



**BİRİKET MAKİNELERİ ELEKTROMEKANİK VE PNÖMATİK
TOPLAMA ROBOTU TASARIM VE ANALİZİ**

Hüseyin KARAKOÇ

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ENDÜSTRİYEL TASARIM MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EYLÜL 2020

Hüseyin KARAKOÇ tarafından hazırlanan “BRİKET MAKİNELERİ ELEKTROMEKANİK VE PNÖMATİK TOPLAMA ROBOTU TASARIM VE ANALİZİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Orhan ERDEN

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Başkan: Doç. Dr. Hüseyin Kürşad SEZER

Endüstriyel Tasarım Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ertan Yesari HASTÜRK

Endüstri Ürünleri Tasarımı Programı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum.

.....

Tez Savunma Tarihi: 23/09/2020

Jüri tarafından kabul edilen bu çalışmanın Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Prof. Dr. Cevriye GENCER

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

.....
Hüseyin KARAKOÇ
23/09/2020

BRİKET MAKİNELERİ ELEKTROMEKANİK VE PNÖMATİK TOPLAMA ROBOTU TASARIM VE ANALİZİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Hüseyin KARAKOÇ

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Eylül 2020

ÖZET

Bu çalışmada, öncelikle beton parke, briket makineleri ve bu makinelerde üretilen ürünler hakkında genel bilgiler verilmiştir. Sonrasında ise bu makineler ile beraber kullanılan ekipmanlar hakkında bilgiler verilmiştir. Günümüzde artan iş gücü maliyetleri ve üretim hızı gibi faktörler sonucunda robotlara ihtiyaç artmıştır. Beton parke ve briket makinelerinde ise üretilen ürünlerin Euro paletler üzerine istiflenmesi ve ürünlerin nakliye hazırlanmasını sağlayan en önemli ekipman toplama robotlarıdır. Mevcutta bulunan toplama robotlarında daha çok hidrolik sistemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada ise elektromekanik yapıya uygun ve pnömatik sıkma çenelerini bünyesinde barındıran toplama robotunun kavramsal tasarım aşamalarına yer verilmiştir. Tasarımlar arası bakım, kolay ulaşılabilirlik, çevre temizliği, maliyet gibi faktörler karşılaştırılarak çenelerdeki sıkma işlemi için pnömatik pistonların kullanılmasına ve çenenin bu doğrultuda tasarlanmasına karar verilmiştir. Ayrıca kavramsal tasarım aşamaları sonucu sona kalan iki seçim arasında ekonomik açıdan karşılaştırılmada yapılarak karar verilen tasarım seçeneği pekiştirilmiştir. Bu işlemler sonrasında ise SolidWorks programında tasarlanan toplama robotu için sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Son bölümde ise toplama robotunun imalat aşamalarına yer verilerek örnek bir tasarım uygulaması gerçekleştirilmiştir.

Bilim Kodu : 91439
Anahtar Kelimeler : Beton parke makinesi, briket makinesi, briket, toplama robotu, toplama robotu çene, sistematik tasarım yaklaşımı, kavramsal tasarım, ekonomi
Sayfa Adedi : 43
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Orhan ERDEN

BRIQUETTE MACHINES ELECTROMECHANICAL AND PNEUMATIC PICKING
ROBOT DESIGN AND ANALYSIS

(M. Sc. Thesis)

Hüseyin KARAKOÇ

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

September 2020

ABSTRACT

In this study, firstly, general information about concrete parquet, briquette machines and the products produced by these machines is given. Afterwards, information was given about the equipment used with these machines. Today, the need for robots has increased as a result of factors such as increasing labor costs and production speed. Concrete parquet and briquette machines are the most important equipment collecting robots that enable the products to be stacked on Euro pallets and prepared for transportation. Hydraulic systems are mostly used in the existing picking robots. In this study, the conceptual design stages of the picking robot, which is suitable for electromechanical structure and includes pneumatic clamping jaws, are included. By comparing factors such as maintenance between designs, easy accessibility, environmental cleanliness and cost, it was decided to use pneumatic pistons for clamping in the jaws and to design the jaw accordingly. In addition, the design option that has been decided by making an economic comparison between the two final choices as a result of the conceptual design stages has been reinforced. After these processes, finite element analysis was performed for the collection robot designed in the SolidWorks program. In the last part, a sample design application was carried out by including the manufacturing stages of the picking robot.

Science Code : 91439

Key Words : Concrete paving machine, briquette machine, briquette, picking robot, picking robot jaw, systematic design approach, conceptual design, economy

Page Number : 43

Supervisor : Asst. Prof. Dr. Orhan ERDEN

TEŞEKKÜR

“Briket Makineleri Elektromekanik Ve Pnömatik Toplama Robotu Tasarımı Ve Analizi” konulu tez çalışması Globmac | AsBlok Makina firmasında yapılmıştır. Bu projenin yapılması için bizlere her türlü imkânı sağlayan değerli firma sahiplerine, çalışanlarına, desteklerini ve emeklerini esirgemeyen değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Orhan ERDEN’ e teşekkür ederim.



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	ix
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	x
RESİMLERİN LİSTESİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xiii
1. GİRİŞ.....	1
2. BETON PARKE VE BRİKET MAKİNELERİ.....	3
2.1. Briket ve Beton Parke Makinelerinde Üretilen Ürünler.....	4
2.2. Beton Parke Ve Briket Makinelerinde Kullanılan Ekipmanlar.....	5
3. BRİKET MAKİNELERİ ELEKTROMEKANİK VE PNÖMATİK TOPLAMA ROBOTU TASARIMI VE MALİYET ANALİZİ	9
3.1. Toplama Robotu Tasarımı İçin Uygulanan Kavramsal Tasarım Aşamaları.....	12
3.1.1. Toplama robotu ihtiyaç listesi.....	12
3.1.2. Toplama robotunun fonksiyon şeması	13
3.1.3. Toplama robotu alt ve genel tasarımları.....	14
3.1.4. Toplama robotu tasarımı için ön değerlendirme	16
3.1.5. Toplama robotu için önemli tasarımlar	17
3.1.6. Toplama robotu ek seçim işlemleri	19
3.1.7. Toplama robotu tasarımı için maliyet karşılaştırılması.....	20

4. TOPLAMA ROBOTU TASARIMI İÇİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ	23
5. BETON PARKE VE BRİKET MAKİNELERİNDE KULLANILAN ELEKTROMEKANİK VE PNÖMATİK TOPLAMA ROBOTUNUN İMALAT AŞAMALARI.....	33
5.1. Toplama Robotunun İmalat Hazırlık Süreci	33
5.2. Toplama Robotunun Talaşlı ve Talaşsız İmalat Süreci.....	35
5.3. Toplama Robotunun Kontrol ve Revizyon Süreci	36
5.4. Toplama Robotunun Boya Süreci	38
5.5. Toplama Robotunun Boya Süreci	38
6. SONUÇ VE ÖNERİLER	39
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	43

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Tasarlanacak toplama robotu çenesinin ihtiyaç listesi.....	13
Çizelge 3.2. Toplama robotuna ait morfolojik kart.....	15
Çizelge 3.3. İlişkili kavramsal tasarım seçenekleri.....	15
Çizelge 3.4. Ek seçim işlemi için oluşturulmuş değerlendirme çizelgesi.....	20
Çizelge 3.5. Seçim 3 için maliyet tablosu.....	22
Çizelge 3.6. Seçim 5 için maliyet tablosu.....	22

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Toplama robotu çenesine ait fonksiyon şeması	14
Şekil 3.3. Ek seçim işlemi için oluşturulmuş amaçlar ağacı	19
Şekil 5.1. Toplama robotu kesim listesinden örnek bir bölüm	34
Şekil 5.2. Toplama robotu tedarik listesinden örnek bir bölüm.....	34



RESİMLERİN LİSTESİ

Resim	Sayfa
Resim 2.1. (a) Briket makinesi örneği, (b) Ponza madeni	3
Resim 2.2. (a) Beton parke makinesi örneği, (b) Çeşitli boyutlarda kumlar	3
Resim 2.3. Beton parke ve briket makinelerinde üretilen ürün örnekleri.....	4
Resim 2.4. Ekipmanların örnek bir tesis görünümü	5
Resim 2.5. Toplama robotları ile toplanarak katmerli bant üzerine istiflenen briketler	6
Resim 2.6. (a) Forklift çatal açma mekanizması, (b) Briket çevirme robotu.....	7
Resim 2.7. (a) Yatay şeritleme makinesi, (b) Streç sarma robotu	8
Resim 3.1. Beton parke ve briket makinelerinde kullanılan toplama robotunun bölümleri ..	9
Resim 3.2. Hidrolik ünite örneği.....	10
Resim 3.3. Pnömatik devre örneği	11
Resim 3.4. Toplama robotu kavramsal tasarım seçenekleri seçim 2	18
Resim 3.5. Toplama robotu kavramsal tasarım seçenekleri seçim 3	18
Resim 3.6. Toplama robotu kavramsal tasarım seçenekleri seçim 5	19
Resim 4.1. Toplama robotunun yan görünümü	23
Resim 4.2. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin izometrik görünümü.....	24
Resim 4.3. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin analiz için basitleştirilmiş görünümü ..	24
Resim 4.4. Toplama robotu araba yürüyüş şasesine verilen kuvvet noktaları.....	25
Resim 4.5. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin fiktür noktaları	25
Resim 4.6. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin mesh görünümü	26
Resim 4.7. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin von Mises analiz sonucu	26
Resim 4.8. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin yer değiştirme analiz sonucu.....	27
Resim 4.9. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin gerinim analiz sonucu.....	27

Resim**Sayfa**

Resim 4.10. Toplama robotu çenesinin izometrik görünümü.....	28
Resim 4.11. Toplama robotu sıkma çenesinin analiz için sadeleştirilmiş görünümü.....	28
Resim 4.12. Toplama robotu sıkma çenesine verilen kuvvet noktaları	29
Resim 4.13. Toplama robotu sıkma çenesinin fikstür noktaları	29
Resim 4.14. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin mesh görünümü	30
Resim 4.15. Toplama robotu sıkma çenesinin von Mises analiz sonucu.....	30
Resim 4.16. Toplama robotu sıkma çenesinin yer değiştirme analiz sonucu	31
Resim 4.17. Toplama robotu sıkma çenesinin gerinim analiz sonucu.....	31
Resim 5.1 Toplama robotu sac kesim listesinden örnek bir bölüm	33
Resim 5.2. Toplama robotu arabasının torna tezgâhında işlenmiş malzemeleri.....	35
Resim 5.3. Toplama robotunun çenesinin CNC tezgâhında işlenirken bir resmi.....	35
Resim 5.4. Toplama robotunun plazma ve lazer kesimden gelen saçların resimleri	36
Resim 5.5. Toplama robotunun talaşsız imalatından örnek resimler	36
Resim 5.6. Toplama robotunun kontrol sürecinden örnek resimler.....	37
Resim 5.7. Toplama robotunun boya sürecinden örnek resimler	38
Resim 5.8. Toplama robotunun boya sonrası montaj sürecinden örnek resimler	38

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Kısaltmalar

Açıklamalar

cm

Santimetre

dm³

Desimetreküp

lt

Litre

mm

Milimetre

m³

Metreküp

MPa

Megapascal

N

Newton

PLC

Programmable Logic Controller

1. GİRİŞ

İnsanların yaşam standartlarını iyileştirmek için gerekli ön koşullardan biri, makul derecede barınma ihtiyacının sağlanmasıdır. İnsanlık öncelikle siyaset, sanat ve din vb. gibi değerlerden önce temel olarak yemeli, barınmalı ve giyinmelidir. Bilim teknolojisi mühendisliğinde ve diğer alanlarda, son yıllarda yapılan tüm çığır açan gelişmeler, keşifler, yenilikler ve gelişmelerden sonra bile, insanlık hala esas ve ilk olarak yeme, giyinme ve sığınma gibi temel ihtiyaçlara muhtaçtır [1]. Barınma ve sığınma amaçlı ise ilk yıllarda mağaralar oyularak barınma ihtiyacı sağlanırken yerleşik hayata geçildikten sonra ise farklı malzeme ve kalıplar kullanılarak çeşitli bloklar üretilmiş ve barınaklar yapılmıştır. Son yıllarda ise artan nüfus, inşaat ve şehirleşmeyle beraber blok ve parke ihtiyacı artmış ve bu ürünlerin üretimi amacıyla ise Beton Parke Makineleri ve Briket Makinelerine ihtiyaç duyulmaya başlanmıştır. Beton Parke Makineleri ve Briket Makineleri dünyanın farklı bölgelerinde farklı standartlara göre briket ve parke taşları üretmek için kullanılan makinelerdir. Beton parke ve briket makineleri için şantiyeler ve üretim sahaları kullanım için uygundur. Bu makinelerin üretilmesinde ki en önemli amaç hızlı üretim yapmaktır. Ürünlerin standart ve uygun kalitede olması da önem arz etmektedir. Nakliye, iş gücü maliyetleri ve üretim hızı gibi faktörler göz önüne alındığında ürünleri üst üste istiflemek için toplama robotlarına ihtiyaç duyulmuştur. Bu tez çalışmasında ise mevcutta hidrolik sıkma çenelerine sahip olan toplama robotu yerine pnömatik sıkma çenelerine sahip toplama robotu tasarımı yapılmıştır. Tez çalışmasının geri kalan bölümleri ise şu şekilde derlenmiştir: Bu çalışmanın 2. bölümünde, beton parke ve briket makineleri ve bu makinelerde kullanılan hammaddeler hakkında bilgiler verilmiş ve ayrıca bu makinelerde üretilen ve toplama robotu tarafından toplanacak ürünler hakkında bilgiler verilmiştir. Ayrıca bu bölümde beton parke ve briket makinelerinde kullanılan ekipmanlar ele alınmıştır. Çalışmanın 3. bölümünde Pahl ve Beitz'in sistematik tasarım adımları izlenerek örnek bir toplama robotu tasarımı yapılarak örnek bir çalışma ortaya çıkarılmıştır. Çalışmanın 5. bölümünde ise tasarlanan toplama robotunun sonlu elemanlar analizi yapılmıştır. Çalışmanın 6. ve son bölümünde ise sonuç ve tartışmalara yer verilmiştir.

2. BETON PARKE VE BRİKET MAKİNELERİ

Şehirleşen ve modernleşen hayatımızın temel gereçlerinden biri olan briketlere ve çevre düzenlemesinde kullanılan beton parke taşlarına ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Briket makinelerinde hammadde olarak ponza madeni kullanılırken beton parke makinelerinde ise çeşitli boyutlarda kum kullanılmaktadır.

Beton parke makinelerinde ve briket makinelerinde arka grup denilen ve harcı hazırlamak için kullanılan çimento siloları, kum bunkerleri, helezonlar ve mikserler bulunur. Kısaca kum veya ponza, su ve çimento ile karıştırılarak harç hazırlanmaktadır. Briket ve parke makinelerinde hazırlanan harç “bunker” adı verilen haznelerde biriktirilir. Briket makinelerinde tek bunker varken parke makinelerinde ise çift bunker mevcuttur. Bunun sebebi parke makinelerinde üretilen taşların görsel olarak pürüzsüz gözükebilmesi için üst yüzeylerine ayrıca ince harç eklenerek preslenmesidir. Bu yüzden beton parke makinelerinde ince harcı biriktirmek için ayrı bir bunker bulunmaktadır.



Resim 2.1. (a) Briket makinesi örneği [2], (b) Ponza madeni [3]



Resim 2.2. (a) Beton parke makinesi örneği [4], (b) Çeşitli boyutlarda kumlar [5]

Briket makineleri genelde bir baskıda ürettikleri 20cm'lik briket adetine göre isimlendirilirler. Örneğin bir baskıda 20cm'lik briketten on iki adet üreten bir makine 12'li, bir baskıda 20cm'lik briketten on sekiz adet üreten bir makine 18'li briket makinesi olarak isimlendirilir [6]. Beton parke makineleri de briket makineleri gibi bir baskıda ürettikleri kilit parke taşı adetine göre isimlendirilirler. Örneğin bir baskıda 25 adet kilit parke taşı üreten bir makine 25'li, bir baskıda 36 adet kilit parke taşı üreten bir makine 36'lı, bir baskıda 42 kilit parke taşı üreten bir makine ise 42'li beton parke makinesi olarak isimlendirilir [6].

2.1. Briket ve Beton Parke Makinelerinde Üretilen Ürünler

Beton parke makineleri ve briket makinelerinde üretilen ürünler arasında bazı farklılıklar vardır. Beton parke makineleri kilit parke taşı, bordür, briket, bims, altıgen parke taşı ve oluk taşı gibi farklı desenli taşları üretebilen makineler iken briket makineleri ise bims, briket, asmolen gibi farklı ürünleri üretebilen makinelerdir. Bu makinelerde üretilen birçok parke taşının birbirini tamamlayarak ve birleştirilerek bir araya getirilmesi sonucunda hayatımızda belki de her gün sıklıkla gördüğümüz ve üzerinde yürüdüğümüz kaldırım taşları, kullandığımız yol ve kaldırım kenarlarında gördüğümüz bordürler, bina yapımında kullandığımız briketler bu makineler yardımı ile üretilirler. Toplama robotları sayesinde ise üst üste istiflenerek nakliye hazır hale gelirler.

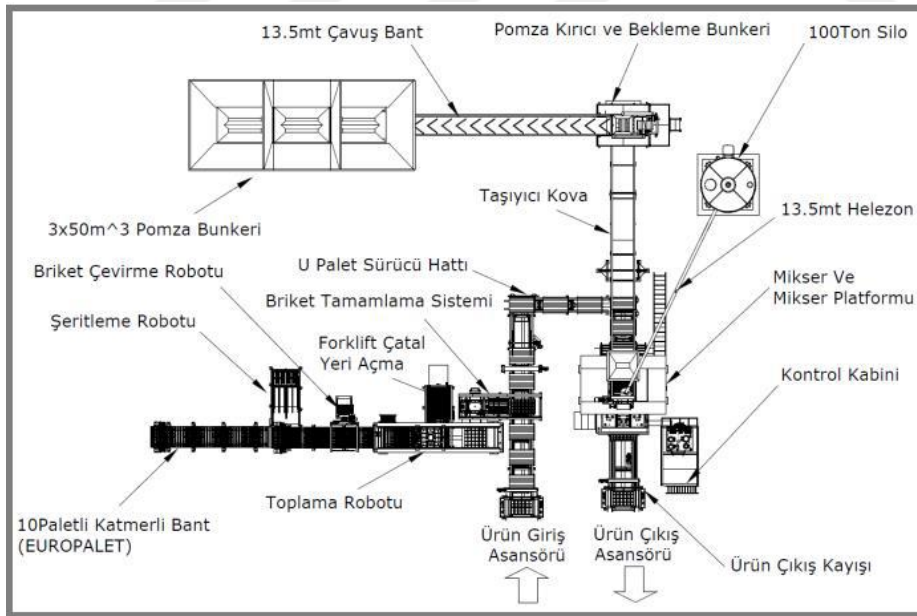


Resim 2.3. Beton parke ve briket makinelerinde üretilen ürün örnekleri

Beton parke ve briket makinelerinin en önemli yanı ise farklı kalıplarla istenilen ölçü ve şekilde taş ve parkeler üretilebilir. Bu taşları üretebilmek için sadece kalıp değişimi yapmak yeterlidir. Beton parke makinelerinde ortalama 40-400 mm aralığındaki tüm parke taşları, briketler, bordürler üretilebilirken, briket makinelerinde sadece farklı ölçülerde briket ve perlit üretilebilir. Bu makinelerin tasarımı ise bu bilgiler doğrultusunda yapılır.

2.2. Beton Parke Ve Briket Makinelerinde Kullanılan Ekipmanlar

Beton parke ve briket üretmek için beton parke ve briket makinelerinin beraberinde bazı ekipmanlara ihtiyaç vardır. Bu ekipmanlar müşteri taleplerine göre farklılık gösterebilmektedir. Beton parke ve briket makinelerinde ekipmanlar genelde harç hazırlık grubu ekipmanları ve makine grubu ekipmanları olarak 2 gruba ayrılır. Harç Hazırlık grubu ekipmanları hammadde halindeki ponzayı veya çeşitli ebatlardaki kumu harç haline getirmek için kullanılan ekipmanlardır. Makine grubu ekipmanları ise harç halinde makineye gelen malzemenin ürün olarak çıkışını sağlayan ve üretim sonrası sevkiyata hazır hale getirmek için kullanılan ekipmanların genel ismidir [6].



Resim 2.4. Ekipmanların örnek bir tesis görünümü

Beton parke ve briket makinelerinde briket veya taş üretmek için harca ihtiyaç vardır. Harcı oluşturmak için temel malzemeler ise hammadde, su ve çimentodur. Bu malzemeleri bir araya getirmek için ekipmanlar mevcuttur. Büyük boyutlarda olan ponza, ponza

bunkerinden tartım konveyörleri yardımıyla tartılarak konveyörler veya taşıyıcı kovalar yardımıyla önce kırıcıya gider. Burada kırılan ve küçük boyutlara getirilen ponza daha sonra mikse aktarılır. Çimento silolarından da helezon yardımıyla belirli oranda çimento tartılarak mikse aktarılır. Mikserde ponza, su ve çimento karıştırılarak harç elde edilir. Elde edilen harç Beton parke veya briket makinelerine aktarılır.

Beton parke veya briket makinelerinde harcı depolamak için bunkerler bulunur ve bu harcı kalıp üzerine taşıyan harç arabaları mevcuttur. Basitçe anlatmak gerekirse beton parke ve briket makinelerinde ürüne şekil veren bir kalıp vardır. Bu kalıbın içi harç arabaları yardımıyla doldurularak baskı ve vibrasyon kuvvetiyle harcın sıkıştırılma işlemi yapılarak tahta paletler üzerine briketler basılır. Makinede üretilen ve paletler üzerinde bulunan briketler ürün çıkış kayışı yardımıyla ürün çıkış asansörüne iletilerek burada üst üste istiflenir. Yaş olan briketler buradan forklift yardımıyla alınarak kurutulmak üzere uygun bir yere götürülür.

Kuruyan ürünler yine aynı şekilde tahta paletler ile beraber ürün giriş asansörlerine forklift yardımıyla koyulur. Palet iticiler yardımıyla üzerlerinde briket olan paletler belirli aralıklarla makineye giderken paletler üzerindeki briketler toplama robotları ile toplanarak katmerli bant üzerine veya Euro paletler üzerine üst üste istiflenir (Resim 2.5.).

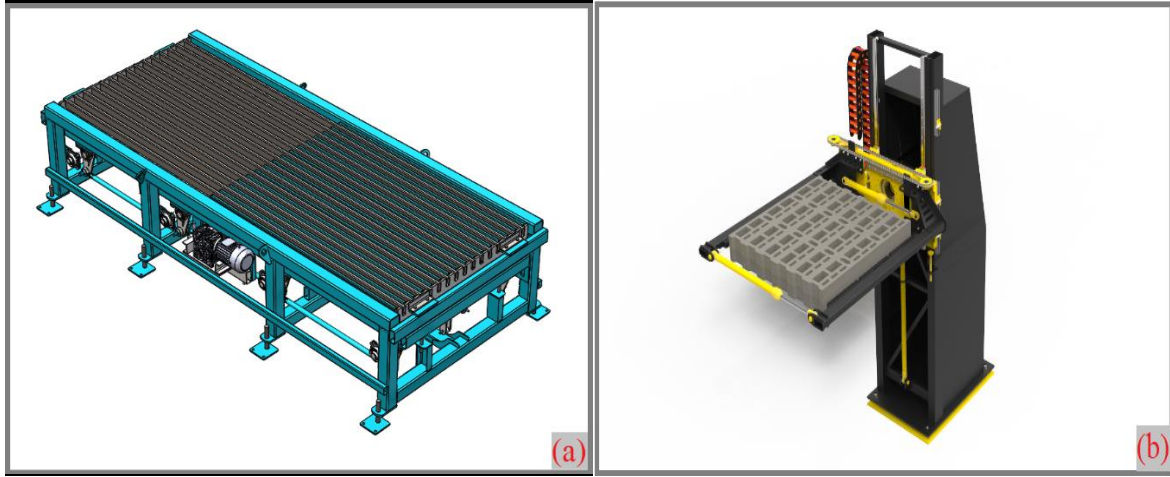


Resim 2.5. Toplama robotları ile toplanarak katmerli bant üzerine istiflenen briketler

Üst üste istiflenen briketleri nakliyyeye hazır hale getirmek için ekstra özel ekipmanlar bulunur. Bunlar forklift çatal açma mekanizması, briket çevirme robotu, şeritleme robot ve streç sarma robotudur. Bu özel ekipmanlar için kullanılan isimler ortak olmamakla beraber genel olarak bu şekilde adlandırılabilir. Benzer şekilde tasarım olarak ta farklılık gösterebilir ancak çalışma mantıkları ve yaptıkları işler aynıdır.

Forklift çatal açma mekanizması adından da anlaşılacağı üzere forkliftin üst üste istiflenmiş ürünleri Euro paletsiz bir şekilde kolay alabilmesi için tasarlanmıştır. Ürünleri toplarken bazı ürün aralarında boşluklar bırakarak forkliftin alabileceği şekilde düzenlenmesi işlemini yapan ekipmandır (Resim 2.6.(a)).

Briket çevirme robotları sadece briket makinelerinde kullanılan bir ekipmandır. Üst üste istiflenmiş briketler, Euro palet sürücü (sevkiyat konveyörü) üzerinde giderken en üst sırada yer alan briketleri ters çevirmeye yarayan ekipmandır. Bu işlem dikey şekilde şeritleme işlemi yapılan briketlerde en üst sıradaki briketlerin şeritleri yıpratmasından ve koparmasından kaynaklanmaktadır. Bunun için en üst sırada yer alan briketler ters yüz edilir (Resim 2.6.(b)).



Resim 2.6. (a) Forklift çatal açma mekanizması, (b) Briket çevirme robotu

Şeritleme robotu, Euro palet sürücü(sevkiyat konveyörü) üzerinde giden ürünlerin uygun pozisyonda durdurularak şeritlemek işlemi gerçekleştiren ekipmandır. Müşteri isteğine bağlı olarak yatay ve dikey şekilde şeritleme işlemi yapılmaktadır. Şeritleme makineleri otomatik paketlenmeye yöneliktir (Resim 2.7.(a)).

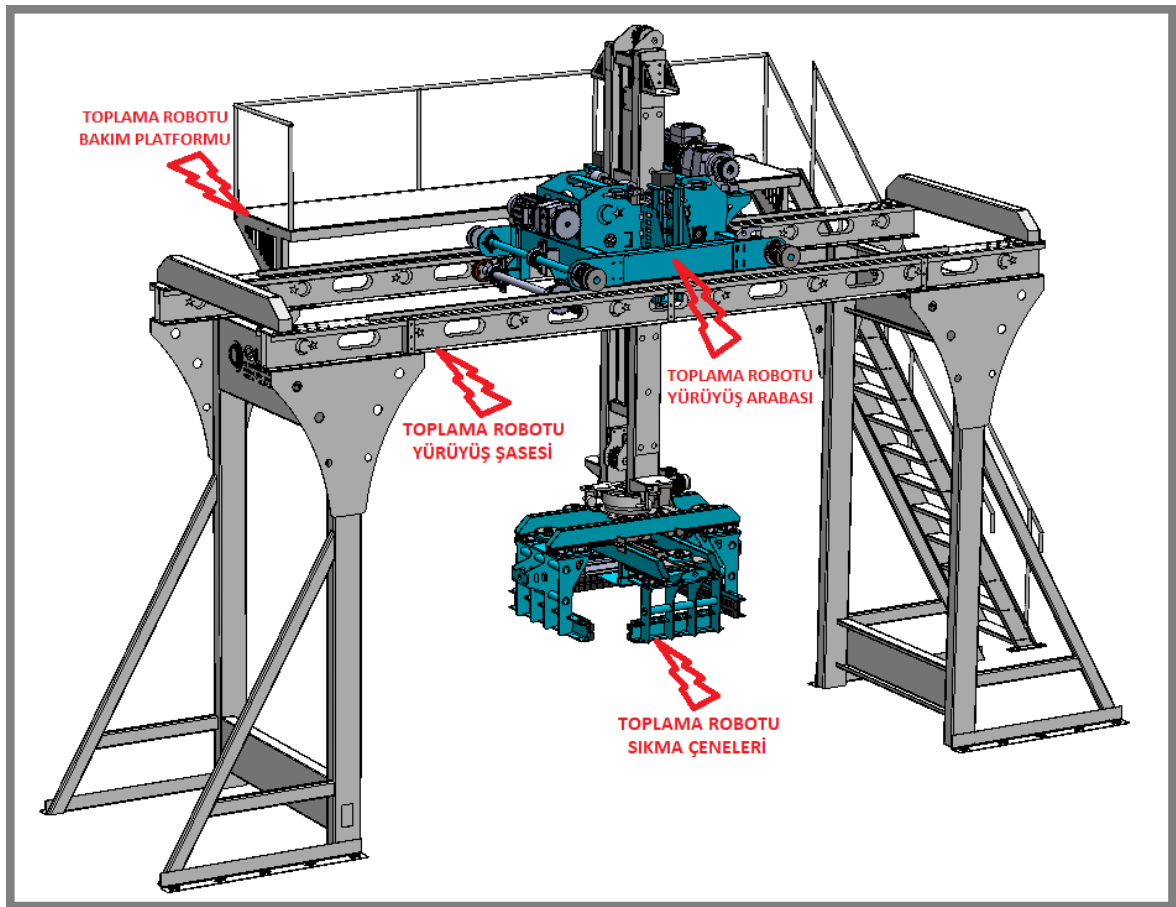
Streç sarma robotu, toplama robotu ile istiflenmiş ürünlerin Euro palet sürücü (sevkiyat konveyörü) üzerinde giderken istiflenmiş ürünlerin uygun pozisyonda durdurularak ürünlerin dağılmasını ve bozulmasını engellemek için yapılan bir uygulamadır. Streç sarma robotları da şeritleme robotları gibi otomatik paketlenmeye yöneliktir (Resim 2.7.(b)).



Resim 2.7. (a) Yatay şeritleme makinesi [7], (b) Streç sarma robotu [8]

3. BRİKET MAKİNELERİ ELEKTROMEKANİK VE PNÖMATİK TOPLAMA ROBOTU TASARIMI VE MALİYET ANALİZİ

Briket ve parke makinelerinde kullanılan toplama robotları bir şase üzerinde ileri-geri ve yukarı-aşağı yönde çalışan robotlardır. Ayrıca sıkma çeneleri yardımıyla taşı veya briketleri dört taraftan ürünü bozmadan tutarak kaldırır ve Euro paletlerin üzerine üst üste istifleme yapılmasını sağlar. Aşağıda briket ve parke makinelerinde kullanılan örnek bir toplama robotunun bölümleri belirtilmiştir [6].



Resim 3.1. Beton parke ve briket makinelerinde kullanılan toplama robotunun bölümleri

Mekanik tasarım ve projelerde enerji iletiminde genel olarak hidrolik, pnömatik, elektrik ve elektronik sistemler kullanılmaktadır. Bu sistemlerin uygulama alanına göre avantaj ve dezavantajları vardır. Hidrolik ve pnömatik sistemler genel olarak robot teknolojisinde, tarım ve hayvancılıkta, elektronik sanayinde, madencilik sanayinde ve benzeri birçok alanda yaygın olarak kullanılmaktadır.

Daha önce kullanılan toplama robotlarında daha çok hidrolik olarak tasarlanan robotlar mevcuttur. Bu çalışmada ise tasarımı yapılan toplama robotunda hidrolik sistemler yerine pnömatik sistemler kullanılmıştır. Bu bölümde ise hidrolik ve pnömatik sistemler kısaca özetlenmiş ayrıca aralarında karşılaştırmalar yapılarak genel bilgilere yer verilmiştir.

Birçok mühendislik uygulamasında hidrolik sistemler kullanılırlar. Hidrolik sistemlerde hidrolik pompalar elektrik motorları tarafından tahrik edilerek akışkanlara belirli basınç ve debi kazandırılarak kuvvet ve hareket iletimi elde edilen sistemlerdir. Elektrik enerjisi hidrolik sistemler sayesinde açısall, doğrusal ve dairesel harekete çevrilir. Hidrolik sistemlerde çok büyük kuvvetler elde edilebilmektedir. Kuvvet daha dengeli ve daha kademesiz şekilde iletilebilmektedir. Ayrıca istenen hassasiyette pozisyonlama yapılabilmektedir [9].

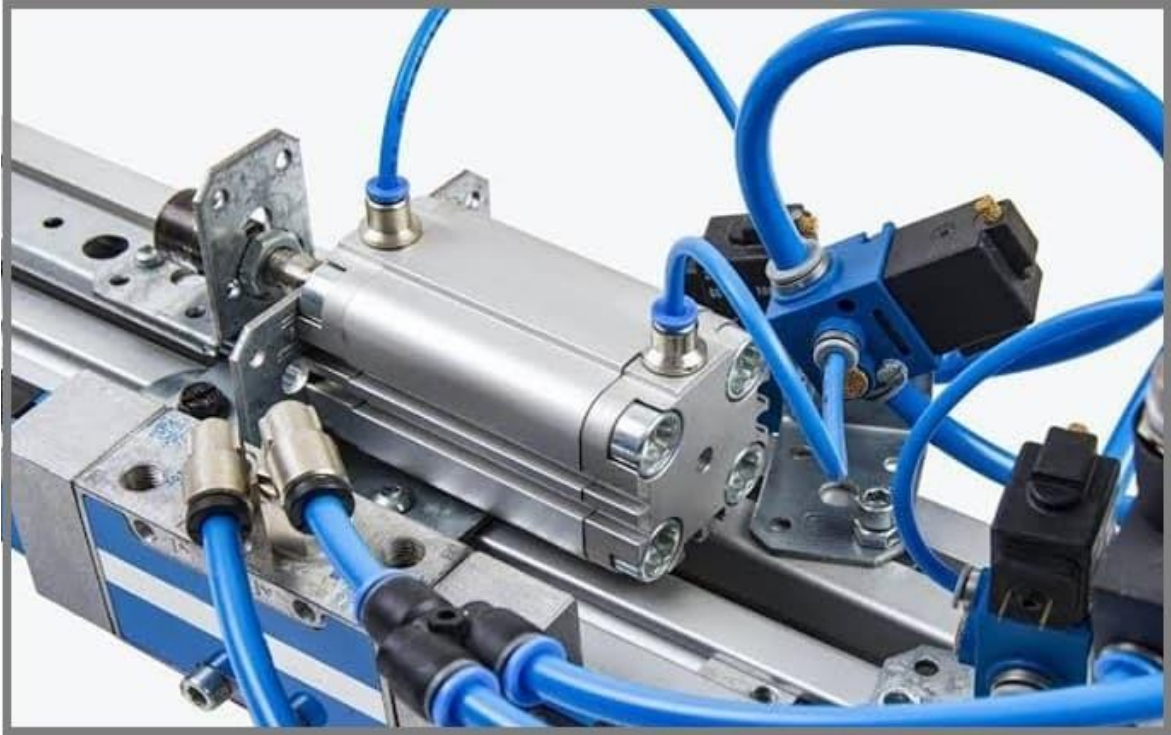


Resim 3.2. Hidrolik ünite örneği [10]

Pnömatik sistemlerde hidrolik sistemler gibi birçok mühendislik uygulamalarında kullanılırlar. Pnömatik sistemler kompresör yardımıyla havaya belirli basınçlar kazandırılarak kuvvet ve hareket iletimi elde edilen sistemlerdir. Elektrik enerjisi pnömatik sistemlerde de hidrolik sistemlerde olduğu gibi açısall, doğrusal ve dairesel harekete çevrilir. Pnömatik sistemler hızlıdır fakat yüksek basınçlara çıkılamadığı için pnömatik sistemlerde küçük kuvvetler elde edilmektedir. Pnömatik sistemler hava ile çalıştığı için

ekstra bir kaynağa ihtiyaç yoktur. Gıda, ilaç ve kimya sanayinde birçok uygulamada yaygın olarak pnömatik sistemler kullanılmaktadır [9].

Pnömatik sistemlerde düşük basınçlarda çalışılır büyük kuvvetler elde edilmez fakat temizlik, kolay kurulum, güvenlik, hızlı çalışma gibi özellikler göz önünde bulundurulduğunda tercih edilebilir sistemlerdir. Ayrıca maliyet pnömatik sistemlerin en önemli avantajıdır. Endüstri 4.0 uygulamalarında da pnömatik sistemler temizlik ve hijyen istenen noktalarda, kontrol edilebilir ve izlenebilir teknolojilerle beraber hidrolik sistemlerin yerine daha çok tercih edilecektir [11].



Resim 3.3. Pnömatik devre örneği [12]

Pnömatik sistemler küçük kuvvet istenen yerlerde, hidrolik sistemler ise büyük kuvvet istenen yerlerde kullanılır. Pnömatik sistemler hızlıdır hidrolik sistemler daha yavaştır. Pnömatik sistemlerde arıza tespiti ve arızanın bakımı daha kolay, hidrolik sistemlerde arıza tespiti ve arızanın bakımı zordur. Pnömatik sistemlerde havanın neminin kurutulması ve yağlanması gerekirken, hidrolik sistemde yağlamaya ihtiyaç yoktur. Pnömatik sistemler hidrolik sistemlere göre sıcaklıktan daha az etkilenirler. Hidrolik sistemlerde tankta ki yağda ısınma meydana gelir. Pnömatik sistemler daha temiz ve hijyen gerektiren ortamlarda kullanılırlar.

Bu bilgiler doğrultusunda toplama robotu tasarımı yapılırken her bir bölüm için kavramsal tasarım adımları takip edilmiştir ancak bu bölümde toplama robotunun en önemli bölümü olan sıkma çenelerinin kavramsal tasarımı ele alınacaktır. Toplama robotu ve çene tasarımı SolidWorks programı kullanılarak yapılmıştır.

3.1. Toplama Robotu Tasarımı İçin Uygulanan Kavramsal Tasarım Aşamaları

Beton parke ve briket makineleri ile birlikte kullanılan toplama robotu tasarımı için kavramsal tasarım aşamaları oluşturulmuştur. Bu aşamaları;

- İhtiyaç listesi
- Fonksiyon şeması
- Alt ve genel tasarımlar
- Ön değerlendirme
- Önemli tasarımlar
- Ek seçim işlemleri
- Nihai karar olarak sıralayabiliriz.

Yukarıda sıralamış olduğumuz bu aşamalar toplama robotu çenesi için ayrı ayrı yapılacaktır.

3.1.1. Toplama robotu ihtiyaç listesi

Pahl ve Beitz'in kavramsal tasarım işleminde öncelikli olarak talep edilen istekler belirlenir ve işaretlenir. Toplama robotu sıkma çenelerinin tasarımı Çizelge 3.1'deki gibi ihtiyaç listesi oluşturulmuştur. Oluşturulan bu listede ki bazı istekler şunlardır;

- Çene açılım ölçüleri makinede basılan farklı ürünleri toplayacak şekilde olmalı,
- Sıkma takozları sıkıştırma işlemi esnasında ürünleri bırakmamalı ve ürünlere zarar vermemeli,
- Operatöre ve etraftaki canlılara zarar vermeyecek şekilde güvenli çalışmalı,
- Karşılıklı çenelerin eşit şekilde kapanabilmesi için dengeleme sistemine sahip olmalı,
- Tamir ve bakımı kolay olmalı,

- Çenenin çalışması otomatik veya manuel olarak ayarlanabilir olmalı,
- Toplama robotu çenesinin bakım maliyeti minimum düzeyde olmalıdır.

İhtiyaç listesinde (İ) ile gösterilen istekler tasarım yapılırken mutlaka olması gereken özellikler gösterirken (A) ile gösterilen arzular ise şartlar ve imkânlar olduğu sürece karşılanması gereken özellikler göstermektedir [13-15].

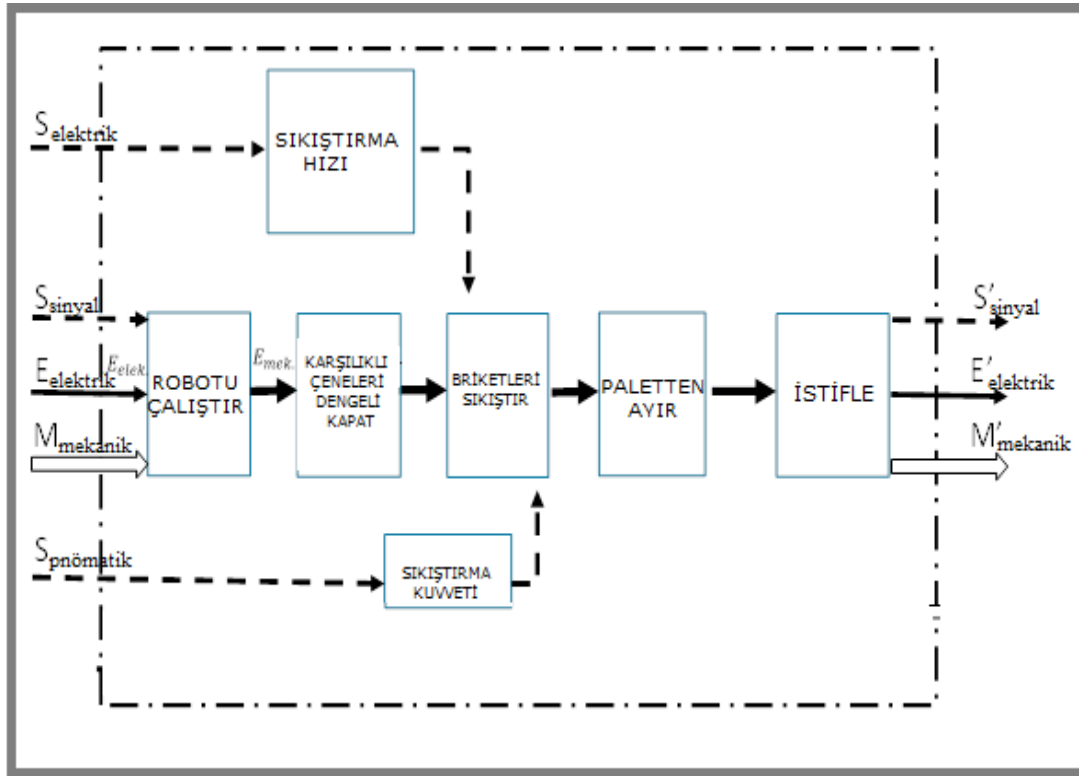
Çizelge 3.1. Tasarlanacak toplama robotu çenesinin ihtiyaç listesi

Sıra No	İstenilen İstekler veya Arzular
1	(A)Çene mümkün olduğunca hafif olsun.
2	(İ) Çene iki eksen ve karşılıklı çeneler dengeli bir şekilde kapansın.
3	(A)Çene olabildiğince az enerji tüketsin.
4	(İ) Çene uzun ömürlü olsun. Bu süreçte kullanım performansını korusun.
5	(A)Çene 360 derece dönebilsin.
6	(İ) Çene ürünü bırakmayacak ve ürünü bozmayacak kadar kuvvetli olsun.
7	(A) Çene sıkıştırma işlemi esnasında sessiz çalışsın.
8	(İ)Çenenin çalışması otomatik ve manuel olarak ayarlanabilsin.
9	(İ) Çene farklı ürünleri saksın ve toplayabilsin.
10	(İ)Çalışma kimseye zarar vermesin.
11	(İ) Üretimde ve şantiyede parçalar kolay temin edilsin.
12	(İ)Seri üretime ve bakıma uygun olsun.
13	(İ)Çene maliyeti minimum düzeyde olsun.
14	(A)Acil durum butonu ile sistem durdurulabilsin.

3.1.2. Toplama robotunun fonksiyon şeması

Fonksiyon sistemlerde girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkilerdir [13]. Sistemin kendisi tüm kabul edilir ve sistemi oluşturan bölümler alt fonksiyonlara ayrılır. Briketleri istenen şekil ve boyutta sıkarak üst üste istiflemek tüm fonksiyondur. Tüm fonksiyonu oluşturmak için:

“Robotu çalıştır, çeneleri dengeli şekilde kapat, briketleri sıkıştır, sıkıştırılan briketi kaldır, üst üste istifle” gibi alt fonksiyonlar oluşturulmuştur. Çizelge 3.1’de oluşturulan ihtiyaç listesi toplama robotu çenesi için fonksiyon şeması Şekil 3.1.’deki gibi oluşturulmuştur. Bu şemalar farklı şekillerde oluşturulabilir ancak aşağıda yalnızca biri gösterilmiştir. Oluşturulan fonksiyon şeması ve alt fonksiyonlar geçilecek olan aşamada alt ve genel tasarımların oluşturulmasında tercih edilecektir.



Şekil 3.1. Toplama robotu çenesine ait fonksiyon şeması

3.1.3. Toplama robotu alt ve genel tasarımları

Şekil 3.1.’de oluşturulan fonksiyon şeması, toplama robotu çenesini işlevsel olarak alt fonksiyonlara ayırmaktadır. Bu şemada fonksiyonlar arası ilişkiler ve veri akışları E, S ve M harfleriyle gösterilmektedir. Çizelge 3.2.’de oluşturulan matriste alt fonksiyonlar ve bu fonksiyonların ideal çözümleri matrisin hizalarına gelecek şekilde bir çizelge elde edilmiştir. Bunlar; çalıştırma şekli, dengeleme sistemi, mekanik yataklama işlemi, sıkıştırma işleminin tahrik edilmesi, ürünleri üst üste istiflemek için kaldırma işleminin tahrik sistemi şeklinde sıralanmıştır. Sonrasında ise bu fonksiyonlara uygun çözümler yan kısımdaki bölümde gösterilmiştir [13-15].

Çizelge 3.2. Toplama robotuna ait morfolojik kart

ALT FONKSİYONLAR/ ÇÖZÜM İLKELERİ		Çözüm 1	Çözüm 2	Çözüm 3	Çözüm 4
1	Çalıştırma Şekli	Manuel Kontrol	Otomatik Kontrol		
2	Dengeleme Sistemi	Kramayer-Dişli	Zincir-Dişli		
3	Yataklama Sistemi	Makara Destekli Sistem (Npu-Tekerlek)	Kırlangıç Kuyruğu Geçme (Lineer Kızak)	Kılavuz İçinde Çubuk (Bronz-Mil)	Kılavuz İçinde Çubuk (Fiber-Mil)
4	Sıkıştırma Tahrik Sistemi	Pnömatik Sistem	Hidrolik Sistem	Elektrik Motoru	Servo Motor
5	Kaldırma Tahrik Sistemi	Pnömatik Sistem	Hidrolik Sistem	Elektrik Motoru	Servo Motor

Çizelge 3.3. İlişkili kavramsal tasarım seçenekleri

ALT FONKSİYONLAR/ ÇÖZÜM İLKELERİ		Çözüm 1	Çözüm 2	Çözüm 3	Çözüm 4
1	Çalıştırma Şekli	Manuel Kontrol	Otomatik Kontrol		
2	Dengeleme Sistemi	Kramayer-Dişli	Zincir-Dişli		
3	Yataklama Sistemi	Makara Destekli Sistem (Npu-Tekerlek)	Kırlangıç Kuyruğu Geçme (Lineer Kızak)	Kılavuz İçinde Çubuk (Bronz-Mil)	Kılavuz İçinde Çubuk (Fiber-Mil)
4	Sıkıştırma Tahrik Sistemi	Pnömatik Sistem	Hidrolik Sistem	Elektrik Motoru	Servo Motor
5	Kaldırma Tahrik Sistemi	Pnömatik Sistem	Hidrolik Sistem	Elektrik Motoru	Servo Motor

➤ Seçim 1: 1.1-2.2- 3.1-4.2-5.2

➤ Seçim 2: 1.2-2.1-3.3-4.2-5.4

➤ Seçim 3: 1.2-2.2-3.2-4.2-5.2

➤ Seçim 4: 1.1-2.1-3.3-4.3-5.3

➤ Seçim 5: 1.2-2.2-3.2-4.1-5.3

Yukarı da oluşturulan çözümler arasında tercihler oluşturularak $2 \times 2 \times 4 \times 4 \times 4 = 256$ farklı çözüm elde edilebilmektedir. Fakat tasarıma ait mantıklı seçimler yapılmıştır. Örneğin bazı seçimlerin maliyet, malzemeye kolay ulaşılabilirlik gibi bazı özellikleri göz önüne alındığında ileride yapılacak olan puanlamaları zaten düşük olacağından elle tutulabilir ve mantıklı olarak 5 farklı çözüm üretilmiştir (Çizelge 3.3.).

3.1.4. Toplama robotu tasarımı için ön değerlendirme

Çizelge 3.3.'de oluşturulan seçimlerin sayısını azaltabilmek için ön değerlendirme işlemi yapmak gerekir. Bunun için uygun bir seçim kartı oluşturulmuştur (Şekil 3.2.). Bu aşamada; uyumluluk, ihtiyaçları karşılayabilme özelliği, gerçekleştirilebilir olması, uygun maliyetli olması, kullanıcı için emniyetli olması, tasarım şirketi tarafından tercih edilebilir olması ve yeterli bilgi gibi bazı kriterler seçilen tasarım seçeneklerine ayrı ayrı uygulanır ve bazı sembollerle ifade edilir. Bu semboller ise (+): Evet, (-): Hayır, (?): Bilgi yetersiz, (!): Tanımı kontrol et şeklinde sembolleştirilmiştir. Bu işlem sonucunda son satırda nihai karara varılır. Şekil 3.2. 'de görüldüğü üzere (-) ve (?) bilgi yetersizliği gibi sebeplerden dolayı Seçim 1 ve Seçim 4 elenmiştir. Örneğin Seçim 4'de manuel kontrol seçilmiş bu seçim otomatik kontrole uygun olmadığı için üretim hızı ve bireysel hatalar vs. göz önünde bulundurulduğunda seri üretime uygun değildir. Bu gibi sebeplerden dolayı seçimler azaltılmış ve Seçim 2, Seçim 3 ve Seçim 5 kayda değer tasarımlar olarak uygun görülmüştür. Ön değerlendirme işlemi tasarım yaparken seçim sayısını azaltmamızı sağlamıştır [13-15].

Şekil 3.1.'de oluşturulan fonksiyon şeması, toplama robotu çenesini işlevsel olarak alt fonksiyonlara ayırmaktadır. Bu şemada fonksiyonlar arası ilişkiler ve veri akışları E, S ve M harfleriyle gösterilmektedir. Çizelge 3.2.' de oluşturulan matriste alt fonksiyonlar ve bu fonksiyonların ideal çözümleri matrisin hizalarına gelecek şekilde bir çizelge elde edilmiştir. Bunlar; çalıştırma şekli, dengeleme sistemi, mekanik yataklama işlemi, sıkıştırma işleminin tahrik edilmesi, ürünleri üst üste istiflemek için kaldırma işleminin tahrik sistemi şeklinde sıralanmıştır. Sonrasında ise bu fonksiyonlara uygun çözümler yan kısımdaki bölümde gösterilmiştir [13-15]. Fonksiyon sistemlerde girdiler ve çıktılar arasındaki ilişkilerdir [13]. Sistemin kendisi tüm kabul edilir ve sistemi oluşturan bölümler alt fonksiyonlara ayrılır. Briketleri istenen şekil ve boyutta sıkarak üst üste istiflemek tüm fonksiyondur. Tüm fonksiyonu oluşturmak için: “Robotu çalıştır, çeneleri dengeli şekilde kapat, briketleri sıkıştır, sıkıştırılan briketi kaldır, üst üste istifle” gibi alt fonksiyonlar oluşturulmuştur. Çizelge 3.1'de oluşturulan ihtiyaç listesi toplama robotu çenesi için fonksiyon şeması Şekil 3.1.' deki gibi oluşturulmuştur. Bu şemalar farklı şekillerde oluşturulabilir ancak aşağıda yalnızca biri gösterilmiştir. Oluşturulan fonksiyon şeması ve alt fonksiyonlar geçilecek olan aşamada alt ve genel tasarımların oluşturulmasında tercih edilecektir.

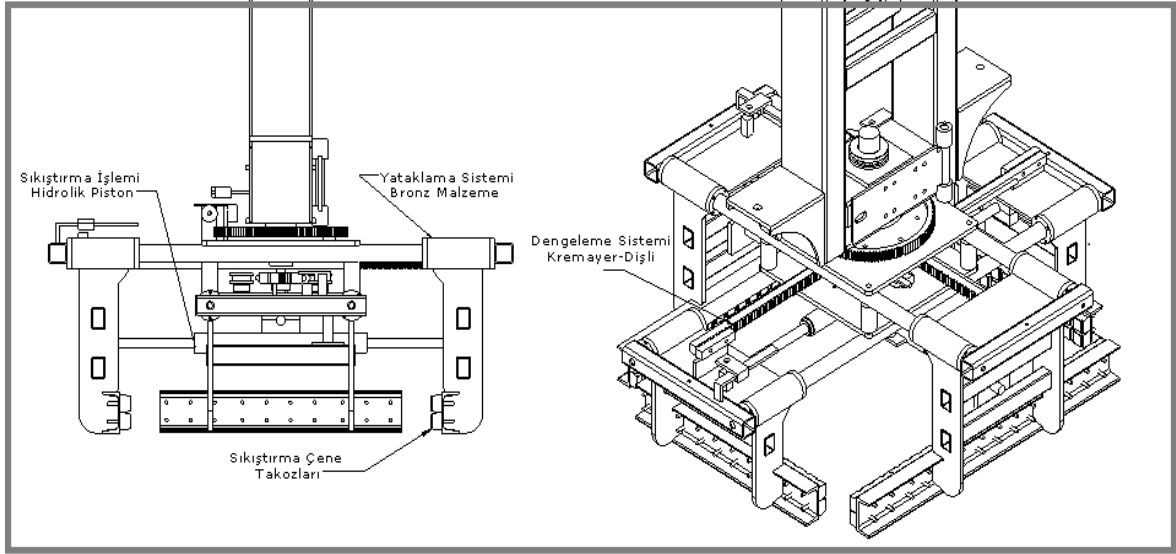
SEÇİM KARTI										
Çözüm varyantlarını gir	Çözüm seçeneklerini değerlendirilir								KARAR	
	(+) Evet (-) Hayır (?) Bilgi yetersiz (!) Tanımı kontrol et								Çözüm seçeneklerini işaretle	
	Tüm işlemlerle uyumlu								(+) Çözümü sürdür	
	Şartname isteklerini karşıla								(-) Çözümü elimine et	
	Üretilebilirlik								(?) Bilgi topla çözümü tekrar değerlendir	
	Müsaade edilebilir maliyet									
ÇÖZÜMLER	Emniyet şartlarını doğrudan karşılar									
	Kolay tasarım									
	Yeterli bilgi									
	İşaretler (niyetler, sebepler)									
									Karar	
S1	1	+	+	?	?	?	-	-	Hedeflenen işi tam olarak yapamıyor	-
S2	2	+	+	?	-	+	+	?	Geleneksel üretime uygun	+
S3	3	+	+	+	?	+	+	+	Bakım Zorlukları Var	+
S4	4	+	+	?	?	-	-	?	Otomatik Kontrole Uygun Değil	-
S5	5	+	+	+	+	+	+	?	Üretilebilir	+

Şekil 3.2. Toplama robotu çenesinin kavramsal tasarım ön değerlendirilmesi

3.1.5. Toplama robotu için önemli tasarımlar

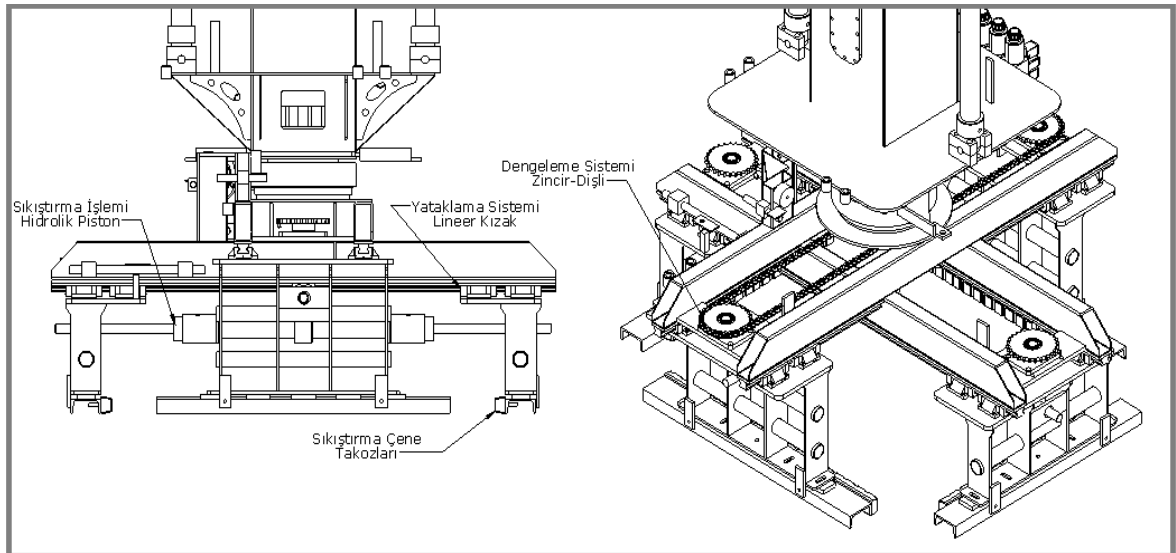
Kavramsal tasarım seçenekleri arasından ön değerlendirme sonrası seçimler azaltılmış ve seçim kartından önemli tasarımlar belirlenmiştir. Belirlenen önemli tasarım seçenekleri SolidWorks programında üç boyutlu olarak tasarlanmış ve aşağıda resimlerle gösterilmiştir.

Önemli tasarım olarak değerlendirilen Seçim 2’de, çalıştırma şekli otomatik kontrol, çene dengeleme sistemi kremayer dişli, yataklama sistemi kılavuz içinde çubuk (bronz-mil), briketleri sıkıştırma işleminde hidrolik piston ve kaldırma işlemi için ise servo motor seçilmiştir. Bu çözüm Resim 3.4.’de gösterilmiştir.



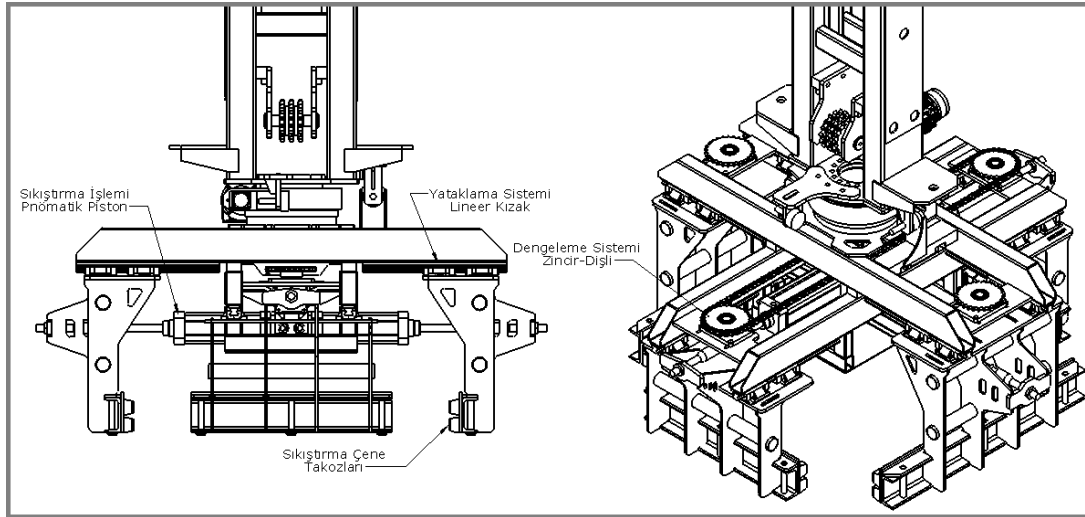
Resim 3.4. Toplama robotu kavramsal tasarım seçenekleri seçim 2

Önemli tasarım olarak değerlendirilen bir diğer seçim olan Seçim 3’de, çalıştırma şekli otomatik kontrol, çene dengeleme sistemi zincir dişli, yataklama sistemi olarak kırılmaç kuyruğu geçme (lineer kızak), briketleri sıkıştırma işleminde pnömatik piston ve kaldırma işlemi için ise hidrolik piston seçilmiştir. Bu çözüm Resim 3.5.’de gösterilmiştir.



Resim 3.5. Toplama robotu kavramsal tasarım seçenekleri seçim 3

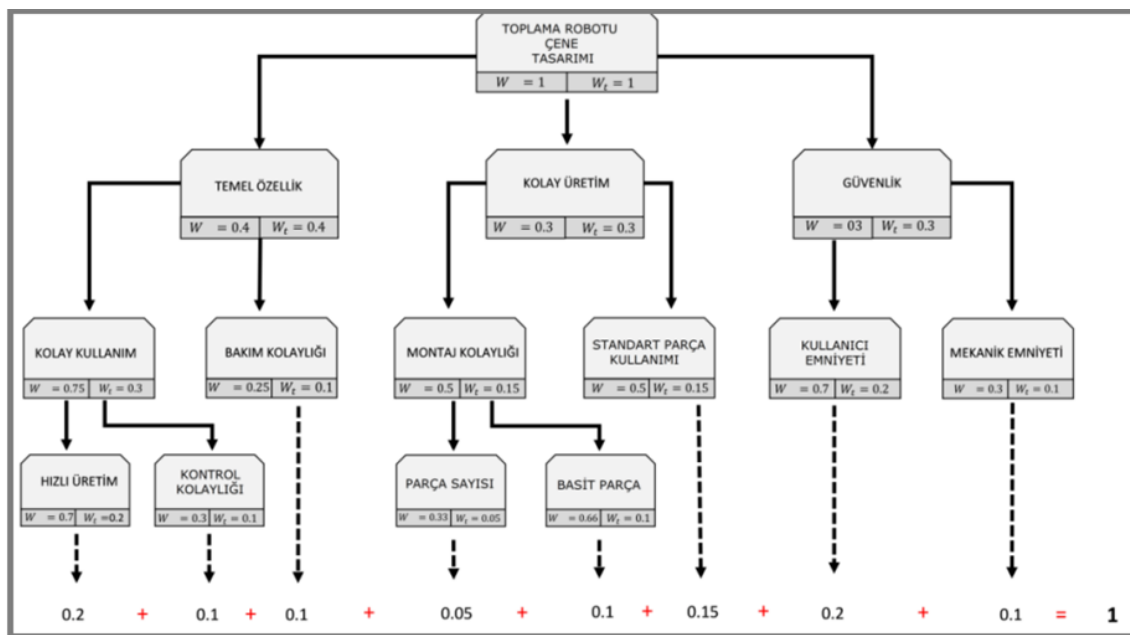
Önemli tasarım olarak değerlendirilen bir diğer seçim olan Seçim 5’de, çalıştırma şekli otomatik kontrol, çene dengeleme sistemi zincir dişli, yataklama sistemi kırılmaç kuyruğu geçme (lineer kızak), briketleri sıkıştırma işleminde pnömatik piston ve kaldırma işlemi için ise elektrik motoru şeklindedir. Bu çözüm Resim 3.6.’de gösterilmiştir.



Resim 3.6. Toplama robotu kavramsal tasarım seçenekleri seçim 5

3.1.6. Toplama robotu ek seçim işlemleri

Bu aşamada ön değerlendirme sonucu azaltılan 3 seçenek daha ayrıntılı şekilde incelenmiş ve kalan seçenekler arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Bazı önemli kriterlere önemlerinde ki önceliklerine uygun yüzdelik puanlar verilerek toplam puan 1 olacak şekilde amaçlar ağacı oluşturulmuştur. Örneğin bakım kolaylığı ve basit parçaların önemi 0.1 iken, günümüzde gün geçtikçe önemi artan hızlı üretim ve kullanıcı emniyetinin puanı 0.2 'dir [13-15].



Şekil 3.3. Ek seçim işlemi için oluşturulmuş amaçlar ağacı

Oluşturulan amaçlar ağacında belirlenen bu kriterler ve yüzdelik puanları değerlendirilerek çizelge şekline getirilmiştir. Bu değerlendirme çizelgesinde de kriterler önce teknik parametrelere dönüştürülmüş ve parametrelere bazı puanlar atanmıştır. Bu doğrultuda kalan 3 seçeneğe uygun puanlar verilmiştir. Puanlama olarak 5 ve altı puanın durumu az, 6 ve 7 puanın durumu orta, 8,9 ve 10 puanın durumu ise fazla olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 3.4. Ek seçim işlemi için oluşturulmuş değerlendirme çizelgesi

Değerlendirme çizelgesi				Seçenek 2			Seçenek 3			Seçenek 5		
Kriter		W	Parametre	Durum	Puan	Ağırlık Puanı	Durum	Puan	Ağırlık Puanı	Durum	Puan	Ağırlık Puanı
1	Hızlı Üretim	0,2	İstiflenen Briket Adeti	Az	5	1	Az	5	1	Fazla	9	1,8
2	Kontrol Kolaylığı	0,1	Kolay kullanım	Az	5	0,5	Orta	7	0,7	Orta	7	0,7
3	Bakım Kolaylığı	0,1	Sistem Düzeni	Az	4	0,4	Orta	6	0,6	Fazla	9	0,9
4	Parça Sayısı	0,05	Parça Sayısı	Fazla	8	0,4	Fazla	9	0,45	Orta	7	0,35
5	Parçaların Basitliği	0,1	Sistem Karmaşası	Orta	6	0,6	Orta	7	0,7	Fazla	8	0,8
6	Parçalarda Standart Kullanım	0,15	Hızlı Üretim	Orta	6	0,9	Az	5	0,75	Fazla	8	1,2
7	Kullanıcı Emniyeti	0,2	Güvenilirlik	Fazla	8	1,6	Orta	6	1,2	Fazla	8	1,6
8	Mekanik Emniyet	0,1	Emniyet	Fazla	8	0,8	Fazla	9	0,9	Fazla	8	0,8
ΣWt=1				Σd2=50 ΣAd2=6,2			Σd3=54 ΣAd3=6,3			Σd5=64 ΣAd5=8,15		

Çizelge 3.4.'de kalan üç farklı seçeneğe kriterlere uygun bazı puanlar verilmiştir. Verilen puanlara bakıldığında seçim 5 ve seçim 3'ün seçim 2'den daha fazla puan aldığı yukarıda çizelgeden de görülmektedir. Bu değerlendirme sonrası tasarım seçeneğimiz ikiye indirilmiştir. Bundan sonraki aşamada yapılması gereken işlem, 2 seçim arasında değer profil diyagramının hazırlanması ve bu doğrultuda karar verilmesidir. Fakat seçenekler arası değer birbirlerine çok yakın olmadığı ayrıca değer profil diyagramına ihtiyaç bulunmamaktadır. Bu nedenle kavramsal tasarım işlemi yapılan puanlamaya göre yapılmış ve toplama robotu tasarımı olarak seçim 5'e karar verilmiştir. Ayrıca bu iki seçenek arasında maliyet karşılaştırılması yapılmıştır.

3.1.7. Toplama robotu tasarımı için maliyet karşılaştırılması

Maliyet analizi tasarlanacak toplama robotu için yukarıda ki aşamalar sırasıyla takip edilmiş ve sona iki seçenek kalmıştır. Kalan son iki seçenek arasında değerlendirme çizelgesi sonucu

çizelgesi sonucu nihai tasarım kararına varılmış ve yapılacak toplama robotu tasarımı için seçim 5'e karar verilmiştir. Yapılan değerlendirme tasarıma başlamak için yeterlidir fakat uygulanan maliyet analiziyle seçilen tasarımın ideal tasarım olduğu ayrıca desteklenmiştir.

Seçim 3 ve seçim 5'te otomatik kontrol, dengeleme sistemi için zincir dişli, yataklama sistemi için kırılmaç kuyruğu geçme (lineer kızak) aynıdır. Seçim 3'te toplama robotunun çene tasarımında ürünü sıkma işlemi için gerekli tahrik sistemi olarak hidrolik pistonlar tercih edilmiştir. Yine benzer şekilde toplama robotu çenesinin yukarı aşağı yöndeki hareketini sağlayacak olan tahrik sistemi içinde hidrolik piston tercih edilmiş ve buna uygun şekilde tasarlanmıştır. Seçim 5'te ise toplama robotunun çene tasarımında ürünü sıkma işlemi için tahrik sistemi olarak pnömatik pistonlar tercih edilmiştir. Toplama robotu çenesinin yukarı aşağı yöndeki hareketini sağlayacak olan tahrik sistemi için ise elektrik motoru tercih edilmiştir.

Bu iki seçenek arasında maliyet analizi karşılaştırılması yapılmıştır. Yapılan maliyet analizinde sadece iki seçim arasında farklı olan ürünü sıkıştırmak için çene tahrik sistemi ve çenenin yukarı aşağı hareketinin tahrik sistemi karşılaştırılacaktır. Tahrik elemanlarının bağlantı şekilleri vs. dikkate alınmamıştır.

Seçim 3 için toplama robotunun çene tasarımında ürünü sıkma işlemi için brikete zarar vermeyecek şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Toplanacak farklı ölçülerdeki ürünlerde göz önünde bulundurularak tasarım için Ø50 çapında boru Ø35 çapında mil 400(200+200) mm stroklu çift milli 2 adet hidrolik pistonun yeterli olacağına karar verilmiş ve bu doğrultuda çene tasarımı uygun şekilde yapılmıştır. Toplama robotu çenesinin yukarı aşağı hareketi için ise çenenin kendi ağırlığı ve toplanacak ürünlerin ağırlıkları da göz önünde bulundurularak hesaplar yapılmış, üst üste istiflenecek ürün adeti dikkate alınarak 1400 mm stroklu, emniyet katsayısı ile beraber yaklaşık 1500 kg'lık bir yükü istenen zamanda ve hızda kaldırabilmek için Ø50 boru Ø35 mil olan 2 adet hidrolik piston ve hidrolik pistonlar için ekstra hız ve kuvvet ayarları yapılabilecek şekilde hidrolik ünite gereklidir. Yani seçim 3 için toplamda 2 adet Ø50/Ø35-400(200+200) mm stroklu çift milli hidrolik piston, 2 adet Ø50/Ø35-1400 mm stroklu hidrolik piston ve bu pistonları tahrik edecek uygun valfler gerekli ekipmanları barındıran bir hidrolik ünite gereklidir.

Çizelge 3.5. Seçim 3 için maliyet tablosu

<i>SEÇENEK 3 İÇİN MALİYET TABLOSU</i>			
<i>Açıklama</i>	<i>Birim Fiyat</i>	<i>Adet</i>	<i>Toplam Fiyat</i>
Ø50xØ35-1400 mm Stroklu Hidrolik Piston	1350 TL	2	2700 TL
Ø50xØ35-400 mm Stroklu Çift Milli Hidrolik Piston	1450 TL	2	2900 TL
Hidrolik Ekipmanlar ve Hidrolik Ünite	16500 TL	1	16500 TL
TOPLAM			22100 TL

Seçim 5 için toplama robotunun çene tasarımında ürünü sıkma işlemi için brikiye zarar verecek şekilde hesaplamalar yapılmıştır. Toplanacak farklı ölçülerdeki ürünlerde göz önünde bulundurularak tasarım için Ø125 çapında 200 mm stroklu 4 adet pnömatik pistonun yeterli olacağına karar verilmiş ve bu doğrultuda çene tasarımı uygun şekilde yapılmıştır. Toplama robotu çenesinin yukarı aşağı hareketi için ise çenenin kendi ağırlığı ve toplanacak ürünlerin ağırlıkları da göz önünde bulundurularak hesaplar yapılmış, üst üste istiflenecek ürün adeti dikkate alınarak emniyet katsayısı ile beraber yaklaşık 1500 kg'lık bir yükü istenen hızda kaldırabilmek için dişli ve diğer tasarım koşullar göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalarda MR473-11 KW frenli bir motor ve motorun otomasyon kontrol için ekstra 11 KW motor sürücü gereklidir. Yani seçim 3 için toplamda 4 adet Ø125-200 mm stroklu pnömatik piston, 1 adet MR473-11 KW frenli bir motor ve 1 adet 11 KW motor sürücüne ihtiyaç vardır. Aşağıdaki maliyetler yaklaşık ve kaba değerlerdir. Günümüzde fiyatlar çözüm ortaklığı, kur, vade gibi ticari durumlardan dolayı değişkenlik gösterebilmektedir.

Çizelge 3.6. Seçim 5 için maliyet tablosu

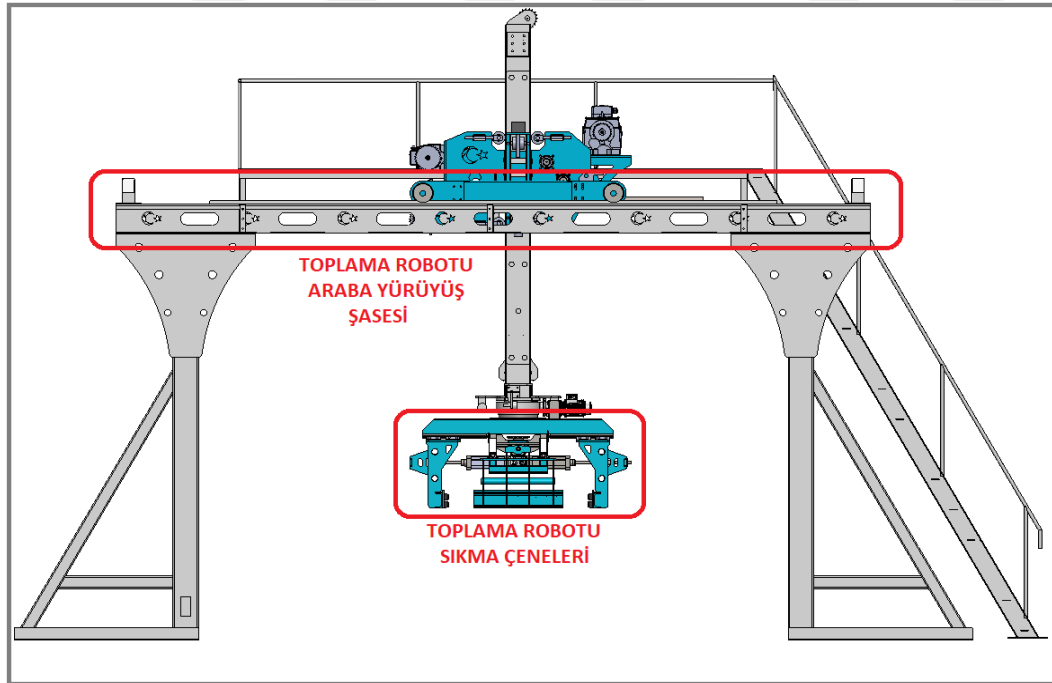
<i>SEÇENEK 5 İÇİN MALİYET TABLOSU</i>			
<i>Açıklama</i>	<i>Birim Fiyat</i>	<i>Adet</i>	<i>Toplam Fiyat</i>
Ø125-200 mm Stroklu Pnömatik Piston	652.5 TL	4	2610 TL
MR473-11 KW 96 d/dk Frenli Motor	5990 TL	1	5990 TL
11 KW Motor Sürücü	7140 TL	1	7140 TL
TOPLAM			15740 TL

İki seçim arasında kabaca maliyet hesabı karşılaştırıldığında yukarıdaki çizelgelerden de anlaşılacağı üzere seçim 5'te seçim 3'e göre daha fazla tasarruf sağlandığı konusunda şüpheye yer yoktur. Yapılan değerlendirmeler sonucu tasarıma başlamak için seçim 5'in uygun olduğu maliyet analiziyle bir kez daha desteklenmiştir.

4. TOPLAMA ROBOTU TASARIMI İÇİN SONLU ELEMANLAR ANALİZİ

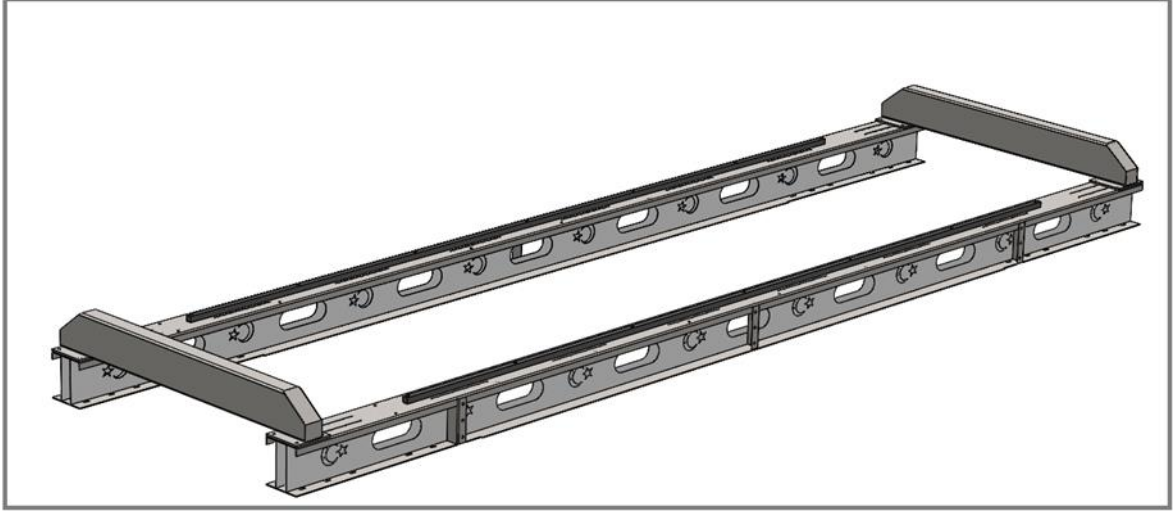
Bu bölümde tasarlanan toplama robotu için sonlu elemanlar analizi SolidWorks programında Simulation eklentisi kullanılarak yapılmıştır. Yapılan analizler sonucu toplama robotunun imalat için uygun olduğuna kanaat getirilmiş ve imalat hazırlıkları yapılarak toplama robotunun imalat aşamasına geçilmiştir.

Toplama robotu tasarımı yapılırken karşılaşılan problemlerden ve tecrübelerden yola çıkarak sac kalınlıkları belirlenmiştir. Tasarımda ise sacın şekli tasarlanırken bazı boşaltmalar yapılmıştır. Bu boşaltmaların amacı malzemeyi zayıflatmadan hafifletmektir. Aynı zamanda bu boşaltmalar görselliği ön plana çıkarmak amacıyla yapılmıştır. Toplama robotunda bu boşaltmaların kullanıldığı bazı kritik bölümler mevcuttur. Bu bölümler Resim 4.1.'de gösterilen toplama robotu araba yürüyüş şasesi ve sıkma çeneleridir. Bu bölümler için gerekli sonlu elemanlar analizi yapılmıştır [16,17].

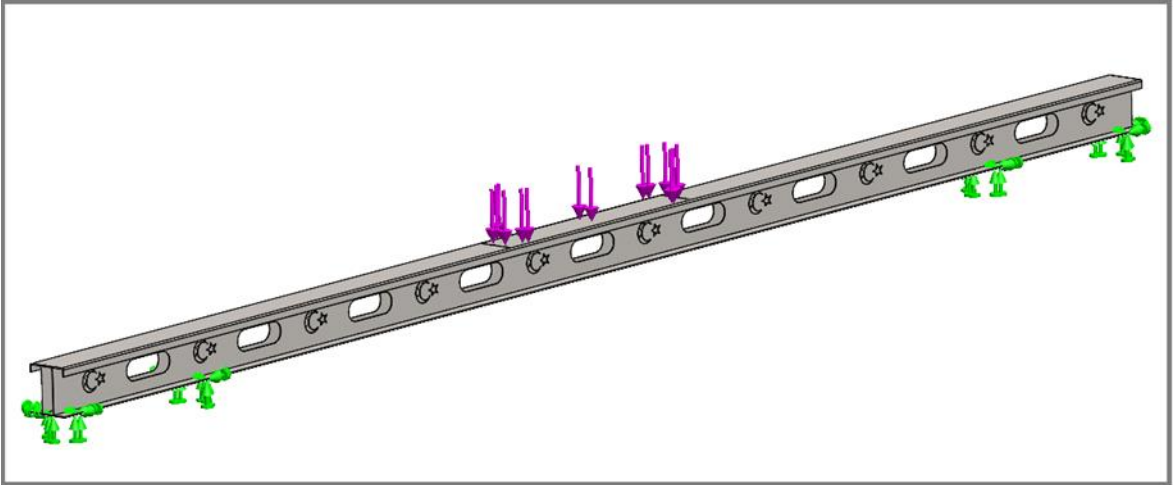


Resim 4.1. Toplama robotunun yan görünümü

Genelde bir tasarımın modellenmesi yapılırken işe ilk olarak parça sayısı en aza indirgenerek başlanır. Toplama robotu araba yürüyüş şasesi içinde parça sayısı en aza indirgenerek tasarım basitleştirilmiştir [16,17].

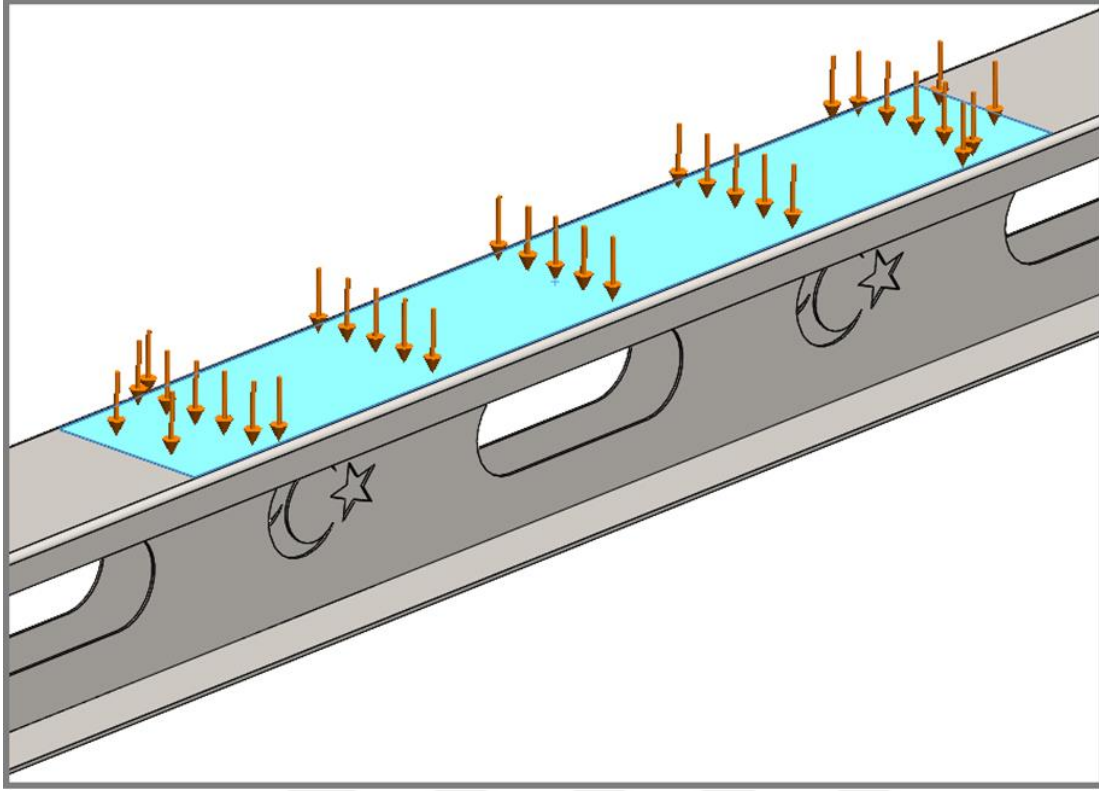


Resim 4.2. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin izometrik görünümü



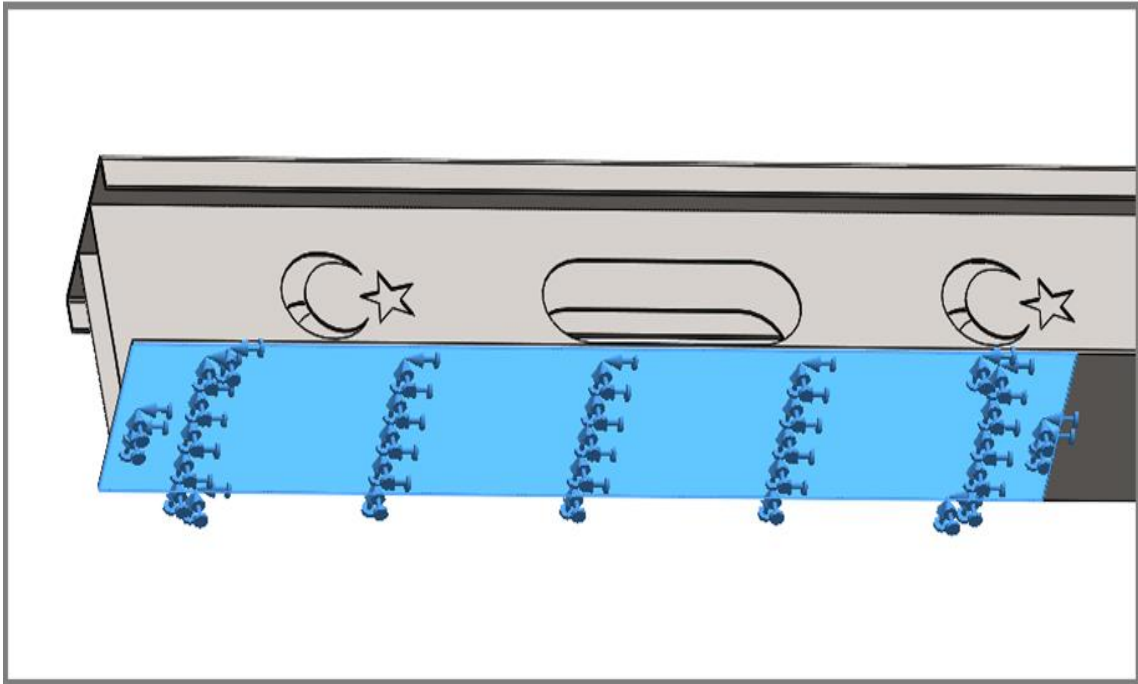
Resim 4.3. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin analiz için basitleştirilmiş görünümü

Toplama robotu için tasarlanan araba yürüyüş şasesinde toplanacak ürünler, çene ağırlığı ve arabanın kendi ağırlığı da hesaba katıldığında şaseye düşen yaklaşık ağırlık 2000 kg'dır. Emniyet katsayısı 1.5 alınarak toplam ağırlık 3000 kg hesaplanmıştır. Şasenin en kritik pozisyonu toplama robotunun şase üzerinde tam ortada olduğu pozisyonudur. Şase basitleştirilerek fazla parçalar atılmıştır. Araba yürüyüş şasesi, şase ayaklarının bulunduğu bölgelerden sabitlenmiştir. Toplama robotu yürüyüş arabası genişliği boyunca şasenin orta kısmından tek kirişe düşen kuvvet ise toplamda 1500 kg olacak şekilde 15000 N olarak uygulanmıştır [16].

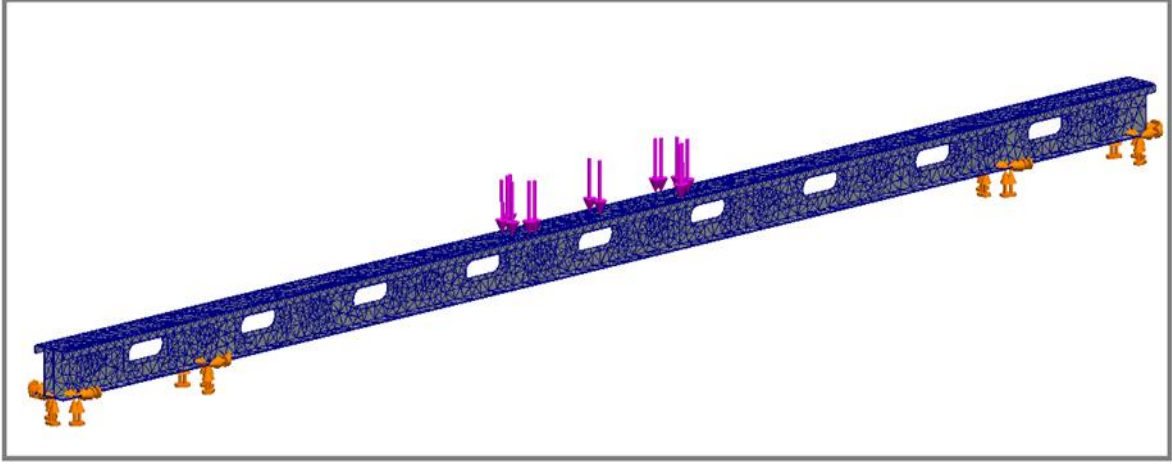


Resim 4.4. Toplama robotu araba yürüyüş şasesine verilen kuvvet noktaları

Basitleştirilmiş tasarımımıza uygun şekilde fikstür ve temas noktaları belirlenerek mesh işlemi uygulanmıştır.

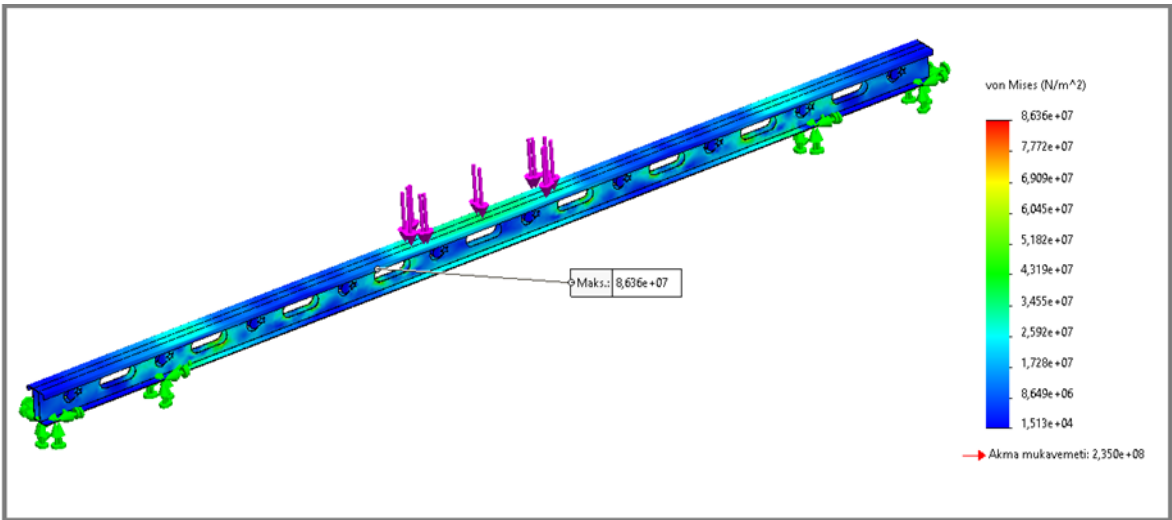


Resim 4.5. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin fikstür noktaları



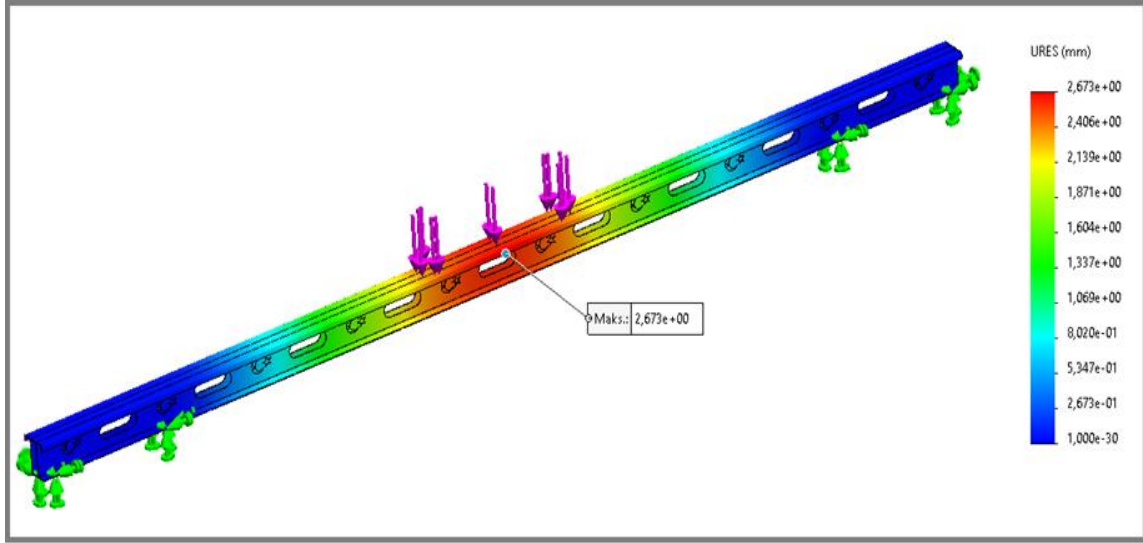
Resim 4.6. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin mesh görünümü

Malzeme olarak 1.0037 (S235JR) atanarak von Mises gerilmesi, gerinim ve yer değiştirme analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda parçamızda oluşan maksimum von Mises gerilmesi $8,636 \times 10^7$ N/m² yani 86.36 MPa'dır (Şekil 4.11). Bu değer 1.0037 (S235JR) atanan malzeme için akma mukavemeti olan $2,350 \times 10^8$ N/m² yani 235 MPa'ın oldukça altındadır. Bu tasarladığımız şasesinin bu yükler altında zarar görmeyeceği anlamına gelmektedir [16].



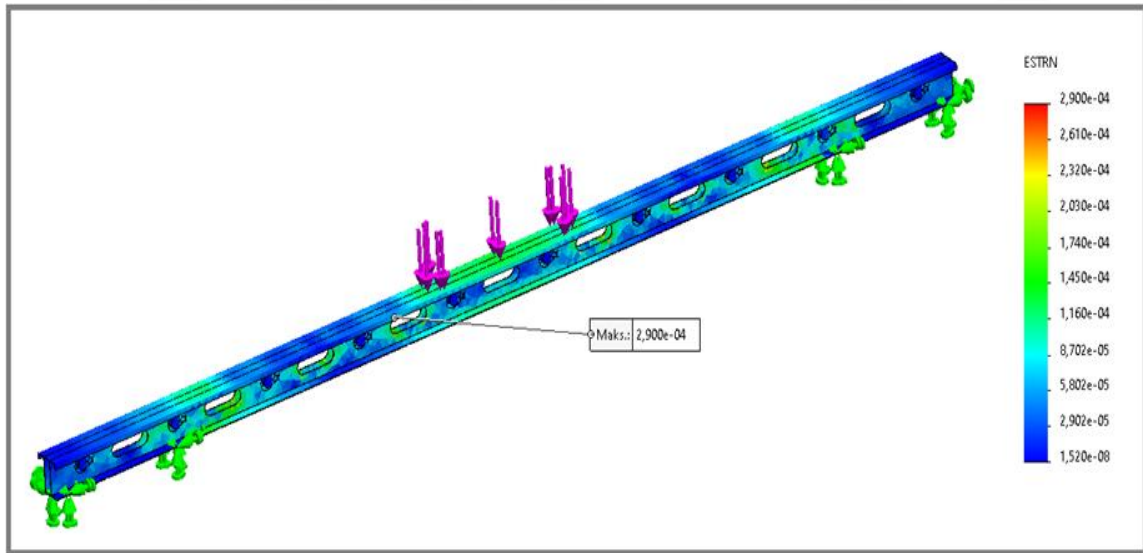
Resim 4.7. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin von Mises analiz sonucu

Yapılan yer değiştirme analizi sonucunda ise maksimum yer değiştirme 2.6 mm olarak bulunmuştur (Resim 4.8.). Bu değerde toplama robotumuz için tolere edilebilir bir değerdir ve hiçbir sorun teşkil etmemektedir [16].



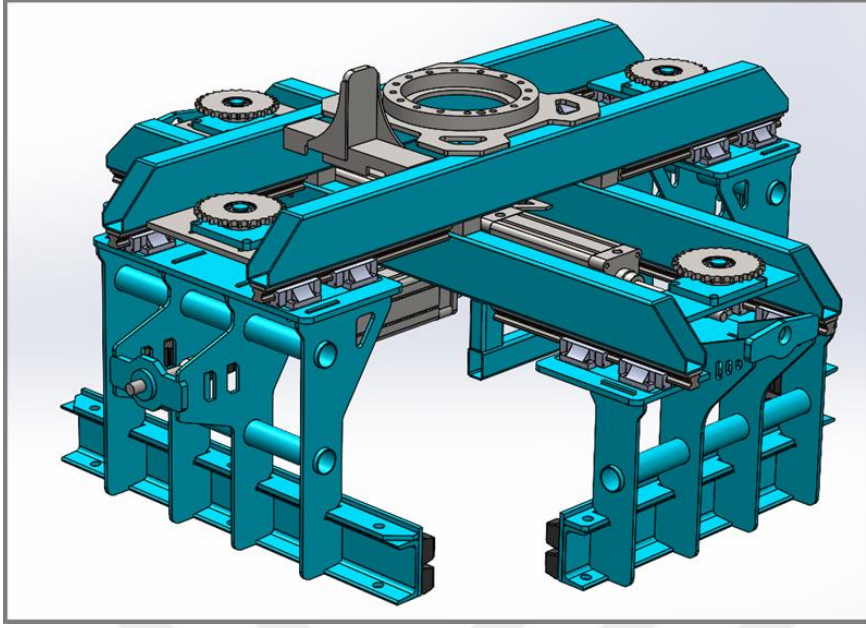
Resim 4.8. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin yer değiştirme analiz sonucu

Yapılan gerinim analizi sonucunda ise 0,00029 mm olarak bulunmuştur (Resim 4.9.). Gerinim, yük altındaki malzememizin yük uygulanmadan önceki haline oranını ifade etmektedir. Bu değerde oldukça düşük ve toplama robotumuz için yapılan tasarımın uygun olduğunu göstermektedir.

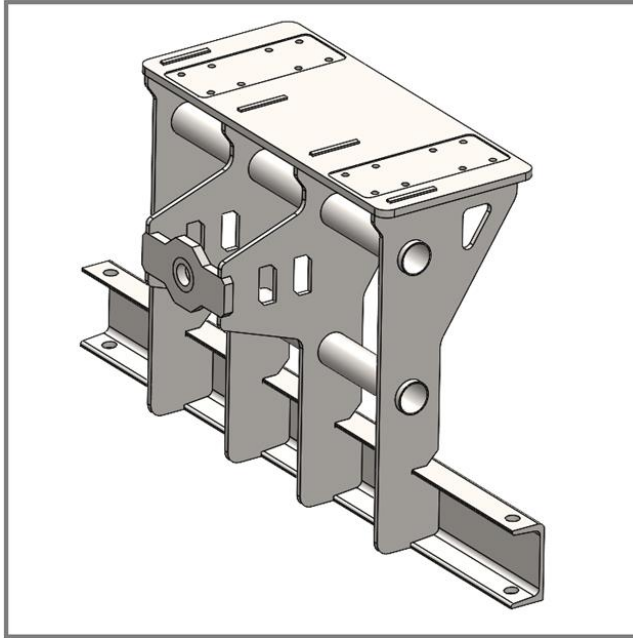


Resim 4.9. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin gerinim analiz sonucu

Toplama robotu sıkma çenelerinin analizi içinde aynı işlem uygulanarak parça sayısı en aza indirgenmiş tasarım sadeleştirilmiştir. Analiz için pnömatik pistonların bağlandığı sıkma çenelerinden kabaca kuvvet hesabı yapılmıştır. Uzun çenelerde kısa çenelere oranla daha fazla kuvvet oluşacağı için sadece uzun çeneler için analiz yapılmıştır.



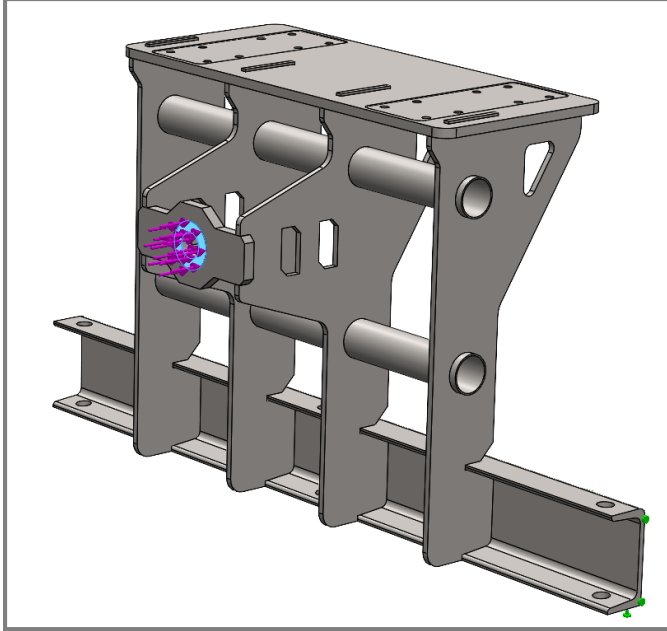
Resim 4.10. Toplama robotu çenesinin izometrik görünümü



Resim 4.11. Toplama robotu sıkma çenesinin analiz için sadeleştirilmiş görünümü

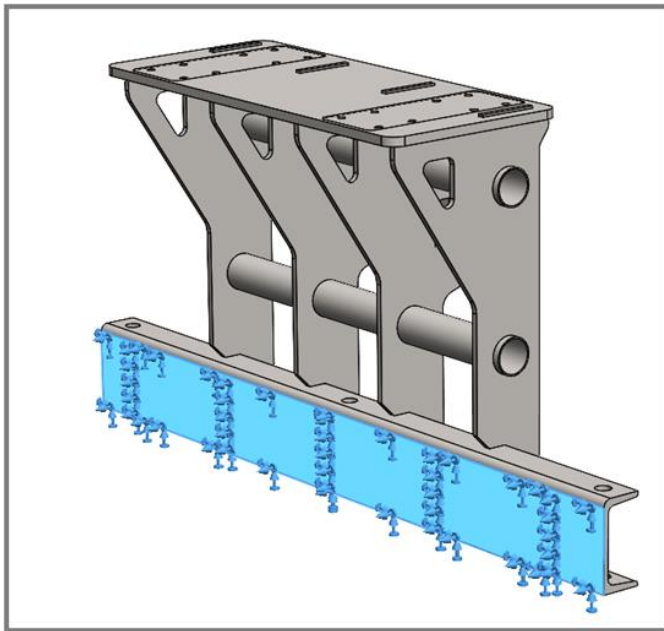
Toplama robotu çenesi için tasarlanan sıkma çenelerinde kuvvet hesabı yapılarak pnömatik piston seçimi yapılmıştır. Pnömatik piston kuvvetinin ürünü bozacak kadar fazla olmamasına ve ürünü bırakmayacak kadar kuvvetli olmasına dikkat edilerek hesaplama yapılmış ve Ø125'lik pnömatik pistonu karar verilmiştir. Ø125'lik pnömatik pistonun 7 barda yaklaşık olarak itme kuvveti 859 kg, çekme kuvveti 802 kg'dır. Emniyet katsayısı 1.5 alınarak toplam kuvvet yaklaşık olarak 1200 kg hesaplanmıştır. Çenenin taşla temas

ettiği noktalar sabitlenerek pnömatik pistonun bağlandığı noktadan toplam 12000 N kuvvet uygulanmıştır [16].

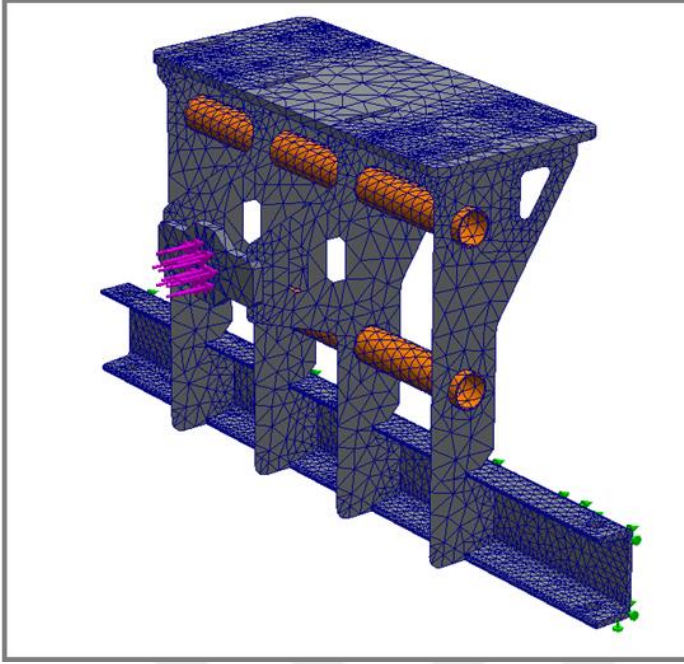


Resim 4.12. Toplama robotu sıkma çenesine verilen kuvvet noktaları

Basitleştirilmiş tasarımımıza uygun şekilde fikstür ve temas noktaları belirlenerek mesh işlemi uygulanmıştır.

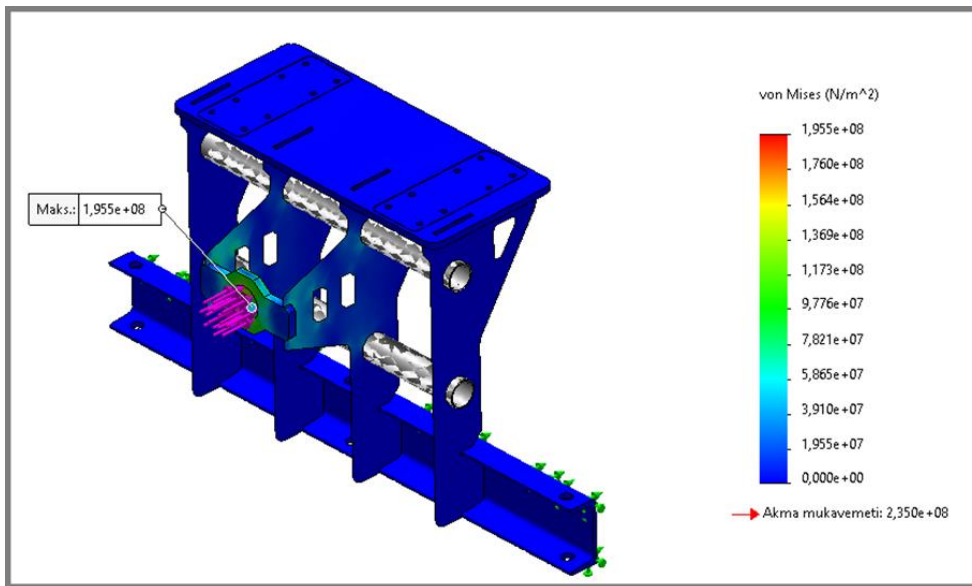


Resim 4.13. Toplama robotu sıkma çenesinin fikstür noktaları



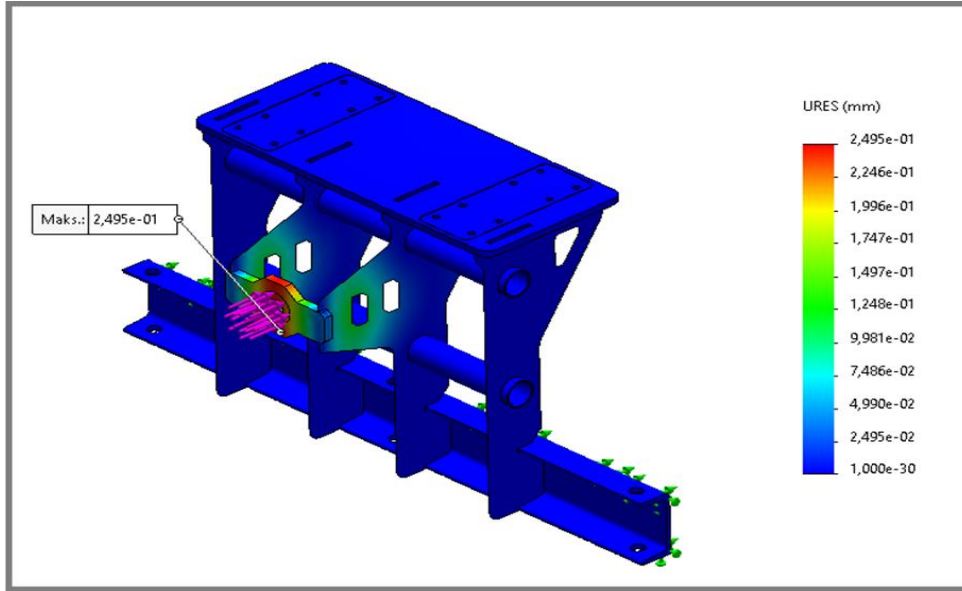
Resim 4.14. Toplama robotu araba yürüyüş şasesinin mesh görünümü

Malzeme olarak 1.0037 (S235JR) atanarak von Mises gerilmesi, gerinim ve yer değiştirme analizleri yapılmıştır. Yapılan analiz sonucunda parçamızda oluşan maksimum von Mises gerilmesi $8,636 \times 10^7 \text{ N/m}^2$ yani 195.5 MPa'dır (Resim 4.15.). Bu değer 1.0037 (S235JR) atanan malzeme için akma mukavemeti olan $2,350 \times 10^8 \text{ N/m}^2$ yani 235 MPa değerinin altındadır. Bu tasarladığımız şasesinin bu yükler altında zarar görmeyeceği anlamına gelmektedir [16].



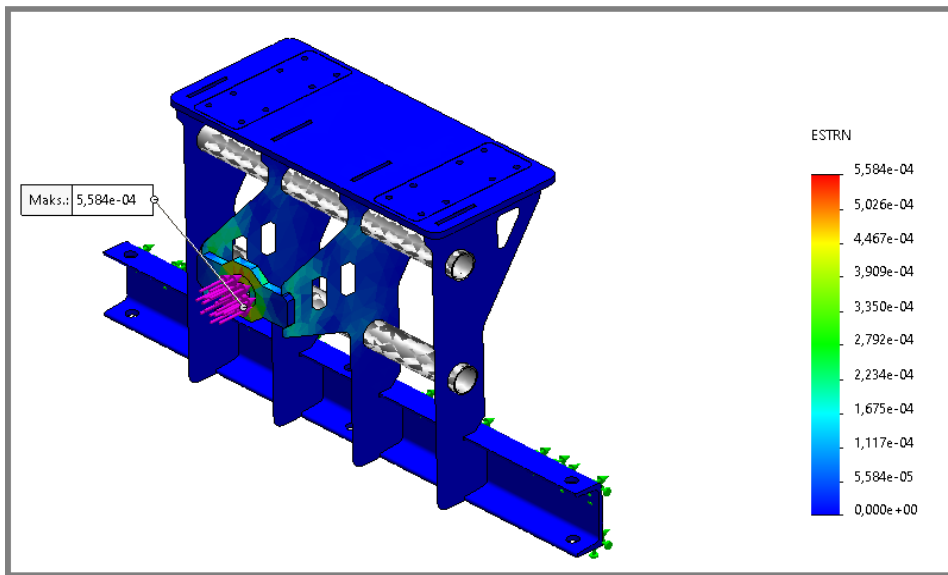
Resim 4.15. Toplama robotu sıkma çenesinin von Mises analiz sonucu

Yapılan yer değiştirme analizi sonucunda ise maksimum yer değiştirme 0.24 mm olarak bulunmuştur (Resim 4.16.). Bu değerde toplama robotumuz için tolere edilebilir bir değerdir ve hiçbir sorun teşkil etmemektedir [16].



Resim 4.16. Toplama robotu sıkma çenesinin yer değiştirme analiz sonucu

Yapılan gerinim analizi sonucunda ise 0,00055 mm olarak bulunmuştur (Resim 4.17.). Bu değerde oldukça dşşük ve toplama robotumuz için yapılan tasarımın uygun olduğunu göstermektedir.



Resim 4.17. Toplama robotu sıkma çenesinin gerinim analiz sonucu

Yukarıda da görüldüğü üzere uygulanan sonlu elemanlar analizleri sonucunda tasarlanan toplama robotunun imalat için uygun olduğuna kanaat getirilmiş ve imalat hazırlıkları yapılarak toplama robotunun imalat aşamasına geçilmiştir.



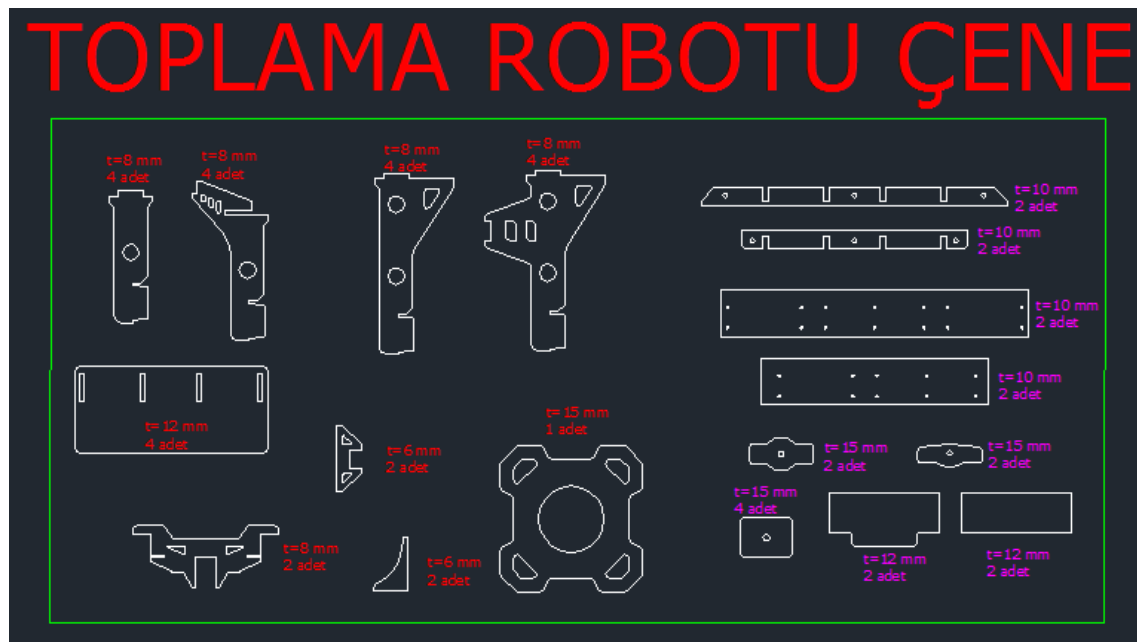
5. BETON PARKE VE BRİKET MAKİNELERİNDE KULLANILAN ELEKTROMEKANİK VE PNÖMATİK TOPLAMA ROBOTUNUN İMALAT AŞAMALARI

Bu bölümde kavramsal tasarım aşamaları uygulanarak nihai tasarıma karar verilen toplama robotu için imalat aşamaları ele alınacaktır. İmalat aşamaları çok fazla detaya girmeden kabaca;

- İmalat hazırlık,
- Talaşlı ve talaşsız imalat süreci,
- Kontrol ve revizyon süreci,
- Boya ve
- Montaj olarak 5 başlıkta ele alınmıştır.

5.1. Toplama Robotunun İmalat Hazırlık Süreci

İmalat aşamalarında öncelikli olarak tasarımda kullanılacak sacların tamamı ayrı ayrı dwg formatına dönüştürülmüştür. Sonrasında ise tasarımda kullanılacak saclar kalınlıklarına, adetlerine ve kesim cinsine göre sınıflandırılmıştır. Daha sonra bu sacların tamamı tek bir dwg dosyası altında toplanmıştır. Talaşlı imalatla işlem uygulanacak parçalara gerekli işleme payları verilerek kesim listesi oluşturulmuştur.



Resim 5.1 Toplama robotu sac kesim listesinden örnek bir bölüm

MALZEME SIRA NO:	MALZEME TÜRÜ	EBATLARI	KESİM ÖLÇÜSÜ(mm)	ADET	KULLANILDIĞI YER	TOPLAM	SİPARİŞ
8	TRANSİSYON	Ø50	1400	1	T.ROBOTU ARABA	1400	
9	TRANSİSYON	Ø50	540	3	T.ROBOTU ARABA	1620	
10	TRANSİSYON	Ø50	1565	2	T.ROBOTU ARABA	3130	
11	TRANSİSYON	Ø50	160	12	T.ROBOTU ÇENE	1920	
12	TRANSİSYON	Ø50	60	4	T.ROBOTU ÇENE	240	8310 2 BOY
21	DİKDÖRTGEN PROFİL	100x200x4 mm	3000	2	T.ROBOTU ORTA ŞASE	6000	6000 1 BOY
34	DİKDÖRTGEN PROFİL	40x80x3.2 mm	750	4	T.ROBOTU ARABA	3000	
35	DİKDÖRTGEN PROFİL	40x80x3.2 mm	250	8	T.ROBOTU ORTA ŞASE	2000	5000 1 BOY
36	DOLU KARE	30x30 mm	6000	2	T.ROBOTU ŞASE	12000	12000 2 BOY
37	DOLU KARE	40x40 mm	200	2	T.ROBOTU ORTA ŞASE	400	
38	DOLU KARE	40x40 mm	75	24	T.ROBOTU ARABA	1800	2200 1 BOY
45	NPU	120	700	2	T.ROBOTU ÇENE	1400	
46	NPU	120	950	2	T.ROBOTU ÇENE	1900	3300 1 BOY
47	LAMA	10x40 mm	500	8	T.ROBOTU ÇENE	4000	4000 1 BOY
48	BORU	Ø50 mm et kalınlığı:2 mm	580	6	T.ROBOTU ÇENE	3480	3480 1 BOY
49	SİLME	5x20 mm	2450	4	T.ROBOTU ORTA ŞASE	9800	9800 2 BOY

Şekil 5.1. Toplama robotu kesim listesinden örnek bir bölüm

Toplama robotunda muhtelif malzemelerin excel formatında kesim listesi oluşturulduktan sonra benzer şekilde toplama robotunda kullanılan hazır malzemeler için tedarik listesi excel formatında oluşturulmuştur. Toplama robotu için oluşturulmuş sipariş listesinden bazı satırlar gizlenerek sipariş listesinden bir bölüm aşağıda gösterilmiştir.

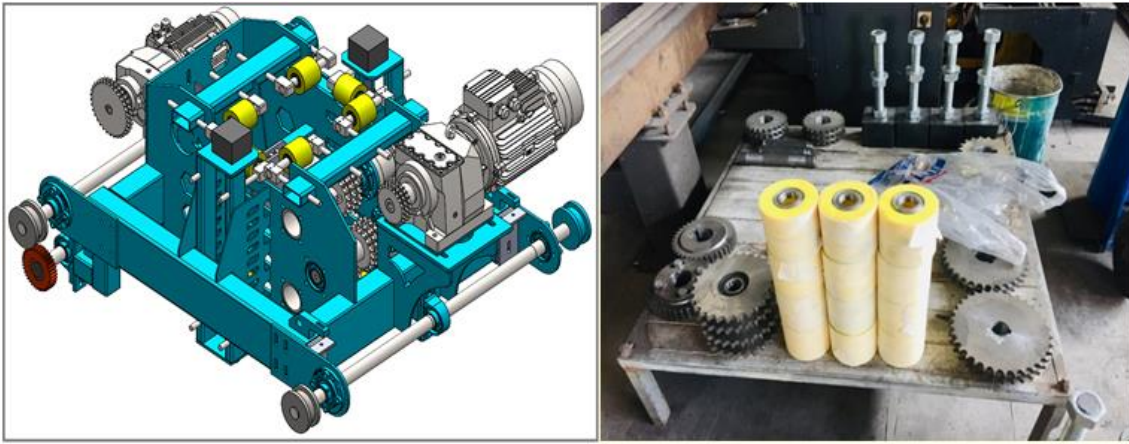
MALZEME SIRA NO:	MALZEME CİNSİ	AÇIKLAMA	ADET	KULLANILDIĞI YER
1	RULMAN	6008	2	TOPLAMA ROBOTU ORTA ŞASE
6	ZİNCİR	16A-3 SIRA ZİNCİR+4 ADET KİLİT	2 KUTU	
9	KONİK KİLİT	Ø60xØ35	4	
2	DIŞLI	12A TEK SIRA 27 DİŞ GÖBEKLİ DIŞLI	4	TOPLAMA ROBOTU ÇENE
4	LİNEER KIZAK	30 LUK KIZAKx500 MM	8	
9	VALF	5/2 PNÖMATİK VALF 1/2 -24	2 ADET	
1	YATAK	UCP 210	5	TOPLAMA ROBOTU ÜST ARABA
6	PİNYON DIŞLI	4 modül 38 diş pinyon dişli	2	
11	ZİNCİR	12 A ÜÇ SIRA ZİNCİR	2 METRE	

Şekil 5.2. Toplama robotu tedarik listesinden örnek bir bölüm

Toplama robotunun kesim ve sipariş listeleri tamamlandıktan sonra toplama robotunun imalatının yapılabilmesi için talaşlı ve talaşsız imalat teknik resimleri ayrı ayrı hazırlanmıştır.

5.2. Toplama Robotunun Talaşlı ve Talaşsız İmalat Süreci

Verilen siparişler sonucu malzemeler temin sürelerine göre farklı zamanlarda gelmiştir. İmalat hazırlık sürecinde oluşturulmuş olan testere kesim listesi doğrultusunda kesimler yapılmıştır. Yine imalat hazırlık sürecinde hazırlanmış olan talaşlı ve talaşsız imalat teknik resimleri ile beraber kesilmiş olan malzemeler gerekli birimlere verilerek toplama robotunun imalatına başlanmıştır. Talaşlı ve talaşsız imalat sürecinde ki bazı resimler aşağıda gösterilmiştir.



Resim 5.2. Toplama robotu arabasının torna tezgâhında işlenmiş malzemeleri

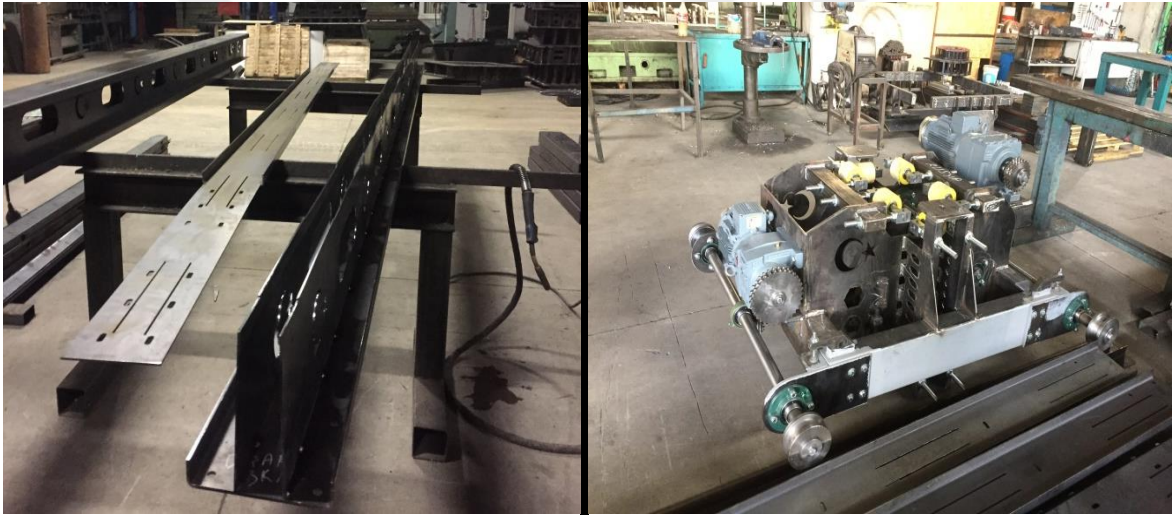
Toplama robotun sıkma çenelerinde sağlıklı bir sıkma işlemi için lineer kızakların bağlanacağı yüzeylerin pürüzsüz olması gerekmektedir. Bundan dolayı iş parçası aşağıdaki resimde görüldüğü şekilde imalatı yapıldıktan sonra frezeleme işlemi için cnc tezgahına bağlanmış ve lineer kızıağın oturacağı yüzeyler silinerek bağlantı delikleri delinmiştir.



Resim 5.3. Toplama robotunun çenesinin CNC tezgâhında işlenirken bir resmi



Resim 5.4. Toplama robotunun plazma ve lazer kesimden gelen sacların resimleri



Resim 5.5. Toplama robotunun talaşsız imalatından örnek resimler

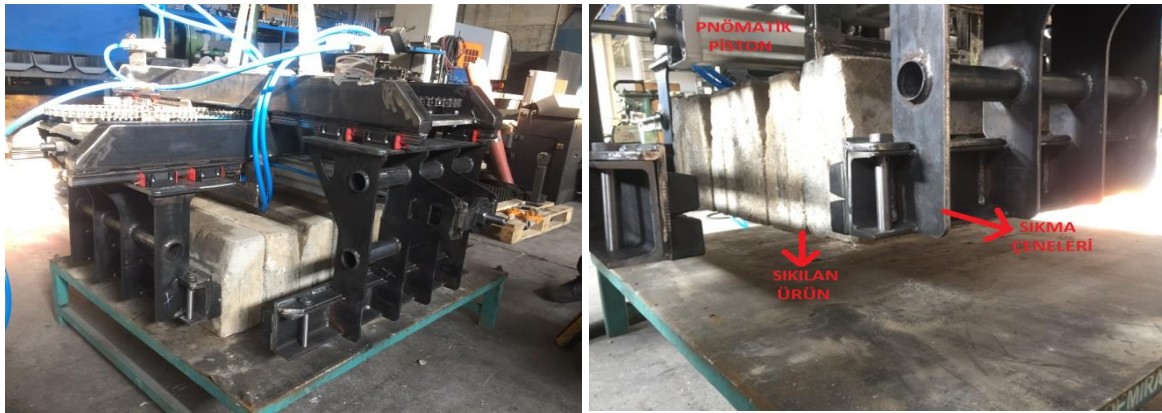
5.3. Toplama Robotunun Kontrol ve Revizyon Süreci

Hazırlanmış teknik resimlere göre uygun bir şekilde talaşlı ve talaşsız imalatı yapılmış ve kaynak öncesi puntalanmıştır. Daha sonra ise imalatı yapılan toplama robotunun talaşlı ve talaşsız imalatının gerekli kontrolleri yapılmış ve yapılan hatalar düzeltildikten sonra kaynak bölümüne verilmiştir. Kaynak işlemi sonrasında imalatıta elektrik ve hava ile çalışan bazı hareketlerin kontrolleri için toplama robotu toplanmış ve gerekli hava ve elektrik tesisatı çekilmiştir. Bu kontrollerin yapılmasının amacı boya öncesi hataların düzeltilmesi içindir.

Örnek olarak elektrik kesildiğinde çene pistonlarının ürünü bıraktığı bunun tehlikeli bir durum olduğu tespit edilmiş ve valf seçimi tekrar gözden geçirilmiştir. Başta seçilen valf tek bobinli 5/2 yön kontrol valfidir. Bu valf çift bobinli 5/3 kapalı merkez yön kontrol valfi ile değiştirilerek sorun giderilmiştir. Bu sorunu gidermek için bir başka çözüm ise çift bobinli 5/2 yön kontrol valfi ile beraber piston hava girişlerine plot uyarılı çek valf eklenmesidir. Bu işlem sonrası da problemin giderildiği tespit edilmiştir.

Test aşamalarında tespit edilen bir başka problem ise hava ile çalışan başka mekanizmalarla beraber toplama robotu aynı anda çalıştırıldığında havanın debisinin yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu problemi gidermek için toplama robotunun şasesine 30 litrelik hava tankı eklenmiştir. Ayrıca eklenen tank girişine çek valf eklenerek havanın geri yönde gidişi engellenmiş ve sorunun giderildiği tespit edilmiştir.

Test aşamalarında çene pistonlarının barı manometre ile kontrol edilerek farklı ürünleri kaç barda bıraktığı gözlenerek kuvvet hesapları gözden geçirilmiştir. Bu testlerde pnömatik pistonların farklı ürünlerde farklı barlarda bıraktığı gözlenmiştir. Pnömatik pistonların en düşük olarak ürünü 4 barda ürünü bıraktığı tespit edilmiştir. Bu doğrultuda pnömatik sisteme pnömatik basınç emniyet eklenerek 4 barın altında hava geldiğinde robotun çalışmaması için PLC' ye komut eklenerek güvenlik açısından da önlem alınmıştır. Tasarım yapılırken pnömatik pistonların seçimi 6 bara göre yapılmış hortum boyları vs. gibi etkenlerde göz önünde bulundurularak sorun yaşamamak için emniyet amacıyla piston seçimi değiştirilmemiştir. Kontrol sürecindeki bazı resimler aşağıda gösterilmiştir.



Resim 5.6. Toplama robotunun kontrol sürecinden örnek resimler

5.4. Toplama Robotunun Boya Süreci

Hazırlanmış teknik resimlere göre uygun bir şekilde talaşlı ve talaşsız imalatı yapılmış ve kaynak işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu süreçten sonra gerekli ön montaj işlemleri gerçekleştirilerek yapılması gereken imalat yapılmıştır. Bu işlemler sonrasında imalat ve kaynakların kontrolleri yapılmış ve varsa yapılan hatalar düzeltildikten sonra boya birimine gönderilmiştir. Boya sürecindeki bazı resimler aşağıda gösterilmiştir.



Resim 5.7. Toplama robotunun boya sürecinden örnek resimler

5.5. Toplama Robotunun Boya Süreci

Toplama robotunun boyama işlemi bittikten sonra gerekli kontroller tekrar yapılmış ve varsa hatalar düzeltildikten sonra montaj birimine malzemeler gönderilerek montaj aşamasına geçilmiştir. Toplama robotu uygun şekilde montajı yapılarak nakliyyeye hazır hale getirilmiştir. Toplama robotunun montaj sürecinden bazı resimler aşağıda gösterilmiştir.



Resim 5.8. Toplama robotunun boya sonrası montaj sürecinden örnek resimler

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada sistematik tasarım yaklaşımı kullanılarak yeni bir toplama robotu çenesi geliştirilmiş ve kavramsal bir tasarım ortaya çıkarılmıştır. Öncelikle tasarım için uygun bir ihtiyaç listesi hazırlanmış ve buna uygun şekilde bir fonksiyon şeması oluşturulmuştur. Sonrasında ise önemli alt fonksiyonlar belirlenerek fonksiyonlara uygun çözümler geliştirilmiş ve tablo haline getirilerek morfolojik kart oluşturulmuştur. Oluşturulan morfolojik karta göre birbirlerine alternatif olarak 5 farklı seçenek çıkarılmıştır. Sonrasında ise bazı değerlendirmeler seçeneklere uygulanarak seçenekler azaltılmış ve toplama robotu tasarımı için en ideal olan seçenek elde edilmiştir. Bu değerlendirme işlemlere ilave olarak kalan iki seçenek arasında maliyet analizi yapılmıştır. Bu analiz ile beraber sistematik tasarım yaklaşımı doğrultusunda karar verilmiş olan tasarım seçeneği ayrıca pekiştirilmiştir.

Karar verilen toplama robotunda yataklama elemanı olarak lineer kızaklar kullanılmıştır. Bu sayede hassas ve boşluksuz yataklama yapılmış olur, aynı zamanda dünya standartlarında bir malzeme olan lineer kızaklara dünyanın her yerinde arıza durumunda kolaylıkla ulaşılabilir. Zincir-Dişli dengeleme sistemi ile hassas şekilde karşılıklı iki çene eşit ve dengeli şekilde sıkılabilmektedir. Pnömatik piston ile sıkıştırma işleminde ise istenen kuvvet yani briketi kırmayacak kadar yumuşak ve briketi bırakmayacak kadar kuvveti sağlamış olur ve tıpkı lineer kızakta olduğu gibi pnömatik pistonlara da dünyanın her yerinde arıza durumunda kolayca ulaşılabilir. Pnömatik pistonların bakımı hidroliğe göre daha kolay ve çevre bakımından daha avantajlıdır. Pnömatik pistonlar hidrolik pistonlara göre daha sesli çalışmaktadırlar ancak şantiye ortamında makineler gürültülü çalıştığı için bu bir dezavantaj değildir. Karar verilen tasarımın ayrıca maliyet açısından da uygun olduğu yapılan çalışmada açıkça görülmektedir. Bu çalışma yapılacak benzer çalışmalara yol gösterici olabileceği gibi üzerinde yapılacak eleştiri ve revizyonlara da açıktır.



KAYNAKLAR

1. Madara, D. S. , Namango, S. S. and Arusei, D. (2016). Innovative Conceptual Design of Manual Concrete Block Making Machine. *Innovative Systems Design and Engineering*, 7(7), 41-52.
2. İnternet: Briket makinesi örneği, URL-1: <https://columbiamachine.com/wp-content/uploads/sites/2/2018/02/cpmplus120-600x338.png>, Son Erişim Tarihi: 24.11.2019.
3. İnternet: Ponza madeni, URL-2: http://makrobims.com/uploads/hizmetler/large/bims_nedir.jpg, Son Erişim Tarihi: 12.10.2019.
4. İnternet: Beton parke makinesi örneği, URL-3: <https://cdnsslglbmac59e2.kxcdn.com/wp-content/uploads/2019/08/kb-36-13.jpg>, Son Erişim Tarihi: 08.12.2019.
5. İnternet: Çeşitli ebatlarda kumlar, URL-4: <http://www.beserlerinsaat.com.tr/Images/original/Galeri03112017113527.jpg>, Son Erişim Tarihi: 12.10.2019.
6. Karakoç, H. ve Erden, O. (2018). Briket Makineleri Elektromekanik ve Pnömatik Toplama Robotu Tasarımı. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 16(2), 48-59.
7. İnternet: Yatay şeritleme makinesi, URL-5: https://www.pakmak.com/User_Files/mosca-tam-otomatik-yatay-cember-makinasi-kov-315.jpg, Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
8. İnternet: Streç sarma robotu, URL-6: <http://ermakmakine.com.tr/wp-content/uploads/2020/01/otomatik-strec-makinasi-4.jpg>, Son Erişim Tarihi: 17.05.2020.
9. Akyazı, Ö. ve Çokrak, D. (2011). Pnömatik ve Hidrolik Sistem Uygulamaları. *Elektrik-Elektronik ve Bilgisayar Sempozyumu*, Elazığ, 142-147.
10. İnternet: Hidrolik ünite örneği, URL-7: <https://www.departeknik.com/images/content/ads1.jpg>, Son Erişim Tarihi: 02.10.2020.
11. Küçüköz, E. (2017). Endüstri4.0: Hidrolik, Pnömatik Uygulamalardaki Kullanım Alanları. *VIII. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi*, İzmir, 91-103.
12. İnternet: Pnömatik devre örneği, URL-8: <https://www.elektrikde.com/wp-content/uploads/2019/11/Pn%C3%B6matik-Sistem-nedir.jpg>, Son Erişim Tarihi: 02.10.2020.
13. Pahl, G., Beitz, W., Feldhusen, G. and Grote, K.H. (2010). *Mühendislik Tasarımı: Sistematik Yaklaşım*. (Çev. Börklü, H. R.). Ankara: Hatiboğlu Yayınları. (Eserin orijinali 1977'de yayımlandı), 155-206.

14. Börklü, H. R. ve Mayda, M. (2014). Yeni ve İnovatif bir Kavramsal Tasarım İşlem Modeli ile Su Filtresi Tasarımı. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 2(1), 169-180.
15. Börklü, H. R. ve Top, N. (2018). Sistematiik Tasarım Yaklaşımı İle Yeni Bir Zeytin Hasat Makinesi Tasarımı. *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 6(4), 659-664.
16. Kaplanlıoğlu, B. ve Gemalmayan, N. (2015). Sonlu Elemanlar Yöntemi Ve Analitik Yöntemler Kullanılarak Bulunan Gerilmelerin Karşılaştırılması. *Mühendis ve Makina*, 56 (665), 62-72.
17. Uzundere, C. M. (2007). *Sekiz Bacaklı Mobil Robotun Mekanik Tasarımı Modellenmesi Ve Lokomasyonu*, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.



ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : KARAKOÇ, Hüseyin
 Uyruğu : T.C.
 Doğum tarihi ve yeri : 09.07.1993, Kırıkkale
 Medeni hali : Evli
 Telefon : 0 (554) 624 66 93
 e-mail : hsynkrkc66@gmail.com



Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Endüstriyel Tasarım Mühendisliği	Devam ediyor
Lisans	Kocaeli Üniversitesi / Mekatronik Mühendisliği	2015
Lise	Erzurum Oltu Anadolu Lisesi	2011

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015-Halen	Globmac Asblock Makine	Tasarım Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Karakoç, H. ve Erden, O. (2018), Briket Makineleri Elektromekanik ve Pnömatik Toplama Robotu Tasarımı. *Makina Tasarım ve İmalat Dergisi*, 16(2), 48 -59.

Hobiler

Yüzme, Futbol, Gezme



GAZİ GELECEKTİR..