücünün öne doğru eylemsizliğini simülasyonun yansıtması gerekmektedir. Bunu da 5 ve 6 nolu silindirlerin açılarak; 1 ve 3 nolu silindirlerin de kapanarak yapılacağı bilinmektedir. Silindirlerin o anki konumlarına göre hangi hareketin daha uygun olduğunu hesaplayan bilgisayar elektronik kart ünitesine gerekli sinyali gönderecektir. Elektronik kart ünitesi de 1 ve 3 nolu valflerin, bağlı oldukları silindirleri kapatacak şekilde akışkanın geçişine izin verecek konumuna geçmesine yönelik dijital sinyal gönderir. Böylece 1 ve 3 nolu silindirler kapanarak sürücüye simülasyon tarafından fren yapmış hissiyatı uyandırılır ve fren yaptığı andaki durumları yaşaması sağlanır.

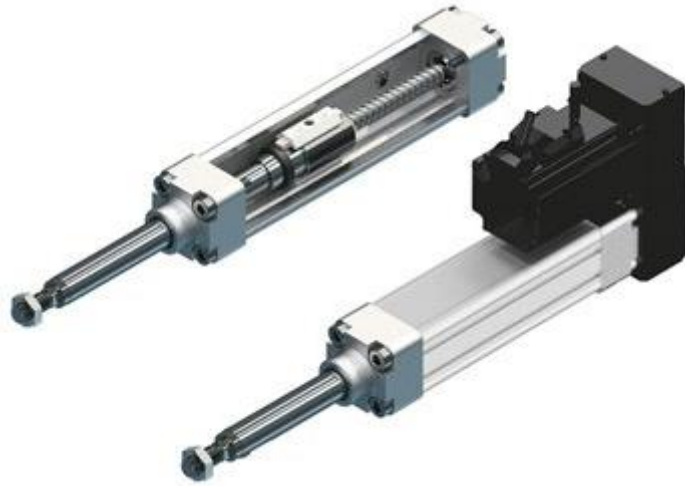
Valflere gönderilen sinyalin şiddeti de sürücünün frene basma şiddetiyle doğru orantılıdır. Yani nasıl herhangi bir araç kullanılırken frene basma şiddeti araç içinde bulunan sürücü ve yolcuları etkiliyorsa; tasarladığımız simülasyon da aynı oranda etkileyecektir. Bu sayede simülasyonu kullanan sürücü adayı yaptığı hareketin araç üzerinde nasıl bir etki oluşturduğunu hissedecektir.



Şekil 4.21. Sistem – A Sinyal Akış Şeması

#### 4.3.2. Elektrik tahrikli sistem tasarımı ve hesaplamaları (Sistem – B)

Simülâtör Sistemine hareket kazandıran silindirler ve güç ünitesinin elektrik enerjisi ile tahrik edilmesiyle meydana gelir. Servo silindir ve sürücüleri kullanılarak yapılacak olan Sistem-B alternatif bir simülâtör sistemidir. Bu sistemde kullanılan servo silindir ve sürücü kullanılmaktadır.



Şekil 4.22. Servo Silindir

Servo silindir bir vidalı milin ucuna bağlı piston ile çalışmaktadır. Silindir üzerinde bulunan servo motor vidalı mili çevirmektedir. Bu sayede piston lineer hareket sağlamaktadır.

Tasarımda silindir başına kaldırılması gereken yük yaklaşık 1720 N'dur. Dolayısıyla kullanacağımız servo motorlu silindirimizin bu yükten fazla yük kaldırması gerekmektedir. Katalog üzerinden seçilerek REXROTH EMC40-16-R156020000, 16x10 marka Lineer Servo silindir kullanılmıştır.



EMC size	Ball screw d <sub>0</sub> xP (mm)	Max. axial force (N)	
		F <sub>max EMC</sub> <sup>1)</sup>	F <sub>max EMC</sub> with Rexroth mounting elements
32	12x5	580	580
	12x10	440	440
40	16x5	2800	2100
	16x10	2200	2100
	16x16	1700	1700
50	20x5	5800	3400
	20x10	4700	3400
	20x20	3100	3100
63	25x5	15900	5000
	25x10	15700	5000
	25x25	11900	5000
80	32x5	19100	8000
	32x10	17400	8000
	32x20	13500	8000
	32x32	10000	8000
100	40x5	29000	12000
	40x10	29000	12000
	40x20	29000	12000
	40x40	22900	12000

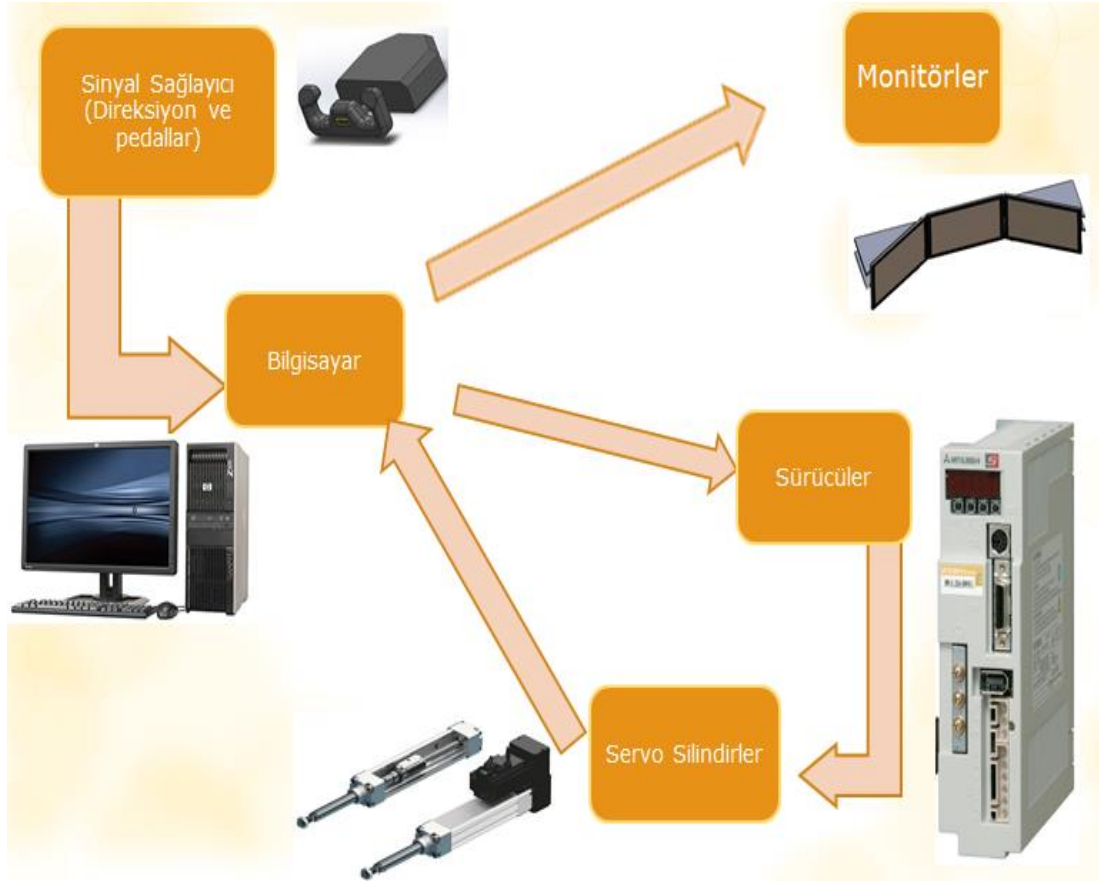
1) F<sub>max EMC</sub> = maximum load

Şekil 4.23. Rexroth Firmasının Servo Silindir Seçiminde Kullanılan Tablo

Silindir üzerindeki servo motorun hız, moment veya pozisyon değişkenlerinden herhangi birinin bu değişkenle ilgili verilen referans değerine uygun olarak hareket ettirilmesini sağlayan elektronik güç elemanı olarak sürücüsü bulunmaktadır. Bu sürücü hidrolik sistemdeki valf görevini görmektedir. Silindire hem komut vermekte hem de silindirin anlık verilerini ana bilgisayara göndermektedir.



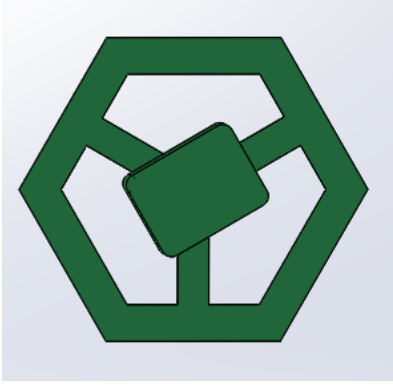
Şekil 4.24. Servo Sürücü



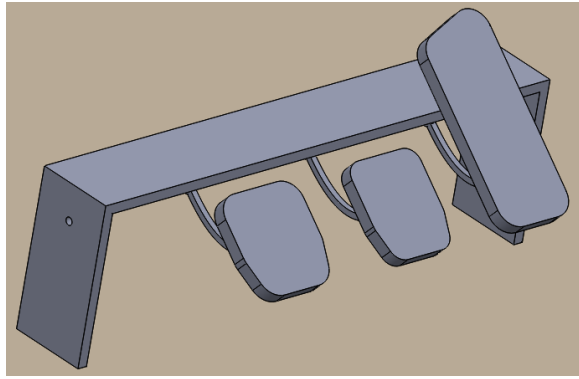
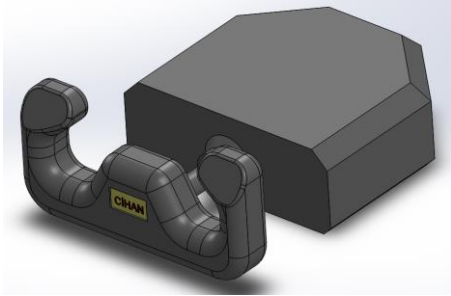
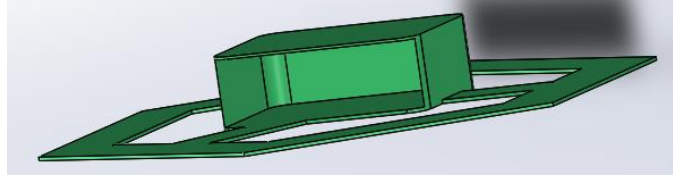
Şekil 4.25. Sistem - B Sinyal Akış Şeması

#### 4.4. Tasarım Resimleri

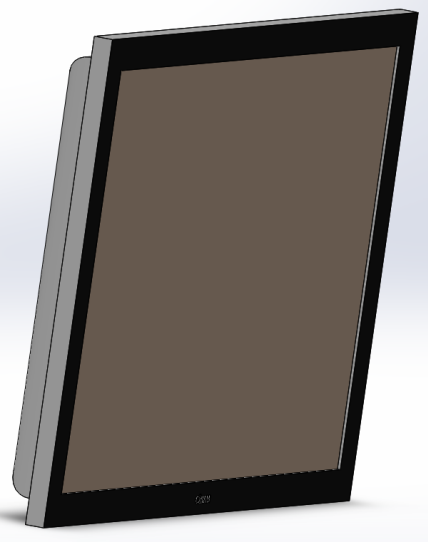
Tasarımımız CAD diye tabir edilen bilgisayar destekli teknik resim çizmeye ve katı model oluşturmaya yarayan yazılımlar ile tasarlanmış olup hesaplanan değerler baz alınarak çizilmiştir.



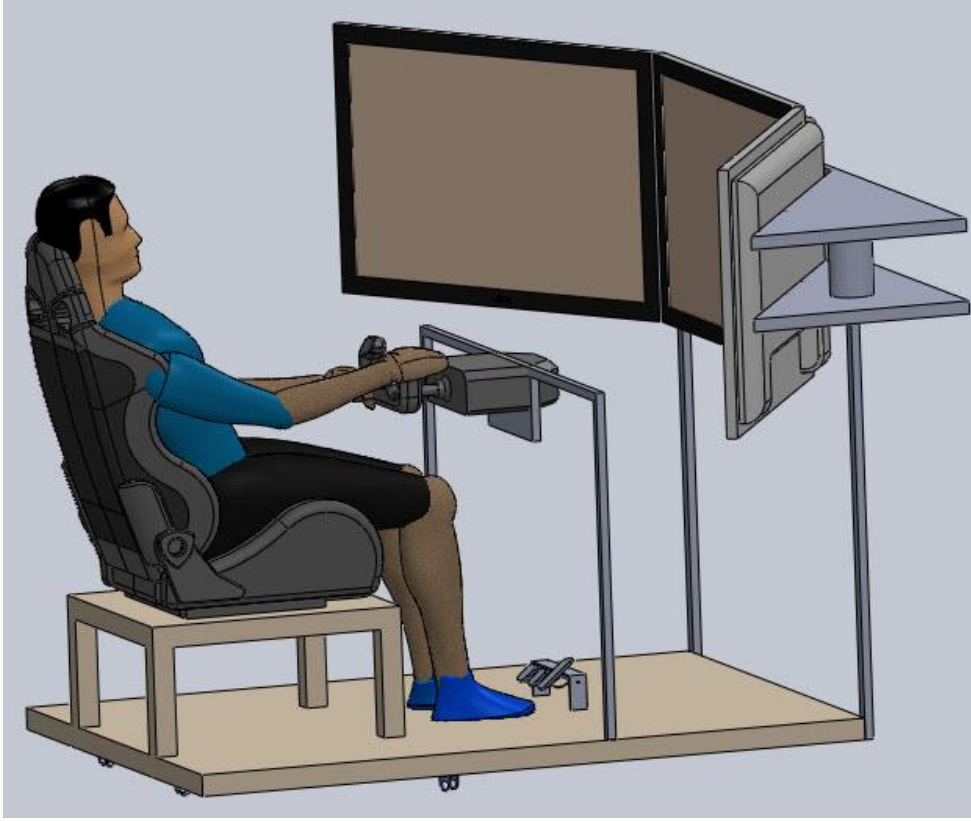
Şekil 4.26. Simülâtör Platformu



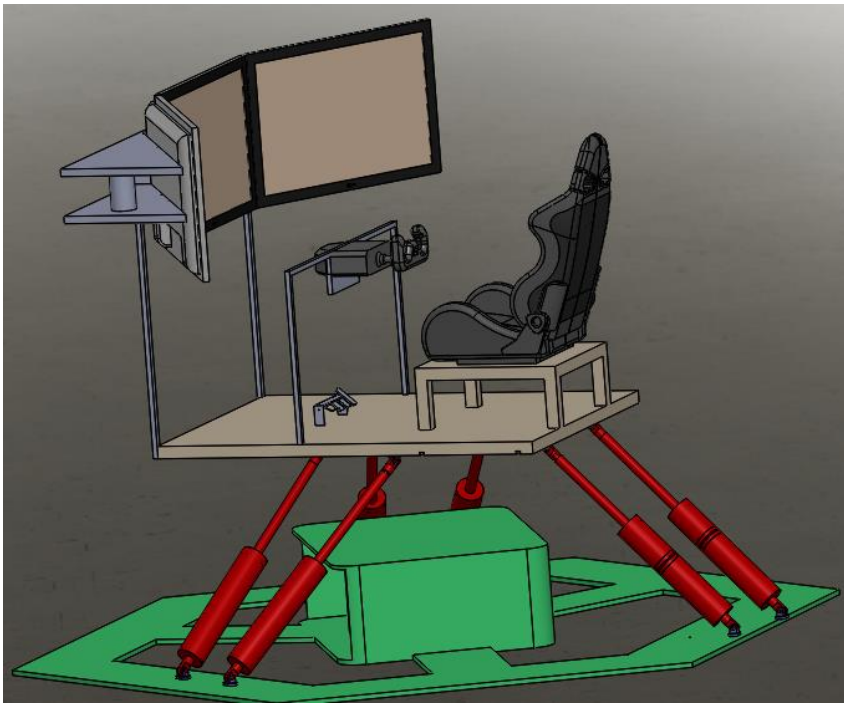
Şekil 4.27. Elektronik Ekipmanlardan Kumanda Kolu ve Pedalları



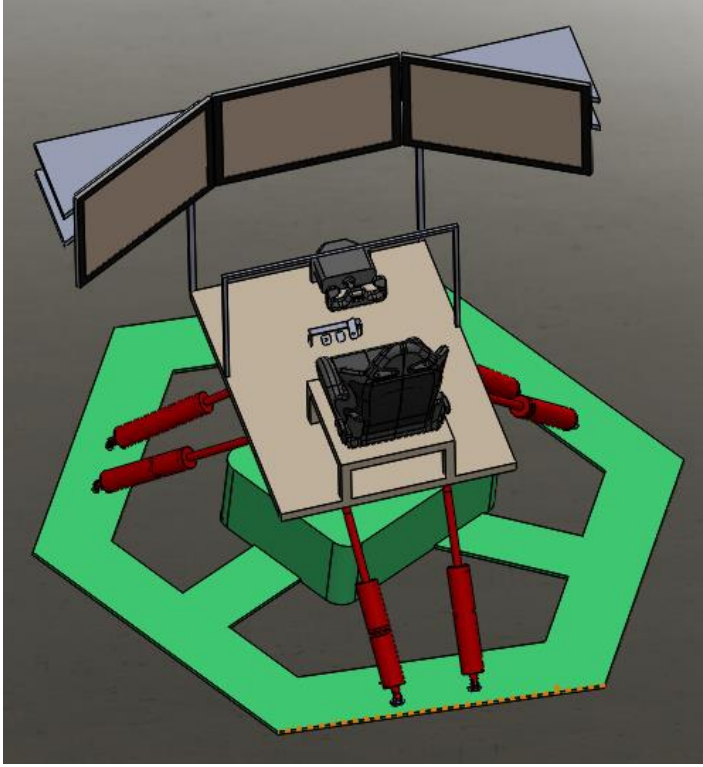
Şekil 4.28. Monitör



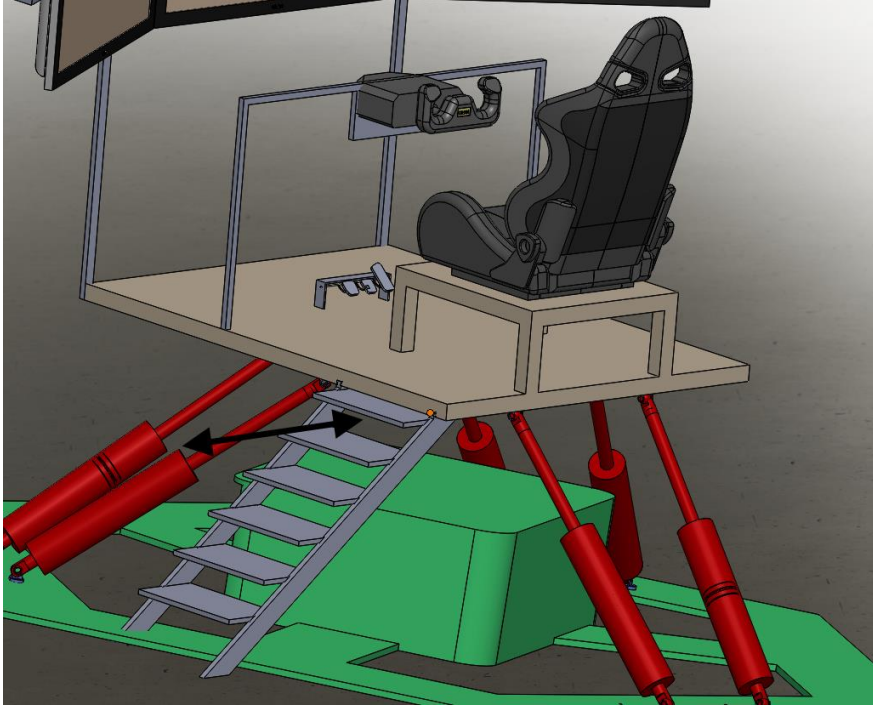
Şekil 4.29. Sürücünün Simülör Üzerine Oturmuş Hali



Şekil 4.30. Montaj Görünümü



Şekil 4.31. Üstten Görünüm



Şekil 4.32. Merdiven Yerleşimi

Tasarladığımız sistemde sürücünün simülatöre kolaylıkla çıkabilmesi için sonradan yerleştirilebilen merdiven kullanılmıştır.

## BÖLÜM 5. TASARIMIN EKONOMİK AÇIDAN İNCELENMESİ VE YAPILABİLİRLİK HESAPLARI

### 5.1. Sistemlerin Ekonomik Açidan Karşılaştırılması

Tasarlanması düşünülen sistem öncelikle hidrolik sistem olarak düşünülmüştür. Ancak hidrolik tahrik elemanları yerine Elektrik servo silindirler kullanılabilir. Bu çalışmada hem elektrikli servo silindir kullanıldığında hem de hidrolik sistemi kullanıldığında simülatörün ekonomikliği karşılaştırılacaktır. Bu nedenle Elektrikli servo motorlu silindir ve Hidrolik Sistemlerde kullanılan hareketi veren yani tahrik edici bileşenlerin piyasada fiyatları araştırılmış ve aşağıda tablo halinde verilmiştir. Ayrıca güç sarfiyatı açısından da sistemler karşılaştırılmış ve ekonomik olan sistem tespit edilmiştir.

Tablo 5.1. Hareket Veren Sistemin Bileşenlerinin Fizibilitesi

	Hidrolik Sistem			Elektrikli Sistem		
1	Hidrolik Lineer Cetvelli Silindir	6 Ad	₺ 8.000,00	Elektrik Servo Motorlu Silindir	6 Ad	₺ 85.000,00
2	Hidrolik Selenoidli Oransal Valf	6 Ad	₺ 10.000,00	Servo Motor Sürücüsü	6 Ad	₺ 45.000,00
3	Hidrolik Güç Ünitesi (Power Pack)	1 Ad	₺ 2.500,00	-		
4	Hidrolik Oransal Valf Kartı	6 Ad	₺ 7.500,00	-		
5	Hidrolik İlave Malzemeler		₺ 5.000,00	-		
6	Hidrolik Hortum		₺ 800,00	Elektrik Kablosu		₺ 3.000,00
7	Hidrolik Yağ		₺ 400,00	-		
	<b>TOPLAM</b>		<b>₺ 34.200,00</b>		<b>TOPLAM</b>	<b>₺ 133.000,00</b>

Hidrolik sistemde sadece hidrolik pompanın çalışması için gerekli bir enerji bulunmaktadır. Ayrıca valflerin elektronik kartları da elektronik olarak sinyal alışverişi yaptıklarından çok az da olsa bir enerji sarfiyatı vardır. Harcanan enerji olarak kıyas yapmak istediğimizde ise karşımıza şu tablo çıkmaktadır:

Tablo 5.2. Hidrolik ve Elektrikli Sistemin Enerji Tüketimi

No	Hidrolik Sistem	Enerji	No	Elektrikli Sistem	Enerji
1	Pompayı Çalıştıran Motor	3 KW	1	Elektrikli Silindirler (750Wx6)	3,5 KW
2	Elektronik kartlar için enerji	max 1 KW	2	Sürücüler (~1000Wx6)	6 KW
3			3		
Toplam		4 KW	Toplam		9,5 KW

Elektrik birim fiyatının TEDAŞ'ın 01.10.2013 itibariyle yayınladığı genelgede 0,2629202 ₺/KWh olduğu, günde 12 saat çalışarak yılda 250 gün faaliyet gösterdiği kabul edilirse;

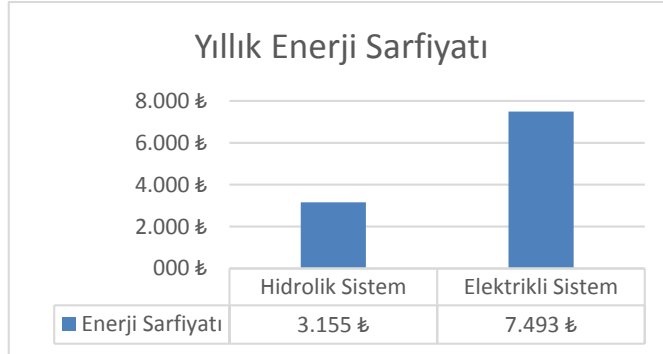
Hidrolik sistem:

$$250 \times 12 \times 4 \times 0,2629202 = 3.155,04 \text{ ₺/yıl} \quad (5.1)$$

Elektrikli sistem:

$$250 \times 12 \times 9,5 \times 0,2629202 = 7.493,23 \text{ ₺/yıl} \quad (5.2)$$

şeklinde enerji sarfiyatı ortaya çıkar.



Şekil 5.1. Sistemlerin Yıllık Enerji Sarfiyatı

Bu bilgiler ışığında hesaplamalarda bulduğumuz enerji sarfiyat değerinden yüksek değerler kullanarak hesaplamanın daha sağlıklı olması sağlanmıştır. Bu amaçla hidrolik sistemin enerji sarfiyatı ₺ 6.500, elektrikli sistemin ise ₺ 12.500 alınmıştır.

Mekanik sistemi oluşturan sürücü koltuğu, simülatör platformu, hareketli platform; elektronik sistemden bilgisayar, monitörler, elektronik kontrol ünitesi ve bağlantı elemanlarının maliyetlerinin ₺ 80.000 olduğu tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak

hidrolik enerjisi ile çalışan Sistem-A yaklaşık olarak ₺ 110.000, Elektrik enerjili sistem-B yaklaşık ₺ 210.000 olduğu hesaplanmıştır.

Tablo 5.3. Sistemlerin Maliyetleri

	<b>Hidrolik Sistem ile Çalışan Simülatör</b>	<b>Elektrikli Sistem ile Çalışan Simülatör</b>	<b>İçten Yanmalı Motora Sahip Araç</b>
<b>Satış Ücreti</b>	₺ 110.000,00	₺ 210.000,00	₺ 40.000,00
<b>Yıllık Harcadığı Enerji Maliyetinin Yaklaşık Değeri</b>	₺ 6.500,00	₺ 12.500,00	₺ 12.000,00
<b>Yıllık Bakım Masrafı</b>	₺ 1.500,00	-	₺ 1.000,00
<b>Sigorta ve Vergiler</b>	-	-	₺ 1.200,00

Yukarıda yapılan maliyet analizi sonucunda Hidrolik Sistemin satış ücretinin ₺110.000 olduğu ve yıllık giderinin ₺ 8.000 olduğu; Elektrikli Sistemin ise satış ücretinin ₺210.000 ve yıllık giderinin ₺ 12.500 olduğu tespit edilmiştir.

Her iki sistemin harcadığı enerjilerin bugünün elektrik birim fiyatı ile hesaplanmasıyla hidrolik sistemin ₺ 6.500/yıl; elektrikli sistemin ₺ 12.500/yıl maliyeti ortaya çıkmaktadır. Hidrolik sistemin yılda birkaç kez yağının değişmesi gerekebilir. Bu yüzden yaklaşık ₺ 1.500 kadar yıllık bakım masrafı vardır. Elektrikli sistemde ise buna benzer bir bakım masrafı bulunmamaktadır.

Bir hidrolik enerjili simülatörün eğitimlerde kullanılan 4 araca eşit olduğu, kullanım açısından düşünülürse; 4 aracın yıllık gideri yaklaşık olarak ₺ 56.800 dür. Hidrolik simülatörün gideri ise ₺ 8.000 dir. Bu nedenle yıllık ₺ 49.800 tasarruf sağlanmış olur. Benzer şekilde elektrik enerjili simülatör ise senelik yaklaşık ₺ 44.800 tasarruf edilmiş olur.

Tasarımın yapılabilirlik hesabı, literatürde geçen hesaplama yöntemlerinden iki tanesi ile yukarıda verilen maliyet ve giderler kullanılarak hesaplanacaktır.



## 5.2. Tasarımın Yapılabilirlik Hesabı

### 5.2.1. Hesaplama yöntemleri

#### 5.2.1.1. Geri ödeme süresi yöntemi – PBP (Pay back period method)

Bu yöntemle “0” (sıfır) faiz oranı ile yatırımın getirisinin maliyeti kaç yılda karşıladığı hesap edilmektedir.

Bu yöntem yatırıma ilişkin kabaca fikir vermektedir. Farklı seçeneklerden uygun olanın çabuk bulunabilmesi için tercih edilebilir. Kesin sonuç vermeyen ancak başlangıç için ivedi bir fikir ve seçenekler arası tercih imkanı verebilen bir yöntemdir.

**Örnek:** ₺ 10.000 değerinde bir yatırım, 1. yıl ₺ 3.000, 2. yıl ₺ 3.000, 3. yıl ₺ 4.000 getiri sağlıyorsa; yatırım kendini 3 yıl içerisinde geri ödemektedir. PBP 3 yıldır. Bu seçenek aynı yatırım tutarı fakat daha uzun bir geri ödeme süresine sahip yatırıma yeğ tutulur.

#### 5.2.1.2. Bugünkü değer yöntemi – $P_v$ (Present value method)

Yatırıma ilişkin tüm “Nakit Akış” değerlerinin yani gelir ve giderlerinin başlangıç zamanı ( $t=0$ ) itibariyle belirli bir faiz ( $i$ ) oranı ile iskonto edilerek bugünkü değerlerinin (başlangıç değerlerinin) bulunması yöntemidir. Bugünkü değer yöntemi aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır:

$$P_v = \sum_{t=0}^h A_t (1 + i)^{-t} \quad (5.3)$$

Burada;

- $P_v$  : Yatırımın bugünkü değeri
- $h$  : Yatırımın işletilmesi için öngörülen süre
- $A_t$  : Yatırımın tüm nakit akış değerleri
- $i$  : Öngörülen faiz oranı
- $t$  : Zaman

Farklı seçenekler göz önüne alındığında yukarıdaki ifade;

$$P_{vj} = \sum_{t=0}^h A_{jt}(1+i)^{-t} \quad (5.3)$$

şeklinde belirlenecektir.

Farklı yatırım seçenekleri (j) arasından daha büyük pozitif ( $P_v$ ) değeri olan tercih edilmektedir.

### 5.2.2. Yapılabilirlik hesaplamaları

Tasarımın yapılabilirliğinin ekonomik açıdan incelenmesinde iki farklı metot kullanılmıştır. Bu metotlar Geri Ödeme Süresi Yöntemi ve Bugünkü Değer Yöntemidir. Bu metotlara göre yapılan hesaplamalar aşağıda sunulmuştur.

#### 5.2.2.1. Geri ödeme sistemi yöntemi – PBP (Sistem-A)

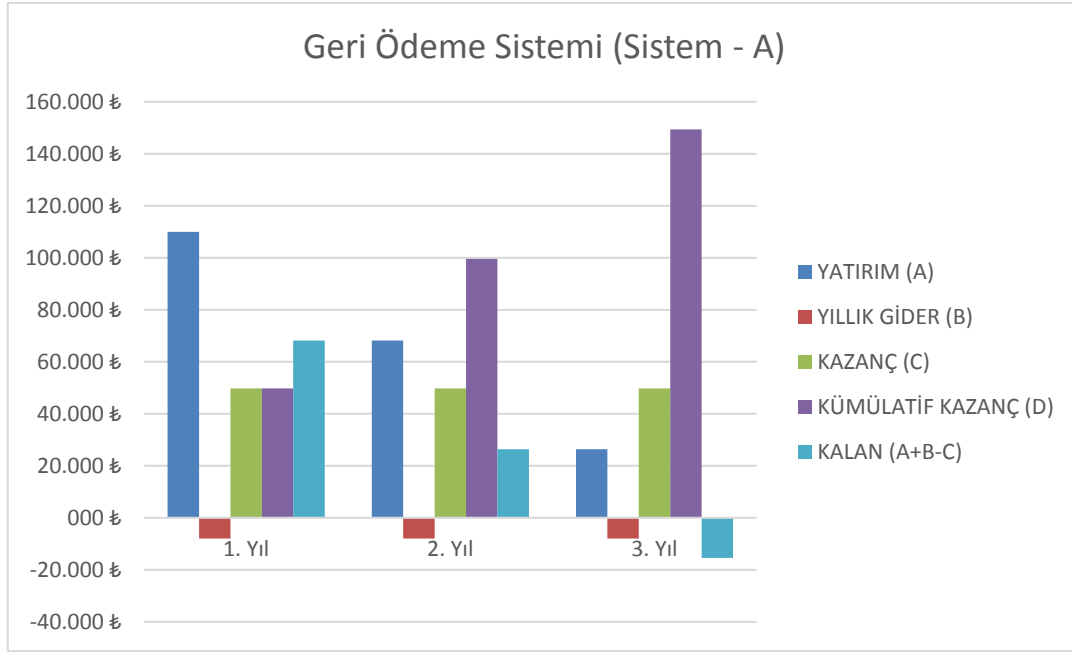
Yatırım Tutarı: ₺ 110.000

Yıllık Ortalama Kazanç: ₺ 49.800

Tablo 5.4. Geri Ödeme Süresi Yöntemi (Sistem-A)

	<b>YATIRIM (A)</b>	<b>YILLIK GİDER (B)</b>	<b>KAZANÇ (C)</b>	<b>KÜMÜLATİF KAZANÇ (D)</b>	<b>KALAN (A+B-C)</b>
<b>1. Yıl</b>	₺ 110.000	-₺ 8.000	₺ 49.800	₺ 49.800	₺ 68.200
<b>2. Yıl</b>	₺ 68.200	-₺ 8.000	₺ 49.800	₺ 99.600	₺ 26.400
<b>3. Yıl</b>	₺ 26.400	-₺ 8.000	₺ 49.800	₺ 149.400	-₺ 15.400

Görüldüğü üzere Geri Ödeme Süresi yöntemi ile yatırım için kullanılacak kredinin faiz oranını hariç tutularak 3 yıldan az bir süre içerisinde (2,5 yıl) sistemin kendini ödemesi beklenmektedir.



Şekil 5.2. Geri Ödeme Sistemi - Grafik Gösterimi ( Sistem – A)

### 5.2.2.2. Geri ödeme sistemi yöntemi – PBP (Sistem-B)

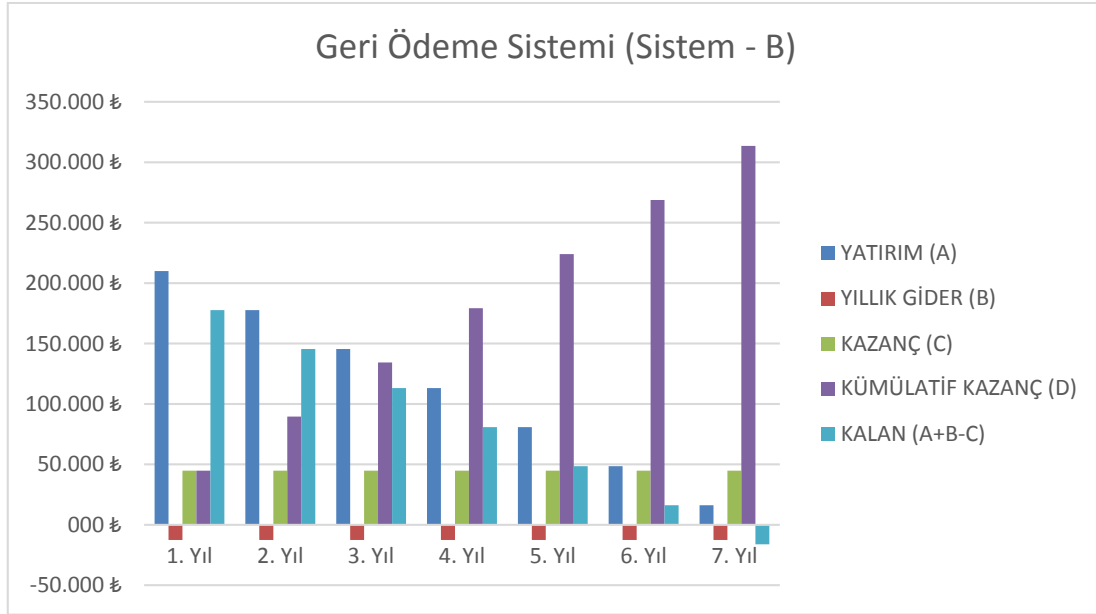
Yatırım Tutarı: ₺ 210.000

Yıllık Ortalama Kazanç: ₺ 44.800

Tablo 5.5. Geri Ödeme Süresi Yöntemi (Sistem-B)

	YATIRIM (A)	YILLIK GİDER (B)	KAZANÇ (C)	KÜMÜLATİF KAZANÇ (D)	KALAN (A+B-C)
<b>1. Yıl</b>	₺ 210.000	-₺ 12.500	₺ 44.800	₺ 44.800	₺ 177.700
<b>2. Yıl</b>	₺ 177.700	-₺ 12.500	₺ 44.800	₺ 89.600	₺ 145.400
<b>3. Yıl</b>	₺ 145.400	-₺ 12.500	₺ 44.800	₺ 134.400	₺ 113.100
<b>4. Yıl</b>	₺ 113.100	-₺ 12.500	₺ 44.800	₺ 179.200	₺ 80.800
<b>5. Yıl</b>	₺ 80.800	-₺ 12.500	₺ 44.800	₺ 224.000	₺ 48.500
<b>6. Yıl</b>	₺ 48.500	-₺ 12.500	₺ 44.800	₺ 268.800	₺ 16.200
<b>7. Yıl</b>	₺ 16.200	-₺ 12.500	₺ 44.800	₺ 313.600	-₺ 16.100

Görüldüğü üzere Geri Ödeme Süresi yöntemi ile yatırım için kullanılacak kredinin faiz oranını hariç tutularak 7 yıldan az bir süre içerisinde (6,5 yıl) sistemin kendini ödemesi beklenmektedir.



Şekil 5.3. Gerİ Ödeme Sistemi - Grafik Gösterimi (Sistem - B)

### 5.2.2.3. Bugünkü değer yöntemi – Pv (Sistem – A)

Bu yöntem için kredi maliyetlerinin bilinmesi gerekmektedir. Bu nedenle öncelikle kredi maliyetleri hesaplanmalıdır.

Avrupa finans piyasalarında Euro için kısa vade (1-3 ay) faiz oranları % 0.20 iken süre 12 aya çıktığında oran % 0.50'ye çıkmaktadır. Amerika piyasalarında ise Dolar için oranlar % 0.25 ila % 0.42 civarındadır.

Yapılacak yatırım için tahmin edilen geri ödeme süresi 3-4 yıl olduğundan faiz oranları çok yükselmeyecektir.

Bugünlerde LIBOR (London International Borrowing Operational Rates) ve EURIBOR (Europe International Borrowing Operational Rates) 4 yıl civarındaki faiz oranları aracı bankalara göre % 2-2.3 arasında değişmektedir.

Tasarımımız için kredi talebinde bulunulduğunda faiz oranının % 2 oranında olduğu varsayılarak hesaplamalar yapılmıştır.

Ayrıca ülke, aracı banka ve projeye göre “Spread” denen bir ödeme vardır. Bu ödeme bankaya ve ülkeye göre değişmektedir. LIBOR ve EURIBOR piyasasına göre bu oran yaklaşık % 2 oranındadır. Ayrıca kredilerde sigorta bedeli altında kredi bedelinin yaklaşık % 1 değerinde bir meblağ istenmektedir.

Verilerden anlaşılacağı gibi Kredi faiz oranı olarak %2, Spread olarak %2 ve Sigorta bedeli olarak %1 olmak üzere; kredi talep edildiğinde yaklaşık % 5 değerinde bir faiz olacağı görülmüştür ve hesaplarda bu değer kullanılmıştır.

Bu yöntemle yatırımdan elde edilen kazanç, belirtilen faiz oranı ile hesaplanan başlangıç zamanındaki yatırım değeri ile karşılaştırılmaktadır.

Faiz Oranı:	$i = \% 5$
Yatırım Tutarı:	$P_0 = 110.000 \text{ TL}$
Kazançların Bugünkü Değeri:	$P_v$
Kredi Süresi:	3 yıl

Kredinin 110.000 TL başlangıç değeri dolayısıyla ilk yıl sonunda;

$$P_1 = P_0 \times (1 + i) \quad (5.4)$$

$$P_1 = 110.000 \times 1.05 \quad (5.5)$$

$$P_1 = 115.500 \text{ TL değerine ulaşılmaktadır.} \quad (5.6)$$

Sistemin yıllık kazancı: A

$$A = 49.800 \text{ TL/yıl}$$

$$P_v = A \times (P/A i, n) \quad (5.7)$$

$$P/A i, n = 2,7232 \text{ (Bugünkü Değer Faktörü) (Bkz. EK-B)} \quad (5.8)$$

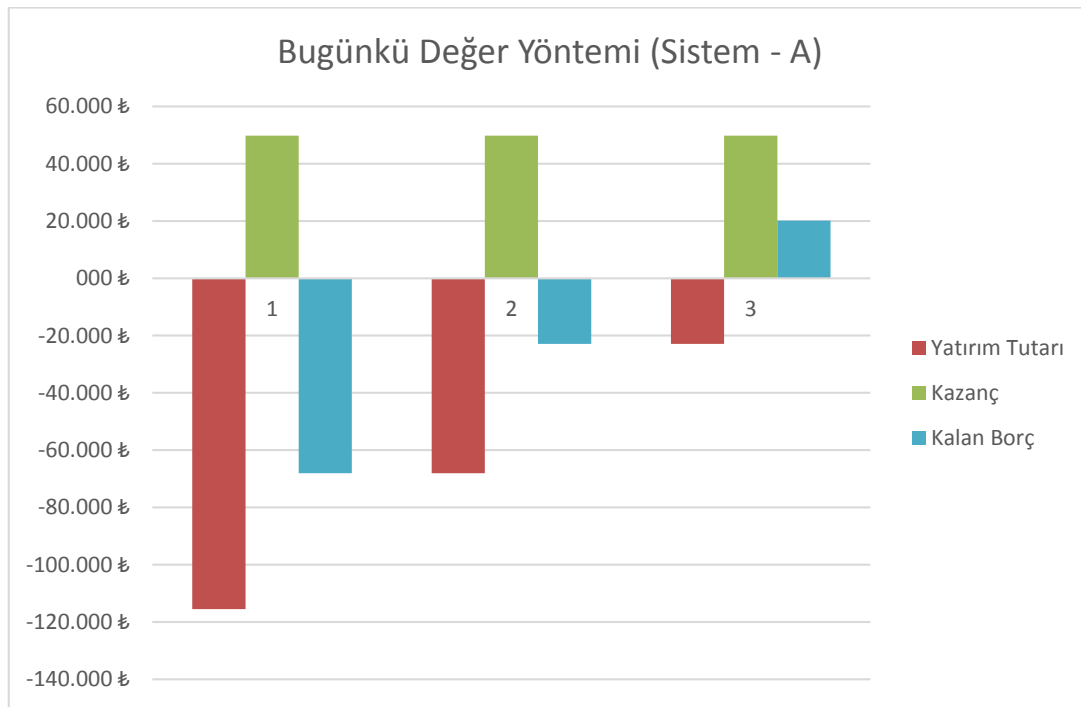
$$P_v = 49.800 \times 2,7232 \quad (5.9)$$

$$P_v = 135.615.36 \text{ TL} \quad (5.10)$$

$P_v > P_1$  olduğu görülmektedir ve sistem %5 faiz oranı ile bu yöntem ile 3 yıl sonunda  $135.615,36 - 115.500 = 20.115,36$  TL fazla vermektedir.

Tablo 5.6. Bugünkü Değer Yöntemi (Sistem – A)

Yıllar	Yatırım Tutarı	Kazanç	$P_v$ (Gelirin başlangıç değeri)	Kalan Borç	Bugünkü değer Çarpanı (Ek B)
1	₺ -115.500	₺ 49.800	₺ 47.429,52	₺ -68.070,5	0,9524
2	₺ -68.070,5	₺ 49.800	₺ 45.168,60	₺ -22.901,9	0,9070
3	₺ -22.901,9	₺ 49.800	₺ 43.017,24	₺ -20.115,36	0,8638



Şekil 5.4. Bugünkü Değer Yöntemi - Grafik Gösterimi (Sistem – A)

#### 5.2.2.4. Bugünkü değer yöntemi – $P_v$ (Sistem – B)

Bu yöntemle yatırımdan elde edilen kazanç, belirtilen faiz oranı ile hesaplanan başlangıç zamanındaki yatırım değeri ile karşılaştırılmaktadır.

Faiz Oranı:  $i = \% 5$

Yatırım Tutarı:  $P_0 = 210.000$  TL

Kazançların Bugünkü Değeri:  $P_v$   
 Kredi Süresi: 6 yıl

Kredinin 210.000 TL başlangıç değeri dolayısıyla ilk yıl sonunda;

(5.11)

$$P_1 = P_0 \times (1 + i) \quad (5.12)$$

$$P_1 = 210.000 \times 1,05 \quad (5.13)$$

$P_1 = 220.500$  TL değerine ulaşılmaktadır.

Sistemin yıllık kazancı: A

A = 44.800 TL/yıl

$$P_v = A \times (P/A i, n) \quad (5.14)$$

$P/A i, n = 5, 0757$  (Bugünkü Değer Faktörü) (Bkz. EK-B)

$$P_v = 44.800 \times 5,0757 \quad (5.15)$$

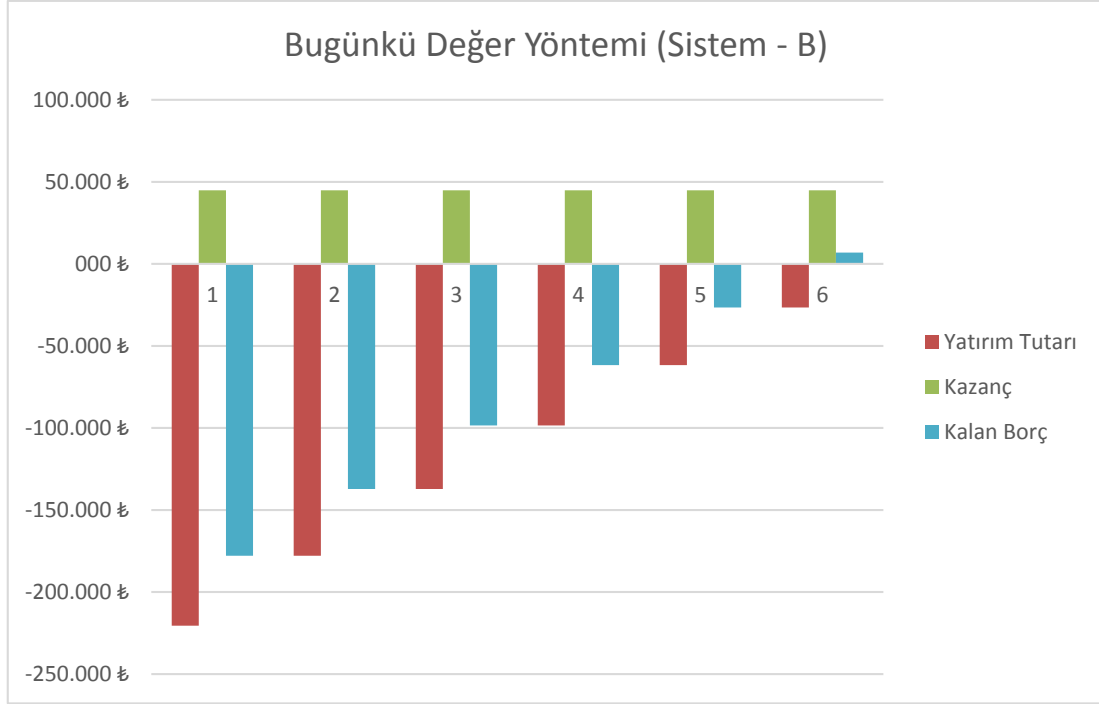
$$P_v = 227.391,36 \text{ TL} \quad (5.16)$$

(5.17)

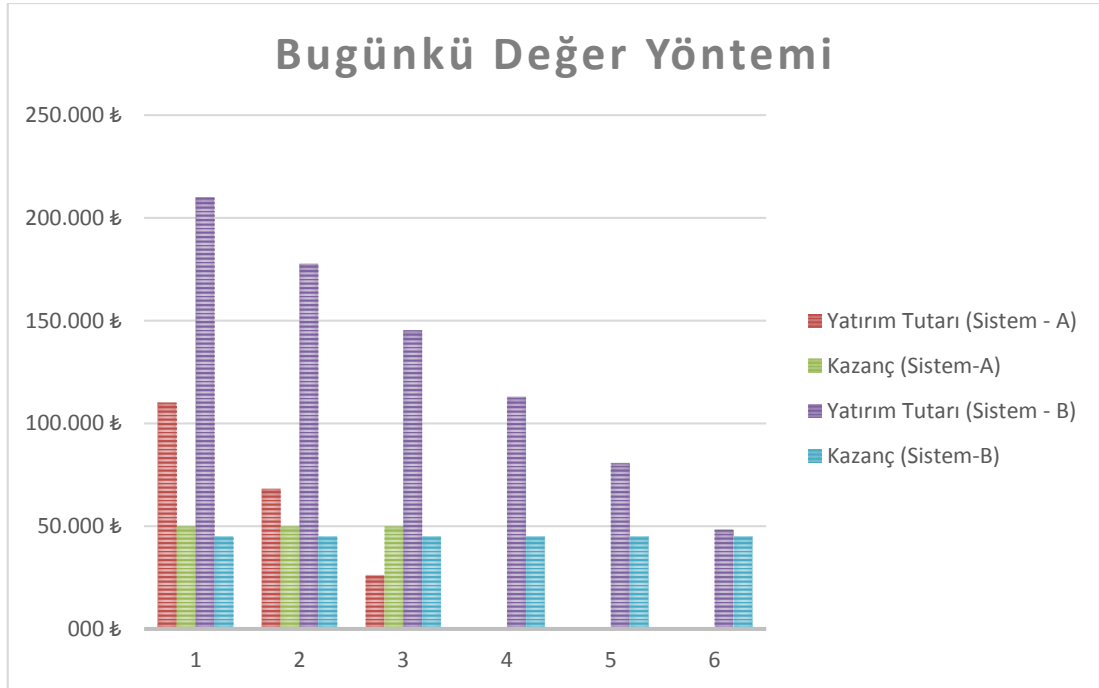
$P_v > P_1$  olduğu görülmektedir ve sistem %5 faiz oranı ile bu yöntem kullanıldığında yıl sonunda  $227.391,36 - 220.500 = 6.891,36$  TL fazla vermektedir.

Tablo 5.7. Bugünkü Değer Yöntemi (Sistem - B)

Yıllar	Yatırım Tutarı	Kazanç	$P_v$ (Gelirin başlangıç değeri)	Kalan Borç	Bugünkü değer Çarpanı (Ek B)
1	₺ -220.500,00	₺ 44.800,00	₺ 42.667,52	₺ -177.832,48	0,9524
2	₺ -177.832,48	₺ 44.800,00	₺ 40.633,60	₺ -137.198,88	0,907
3	₺ -137.198,88	₺ 44.800,00	₺ 38.698,24	₺ -98.500,64	0,8638
4	₺ -98.500,64	₺ 44.800,00	₺ 36.856,96	₺ -61.643,68	0,8227
5	₺ -61.643,68	₺ 44.800,00	₺ 35.100,80	₺ -26.542,88	0,7835
6	₺ -26.542,88	₺ 44.800,00	₺ 33.429,76	₺ 6.886,88	0,7462

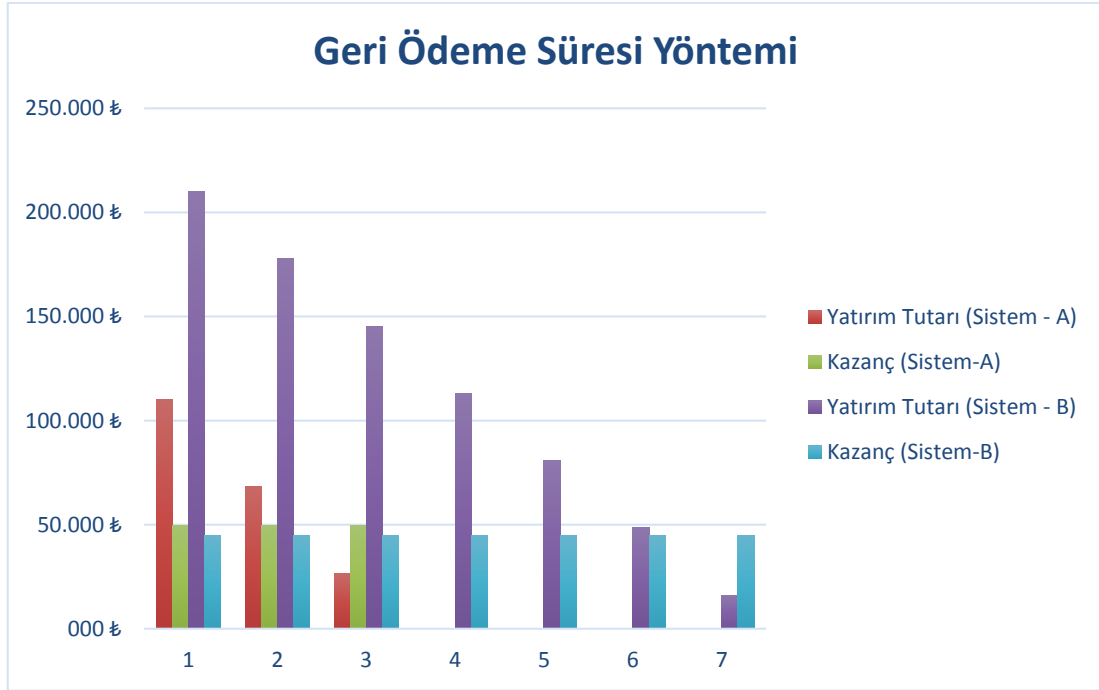


Şekil 5.5. Bugünkü Değer Yöntemi - Grafik Gösterimi (Sistem – B)



Şekil 5.6. Bugünkü Değer Yöntemine Göre Yöntemlerinin Karşılaştırılması





Şekil 5.7. Geri Ödeme Süresi Yöntemine Göre Yöntemlerin Karşılaştırılması

## BÖLÜM 6. SONUÇLAR

Sürücü simülâtörünün tasarımında iki farklı tahrik mekanizması olması durumu göz önüne alınmış ve bu iki farklı durum için ekonomik açıdan karşılaştırmaları yapılmıştır. Birinci sistem Hidrolik tahrik mekanizmasına sahiptir ve Sistem-A olarak isimlendirilmiştir. İkinci sistem ise Elektrikli tahrik mekanizmasına sahip olup Sistem-B olarak isimlendirilmiştir.

Ayrıca mekanik sistemlerin tasarımında insan vücudunun yapısı ele alınmış ve ergonomik açıdan rahat bir kullanım sağlayacak şekilde tasarımı yapılmıştır. Antropometri ile Türkiye'de yaşayan Sürücülerin boy ve kilo durumları tespit edilmiş ve hesaplamalar buna göre yapılmıştır.

Teknik olarak karşılaştırma yapıldığında Hidrolik sistem (Sistem-A) hem kullanımı, hem maliyeti açısından Elektrikli tahrik sistemine göre daha avantajlı olduğu anlaşılmaktadır. Elektrikli (Sistem-B) maliyeti ₺130.000 olmasına rağmen Hidrolik sistem (Sistem-A) ₺35.000 olduğu hesaplanmıştır. Ancak bakım maliyetleri açısından incelendiğinde elektrikli sistemin (Sistem-B) bakım maliyetinin çok az olmaması önemli bir durumdur.

Harcadıkları enerji açısından bakıldığında elektrikli sistem ₺12.500 tüketirken hidrolik sistem 6.500 lira tüketim yapmaktadır. Bu açıdan değerlendirildiğinde Hidrolik sistemin (Sistem-A) avantajlı olduğu anlaşılmaktadır.

Hidrolik enerjili sistem piyasada daha kolay bulunabilir ve genel maliyet açısından daha uygundur. Getiri bakımından da daha uygun olduğu görülmüştür. Çevreci, sağlıklı ve tasarruflu olması açısından sürücü kurslarında simülâtör kullanılması uygundur.

Bir diğer nokta olan kurslarda kullanılan mevcut araç değerleri simülatörlerden düşük gibi gözükse de araçların her biri için çalıştırılması gereken personel ayrıca bu maliyetleri arttıracaktır. Bu durumda simülatörlerde istihdam edilen personel sayısı 1 veya 2 kişi olacaktır.

Hidrolik ve Elektrik tahrikli sistem geri ödeme ve bu günkü değer yöntemleriyle ekonomikliği analiz edilmiştir. Bu analizler her iki sisteme ayrı ayrı uygulanmış ve bunun sonucunda elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır.

Şekil 5.6'da Sistem-A ve Sistem-B'nin geri ödeme yöntemine göre maliyet-getiri grafikleri elde edilmiştir. Bu grafiğe göre; geri ödeme maliyetleri açısından bakıldığında Sistem-B'nin maliyetinin Sistem-A'nın maliyetine göre daha yüksek olduğu, bu nedenle Sistem-A'nın geri ödeme süresi 3, Sistem-B'nin ise 7 yıl olduğu tespit edilmiştir. Sistem-A'nın getirisi Sistem-B'nin getirisine göre daha yüksek olduğu, Sistem-B'nin maliyetinin yüksek olmasından dolayı geri ödeme süresinin arttığı anlaşılmaktadır.

Şekil 5.7'de Sistem-A ve Sistem-B'nin bugünkü değer yöntemine göre maliyet-getiri grafikleri görülmektedir. Bugünkü değer yöntemine göre yapılan hesaplamalarda Sistem-B'nin geri ödeme süresi 7 yıl olduğu, Sistem-A'nın ise 3 yıl olduğu hesaplanmıştır.

Simülatör kullanıldığında gerek zaman gerekse mekan açısından birden fazla aracın yerini tutabilecek verim alındığı da düşünülerek simülatör ile ön eğitim yapılmasının çok daha uygun, güvenli ve ekonomik olduğu görülmüştür.

Simülatörlerin kullanılması ayrıca çevre emisyonları açısından da önemli bir fayda sağlayacaktır. Mevcut sistemlerin kullanımıyla çevreye salınan egsoz emisyonlarında önemli oranda azalma meydana getirecektir. Fosil yakıtların kullanımındaki azalmada çarpan etkili faydası olacaktır.

## KAYNAKLAR

- [1] MAGERKO B., LAIRD J., “Towards building an interactive, scenario-based training simulator,” Ann Arbor, vol. 1001, p. 48109, 2002.
- [2] SOKOLOWSKI J. A., CATHERINE M. B., Principles of Modeling and Simulation a Multidisciplinary Approach. Hoboken, N.J.: John Wiley, 2009.
- [3] BANKS J., Discrete-Event System Simulation. Upper Saddle River: Prentice Hall, 2001.
- [4] “Video Game Console Timeline - Video Game History - Xbox 360,” TIME, 23-May-2010.
- [5] NEEQUAYE S. K., AGGARWAL R., VAN HERZEELE I., DARZI A., CHESHIRE N. J., “Endovascular skills training and assessment,” Journal of Vascular Surgery, vol. 46, no. 5, pp. 1055–1064, Nov. 2007.
- [6] Operating Requirements: Domestic, Falg and Supplemental Operations, FAR 121 Subpart N vols. .
- [7] “Wallem Maritime Training Centre Philippines Acquires NAUTIS Full Mission Bridge Simulator.”
- [8] MERAT N., JAMSON A. H., “The effect of three low-cost engineering treatments on driver fatigue: A driving simulator study,” Accident Analysis and Prevention, 2012.
- [9] KARPENKO M., SEPEHRI N., “Hardware-in-the-loop simulator for research on fault tolerant control of electrohydraulic actuators in a flight control application,” Mechatronics, vol. 19, no. 7, pp. 1067–1077, 2009.
- [10] AUBERLET J. M., ROSEY F., ANCEAUX F., AUBIN S., BRIAND P., PACAUX M. P., PLAINCHAULT P., “The impact of perceptual treatments on driver’s behavior,” Accident Analysis & Prevention, vol. 45, pp. 91–98, 2012.

- [11] RICCARDO R., MASSIMILIANO G., GREGORIO G., CLAUDIO M., “Comparative analysis of random utility models and fuzzy logic models for representing gap-acceptance behavior using data from driving simulator experiments,” *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 54, pp. 834–844, 2012.
- [12] BELLA F., “Driving simulator for speed research on two-lane rural roads,” *Accident Analysis & Prevention*, vol. 40, no. 3, pp. 1078–1087, May 2008.
- [13] LONGRIDGE T., BURKI-COHEN J., GO T. H., KENDRA A. J., “Simulator fidelity considerations for training and evaluation of today’s airline pilots,” in *Proceedings of the 11th international symposium on aviation psychology*, 2001, pp. 1–7.
- [14] WEIR D. H., “Application of a driving simulator to the development of in-vehicle human–machine-interfaces,” *IATSS research*, vol. 34, no. 1, pp. 16–21, 2010.
- [15] BURKI-COHEN J., SPARKO A. L., GO T. H., “Training value of a fixed-base flight simulator with a dynamic seat,” in *AIAA Modelling and Simulation Technologies Conference*, 2007, vol. 6564.
- [16] PELI E., BOWERS A. R., MANDEL A. J., HIGGINS K., R. B. Goldstein, L. Bobrow, “Design for simulator performance evaluations of driving with vision impairments and visual aids,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1937, no. 1, pp. 128–135, 2005.
- [17] HWANG A. D., PELI E., “Development of a headlight glare simulator for a driving simulator,” *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, vol. 32, pp. 129–143, Jul. 2013.
- [18] LEE J. D., MCGEHEE D. V., BROWN J. L., RICHARD C. M., AHMAD O., WARD N. J., HALLMARK S., LEE J., “Matching Simulator Characteristics to Highway Design Problems,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 2248, no. -1, pp. 53–60, Dec. 2011.
- [19] SCHWARZ C., HE Y., VEIT A., “Eye Tracking in a COTS PC-based Driving Simulator: Implementation and Applications,” in *Proceedings of Image 2011 conference*, 2011, p. 8.
- [20] STRAYER D. L., DREWS F. A., JOHNSTON W. A., “Cell phone-induced failures of visual attention during simulated driving,” *Journal of Experimental Psychology: Applied*, vol. 9, no. 1, pp. 23–32, 2003.

- [21] WATSON G., PAPELIS Y., AHMAD O., “Design of Simulator Scenarios to Study Effectiveness of Electronic Stability Control Systems,” *Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board*, vol. 1980, no. 1, pp. 79–86, 2006.
- [22] PAPELIS Y., AHMAD O., SCHIKORE M., “Scenario definition and control for the national advanced driving simulator,” in *Proceedings of the Driving Simulation Conference North America*, Dearborn, Michigan, 2003.
- [23] ELLINGROD L. V., PERRY P. J., YATES W. R., MACINDOE J. H., G. Watson, S. Arndt, T. L. Holman, “The Effects of Anabolic Steroids on Driving Performance as Assessed by the Iowa Driver Simulator,” *The American Journal of Drug and Alcohol Abuse*, vol. 23, no. 4, pp. 623–636, 1997.
- [24] WEILER J. M., BLOOMFIELD J. R., WOODWORTH G. G., GRANT A. R., LAYTON T. A., BROWN T. L., MCKENZIE D. R., BAKER T. W., WATSON G. S., “Effects of Fexofenadine, Diphenhydramine, and Alcohol on Driving PerformanceA Randomized, Placebo-Controlled Trial in the Iowa Driving Simulator,” *Annals of Internal Medicine*, vol. 132, no. 5, pp. 354–363, 2000.
- [25] SCHIKORE M., PAPELIS Y., WATSON G. S., “Advanced Tools for Graphical Authoring of Dynamic Virtual Environments at the National Advanced Driving Simulator,” in *Driving Simulation Conference. Conference Proceedings*, Paris, France, 2000, vol. DSC2000.
- [26] PAPELIS Y., AHMAD O., “A comprehensive microscopic autonomous driver model for use in high-fidelity driving simulation environments,” in *Proceedings of the Annual Transportation Research Board Meeting*, 2001.
- [27] ALLEN S., BRUSE C., “Development of realistic microscopic terrain surfaces and features for driving simulation environments,” in *Proceedings of the Driving Simulation Conference*, 2001, pp. 359–368.
- [28] O. Atabay, “Sürücü-Taşıt-Çevre Etkileşim Etütlerine Yönelik Bir Sürüş Simülatorü Geliştirilmesi,” *İstanbul Teknik Üniversitesi*, 2004.
- [29] B. K. Özer, “Secular trend in body height and weight of Turkish adults,” *Anthropological Science*, vol. 116, no. 3, pp. 191–199, 2008.

## EKLER

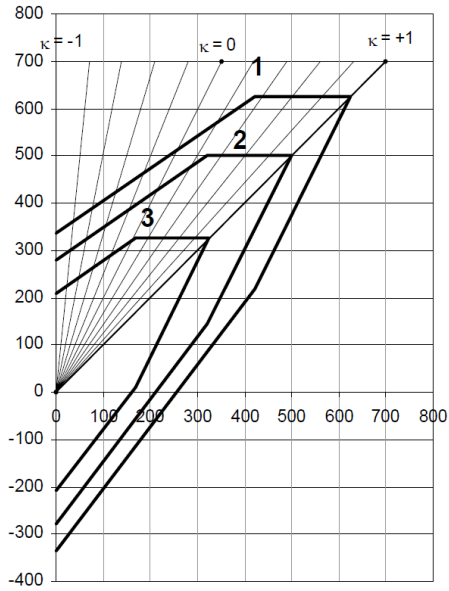
### EK-A Ck45 Çeliğinin Mukavemet Değerleri

İslah çeliği Ck 45, W.Nr.: 1.1191

Benzer malzemeler: C45, W.Nr.: 1.0503

#### 1. Çevre ısısı 20 °C de bilinen değerler

##### 1.1. Devamlı mukavemet değerleri



##### 1.2. Mekanik ve fizik değerleri

Malzemenin çapı	< 16	< 30	30-60	60-200	
R <sub>m</sub>	N/mm <sup>2</sup>	700	700	650	630
R <sub>e</sub>	N/mm <sup>2</sup>	500	500	430	370

##### Devamlı mukavemet katsayıları

K1			K2		
Çek.	Eğil.	Tors.	Çek.	Eğil.	Tors.
0,4	0,48	0,3	1,0	1,25	0,65

Elastiklik modülü	E	211000	N/mm <sup>2</sup>	
Kayma modülü	G	81000	N/mm <sup>2</sup>	
Poisson sayısı	v	0,3	[-]	
Kopma uzaması	boyuna	A <sub>5</sub>	14-17	% min
	enine	A <sub>5</sub>		%
Büzülme	Z	35-45	% min	
Sertlik	≈	205	HB	
Özgül ağırlığı	ρ	7,85	kg/dm <sup>3</sup>	
Isı iletme özelliği	λ		W/(K.m)	
Özgül ısı kapasitesi	c		kJ/(kgK)	
Elektrik iletkenliği	γ		Ms/m	
Oksitlenme erozyon	T		°C	

**1.3. Kullanılma yeri:** Orta yüklemeli kamyon, makina, motor ve aparat parçaları ve dişli imalatında kullanılır.

##### 1.4. Kullanılma ısısı:

#### 2. 100°C ile 600°C arası bilinen mekanik ve fizik değerleri

Isı	T	C°	100	200	300	400	500	600
Kopma mukavemeti	R <sub>m</sub>	N/mm <sup>2</sup>	700					
Akma mukavemeti	R <sub>e</sub>	N/mm <sup>2</sup>	500					
Elastiklik modülü	E <sub>dyn</sub>	10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	207	200	193	183	168	142
Kayma modülü	G	10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup>	80	77	74	70	65	55
Isıl genişleme katsayısı	α <sub>mL</sub>	10 <sup>-6</sup> K <sup>-1</sup>	11,0	12,0	12,75	13,2	13,5	13,7

**3. Isıl işlemler:** Hafif tavlama: 650°-700°C Normal tavlama: 850°-880°C  
Sertleştirme: 830°-860°C/Su Su alma: 540°-680°C  
840-870°C/yağ

Sıcak şekillendirme: .

**4. Talahlı imalat:** Talahlı imalat 2. grup malzeme.

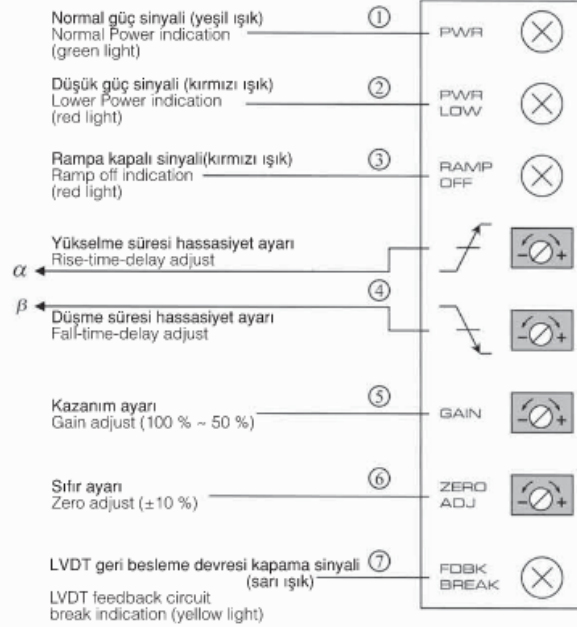
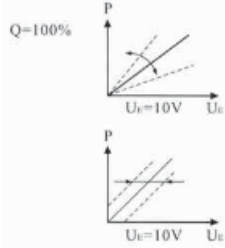
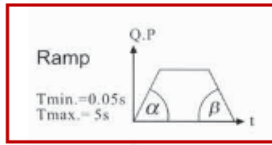
**5. Kaynak yapma:** Erime (E- ve G-kaynağı) ve Direnç kaynağı yapılır

## EK-B Faiz/Faktör Tablosu

Faiz (i):		5,00%						
Dönem Sayısı (n)	F/P	P/F	A/F	A/P	F/A	P/A	A/G	P/G
1	1,05	0,9524	1	1,05	1	0,9524	0	0
2	1,1025	0,907	0,4878	0,5378	2,05	1,8594	0,4878	0,907
3	1,1576	0,8638	0,3172	0,3672	3,1525	2,7232	0,9675	2,6347
4	1,2155	0,8227	0,232	0,282	4,3101	3,546	1,4391	5,1028
5	1,2763	0,7835	0,181	0,231	5,5256	4,3295	1,9025	8,2369
6	1,3401	0,7462	0,147	0,197	6,8019	5,0757	2,3579	11,968
7	1,4071	0,7107	0,1228	0,1728	8,142	5,7864	2,8052	16,2321
8	1,4775	0,6768	0,1047	0,1547	9,5491	6,4632	3,2445	20,97
9	1,5513	0,6446	0,0907	0,1407	11,0266	7,1078	3,6758	26,1268
10	1,6289	0,6139	0,0795	0,1295	12,5779	7,7217	4,0991	31,652
11	1,7103	0,5847	0,0704	0,1204	14,2068	8,3064	4,5144	37,4988
12	1,7959	0,5568	0,0628	0,1128	15,9171	8,8633	4,9219	43,6241
13	1,8856	0,5303	0,0565	0,1065	17,713	9,3936	5,3215	49,9879
14	1,9799	0,5051	0,051	0,101	19,5986	9,8986	5,7133	56,5538
15	2,0789	0,481	0,0463	0,0963	21,5786	10,3797	6,0973	63,288
16	2,1829	0,4581	0,0423	0,0923	23,6575	10,8378	6,4736	70,1597
17	2,292	0,4363	0,0387	0,0887	25,8404	11,2741	6,8423	77,1405
18	2,4066	0,4155	0,0355	0,0855	28,1324	11,6896	7,2034	84,2043
19	2,527	0,3957	0,0327	0,0827	30,539	12,0853	7,5569	91,3275
20	2,6533	0,3769	0,0302	0,0802	33,066	12,4622	7,903	98,4884
21	2,786	0,3589	0,028	0,078	35,7193	12,8212	8,2416	105,6673
22	2,9253	0,3418	0,026	0,076	38,5052	13,163	8,573	112,8461
23	3,0715	0,3256	0,0241	0,0741	41,4305	13,4886	8,8971	120,0087
24	3,2251	0,3101	0,0225	0,0725	44,502	13,7986	9,214	127,1402
25	3,3864	0,2953	0,021	0,071	47,7271	14,0939	9,5238	134,2275
26	3,5557	0,2812	0,0196	0,0696	51,1135	14,3752	9,8266	141,2585
27	3,7335	0,2678	0,0183	0,0683	54,6691	14,643	10,1224	148,2226
28	3,9201	0,2551	0,0171	0,0671	58,4026	14,8981	10,4114	155,1101
29	4,1161	0,2429	0,016	0,066	62,3227	15,1411	10,6936	161,9126

## EK-C WINMAN Oransal Valflerin Elektronik Kartlarına Ait Bilgiler



**AMPLİFİKATÖRLER / AMPLIFIERS****BAĞLANTI DİYAGRAMI / CONNECTION DIAGRAM**

Güç kaynağı girişi  
Power supply input

Kontrolcü sinyal çıkışı  
Controller signal output

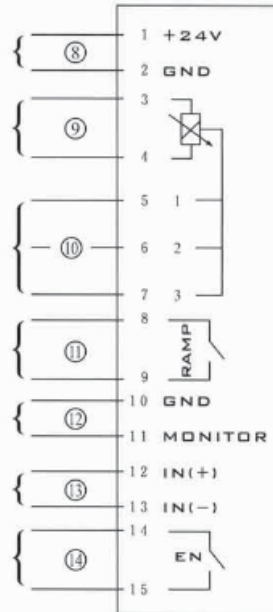
LVDT geri besleme sinyal kontrolü  
LVDT feedback signal control

Rampa  
Ramp on / of

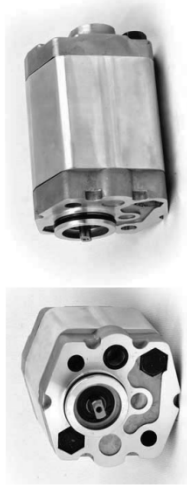
Solenoid valf pozisyon sinyali  
Solenoid valve position indicator

Dış kontrol sinyal çıkışı  
External control output  
(0 ~ 10V)

Kontrolcü işlevi açık / kapalı  
Controller function on / of



**OPF\*\*L\*\*B01\*\*\***

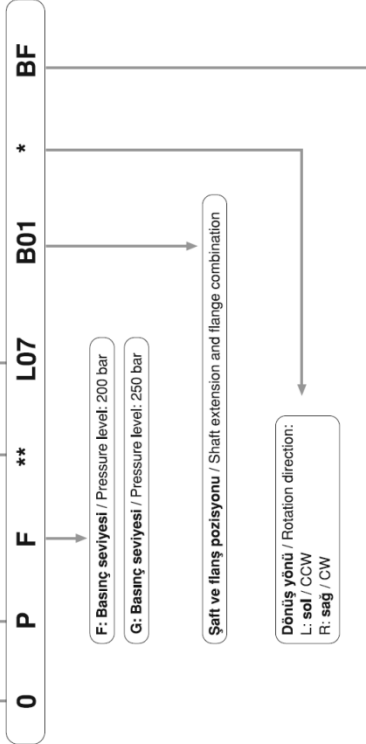


0 Grup / Group 0

P: Dişli pompa / Gear pump

Pompa deplasmanı / Pump displacement

Emiş / basıncı pozisyonu / Inlet / outlet combination



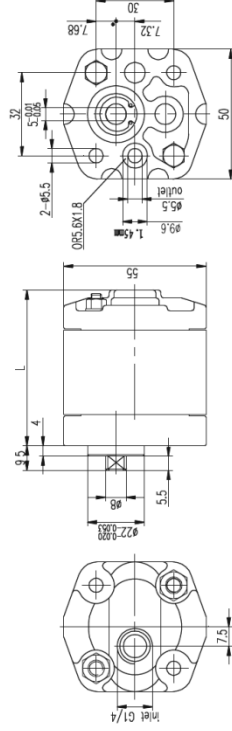
Emiş / basma hattı pozisyonu / Inlet / out position combination:  
BF- emiş arka kapak ve basıncı ön kapak / back inlet and front out.

**OPF\*\*L\*\*B01\*\*\***

MODEL	DISP. DISPLACEMENT (ml/ü)	BASINÇ/PRESSUR (bar) RATED	DEVİR / SPEED (r/min)		EMİŞ / INLET
			RATED	MAX	
OPF0.16L07B01***	0.16	200	2000	6000	61
OPF0.25L07B01***	0.25	200	2000	6000	62
OPF0.38L07B01***	0.38	200	2000	6000	62.5
OPF0.50L07B01***	0.50	200	2000	6000	63
OPF0.75L07B01***	0.75	200	2000	6000	66
OPF1.00L07B01***	1.00	200	2000	6000	68
OPF1.25L07B01***	1.25	200	2000	5000	71
OPF1.50L07B01***	1.50	200	2000	4500	73
OPF1.75L07B01***	1.75	200	2000	4000	75
OPF2.00L07B01***	2.00	160	2000	3500	77

G1/4

OPF\*\*L07B01LBF



## ÖZGEÇMİŞ

3 çocuklu bir ailenin ilk çocuğu olan Murat Cihan ÇALIŞKAN, 10.03.1989 tarihinde Adapazarı'nda doğmuştur. İlköğrenimini Adapazarı Atatürk İlköğretim Okulu'nda 2002 yılında tamamladıktan sonra lise eğitimini Şehit Üsteğmen Selçuk Esedoğlu Lisesi'nin Yabancı Dil Ağırlıklı bölümünde almış ve 2006 yılında tamamlamıştır. 2007 ÖSS ile Sakarya Üniversitesi Makine Mühendisliği bölümünü kazanmış olup, 2011 Ağustos'unda lisans öğrenimini tamamlamıştır. 2011 Güz Dönemi'nde Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümü Enerji Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans yapmaya başlamıştır. Ayrıca Aralık 2011-Aralık 2012 arasında bir doğalgaz firmasında yetkili mühendis olarak görev yapmış ve Aralık 2012 itibari ile Sakarya Üniversitesi bünyesinde "Uzman" ünvanıyla çalışmaktadır.