

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

**HAREKETLİ CEPHE İSKELE SİSTEMLERİNİN  
TASARIM VE ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Naim HASKİOĞLU**

**Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA EĞİTİMİ**

**Tez Danışmanı : Prof. Dr. Osman ELDOĞAN**

**Haziran 2014**

T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ


## HAREKETLİ CEPHE İSKELE SİSTEMLERİNİN TASARIM VE ANALİZİ

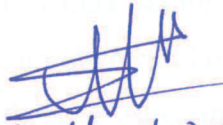
### YÜKSEK LİSANS TEZİ

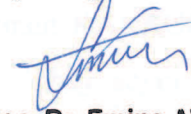
Naim HASKİOĞLU

Enstitü Anabilim Dalı : MAKİNA EĞİTİMİ

Bu tez 18 / 06 /2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

  
.....  
Jüri Başkanı

  
Yrd. Doç. Dr. Mesut DUDAT  
.....  
Üye

  
Yrd. Doç. Dr. Emine AYDIN  
İnşaat Müh. Öğrt. Üyesi  
.....  
Üye

## ÖNSÖZ

Günümüzde inşaat sektörü gelişen inşaat teknolojisi ile birlikte dünyada ve ülkemizde büyük bir gelişme göstermiştir. Bilhassa yüksek binaların ön plana çıkması ile birlikte yüksek yerlere personel ve malzeme taşıma ihtiyacı gereksinim olmuştur. Ahşap-demir iskelelerinin yükseklik sınırlılıkları nedeniyle modern tasarımlı, işgücü tasarrufu ve çalışan kişi emniyetini sağlayan hareketli cephe iskelelerinin kullanılmasına başlanmıştır.

Bu çalışmada, hareketli cephe iskele sistemi konstrüksiyon sistematiği parametreleri dikkate alınarak tasarlanmıştır. Sistem modellenerek, platform ile mastların (direklerin) max yük altındaki yer değiştirmeleri, gerilme dağılımları, titreşim ve rüzgar kuvvet'i test edilerek çıkan sonuç doğrultusunda son şekillendirmeler yapılarak imalat resimleri oluşturulmuştur. Tasarım göz önüne alınarak bir prototip çalışması yapıp seri üretim sürecine hazır hale getirilip tam emniyetli ve kapasiteli hareketli cephe iskele sistemlerinin imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu sayede ülkemizden döviz çıktısı olmadan daha ucuza ve daha emniyetli bir şekilde çalışma imkanına kavuşulacaktır.

Çalışmalarım süresince yardımlarını ve sabrını esirgemeyen, danışman hocam sayın Prof. Dr. Osman ELDOĞAN' a, Yrd. Doç. Dr. Emine AYDIN' a, prototip imalatı çalışmalarında bana yardımcı olan DORUK-TEK YAPI genel müdürü sayın Doğan TEZULAŞ ve DORUK-TEK YAPI Makine Mühendislik San. Tic. Ltd. Şti. çalışanlarına, test ve analiz aşamasında yardımcı olan Ali Osman KARAGÖZ'e, manevi destekleriyle 51'nci bakım merkezi komutanı Bakım Albay sayın Ünal HOŞGÖR ve 51'nci Bakım Merkezi çalışanlarına, beni bugünlere getiren anne ve babam'a, desteklerinden dolayı kardeşlerim Süer, Bulut ve Özlem'e Teşekkürü bir borç bilirim.

# İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	ii
İÇİNDEKİLER .....	iii
SIMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ .....	vii
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	viii
TABLolar LİSTESİ .....	xi
ÖZET .....	xiii
SUMMARY .....	xivv
BÖLÜM.1.	
GİRİŞ .....	1
1.1. Tezin Kapsamı .....	1
BÖLÜM.2.	
İŞ KAZALARI .....	5
2.1. İnşaat Sektörünün Özellikleri .....	6
2.2. Düşme Nedenleri .....	7
BÖLÜM.3.	
KALDIRMA ARAÇLARI .....	9
3.1. İnşaat Sektöründe Kullanılan İskeleler .....	11
3.1.1. Ahşap iskeleler .....	12
3.1.1.1. Sehpa iskeleler .....	12
3.1.1.2. Merdiven iskeleler .....	12
3.1.1.3. Seren iskeleler .....	13
3.1.1.4. Takma iskeleler .....	14
3.1.1.5. Çıkma (konsol) iskeleler .....	14
3.2. Çelik Veya Boru İskeleler (Metal İskeleler) .....	15



3.2.1. Çelik sehpa iskeleler .....	15
3.2.2. Çelik çıkma iskeleler.....	16
3.2.3. Boru iskeleler .....	17
3.3. Askılı Makaralı Cephe İskelesi.....	18
3.4. Hareketli İskeleler.....	19
3.5. Hareketli Cephe İskele Sistemleri .....	19
3.6. Hareketli Cephe İskele Sistemleri İle Diğer İskelelerin Karşılaştırılması	20

#### BÖLÜM.4.

HAREKETLİ CEPHE İSKELE SİSTEMİNİN TASARIMI .....	27
4.1. Konstrüksiyon Uğraşısı İle İlgili Tanımlar .....	27
4.1.1. Basitlik .....	28
4.1.2. Belirlilik .....	28
4.1.3. Emniyet ve emniyet tekniği .....	29
4.2. Emniyet Tekniğinin Dört Önemli Bölgesi .....	30
4.2.1. Eleman emniyeti .....	30
4.2.2. Fonksiyon emniyeti.....	30
4.2.3. İş emniyeti.....	31
4.2.4. Çevre emniyeti .....	31
4.3. Hareketli Cephe İskele Sistemini Oluşturan Parçalar.....	31
4.3.1. Platform .....	32
4.3.2. Krikolu destek ayakları.....	33
4.3.3. Mast .....	33
4.3.4. Korkuluk.....	34
4.3.5. Römork (süspansiyon akslı ana şasi).....	34
4.3.6. Elektrik sistemi ve motor redüktör grubu.....	35
4.3.7. Mekanik fren sistemi .....	36
4.3.8. Kablo kovanı .....	37
4.3.9. Merdiven.....	37
4.3.10. Taşıyıcı gövde.....	38
4.3.11. Vinç tutucu.....	38
4.3.12. Elektrik tesisatı .....	39
4.3.13. Switch .....	39

4.3.14. Ana devre.....	40
4.3.15. Kontrol devresi .....	41
4.4. Hareketli Cephe İskele Sistemlerinde Hata Denetimi .....	42

## BÖLÜM.5.

HCI SİSTEM ANALİZİ .....	43
5.1. Statik Analiz.....	44
5.1.1. Platform analiz modelini oluşturma .....	44
5.1.2. Platform analizinde kullanılan ana parçalar .....	45
5.1.2.1. Taşıyıcı gövde .....	46
5.1.2.2. Yürüme platformu.....	46
5.1.3. Platformun analizi.....	47
5.1.3.1. Platformu oluşturan bütün parçalar tanımlanması .....	47
5.1.3.2. Mesh oluşturulmuş iskele .....	47
5.1.3.3. Kuvvetlerin uygulanacağı yerlerin belirlenmesi.....	48
5.1.3.4. Destek noktalarının belirlenmesi .....	48
5.1.4. 14.000 N statik yük ve yer çekimi altında ilk analiz sonuçları.....	50
5.1.5. 7.000 N statik yük ve yer çekimi altında ilk analiz sonuçları.....	52
5.1.6. 5000 N statik yük ve yer çekimi altında ilk analiz sonuçları.....	54
5.1.7. Eşdeğer gerilme (von-mises) .....	55
5.1.8. Platform analizlerinin karşılaştırılması.....	56
5.1.9. Platformun 14.000 N, 7.000 N ve 5.000 N yük altındaki analizinin değerlendirilmesi .....	56
5.2. Mekanik Fren Sistemi Analiz Modelini Oluşturma .....	56
5.2.1. Fren sisteminin Analizinin yapılması .....	58
5.2.2. Yayda oluşan kuvvet değerleri.....	59
5.2.3. Mekanik fren sistemi analizinin değerlendirilmesi.....	60
5.3. Titreşim Analizi .....	60
5.3.1. Hareketli cephe iskele sisteminin doğal frekans analizi.....	61
5.3.2. Titreşim analizinin değerlendirilmesi .....	65
5.4. Rüzgar Kuvveti .....	66
5.4.1. Rüzgar yükü hesabı .....	66

5.4.2. Ts 498 – 1997’ ye göre yapı cephelerine etkiyen rüzgar yükünün hesabı.....	66
5.4.2.1. Rüzgar basıncı (w) .....	66
5.4.2.2. Emme (hız basıncı) (q).....	67
5.4.3. 30 m yüksekliğinde çalışılması düşünülen hareketli cephe iskele sisteminin rüzgar yükü hesabı .....	68
5.4.3.1. Hareketli cephe iskelesi römork tan sonra 8 m’ de mast’ a etkiyen rüzgar kuvvetinin hesabı.....	68
5.4.3.2. Hareketli cephe iskelesi 8 m’ den sonra 9 ile 20’ nci m’ de mast’ a etkiyen rüzgar kuvvetinin hesabı .....	69
5.4.3.3. Hareketli cephe iskelesi 8 ile 20’ nci m’ den sonra 21 ile 30’ ncu m’ de mast’ a etkiyen rüzgar kuvvetinin hesabı.....	69
5.4.3.4. Hareketli cephe iskelesi yürüme platformuna etkiyen rüzgar kuvvetinin hesabı.....	70
5.4.3.5. Platform korkuluklarına etkileyen rüzgar kuvvetinin hesabı	70
5.4.4. Sistemin tümüne etkileyen rüzgar kuvvetinin hesabı .....	72
5.4.5. Rüzgar hızı analizinin değerlendirilmesi .....	76
5.5. Maliyet analizi .....	76
5.5.1 HÇİ maliyet analizi.....	77
5.5.2 Klasik iskele maliyet analizi .....	83
5.5.3 İskele sistemlerinin maliyet analizinin değerlendirilmesi .....	84
5.6. HÇİ ve klasik iskele sistemlerinin kurulum süresi analizi ve değerlendirilmesi .....	85
5.7. HÇİ ve klasik iskele sistemlerinin dayanım süresi analizi ve değerlendirilmesi .....	86

## BÖLÜM.6.

SONUÇ .....	87
6.1. Öneri .....	90
KAYNAKLAR.....	91
EKLER.....	93
ÖZGEÇMİŞ .....	98

## SİMGELER VE KISALTMALAR LİSTESİ

CİMS	: Bilgisayara entegre edilmiş üretim sistemi
CAD	: Bilgisayar destekli tasarım
CAM	: Bilgisayar destekli üretim
cm	: Santimetre
$c_p$	: Emme katsayısı
g	: Yerçekimi ivmesi
h	: Yükseklik
HCI	: Hareketli cephe iskele sistemleri
Hz	: Hertz
kg	: Kütle
km	: Kilometre
mm	: Milimetre
MPa	: Basınç
N	: Kuvvet
V	: Hız
TS	: Türk standartları
W	: Rüzgar basıncı
s	: Saniye
$\emptyset$	: Çap
$\sigma$	: Gerilme
$\sigma_{akma}$	: Akma gerilmesi
q	: Emme (hız basıncı)
$\rho$	: Hacim ağırlığı

## ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. İlk Kaldırma Sistemlerinden Bir Kesit .....	9
Şekil 3.2. William Strutt's Vinç Tasarımı (1812) Elle Tahrikli.....	10
Şekil 3.3. Sehpa iskeleler .....	12
Şekil 3.4. Merdiven İskeleler .....	13
Şekil 3.5. Seren iskeleler .....	13
Şekil 3.6. Takma İskeleler.....	14
Şekil 3.7. Çıkma (konsol) İskeleler.....	15
Şekil 3.8. Çelik sehpa iskeleler .....	16
Şekil 3.9. Çelik Çıkma İskeleler .....	16
Şekil 3.10. Boru İskelelerin Soldan ve Sağdan Görünüşü .....	17
Şekil 3.11. Boru iskelelerin İzometrik Görünüşü.....	17
Şekil 3.12. Askılı Makaralı Cephe İskelesi .....	18
Şekil 3.13. Askılı Makaralı Cephe İskelesi .....	18
Şekil 3.14. Hareketli iskeleler .....	19
Şekil 3.15. Hareketli Cephe İskele Sistemleri.....	20
Şekil 3.16. Emniyetsiz kalas üzerinde çay molası .....	20
Şekil 3.17. HCİ Platformu.....	21
Şekil 3.18. Ahşap – Demir İskelede Düşme Anı .....	21
Şekil 3.19. HCİ de Oval Yüzeyde Çalışma.....	22
Şekil 3.20. Ahşap-Demir İskelede Emniyet Kemersiz Çalışma .....	22
Şekil 3.21. HCİ de Emniyet Kemerinin Olmaması, Emniyetli Çalışma.....	23
Şekil 3.22. Esneyen, Çürüyen Ve Kırılan Kalas .....	23
Şekil 3.23. HCİ de Personel, Malzeme ve Yük ile Çalışma .....	24
Şekil 3.24. Halatın Kopması İle Kırılan Asma İskele.....	24
Şekil 3.25. Duvara Ankreaj İle Sabitlenen HCİ.....	25
Şekil 3.26. HCİ Araç İle Kolayca Hareket Ettirilir.....	26
Şekil 4.1. Hareketli Cephe İskele Sistemi Parçaları.....	31

Şekil 4.2. Platformun İzometrik Görünüşü .....	32
Şekil 4.3. Krikolu Destek Ayaklarının İzometrik Görünüşü.....	33
Şekil 4.4. Mast'ın İzometrik Görünüşü .....	33
Şekil 4.5. Korkuluğun İzometrik Görünüşü .....	34
Şekil 4.6. Şasinin İzometrik Görünüşü .....	35
Şekil 4.7. Platformun İnip-Yükselmesini Sağlayan Redüktör .....	35
Şekil 4.8. Mekanik Frenlemeyi Sağlayan Sistem.....	37
Şekil 4.9. Merdiven' İn İzometrik Görünüşü .....	37
Şekil 4.10. Üzerindeki Tekerler Mastlara Geçirilerek Platform y Ekseninde sabitlenir.....	38
Şekil 4.11. HCI'nin Sökülmeden Taşınmasını Sağlar .....	39
Şekil 4.12. Ana Devre Kontrol Şeması .....	40
Şekil 4.13. Kontrol Devresi Şeması .....	41
Şekil 4.14. Hata iletme ekranı.....	42
Şekil 5.1. Eşit Yüklerle Yüklenmiş Platform.....	44
Şekil 5.2. Sol Üç Platformun Görünüşü.....	44
Şekil 5.3. Platformun Tamamının Sadeleştirilmiş Hali .....	45
Şekil 5.4. Modelin Simetrik Versiyonu.....	45
Şekil 5.5. Ana Gövde İzometrik Görünüşü .....	46
Şekil 5.6. Ana Gövde Yan Görünüşü .....	46
Şekil 5.7. Yürüme Platformu İzometrik Görünüşü .....	46
Şekil 5.8. Yürüme Platformu Yan Görünüşü .....	46
Şekil 5.9. Platformun ANSYS Programına Tanıtılması.....	47
Şekil 5.10. Mesh Edilmiş Model.....	48
Şekil 5.11. Modele Kuvvetlerin Uygulanması .....	48
Şekil 5.12. Model Üzerindeki Destek Noktaları .....	49
Şekil 5.13. Model Üzerinde Simetri Bölgeleri.....	49
Şekil 5.14. 14.000 N Kuvvet Uygulanmış Model.....	50
Şekil 5.15. 14.000 N İçin Toplam Yer Değiştirme Dağılımı .....	51
Şekil 5.16. 14.000N İçin Eşdeğer Gerilme Dağılımı .....	51
Şekil 5.17. 7.000 N Kuvvet Uygulanmış Model.....	52
Şekil 5.18. 7.000 N İçin Toplam Yer Değiştirme Dağılımı .....	52
Şekil 5.19. 7.000 N İçin Eşdeğer Stres Dağılımı .....	53

Şekil 5.20. 5.000 N Kuvvet Uygulanmış Model .....	54
Şekil 5.21. 5.000 N Toplam Yer Değiştirme Dağılımı .....	54
Şekil 5.22. 5.000 N Eşdeğer Stres Dağılımı.....	55
Şekil 5.23. Fren Sisteminin Solid Works' te Oluşturulmuş Montaj Resmi .....	57
Şekil 5.24. Fren Sisteminin Montaj Öncesi İmal Edilmiş Parçaları .....	58
Şekil 5.25. Cosmos Motion' da Sistemin Analizi .....	58
Şekil 5.26. Ana Hub ile Durdurma parçası arasında oluşan kuvvetler .....	59
Şekil 5.27. Ana Hub'la Durdurma Parçası Arasındaki Oluşan Kuvvetler .....	59
Şekil 5.28. Değişik Yay Kuvvetlerinde Yay Sertliğini Bulma .....	60
Şekil 5.29. Titreşim İçin Yüklenecek Kuvvetlerin Yerlerinin Tesbiti .....	62
Şekil 5.30. Sistemin Birinci Doğal Frekansı .....	63
Şekil 5.31. Sistemin İkinci Doğal Frekansı.....	63
Şekil 5.32. Sistemin Üçüncü Doğal Frekansı.....	63
Şekil 5.33. Sistemin Dördüncü Doğal Frekansı .....	64
Şekil 5.34. Sistemin Beşinci Doğal Frekansı .....	64
Şekil 5.35. Sistemin Altıncı Doğal Frekansı .....	65
Şekil 5.36. Rüzgar Hızının Yükseklik İle Değişimi.....	67
Şekil 5.37. Hareketli Cephe İskele Sistemine Etkiyen Rüzgar Kuvveti .....	72

## TABLolar LİSTESİ

Tablo 2.1. 2004-2008 yılları arasında meydana gelen iş kazaları sonucu oluşan can kaybı .....	6
Tablo 2.2. Kaza tipleri .....	8
Tablo 5.1. Statik Analiz Sonuçları .....	56
Tablo 5.2. Titreşim frekansları .....	62
Tablo 5.3. Yapı Yüksekliğine Bağlı Olarak Değişen Rüzgar Hızı ve Emme Hız Basıncı .....	68
Tablo 5.4. 30 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi .....	73
Tablo 5.5. 35 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi .....	73
Tablo 5.6. 39 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi .....	74
Tablo 5.7. 40 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi .....	75
Tablo 5.8. Farklı rüzgar hızlarının denenmesiyle sisteme etkileyen toplam kuvvetler	76
Tablo 5.9. Şasi ayaklarının maliyet hesabı .....	77
Tablo 5.10. Şasi maliyet hesabı .....	78
Tablo 5.11. 30 m yükseklik için mast maliyet hesabı .....	79
Tablo 5.12. Orta göbek maliyet hesabı .....	79
Tablo 5.13. Orta platform maliyet hesabı .....	80
Tablo 5.14. Bir adet platformun maliyet hesabı .....	81
Tablo 5.15. Ön-arka on iki korkuluğun maliyet hesabı .....	81
Tablo 5.16. Yan iki korkuluğun maliyet hesabı .....	82
Tablo 5.17. Giriş korkuluğu maliyet hesabı .....	82
Tablo 5.18. Diğer maliyet hesabı .....	82
Tablo 5.19. Hareketli cephe iskele sistemi kümülatif maliyet .....	83
Tablo 5.20. Klasik iskele sistemi kümülatif maliyeti .....	83
Tablo 5.21. HÇİ ve klasik iskele maliyetinin karşılaştırılması .....	84
Tablo 5.22. Hareketli cephe iskele sisteminin kurulum süresi .....	85
Tablo 5.23. Klasik iskele sisteminin kurulum süresi .....	85



Tablo 5.24. HCI ve klasik iskelenin durabilitelerinin karşılaştırılması ..... 86

## ÖZET

Anahtar kelimeler: Hareketli Cephe İskele Sistemleri, Statik Analiz, Emniyet Frenleme Testleri, Titreşim Analizi, Rüzgar Kuvveti Analizi

Günümüzde inşaat sektörü; gelişen inşaat teknolojisi ile birlikte dünyada ve ülkemizde büyük bir gelişme göstermiştir. Bilhassa yüksek binaların ön plana çıkması ile birlikte yüksek yerlere personel ve malzeme taşıma ihtiyacı gereksinim olmuştur. Tahta-demir iskelelerin; yükseklik sınırlılıkları, çalışan kişi emniyeti açısından büyük bir tehlike olması sebebi ve AB mevzuat ve standardına göre işçi güvenliği ve emniyeti sağlamak amacıyla gereksinim olarak hareketli cephe iskele sistemlerine ihtiyaç vardır. Hareketli cephe iskele sistemleri modüler olarak uzunluğu ayarlanan çelik platformlar ve üst üste bağlanan kolonlardan oluşur.

Bu çalışmada; oldukça ilkel bir yöntem olan, kişi emniyeti ve güvenliğini tehlikeye atan ve yükseklik sınırlılıkları bulunan tahtalı iskelelerin yerine alternatif olarak; kişi emniyetini ve güvenliğini sağlayan “hareketli cephe iskele sistemi” tasarlanmıştır. Bu tasarlanan sistemin tasarım parametreleri incelenip statik analizi, emniyet frenleme testleri, titreşim analizi ve rüzgar kuvveti analizi yapılarak prototip çalışması yapılmıştır. Ve buna göre tasarımın başarıya ulaştığı ve uygulanabilirliği bir kez daha görülmüştür. Ergonomik olmasının yanı sıra düşük maliyetlerde imalatı mümkün olacak şekilde tasarlanan bu sistem ile 200 m yüksekliğe dakikada 6 m/s lik hızla çıkılabilmekte ve 1.400 kg yük kaldırılabilmektedir.

# **DESIGN AND ANALYSIS OF MAST CLIMBING WORK PLATFORM**

## **SUMMARY**

Keywords: Mast Climber Work Platform, Static Analysis, Safety Braking Tests, Vibration Analysis, Wind Force Analysis

Today, the construction sector, with the developing technology, has been developed greatly in the world and our country. Especially with the increasing number of high rise buildings, the need of carrying the workers and the materials to the high rise buildings appeared. The reason why the limited length of traditional wooden and iron stages creates high risk for the workers and to provide safety-security to the worker ,as requirement, according to EU legislations and standarts mast climbing work platforms are needed. Mast climbing work platforms and scaffolding systems comprise of which the set of steel columns which are adjusted in modular length connected in a row.

In this work, instead of the traditional stages which are risky, short and primitive, alternatively; mast climber work platforms which provide safety and security are designed. In the result of the analyses and the projection which was designed, by doing portative work on this system, the applicability and the success of this projection has been showed. Besides being ergonomic, this system, which was designed to make productions possibly at low costs, can reach up to 200 meter in 6 m/s speed and it can also lifts 1.400 kilogram load.

## **BÖLÜM 1. GİRİŞ**

Hareketli Cephe İskeleleri için otomatik inşaat iskeleleri veya çalışma platformları da denilebilir. Hareketli Cephe İskeleleri; her cepheye göre sökülebilen korkuluklardan, oval yüzeylerde çalışma imkanı sağlayan teleskobik uzantılı platformlardan, platformun, üst üste konulan direklerden (mastlardan) inip – çıkmasını sağlayan redüktörden, ani frenlemeyi sağlayan mekanik emniyet fren sisteminden, su terazili destek ayaklarından ve tekerlekli şasi den meydana gelen, çok kısa zamanda kurulabilen, 200 m ye kadar çıkabilen, 1.400 kg yük kaldıran elektrikli platformdur. Bina, gökdelen, kule ve gemi gibi yüksek yapıların cephelerinde kurularak, yük taşıma ve cephesinde çalışma imkanı sağlamaktadır.

Bu çalışmada, Hareketli Cephe İskele sistemi modellenerek, platform, mastların (direklerin) ve mekanik emniyet fren sisteminin max yük altındaki yer değiştirmeleri, gerilme dağılımları, titreşim ve rüzgar kuvveti test edilerek çıkan sonuç doğrultusunda son şekillendirmeler yapıp imalat resimleri oluşturulmuştur. Tasarım göz önüne alınarak bir portatif çalışması yapıp seri üretim sürecine hazır hale getirilip tam emniyetli ve kapasiteli Hareketli Cephe İskele sistemlerinin imalatı gerçekleştirilmiştir. Maliyet analizi yapılarak işletmenin kâr oranı belirlenerek işletmenin Hareketli Cephe İskele sistemi imalatının sürdürülebilirliği hesaplanmıştır.

### **1.1. Tezin Kapsamı**

İş yerlerinde yeterli sağlık ve güvenlik önlemlerinin alınmaması nedeniyle ortaya çıkan iş kazaları ve meslek hastalıkları, çalışanların hayatını ve sağlığını doğrudan etkilediği gibi işletmeler ve ülke ekonomisi için de önemli maliyetler oluşturmaktadır. Uluslararası kuruluşların yaptıkları çalışmalara göre, bir ülkede

meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları, o ülkenin gayrisafî milli hasılasının % 3'ü ile % 5'i arasında maliyete neden olmaktadır. Buna rağmen toplumların iş sağlığı ve güvenliği konusundaki farkındalığı henüz yeterli değildir. İş güvenliği kültürü tam anlamıyla oluşmamıştır [1].

Sanayi Devrimi ile yoğun olarak gündeme gelen meslek hastalıkları ve iş kazaları yapılan tüm çalışmalara karşın, günümüzde de çalışanların sağlığı ve güvenliği için önemli bir konu olmaya devam etmektedir. Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre; dünyada her yıl 270 milyondan fazla çalışan iş kazasına uğramakta, 160 milyon işçi yaptığı iş nedeniyle hastalanmakta, yaklaşık 2 milyon işçi de iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu hayatını kaybetmektedir. Ülkemizde ise Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verilerine göre; ortalama her gün 172 iş kazası meydana gelmekte, günde 4 işçi iş kazaları nedeniyle yaşamını yitirmekte ve 5 işçi engelli olmaktadır. Ülkemizde, iş kazalarının üçte biri inşaat sektöründe ve en fazla düşmeden dolayı meydana gelmektedir. 2012 yılında meydana gelen kazalarda hayatını kaybeden 867 işçinin 191 i düşmeden dolayı hayatını kaybetmiştir [1].

Ülkemizde inşaat sektörünün ülke ekonomisine büyük katkılarının olması ve iki milyona yakın kişinin çalışıyor olması nedeniyle, düşmeden dolayı meydana gelen iş kazalarının nedenlerinin tespiti ve bu nedenlere çözüm bulma gereksinimi ortaya çıkmıştır. İnşaat sektöründe düşmelerden dolayı meydana gelen iş kazalarının nedenleri araştırıldığında; korkuluksuz iskele ya da platformlarda çalışmak, üzerine basılan kalasın kırılması, halat kopmaları, ankraj bağlantısının kopması, dengesi sağlanamamış iskele kurulumu, iskeleye iniş - çıkışlardaki zorluk, emniyet kemeri kullanmamak gibi nedenler sıralanmaktadır. Bu nedenler irdelendiğinde, meydana gelen kazaları önlemek için emniyetli ve güvenilir bir makineye gereksinim olmuştur. Bu nedenle ülkemizde pek yaygın olmayan Hareketli Cephe İskele sistemlerinin, düşmeden dolayı meydana gelen iş kazalarını ciddi bir oranda azaltacağı öngörülmektedir.

İnşaat teknolojisinin gelişme göstermesine paralel olarak yüksek yerlere personel ve yük taşıma ihtiyacı meydana gelmiştir. Ahşap-demir iskelelerin yükseklik sınırlılıkları nedeniyle yüksek yerlere personel ve yük taşıma sorununun çözümüne

yönelik Hareketli Cephe İskele sistemleri gündeme gelmiştir. Hareketli Cephe İskele sistemlerini diğer sistemlerle ( kule vinç, bayrak vinç, halat vinç vb.) işlevsel olarak aynı olmakla birlikte onlardan ayıran en temel etmen, Hareketli Cephe İskele sistemlerinin 200 m'ye kadar çıkabilmesi ve teleskobik uzatmalarla çalışılacak olan yüzeyin oval yada düz olmasına göre ayarlanabilir rahat ve güvenli bir çalışma ortamı sağlamasıdır. Dünyada birkaç firma (Finlandiya, İtalya ve Almanya) bu makinanın üretimini yapmaktadır. Ülkemizde ise ancak bu firmaların temsilcileri ithalat yaparak makine gereksinimini karşılamakta ve sadece iki yerli firma bu makinanın basit bir versiyonunu imal etmekte olup, ihtiyacın yerli olarak karşılanmasında bir yetersizlik bulunmaktadır. Bu da küresel ekonomik krizlerden en kolay etkilenen ülkemiz için bir döviz kaybına neden olmaktadır.

Türkiye iş makinaları ihtiyacının % 83'ü distribütör, % 17'si imalatçı firmalar tarafından karşılanmaktadır. Dünya iş makinaları pazarında 265 milyar USD' lık bir hacim bulunmaktadır. 110 milyar USD' lık dünya iş makinaları içerisinde Türkiye % 2,29'luk paya sahiptir. Türkiye'nin dünya iş makinaları sektöründeki payını arttırabilmesi için AR-GE çalışmalarına daha fazla önem vermesi gerekmektedir. Sektörün AR-GE yatırımları, dünyadaki aynı sektörün AR-GE yatırımlarının % 0,04'ünü oluşturmaktadır. Bu rakam sektörün gelişmesi için çok azdır. Sektörde iyi bir konuma gelmek için AR-GE faaliyetlerine daha fazla yatırım yapma zorunluluğu vardır [2].

Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı tarafından çıkarılan 20.06.2012 tarihli ve 6331 sayılı iş kanuna göre, çalışanların işyerinde meydana gelen risk etmenlerini belirlemek maksadıyla her işletmede risk analizi yaptırma zorunluluğu getirilmiştir. Risk analizi sonuçlarına göre, risk değerlendirmesi, kontrol, ölçüm ve araştırma safhaları yapılması 6331 sayılı iş kanunu ile çalışanı ve işletmeyi korumayı hedefleyen bir uygulamadır. Risk analizi ve değerlendirmesi sonuçlarına göre belirlenen riskler mümkün olduğu kadar yerinde yok edilmeli, kaynağında yok edilemeyen riskler mühendislik ile yok edilmeli, mühendislik ile yok edilemeyen riskler tecrit edilmeli veya başka yere taşınmalıdır.

Hareketli Cephe İskele sistemlerini 6331 sayılı iş kanunu kapsamında ele aldığımızda, platform zeminlerinin kapalı, oval yüzeylerde teleskobik uzatma ile çalışma imkanı sağlaması, korkuluklar nedeniyle platformdan düşmenin mümkün olmaması, yüzey üzerinde her noktada durabilme özelliği olması, güvenli iniş-çıkış sağlaması ve yük taşımada emniyetli olması sebebiyle sektörde kullanılan diğer iskelelere göre taşıyacağı riskler daha azdır.

Hareketli Cephe İskele sistemleri, ülkemizde pratikte yapılmakta fakat ciddi bir mühendislik çalışması yapılmamaktadır. Bu nedenle, alanındaki önemi açıkça belli olan ve fonksiyonlarıyla önemli bir boşluğu dolduracağına inanılan, Hareketli Cephe İskele sistemlerinde tasarım parametreleri incelenerek ve bazı özellikleri yeniden değerlendirilerek imalatı gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışmada, düşme sonucu meydana gelen kazaların % 22'sinin ölümlerle sonuçlanması ve iş kazalarından dolayı ülkenin gayrisafi milli hasılasının % 3'ü ile % 5'i arasında gerçekleşen maliyet kaybını azaltmak ve meydana gelen iş kazalarını azaltmak amacıyla Hareketli Cephe İskele sistemleri tasarlanmıştır [1]. Bu tasarım da ahşap-demir iskeleler ile Hareketli Cephe İskele sistemleri karşılaştırılmış ve tasarım parametreleri irdelenerek tasarım yapılmıştır. Sistem modellenerek, platform, mastların (direklerin) ve mekanik emniyet fren sisteminin max yük altındaki yer değiştirmeleri, gerilme dağılımları, titreşim ve rüzgar kuvveti test edilerek çıkan sonuç doğrultusunda son şekillendirmeler yapıp imalat resimleri oluşturulmuştur. Tasarım göz önüne alınarak bir portatif çalışması yapıp seri üretim sürecine hazır hale getirilip tam emniyetli ve kapasiteli Hareketli Cephe İskele sistemlerinin imalatı gerçekleştirilmiştir.

## **BÖLÜM 2. İŞ KAZALARI**

Sözlük anlamıyla kaza; beklenilmeyen ve tahmin edilemeyen bir olaydır. Kişinin yaralanması ve/veya teçhizata veya mala zarar gelmesiyle sonuçlanır. Kaza; ihmal, tedbirsizlik, dikkatsizlik veya herhangi bir işte ehliyetsizlik sonucu, ani olarak ve istenmeden meydana gelen, sonunda maddi veya manevi bir kayba ve üzüntüye neden olan olaydır [3]. Bir olayın, iş kazası olarak kabul edilebilmesi için yukarıdaki tanıma şu özelliklerin de eklenmesi gerekmektedir:

- Olayın iş ile ilgili olması,
- Olayın iş yerinde meydana gelmesi,
- Olayın işçiyi hemen ya da sonradan bedensel veya ruhsal bir arızaya uğratması.

İş kazası kavramının ülkemizdeki hukuki yapısının değerlendirilmesinde 5510 sayılı Sosyal Sigortalar ve Genel Sağlık Sigortası Kanunu esas alınmıştır. Çalışma hayatı; çalışanın bedensel, ruhsal ve sosyal iyilik düzeyini belirleyen en önemli etkidir. İş sağlığı ve güvenliği sürekli gelişen ve değişen dinamik yapısı ile gelişmekte olan ülkelerde olduğu kadar gelişmiş sanayi ülkelerinde de toplumun gündemindedir. Her yıl azımsanmayacak sayıda insan çok rahatlıkla engellenebilecek ve hukuken de engellenmesi zorunlu olan iş kazaları ve meslek hastalıklarından yaşamını yitirmekte veya engelli olmaktadır.

Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) verilerine göre; dünyada her yıl 270 milyondan fazla çalışan iş kazasına uğramakta, 160 milyon işçi yaptığı iş nedeniyle hastalanmakta, yaklaşık 2 milyon işçi de iş kazaları ve meslek hastalıkları sonucu hayatını kaybetmektedir. Ülkemizde ise Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verilerine göre; ortalama her gün 172 iş kazası meydana gelmekte, 4 işçi iş kazaları nedeniyle yaşamını yitirmekte ve 5 işçi engelli olmaktadır. Ülkemizde, iş kazalarının üçte biri inşaat sektöründe ve en fazla düşmeden dolayı meydana gelmektedir. Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) verilerine göre; 2011 yılında meydana gelen 69.227 iş



kazasının 9.871'i kişilerin düşmesi sonucu meydana gelmektedir. Ölüm ile sonuçlanan 1.710 iş kazasının 570'i, sürekli iş görmezlik ile sonuçlanan 2.216 iş kazasının 407'si ve meslek hastalığı ile sonuçlanan 697 iş kazasının 16'sı inşaat sektöründe meydana gelmektedir. 2012 yılında ise meydana gelen kazalarda hayatını kaybeden 867 işçinin 191'i düşmeden dolayı hayatını kaybetmiştir. Bu çalışmada kullanılan veriler Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) ve Sosyal Güvenlik Kurumunun veri tabanlarından elde edilmiştir. Uluslararası Çalışma Örgütünün veri tabanında yaklaşık 230 ülkedeki insanların çalışma ve sosyal durumlarını ortaya koyan veriler bulunmaktadır [3]. Bu çalışmada, Türkiye'nin de içinde bulunduğu 10 ülkeye ilişkin iş kazaları verileri incelenmiştir [3].

Tablo 2.1 2004-2008 yılları arasında meydana gelen iş kazaları sonucu oluşan can kaybı [3]

Ülkeler	2004	2005	2006	2007	2008
Türkiye	843	1.096	1.601	1.043	865
Bulgaristan	130	130	169	179	180
Kanada	458	491	442	392	465
Macaristan	160	125	123	118	116
İtalya	930	918	987	847	780
Norveç	38	48	31	38	51
Romanya	432	531	423	485	994
İspanya	695	662	682	572	530
Amerika	5.764	5.734	5.840	5.657	5.214
Avusturya	132	124	107	108	115

## 2.1. İnşaat Sektörünün Özellikleri

İnşaat işi, içerisinde barındırdığı ara mal ve girdi çeşitliliği ile birçok sektörle organik bağlar kurarak, ekonomiyi doğrudan etkileme gücüne sahip bir sektördür. Bu özelliği sebebiyle öğretilde lokomotif sektör olarak da adlandırılmaktadır. Yapı iş kolu çalışma şartları bakımından en riskli sektörlerden biri olup iş kazası sayısı ve kaza sonucu meydana gelen ölüm sayısı bakımından, tüm sektörler arasında ilk sıralarda yer almaktadır. İş kazaları genellikle ortam koşullarında, tasarım hataları ve sistem aksaklıklarından, insan faktörüne ait yetersizliklerden, eğitim ve denetim eksikliğinden ya da bütün bu faktörlerin etkileşiminden meydana gelmektedir. Bu

etkenleri iki ana grupta toplamak mümkündür. Bunlar işyerlerindeki güvensiz durumlar ve çalışanların yaptığı güvensiz davranışlardır. Güvensiz durumlar işyerindeki fiziksel koşullarla ilgilidir. Kazaları önlemeye yönelik fiziksel tedbirlerin alınmasıyla giderilebilirler. Bu nedenle daha çok işveren açısından önem taşımaktadır. Güvensiz davranışlar ise kişisel davranışlarla ilgilidir ve çalışanlar açısından önem taşımaktadır.

## 2.2. Düşme Nedenleri

1. İşyerindeki dış cephe ve iç mekanlarda kurulu iş iskelelerinde düşmeye karşı gerekli tedbirlerin alınmaması ve buna bağlı olarak;
  - a. İskelelerin ana-ara korkuluk sistemlerinin olmaması,
  - b. İskelelerin üzerindeki çalışma platformları tam olarak dolu olmaması,
  - c. İskelelerdeki çalışma platformlarına ulaşmak için iskeleler üzerine uygun merdiven sistemi yapılmaması ve korkulukların olmaması,
  - d. İskelenin taşıyacağı yüke dayanıklı ve bina bağlantısının uygun olduğunu gösteren teknik rapor düzenlenmemesi,
  - e. İskele mesnetleri sağlam, kaymaz ve çökmeyecek şekilde zemine tespit edilmemesi,
  - f. Platform elemanları ve dikey korkuluklar arasında düşmeye neden olacak tehlikeli boşluklar olması,
2. İşyerindeki düşme tehlikesi bulunan kat platform kenarları, merdiven kenarları, asansör boşlukları, tesisat - shaft boşlukları gibi düşme tehlikesi bulunan yerlerde düşmeyi önleyecek tedbirlerin alınmaması,
3. Betonarme platformlarının döşeme kenarlarına düşmeyi önleyecek korkulukların olmaması,
4. Çalışma platformlarında, geçitlerin ve iskele platformlarının, kişileri düşmekten ve düşen cisimlerden koruyacak şekilde yapılmış olmaması,
5. Toplu korumanın sağlanamadığı durumlarda kişisel koruyucu donanımlar kullanılıyor olmaması,
6. Kalıp yapılan katın alt katında toplu korumayı sağlayacak yakalama ağı olmaması,
7. İskelelerin kurulması, sökülmesi veya değişiklik yapılması işlemleri sırasında oluşan kazalar,

8. İskelelerde güvenliği olumsuz etkileyebilecek değişen hava koşulları nedeniyle düşme,
9. Kötü hava şartlarından dolayı düşerek veya askıda kalarak meydana gelen kazalar,
10. İşi bilinçsiz yapma, dalgınlık dikkatsizlik, iş disiplinine uymama gibi nedenler sıralanmaktadır [3].

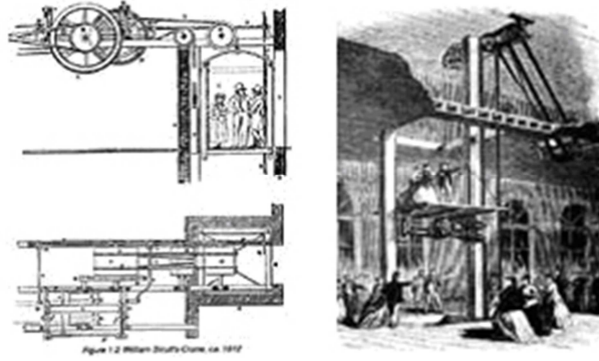
Tablo 2.2 Kaza tipleri [3]

Kaza Tipleri	İnşaat Türü				
	Bina İnşaatı	Yol İnşaatı	Köprü İnşaatı	Baraj İnşaatı	Tünel İnşaatı
Yüksekten düşme	49,23	5,76	15,71	11,32	9,62
Elektrik çarpması	9,08	0,82	0,71	3,61	0,00
Malzeme düşmesi	9,23	6,79	9,29	21,6	42,31
Yapı makineleri kazası	1,65	25,31	8,57	16,2	7,69
Trafik kazaları	0,87	18,31	3,57	9,04	5,77
Yapı kısmının çökmesi	4,57	0,41	3,57	0,6	0,00
Kazı kenarının çökmesi	2,34	1,85	6,43	0,00	1,92
Malzeme sıçraması	3,79	6,17	5,71	4,22	0,00
Patlayıcı madde kazası	0,67	10,49	5,00	4,82	15,38
Diğer tip kazalar	18,57	24,07	41,43	26,5	17,31
Toplam	100	100	100	100	100

Kaza tipleri incelendiğinde, iş kazalarının büyük bir bölümünün yüksekten düşme sonucu meydana geldiği görünmektedir. Bu nedenle, yüksekten düşme nedeniyle meydana gelen iş kazalarını azaltmak, tezin çıkış amacını oluşturmaktadır.

### BÖLÜM 3. KALDIRMA ARAÇLARI

İnsan tarihinin en eski problemlerinden biri de düşey kaldırmadır. İlk kaldırma araçlarının ortaya çıkışı milattan önceki yıllara kadar dayanmaktadır. Bu tür kaldırma araçları insan, hayvan ve su gücüyle çalışmaktaydılar.

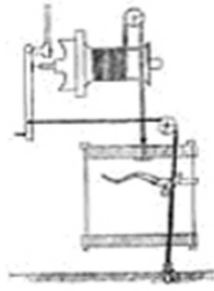


Şekil 3.1. İlk kaldırma sistemlerinden bir kesit [4]

İlk ciddi anlamda düşey kaldırma sistemlerinin gelişimi, 19. yüzyılda 1850 ve 1860 yılları arasında, Amerikan Endüstrisi ile çalışan İngiltere'deki tekstil fabrikalarına dayanır. Bu gelişmeler daha sonra endüstriden ticarete ve halka transfer olmuştur.

1800'lü yılların başlarında da bu konuda çeşitli fikirler vardı. Ancak, önemli olan, bu işi ekonomik olarak gerçekleştirmektir. 1880 ve 1890 yıllarında elektriğin kullanımı, düşey taşıma mekanizmalarının önündeki perdeleri araladı ve işi daha pratik ve ekonomik hale getirdi.

1790 yılı sonlarında William Strutt, babasının İngiltere'deki fabrikasının idaresini devraldı. Bu fabrika, İngiltere tekstil endüstrisinin 18. yüzyılda teknolojinin ve yeniliklerin lideriydi. 1803 ve 1804 yıllarında William Strutt ilk insan/yük asansör problemini çözen tasarımı yaptı. Bu bir kayış kasnak elle tahrik sistemli bir vinç idi.



Şekil 3.2. William Strutt's vinç tasarımı (1812) elle tahrikli [4]

Çalışma mekanizması, şu ana parçalardan ibaretti: bir fren kasnağı, iki sabit ve iki serbest kasnak, iki nihayetsiz kayış, bir değiştirme kayısı. Fren kasnağı ortada olmak üzere, her iki yanında bir sabit ve bir serbest kasnak bir mil üzerine yerleştirilmiştir. Vinç, bir genç tarafından, bantlar el ile çekilmek suretiyle hareket ettirilirdi.

Yük kaldırma sistemi imalatçılarının ilklerinden biri olan Waterman, Harper Brothers Publishers için, tasarımı John B. Corlisse'e ait buhar makine tahrikli bir yük asansörü yaptı. Ancak bu ilginç bina 1883'te yandı. Yangın emniyetine dikkat ederek, 1885' te buhar kazanı, kömür deposu gibi sistemler birbirinden ayrılarak yeni bir yük kaldırma sistemi imal edildi [4].

Beşik üreticisi olan Edwin Palmer 1880 de geleneksel ahşap iskele yapmaya başladı. Değişen yüzyılda, demir ve çelik çağının yaşanmasına paralel olarak 14 yıllık bir deneyim sürecinden sonra 48 mm çapında boru imal edilebildi. Bu gelişme, 1911'de imal edilen boruları birleştirerek boru iskelenin üretilmesine neden oldu. 1920'li yıllarda yapılan kulelerde, camilerde, katedrallerde ve cephelerde çelik iskele sistemlerinin oranı oldukça iyi seviyeye ulaştı. 1927 de New York'ta inşaatı devam etmekte olan Sherry Netherland otelinin dış cephesinde 38. kata kadar ahşap iskele kuruluydu ve çıkan yangında ahşap iskele tamamen yanması ve otel binasının şiddetli zarar görmesi, ahşap iskelenin hemen hemen sonu oldu. O zamandan başlayarak gelişmelerin çoğu daha karmaşık donanım ve güçlendirilmiş vinçlere doğruydü. Müteakip yıllarda bir dizi felaket ve yıkılma olayları meydana geldi. Yapılmakta olan işlere yönelik güvenin büyük bir kısmı sadece deneyim ve iyi gözlemden ibaretti.( Bilimsel araştırma ve testlerden söz etmek mümkün değildi ). Yapı iskelesindeki aksaklıklar, yüklenen sorumluluklar çok daha karmaşık hale

geldikçe daha da sıklaştı. Yapı iskelesi kavramının tamamı; geleneksel olarak yapıya erişim işinden mühendislik kavramına dönüştü. Fakat tasarım kolaylığı ya da planlama ortaya çıkmadı ve kayıtlı standart bir çalışma yoktu.

Almanya'da 1945'li yıllarda kurulan Layher isimli firma ilk olarak bahçe çitlerinde kullanılan ahşap dikmelerin üretimini yapmaktayken, zamanla iskele üretimine de başladı ve kamalı sistem iskele üretiminin öncü firmalarından biri olarak yerini aldı. Türkiye'den Almanya'ya giden işçilerden, bu fabrikada çalışıp 1980'li yıllarda Türkiye'ye geri dönen insanlar sayesinde ülkemiz ilk kez çelik iskele ile tanışmaya başladı. 2000'li yıllara doğru Finlandiya ve İtalya'da teknolojik gelişmelere bağlı olarak, ahşap, çelik ve vinç sistemlerinin aksaklıklarını giderebilecek Hareketli Cephe İskele sistemlerinin üretimine başlandı. Ülkemizde ise ancak bu firmaların temsilcileri ithalat yaparak makine gereksinimini karşılamakta ve bir kaç firma bu makinanın basit bir versiyonunu imal etmekte olup, ihtiyacın yerli olarak karşılanmasında bir yetersizlik bulunmaktadır. Bu da küresel ekonomik krizlerden en kolay etkilenen ülkemiz için bir döviz kaybına neden olmaktadır.

Hareketli Cephe İskele sistemleri, ülkemizde pratikte yapılmakta fakat ciddi bir mühendislik çalışması yapılmamaktadır. Bu çalışma ile, alanındaki önemi açıkça belli olan ve fonksiyonlarıyla önemli bir boşluğu dolduracağına inanılan, Hareketli Cephe İskele sistemlerinde tasarım parametreleri incelenerek ve bazı özellikleri yeniden değerlendirilerek imalatı gerçekleştirilmiştir.

### **3.1. İnşaat Sektöründe Kullanılan İskeleler**

İskeleler, yapıldığı malzemenin cinsine göre üç kısma ayrılır.

#### **3.1.1. Ahşap iskeleler**

Taşıyıcı kısmını meydana getiren dikme, başlık, payanda, destek, kuşak gibi elemanları ahşaptan yapılan iskelelerdir. Ahşap iskeleler kendi aralarında beş gruba ayrılır.

### 3.1.1.1. Sehpa iskeleler

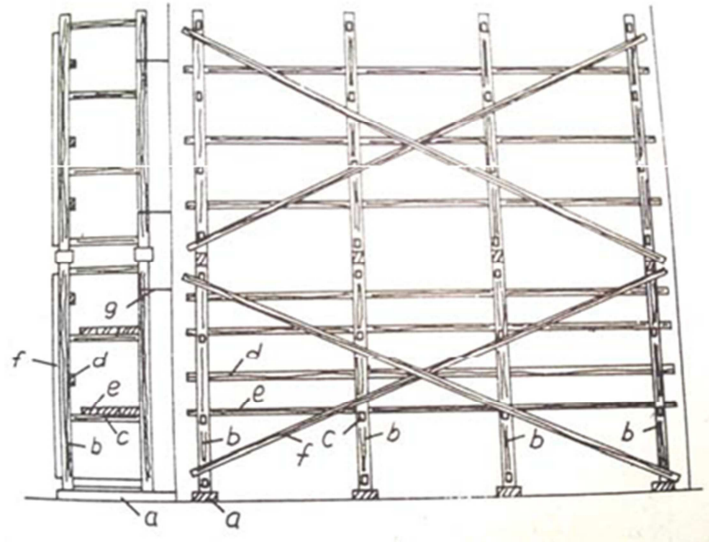
İnşaat yapımında genellikle 2–4 m yüksekliğe kadar olan yerlerde kullanılan sehpa iskeleler, çabuk kuruldukları için çok kullanışlıdır. Sehpaların yükseklikleri 80-100 cm ve uzunlukları 100-150 cm olup 2 m veya 3 m ara ile dizilerek üzerine kalaslar konur. Sehpaların ayakları 5x10 cm, 6x12 cm, 8x8 cm, başlıkları 8x10 cm, 8x12 cm, kuşaklar 3x8 cm, 3x10 cm, 5x10 cm kesitinde olabilir.



Şekil 3.3. Sehpa iskeleler [6]

### 3.1.1.2. Merdiven iskeleler

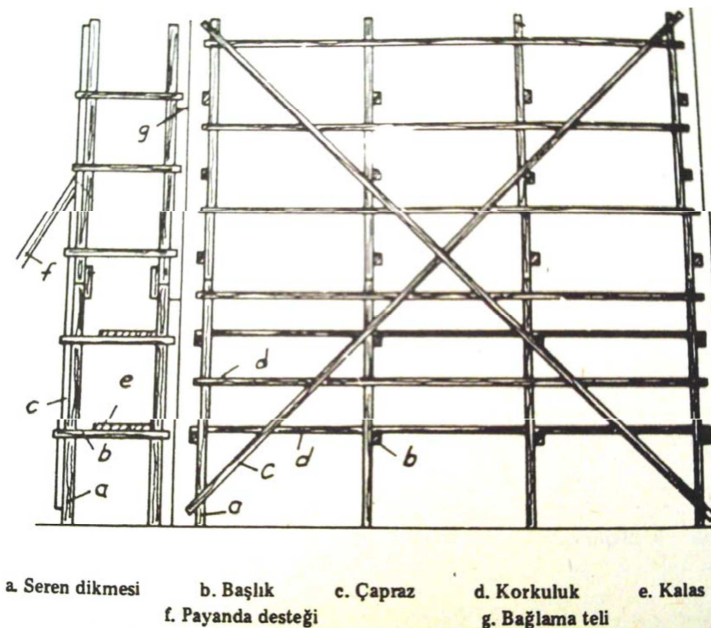
Sürekli inşaat yapan şirket ve yükleniciler tarafından kullanılır. 8x8 cm, 10x10 cm'lik dikmeler arasına 6x12 cm, 8x10 cm'lik başlıklar konularak 2–4 m yüksekliğinde yapılırlar. Başlıklar geçmelere düz zıvana geçme ile birleştirilir ve cepheden çivi çakılır. Dikmeler arasındaki genişlik 100 cm ile 120 cm olup ayrıca karşılıklı olarak 18 mm veya 22 mm çapında 50'şer cm ara ile delinir. İskelede istenilen yükseklik bu deliklerden geçirilen demirlerle de sağlanabilir. İskelenin daha yüksek yapılması gerekiyorsa iskele ayaklarının üst üste konulabilmesi için dikme uçlarına kalın sacdan pabuçlar geçirilir. İskelenin sallanmasını önlemek için 3x12 cm, 5x10 cm, 6x12 cm'lik çaprazlar dikmelere cıvatalarla bağlanmalıdır. İskelenin dışa doğru devrilmesini önlemek için dikmelere 5x10 cm, 5x12 cm'lik payanda çakılır veya binaya bağlantı elemanlarıyla bağlanır (Şekil 3.4).



Şekil 3.4. Merdiven iskeleler [5]

### 3.1.1.3. Seren iskeleler

Çok katlı binalarda; binanın dış yüzeyinin sıvanması, kaplaması, boyanması vb. işlerin yapılabilmesi için kurulan iskelelerdir. Dikme olarak 10x10 cm, 12x12 cm kare veya daire kesitli kereste kullanılır. Eklenmeleri gerektiğinde üst üste oturtularak yanlarından parçalar çakılır. Dikmelerin sağlam zemine oturtulması ve oynamaması için zemine biraz gömülmesi ve altına takoz konulması gerekir (Şekil 3.5).

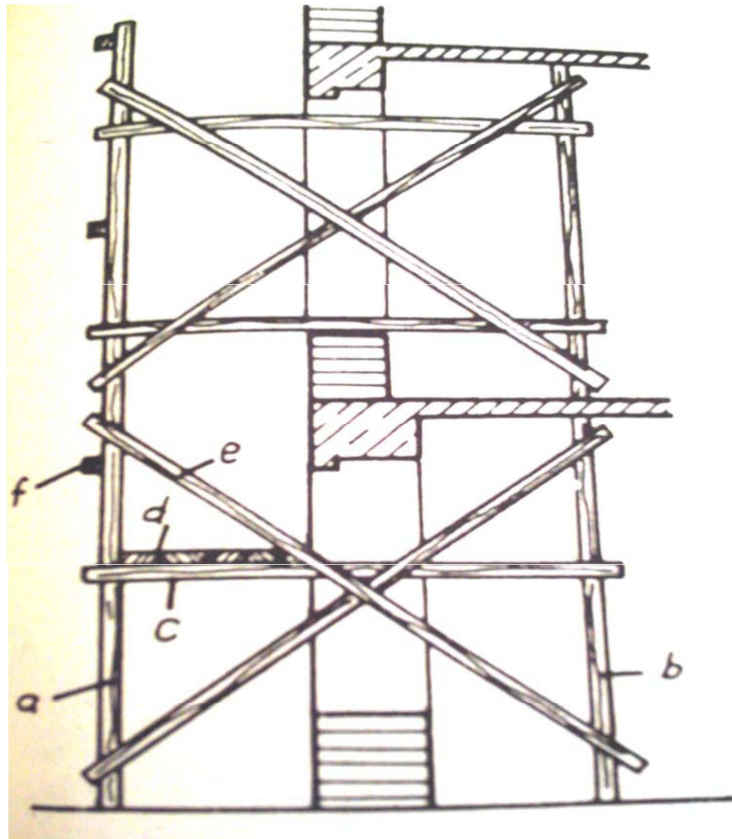


Şekil 3.5. Seren iskeleler [5]



### 3.1.1.4. Takma iskeleler

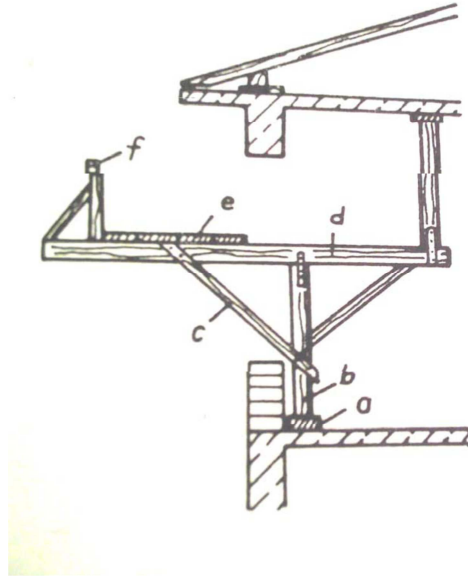
Taş kaplamalı duvarlarda olduğu gibi, binanın içinde ve dışında aynı anda çalışılması gerekiyorsa takma iskele yapılır. Binanın her iki tarafına seren iskele gibi yapılır. Duvardaki kapı ve pencere boşluklarından faydalanarak çaprazlarla birbirlerine bağlanır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Takma iskeleler [5]

### 3.1.1.5. Çıkma (konsol) iskeleler

Bina saçaklarında veya dış duvarlardaki yapım ve onarım işlerinde kullanılır. Binadaki kapı ve pencere boşluklarından istifade edilerek yapılırlar. İskele destek kirişleri, bina içindeki ucu oynamayacak şekilde yerleştirildikten sonra dikmelerle yükü tavana aktaracak biçimde çakılır. Kirişlerin bina dışında kalan uçlarına başlıklar çakılır ve korkuluk yapılır. İskele kalasları oynamayacak şekilde yerleştirilir veya gerektiğinde çakılır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Çıkma (konsol) iskeleler [5]

### 3.2. Çelik veya Boru İskeleler (Metal İskeleler)

İskeleler genellikle bina yapımında kısa süreli kullanılır, sökülür ve tekrar kurulur. Bu nedenle, kolaylıkla sökülmesi ve takılması, kullanılacak malzemenin sağlam olması, tekrar aynı veya benzeri işlerde kullanılması istenir. Boru veya çelik iskeleler bu ihtiyaca kolayca cevap verdiği için günümüzde çok kullanılmaktadır. Bu iskelelerde yürüyüş platformu olarak çelik iskelet üzerine kaynakla bağlanmış delikli veya yüzeyi pürüzlü çelik levhalar ya da ahşap kalaslar kullanılmaktadır. Boru ve çelik iskeleler kendi aralarında üç kısma ayrılır.

#### 3.2.1. Çelik sehpa iskeleler

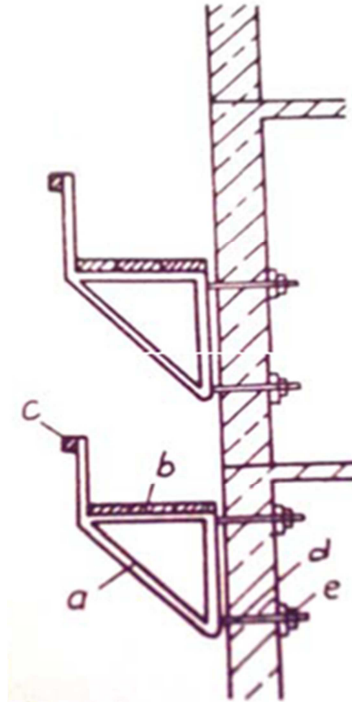
Bina iç duvar, sıva, kaplama, tesisat vb. işlerin yapımında kullanılır. Boru veya çeşitli profillerle yapılan sehpa iskelelerin yükseklikleri 80–100 cm ayarlı başlıklı ise 80–150 cm uzunlukları 100–200 cm arasında olabilir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Çelik sehpa iskeleler [5]

### 3.2.2. Çelik çıkma iskeleler

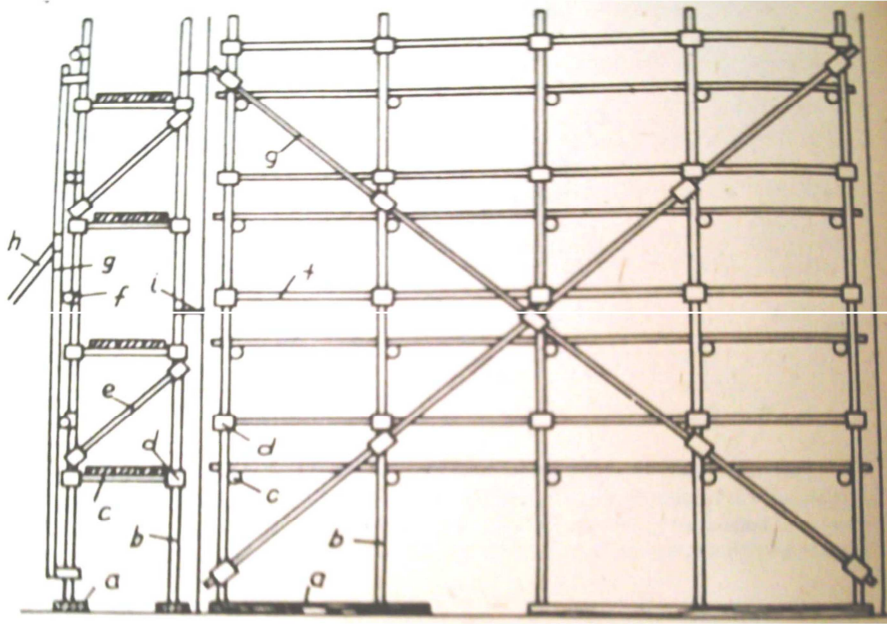
Çok katlı binalarda dış cephe kaplama ve onarım işlerinde, kolaylıkla sökülüp takılabilen iskeleler tercih edilir. Bu gibi durumlarda kullanılan çelik çıkma iskeleler; betonarme ile inşa edilen yapıların kalıplarının kolaylıkla ve güvenle yapılmasında, betonarme demirlerinin bağlanmasında da kullanılır. Kalıbın ön destek çubuklarının üst ve alt uçlarına kaynatılan ikişer bulonla betonarme duvar veya kolona bağlanır. Karşılıklı konulan duvar veya betonarme kalıplarını birbirine bağlamak üzere kullanılacak bulon çap ve aralıkları, portatif çıkma iskele bulonlarına denk olacak şekilde konulur. Kalıp söküldükten sonra iskele bağlanabilir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Çelik çıkma iskeleler [5]

### 3.2.3. Boru iskeleler

Çelik borularla yapılan boru iskeleler, çok katlı binaların dış yüzeylerinin sıvanması, boyanması, kaplanması, vb. işlerin yapılması için kullanılır. Kolaylıkla ve kısa zamanda kurulup sökülebilmeli, emniyetli olması ve malzeme zayıflığının olmasından dolayı az olduğundan günümüzde çok tercih edilmektedir. (Şekil 3.10. ve Şekil 3.11.)



Şekil 3.10. Boru iskelelerin soldan ve sağdan görünüşü [5]



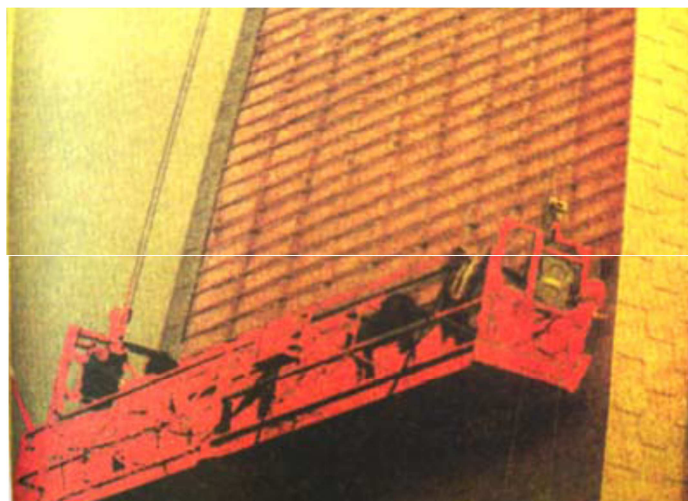
Şekil 3.11. Boru iskelelerin izometrik görünüşü [5]

### 3.3. Askılı Makaralı Cephe İskelesi

Bu iskeleler, basit iskele kurmanın çok pahalı olduğu ve uzun zaman gerektirdiği yüksek binalarda kullanılır. Bunun için, işçilerin rahatça çalışabileceği bir kasaya ve bu kasayı çelik halatlarla bina cephesinde indirip kaldırarak, yatay olarak hareket ettirecek motorlu bir sisteme gereksinim vardır. Üzerinde motor bulunan ve yatay hareket edecek raylı sistem binanın terasına kurulur. İskelenin en önemli özelliği, istenilen kat seviyesinde çalışma olanağı sağlamasıdır. Çalışırken kasa kısmının rüzgardan savrulmasını önlemek için, dış duvara veya pencere boşluklarından bina içinde uygun yerlere en az iki noktadan bağlanması gerekir. İçinde çalışılan kasanın etrafının 80–100 cm yükseklikte korkulukla çevrilmiş olması emniyet açısından zorunludur (Şekil 3.12 ve Şekil 3.13).



Şekil 3.12. Askılı makaralı cephe iskelesi [5]



Şekil 3.13. Askılı makaralı cephe iskelesi [5]

### 3.4. Hareketli İskeleler

İskele yapımının çok zaman alacağı ve yer kaplayacağı düşünülen yerlerde pratik bir çözüm yolu olarak hareketli iskelelerden yararlanılmaktadır. (Şekil 3.14)



Şekil 3.14. Hareketli iskeleler [5]

### 3.5. Hareketli Cephe İskele [HCI] Sistemleri

Hareketli Cephe İskeleleri [HCI] için otomatik inşaat iskeleleri veya çalışma platformları da denilebilir. Hareketli Cephe İskeleleri; cepheye göre sökülebilen korkuluklardan, oval yüzeylerde çalışma imkanı sağlayan teleskobik uzantılı platformlardan, platforma çıkacak merdivenden, inip – çıkmayı sağlayan redüktörden, üst üste konulan direklerden (mastlardan), ani frenlemeyi sağlayan mekanik emniyet fren sisteminden, su terazili destek ayaklarından ve tekerlekli şasi den meydana gelen, işgücü tasarruflu, çalışan kişi emniyetini sağlayan, çok kısa zamanda kurulabilen, 200 m ye kadar çıkabilen, 1.400 kg yük kaldıran elektrikli platformdur. Hareketli Cephe İskeleleri bina, gökdelen, kule ve gemi gibi yüksek yapıların cephelerinde kurularak, yük taşıma ve bina cephesinde çalışma ( inşaat sıva, tuğla örme, kaplama yapmak, ısı yalıtım, rekonstrüksiyon, pencere montajı boya, tank ve çelik imalatları, gemi imalat ) imkanı sağlamaktadır (Şekil 3.15.).





Şekil 3.15. Hareketli Cephe İskele sistemleri

### 3.6. Hareketli Cephe İskele Sistemleri ile Diğer İskelelerin Karşılaştırılması

Ahşap-Demir İskele; İskelenin ana/ara korkuluk sistemleri yoktur. İskele üzerindeki çalışma zeminleri emniyetsiz ahşap bir kalastan meydana gelmektedir. İskeledeki çalışma platformlarına ulaşmak için iskele üzerine uygun merdiven sistemi yapılmamıştır. Bu nedenle düşmeye karşı gerekli ve emniyetli tedbirler alınamamıştır.



Şekil 3.16. Emniyetsiz kalas üzerinde çay molası

HCI; Düşmeye karşı korkuluklar olup, platformun zemininde düşmeye neden olabilecek açıklıklar bulunmamakta ve platforma ulaşmak için merdiven yapılmıştır.



Şekil 3.17. HCI platformu

Ahşap-Demir İskele; Düşme tehlikesi bulunan çalışma yerlerinde; zemin kenarları, asansör boşlukları, tesisat boşlukları ve şaft boşlukları düşmeyi engelleyici güvenlik sistemleri ile kapatılmamıştır.



Şekil 3.18. Ahşap – Demir iskelede düşme anı [6]



HÇİ; Oval yüzeylerde teleskobik uzantılarla çalışma imkanı sağlayarak, düşmeyi engellemektedir.



Şekil 3.19. HÇİ de oval yüzeyde çalışma

Ahşap-Demir İskele; Yapı alanında yüksekte çalışma yapan personel belden sarma emniyet kemerini kullanılması nedeniyle rahat çalışmamakta ve bu nedenle belden sarma emniyet kemerini çok sık kullanmayarak iş kazalarına neden olmaktadır.



Şekil 3.20. Ahşap-Demir iskelede emniyet kemersiz çalışma [6]

HCI; Platforma korkuluk kapısından merdivenle girdikten sonra, korkuluk kapısı kilitlenerek, emniyet kemeri takmadan güvenli çalışma imkanı sağlamaktadır.



Şekil 3.21. HCI de emniyet kemeri olmadan, emniyetli çalışma

Ahşap-Demir İskele; Zeminin sadece bir kalastan oluşuyor olması, personel ve malzemelerden oluşan ağırlıkların zamanla kalasın esnemesine, çürümesine ve kırılarak iş kazalarına neden olmaktadır.



Şekil 3.22. Esneyen, çürüten ve kırılan kalas [6]

HÇİ; Sac-profil zemin üzerine yüklü personel, malzeme ve yükü rahatça kaldırıp indirerek, serbestçe çalışabilme imkanı sağlamaktadır.



Şekil 3.23. HÇİ de personel, malzeme ve yük ile çalışma

Asma İskele; Platformun duvara ankraj edilmemesi nedeniyle asma iskelelerde sürekli salınım meydana gelmekte ve rüzgarın etkisiyle asma iskele ters dönmekte, kırılmakta yada halatı koparak düşmeye neden olmaktadır.



Şekil 3.24. Halatın kopması ile kırılan asma iskele [6]



HCI; Dört tarafı 1,5 m yüksekliğinde korkuluklarla çevrili olması, HCI'nin duvara ankraj ile sabitlenmesi nedeniyle platformdan düşebilmek ve platformun ortadan ikiye ayrılması neredeyse imkansızdır.



Şekil 3.25. Duvara ankraj ile sabitlenen HCI

Ahşap-Demir İskele; 10 m genişlik ve 30 m yüksekliğindeki cephe için kurulum süresi 3 personel ile 240 dakikada kurulmaktadır.

Asma İskele; 10 m genişlik ve 30 m yüksekliğindeki cephe için kurulum süresi 3 personel ile 120 dakikada kurulmaktadır.

HCI; 10 m genişlik ve 30 m yüksekliğindeki cephe için kurulum süresi 3 personel ile 85 dakikada kurulmaktadır.

HCI; Hareketli Cephe İskele sistemleri dışında bütün iskelelerde nakliye masrafları ve nakliyeden zaman kaybı oluşmaktadır. Hareketli Cephe İskele sistemleri ise bir araçla kolayca çekilebilen bir sistemdir.



Şekil 3.26. HCl araç ile kolayca hareket ettirilir

## **BÖLÜM 4. HAREKETLİ CEPHE İSKELE SİSTEMİNİN TASARIMI**

Bu bölümde; konstrüksiyon sistematiği, teknik sistemin geliştirilmesi, ön projelendirme, planlama etüdü, uygulanabilirlik etüdü, mamül planlaması, durum analizi, emniyet ve emniyet tekniğinden yararlanılarak Hareketli Cephe İskele sistemleri tasarlanmıştır. Hareketli Cephe İskele sistemleri tasarımı yapılırken, Türk Standartları Enstitüsü **TS EN 12811-1**, **TS EN 12811-2** ve **TS EN 12811-3** normları ve Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı mevzuatında olan yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği tüzüğü ile yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği [7] dikkate alınarak tasarım yapılmıştır. Tasarımın imalat resimleri EK-1, EK-2, EK-3, EK-4, EK-5 oluşturulması ile seri üretim yapılabilir hale getirilmiştir.

### **4.1. Konstrüksiyon Uğraşısı ile İlgili Tanımlar**

Konstrüksiyon “İnsan düşüncesinde mevcut olan bir fikrin, şuurlu bir yaratıcı davranışla pratik olarak uygulanabilir, faydalı bir şekle dönüştürülmesidir” [8].

Konstrüksiyon “Teknik bir sistemin ödevinin belirlenmesi, sistem üzerinde uygulanacak fiziksel prensiplerin tespit edilmesi, bu prensipleri sağlayan elemanların seçimi ve montajdan imalat resimlerine kadar hazırlanması aşamalarını kapsayan bütün faaliyetler” olarak tanımlanabilir [9].

İyi bir konstrüksiyon olabilmesi için, niceliksel konstrüksiyonun esaslarına dikkat edilmelidir. Bunlar;

- Basitlik
- Belirlilik
- Emniyet ve Emniyet Teknikleri olarak üç bölümden oluşmaktadır [10].

#### 4.1.1. Basitlik

Parça sayısını azaltmak, yani çeşitli alt fonksiyonun bir fonksiyon taşıyıcısında toplanması, sistemi strüktür yönünden basitleştirir. Aynı şekillerde, kolay imal edilebilen formların tercihi, elemanlara erişilebilirliğin kolaylaştırılması gibi hususlar montajı, üretimi basitleştirir. Maliyet üzerinde pozitif etki yapar. Ancak parça sayısının azaltma uğruna çok karmaşık şekillere gidilmesi halinde de belirsizlik artar. Basitleştirmenin diğer bir yolu da standart parça kullanımınıdır. Gene sistem içinde aynı tip ve büyüklükte inşa elemanları kullanılması, stoklama, bakım ve onarım bakımından kolaylıklar getirir.

Şekillendirme bakımından basitlik kuralından aşağıdaki hususlarda çıkarılabilir;

- Mukavemet hesapları ve matematiksel modelleme imkanları olan geometrik formların seçilmesi hesaplardaki güvenilirliği artırır.
- Simetrik formların seçilmesi üretim esnasında ve işletme yükleri altında meydana gelebilecek şekil değişmelerinin hesap, tahmin ve önlenmesini kolaylaştırır.

Ergonomik yönden basitlik;

- Kullanma ve kumanda sisteminin kolay anlaşılabilir olması,
- Sinyallerin basit olması ve tüm sistemlerin kullanıcı yönünden ürkütücü olmaması şeklinde anlaşılabilir.

Üretim Teknolojisi yönünden ise;

- Kolay işlenebilir formların seçilmesi,
- En az işçilik, ayrıca işçilikte bağlama ve bekleme zamanlarının azlığı,
- Kolay kontrol edilebilen form ve boyutlandırma basitleştirici tedbirler olarak mütalaa edilebilir.

#### 4.1.2. Belirlilik

Fonksiyon bakımından, strüktür o şekilde düzenlenmelidir ki; istenen çıkış büyüklükleri verilen giriş büyüklüklerinden çelişkisiz olarak türetilsinsin. Diğer bir

deyimle fonksiyonel sentez fazında, temel fonksiyon tanımlaması mümkün olduğu kadar tam belirli olmalıdır.

Fonksiyon Strüktürü oluşturulurken;

- Kısmi fonksiyonların ve bunlara ait giriş-çıkış çevre büyüklükleri açık ve anlaşılır bir düzen ve tanımlama içinde olmalıdır.

Alt fonksiyonlar için seçilen etki prensipleri;

- Gerek formülasyon ve gerekse tariflenmede sebep-sonuç ilişkisine (kozalite) sahip olmasıdır.
- Aynı zamanda bunların ekonomik boyutlarda uygulanabilir olmaları da gereklidir.
- Enerji, madde ve sinyal akımlarının belirli bir düzen içinde bulunması, bunlar arasındaki öncelikler ve ağırlıkların iyi tanımlanmasına dikkat etmelidir. Özellikle enerji bileşenlerinden kuvvet akımlarında meydana gelebilecek belirsizlikler, aşırı zorlanmaları, şekil değiştirmeleri ve aşınmaları ortaya çıkarabilir.
- Belirlilik, insan makina ilişkisi (ergonomi) yönünden de göz önünde tutulmalıdır. Kumanda sistemlerinin, şalter tablolarının, çoklu göstergelerin şaşkınlık ve çelişki meydana getirmeyecek bir düzende yapılmasına dikkat edilmelidir.

#### **4.1.3. Emniyet ve Emniyet Tekniği**

Bir teknik yapının emin olması isteği, bünyesinde pek çok ve değişik soruların cevaplandırılmasını gerektirir. Bu nedenlerle “ emniyet tekniği” adı altında yeni bir disiplin meydana gelmiştir. Bir teknik yapıt, fonksiyonunu tarif edilmiş bir güvenilirlikle yerine getirirken, yakın ve uzak çevresinin ve bu çevrelerdeki insanların emniyetine sağlık koşulları zarar vermemelidir. Konstrüktör teknik yapıtı şekillendirirken bu çok faktörlü teknik problemi, üretim ve uygulamanın bütün aşamaları için fonksiyonla beraber düşünmek zorundadır. Alman normlarında (DN 31000) , üç aşamalı bir metod olarak tanımlanır. Bu aşama veya emniyet tekniği tipleri;



- Doğrudan doğruya emniyet
- Vasıtalı emniyet
- İkaz edici emniyet şeklindedir.

Genel olarak konstrüktör meydana getirdiği üründe doğrudan doğruya emniyet prensibinin gerçekleşmesini ister. Yapıt o şekilde tasarlanmalıdır ki, emniyet doğrudan doğruya fonksiyonel şekillendirmenin içinde mevcut olsun, ayrıca sırf emniyeti temin fonksiyonunu yerine getiren ilave sistemler bulunmasın.

Bir teknik sistemin sahip olması istenen emniyet koşulları aşırı derecede abartılmamalıdır. Zira aşırı emniyet hem sistemin karmaşıklığını arttırır ve çok kere de belirlilik ortadan kalkabilir. Bunu sonucu olarak bizzat aşırı emniyet, sistemi emniyetsizliğe sokabilir.

## **4.2. Emniyet tekniğinin dört önemli bölgesi**

### **4.2.1. Eleman emniyeti**

Bu yapıtı meydana getiren elemanların maruz kaldıkları zorlanma da dış etkiler altında tarif edilmiş kriterlere (ömür, kullanılabilme süresi vs.) göre fonksiyonunu yapmasını amaçlar. Şüphesiz, bu husus elemanın boyutlandırılması, malzeme seçilmesi ve üretim biçiminin tespiti gibi noktalarda büyük önem taşır.

### **4.2.2. Fonksiyon emniyeti**

Burada eleman, eleman grupları ve makinanın fonksiyonunu hangi güvenilirlikle yapması gerektiği ön planda gelir. Fonksiyon emniyeti bünyesinde sadece ömür kavramını saklamaz. Burada makina sisteminin fonksiyon azalmalarının, aksamalarının meydana gelme olasılığı da bahis konusudur.

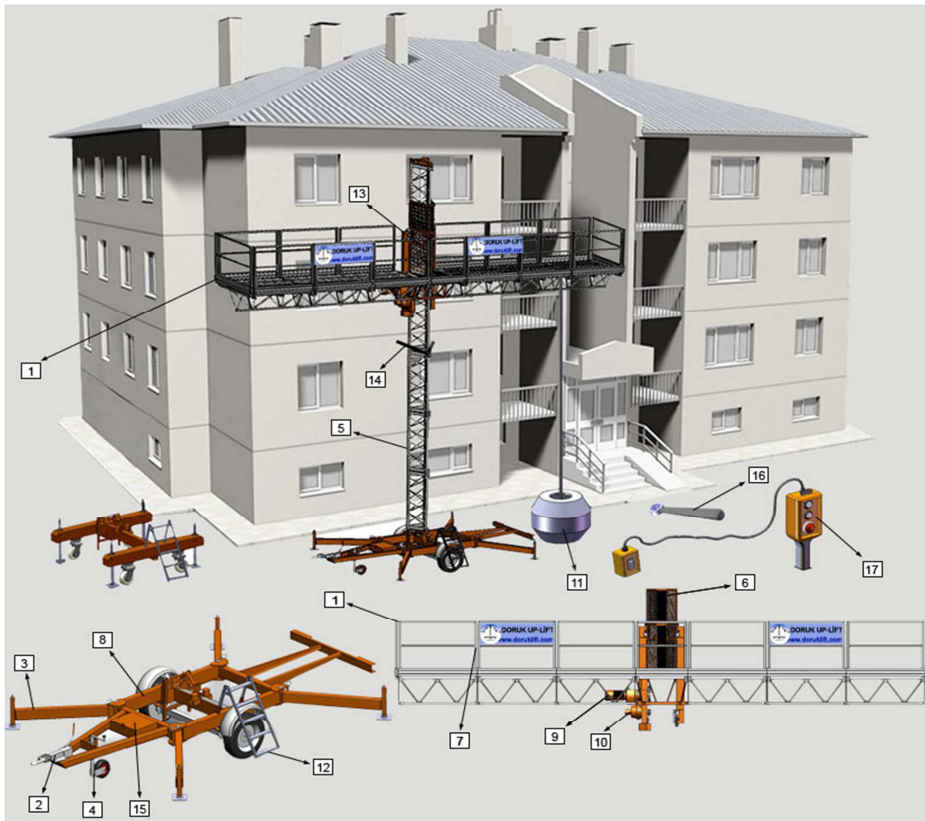
### 4.2.3. İş emniyeti

Makina – İnsan ilişkisi, veya makina ile yakın çevresi ilişkisi önem taşımaktadır. Teknik sistemin çalışması esnasında, makine operatörlerinin ve yakın çevredeki diğer insan ve makinaların güvenliği ne oranda sağlanmıştır? Bu sorunun cevabı, tasarım esnasında aranacaktır. İnsan – Makine ilişkisinde sadece fiziksel etkiler değil, psikolojik faktörlerin de göz önünde tutulması gerekmektedir.

### 4.2.4. Çevre emniyeti

Bura da üretim faaliyeti ile doğrudan doğruya ilişkisi olmayan kişilerin, çevrenin güvenirliliği bahis konusudur. Bu çevrenin sınırları bazen milli sınırları da aşabilir. Bir hidrolik kuvvet santralinin veya bir nükleer santralin tasarımında olduğu gibi, teknik sistemin doğal dengeyi bozmamasına gittikçe daha büyük bir önem verilmektedir [10].

## 4.3. Hareketli Cephe İskele Sistemini [HCI] Oluşturan Parçalar

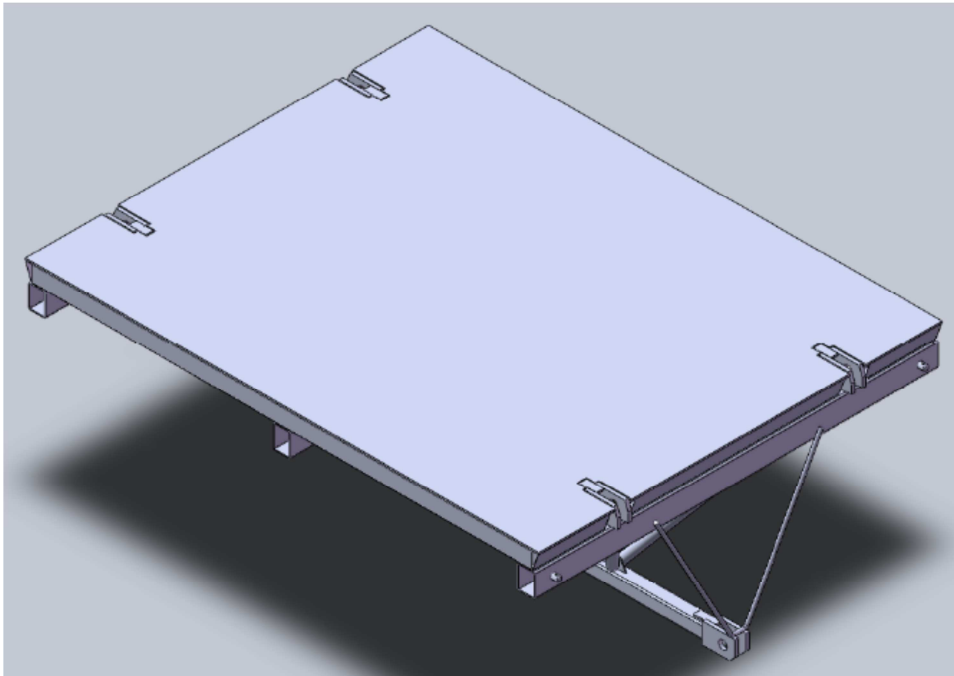


Şekil 4.1. Hareketli cephe iskele sistemi parçaları

Şekil 4.1 ' de, 1. Platform, 2. Frenli Çekme Tertibatı, 3. Krikolu Destek Ayakları, 4. Ön Destek Tekerleri, 5. Mast, 6. Koruma Tertibatı, 7. Korkuluklar, 8. Süspansiyon Akslı Ana Şasi, 9. Motor Redüktör Grubu, 10. Mekanik Emniyet Fren Tertibatı, 11. Kablo Kovası, 12. Merdiven, 13. Elektrik Paneli, 14. Ankreaj, 15. Takım Kutusu, 16. Kriko Anahtarı, 17. El Kumanda Butonu

#### 4.3.1. Platform

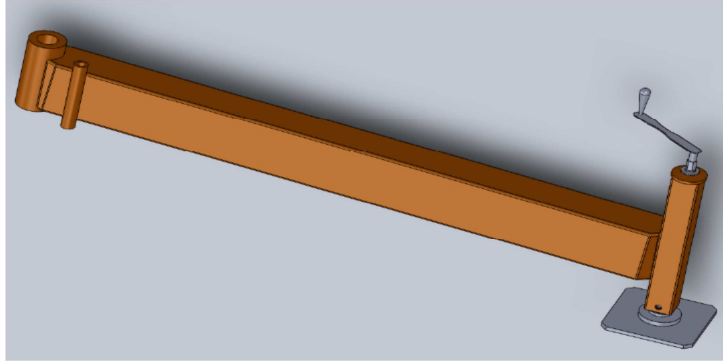
Yüklerin ve insanların taşındığı üzerinde çalışmanın yapıldığı daldırma galvanizli kafes yapıdır. Bu yapı, yapılan tüm dayanım hesapları ile konulacak yükleri emniyetli olarak taşıyabilecek yapıdadır. St 42 malzemeden uzay çatı tekniğine göre imal edilmiştir. Platformun genişliği 1.5 m olup eni ise 1.2 m'dir. Platformlar, birbirine geçmeli olup katlanabilme özelliğine sahiptir. Platformun genişliği ve eni yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği tüzüğü 95. [11] madde dikkate alınarak belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Platformun izometrik görünüşü

### 4.3.2. Krikolu destek ayakları

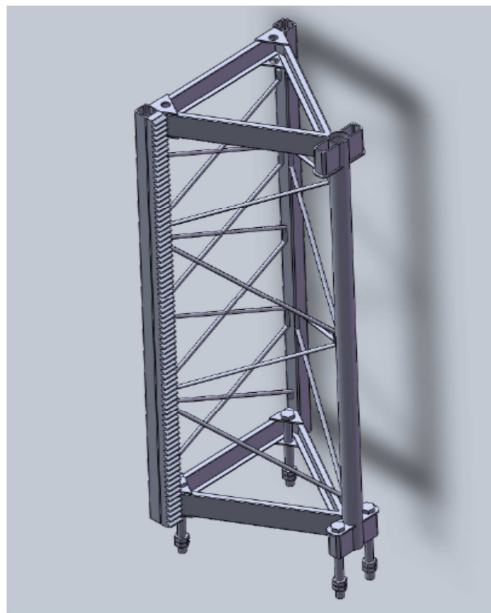
4 adet iç içe geçmeli, 90° açılabilen, dışarı döndürülebilen eş krikolu destek ayakları, şasi üzerinde monte edilen su terazisi yardımıyla Hareketli Cephe İskele sisteminin dengede kalmasını sağlar.



Şekil 4.3. Krikolu destek ayaklarının izometrik görünüşü

### 4.3.3. Mast

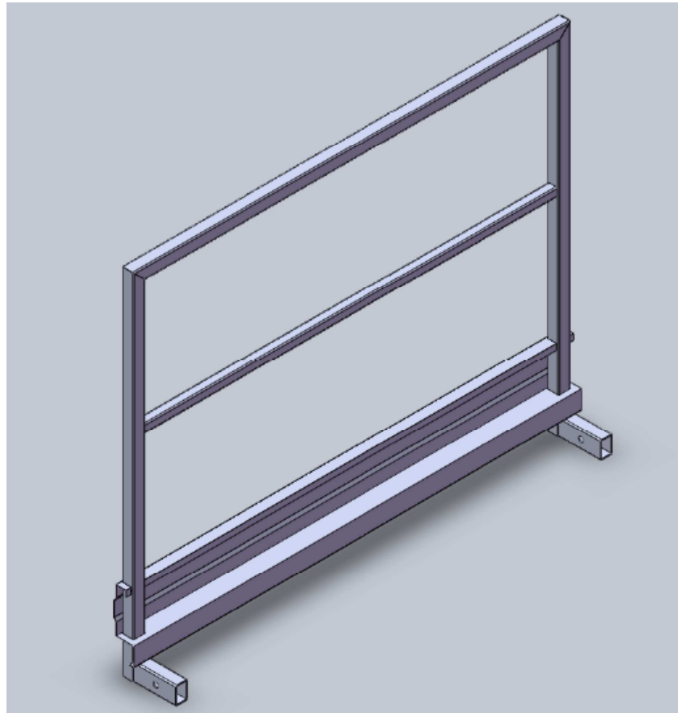
Üzerinde kramayer dişliler bulunan 1,5 m uzunluğunda 48 kg ağırlığında dayanımı yüksek kafes modüllerdir. Mastlar binalarda beton kolonlara 6 - 8 m aralıklarla dubellerle ankraj edilirler. Orta göbeğin üzerinde montajlı yataklama makaraları mastlara dayanarak platformun sallanmasını engellerler. Kramayerler, Ç 1040 malzemeden ıslah edilerek imal edilmiştir.



Şekil 4.4. Mast'ın izometrik görünüşü

#### 4.3.4. Korkuluk

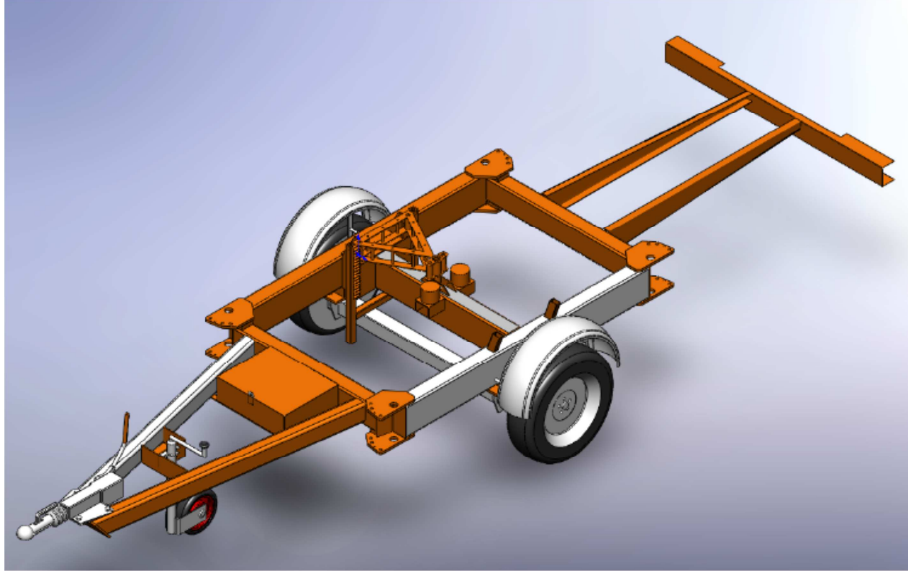
Korkuluk, platforma çepeçevre monte edilmiş olup, yüklerin ve insanların platformdan düşmelerini engelleyen bir yapıdır. Korkulukların yüksekliği 1.12 m olup, daldırma galvanizli St 42 malzemeden imal edilmiştir. Korkuluğun yüksekliği yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği tüzüğü 100. [11] madde dikkate alınarak belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Korkuluğun izometrik görünüşü

#### 4.3.5. Römork (Süspansiyon akslı ana şasi)

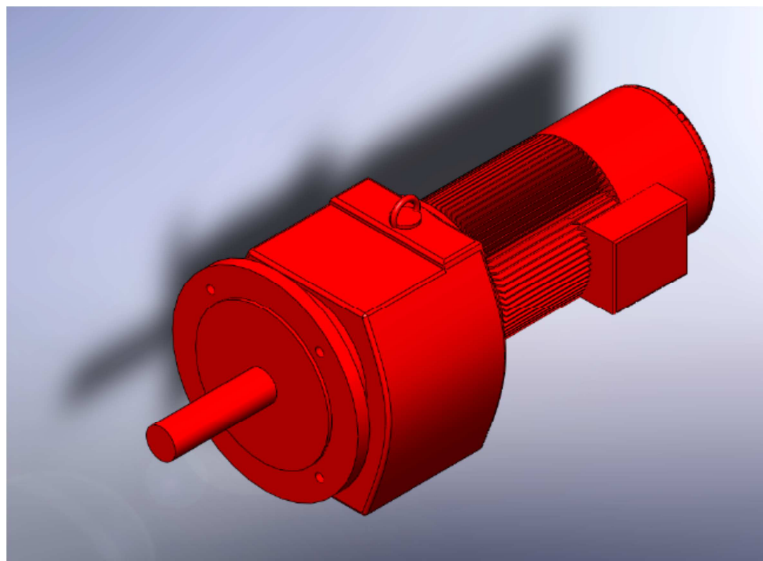
Bir araç tarafından çekilmeye uygun çekici süspansiyonlu aks, tekerlekler ve 90 açılabilen ayaklardan oluşur. Aksın üzerinde şasiye kaynaklı bir adet mast bulunmaktadır. Çalışma esnasında tüm ayaklar (5 adet ) belirtilen ölçülerde yere güvenli olarak terazide basmalıdır. Ayakların üzerindeki kol yardımı ile yükseklikleri ayarlanabilmekte. Ayakların dengeli olarak yere basması için römorkun üzerine su terazisi monte edilmiştir.



Şekil 4.6. Şasinin izometrik görünüşü

#### 4.3.6. Elektrik sistemi ve motor redüktör grubu

Elektrik besleme gerilimi 3 x 400 volt, kumanda devresi 24 voltur. Platformun alçalma ve yükselmesi, panele flexible kablo ile bağlı kumanda butonları ile sağlanmaktadır. Motor redüktör grubu SEW Marka (Alman malı) manyetik frenleme sistemine sahip olup, hareket edilmediği zamanlarda sürekli frenleme yapar. Elektrik kesildiği zaman motor üzerindeki kol yardımı ile frenleme yaparak aşağıya inilebilir.



Şekil 4.7. Platformun inip-yükselmesini sağlayan redüktör

Redüktörün seçiminde yük, önemli bir parametredir. Yüke göre redüktör seçilmektedir. Redüktör, Hareketli Cephe İskele sistemimize max yük yüklenileceği durumlar düşünülerek seçilmelidir. Hareketli Cephe İskele sistemleri max 10 m platform genişliğinde açılabilceği öngörülürse, 6 adet platforma (her bir platform 150 kg) ihtiyaç duyulacaktır.

Altı platform	900 kg
Dört kişi	400 kg
Çalışılan malzemeler	200 kg

Altı platform, dört kişi ve çalışılan malzemeler ile birlikte toplam ağırlık 1.500 kg olarak öngörülmektedir. Bu nedenle kullanılacak olan redüktörün min 1500 kg lık yükü kaldıracak güçte olması gerekmektedir. Motor gücünü aşağıdaki formül ile hesaplayabiliriz [12].

$$P_{\text{motor}} = (m_{\text{yük}} \times g) \cdot v / (2\eta)$$

$m_{\text{yük}}$ : İskelede etkiyen toplam yük,

$g$  : Yerçekimi ivmesi,

$v$  : Redüktörün bir saniyede aldığı yol,

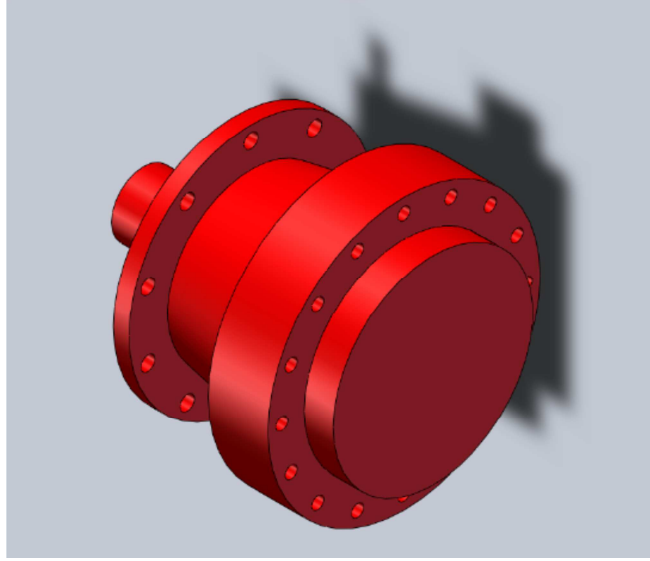
$\eta$  : Dişli verimi, değerleri yerine koyarsak;

$$P_{\text{motor}} = [ (1500\text{kg} \times 9,81\text{m/s}^2) \times 0,4\text{m/s} / (2 \times 0,7) ] = 4,204 \text{ kW}$$

Yapılan hesaplamalara göre, 4,2 W Redüktör kullanılması gerekmektedir.

#### 4.3.7. Mekanik fren sistemi

Olası bir arıza durumunda (dişli mil kırılması gibi) platformun düşmesini önleyen fren, acil durum sistemidir. Platformun hızı 0,4 m/s'yi geçtiği zaman merkezkaç kuvveti ile hareket eden kilit, sistemi frenler.



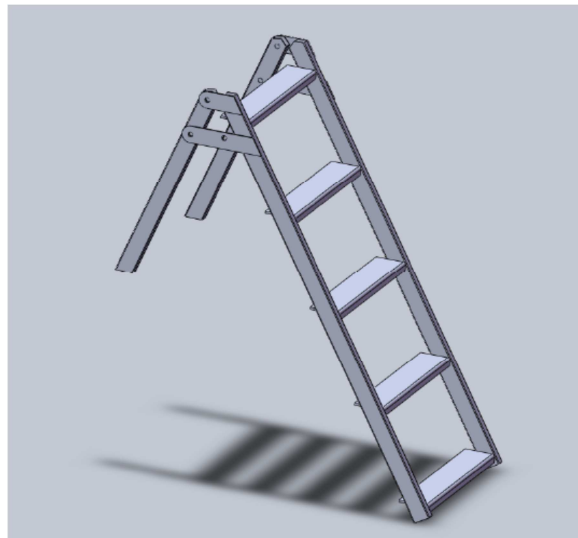
Şekil 4.8. Mekanik frenlemeyi sağlayan sistem

#### 4.3.8. Kablo kovası

Kablo kovası, platform üzerinde bulunan elektrik panosuna elektrik aktarmak için kullanılan sistemdir. Platform yukarı çıktıkça kablo kovasından elektrik kablosu çıkmakta, indiğinde ise kablo kovasına tekrar sarılmaktadır.

#### 4.3.9. Merdiven

Merdiven, platformun üzerinde seyyar monte edilen, çalışanın platforma çıkmasını sağlayan beş basamaktan oluşan bir sistemdir.

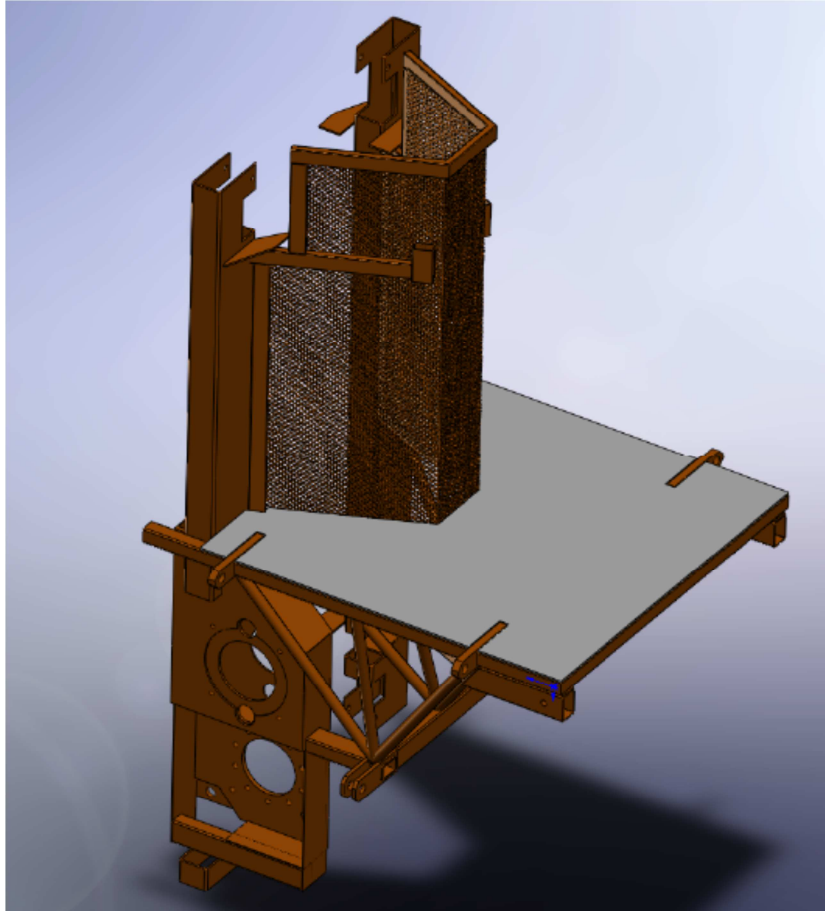


Şekil 4.9. Merdivenin izometrik görünüşü



#### 4.3.10. Taşıyıcı gövde

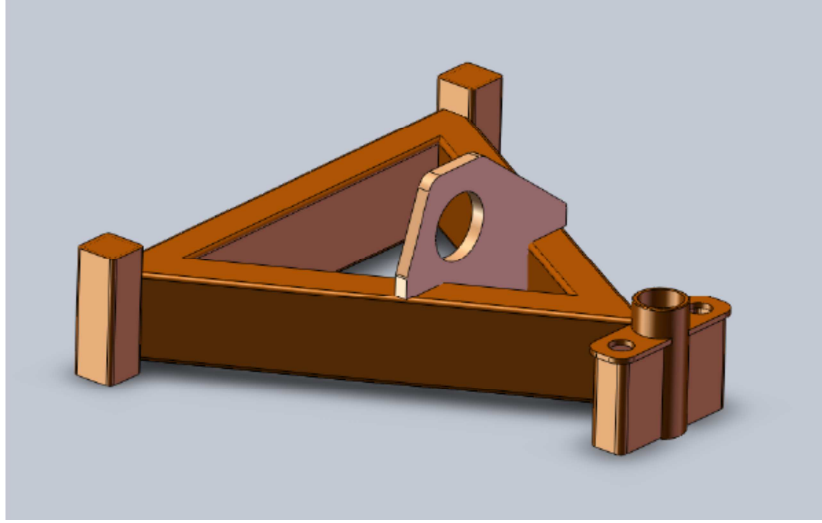
Taşıyıcı gövde üzerinde bulunan, montajlı yataklama makaraları vasıtasıyla makaraların masatlara dayanarak platformun sallanmasını engeller. Taşıyıcı gövde üzerinde, en altta şaseye çarpmayı önleyici en üstte de masttan çıkmayı önleyici emniyet sistemleri (sensör ve switchler) vardır. Orta göbek, daldırma galvanizli St 42 malzemedan imal edilmiştir.



Şekil 4.10. Üzerindeki tekerler mastlara geçirilerek platform y ekseninde sabitlenir

#### 4.3.11. Vinç tutucu

Vinç tutucu; tekerleksiz şasili iskelelerde, iskelenin bir yerden bir yere kolayca taşınabilmesi ve duvara bağlantı yapılarak iskelenin dengede durmasını sağlar, en üst mastın üzerindeki sabitleme deliklerine 28 mm'lik cıvatalarla tutturulmuş bir yapıdır.



Şekil 4.11. HCI'nin sökülmeden taşınmasını sağlar

#### 4.3.12. Elektrik tesisatı

Platform 400 V/50 Hz AC ana elektrik şebekesiyle desteklenir. Platformun elektrik kurulumu aşağıda belirtilen şekildedir.

– Ana devre	3X400 VAC
– Kontrol devresi	48 VAC
– Korna devresi	230 VAC
– Soket fay ile el aletleri devresi için akım kesici	30mA 230 VAC

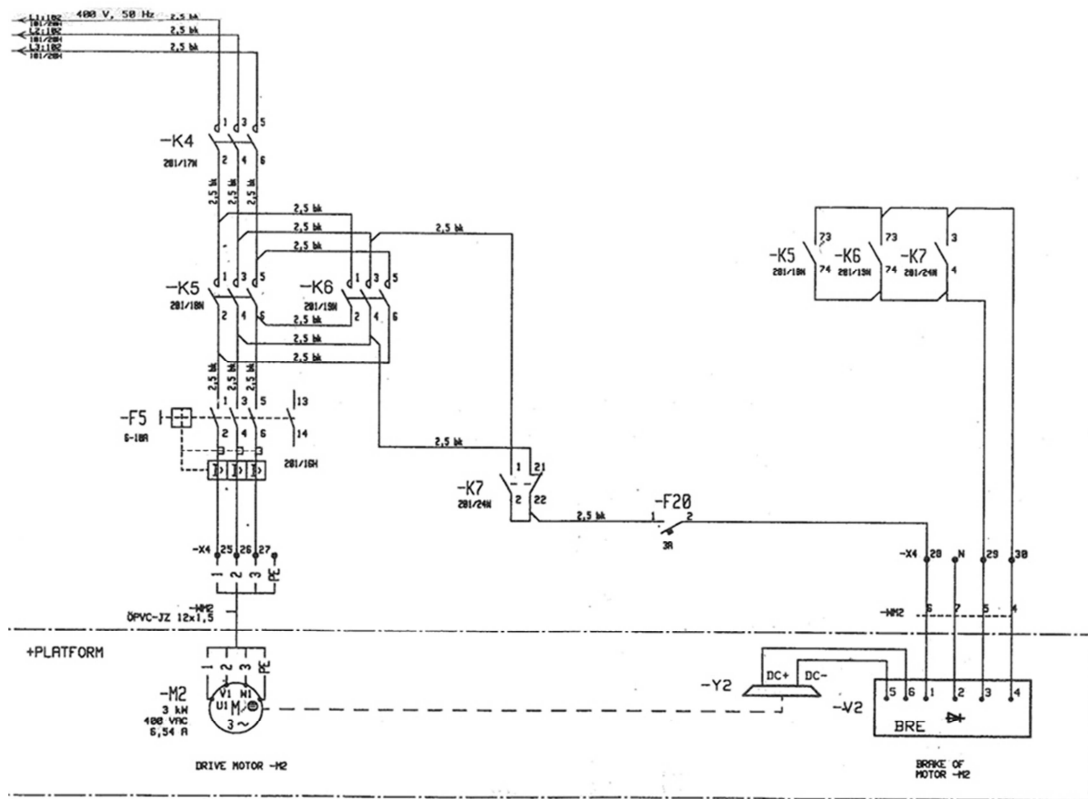
#### 4.3.13. Switch

Switch, elektronik devreler ve mast üzerinde 3 cm çapında dönen tekerlekten oluşmaktadır. Orta göbeğin üzerinde üstte 2 adet ve aşağıda 2 adet monte edilmiş olup, orta göbeğin üzerinde toplam 4 adet switch vardır.

Çalışma prensibi : Platform en üst masta geldiğinde masttan çıkmasını engellemek ve platformun en alta geldiğinde şasiye çarpmasını önleme görevini üstlenmektedir.

#### 4.3.14. Ana devre

Ana Devre motor (M2) ve fren (Y2) kaldırma için güç sağlamaktadır. Çalışma platformu kontrol kutusu platformun hareketlerini yukarı ve aşağı kontrol etmekte kullanılır. Kontrol kutusu ana anahtar (Q2), değişen dizi anahtarı (Q2.1), motor devre kesici (F5), ana kontaktör (K4), faz sırası rölesi (F8), yukarı ve aşağı bölgelere hareketler için kontaktörden (K6) oluşur. Ayrıca kontrol gerilim transformatörü (T2) ve transformatörün korunması için devre kırıncıdan (F7) oluşur. Ana şalter (S2) hem ana devreleri hem de kontrol devrelerini kapatır. Motor devre kesici (F5), motorda ya da motor kablosunda aşırı yüklenme olduğunda oluşabilecek kısa devrelerde gücü kapatır. Faz sırası rölesi (F8), faz sırası yanlış olduğunda ve bu motorun tam aksi yönde çalışmasını engellediğinde ana devreyi kapatır.



Şekil 4.12. Ana devre kontrol şeması



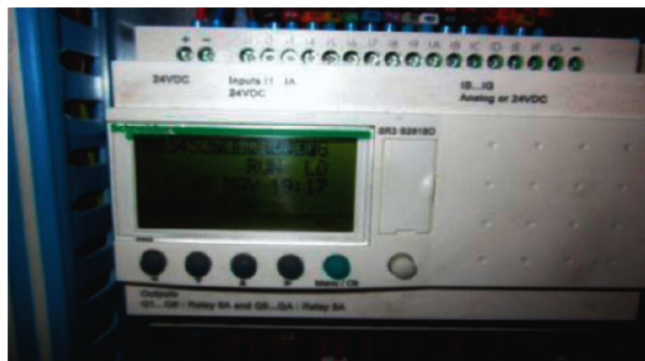
edildikten sonra otomatik olarak sinyal verir. Korna çubuğu en düşük platform pozisyonundan (F10) 2 m'ye kadar uzatılabilir.

#### 4.4. Hareketli Cephe İskele Sistemlerinde Hata Denetimi

Hareketli Cephe İskele sistemleri, ülkemizde pratikte yapılmakta fakat ciddi bir mühendislik çalışması yapılmamaktadır. Bu nedenle, alanındaki önemi açıkça belli olan ve fonksiyonlarıyla önemli bir boşluğu dolduracağına inanılan, Hareketli Cephe İskele sistemlerinde tasarım parametreleri incelenerek ve bazı özellikleri yeniden değerlendirilerek imalatı gerçekleştirilmiştir.

Hareketli Cephe İskele sistemlerine karşılaşılan en önemli problemlerden biri de iskele ile çalışma yapılırken karşılaşılan teknik problemlerdir. Çalışma yerinin uzakta olması teknik servisin problem çözümünü geciktirebilmekte ve hem kullanıcıya hem de üretici firmaya ciddi maliyetler yüklemektedir. Bu nedenle karşılaşılan teknik problemlerin kısa sürede çözümlenmesi ve ek ulaşım maliyeti sağlamaması açısından yazılım programı geliştirilmiştir.

Buna göre, Hareketli Cephe İskele sisteminde herhangi bir sorun ile karşılaşılmaması durumunda iskele üzerinde bulunan sensörler yardımıyla hata kodu merkez işlemci birimine gelmekte ve gelen hata kodu merkez işlemci biriminde kullanıcı diline dönüştürülerek, hata iletisini ekranda göstermektedir (Şekil 4.14). Bu hata iletisine bağlı olarak, problem meydana gelen bölgede üretici firmanın kullanıcıya verdiği yetkiler dahilinde iskeleye müdahale edebilmekte aksi takdirde üretici firma ile irtibata geçerek teknik destek talep ederek sorunu çözümlenmektedir.



Şekil 4.14. Hata iletisi ekranı

## **BÖLÜM 5. HİSİ SİSTEM ANALİZİ**

Hareketli Cephe İskele sistemlerinde, gerçekleştireceğimiz testler mekanik testler ve fonksiyon testleridir. Mekanik Testler aşamasında önemle üzerinde durulacak bölüm, Hareketli Cephe İskele sisteminin Statik Analizi, Emniyet Frenleme Testleri, Titreşim ve Rüzgar Kuvvetidir. Fonksiyon Testlerinde ise üzerinde durulacak esas unsur alt ve üst seviyelerde platformun, switchlere bağlı olarak çalışıp otomatik olarak durmasıdır. Belirlenen parametreler ile test sonuçlarının mukayese edilmesi sonucunda yapılacak düzeltme çalışmaları ile fonksiyon testleri tamamlanacaktır.

Test aşamasında projemiz ile ilgili yapmış olduğumuz Etüd-Proje ve Üretim aşamalarının değerlendirilmesi yapılacaktır. Yapılacak testler ile hem proseslerin izlenmesi ve ölçülmesi, hem de makinemizin kontrolüne ilişkin şartların yerine getirilmesi sağlanarak gerekli kayıtların tutulması sağlanacaktır.

Ön görülmeyen aksaklıkların meydana gelmesi halinde ön projelendirme bölümüne geri dönülerek ilgili ünitenin veya parçanın prosedürü tekrar ele alınacaktır. Mekanik Emniyet Fren Tertibatı Testleri için bir adet motor hız ayar paneli yaptırılacak ve mekanik emniyet fren sisteminin, platform hızının 0,4 metre/saniye hıza çıkması durumunda çalışması için gerekli ayar işleri yapılacaktır.

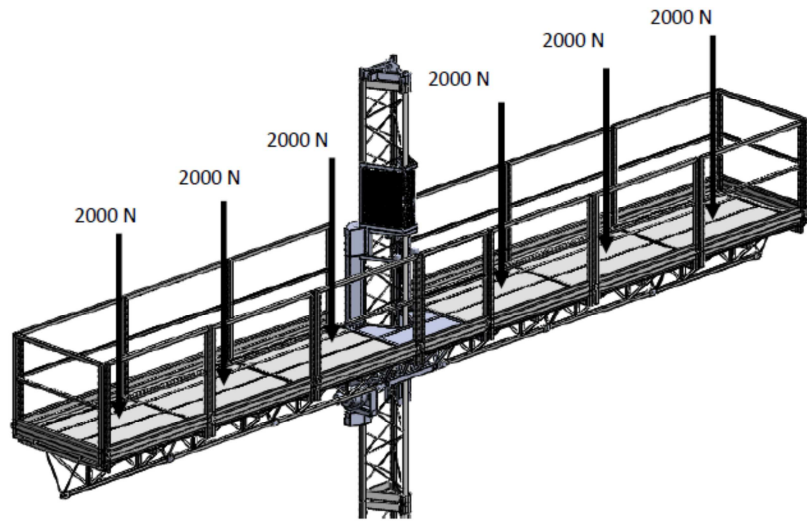
Test sonuçlarının başarılı çıkması projenin tümüyle başarılı olacağı anlamına geleceği için bu bölümün başarısı oldukça önemlidir. Test faaliyetinde projemiz ile ilgili yapmış olduğumuz Etüd-Proje ve üretim iş paketimizin değerlendirilmesi yapılacaktır. Yapacağımız testler ile hem proseslerin izlenmesi ve ölçülmesini hem de makinanın kontrolüne ilişkin şartları yerine getirerek gerekli kayıtların tutulması sağlanacaktır.

## 5.1. Statik Analiz

Bu bölümde, platformun max yük altında yer değiştirmesi ve platformda meydana gelen eşdeğer gerilmenin bulunması amaçlanmaktadır.

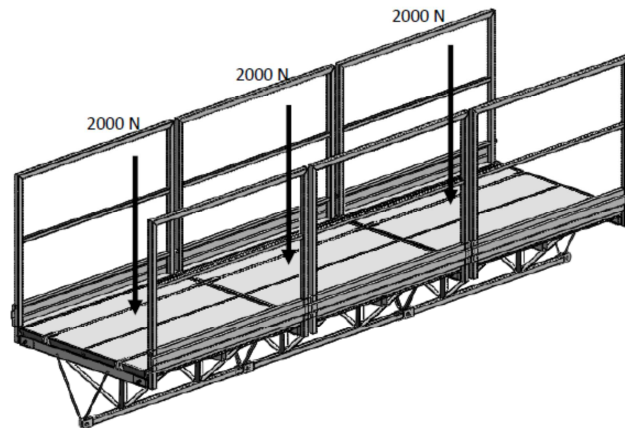
### 5.1.1. Platform analiz modelini oluşturma

Analiz yapıyı oluşturan kirişlerin maksimum yükleme koşulundaki maruz kaldığı gerilmelerin bulunmasını içermektedir.



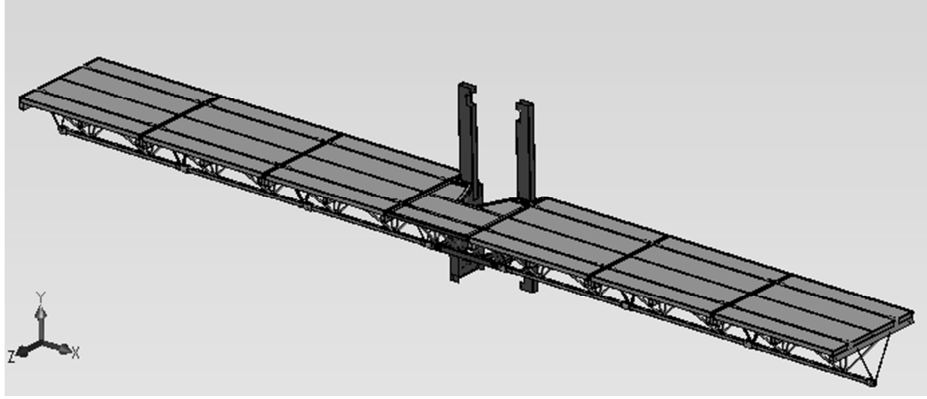
şekil 5.1. Eşit yüklerle yüklenmiş platform

Maksimum yükleme durumu Tekil olarak uygulanmıştır. Yük her platform modülüne eşit şekilde dağıtılmıştır. Malzeme olarak yapısal elik St-37 kullanılmıştır.



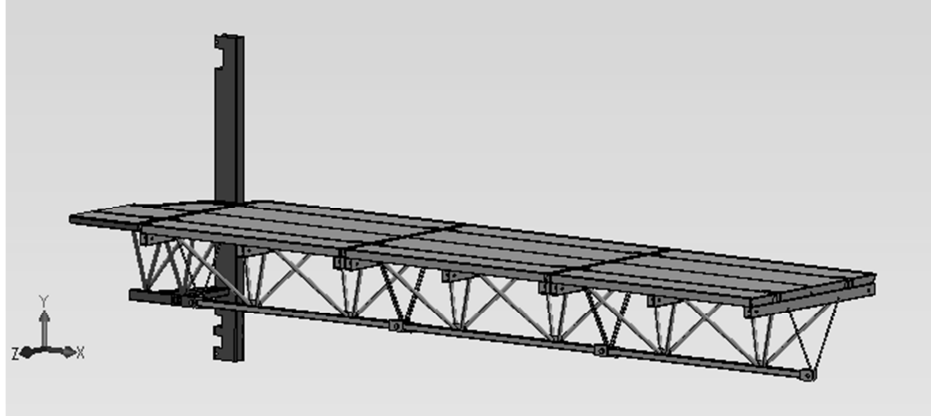
şekil 5.2. Sol  platformun görünüşü

Simetri koşullarına bağlı olarak Platform modüllerinin sol 3 tanesinden en kritik yüklemeye sahip olan iç taraftaki modülün analizi gerçekleştirilecektir. Diğer 2 modülden gelen yükler ve ağırlık değerleri statik denge durumuna göre platformun ilgili noktalarına aktarılmıştır. Platformun taşıyıcılık özelliği bulunan kısımları seçilerek korkuluk ve zemin saçı analizden çıkarılmıştır.



Şekil 5.3. Platformun tamamının sadeleştirilmiş hali

Tüm Platform içinden platformun analize girmesi istenilen kısmı yani yarısını Şekil 5.4’de gösterildiği gibi analiz için yeniden modellenmiştir.



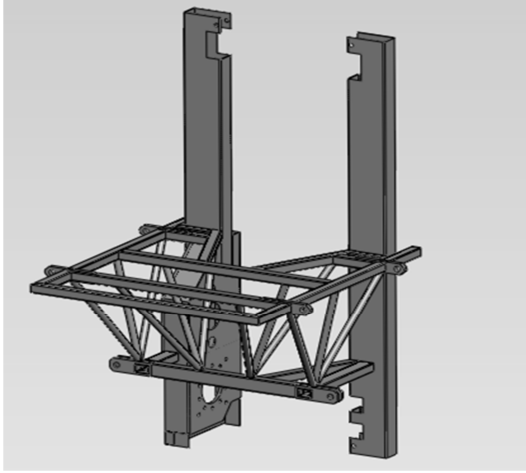
Şekil 5.4. Modelin simetrik versiyonu

### 5.1.2. Platform analizinde kullanılan ana parçalar

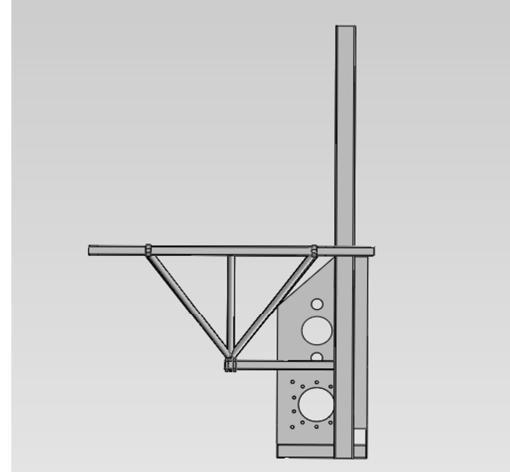
Birbirine bağlanarak uzunluğu ayarlanan platformlar, taşıyıcı gövdeye bağlanarak çalışma imkanı sağlamaktadır. Taşıyıcı gövde üzerinde bulunan redüktör ile inme-çıkma hareketi sağlanmaktadır.



### 5.1.2.1. Taşıyıcı gövde



Şekil 5.5. Ana gövde izometrik görünüşü

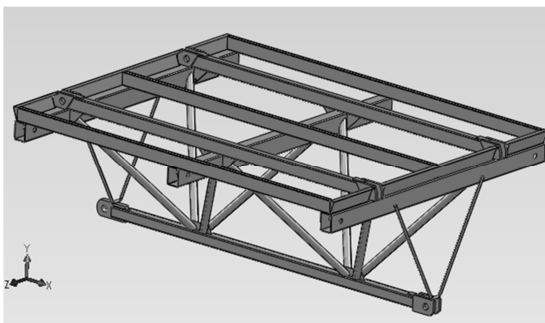


Şekil 5.6. Ana gövde yan görünüşü

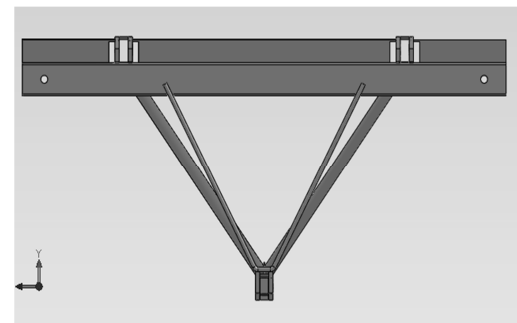
Taşıyıcı gövdede dikkat çeken ilk şey iki yanda bulunan dikey profiller dir. Dikey profiller mast üzerinde dengesini sağlamaktadır. Sol profil altında motor ve mekanik fren yatağı bulunmaktadır, güç iletimi bu bölgeden sağlanmaktadır. Balkon şeklinde ileri çıkan bölme iki yandan yürüme platformlarına bağlanmaktadır. Yan görünüşünü incelediğimizde üçgen kafes dikkatimizi çeker, hem daha dayanımlı hem de daha hafif olan üçgen kafes kullanılmıştır.

### 5.1.2.2. Yürüme platformu

Yürüme Platformu dikdörtgen profil yapı çeliği ve boru desteklerden oluşturulmuş ve birbirlerine kaynaklanmıştır. Sağlam olması için kafes oluşacak şekilde çapraz boru kaynatılmıştır aynı zamanda daha hafif olması sağlanmıştır.



Şekil 5.7. Yürüme platformu izometrik görünüşü

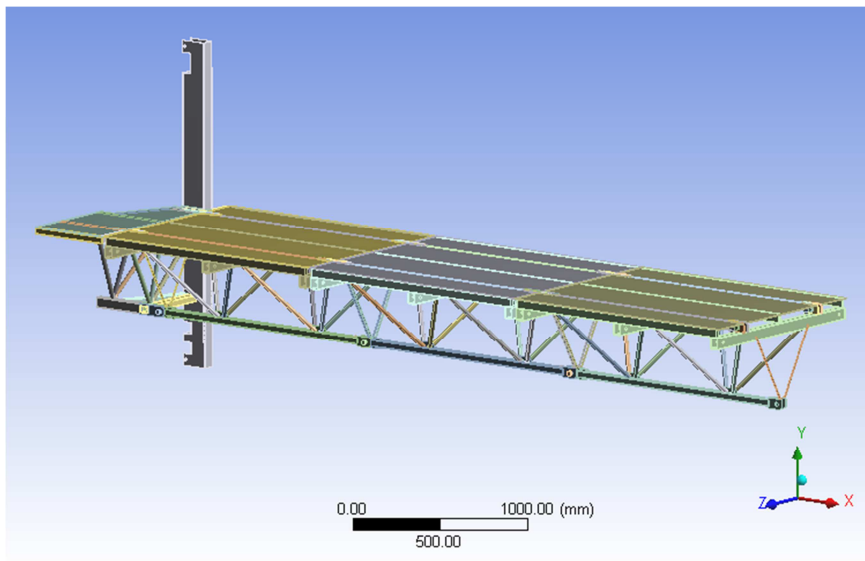


Şekil 5.8. Yürüme platformu yan görünüşü

### 5.1.3. Platformun analizi

ANSYS ile analize başlamadan önce platformu oluşturan parçalar tanımlanır. Platformu oluşturan parçalar tanımlandıktan sonra, her bir platformda meydana gelebilecek personel ve malzeme yükü ön görülerek platforma yük uygulanarak max yer değiştirme ile eş değer gerilme bulunur.

#### 5.1.3.1. Platformu oluşturan bütün parçalar tanımlanması

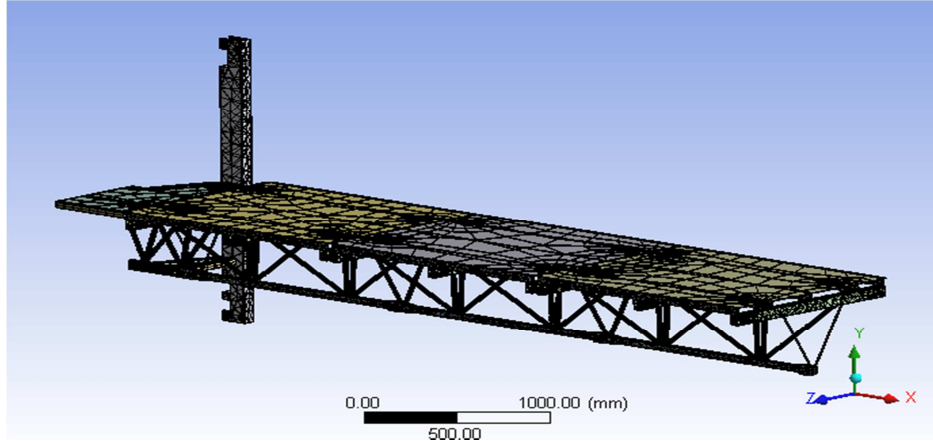


Şekil 5.9. Platformun ANSYS programına tanıtılması

Tüm parçalarda Bonded tipi kontak (temas) kullanılmıştır. Bonded tipi kontak, yüzey tanımlandığında birbirine değen yüzeylerin temas durumundan sonra birbirine yapışacağı kabulü yapılır. Yani iki yüzey birbirine kaynaklı gibi davranır.

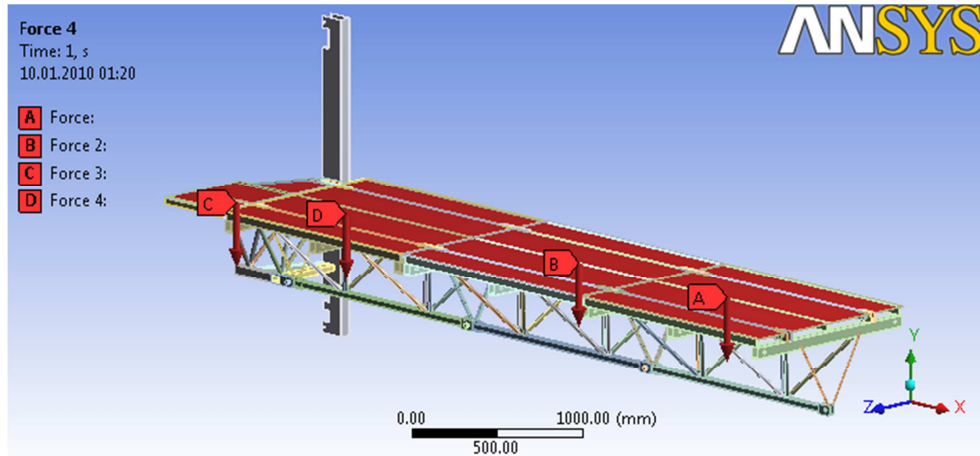
#### 5.1.3.2. Mesh oluşturulmuş iskele

Montaj dosyasında montaj edilen platform ve taşıyıcı gövde, programın çözümü gerçekleştirilmesi için mesh edilerek küçük parçalara ayrılır. 3.157 adet mesh yapılmıştır.



Şekil 5.10. Mesh edilmiş model

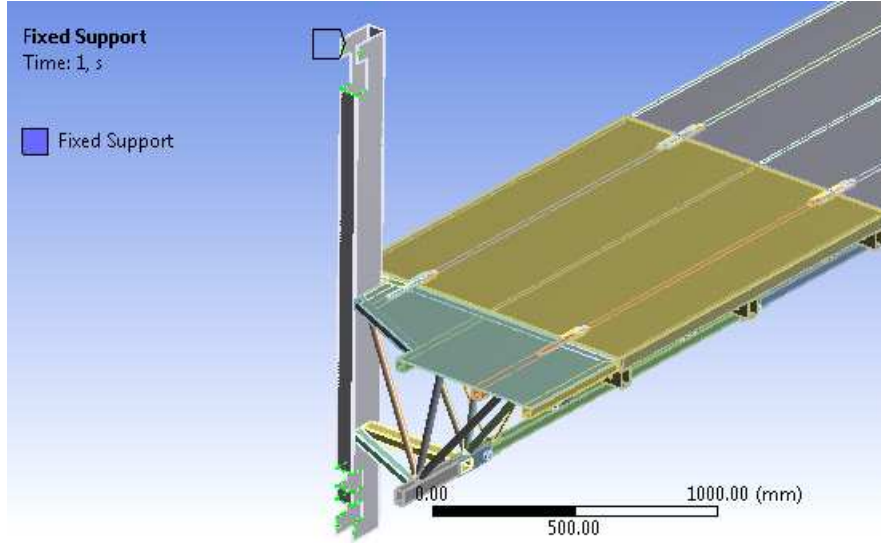
### 5.1.3.3. Kuvvetlerin uygulanacağı yerlerin belirlenmesi



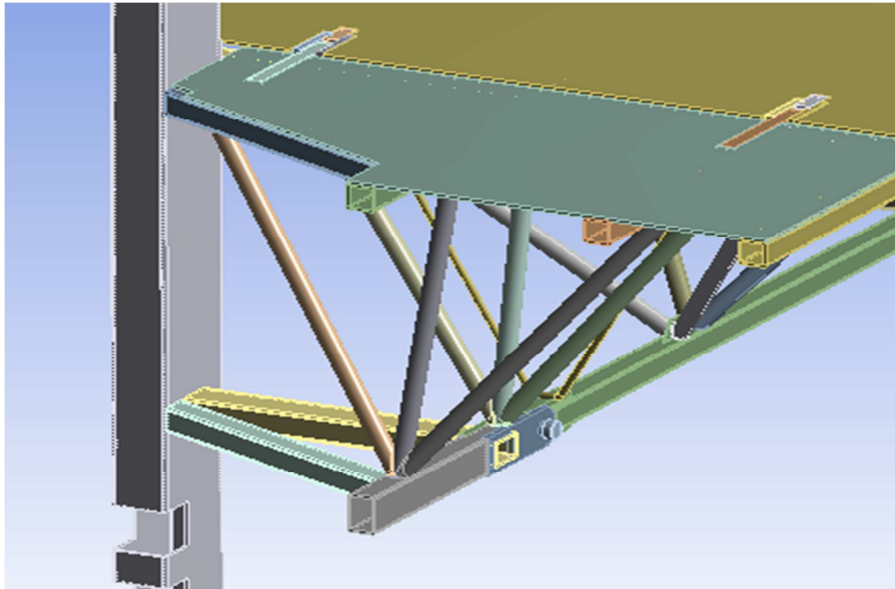
Şekil 5.11. Modele kuvvetlerin uygulanması

### 5.1.3.4. Destek noktalarının belirlenmesi

Modelde destek noktası olarak dikey profilin üst alt noktaları seçilmiştir



Şekil 5.12. Model üzerindeki destek noktaları

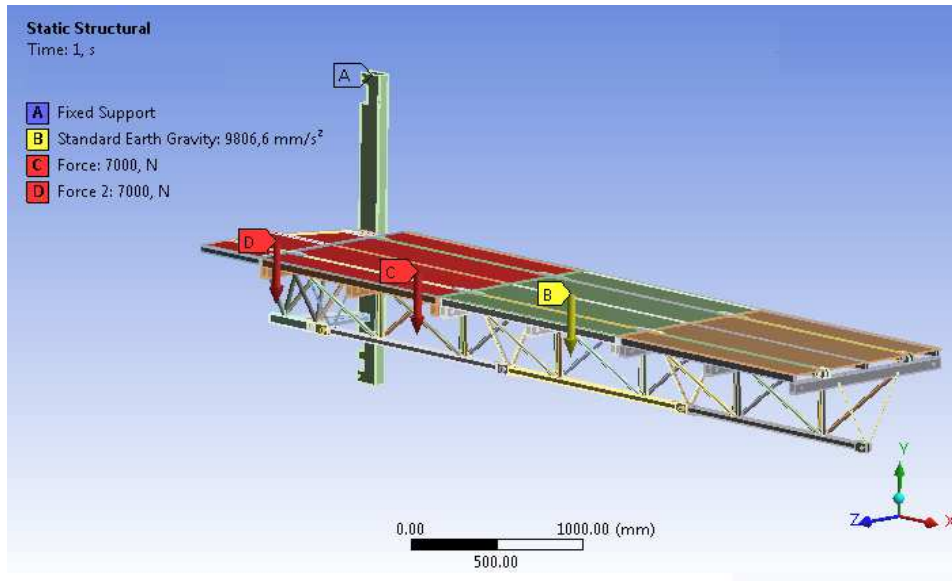


Şekil 5.13. Model üzerinde simetri bölgeleri

Platformun analizine başlamadan önce platforma uygulanacak yüklerin belirlenmesi gerekmektedir. Tüm platformda, sağda üç adet platform, solda üç adet platform ve ortada taşıyıcı gövde bulunmaktadır. Toplamda altı platform ve ortada taşıyıcının bulunduğunu söyleyebiliriz. Her bir platformda iki kişinin malzemeleri ile çalışacağı var sayarsak her bir platforma gelen yükün ortalama 200 kg (2000 N) olduğu görülmektedir. Bu da tüm platform ile taşıyıcı gövdenin ortalama 14000 N'luk bir yükü kaldırabileceği esas alınarak analiz yapılmıştır.

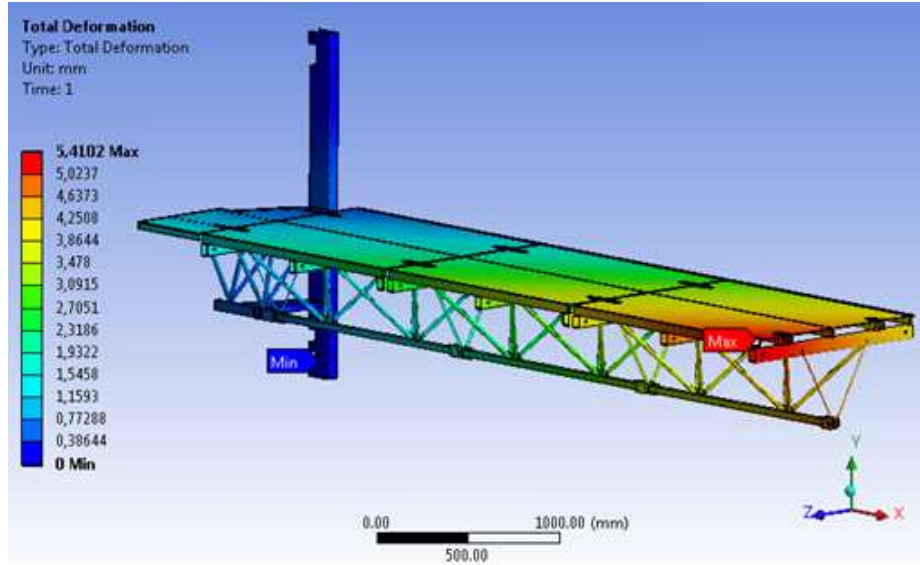
Analizlerden ilkin taşıyıcı gövde üzerine 1.400 kg'lık yükleme altında, ikinci analizi 700 kg'lık yükü ikinci yürüme platformuna üç kişi ile çalışılacağı öngörülerek ve son olarak da 500 kg'lık yükü üçüncü yürüme platformuna iki kişi ile çalışılacağı öngörülerek gerçekleştirilmiştir. (100 kg yükün yaklaşık eşdeğeri olarak 1000 N'luk kuvvet uygulanmıştır.)

#### 5.1.4. 14.000 N Statik yük ve yer çekimi altında ilk analiz sonuçları



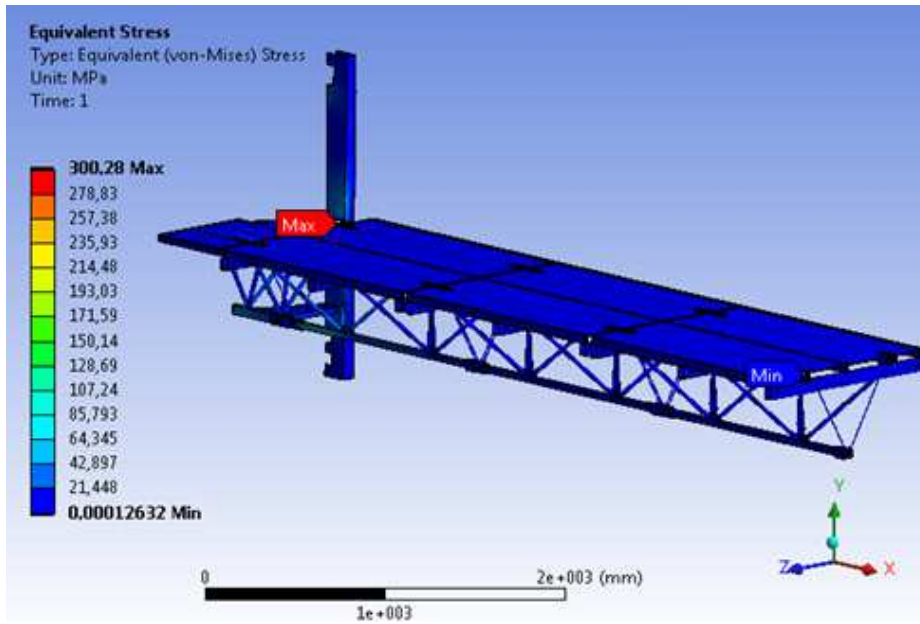
Şekil 5.14. 14.000 N kuvvet uygulanmış model

Taşıyıcı gövde ve 6 platform üzerine her bir platform ve gövdeye iki kişi malzemeleri ile birlikte 200 kg'lık yük ile ağırlık yapacağı ön görülmüştür. Bu nedenle platforma etkiyen toplam yük 1.400 kg olduğu hesaplanmıştır. Öngörülen 1.400 kg'lık yükün olası bir ihtimal ile göbek etrafında etkiyeceği düşünülerek C ve D noktalarına 14.000 N'luk kuvvet uygulanmıştır.



Şekil 5.15. 14.000 N için toplam yer değiştirme dağılımı

14.000 N'luk yük altında toplam yer değiştirme max 5,4 mm olarak bulundu.

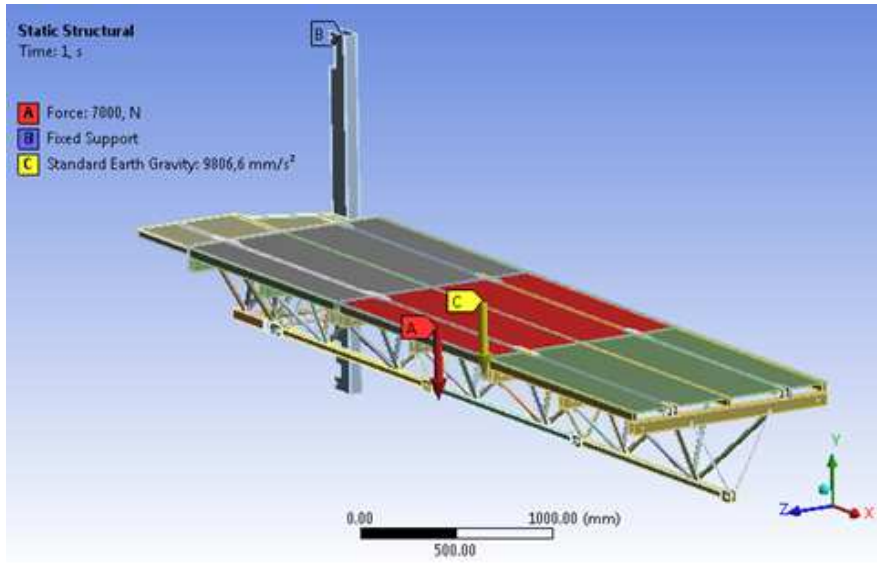


Şekil 5.16. 14000N İçin eşdeğer gerilme dağılımı

Sonuçlara göre, 14.000 N'luk yük altında ortalama Eşdeğer Gerilme (von-mises) 190 MPa ve max Eşdeğer Gerilme (von-mises) 100 ile 170 MPa değerleri arasında görülmektedir.

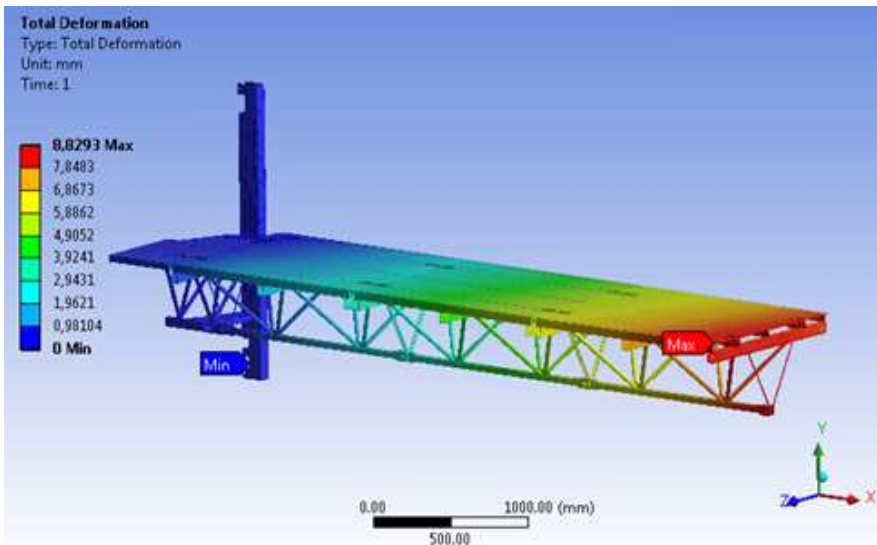
İş iskeleleri-performans gerekleri ve genel tasarım (TS EN 12811-2/Aralık 2005)[14] kriterlerine göre akma dayanımı 235 MPa olarak değerlendirilmektedir. Eşdeğer gerilmelerin bu değerin üzerine çıkabileceği ihtimaline karşılık; lokal bölgelerde oluşan yüksek stres, dayanımı yüksek malzeme ve daha sağlam kaynak ile iyileştirme yapılarak bu sıkıntı giderilmiştir.

### 5.1.5. 7.000 N Statik yük ve yer çekimi altında ilk analiz sonuçları



Şekil 5.17. 7.000 N kuvvet uygulanmış model

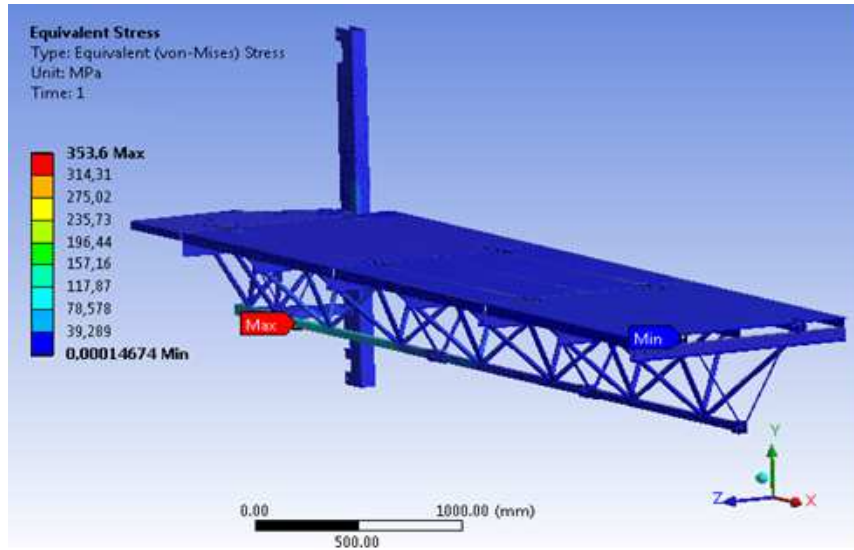
Taşıyıcı gövde ve iki platform üzerinde 700 kg'lık yük ile çalışılacağı öngörülerek, A noktasına 7.000 N'luk kuvvet uygulanmıştır.



Şekil 5.18. 7.000 N için toplam yer değiştirme dağılımı



7.000 N'luk yük altında Toplam yer değiştirme; max 8,83 mm olarak bulunmuştur.



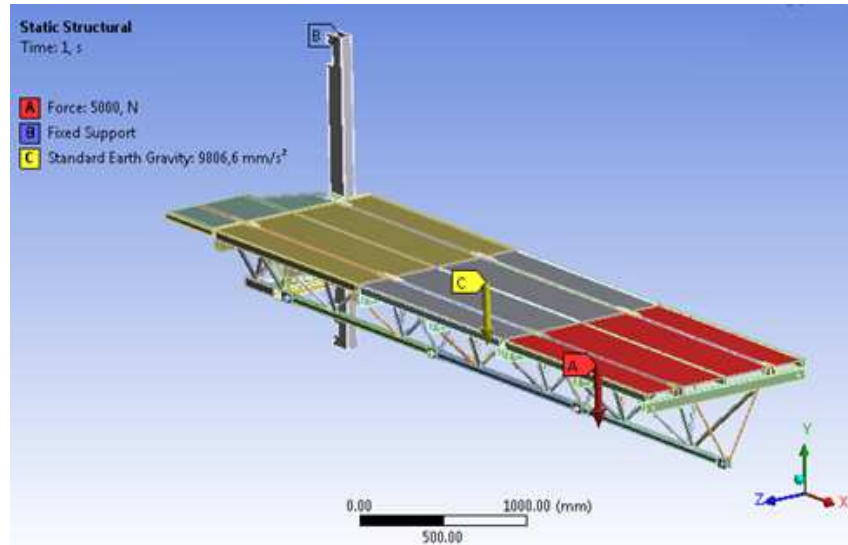
şekil 5.19. 7.000 N İçin eşdeğer gerilme dağılımı

Sonuçlara göre, 7.000 N'luk yük altında ortalama Eşdeğer Gerilme (von-mises) 215 MPa ve max Eşdeğer Gerilme (von-mises) 130 ile 200 MPa değerleri arasında görölmektedir.

İş iskeleleri-performans gerekleri ve genel tasarım (TS EN 12811-2/Aralık 2005) [14] kriterlerine göre akma dayanımı 235 MPa olarak değerlendirilmektedir. Eşdeğer gerilmelerin bu değerin üzerine çıkabileceği ihtimaline karşılık; lokal bölgelerde oluşan yüksek stres, dayanımı yüksek malzeme ve daha sağlam kaynak ile iyileştirme yapılarak bu sıkıntı giderilmiştir.

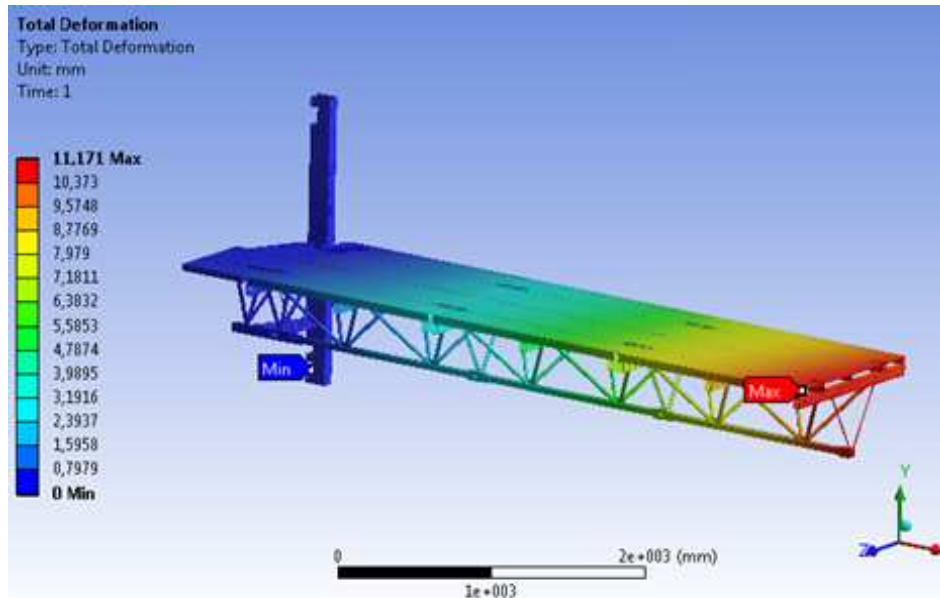


### 5.1.6. 5000 N Statik yük ve yer çekimi altında ilk analiz sonuçları



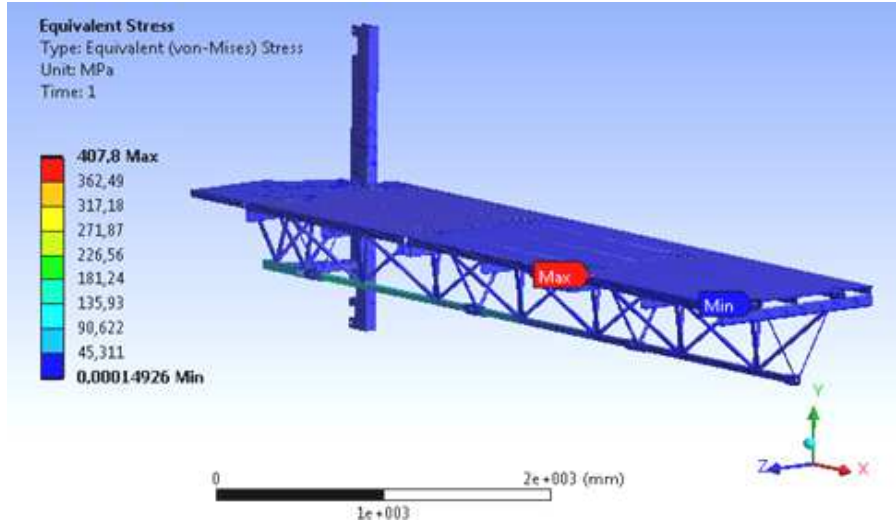
Şekil 5.20. 5.000 N Kuvvet uygulanmış model

Taşıyıcı gövde ve üç platform üzerinde 500 kg'lık yük ile çalışılacağı düşünülerek, A noktasına 5.000 N'luk kuvvet uygulanmıştır.



Şekil 5.21. 5.000 N Toplam yer değiştirme dağılımı

5.000 N'luk yük altında toplam yer değiştirme; Max 11,171 mm olarak bulunmuştur.



Şekil 5.22. 5.000 N Eşdeğer gerilme dağılımı

Sonuçlara göre, 5.000 N'luk yük altında ortalama eşdeğer gerilme (von-mises) 250 MPa ve max eşdeğer gerilme (von-mises) 150 ile 220 MPa değerleri arasında görülmektedir.

İş iskeleleri-performans gerekleri ve genel tasarım (TS EN 12811-2/Aralık 2005) [14] kriterlerine göre akma dayanımı 235 MPa olarak değerlendirilmektedir. Eşdeğer gerilmelerin bu değer üzerine çıkabileceği ihtimaline karşılık; lokal bölgelerde oluşan yüksek stres, dayanımı yüksek malzeme ve daha sağlam kaynak ile iyileştirme yapılarak bu sıkıntı giderilmiştir.

### 5.1.7. Eşdeğer gerilme (Von-mises)

Von mises gerilmesi bir yapıda bir noktadaki eşdeğer gerilme değerini verir. Sünek bir malzeme için von misses gerilmesi malzemenin akma mukavemet değeri ile karşılaştırılabilir değerdir. Teorik çalışmalarda tercih edilir. Yapı Çeliklerinin akma dayanımı, İş iskeleleri-performans gerekleri ve genel tasarım (TS EN 12811-2/Aralık 2005)[14] kriterlerine göre akma dayanımı 235 MPa olarak değerlendirilmektedir. Eşdeğer gerilmelerin bu değer üzerine çıktığı bölgelerin olduğu açıktır. Lokal bölgelerde oluşan yüksek stres, dayanımı yüksek malzeme ve daha sağlam kaynak ile iyileştirme yapılarak bu sıkıntı giderilmektedir.

Malzemenin güvenli kabul edilebilmesi için;

Von misses gerilmesi:  $\sigma \leq \sigma_{akma}$  şartı aranmaktadır.

### 5.1.8. Platform analizlerinin karşılaştırılması

Tablo 5.1’de Platformun, 14.000 N, 7.000 N ve 5.000 N yük altındaki deformasyon (yer değiştirme) ve eşdeğer gerilmeleri görülmektedir.

Tablo 5.1. Statik analiz sonuçları

Uygulanan Yük	Yük Uygulama Noktası	Deformasyon	Eşdeğer Gerilme (Von –Mises)
14000N	Taşıyıcı gövde üzerine	5,4mm	100 ile 170 MPa Arasında
7000N	İkinci yürüme platformuna	8,8mm	130 ile 200 MPa Arasında
5000N	Üçüncü yürüme platformuna	11mm	150 ile 220 MPa Arasında

### 5.1.9. Platformun 14.000 N, 7.000 N ve 5.000 N yük altındaki analizinin değerlendirilmesi

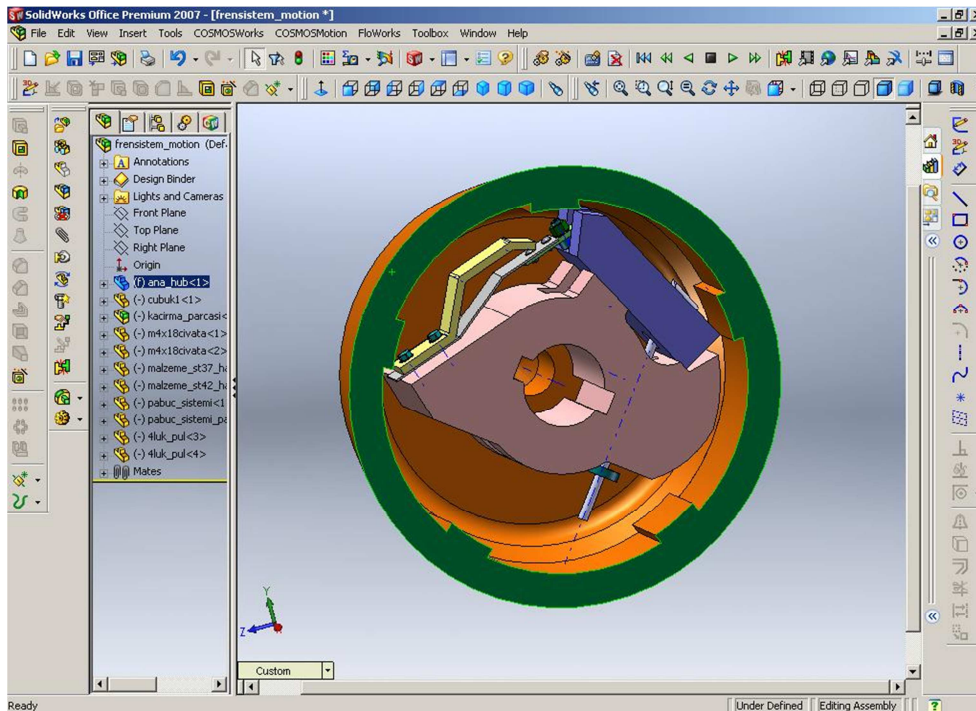
İş iskeleleri-performans gerekleri ve genel tasarım (TS EN 12811-2/Aralık 2005) [14] kriterlerine göre akma dayanımı 235 MPa olarak değerlendirilmektedir. Analiz yapılan üç farklı yük durumunda lokal bölgelerde oluşabilecek yüksek gerilme nedeniyle, eş değer gerilmenin akma dayanımının üzerine çıkabileceği ihtimaline karşılık dayanımı yüksek malzeme ve daha sağlam kaynak ile iyileştirme yapılarak lokal bölgelerde oluşabilecek yüksek stres giderilmektedir.

## 5.2. Mekanik Fren Sistemi Analiz Modelini Oluşturma

Bu analizin amacı kramayer dişli sistemlerle çalışan Hareketli Cephe İskele sistemlerinin yukarı - aşağı hareketlerinde oluşacak herhangi bir hata sonucu platformun düşmesinin engellenmesi amacıyla tasarlanmış olan bir mekanik fren sisteminin simülasyonunu ve analizini gerçekleştirmektir. Burada önemli olan sistemin gerçek örneğiyle aynı olmasını sağlamak ve gerçeğe yakın bir sonuç elde

etmektedir. Burada sistemin durmasını sağlayan parçanın hangi hızlarda hangi yay kuvvetleriyle sistemi durduracağı modellenmiştir.

İmalat resimleri hazırlanmış olan sistemin parçalarının katı modeli oluşturulduktan sonra Şekil 5.23 de gösterilen montaj modeli Şekil 5.24 deki gerçek modele uygun olarak oluşturulmuştur. Sistemin çalışma prensibi dönerken belli bir hızın üstüne çıktığında yay kuvvetini yenen pabucun dış çeperdeki yarıklara çarpıp sıkışması sonucu kilitlemesi ile sistemin güvenli bir şekilde durması amaçlanmaktadır. Kramayer dişlilere kenetlenmiş redüktörlü tahrik sistemi manyetik frenli elektrik motoru ile tahrik edilmektedir. Normal çalışma şartlarında motorun durdurulması ile manyetik fren devreye girer ve tasarım yüklerine uygun frenleme kuvvetini oluşturur. Acil durumlarda devreye girmesi istenen merkezkaç fren sisteminin serbest düşme durumunda platformun 39.24 cm/s hıza ulaştığında çalışması beklenmektedir. Bu hıza 0.4 saniyede ulaşılır ve platform bu hareket sırasında 78 santimetre düşme gerçekleştirir. Sıfır hızda başlayan bu hareket platform üzerinde güvenli bir ortam oluşturulabilmesi için yeterlidir. Dolayısıyla merkezkaç fren sisteminin devreye girme sınırı olarak 40 cm/s olarak belirlenmiştir.

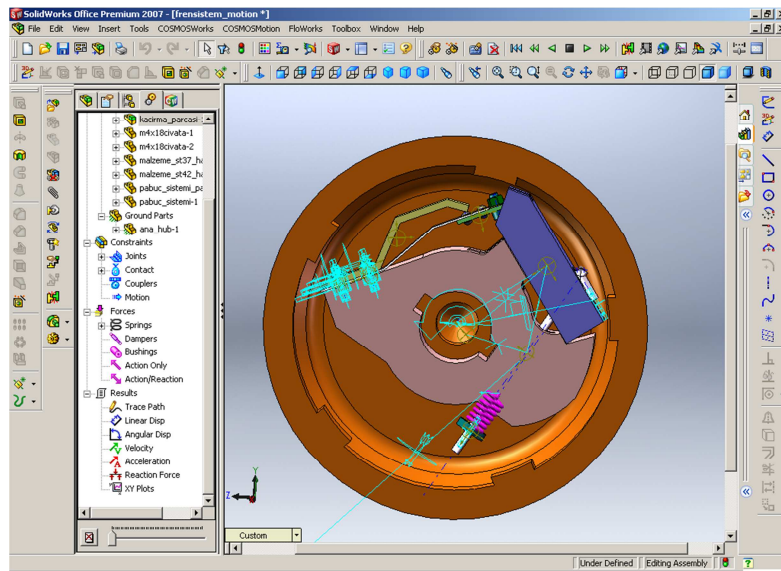


Şekil 5.23. Fren sisteminin Solid Works' te oluşturulmuş montaj resmi



Şekil 5.24. Fren sisteminin montaj öncesi imal edilmiş parçaları

### 5.2.1. Fren Sisteminin analizinin yapılması

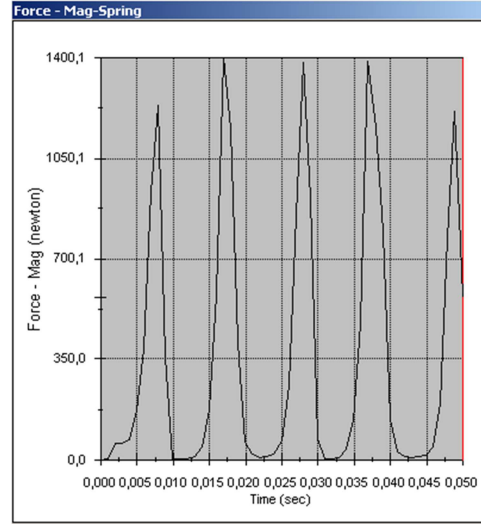


Şekil 5.25. Cosmos Motion' da sistemin analizi

Ana hub 0.4 m/s'lik hızla dönerken durdurma parçasının yay kuvvetini yenerek yerinden ayrılmasının simülasyonu gerçekleştirilmektedir. Ayrıca yayın kuvveti değiştiğinde parçanın çarpma gerçekleştirip gerçekleştirilmeyeceğini ölçmektir.

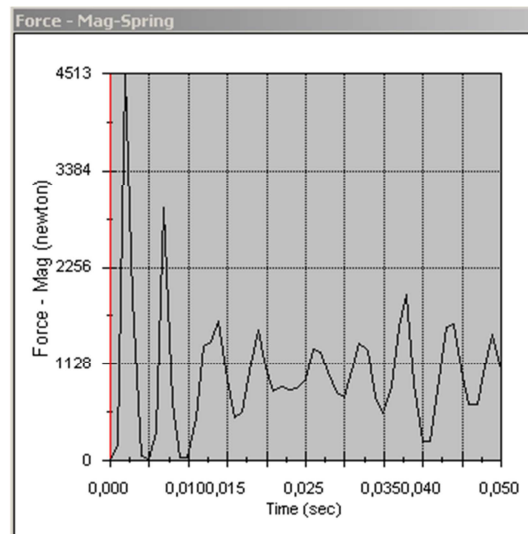
Sistemimin dönme hızını 0.4 m/s, yay sertliğini de 1 N/mm<sup>2</sup> olarak ayarlayıp simülasyonu gerçekleştirdiğimizde;

### 5.2.2. Yayda oluşan kuvvet değerleri



Şekil 5.26. Ana hub ile durdurma parçası arasında oluşan kuvvetler

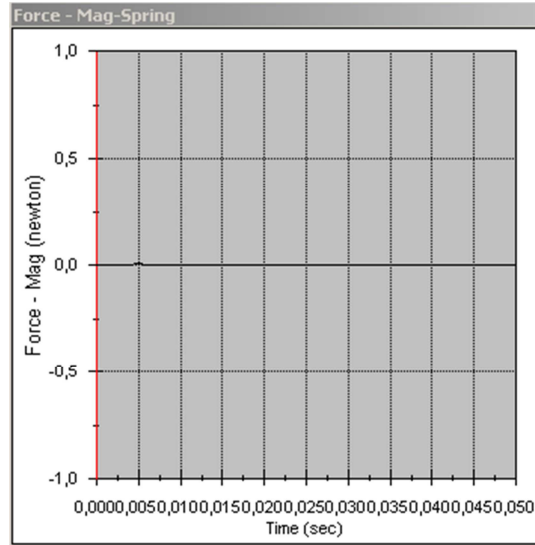
Şekil 5.26’da da görüldüğü gibi kırmızı çizgiye gelindiğinde fren sağlanmış olmaktadır. Sistemin dönme hızı 0.4 m/s, yay sertliğini değiştirerek yay kuvvetini arttırdım. Yay sertliğini 100 N/mm<sup>2</sup> olarak ayarladım. Bu durumda durdurma parçasının ana hub’a çarpmamasını beklemekteyiz.



Şekil 5.27. Ana hub’la durdurma parçası arasındaki oluşan kuvvetler



Şekil 5.27’de görüldüğü gibi yayın sertliği arttırıldığında ana hub ile durdurma parçası arasındaki kuvvet değerleri de artmaktadır.



Şekil 5.28. Değişik yay kuvvetlerinde yay sertliğini bulma

Şekil 5.28’da görüldüğü gibi yayın kuvveti  $700 \text{ N/mm}^2$  olarak kabul edildiğinde ana hub yayın kuvvetini yenememekte dolayısıyla platform fren yapamayıp duramamaktadır.

### 5.2.3. Mekanik Fren Sistemi analizinin değerlendirilmesi

Yukarıdaki grafiklerden de görüldüğü üzere burada yayın sertliği dolayısıyla da oluşturacağı kuvvet değerleri arttırıldığında, ki bu aynı zamanda yayı sıkıştırmak anlamına da gelebilmektedir, yayda oluşan kuvvet değerleri artmakta ve durdurma parçası ile ana hub arasında çarpışma meydana gelmemektedir. Bu analiz sonuçlarına göre yayın sertliği  $\text{max } 100 \text{ N/mm}^2$  olarak belirlenmiştir. Bu veriler ile üretilen model üzerinde testler yapılarak verilerin doğruluğu görülmesi neticesinde platformun teknik özellikleri meydana gelmiştir.

### 5.3. Titreşim Analizi

Makinalarda ve özellikle konstrüksiyonlarda zaman zaman nereden kaynaklandığı bilinmeyen titreşimlere rastlanır. Bu titreşimler kimi zaman sadece izleyende

rahatsızlığa neden olur ama bazen de bir makinanın arızalanması veya bir konstrüksiyonun çökmesine kadar giden ciddi sonuçlar doğurabilir. Kısaca, “bir denge noktası etrafındaki mekanik salınım” diye tanımlanan titreşim, yerine göre bazen istenen, bazen de istenmeyen bir durumdur.

Doğadaki her cisim “doğal titreşim frekansı” olarak adlandırılan, sonsuz sayıda titreşim frekansı ve şekline sahiptir. Bu frekansların hesaplanması ve şeklinin bilinmesi, titreşim kaynaklı mühendislik problemlerinin çözümünde temel önemi taşımaktadır. Doğal Titreşim Analizinin yapılması ile yapının doğal titreşim frekansları bulunmuş olur. Yapıya uygulanan periyodik bir kuvvetin frekansı, bu doğal frekanslardan herhangi birisi civarında ise, bu frekans uyarılmış olur ve yapı bu doğal frekans ve şekli ile titreşmeye başlar. Eğer uyarıcı kuvvetin frekansı ile yapının doğal frekansı çakışır ise "rezonans" olayı meydana gelir. Rezonans istenmiyorsa, ya uyarıcı kuvvetin frekansının, ya da yapının frekansının değiştirilmesi gerekecektir. Karmaşık yapılarda, rezonans kaçmanın mümkün olmadığı durumlar ortaya çıkmaktadır. Bu durumda oluşacak titreşimin mertebesini bilmek gerekmektedir.

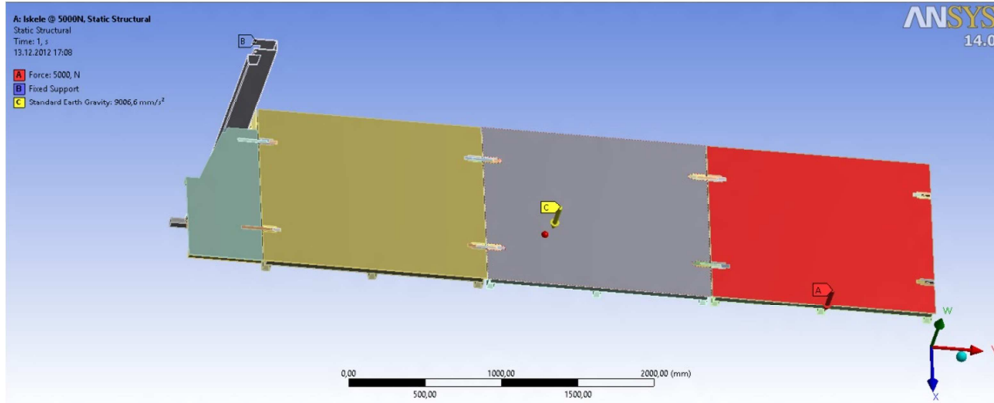
Rezonans olayı sonucu yapı üzerindeki yer değiştirmeler, yapının yıkılmasına, hasar oluşmasına, yorulmasına ya da insan rahatsızlığına sebep olabilmektedir. Zorlanmış titreşim analizinde, doğal frekansların bilinmesi kadar zorlayıcı kuvvetlerin de doğru bir şekilde bilinmesi gerekmektedir. Titreşim problemlerinde zorlayıcı kuvvetler, ya frekans olarak ya da büyüklük olarak; bazen her ikisi birden hesaplanması kolay olmayan büyüklüklerdir. Örneğin bir asma köprü etrafındaki hava akımının oluşturacağı kuvvetin periyodunu ve büyüklüğünü hesaplamak zordur. Ya da düzensiz akım içinde çalışan bir gemi pervanesinin kuvvet değişimini bulmak zordur. Diğer yandan zorlanmış titreşim analizinden gerçeğe yakın sonuç elde edebilmek için malzeme ve yapı için sönüm katsayısının çok iyi tayin edilmesi gerekmektedir.

### **5.3.1. Hareketli cephe iskele sisteminin doğal frekans analizi**

Solid Works programı ile modellenen Hareketli Cephe İskele sistemi IGS dosya formatı ile kaydedilip ANSYS Workbench Mechanical programı ile titreşim analizi



yapılmıştır. Model malzemesi olarak St 37 çelik seçilmiştir. Hareketli Cephe İskele sisteminin titreşim analizi yapılırken, taşıyıcı gövde ve platformlarda oluşabilecek en fazla titreşim en uçtaki platformda oluşacağı için en uçtaki platformda max yük uygulanarak titreşim analizi yapılmıştır. Buna göre en uçtaki platformda iki kişi malzemeleri ile birlikte 500 kg olarak öngörülerek titreşim analizi yapılmıştır.



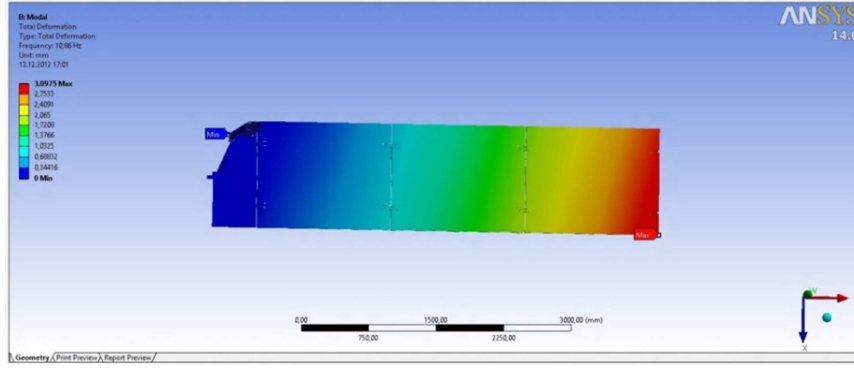
Şekil 5.29. Titreşim için yüklenecek kuvvetlerin yerlerinin tespiti

Taşıyıcı gövde ve üç platform üzerinde 500 kg'lık yük ile çalışılacağı düşünülerek, A noktasına 5.000 N'luk kuvvet uygulanmıştır. Yüklenecek kuvvetin yeri tespit edildikten sonra ANSYS Workbench Mechanical programında ilk altı mod değeri hesaplatılmıştır. Sonuçlar tablo 5.2' de görülmektedir.

Tablo 5.2. Titreşim frekansları

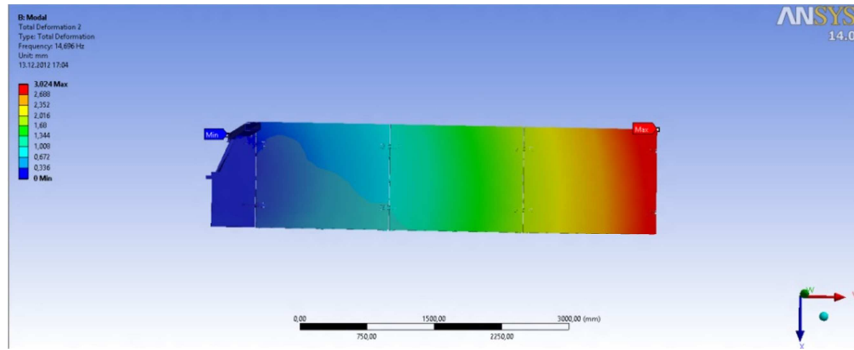
Mode	Frekans (Hz)
1	10,86
2	14,696
3	26,362
4	44,091
5	58,562
6	76,329

Hesaplanan 6 doğal frekansa karşılık gelen titreşim biçimleri Şekil 5.30 'den Şekil 5.35'ya kadar gösterilmiştir.



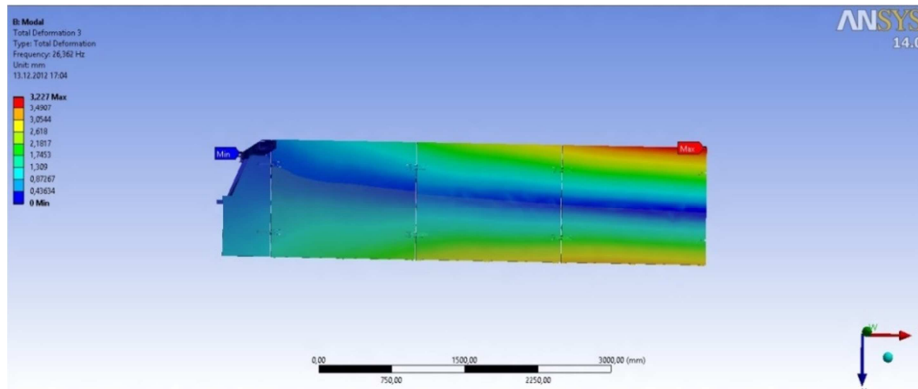
Şekil 5.30. Sistemin birinci doğal frekansı

ANSYS Workbench Mechanical programında birinci doğal frekansına karşılık meydana gelen deformasyon Şekil 5.30'da gösterilmiştir.



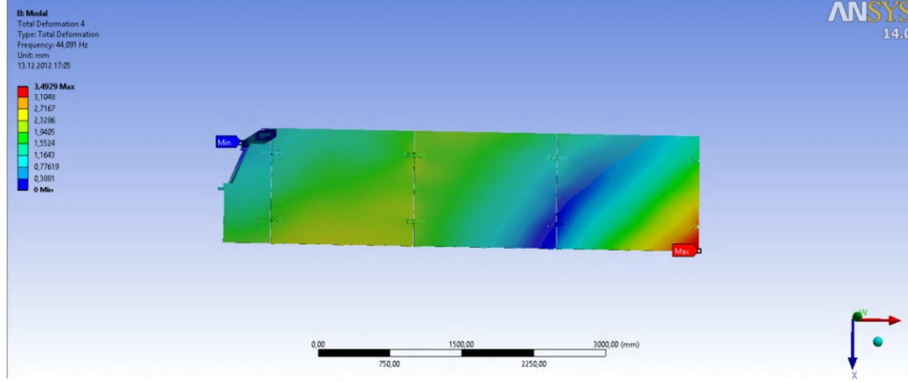
Şekil 5.31. Sistemin ikinci doğal frekansı

ANSYS Workbench Mechanical programında ikinci doğal frekansına karşılık meydana gelen deformasyon Şekil 5.31'de gösterilmiştir.



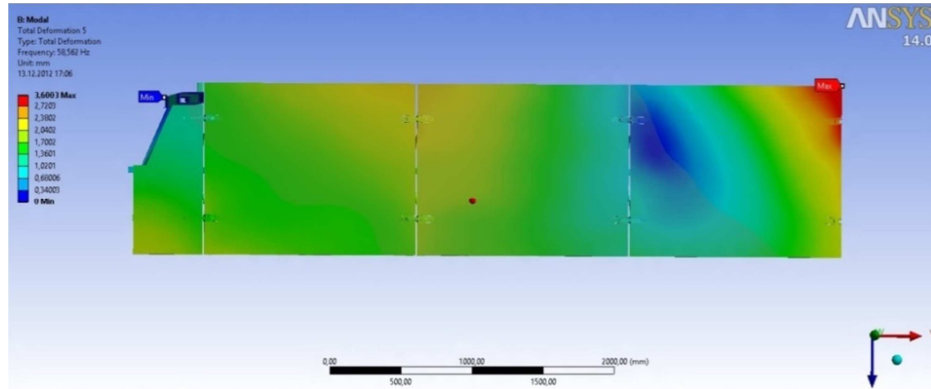
Şekil 5.32. Sistemin üçüncü doğal frekansı

ANSYS Workbench Mechanical programında üçüncü doğal frekansına karşılık meydana gelen deformasyon şekil 5.32'da gösterilmiştir.



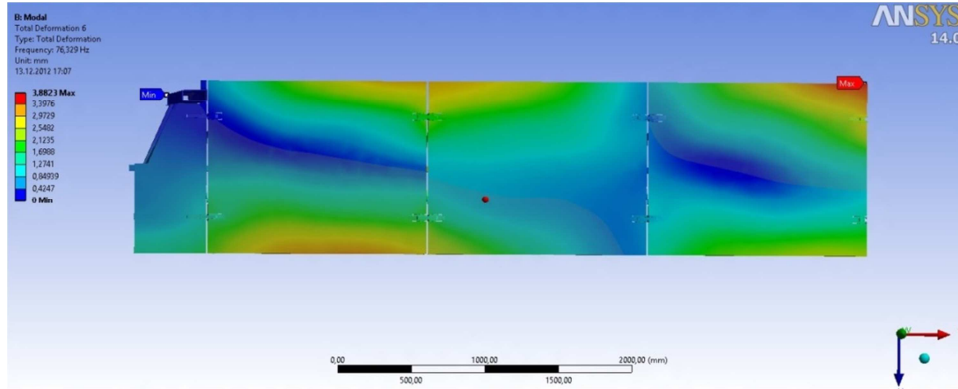
Şekil 5.33. Sistemin dördüncü doğal frekansı

ANSYS Workbench Mechanical programında dördüncü doğal frekansına karşılık meydana gelen deformasyon Şekil 5.33'da gösterilmiştir.



Şekil 5.34 Sistemin beşinci doğal frekansı

ANSYS Workbench Mechanical programında beşinci doğal frekansına karşılık meydana gelen deformasyon Şekil 5.34'da gösterilmiştir.



Şekil 5.35. Sistemin altıncı doğal frekansı

ANSYS Workbench Mechanical programında altıncı doğal frekansına karşılık meydana gelen deformasyon Şekil 5.35 'da gösterilmiştir.

### 5.3.2. Titreşim analizinin değerlendirilmesi

Ansyes Workbench Mechanical programı ile Hareketli Cephe İskele sisteminin cevap analizi yapılmıştır. Hesaplanan ilk 6 modu içine alması için frekans aralığı alt sınırı 10,86 Hz üst sınırı 76,329 Hz olarak belirlenmiştir. Model malzemesi olarak St 37 çelik seçilmiştir. Taşıyıcı gövde ve üç platform üzerinde 500 kg' lık yük ile çalışılacağı öngörülerek, A noktasına 5.000 N'luk kuvvet uygulanmıştır. (Şekil 5.29). 10,86 ile 76,329 Hz arasında hesaplama yaptırılmış ve etki ettirilen noktanın titreşim cevap spektrumunu elde edilmiştir (Şekil 5.30 - 35). Cevap ölçümü kuvvet uygulama yüzeylerinden alınmıştır. Şekil 5.30-35 incelendiğinde oluşan maksimum yer değiştirme tepe değerleri beklenildiği üzere zorlama frekansının doğal frekanslar ile çakıştığı noktalarda oluşmuştur. Bu değerler yaklaşık olarak 58,562 Hz'lerde ve 76,329 Hz'lerde olduğu grafik üzerinden görülmektedir. Titreşim analizi sonuçlarına bakılarak bu değerlerde doğal frekansların olduğu tespit edilmektedir.

Platforma 5.000 N'luk kuvvet uygulanması sonucunda etki noktası 76,329 Hz frekansta 3,8823 mm yer değiştirme meydana gelmektedir. Hareketli Cephe İskele sisteminin tırmandığı yüzey ile arasındaki mesafe 15 cm olduğu düşünüldüğünde, platformun max yük altında bile çalışma yüzeyine çarpmayacağı öngörülmektedir (Şekil 5.35).

## 5.4. Rüzgar Kuvveti

Rüzgar, atmosferdeki havanın yatay ve dikey hareketidir. Anemometre ile ölçülür. Meteoroloji genel müdürlüğü verilerine [13] göre bir rüzgar hızının kuvvetli rüzgar olabilmesi için 39 ile 61 km/saat lik rüzgar hızının olması gerekmektedir. Bu çalışmada, iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliğine göre, Hareketli Cephe İskele sistemlerinde çalışılabilecek max rüzgar hızının bulunması amaçlanmaktadır.

### 5.4.1. Rüzgar yükü hesabı

Rüzgar yükü, statik olduğu kabul edilen yapıya etkiyen yüküdür. Rüzgâr yükü her yönde en büyük değerde tesir eder şekilde göz önüne alınmalıdır. Rüzgar doğrultusu genellikle yatay kabul edilir fakat rüzgar açılı doğrultuda da olabilir. Rüzgar yükü Türk Standardı (TS) 498 standardına göre hesaplanır. Hareketli Cephe İskele sistemleri kule tipi yapı tipine girdiği için TS 498-1997 standardındaki 11.2.3 ve 11.3'e göre hesaplanır.

Rüzgarın esiş yönünde çarptığı yapı yüzeylerinde basınç, terk ettiği arka yüzeylerinde ve yalayıp geçtiği yüzeylerde emme kuvveti oluşur. Basınç veya emme kuvveti yapının geometrisi ve rüzgar hızına bağlı olarak değişir. Rüzgar basıncı  $W$  ile gösterilir birimi ise  $kN/m^2$  dir.

### 5.4.2. TS 498 – 1997' ye göre yapı cephelerine etkiyen Rüzgar Yükünün hesabı

#### 5.4.2.1. Rüzgar basıncı ( $W$ )

$W = C_p \times q$   $kN/m^2$  formülü ile bulunur.

Burada;  $q =$  Rüzgar Basıncı  $kN/m^2$

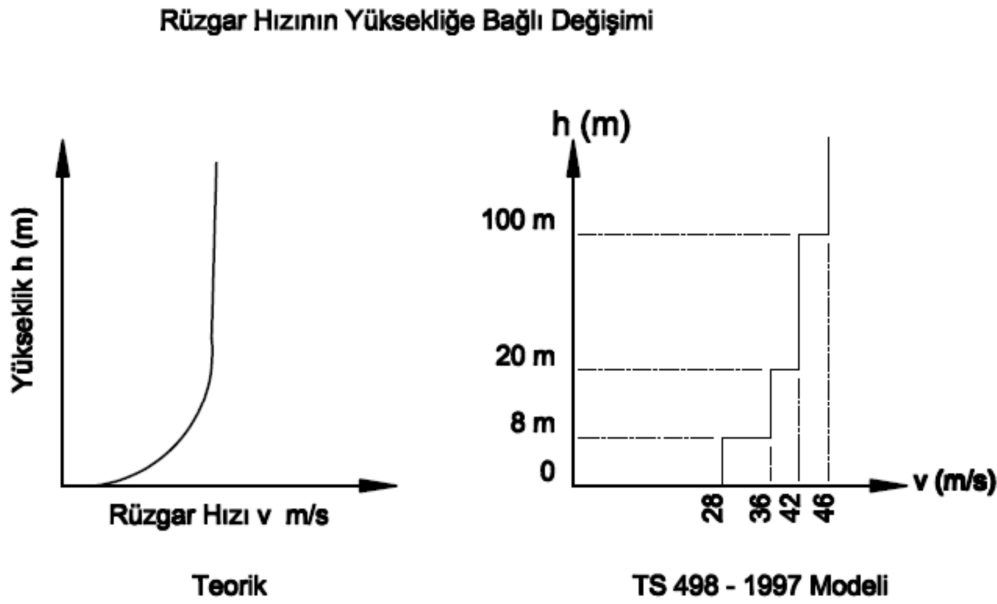
$C_p =$  Emme Katsayısı

$C_p$ , dikkate alınan yüzey için çeşitli esiş yönüne bağlı olarak belirlenir. Rüzgar basıncı etki yüzeyine dik olarak etki eder.

### 5.4.2.2. Emme (Hız Basıncı) (q)

$$q = \rho v^2 / 2g \quad \text{kN/m}^2 \text{ dir.}$$

Çok yaklaşık olarak hava birim hacim ağırlığının  $\rho=1,25 \text{ kg/m}^3$  alırsak hız (v) da m/s cinsinden yerine konursa;  $q = v^2/1600 \quad \text{kN/m}^2$  bulunur.



Şekil 5.36. Rüzgar hızının yükseklik ile değişimi [13]

$C_p$  katsayısı TS 498-1997, çizelge 6 dan alınır.  $C_p$  için kule tipi yapılarda (yüksekliği plandaki eninin 5 katı veya daha fazla olan yapılar) aşağıdaki değerler geçerlidir:

$C_p = 1,6$  : Esiş yönüne dik duran ve rüzgarın çarptığı yüzeylerde (basınç)

$C_p = 0,8$  : Rüzgarın terk ettiği veya yalayıp geçtiği yüzeylerde (emme)

$C_p = 1,6 \sin\alpha - 0,8$  : Rüzgar yönü ile  $\alpha$  açısı yapan ve rüzgarın çarptığı düzlemlerde (basınç veya emme)  $q$  değeri TS 498-1997, çizelge 5 den alınır. Yönetmeliklere girmiş bir rüzgar haritası yoktur. Tablo 5.3 tüm Türkiye için geçerlidir. Mahalli topografik şartlar nedeniyle değişik rüzgar hızları oluşabilir ve bu çizelge 5 değerinden sapabilir. Bu nedenle rüzgar hızının yüksek olduğu bölgelerdeki yüksek

yapılarda rüzgar hızının meteoroloji bölge müdürlüklerinden öğrenilerek q değerinin değişiminin belirlenmesi daha gerçekçi olur.

Tablo 5.3. Yapı yüksekliğine bağlı olarak değişen rüzgar hızı ve emme hız basıncı [13]

Zeminden yükseklik (m)	Rüzgar Hızı v (m/s)	Emme q (kN/m <sup>2</sup> )
0 – 8	28	0,5
9 – 20	36	0,8
21 – 100	42	1,1
> 100	46	1,3

#### 5.4.3. 30 m yüksekliğinde çalışılması düşünülen hareketli cephe iskele sisteminin

##### Rüzgar Yüğü hesabı

Yapı kule tipi olduğundan ayak yüzeylerine  $1,6q$  basınç ve  $0,8q$  emme olmak üzere toplam  $W = 2,4xq$  kN/m<sup>2</sup> yatay kuvvet etkiyecektir. Çıkan değer ile şasi çevresi çarpılarak şasiye etkiyen çizgisel yük hesaplanır.

#### 5.4.3.1. Hareketli cephe iskelesi römork' ten sonra 8 m' de Mast' a etkiyen

##### Rüzgar Kuvvetinin hesabı

$0 \leq h < 8$  m arasındaki kare profile etkiyen,

$$W = 2,4 \times 0,5 \times 0,32 = 0,38 \text{ kN/m}$$

$0 \leq h < 8$  m arasındaki dairesel profile etkiyen,

$$W = 2,4 \times 0,5 \times 0,301 = 0,36 \text{ kN/m}$$

$0 \leq h < 8$  m arasındaki demir çubuğa etkiyen,

$$W = 2,4 \times 0,5 \times 0,04 = 0,048 \text{ kN/m}$$

$0 \leq h < 8$  m arasındaki kare profil toplam uzunluğu = 15 m

$0 \leq h < 8$  m arasındaki dairesel profil uzunluğu = 7,5 m

$0 \leq h < 8$  m arasındaki demir çubuk uzunluğu = 82 m

$0 \leq h < 8$  m arasındaki kare profile etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_1 = 15 \times 0,38 = 5,76 \text{ kN}$$

$0 \leq h < 8$  m arasındakiai dairesel profile etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_2 = 7,5 \times 0,36 = 2,7 \text{ kN}$$

$0 \leq h < 8$  m arasındakiai demir çubuğa etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_3 = 82 \times 0,048 = 3,9 \text{ kN}$$

#### **5.4.3.2. Hareketli Cephe İskelesi 8 m' den Sonra 9 ile 20' nci m' de Mast' a Etkiyen Rüzgar Kuvvetinin Hesabı**

$8 \leq h < 20$  m arasındakiai kare profile etkiyen,

$$W = 2,4 \times 0,8 \times 0,32 = 0,61 \text{ kN/m}$$

$8 \leq h < 20$  m arasındakiai dairesel profile etkiyen,

$$W = 2,4 \times 0,8 \times 0,301 = 0,57 \text{ kN/m}$$

$8 \leq h < 20$  m arasındakiai demir çubuğa etkiyen,

$$W = 2,4 \times 0,8 \times 0,04 = 0,07 \text{ kN/m}$$

$8 \leq h < 20$  m arasındakiai kare profil toplam uzunluğu = 24 m

$8 \leq h < 20$  m arasındakiai dairesel profil uzunluğu = 12 m

$8 \leq h < 20$  m arasındakiai demir çubuk uzunluğu = 131,2 m

$8 \leq h < 20$  m arasındakiai kare profile etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_4 = 24 \times 0,61 = 14,64 \text{ kN}$$

$8 \leq h < 20$  m arasındakiai dairesel profile etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_5 = 12 \times 0,57 = 6,84 \text{ kN}$$

$8 \leq h < 20$  m arasındakiai demir çubuğa etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_6 = 131,2 \times 0,07 = 9,18 \text{ kN}$$

#### **5.4.3.3. Hareketli cephe iskelesi 8 ile 20' nci m' den sonra 21 ile 30' ncu m' de mast' a etkiyen rüzgar kuvvetinin hesabı**

$20 \leq h < 30$  m arasındakiai kare profile etkiyen,

$$W = 2,4 \times 1,1 \times 0,32 = 0,84 \text{ kN/m}$$

$20 \leq h < 30$  m arasındakiai dairesel profile etkiyen,

$$W = 2,4 \times 1,1 \times 0,301 = 0,79 \text{ kN/m}$$



$20 \leq h < 30$  m arasındaki demir çubuğa etkiyen,

$$W = 2,4 \times 1,1 \times 0,04 = 0,10 \text{ kN/m}$$

$20 \leq h < 30$  m arasındaki kare profil toplam uzunluğu = 21 m

$20 \leq h < 30$  m arasındaki dairesel profil uzunluğu = 10,5 m

$20 \leq h < 30$  m arasındaki demir çubuk uzunluğu = 114,8 m

$20 \leq h < 30$  m arasındaki kare profile etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_7 = 21 \times 0,84 = 17,64 \text{ kN}$$

$20 \leq h < 30$  m arasındaki dairesel profile etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_8 = 10,5 \times 0,79 = 8,295 \text{ kN}$$

$20 \leq h < 30$  m arasındaki demir çubuğa etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_9 = 114,8 \times 0,10 = 11,48 \text{ kN}$$

#### **5.4.3.4. Hareketli cephe iskelesi yürüme platformuna etkiyen Rüzgar Kuvvetinin hesabı**

Platform 25'nci m de çalışma pozisyonunda olduğu düşünülerek rüzgar kuvveti hesaplanacaktır.

#### **5.4.3.5. Platform korkuluklarına etkileyen rüzgar kuvvetinin hesabı**

25 m' de kare profile etkiyen,

$$W = 2,4 \times 1,1 \times 0,16 = 0,422 \text{ kN/m}$$

25 m de levhaya etkiyen,

$$W = 2,4 \times 1,1 \times 0,426 = 1,12 \text{ kN/m}$$

25 m de kare profil toplam uzunluğu = 3,840 m

25 m de levha uzunluğu = 1,496 m

25 m de kare profile(15 adet) etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_{10} = 3,840 \times 0,422 \times 15 = 24,30 \text{ kN}$$

25 m de levhaya(15 adet) etkiyen toplam rüzgar kuvveti,

$$W_{11} = 1,496 \times 1,12 \times 15 = 25,13 \text{ kN}$$

### Tek platforma etkileyen rüzgar kuvvetinin hesabı

25 m de kare profile etkiyen,

$$W=2,4 \times 1,1 \times 0,16 = 0,422 \text{ kN/m}$$

25 m de levhaya etkiyen,

$$W=2,4 \times 1,1 \times 2,354 = 6,214 \text{ kN/m}$$

25 m de dairesle profile etkiyen,

$$W=2,4 \times 1,1 \times 0,027 = 0,071 \text{ kN/m}$$

25 m de kare profil toplam uzunluğu = 4,935 m

25 m de levha uzunluğu = 1,490 m

25 m de dairesel profil uzunluğu = 5,265 m

25 m de kare profile(6 adet) etkiyen toplam rüzgar kuvveti

$$W_{12}=0,422 \times 4,935 \times 6 = 12,495 \text{ kN}$$

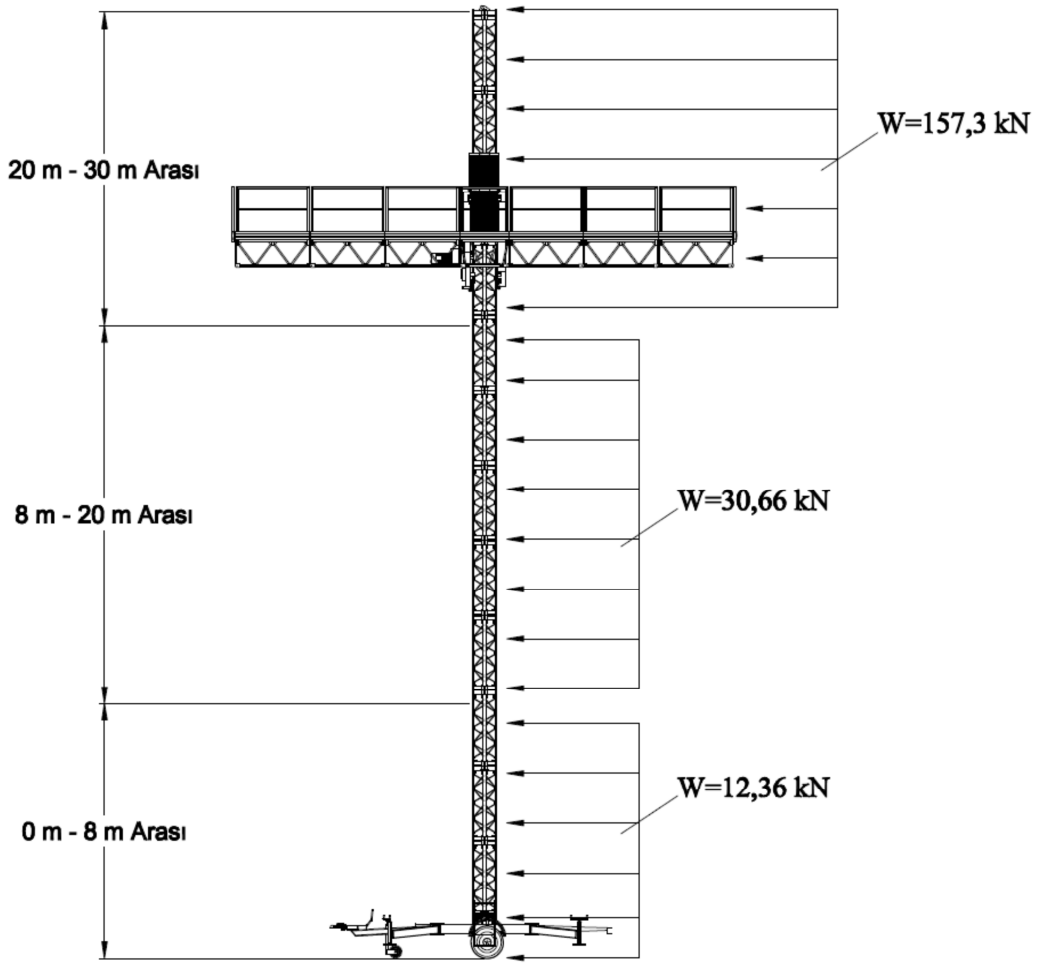
25 m de levhaya(6 adet) etkiyen toplam rüzgar kuvveti

$$W_{13}=6,214 \times 1,490 \times 6 = 55,55 \text{ kN}$$

25 m de levhaya(6 adet) etkiyen toplam rüzgar kuvveti

$$W_{14}=0,071 \times 5,265 \times 6 = 2,242 \text{ kN}$$

#### 5.4.4. Sistemin tümüne etkileyen rüzgar kuvvetinin hesabı



Şekil 5.37. Hareketli cephe iskele sistemine etkileyen rüzgar kuvveti

Hareketli Cephe İskele sistemine etkileyen toplam rüzgar kuvveti 200,32 kN olarak bulunmuştur. Sistemin güvenli çalışabilmesi için gerekli rüzgar hızı ise toplam rüzgar kuvvetini geçmemelidir.

Hareketli Cephe İskele sisteminin hangi güvenli rüzgar hızında çalışılabileceğini öğrenmek için,  $q = V^2/1600 \text{ kN/m}^2$  formülünde farklı rüzgar hızları denenerek  $q$  emme (hız basıncı) değerleri bulunmuştur [13]. Bulunan  $q$  emme (hız basıncı) değerleri aşağıdaki tablolarda yerlerine konularak toplam rüzgar kuvvetinin üst sınır değeri bulunmuştur.

Rüzgar hızı 30 m/s olduğunu kabul edersek,  $q = 0,57$  olur. Yerine yazılırsa;

Tablo 5.4. 30 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi

Kuvvet	Emme + Basınç Kuvveti	Çevre	Toplam uzunluk	q	Kuvvet
W1	2,4	0,32	15	0,57	6,57
W2	2,4	0,301	7,5	0,57	3,09
W3	2,4	0,04	82	0,57	4,49
W4	2,4	0,32	24	0,57	10,51
W5	2,4	0,301	12	0,57	4,94
W6	2,4	0,04	131,2	0,57	7,18
W7	2,4	0,32	21	0,57	9,19
W8	2,4	0,301	10,5	0,57	4,32
W9	2,4	0,04	114,5	0,57	6,27
W10	2,4	0,16	57,6	0,57	12,61
W11	2,4	0,426	22,44	0,57	13,08
W12	2,4	0,16	29,61	0,57	6,48
W13	2,4	2,354	8,94	0,57	28,79
W14	2,4	0,027	31,59	0,57	1,17
					118,67 kN

Rüzgar hızı 30 m/s olduğu kabul edildiğinde, toplam rüzgar kuvveti 118,67 kN olarak bulunur.

Rüzgar hızı 35 m/s olduğunu kabul edersek,  $q = 0,77$  olur. Yerine yazılırsa;

Tablo 5.5. 35 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi

Kuvvet	Emme+Basınç Kuvveti	Çevre	Toplam Uzunluk	q	Kuvvet
W1	2,4	0,32	15	0,77	8,87
W2	2,4	0,30	7,5	0,77	4,17
W3	2,4	0,04	82	0,77	6,06
W4	2,4	0,32	24	0,77	14,19
W5	2,4	0,30	12	0,77	6,67

Tablo 5.5. 35 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi (Devamı)

W6	2,4	0,04	131,2	0,77	9,70
W7	2,4	0,32	21	0,77	12,42
W8	2,4	0,30	10,5	0,77	5,84
W9	2,4	0,04	114,5	0,77	8,46
W10	2,4	0,16	57,6	0,77	17,03
W11	2,4	0,42	22,44	0,77	17,67
W12	2,4	0,16	29,61	0,77	8,76
W13	2,4	2,35	8,94	0,77	38,89
W14	2,4	0,02	31,59	0,77	1,58
					160,31 kN

Rüzgar hızı 35 m/s olduğu kabul edildiğinde, toplam rüzgar kuvveti 160,31 kN olarak bulunur.

Rüzgar hızı 39 m/s olduğunu kabul edersek,  $q = 0,95$  olur. Yerine yazılırsa;

Tablo 5.6. 39 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi

Kuvvet	Emme+Basınç Kuvveti	Çevre	Toplam Uzunluk	q	Kuvvet
W1	2,4	0,32	15	0,95	10,94
W2	2,4	0,301	7,5	0,95	5,15
W3	2,4	0,04	82	0,95	7,48
W4	2,4	0,32	24	0,95	17,51
W5	2,4	0,301	12	0,95	8,24
W6	2,4	0,04	131,2	0,95	11,97
W7	2,4	0,32	21	0,95	15,32
W8	2,4	0,301	10,5	0,95	7,21
W9	2,4	0,04	114,5	0,95	10,44
W10	2,4	0,16	57,6	0,95	21,01

Tablo 5.6. 39 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi (Devamı)

W11	2,4	0,426	22,44	0,95	21,80
W12	2,4	0,16	29,61	0,95	10,80
W13	2,4	2,354	8,94	0,95	47,98
W14	2,4	0,027	31,59	0,95	1,94
					197,79 kN

Rüzgar hızı 39 m/s olduğu kabul edildiğinde, toplam rüzgar kuvveti 197,79 kN olarak bulunur.

Rüzgar hızı 40 m/s olduğunu kabul edersek,  $q = 1$  olur. Yerine yazılırsa;

Tablo 5.7. 40 m/s' de toplam rüzgar kuvveti değişimi

Kuvvet	Emme+Basınç Kuvveti	Çevre	Toplam Uzunluk	q	Kuvvet
W1	2,4	0,32	15	1	11,52
W2	2,4	0,301	7,5	1	5,42
W3	2,4	0,04	82	1	7,87
W4	2,4	0,32	24	1	18,43
W5	2,4	0,301	12	1	8,67
W6	2,4	0,04	131,2	1	12,60
W7	2,4	0,32	21	1	16,13
W8	2,4	0,301	10,5	1	7,59
W9	2,4	0,04	114,5	1	10,99
W10	2,4	0,16	57,6	1	22,12
W11	2,4	0,426	22,44	1	22,94
W12	2,4	0,16	29,61	1	11,37
W13	2,4	2,354	8,94	1	50,51
W14	2,4	0,027	31,59	1	2,05
					208,20 kN

Rüzgar hızı 40 m/s olduğu kabul edildiğinde, toplam rüzgar kuvveti 208,20 kN olarak bulunur.

Tablo 5.8. Farklı rüzgar hızlarının denenmesiyle sisteme etkiyen toplam kuvvetler

Rüzgar hızı (m/s)	q (kN/m <sup>2</sup> )	Etkiyen toplam kuvvet (kN)
30	0,57	118,67
35	0,77	160,31
39	0,95	197,79
40	1	208,20

#### 5.4.5. Rüzgar hızı analizinin değerlendirilmesi

Hareketli Cephe İskele sisteminde güvenli bir çalışma gerçekleşmesi için normal koşullardaki rüzgar kuvveti (200,32 kN), farklı rüzgar hızlarının denenmesiyle çıkan rüzgar kuvvetinden büyük olmalıdır. Yukarıdaki tablolarda farklı hızlardaki q emme (hız basıncı) denendiğinde 39 m/s' de 197 kN'luk güvenli max üst sınır rüzgar kuvvetini (200,32 kN) geçmeyecek en yakın değer olarak saptanmıştır.

Bu nedenle Hareketli Cephe İskele sistemlerinin Max 39 m/s rüzgar hızıyla çalışılması öngörülmüştür. 39 m/s ve üzeri rüzgar hızlarında sistemin çalışması güvenlik açısından tehlikeli olduğu saptanmıştır. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı kaldırma araçlarında çalışma yönetmeliğine göre Max rüzgar hızında çalışma 45 m/s olarak öngörülmektedir.

#### 5.5. Maliyet Analizi

Çağımızdaki hızla gelişmekte ve değişmekte olan teknoloji, profesyonel yaklaşımlar, serbest piyasa ekonomisi ve dolayısıyla rekabet, işletmeleri daha sağlıklı planlama yapmaya ve gelecekle ilgili belirsizlikleri en aza indirmeye yönelik çalışmalara zorlamaktadır. Ancak gerçekçi plan yapan işletmeler değişken ve dinamik piyasa koşullarında varlıklarını sürdürebilirler. Yöneticiler, gelecekle ilgili yapacakları öngörülerde, işletmelerinin üretim hacmi ve maliyetle ilgili tüm unsurlarına göre

çalışma programı ve bütçeler oluşturarak gelir ve gider planlaması yapmak durumundadırlar.

İşletmelerin nihai hedefi olan kâr, genel bir tanımla toplam satış geliri ile toplam maliyet arasındaki farka eşittir. Kârlılığını ve dolayısıyla sürekliliğini devam ettirecek olan işletme, tükettiği kaynaklar ile ürettiği ürünün maliyeti, ürün miktarı, fiyatı ile ilgili detaylı bilgilere sahip olmak zorundadır. Bu bilgiler, yönetim muhasebesinin içinde yer alan Maliyet-Hacim-Kâr (MHK) Analizleri ile sağlanabilmektedir. MHK analizleri maliyet ve hacim arasındaki ilişkilerin kâra olan etkisini ortaya koymaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde, Hareketli Cephe İskele [HCİ] ile Klasik İskele Sistemlerinin maliyet açısından karşılaştırmak amacıyla maliyet analizleri yapılmıştır. Analizde yaklaşık olarak 2 dairenin yan yana bulunduğu ve 10 katlı bir yapının boyutları kullanılmıştır. Bu boyutlar 10 m genişlik ve 30 m yükseklik şeklinde seçilmiştir. Hesaplamalarda 2014 yılına ait serbest piyasa fiyatları ve KDV dahil fiyatlar kullanılmıştır.

### 5.5.1. Hareketli cephe iskele maliyet analizi

HCİ maliyet analizinde bütün elemanların detaylı hesapları tabloda verilmiştir. HCİ de şasi ayaklarının maliyet hesabı tablo 5.9'da yapılmıştır.

Tablo 5.9. Şasi ayaklarının maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Parça boyutu	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
ayak1	60x120x4 profil	1	60x120x1175	1,175	9,7	11,41
ayak 2	60x120x4 profil	1	60x120x1040	1,04	9,7	10,10
ayak 3	60x120x4 profil	1	60x120x1040	1,04	9,7	10,10
ayak 4	60x120x4 profil	1	60x120x1175	1,175	9,7	11,41
destek ayağı	destek ayakları	4			25,0	100,00
destek ayağı	destek ayak lamaları	4			15,0	60,00



Tablo 5.9. Şasi ayaklarının maliyet hesabı (Devamı)

boru	St 37	4	Ø30x150 boru	0,6	12,8	7,70
boru	St 37	4	Ø65x150 boru	0,6	24,4	14,66
zincir		4		1,8	7,0	12,60
Şasi ayağı toplam maliyeti						237,98

HCI de taşıyıcı şasi maliyet hesabı tablo 5.10'da yapılmıştır.

Tablo 5.10. Şasi maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Parça boyutu	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Şasi	100x150x4 profil	1	100x150x2195	2,195	25,0	54,79
Şasi	100x150x4 profil	1	100x150x2590	2,59	25,0	64,65
Şasi	60x120x4 profil	4	60x120x1100	4,4	9,7	42,72
Şasi	St 37	8	135x232x12		86,0	688,00
Şasi	St 37	2	220x55x15		39,6	79,20
Şasi	St 37	2	135x240x10		77,7	155,40
Şasi	Ø34 boru	2	Ø34x560	1,12	12,0	13,44
Şasi	Ø50 boru	1	Ø50x510	0,51	19,5	9,92
Şasi	Ø50 boru	1	Ø50x425	0,425	19,5	8,27
Şasi	Ø23 boru	4	Ø27x210	0,84	10,9	9,16
Dingil		1			215,0	215,00
Teker		2			110,0	220,00
Çamurluk		2			35,0	70,00
Lamba Sacı		2			5,0	10,00
Çekici Bğln.		1			50,0	50,00
Kilit Mili		4			1,5	6,00
İskele gövdesi toplam maliyeti						1.696,55

HCİ de 30 m yüksekliğe çıkabilmek için birbiri üzerine monte edilen mastların maliyet hesabı tablo 5.11’de yapılmıştır.

Tablo 5.11. 30 m yükseklik için mast maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Parça boyutu	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Mast	40x40x3 profil	80	40x40x1500	6	4,7	28,02
Mast	40x40x3 profil	240	40x40x560	6,72	4,7	31,38
Mast	St 37 lama	480	32x66x5	0	0,3	144,00
Mast	Ø12 mil	400	Ø12x735	1,47	11,0	16,17
Mast	kramayer	20			85,0	1.700,00
30 m yükseklik için toplam mast maliyeti						1.919,57

HCİ de mastı çevreleyen ve platformun monte edildiği orta göbek maliyet hesabı tablo 5.12’de yapılmıştır.

Tablo 5.12. Orta göbek maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Parça boyutu	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Orta Göbek	80x80x4 profil	2	80x80x1390	2,78	11,5	32,08
Orta Göbek	80x80x4 profil	2	80x80x1760	3,52	11,5	40,62
Orta Göbek	40x40x3 profil	5	40x40x660	3,3	40,7	134,21
Orta Göbek	40x40x3 profil	2	40x40x800	1,6	40,7	65,07
Orta Göbek	40x40x3 profil	1	40x40x780	0,78	40,7	31,72
Orta Göbek	20x50x3 profil	1	20x50x770	0,77	47,5	36,58
Orta Göbek	sac	2	60x660x5		15,0	30,00
Orta Göbek	makara	16			18,0	288,00
Orta Göbek	motor bağlantı sacı	1			215,0	215,00
Orta Göbek	Redüktör	1			1.966,0	1.966,00

Tablo 5.12. Orta göbek maliyet hesabı (Devamı)

	Elek.Tertib.	1			450,0	450,00
İskele orta göbek toplam maliyeti						3.289,28

HCİ de mastı çevreleyen ve platformun monte edildiği orta platform maliyet hesabı tablo 5.13'da yapılmıştır.

Tablo 5.13. Orta platform maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Parça boyutu	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	2	40x40x1180	2,36	40,7	95,98
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	4	40x40x250	1	40,7	40,67
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	2	40x40x100	0,2	40,7	8,13
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	2	40x40x660	1,32	40,7	53,68
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	1	40x40x1020	1,02	40,7	41,48
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	1	40x40x700	0,7	40,7	28,47
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	2	40x40x120	0,24	40,7	9,76
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	1	40x40x530	0,53	40,7	21,56
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	2	40x40x110	0,22	40,7	8,95
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	1	40x40x275	0,275	40,7	11,18
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	1	40x40x260	0,26	40,7	10,57
Orta Pltfrm.	40x40x3 profil	1	40x40x221	0,221	40,7	8,99
Orta Pltfrm.	20x50x3 profil	4	20x50x160	0,64	3,8	2,43
Orta Pltfrm.	20x50x3 profil	4	20x50x460	1,84	3,8	6,99
Orta Pltfrm.	20x50x3 profil	2	20x50x200	0,4	3,8	1,52
Orta Pltfrm.	Ø12 mil	2	Ø12x1190	2,38	11,0	26,18
Orta Pltfrm.	sac	1	1200x1100x3		30,0	30,00
Orta Pltfrm.	levha	3			3,5	10,50
Orta Pltfrm.	etiket	6			0,8	4,50
İskele orta platform toplam maliyeti						421,56

HCI de üzerinde çalışma yapılan ve malzeme taşınan platformun maliyet hesabı tablo 5.14'te yapılmıştır.

Tablo 5.14. Bir adet platformun maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Parça boyutu	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Platform	40x40x3 profil	3	40x40x1410	4,23	40,7	172,03
Platform	40x40x3 profil	4	40x40x250	1	40,7	40,67
Platform	40x40x3 profil	2	40x40x660	1,32	40,7	53,68
Platform	40x40x3 profil	2	40x40x210	0,42	40,7	17,08
Platform	40x40x3 profil	2	40x40x310	0,62	40,7	25,22
Platform	20x50x3 profil	3	20x50x1490	4,417	3,8	16,78
Platform	Ø12 mil	2	Ø12x1361	2,72	11,0	29,92
Platform	Ø26 boru	4	Ø27x687	2,748	10,9	29,98
Platform	sac	1	1200x1100x3		30,0	30,00
Bir adet platformun toplam maliyeti						415,37

HCI de düşmeyi engelleyen ön-arka korkuluğunun maliyet hesabı tablo 5.15'te yapılmıştır.

Tablo 5.15.Ön-arka on iki korkuluğun maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Parça boyutu	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Korkuluk	Ø26 boru	1	Ø27x4448	4,448	10,9	48,53
Korkuluk	St 37 lama	2	40x40x150		57,6	115,20
Korkuluk	sac	1	1500x172x3		40,0	40,00
Ön-arka 12 korkuluğun toplam maliyeti						203,73

HCI de düşmeyi engelleyen yan korkuluğunun maliyet hesabı tablo 5.16'da yapılmıştır.

Tablo 5.16. Yan iki korkuluğun maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Parça boyutu	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Yan Krklk.	Ø26 boru	1	Ø27x4984	4,984	10,9	54,38
Yan Krklk.	St 37 lama	2	123x42x12		14,8	29,60
Yan Krklk.	sac	1	1500x172x3		40,0	40,00
Yan iki korkuluğun toplam maliyeti						123,98

HCI de düşmeyi engelleyen giriş korkuluğunun maliyet hesabı tablo 5.17'de yapılmıştır.

Tablo 5.17. Giriş korkuluğu maliyet hesabı

Parça ismi	Malzeme	Adet	Parça boyutu	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Giriş Krklk.	Ø26 boru	1	Ø27x4460	4,46	10,9	48,66
Giriş Krklk.	St 37 u lama	2	103x30x27		50,0	100,00
Giriş Krklk.	sac	1	1100x172x3		25,0	25,00
Giriş korkuluğu toplam maliyeti						173,66

HCI de galvaniz, fırın boya ve işçilik giderlerini dikkate alarak maliyet hesabı tablo 5.18'de yapılmıştır.

Tablo 5.18. Diğer maliyet hesabı

Malzeme	Adet	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Galvaniz	1	225,0	225,00
Fırın boya	1	150,0	150,00
işçilik	3	375 (haftalık)	1.125
Diğer toplam maliyet			1.500

HCI de kümülatif maliyet hesabı tablo 5.19'da yapılmıştır.

Tablo 5.19. Hareketli cephe iskele sistemi kümülatif maliyet

Malzeme Adı	Toplam Maliyet
Şasi ayağı toplam maliyeti	237,98
İskele gövdesi toplam maliyeti	1.696,55
30 m yükseklik için toplam mast maliyeti	1.919,57
İskele orta göbek toplam maliyeti	3.289,28
İskele orta platform toplam maliyeti	421,56
Altı platformun toplam maliyeti	2.492,22
Ön-arka 12 korkuluğun toplam maliyeti	203,73
Yan iki korkuluğun toplam maliyeti	123,98
Giriş korkuluğu toplam maliyeti	173,66
Diğer toplam maliyet	1.500
Elektrik sarf malz. vb giderler	850
Kümülatif maliyet	12.908,52

### 5.5.2. Klasik iskele maliyet analizi

Klasik iskele sisteminde 300 m<sup>2</sup> cephe yüzeyine sahip binada çalışma yapabilmek için, binanın tüm yüzeyini kaplayacak şekilde iskele boruları üst üste monte edilerek platformlar oluşturulur. Tablo 5.20'de klasik iskele sistemine ait maliyet hesabı ve sistemin görünüşü verilmiştir. Tablo 5.20 incelendiğinde yaklaşık 8.383 TL'lik bir maliyet hesaplanmıştır.

Tablo 5.20. Klasik iskele sistemi kümülatif maliyeti

Parça ismi	Malzeme	Adet	Toplam uzunluk (metre)	Birim Fiyat (TL)	Toplam Maliyet (TL)
Çapraz bağlantı çubukları	Ø27x1,5	240	360	10,9	3.597
Yatay bağlantı çubukları	Ø27x1,5	120	180	10,9	1.308
H ayak	Ø42x1,5	75	112,5	33,8	2.535
Alt ayar mili		12		9,00	108
Tij duvar dayama		38		7,50	285
Çelik kalas	Sac	10		25,0	250
İşçilik		3		100	300
Toplam maliyet					<b>8.383</b>

### 5.5.3. İskele sistemlerinin maliyet analizlerinin değerlendirilmesi

Bu çalışmada maliyet–hacim–kâr Analizinin Hareketli Cephe İskele sistemlerinde uygulanabilirliğini ve önemini göstermek amaçlanmıştır. İşletmenin üretmiş olduğu ürün miktarı ile ürünün üretim maliyeti ve satış fiyatı, kârı belirleyen faktörlerdir. Bu üç faktör arasındaki ilişki Maliyet-Hacim-Kâr analizinin konusunu oluşturmaktadır. Aşağıdaki tablo 5.21’de Hareketli Cephe İskele sistemi ve klasik iskele sisteminin maliyet analizi karşılaştırması yapılmıştır.

Tablo 5.21. Hci ve Klasik İskele maliyetinin karşılaştırılması

İskele	Kümülatif üretim maliyeti
HCI	12.908,52
Klasik iskele	8.383

Tablo 5.21’de görüldüğü üzere; 10 m genişliğinde ve 30 m yüksekliğinde bir cephe için en düşük maliyetle imal edilebilen iskelenin, Klasik İskelenin olduğunu görmekteyiz. İki sistemin maliyet hesaplarına bakıldığında klasik sistem ekonomik olarak görülmektedir. Fakat ülkemizde meydana gelen iş kazalarının üçte birinin inşaat sektöründe ve yüksekten düşme sonucu meydana geldiği düşünüldüğünde Hareketli Cephe İskele sisteminin kullanılmasının iş kazalarını azaltacağı aşikar dır. Uluslararası kuruluşların yaptıkları çalışmalara göre, bir ülkede meydana gelen iş kazaları ve meslek hastalıkları, o ülkenin gayrisafi milli hasılası’ nın % 3’ü ile % 5’i arasında maliyete neden olmaktadır. Hareketli Cephe İskele sistemi kullanılarak hem iş güvenliği artırılmış hem de ülke ekonomisine katkı sağlanmış olunacaktır.

Yapılan maliyet analizi sonucunda, 10 m genişliğinde ve 30 m yüksekliğinde Hareketli Cephe İskele sisteminin KDV dahil 12.908,52 TL’ye imalatının yapılacağını görmekteyiz. Maliyet analizinde amortisman giderleri, hesaba katılmamıştır. KDV dahil 12.908,52 TL ye imalatı yapılan, 10 m genişliğinde ve 30 m yüksekliğinde Hareketli Cephe İskele sisteminin satış fiyatı 21.000 TL olacağı düşünüldüğünde her bir makinede % 63’lük bir kâr oranının olacağı görülmektedir. Bu kâr oranı; 150.000 TL sermaye ile işe başlayan, 20 kişi çalıştıran bir işletme için ciddi bir kâr ve imalatı yapılan Hareketli Cephe İskele sisteminin sürdürülebilirliği anlamına gelmektedir.

## 5.6. HÇİ ve Klasik İskele Sistemlerinin Kurulum Süresi Analizi ve Değerlendirilmesi

Zamanı israf etmeden etkin ve doğru bir biçimde kullanmak maliyeti doğrudan etkilemesi nedeniyle işletmeler için çok önemli bir kavramdır. Plan ve program dâhilinde hareket etmek, doğabilecek aksaklıkları göz önünde bulundurmak ve acil olarak müdahale edebilecek şekilde planlama yapmak, hızlı ve sorunsuz hizmet verme konusunda en büyük etkenlerdir. Zamandan yararlanabilmek ve tasarruf sağlayabilmek için, yapılacak olan işin mümkün olduğu kadar en kısa sürede yapılması gerekmektedir. Bu nedenle yapılan işte, sürekli gelişme ve iyileşme sürecinin yapılmasına önem verilmelidir. Her işin doğru bir şekilde yapılması, bir daha tekrarına dönülmemesi, daha iyiye ve daha doğruya gitmenin alternatiflerinin aranması ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Zaman işletmeleri değil, işletmeler zamanı yönetmelidir. Bu çalışmada, Hareketli Cephe İskeleleri sektörde en çok kullanılan Klasik İskele sistemleri tablo 5.22 ve tablo 5.23'te kurulum süresi hesaplanmıştır.

Tablo 5.22. Hareketli Cephe İskele sisteminin kurulum süresi

Yapılan işlemler	Zaman (dakika)
Şasi ayaklarını açma ve terazi ile platformun dengelenmesi	20
Platformların açılması	15
Elektrik tesisatının çekilmesi	15
30 m ye çıkabilecek mastların (20 adet) yükleyiciden platforma konulması	20
Her bir mastın alt masta konularak 3 adet 27 mm lik cıvatalarının sıkılması	15
Toplam	85

Tablo 5.23. Klasik İskele sisteminin kurulum süresi

Yapılan işlemler	Zaman (dakika)
İskele monte edilecek zeminin düzleştirilmesi	60
İskelenin kurulması	180
Toplam	240

İskele kurulumunda zaman, maliyeti doğrudan arttıran bir faktördür. Bu nedenle, iskele kurulum zamanının olabildiğince min olması tercih edilir. Yukarıdaki



tablolarda görüldüğü gibi, 10 m genişlik ve 30 m yükseklikte olan binaya Hareketli Cephe İskele sistemlerinin 85 dakikada ve Klasik İskelenin 240 dakikada kurulumu gerçekleşmektedir.

Bu çalışmada, Hareketli Cephe İskele sistemlerinin kurulum süresi diğer iskelelere göre çok daha kısa sürede olduğu görülmektedir. Bunun yanında, hareketli şasi üzerinde monte edilen Hareketli Cephe İskele sistemleri bir yerden başka bir yere taşımaya kolaylaştırdığı için hem zamandan hem de maliyetten ciddi tasarruf elde edilmektedir. Bu nedenle, Hareketli Cephe İskele sistemlerinin sektörde zamandan ve maliyetten tasarruf sağlayacağı açıkça görülmektedir.

### 5.7. HÇİ ve Klasik İskele Sistemlerinin Dayanım Süresi Analizi Ve Değerlendirilmesi

Hareketli Cephe İskele sistemleri ile Klasik İskele sistemlerinde kullanılan çeliğin yapısı göz önünde bulundurulduğunda, iskelelerin kullanım sürelerinin normal koşullar altında ortalama 20 yıl olduğu öngörülmektedir. Tablo 5.24'de Hareketli Cephe İskele sistemi ve Klasik İskele kullanım süreleri gösterilmiştir.

Tablo 5.24. HÇİ ve Klasik İskelenin durabilitelerinin karşılaştırılması

İskele	Durabilite
HÇİ	25 yıl
Klasik iskele	20 yıl
Asma iskele	15 yıl

Hareketli Cephe İskele sistemi parçalarının tamamının daldırma galvanizli olması ve hareketli şasi ile bir yerden bir yere kolayca taşınması sebebiyle, taşınım esnasında klasik iskelelere oranla daha az zarar görmesi nedeniyle 5 yıl süreyle kullanım ömrünün artacağı öngörülmektedir.

## BÖLÜM 6. SONUÇ

Ülkemizde inşaat sektörünün ön planda olması, ülke ekonomisine büyük katkıları olması ve iki milyona yakın kişinin inşaat sektöründe çalışıyor olması nedeniyle, düşmeden dolayı meydana gelen iş kazalarının nedenleri ve bu nedenlere çözüm bulma gereksinimini ortaya çıkarmıştır.

İnşaat sektöründe düşmelerden dolayı meydana gelen iş kazalarının nedenleri araştırıldığında; korkuluksuz iskele ya da platformlarda çalışmak, üzerine basılan kalasın kırılması, halat kopmaları, ankraj bağlantısının kopması, dengesi sağlanamamış iskele kurulumu, iskeleye iniş - çıkışlardaki zorluk, emniyet kemeri kullanmamak gibi nedenler sıralanmaktadır. Düşmelerden kaynaklı meydana gelen kazaların % 22 si ölümlle sonuçlanması ve İş kazalarından dolayı ülkenin gayrisafi milli hasılasının % 3'ü ile % 5'i arasında maliyet kaybını azaltmak ve düşmeden dolayı meydana gelen İş kazalarını azaltmak amacıyla Hareketli Cephe İskele sistemleri tasarlanmıştır.

Hareketli Cephe İskele sistemleri tasarımında TS EN 12811-1, TS EN 12811-2 ve TS EN 12811-3 normları ve çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığı mevzuatında olan yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği tüzüğü ile yapı işlerinde iş sağlığı ve güvenliği yönetmeliği dikkate alınarak tasarım yapılmıştır.

Hareketli Cephe İskele sistemlerinde, mekanik testler ve fonksiyon testleri gerçekleştirilmiştir. Mekanik Testler aşamasında önemle üzerinde durulan bölüm, Hareketli Cephe İskele sisteminin Statik Analizi, Emniyet Frenleme Testleri, Titreşim ve Rüzgar Kuvvetidir. Fonksiyon testlerinde ise üzerinde durulan unsur alt ve üst seviyelerde paltformun switchlere bağlı olarak çalışıp otomatik olarak durmasıdır. Belirlenen parametreler ile test sonuçlarının mukayese edilmesi sonucunda yapılan düzeltme çalışmaları ile fonksiyon testleri tamamlanmıştır. Maliyet ve zaman analizi

yapılarak diğ er iskeleler ile mukayese edilerek, Hareketli Cephe İskele sistemlerinin imalatının sürdürülebilirliğ i görölmüştür.

Statik analizde; Platformda olası yüklenme pozisyonları dikkate alınarak, platforma 14.000 N, 7.000 N ve 5.000 N'luk yükler yüklenmiştir. Yüklenen yüklere bağ lı olarak max yer değ iştirme ve max eş değer gerilme hesaplanmıştır. 14.000 N ile yüklenmede max eşdeğer gerilme 100 ile 170 MPa Arasında, max yer değ iştirme 5,4 mm olarak bulunmuştur. 7.000 N ile yüklenmede max eşdeğer gerilme 130 ile 200 MPa Arasında, max yer değ iştirme 8,8 mm olarak bulunmuştur. 5.000 N ile yüklenmede max eşdeğer gerilme 150 ile 220 MPa Arasında, max yer değ iştirme 11 mm olarak bulunmuştur. Hareketli Cephe İskele sistemlerinde Yer Değ iştirmenin 1 cm'yi geçmemesi arzu edilir. Yapılan analizde max yer değ iştirme 11,171 mm bulunarak arzu edilen yer değ iştirme miktarına yakın bir değer ortaya çıkmıştır. (TS EN 12811-2/Aralık 2005) [14] kriterlerine göre akma dayanımı 235 MPa olarak değerlendirilmektedir. Eşdeğer gerilmelerin bu değerin üzerine çıktığı bölgelerin olduğu açıktır. Lokal bölgelerde oluş an yüksek stres, dayanımı yüksek malzeme ve daha sağ lam kaynak ile iyileştirme yapılarak bu sıkıntı giderilmektedir.

Mekanik fren analizinde; yayın sertliğ i dolayısıyla da oluşturacağı kuvvet arttırıldığ ında, yayda oluş an kuvvet değerleri artmakta ve durdurma parçası ile ana hub arasında çarpış ma meydana gelmemektedir. Analiz sonuçlarına göre yayın sertliğ i max 100 N/mm<sup>2</sup> olarak belirlenmiştir. Bu veriler ile üretilen model üzerinde testler yapılarak verilerin doç ruluğu görölm esi neticesinde platformun teknik özellikleri meydana gelmiştir.

Titreş im analizinde; Doç al Titreş im Analizinin yapılarak, yapının doç al titreş im frekansları bulunmuştur. Platformun en kötü ş arlar altında yani Taşıyıcı gövde ve en uç platform üzerinde 500 kg'lık yük ile çalış ılacağı varsayılarak, Platforma 5.000 N'luk kuvvet altında Titreş im frekansları gönderilerek platformda meydana gelen şek il değ iş imi gözlenmiştir.

Rüzgar analizinde; Hareketli Cephe İskele sistemine etkiyen toplam rüzgar kuvveti 200,32 kN olarak bulunmuştur. Sistemin güvenli çalışabilmesi için gerekli rüzgar

hızı ise toplam rüzgar kuvvetini geçmemelidir. farklı hızlardaki q emme (hız basıncı) denendiğinde 39 m/s' de 197 kN' luk güvenli max üst sınır rüzgar kuvvetini (200,32 kN) geçmeyecek en yakın değer olarak saptanmıştır. Bu nedenle Hareketli Cephe İskele sistemlerinin Max 39 m/s rüzgar hızıyla çalışılması öngörülmüştür. Çalışma ve sosyal güvenlik bakanlığı kaldırma araçlarında çalışma yönetmeliğine göre Max rüzgar hızında çalışma 45 m/s olarak öngörülmektedir. Bu nedenle; 39 m/s ve üzeri rüzgar hızlarında sistemin çalışması güvenlik açısından tehlikeli olduğu saptanmıştır.

Maliyet Analizinde; Yapılan maliyet analizi sonucunda 10 m genişliğinde ve 30 yüksekliğinde Hareketli Cephe İskele sisteminin 12.908,52 TL ye imalatının yapılacağını görülmektedir. Maliyet analizinde amortisman giderleri, hesaba katılmamıştır. 12.908,52 TL ye imalatı yapılan, 10 m genişliğinde ve 30 yüksekliğinde Hareketli Cephe İskele sisteminin satış fiyatı KDV dahil 21.000 TL, klasik iskelelerinin satış fiyatı ise KDV dahil 27.075 TL'dir. Hareketli Cephe İskele sistemleri sektörde en çok kullanılan klasik iskelelere göre Kullanıcıya her bir makinede % 14 lük kâr oranını sağlayacağı, imalatçıya her bir makinede % 63 lük bir kâr oranının olacağı görülmektedir. Bu kâr oranı; 150.000 TL sermaye ile işe başlayan, 20 kişi çalıştıran bir işletme için ciddi bir kâr ve imalatı yapılan Hareketli Cephe İskele sisteminin sürdürülebilirliği anlamına gelmektedir.

Kurulum süresi analizinde; İskele kurulumunda zaman, maliyeti doğrudan arttıran bir faktördür. Bu nedenle, iskele kurulum zamanının olabildiğince min olması tercih edilir. 10 m genişlik ve 30 m yükseklikte olan binaya Hareketli Cephe İskele sistemlerinin 85 dakikada ve Klasik İskelenin 240 dakikada kurulumu gerçekleşmektedir.

Bu çalışmada, Hareketli Cephe İskele sistemlerinin kurulum süresi diğer iskelelere göre çok daha kısa sürede olduğu görülmektedir. Bunun yanında, hareketli şasi üzerinde monte edilen Hareketli Cephe İskele sistemleri bir yerden başka bir yere taşımayı kolaylaştırdığı için hem zamandan hem de maliyetten ciddi tasarruf elde edilmektedir. Bu nedenle, Hareketli Cephe İskele sistemlerinin sektörde zamandan ve maliyetten tasarruf sağlayacağı açıkça görülmektedir.

Sonuç olarak; Hareketli Cephe İskele sistemleri ergonomik olmasının yanı sıra düşük maliyetlerde imalatının mümkün olması ve yaygın olarak kullanılması amaçlanarak konstrüksiyon sistematığı parametreleri dikkate alınıp tasarlanmıştır. Sistem modellenerek; Statik Yük, Mekanik Emniyet Fren Sistemi, Titreşim ve Rüzgar Kuvveti test edilerek çıkan sonuç doğrultusunda son şekillendirmeler yapıp imalat resimleri oluşturulmuştur. Tasarım göz önüne alınarak Şekil 3.26’da görüldüğü gibi bir prototip çalışması yapıp seri üretim sürecine hazır hale getirilip tam emniyetli ve kapasiteli Hareketli Cephe İskele sistemlerinin imalatı gerçekleştirilmiştir. Bu ihtiyaç personel ve yük asansörünün 200 m’ye kadar çıkabilmesi, 3000 kg’ a kadar yük kaldırma kapasitesi olması nedeniyle bu alanda ciddi bir ihtiyacı karşılamakla birlikte Hareketli Cephe İskele sistemlerinin yerli olarak imalatı daha ucuza mal edilerek, sektörde döviz çıktısı olmadan daha ucuza ve daha emniyetli bir şekilde çalışma imkanına kavuşacaktır.

### **6.1. Öneri**

Ülkemizde inşaat sektörünün ön planda olması nedeniyle inşaat sektörü yaklaşık olarak iki milyon kişinin istihdamına neden olmaktadır. İnşaat teknolojisinin ülkemizde yeterli düzeyde olmaması, iş sağlığı ve güvenliğine yeteri düzeyde önem verilmemesi nedeniyle meydana gelen kazaların çoğunluğu düşme olarak gerçekleşmekte ve ölümlerle sonuçlanmaktadır.

Bu çalışmada elde edilen veriler ışığında, iş sağlığı ve güvenliği açısından Hareketli Cephe İskele sistemlerinin yaygın kullanımı sağlanmalı, maliyeti daha düşük, yük kaldırma kapasitesi daha yüksek, cephe genişliği daha fazla, daha temiz bir çevre için daha dayanıklı olan, iskelelerin üzerine çalışmaların yoğunlaşması gerektiği düşünülmektedir.

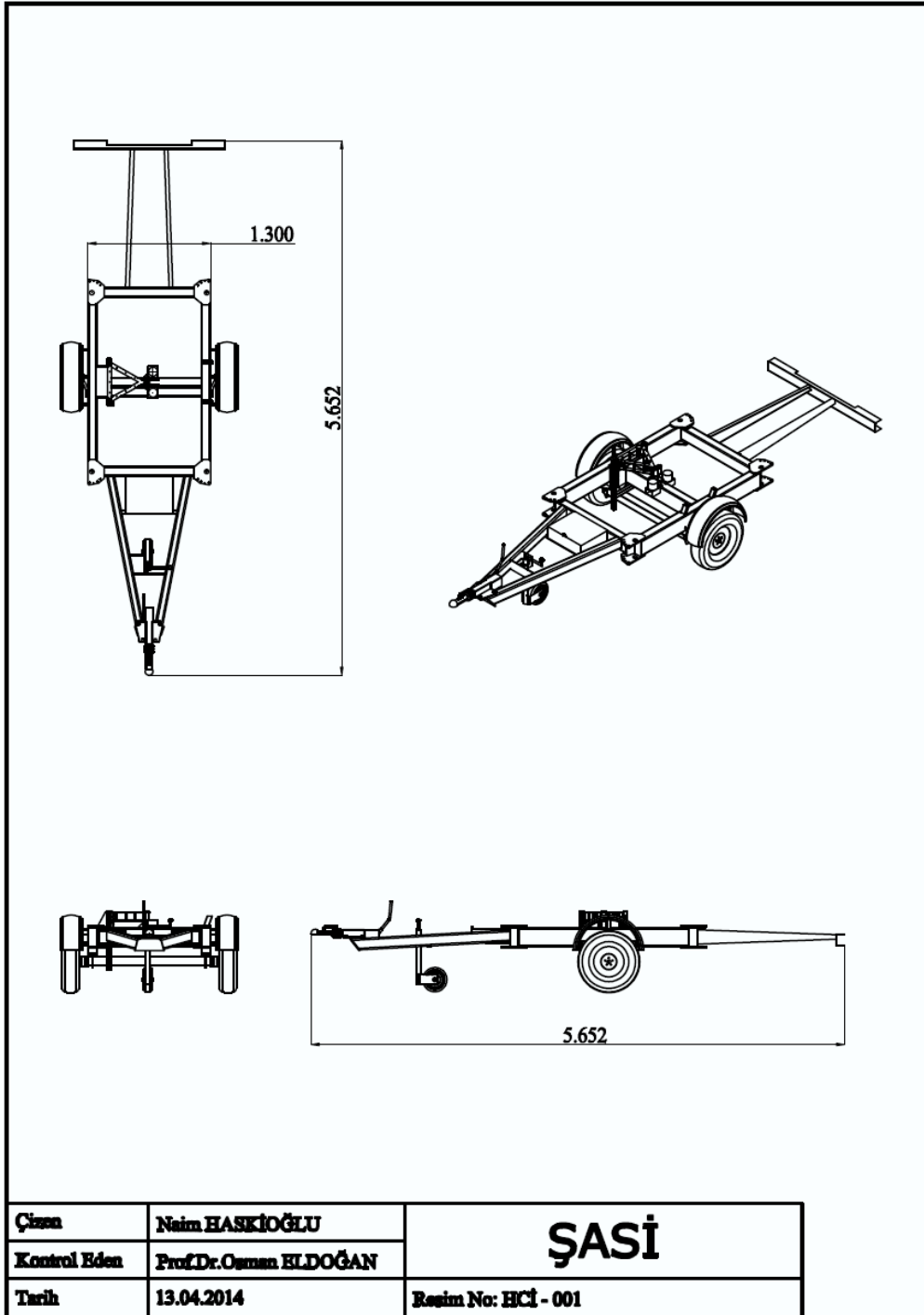
## KAYNAKLAR

- [1] İş Sağlığı ve Güvenliği Temel Bilgileri, 1, Risk-Med Akademi Yayınları, Ankara, 2011.
- [2] Türkiye İş ve İnşaat Makinaları Alt Sektörü, Sanayi Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, Ocak, 2010.
- [3] [www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/16612.pdf](http://www.e-kutuphane.imo.org.tr/pdf/16612.pdf), Ocak, 2012.
- [4] <http://www.ozenasansor.com/index.php/asansor-tarihcesi>, Haziran, 2014.
- [5] İskele, Milli Eğitim Bakanlığı Yayınları, Ankara, 2006.
- [6] [www.google.com](http://www.google.com), Nisan, 2013.
- [7] İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetmeliği, ÇSGB, Ankara, 2013.
- [8] ÇAKIR A., UÇAR M., Makina ve Makina Elemanları, İTÜ Ders Notu, İstanbul, 2007.
- [9] ULUKAN L., Konstrüksiyon Sistematiği, İTÜ Yayınları, İstanbul, 1993.
- [10] ULUKAN L., Konstrüksiyon Sistematiği, İTÜ Ders Notu, İstanbul, 2006.
- [11] İş Sağlığı ve Güvenliği Tüzüğü, ÇSGB, Ankara, 2013.
- [12] DURU T., DEMİRÖZ R., Asansörlerde Modern Dişlisiz Tahrik Sistemleri ve Enerji Verimliliği, TMMOB Elektrik Mühendisleri Odası Yayınları, Kocaeli, 2012.
- [13] Yapı Elemanlarının Boyutlandırılmasında Alınacak Yüklerin Hesap Değerleri TS 498, Türk Standardları Enstitüsü Yayınları, Ankara, Kasım 1997.

- [14] Geçici İş Donanımları-Bölüm 2: Malzeme Bilgileri TS EN 128111-2, Türk Standardları Enstitüsü Yayınları, Ankara, Aralık 2005.

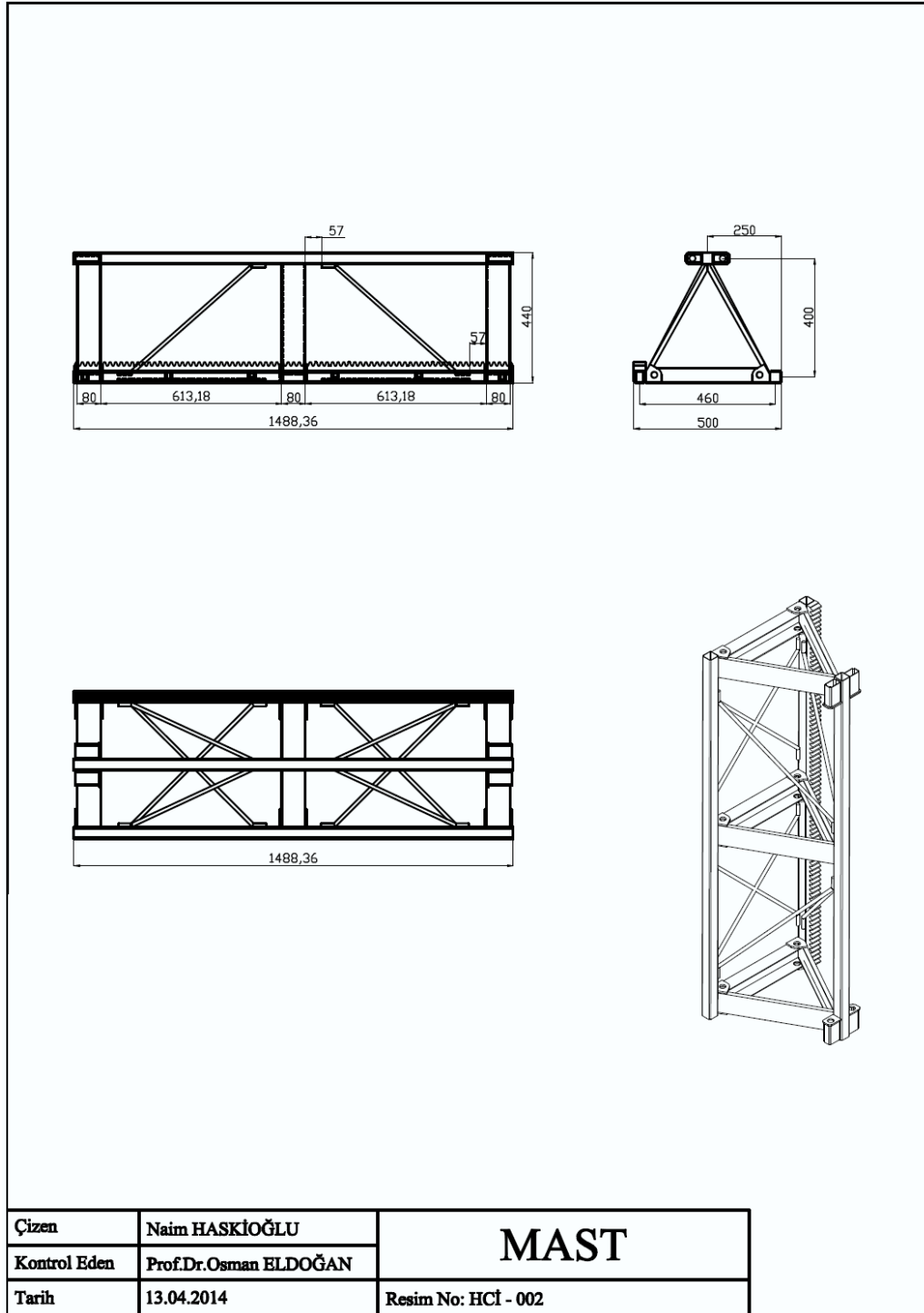
## EKLER

### EK 1

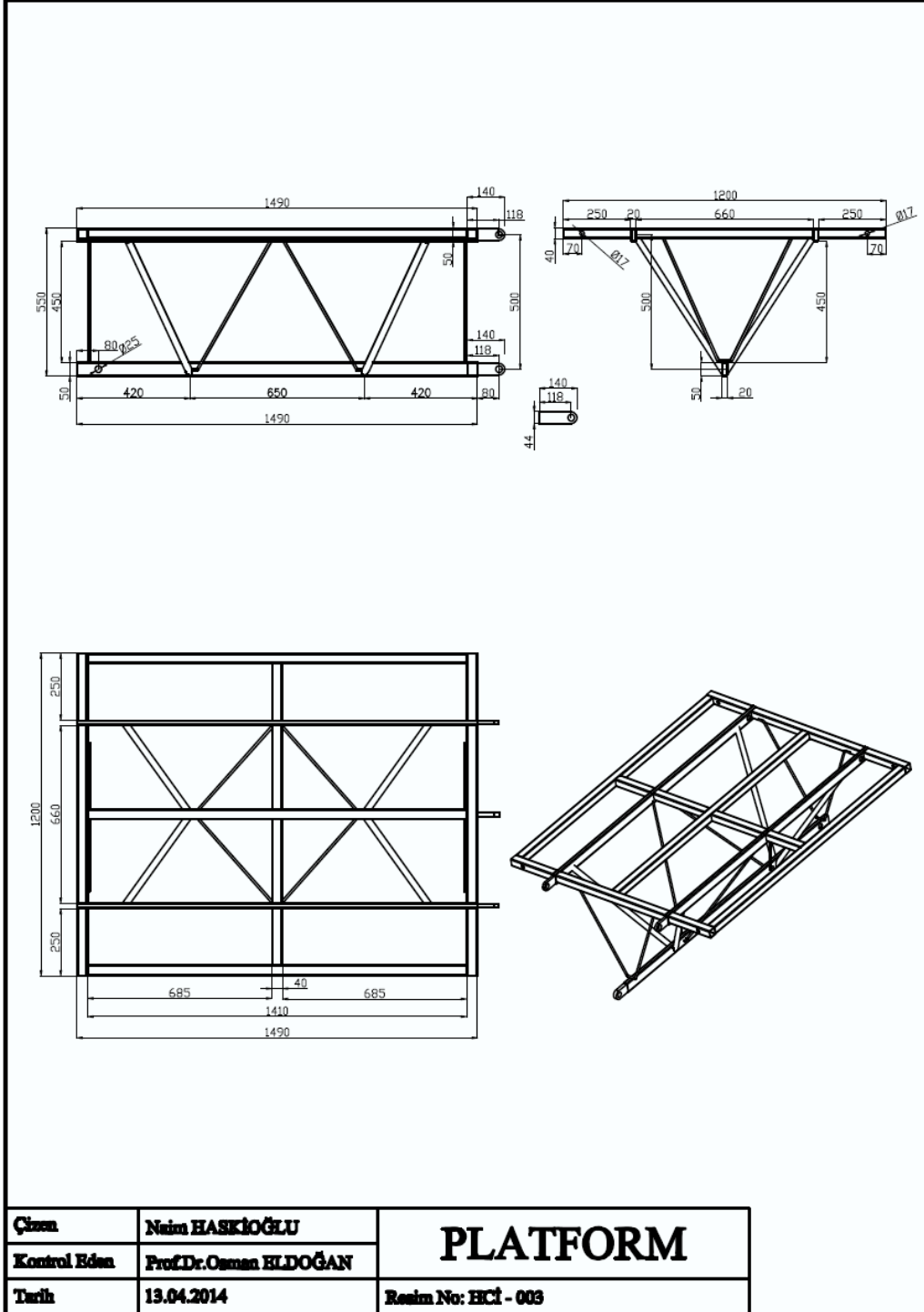




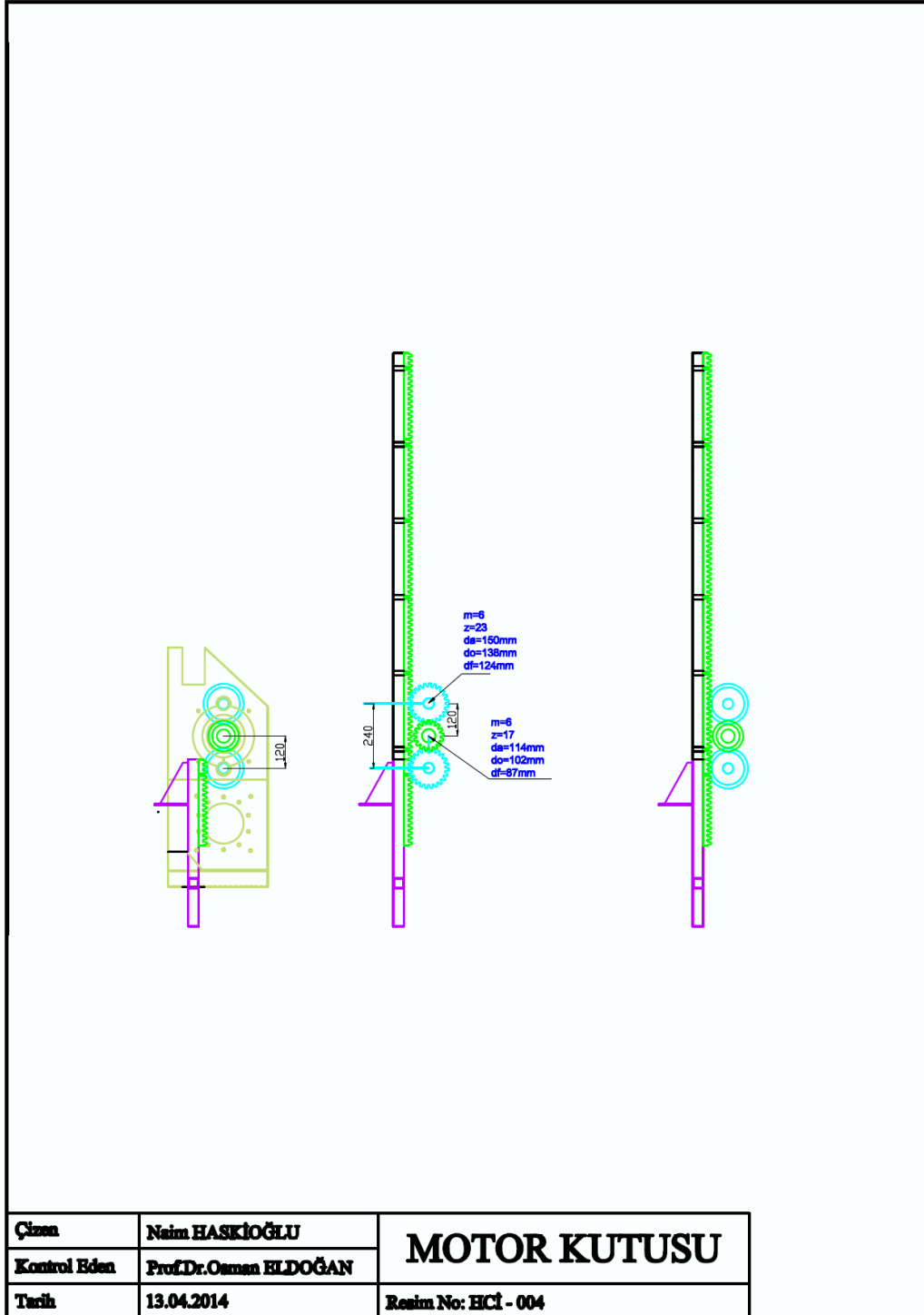
## EK 2



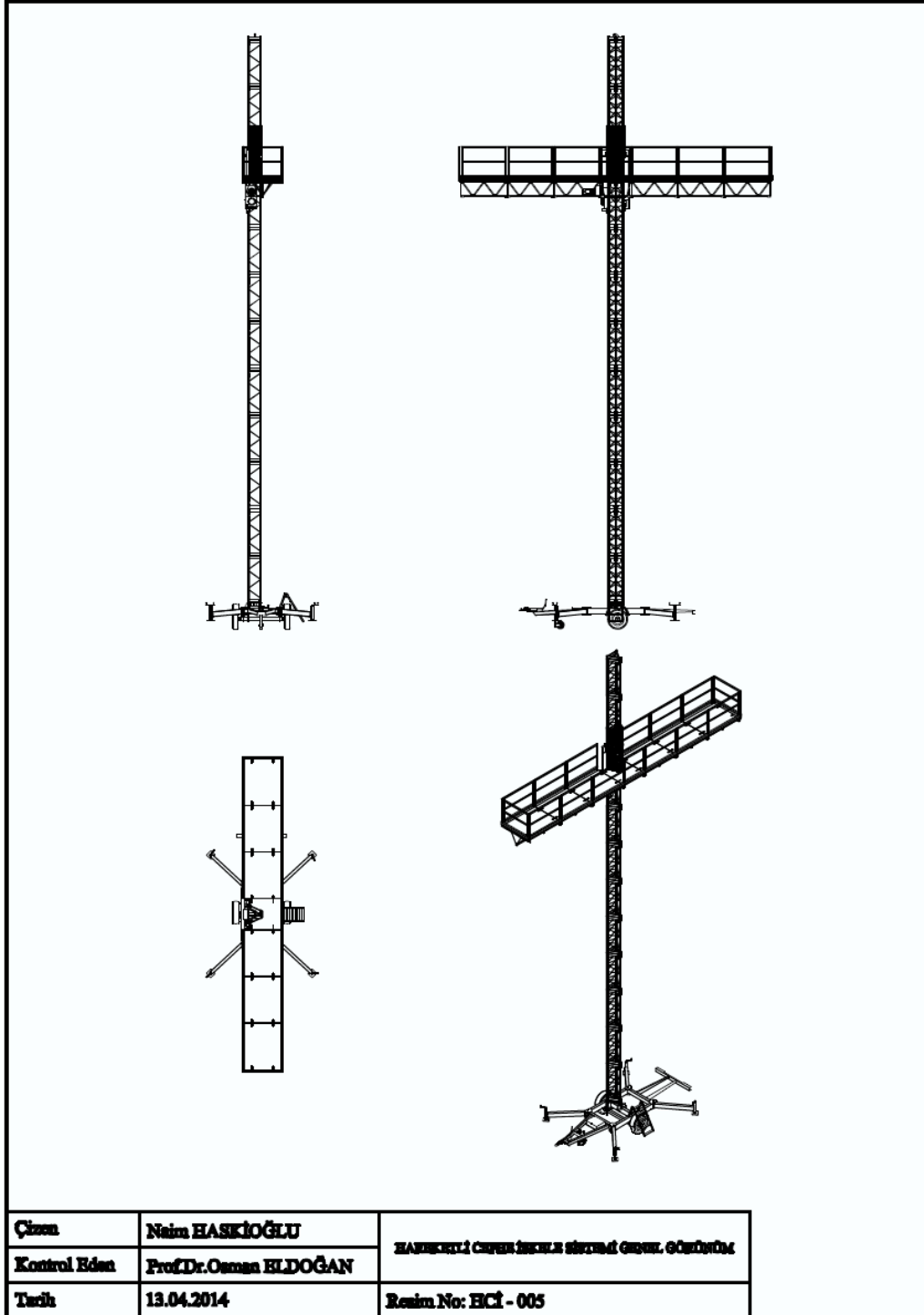
## EK 3



## EK 4



## EK 5



## ÖZGEÇMİŞ

Naim HASKİOĞLU, 07.07.1983 de Antakya' da doğdu. İlk, orta eğitimini Çekmece Beldesinde ve lise eğitimini Antakya Endüstri Meslek Lisesinde tamamladı. 2003 yılında başladığı Kocaeli Üniversitesi Otomotiv Öğretmenliği Makine Eğitimi Anabilimdalını 2008 yılında bitirdi. 2008-2011 yılları arasında Kocaeli Halk eğitim ve akşam sanat okulu müdürlüğünde Autocad, Solidworks, Catia ve Proengineer dersleri verdi. Aynı zamanda Tez – Met mak. inş. taah. san. ve tic. ltd. şti. nde Tasarım-Konstrüksiyon uzmanı ve imalat sorumlusu olarak çalıştı. Şu anda 51' nci Bakım Merkez Komutanlığında Üretim Planlama ve İstatistik sorumlusu olarak görev yapmaktadır.