

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ VE AKÜLÜ MOBİL LİFT TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Yusuf TİTİZ

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mekatronik Mühendisliği Programı

HAZİRAN 2018

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABLOSUZ VE AKÜLÜ MOBİL LİFT TASARIMI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Yusuf TİTİZ
(518111039)**

Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı

Mekatronik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Atakan ALTINKAYNAK

HAZİRAN 2018

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 518111039 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Adı SOYADI, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KABLOSUZ VE AKÜLÜ MOBİL LİFT TASARIMI” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Dr. Öğr. Üyesi Atakan ALTINKAYNAK**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Ata Muğan**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Berna Bolat
Yıldız Teknik Üniversitesi





Babama



ÖNSÖZ

Yüksek lisans tez çalışmam boyunca deneyimleri ve anlayışıyla bana yol gösteren tez danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Atakan ALTINKAYNAK’a teşekkürlerimi sunarım.

Yaptığım çalışmalarda bana destek olan başta Metin ÖKSÜZOĞLU ve Onur ÇETİN’e ayrıca PETES MAKİNA çalışma arkadaşlarım ve yöneticilerime teşekkür ederim.

Ayrıca tezi hazırlamamda her konuda sağladıkları eksiksiz destek ve motivasyon için Mutlu TİTİZ AVCI ve Borana TOPÇU’ya teşekkür ederim.

Mayıs 2018

Yusuf Titiz
Makine Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Literatür Özeti	2
1.2 Tezin Amacı	6
2. GENEL BİLGİLER.....	9
2.1 Lift Güvenliği	9
2.2 Yük Dağılımı.....	15
2.3 Yapısal Tasarım	16
3. YÖNTEM.....	21
3.1 Liftin Genel Yapısı.....	21
3.2 Yapısal Tasarım	23
3.3 Hidrolik Sistem	32
3.3.1 Hidrolik sistemin simülasyonu.....	38
3.4 Akü Sistemi.....	43
3.5 Donanımlar.....	45
3.5.1 Transpalet sistemi	45
3.5.2 Sinyal kodlayıcı sistemi (Enkoder)	46
3.5.3 Kilit sistemi	48
3.6 Kumanda Kontrol Yapısı	50
4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKÇA	63
ÖZGEÇMİŞ.....	65



KISALTMALAR

AH	: Ampere Hour
AP	: Access Point
CAN	: Controller Area Network
CE	: European Conformity
CEN	: European Committee for Standardization
CENELEC	: European Committee for Electrotechnical Standardization
ELA	: European Lift Association
HMI	: Human Machine Interface
IEC	: International Electrotechnical Commission
I/O	: Input/Output
PLC	: Programmable Logic Controller
WAN	: Wide Area Network
WB	: Wheel Base
WT	: Wheel Track



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1: EN 1493 standardında belirtilen tehlikeler listesi	10
Çizelge 2.2: Tehlike listesi ve önlemler çizelgesi	14
Çizelge 2.3: Yük dağılımı çizelgesi.....	15
Çizelge 2.4: Rüzgar yükü çizelgesi	17
Çizelge 2.5: Yük kombinasyon çizelgesi.....	17
Çizelge 2.6: Yük kombinasyon çizelgesine göre yükler	19
Çizelge 2.7: İzin verilen emniyet gerilmeleri	19



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1: Standart bir mobil lift	1
Şekil 1.2: İki Sütunlu ve makas lift	2
Şekil 1.3: İlk patenti alınan mobil lift tasarımı	2
Şekil 1.4: Mobil lift kolonlar arası iletişim.....	3
Şekil 1.5: Kablosuz mobil lift	4
Şekil 1.6: Kablosuz mobil lift	5
Şekil 1.7: Kablosuz mobil lift	5
Şekil 1.8: Kablosuz mobil lift.....	6
Şekil 3.1: Liftin genel yapısı.....	22
Şekil 3.2: Tüm sistemin görünümü.....	22
Şekil 3.3: Mobil lift sütun kesiti.	23
Şekil 3.4: Mobil lift en kritik kesit	24
Şekil 3.5: Mobil lift eğilme momenti.	25
Şekil 3.6: Mobil lift sütunun Ansys’de analizi.	26
Şekil 3.7: Mobil lift sütun kuvvetler ve mesnetler.	27
Şekil 3.8: Mobil lift sütunu maksimum Von-Mises Gerilmesi.....	28
Şekil 3.9: Mobil lift sütunu maksimum sehim.....	29
Şekil 3.10: Mobil lift taşıyıcı kuvvet ve mesnetler.....	30
Şekil 3.11: Mobil lift taşıyıcı maksimum gerilme	31
Şekil 3.12: Mobil lift taşıyıcı sehim	31
Şekil 3.13: Hidrolik silindir	33
Şekil 3.14: Serbest burkulma boyu (S_k)	34
Şekil 3.15: Hidrolik ünite	35
Şekil 3.16: Valf bloğu.....	36
Şekil 3.17: Basınç kompensatörlü akış kontrol valfi	37
Şekil 3.18: Valf blok kesitinden yağ geçişleri.	37
Şekil 3.19: Hidrolik sistem simülasyonu.	39
Şekil 3.20: Hidrolik sistem simülasyonu- Bypass	40
Şekil 3.21: Hidrolik sistem simülasyonu- Kaldırma.....	41
Şekil 3.22: Hidrolik sistem simülasyonu- İndirme	43
Şekil 3.23: Akü – Deşarj süresi	44
Şekil 3.24: Akü şarj cihazı	45
Şekil 3.25: Transpalet sistemi.....	46
Şekil 3.26: İpli sinyal kodlayıcı	47
Şekil 3.27: Sinyal kodlayıcı sistemi.....	47
Şekil 3.28: Artımlı çift kanallı sinyal kodlayıcı.....	48
Şekil 3.29: Kilit Sistemi.....	49
Şekil 3.30: Solenoid mıknatıs	49
Şekil 3.31: Mobil lift kumanda.	50

Şekil 3.32: Trakya Üniversitesi Mekatronik Laboratuvarındaki uzaktan kontrol sistemi	51
Şekil 3.33a: PLC yapısı	52
Şekil 3.33b: PLC yapısı	53
Şekil 3.34: PLC giriş elemanları.....	54
Şekil 3.35: PLC çıkış elemanları	55
Şekil 3.36: PLC’de seviye karşılaştırma tablosu.	55
Şekil 3.37: PLC merdiven diyagramı-1.	56
Şekil 3.38: PLC merdiven diyagramı-2	57
Şekil 3.40: PLC ethernet adresi ve birbirleri arasında dosya paylaşımı	59
Şekil 3.41: PLC simülasyonu.....	60
Şekil 4.1: Taşıyıcı hızlarının karşılaştırılması	62



KABLOSUZ ve AKÜLÜ MOBİL LİFT TASARIMI

ÖZET

Mobil lift; karayolları, demiryolları ve savunma sanayi araçlarının bakımında en yaygın kullanılan kaldırma ekipmanıdır. Araçların alt donanımında tamir edilmesi gereken bir parçanın sökölme işi, süspansiyonların kontrolü veya aracın yağ değişimi aracın kaldırılmasına bağlıdır. Mobil liftler ile bir aracın her türlü bakım işleri yapılabilmektedir. Mobil lift, bakımı veya testi yapılacak aracın kaldırma noktası, aks sayısı ve ağırlığına göre farklı tasarımlarda üretilmektedir. Tüm mobil liftler, EN 1493 ‘Vehicle Lifts’ ve EN 1494 ‘Mobile or movable jacks and associated lifting equipment’ standartlarına uygun olarak tasarlanıp imal edilmektedir.

Kaldırma ekipmanın tahriki, redüktöre bağlı sonsuz (trapez) bir mil veya hidrolik silindir ile gerçekleştirilmektedir. Araç; gövdeden veya tekerden kaldırılmasına göre, kaldırma noktası kadar birbirinden bağımsız, bir motor veya hidrolik üniteye sahip sütunların birbirleri ile eşzamanlı çalışması ile kaldırılır. Örneğin sekiz kaldırma noktası olan veya dört akslı bir araç toplamda dört adet mobil lift ile kaldırılmaktadır. Sekiz sütundan biri ana sütun olarak belirlenip, enerji beslemesi bu sütuna getirilir. Tüm güç ve iletişim kabloları bu sütunun sahip olduğu ana panodan diğer sütunların panolarına dağıtılmaktadır.

Teknolojinin gelişmesi ile birlikte; mobil liftler, bu sütunlar arası kablo karmaşasını önlemek için her bir sütun kendi aküsüyle çalıştırılmakta ve iletişim için (senkronizasyon, yük alma, somun aşınma, kilit vs.) birbirleri ile kablosuz modül vasıtasıyla haberleşmektedir.

Kablosuz çalışacak mobil liftlerde genelde tasarım hidrolik sisteme yoğunlaşmaktadır. Hidrolik liftler, mekanik (trapez milli tahrikli) liftlere göre daha az enerji harcamaktadır. Otoblokajlı trapez millerin verimi %50’den düşük olduğundan ve inişte de motorun çalışmasından dolayı hidrolik mobil lifte nazaran daha fazla elektrik enerjisine ihtiyaç duymaktadır. Ayrıca sütun konstrüksiyonu mekanik liftlerde flambaja maruz kaldığından daha mukavemetli imal edilmek durumundadır.

Bu çalışma; akülü ve kablosuz olarak çalışacak 4 sütunlu hidrolik mobil liftin, konstrüksiyon hesaplarını, hidrolik sistemini ve sistem yazılımını içermektedir. Liftin mukavemet hesapları ANSYS programında yapıp, sütun ve taşıyıcı kesitleri belirlenmiştir. Hidrolik sistemin modellenmesi ise FLUIDSIM programı ile yapılmıştır. Liftin enerji beslemesi akü ve bunu şarj edecek bir akü şarj cihazı sağlanmıştır. Liftin kaldırma yüksekliği sinyal kodlayıcı (enkoder) ile takip edilirken, dört sütun arasındaki iletişim PLCler üzerinden ethernet modülünden sağlanmaktadır.



DESIGN OF WIRELESS and BATTERY POWERED MOBILE LIFT

SUMMARY

Mobile lift is one of the most widely used lifting equipment for road, railways and defense industry vehicles. In order to perform several maintenance operations such as dismantling a component from the underbody of vehicle to be maintained, controlling suspensions or as the simplest term, oil changing, the vehicle shall be lifted. Mobil lifts are manufactured with different designs varying to the extent of lifting points, axle numbers and weight of the vehicle to be maintained or tested. All kinds of maintenance operation of a vehicle can be performed with mobile lifts. All mobile lifts have to be manufactured by designing in accordance with EN 1493 'Vehicle Lifts' and EN 1494 'Mobile or movable jacks and associated lifting equipment' standards.

The drive of mobile lifts can be accomplished by a worm spindle directly attached to motor reducer or a hydraulic cylinder. With regard to lifting vehicle from tires or lifting points located onto vehicle chassis, lifting vehicle is carried out by separately actuated by motor or hydraulic unit mobile lifts with equal number with lifting points or tires which have to be operated synchronously. For instance, a vehicle having eight lifting points or four axes has to be lifted with eight mobile lifts. One of these eight mobile lifts is determined as a master lift and main power supply is provided to this one. All power and communication cables are delivered to other lifts from the control panel of master lift.

Mobile column lifts are being manufactured with different rated load varying from 2,5tons to 40tons. Thanks to its reliable and safe design, such a high rated load can be achieved to be lifted. Design can be customized according to the lifting point (tire or chassis), maintenance needs or user's requirements. With apparatus and accessories, different lifting style can be accomplished. With regard to lifting style, mobile column lifts can be divided into two design; tire lifting and chassis lifting. In tire lifting design, carrier has forks to grab tires of vehicle. In order to lift vehicles having different tire diameter, mobile column lift can be designed in such a manner that distance between forks can be aligned. In chassis lifting, carrier has a pawl to contact with lifting point existing on vehicle chassis. Lifting pawl can be extended with a gear mechanism to reach lifting point which is too far from vehicle body. It is not required to change design for columns, drive mechanism and safety devices for lifting style. With slight changes in carriers, different lifting style can be accomplished.

Mobile column lifts can be equipped with different safety devices. Limit switches, load sensing switch, pallet jack sensor, load nut wearing switch for lifts driven with worm spindle, overload switch, mechanical safety clutches are some safety devices to be used in mobile column lifts. Requirements of safety devices are specified within related standards. Thanks to these safety devices, inadvertent usage and

improper operations can be inhibited. Before design stage, all possible risks shall be determined and required actions to remove those risks shall be propounded. Thereby, mechanically safe and reliable design is promoted with these safety devices against operator's errors and misuse.

Synchronization can be considered the crucial point of operating mobile column lifts. Several mobile column lifts having their own drive units have to be operated as single machinery. A malfunction in synchronization may cause vehicle's overturning which may be concluded with death or severe damages. Electronically equipped mobile columns lifts for simultaneous operation also have to be observed by operator during their movement. In case of any doubt over simultaneous operation, mobile column lifts have to be stopped with emergency stop button provided on each column.

Mechanical synchronization such as with rope, with hydraulic displacement or with a leveler cannot be applied to mobile column lifts due to that they are not stable. Accordingly, each column is provided with encoder tracking carrier height continuously. Lifting height can be counted and compared by logic controller. Should difference between carriers exceeds allowable value; leading carrier is stopped until other ones reach them.

Information of heights, safety devices' cases and warnings between columns can be shared with communication cables. Up to number of information to be shared, cores of cable shall be determined. Cables of each column having power supply and safety signals are attached to control panel. With regard to safety devices and lifting height, power supply can be cut.

With the improvement of technology; in order to remove muss of cables; mobile lifts can be manufactured as so they can be powered by its own battery and communicate with other columns via wireless module. Hence, a safe working environment is enabled. Cables laid on floor of workshop may pose a threat to operators and these cables can be squashed by vehicles, so that a malfunction in system may arise.

The design of wireless mobile lifts tends to be hydraulic due to that hydraulic lifts spends less power than mechanical lifts (trapezoidal spindle system). Due to that efficiency of lifts having auto-blocking is less than %50 and spend power at lowering as well, mechanical lifts require more power than hydraulic lifts. Besides this, mechanical lifts are exposed to buckling, that's why columns are to be manufactured with section having more strength.

Present study consists of structural calculations in accordance with related standards. How to determine design load is indicated within this study. Practical structural calculation was compared with analyses performed with ANSYS Workbench. Both results are compared to allowable stress specified within standards.

Hydraulic system of design including practical calculations, valve block design and simulation of hydraulic scheme was explained in this study. Practical calculations and the results of simulation were compared too. Valves to be used in system were described and their duties in system were shown in hydraulic schemes.

Power supplies and control of lift were addressed in the study. How to selecting batteries and auxiliary equipment promoting power supply is mentioned too. Working principle of system is discoursed.

Safety devices and accessories including locking system, encoder system and pallet truck system were also addressed. Design criteria and requirement of them was examined in this study.

How to associate physical components and controller of system was explained. Design allows system to be added with different physical components such as oil level sensor of hydraulic system, load cell, photocell etc. promoting unit more safe and reliable.

Lifting height is controlled with an encoder and communication between four columns is achieved through ethernet modules of PLCs which is different application than usual market solution. PLC structure of design was given in this study, and how to create ladders of PLC for such a system was described. Sharing inputs, outputs and settings of PLCs were also shown.

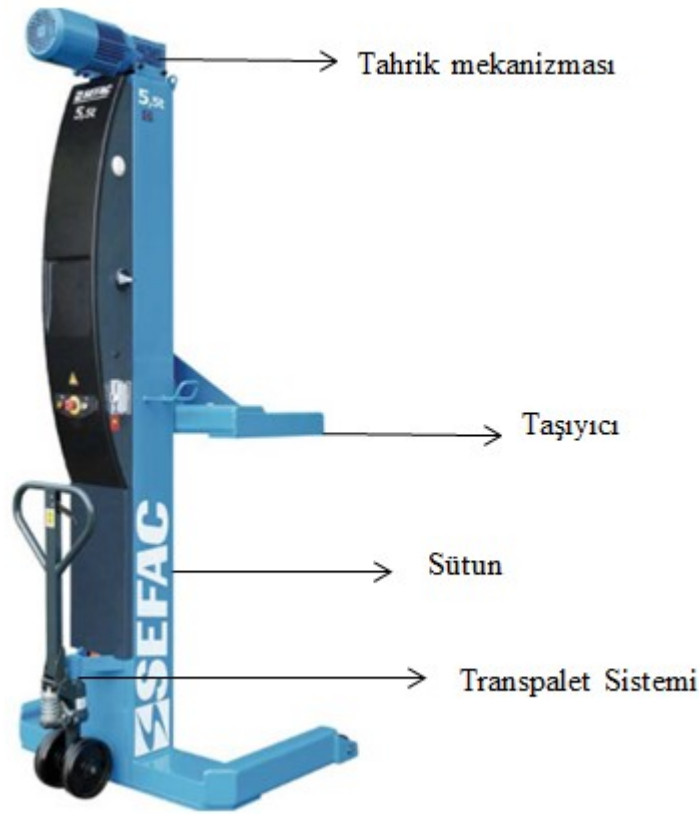
Design within this study enables a communication not intervened with signals of different equipment. Ethernet communication provides an isolated network for mobile column lifts.

Study includes possible future workouts which can promote design of mobile columns lifts. With this design, purposes of simultaneous operation's hitches (pressure regulations, defects of manufacturing processes, frictions, backlashes) can be examined.



1. GİRİŞ

Mobil liftler; her tip araçların bakım ve tamir işlemlerinde kullanılan ve bu işlemlerin zamanını en aza indirgeyen mekanik bir ekipmandır. Güvenlik açısından birçok emniyet sistemi ile donatılan bu ekipmanların tasarımı EN 1493 ‘Kaldırma ve iletme ekipmanları olarak araç kaldırma lifti’ standardına uygun ve bu standartta belirtilmiş olan tüm testlere tabi olma zorunluluğu vardır. Mobil lift, Şekil 1.1’de gösterildiği gibi basitçe taşıyıcı konstrüksiyon, bu taşıyıcıya kılavuzluk edip tüm eğilme momentini ve yükü karşılayan sütun, tahrik sistemi (sonsuz mil-somun sistemi veya hidrolik silindir) ve sütunu hareket ettiren transpalet sisteminden oluşmaktadır.



Şekil 1.1: Standart bir mobil lift [1].

Bu liftin tasarımı ile kaldırma ekipmanı mobil hale gelmiştir. Böylece yere sabitlenen klasik iki sütunlu kaldırma ekipmanları ve daha büyük tonajlı araç için çukur

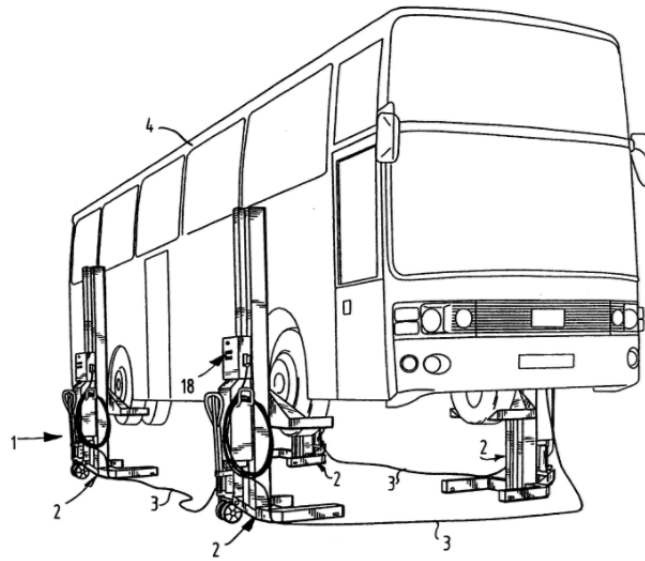
gerektiren makas lift tasarımına göre (Şekil 1.2) ciddi maliyet tasarrufu ve kullanım kolaylığı getirmiştir [2]. Hangi amaçla kullanılacağı ve ne tür bir bakım yapılacağına göre lift tasarımları farklılık göstermektedir. Tüm bakım işlerinin yapılabildiği ve mobil olan bu tasarım şu an en çok tercih edilen tasarımlar arasındadır.



Şekil 1.2: İki Sütunlu ve makas lift [3].

1.1 Literatür Özeti

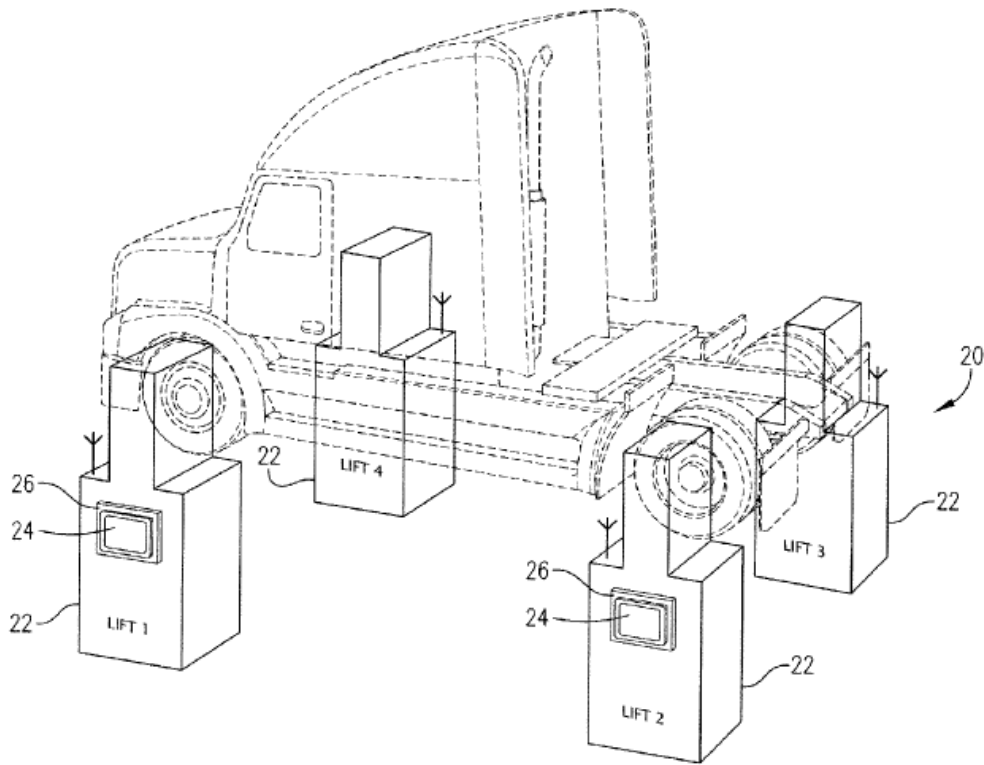
Mobil lift fikri ilk olarak Stertil firmasında çalışan Jan Berends ve Jurjen Jan De Jong isimli iki mühendis tarafından 1997 yılında tasarlanmış ve 2001 yılında patenti alınmıştır (Şekil 1.3).



Şekil 1.3: İlk patenti alınan mobil lift tasarımı [4].

yazılıma, daha yüksek tonajlı ve daha fazla emniyet sistemi içeren ekipmanlara evrilmiştir.

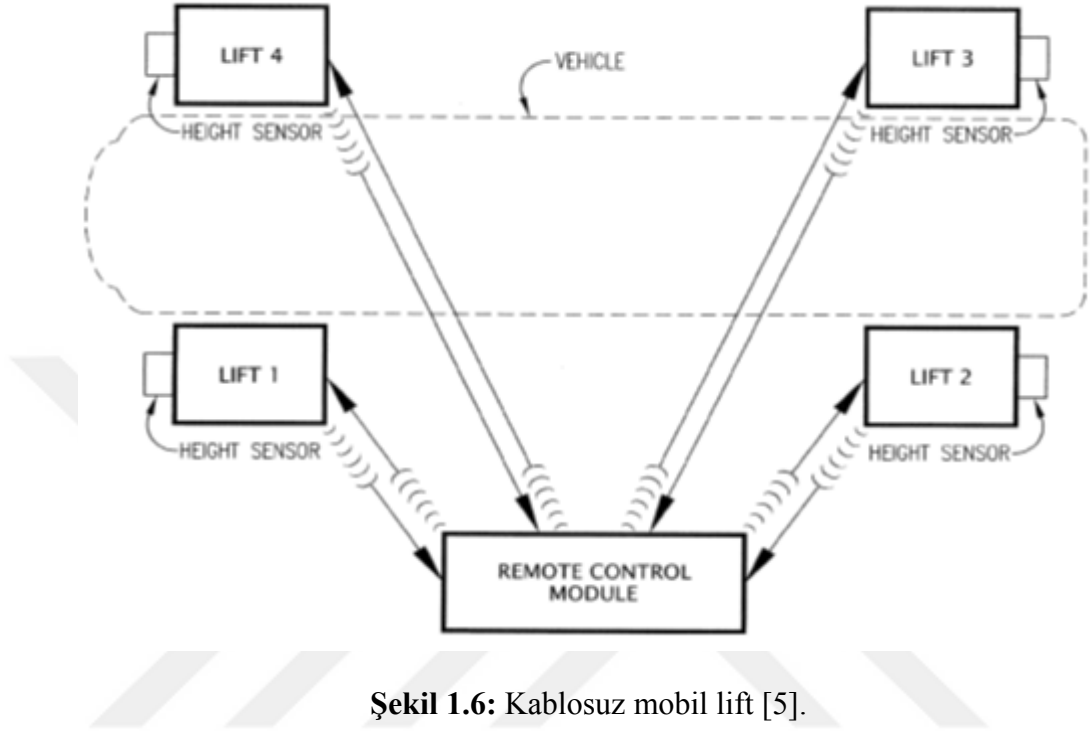
2012 yılında kablosuz olarak haberleşen mobil liftin patenti Gray Manufacturing firması mühendisleri tarafından alınmıştır. Sütunlar arasındaki kablolar çalışanlar için tehlikeli bir durum oluşturmakta ve ayrıca kabloların araç tarafından ezilme riski bulunmaktadır. Tasarım amacı, bu sütunlar arasındaki kabloları ortadan kaldırıp daha yalın ve güvenilir bir çalışma ortamı sağlamaktır.



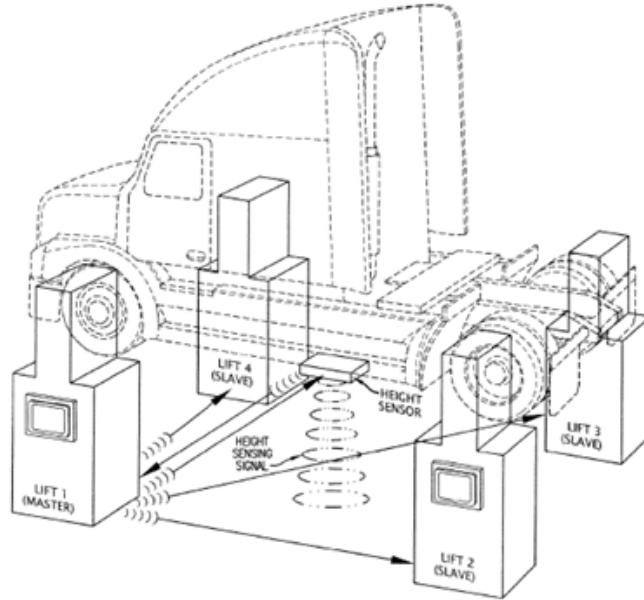
Şekil 1.5: Kablosuz mobil lift [5].

Tasarım, Şekil 1.5'te gösterildiği gibi, sütunlar yükseklik sensörü ve sinyal alıcı antenler ile donatılmıştır. Bu yükseklik sensörünün verileri uzaktan kumanda modülü ile toplanır. Liftlerin seviye farkına göre, uzaktan kumanda modülü hangi sütunun hareketine devam edeceğine veya hangisinin duracağına karar vererek senkronizasyonu sağlamaktadır [5]. Bu uzaktan kumanda modülü ayrı bir yerde olabileceği gibi (Şekil 1.6) ana sütun olarak seçilen bir sütunda da konumlandırılabilir (Şekil 1.7). Bu tasarım ile iki yönlü iletişim ortadan kalkmakta ve sinyaller, sadece ana sütun ve diğer sütunlar arasında iletişimi sağlamaktadır.

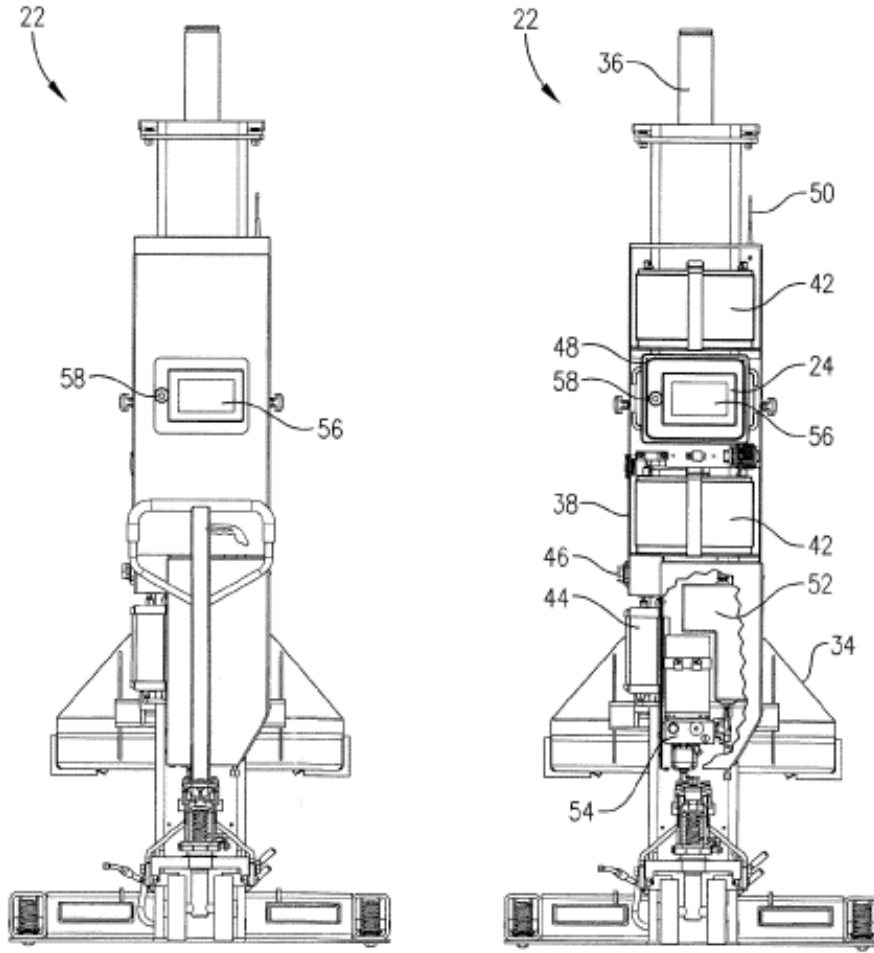
Kablosuz iletişim, liftler arasındaki kabloları ortadan kaldırmak için tek başına yeterli olmamaktadır. Besleme kablolarını ortadan kaldırmak için, liftlerin harici bir enerji beslemesi ile çalıştırılması gerekmektedir. Şekil 1.6-1.8’de gösterilen tasarımlarda her bir sütun akü ve akü şarj ünitesi ile donatılmıştır.



Şekil 1.6: Kablosuz mobil lift [5].



Şekil 1.7: Kablosuz mobil lift [5].



Şekil 1.8: Kablosuz mobil lift [5].

1.2 Tezin Amacı

Literatür araştırmasında da görüldüğü gibi, Şekil 1.3'te gösterilen patent, daha çok sabitlemeye gerek duyan kaldırma liftlerine alternatif olarak tasarlanmış bir patenttir. Şekil 1.6'da gösterilen tasarım ise, lifti kullanacak operatörün kolaylığı ve liftlerin hareket kabiliyetini arttırmaya yönelik olarak aradaki kabloların ortadan kaldırılmasını amaçlamaktadır.

Yapılan çalışma, mobil liftlerin hangi standartlara göre tasarlandığını ve hangi güvenlik önlemlerinin bulunması gerektiğini içermektedir. Ayrıca, liftin konstrüksiyon hesapları ve analizlerini, hidrolik sisteminin simülasyonu, emniyet cihazlarının dizaynını ve yazılım simülasyonlarını kapsamaktadır. Bunun yanında, mekanik tasarım ve güvenlik açısından kusursuza yakın olması gereken bu ekipmanlar için kullanıcı kolaylığı sağlayacak akülü ve kablosuz tasarımı

içermektedir. Şekil 1.9’da kablolu ve kablosuz mobil liftin karşılaştırılması verilmiştir. Kablolu mobil liftte, sütunlar arasında hem operatörün güvenliğini tehlikeye sokan hem de araç tarafından ezilme riski olan kablolar vardır. Kablosuz mobil lift, tüm bu riskleri ortadan kaldıran bir tasarımıdır.



Şekil 1.9: Kablolu ve kablosuz mobil lift.

Çalışmada; tasarımı yapılan mobil lift, hidrolik sistem ile çalışmaktadır. Sonsuz milli tahrik sistemine göre verimi yüksek ve inişte enerji harcamadığından dolayı akülü sistemin daha uzun ömürlü olacağından hidrolik sistem tercih edilmiştir. Sistem akü ile çalışacağından 24V DC motor ile tahrikli bir hidrolik güç ünitesine sahiptir. Üç adet 8V’luk akü ile beslenecek olan mobil liftlerde, aküler bittiğinden tekrar şarj edilebilmesi için akü şarj cihazı bulunmaktadır. Her bir lift sütunundaki taşıyıcının hareketinin kontrolü PLC tarafından sağlanıp, iniş ve kalkış hareketleri her bir sütun üzerinde bulunan sinyal kodlayıcı ile takip edilmektedir. Her bir taşıyıcının alt ve üst sınır seviyesi sınır şalterler ile kontrol edilmektedir. Dört kolonun senkronizasyonu her bir sütundan bulunan PLC’nin ethernet modülü üzerinden erişim noktası (access point) kurularak, kablosuz birbirleriyle eş zamanlı olarak haberleşip çalışmaktadır. Böylece farklı radyo frekans ve sinyallerinden etkilenmeyecek bir sistem tasarımı amaçlanmıştır.



2. GENEL BİLGİLER

Kaldırma ekipmanlarının; tüm tasarım işleri, testleri ve bulundurması gereken emniyet donanımları 26 Haziran 2010'da kabul edilen EN1493 standardına göre yapılmaktadır. Bu standart piyasadaki Doğu Asya marketlerinin sağladığı ucuz ve emniyetsiz liftleri temizleyerek, operatörler tarafından daha emniyetli liftlerin kullanılması için hazırlanmıştır. EN 1493 standardı tüm CEN/CENELEC ve ELA üyeleri ülkelerde uyulması gereken bir standarttır. Türkiye bu standardı TS EN 1493:2010 olarak 2012'ye kadar uygulamaktaydı. 2012'de CEN ve CENELEC'e tam üye olarak artık bu standardı kesin olarak uygulamak zorundadır.

2.1 Lift Güvenliği

Kaldırma ekipmanlarındaki tüm riskler EN 1493 standardında listelenmiştir [6]. Tüm ekipmanların bu listede belirtilmiş risklerden arındırıldığı liftin teknik dosyasında belirtilmek zorundadır. Bu risklerin hala bulunması durumunda lifte CE belgesi verilmemektedir [7].

Tüm olası risk ve tehlikeler ve bu tehlikelere karşılık gelen gereksinimler Çizelge 2.1'de ilgili maddelerde belirtilmiştir. Bu maddelerde belirtilen risklerden hangilerinin tasarımda bulunduğu ve nasıl ortadan kaldırıldığı belirtilmesi zorunludur. Temel sağlık ve güvenlik kuralları bölümünde; güvenlik bütünlüğünün, operatörün ve çalışma koşullarının emniyetinin, ergonomi ve kumanda sistemlerinin güvenliğinin sağlanması gerekmektedir.

Çizelge 2.1: EN 1493 standardında belirtilen tehlikeler listesi.

Tehlikeler		Karşılık gelen kural maddesi/maddeleri
1	Mekanik Tehlikeler	Madde 5.7, Madde 5.9, Madde 5.17.1
1.1	Ezilme tehlikeleri	Madde 5.3.1, Madde 5.6.1, Madde 5.6.2, Madde 5.17
1.2	Makaslama tehlikesi	Madde 5.3.1, Madde 5.6.1, Madde 5.6.2, Madde 5.17
1.3	Kesilme veya koparılma tehlikesi	Madde 5.8.3.3, Madde 5.18
1.4	Dolanma/dolaşma tehlikesi	Madde 5.4.3
1.5	Kapma veya yakalanma tehlikesi	Madde 5.4.4
1.6	Darbe tehlikesi	Madde 5.5, Madde 5.8.3.1, Madde 5.8.3.2, Madde 5.11, Madde 5.12, Madde 5.13, Madde 5.14
1.7	Saplanma veya delme tehlikesi	Uygulanamaz
1.8	Sürtünme veya aşınma tehlikesi	Uygulanamaz
1.9	Yüksek basınçlı sıvının fışkıрма tehlikesi	Madde 5.8.4.2, Madde 5.8.4.4, Madde 5.19.3
1.10	Parçaların fırlaması (makina ve işlenen malzemelerin/iş parçalarının)	Uygulanamaz
1.11	Kararlılık kaybı (makinanın ve makina parçalarının)	Madde 5.7.6
1.12	Makina ile ilgili kayma, takılma ve düşme tehlikeleri (mekanik yapılarından dolayı)	Madde 5.10
2	Elektrikle ilgili tehlikeler	
2.1	Doğrudan veya dolaylı elektrikle temas	Madde 5.21.1, Madde 5.21.3
2.2	Elektrostatik olaylar	Uygulanamaz
2.3	Isıl radyasyon veya kısa devreler, aşırı yüklemeler vb.den kaynaklanan ergimiş metallerin sıçraması ve kimyasal etkileri gibi diğer olaylar	Uygulanamaz
2.4	Elektrikli donanımlardaki dış etkileşimler	Madde 5.21.1
3	Aşağıdakiler ile sonuçlanan ısı tehlikeleri	
3.1	Şahısların, alevler veya patlamalarla muhtemel temasından veya ısı kaynaklarının ısıtım etkisinden kaynaklanan yanıklar ve haşlanmalar	Uygulanamaz

Tehlikeler		Karşılık gelen kural maddesi/maddeleri
4	Gürültüden kaynaklanan tehlikeler	
4.1	İşitme kayıpları (sağırılık), diğer psikolojik bozukluklar (örneğin; denge kaybı, dikkat kaybı vb)	Uygulanamaz
4.2	Konuşarak iletişimle, sesli sinyallerle vb. ile girişim	Uygulanamaz
5	Titreşimden kaynaklanan tehlikeler (çok sayıda sinir ve damar hastalıkları ile sonuçlanan)	Uygulanamaz
6	İşinimden kaynaklanan tehlikeler, özellikle aşağıdakilerden:	
6.1	Elektrik arkları	Uygulanamaz
6.2	Lazerler	Önemli değil
6.3	İyonize ışınım kaynakları	Uygulanamaz
6.4	Yüksek frekanslı elektromanyetik alan üreten makineler	Uygulanamaz
7	Makinalar tarafından işlenilen, kullanılan veya atılan malzemelerden ve maddelerden kaynaklanan tehlikeler	
7.1	Zararlı sıvılarla, gazlarla, buharla, dumanla ve tozla temas veya bunların solunmasının sebep olduğu tehlikeler	Madde 5.8.4
7.2	Yangın veya patlama tehlikesi	Uygulanamaz
7.3	Biyolojik ve mikrobiyolojik (virüslere veya bakterilere ait) tehlikeler	Uygulanamaz
8	Makina tasarımında ergonomik prensiplerin ihmalinin (insan özellikleri ve kabiliyetlerinin makina ile uyum sağlamamasının) sebep olduğu tehlikeler, örneğin;	Madde 5.4, Madde 5.16.3
8.1	Sağlıksız duruşlar veya aşırı güç sarfı	Madde 5.16.5, Madde 5.20
8.2	İnsan el kol veya ayak bacak anatomisine yeterince önem verilmemesi	Madde 5.4.1
8.3	Kişisel koruma teçhizatının kullanımının ihmalı	Uygulanamaz
8.4	Yetersiz saha aydınlatması	Uygulanamaz
8.5	Aşırı zihinsel meşguliyet veya aşırı gevşeme, stres vb.	Uygulanamaz
8.6	İnsan hatası	Madde 5.2, Madde 5.3.1, Madde 5.3.2, Madde 5.3.3, Madde 5.3.4, Madde 5.3.5
9	Tehlikelerin birleşimleri	
10	Enerji besleme arızası, makina parçalarının bozulması ve diğer fonksiyonel bozuklukların sebep olduğu tehlikeler	
10.1	Enerji besleme arızası (enerji ve/veya kumanda devrelerinin)	Madde 5.8.4.5, Madde 5.8.4.6, Madde 5.8.4.7,

Tehlikeler		Karşılık gelen kural maddesi/maddeleri
10.2	Makina parçalarının veya sıvıların beklenmeyen fırlaması veya fişkırması	Madde 5.8.4.3, Madde 5.8.4.8, Madde 5.8.5.2, Madde 5.8.5.3, Madde 5.8.5.4
10.3	Kumanda sisteminin arızası/bozukluğu (beklenmeyen çalışma, beklenmeyen hızlı çalışma)	Madde 5.3.1, Madde 5.8.1
10.4	Bağlantı hataları	Madde 7.3.1
10.5	Devrilme, makina kararlılığının beklenmeyen kaybı	Madde 5.7.6
11	Eksik ve/veya yanlış konumlandırılmış (geçici olarak) güvenlikle ilgili tedbirlerin/araçların sebep olduğu tehlikeler	
11.1	Mahfazanın bütün çeşitleri	Madde 5.10, Madde 5.17.3
11.2	Her çeşit güvenlikle (koruma) ilgili tertibatlar	Madde 5.7.5.1, Madde 5.17.3, Madde 5.18
11.3	Çalıştırma ve durdurma tertibatları	Madde 5.8.2
11.4	Güvenlik işaretleri ve levhaları	Madde 5.3.4
11.5	Her çeşit bilgi veya ikaz tertibatları	Madde 7.2, Madde 7.3
11.6	Enerji beslemesini kesme tertibatları	Madde 5.21.1, Madde 5.21.2, Madde 5.21.3
11.7	Acil durum tertibatları	Madde 5.4.5
11.8	İş parçalarını besleme ve alma araçları	Uygulanamaz
11.9	Güvenli ayarlama ve/veya bakım için gerekli donanım ve aksesuarlar	Madde 7.3
11.10	Donanımın gazının vb.nin boşaltılması	Uygulanamaz
HAREKETLİLİKTEN KAYNAKLANAN TEHLİKELER		
12	Hareket/çalışma sahasının yetersiz aydınlatması	Madde 5.4.1, Madde 5.4.3
13	Kullanım sırasında ani hareket, kararsızlık vb.den kaynaklanan tehlikeler	Madde 5.16.1, Madde 5.16.2
14	Sürüş/çalışma konumunun yetersiz/ergonomik olmayan tasarımı	Madde 5.4.1
14.1	Tehlikeli ortamlardan kaynaklanan tehlikeler (hareketli parçalar, egzoz gazları vb. ile temas)	Uygulanamaz
14.2	Sürücü/operatör konumundan yetersiz görüş alanı	Uygulanamaz
14.3	Uygun olmayan koltuk/oturuş (koltuk referans noktası)	Uygulanamaz

Tehlikeler		Karşılık gelen kural maddesi/maddeleri
14.4	Kumanda konumlandırılmasının yetersiz/ergonomik olmayan tasarımı	Madde 5.4.1
14.5	Kendi yürür makinanın çalışması/hareketi	Madde 5.16.1, Madde 5.16.2
14.6	Kendi yürür makinanın karayolu trafiği	Uygulanamaz
14.7	Yaya kumandalı makinanın hareketi	Madde 5.16.3
15	Mekanik tehlikeler	
15.1	Kontrolsüz hareket nedeniyle şahısların maruz kaldığı tehlikeler	Madde 5.16.1
15.2	Parçaların kırılması ve/veya fırlamasından kaynaklanan tehlikeler	Uygulanamaz
15.3	Yuvarlanmadan kaynaklanan tehlikeler (sapma sınır hacmi, SSH)	Uygulanamaz
15.4	Düşen cisimlerden kaynaklanan tehlikeler	Uygulanamaz
15.5	Erişim araçlarının yetersizliği	Madde 5.10
15.6	Çekme, kavrama, bağlama, güç aktarma vb.den kaynaklanan tehlikeler	Uygulanamaz
15.7	Akümülatörler, yangın, emisyonlar vb.den kaynaklanan tehlikeler	Madde 5.21.3, Madde 5.21.4
KALDIRMA İŞLETİMİNDEN KAYNAKLANAN TEHLİKELER		
16.1	Kararlılık kaybı	Madde 5.7
16.2	Makinanın raydan/yoldan çıkması	Madde 5.16.4
16.3	Makinanın ve kaldırma aksesuarlarının mekanik dayanım kaybı	Madde 5.7.5
16.4	Kontrolsüz hareketten kaynaklanan tehlikeler	Madde 5.8.1, Madde 5.8.2, Madde 5.4.5
16.5	Düşen yüklerden kaynaklanan tehlikeler	Madde 5.9.3, Madde 5.9.5, Madde 5.13
17	Hareketli parçaların izlediği yolun yeterince görülememesi	Madde 5.4.3
18	Aydınlatmadan kaynaklanan tehlikeler	Uygulanamaz
19	Yükleme/aşırı yüklemekten kaynaklanan tehlikeler	Madde 5.8.4.2, Madde 5.8.5.3

Yapılan tez çalışmasında, mobil lift tasarımındaki riskler ve nasıl ortadan kaldırıldığı aşağıdaki Çizelge 2.2’de belirtilmiştir.

Çizelge 2.2: Tehlike listesi ve önlemler çizelgesi.

Standart Numarası	İlgili Tehlike	Tehlikenin Önlemi
5.2	Yetkisiz kişi kullanımı	Liftler kilitlenebilir şalter ile donatılmıştır.
5.3.5	Kasıtsız kullanım	Lift butonları çift baskılı tip olduğundan operatörün dayanması elinin çarpması gibi durumlarda hareket etmez
5.4.4	Acil durdurma butonu	Her bir lift sütunu acil stop butonu ile donatılmıştır.
5.8.2	Tutucu teçhizat	Her bir sütun operatör ekipmanının altına girdiğinde taşıyıcı mekanik olarak kilide olan emniyet mandalı vardır
5.8.4.2-3	Basınç emniyet valfi /Hava Atma	Hidrolik sistem basınç emniyet valfi ile donatılmış ve silindir içindeki havayı atmak piston dalma olarak imal edilip yukarıya kör tapa konulmuştur. Kör tapa açılarak hava atılabilir.
5.17.2	Emniyet Mesafeleri	Ayak sıkışması mobil liftlerde olası bir tehlikedir. Bu durum için taşıyıcı 500mm’den sonra sesli ikaz ile inecektir. PLC’den ayarlanabilecektir.
5.21.4	Aküler	Aküler muhafaza içinde dış ortamdan izole olarak montaj edilmiştir.

Standart Numarası	İlgili Tehlike	Tehlikenin Önlemi
5.22.4	Kopması veya sızıntı durumundaki önlem	Hidrolik silindirler hortum patlama durumuna karşılık hortum patlama valfi ile donatılmıştır.
6.1.4	Görsel kontrol	Her bir sütunda tonaj etiketi güvenlik talimatları üreticinin adresi gibi etiketler bulunmaktadır.
5.18.4	Emniyet Şalterleri	Lift alt limit ve üst limit ile donatılmış

2.2 Yük Dağılımı

Yapısal hesaplar uygulanırken EN 1493 standardında verilen yük dağılım tablosu esas alınmaktadır. Araçların yük dağılımlarında araç dingillerine eşit yük düşmemektedir. Aracın ağırlığına göre standartta belirtilmiş aks sayısı, dingillerin yük oranı ve aracın iz genişliği Çizelge 2.3'te verildiği gibi tablo halinde sunulmaktadır.

Çizelge 2.3: Yük dağılımı çizelgesi.

Beyan Yüğü	Tekerlek İz Genişliği	Dingil Mesafesi	Aksların Birbine Göre Yük Oranı
$P \leq 2,5$	1,5	2,5	2/3
$2,5 \leq P \leq 3,5$	1,6	3	2/3
$3,5 \leq P \leq 7,5$	1,7	3	1/2
$7,5 \leq P \leq 20$	1,8	3,5	1/2
$20 \leq P \leq 30$	1,9	4	1/2

Çalışmamızdaki lift türü olan mobil lift, diğer liftlerden farklı olarak yapısal tasarımı tek bir sütun üzerinden gerçekleşmektedir. Platformlu veya kollu tasarımlar gibi birbirine mekanik olarak bağlı olan liftlerde ise statik hesaplar tüm tasarım üzerinden yapılmaktadır. Örnek olarak, 20tonluk bir aracın dingil yükü oranı 1/2'dir (13 ton –

7ton). 20 tonluk iki dingilli bir araç dört adet 6,5 tonluk kaldırma kapasitesi bulunan mobil lift ile kaldırılmalıdır.

2.3 Yapısal Tasarım

Yapısal tasarım hesaplarını gerçekleştirmeden önce tüm yük ve kuvvetler sınıflara ayrılarak listelenmektedir. Bu yükler aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

1- Yapısal Yükler

1a- Statik yapısal yükler: Sütun, pano, hidrolik ünite, akü gibi liftin hareket etmeyen sabit parçalarının ağırlığıdır.

1b- Dinamik yapısal yükler: Taşıyıcı, piston gibi lift hareketliken hareket eden parçaların ağırlığıdır.

2- Beyan Yüğü

Liftin kaldırma kapasitesidir. Çalışmamızda her bir sütun için beyan yüğü 6,5 tondur.

3- Dinamik Kuvvetler

Hareketli parçalar ve beyan yüğü için liftin hızına göre eklenmesi gereken kuvvet faktörüdür.

$$\emptyset = 1,1 + 0,34v, \emptyset \text{ dinamik faktör, } v \text{ (m/s) liftin hızı}$$

4- Manuel Yükler

Operatör tarafından kullanım esnasında operatör tarafından uygulanan kuvvettir.

5- Aksesuar Yükleri

Kullanım esnasında kullanılacak olan aparat, kaldırma kirişi vb. ekipmanların ağırlığıdır.

6- Eğim Etkisi

İzin verilen (1°) maksimum eğimin yüke etkisi.

7-Durumsal Yükler

Dışarda kullanılacak lifter için rüzgar yüküdür.

Tüm bu yük ve kuvvetler, Çizelge 2.4 ve 2.5'te verilen yük kombinasyon tablosu kullanılarak hesaplanmaktadır. Bulunan yüke göre yapısal tasarım hesapları uygulanmaktadır.

Çizelge 2.4: Rüzgar yükü çizelgesi.

Beyan Yüğü	Çalışma Sırasında Rüzgar Kuvveti	Çalışma Dışında Rüzgar Kuvveti	Aksların Rüzgar Kuvvet Oranı
$P \leq 2,5$	0,75	3	2/3
$2,5 \leq P \leq 3,5$	1	4	2/3
$3,5 \leq P \leq 7,5$	1,875	7,5	1/2
$7,5 \leq P \leq 20$	2,25	9	1/2
$20 \leq P \leq 30$	2,625	10,5	1/2

Çizelge 2.5: Yük kombinasyon çizelgesi.

Yükün Cinsi	A1	A2	B1	B2	C1	C2
Yapısal Statik	1	1	1	1	1	1
Yapısal Dinamik	Ø	1	Ø	1	1	1
Beyan Yüğü	Ø	1	Ø	1	1	1
Rüzgar Kuvveti	-	-	1	1	-	-

Çizelge 2.5'te verilen yük kombinasyonlarının hangi durumlarda kullanılacağı aşağıda verilmiştir:

A1:Özel bir kuvvet ve rüzgar yükü olmadan normal operasyon (kaldırma/indirme)

A2: Özel bir kuvvet ve rüzgar yükü olmadan normal operasyon (servis/tamir işleri)

B1: Rüzgar yükü ile normal operasyon (kaldırma/indirme)

B2: Rüzgar yükü ile normal operasyon (servis/tamir işleri)

C1:Dışarda rüzgar kuvvetine maruz kalan indirme kaldırma yapılmayan durum

C2:Yakalama/Fren tertibatın devreye girmesi durumunda

C3: Tekrar kaldırma hareketini önleyen teçhizatın aktif olması durumunda

Çalışmadaki yapısal tasarım hesaplarında kullanılacak yük kombinasyonu B1'dir. Liftin kaldırma yüksekliği 1800 mm ve kaldırma süresi 150 saniyedir. Bu veriler ile lift hızı (v) yaklaşık olarak 0,012 m/s'dir. Dinamik faktör (ϕ) denklem 2.1 ile hesaplanır.

$$\phi = 1,1 + 0,34v \text{ [6]} \quad (2.1)$$

$$\phi = 1,1 + 0,34 \times 0,12 = 1,105 \quad (2.1a)$$

Çizelge 2.6, çalışmadaki yük kombinasyonlarına göre yükler göstermektedir. Rüzgar yükü 20 tonluk araç için 2,25 kN'dur. Yük dağılımı 1/2'dir ve tekerleklerden kaldıran mobil lift için sütun başına maksimum 0,75 kN olarak alınır.

Sütun, taşıyıcı gibi parçaların tasarımında yukarıdaki yükler baz alınarak mukavemet hesapları yapılmalıdır. Toplam yük 73595 N olacak şekilde hesaplanmıştır. Hesaplar yapılırken kullanılacak olan emniyet gerilmeleri Çizelge 2.7'de verilmiştir. B tipi yük kombinasyonu için malzeme ve alın birleştirmeler için emniyet katsayısı 1,33'tür. Kayma gerilmeleri için emniyet gerilmesinin $\sqrt{3}$ 'e bölünmüş değeri kullanılır.

Çizelge 2.6: Yük kombinasyon çizelgesine göre yükler.

Yükün Tanımı	Yükler (Kg)	Yükler (N)	Faktör	Hesaplarda kullanılacak yük (N)
Yapısal Statik	480	4709	1	4709
Yapısal Dinamik	220	2158	1,105	2385
Beyan Yüğü	6500	63765	1,105	70460
Rüzgar Yüğü		750	1	750

Çizelge 2.7: İzin verilen emniyet gerilmeleri.

Gerilme Tipi	S235 Çeliğı (N/mm ²) A-B-C	S275 Çeliğı (N/mm ²) A-B-C	S355 Çeliğı (N/mm ²) A-B-C
Ana Malzeme ve Alın Kaynaklarında Normal Gerilme	157-176-188	183-206-220	237-266-284
Ana Malzeme ve Alın Kaynaklarında Kesme Gerilmesi	90-102-109	106-119-127	137-154-164
Dolgu Kaynaklarındaki Normal Gerilme	157-176-188	183-206-220	237-266-284
Dolgu Kaynaklarındaki Kesme Gerilmesi	111-125-133	130-146-156	167-188-201



3. YÖNTEM

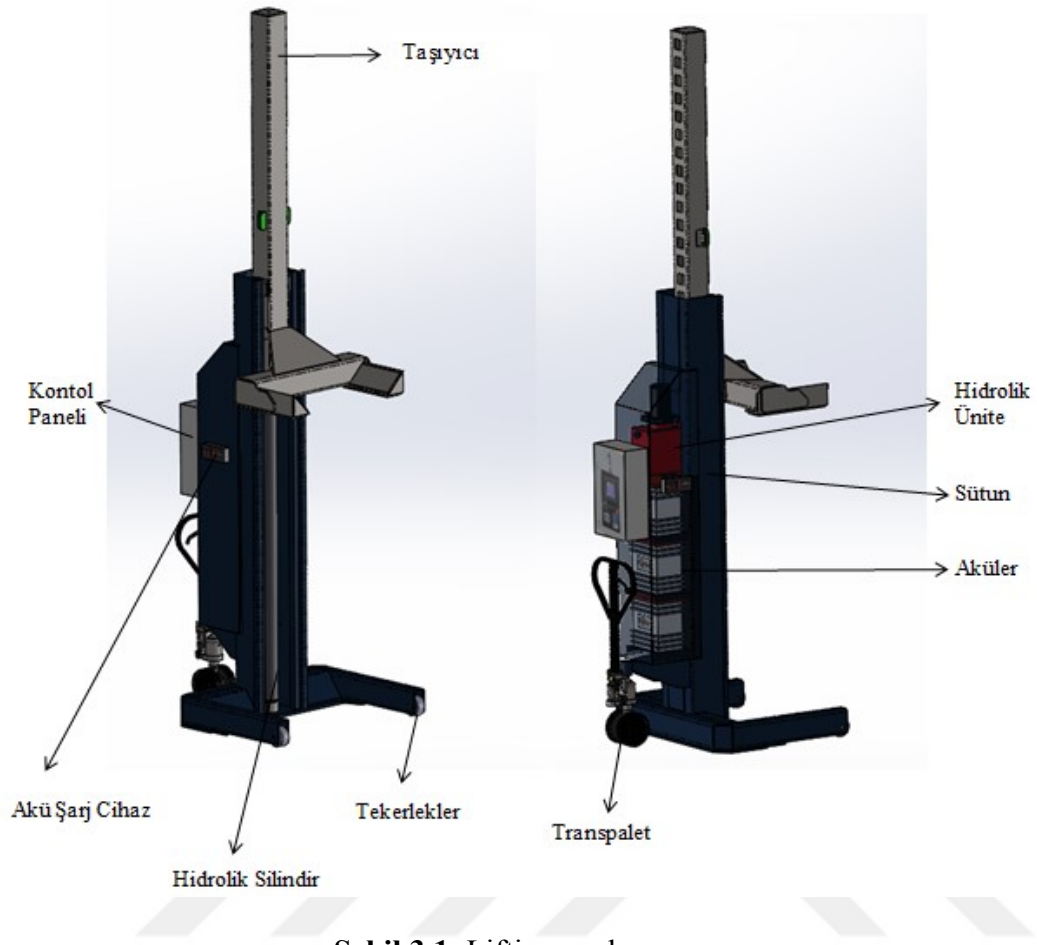
Kablosuz ve akülü mobil lift tasarımında, yapısal tasarım analizleri için ANSYS programı kullanılmıştır. Hidrolik sisteminin simülasyonu ise FLUIDSIM programı kullanılarak yapılmıştır. Kontrol ünitesi ise Omron PLC'nin yazılım programında tasarlanmıştır.

3.1 Liftin Genel Yapısı

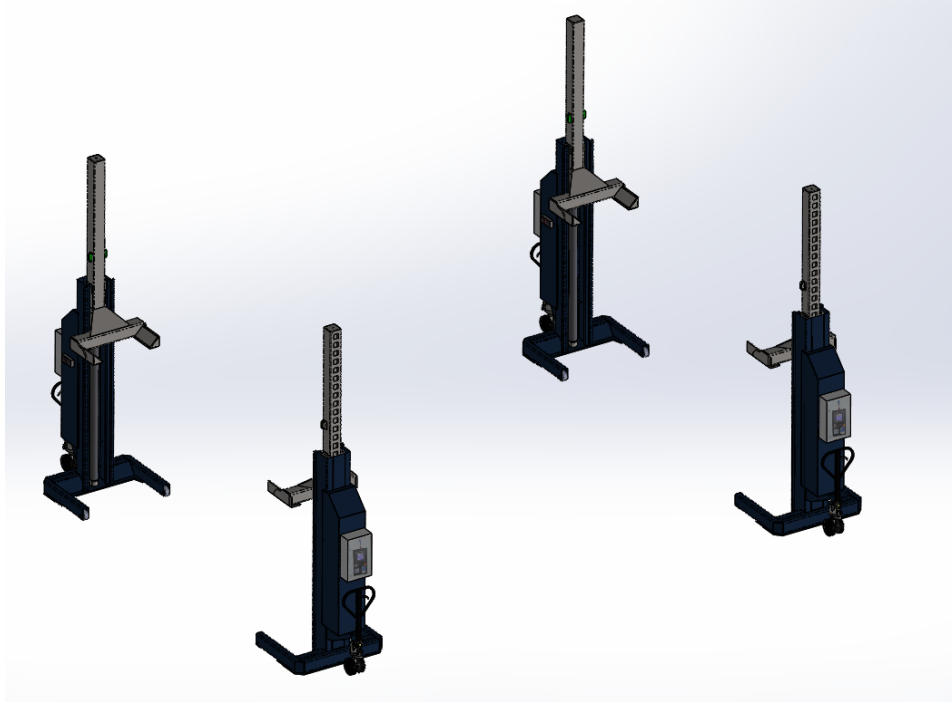
Liftin genel yapısı Şekil 3.1'de gösterildiği gibi taşıyıcı kısım, taşıyıcıya kılavuzluk eden ve yükü zemine ileten sütun, taşıyıcının hareketini sağlayan hidrolik silindir, lifti istenilen yere götürmeye yarayan transpalet sistemi ve tekerlekler, hidrolik ünite, üç adet 8V'luk akü, akü şarj cihazı ve kontrol ünitesinden oluşmaktadır. 20 Tonluk bir kaldırma sistemi dört adet bir biri ile aynı tasarıma sahip 6,5 ton kapasiteli mobil liftlerden oluşmaktadır.

Çalışma aracı tekerleklerinden kaldıracak şekilde tasarlanmıştır. Taşıyıcı çatalları belli aralıklardaki tekerlek çaplarını kaldırmaya uygundur. Tasarım ayarlanabilir çatal ile farklı çaplardaki tekerlekleri de kaldırmaya imkan tanıyabilir. Ayrıca bir aparat sayesinde aracı şaseden de kaldırmaya da olanak tanır. Bu tarz değişikliklerden sonra, yük eksenini değiştireceğinden dolayı tasarım hesaplarının tekrar yapılması gerekmektedir.

Her bir sütun kendi kontrol panelinde PLC bulundurmaktadır. Yapılan çalışmada herhangi bir sütun ana kolon olarak tasarlanmamıştır. Dört adet PLC dışında bir adet PLC de sütunların bir birleri ile haberleşmesini sağlamaktadır. Tüm sistemin görünümü Şekil 3.2'de verilmektedir.



Şekil 3.1: Liftin genel yapısı.

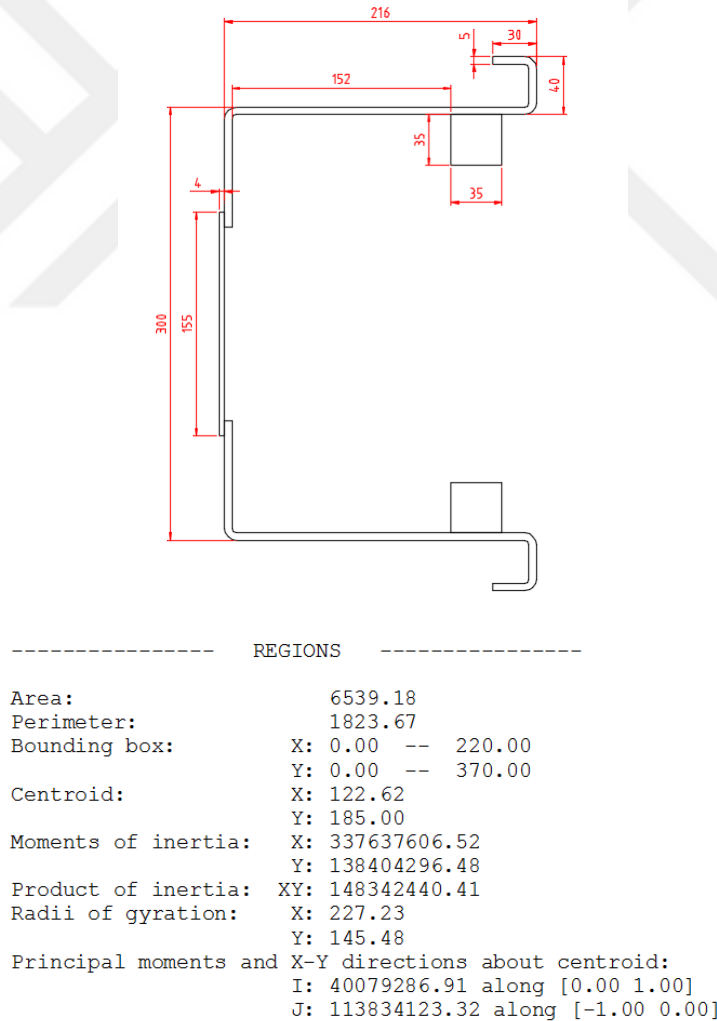


Şekil 3.2: Tüm sistemin görünümü.

3.2 Yapısal Tasarım

Çizelge 2.6’da, yapısal tasarımda hangi yüklerin alınacağı ve bu yüklerden dolayı oluşan gerilmelerin izin verilen değerleri belirtilmiştir. Liftlerin CE onaylarında yapısal tasarım hesapları analitik olarak yapılabildiği gibi, daha detaylı hesaplamalar için sayısal analiz programları kullanılmaktadır. Ayrıca sabit kesit göstermeyen, üzerinde delik, yuva vb. oyuk veya girintiler bulunduran geometriler için analitik hesaplar hassas sonuçlar verememekte, sonlu elemanlar yöntemi ile yapılan analizler daha güvenilir olabilmektedir.

Sütun için analitik olarak ve analizle yapılan yapısal tasarım hesapları Şekil 3.3 ile 3.12 arasında verilmektedir. Mobil lift sütunu, eğilmeye maruz kalmaktadır. Sütun kesiti ve atalet momentleri Şekil 3.3’te verilmiştir.



Şekil 3.3: Mobil lift sütun kesiti.

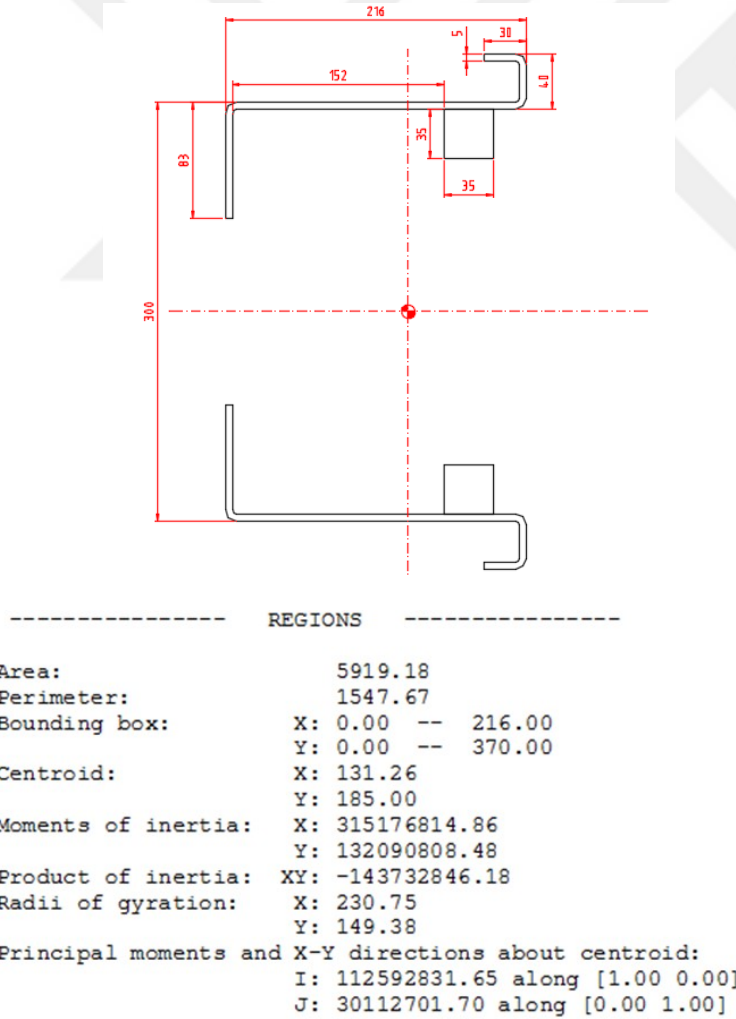
Liftin x ve y eksenlerinde kesit modülleri W_x , W_y denklem 3.1 ve 3.4 arasında hesaplanmıştır. Atalet momentleri I_x , I_y ve kesitin ağırlık merkezinin x ve y eksenindeki maksimum mesafeleri y_c ve x_c Autocad programından alınmıştır.

$$W_x = \frac{I_x}{y_c} \quad (3.1)$$

$$W_y = \frac{I_y}{x_c} \quad (3.2)$$

$$W_x = \frac{113834123}{185} = 615319 \text{ mm}^3 \quad (3.1a)$$

$$W_y = \frac{40079286}{122,62} = 326857 \text{ mm}^3 \quad (3.2a)$$

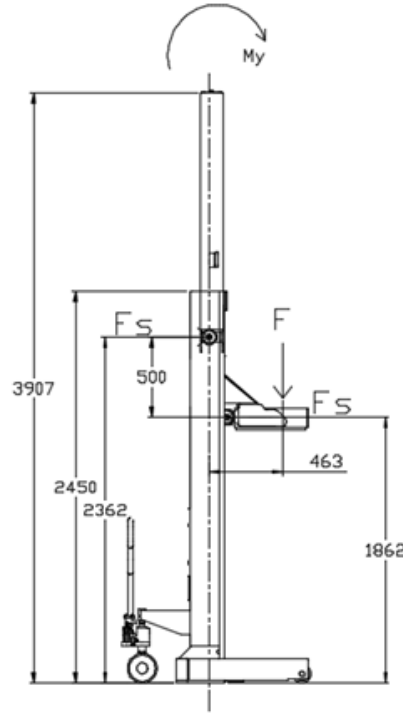


Şekil 3.4: Mobil lift en kritik kesit.

Liftin en kritik kesiti ise Şekil 3.4'te verilmektedir. Kilit yuvası ve emniyet mandalının montajı için boş bırakılan yer sütunun en kritik kesiti olmaktadır. Denklem 3.5 ve 3.6'da en kritik kesitin kesit modülleri hesaplanmıştır.

$$W_x = \frac{112592831}{185} = 608610 \text{ mm}^3 \quad (3.3)$$

$$W_y = \frac{30112701}{131,26} = 229412 \text{ mm}^3 \quad (3.4)$$



Şekil 3.5: Mobil lift eğilme momenti.

Mobil liftte F kuvveti dolayısıyla meydana gelen y eksenindeki eğilme momenti M_y , kılavuz makaralarının kuvvet çifti F_s ve meydana gelen σ_y eğilme gerilmesi ve τ kesme gerilmesi denklem 3.5-3.8'de verildiği gibi hesaplanır;

$$M_y = 73595 \times 463 = 34074485 \text{ N.mm} \quad (3.5)$$

$$M_y = F_s \times 500 \quad (3.6)$$

$$F_s = 68149 \text{ N} \quad (3.6a)$$

$$\sigma_y = \frac{M_y}{W_y} \quad (3.7)$$

$$\sigma_y = \frac{34074485}{229412} = 148,5N/mm^2 \quad (3.7a)$$

$$\tau = \frac{F_s}{A} = \frac{68149 N}{5919 mm^2} = 11,5N/mm^2 \quad (3.8)$$

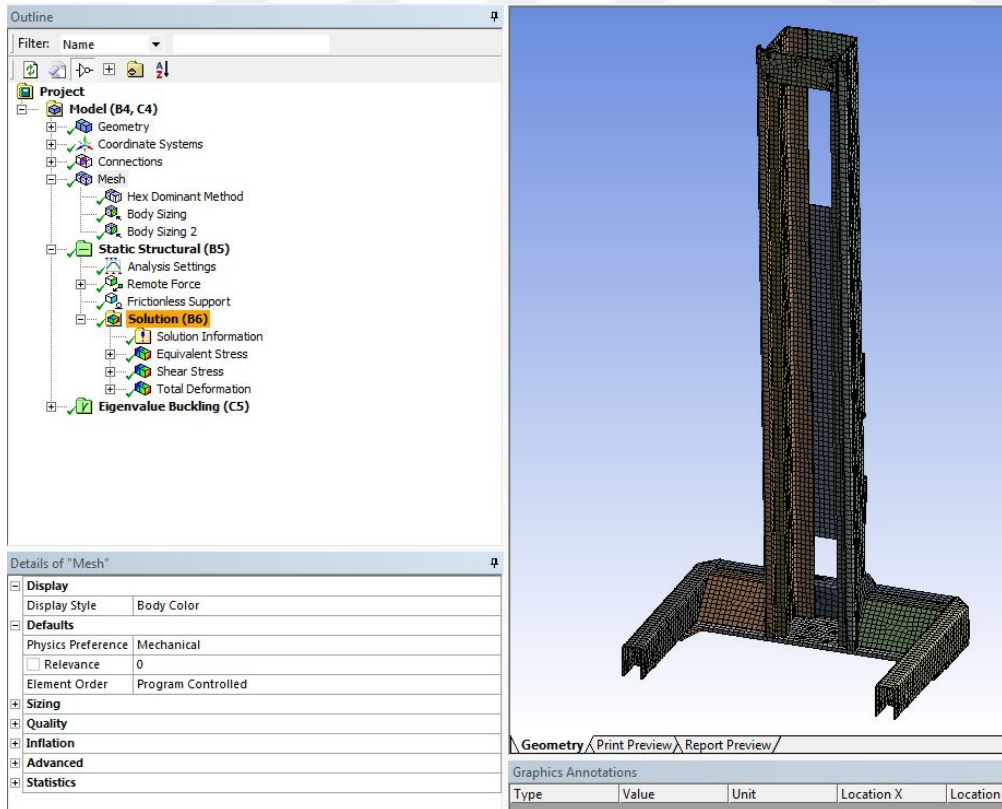
Sütün konstrüksiyonu için eşdeğer Von-Mises gerilmesi σ_v hesabı denklem 3.9'da hesaplanmıştır.

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma_y^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (3.9)$$

$$\sigma_v = \sqrt{148,5^2 + 3 \cdot 11,25^2} = 150N/mm^2 \quad (3.9a)$$

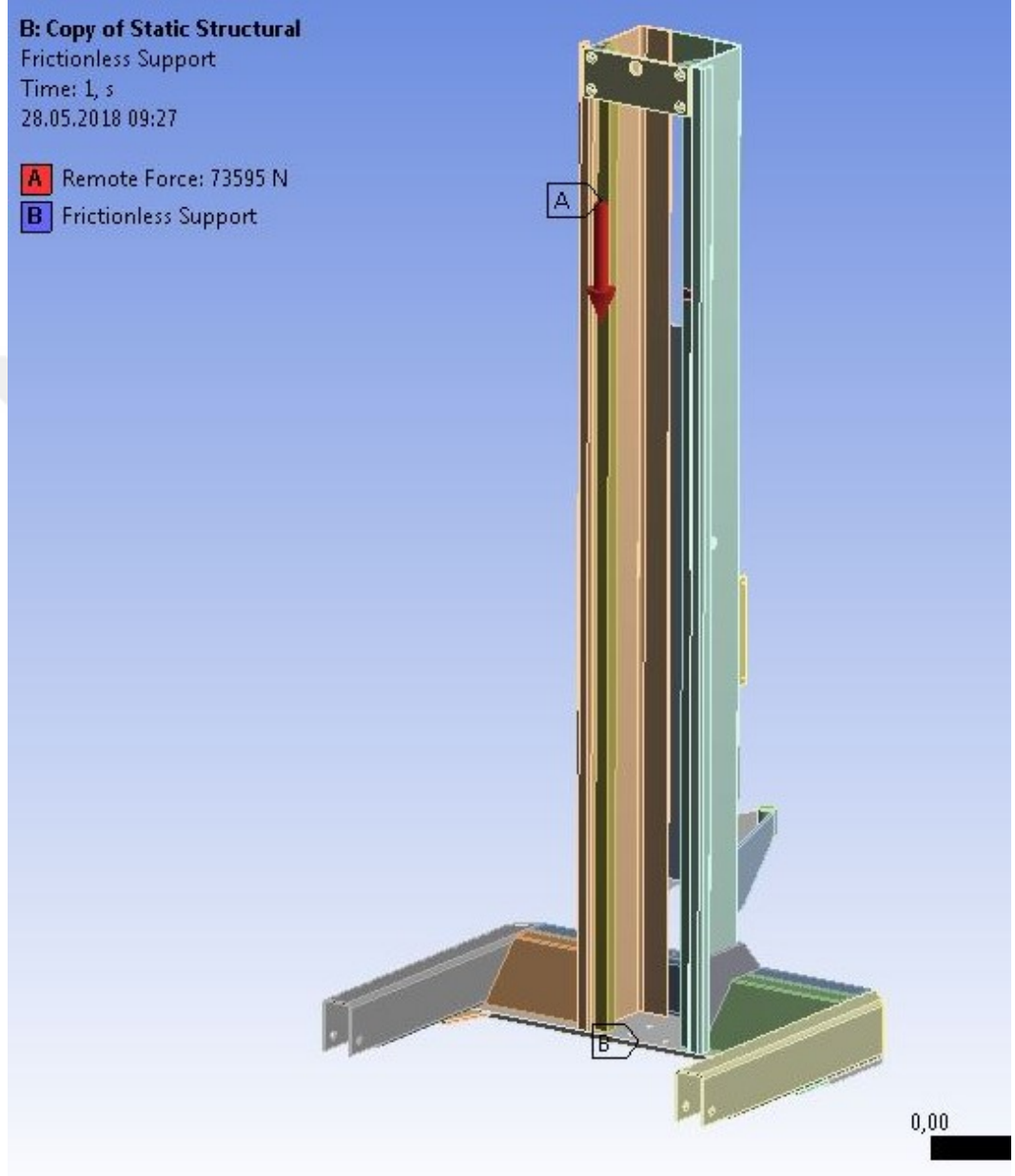
Mobil lift sütun konstrüksiyonu, yükü tam eksenden aldığından dolayı x yönünde bir momente maruz kalmamaktadır.

Analitik olarak yapılan hesapların karşılaştırılması ANSYS Workbench programında yapılan analizler ile sağlanmıştır. Analiz sonuçları Şekil 3.6-3.12 arasında verilmektedir.

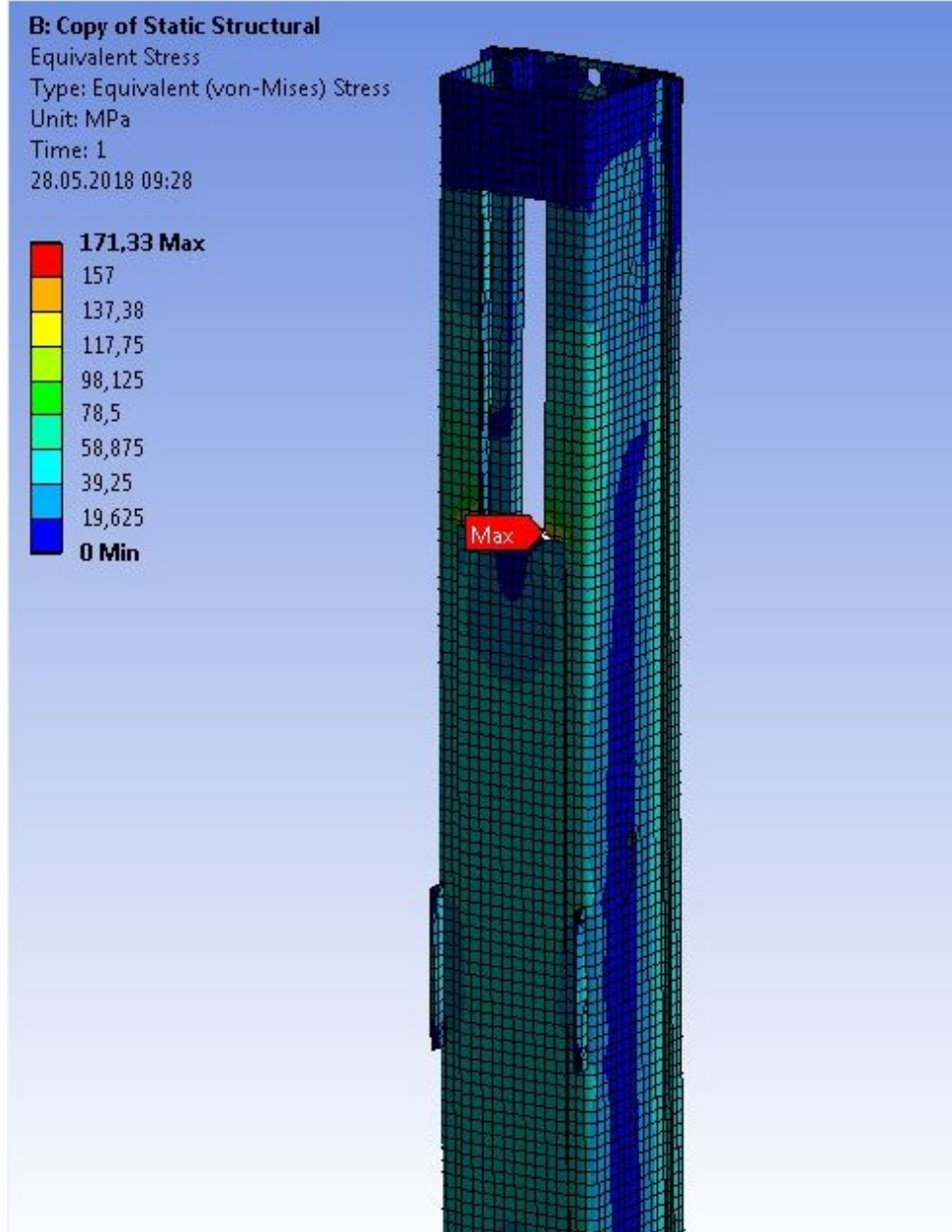


Şekil 3.6: Mobil lift sütunun Ansys'de analizi.

Analizde, analitik hesapta olduğu gibi sütün ağırlık merkezinden 463 mm uzaklıkta kuvvet, sütün içindeki kare kızak lamalarına (35x35 mm) uygulanmıştır (Şekil 3.7). Yapının mesnet yeri sütün alt tablasıdır. Analizler; taşıyıcının, sütün en kritik kesitinde moment uyguladığı yükseklikteyken yapılmıştır.

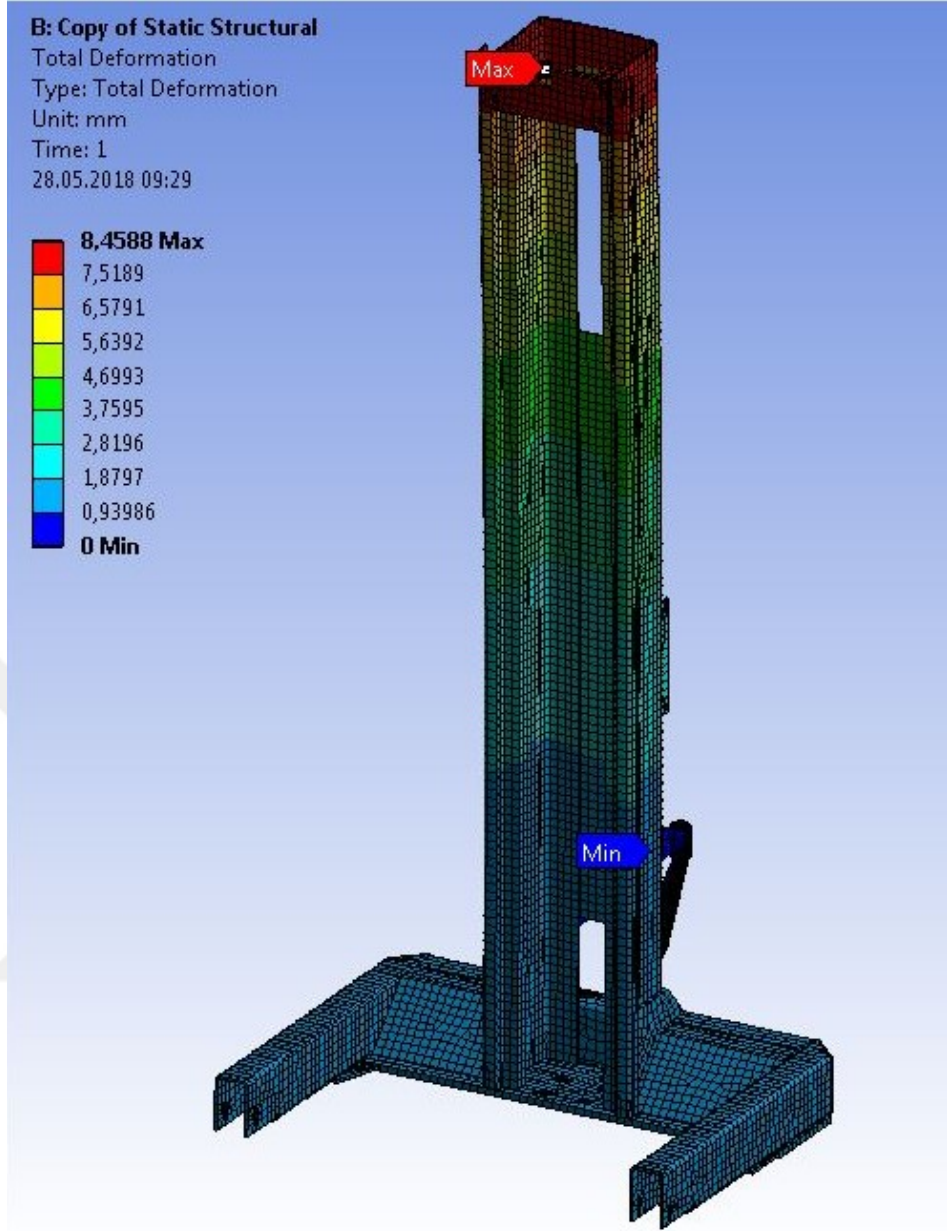


Şekil 3.7: Mobil lift sütün kuvvetler ve mesnetler.



Şekil 3.8: Mobil lift sütunu maksimum Von-Mises Gerilmesi.

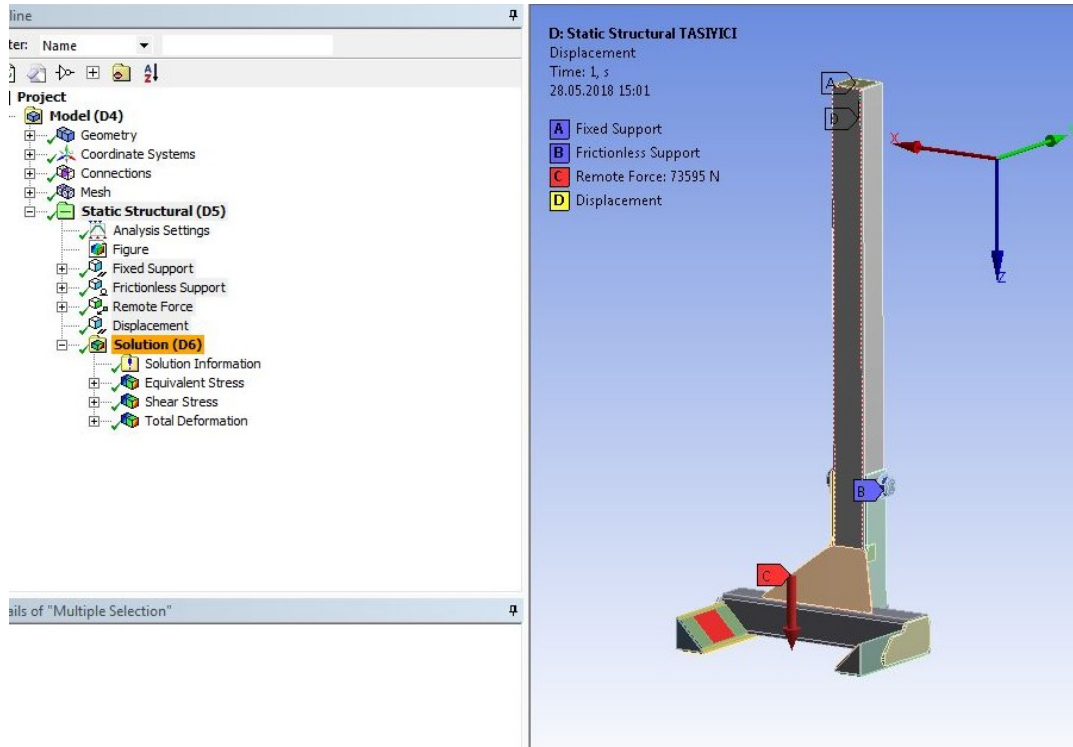
Analiz sonuçlarına göre (Şekil 3.8) sütundaki maksimum Von Mises gerilmesi 171 MPa seviyesinde ve kilit laması için bırakılan boşlukta görülmüştür. Sütun imalatında kullanılacak olan çelik malzemesi S275 kalite çeliktir ve emniyet gerilmesi 206 N/mm²'dir. Dolayısıyla emniyet katsayısı analizlerden 1,2 olarak bulunmuştur.



Şekil 3.9: Mobil lift sütunu maksimum sehim.

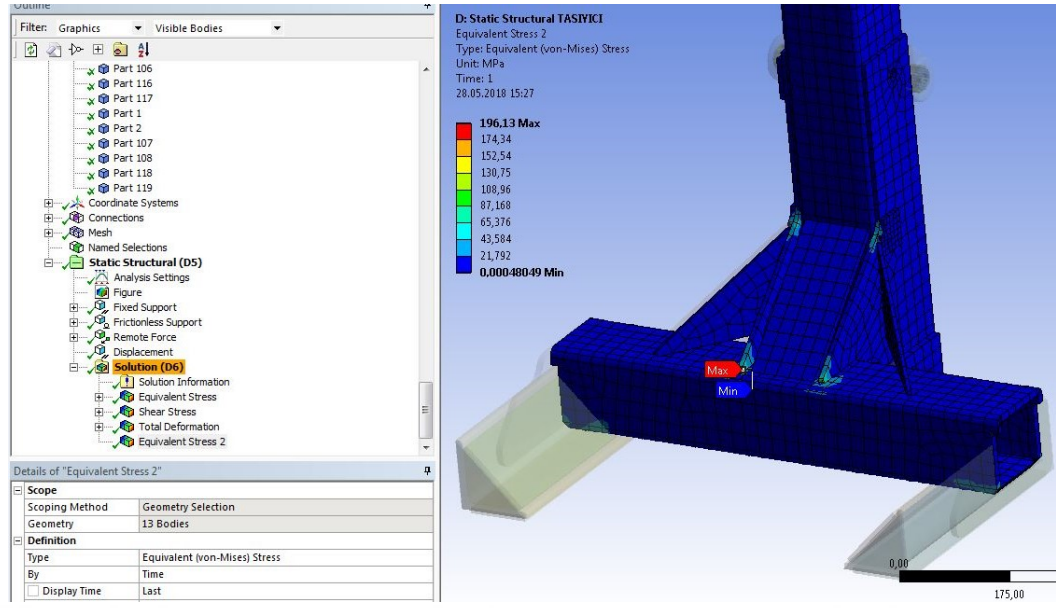
Mobil lift sütunun yük altındayken sehim analizlerde (Şekil 3.9) yaklaşık 8,5 mm olarak bulunmuştur. Lift standardında yapısal tasarım bölümünde emniyetli sehim için herhangi bir ibare bulunmamaktadır.

Aracın yükü, tekerleklerden taşıyıcının çatal kollarına sirayet etmektedir. Taşıyıcı yükü kılavuz makaraları ile sütuna iletmektedir ve ayrıca hidrolik silindire direk bağlantılıdır. Analizde, taşıyıcının kuvvet ve mesnet yerleri Şekil 3.10'da gösterilmiştir.

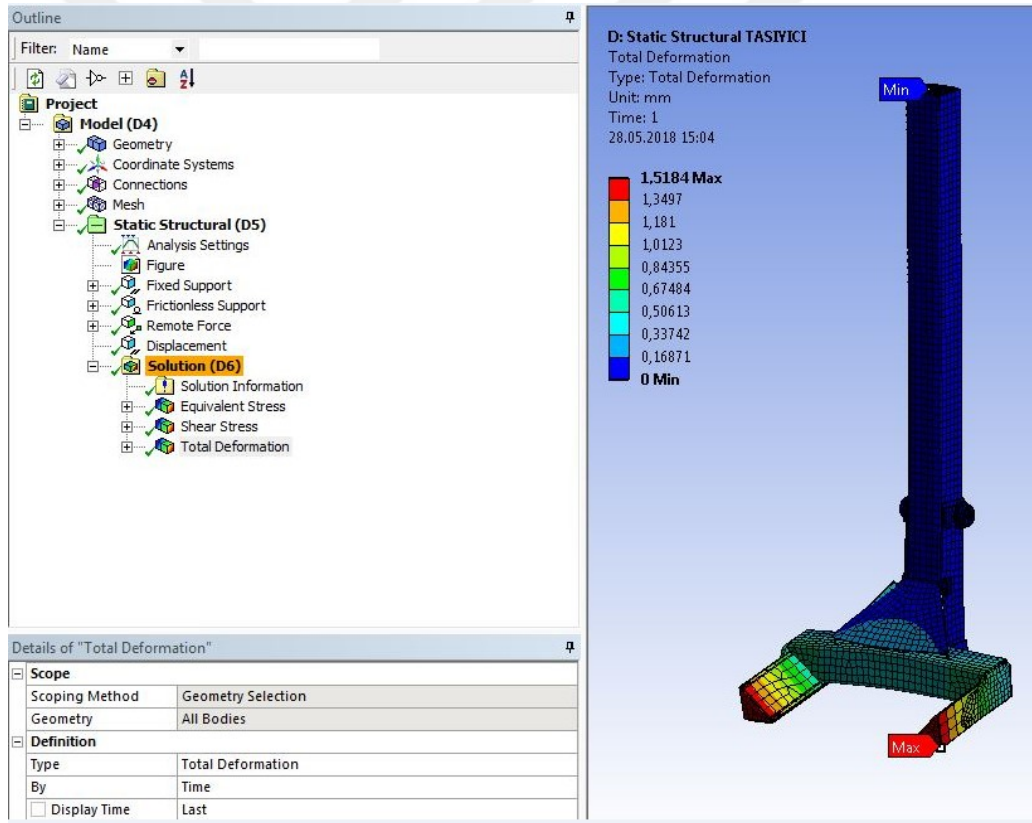


Şekil 3.10: Mobil lift taşıyıcı kuvvet ve mesnetler.

Taşıyıcı analizinde, kılavuz makaraları dışındaki tüm malzemelerin gerilmesi 206 N/mm^2 'den düşüktür. Kılavuz makarası yüksek Hertz yüzey basıncına maruz kalmaktadır. Bu yüzden makara malzemesi 650 MPa akma ve 1000 MPa kopma mukavemetine sahip ısıtılmış SAE4140 ($42\text{CrMo}4$) malzemeden imal edilmesi düşünülmüştür. En yüksek eşdeğer Von Mises gerilmesi Şekil 3.11'de gösterildiği gibi ön saç altındaki bayraklarda görülmüştür. Analiz sonuçlarında, taşıyıcıdaki maksimum sehim ($1,5 \text{ mm}$) Şekil 3.12'de gösterildiği gibi çatalların ucunda görülmüştür.



Şekil 3.11: Mobil lift taşıyıcı maksimum gerilme.



Şekil 3.12: Mobil lift taşıyıcı sehim.

Yapılan analizler ile ilgili belirtilmesi gereken çok önemli bir husus, analizlerde parçalar arasındaki temas bölgesi tanımlarının yapılmamış olmasıdır. Dolayısıyla sistem bir bütün olarak rijit bir şekilde tanımlanmıştır. Halbuki parçalar arasındaki temas şartlarının ve özellikle kaynak bağlantılarının analizlerde tanımlanmış olması

gerekmektedir. Bu durum analiz sürelerini çok uzattığından ve yeterli bilgisayar kaynağının olmamasından dolayı bu tanımlamalar analizlerde yapılamamıştır. Dolayısıyla analizlerde elde edilen sonuçlarda sistem daha rijit davranmaktadır. Gerekli tanımlamaların yapılması halinde analizlerde elde edilen gerilme ve sehim değerlerinin daha yüksek olması beklenmektedir.

3.3 Hidrolik Sistem

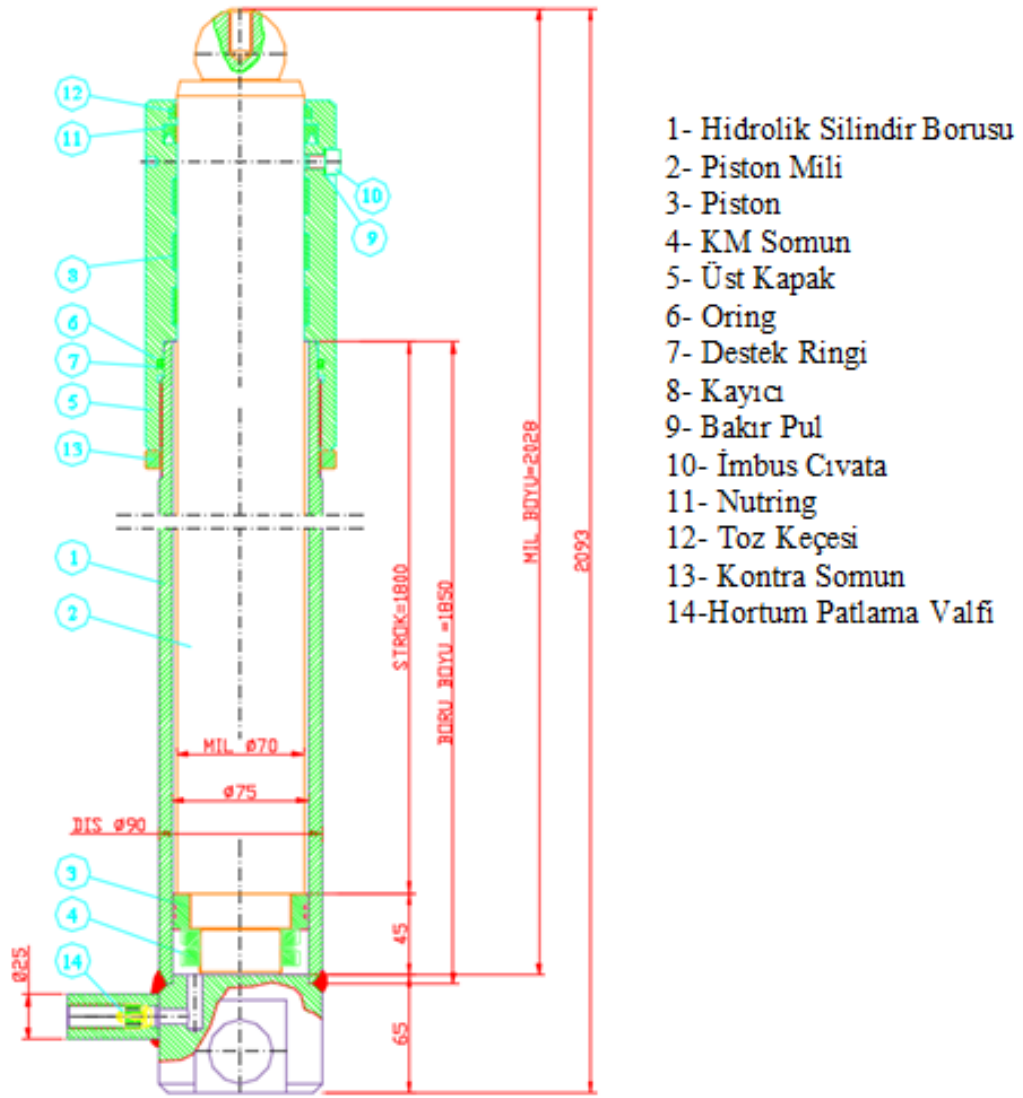
Hidrolik sistem 73kN’luk bir düşey kuvveti kaldıracak şekilde tasarlanmıştır. Hidrolik silindirde piston çapı Ø75mm, mil çapı ise Ø70mm olarak hesaplanmıştır. Sistem basıncı ise 170 bar olarak elde edilmektedir. Etkili piston alanı (A), ön görülen sistem basıncı(P) ve silindirin tam stroka (S) ulaşması için gerekli yağ hacmi (V) denklem 3.10-3.12’de hesaplanmıştır.

$$A = \pi x \frac{d^2}{4} = \pi x \frac{7,5^2}{4} = 44,18cm^2 \quad (3.10)$$

$$V = A x S = 0,44 dm^3 x 18dm = 8l \quad (3.11)$$

$$P = \frac{F}{A} = \frac{73595}{44,18} = 170 Bar \quad (3.12)$$

Hidrolik silindir şekil 3.13’de gösterilmiştir. Hidrolik silindir; honlanmış silindir borusu, krom kaplı silindir mili, döküm çelikten imal edilmiş piston, mili yataklayan üst kapak ve sızdırmazlık elemanlarından oluşacak şekilde tasarlanmıştır.

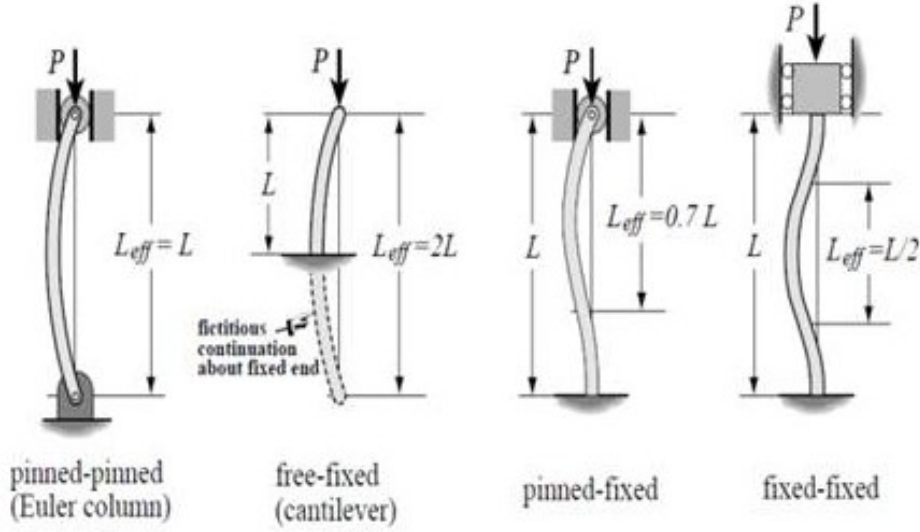


Şekil 3.13: Hidrolik silindir.

Sistemin uzun ömürlü olması ve silindirin havasının alınmasını kolaylaştırmak için piston dalma piston olarak da tasarlanabilir. Böylece silindirin havası üste monte edilmiş imbus cıvatanın açılması ile atılabilir. Fakat bu uygulamada silindirin etkili basınç alanı piston alanı değil milin alanı olur, bu da sistemdeki basıncın yükselmesine sebebiyet verir. Milin aksenal olarak yataklanması üst kapağa takılan kayıcılar vasıtasıyla sağlanır.

Hidrolik mobil liftlerde, piston mili kesiti dikey kuvvete maruz kalmaktadır. Kesitine göre boyu çok uzun olduğundan piston millerinde burkulma olmaması için kritik burkulma yükü hesaplanmalı ve emniyet katsayısı 2-3 arasında tutulmalıdır [9].

Kritik burkulma yükü (K) denklem 3.13’de hesaplanmıştır.



Şekil 3.14: Serbest burkulma boyu (Sk) [10].

Hesaplarda serbest burkulma boyu (Şekil 3.14) bir ucu sabit diğer ucu serbest bağlantılı olarak alınmalıdır. Elastisite modülü (E) $2,1 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2$ alınmıştır. Milin atalet momentini (J) cm^4 cinsinden hesaba katılarak kritik yük (K) Kg-f cinsinden hesaplanmıştır.

$$K = \frac{\pi^2 \times E \times J}{2 \cdot S_k} = \frac{\pi \times 2,1 \times 10^6 \times \frac{7^4 \times \pi}{64}}{(2 \times 202)^2} = 14970 \text{ Kg} - f \quad (3.13)$$

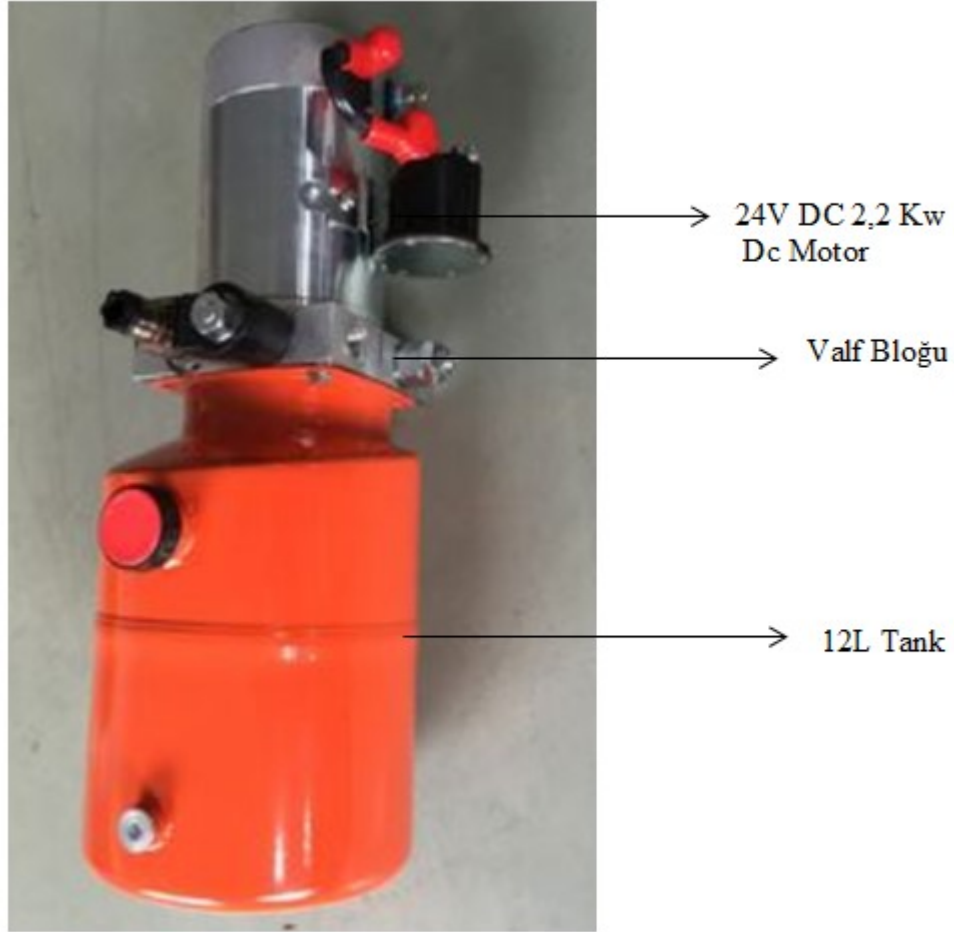
Milin kritik burkulma yüküne göre emniyet faktörü (S) denklem 3.14'de hesaplanmıştır.

$$S = \frac{K}{F} = \frac{14970 \text{ Kg} - f}{73000/9,81} = 2,1 \quad (3.14)$$

Hidrolik ünite (Şekil 3.15), 24 V DC ile çalışılacak 2,2 KW ve 3000 devir/dakika (d) bir motor, 280 bar, 1,2cc /devir (v) iletim hacmine sahip bir pompa, valf bloğu ve 12 litrelik bir tanktan oluşmaktadır. Hidrolik sistemde tank hacminin seçimi önemlidir. Hidrolik tank, sıcaklık değişimi ve sızıntıdan dolayı değişiklik gösterecek olan yağ seviyesini telafi edecek büyüklükte olmalıdır. Ayrıca, inişte tank geri dönüşündeki aşırı çalkantı sistemde hava kabarcıkları oluşturabilmekte, bu da liftin sesli çalışmasına, basınç kaybına ve titreşimli harekete neden olabilmektedir [11].

Motor gücü hesabında basınç emniyet valfinin ayarlanan basınç değeri (P' =200 bar) kullanılmıştır. Sistem dirençlerinden ve kayıplardan dolayı pompanın bu değere ulaşması olasıdır. Motor verimi (η) %90 olarak alınarak motor gücü (P) hesaplanmıştır (Denklem 3.15).

$$P(kw) = \frac{P' \times v \times d}{600 \times \eta \times 10^3} = \frac{200 \times 1,2 \times 3000}{600 \times 0,9 \times 10^3} = 1,34Kw \quad (3.15)$$



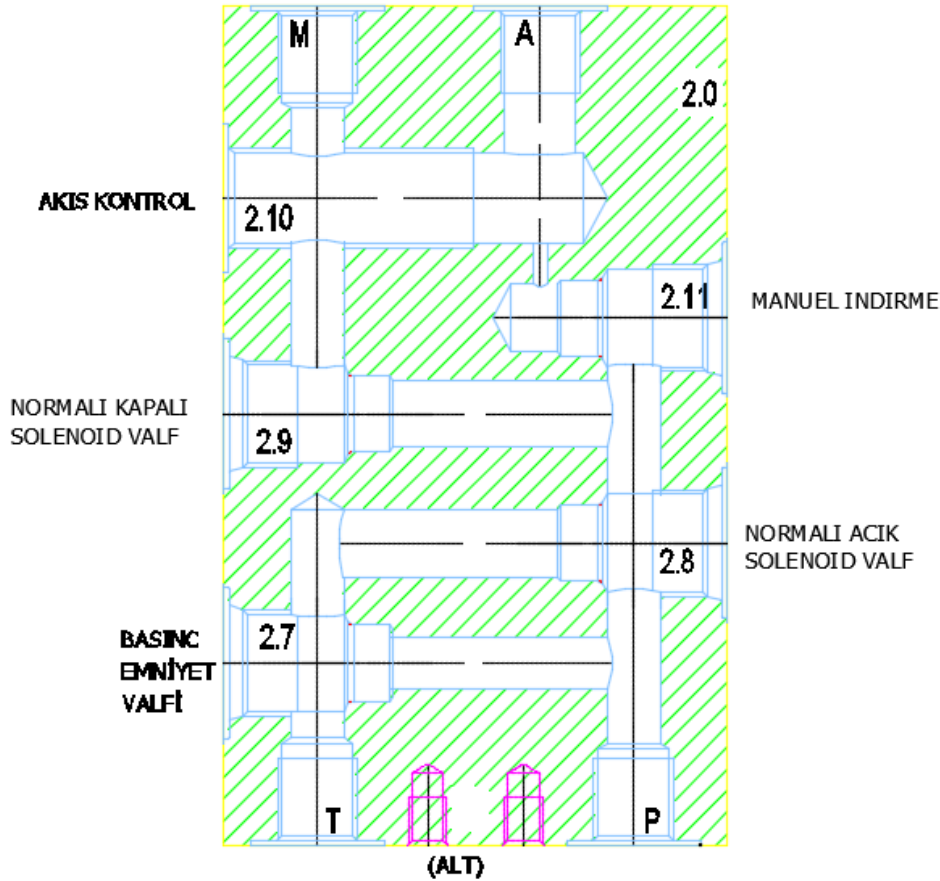
Şekil 3.15: Hidrolik ünite [Petes Makine A.Ş].

Basınçlı yağın yönlendirilmesi ve regüle edilmesi için kullanılacak valflerin bloğu Şekil 3.16’da gösterildiği gibi tasarlanmıştır. Sistemin 200 bar üzerinde çalışmaması için basınç emniyeti valfi kullanılmıştır. Pompanın ilk tahrikinde bypass için normali açık solenoid valf kullanılmıştır. Bu valf kaldırmada elektrik ile çektirilecek olan valftir. Dönüşte normalde kapalı olan solenoid valf kullanılmıştır. Bu valf sistemde hem çek valf görevi görmekte hem de inişte kullanılmaktadır. Dönüşte akışın hızını

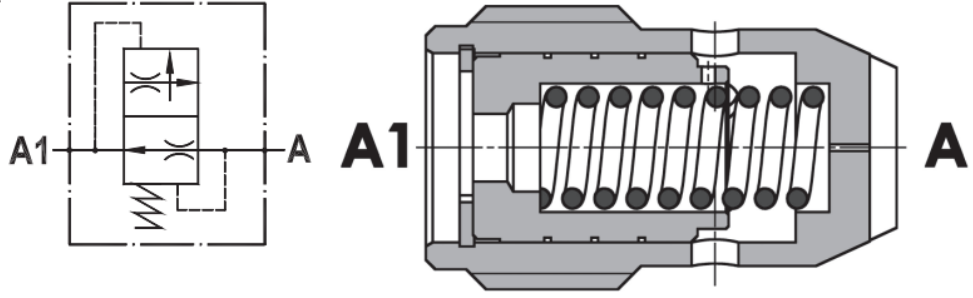
kontrol etmek için akış kontrol valfi ve akü bittiğinde manuel olarak operatör tarafından açılan iğne valf ile valf bloğu donatılmıştır.

Kaldırılacak yükün ağırlığı değişken ise valf bloğunda 2.10 [Şekil 3.16] olarak gösterilen akış kontrol valfinin yerine basınç kompensatörlü akış kontrol valfi de kullanılabilir. Böylece yükten bağımsız şekilde, aynı debi dönüşü ile mobil liftler aynı sürede inebilmektedir [12].

Basınç kompensatörlü akış kontrol valfi, Şekil 3.17’de A1’den A’ya akış hızını sabit tutmaktadır. Piston alanına uygulanan basınç, valf içindeki pistonu aşağıya doğru iterek valf orifislerini kapatmakta ve bu sayede akış hızını sabit tutmaktadır. Farklı tonajlarda araç kaldırılma işleminde bu tip valfin kullanımı önemlidir. Ayrıca, eğer tamir gören araçlarda parça sökülecekse aracın yük dağılımı değişmektedir. Bu tip uygulamalarda da basınç kompensatörlü valfin kullanılması gerekmektedir.

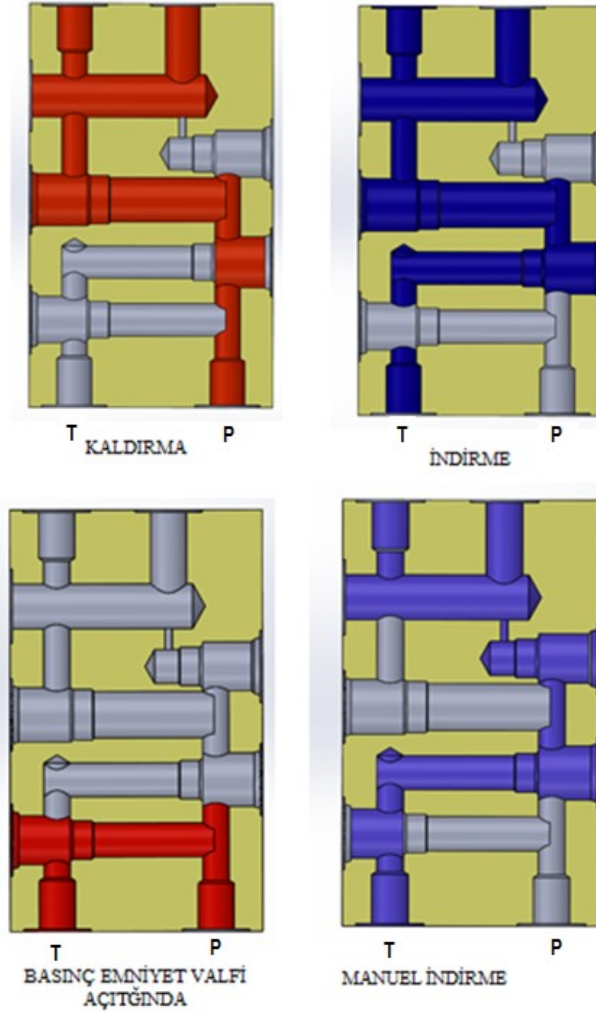


Şekil 3.16: Valf bloğu.



Şekil 3.17: Basınç kompansatörlü akış kontrol valfi [13].

Valf bloğu kesiti Şekil 3.16’da gösterilmektedir. Hidrolik yağın kaldırma, indirme, basınç değeri aşıldığında ve manuel olarak indirildiğinde valf bloğu içinde nasıl hareket ettiği Şekil 3.18’de verilen kesit resimlerinde gösterilmiştir. Tasarımda dikkat edilmesi gereken bir husus da valf bloğunun sistemde ciddi basınç kaybına sebep olduğudur [14].

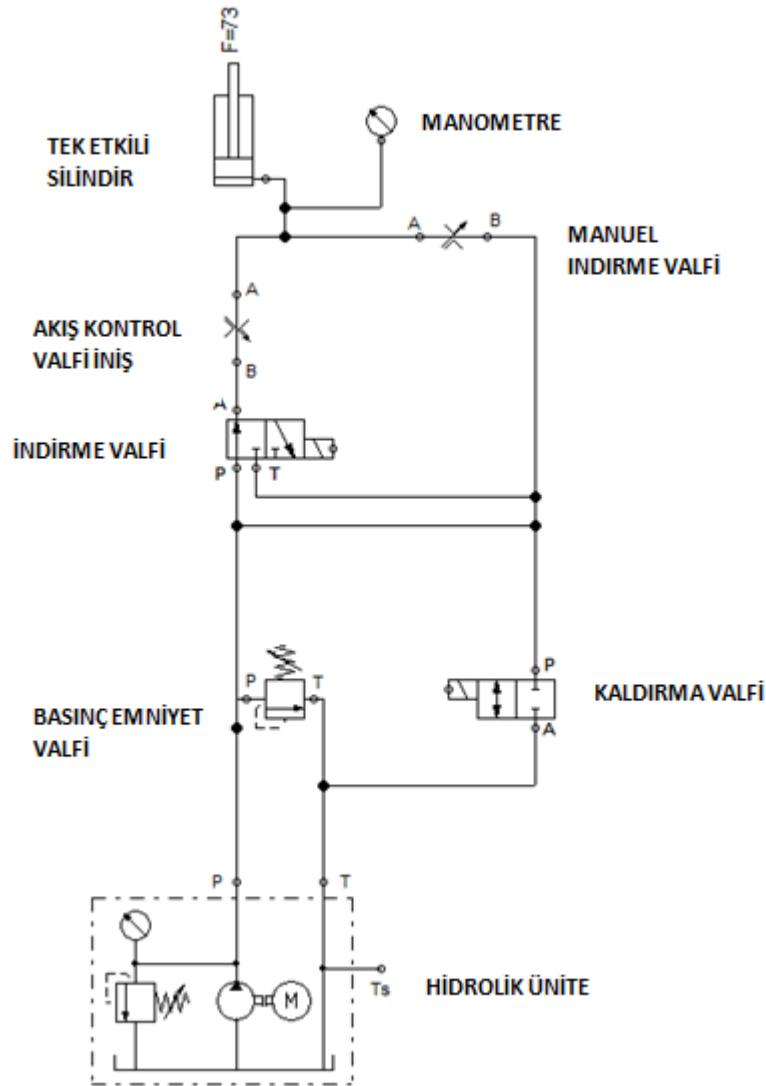


Şekil 3.18: Valf blok kesitinden yağ geçişleri.

3.3.1 Hidrolik sistemin simülasyonu

Sistemde 280 barlık 1,2cm³/dev iletim hacmine sahip dişli pompa kullanılmıştır. 3,6lt/dk'lık sistem debisinin 8 litrelik silindir hacmini 135sn'de doldurması beklenmektedir. Fakat valflerin hidrolik dirençleri ve iç kayıplar kaldırma süresini yaklaşık 2,5 dakikaya çekmektedir (150sn). Sistemin verileri Şekil 3.19'da gösterildiği şekilde programa girilmiştir.

Pompanın debisi 3,6 lt/dk ve çalışma basıncı 280 bar olarak simülasyona girilmiştir. Hidrolik silindirin mil ve piston çapları girilmiş ve montaj pozisyonu 90° olarak tanımlanmıştır. Basınç emniyet valfi 200 bar'a ayarlanmış ve manuel indirmede kullanılacak iğne valf tamamen kapalı olarak tanımlanmıştır.



Çalışma basıncı bar (0.1..400) ▼

Pompa

Alış (besleme) miktarı l/min (0..500) ▼

Yık kaçak l/(min*MPa) (0..100) ▼

Silindir

Pekillendirme Parametre Dış yük Kuvvet profili Çalıştırma ödesi

Maksimum strok mm (1..5000) ▼

Piston konumu mm (0..5000) ▼

Piston çapı mm (1..1000) ▼

Piston kolu çapı mm (0..1000) ▼

Montaj açısı Açık doğru (Deg) (0..360) ▼

Yık kaçak l/(min*MPa) (0..100) ▼

Hesaplanmış parametre

Piston alanı qcm ▼

Sekman alanı qcm ▼

Değer göster

☐ Hız [m/s]

☐ Kuvvet[N]

Basıncı sınırlama valfi

Olması gerekli basıncı

bar (0..400) ▼

Hidrolik direnç

MPa/(l/min)² (1e-007..100) ▼

Orifis, ayarlanabilir

Açıklık derecesi

(0..100 %) ☐ Açıklık derecesi göster

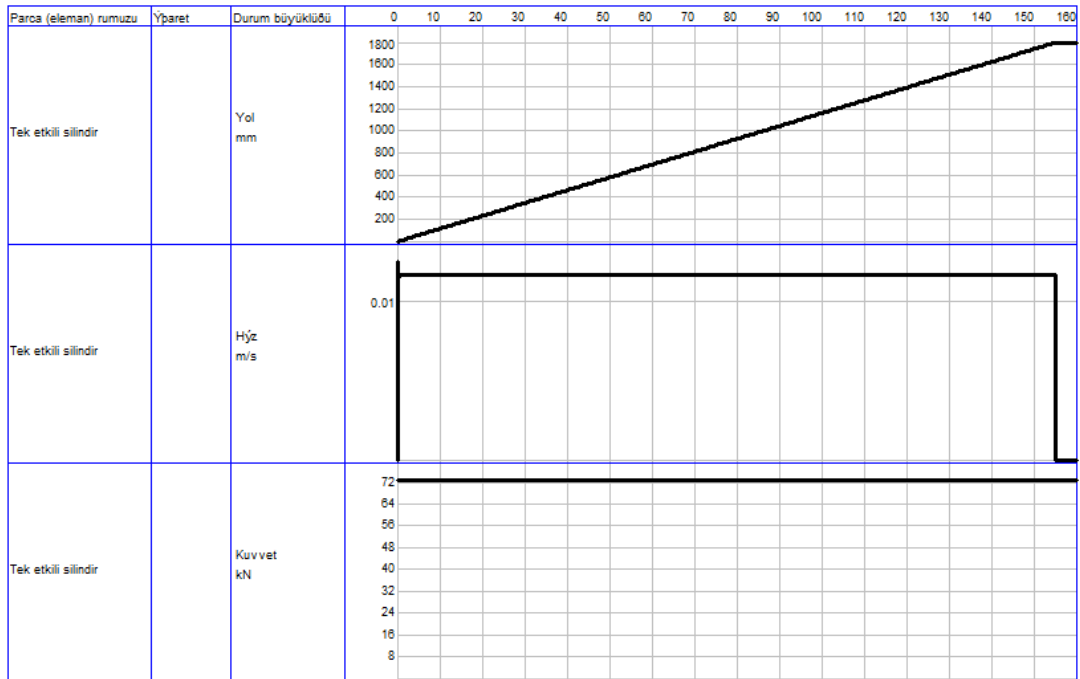
Hidrolik direnç

MPa/(l/min)² (1e-007..100) ▼

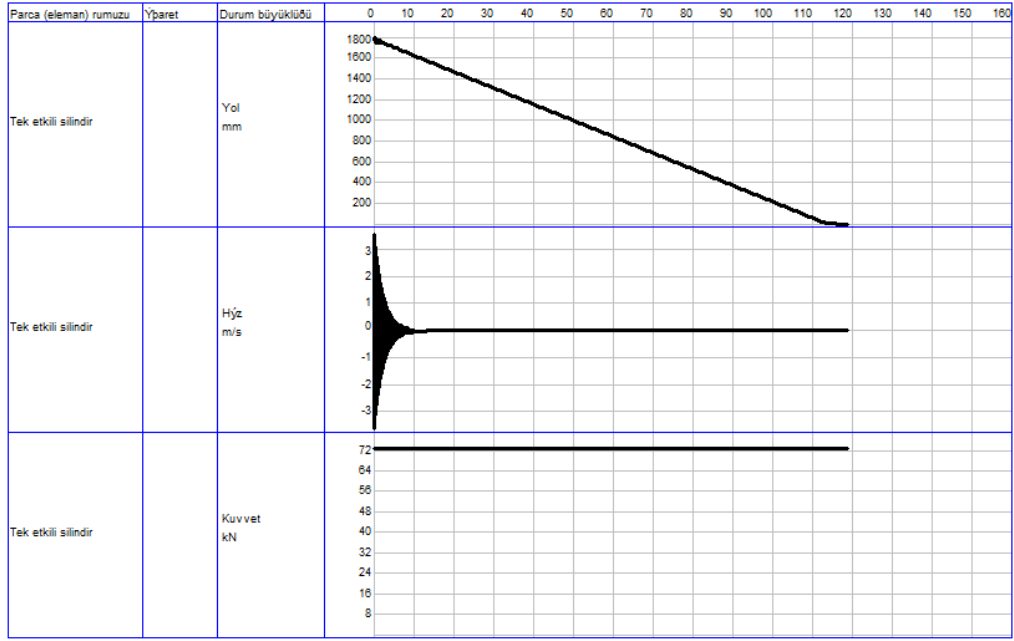
Şekil 3.19: Hidrolik sistem simülasyonu.

[illegible]

40



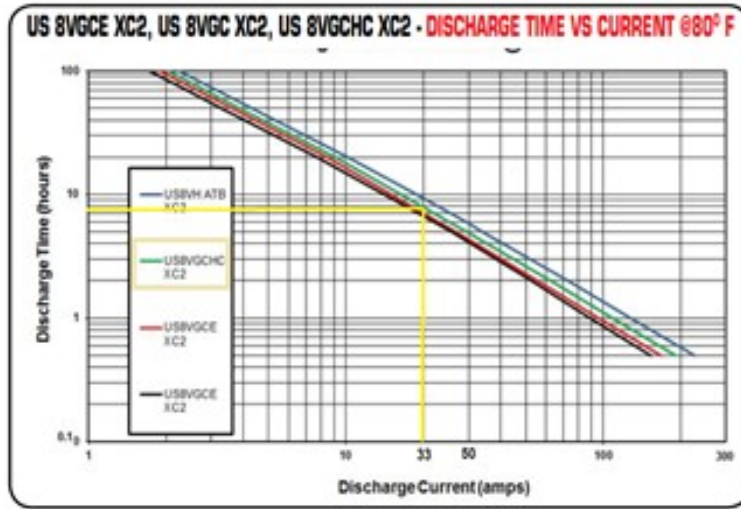
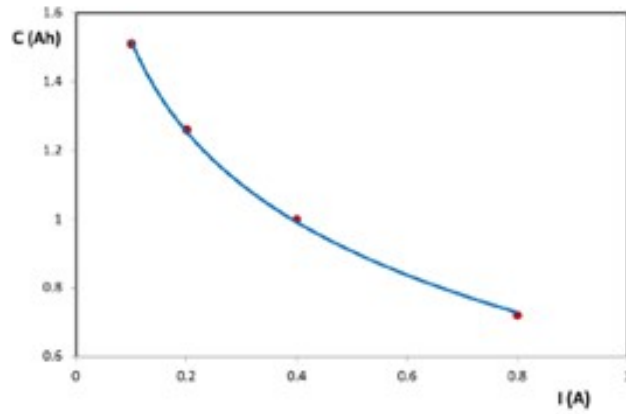
41



Şekil 3.22: Hidrolik sistem simülasyonu- İndirme.

3.4 Akü Sistemi

24 V DC ile çalışacak sistemin üç adet 8 V'luk akü seri bağlanılarak kullanılması tasarlanmıştır. 2,2 kW motor için akü sisteminin sağlayacağı akım yaklaşık 100 A değerinde olmalıdır. Akü seçiminde dikkat edilmesi gereken husus, akünün deşarj süresidir. Genelde araç bakım atölyelerinde bu süre 8 saat veya 20 indirme/kaldırma periyodu olarak istenmektedir. Akü ömrü, çekilen akımın artmasıyla üstel olarak azalmaktadır [15]. Akülerin empedansı, her üreticinin ürününde farklı olduğundan, seçimde, üreticilerin kendi akım-deşarj süresi grafikleri (Şekil 3.23) kullanılır. Şekil 3.23'de gösterildiği gibi seçilen akünün 10 saate yakın sürede deşarj olacağı belirtilmiştir. Sisteme; akü sensörü montaj edilerek, akü deşarj durumuna yaklaştığında liftin kalkmasına izin vermeyen bir güvenlik donanımı eklenebilir.



Şekil 3.23: Akü – Deşarj süresi [15-16].

Sistemde her bir kolon üzerinde aküler için şarj cihazı bulunmaktadır (Şekil 3.24). Akülere paralel şekilde bağlı olan akü şarj cihazı ana şebekeye standart bir kablo ve IEC prizle bağlanarak aküler şarj edilebilir.



Şekil 3.24: Akü şarj cihazı [17].

3.5 Donanımlar

Mobil lift, güvenilir çalışması ve operatörün kolaylığı için bir takım donanımlara sahiptir. Tüm bu donanımların zorunluluğu standartlarda belirtilmiştir ve bu donanımların özellik ve kullanım şekline bu kısımda yer verilmiştir. Bu donanımlar kabaca mobil liftin hareket ettirilmesini sağlayan transpalet sistemi, taşıyıcının yüksekliğini takip etmemizi sağlayan sinyal kodlayıcı sistemi, liftin altında çalışacak operatörün güvenliği için taşıyıcı kilit sistemi ve taşıyıcın hareketini sonlandıran sınır şalterleridir.

3.5.1 Transpalet sistemi

Tasarlanan transpalet sistemi Şekil 3.25'te verilmektedir. Mobil lifti istenilen yere taşımak için sütunun arkasına transpalet pompası yerleştirilmiştir. Transpalet pompası kaldırılarak sütunun alt tablası ve ayakları yerden kesilmekte ve böylece sütun istenilen yere taşınabilmektedir.

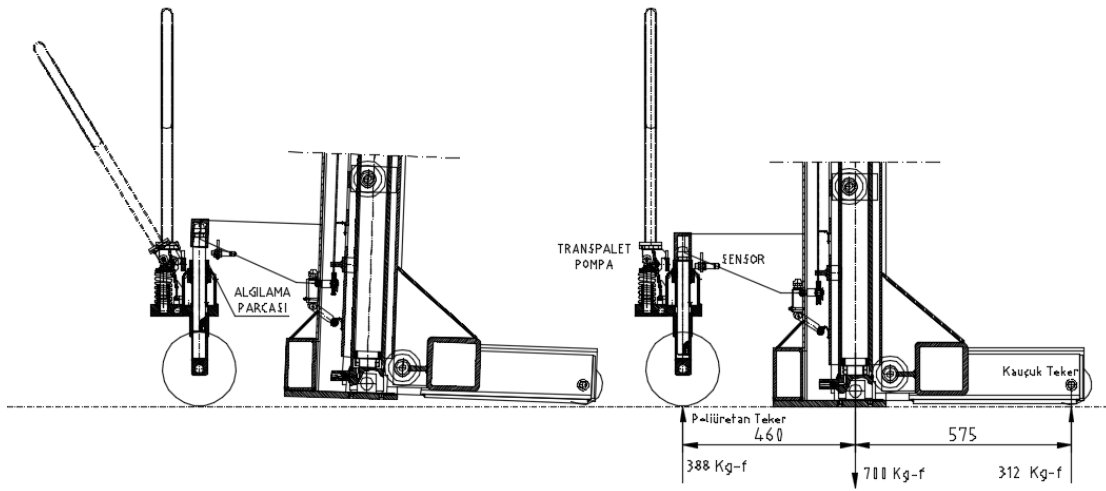
Standarda göre mobil hareket ettirilecek araç kaldırma lifti 300 N'dan daha az bir operatör kuvveti ile hareket ettirilmelidir [6]. Transpalet pompasının tekerleği poliüretan, ön tekerlekler ise kauçuk kaplamalıdır. Tekerleklerle düşen yükler Şekil

3.25'te gösterilmiştir. Poliüretan ve kauçuk kaplamalı tekerleklerin yaklaşık yuvarlanma direnci (c) sırasıyla 0,03 ve 0,04'tür [18]. Lifti hareket ettirmek için operatörün uygulaması gereken kuvvet (F) yaklaşık olarak;

$$F = F_{\text{poliüretan teker}} \times c_{\text{poliüretan}} + F_{\text{kauçuk teker}} \times c_{\text{kauçuk}} \quad (3.23)$$

$$F = 388 \times 9,81 \times 0,03 + 312 \times 9,81 \times 0,04 = 237 \text{ N'dur} \quad (3.23a)$$

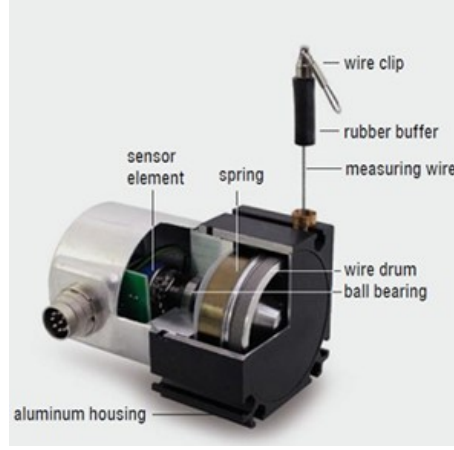
Mobil lift, standarta göre transpalet sistemi aktifken kaldırma ve indirme işlemleri yapmamalıdır. Sütun arkasına yerleştirilen sensör, mobil lift kaldırıldığında, transpalet üzerindeki algılama parçasını görmemekte ve sistemde açık kontak meydana gelerek liftin çalışması engellenmektedir.



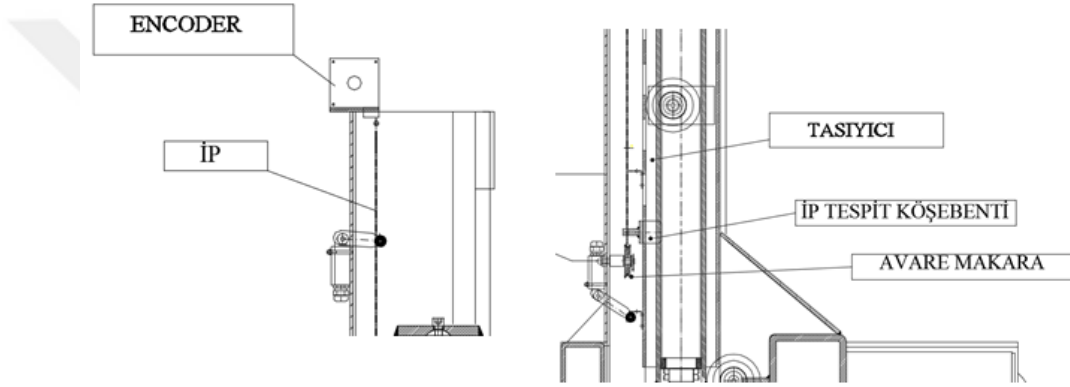
Şekil 3.25: Transpalet sistemi.

3.5.2 Sinyal kodlayıcı sistemi (Enkoder)

Sinyal kodlayıcı sistem mobil lift sisteminde taşıyıcının düşey ekseninde mesafesinin izlenmesi ve diğer sütunlar ile eş zamanlı çalışmasını sağlamak için kullanılmıştır. Sistemde ipli sinyal kodlayıcı (enkoder) kullanılmıştır (Şekil 3.26). Sütunun üstüne montaj edilmiş enkoderin ipi taşıyıcıya tespit edilmekte ve aşağıdaki bir makara sayesinde enkoderin makarasının dönüşü sağlanmaktadır. Bu dönüş, taşıyıcının dikey ekseninde konumunu ölçmektedir (Şekil 3.27).

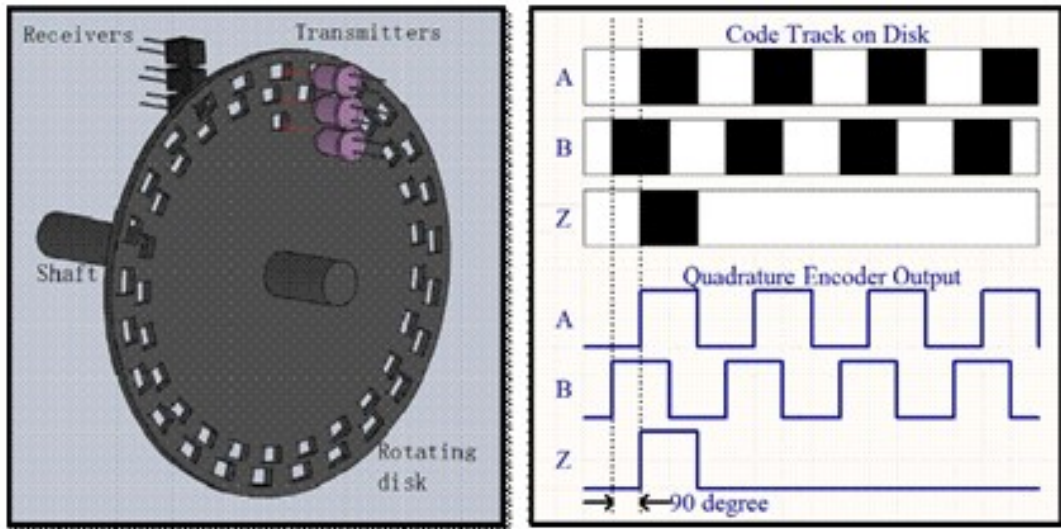


Şekil 3.26: İpli sinyal kodlayıcı [19].



Şekil 3.27: Sinyal kodlayıcı sistemi.

Sistemde kullanılan sinyal kodlayıcı tipi çift kanallı artımlı tip sinyal kodlayıcıdır (Şekil 3.28). Çift kanallı tip sinyal kodlayıcının kullanım nedeni enkoderin hangi yönde döndüğünü tayin etmek içindir. Birbirine göre kaçık kanallara sahip A ve B kanalları, farklı fazda kare sinyaller üretmektedir. A ve B sinyal pulsarı sayılarak sinyal kodlayıcın kaç tur ve hangi yönde döndüğü hesaplanmakta, böylece taşıyıcının da hangi yönde ne kadar mesafe kat ettiği hesaplanmaktadır. Sinyal kodlayıcının A ve B çıkışları PLC'nin X0 ve X1 girişlerine bağlanmaktadır.

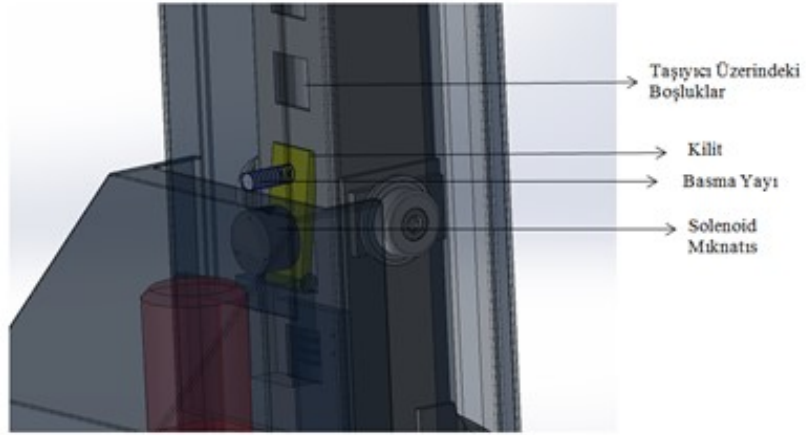
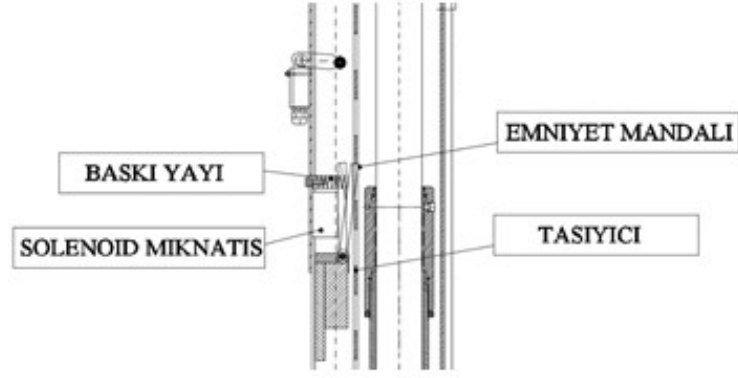


Şekil 3.28: Artımlı çift kanallı sinyal kodlayıcı [20].

3.5.3 Kilit sistemi

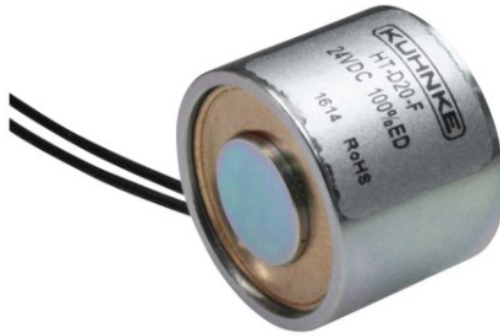
EN 1493 standardına göre; mobil liftler, operatör lift altında çalışırken taşıyıcı tertibatın aşağıya inmesine engelleyen tutucu bir teçhizat bulundurulmalıdır. Otoblokajlı sonsuz vidalı tahrikli sistemlerde harici bir tutucu teçhizata gerek olmamaktadır. Fakat kendinden kilitlemeli vidalı sistemlerde sürtünme açısı helis açısından büyük olduğundan dolayı verim %50'den düşüktür [21]. Kullanılan enerjinin yarısından fazlası sonsuz mil ve somun arasındaki sürtünme tarafından harcanmaktadır. Akülü sistemler için bu tür kayıplar akü ömrünü çok kısaltacağından dolayı hidrolik sistemli mobil lift tasarımı seçilmiştir.

Hidrolik sistemlerde, hidrolik sistemin otoblokajlı vida sistemi gibi bir otomatik frenleme veya yakalama tertibatı yoktur. Bu yüzden standarda göre taşıyıcılar, operatör liftin altındayken kilide alınmalıdır. Kilit mekanizması; kilit mandalı, kilit mandalının geriye kaçmasını önleyen baskı yayı ve lifti indirirken taşıyıcının kilitten kurtulması için mandalı geri çeken solenoid mıknatıstan oluşmaktadır (Şekil 3.29).



Şekil 3.29: Kilit Sistemi.

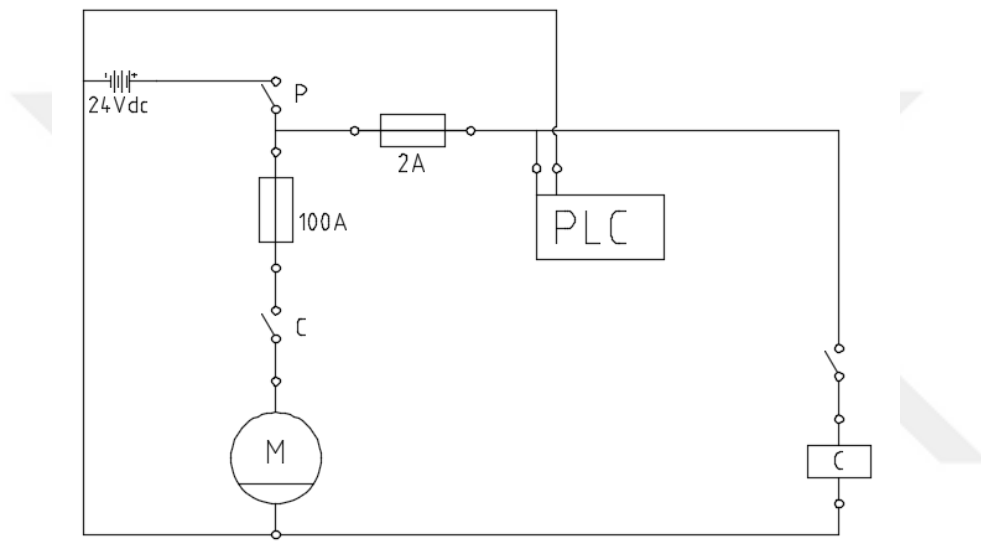
Taşıyıcı yukarı çıkarken emniyet mandalını geriye itmektedir. Baskı yayı mandalı sürekli gergide tutmaktadır. Lifti kilide almak için taşıyıcı aşağıya indirilmekte ve taşıyıcı üzerindeki kilit için açılmış boşluk emniyet mandalına oturarak lift kilide alınmaktadır. Yapılan çalışmada, kilitten bulunan lift indirilmek istendiğinde, lift önce bir miktar yukarı kalkarak kilitten kurtulmaktadır. Solenoid mıknatıs (Şekil 3.30) enerji verilerek aktif hale getirilmekte ve emniyet mandalını geriye çekmektedir. Böylece taşıyıcı emniyet mandalına takılmadan aşağıya inmektedir.



Şekil 3.30: Solenoid mıknatıs [22].

3.6 Kumanda Kontrol Yapısı

Kumanda kontrolü PLC tarafından sağlanacak olup, kolonların alt limit şalterlerini ‘0’ noktası olarak kabul ederek çalışacaktır. Sinyal kodlayıcı herhangi bir güç kesintisinde kaldığı noktayı hafızada tutamadığından, bu durumda taşıyıcı alt limite kadar indirilerek seviyeleri sıfırlanmaktadır. Sinyal kodlayıcı kontrolü ile sütunların seviyeleri takip edilmektedir. Dengesiz çalışması durumunda, çalışma konumuna göre sistemden ayarlanan maksimum seviye farkına ulaştığında sütunlar dengeleme yaparak çalışmaya devam etmektedir.



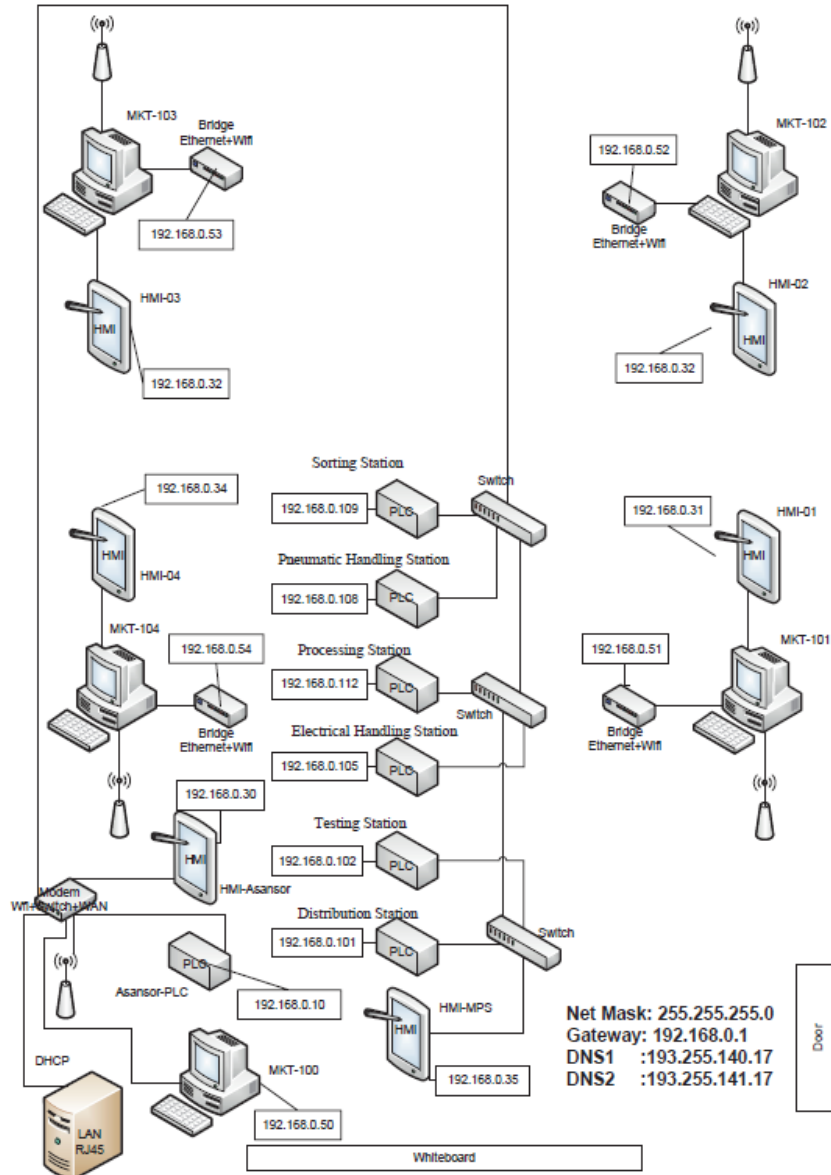
Şekil 3.31: Mobil lift kumanda.

Mobil lift kumanda sistemi Şekil 3.31’de gösterilmektedir. Sistemde bulunan pako şalter (P) açılarak sisteme enerji verilmesi sağlanmaktadır. PLC gerekli güvenlik kontrollerini (seviye sınır şalterleri, maksimum yükseklik veya transpaletin devrede olması vs.) sağladıktan sonra, yukarı butonuna basıldığında hidrolik ünite motoruna enerji verilerek yukarı kaldırma sistemi çalışmaktadır. Aşağıya indirmek için aşağı indirme butonuna basıldığında PLC üzerinden gerekli kontroller sağlanıp solenoid valfe enerji verilerek valf açılmakta ve sayıcı yardımı ile takip edilen sistem dengeli bir şekilde çalışmaya devam ederek alt limit şalterlerine kadar indirilebilmektedir.

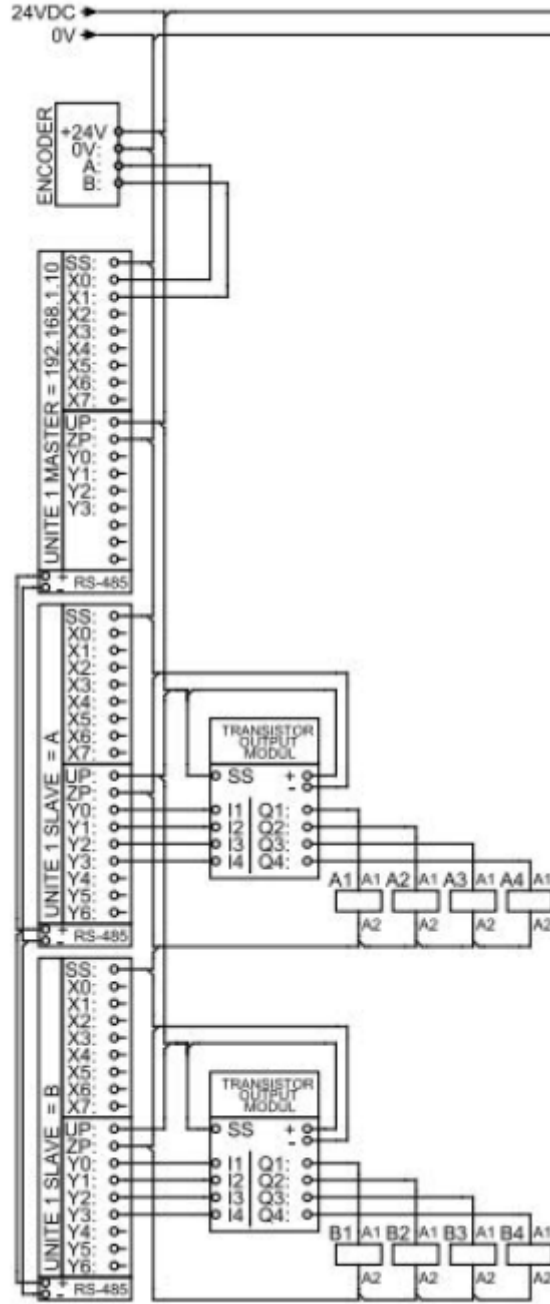
Sütunlar arasındaki iletişim için; her bir sütunda bulunan PLC’lerin programlarının, ayarlarının ve I/O tablolarının ana bir PLC’de ethernet üzerinden toplanıp sistemin yönetilmesi düşünülmüştür. Bu tasarımda, 2015 yılında Trakya üniversitesinde mekatronik laboratuvarında yapılan çalışmadan esinlenilmiştir. Şekil 3.32’de

gösterildiği gibi çalışma, kendi PLC'si bulunan çok sayıda mekanik ekipmanın, bir şebeke ağı kurulumu uzaktan kontrolüne dayanmaktadır [23].

Yapılan çalışmada, dört adet birbirine köprülenmiş wi-fi ve ethernet ile haberleşen bilgisayar ve bir adet ethernet ile haberleşen ana bilgisayar bulunmaktadır. Üç adet 4 portlu ethernet modülleri ile laboratuvarındaki cihazların PLC'leri erişim noktasında toplanabilmektedir. Herhangi bir sinyal çakışmasını önlemek için her bir PLC'nin ve kullanıcı ara yüzlerinin IP adresleri ayrı ayrı tanımlanmıştır. Erişim noktasının WAN portu ile üniversitenin ağ şebekesine sistem bağlanmıştır.



Şekil 3.32: Trakya Üniversitesi Mekatronik Laboratuvarındaki uzaktan kontrol sistemi [23].



Şekil 3.33b: PLC yapısı.

PLC’de giriş elemanları, her bir sütundaki taşıyıcının hareketini izleyen sinyal kodlayıcılar, taşıyıcı hareketini sınırlandıran sınır şalterleri ve transpalet sisteminin aktif olup olmadığını kontrol eden sensörlerdir. Sisteme yağ seviye sensörü, akü seviye sensörü vb. girişler de eklenebilir. Örneğin hidrolik sistemdeki yağ seviyesinin belli bir değerin altına düştüğünde liftin çalışması ya da akü seviyesi azaldığında liftin yukarı kaldırılması engellenebilir.

View/Edit		Used Device Comment							
X	Y	M	S	T	C	D	P	I	
*	Device	Comment							
	X0	1.kolon encoder A							
	X1	1.kolon encoder B							
	X2	2.kolon encoder A							
	X3	2.kolon encoder B							
	X4	3.kolon encoder A							
	X5	3.kolon encoder B							
	X6	4.kolon encoder A							
	X7	4.kolon encoder B							
	X10	1.kolon üst limit							
	X11	1.kolon alt limit							
	X12	2.kolon üst limit							
	X13	2.kolon alt limit							
	X14	3.kolon üst limit							
	X15	3.kolon alt limit							
	X16	4.kolon üst limit							
	X17	4.kolon alt limit							
	X20	1. kolon transpalet sensörü							
	X21	2. kolon transpalet sensörü							
	X22	3. kolon transpalet sensörü							
	X23	4. kolon transpalet sensörü							

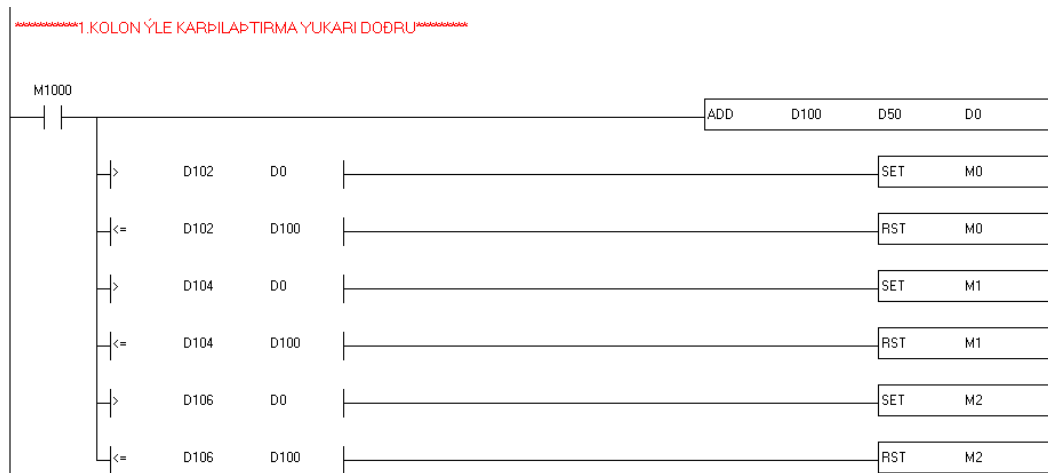
Şekil 3.34:PLC giriş elemanları.

PLC'nin çıkış elemanları (Şekil 3.35), sütunların aşağı ve yukarı hareketidir. Sistemde, 4 sütun için toplamda 8 adet çıkış elemanı vardır. Çıkış elemanlarının PLC'den alınması, sistemde tanımlanan butonlar ve giriş elemanlarının (sinyal kodlayıcı, sensör ve sınır şalterleri) hesaplanması ile oluşturulan fiziksel kontakların durumlarına bağlıdır.

View/Edit		Used Device Comment							
X	Y	M	S	T	C	D	P	I	
*	Device	Comment							
*	Y0	1.kolon yukarı							
*	Y1	1.kolon aşağı							
*	Y2	2.kolon yukarı							
*	Y3	2.kolon aşağı							
	Y4	3.kolon yukarı							
	Y5	3.kolon aşağı							
	Y6	4.kolon yukarı							
	Y7	4.kolon aşağı							

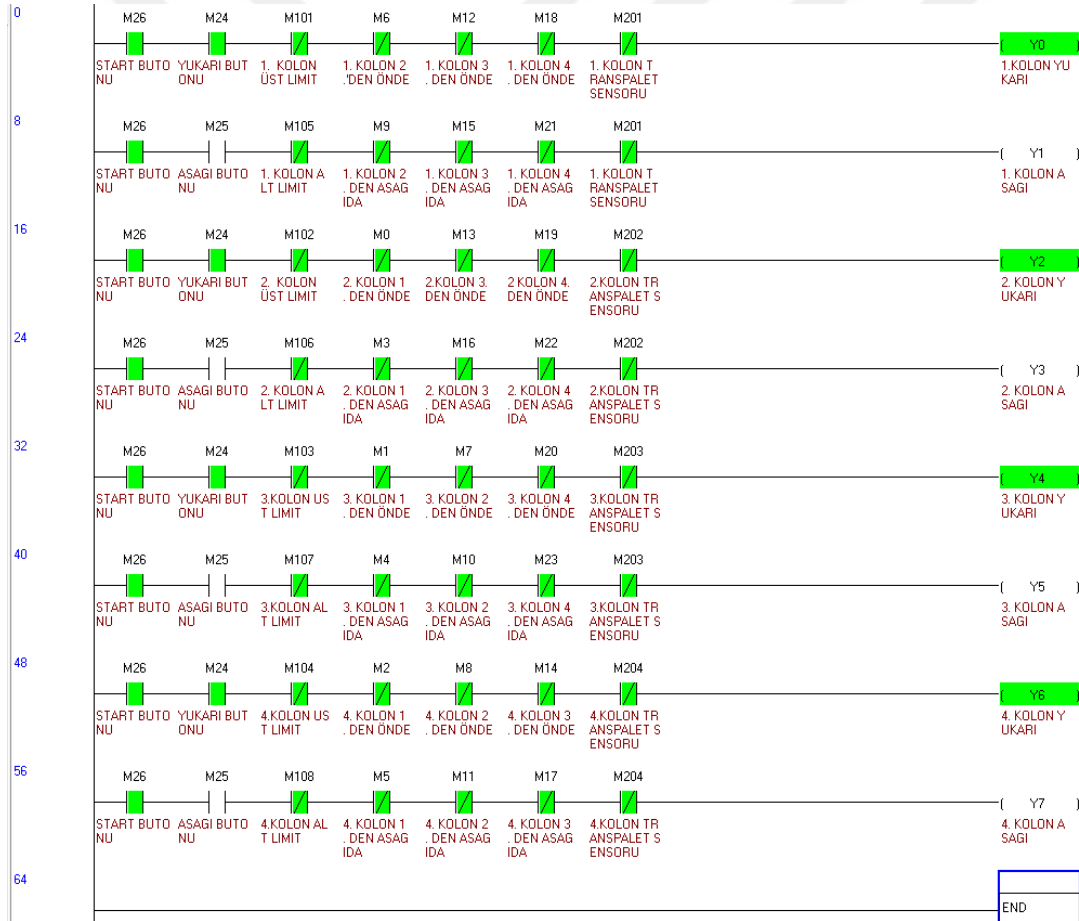
Şekil 3.35: PLC çıkış elemanları

Sütunlar arasındaki senkronizasyon, PLC içindeki hesaplamalar ile oluşturulan kontaklar ile sağlanmaktadır. Örnek olarak, D100 ifadesi sinyal kodlayıcı ile ölçülen 1. sütunun yükseklik değeridir. D50 değeri ise sütunlar arasındaki izin verilen yükseklik farkıdır. D102, D104 ve D106 sırasıyla 2. 3. ve 4. sütunların sinyal kodlayıcıdan okunan taşıyıcı yükseklik değerleridir. Bu değerlerden herhangi biri D100+D50 değerinden fazla olduğunda, yani 1. sütuna göre izin verilen değerden daha yüksek olduğunda sistem duracak, bu değer küçük eşite geldiğinde hareketine devam edecektir. 1. kolon için yukarı harekette diğer sütunlara göre karşılaştırma tablosu Şekil 3.36’da verilmiştir. Dört sütun ve aşağı-yukarı hareket için toplamda sekiz adet karşılaştırma tablosu PLC’de hazırlanarak her birine bir kontak atanmıştır.



Şekil 3.36: PLC’de seviye karşılaştırma tablosu.

Şekil 3.37’de fiziksel kontaklar ile çıkışların nasıl alındığı ve senkronizasyonun nasıl yapıldığı gösterilmiştir. Sütunların yukarı hareketi için ana panodan start butonuna (M26) ve yukarı butonuna (M24) basılmış olmalıdır. Her kolondaki üst limit sınır şalterleri, transpalet sensörleri ve PLC’de hesaplanan seviye farkı kontakları kapalı kontak olarak tasarlanmıştır. Bu durumda tüm sütunlardan yukarı çıkışı alınabilmektedir. Örnek olarak, Şekil 3.38’de verilen durum olduğu gibi, 2. sütunun seviyesi 1. sütunun seviyesine göre izin verilen değerden yüksek ise M0 kontağı açık kontak haline gelmekte ve 2. sütundan yukarı çıkışı alınamamaktadır. Seviye farkı izin verilen değere ulaştığında M0 kontağı resetlenmekte ve 2. sütun yukarı hareketine devam etmektedir.



Şekil 3.37: PLC merdiven diyagramı-1.

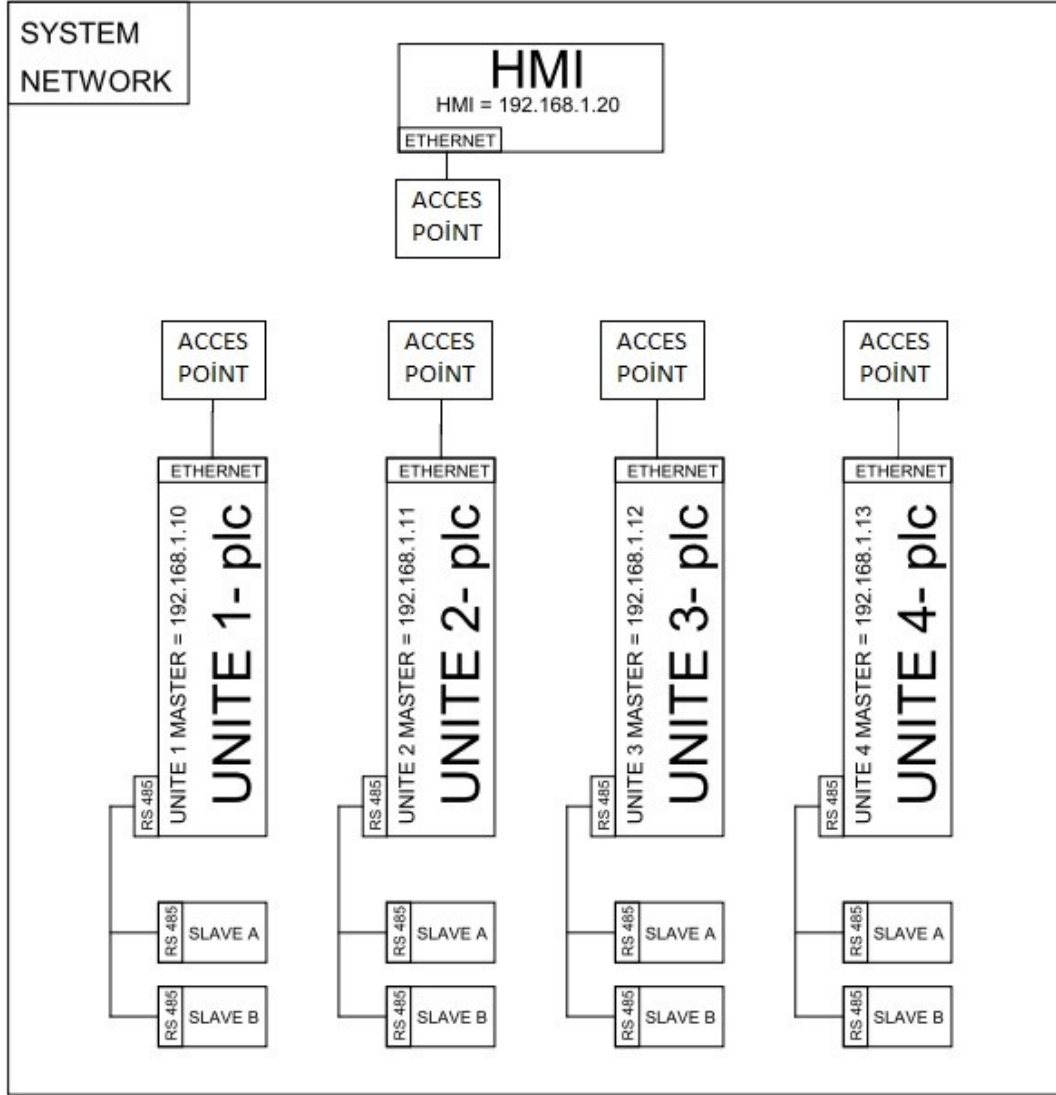


Şekil 3.38: PLC merdiven diyagramı-2.

Sütunlar arası PLC iletişiminin, her bir PLC üzerinde bulunan ethernet portuna erişim noktası bağlantısı yapılarak kurulması düşünülmüştür. Kontrol PLC'leri üzerindeki erişim noktası ile PLC'ler arası iletişim sağlanarak birbirine entegreli şekilde çalışacaktır. PLC'lerin iletişim düzeni Şekil 3.39'da gösterilmiştir. Erişim noktası sistemde hem alıcı hem verici olarak ayarlanmıştır.

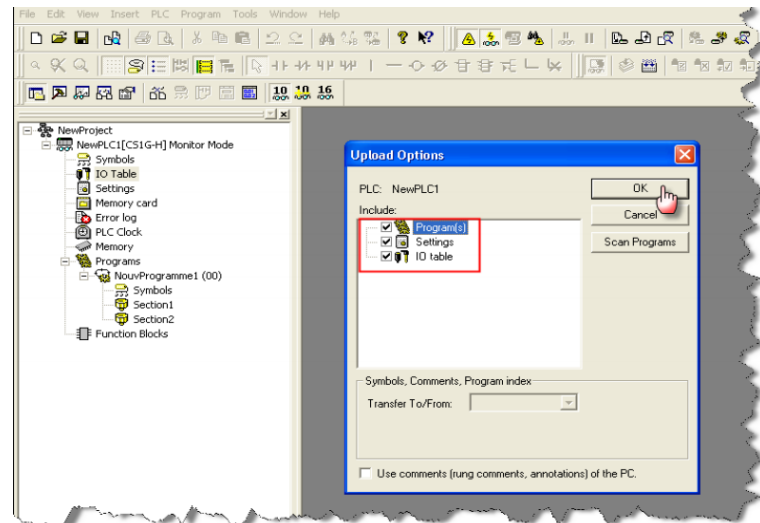
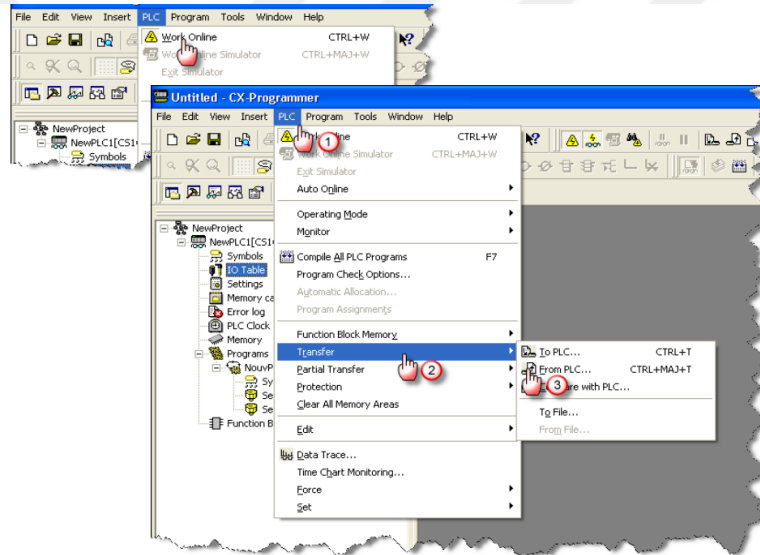
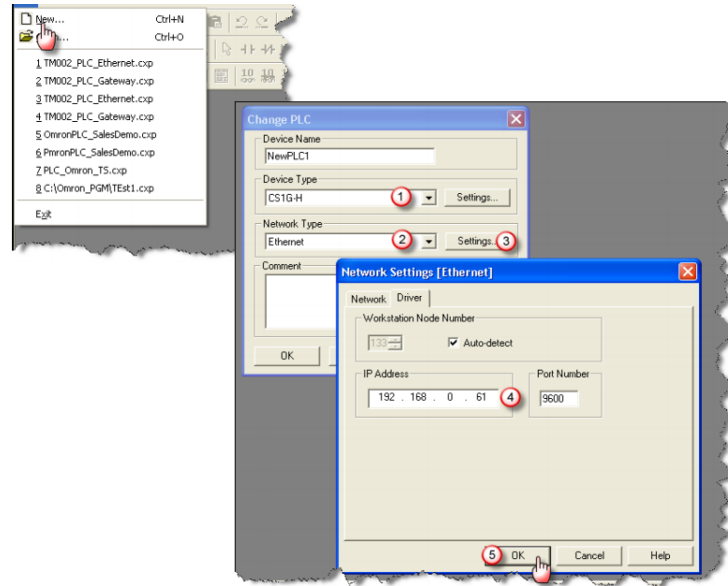
PLC'lerin ethernet adreslerinin tanımlanması ve birbirleri arasındaki paylaşımın program üzerinden nasıl yapıldığı Şekil 3.40'da gösterilmiştir [24]. PLC'ler kendi aralarında giriş çıkış elemanlarını, ayarlarını ve programlarını diğer PLC'lere aktarabilmekte veya başkaca bir PLC'den çekebilmektedir.

Yazılımın çalışma simülasyonu Delta Soft Simulator programı aracılığıyla yapılmıştır. Ana ekranda indirme, kaldırma ve start butonu bulunmaktadır. Sütunların yükseklik değeri ana ekranda sürekli olarak izlenebilmektedir (Şekil 3.41).

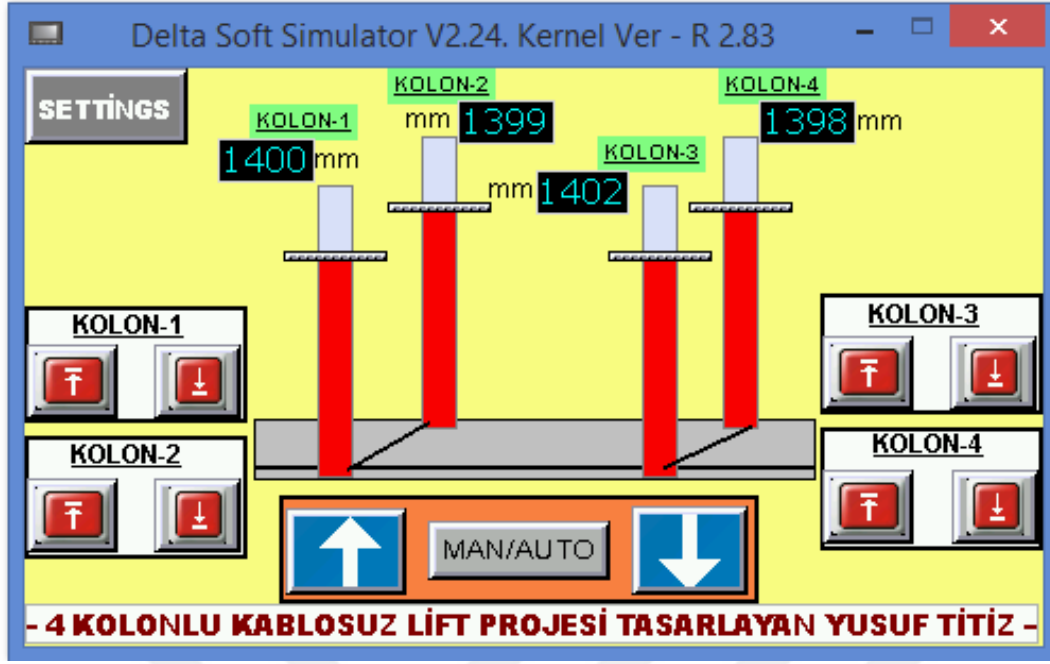


Şekil 3.39: PLC iletişim düzeni.

PLC giriş çıkış sayılarına göre mevcut tek bir PLC yetmeyebilir. Ana (master) PLC'ye yardımcı (slave) PLCler RS485 iletişim modülü ile bağlanabilir ve sistem için gerekli olan giriş çıkış sayısı sağlanabilir.



Şekil 3.40: PLC ethernet adresi ve birbirleri arasında dosya paylaşımı [24].



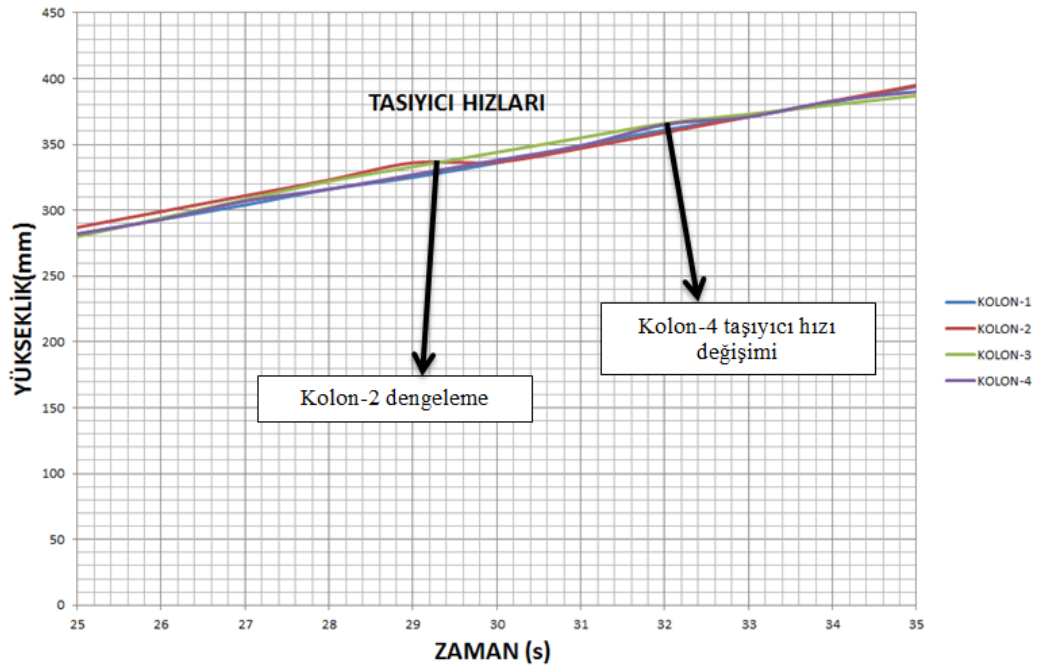
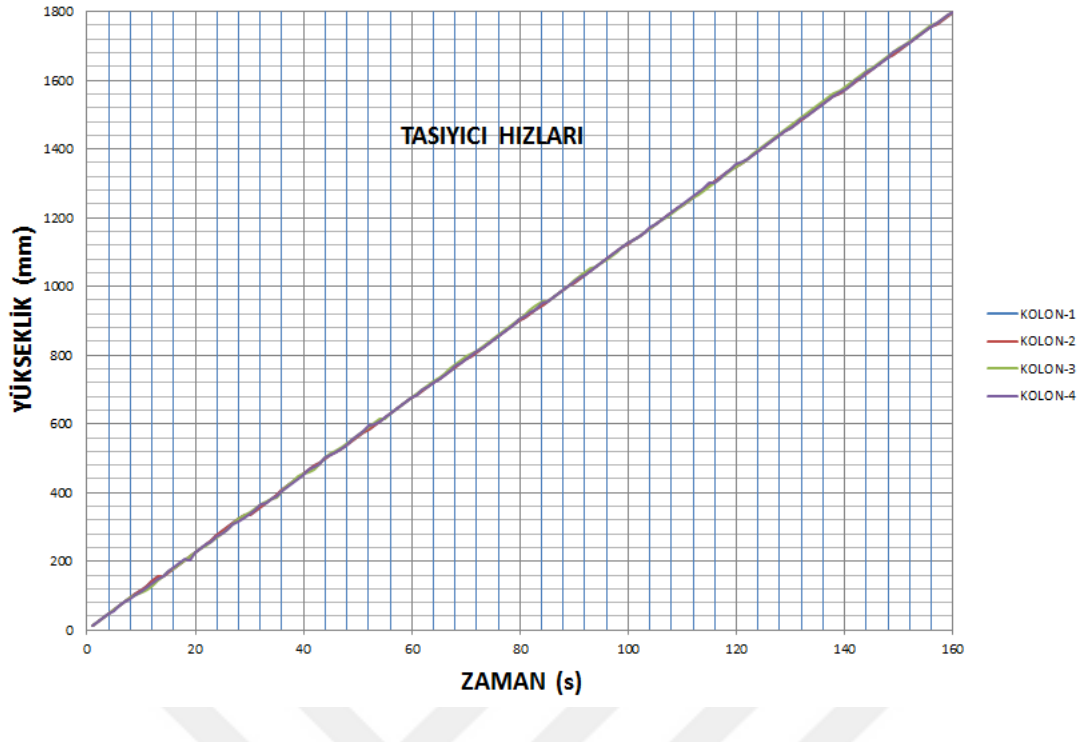
Şekil 3.41: PLC simülasyonu.

Liftin kumanda panosu ekranı istenilen gibi tasarlanabilir. Sistemde sütunların tek tek çalışma imkanı tanınabilir. Böylece lastik tamirlerinde istenilen tekerlek aşağıya indirebilir. Bu işlem yapılırken indirilen mobil kolonlu liftin yanına taşıma sehpası konulup araç desteklenmelidir. Ekranda operasyon için uyarı, arıza ve bakım bilgileri de eklenebilir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma araç kaldırma liftlerinin hangi standartlara göre tasarlanıp imal edildiğini ve hangi güvenlik önlemlerine sahip olması gerektiğini göstermek için yapılmıştır. Ayrıca bu çalışmadaki tasarım, akülü ve kablosuz çalışan bir kaldırma sistemini içermektedir. Yapılan çalışmada standartlara göre olası risklerin nasıl kaldırıldığı listelenmiştir. Yapısal tasarım ve hidrolik sistemin tasarım ve simülasyonları yapılmış böylece tasarım optimize edilmiştir. Geleneksel kablosuz modül ve anten ile çalışan sistem yerine, PLC'lerin Ethernet modülü üzerinden erişim noktası oluşturarak haberleşmesi sağlanmıştır. Böylece çalışma sahalarındaki diğer radyo sinyali ile çalışan ekipmanlar iletişim için herhangi bir sorun teşkil etmeyecektir.

Bu çalışmanın devamı olarak mekanik tahrikli olarak çalışan mobil liftlerin tasarımı da yapılarak; kilit, ipli sinyal kodlayıcı vs. gibi ekipmanların kullanım gerekliliği ortadan kaldırılıp tasarım daha da sadeleştirilebilir. Ayrıca PLC yerine daha yalın ve daha ucuz fiziksel programlama platformları da tercih edilebilir. Bir diğer yapılabilecek çalışma olarak da, mevcut tasarımda sinyal kodlayıcı ile takip edilen taşıyıcıların konum zaman grafiği Şekil 4.1'de gösterildiği gibi PLC tarafından çizdirilip hangi zamanlarda dengeleme yapıldığı görülebilir ve belli zaman aralıklarında taşıyıcıların farklı hızlarda olmasının nedenlerini (basınç regülasyonları, mekanik sürtünmeler-kasıntılar vs.) ortaya çıkartabilecek bir araştırma ortaya konulabilir.



Şekil 4.1: Taşıyıcı hızlarının karşılaştırılması

KAYNAKÇA

- [1] Url., <<https://www.sefacusa.com/product/standard-mobile-column/>>, erişim tarihi: 12.04.2018.
- [2] Url., <http://maha.hu/wpcontent/uploads/2016/05/BRO_MAHA_kerekemelok_EN.pdf>, erişim tarihi 07.05.2018.
- [3] Url., <<http://www.rotarylft.com/>>, erişim tarihi: 03.05.2018.
- [4] Berends, J., DeJong J. (2001). *Lifting device with movable lifting columns*, US Patent No: 6,315,079 B1
- [5] Fagan , J. E., Jaipaul, L. M., McKee, R. S. (2013). *Wireless vehicle lift system with enhanced communication and control*, US Patent No: 2013/0240300 A1.
- [6] TS EN 1493 Türk Standardı (2011). *Taşıt Kaldırma Donanımları*.
- [7] Makina Emniyeti Yönetmeliği.(2009). T. C. Resmi Gazete, 27158, 3 Mart 2009.
- [8] Budynass, R. G. and Nisbett, J. K. (2001) , *Shigley's Mechanical Engineering Desing Ninth Edition*, s:221-225
- [9] TMMOB. (2005). *Hidrolik Devre Elemanları ve uygulama teknikleri*, Yayın No: MMO/2923.
- [10] Krishna, V. G., Bhaskara, L. R. (2015). *Stability Analysis of 3D Beams*, *School of Mechanical and Building Sciences*, VIT University, s:62-70.
- [11] Tic, V., Lovrec, D. (2012). *Design of Modern Hydraulic Tank using fluid flow simulation*, University of Maribor, Faculty of Mechanical Engineering, doi: 10.2507/IJSIMM11(2)2.202.
- [12] Minter, C. (2005). *Modeling and analysis of a pressure compensated flow control valve*, Proceedings of FEDSM2005, 2005 ASME Fluids Engineering Division Summer Meeting and Exhibition, pp17-25, doi:10.1115/FEDSM2005-77057.
- [13] Url., < <http://eng.fluidpress.it/allegaticlasse/1439.pdf> >, erişim tarihi: 20.04.2018.
- [14] Barbara Z., Giovanni C., Rinaldini, C. A., Mattarelli E., Borghi, M. (2017). *Pressure Losses in Hydraulic Manifolds*, doi:10.3390/en10030310.
- [15] Krivík, P. (2017). *Methods of SoC determination of lead acid battery*, doi: 10.1016/j.est.2017.11.013.
- [16] Url., <http://usbattery.com/wp-content/uploads/2016/11/usb_data_booklet_716v2_LR.pdf> ; erişim tarihi:28.04.2018.

- [17] **Url.**, <<https://www.projecta.com.au/battery-charger-products/24v-automatic-3500ma-2-stage-battery-charger/>>; erişim tarihi:28.04.2018.
- [18] **Hendrickson, A.** (2008) *Mechanical Design for the Stage*; ISBN-13: 978-0240806310, s:38-40.
- [19] **Url.**,< <https://www.bestech.com.au/draw-wires/>>; erişim tarihi: 09.05.2018.
- [20] **Url.**, < <https://robu.in/quadrature-encoder/>>; erişim tarihi: 09.05.2018.
- [21] **Skulić A., Krsmanović D.** (2017).*Power losses of worm gear pairs*, University of Kragujevac, Faculty of Engineering, ISSN: 2067 – 3809.
- [22] **Url.**,< <http://www.kuhnkeusa.com/uploads/holding.pdf>>, erişim tarihi: 27.04.2018.
- [23] **Güllü, A., Akı, O., Kuşçu, H.** (2015),*Remote access for education and control of mechatronics systems*, doi: 10.1016/j.sbspro.2015.01.577.
- [24] **Url.**, < https://websupport.ewon.biz/sites/default/files/aug-036-0-en-remote_access_for_omron_plcs.pdf>, erişim tarihi 09.05.2018.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Yusuf TİTİZ
Doğum Tarihi ve Yeri : 1987- BURSA
E-posta : titizyusuf@gmail.com

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lise** :2005, Kocaeli Körfez Fen Lisesi
- **Lisans** :2010, Marmara, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği
- **Yüksek Lisans** :2018, İTÜ, Makine Fen Bilimleri Enstitüsü, Mekatronik Mühendisliği Lisansüstü Programı