



ME 401

ENGINEERING ECONOMICS and DESIGN

**KURTARMA ROBOTU TASARIMININ
İYİLEŞTİRİLMESİ**

Submitted by:

Group 2

120203007 AHMET APAK

120203010 YILDIRAY UYGUN

120203017 SERKAN TEKMEN

120203021 LEVENT AKIN

IZTECH

2008

İÇİNDEKİLER

<i>TABLO LİSTESİ</i>	4
<i>ÖZET</i>	5
<i>1. GİRİŞ</i>	6
<i>2. TASARIM SÜRECİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR</i>	8
<i>3. KULLANILAN EKİPMANLAR</i>	10
<i>3.1. PALETLER</i>	10
<i>3.2. ELEKTRONİK KART</i>	11
<i>3.3. KAMERA ve LAZER</i>	11
<i>4. DARBE DAYANIMI ANALİZİ</i>	12
<i>5. MOTOR SEÇİMİ HESAPLARI</i>	14
<i>5.1. RAMPA TIRMANMADA GEREKLİ OLAN TORK</i>	14
<i>5.2. KALKIŞ İÇİN GEREKLİ OLAN MİNİMUM TORK</i>	17
<i>5.3. ENGEL AŞMA</i>	19
<i>5.4. MOTOR SEÇİMİ</i>	20
<i>6. BATARYA HESABI</i>	21
<i>7. SERVO MOTOR SEÇİMİ</i>	22
<i>8. ROBOTUN YOL ALABİLECEĞİ MAKSİMUM EĞİMLİ YOL</i>	23
<i>9. HACİM KAPASİTESİ</i>	24
<i>10. SONUÇ</i>	25
<i>11. REFERANSLAR</i>	26
<i>ROBOTUN ÖZELLİKLERİ</i>	27

TABLO LİSTESİ

<i>Tablo 1.1. Limitasyon Tablosu</i>	6
<i>Tablo 1.2. Değiştirilmiş Parçalar</i>	7
<i>Tablo 1.3. Eklenen Parçalar</i>	7
<i>Tablo 1.4. Var olan Parçalar</i>	7
<i>Tablo 5.1. Hava Sürtünme Katsayısı değer tablosu</i>	16
<i>Tablo 6.1. Çalışma süresine bağlı olan çalışma yüzdeleri</i>	21
<i>Tablo 9.1. Kaplamanın ve parçaların kapladığı hacimler</i>	24

ÖZET

Tasarımı daha önceden yapılmış olan kurtarma robotunun darbeden, sudan ve tozdan etkilenmemesi için çalışılmıştır. Paletli bir mekanizma özelliğine sahip olan aracın kaplanması ve istenilen statik değerlerinin artırılması amaçlanmıştır. Dizayn edilecek robotun belirli bir yükseklikten düştüğünde hiçbir robot bileşeninin (kamera, lazer, şaft, bağlantı noktaları) mekanik olarak zarar görmesi gibi problemlere çözüm aranmıştır. Tüm bu sorunların giderilmeye çalışılma aşamasında robotun bazı parçalarında malzeme değişimi, kaplama eklenmesi ve boyutlarının izin verilen sınırlar içerisinde artırma gibi yollar izlenmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: *kurtarma robotu, kaplama, darbe dayanımı, kamera*

1. GİRİŞ:

Kurtarma robotları, son yıllarda genel kabul görmüş hayati önem taşıyan araçlar haline gelmiştir. Ancak bu robot dizaynlarının etkinliği birçok faktöre bağlı olarak sınırlanmıştır. Bu çalışmada da aşılması gereken problemler suya dayanıklılık, toza dayanıklılık ve darbeye karşı dayanımdır. Dizaynı geliştirilmeye çalışılan robotun istenen özellikleri; belli yükseklikten düşmesi halinde darbe dayanımı yüksek olması ve iç aksamının toz, su gibi olumsuzluklardan korunması ve aynı zamanda istenilen hareket kabiliyetine sahip olmasıdır. Robotun sahip olacağı özellikler amaca uygun bir özgün tasarım içermelidir. Robotun 3 metre yükseklikten düştükten sonra mekanik sisteminin zarar görmemesi ve hızının 5 km/saat olması öncelikli şartlardandır.

Bu proje dizayn edilmeye çalışılan mobil robot platformunun yüksek darbe kuvvetine dayanımı, tozlu ve çakıllı ortamda hareketi, suya karşı yalıtımı sağlama çalışmasını içermektedir. Bunlara ilave olarak belirlenen eğimli bir yolda ilerleyebilmesi amaçlanmıştır.

Dizaynı yapılacak varolan robotun isteğe bağlı olarak limitlendirilmiş olup bu limitasyon aşağıdaki tabloda olduğu gibidir:

TERİMLER	ÖZELLİKLER
DÜŞME YÜKSEKLİĞİ	3 METRE
MAKSİMUM AĞIRLIK	5 KİLOGRAM
MAKSİMUM TAŞINACAK YÜK	3 KİLOGRAM
BOYUT SINIRLAMASI	±% 10
HIZ	5 KM/H
TIRMANMA AÇISI	30°
ÇALIŞMA SÜRESİ	4 SAAT

Tablo 1.1 Limitasyon Tablosu

Dizayn işleminde oluşturulan, var olan ve değiştirilen parçalar ile ilgili özelliklerin gösterildiği tablolar aşağıdaki gibidir:

PARÇA	ADET	MATERYAL	BOYUT(ÇAP/BOY)mm	AĞIRLIK(gr)	TORK (Nm)	AKIM (amper)	VOLTAJ (volt)
TEKER	6	DELRİN	Ø110,25 mm	337	-	-	-
AKS	3	PASLANMAZ ÇELİK	Ø15,190 mm	264	-	-	-

Tablo 1.2. Değiştirilmiş parçalar

PARÇA	ADET	MATERYAL	BOYUT(Y/E/B)mm	AĞIRLIK(gr)	TORK (Nm)	AKIM (amper)	VOLTAJ (volt)
KAPLAMA	-	DELRİN	80x122x300	388	-	-	-
DC MOTOR	3	-	42.3x33.9x48	340	0,33	0.4	12
SERVO MOTOR	1	-	30x10x34	24	0,3	-	4.8-6
KONTROL PANELİ	1	-	60x100x30	100	-	1	6
KAMERA	1	-	32x32x30	46	-	0.03	6-12
LAZER	1	-	20x10x45	85	-	0.1	12-24
BATARYA	2	-	12x76x130	196	-	-	7,4

Tablo 1.3. Eklenen Parçalar

PARÇA	ADET	MATERYAL	BOYUT(Y/E/B)mm	AĞIRLIK(gr)	TORK (Nm)	AKIM (amper)	VOLTAJ (volt)
ÖN KENARLIK	2	Alüminyum	39*3*255	82	-	-	-
ARKA KENARLIK	2	Alüminyum	39*3*180	58	-	-	-
DESTEK PARÇASI	5	Alüminyum	Ø12,100	31	-	-	-

Tablo 1.4. Var olan Parçalar

2. TASARIM SÜRECİNDE DİKKAT EDİLMESİ GEREKEN HUSUSLAR:

Robotik, mekanik sistemlerdeki ana amaç robotun hareketinin kontrol edilebilmesidir. Herhangi bir amaç için oluşturulacak bir robotun tasarımına başlarken öncelikle yapılacak işlerin takip sırasının oluşturulması gereklidir. Bu yüzden, öncelikle dizaynda gözüken ana noktaların tespiti yapılmalı ve dizayn planı ortaya çıkarılmalıdır. Dizayn yapımında belirli bir akış şeması vardır. Ayrıca bu şemayı oluşturmak için de takip edilmesi gereken aşamalar bulunur. Öncelikle, dizayn konusunda tespit edilen konunun araştırması yapılmalıdır, sonrasında yapmakta olduğumuz tasarımın akademik ve sosyal yönlerdeki durumu ele alınmalı ve daha önceden tasarlanmış, projeye paralellikler barındıran tasarımlar incelenmelidir. Tüm bu araştırmaların ardından, önümüzdeki problemin çözümünün nasıl olabileceğini düşünmek ve araştırmak gerekir. Bu araştırmaları yaparken zaman sınırlamasının önemi ortaya çıkar; hangi zamanda, neyi yapmamız gerektiğini bilmek motivasyonun yüksek seviyede kalmasını sağlar. Bu basamakların ardından tüm spesifik işlemler yapılmalı ve dizaynın çizime aktarılması gereklidir. Çizim, dizaynın en önemli parçasıdır. Gerekli hesaplamalar ile kaba çizimin sonrasında yapılacak birleştirme işlemi, artık parça çizimine geçilebileceğini belirtir. Parça çizimi ve şeklin montajlı halinin yapılması sonrasında istenirse üretime geçilecektir. Bu akış tam anlamıyla bir tasarımın basamaklarını oluşturmaktadır. Tasarımın fonksiyonel gerekliliklerindeki denge, mukavemet, kuvvet akışları gerçekten dizaynın doğru bir şekilde ilerlemesini etkileyen ana etmenlerdir. Dizaynı yapacak olan kişilerin, üretim işlemlerinde oluşacak problemleri tahmin etmesi ve buna bağlı olarak uygun malzeme seçimi yapması gerekmektedir. Dizayn sırasında yapılan hesaplarda toleransların hesaplamaya dâhil edilmesi, oluşturulan üründe dizaynın üretimini düşündüren ana etmen haline gelmesindeki önemli faktörlerden biridir. Tasarımı yapılan robotun iki etmene göre farklı bakış açıları oluşturduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Tasarımı yapan kişi ile kullanacak olan kişi için tasarımın ayrı önemleri vardır. Dizaynı oluşturan kişi için tasarım, montaj ne kadar önemli ise dizaynı yapılan robotun kullanılabilirliği ve maliyeti bir o kadar önemlidir.

Dizayn esnasında süreç içersinde dikkat edilecek diğer bir hususta dizaynı yapılan robotun üzerindeki yapılacak değişikliklerle avantajların yanı sıra dezavantajların da olacağıdır. Üzerinde çalışılan robotun elektronik aksamının, motorların ya da diğer parçaların neden bulunması gerektiği ve nasıl daha fazla verim elde edilebileceği düşünülmesi gereken unsurlar arasındadır. Robot dizayn sürecinde hareketli parçalar ile sabit parçalar ayırımında ve

bunların fonksiyonları iyi anlaşılmalıdır. Sabit ve hareketli parçalardan hangilerinin fonksiyonlarına bağlı olarak daha fazla zorlanacağını ya da bağlantıyı sağlayan parçaların nasıl bir kuvvete maruz kalacakları ve kırılmaması gerekliliğinin bilinmesi unutulmamalıdır. Tüm bu durumları doğrudan etkileyen faktör beklide malzeme seçimi ve boyutlarıdır. Malzeme seçiminde ve boyutlara karar aşamasında önceden tespit edilmesi gereken en önemli husus belki de mevcut problemlerin neler ve neden olduğudur. Robotun belirli bir alan içerisinde istenmesi boyutlarda sınırlandırma gerçekleştirmiştir. Hâlihazırda robot çakıllı bir platformda ve belirli yükseklikten serbest düşmeye maruz kaldığında çalışmasını sürdürebilen bir robottur. Mobil özelliğe sahip olan robotun bu aşamada ağırlık da dikkat edilmesi ve üzerinde düşünülmesi gereken hususlar arasındadır. Aracın ağırlığının fazla olması ihtiyaç duyulan enerji miktarını artıracığından ağırlık minimum seviyede tutulmaya çalışılmıştır. Bu amaçla malzeme azaltılması ya da düşük yoğunluklu malzeme seçimi bu seferde aracın daha az mukavemete sahip olması anlamına geleceğinden en uygun şekle sokma işlemi bu devrede önem kazanmıştır. Optimum değerlerinin istenen değerlere yakın olması dizayn edilmeye çalışılan aracın amacına uygun olduğunun ispatıdır. Araçta kullanılan parçaların standart parçalar olması aracın üretimine karar verilmesi durumunda yapımının daha kolay ve hızlı olmasını sağlayacaktır. Aracın ağırlık merkezi de düşünülmesi gereken hususlar arasındadır. Taşınabilirliği olan bu robotun ağırlık merkezini belirleyişimiz robotun serbest düşme esnasında eğilme ve bükülmesine karşı ya da daha farklı sorunlara sebep olmasına ihtimal vermemelidir. Ayrıca ağırlık merkezi tespiti aracın bütünselliğinin artırımı ve atalet momentinin büyüklüğünü de etkileyen faktörlerden biridir. Bunların yanı sıra aracın üzerindeki elektronik aksamında da darbeden etkiyeceğini de unutmamak gerekir. Robotun dizaynı sırasında parçaların üretiminden önce ana hatları belirleyip, gerekli hesaplamalardan sonra küçük detayları şekillendiririz. Bu süreçte malzemelerin neler olduğu ve üretimi hem maliyet hem de kalite bakımından önemlidir.

Robotumuzun yapımı sırasında, robotun atalet hesaplamalarında etkili olan bazı durumlar da göz önünde bulundurulması gerekir. Bunlar; robotun geometrisi, robotun yapıldığı malzemenin yoğunluğu ve parçaların içinde bulunabilecek boşluklardır. Robotumuzun iç kısmından tekerlerin iç kısmına uzanan kamalarda arada kullanılan rulmanların seçimi de gerçekten çok önemlidir. Yanlış rulman seçilmesi durumunda yan kısımlara destek yapılamayabilir, kırılabilir. Rulmanın konacağı yerdeki kuvvetler belirlenip rulman seçiminde bu kuvvetler dikkate alınmalıdır. Robotun dizaynı esnasında kaynak yapılması düşünülen yerlerde kaynağın türüne dikkat edilmelidir. Parçaların olabildiğince

yekpare yapılması daha mantıklıdır. Çünkü yükün taşınacağı bölgelerde kaynak yerlerde statik problemler oluşabilir. Dizayn yapılmaya çalışılan robotta denge çok önemli bir etkidir ve aracın eğim çıkabilmesi için eğimli bölgede durabilmesi bakımından doğrudan alakalıdır. Paletli aracın eğimli bölgeyi çıkabilmesi belirli bir sürüş gücünün olabilmesine bağlıdır. Robotun öne ve arkaya hareketi esnasında kaç derece açıyla inip çıkabileceğinin bilgisi hesaplamalarda önemli bir noktadır. Robot hesaplamalarında bu hesaplar göz önünde bulundurularak şekil oluşturulduğunda boyutlar için alınan referans noktalar çok önemlidir. Alınan referansın noktası ile başka bir noktanın referansının karıştırılması tasarımın yanlış ilerlemesine sebep olabilir. Dizaynı üzerinde çalışılan robot için sağlanması istenen suya, toza ve darbeye karşı dayanım özelliklerinde mevcut halinden gerilemeye gidilmemesine dikkat edilmelidir. Araçta istenen özellikleri sağlama adına satın alınacak parçaları ve üretebilecek parçaları düşünmek avantaj olması bakımından önemlidir. Motor hesaplamalarında tork ve hız parametreleri dikkate alındığında ve kaplamanın montajı sırasında bazı boyutsal problemler oluşabilir. Tüm bunlar dikkate alındığında aracın tek bir bütün olmasına ve robotun özelliklerinin kısıtlanmamasına dikkat edilmelidir.

Robotun dizaynı süresince rulmanların bağlanma şekli ve yönleri ayrı önem taşır. Rulmanlar temelde üç parçadır. Bunlar iç bilezik, dış bilezik ve bilyelerdir. Zamanla aşınan rulmanlarını onarımı yerine yeni bir rulman montajı daha mantıklıdır. Esasında, rulmanın çeşidi olarak sadece bilyeli rulman düşünülmemeli, konik olanlarda göz önünde bulundurulmalıdır. Ancak bizi sınırlandıran bu aşamada maliyet faktörü unutulmamalıdır.

3. KULLANILAN EKİPMANLAR:

3.1. PALETLER:

Tasarımı yapılan robotun ön kısmında, aynı tarafta bulunan iki tekerin bağlantılarını sağlayan ve arka kısmında bulunan tekerleklerin hareketini kolaylaştıran paletler bulunmaktadır. Paletler 1mm kalınlığa ve 20mm genişliğe sahiptir, paletlerin üzerinde bulunan 4mm çapa sahip turuncu renkte silindirler yerle teması sağlamaktadır. Paletler robotun hareketini kolaylaştırmanın yanı sıra tırmanmayı da sağlar. Robotun paletsiz olması durumunda, robot toprak, taşlı yollarda kolayca ilerleyemeyecek ve tırmanma hareketini gerçekleştiremeyecektir.

Paletleri oluşturan ana madde kauçuktur. Kauçuk kullanılmasının sebebi, kauçuğun sahip olduğu yüksek elastikiyet ve hafif oluşudur.

3.2. ELEKTRONİK KART:

Tasarımı yapılan robotun elektronik kartının kaplama içindeki yeri, orta kısımda bulunup, kaplamanın tavanına yapışık olarak monte edilmiştir. Bu şekilde monte edilmesinin sebebi, destek çubuğunun sözü geçen kısmın hemen altında bulunmasıdır. Robotun elektronik kartı, 60mm genişliğe, 100mm uzunluğa ve 30mm yüksekliğe sahiptir. Elektronik kart 100gr ağırlıktadır. Kart, 6V voltajda çalışmaktadır ve 1 Amper akım çekmektedir.

3.3. KAMERA ve LAZER:

Dizaynı yapılan robotun sahip olacağı, oluşturulan kaplamasının ön kısmını kamera ve lazerin görüş açısını oluşturmak için “*fuset cilica*” camdan yapılmaktadır. Fuset cilica camın Poisson oranı 0.25, mukavemeti yüksek, darbeye karşı güçlü, sıcaklığa dayanıklı, basma mukavemeti 1300 MPa, elastikiyet modülü 70 GPa ve sertliği 550HK’dır.^[1] Fuset silica cam ile hem kamera ve lazere görüş açısı oluşturulacak, hem de robotun belli bir yükseklikten düşmesi durumunda ya da oluşacak bir darbeye karşı olan direncinde bir sorun ile karşılaşılacaktır.

Kamera oluşturmuş olduğumuz kaplamanın ön kısmında, kaplamanın üst yüzeyine bağlanmıştır. Bu tasarımın nedeni, kamera üst yüzeye bağlanmadığı takdirde kameranın ön kısmında bulunan aks ve destek çubuğu robotun ön tarafının görüntülenmesine engel oluşturmasıdır. Kamera, 0-40°C arasındaki sıcaklıklarda çalışmaya duyarlı, ağırlığı 46 gr olan ve 32mm boy, 32mm en ve 30 mm yüksekliğe sahip bir cihazdır. Kamera 6-12 V çalışma aralığında bulunur ve 30mA akım çekmektedir.^[2]

Lazerin oluşturulan kaplamada, kaplamanın alt yüzeyine bağlanmış şekilde robotun yine ön kısmında camdan taramayı yapabilecek şekilde konumlanmıştır. Lazerde görüş açısında bir problem yaşanmadığı için kaplamanın alt kısmına monte edilebilmektedir. Sahip olunan lazer E32-LL66 modelinde olup 45mm uzunluğunda, 20mm derinliğinde ve 10mm enindedir. Lazer 12 ile 24 volt arasında çalışabilmektedir ve çektiği akım miktarı da 10mA’dır. Lazerin yapısında işlemlerin yapılmasını sağlayan akım çekici turuncu renkte bir gösterge, stabiliteyi sağlayan yeşil renkteki akım çekici yapının yanı sıra hassasiyet ayarlayıcı ve seçiciliği sağlayan bir düğme mevcuttur.^[3]

4. DARBE DAYANIMI ANALİZİ:

(ROBOTUN 3 METREDEN YERE DÜŞMESİ)

Projenin asıl konusu olan darbe dayanımı için robota kaplama dizayn edildi. Ancak robotun 3 metreden düştüğünde darbeyi alacak olan kısmı tekerlekleri olacak şekilde ölçülendirme yapıldı. Yeni robota yan profilden bakıldığında 110mm'ye yükseltilmiş olan tekerleklerin hem alttan hem üstten kaplamanın ölçüsünü geçtiği fark edilebilir. Bu şekilde, robot her ne şekilde ve her ne tarafına düşerse düşsün, yere temas edeceği ilk bölge tekerlekleri olacaktır. Tekerleklerin kırılmasını önlemek amacıyla, tekerleklerin şu anki malzeme olan DELRIN'den yapılmasına karar verildi.

Herhangi bir sönümlenme malzemesi kullanılmadığı için yere çarpan tekerlek, üzerine gelen kuvveti tuttuğu parçalara aktaracaktır. Bu parçalar da, tekerleklerin üzerinde döndüğü akslardır. Bu aksların, gelen kuvvete dayanıp dayanmayacağını gösteren parametreler, aksın çapı ve malzemesidir. Robotun şu anda üzerinde bulunan malzemesi çeliktir. Aksların suya, toza dayanıklı olması gerektiği düşünüldüğünde, korozyon dayanımı yüksek olması gerekmektedir. Sonuç olarak paslanmaz çelik kullanımı duruma uygun olmaktadır. Son olarak, robotun düştüğünde tekerleklerine binecek olan kuvvet, paslanmaz çelikten imal edilmiş olan akslara aktarılacak ve kırılmaması için hesaplanması gereken tek parametre aksın çapı olacaktır.

Robot, 3 metreden bırakıldığında enerji korunumu yasasına göre;

$$E_{potansiyel} = E_{kinetik} \quad \rightarrow \quad mgh = \frac{1}{2} mV^2 \quad (4.1.)$$

$$\rightarrow \quad V = \sqrt{2gh} \quad (4.2.)$$

$\rightarrow \quad V = 7.672 \text{ m/s}$ olarak bulunur.

Bir ağırlığın yere düştüğü anda üzerine binen kuvvet aşağıdaki denklemlerle hesaplanır;

$$m \cdot \Delta V = F \cdot \Delta t \quad (4.3.)$$

$$\rightarrow \quad F = \frac{m \cdot \Delta V}{\Delta t} \quad (4.4.)$$

4.3 ve 4.4 numaralı denklemlerde bahsedilen Δt , ağırlığın yere çarptığı andan itibaren, zıplama anına yani hızın sıfır olduğu ana kadar etçisi süredir. ΔV ise, ağırlığın yere çarptığı

anda sahip olduğu hız ile zıplamaya geçtiği an yani sıfır hız ile arasındaki farktır. Δt 'yi 1 milisaniye olarak kabul edilir ve kütle, hız değerleri yerlerine koyulursa; robotun yere çarptığı anda, yerin ona uyguladığı tepki kuvvetini; $F = 61.38 \text{ kN}$ olarak hesaplanır. [4]

$$F_{darbe} = F_x \cos \alpha \hat{i} + F_y \cos \beta \hat{j} + F_z \cos \gamma \hat{k} \quad (4.5.)$$

$\alpha \rightarrow$ x eksenini, şaftın uzunluğu boyunca uzanan eksen

$\beta \rightarrow$ y eksenini, robotun hareket yönü

$\gamma \rightarrow$ z eksenini, robotun hareket yönüne dik olan eksen

Darbe dayanımı analizi yapılırken, robotun 3 metre mesafeden düştüğünde, üzerine gelen kuvveti 3 ayrı şekilde incelenebilir. Çünkü robot yere açıyla düştüğünde, şaftın üzerine gelen kuvvet paylaşılacaktır. Bu da gelebilecek maksimum kuvvetin doğru olarak hesaplanamamasına yol açar. Sonuç olarak maksimum kuvvet eksenlere paralel olarak geldiğinde aksa binen yük o kadar çok olacaktır, bu sebeple robotun düşüşü üç durumda incelenmelidir.

Durum 1:

$$\beta = \gamma = 90^\circ \text{ ve } \alpha = 0^\circ \rightarrow F_x = F_{\max} = 61.38 \text{ kN}$$

Çelik için, $E = 193 \times 10^9 \text{ Pa}$, uzama oranı 40% ve $\sigma = 207 \text{ MPa}$ olarak alınır[5] ve denklem 4.7 de yerlerine konulursa;

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (4.6.)$$

$$\rightarrow \sigma = \frac{F}{\pi \frac{d^2}{4}} \quad (4.7.)$$

F, üç şaft arasında paylaşılacaktır. Sonuç olarak her şafta düşen maksimum kuvvet;

$$F_{\max} = \frac{F}{3} \rightarrow F_{\max} = 20.46 \text{ kN}$$

$$\frac{F_{\max}}{\pi \frac{d^2}{4}} = 207 \times 10^6 \rightarrow \boxed{d = 11.2 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

Durum 2:

$$\alpha = \gamma = 90^\circ \text{ ve } \beta = 0^\circ$$

Bu durumda iki tekerlek aynı anda yere çarpacaktır ve toplam kuvveti paylaşacaklardır. Eğer, $0 < \beta < 1^\circ$ aralığında olursa toplam kuvvet tek tekerleğe binecektir, bu da, shaft çapı için sınırlayan maksimum değerdir.

$$\text{Young modülü } E = 193 \times 10^9 \text{ Pa} \quad \rightarrow \quad \frac{\text{stress}}{\text{strain}} = \frac{F/A}{\Delta L/L} \quad (4.8.)$$

$$193 \times 10^9 = \frac{61.38 \times 10^3 / \frac{\pi \cdot d^2}{4}}{0.4} \quad \rightarrow \quad \boxed{d = 1 \times 10^{-3} \text{ m}}$$

Durum 3:

3. Durum, 2. Durumun aynısıdır. Çünkü sadece kuvvetin yönü değişmektedir. 2. durumda önden gelen kuvvet, 3. durumda tekere alttan gelmektedir. Sonuç olarak gerekli olan çap büyüklüğü 2. durumda bulunanın aynısıdır. [6]

Sonuç olarak, aksın üzerine binen kuvvetlere dayanabilmesi için çapı 15 mm olarak tasarlanmıştır.

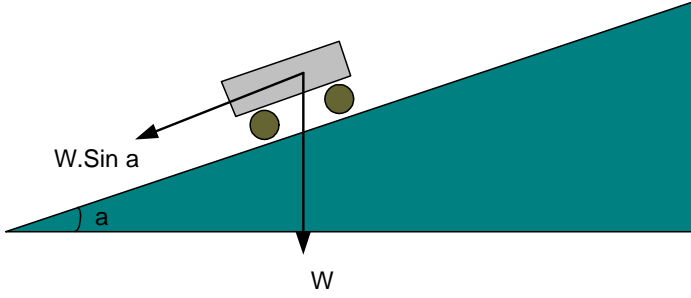
5. MOTOR SEÇİMİ HESAPLARI:

Motor seçimini yapabilmek için öncelikle aracın düz yoldaki kalkışı için gerekli torku, rampada yol alırken gereken torku ve duvara tırmanma durumunda sahip olunması gereken torku hesaplamak gerekmektedir. Motorun sahip olacağı tork bu torklardan en büyüğünü sağlayabilecek kapasitede olması gerekmektedir.

5.1. RAMPA TIRMANMADA GEREKLİ OLAN TORK:

$$\sum F = 0 \quad \rightarrow \quad \sum F_x = F - f_s N - mg \cdot \sin 30^\circ = 0 \quad (5.1.)$$

$$\rightarrow \quad \sum F_y = N - mg \cdot \cos 30^\circ = 0 \quad (5.2.)$$



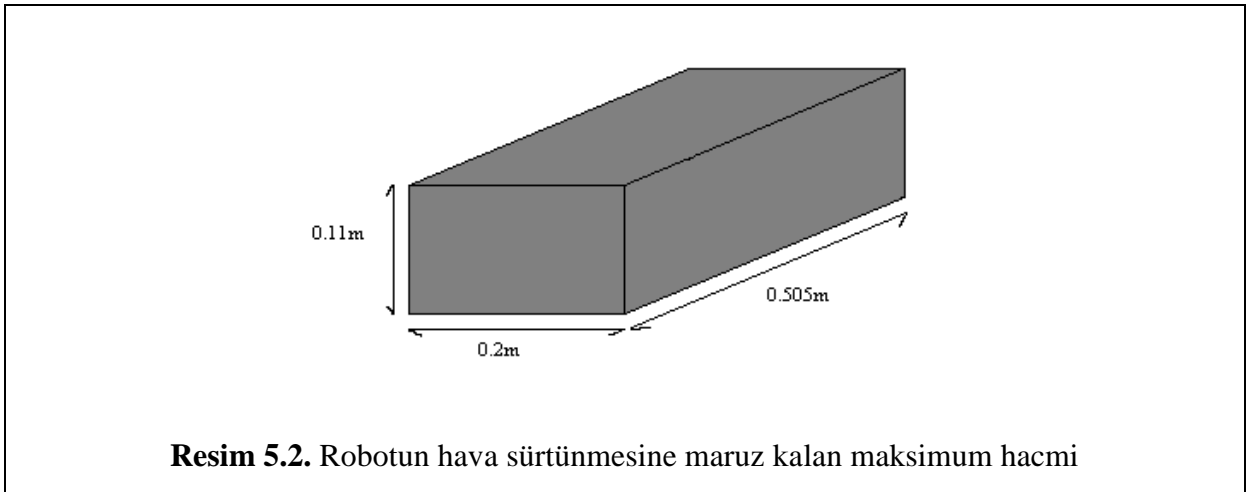
Beton için sürtünme katsayısı 0.7, tahta yüzeyin sürtünme katsayısı 0.2 olarak alınabilir. Robotu 30° eğimli rampaya çıkaran en küçük kuvveti bulmak için, sürtünme katsayısı 0.2 alınıp denklem 5.1. ve 5.2. birlikte çözümlene yapılırsa;

Resim 5.1. Rampadaki robotun temsili resmi.

$$\sum F_x = F - f_s mg \cos 30^\circ - mg \cdot \sin 30^\circ = 0 \quad \rightarrow \quad F = 52.833N \text{ olarak bulunur.}$$

Belirli bir hızla rampaya giren robotun aynı hızla rampayı tırmanmaya devam edeceği varsayılırsa; motorların yenmesi gereken üç kuvvet vardır. Sürtünme kuvveti, açıdan dolayı oluşan ağırlığın yola paralel olan kuvveti ve hava sürtünmesidir. Bu nedenle, yukarıda bulunan kuvvete hava direncini de eklemek gerekir. Hava direnci ise şu yöntemlerle hesaplanabilir;

Tasarlanan robotun şeklini kabaca dikdörtgenler prizması olarak kabul edilirse;



Resim 5.2. Robotun hava sürtünmesine maruz kalan maksimum hacmi

Burnu düzlem olan cisimlerin hava sürtünme katsayıları hesaplanırken Tablo 5.1. kullanılır; [7]

L/H	0.1	0.4	0.7	1.2	2.0	2.5	3.0	6.0
C_D	1.7	2.3	2.7	2.1	1.8	1.4	1.3	0.9

Tablo 5.1. Hava sürtünme katsayısı değer tablosu

Tasarlanan robotta $L = 0.505\text{m}$, $H = 0.11\text{m}$ olarak alınırsa L/H oranı 4.59 olarak bulunur. Tablo kullanılarak interpolasyon sonucu hava sürtünme katsayısı (C_D) 0.975 hesaplanır. Reynolds sayısının da hesabıyla robotun üzerinden geçen havanın türbülans olduğu ortaya çıkar, hava sürtünme kuvvetini hesaplarken aşağıdaki formülün (denklem 5.3.) kullanılmasını gerektirir;

$$C_D = \frac{F_D}{\frac{1}{2} \rho U^2 A} \quad (5.3.)$$

Değerler yerine koyulup, formülden F_D çekilirse, $F_D = 0.0254\text{ N}$ olarak hesaplanır.

Bunun sonucunda rampayı çıkarken robota etkiyen kuvvet yukarıda bulunan iki kuvvetin toplamıyla elde edilir, $F_T = 52.8584\text{ N}$ olarak bulunur.

Gerekli olan tork ise denklem 5.4. ile bulunur;

$$T = F_T \cdot r \quad (5.4.)$$

Değerler yerine konulduğunda robotu rampaya çıkaracak olan tork, $T = 2.9072\text{ N.m}$ olarak hesaplanır. Ancak, gerekli olan bu tork üç adet motor tarafından karşılanacağı ve 7:1 diş oranına sahip olacakları için, motor başına düşen gerekli tork 0.138 N.m olarak bulunur.

Motorun çalışma verimliliğinde, ısınmadan dolayı oluşacak azalmayı, hareket eden parçaların sürtünmesinden dolayı meydana gelecek olan kayıpları ve benzeri uygunsuzlukları telafi etmek için hesaplanan gerekli olan minimum tork güvenlik faktörüyle çarpılmalıdır.

Güvenlik faktörü 1.5 olarak alınmıştır. Sonuç olarak, robotun rampayı tırmanması için gerekli olan tork (motor başına 0.138N.m) güvenlik faktörü ile çarpıldığında motor seçimi için gerekli olan minimum tork 0.207 N.m olarak hesaplanmıştır.

5.2. KALKIŞ İÇİN GEREKLİ OLAN MİNİMUM TORK:

$$\tau_{\min} = \tau . A \quad (5.5.)$$

A: Dişli sayılarının farkından dolayı gerekli motor torkundaki azalma oranı

Tekerleklere monte edilmiş dişlilerin, motor şaftının üzerinde bulunan dişliye tork aktarımı yapılmakta ve bu iki dişli arasındaki diş sayısı oran 1/7' dir.

Robotun hızı sıfır iken, robotu olduğu yerden kaldırmada gerekli torku hesaplamak için; belirli bir hızla robotu ivmelendirmekte kullanılan torkun, tekerleklerin ataletini yenmek için gerekli olan ve sürtünme kuvvetini yenmek için gerekli olan torkun bulunması lazımdır.

Öncelikle tekerleklere etkiyen ataleti yenmek için gereken torku bulmak gerekir. Robotun ilk dizaynında tekerleklerin kalınlığı 30mm iken, yeni dizayndaki kalınlık 25mm'ye düşürülmüştür. Kalınlıktaki bu azalma, tekerleklerin ağırlıklarının daha az olmasını dolayısıyla robotun daha hafiflemesini sağlamış, aynı zamanda robotun mukavemetinde bir probleme yol açmamıştır.

Tekerleklerin kütlesi denklem 5.6. ile bulunur;

$$m = \rho . [\pi . r^2 . h] \quad (5.6.)$$

Tekerleklerin yapıldığı madde DELRIN olup özkütlesi 1420 kg/m³'tür.[8] Değerler yerlerine konulduğunda, bir tekerleğin kütlesi 0.337 kg yani 337 gram olarak bulunmaktadır.

Tekerleğin merkezinden geçen eksen etrafında döndürülmesinden dolayı tekerleğin ataleti denklem 5.7. ile hesaplanabilir; .[4]

$$I = \frac{1}{2} m . r^2 \quad (5.7.)$$

Tekerleğin kütlesi 0.337kg, yarıçapı 0.055m olduğu için bu hesabın sonucunda; atalet, 3.025x10⁻³ kgm² olarak bulunmaktadır.

Gerekli açısal ivmenin bulunması dâhilinde bu iki değer ile tekere etkiyen ataleti yenmek için gerekli tork bulunabilir;

$$\text{Açısal ivme } (\alpha); \quad \alpha = a.r \rightarrow \alpha = \left(\frac{V}{t}\right).r \quad (5.8.)$$

Hızı 1.38 m/s, ivmelenme süresini 2 saniye, tekerleğin yarıçapı olan 0.055 m denklem 5.8.de yerlerine koyulursa; açısal ivme 12.545 1/s² olarak bulunur.

Açısal ivme 12.545 1/s², ataletin 3.025x10⁻³ kgm² olması ile birlikte aşağıdaki denklemden (5.9.) gerekli torque hesaplanabilir;

$$\tau_t = I.\alpha \quad (5.9.)$$

Bu hesaplamanın sonucunda; tekerleklerin ataletinin yenilmesi için gerekli tork 6.394x10⁻³ N.m olarak bulunur. Robotun 6 tekere sahip olmasını göz önünde bulundurursak, bu tork, 0.0384N.m olarak hesaplanır.

Daha sonra robotu ivmelendirmek için gerekli tork hesaplanmalıdır. Robotun ivmesi, 2 saniyede ve 1.38m/s hızda, 0.69m/s² olarak hesaplanır. Robotun tekerlek yarıçapı 0.055m olup, aracın kütlesi üzerindeki 3 kg'lık yük ile birlikte 8 kg olarak düşünüldüğünde; ivmelenme için gerekli tork aşağıdaki formülle bulunabilir;

$$\tau_v = m.a.r \quad (5.11)$$

Değerler denklem 5.11.'de yerlerine konulduğunda, ivmelenme için gerekli tork 0.3036N.m olarak hesaplanır.

Bunlara ek olarak, sürtünme kuvvetinin yenilmesi için gereken tork ise sürtünme katsayısının (beton zemini göz önüne alırsak) 0.7, kütlenin 8kg ve tekerlek yarıçapının 0.055m olması durumunda aşağıdaki formülden (denklem 5.12) gerekli tork bulunabilir;

$$\tau_{fs} = f_s.m.g.r \quad (5.12.)$$

Değerler yerlerine konulduğunda; sürtünme kuvvetini yenmek için gerekli tork 3.021N.m olarak hesaplanır.

Toplam torku hesaplamak için ise, yukarıda bulunan işlemler sonucunda bulunan sonuçların toplanması gereklidir.

$$\tau = \tau_t + \tau_v + \tau_{fs} \quad (5.13.)$$

Bu işlemin sonucunda ise gerekli olan tork 3.331 N.m olarak bulunur.

Sonuç olarak, en başta bahsedilen formüle (denklem 5.5.) dönülecek olursa, minimum tork değeri dişli sayılarının farkından dolayı gerekli motor torkundaki azalma oranı (A) ile çarpıldığında motorlardan alınması gerekli olan minimum tork 0.457N.m olarak hesaplanır.

$$\tau_{\min} = 0.457 \text{ N.m}$$

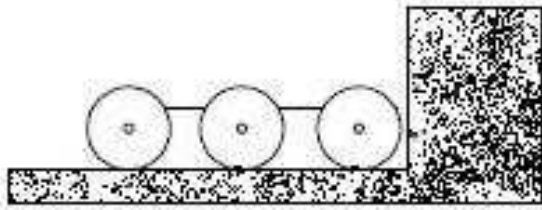
Tasarımda 3 adet motor kullanılacağından, motor başına düşen tork miktarı;

$$\tau_m = 0.152 \text{ N.m olarak bulunur.}$$

Sonuç olarak, robotun durağan pozisyondan kaldırılması için gerekli olan tork (motor başına 0.152N.m) güvenlik faktörü ile çarpıldığında motor seçimi için gerekli olan minimum tork 0.228 N.m olarak hesaplanmıştır.

5.3. ENGEL AŞMA:

Ön tekerlerin engel çıkabilmesi için duvarda sürtünme kuvveti oluşması gerekmektedir. Bu sürtünme kuvveti robotun arkadan itilmesiyle oluşacaktır. Arka kısımda kullandığımız motorun bu kuvveti oluşturulabileceğini düşünelim ve bu kuvveti 5N olarak alalım. Buna göre; duvardaki tepki kuvveti $N = 5N$ olacaktır ve duvarın sürtünme katsayısını 0.7 aldığımızda duvarda oluşacak sürtünme kuvveti $F_s = 3.5N$ olur.



Bu sürtünme kuvveti sayesinde ön tekerler tırmanmaya başladığında, arka motordan gelen kuvvet, tırmanmaya yardım edecektir. Yani, ön tekerler gerekli sürtünme kuvvetini ve ağırlığı kaldırmak için gerekli torku oluşturduğunda, engel aşılmış olacaktır.

Resim 3. Robotun engel karşısında temsili resmi

Ön kısmın ağırlığının tam ortada alırsak ağırlığı kaldırmak için gerekli olan kuvvet

$$F' = \frac{mg}{2} \text{ dir.}$$

$$F = F' + F_s \quad F: \text{Öndeki iki motorun üretmesi gereken kuvvet.} \quad (5.14.)$$

Robotun iki ana parçasının ağırlıklarının 1.5 kg ve 3.5 kg (max. Toplam ağırlık 5kg) olması ve ön tarafta motor, batarya, kamera, anakart, lazer ve kafes ağırlıklarının bulunması ve ayrıca 3 kg'lık ağırlığın ön kısımda bulunması ile toplam ağırlık ön kısımda 6.5 kg'dır.

$$F = \frac{6.5 \times 9.81}{2} + 3.5 \quad \rightarrow \quad F = 35.38 \text{ N}$$

Robotun ön tekerleklerinin engeli aşabilmesi için gerekli torku;

$$\tau = F \cdot r \quad (5.15.)$$

$$\rightarrow \tau = 1.95 \text{ N.m} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Robotun torku 1.95 N.m olarak bulunmuştur ancak ön tekerlerde 2 adet motor kullanıldığı için gerekli olan tork ikiye bölünecektir. Sonuç olarak motor başına düşen tork;

$$\tau' = \frac{\tau}{2} \quad \rightarrow \quad \tau = 0.973 \text{ N.m} \quad \text{olarak bulunur.}$$

Motorların torku tekerlere iletmesi için 1'e 7 oranına sahip (A) iki dişli kullanılmıştır.

$$\tau_m = \tau' \cdot A \quad \rightarrow \quad \tau_m = 0.14 \text{ N.m} \quad \tau_m: \text{Motorların sahip olması gereken tork}$$

Sonuç olarak, robotun önüne çıkan bir engeli kolaylıkla aşması için gerekli olan tork (motor başına 0.14 N.m) güvenlik faktörü ile çarpıldığında motor seçimi için gerekli olan minimum tork 0.21 N.m olarak hesaplanmıştır.

5.4. MOTOR SEÇİMİ:

Yapılan tork hesaplamalarında, motor seçimi için gerekli olan minimum tork göz önünde bulundurulmalıdır. Bu değer, robotu durağan pozisyonundan harekete geçirmek için gerekli tork olarak bulunmuştur. Bu yüzden, motor seçimi yaparken 0.228 N.m torku sağlayabilecek motor seçilmiştir. Ayrıca, seçim yapılırken motorun çekeceği olan akım da önemlidir. Bu akım, aşağıdaki denklem ile bulunabilir. Aşağıdaki denklemde, motorun çekeceği maksimum akım maksimum voltaja göre hesaplanmıştır;

$$P = V \cdot I = T \cdot \omega \quad (5.16)$$

$$\rightarrow 12 \text{ V} \cdot I = 0.138 \cdot \left(\frac{1.38}{0.055} \right) \quad \rightarrow \quad I = 0.209 \text{ A} \text{ Minimum } 0.209 \text{ amperle}$$

çalışabilecek, ağırlığı çok da fazla olmayan ve aynı zamanda 0.228 N.m torka sahip olacak motor, internette yapılan araştırmalarla 42BYGH404 model step motor olarak seçilmiştir

(Resim 4.). Bu motor 0.34kg ağırlığa sahip, 12V gerilimde çalışabilen, çalışırken 0.4 A çeken, 0.33 N.m tork sağlayabilen ve 110°C sıcaklıkta çalışabilen bir motordur. Motor, şaftı dâhil 72mm uzunluğa, 33.84mm genişliğe ve 42.3mm derinliğe sahiptir.



Resim 4. Robotta kullanılan 42BYGH404 model motor

6. BATARYA HESABI:

Motorun çekeceği akım 0.4 amper olması durumu ve 3 motorun kullanılması ile motorlar için 1.2A akım çekilecektir. Elektronik kart için 1 amper, kamera için 30mA ve lazer için 100mA akım çekilmektedir. Seçilecek olan bataryadan toplam çekilecek olan akım, bütün bu akımların toplamı olacaktır ve bu da 2.33A olarak hesaplanır. Bataryanın çalışma süresi 4 saat olarak istenilmektedir. Bataryanın çalışma süresi aşağıdaki formülle hesaplanabilir; [9]

Batarya kapasitesi (C): $C = (Akım \times Çalışma \text{ süresi}) / (Kapasite \text{ çalışma yüzdesi})$

Bu formülde bahsedilen kapasite çalışma yüzdesi de Tablo 6.1.'den bakılarak bulunabilir;

Zaman	Kapasite çalışma yüzdesi
30 dakika	%52
1 saat	%62
2 saat	%74
3 saat	%83
4 saat	%85

Tablo 6.1. Çalışma süresine bağlı olan çalışma yüzdeleri

%85 kapasite çalışma yüzdesi ile 2.33A akım çekilerek 4 saat çalışabilen batarya kapasitesi 10.96 Amper saattir (10.96 Ah). Bu hesaplamalara göre seçilen batarya, Powerizer marka, Customized Li-Ion Battery pack PR-CU-R112 modelinde (Resim 5.) 5Ah akım ve 7.4 V voltaj verebilen bataryadır. Robotta bu bataryalardan birbirine paralel bağlanmış iki adet kullanılması tasarlanmıştır.

Bataryanın 7.4 V'luk gerilimi, voltaj regülatörü ile kullanılan parçalar için gerekli gerilime ayarlanacaktır.

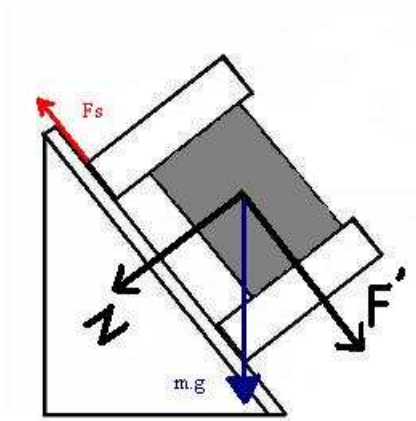


7. SERVO MOTOR SEÇİMİ:

Servo motor iki parça halinde incelenebilen robotun arka kısmının yerden belli bir yüksekliğe kadar yükselmesini sağlayacaktır. Aracın arka kısmının olabileceği maksimum kütlesi 1.5 kilogram olup buna bağlı olarak karşı konulması gereken kuvvet $F = m \cdot g$ formülü ile 14.715 M olarak hesaplanır. Bu kuvvete bağlı tork ise bu kuvvetin servo motorun pervane uzunluğunun yarısı ile yani 0.02 m ile çarpılması sonucu $\tau = F \cdot r$ formülü ile 0.3Nm olarak bulunur. Servo aynı zamanda aracın arka parçasına monte edilecektir. Bulunan servo motor istenilen torku sağlayan ve uygun ebatlara sahip olan Hitec 24 gram HS-125MG Slim wing Metal Gear Rc Wing Servodur.



8. ROBOTUN YOL ALABİLECEĞİ MAKSİMUM EĞİMLİ YOL:



$$F_s = N \cdot f_s$$

$$F_s = mg \cdot \cos \alpha \cdot f_s$$

$$F' = mg \cdot \sin \alpha$$

Resim 7. Eğik düzlemde robota etkiyen kuvvetler

Aracın yola tutunabilmesi için sürtünme kuvvetinin, ağırlıktan dolayı oluşan F' kuvvetine (mg kuvvetinin yola paralel olan bileşke kuvveti) eşit olması gerekmektedir. Buna göre;

$$F_s = F' \quad \rightarrow \quad mg \sin \alpha = mg \cos \alpha \cdot f_s$$

$$\rightarrow \quad \tan \alpha = f_s = 0.7 \Rightarrow \alpha = \tan^{-1} 0.7$$

$$\rightarrow \quad \boxed{\alpha = 34.9^\circ}$$

Sonuç olarak, eğimi 34.9° 'den fazla olan bir yolda tasarlanan robot devrilecek ve yol alamayacaktır.

9. ROBOTUN HACİM KAPASİTESİ:

Kaplamanın boyutları 80x300x122mm olup, iç kısmının boyutları 76x296x118 mm'dir. Bu boyutlardan kaplamanın hacmi 2654528 mm³ olarak hesaplanabilir. Kaplama içinde kamera, lazer, iki tane motor, ana kart ve batarya bulunmaktadır. Bunların hacimleri bulunup, kaplamanın hacminden çıkarıldıktan sonra, bulunan boşluğun hacminin, kaplamanın toplam hacmine oranı hacim kapasitesini verecektir.

PARÇA	BOYUTLAR	ADET	HACİM
Kaplama	76x296x118mm	1	2654528mm ³
Kamera	32x32x32mm	1	30720mm ³
Lazer	45x20x10mm	1	9000mm ³
Motor	42.3x33.84x48mm	2	134417mm ³
Batarya	130x76x24mm	Birleşik 2 tane	237120mm ³
Ana kart	60x130x30mm	1	180000mm ³
Toplam Dolu Hacim			594527mm ³

Tablo 9.1 Kaplamanın ve parçaların kapladığı hacimler

Kaplama içindeki boşluk, kaplamanın bütün hacminden kaplamanın içinde bulunan parçaların hacminin çıkarılmasıyla elde edilir. Boşluğun hacmi;

$$2654528\text{mm}^3 - 594527\text{mm}^3 = 2060270.52 \text{ mm}^3 \text{ olarak bulunur.}$$

Hacim kapasitesi ise aşağıdaki denklemle (denklem 9.1.) kolayca bulunabilir;

$$\text{Hacim kapasitesi} = \frac{V_{\text{boş}}}{V} = \frac{2060270.52}{2654528} = 0.77 \quad (9.1.)$$

Bu işlemler sonucunda hacim kapasitesi %77 olarak hesaplanmıştır.

10. SONUÇ:

Bu çalışmada temel olarak amaçlanan yeni tasarlanmış Kurtarma robotunun teknik ve mekanik özelliklerinin gerçekten istenen kriterlere sahip olmasıdır. Diğer bir deyişle bu özelliklerin ne kadarının gerçekleştirilebildiğidir. Acil durumlarda insan hayatını kurtarması amaçlanan bu tür robotların etkinliği ve hızlılığı insan hayatı için son derece önem arz etmektedir. Dolayısıyla kurtarma robotunun dış etkenlere karşı dayanımı bakımından gerek mekanik özellikleri en kısa sürede insana veya enkaza ulaşması bakımından gerekse dinamik özellikleri acil durumlarda kayıpları minimum seviyede tutması bakımından geliştirilmeye çalışılan parametreler arasındadır.

Hareketli paletli bir platforma sahip olan robot birçok parametre üzerine tasarlanmıştır. Darbe dayanımı ve hareket hızı olarak geliştirilmeye çalışılan robot esas olarak iki ana parçadan oluşmuştur. Bu sayede hareket kabiliyeti farklı motorlar takılarak artırılmaya çalışılmıştır. Düşmeye ve darbeye karşı ise tekerleklerin malzeme seçimi ve destek çubuklarının mekanik özellikleri analiz edilmiştir. Toplam kütle miktarı bu aşamada en önemli parametrelerden bir tanesidir. Toplam kütle hem robotun hareketini hem de çalışma süresini etkileyeceği için mümkün olduğu kadar kütlede kazanılmaya çalışılmıştır.

Robotun elektronik ekipmanları olarak bulunan lazer, kamera ve elektronik kartlar herhangi bir darbeye maruz kaldığında en zayıf dayanıma sahip ya da en hassas olan parçalardır. Dolayısıyla robotun darbeye maruz kaldığı anda bu parçaların korunması robotun işlevini yapması yönüyle en önemli noktadır. Bu sorun elektronik ekipmanların montajının azami ölçüde iyi olmasıyla aşılmaya çalışılmıştır.

REFERANSLAR

- [1] Kalpakjian, Serope, Schmid, Steven R. “Manufacturing Engineering and Technology” Fifth edition, Sayfa 225, Pearson Prentice Hall yayınevi, 2006
- [2] <http://www.elfa.se>
- [3] [http:// www.eu.omron.com](http://www.eu.omron.com)
- [4] Meriam, J.L., Kraige, L.G. “Engineering Mechanics Dynamics” Fourth edition, John Wiley & Sons yayınevi, 1998
- [5] Kalpakjian, Serope, Schmid, Steven R. “Manufacturing Engineering and Technology” Fifth edition, Sayfa 67, Pearson Prentice Hall yayınevi, 2006
- [6] Hibeler, R.C., “Mechanics of Materials” SI Second edition, Pearson Prentice Hall yayınevi, 2005
- [7] White, Frank M., “ Fluid Mechanics” Fifth Edition, sayfa 483
- [8] www2.dupont.com/Plastics/en_US/Products/Delrin/Delrin.html
- [9] himachaldit.nic.in/BatCalculation.pdf

ROBOTUN ÖZELLİKLERİ

BOYUTLAR	110x200x596 mm
ARACIN AĞIRLIĞI	5.257 kg
TAŞINACAK YÜK	3 KG
ÇALIŞMA SÜRESİ	4 SAAT
HIZ	5 KM/H
TIRMANMA AÇISI	30°
DÜŞME YÜKSEKLİĞİ	3 METRE
HACİM KAPASİTESİ	% 77
AĞIRLIK KAPASİTESİ	8 KG MAKS.
GEREKLİ ENERJİ	17 WATT
ARACIN YERDEN YÜKSEKLİĞİ	25 mm
MOTOR SAYISI	3
DAYANIM (IP) ORANI	54
DARBE DAYANIMI(IMPACT)	6