



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HAVA SÜSPANSİYONLU TİCARİ ARAÇLARDA ELEKTRONİK
KONTROLLÜ DÜMENLEMENİN ARAŞTIRILMASI**

Ahmet ADIYAMAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mekatronik Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Ağustos-2019

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Ahmet ADIYAMAN tarafından hazırlanan ‘‘Hava Süspansiyonlu Ticari Araçlarda Elektronik Kontrollü Dmenlemenin Araştırılması’’ adlı tez çalışması 16/08/2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri yeleri

Başkan
Prof. Dr. Mustafa ACAROğLU

Danışman
Prof. Dr. Mustafa ACAROğLU

ye
Prof. Dr. İsmail SARITAş

ye
Dr. Öğretim yesi Fatih AYDIN

İmza


.....

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

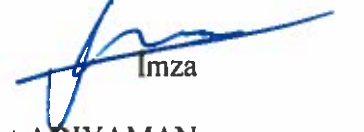
Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



İmza

Ahmet ADIYAMAN

Tarih:

16-08-2019

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAVA SÜSPANSİYONLU TİCARİ ARAÇLARDA ELEKTRONİK KONTROLLÜ DÜMENLEMENİN ARAŞTIRILMASI

Ahmet ADIYAMAN

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Mekatronik Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU

2019, 97 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Prof. Dr. İsmail SARITAŞ
Dr. Öğretim Üyesi Fatih AYDIN**

Bu çalışmada; ticari ve ticari olmayan araçlarda kullanılan dümenleme mekanizmasının Ackermann modeli ile elektronik olarak kontrol edilip edilemeyeceği incelenmiştir.

Çalışma mekaniği Solidworks CAD programında modellenmiş, pratiksel uygulaması gerçekleştirilmiş ve Arduino işlemci kullanılarak step ve DC motorlarla kontrol denemeleri üzerinde çalışılmıştır. Step motorla adım kontrol denemesi üzerinde çalışılırken, dc motor ile zaman ve sensör verileri incelenmiştir.

Çalışma mekaniği denemesi yapılan 3 model için revize edilmiş ve Arduino yazılımı üzerinde yapılan revizyonlarla çalışma tamamlanmıştır. Adım motor kontrolü ve DC motor zaman kontrolü yerine DC motor açı kontrolü sağlanarak yapılan çalışmadan sonuç alınabileceği gözlemlenmiş ve çalışmanın uygulanabilirliği üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: ağır vasıta araçları, elektronik kontrol dümenleme mekanizması, süspansiyon sistemi, Ackermann elektronik uygulaması

ABSTRACT

MS THESIS

**INVESTIGATION OF ELECTRONICALLY CONTROLLED STEERING
SYSTEM IN AIR SUSPENSION EQUIPPED COMMERCIAL VEHICLES**

Ahmet ADIYAMAN

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHATRONICS ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU

2019, 97 Pages

Jury

Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU

Prof. Dr. İsmail SARITAŞ

Dr. Fatih AYDIN

In this study; we research that whether the steering mechanism is used in commercial or non-commercial vehicles can be controlled electronically with the Ackermann model.

The working mechanics were modeled in Solidworks CAD program, practical application was performed and controlled with Arduino processor by using stepper and DC motors. Step control experiment was carried out with step motor, time and sensor analyzed experiment was carried with dc motor.

The study was revised for the 3 models that were tested mechanics and the study was completed with revisions made on Arduino software. Instead of step motor control and DC motor time control, DC motor close circuit control is made possible.

Keywords: heavy vehicles, electronic control steering mechanism, suspension system, Ackermann electronic application

ÖNSÖZ

Günümüzde gelişen endüstrinin de etkisiyle nakliye ve lojistik çok önemli bir hale gelmiştir. Karmaşık, kompleks ve yekpare parçaların kullanımı ve karayollarında hareket edememesi sonucu çok akslı ağır yük taşıyıcı araçlara gereksinim duyulmuştur. Rüzgâr gülü, ekskavatör, büyük şehir trafoları, kazıcı ve delici diğer araçlar gibi hidrolik ve mekanik sistemlerin taşınması karayollarında hareket kabiliyetine sahip araçlarla sağlanmaktadır.

Aks başına düşen yük miktarının asfalta etkisi sonucu her bir aks belirli tonaj ve yük kapasitesiyle sınırlanmaktadır. Tonaj limiti nedeniyle çok akslı araçlara gereksinim duyulmuştur ancak bu da mevcut araçlarda manevra kabiliyetine olumsuz etki göstermektedir.

Bu gereksinim de direksiyonlama mekanizmalarının geliştirilmesine sebep olmuştur. Mevcut hidrolik direksiyonlama mekanizmaları mevcut olmasına karşın bu çalışmada elektronik kontrol mekanizmasının da uygulanabilir olup olmayacağı incelenmiştir.

Gelişen teknolojinin etkisiyle üzerinde uygulanabilir birçok ek donanım imkânı sunabilecek elektronik aks kontrol mekanizmasının uygulanabilirliği tasarlanan bir prototip çalışma ile ortaya konulmaya çalışılmış ve gerekli incelemeler yapılmış, deneysel veri yoluyla alternatif motor seçenekleri üzerinde karşılaştırmalar yapılmıştır.

Beni bu çalışmaya teşvik eden ve yüksek lisans tez çalışmamda bilgi birikimi, tecrübesi koşulsuz desteği ile yol gösteren danışmanım Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU hocama ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Ahmet ADIYAMAN
KONYA-2019

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Süspansiyon Sistemi / Süspansiyon Nedir?	1
1.2. Kaynak Araştırması	3
1.3. Süspansiyon Sistemine Genel Bakış ve Modelleme	19
1.3.1. Akıllı Süspansiyon Sistemi ve Modellenmesi	21
1.4. Süspansiyon Sistemi Elemanları	24
1.4.1. Yaylar	24
1.4.2. Amortisör	33
1.4.3. Denge Çubukları	36
1.4.4. Salıncak Kolları ve Rotiller	37
1.5. Süspansiyon Sistemi Çeşitleri	39
1.5.1. Sabit Süspansiyon Sistemi	39
1.5.2. Bağımsız Süspansiyon Sistemi	40
1.6. Araçlarda Kullanılan Süspansiyon Sistemi	46
1.6.1. Hafif Ticari Araçlarda ve Binek Otomobillerde Kullanılan Süspansiyon Sistemleri ve Kombinasyonu	46
1.6.2. Ağır Vasıtalarda Kullanılan Süspansiyon Sistemi	47
2. MATERYAL VE YÖNTEM.....	50
2.1. Materyal	50
2.1.1. Arduino Mega 2560 R3	50
2.1.2. Arduino Motor Sürücü Shield.....	51
2.1.3. L293D Motor Sürücü entegresi datasheet:	51
2.1.4. Bipolar NEMA 17 200 Adım 2.8V Step Motor.....	52
2.1.5. NEMA 23 200 Adım 3.2V Step Motor.....	52
2.1.6. A4988 Voltaj Regülatörlü Step Motor Sürücü Kartı	53
2.1.7. DC Motor (24 Volt)	54
2.1.8. L298N Voltaj Regülatörlü Çift Motor Sürücü Kartı	54
2.1.9. 5V PC FAN.....	55
2.1.10. Scooter/Kaykay Tekerleği - 84x24mm, Siyah.....	55
2.1.11. Scooter/Kaykay Tekerlekler için 5mm Şaft Adaptörü	55
2.1.12. Pil Yuvası (Barrel Jack Çıkışlı) ve GP GP Ultra 9V Pil.....	56
2.1.13. Taşınabilir Şarj Cihazı (PowerBank) 5200 mAh.....	56
2.1.14. 12 Volt Harici Akü	56
2.1.15. MAS 830L Multimetre	56

2.1.16. Breadboard.....	57
2.1.17. 40 Pinli ve Ayrılabilir Dişli-Erkek M-F Atlama Kablosu	57
2.1.18. Switch	57
2.2. Çalışmanın Amacı.....	57
2.3. Yöntem.....	64
3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	68
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	73
5.1. Sonuçlar	73
5.1.1. Adım Motorlu kontrol düzeneği	73
5.1.2. DC Motorlu kontrol düzeneği.....	75
5.2.Öneriler	77
KAYNAKLAR	79
EKLER	84
EK-1 Elektronik Kontrol Mekanizması Arduino Yazılımı.....	84
ÖZGEÇMİŞ	88

1. GİRİŞ

Günümüzün hemen tüm hava ve kara araçlarında süspansiyon sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemlerin genel mekanik ve eğer mevcut ise elektronik yapısı; maruz kalacağı titreşim seviyesi, göz önünde bulundurulan yükün şiddeti, frekansı ve uygulamanın süresi göz önünde bulundurularak tasarlanır. Süspansiyon sistemlerinin kullanılmasındaki temel amaç sisteme etki eden titreşimleri minimum seviyeye indirmektir.

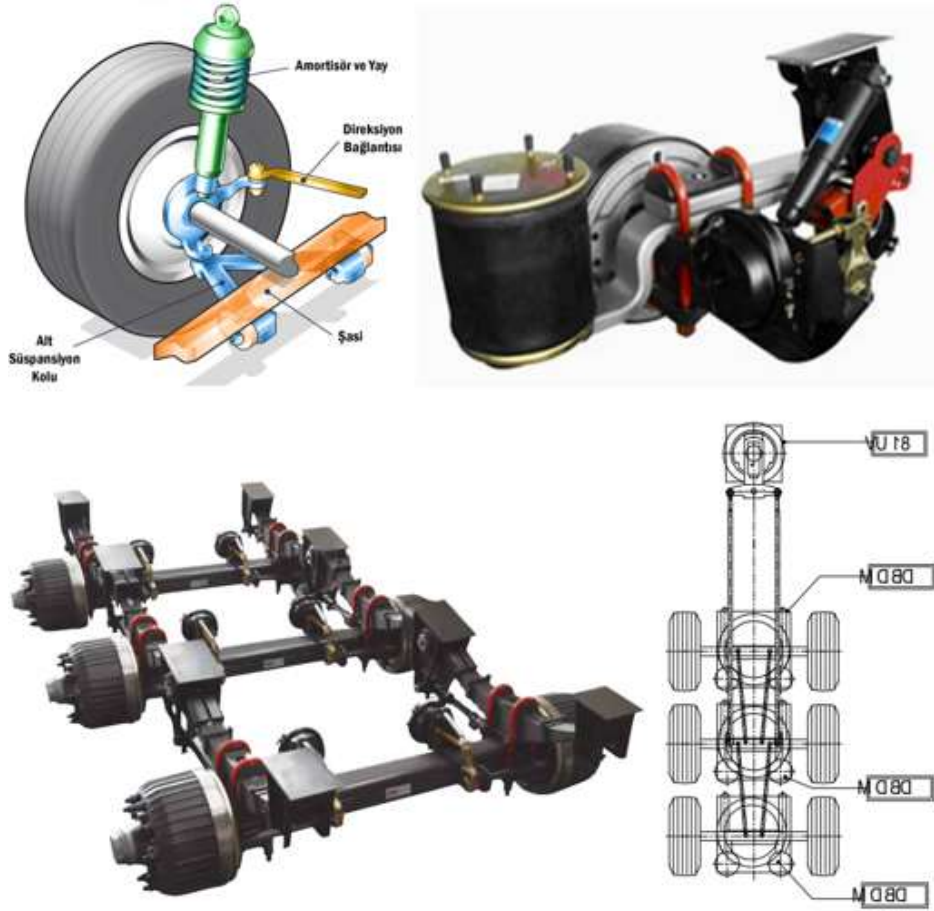
Günümüz kara araçlarında mekanik, hava ve hidrolik süspansiyon sistemleri kullanılmaktadır. Ağır vasıta araçlarının kullanım amacına yönelik olarak bu sistemlerin genel yapısı değişiklik göstermektedir. Titreşim seviyesinin önemli bir faktör olmadığı ağır vasıta araçlarında mekanik süspansiyon sistemi kullanılabilirken, cam ya da elektronik aletler gibi kırılabilir veya hasar görebilecek bir malzeme taşıyan bir araçta hava süspansiyon sisteminin kullanılması önem arz etmektedir. Yükleme koşulları da dikkate alındığında genel mekanik yapının tasarlanması daha da fazla önem taşır.

Bu çalışmada, süspansiyon sistemlerinin genel yapısı incelenmiş, titreşim seviyesine etki eden yapılar araştırılmıştır. Yol sürüş güvenliğinin ve yükleme koşullarının da etki ettiği mekanik yapılar belirlenerek sonuçları ortaya konulmaya çalışılmıştır.

1.1.Süspansiyon Sistemi / Süspansiyon Nedir?

Süspansiyon araçlarda yolun etkisiyle oluşan titreşim seviyesini azaltan bir eleman olmakla beraber, yol ile lastikler arasındaki temas seviyesini maksimum düzeyde tutma işlevini üstlenmektedir. Başka bir deyişle, yol ile lastikler arasındaki sürtünmenin hiç kesilmemesini sağlamayı amaçlar. Bu sürtünmenin, süspansiyon sisteminin ve frenleme sırasında oluşan zıt kuvvetlerin de etkisiyle frenlemeden hızlı tepkinin alınmasını sağlar. Bunun sonucu olarak süspansiyon sistemi aracın yol kontrolü üzerindeki hayati fonksiyonunu üstlenir. Karayollarında çeşitli sebeplerden meydana gelen tümsek ve çukurları da dikkate aldığımızda, süspansiyon sisteminin etkisi daha da önemli bir değişken olmaktadır. Araçlar yüksek hız değerlerine ulaştıklarında, yollardaki çukur ve tümseklerin etkisi, süspansiyon sisteminin verimliliğine olan gereksinimi daha da önemli hale getirmektedir (Elhüseyni, 2006).

Aracın yol tutuş performansının sürüş güvenliği üzerinde önemli etkisi vardır. Aracın yol tutuşu ve yer ile olan bağlantısı birçok ekipmanın senkronize olarak çalışmasıyla sağlanır. Diğer ekipmanlar şaseye belli bir düzen dikkate alınarak bağlanır. Bu ekipmanlar direksiyon sistemi elemanları, süspansiyon sisteminin parçaları, fren sistemi ve yürüyen aksamın donanımları olarak örneklenebilir. Süspansiyon sistemi aracın ağırlığını taşımakla beraber lastiklerin yola olan tutuşunu da sağlar. Bir önceki paragrafta açıklandığı üzere bu fonksiyon hayati bir önem olarak görülür. Süspansiyon sisteminin fonksiyonel olarak görevlerini eksik yerini getirmesi, aracın aktif güvenliği, aracın dengesi ve sürüş konforu üzerinde önemli rol üstlenir.



Şekil 1.1 Genel Süspansiyon Sistemleri

Şekil 1.1.'de çeşitli tip araçların süspansiyon sistemleri birkaç örnekle gösterilmiştir. Bu sistemlerin görevleri ve önemi şunlardır (Elhüseyni, 2006);

- Yol yüzeyinde bulunan çukur, tümsek ve bunun gibi etkenler nedeniyle ortaya çıkan titreşimleri, ani şokları ve salınımları sönmümler ya da yumuşatır.

Süspansiyon sisteminin bu fonksiyonu sürüş güvenliği ile konforunu sağlar ve aynı zamanda şasi ile kaportanın da korunumunu sağlar,

- Lastikler ile birlikte çalışarak (yol ile maksimum teması sağlayarak), oluşan sürtünme kuvvetlerinin de etkisi ile sürüş ve fren kuvvetlerini araç gövdesine aktarır,
- Tekerlekler ve yol arasındaki maksimum temas seviyesini koruyarak, daha güvenli bir dönüş sağlar.
- Aksların üzerine yerleştirilen süspansiyon sistemi, araç gövdesini taşıyıcı ve gövde ile tekerlekler arasındaki geometrik ilişkiyi sağlar.

1.2. Kaynak Araştırması

Kaynak araştırması yazarların soyadına göre alfabetik olarak verilmiştir.

Acar (2013) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, mekanik süspansiyonlu araçlarda otomatik dingil indirme sistemi ve bu sistemin altyapısının etkilerini incelemiştir. Karayollarında seyir eden tonajlı araçların, sürücünün inisiyatifinde kaldırılmış dingil ile hareketiyle oluşan ve oluşabilecek etkileri ortaya koymuş, dengesiz yükün oluşturabileceği etkileri incelemiş ve otomatik dingil indirme sisteminin gerekliliği üzerinde durmuştur. Havalı süspansiyon sistemli araçlarda kolaylıkla uygulanabilirliği üzerinde durulmuş, yaprak yaylı mekanik süspansiyonlu yapılarda tonajın ve dayanıklılığın artmasından dolayı bu sistemlerde de kullanılabilirliği ortaya konmuştur. Türkiye’de mekanik süspansiyon araç kullanımı yaygın olduğundan, bu tür araçlarda da hayata geçirilmesinin hem ticari hem de stratejik açıdan önemi vurgulanmıştır. 8x2S dingil düzenine prototip bir çalışma yapılarak hem teorik hem de pratik araştırma uygulaması yapılmıştır.

Akgümüş (2015) çalışmasında yaprak yaylı süspansiyon sistemleri üzerinde çalışmıştır. Bu tip süspansiyon sistemlerindeki yaprak yay donanımlarının çalışma prensiplerini, yapısal özelliklerini ve yaprak yayların görevlerini açıklamıştır. Yaprak yay çeşitlerini, yaprak yayların yapısını, özelliklerini, kullanılan malzemeleri, yapılarını ve taşıtlara montajı için kullanılan donanımları incelemiştir. Çalışmasında tasarlamış olduğu hava körüğü makasının (Yeni Z makas modeli) benzer hava körüklerine göre daha dayanıklı olduğunu ortaya koymuş, daha fazla sehim miktarına sahip ve ömür bakımından daha uzun çevrimleri sağlayan hava körüğü yaprak yayı üretilmesi için adım atmıştır.

Albak (2014) süspansiyon sistemi parametrelerinin araçların sürüş konforuna olan etkilerini incelemiştir. Ayrıca sürüş konforu için değiştirilen parametrelerin, araç şasi yüksekliği ve kafa vurma açısına olan etkilerini incelemiştir. İncelemelerinde sürüş konfor analizlerinde süspansiyon parametrelerini değiştirmiş, aracın sürüş konforuna etkisi ve sonrasında bu değişimlerin ISO Lane Change ve ivmelenme analizleriyle şasi yüksekliğine ve kafa vurma açısına olan etkilerini gözlemlemiştir. Binek araç için sürüş konfor analiz sonuçları incelendiğinde yaylardaki değişim miktarının damperlere oranla daha etkili olduğunu ortaya koymuştur. Analiz sonuçlarına göre ön ve arka süspansiyon sistemine ait unsurları aynı anda değiştirmenin, ön ya da arka süspansiyon parametrelerinden sadece birini değiştirme ile farklı sonuçlar verdiğini gözlemlemiştir. Analiz sonuçlarına göre damper katsayılarında yapılan değişikliklerin binek araç içinde Formula SAE aracı içinde yol tutuş değerlerinde önemli bir değişikliğe neden olmadığı görülmüştür. Kafa vurma açısında ve şasi yüksekliğine yaylarda yapılan değişikliklerin daha etkili olduğu ortaya çıkmıştır. Yay katsayılarını düşürmek beklendiği üzere şasi yüksekliğini düşürmekte, yay katsayılarını arttırmak ise şasi yüksekliğini arttırmaktadır. Kafa vurma açısı incelendiğinde ise ön yay ve arka yay katsayılarında yapılan değişiklikler ters önlü etki yapmaktadır. Arka yay katsayısı %10 oranında artırıldığında daha az bir kafa vurma hareketi olurken, ön yay katsayısı artırıldığında ise daha fazla kafa vurma açısına ulaşıldığı saptanmıştır. Benzer şekilde arka yay katsayılarını azaltmak kafa vurma açısını artırırken, ön yay katsayısını azaltmak ise kafa vurma açısını azaltmaktadır.

Ateş (2016) yapmış olduğu araştırmasında, gürültüyü önleyen süspansiyon yapısının yanı sıra sönümleyici eleman etkisi gören lastik ve lastiğin yapısı üzerinde durmuştur. Aracın yerle temas eden ilk komponenti olan lastiğin; araca yoldaki gürültüleri ileten ilk bileşen olduğunu ve taşıt dinamiği analizleri açısından büyük öneme sahip olduğunu vurgulamıştır. Lastiğin matematiksel olarak modellenmesi zor bir yapı olduğundan, deneysel verilerden elde edilen veriler yardımı ile MATLAB üzerinde modellemesini gerçekleştirmiş ve matematiksel model değerlendirmesi yapmıştır. Bu matematiksel model değerlendirmesi ile yol girdilerinin %90 yakınsanarak incelenebileceği bir çalışmanın alt yapısını ortaya koymuştur.

Bauer (2011) hydropneumatic suspension systems isimli kitabında süspansiyon sistemlerini, süspansiyon sistemi yapılarını, şemalarını, matematiksel modellerini ve örneklemelerini detaylı olarak incelemiştir. Süspansiyon sistemlerini pnömatik ve hidro-pnömatik olarak incelemiştir. Bu sistemlerin komponentlerini de detaylı olarak çalışma

içeriğinde sunmuştur. Hidroprnömomatik sistemlerde genellikle hidrolik yağ hava basınç yastığını sıkıştırılmaktadır. Sistem modellemelerini detaylı olarak kitabında sunmuştur.

Bayır (2010) çalışmasında aktif süspansiyon sistemlerine önem vermiş, servo kontrollü bir mekanizma üzerinde çalışmıştır. Hidrolik valfler, hidrolik amortisörler, yayalar gibi ekipmanların yerine çalışmasında krank hareketini kontrol eden bir servo motora yer vermiştir. Çeyrek taşıt modelinde, bir enkoder ve yükseklik ölçümü için bir lazer mesafe ölçümü yapmıştır. Bir kontrolörde, bir kontrolörde işlenip, servo motora uygun pozisyon bilgisi, çeyrek taşıt modelinin, yoldaki kasıtlara uyumlu bir tepki vermesi incelenmiştir. Bu ayar modeli ile kasislerde servo kontrol ettirilmiştir. Çalışma sonucunda; servo kontrollü bir süspansiyonun gerçek otomobillerde kullanımının hem üretim maliyetinde ciddi bir artışa hem de araç motorundan en az 20kW (27Hp) güç kullanımına neden olacaktır. Bu nedenle bu çalışma ancak lüks otomobillerde konfor ve güvenlik artışını sağlamak için kullanılabileceği kararına varılmıştır.

Bendix (2009) araştırmasında havalı frenleri, hava süspansiyon ve yapısını ve havalı fren komponentlerini incelemiştir. Hava beslemesini, süspansiyondaki imdatlı fren ve imdatsız fren komponent yapılarını, park fren yapısını, acil durum beslemesini ve havalı süspansiyondaki genel frenleme yapısını incelemiştir. Havalı süspansiyon donanımında kullanılan fren yapısı ve komponentleri üzerinde durmuştur. Bu komponentleri valf yapısı ve hava basıncı içeriği ve hava bağlantısı ilişkisi içinde incelemiştir.

BPW (2014) yapmış olduğu çalışmada, hava süspansiyon sistemi donanımını, bu donanımların bağlantı şekillerini, standartlarını ve gereksinimlerini incelemiştir. Üretmiş olduğu aks mekanizmalarında kullandığı ağır tip amortisör çalışması üzerinde durmuştur. Buna ilave olarak tüm süspansiyon donanımının sökülebilir modüler yapısı incelenmiştir.

Breeman (Erişim Tarihi: 24.02.2018) yapmış olduğu çalışmada süspansiyon sistemleri ve dümenleme mekanizmalarını incelemiştir. Bağımsız hidrolik süspansiyon seçeneği ve bu süspansiyon sistemlerinin kombinasyonları üzerinde çalışmıştır. Römork, bir uzaktan kumanda ile yönlendirilebilir ve bir konfigürasyon değiştirildikten sonra bujiler otomatik olarak deve boynuna hizalanır. Özellikle direksiyonlama sistemlerinde şu seçenekleri incelemektedir; mekanik dümenleme, hidrolik dümenleme, elektriksel dümenleme, hidrolik süspansiyon kombinasyonlarına çalışmıştır ve çalışmaya devam etmektedir. Bu çalışmaya ilave olarak Konya sanayisinde bu araştırmanın uygulaması yapılmakta ve Türkiye'nin birçok noktasında bu çalışmaların hayata geçirilmiş yansımaları gözlemlenebilmektedir.

Course Navedtra (2010), askeri kuruluş çalışmasıdır ve çalışmalarında; çekicilerin süspansiyon yapısı, genel çekici ve ekipman komponentleri yapısı üzerinde durmuştur. Tüm dorsenin komponentleri, taşıma kapasiteleri, genel platform yapıları, süspansiyon sisteminin bağlantı elemanlarını, soket yapılarını, standartlarını ele almıştır.

Çakan (2013) çalışmasında, araç sürüş konforu ve sürüş güvenliğinin sağlanması açısından önemli etkilerden biri olan araç titreşimini sönmek için aktif kontrolün sağlanması ve bunun için gerekli olan doğrusal eyleyicinin kullanıldığı bir yöntem üzerinde çalışmıştır. Çeyrek araç modelini kullanıp; geliştirmiş olduğu matematiksel denklemlerle transfer fonksiyonu ve durum uzay modelini ele alarak, sistemin frekans cevabı, kök-yer eğrisi ve routh dizisi elde edilip sistemin kararlılığını incelemiştir. Çalışmasında Matlab/SIMULINK ve Adams yazılımlarından elde ettiği simülasyon sonuçlarını karşılaştırarak kullanmış olduğu yazılımların aktif titreşim kontrolünde kullanılabilirliğini değerlendirmiştir. Kullanmış olduğu kontrolcüye oranla, daha farklı kontrolcüler geliştirilerek yapay sinir ağı tabanlı bulanık mantık kontrolcü ve hibrid kontrolcüler kullanılır ise gerçeğe daha yakın ve daha stabil sonuçlar elde edilebileceğini önermiştir.

DAF (Erişim Tarihi: 03.03.2018); çalışmasında elektronik kontrollü hava süspansiyon donanımını incelemiştir. İncelemiş olduğu temel alan çekicilerde kullanılan havalı süspansiyon sistemi donanımdır. Bobinlerle kumanda kontrollü olarak kontrol edilen hava akışı ve bu akışın ortaya koydu hava basıncı ile şasi yüksekliğini, arka ve ön süspansiyon denge durumu kontrol edilebilmiştir. Buna oranla geliştirilen ECAS sistemi, çekicinin özellikle hareket esnasında ve virajlarda sensörler aracılığı ile ölçmüş olduğu havayı kullanarak; yükün dengesini sağlamak için otomatik frenleme ve süspansiyon körüklerindeki hava basınç seviyesini kontrol eder. Süspansiyon körüğündeki azalan hava, yük mukavemetini arttırdığı gibi aracın denge ve yük dağılımının da daha kontrollü olmasını sağlar. Aynı zamanda basınçlardaki değişim oranı ile de çekicinin her aks başındaki ortalama yükün değeri tahmin edilip bir ekran aracılığı ile de görüntülenmesi sağlanabilir. Tüm hava akışı ECU tarafınca kontrol edilir.

Davis ve Sack. (2004), araştırmasında ağır vasıta araçların hava tesisatında standart olmayan yaklaşımlı bir uygulamanın dingilden gövdeye etki eden kuvvetlerin değişebileceği üzerinde çalışmıştır. Çalışmasının amacı, "Haire Süspansiyon Sistemi" ile donatılmış iki ağır taşıt üzerinde gerçekleştirilen test metodolojisini ve sonuçlarını açıklamaktır. Bunu yaparken, deneysel yöntemler tanımlamış, "Haire Süspansiyon Sistemi"nin tepe dinamik yüklemeye, dinamik yük katsayısı değerlerinde ve yük

paylaşım katsayılarında meydana gelen değişiklikler üzerindeki etkisini göstermek için sonuçlar sunmuş, analiz etmiş ve tahmin etmiştir. Elde etmiş olduğu verilerin analizine göre, aks-vücut ara yüzündeki dinamik faktörlerdeki azalmanın mevcut olduğunu göstermektedir. Yarı römork üzerindeki LSC ve ana taşıyıcı üzerindeki tridem sürücü grubu haricinde, test edilen ağır araçlar için test verilerinin analizinden elde edilen tüm dinamik yük faktörleri, “Haire süspansiyon sistemi” için farklı iyileştirmeler göstermiştir. Standart uzunlamasına hava hatları ile karşılaştırılmıştır. Bu bulguya göre, “Haire süspansiyon sistemi”, dinamik yüklere, geleneksel uzunlamasına hava hatlarına sahip hava süspansiyonları tarafından sağlanandan daha iyi yanıt verilebilmesine izin vererek, dinamik parametrelerde azalma sağlamıştır. Bu, bu sistemi takan operatörlerden gelen anekdot bilgileri ve bu sistemin uygunluğundan elde edilen başarılı sonuçların raporlarını doğrulamaktadır. Ağır araç üreticilerinin, bu belgede tanımlanan testlerden elde edilen sonuçların sonuçlarını (ve Kenworth'un daha büyük boylamsal hava hatlarına uyma konusundaki yaklaşımını) gözden geçirmeleri ve daha büyük boylamsal hava borularının sağlanmasıyla süspansiyon bileşenli önemli ekonomilerin getirilip getirilemeyeceğini incelemeleri tavsiye edilir. Hava-yaylı RFS üzerinde. Buradaki analiz, şok yüklerinin ve diğer dinamik etkilerin azaltılmasının bu önlemler aracılığıyla mümkün olduğunu göstermektedir. Burada kantitatif anlamda araştırılmamış olmakla birlikte, akümülatörlerin (ping tankları) kullanımının da HV dinamik yükler üzerinde azaltıcı bir etkiye sahip olacağı önerilmektedir. Dinamik kuvvetler ya “Haire süspansiyon sistemi” ne benzeyen ya da Kenworth tarafından uygulanan sistemlere bağlanır. Çok-eksenli gruplarda uzunlamasına hava yollarının büyüklüğünün artırılması veya hava-yaylı RFS ağır araçların hava hatlarına “ping tankları” yerleştirilmesi, daha fazla yüke, hassas yük yüklerine ve daha düşük şasi bileşenlerine daha az şok yüküne neden olabileceğini belirtmiştir.

Davis ve Bunker (2011) çalışmalarını daha önce yapmış olduğu çalışmayı geliştirerek tamamlamışlar, özellikle ağır araç (tonajlı araçlar) için çalışmasını ilerletmişlerdir. Havalı süspansiyon sisteminin diğer sistemlere oranla daha kolay kontrol edilebilirliğini, tarihçesi ve gelişimini de ele alarak incelemiş, mevcut süspansiyon sistemlerini geliştirmeye yönelik bilgisayar yazılımlarını da kullanarak teorik araştırmalarını devam ettirmiştir. Mekaniksel verileri matematik denklemleri kullanarak filtrelemeler yardımı ile simule etmiştir. Hava süspansiyonun oluşturmuş olduğu ani sıçramaların sönmülenebileceği üzerinde çalışmıştır. 3 ağır tip araçta, süspansiyon kuvvetlerinin analizlerini incelemiş ve frekans spektrum analizini açıklamıştır.

Çalışmasının sonuçlarına göre; gövde sıçrama kuvvetleri hıza bakılmaksızın, hava yayı spektrumlarında baskındır. Bu çalışma ayrıca, hız arttıkça, aks-hop ve eşlik eden tekerlek kuvvetlerinin büyüklüklerini de göstermiştir. Aynı zamanda çalışması ile; hız artınca hava aks sıçraması ve tekerlek kuvvet büyüklükleri de arttığını göstermiştir. Bir hava yayından başka bir hava yayına hava aktarımı yapılabilir. Gövde sıçrama frekansının çok yüksek olduğu bir durumda bu yapılır. Rezonans frekansının Pnömatik uyarılmasını bu davranış sönümler. Aksın altındaki kütleler rezonans vücut sıçrama frekanslarıyla aynı değildir. Bu, şasiyi mümkün olduğu kadar etkili bir şekilde izole eder (ve dolayısıyla yük ve / veya yolcular salınımına bağlı sertlik ve titreşimden daha az etkilenir.

Elhüseyni (2006) çalışmasında, çekici kebi ele almış, kep süspansiyonunu destekleyen braketin dizaynı üzerinde çalışmış, maruz kaldığı zorlanmalara göre dayanımı analiz etmiştir. Kep süspansiyon sistemlerinin genel yapısını, matematiksel modellerini incelemiş ve kep arka süspansiyon braketinin dizaynı ve sonlu elemanlar modelini oluşturarak incelemiştir. Vermiş olduğu sınır şartlarda braketin analizini yapmış ve gerilme-uzama davranışlarını incelemiştir.

Gao (2014) araştırmasında, araç süspansiyon sistemlerindeki kontrol teorisi ve uygulamalarını incelemiştir. Çalışmasında aktüatör belirsizliği olan yarım araç aktif süspansiyon sistemleri için non-fragile H1 denetleyici tasarımı sorununu ele almıştır. Matematiksel modelleme çalışmaları ve analiz sonuçları ile kontrolörü incelemiştir. Lyapunov stabilite teorisine dayanarak, kırılğan olmayan bir H1 kontrolörü kapalı devre sisteminin kısıtlama performansından tatmin olacağını gözlemlemiş ve öngörülen bir H1 rahatsızlığı azaltma seviyesi ile asimptotik olarak kararlı olacak şekilde tasarlamıştır. Simülasyon sonuçları ile önerilen yaklaşımın etkinliğini göstermiştir.

Ger (2014) araştırmasında seçilen süspansiyon sistemine uygun olarak kullanılacak komponentlerin tasarımında hangi parametrelere dikkat edildiğinin aktarılması ve validasyonu ile birlikte tüm tasarım sürecinin anlatılmasını incelemiştir. Taşıtlarda süspansiyon sistemlerinde kullanılan yaylanma ve sönümleme elemanlarını tanımlamış, taşıt tipine ve kullanım amacına uygun olarak sınıflandırılan süspansiyon tiplerinde hangi yaylanma elemanının tercih edildiği ve avantajlarının ne olduğu hakkında bilgi vermiştir. Öncelikli olarak çalışmasında, söz konusu M3 sınıfındaki taşıt için tercih edilen panhard çubuklu sabit askı sistemini ele almıştır. Tasarımı etkileyen en önemli parametreleri sanal ortamda oluşturduğu modeller üzerinden yapılan analiz sonuçları ile incelemiştir. Tasarım firmalarının analiz ve test arasındaki uyumu ne kadar iyi olursa ortaya çıkacak ürünün geliştirme süreci o kadar olumlu etkileneceğini belirtmiş. Taşıtın

teknik özelliklerinin belirlenmesi ile başlayan tasarım süreci adım adım bir akış şeması ile özetlenmiştir. Tez konusunda ele alınan süspansiyon sistemi için de bu süreç takip edilmiş ve ürünü başarılı bir şekilde devreye almıştır.

Hendrickson (Erişim Tarihi: 03.03.2018) çalışmasında treyler ve süspansiyon yapılarını incelemiştir. Hava süspansiyonun kararlılığı, son yıllardaki popüleritesi, bakım maliyetinin düşüklüğü ve iletilen darbeleri daha iyi absorbe ettiğini öne sürmüştür. Bu özelliklere dayanarak treylerin satış ve ticari değerinin arttığını, pazar payının sürekli büyüyen bir yapı haline geldiğini ve teknolojik gelişmelere dayanarak daha hızlı ve aktif bir büyüme sağlayacağını belirtmiştir. Bu alt yapıya dayanarak hava süspansiyon donanım ve kombinasyonlarını inceleyerek genel ürün tanımları ve tanıtımları üzerinde durmuştur.

Hendrickson (2013) yayınlamış olduğu bir diğer çalışmada gene treyler süspansiyonlarını incelemiştir. Komponentleri, hava valflerini, sağladığı yükseklik kontrolünü, konsept ve fonksiyonlarını ve bunlarla bağlı olarak tüm hava süspansiyon parçalarını detaylı olarak incelemiştir. Teknik olarak hava süspansiyon sistemi avantajları üzerinde durmuş, daha az bakım gerektirdiği, sürüş konforu, yük kapasitesi, hafifliği ve benzeri avantajları üzerinde durmuştur. Hava süspansiyon sisteminde kullanılan körükleri, seviye ventili, amortisör, kaliper, kulak bağlantısı ve yapısı ve bunların birbirlerine olan uyumluluklarını incelemiştir.

Keller (2011) yayınında ticari araç sürülerinin yalnızca bir şoför olmaktan daha fazlası olması gerektiğini savunup ticari araç sürücülerinin daha fazla donanıma sahip olması gerektiğini düşünerek detaylı bir çalışma yapmıştır. Yayının araştırma konumuzla yansıyan yönü, aracın süspansiyon donanımının da incelenmiş olmasıdır. Aracın süspansiyon donanımı, güç aktarımı, genel şase yapısı, yığma makas ve hava süspansiyon donanımı ve komponentleri üzerinde kullanıcılara genel bilgiler vermiştir. Süspansiyon donanımının yağ bakımı, U cıvataları bakımı, yaprak yaylarda oluşan herhangi bir yayda olabilecek aşınma ya da ezilme ve bakımı, amortisör sızıntıları, hasarlı hava yastıkları (süspansiyon körüğü), seviye ventili ve kullanımı gibi konularda bilgiler verilmiştir.

Knowles (2011) çalışmasında süspansiyon sistemlerini ve dümenlemeyi incelemiştir. Süspansiyon sisteminin uygun direksiyon ve sürüş kalitesini sağlaması gerektiğini savunmuştur. Aynı zamanda süspansiyon sisteminin gövdeyi tutan ve yük taşıyan bir eleman olduğu ve bu elemanların yeterince uyumlu ve sağlam olması gerektiğini vurgulamıştır. Ön ve arka süspansiyon sistemlerini, yapısını, çalışma koşullarını, direksiyon ve direksiyonlama kontrolünü, süspansiyon kollarını,

süspansiyonun özelleşmiş gruplarına göre mafsal yapılarını ve çeşitlerini incelemiştir. Bağımsız ve yarı bağımsız süspansiyon sistemleri üzerinde durmuştur. Yatak ve yatak yükleri yapılarını ve çeşitlerini çalışmasında açıklamıştır. Süspansiyonun darbe emici bir yapısı olduğunu, süspansiyon yay hareketlerini, tekerlek salınımlarını açıklamıştır. Bazı araçlarda kullanılan bilgisayar kontrollü süspansiyon sistemi ve hava yayları bulunur. Süspansiyonun frenleme dahil birçok noktaya etki ettiğini açıklamış ve bu içerikler detaylı olarak Knowlesin araştırmasında sunulmuştur.

Landin (2013) ağır araçlarda yarı aktif süspansiyon sistemlerini araştırmasında açıklar. Çalışmasında açıkladığı üzere; geçmişte tamamen pasif süspansiyon sistemleri kullanıldığını, özel araçlarda geliştirilmeye başlanmasıyla ağır tip araçlarda büyük enerji kaybının önüne geçmek ve yüksek maliyeti önlemek amacıyla da aktif süspansiyon sistemleri kullanılmıştır. Öncelikle yarı aktif süspansiyon sistemleri kullanılmasına rağmen düşük performansı nedeniyle ihtiyaca cevap veremediğini belirtir. Tezinde, MATLAB'da gömülü kod üretimine olanak tanıyan bir yöntemle bir optimizasyon algoritması yazmış ve ardından geçişli pasiflik kısıtlamaları olan bir Model Tahmin Edici Denetleyici (MPC) tasarlamıştır. Ortaya çıkan kontrol cihazı, bir 3B kamyon römork modelinde test edilmiş ve diğer kontrolörlerle birlikte pasif sisteme karşı hem konfor hem de taşıma ölçütleri karşılaştırılmıştır. Konveks olmayan, genellikle bir MPC'yi yüksek örneklem oranları için daha az kullanışlı yapar, ancak pasiflik kısıtlarının anahtarlanmış doğrusal bir yaklaşımla elde edilen denetleyicinin hala etkili olduğu gösterilmiştir.

Lersel (2010) çalışmasında sürücü konforu iyileştirmek için pasif ve yarı aktif kamyon kabin süspansiyon sistemleri konusu üzerinde durmuştur. Sürücülerin sağlığı ve uzun süre araç kullanmaları nedeniyle bu çalışmanın gerekliliğini savunmuştur. Sürücüye iletilen titreşimlerin en aza indirgenmesi amaçlanmıştır. Yarı-aktif süspansiyon sistemi üzerinde çalışmasını ise daha kolay uygulanabilirliği ve maliyet uygunluğunun avantajı açısından tercih etmiştir. Kabin süspansiyon sistemleri hakkındaki yayınların kısıtlı olduğunu savunup, birincil araç konseptlerini de çalışmasına dahil etmiştir. Bir kamyon kabin süspansiyonuna uygulanan seçilen süspansiyon konseptlerinin sürücü konforu açısından performansları karşılaştırılmıştır. Bu nedenle, dingil süspansiyonlu, kabin süspansiyonlu ve motor süspansiyonlu bir kamyonun dikey yönde dinamiklerini tanımlamak için 4 serbestlik dereceli çeyrek araç modeli kullanmıştır. Adil bir karşılaştırma yapmak için, bu çeyrek araç modelinin kabin süspansiyonuna uygulanan çeşitli süspansiyon konseptleri aynı kritere göre sayısal olarak optimize edilmiştir. Bunda kriter olarak adlandırılan biniş dizini en aza indirgenerek sürücü konforu optimize

edilmiştir. Bu arada süspansiyon seyahati mevcut çalışma alanının mutlak limitleri dahilinde tutulmuştur. Edebiyatlardan seçilen süspansiyon konseptleri, sürücü konforunda sınırlı bir potansiyel iyileşme olduğunu göstermektedir. Bu nedenle, bu tezde, değişken oranlı bir amortisör kullanan yarı aktif bir kabin süspansiyon sistemi için yeni bir kontrol stratejisi tasarlanmıştır. Bu kontrol cihazı, dört serbestlik dereceli çeyrek araç süspansiyonunu temel alır ve Linear Quadratic (LQ) optimal kontrol ve Linear Parameter Varying (LPV) teorisinin bir kombinasyonunu, gerekli araç durumlarını tahmin etmek için bir Kalman filtresi ile birlikte kullanır. Bu kontrol cihazı kullanan yarı aktif süspansiyon sistemi, literatürden seçilen pasif ve yarı aktif süspansiyon konseptleri ile karşılaştırılmıştır. LQ / LPV kontrollü sistemle elde edilebilen konfor artışının% 12.4 olduğunu ve bu da literatürden seçilen en iyi sistemlerle elde edilen% 5'in iki katından fazla olduğunu gösteriyor. Sonunda, yol uyarlamalı bir kontrol stratejisinin incelenen tüm yarı aktif taksi süspansiyon sistemlerini iyileştireceği gösterilmiştir. Bir yol uyarlamalı LQ / LPV kontrollü sistem bile% 45 sürücü konfor iyileşmesine yol açtığı sonucuna varmıştır.

Maden (2012) yüksek lisans tez çalışmasında pasif, yarı aktif ve tam aktif süspansiyonlara değinmiş ve $\frac{1}{4}$ araç modeli üzerinde tam aktif süspansiyonun durum uzay modellemesini yapmıştır. Sistemin kararlılık, gözlenebilirlik ve kontrol edilebilirlik analizi yapılmış ardından önceden belirlenen kök değerlerine durum geri besleme katsayıları hesaplanarak getirilmiştir. Durum geri besleme katsayıları optimal kontrol stratejileri kullanılarak iyileştirilmiştir. Durum geri besleme yapılması için sistem çıkışından durum ölçümleri her zaman yapılamayabilir. Bu tür durumlarda sistemin giriş ve çıkışını izleyerek durum değişkenlerini hesaplayan luenberger gözleyici kullanılmaktadır. Bu gözleyicinin çıkış katsayıları daha önceden optimal kontrol stratejisiyle belirlenen katsayılar seçilerek optimal gözlemleyici kontrol sistemi tasarlanmıştır. Sistem MATLAB/SIMULINK ortamında modellenerek bozucu yol girişi uygulanmış ve sistemin cevabını incelenmiştir. Sonuç olarak tasarlanan kontrolör iyi bir performans göstermiştir. Çalışmasından elde ettiği başarılı sonuç başka sistemlerin kontrolü için konvansiyonel kontrolörler yerine kullanılabilir. Ayrıca çeyrek araç üzerinde amortisör içerisindeki sıvının akışkanlığı elektromanyetik alanla değiştirildiği yarı aktif süspansiyon sisteminin kontrolü üzerinde uygulanabilir. Kontrol edilen aktif süspansiyonlarda süspansiyon daralması diye literatürde adı geçen bir problemle karşılaşılır. Bunun anlamı örneğin taşıt bir basamak çıktığı zaman kontrolcü basamak

değere eşdeğer büyüklükte olarak sistemi çekmeye çalışacaktır. Çalışma bu problemin modellenerek çözümüne de temel teşkil edebilir.

Megep (2013) yayınında süspansiyon sistemleri geniş bir açıdan ele alınmıştır. Aracın yaptığı salınımlar, etki eden kuvvetler, süspansiyon sisteminin elemanları ve süspansiyon sistemi çeşitleri üzerinde durulmuştur. Aynı zamanda komponentler açıklayıcı olarak detaylı bir şekilde incelenmiştir. Aracın gövdesi ve diğer donanımları hakkında bilgi verilmiştir.

Pty (2000) çalışmasında, çeşitli araç yapılandırmalarında hava süspansiyonlarının performansı hakkında operatörler tarafından elde edilen spesifik tecrübe ve bilgileri toplamak ve değerlendirmek için üstlenilen bir karayolu taşımacılığı sektörü araştırmasının bulgularını özetlemiştir. Amacı; hava süspansiyonları ile donatılmış çeşitli araç konfigürasyonlarının operasyonel kararlılığı ve yol performansı hakkında veri toplamak için ulaşım endüstrisi içindeki kilit personel, operatörler, sürücüler ve bakım sağlayıcılarıyla röportaj yapmaktır. Çalışmalarını birebir görüşme ya da telefon yoluyla tamamlamaya çalışmıştır. Tutarlılığını sağlamak için de çeşitli anket yöntemleri kullanmıştır. Çalışmalarında toplamış olduğu verilere göre, yaprak yaylı süspansiyon donanımının, daha iyi kararlılık, performans ve direksiyon sağladığı ve römorkta daha az hareketi sağlaması nedeniyle katılımcıların genellikle tercih ettiğini doğrulamıştır. Bir başka bulgu ise; hava süspansiyonunun, aracın yuvarlanmasının, sallanmasının ve açılmasının artması nedeniyle kararlılık sorunları da dahil olmak üzere bir dizi operasyonel sorunu bulunmuştur, bu da sürücünün kombinasyonu düz bir çizgide tutmasını zorlaştırıyordu. Hava süspansiyon donanımı tercih edildiğinde, çoğunluk havayı takmanın ana sebebinin artan kitlesi ve emtia hasarını azaltmak olduğunu göstermiştir. Ayrıca tüm katılımcılar, hava süspansiyonuna bağlı olarak daha fazla sürücü konforu, daha az vücut stres ve gürültü azaltımı tespit etmiştir. Anketi yanıtlayanlar ayrıca, römorklarla herhangi bir sallanmayı veya ruloyu azaltmak için, yaprak yaylı römorkları ve dollileri ile bir hava asamblesi kombinasyonu tercih ettiklerini belirttiler. Ana hareketlendiricinin süspansiyonu, araç kombinasyonunun genel stabilizesinde kritik olarak tanımlandı. Havalı süspansiyonun istikrarı olumsuz etkilediği tespit edildiğinde hem dolly hem de römorkun yay süspansiyonunun araç kombinasyonunun stabilizesini olumlu etkilediği bulundu. Sürücülerin deneyimi, hava süspansiyonlu asal yükleyicilerin yoldaki her küçük girintiyi izledikleri ve böylece direkt olarak onları tutmak için direksiyona karşı önlemlerin alınmasını gerektiren yanlamasına yanlamalarıydı. Bu karşı önlemlerin, yapılandırmanın istikrarı kaybetmesine ve bazı durumlarda yuvarlanmasına

veya yolda yeni bir konuma "kaçma" neden olumsuz etkileri olduğu bildirildi. Yüksek ağırlık merkezinin (örneğin hayvancılık/ dondurucu) sürücüleri, hava asal yükleyicileriyle daha yalın ve rulo olduğunu bildirmiştir. Yüksek merkezin istikrarı yerçekimi araçları, hava yastığının tesviyesinden kurulan rulo ile etkilenir ve toplam kombinasyonun toplam performansı etkilenir. Köşe kaldırma ile ilgili olarak, sürücülerin çoğunluğu, bir köşeye girerken birinci hareketi yapanların (hava ile donatılmış) daha fazla eğildiğini kabul ettiler ve bu nedenle de sürücüyü düzeltip ikinci ve üçüncü römorku devrilmeye ve salmaya neden oldu. Tüm operatörler ile yapılan tartışmalar, tandem hava dollilerinin yaprak yaylı dolly'den daha fazla hareket ettiğini ve frenlemenin düzensiz davrandığını bildirdi. Sonuç olarak, operatörlerin çoğunun yaprak yaylı dollileri için bir tercih belirlediği için kombinasyonu düz tuttuğu tespit edildi. Yol performansı ile ilgili olarak sürücüler, araçların hava asal yükleyicileriyle kontrol altına alınmasının daha zor olduğunu belirttiler. Sonuç olarak, şoförler, özellikle köşelere girerken ve kaba dalgalı yamalar yaparken, dikkatli bir şekilde sürdüklerini bildirdiler. Neredeyse tüm sürücüler, havalı süspansiyonun "yol dostu olmadığı için yük dostu" olduğunu ve aracın nasıl performans gösterdiğini "daha iyi hissetti" olarak yaprak yaylı süspansiyonu kullanırken bu sürücülerin daha güvendiği yorumunda bulundu. Hava süspansiyonlu asal yükleyiciler üzerinde çalışan çoğu durumda, daha geniş lastik izi ve daha iyi elleçleme ve denge sağlamak için ön süvarilere süper tek lastikler monte edilmiştir. Süper single'lardan, mühürlenmemiş sert omuzdan mühürlü kaldırma geri döndüğünde daha fazla iyileşme sağladığı da bildirildi. Katılımcıların çoğunluğu hava süspansiyonunun yaprak yaylı süspansiyonundan daha fazla bakım gerektirdiğini belirtti. Olası bir 35 şirketten 27 şirket, araçların hava süspansiyonlu olarak bakımının daha pahalı olduğunu belirtti. Bu çalışma sırasında toplanan verilerden, tatmin edici olmayan sürüş deneyimleri meydana geldi; hava yastığı süspansiyonu çoklu araç kombinasyonlarında, özellikle de ana çekicilerde kuruldu. Aynı zamanda, süspansiyon tasarımı ve düzenleyici konularla ilgili, havalı süspansiyonlu, özellikle yüksek ağırlık merkezi olan uzak bölgelerde çalışan uzun kombinasyonların tatmin edici bir şekilde çalışmasını sağlamak için ele alınan yapısal sorunlar vardır ve bu nedenle daha fazla çalışma ve araştırmanın gerekli olduğu sonucuna varmıştır.

Putgül (2016) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde, binek taşıtlarda kullanılan süspansiyon ve ön düzen geometrisinin yapısal özelliklerini incelemiştir. Yapılan çalışmaları araştırmış ve süspansiyon sistemlerinin ve ön düzen geometrisinin taşıt hareketleri üzerindeki etkilerini açıklamaya çalışmıştır. Farklı mekanizmalar incelenerek,

bunları birbirleriyle kıyaslayarak avantaj ve dezavantajlarını ortaya koymuştur. Bunun neticesinde de ön düzen geometrisinin ideal olması için sahip olması gereken unsurları belirlemiştir. Sonuç olarak; ön düzen geometrisi ile ilgili, kamber açısının taşıtın kontrolü ve dönüş performansı üzerindeki önemli etkisine, king-pim açısının direksiyon kolaylığı ve direksiyon sistemindeki titreşimler üzerinde etkisine, kaster açısının taşıtın sürüş kararlılığının etkisine, toe açısında sürüş esnasında meydana gelen değişimlerin iyi bir yol tutuşu ve denge için minimum olması gerektiğine, taşıtların yönlendirme mekanizması Ackermann dönüş kriterine uygun olarak tasarlanması gerektiği bulgularına ulaşmıştır. Tez çalışmasında bu konuyla ilgili bir uygulama yapmıştır. Yapılan uygulamada deveboynu ve rotların arkada yer aldığı varsayılmış ve deveboynu açısı 200 olarak kabul edilmiştir. Dış tekerlek dönüş açılarının 100, 150 ve 200 olduğu durumlarda iç tekerlekler dönüş açılarının sırasıyla 11,0800, 17,5230 ve 24,6170 olduğu görülmüştür. Tekerleklerin sağa ve sola döndüğü her iki durumda da aynı değerler elde edilmiştir. Bütün taşıtlarda ve tüm ön düzen sistemlerinde yapısal olarak bu şartın sağlanması gerekmektedir. Süspansiyon sistemleri ile ilgili olarak; MacPherson tip süspansiyon modeli, yalın hali, ekonomik maliyetinin uygunluğu, montaj kolaylığı ve kapladığı yerin az olması nedeniyle küçük ve orta sınıf (A, B ve C segment) araçlarda yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak, bu sade model çift salıncaklı süspansiyon modeline kıyasla yol tutuşunda eksik kalmaktadır. Bu eksikliğin nedeni ise, tekerlek hareketleri ve gövdedeki devrilmenin etkisinin kamber açısında sapma meydana getirmesidir. Bunlar da yol ile tekerleğin temas miktarını azalttığından yol tutuşu da azalmaktadır. Sürüşün konforlu olması için Çift salıncaklı süspansiyon modeli geliştirilmiştir. Tekerleğin istenmeyen karşılıklı etkisinin durdurulması ve hafiflik sağlanması noktasında başarılı bir modeldir. Ayrıca kamber açısı kontrolünde çok üstün bir performans göstermektedir. Fakat geniş bir montaj alanına gereksinimi olan ve ekonomik maliyeti fazla ve bir modeldir. Böyle sebeplerden dolayı, spor arabalarda, yarış araçlarında, üst sınıf (E segment ve üstü) sedan otomobillerde tercih edilen bir süspansiyon tipidir. Çok kademeli süspansiyon sistemine bakıldığında, performans yönünden diğer iki sistemin arasında yer aldığı görülmektedir. MacPherson tip süspansiyon sistemine kıyasla bir yol tutuşunda daha iyi olmasına rağmen, onun kadar ekonomik maliyeti az ve yalın değildir. Ayrıca çift salıncaklı süspansiyon sistemi gibi iyi bir performans sunamamaktadır. Fakat kapladığı alan ve iyi bir yol tutuşu yönüyle bakıldığında iyi bir karışım ortaya koymaktadır. Bu gibi nedenlerle orta üst sınıf sedan (D segment) araçlar için mantıklı bir sistemdir. Bu çalışmada, süspansiyon geometrisinin yapısal özellikleri, güvenliği, rahatlığı ve araç

dinamik hareketi ele alınarak tasarlanan ön düzen araştırılmıştır. Malzeme, üretim teknolojileri ve tasarım şartlarının gelişmesine bağlı olarak, bundan sonra yapılacak olan araştırmalarda bu tez kapsamında yapılan çalışmalardan yararlanılarak yeni araştırmaların geliştirilebileceğini savunmuştur.

Putgöl ve Altıparmak (2016) çalışmalarında, ön düzen süspansiyon geometrisinin yapısal özelliklerini araç dinamik hareketi, güvenlik ve rahatlık noktasında incelemiştir. Araç hareketleri üzerindeki süspansiyon sistemlerinin etkileri ve farklı mekanizmaları incelenerek, birbirlerine kıyasla avantajlarının ve dezavantajlarının belirlenmiştir. Sonuç olarak, süspansiyon sisteminde ve ideal bir ön düzen geometrisinde bulunması gereken unsurlar belirlenmiştir. Çalışmalarında farklı süspansiyon sistemlerinin yapısal özellikleri, araç dinamik hareketi, güvenliği ve rahatlığı ele alınarak geliştirilen ön düzen geometrisinin incelenerek, ideal bir süspansiyon modelinin ve ön düzen sisteminin nasıl oluşturulması gerektiği belirlenmiştir. İnceleme ve araştırma sonuçlarına göre; rahat bir sürüş için çift salıncaklı süspansiyon sistemi geliştirilmiştir. İstenmeyen karşılıklı tekerlek etkisinin ve hafifliğin durdurulması noktasında başarı gösteren bir modeldir. Bununla birlikte tekerleklerin aşağı yukarı hareketlerinin dengelenmesinde, tekerlek aşınmalarının azaltılmasında ve salıncakların uzunluklarının farklı olmasında fayda sağlamaktadır. Çift salıncaklı süspansiyon modelinde, tekerleklerin hareketinden bağımsız bir şekilde, yol yüzeyi ile tekerlek arasındaki dik temas mükemmel düzeyde korunur. Bu şekilde yol yüzeyine tekerleğin temas alanının maksimum seviyeye çıkması sağlanır. Bu da aracın performansını ve yol tutuşunu yükseltmektedir. Çünkü, viraj performansı ve yol tutuşunun iyi olması için tekerleklerdeki kamber açısı değişiminin minimum düzeyde olmalıdır. Bunun için de tekerlek hareketinde ve tekerleklerin farklı yol koşullarında yere maksimum düzeyde temas etmesi yani yol ile arasındaki dik pozisyonunu koruması gerekliliktir. Bu doğrultuda bakıldığında çift salıncaklı süspansiyonun, kamber açısı kontrolünde yüksek düzeyde performans sağladığı görülmektedir. Araç güvenliği yönüyle kamber açısının kontrolü önemli bir noktadır. Fakat, geniş bir montaj alanı gerektiren ve ekonomik maliyetinin fazla olduğu bir modeldir. Bu nedenlerle, üst sınıf sedan araçlarda, spor arabalarda ve yarış araçlarında tercih edilmekte olan bir süspansiyon sistemidir. MacPherson tip süspansiyon modeli, az yer kaplaması, ekonomik maliyetinin düşük olması ve basit yapısı gibi özellikleriyle dünyada yaygın şekilde kullanılan bir sistemdir. Dayanağın dikey konumlandırılması, daha az yer kaplamasını sağlamaktadır. Özellikle motoru ve şanzımanı ön tarafta konumlanmış önden çekişli küçük ve orta sınıf araçlarda

tercih edilmesinin sebebi de daha az yer kaplamasıdır. Süspansiyon yüklerinin gövde üzerinde geniş bir alan kaplamasında parça sayısının az olması önem ifade etmektedir. Fakat bu sade model çift salıncaklı süspansiyon modeline kıyasla yol tutuşunda iyi bir verim sağlayamamaktadır. Bunun nedenleri arasında, tekerlek hareketlerinin ve gövdedeki devrilme etkisinin kamber açısında değişimi yer almaktadır. Bu da tekerleğin yol ile temasının azalmasına sebep olduğundan yol tutuşunu azaltmaktadır. Bundan dolayı da spor araçlarda tercih sebebi olmuştur. Ek olarak, kaput hattı, yüksek bir çamurluk ve yüksek yapı gereksinimini ortaya çıkarmaktadır. Bu gereksinim de Spor otomobil tasarımlarında olması istenen bir durum değildir. Performans yönünden diğer ikisinin arasında çok kademeli süspansiyon sistemi yer almaktadır. MacPherson tip süspansiyon sistemine kıyasla yol tutuşu noktasında daha iyi olsa da, maliyet ve sadelik noktasında uygun değildir. Fakat çift salıncaklı süspansiyon sistemi kadar mükemmel performans sağlayamamaktadır. Günümüzde yarış araçlarında ve çoğu spor otomobillerde hala çift salıncaklı süspansiyon sisteminin kullanılması da bunun kanıtıdır. Fakat kapladığı alan ve yol tutuşunun iyi olması noktasından düşünüldüğünde iyi bir karışım ortaya koymaktadır. Bunlardan dolayı orta üst sınıf sedan araçlar için kullanışlı bir sistemdir. Sonuç olarak; süspansiyon sisteminde ve ideal bir ön düzen geometrisinde bulunması gereken özellikler; yol darbelerini emerek sürücü ve yolcular üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılması gerektiği, direksiyon kontrolü ve tekerlek hizasının korunmasını sağlaması gerektiği, aracın statik ve dinamik ağırlığını dengelemesi gerektiği, direksiyon kontrolünü sürdürürken, şiddetli frenlemeden dolayı şase üzerinde meydana gelen büyük zorlanmaları azaltılması gerektiği sonucuna varılmıştır. Mümkün olduğunca az yer kaplaması gerektiği, hafif olması gerektiği ve bir tekerleğin hareketinin diğer tekerleğin hareketini etkilemesi gerektiği de ortaya konmuştur.

RSA (2015); çalışmasında mekanik olarak tahrik edilen araçların ve römorkların, manevra kabiliyeti ölçütleri de dahil olmak üzere, maksimum ağırlıkları ve boyutları hakkında bir kılavuz hazırlamıştır. Süspansiyon donanımları (ağır araçlar için) tandem ve hava süspansiyonu için ve bazı araç terimleri için tanımlar yapmıştır. Lastik kombinasyonları ve tandem süspansiyonunu dingil merkezleri aralıkları ile kombinasyon tiplerine göre yük kapasitelerini incelemiştir. Kamyonları ise 4x6 ve 6x4 durumları ve lastik kombinasyonlarına göre incelemiştir. Tırları, römorkları uzunluk metre başı yük kapasitesi, lastik kombinasyonu ve dingil merkezi uzaklıklarına göre maksimum yük kapasiteleri ile açıklamıştır. Tır üreticileri, traktör ve çekici üreticileri için rehber olacak bir çalışma olabilecek içeriğe imza atmıştır.

Sachs (Erişim Tarihi: 18.03.2018), yayınlamış olduğu çalışmada ağır araçlarda kullanılan amortisörü tanıtmıştır. Genellikle ticari araçlarda kullanılan bu amortisör tipi otobüslerde de kullanılabilir. Titreşim ve aşırı sıçramayı önleyen bu amortisörler; araçlarda güvenli, ekonomik ve konforlu bir yolculuğun sağlanmasına katkıda bulunur. Çalışmada sunulan amortisörün diğerlerine oranla daha az rezonans ve anti-rezonans gösterdiği grafiklerle gösterilmiştir. Amortisörün komponentleri ve genel yapısı üzerinde durulmuştur.

Sayılgan (2015) yapmış olduğu yüksek lisans tezinde ağır ticari araçların havalı süspansiyon sistemlerinde kullanılan boru denge çubuğunun tasarımı, imalatı, yorulma ömür tespiti ve parça dayanım özelliklerinin belirlenmesi üzerine çalışmıştır. Boru denge çubuğunun burulma direncini mevcut tasarım olan dolu denge çubuğuna göre belirlemiştir. Süspansiyon paket alanı ve denge çubuğunun diğer komponentlerle bağlantıları göz önünde bulundurularak boru denge çubuğunun tasarım kriterleri belirlenmiştir. Tasarım kriterleri belirlenen çubuğun ilk numuneleri imal edilerek Z deney düzeneğinde test edilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre yeni tasarımda iyileştirmelerin yapılmasına karar verilmiştir. Tüm bu hesaplar ve deneyler sonucunda yeni tasarım boru denge çubuğunun imalat kısıtları belirlenmiştir. Taşıtın ömrüne karşılık gelen test parkuru seçilmiş, teker merkezinden kuvvet-moment ölçümleri ve denge çubuğu linki üzerinden gerinim ölçümü yapılmıştır. Süspansiyon kinematiği ve deplasman-yük değerleri araç üzerinden özel bir platformda ölçülmüş ve hızlandırılmış yol testinde toplanan datalar bu veriler ile birleştirilerek denge çubuğu linkine gelen yüklere dnştrlmştir. Denge çubuğunu şasiye bağlayan bağlantı kalibre edilmiş link üzerinden kuvvet dadası toplamıştır. Yapılan deneylerin ışığında araç dayanım testi denge çubuğu üzerinde majör deformasyonlar oluşturmamış ve parçanın ömründe test sonrasında minör düşüş tespit edilmiştir. Buna göre parça ile yapılan tüm testler ve sanki-hasar ömürlerine göre parça seri imalata alınabilmesi için mühendislik onayı verilmiştir. Bu araştırmada arka denge çubuğunun geliştirilmesinde ürün geliştirme sürecinin temel basamakları kullanılmıştır. Konsept geliştirme sürecinden başlayarak bir denge çubuğunun geliştirilmesi için ölçütler belirlenerek, tasarım ve imalat esasları belirlenmiştir. Tasarımın eski hali ve yeni hali sanal ortamda geliştirilerek bilgisayar destekli sonlu elemanlar metoduyla yapısal dayanım analizi kullanılarak doğrulaması sağlanmış, yorulma analizi ile her iki yapının araç üzerindeki ömrü belirlenmiş ve testlerle doğrulaması sağlanmıştir.

VSE (2009) çalışmasında DTS (Dinamik Kamyon ve Treyler Süspansiyonu) süspansiyon sistemini incelemiştir. Bu, mikro kontrollü, hidro-pnömatik bir süspansiyon sistemidir. Birkaç Avrupalı üretici ile kamyonlarda ve askeri araçlarda kullanılan kanıtlanmış bir teknolojidir. HPVS (Hidro-Pnömatik Araç Süspansiyonu) adı verilen bu teknoloji GINAF Trucks için halen üretimdedir. Otomotiv endüstrisinde CAN'in piyasaya sunulması ile birlikte VSE, süspansiyon sistemini bugünün dijital kontrol teknikleriyle güncelledi. Bu yeni neslin adı DTS olmuştur. Bu belge, size VSE'nin süspansiyon sistemleri hakkında bir fikir vermek için işlevler, genel açıklamalar ve kullanılan teknikler hakkında kısa bir açıklama sunmuştur. Resimler, fotoğraf malzemeleri ve bazı yönerge metinleri ile hidrolik süspansiyon sistemlerimizin işlevleri, özellikleri ve kalitesi hakkında net bir görüş elde edilmeye çalışılmıştır. Tonaj kapasitesi maksimum 16 tona kadar çıkmaktadır. Hidro-pnömatik süspansiyon bağımsız tekerlek süspansiyonunu mümkün kılmaktadır. Dingil kovanına dikey hidrolik valf kontrollü dikey liftlerin yerleştirilmesinden oluşur ve hidrolik yağ ile çalışır. McPherson tekerlek süspansiyonu grubuna girmektedir. Uzaktan dümenlenir ve yükseklik kumanda ile kontrol edilebilir seçenekleri mevcuttur. ECU ile kontrol edilebilir bir sistemdir ve valfler arası yağ geçişleri mevcuttur.

Wabco (Erişim Tarihi: 03.03.2018) yayınlamış olduğu çalışmada; mekanik ve hava süspansiyonlu sistemleri incelemiştir. Her iki tip sistemin de tüm teknik şartları yerine getirdiği vurgulanmıştır. Bununla birlikte, doğrudan karşılaştırıldığında, havalı süspansiyonun mekanik süspansiyon sistemlerine kıyasla önemli yararlar sağladığının kısa sürede ortaya çıktığı savunulmuştur. Sonuç olarak hava süspansiyon sistemleri ticari araçlarda giderek daha fazla kullanılmaktadır. Hava süspansiyon sistemi ve komponentlerinin teknik özellikleri incelenmiştir. ECU (Elektronik kontrol ünitesi) dan kontrollü hava basıncına bağlı aracın yük ve yol dengesini sağlayan ECAS sistemi incelenmiştir. Araç hareket ettikçe bu sistem ağırlık merkezine bağlı gövde dengesini hava basıncına bağlı olarak sağlamakta ve aynı zamanda gerekli olduğu durumlarda otomatik frenleme yapabilmektedir. Çekicilerde pleyt yüksekliğinin kumanda kontrollü olarak da sağlanmasına yardımcı olur.

Wabco (1999) yayınlamış olduğu çalışmada bir önceki yayınına orana benzer içerikleri incelemiştir. Çekici ve ağır tip araçların EBS (elektronik fren sistemi) komponentlerini ve bu içeriğe bağlı donanımlarını incelemiştir. Çekicilerde kullanılan kumanda ile kontrollü 5. Teker yükseklik kontrolü, ECAS (Elektronik kontrollü hava süspansiyonu) sisteminin sunmuş olduğu bir avantaj olup seviye ventili aracılığı ile

kontrol edilir. Şasi yüksekliğinin bu kontrol seçeneği ile belirlenebileceği açıklanmıştır. ECAS yükseklik kontrolünün yanı sıra, 30 km/h aşan hızlar ile 112 km/h aralığında araç dengesini sağlamak için otomatik frenleme yapar. Bu veri sensörlerden alınır ve körüklerdeki hava basıncı ölçülerek ECU tarafınca değerlendirilir. Yayında ECU ve sisteme bağlı teknik elektronik veriler de paylaşılmış sistem komponent ve hava süspansiyon sisteminin fren şeması incelenmiştir.

Yazar (2015) yüksek lisans tez çalışmasında; MacPherson süspansiyon sisteminin en büyük kusurlarından biri olan ve MacPherson süspansiyon sisteminde bulunan sarmal tip yayların yanal kuvvetleri absorbe etme yeterliliği problemi ve bunun etkileri üzerinde çalışmıştır. Bu sönümlenme yetersizliğinin ve kuru sürtünmenin sonucu olarak amortisörlerin üzerinde istenmeyen yan kuvvetler oluşmaktadır. Tüm bunların sonucu olarak sürüş güvenliği ve sürüş konforunda azalmalar gerçekleşmektedir. Yazar yüksek lisans tez çalışmasında, bu kusuru ortadan kaldırmak için yeni uygulamaları göz önünde bulundurarak, yan yük yayı olarak adlandırılan sarmal yay modellerinin kullanılması gerektiğini savunmuştur. Çalışmasında, MacPherson süspansiyon çeşitlerinde tercih edilen ve amortisörlere etki eden yanal yükleri daha iyi absorbe eden yan yük yayları için yeni bir dizayn prosedürü geliştirmek üzere çalışmıştır. Süspansiyon sisteminin çözümlenmesini ve etki eden yan kuvvetin bulunmasını, bu dizayn prosedür sürecinin başlangıcı olarak kabul etmiştir. İkinci aşamayı ise, ihtiyaç duyulan yan kuvveti sağlayabilecek yan yük yayı formunun hesaplanması olarak öngörmüştür. Birinci ve ikinci aşamanın sonunda elde etmiş olduğu dizaynı bir sonlu elemanlar modeli hazırlayarak, tasarlanan yayın sağladığı yan kuvveti elde etmiştir. Farklı tasarım alternatiflerini ya da ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak, yayın tasarım parametrelerinin değiştirilebileceği ve üzerinde daha alternatif gözlemler için yeniden araştırma yapılabileceği yeni bir kullanıcı ara yüzü de geliştirmiştir. Çalışmasının sonucunda; kaba bir hassasiyet analizi gerçekleştirmiş ve sonuçlar, yayın serbest uzunluğunun ve bobin ortalama çapının sonuçları en çok etkilediğini, tel çapının daha az önemli olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, yan yük yaylarını tasarlarken ilk olarak bobin serbest uzunluğu ve bobinin ortalama çapının belirlenmesi gerektiğini vurgulamıştır.

1.3. Süspansiyon Sistemine Genel Bakış ve Modelleme

Süspansiyon; aracı tekerleklere bağlayan, amortisörler, yaylar ve çeşitli bağlantı elemanlarından oluşan, düzgün aktif sürüş güvenliğini sağlayan ve yoldaki gürültüleri en

uzamasıyla meydana gelir. Bunun sonucu olarak aracın yaptığı yanal yuvarlanma hareketidir.

Zıplama hareketi; araç engebeli yolda seyir ederken, tüm gövdesinin aşağı ve yukarı yönde sallanmasıdır. Genellikle yüksek hızlarda ve yaylar yumuşak olduğunda zıplama hareketi gerçekleşir.

Gezinme hareketi; Aracın engebeli bir yolda seyrederken yaptığı, önünün ve arkasının aksenal merkezden sağa ya da sola hareketidir. Yolcu gezinme hareketini yanlara doğru sallanma hareketi olarak hisseder.

1.3.1. Akıllı Süspansiyon Sistemi ve Modellenmesi

Akıllı süspansiyon sistemi modeli karmaşık ve dinamik bir sistem olup; yüksek doğruluk, doğrusallık, belirsizlik, zaman gecikmesi ve hata hakkında bilgi toplar ve bu sonuca göre çalışır. Araç gövdesinin uygun bir şekilde temsil edilmesi, kontrol şemasının geliştirilmesi ve araç performansının değerlendirilmesi için temel oluşturur. İki çeşit model vardır. Biri dağıtılmış, diğeri ise toplanmış parametre modelidir (Distributed model & Lumped parameter model). Akıllı süspansiyonların kontrol tasarımı için genellikle toplanmış parametre modelleri kullanılır. Dinamik model genellikle Newton yasasına, Hamilton ve Lagrange teorilerine veya bağ grafiğinin yöntemine göre oluşturulmuştur. Genel olarak, bir araç gövdesi, boylamasına çeviri, yanlamasına çeviri, sıçrama veya sağa sola hareket, rulo hareketi, zift hareketi ve yaw hareketi olmak üzere altı serbestlik derecesine (DOF) sahiptir. Elbette bir aracın hareketi tekerleklerinin titreşimlerini de içermelidir. Bu hareketler birbirine bağlıdır. Bir araç yaylı kütle (şasi), yaylanmamış kütleler (tekerlekler, akslar ve soylar) ve elastik ve dağılma elemanlarından oluşur. Kontrol tasarımının gerekliliğine göre araç dinamik modeli çeyrek araba modeli (iki DOF), bir yarım araba modeli (dört DOF) ve tam araç modeli (yedi DOF) olarak modellenebilir. Üç dinamik model, çoğu zaman akıllı süspansiyon sistemlerinin teorik analizi ve tasarımı için kullanılır. Bu bölümde yol modeli ilk kez gözden geçirilir. Daha sonra doğrusal bir çeyrek araba modeli, doğrusal bir yarı araç modeli ve doğrusal bir tam araba modeli tartışılır. Nihayetinde doğrusal olmayan doğrusal olmayan modeller, belirsizlik, zaman gecikmesi ve aktuatör veya sistem hatası da gözden geçirilir (Liu ve ark., 2014).

Bu çalışmanın temel konusu süspansiyon sistemini olduğundan, yalnızca yol modeli ve çeyrek araba modeli (iki DOF) incelenecektir.

1.3.1.1. Yol Modeli

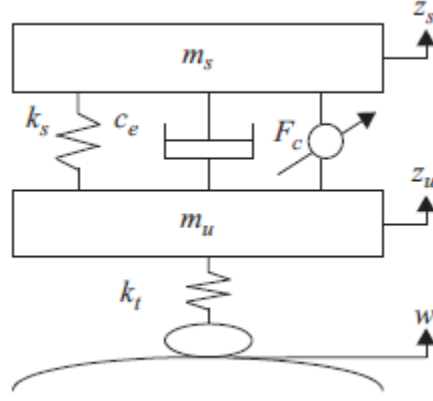
Süspansiyon sisteminin simülasyonu için yol profilinin modellenmesi önemlidir çünkü ana kaynak yoldur. Araç dinamik modelinin yol girdileri, deterministik yol ve rasgele yol olmak üzere iki tipte sınıflandırılabilir. Belirlenen girdiler arasında sinüs dalgaları, kare dalgalar, basamaklı dalgalar, üçgen dalgalar vb. yer alır. Bu yol girdileri bir matematik formülü ile tanımlanabilir. Rasgele yolun temsili çok daha karmaşıktır. Rasgele yolun pürüzlülüğü, tipik olarak, verilen bir yer değiştirme gücü spektrum yoğunluğunun sabit bir Gauss skolastik süreci olarak temsil edilir (Lersel, 2010)

$$G_{x_r}(n) = G_{x_r}(n_0) \left(\frac{n}{n_0} \right)^{-w}$$

Denklem 1.3.1.1. Belirlenmiş ve rasgele yollardan bir matematiksel model (Liu ve ark., 2014).

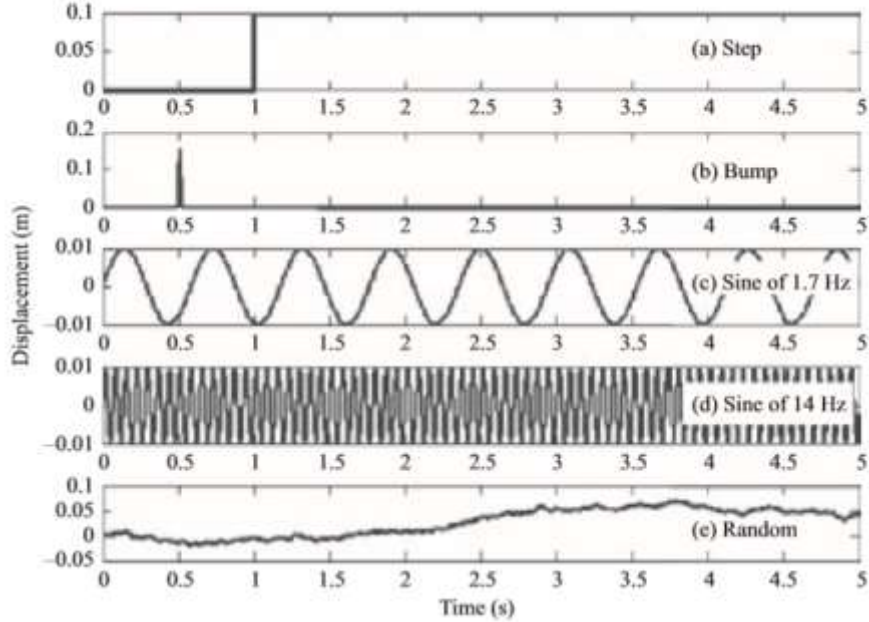
1.3.1.2. Matematiksel Çeyrek Araç Modeli

Çeyrek araba modeli, akıllı süspansiyon algoritması kontrol çalışmasında kullanılan temel model olmuştur. Model çok basit olmasına ve sadece dikey titreşim hareketi göz önünde bulundurmasına rağmen, ilk geliştirme aşamasında çok yararlıdır. Model Şekil 3.1.1'de gösterilmiştir ve bir yaylı kütle, yaylanmamış bir kütle, bir yay, bir sönümleyici ve yayılmış kütle ile yaylanmamış kütle arasında bir aktuatörden oluşur. Model, aktuatörün durumuna göre pasif süspansiyonu ve aktif / yarı aktifliği aynı anda gösterebilir. Aktuatör ihmal edilirse, model pasif bir süspansiyon sistemi olacaktır. Aktuatör yalnızca aktif sönümlenme kuvveti sağlayabilirse, modül yarı aktif bir süspansiyon modeli halindeyken, aktuatör aktif kumanda kuvvetleri üretirse, bu model aktif bir süspansiyon modeli olacaktır (Liu ve ark., 2014).



Şekil 1.3.1.2.1. Çeyrek araç modeli (Liu ve ark., 2014).

Yöntem ayrıca araç süspansiyon modellemesinde aşağıdaki şekilde kabul edilmiştir



Şekil 1.3.1.2.2. Yolun Süspansiyona Etkisi (Liu ve ark., 2014).

Newton yasasına göre, çeyrek arabanın yönetim denklemleri modeli şu şekilde verilebilir (Liu ve ark., 2014):

$$m_s \ddot{z}_s + k_s(z_s - z_u) + c_e(\dot{z}_s - \dot{z}_u) + F_c = 0$$

$$m_u \ddot{z}_u - c_e(\dot{z}_s - \dot{z}_u) - F_c + k_t(z_u - w) = 0$$

Burada M_s ve M_u esnek ve esnek olmayan kütle, C_e ve K_s sönüm ve elastik katsayılarını, F_c değişken sönümlenme kuvveti, K_t tekerleğin sertliğini, Z_s , Z_u ve W

sırasıyla esnek kütlelerin yer değiştirmesi esnek olmayan kütlelerin yer değiştirmesi ve yol girdisidir.

Aktif süspansiyon sistemi çeyrek araç modeli, Newton hareket denklemleri ile modellenir, sistemin Lagrange hareket denklem modeli çıkarılır, doğrusal sistemin transfer fonksiyonu elde edildikten sonra modellenmesi yapılır ve bode diyagramı ile frekans cevabı incelenebilir (Çakan, 2013).

1.4. Süspansiyon Sistemi Elemanları

1.4.1. Yaylar

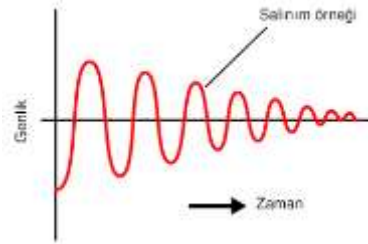
Yaylar; aracın yerden yüksekliğini koruyan, taşıt ağırlığını destekleyen, yol yüzeyinden gelen darbeleri absorbe eden ve enerji depolayan, süspansiyon sisteminin esnek bir elemanıdır. Taşıt hareket halindeyken tekerleklerle etki eden darbeleri kinetik enerji olarak karşılar ve sıkışarak bu enerjiyi potansiyel enerji olarak depolar. Amortisörlerin yardımıyla yavaş bir salınım gerçekleştirerek kinetik enerji şeklinde bu enerjiyi bırakır. Yoldan gelen darbeler de yay elemanı üzerinde absorbe edilmiş olur (Megep, 2013).

Yaylara kuvvet uygulandığında sıkışır ve yani şekilleri değişir. Kuvvetin etkisi ortadan kalktığında ise tekrar ilk haline geri döner. Yayların bu özellikleri “elastikiyet” olarak adlandırılır. Yaylar araca etki eden kuvvetleri sönmek için elastikiyet özelliğinden faydalanır. Aşırı yük durumunda ya da aşırı esneme durumunda elastikiyet kuvvet değeri aşırsa ilk haline geri dönemez. Bu durum da “plastikiyet” olarak adlandırılır.

Yayın sıkışması o yaya uygulanan kuvvet ile orantılıdır. Her yayın da kendine özgü bir sabiti vardır ve bu yayın üretildiği malzemenin özelliğine bağlı olarak da değişebilir. Yay sabiti, yaya uygulanan kuvvet ve sıkışma miktarına bağlı olarak bulunabilir. Bu sabit değeri düşük olan yaylara yumuşak yay, yüksek olan yaylara da sert yay denilmektedir (Demir, 2010).

$$k \text{ (Yay sabiti } \frac{kg}{mm}) = \frac{W \text{ (Harici kuvvet - kg)}}{a \text{ (Büzülme miktarı - mm)}}$$

Süspansiyon sistemlerinde kullanılan yaylar, araçtaki yoldan kaynaklanan titreşim ve kuvvetleri sönmölemek için salınım yaparlar. Bu salınım sıkışma ve sıçrama yoluyla gerçekleşir. Yay sıkıştıktan sonra üstünde topladığı potansiyel enerji serbest kalır ve kinetik enerji olarak yeniden sıçramak ister. Ayrıca aracın yukarı hareketi de buna destek sağlar. Enerji sönmölenene kadar bu hareket yukarı ve aşağı yönde sırayla devam eder. Yay ilk uzunluğuna geldiğinde sönmöleme gerçekleşmiş olur. Ancak enerjinin sönmölenmesini daha iyi bir şekilde kontrol etmezsek sürüş konforu, sürüş güvenliği ve direksiyon hakimiyeti bu durumdan olumsuz etkilenecektir. Bu süreyi kısaltmak için de amortisörler kullanılır (Demir, 2010).



Şekil 1.4.1.1. Yay salınım örneği (Demir, 2010).

Şekil 1.4.1.1.'de yayın salınım örneği gösterilmiştir. Amortisör ile birlikte kullanılması durumundaki genlik zaman grafiği de amortisörler başlığı altında gösterilmiştir.

Süspansiyon sistemlerini incelemeden önce yaylı, yaysız kütle tanımlarını ve etkilerini kısaca özetleyelim;

- Yaylanan kütle; araç şasesi, vites kutusu, motor ve aracın üstünde bulunan kütleleri tarif etmektedir. Yaylanan kütle oranı toplam kütleyle oranla ne kadar yüksek olursa aracın sürüş konforu ve güvenliği artar.
- Yaylanmayan kütle; akslar (dingiller) ve tekerleklerden meydana gelir. Yaylanmayan kütle oranının toplam kütleyle oranla minimum olması istenir.

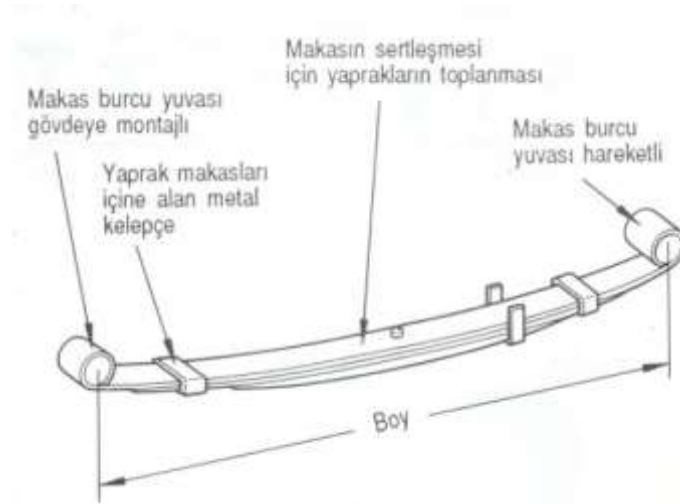
Yayların enerji sönmöleyen eleman olmanın yanı sıra amortisörlerle birlikte çalışarak tekerleklerin maksimum seviyede yol ile temasını sağlar. Taşıtın ağırlığını taşır (yaylanan kütle) ve darbeleri daha yumuşak titreşimlerle karşılar. Yaylar kullanıldığı araçların tipine, yük taşıma kapasitesine ve sürüş konforu ihtiyacına göre çeşitlilik gösterir. 4 farklı grupta incelenebilir. Bunlar aşağıdaki başlıklarla listelenebilir (Megep, 2013);

- Yaprak yaylar,
- Helisel yaylar,
- Burulma çubuklu yaylar,
- Pnömatik (hava yastıklı) yaylar

1.4.1.1. Yaprak Yaylar

Yaprak yaylar yassı çeliğin kıvrılarak band şeklinde şekillendirilmesi ile üretilirler. Makas olarak da adlandırılabilir. Boyları birbirinden farklı lama şeklindeki parçaların uzundan kısaya üst üste konulmasıyla (demetler halinde) oluşurlar. Tüm demetler merkezlenmiş ve perçin ile merkez üzerinden sabitlenirler. Genellikle kamyon, kamyonet ve benzeri araçların ön ve arka askı sistemlerinde kullanılırlar. Band şeklinde şekillendirilen her bir yassı çeliğin kaymasını önlemek için kelepçeler ya da bir kısıkaç ile tutturulurlar ve U cıvatalarıyla bağlanırlar. Yapraklar uzundan kısaya demetlendiği dikkate alınır, uzun yayın esneme miktarı daha fazla olacağından diğerlerine oranla daha yumuşaktır. Yaprak yaylar havalı yaylara oranla daha az bir sürüş konforu sağlasa da yük taşıma kapasiteleri daha yüksektir (Elhüseyni, 2006).

Yaylanma (sönümlenme) esnasında yaprak yaylar birbiri üzerinde sürtünür ve kayma yaparlar. Bu oluşan sürtünmeyi minimize etmek için yaprak yayların aralarına sürtünmeyi azaltmak için maddeler konur. Çalışma prensibi ve yapısı gereği yoldan gelen küçük titreşimleri absorbe etmeleri daha zordur ve sürüş konforu düşüktür. Parabolik yaprak yaylarda sürüş konforu biraz daha iyidir. Genellikle ağır hizmet tipi araçlarda tercih edilirler. Yaprak yaylarda herhangi bir deformasyon görülene ya da tamamen kırılana kadar herhangi bir bakıma ihtiyaç duyulmaz. Ancak katlarından herhangi birinin kırıldığı durumunda tamamının değiştirilmesi gerekmektedir (Elhüseyni, 2006).



Şekil 1.4.1.1.1. Yaprak yay ve bağlantıları (Megep, 2013)

Yaprak yayın (makasların) genel özellikleri (Akgümüş, 2015);

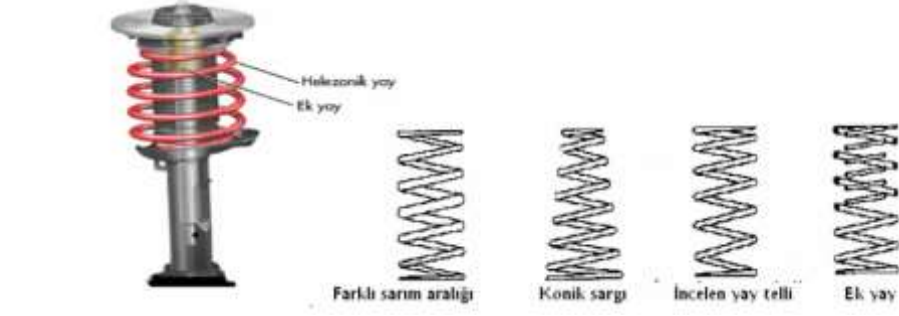
- Makaslar bağlantısal olarak sabittir. Geniş montaj alanı gereksinimi vardır,
- Yapımı zordur ancak üretim hatası ve uygulama riski daha azdır,
- Ağır ve tonajlı araçlar (genellikle ticari araçlar) için uygundur, yük taşıma kapasitesi yüksektir,
- Aracın kalkış ve duruş titreşimlerini daha kolay absorbe eder,
- Sürtünmelerden dolayı oluşan aşınmalar nedeniyle belirli aralıklarla bakım gerektirir.

1.4.1.2. Helisel/Helezon Yaylar

Binek araçlar ve yolcu otobüslerinde kullanılan helisel yaylar, araçların ağırlıklarının farklı olması sebebiyle farklı çaplarda bulunmaktadır. Yaylar esnekliklerini kaybetmezlerse veya kırılıp hasar almazlarsa bakım gerektirmezler. Bu sebeple de kullanışlı olarak görülürler (Megep, 2007).

Isıl işlem uygulanıp bükülerek helezon şekillere dönüştürülen özel yay çelikleri kullanılarak helezon yaylar yapılır. Çoğunlukla yayın uçlarından biri şasi çerçevesine uçlarından diğeri de askı tertibatına veya aksa bağlı bulunmaktadır. Yayın üst ve alt bölümlerine pabuçlar ve kauçuk takoz konularak titreşimler durdurulmaya çalışılmıştır. Eğer helezon bir yayın üstüne yük bindirilirse yayın bütünü esneyerek yayın boyu kısalmış ve böylelikle enerji depo edilerek darbe sönümlenmesi gerçekleşir (Megep, 2007).

Günümüzde kullanılan otomobillerin neredeyse hepsinde ön ya da arka askılarında helezon yaylar tercih edilmektedir. Aşağıda gösterilen yay modellerinin tamamı aynı amaçla tasarlanmıştır. Fakat aracın kullanılacağı yer, taşıyacağı yük, istenilen rahatlık, amortisörün şasiye bağlantı şekline ve dingil modeline göre çeşitli modellerde yaylar tercih edilebilir.



Şekil 1.4.1.2.1. Helezon yay örneği ve tipleri

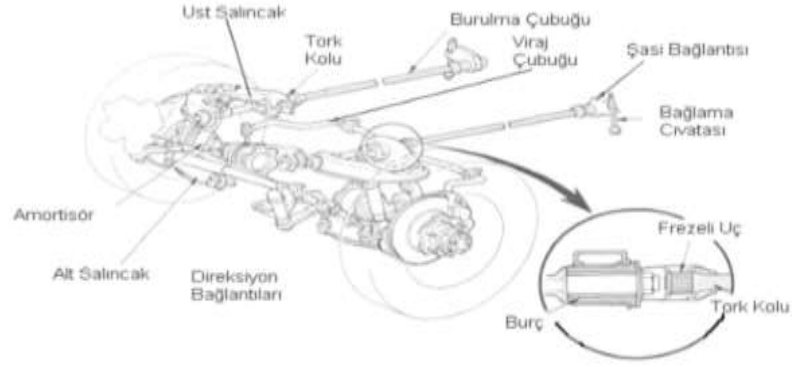
Helezon yayın arka süspansiyon tasarımına kıyasla ön süspansiyon tasarımı, biraz daha komplekstir. Helezon yaylar direksiyon sisteminin yönergeleriyle tekerleklerin sağa- sola ve aşağı- yukarı yönlerinde ilerlemesine olanak sunmaktadır. Eğer araç önden çekişli olursa aksın hareketlerinin engellenmeden tekerleklerden gelen darbeleri üstüne çekmelidir. Bu şekildeki ön askı tasarımlarında helezon yay amortisör üstünde bulunmaktadır.

Helezon yayların özellikleri şu şekildedir (Megep, 2007);

- Birim ağırlıkları başına düşen sönümlleme gücü yaprak yaylara kıyasla biraz daha büyük boyuttadır ve az yer kaplayarak bakım gerektirmemektedir.
- Yapım aşamasında yumuşak ve kolay yaylar tercih edilebilmektedir.
- Yaprak yaylarda olduğu şekilde yaprak içinde sürtünme bulunmadığından, yayların kendi salınımlarının kontrolünün yapılmasına ihtiyaç olmamaktadır. Fakat amortisörleri kullanmak mecburidir.
- Yanal kuvvetlerde yayların direnç sahibi olarak yer almadığından, tersine olanak sağlayan yanal bağlantı elemanlarına ihtiyaç vardır.

1.4.1.3. Burulma Çubuklu Yaylar

Burulma çubuklu yaylar bir ya da birden fazla uzun çelik çubuktan oluşur. Genellikle araçların arka süspansiyonlarında kullanılır. Ani ve sert darbeler karşısında çabuk deforme olmaları ya da kırılmaları nedeniyle ömürleri uzun değildir. Yay çeliğinden imal edilirler. Burulma çubuklarının bir ucu gövdeye, diğeri ize serbest bir şekilde dönebilecek şekilde alt ya da üst salıncağa bağlanır.



Şekil 1.4.3.1.1. Burulma çubuklu yay ve bağlantısı (Megep, 2013)

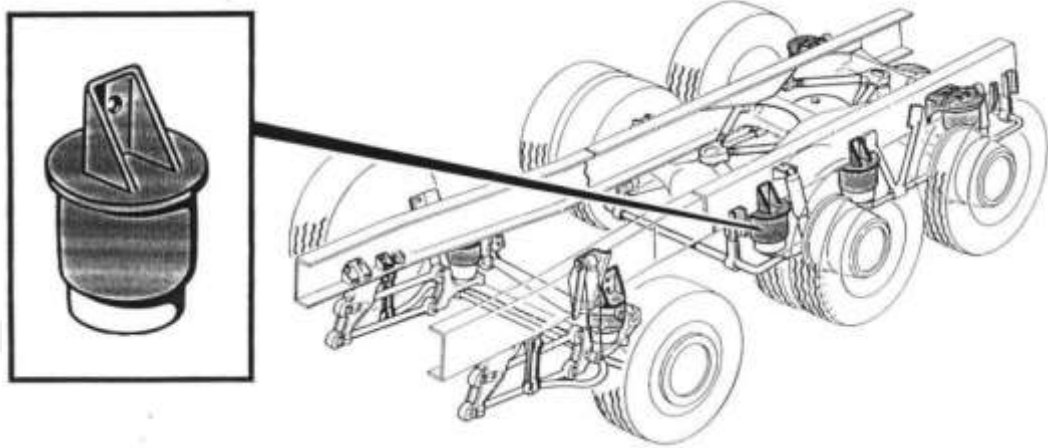
Burulma çubuklu yayların genel özellikleri;

- Diğer yaylara göre birim ağırlıktaki süspansiyon gücü daha fazladır. Bu nedenle daha yumuşak bir süspansiyon sağlar,
- Kırılmaması durumunda herhangi bir bakım gerektirmez, montaj alan gereksinimi azdır ve yapımı kolaydır,
- Burulma çubuklu yayların, helezon yaylarda olduğu gibi salınımı kontrolsüzdür. Bu nedenle amortisörle birlikte kullanılması gerekmektedir.

1.4.1.4. Pnömatik/Havalı Yaylar

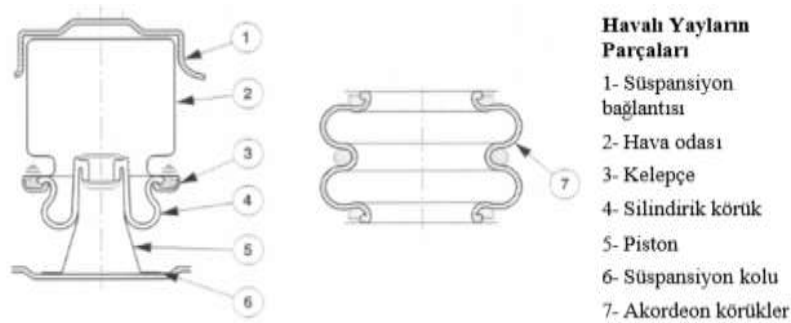
Havalı süspansiyon sistemleri ve bu sistemlerde kullanılan havalı yaylar, otobüs, dorse, kamyon ve benzeri ticari araçlarda daha çok tercih edilir. Bu araçlarda yay yerine hava yastıkları (kauçuktan oluşan ve içinde sıkışmış hava bulundurabilen silindirler) bulunur. Taşıtın ağırlığı yastıklara binmektedir. Havalı yaylar, havanın sıkışma özelliğinden faydalanarak çalışır ve sıkışan hava yay gibi esnemektedir. Bu düzenek ya

da tertibat, metal bir hücre içine yerleştirilmiş esneme özelliği yüksek bir torbadan oluşur. Sürüş halinde yolun araca olan etkisini sönmölemek için (çukur ya da tümseğe girmek gibi) torbanın içinde bulunan hava daha fazla sıkışır ve darbenin absorbe edilmesini sağlar (Demir, 2010).



Şekil 1.4.1.4.1. Torbalı Havalı Yay (Süspansiyon Körüğü) ve Uygulaması (Demir, 2010)

Şekil 1.4.1.4.1.' de hava süspansiyonlu bir treylerin bağlantıları ve uygulaması gösterilmiştir. Torbalı havalı yay donanımı süspansiyon elemanı olarak kullanılır ve dingil ile şase arasına montaj edilir.



Şekil 1.4.1.4.2. Körüklü havalı yay ve kısımları (Megep, 2013)

Şekil 1.4.1.4.2.' de körüklü havalı yay ve kısımları gösterilmiştir. Körüklü havalı yay torbalı havalı yaya göre hem daha düşük kapasiteli hem de katlanma özelliği daha yüksektir. Süspansiyon elemanı olarak kullanılmasının yanı sıra, ticari araçlarda dingil kaldırma donanımı olarak da kullanılır.

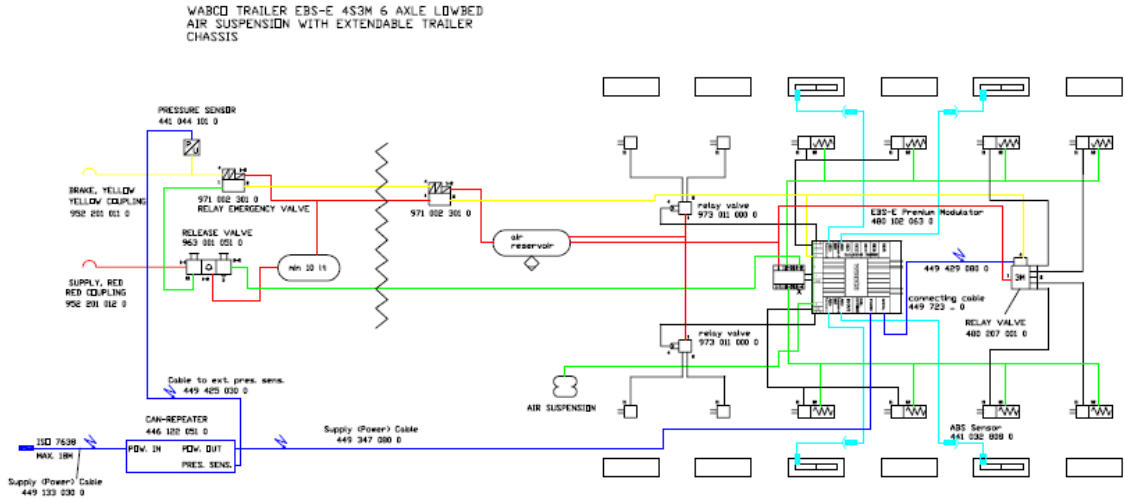
Araç yüklü değilken havalı yaylar hassastır. Taşıt yüklü iken yükün etkisi ile sıkışan hava basıncı nedeniyle havalı yayın sabiti de değişkenlik gösterecektir ve yükün

durumuna bağı olarak yay sabiti artar. Havalı yaylar araç hem boşken hem de yüklüken en iyi sürüş konforunu sağlayan yaylardır Hendrickson (Erişim Tarihi: 03.03.2018).

Hava yaylarının kullanıldığı araçlarda taşıtın yerden yüksekliği, taşıtta bulunan yükün ağırlığı ile ters orantılıdır. Yükün etkisiyle sıkışan havalı yaylarda (körüklere) basınç artacak ve araç yere doğru alçacaktır. Bu sebeple havalı yayların kullanıldığı araçlarda hava basıncını kontrol altında tutabilmek amacıyla birçok kontrol mekanizması ve birçok elektronik kontrollü sistem geliştirilmiştir DAF (Erişim Tarihi: 03.03.2018). Hava basıncı kontrol altında tutularak elektronik bir beyin sayesinde araç yerden yüksekliği bir seviye ventili aracılığı ile düzenlenebilmekte ve kontrol altına alınabilmektedir (Hendrickson, 2013). Bu elektronik kontrole bağı olarak yalnızca aracın yerden yüksekliği kontrol altına alınmamış, körüklerde hava kontrol edilerek taşıtın çalınmasına karşı çeşitli güvenlik sistemleri geliştirilmiştir (Wabco, 1999).

Havalı yayların kullanıldığı hava süspansiyonlu taşıtlarda, hava basıncını sürekli sağlamak ve sabit basınç değerinde sabit tutmak amacıyla da çeşitli kontrol mekanizmaları geliştirilmiştir. Havayı kontrol altında tutmak için kompresör ya da benzeri bir hava kaynağı gerekir. Bu da havalı süspansiyon sistemlerinin kullanıldığı araçlarda mevcuttur (DAF, Erişim Tarihi: 03.03.2018).

Havalı süspansiyon sistemleri yalnızca motorlu araçlarda değil, aynı başlık altında örnek verildiği üzere treyler gibi motorsuz araçlarda da kullanılmaktadır. Motorsuz araçlarda kompresör olmadığından, bu araçlardaki hava kontrol mekanizması fren sistemlerinde kullanılan beyin aracılığı ile kontrol edilmektedir. Motorsuz hava yaylı araçlarda hava dolum ekipmanı yoktur ancak motorlu araçtan elde edilen hava, ECU üniteleri aracılığıyla kontrol edilebilir ve sadece manuel olarak değil otomatik olarak da aracın seviye kontrolünü sağlanabilir. Özellikle virajlarda aracın yola olan tepkisi sıkışan havanın kontrolü ile sağlanmakta, süspansiyon sistemine ek olarak yol tutuşu iyileştirilebilmektedir. Wabco ve benzeri fren sistemi geliştiren firmaların bu konuda benzer çalışmaları da bulunmaktadır. Aracın yol tutuşu frenleme sistemleriyle desteklenmekte ve havalı süspansiyon sistemlerinde bu çok daha stabil bir avantaja dönüşebilmektedir. Bu kontrol mekanizmalarından mevcut olan bir tanesi ECAS sistemi olarak adlandırılmaktadır ve benzer fonksiyona sahip alternatif ticari markalar da mevcuttur (Wabco, Erişim Tarihi: 03.03.2018).



Şekil 1.4.1.4.3. 4S3M Uzama şasili 6 dingilli aracın fren ve süspansiyon şeması / ECU bağlantıları ve ek modüller (Wabco, 2007)

Şekil 1.4.1.4.3.' de gösterilen şema, 6 sıra akslı bir aracın fren ve süspansiyon şemasını göstermektedir. Araçtaki ek modüller yardımıyla süspansiyon sistemini destekleyen ekipmanlar bulunmaktadır. Sensörler yardımıyla araçtaki tekerlek devirleri algılanıp otomatik frenleme mekanizması/kontrolü, hava basıncı elektrik sinyali hızlandırıcı ve hava basınç sensörleri bu donanımlara birer örnektir.

Hava yaylı sistemlere ek olarak Hidro-pnömatik süspansiyon sistemleri de vardır. Bu sistemler diğer sistemlere nazaran daha yüksek enerjiyi absorbe etme yeteneğine sahiptir. Ağır ve karmaşık yapıları ile yükseklik kontrolü için ek donanıma olan gereksinimlerinden dolayı kullanım alanları dardır ve kullanımı yaygın değildir. Maliyetleri de diğer sistemlere göre daha yüksektir ve bu sistemler genellikle hidrolik yağın hava basınç yastığını sıkıştırmasıyla çalışmaktadır (Bauer, 2011).

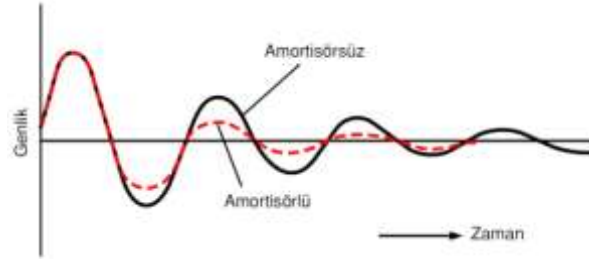
Hidro-pnömatik yayların genel özellikleri;

- Yaylanma özellikleri daha çok gelişmiştir ve gürültüleri absorbe etme yeteneği daha yüksektir,
- Taşıtın zemine yüksekliği doğrusal olarak ve hidrolik liftlerin stroğuna bağlı olarak istenilen seviyede ayarlanabilir,

- Treylerlerde, yolcu otobüslerinde ve binek lüks araçlarda tercih edilmektedir,
- Taşıtın yük durumundan diğerlerine göre daha az etkilenir ve daha iyi bir sürüş konforu sağlar,
- Bağımsız tekerlek süspansiyon mekanizmasını mümkün kılar VSE (2009).

1.4.2. Amortisör

Araç yol yüzeyindeki tümsek, çukur ya da yoldaki herhangi bir bozukluktan dolayı darbelerle maruz kalır. Bu darbeleri sönmölemek amacıyla süspansiyon yayları uzayıp kısalarak darbeleri absorbe eder. Darbeleri sönmöleme sırasında salınım hareketi yapar. Salınımın şaseye iletilmemesi için yayın yavaşça gevşemesi ve sıkışması istenir ve kontrolsüz bir salınımın sönmölenmesi gerekmektedir. Yay salınımını kontrol altına almak ve yavaşça salınımını gerçekleştirmesini sağlamak amacıyla amortisörler kullanılarak darbelerin şase ve kaportaya doğrudan iletilmesinin önüne geçilmiş olur (Megep, 2013).



Şekil 1.4.2.1. Amortisörlü ve amortisörsüz bir yayın zamana bağlı genliği (Demir, 2010).

Şekil 1.4.2.1.'de görüldüğü gibi, amortisör salınım süresini kısaltır ve yay genliğinin daha kontrollü gerçekleşmesini sağlar. Bir araçta amortisör kullanılmamış ve sadece yay kullanılmış bir süspansiyon olsaydı, araç herhangi darbeye maruz kaldığında ya da herhangi bir yol sarsıntısı ile karşılaştığında kontrolsüz bir şekilde aşağı yukarı salınım yapacaktı. Bu salınım, sürüş konforu ve sürüş emniyeti açısından önemli bir risk unsuru oluşturacaktı. Amortisörler, bu salınımların frenlenmesi ve yol sürüş güvenliğinin sağlanması için önemli ekipmanlardır. Aynı zamanda amortisörlerin lastiklerin yolu tutması için de önemli role sahip donanımlardır (Demir, 2010). Süspansiyon sistemlerinin

bir aracın asılı olmayan ağırlıklı hareketini kontrol eder. Genişleme çevrimi ise asılı ağırlığı kontrol eder (Demir, 2010).

Basma çevriminde, pistonlar aşağı yönde hareket ederken ya da itilirken, piston önündeki yağ üst hazneye göre daha fazla sıkışır, yağın basıncının da artmasıyla pistonun arkasında bulunan piston valfi açılır ve yağ üst hazneye geçer. Hareket sırasında alt hazne ile üst hazne arasındaki yağ değişimi esnasında mekaniksel bir direnç oluşur ve bunun sonucu olarak salınım/titreşim sönümlenmiş olur. Aynı zamanda amortisör içinde yüksek basınçlı gaz vardır. Bu gaz yağın daha doğrusal hareket etmesini sağlar. Çekme çevriminde ise basma çevriminde olan döngünün tam tersi gerçekleşir. Piston çekme çevriminde yukarı doğru hareket eder ve sıkışan yağın basıncının artmasıyla piston valfi açılır ve yağ alt hazneye geçer. Yağ aynı şekilde yüksek basınçlı gaz tarafından bu çevrimde de sürekli itilecektir (Megep, 2007).

Yol ile tekerlek arasındaki temasın sürekliliğini sağlaması nedeniyle, amortisör süspansiyon sisteminin en önemli parçalarından biridir. Aynı zamanda bir güvenlik parçası olarak da kabul edilebilir. Bir aracın fren sistemi, fren tepki süresi ve lastikleri ne kadar iyi olursa olsun, lastikler yola daha iyi bir şekilde temas etmezse, taşıtın düzgün bir şekilde hızlanması ve durması güvenli bir şekilde gerçekleşmez. Frenlemenin daha verimli gerçekleşmesi için lastik ile yer arasındaki temasın sürekli olarak sağlanması çok önemli bir değişkendir. Helezonların yaylanma hareketini amortisör donanımı bir ya da bir buçuk salınımında keser. Amortisörlerin en önemli görevlerinden birisi de budur. Tüm bu etkenler nedeniyle güvenlik parçası olarak kabul edilir (Demir, 2010).

Bazı süspansiyonlarda; özellikle performans araçlarında ve konfor gereksiniminin daha çok öneme alındığı taşıtlarda, yay ve amortisör yerine hidrolik silindirler ya da yeni nesil amortisörler kullanılır. Ticari araçlarda kullanılan amortisörlerin yapıları ve verimi hakkında birçok iyileştirme ve geliştirme çalışmaları yapılmakta ve öneminden kaynaklı olarak ticari yatırımlar yapılmaya devam etmektedir Sachs (Erişim Tarihi: 18.03.2018). Amortisörlerin birçoğunun yapısı değişiklik gösterse de genel yapıları incelendiğinde yaya bağlı bir piston ve yağ dolu bir silindir bulunur. Bu silindirlerde valf adı verilen özel açıklıklar vardır. Yağ bu açıklıklardan, pistonun aşağı yukarı salınım hareketinde (sıkışma ve genleşme çevriminde), standart amortisörlerden daha hızlı geçiş yapar. Bu sistemlerde yayın sıkışma çevrimi, genleşme çevriminden daha hızlı gerçekleşir. Aracın tekerleklerinin yüksekliği, taşıtta bulunan merkezi bir kontrol ünitesine bağlı olan silindirler tarafından kontrol edilir. Aktif süspansiyon sistemi taşıtın doğrultu kontrolünü önemli oranda iyileştirir (Bayır, 2010).

Bozuk amortisörlerin etkileri;

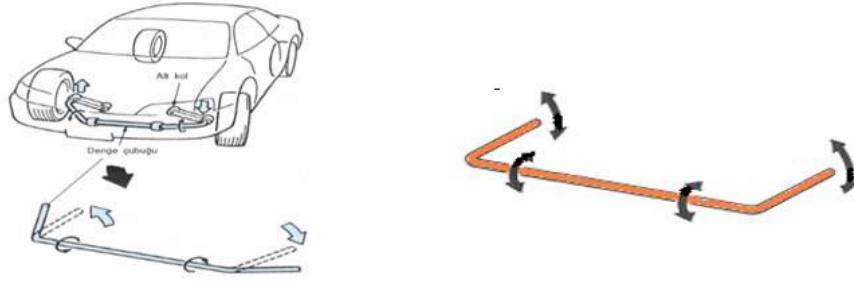
- Salınımdaki uyumsuzluk nedeniyle sürüş konforuna olumsuz etki eder ve sürücüyü yorar,
- Lastik ile yol yüzeyi arasındaki temas süresine bağlı olarak frenleme mesafesini ve süresini uzatır,
- Oluşan kontrolsüz salınımlar nedeniyle virajlardaki savrulma riski artabilir,
- Taşıta yan yüzeyden etki eden rüzgârlar ve benzeri dış etkilere daha çabuk etkilenir. Araç kontrolü zorlaşır,
- Süspansiyon sisteminin ve aracın diğer mekanik donanımlarında (direksiyon kutusu, aks bilyeleri, rot, rotül, vites kutusu, helezon yay, diferansiyel dişlileri vb.) arızaya yol açabilir.

1.4.3. Denge Çubukları

Aracın dönüşlerde oluşturduğu merkezkaç kuvvetini sönmölemek ve araç savrulmasını minimize etmek için denge çubukları kullanılır. Denge çubuğu dönüş sırasında virajın içinde kalan tekerleği yere bastırarak dönüşün emniyetli bir şekilde yapılmasını sağlar. Önden ve arkadan kaymaları / savrulmaları minimuma indirir. Lastikler ile yolun temasının sürekliliğine katkı sağlar (Demir, 2010).

Ön süspansiyon donanımında kullanılması durumunda denge çubuğu, alt salıncağın uçlarına bağlanır. Denge çubuğunun merkezi de lastik yastıklar aracılığıyla araç şasisine ve gövdesine bağlanır. Amortisör ile uyumlu çalışır. Viraj denge çubukları burulma kuvvetlerini sönmöleyecek yapıda tasarlanmıştır ve yekpare olarak U şeklindedir. Karşılıklı tekerlekler simetrik şekilde aşağı-yukarı hareket ederlerse denge çubuğu üzerinde kuvvet oluşmayacağından burulmaz (Megep, 2007).

Normalde araç virajda hareket halindeyken dıştaki yayda kuvvet oluşur ve sıkışır, iç yay ise açılır. Bu nedenden, denge çubuğunun bir ucu yukarı diğer ucu ise aşağı burulur. Çubuk üzerinde direnç oluşur ve burulmaya karşı tepki kuvveti gösterir. Çubuğun burulması ile mekanik gövdeyi düz tutulmaya çalışır ve aracın savrulmasının önüne geçilmiş olur. Bu direnç aracın savrulmasını azaltır ve gövdeyi mümkün olduğunca düz tutmaya çalışır. Denge çubuklarının dezavantajı da vardır. Kasisin fazla olduğu yollarda tek lastik havada kalabilir ve yol ile teması kesilebilir. Bu dezavantaj da iyi bir süspansiyon sistemi ile telafi edilebilir.



Şekil 1.4.3.1. Denge çubuğu ön süspansiyon sistemi uygulaması (Megep, 2013)

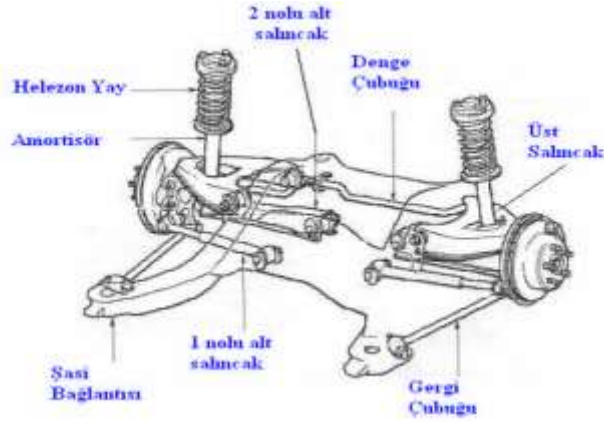
Arka süspansiyon donanımı uygulamasında denge çubukları kontrol çubuğu olarak kullanılır. Arka aksı her iki ucundan gövde ye bağlar. Gövde ile aks arasındaki yanal kuvvetleri üzerine alıp sönümler (Sayılğan, 2015).

Denge çubuklarında dışardan harici bir etki ya da darbe olmadığı sürece bir arıza oluşmaz. Yorulmaya bağlı olarak nadiren kırılmalarla karşılaşılabilir. Bağlantı lastik takozlarında yıpranma ya da yırtılma oluşabilir ya da elastik özelliğini kaybedebilir. Bu nedenlerle takozların belirli aralıklarla kontrol edilmesi ve değiştirilmesi gereklidir. Bağlantı yerlerinde oluşan herhangi bir gevşeklik nedeniyle virajlarda kontrolün zorlaştığı ve savrulmanın arttığı görülür (Megep, 2007).

1.4.4. Salıncak Kolları ve Rotiller

Salıncak kolları ve rotiller de süspansiyon sisteminin bir parçasıdır ve süspansiyon sisteminin diğer parçaları (direksiyon sistemi elemanları, aks taşıyıcısı, denge çubuğu, amortisör ve yaylar) ile bir bütünlük içinde çalışır. Tekerleklerin yukarı ve aşağı hareketlerine bir etkisi olmazken diğer yönlerden gelen kuvvetlere direnç gösterir ve düz pozisyonda tutar.

Süspansiyon sistemlerinde genel olarak üst salıncak tek koldan, alt salıncak iki koldan oluşur. Araç ekseninde uzunlamasına yer alan gergi çubuğu ile desteklenir. Üst salıncığın bir ucu süspansiyon çatısına burçlar vasıtasıyla sabitlenirken, diğer ucu aks taşıyıcısına rotil aracılığıyla sabitlenmiştir (Demir, 2010).



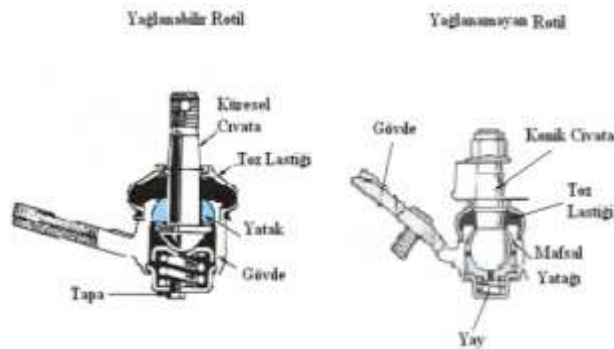
Şekil 1.4.4.1. Salıncaklar (Megep, 2013)

Araca etki eden kuvvetler ve karşılayan parçalar aşağıdaki gibidir;

- Dikey kuvvetler, lastik takozlar, amortisör, amortisör kulesi ve helezon yaylar ile sönümlenir,
- Boyuna Kuvvetler burçlar ve gergi çubukları ile sönümlenir,
- Yanal Kuvvetler burçlar ve salıncaklar ile sönümlenir.

Salıncak kolları ve rotillerin kontrolü, araç bir lift aracılığı ya da alternatif bir ekipman ile kaldırılarak tekerleklerin üzerindeki boşluğun kontrolü ile yapılır. Boşluk olması gerekenden fazla ise sistemin donanımları kontrol edilir. Bağlantılardaki eksiklikler giderilir. Genellikle rotillerin bağlantıları kontrol edilir. Perçinle tutturulmamış ise cıvata bağlantıları sağlamlaştırılır (Megep, 2013).

Rotiller: Poryayla salıncağın arasında yer alan ve salıncak ile tekerleği birbirine bağlayan parçalara rotıl denir. Tekerleklere etki eden yatay ve düşey kuvvetleri taşıyan bir eleman olarak da nitelendirilebilir. Direksiyonun hareketi doğrultusunda rot kolundan almış olduğu hareketi direksiyon mafsalına aktarır. Kayan yüzeylerindeki aşınmayı önlemek için içleri gres yağıyla doldurulmuştur.



Şekil 1.4.4.2. Yağlanabilir ve yağlanmayan rotiller (Megep, 2007)

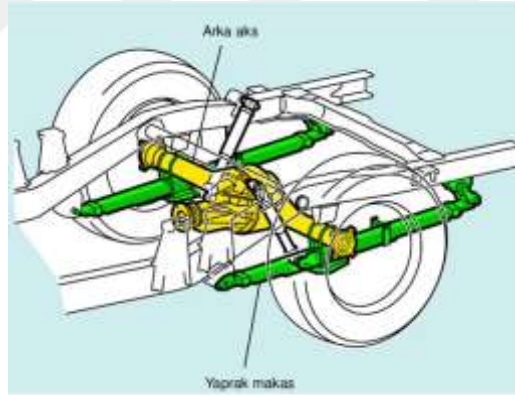
Şekil 1.4.4.2.'de yağlanabilir ve yağlanmayan rotiller görülmektedir. Görüldüğü üzere üst salıncaklar ile direksiyon mafsalını birbirine bağlamaktadır. Ön düzen açısı teo- in ayarlaması ve boylarının değişken olabileceği nedeniyle her zaman bir uçları ayarlanabilir. Yağlanmayan rotiller genellikle binek araçlarda tercih edilir (Megep, 2007).

1.5. Süspansiyon Sistemi Çeşitleri

Çalışmamızda süspansiyon sistemleri sabit ve bağımsız süspansiyon sistemi olmak üzere iki ana başlıkta incelenecektir.

1.5.1. Sabit Süspansiyon Sistemi

Sabit süspansiyon sisteminde aracın sağ ve sol tekerlekleri birbirine bağlı olarak hareket eder. Rijit bir şekilde bir dingil aracılığıyla birbirlerine bağlıdır. Darbe ve titreşimler iki tekerlek tarafından birlikte absorbe edilir (Megep, 2007).



Şekil 1.5.1.1. Sabit dingilli makaslı tip süspansiyon sistemi örneği (Demir, 2010)

Şekil 1.5.1.1.'de görüldüğü gibi; tekerlekler birbirlerine bağlı olduğundan, tekerleklerden herhangi birinin (sağ ve sol tekerleğin) etki altında kaldığı her bir tepkiden diğeri de etkilenir. Sabit süspansiyon sistemlerinde yaprak yay yani makaslar ya da yatay kontrol rotlu kollar kullanılır. Karmaşık yapıları yoktur, kullanılan malzeme sayısı daha azdır. Üretim hatasına maruz kalma riski bağımsız süspansiyon sistemlerine göre oldukça düşüktür. Genellikle yük taşıyan kamyon, tır, treyler vb. araçlarda, ağır iş makinelerinde ve otobüslerde tercih edilir. Sürüş konforu düşüktür. Virajlarda yatma oranı yüksektir ve

gövde üzerinde eğime sebep olabilir. Titreşim ve salınımları sönümleme kabiliyeti bağımsız süspansiyon sistemine göre düşüktür. Genel özellikleri;

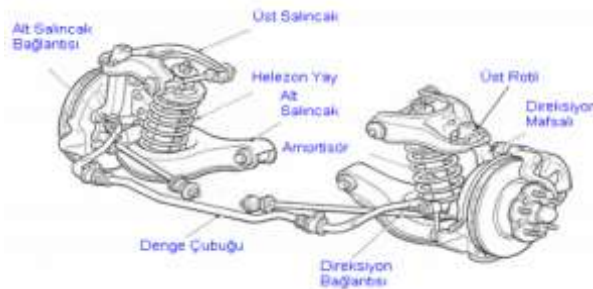
- Yapısı daha basit ve parça sayısı azdır,
- Yük taşıma kapasitesi ve dayanımı yüksek, bakım gereksinimi daha azdır,
- Virajlarda yana devrilme eğilimi yüksektir,
- Süspansiyonsuz kütle daha büyüktür, bu nedenle daha az sürüş konforu sağlar,
- Tekerlekler birbirine rijit bir şekilde bağlı olduğundan titreşim ve sarsıntı miktarı daha fazladır.

1.5.2. Bağımsız Süspansiyon Sistemi

Bağımsız süspansiyon sistemlerinde, sabit süspansiyon sistemlerinin tersine sağ ve soldaki tekerlekler birbirine bağımsızdır. Bu nedene bağlı olarak serbest süspansiyon sistemi olarak da adlandırılabilir.

Tekerlekler, bir yay aracılığı ile araç gövdesine bağlanan bağımsız kol ile desteklenir. Bunun sonucu olarak her tekerleğin bağımsız hareketi sağlanmış olur. Böylece gövdenin hareketleri sınırlanır ve yönlendirme yeteneği sağlanır. Yol yüzeyindeki bozuklukların etkisi etkin bir şekilde sönümlenebilir ve sürüş konfor ile güvenliği daha iyi bir şekilde sağlanmış olur. Virajlardaki savrulma oranı daha azdır. Direksiyonla yönlendirme de iyileştirilmiştir.

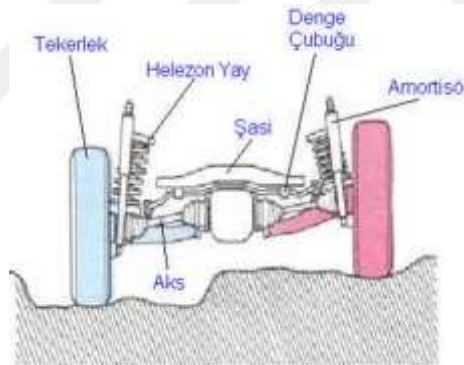
Yaysız kütle miktarı azaltıldığından lastikler ile yolun temas oranı artırılır ve titreşimler sabit süspansiyon sistemine göre daha iyi sönümlenir. Bağımsız süspansiyon sistemlerinde tekerlekler daha aktif ve hareketlidir. Üstelik tekerleklerin birbirine bağımlılıkları yoktur. Bu nedenle yanal kuvvetlere daha az direnç gösterebilirler. Aşınma miktarları da fazlaşır. Bağımsız süspansiyon sistemlerinde parça sayısı daha fazladır bu nedenle üretim ve uygulama maliyetleri daha yüksektir.



Şekil 1.5.2.1. Örnek bağımsız süspansiyon sistemi ve parçaları (Megep, 2013)

Bağımsız süspansiyon sisteminin avantajları ve özellikleri (Megep, 2013);

- Tekerleklerin yol ile temas oranı daha fazladır. Yol tutuşu, direksiyon kontrolü ve sürüş güvenliği daha iyidir,
- Bağımsız süspansiyon sistemlerinde yaylar sadece gövdeyi taşır. Böylece daha yumuşak yay kullanılabilir,
- Tekerlekler ile aks bağlantısının basit olması ve alan kullanım kolaylığı nedeniyle motor bağlantı pozisyonu daha kolay sağlanabilir ve yere daha yakın monte edilebilir,
- Motorun daha aşağı monte edilmesi ile ağırlık merkezi aşağı ineceğinden yol tutuş oranı artar,
- Parça sayısı fazladır. Bu durum ekonomik olarak dezavantaj gibi görülse de kamber, toe-in açılarının daha iyi kontrol edilebilmesini sağlar,
- Tekerleklerin birbirinden bağımsız olması nedeniyle, herhangi biri aşağı ya da yukarı hareket etse de araç şasisi düz durabilir.



Şekil 1.5.2.2. Bağımsız Süspansiyon (Megep, 2007)

Şekil 1.5.2.2.' de örneği gösterilen bağımsız süspansiyon sistemi çalışmamızda aşağıdaki başlıklarla incelenecektir.

- MacPherson süspansiyon sistemi
- Çift salıncaklı süspansiyon sistemi
- Burulma çubuklu çift salıncaklı süspansiyon sistemi

1.5.2.1. MacPherson Süspansiyon Sistemi

MacPherson süspansiyon sistemi bağımsız süspansiyon sistemlerinden olup, günümüz araçlarında yaygın olarak tercih edilmektedir. For şirketi bünyesinde

geliştirilmiş olup, 1949 yılında Earles S. MacPherson tarafından tasarlanmış ortaya konmuştur. Düşük maliyetinin ve az montaj alanı gereksinimi bu sistemin tercih sebeplerinden biridir. Aracın gövdesine amortisör, yay ve lastik takozlar vasıtası ile bağlıdır. Yolun oluşturmuş olduğu darbe ve salınımlar amortisör-yay birleşimi ile sönümlenmektedir (Yazar, 2015).

Bağımsız süspansiyon sistemlerinden biri olan MacPherson tip süspansiyon sisteminde salıncak yerine kayabilir bir destek kullanılmıştır. Buna karşın, yukarıya uzatılmış dayanak için çamurlukta bir oynak nokta bulunmaktadır. Bu nokta sağlamlaştırılarak eğilmeye karşı dayanıklı bir titreşim absorbe edici olarak tasarlanmış ve piston çubuğu esnek bir yataklamayla beraber karosere sabitlenmiştir.



Şekil 1.5.2.1.1. MacPherson süspansiyon sistemi ve parçaları (Putgül ve ark., 2016)

MacPherson tip süspansiyon, yaygın olarak küçük ve orta büyüklükteki taşıtlarda kullanılmakta olan bir sistemdir. Önden çekişli araçlar için çok uygundur. Hafifliği, sade yapısı, düşük maliyeti ve az yer kaplaması nedeniyle küçük araçlar için oldukça yaygındır. Bir diğer avantajı tekerlek kontrolünü sağlayan parçaların, tek bir montajda birleştirilebiliyor olmasıdır. Bu sistem enine motorlar için daha uygun ve kullanılabilir olduğundan önden çekişli araçlarda daha çok tercih edilir (Putgül ve ark., 2016).

MacPherson süspansiyon sisteminin faydalı olan bir diğer yanı, iki salıncak yatağı kullanılmaması nedeniyle imalat ve üretimden kaynaklanan olası bir hata etkisinin minimuma indirilmesidir. Çift salıncaklı sistem kadar hassas bir ayar olmasa da kamber açısı ayarlanabilir. Ekonomik bir sistemdir. Sistemin bir dezavantajı olarak kuvvetlerin çamurluğa iletildiğini görebiliriz. Bu sebepten dolayı çamurluk ve iç sacının sağlamlandırılmış olması şarttır.

Yoldaki gürültülerin absorbe edilmesi bu süspansiyon sisteminde zorluklar yaratmakta ve oturağın lastiklere yataklanması uygun olmamaktadır. Alt salıncağın ve yaylı ayağın eğik yerleştirilmesi yoluyla yüksek ani dönme merkezine ulaşılabilir. Ani dönme merkezi, çift salıncaklı askı sistemlerinden yüksek değildir ve tam tersine artan yüklemeye ile kuvvetli bir şekilde alçalmaktadır.

MacPherson süspansiyonun arka akslarda kullanılması durumunda araç gövdesinin yay ile esnekliğinin kazandırılması, çift salıncaklı sistemlerdekine benzer olarak torsiyon çubuk yayları ile yapılabilir. Başka bir uygulama yöntemiyle helisel yaylarla da yapılabilir. Helisel yaylar, karoserde amortisör ayağının üstündeki yay tablası ile amortisörün borusunun arasına montaj edilir.

MacPherson tip süspansiyonun avantajları olduğu gibi dezavantajları da vardır. Eğik karakterli bir yapıya sahip olması bunlardan biridir. Ancak esnek yapısının araç dinamiğine olumlu etkisi de vardır. Bu durum, kamber açısına ve araç süspansiyon geometrisine olumlu etki etmektedir. Kamber açısı özellikle virajlarda aracın tutunmasına olumlu etki ederken, süspansiyon geometrisi de sürüş konforu ve güvenliğine olumlu etki etmektedir.

MacPherson tip süspansiyon dizaynında, kamber açısında dinamik değişimin aşırı olmasını önlemek için, sapmayı dikkate almak gerekmektedir. Aşırı olması durumunda taşıt sürüş konforu ve taşıtın kararlılığı olumsuz yönde etkilenecektir (Putgül, 2016).

Bu süspansiyon sistemi kısaca daha az parçaya sahip bağımsız süspansiyon modelidir ve yapısı daha basittir. Orta sınıf araçlar için idealdir. Direksiyon kontrolü kabul edilebilir derecede iyi ve yan rüzgarlardan ya da dış etkilerden sabit süspansiyona göre daha az etkilenmektedir. Ani frenlemelerde ve yağışın olduğu durumda kaygan zeminlerde dengelidir. Olumsuz yönleri ise çift salıncaklı süspansiyon modeline göre daha kötü bir performans verir. Konforu da orantılı olarak daha düşüktür. Aynı şekilde yolun etki ettiği ve oluşturduğu gürültüleri şasiye daha fazla iletir. Dizaynında kamber açısını ayarlama imkânı veriyor olsa da sonradan düzenleme yapılamaz ve değiştirilemez (Megep, 2013).

1.5.2.2.Çift Salıncaklı Süspansiyon Sistemi

Çift salıncaklı süspansiyon sistemi, double wish-bone suspension olarak da adlandırılır. Çift salıncaklı tip süspansiyon, iki salıncağa sahiptir ve küresel mafsallarda dış uçları oynak olarak aks poryasına yataklanmıştır ve dönebilir özelliktedir. Tekerlek

herhangi bir çukur ya da tümseğe girdiğinde; aşağı ya da yukarı hareket ettiğinde, salıncaklar da etkiye bağlı olarak aşağı ya da yukarı doğru hareket eder. Salıncakların arasına yerleştirilmiş yay da bu duruma bağlı olarak uzamakta ya da kısalmaktadır (Putgül ve ark., 2016).

Birçok araç tipinde kullanılan bu süspansiyon sistemi, üst salıncak, alt salıncak, yay, damper, döner pim ve tekerlek parçalarından oluşmaktadır. Süspansiyon sistemi direksiyon sistemine de bağlı olduğundan iki sistem birbirinden bağımsız olarak düşünülmemelidir. Direksiyon sistemi de direksiyon kolu, bağlantı çubuğu ve krameyer den oluşur (Putgül ve ark., 2016).



Şekil 1.5.2.2.1. Çift salıncaklı süspansiyon sistemi ve parçaları (Putgül ve ark., 2016)

Bu süspansiyon sisteminde konfor ve sürüş güvenliği daha fazla dikkate alındığından, sertliği kabul edilebilir bir sertlikte olmalıdır. Konforun daha çok dikkate alınması nedeniyle BMW X5, Audi Q7 vb. üst sınıf araçlarda tercih edilmektedir. Konfor ve sürüş güvenliği sadece lüks ve pahalı araçların sahip olması gereken bir özellik olarak kalmaması gerektiğinden, gelecekte diğer orta sınıf araçlarda da görüleceği öngörülmektedir (Putgül, 2016).

Çift salıncaklı mekanizma karşılıklı istenmeyen tekerlek etkisinin engellenmesi ve hafiflik avantajı ile oldukça başarılıdır. Aracın sağ ve sol donanımında ek olarak yer alan ve enine yerleştirilmiş salıncaklar sayesinde bu başarı elde edilmektedir.

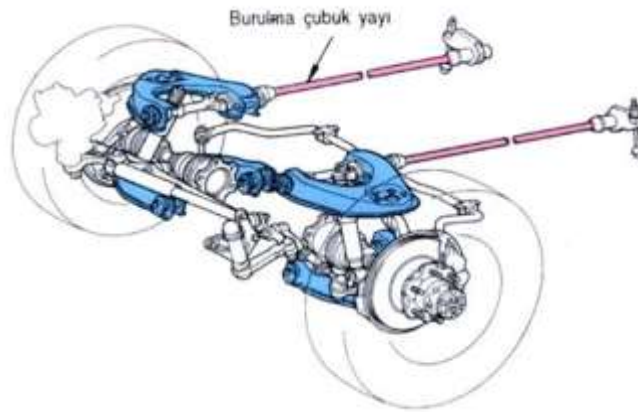
Çift salıncaklı süspansiyon sisteminde salıncaklar farklı uzunluktadır. Bu şekilde tekerleklerin aşağı ve yukarı hareketinin dengelenmesi sağlanır. Örnek olarak, araç bir tümsek üzerinden geçtiğinde yolun etkisiyle tekerlekler yukarı doğru hareket eder. Bu etkiyi sönmölemek ve hareketi dengelemek için üst salıncak daha kıza dizayn edilmiştir.

Üst salıncağın bu etkiyle izlediği kavis alt salıncaktan kısa olacaktır. Bu durum tekerlek üstünün taşıt merkezine doğru eğilmesine neden olur. Böylece, tekerleğin yan hareketi önlenir ve sürtünmeyle oluşan aşınmalar azaltılır.

Bu süspansiyon sisteminin en büyük avantajı, salıncakların birbirlerine göre olan durumları ile ani dönme merkezi arzu edilen her yükseklikte ayarlanabilir. Yön verici kolların kamber açısı değişimi ile iz değişimi kontrol edilebilir. Uzunlukları farklı olan salıncaklar, tekerleklerin yukarı aşağı hareketi sonucu bir kamber açısı değişimine sebep olmaktadır. Taşıt gövdesinin devrilme eğilimi ile viraj dışındaki tekerlekteki pozitif kamber açısı değişimine karşı gelecek şekilde etki etmektedir (Putgül, 2016).

Salıncak bağlantı ayarlarının değiştirilmesi ya da kontrolü ile ve direksiyon rot kolunun uzunluğunun değiştirilmesiyle, ön düzenin açıları değiştirilebilir. Çift salıncaklı süspansiyon sisteminde lastiklerle yolun teması en üst seviyededir. Kamber açısı üzerinde düzenleme yapılabilir bu şekilde taşıt yalpalamalardan daha az etkilenir. Yol tutuşu, MacPherson süspansiyon sistemine göre daha iyi seviyededir. Performans ve yol tutuşu konularında daha iyi bir sonuç verse de dezavantajı da mevcuttur. Daha fazla sayıda parça gereksinimi vardır, yapısı daha karmaşıktır ve montaj alanı ihtiyacı daha fazladır. Bu sistemin maliyeti de biraz daha yüksektir (Megep, 2013).

1.5.2.2.1. Burulma Çubuklu Çift Salıncaklı Süspansiyon Sistemi



Şekil 1.5.2.2.1.1. Burulma çubuklu süspansiyon sistemi (Megep, 2007)

Şekil 1.5.2.2.1.1.' de üst salıncağa bağlanmış olan burulma çubuğu görülmektedir. Alt salıncak, üst salıncağa lastik burçlu bağlantı ile bağlanır. Üst salıncak Tork koluna (burulma çubuğa), dönmeyecek şekilde bağlanmıştır. Burulma çubukları helezon yayların yerine kullanılır. Yükün etkisi ile burulup yaylanma etkisi gösterir.

Araç üzerinde yolun etkisi sonucu oluşan titreşimler sonucu, tork kolu burulma direnci göstererek salınım sönümlenmesine katkı sağlar. Tork kolu üzerinde oluşan diren ve bunun şiddeti oranında salınım absorbe edilmiş olur. Burulma çubuğu aynı zamanda seviye düzeltici veya dengeleyici bir rol de üstlenir (Megep, 2007).

1.6. Araçlarda Kullanılan Süspansiyon Sistemi

Binek araç, kamyon, tır, otobüs ve benzeri diğer ticari araçlarda kullanılan süspansiyon sistemleri donanımları ve sönümlenme yetenekleri birbirinden farklıdır. Bu süspansiyon sistemlerinin maliyeti, sürüş konforu ve yapıları değişiklik gösterir. Araçlarda genel olarak tercih edilen süspansiyon sistemlerini açıklamadan önce süspansiyon sistemlerinde olası arızaları ve bu arızaların ne gibi unsurlardan meydana geldiğini ve hangi donanımları kontrol etmemiz gerektiğine göz atalım,

Süspansiyon sistemi, aracı ve yükünü destekler ve aksları yerinde tutar. Kırılmış veya hatalı bir süspansiyon, diğer şeylerin yanı sıra, direksiyondaki ani değişimlere neden olabilir ve bu da kazaya yol açabilir. Bunun önüne geçmek için aşağıdaki maddeler düzenli olarak kontrol edilmelidir (Keller, 2011);

- Bozulmuş, çatlamış ya da kırılmış yaylar,
- Bozulmuş, çatlamış ya da zarar görmüş tork kolları,
- Zarar görmüş ya da eğilmiş U bağlantılar,
- Herhangi bir şekilde eğilmeye maruz kalmış, yanlış hizalanmış ya da kırılmış yaprak yaylar (havalı süspansiyonlu araçlarda hava torbaları kontrol edilmelidir),
- Zarar görmüş hava yastıkları;
- Amortisörlerdeki yay sızıntıları,
- Gevşemiş, çatlamış, kırılmış ya da zarar görmüş ve görevini yerine getiremeyen şase parçaları / elemanları.

1.6.1. Hafif Ticari Araçlarda ve Binek Otomobillerde Kullanılan Süspansiyon Sistemleri ve Kombinasyonu

Hafif ticari araçlar ve binek otomobillerin süspansiyon sistemlerinde genel olarak düşük miktarda yük taşıma ve yeterli seviyede yol tutuşu ihtiyacı gözlenir. Bu durumun değişiklik gösterdiği otomobiller olsa da standart taşıtları dikkate alarak genel bir

yorumda bulunabiliriz. Ön süspansiyon sistemlerinde konforun daha az dikkate alındığı taşıtlarda MacPherson süspansiyon sistemi kullanılır. Konforun dikkate alındığı araçlarda çift salıncaklı süspansiyon sistemi tercih edilebilir. Aracın sürüş konforu genel anlamda daha da önem kazanıyor ise burulma çubuklu çift salıncaklı süspansiyon kullanılır. Daha genel bir ifadeyle, yeni araçların konfor seviyeleri ticari araçlara göre biraz daha fazla önemsendiğinden ön ve arka akslarda bağımsız süspansiyon sistemi ve donanımları tercih edilir olarak yorumlayabiliriz.

Bir önceki paragraftaki açıklamayı dikkate alıp detaylandırırsak; orta sınıf hafif ticari ve binek araçların ön süspansiyonlarında çift salıncaklı ya da MacPherson süspansiyon sistemi tercih edilirken, arka süspansiyonlarında burulma kirişli çift salıncaklı süspansiyon sistemi tercih edilir. Bu kombinasyon, ekonomik önem ve yol tutuş performansı dikkate alındığında daha iyi performans verir. Araç model ve kalitesine göre ön ve arka aksta da burulma kirişli çift salıncaklı süspansiyon sisteminin kullanıldığı araçlar da vardır.

Binek araçlarda hem ön hem arka aksta yay olarak helezon yay ve amortisör kombinasyonu tercih edilirken, hafif ticari araçlarda arka akslarda yaprak yay ve makas kombinasyonu tercih edilir. Çünkü bu araçlardaki yük taşıma gereksinimi daha yüksekken, yol tutuş performansı gereksinimi binek otomobillere oranla daha azdır.

1.6.2. Ağır Vasıtalarda Kullanılan Süspansiyon Sistemi

Ağır vasıta araçlarında (treylar, çekici, otobüs, kamyon vb.) konfordan çok yük taşıma gereksinimi dikkate alınır. Bu durumdan dolayı sabit süspansiyon sistemi tercih edilir. Sabit süspansiyon sistemlerinde yay yerine çok katlı ve kalın yaprak yaylar ya da hava körükleri kullanılır. Yaprak yaylar makas olarak da adlandırılabilir. Amortisör bu çalışma içinde ilgili başlıkta da açıklandığı gibi tüm donanımlarda bulunmak durumundadır ve yalnızca çeşitlerinde değişiklik gösterir. Kombinasyonlar makas ve amortisör ya da hava körüğü amortisör olarak görülebilir. Motorlu araçlarda (treylar gibi motorsuz araçların dışında), ön süspansiyonlarında bağımsız süspansiyon tercih edilebilir. Hava körüklerinin çeşitleri ve makasların kalınlığı araçların yük kapasitesine göre değişiklik gösterir.

Ticari araçlarda makaslı sistem ile hava yay sistemi arasında bir tercih yapılması gerektiğinden avantaj ve dezavantajlarını inceleyebiliriz. Yük kapasitesi, sürüş konforu ve benzeri konularda süspansiyon sisteminin beraberinde getirdiği avantaj ve

dezavantajlar vardır. Yapılan araştırmalara göre her iki sistemin de avantaj ve dezavantajı bulunmaktadır. Daha sonradan geliştirilen havalı süspansiyon sistemi ticari araçlarda makaslı süspansiyon sistemine göre daha yaygındır ve yapılan araştırmalarla beraber yayınlanan makalelerde ticari anlamda ön planda olmasından dolayı daha güncel bir konu haline gelmiştir.

Makas süspansiyon sistemi daha az arıza veren ve tonaj kapasitesi daha yüksek bir sistemdir. Kullanıcı anketleri dikkate alındığında makaslı süspansiyon sistemlerinin daha az arıza verdiği, daha iyi performans sağladığı ve daha iyi performans gösterdiği üzerine bir araştırma yapılmıştır. Bu araştırma tamamen kullanıcı anketleri ve birebir telefon görüşmeleri yoluyla elde edilmiştir. Ticari araç sahibi şirketlerden alınan veriler doğrultusunda (araştırmaya katılan 35 şirketten 27'sinden alınan bilgilere göre) makas süspansiyon sisteminin daha ekonomik olduğu da vurgulanmıştır. Özellikle ağrılık merkezinin yüksek olduğu araçlarda ve uzun araçlarda makas süspansiyon sisteminin daha avantajlı olduğu savunulmuştur (Pty, 2000).

Bu görüşün tam tersini savunan birçok çalışmada mevcuttur. Sağladığı farklı kontrol mekanizmaları, geliştirilebilir yapısı, araçlara sağladığı yükseklik kontrolü gibi hava süspansiyon sisteminin de birçok avantajı bulunmaktadır. Havalı süspansiyon sistemlerindeki harici uygulamalar makaslı sistemlere göre daha kolaydır. Bu uygulamalardan birisi motorsuz bir taşıt olan yarı rmorklardır. Yarı römorklarda dingil kaldırma olanağı havalı süspansiyon sistemlerindeki ECU tarafından kolayca kontrol edilebilmekte ve uygulanabilmektedir (Wabco, 1999). Bu uygulamanın makas süspansiyon sistemli araçlara da uygulanabilirliği üzerine çeşitli çalışmalar yapılmış ve başarılı sonuçlar da alınmıştır ancak ticari olarak yaygın değildir (Acar, 2013).

Havalı süspansiyon sistemli araçlar genellikle fren sistemi ile entegre çalışan bir ECU (Elektronik Kontrol nitesi) aracılığı ile kontrol edilebilmektedir. Bu sistemle araçlarda fren mekanizmasını kilitleyerek güvenlik tedbiri alma, yerden yükseklik kontrolü, n ve arka hava torbaların kontrolünün sağlanarak ağrılık merkezinin kontrolü, tahmini yük dağılım hesaplaması ve sürücüye bilgi aktarma ekranı, virajlarda otomatik frenleme yaparak süspansiyon sistemine yardımcı olma eylemleri, teker devir kontrolü ve benzeri birçok özellik sağlanabilmektedir (DAF, Erişim Tarihi: 03.03.2018). Pty'nin de çalışmasına farklı bir bakış açısıyla havalı süspansiyon sistemlerinin daha ekonomik ve ticari olduğunu savunan ve daha iyi bir sürüş konforu sağladığını ileri süren çalışmalar da vardır. Üstelik yapılan araştırmanın tersine ticari olarak daha çok tercih edildiği de ileri sürülmektedir (Hendrickson, Erişim Tarihi: 03.03.2018).

Havalı süspansiyon sisteminde makaslı donanıma göre daha çok eleman bulunmaktadır. Pty'nin çalışmasını dikkate aldığımızda bu durumun şoförlerden kaynaklanabilir olduğunu düşünebiliriz. Havalı süspansiyon sistemlerindeki ekipman ve donanımların bakımlarının doğru yapılmaması ya da bilinçsiz kullanılması durumunda daha karmaşık yapısı ve elektronik kontrollü olması gereği daha ciddi problemler doğurabilir. Süspansiyon sistemlerinin ve taşıt donanımının önemli olduğu kadar kullanıcının da önemli bir etken olduğu da bazı çalışmalarda ortaya konmuştur. Süspansiyon sistemi ekipmanları ve aks donanımlarının kullanım bilinci, ekipmanların nasıl kullanılacağını ve sürücünün önemini Keller çalışmasında açıklamıştır (Keller, 2011).

Günümüzde havalı süspansiyon sistemi beraberinde getirdiği kolaylıklar, daha çeşitli ekstra kolaylıklar getirmesi nedeniyle ticari olarak daha değerli görülmekte ve bazı çalışmalarda daha avantajlı olduğu savunulmaktadır (Hendrickson, 2013). Aks aralıklarının farklı tutulması araçların karayollarındaki tonaj hakkında avantajlar sağlayabilmektedir. Her farklı aks aralığı için makas üretilmesi yerine, bağlantı ve montaj kolaylığı göz önünde bulundurularak havalı süspansiyon sistemi kullanılması daha büyük avantaj sağlamaktadır (RSA, 2015). Özellikle hava süspansiyonlu araçlarda direksiyonlama sistemlerinin uygulanabilirliği mevcuttur. Makaslı sistemlerde makasların her iki ucu da şase üzerindeki dahili ekipmanlar yoluyla şaseye sabitlenmek zorundadır. Bu bağlantı mekanizması direksiyonlama kontrolüne izin vermemektedir (Breeman, Erişim Tarihi: 24.02.2018).

Direksiyonlama sistemlerinin önem kazandığı birçok ticari araçta havalı süspansiyon sistemi ya da bağımsız hidrolik sistemler kullanılmaktadır. Ekonomik yapısı ve uygulanabilirliği açısından daha avantajlı olan havalı sistemler, dümenleme uygulamasının bulunduğu birçok araçta kullanılmaktadır. Bağlantı yapıları, sürüş konforu, bilgisayar kontrollü olması ve hava yayı bulundurması nedeniyle tekerleklere dümenleme mekanizması uygulanabilir (Knowles, 2011).

Dümenleme Ackermann kuralı ile gerçekleştirilebilir. Sadece ticari araçlara ve havalı süspansiyon sistemlerine değil, bağımsız süspansiyon sistemine sahip diğer taşıtlara da uygulanabilir. Bağlantı gereksinimi, mekaniğin doğru tasarlanması Ackermann prensibinin uygulanabilirliği açısından önemlidir ve tüm ön düzen sistemlerinde yapısal olarak bu şartın sağlanması gerekmektedir. Kamber açısının kontrolü, alan gereksinimi gibi sebeplerle, süspansiyon sisteminin genel yapısı da önem kazanmaktadır (Putgöl, 2016).

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

Bu çalışma kapsamında kullanılan materyaller:

- Havya,
- Montaj takımları (Anahtar, tornavida vb...),
- Matkaplar ve matkap takımları,
- Anahtar takımları,
- Multimetreler,

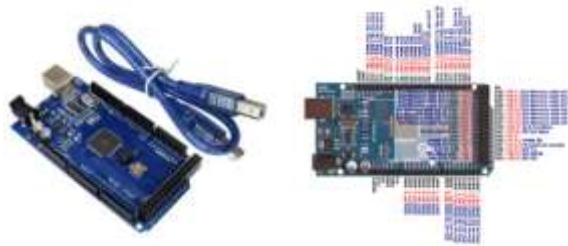
Bu çalışma kapsamında üretilmesi hedeflenen ürün için yapılan ön çalışmalar sırasında kavram geliştirilmiş olup, bu çalışma ile kavramdan tasarıma geçiş için yapılması gerekli teknik çalışmalarla prototip üretimi tamamlanmıştır.

- Kavramdan Tasarıma Geçiş,
- Tasarım, Tasarım Geliştirme ve Doğrulama Çalışmaları,
- Elektronik Tasarım ve Pano Bağlantıları
- Kontrol ve Denetleyici Kontrol Sistemi Çalışmaları,
- Prototip Üretimi,

ile takip edilmiş olan aşamalar sıralanmıştır.

2.1.1. Arduino Mega 2560 R3

Proje faaliyetinde mikroişlemci olarak kullanılmıştır. Elektronik yazılım Arduino ile programlanmıştır.



Şekil 2.1.1.1. Arduino Mega 2560 R3 (Atmel Atmega, 2014)

Kartın teknik özelliklerini incelendiğinde; 54 adet dijital giriş çıkış pim deliği bulunmakta, 16 adet analog giriş çıkış pim deliği bulunmaktadır. PWM çıkışı projemiz için gerekli olmasa da 14 adet PWM çıkış pimi mevcuttur. Kart giriş voltajı DC 7V~12V,

çıkış voltajı DC 5V~3.3V aralığındadır. Kartın kullanımı ve tercihi için aşağıdaki açıklama ve kaynaklardan yararlanılmıştır.

- Datasheet bilgileri (Atmel Atmega, 2014)
- Kart Şematiği (Arduino, 2019)
- Eagle PCB Çizim Dosyaları (Arduino, 2019)
- Arduino Yazılımı & Arduino IDE (Arduino, 2019)

2.1.2. Arduino Motor Sürücü Shield

Çalışmada kullanılan adım motorların Arduino ile kontrol edilmesi (sürülmesi) için gerekli motor sürücü devre kartıdır.



Şekil 2.1.2.1. Arduino Motor Sürücü Shield (Adafruit Industries, 2018)

Sürücü kartının çalışma aralığı 5-12V aralığındadır. Kullanılan Arduino 2560 kart ile uyumludur. Kart üzerinde L293D motor sürücü entegresinden 2 adet bulunmaktadır. Motorlar bu entegre ile sürülür. Step motor sürmek için pulse üretebilir ve 2 adet bağımsız adım motor kontrol edilebilir. Kart üzerinde servo motor kontrolü için pimler de bulunmaktadır ancak çalışmada servo motor kullanılmamıştır. Ürünün boyutları, 69x53x14,3mm'dir ve ağırlığı 32 gr'dır (Adafruit Industries, 2018).

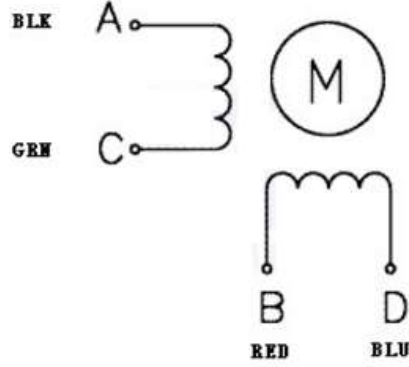
2.1.3. L293D Motor Sürücü entegresi datasheet:



Şekil 2.1.3.1. L293D Motor sürücü entegresi (Texas Instruments, 2016)

2.1.4. Bipolar NEMA 17 200 Adım 2.8V Step Motor

Hareket eyleyici olarak çalışmanın ilk aşamasında kullanılmıştır. Teknik özellikleri;

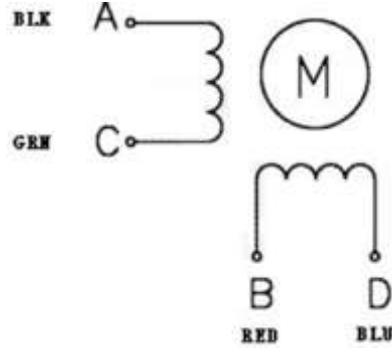


Şekil 2.1.4.1. NEMA 17 200 Adım 2.8V Step Motor Elektrik Kablosu Bağlantı Diagramı (Pololu Company, 2001-2019)

Çalışmada kullanılan ve şekil 2.1.4.1’ de bağlantı diyagramını gösterilen Nema 17 adım motorun çalışma voltajı 2.8V’ dur (SY42STH38). Faz başına tam yükte 1.68A akım çeker ve faz direnci 1.65Ω (25°C) ‘dur. Adım açısı 1.8° (tur adım sayısı 200 adım) ‘dir. Tutunma torku 3.6 kg-cm’dir ($\pm\%10$) ve sistemin ağırlığının yaklaşık olarak 6 kg olduğu dikkate alınarak bu motor tercih edilmiştir. Gerçek boyutları 42.3x38x38mm’dir ve Solidworks dizayn çalışmaları katalog değerlerindeki bu boyutlar dikkate alınarak dizayn edilmiştir. Ağırlığı 385g’dır ve etki edeceği diğer kuvvetler de dikkate alınarak mekanik sağlamlaşması montaj alanı için dikkate alınmıştır. Çalışmada ürünün tüm katalog değerleri (datasheet) incelenmiş, tasarım ve uygulama çalışmalarında bu veriler dikkate alınmıştır (Pololu Company, 2001-2019).

2.1.5. NEMA 23 200 Adım 3.2V Step Motor

Çalışmada dümenleme mekanik aksamını kontrol etmek amacıyla kullanılmıştır. Projenin 2. Aşamasında materyal projeden çıkarılmıştır. Teknik özellikleri;

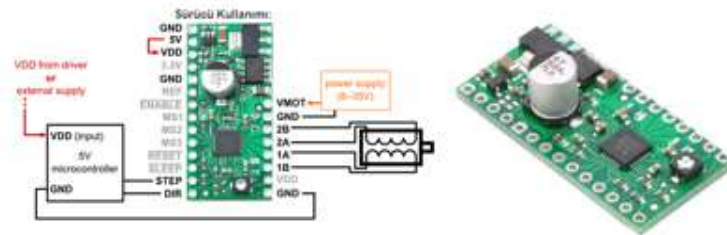


Şekil 2.1.5.1. NEMA 23 200 Adım 3.2V Step Motor Elektrik Kablosu Bağlantı Diagramı (Pololu Company, 2001-2019)

Çalışmada kullanılan ve şekil 2.1.5.1’ de bağlantı diyagramı gösterilen Nema 23 adım motorun çalışma voltajı 3.2V’dur (SY57STH76-2804A). Faz başına tam yükte 2.8A akım çeker ve faz direnci 1.13Ω ‘dur. Adım açısı 1.8° (tur adım sayısı 200 adım) ‘dir. Tutunma torku 18.9 kg-cm’dir ($\pm\%10$). Çalışma için dizaynlanan Ackermann modelini kontrol ettirmek amacıyla, mekanizmadaki yükler dikkate alınarak bu motor tercih edilmiştir. Gerçek boyutları 56.4mmx56.4mmx76mm’dir ve Solidworks dizayn çalışmaları katalog değerlerindeki bu boyutlar dikkate alınarak dizayn edilmiştir. Ağırlığı 1Kg’dır. Çalışmada Nema 23 adım motorun katalog değerleri (datasheet) incelenmiş, tasarım ve uygulama çalışmalarında bu veriler dikkate alınmıştır (Pololu Company, 2001-2019). Nema 23 motorun shaft çapı yaklaşık 5 mm’dir ve tekerlek bağlantısı için harici shaft adaptörü ve bağlantı aparatları kullanılmıştır.

2.1.6. A4988 Voltaj Regülatörlü Step Motor Sürücü Kartı

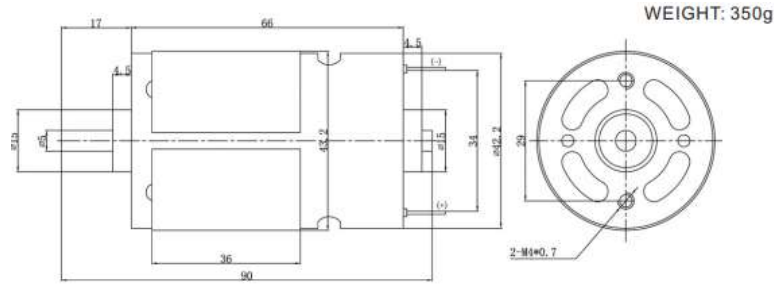
Motorlardan almış olduğumuz verimsizliği doğrulamak amacıyla kullanılan diğer step motor sürücü kartıdır. 8 – 35 Volt çıkışlı ve yüksek akım kontrollüdür.



Şekil 2.1.6.1. A4988 voltaj regülatörlü step motor sürücü kartı (Allegro Microsystems, 2009-2014)

Çalışmada kullanılan ve şekil 2.1.6.1’de bağlantı ve genel görünümü gösterilen; A4988 voltaj regülatörlü step motorlar sürücü kartı, step motorlardan alınan verimin doğrulanması için kullanılmıştır. Kartın Arduino motor shield’den farkı; beş farklı adım çözünürlüğünde kullanılabilir olmasıdır. Step motoru tam, yarım, çeyrek, sekiz ve on altı adımda olmak üzere beş farklı adım çözünürlüğünde sürebilir özelliğindedir. Kart üzerinde bulunan potansiyometre ile maksimum akım çıkışı ayarlanabilir. Bu step motorun nominal voltaj değerinden daha fazla gerilim kullanmasına olanak verir ve böylece yüksek adım oranları elde edilebilir. (Allegro Microsystems, 2009-2014).

2.1.7. DC Motor (24 Volt)



Şekil 2.1.7.1. DC Motor (Dsd Motor, Erişim Tarihi: 05.04.2019)

Çalışmanın 2. aşamasında dümenleme mekanik aksamını kontrol etmek amacıyla kullanılmıştır. 24V DC fırçasız motordur ve üzerine 1/25 redüktör bağlanmıştır. Motor yüksekliği 66.3 mm, çapı 42,3 mm ve çıkış mili çapı 5 mm’dir. Çıkış mili uzunluğu: 10 mm, ağırlığı 418 g’dır. Tam yükte ve 3660 rpm’de 2.5A akım çekmektedir (Dsd Motor, Erişim Tarihi: 05.04.2019).

2.1.8. L298N Voltaj Regülatörlü Çift Motor Sürücü Kartı

DC motorları sürmek amacıyla yüksek akım ve güç kontrollü Arduino uyumlu DC motor sürücü devre kartıdır. DC motorların Arduino ile kontrolü (yön kontrolü, zaman kontrolü) için kullanılmıştır. Sürücü kartı bağımsız olarak iki ayrı DC motoru istenilen hız ve değerlerde kontrol etme olanağı sunar. L298N sürücü kartı üzerinde bulunan her kanal için maksimum 2A akım sağlayabilmektedir. Kartın üzerinde; dahili regülatörle birlikte aşırı sıcaklık koruması ve kısa devre koruması vardır. Aşırı ısınmaya karşı dahili soğutucusu bulunmaktadır. Akım algılayıcı/okuyucu (current sense) pinler

dışa verilmiş haldedir. Kartın 4 yanında istenilen yüzeye montajın yapılabilmesi için vida delikleri bulunmaktadır (ST Microelectronics, 2000).

2.1.9. 5V PC FAN

L298N Voltaj regülatörlü sürücü devre kartının aşırı ısınmasını önlemek amacıyla çalışmada kullanılmıştır. Kullanılan fanın boyutları 40x40x10mm'dir. Fan hızı 5400 RPM, hava akışı 5.62 CFM ve fan basıncı 2.41 mm H₂O'dur. Fan ömrü 30000 saattir. 12V gerilim ile çalışır. 3 pimli bağlantısı bulunmaktadır. Gürültü seviyesi 24.87 dBA'dır. (Farnell, Erişim Tarihi: 10.04.2019).

2.1.10. Scooter/Kaykay Tekerleği - 84x24mm, Siyah

Çalışmada teker modeli olarak kullanılmıştır. Teknik özellikleri;

- Dış çap: 84mm
- Genişlik: 24mm
- Ağırlık: 90gr
- Renk: Siyah

2.1.11. Scooter/Kaykay Tekerlekler için 5mm Şaft Adaptörü

Step motorlar ile tekerleklerin montajı için kullanılmıştır.



Şekil 2.1.11.1. Scooter/kaykay tekerlekler için 5mm şaft adaptörü

Teknik özelliği;14.9gr ağırlığında 5 mm çapında (adaptör, pul, M3 vidalar ve setskur vidalar dahil).

2.1.12. PİL YUVASI (BARREL JACK ÇIKIŞI) VE GP GP ULTRA 9V PİL

Arduino girişi için barrel jacklı A4988 sürücü kartı uygulaması ile birlikte kullanılan 9V 2A enerji kaynağıdır. Birbirleri ile seri bağlantı gerçekleştirilmiş ancak motorlar ile uyumu olmadığı için uygulama değiştirilmiştir. Yerine 5.2 mAh taşınabilir şarj cihazı ve harici akü kullanılmıştır.

2.1.13. TAŞINABİLİR ŞARJ CİHAZI (POWERBANK) 5200 mAh

Arduino ve motor sürücü shield enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla kullanılmıştır (5V, 1.0A). Aküye ek olarak bu ekipmanın kullanılması, Arduino giriş voltaj değerlerini karşılayabiliyor olmasından kaynaklanmıştır. Şarj dolmuş durumda üzerinde bulunan LED ışıklarla göstermektedir. Mikro USB şarj girişi (Giriş akımı maks. 1000 mA) ile şarj edilebilir. Mobil robot kullanımı için uygundur. Şarj süresi, şarj kablosu ile şarj edilmesi durumunda 5 saat (1000 mA), giriş gücü 5V - 1000 mAh, çıkış gücü 5.2V - 3000mA'dır. Ölçüleri 98x52x25mm ve ağırlığı 140 gramdır.

2.1.14. 12 Volt Harici Akü

- 12 Volt 5 Amper (1.3Ah) harici mini akü. Bakım gerektirmez.

2.1.15. MAS 830L Multimetre

Voltaj-akım verilerinin ölçülmesinde kullanılmıştır. Multimetrenin teknik özellikleri;

- DC Voltaj: 200mV - 2V - 20V - 200V - 600V (\pm %0.8)
- AC Voltaj: 200V - 600V (\pm %1.5)
- DC Akım: 200 μ A - 2mA - 20mA - 200mA - 10A (\pm %1.0)
- OHM: 200 Ω - 2k Ω - 20k Ω - 200k Ω - 2M Ω (\pm %1.0)
- DIOT Test: 3.0V / 0.8mA
- Transistör: hfe0~1000
- Sesli ikaz: Var
- Ağırlık: 170g
- Batarya: 6F22, 9Vx1

- Datasheet (Santech, Erişim Tarihi: 03.02.2019)

2.1.16. Breadboard

Sürücü ve diğer kablo bağlantıları ve enerji akarımı için hazır breadboard devre kartı.

2.1.17. 40 Pinli ve Ayrılabilir Dişi-Erkek M-F Atlama Kablosu

Elektronik bağlantılarda kullanılmak üzere Arduino bağlantı atlama kablosu (1 uç erkek, 1 uç dişi)

2.1.18. Switch

Motora komut vermek amacıyla kullanılan normalde açık manuel kontrollü endüstriyel switch (rölesiz).

2.2. Çalışmanın Amacı

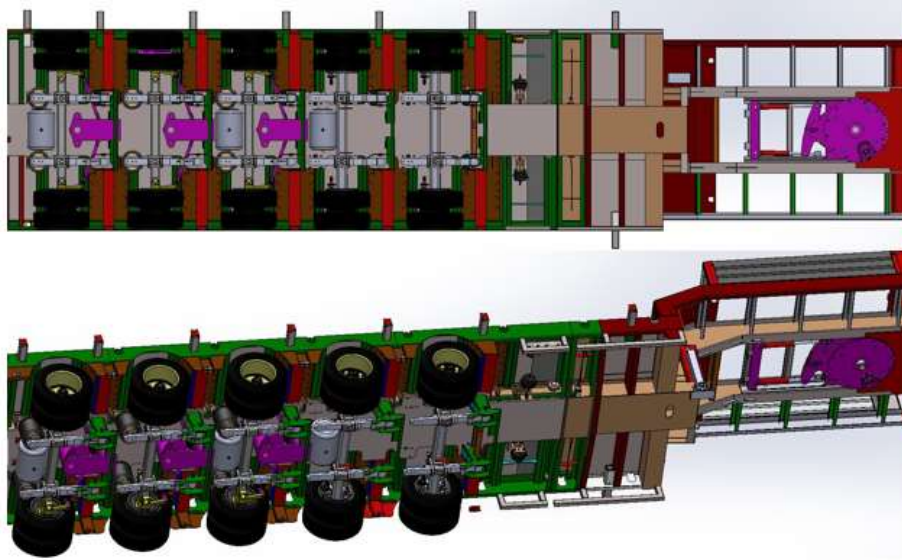
Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de treyler üretimleri hızla devam etmektedir. Bu üretim performansına ve üretim sürecine bağlı olarak ürün çeşitliliğinde, kullanım ihtiyacına göre sürekli özelleşme ve iyileştirmeler yapılmaktadır.

2015 yılına ait TOPLAM İç ve Dış Satış İstatistikleri

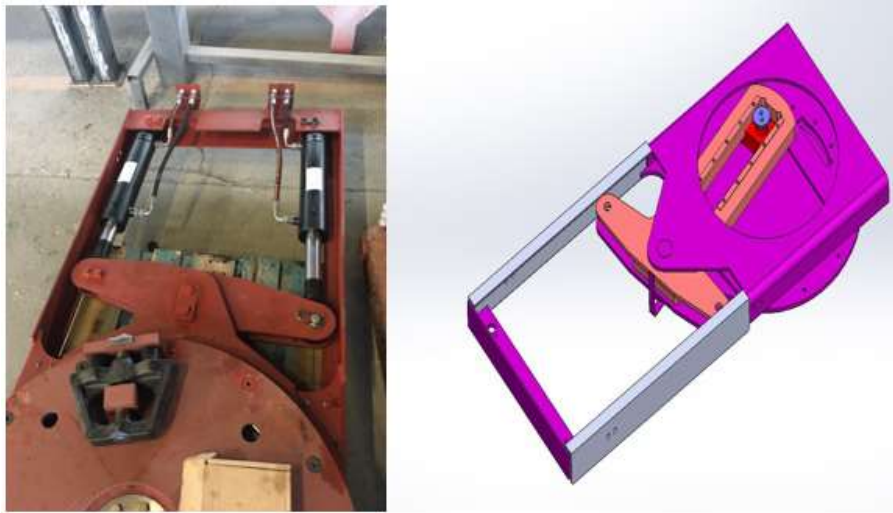
	Ağustos	Ekim	Kasım	Şil	Okt	Ekim	Temiz	Temiz	Temiz	Temiz	Öz	Öz	Seyit	Aydınlar	Artaç	Öz	Öz	Öz	Öz	TOPLAM	
Frigo/TK	0	0	0	0	0	289	0	0	455	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	183	938
Rep./TK/TK	0	0	0	0	0	0	0	0	348	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	359
Treyler	0	0	88	0	0	577	0	0	508	461A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	785	2189
Platförm	0	20	88	0	0	218	0	247	974	21	15	88	87	0	0	0	0	0	0	31	1628
Kon. Teğyarı	0	0	2	0	0	28	0	130	516	0	30	186	84	0	0	0	0	0	0	204	1104
Demirler	0	4	45	102	0	0	0	318	821	2030	0	858	348	0	88	0	0	0	20	0	3428
Tekler	0	18	72	0	0	188	0	238	800	0	58	54	0	0	0	0	0	0	88	0	1502
Yükler	0	172	0	0	0	0	0	0	222	0	82	15	0	0	0	0	0	0	0	4	445
Öz. Teğyarı	87	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	86
Yükler	0	2	0	0	0	0	0	4	328	81	0	87	0	0	0	0	0	0	0	1	502
Çab. Teğyarı	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diğer	0	14	0	48	0	0	0	0	105	2	18	30	84	88	0	0	0	0	0	13	403
TOPLAM	87	230	236	131	0	1007	139	1651	9288	94	1012	276	184	173	0	0	0	0	100	1248	16458

Şekil 2.2.1. 2015 yılına ait markalarla dağıtılmış toplam iç ve dış satış istatistikleri (Treder, 2019)

- Fabrika, benzeri kapalı ve hareket alanı düşük yerlerde kolay hareket edebilme imkanı,
 - Manevra kabiliyeti nedeniyle (özellikle yağışlı havalarda) oluşan trafik kazalarının önüne geçme,
- gibi yüksek hareket kabiliyeti ihtiyacına, yurt dışı ve yurt içi üretimlerde çeşitli kontrol mekanizmaları geliştirilmiştir.



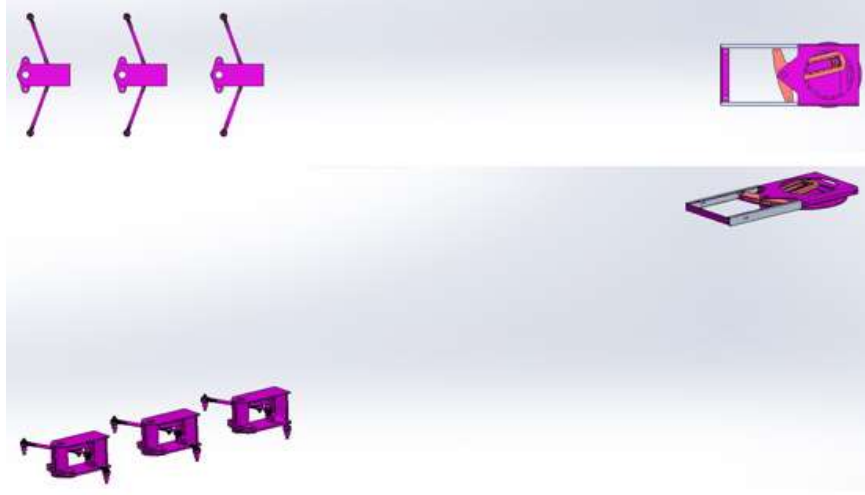
Şekil 2.2.6. Çok dingilli 6 akslı düşük yatak bir aracın uygulaması ve komponentler



Şekil 2.2.7. Direksiyonlama sistemi king pimi (kral pim) ve çalışma prensibi

Şekil 2.2.7.' de gösterilen mekanizma, hidrolik hareketin nasıl aktarıldığını ve yağın sıkışma etkisinin nasıl gerçekleştirildiğini şekilsel olarak göstermektedir. Liftlerden

birinde sıkışma gerçekleşirken diğerinde uzama gerçekleşecektir. Hidrolik sistemler genel olarak yağın hareketi ile çalışır (boşluksuz olarak).



Şekil 2.2.8. Sabit dingillere uygulanan direksiyon mekanizma sistemi

Şekil 2.2.8.' de direksiyonlama sisteminin bağlantı parçaları gösterilmektedir. Her bir liftte şekil 2 de açıklandığı gibi orantısız olarak uzama gerçekleşecektir. Montaj parçaları CAD programlarında daha önceden hassas olarak belirlenmiş ve hesaplanmış olarak monte edilmelidir. Aracın boy uzunluğuna bağlı olarak lift kol uzunlukları ve montaj yerleri değişkenlik gösterecektir. Üzerinde çalışılan projenin gerçekleştirilmesi durumunda bu gereksinim de ortadan kalkacaktır.

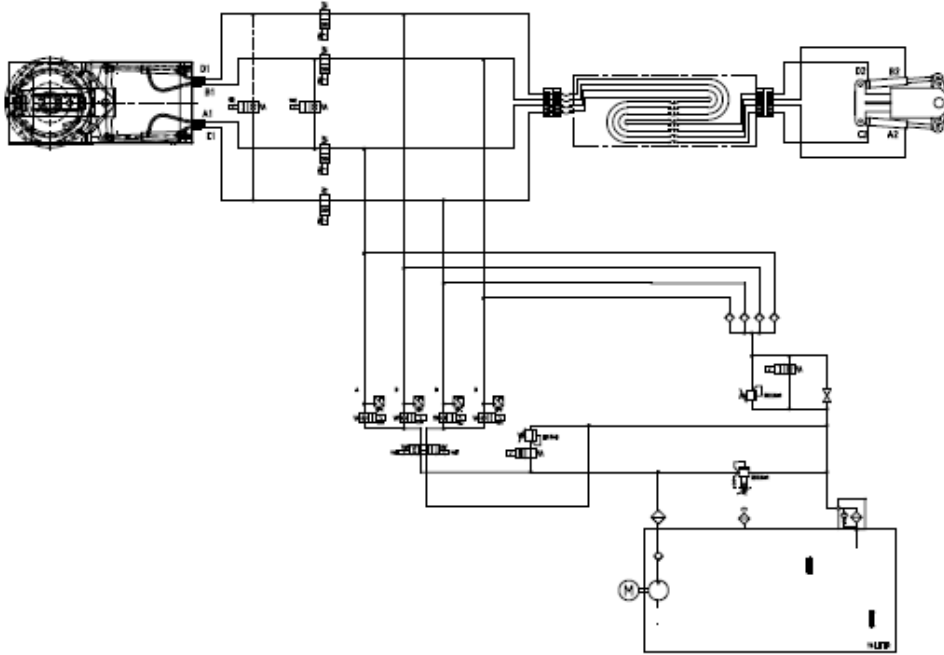


Şekil 2.2.9. Mekanizma açıları ve sistemin CAD çalışması

Şekil 2.2.9' da yukarıda açıklanan sisteminin açılma değer çalışmaları gösterilmektedir. King piminin açılma hareketi ile sıkışan yağın itme gücü ile, aktarılan hidrolik arka liftleri hareket ettirir ve mekanik olarak daha önceden belirlenmiş uzunluk ve montaj alanına bağlı olarak hesaplanmış mekanik ile açılma dönüş sağlanmış olur. Açılar hiçbir zaman eşit değildir. Bu sistemlerde yağın aktarımı için mutlaka hidrolik hortumlar gereklidir. Ancak tez olarak sunmuş olduğumuz proje önerisinde bu problem ortadan kalkmış olacaktır. Şasisiz ve yükün dengesi ile ayakta duran mekanizmalarda uygulanabilirliği çok daha sağlıklı ve kolay olacaktır. Mevcut sistem limitlerindeki bir diğer konu da uzamalı şaselerdir. Teleskopik şaselerde açılar olumsuz olarak etkilenecek ve bu da lastiklerde aşırı ısınma ve etkisi ile aşınmaya yol açacaktır.



Şekil 2.2.10. Sistemin düşük yatak tipli 6 akslı yarı-römorkta uygulaması



Şekil 2.2.11. Sistemin hidrolik sistem şeması ve solenoid valflerin gösterimi

Şekil 2.2.11’ de gösterilen mevcut örnek sistemin hidrolik şemasında da görüldüğü gibi elektronik bir kontrol mevcuttur. Elektronik aks kontrol sisteminde, kontrolün bütünüyle elektronik olarak kontrol ediliyor olması avantaj ya da dezavantaj olarak görülebilir ancak mevcut yapı da elektronik tahriklidir. Hidrolik sistemin en önemli avantajı aşırı yüklenmeye karşı daha stabil bir sonuç verebilmesidir. Ancak opsiyonel üretim seçeneklerinde (Şekil 2.2.13’ de düşük yataklı bir aracın uzamalı şase – teleskopik şase örneği verilmiştir) elektronik sistem daha kullanışlı ve kolay monte edilebilir yapıda olacaktır.



Şekil 2.2.12. Kullanılan mevcut sistemin gerçek komponentleri ve elektronik kutusu elemanları

Şekil 2.2.12.’ de mevcut olan hidrolik sistemin hidrolik solenoid valfleri ve elektronik devre kutusu görülmektedir. Valfler kutudan gelen sinyallerle tahrik almakta ve yönlendirilmektedir. Kumanda ile de kontrol edilebildiği gibi manuel olarak çalışması sağlanabilir. Valfleri tetikleyen devre giriş çıkışları tümüyle hidrolik kontrollü önerimize büyük benzerlik göstermektedir.



Şekil 2.2.13. Teleskopik şase 6 sıra akslı düşük yataklı yarı römork

Şekil 2.2.13.’ deki gibi tasarlanan sistemler, uygulamalarda çeşitli avantaj sağlıyor olsa da, şekil 2.2.9.’da gösterilen hesaplamalarda olduğu gibi tam verim

gerçekleştirmeyecektir. Şekil 2.2.13.'de gösterilen uzamalı şasenin yanı sıra, arasında mekanik bağlantı bulunmayan şaselerde ise kullanılabilirliği daha da güçleşecektir.

Bundan dolayı bu çalışma kapsamında; uzunluğu büyük araçların, aks hareketlerini kontrol ederek kullanıcıya daha güvenli, daha konforlu ve daha rahat sürüş imkânı sağlayan ve yaşanan problemlerin önüne geçilmesini amaçlayan, ölçekli ön prototip ürün çıktısı hedeflenmektedir. Bu ön prototip çıktısı, birebir boyutlarda uygulanabilir altyapıyı sağlayacaktır.

Taşımacılık sektöründe yaşanan bu ve benzeri sorunları, mevcut mekanik yapıların aksine elektronik olarak kontrol edebilecek sistemin tasarımını ve şu anda kullanılan mevcut sistemlerin uygulanabilir sınırlılığının üstünde bir sistemin oluşturulması hedeflenmektedir. Bu sektöre, aynı ihtiyacı karşılayan, yurtiçinde olmayan, daha kolay satın alınabilir (ekonomik), daha kullanışlı, teknik desteği daha kolay erişilebilir olan ve daha basit mekaniğe/sisteme sahip bir ürün önerisinde bulunmaktadır.

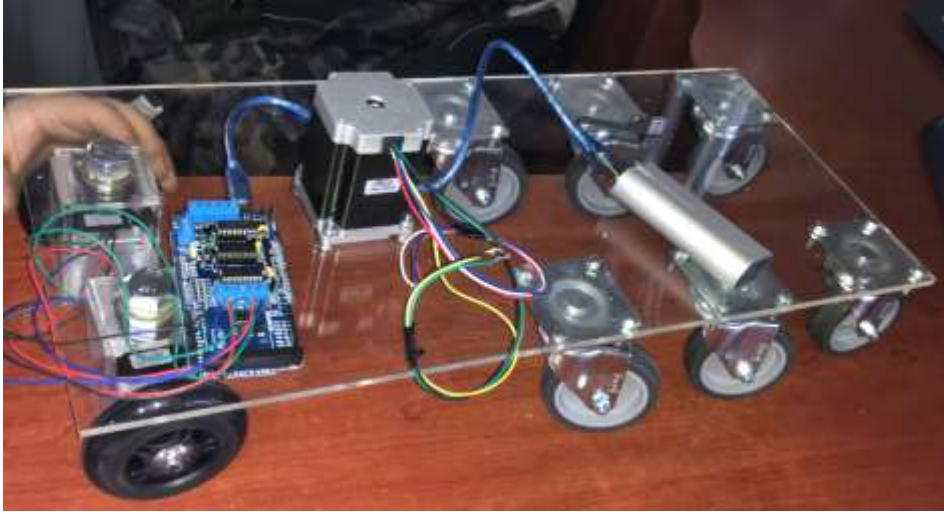
2.3. Yöntem

Tezle ilgili çalışmalar aşağıda belirtilen aşamalarla planlanmış, proje yapım aşamasında materyal ve yöntem değişikliğine gidilmiştir. Teorik ve pratik çıktılar uygulamalı olarak test edilmiş ve ölçümler gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada deneysel yöntem kullanılmıştır. Deneysel çalışma Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Motor Test ve Yakıt Laboratuvarında iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk aşamada teorik ve pratikte mevcut çalışmalar göz önünde bulundurulmuş incelenmiş ve önerilen sistemin ölçeklendirilmiş prototip mekanik tasarım ve 3D modellemesi yapılmıştır. Bu modelleme çalışmalarının 'Base Flange' sac açılımları AutoCad (.dxf) uzantısı programına aktarıldıktan sonra mekanik üretim süreci başlatılmıştır.

Proje çıktısında ölçeklendirilmiş ön prototip ürün elde edildiğinden herhangi bir standart kapsamı dikkate alınmamıştır. Mikro- işlemci olan Arduino ve sensörler kullanılarak mekanizmanın testleri yapılmıştır. Arduino ve voltaj-akım sensörü kullanılarak gerekli görülen elektronik donanımların gerilim, akım ve voltaj değerleri hesaplanmıştır.

Bu testler gyroskop ile sistemin dengesi ve elektronik algılayıcılarla maksimum dönme açısının (19 derece) doğrulamaları olmuştur. Araçlarda bu açının önemi ve

yapıların genel değişkenleri bazı çalışmalarda incelenmiştir (Burha, 2010), (Breeman, Erişim Tarihi: 24.02.2018). Treylerlerin lastik ebatları ve süspansiyon sistemleri dikkate alındığında bu aıllardaki optimum verimlilik, dümenleme mekanizmalarında 19° olarak belirlenir. Özellikle düşük yataklı araçlarda lastiklerin diğer ekipmanlara çarpması nedeniyle bu aının sınırlandırılması gerekmektedir. Araçların yerden yükseklikleri (şase altından) seviye ventilinin düşük pozisyona ayarlı olduğu durumda 70 cm'ye kadar düşmektedir. Diğer ekipmanların da yer ihtiyacı nedeniyle hareket kabiliyetinde sınırlılık meydana gelir. Sistemimizde sınırlılık yoktur ve 19° minimum değeri doğrulanmıştır.



şekil 2.3.1. İlk prototip

şekil 2.3.1.' de görülen prototipten teknik olarak Nema 17 step motor 5V 2.A ile sürülürken toplamda 6kg yük taşıması gerekirken, datasheet de incelenen tüm veriler dikkate alınmasına rağmen pratikte aynı sonucu vermemiştir. Arduino motor shield step motor sürücü kartı, 3 sıra sabit teker düzeni, mekanik eyleyici step motor malzemelerinde değişikliğe gidilmiştir.

2 Step motora ek olarak 2 Adet DC motor eklenmiş (sağ ve sol itme gücünün eşit olması için arka sıra teker düzeni iptal edilip, itici eyleyiciler kullanılmıştır), buna bağlı olarak harici enerji gereksinimi nedeniyle harici mini 12V 5.0A ak kullanılmıştır. Ana steering (dümenleme) mekanizma modeli eyleyici olarak düşünülen ve gene fabrika datasheetleri incelenerek tercih edilen Nema 23 step motor da uygulamada geri ve ileri hareketinde adım atlamış, bizim projemizin temel amacında da risk taşıyıp güvenlik tehdidi ortaya koyabileceğinden, atım motor kontrol düzeneği iptal edilmiştir. Bunun yerine sensörle kontrol tercih edilmiş ve zaman kontrolü alternatif olarak denenmiştir.

Zamanlama modelinden daha fazla verim alınmış ve nihai prototip ortaya konmuş ve sonuçların incelenme aşamasına geçilmiştir.



Şekil 2.3.2. İlk prototipte arka sıra tekerleklerin iptal edilip DC motorların eklenmesi

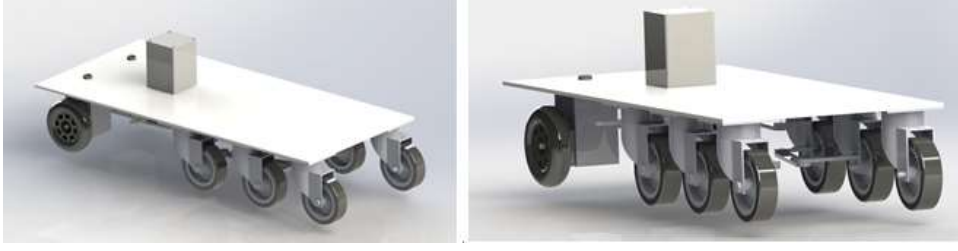
Yukarıda açıklanan sonuca göre şekil 2.3.2.' de arka sıra teker düzeneği iptal edilmiş ve DC motorlar mekanik olarak monte edilmiştir. Bu aşamada step (adım) motorun nihai denemesi yapılmış ve mekanizmada yaşanan adım atlama probleminden dolayı aynı uygulama için de DC motor denemesine gidilmiştir. DC motorun sürülmesi için ek olarak DC motor sürücü kartına ihtiyaç duyulmuş, motorların kalkış anında daha fazla akım çekme gereksiniminden kaynaklı sürücü devresinde aşırı ısınma gözlemlenmiştir. Bunun sonucunda sisteme ek olarak soğutma fanı uygulaması da eklenmiştir. Tüm bu denemeler boyunca yazılım sürekli olarak revize edilmiş ve kontrolün Arduino ile gerçekleştirilmesi sağlanmıştır. Bu kez de güç ihtiyacında eksiklik gözlemlenmiş ve verimi artırmak amacıyla 12V akü kullanımı tercih edilmiştir. 5V sistemde kullanılan ek ekipmanlar gereksinimiyle akımın aşırı bölünmesi sonucu akü gereksinimi zorunlu hale gelmiştir.

Tüm bu değişikliklerden sonra projenin ikinci aşamasına geçilmiştir. Her iki aşamada da aşağıdaki basamaklar izlenmiştir.

- 1) Malzeme Siparişi ve Tedarik Sürecinin Tamamlanması
- 2) Ölçeklendirilmiş Mekanik Tasarım
 - a) Temel gövde / ana yapı tasarımı,
 - b) Şasi tasarımı,
 - c) Motor bağlantı ve tahrik kontrol mekaniği tasarımı,
 - d) Elektrik paneli ve alanı tasarımı,
 - e) 3D modelleme çalışmasından üretim faaliyeti için sac açılımı çalışmasının yapılması 'Base Flange'
 - f) Tasarım çalışmalarının mekanik olarak (parça parça) üretimi ve elde edilmesi,
 - g) Tümleştirme işlemleri,

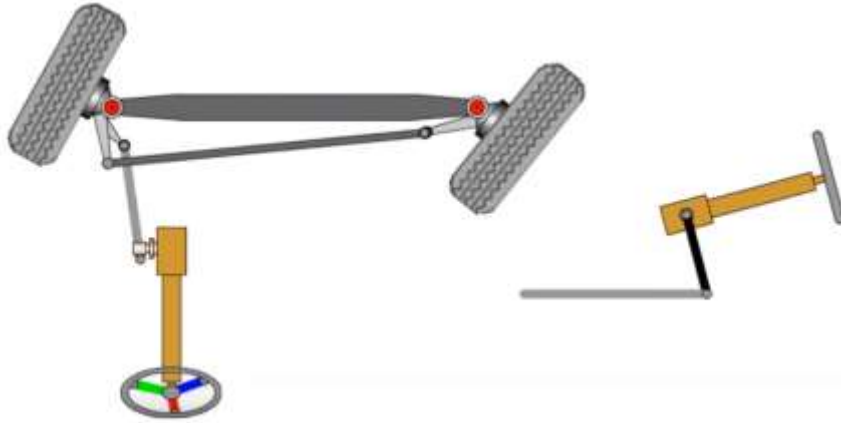
- h) Mekanik Test/Doğrulama,
- 3) Elektronik Çalışmalar
 - a) Sürücü, kontroller, motor, güç kaynağı ve diğer elemanların elektroniği,
 - b) Haberleşme elektronik donanımı,
 - c) Sensör bağlantıları ve elektronik çalışmaları,
 - d) Güvenlik önlemleri, buton, kullanıcı girdileri vb. elektronik donanımı,
 - e) Tümlleştirme işlemleri,
 - f) Elektronik Test/Doğrulama,
- 4) Yazılım ve Görüntüleme (Bilgisayar Çıktısının Alınması)
 - a) İşlemci yazılımı,
 - b) Kontrol programı yazılımı,
 - c) Seri iletişimin kurulumu,
 - d) Test/Doğrulama Çalışmaları,
- 5) Ön Prototipin Tamamlanması

3. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA



Şekil 3.1. Model Prototip Solidworks CAD modeli

Şekil 3.1’ de gösterilen Solidworks CAD modülü ile yapılan modelleme çalışmasının ardından prototip üretim faaliyeti gerçekleştirilmiştir. Çizim aşamasında Ackermann dönüş açıları teorik olarak hesaplanmış ve mekanik tasarım yapılmıştır. Proje prototip denemelerinde yapılan tüm değişiklikler SOLIDWORKS Cad programında revize edilmiştir. Tüm prototip denemelerinde yazılım da revize edilmiştir. Step açısından time’ a geçen nihai yazılım ekte verilmiştir. Pratiksel uygulamadaki farklılıklar teorik olarak farklılık içermemekte ancak motor güçleri ve bunun etkisiyle yazılımsal değişkenler rol oynamıştır.



Şekil 3.2. Ackermann’a Göre Modellenmiş direksiyon sistemi

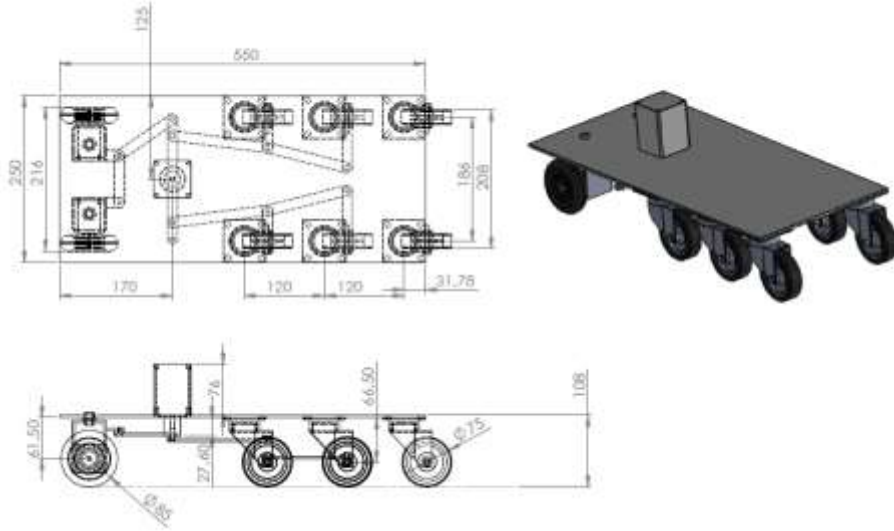
Şekil 3.2.’ de belirtilen model dümenleme sistemine göre model prototipin alt düzen mekanik geometrisi dizayn edilmiştir. Bu modelle modellenen çalışmadaki mekanik aksam elektronik komponentlerle kontrol edilmiştir. Step (adım) motor modelinde adım kontrolü yapılmıştır. DC motor ise hem zamanlama ile kontrol edilmiş hem de açısal kontrol denemeleri yapılmıştır.



Şekil 3.3. Ackermann modeline göre modellenen mekanik alt düzel ve genel montaj

Çalışmada şekil 3.3’ de gösterildiği gibi, temel direksiyonlamanın kinematik tasarımı Ackermann prensibi koşullarını sağlamalıdır. Araç dönüş durumundayken sağ ve sol ön tekerleklerin eksen uzantıları, arka aksın eksen uzantısı üzerinde aynı noktada kesişiyor olmalıdır (Burha, 2010).

Olabildiğince az direksiyon oranı, kolay kullanım için önemlidir. Direksiyon oranının düşük tutulması durumunda, oluşan direksiyon kuvvetleri sadece direksiyon oranı ile belirlenmez. Direksiyon kuvvetleri; dönüş dairesi boyutu, ön aks yükü, lastik profili, tekerlek süspansiyonu ve doğrultusu (kaster, king-pin açısı, direksiyon yuvarlanma dairesi yarıçapı) ile belirlenir.



Şekil 3.4. Solidworks modelleme ve nihai proje çıktısı

Şekil 3.4.’ de görüldüğü gibi; nihai çalışmada tercih edilen limitlilik ve mekanizma Solidworks programında gözlemlenerek düzenlenmiştir. Matematiksel modelleme ve formülasyona göre birebir uyumluluğu da söz konusudur.

Çalışmamızda birden fazla tekerlekte dümenleme mekanizması vardır. Bu yöntemi uygulamamızın temel amacı;

- Aksların her biri üzerinde etkiye sahip olan yük miktarlarının seviyesinin düşürülmesi,
- Araç modelinin yol tutuşunun iyileştirilmesi sağlanmış ve dönüş açısındaki verimlilik Ackerman kuralı referans alınarak iyileştirilmiştir,
- Dümenlenen akslarda herhangi bir hasar meydana gelmesi ya da herhangi bir problem olmasına karşı, dümenleme fonksiyonunun devam etmesinin sağlanması ve olası bir riskin azaltılması sağlanmıştır. Sistemin tek akslı dümenlemeye karşı güvenilirliğinin daha yüksek olmasının sağlanması,
- Çok akslı dümenlemede dikey moment etkisi akslar arasında paylaştırılmış olur ve her bir tekerleğe gelen ani şoklar ve şokların etkisi ile meydana gelen titreşimlerin de azaltılması,
- Modelleme ve çalışma Ackermann prensibine göre yapıldığından uygun açılar teorik ve pratik olarak dikkate alınmıştır. İlgili prensibe dayalı olarak uygun açılar yakalandığından tek akslı dümenlemeye göre, aynı aks üzerindeki sürtünme ve tekerlek aşınmalarının etkisinin azaltılması sağlanmıştır.

Çalışmada mevcut olarak kullanılan hesaplamalar Ackermann kuralı dikkate alınarak yapılmıştır. Ackermann kuralına göre; tekerleğin sapma açıları aracın iz genişliği (w), araç aks aralığı (l) ve aracın dönüş yarıçapına (r) göre formüle edilebilir.

Formül Açıklamaları (Çok akslı araçlarda):

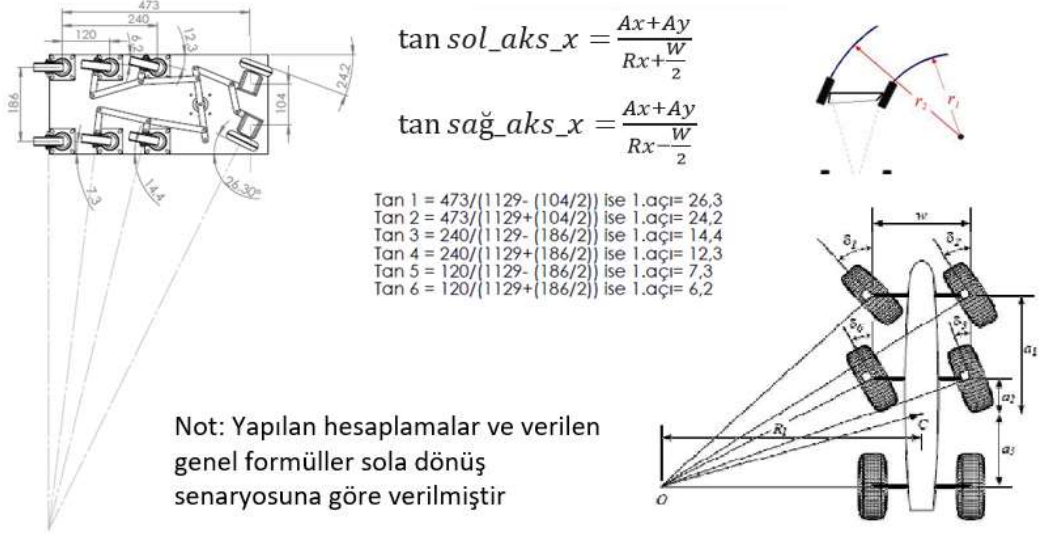
W (mm): İz genişliği

$R1$ (mm): Araç modeli ağırlık merkezinin R dönme yarıçapına olan dik uzaklığıdır. X önden arka sıraya oranlı aks sırası değişkenidir. 1,2,3 ve 4. Akslar için bu uzaklık eşittir çünkü dik uzaklık esas alınmaktadır.

Ax (mm): X . dümenlenen tekerlek merkezinin araç ağırlık merkezine dik uzaklığıdır + en arkadaki aks merkezinin araç ağırlık merkezine olan uzaklığıdır. Başka bir deyişle aks aralığı olarak ifade edilir. X önden arka sıraya oranlı aks sırası değişkenidir

$A6$ (mm): Arka sabit dingil merkezinin ağırlık merkezine olan uzaklığıdır.

L (mm): En arka sıradaki aks ile olan aks aralığını ifade eder.



Şekil 3.5. Solidworks programında incelenen ve teorik olarak doğrulanan açılar

Şekil 3.5.' de gösterilen hesaplamalar ile modelleme işlemi tamamlanmış ve diğer adımların uygulaması ile çalışma düzeneği tamamlanmıştır.

Formüller ve Matematiksel Hesaplama:

* Sola dönüşe göre bilinmeyen 1. Değişkenler sol tekeri, 2. Değişkenler sağ tekeri ifade eder. Formül kullanılırken kullanılması gereken birimler yukarıda verilmiştir. Sağ ve sol tekerleklerin dönme açıları birbirine eşit olmayacaktır. Sola dönüşte sol tarafta bulunan tekerleklerin dönme açıları sağ tekerlere göre daha büyük olacaktır. Çoklu dümenlemeli uygulamalarda Ackermann genel formülü;

$\tan sol_aks_x = \frac{Ax+Ay}{Rx-\frac{W}{2}}$ sol genel teker formülü (sola dönüş senaryosunda),

$\tan sağ_aks_x = \frac{Ax+Ay}{Rx+\frac{W}{2}}$ sağ teker genel formülüdür (sola dönüş senaryosunda).

Not: Sağa dönüş senaryosunun hesaplanması durumunda sağ ve sol tekerlek genel formülleri yer değiştirir.

Genel formülleri incelediğimizde $Ax + Ay$ bize en arka aks ile olan x. sıradaki dümenlenir aks ile en arka sabit aks mesafesini ifade etmektedir. Biz bu genel ifadeyi L yani aks aralığı olarak ifade edebiliriz.

$\tan sol_aks_x = \frac{Lx}{Rx-\frac{W}{2}}$ sol genel teker formülü (sola dönüş senaryosunda),

$\tan sağ_aks_x = \frac{Lx}{Rx+\frac{W}{2}}$ sağ teker genel formülüdür (sola dönüş senaryosunda).

Direksiyonlanır ön aks teker açılarının hesaplanması;

$$\tan sol_aks_1 = \frac{L1}{R1 - \frac{W}{2}} \text{ rad} \Rightarrow \text{sol ön aks açısıdır (sola dönüş seneryasonda)}$$

$$\tan sağ_aks_1 = \frac{Lx}{R1 + \frac{W}{2}} \text{ rad} \Rightarrow \text{sağ ön aks açısıdır (sola dönüş seneryasonda)}$$

Not: Formül sonucunda bulunan değer derece birimine çevrilir.

Not: Sadece ön aks iz genişliğimiz diğerlerinden farklı olup 104 mm dir.

$$\tan sol_aks_1 = \frac{473}{1129 - \frac{104}{2}} = 26.3^\circ$$

$$\tan sağ_aks_1 = \frac{473}{1129 + \frac{104}{2}} = 24.2^\circ$$

Önden 2. aks teker açılarının hesaplanması;

$$\tan sol_aks_2 = \frac{L2}{R2 - \frac{W}{2}} \text{ sol ikinci aks açısıdır (sola dönüş seneryasonda),}$$

$$\tan sağ_aks_2 = \frac{L2}{R2 + \frac{W}{2}} \text{ sağ ikinci aks açısıdır (sola dönüş senaryosunda).}$$

$$\tan sol_aks_2 = \frac{240}{1129 - \frac{186}{2}} = 14.4^\circ$$

$$\tan sağ_aks_2 = \frac{240}{1129 + \frac{186}{2}} = 12.3^\circ$$

Önden 3. aks teker açılarının hesaplanması;

$$\tan sol_aks_3 = \frac{L3}{R3 - \frac{W}{2}} \text{ sol üçüncü aks açısıdır (sola dönüş senaryosunda),}$$

$$\tan sağ_aks_3 = \frac{L3}{R3 + \frac{W}{2}} \text{ sağ üçüncü aks açısıdır (sola dönüş senaryosunda).}$$

$$\tan sol_aks_3 = \frac{120}{1129 - \frac{186}{2}} = 7.3^\circ$$

$$\tan sağ_aks_3 = \frac{120}{1129 + \frac{186}{2}} = 6.2^\circ$$

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Ackermann modeline göre modellemiş olduğumuz çalışmada izlenen verilere göre, uygulama hidrolik donanımlı mevcut modellere oranla kullanılabilir. Çalışma Solidworks programında modellenmiş, elektronik olarak Arduino işlemci ile kontrol edilebilmiştir. Adım ve DC motor (fırçasız) kullanılarak gözlemler ve sonuçlar incelenmiştir.

5.1.1. Adım Motorlu kontrol düzeneği

Adım motorlu kontrol düzeneği, gerekli sürücü ve ekipmanlarla birlikte ekte gösterilen yazılım kullanılarak tamamlanmıştır. Aynı yazılım DC motorlu düzenekte de kullanılmış olup tüm açıklamaları verilmiştir. Ön sürücü motorlar kontrol programında iptal edilmemiştir. Ancak dümenleme mekanizmasını eyleyici motor çalışmada iptal edildiğinden kodları açıklama şeklinde verilmiştir.



Şekil 5.1.1.1. Adım motorlu çalışma

Şekil 5.1.1.1.'de görülen adım motorlu çalışmanın rapor içeriğinde de açıklandığı gibi; fabrika değerlerinde adım motor kontrolü gerçekleştirilememiş olup, gerçek sistem üzerinde uygulanabilirliği takdirde güvenlik katsayısını dikkate alırsak, çok büyük

motorlara gereksinim duyulacağından gerçek sistem üzerinde de uygulanamayacağı sonucuna varılmıştır.

Sisteme komut verildiğinde; Ackermann Teorisine göre tekerleklerin ön tekerden arka tekere doğru sırası ile (sol dönüş uygulamasında) sol tekerleklerde $26,3^\circ$, $14,4^\circ$, $7,3^\circ$ ve 0° açı yapmaları, sağ tekerlerin ise $24,2^\circ$, $12,3^\circ$, $6,2^\circ$ ve 0° açı yapmalarının gözlenmesi gerekirdi. Çalışma çıktısında sonuçlar istenildiği şekilde gözlemlenmemiş ve 3 çıktıya dayandırılmıştır. Açılar hassas olması nedeniyle ölçüm hataları (yarım derecelik farklılıklar gibi), sistemde oluşan mekanik boşluklar (boşlukların alınması durumunda kullanılan malzemelerde herhangi bir yataklama olmadığından aşırı sıkışma meydana gelmektedir) ve step motorun adım hatasıdır. Step motor her denemede yerin tepki kuvvetine göre farklı bir tepki vermiş ve gerçek sistemde kullanılmasının oldukça riskli ve kullanışsız olduğu gözlemlenmiştir.

	İdeal Hesaplama		Uygulama 1		Uygulama 2		Uygulama 3	
	Sol Teker	Sağ Teker	Sol Teker	Sağ Teker	Sol Teker	Sağ Teker	Sol Teker	Sağ Teker
1. Aks	26,3	24,2	21	19,4	13,46	12,4	14,8	13,5
2. Aks	14,4	12,3	11,5	12,3	7,4	9,8	8	6,8
3. Aks	7,3	6,2	5	5	3,2	3,2	3,5	3,3
Sabit Teker	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 5.1.1.1. Step motor uygulamalı çalışma çıktısının tekerlere göre açı değerleri

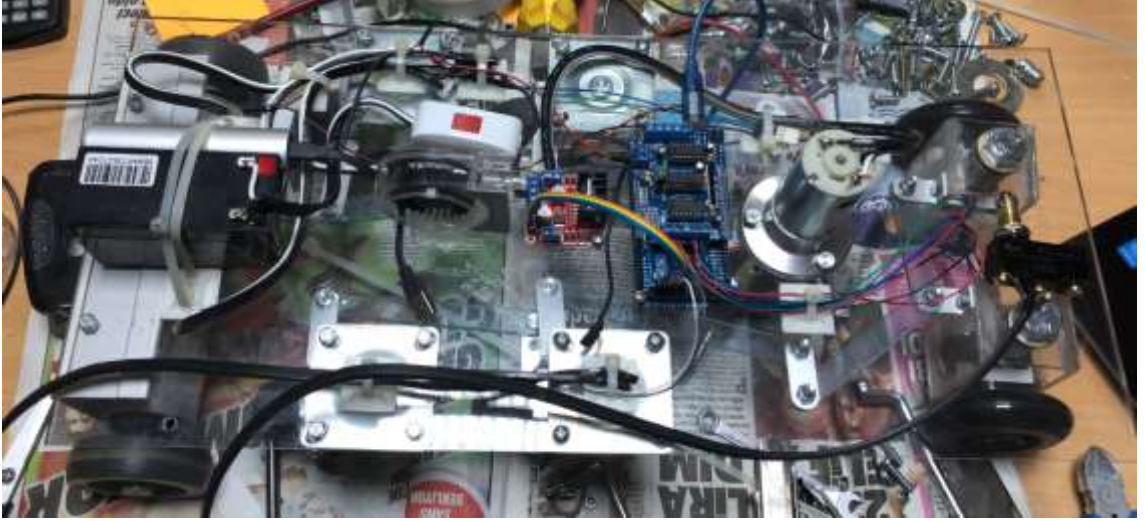
Şekil 5.1.1.1’de görüldüğü gibi her denemede farklı çıktı alınmıştır. Karşılıklı tekerler birbirine yeterince sıkıdır. Karşılıklı teker açılarından aynı sonuç alınması ölçüm hatalarına dayandırılmıştır. Oluşan farklılıkların daha stabil ölçülmesi ancak her tekere referans noktası verilip hassas sensörlerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilebilir. Ölçümler mekanik olarak yapılmıştır. Sağ ve sol tekerleklerinin tüm uygulamalarda aynı oranda değişmemiş olması da sistemdeki mekanik hatalardan meydana gelmektedir. Boyutları gereği alt mekaniğinde hassas bir yataklama yapılmamıştır. Her aksın sağ ya da sol tekerlek açı değerleri kendi içinde değerlendirildiğinde ise aynı açıyı yapmalarının tek nedeni step motorun her uygulamada adım atlamış olmasıdır. Yerin tepki kuvvetine bağlı olarak adım atladığı gözlemlenmiştir.

Çalışmada gözlemlenen çıktılarından biri de çoklu aks uygulamalarında herhangi birinin gerilmeler ve dış etkiler yoluyla adım atlama ihtimali göz önünde bulundurularak, sistemi tam tersi olumsuz yönde etkileyebileceğinden adım motor kombinasyonunun Ackermann modeli için kullanılamayacağı gözlemlenmiş bulunmaktadır.

Uygulamanın step motor denemesinden verim alınmadığından DC motorlu kontrol düzeneği mekanik yapı tasarımı ve yazılımda revizyona gidilmesine karar verilmiş, dc motor kontrolü ile deneme yapılması öngörülmüştür.

5.1.2. DC Motorlu kontrol düzeneği

DC motorlu kontrol düzeneği kullanılarak yapılan bir diğer çalışmayla Ackermann modeli tekrar incelenmiştir. Hem bakım ihtiyacının daha az olması, daha az Voltaj ile (araçlarda 24 Volt mevcuttur) daha yüksek güç üretmesi nedeniyle adım motora göre çok daha avantajlı olduğu gözlemlenmiştir.



Şekil 5.1.2.1. DC motorlu çalışma

Şekil 5.1.2.1’de görülen DC motorlu çalışmada; DC motorların tümü (arka çekiş motorları ve dümenleme mekanizması eyleyici DC motor) time domain ile kontrol edilmiştir. Time domain ile olumlu sonuç alınmış ve modelin uygulanabilirliği açıkça gözlemlenmiştir. DC motor boyutları ve güç oranları incelendiğinde yerden yaklaşık 25 cm yüksekte bulunan hemen hemen her ağır tip araçlara uygulanabilirliği anlaşılmıştır.

	İdeal Hesaplama		Uygulama 1		Uygulama 2		Uygulama 3	
	Sol Teker	Sağ Teker	Sol Teker	Sağ Teker	Sol Teker	Sağ Teker	Sol Teker	Sağ Teker
1. Aks	26,3	24,2	25,5	24,7	25,7	24,5	25,2	24
2. Aks	14,4	12,3	14	12,5	14,3	12,5	14	12,5
3. Aks	7,3	6,2	7	6,5	7,1	6,3	7,2	6,2
Sabit Teker	0	0	0	0	0	0	0	0

Şekil 5.1.1.2. DC motor uygulamalı çalışma çıktısının tekerlere göre açı değerleri

Şekil 5.1.1.2’de DC motorlu kontrol düzeneğinin uygulamasının ardından elde edilen ve ölçülen açı değerleri görülmektedir. İdeal denklem sonuçlarına göre bu sonuçların da farklı olduğu gözlemlenmiştir. Ancak bu farklılıklar DC motorun kontrol yeteneğinden değil, sistemdeki boşluklar nedeniyle yerin tepki kuvvetinin oluşturduğu farklılıklardır. Sürtünme kuvvetine bağlı olarak sistemdeki boşluklara göre alt mekanik çıktısında hataların olduğu step motorlu kontrol düzeneği incelemesinde gözlemlenmişti. Boyutların küçük olması nedeniyle herhangi bir yataklama yapılamamıştır. Ancak sonuçların hemen hemen aynı oranda değiştiği gözlemlenmiştir. Elde edilen çalışma çıktılarına göre DC motor, elektronik aks kontrol mekanizmasında kullanılabilir bir seçenektir. Servo motor kullanılması durumunda ve yataklamamın daha doğru yapılması durumunda çok daha stabil veriler elde edileceği ortaya konmuştur. Bu motorların boyutları gereği de montaj gereksinim alanları yeterince azdır.

DC motor kontrolü ve elektronik bir aks kontrol mekanizması yüksek hızlarda hareket eden araçlar için bir risk teşkil etmemektedir çünkü mevcut sistemlerin üzerinde de elektronik yapılar mevcuttur ve içerikte örnekleri ile verilmiştir.

Bu çalışmada enkoder gibi açı verilerini algılayan elektronik ekipmanlar ve daha stabil kontrol/elektronik düzenekler modelin boyutlarından dolayı denenmemiştir. Ön çekici tekerlerinden elektronik olarak mems sensörlerle alınabilecek herhangi bir açı değeri, bluetooth haberleşme ile reel uygulamalarda PLC işlemcilerle kontrol edilebilir. Şasenin herhangi bir limitliliği söz konusu değildir ve mevcut olan sistemlerden daha avantajlıdır. Dingil açıklıkları istenildiği gibi değiştirilebilir ve bu uygulamalar sensörler aracılığı ile okunarak yazılan daha ayrıntılı bir yazılım ile işlenebilir. Tüm tekerleklerin açı doğrulamaları gene sensörler aracılığı ile okunarak

doğrulaması yapılabilir. Olası riskler mekanik limitsizliklerle de doğrulanabilir. Hem elektronik hem mekanik doğrulama gerçekleştirilebilir.

Dümenleme mekanizmaları sadece trafikte yer alan araçlar için söz konusu olmayıp, limanlarda kullanılan yük taşıma ekipmanları için de kullanılabilir. Mevcut hidrolik sistemler her defasında araç verilerine bağlı olarak dizayn edilip yeniden kombine edilmelidir. Ancak elektronik ortamda yazılan ayrıntılı bir yazılım ile tüm araç ve ekipmanlara uygulanabilir bir sistem olacağı gözlenmektedir.

5.2.Öneriler

Elde edilen sonuçlara göre; elektronik aks kontrol mekanizmasının uygulanabilir olması ve daha doğru sonuç vermesi için;

- Mekanik tasarımın elektronik sistem montajı için maksimum direksiyon açısı sağ ve sol yönde doğrulanmalıdır,
- Zaman kontrolünün yanında harici sensörlerden alınan verilerin işlemci tarafından doğrulamasının yapılması gerekir,
- Motor dönüş açısı hassasiyetinin daha doğru sağlanması için DC motor yerine servo motor kullanılmalıdır,
- Seçilen motorların tork değerleri aracın ağırlığı ve maksimum taşıyacağı yük değerlerine göre belirlenmelidir,
- Seçilen motorların maksimum Tork değerleri katalog değerleri haricinde uygulamalı olarak doğrulanmalıdır,
- Sürücüler hesaplanan maksimum Akım değerinin biraz üstünde tercih edilmeli ya da güvenlik katsayısı dikkate alınmış sürücü kullanılmalıdır,
- Sistemin toz, yağmur ve benzeri harici çevresel etkilerden etkilenmesi için havalandırması doğru sağlanmış kapalı bir sistem tarafından korunmalıdır,
- Koruma kutusunun iç sıcaklığını sabit tutmak amacıyla harici soğutma fanları kullanılmalı ve bu bir kontrol mekanizması ile doğrulanmalıdır. Arıza olması durumunda devreye girecek bir uyarı sistem tasarlanmalıdır,
- Otomatik kontrolün haricinde göz önünde bulundurulmayan uygulamalar için manuel kumanda kontrolü kullanıcıya sağlanmalıdır (geri manevralarda tırlar sabit dönüş mantığı ile hareket etmemektedir),

- Kullanılan tüm işlemci, sensörler, servo motor ve benzeri ekipmanlar endüstriyel uygulamalara karşı uyumlu olmalı, yolun gürültü ve titreşiminden etkilenmeyecek ekipmanlar tercih edilmelidir,
- Açı verisi stabilizesinin sağlanması için aracın toplam boyu işlemci tarafından bir kontrol döngüsü ile sürekli olarak kontrolü sağlanmalıdır (verimi artırmak amacıyla),
- Aracın yüksek hızlarda hareket ederken sistemde bir arıza oluşması durumunda kazaya sebebiyet vermemek amacıyla ek güvenlik tedbirleri dikkate alınmalı ve karşılıklı tekerlekler harici bir mekanizma ile tekrar birbirine bağlanmalıdır. Diğer dönüş kuvvetlerinin ve çalışan diğer motorun etkisiyle zararın minimuma indirgeneceği düşünülmektedir.



KAYNAKLAR

- Acar, O. U., 2013, Mekanik Süspansiyonlu Kamyonlar İçin Otomatik Dingil İndirme Sistemi Altyapısının Oluşturulması, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 81.
- Adafruit Industries, 2018, Arduino Motor Sürücü Shield, <https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/adafruit-motor-shield.pdf>, [Erişim Tarihi: 16.02.2019], 54.
- Akgümüş, D., 2015, Yeni Nesil Ağır Ticari Araçların Hava Körüklü Süspansiyon Sistemlerinde Kullanılacak Z Tipi Yaprak Yayların Tasarımı, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 104.
- Albak, E. İ., 2014, Araç Konfor ve Yol Tutuş Özelliklerinin İyileştirilmesi İçin Süspansiyon Parametrelerinin İncelenmesi, T.C. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 74.
- Allegro Microsystems, 2009-2014, A4988 DMOS Microstepping Driver with Translator, https://www.pololu.com/file/0J450/a4988_DMOS_microstepping_driver_with_translator.pdf, [Erişim Tarihi: 16.02.2019].
- Arduino, 2019, Arduino mega 2560-R3 Eagle PCB Çizim Dosyaları, http://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-mega2560_R3-ref-design.zip, [Erişim Tarihi: 03.02.2019].
- Arduino, 2019, Arduino mega 2560-R3 IDE Bağlantı Programı ve Sürücüsü, <http://www.arduino.cc/en/Main/Software>, [Erişim Tarihi: 03.02.2019].
- Arduino, 2019, Arduino mega 2560-R3 schematic, http://www.arduino.cc/en/uploads/Main/arduino-mega2560_R3-sch.pdf, [Erişim Tarihi: 03.02.2019], 1.
- Ateş, C., 2016, Taşıt Süspansiyon ve Yorulma Testleri için Bir Lastik Düşey Modelinin Geliştirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 143.
- Atmel Atmega, 2014, 8-bit Atmel Microcontroller with 16/32/64KB In-System Programmable Flash, Datasheet, http://www1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/Atmel-2549-8-bit-AVR-Microcontroller-ATmega640-1280-1281-2560-2561_datasheet.pdf, [Erişim Tarihi: 03.02.2019], 435.
- Bauer, W., 2011, Hydropneumatic Suspension Systems, Springer-Verlag, Heidelberg, Berlin, Germany, 250.
- Bayır, E. A., 2010, Servo Kontrollü Bir Süspansiyon Sistemi Geliştirilmesi, T.C. Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 91.

- Bendix, 2009, The Air Brake Handbook,
https://www.washingtonfirechiefs.com/DesktopModules/Bring2mind/DMX/Download.aspx?EntryId=1307&Command=Core_Download&PortalId=20&TabId=2384: [Erişim Tarihi: 15.01.2018], 70.
- BPW, 2014, Air Suspension Systems, North Laverton, Australia,
http://www.bpwtranspec.com.au/wp-content/uploads/2014/03/BPW_Air_suspension_systems_brochure.pdf: [Erişim Tarihi: 19.04.2018], 16.
- Breeman, Steering and Suspension Systems Standard and Custom Made, Netherlands,
http://www.swalfgroup.com/PDF/en_steering_systems_Breeman.pdf: [Erişim Tarihi: 24.02.2018], 49.
- Burha, M., 2010, İki Akstan Dümenlenen Üç Akslı Özel Maksatlı Bir Taşıtın Direksiyon Mekanizmasının Kinematik Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,
<https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/3927/1/10521.pdf>: [Erişim Tarihi: 18.05.2019], 113.
- Course, N., 2010, Truck Tractors and Trailers, U.S. Navy Non-Resident Training Course Library NAVEDTRA 14081A Chapter 10, 66.
- Çakan, A., 2013, Karayolu Taşıtları Süspansiyon Sisteminde Aktif Titreşim Kontrolü, T.C. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 92.
- DAF, Electronically Controlled Air Suspension,
https://www.daf.global/~media/files/daf%20trucks/trucks/new%20cf%20and%20xf/infosheets/ecas/69637_daf_ecas_en.pdf: [Erişim Tarihi: 03.03.2018], 2.
- Davis, L. & Sack, R., 2004, Analysis of heavy vehicle suspension dynamics using an onboard mass measurement system, CD-ROM paper 11 of Papers of the 29th Australasian Transport Research Forum, 27 Adelaide: ATRF, Department of Main Roads, Queensland, Australia, 15.
- Davis, L. & Bunker, J., 2011, Heavy vehicle suspension testing and analysis – dynamic load sharing, State of Queensland (Department of Main Roads) & Queensland University of Technology, 72.
- Demir, A., 2010, Süspansiyon Sistemi, Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi,
http://www.abdullahdemir.net/wp-content/uploads/2017/12/SUSPANSIYON-SISTEMI_2017.pdf, [Erişim Tarihi: 24.01.2019], 121.
- Dsd Motor, Dsd 775 Micro Dc Motor, <http://www.dsdmotor.com/product/DSD-775.pdf>: [Erişim Tarihi: 05.04.2019], 1.
- Elhüseyini, F., 2006, Ağır Ticari Araç Arka Süspansiyon Braketi Dizaynı Ve Analizi, T.C. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 94.

- Farnell, Cooling Fan, <http://www.farnell.com/datasheets/2310930.pdf>: [Erişim Tarihi: 10.04.2019], 34.
- Liu, H. & Gao, H. & Li, P., 2014, Handbook of Vehicle Suspension Control Systems, The Institution of Engineering and Technology, London, United Kingdom, 423.
- Ger, K. O., 2014, M3 Sınıfı Bir Tařıtta Arka Sűspansiyon Tasarımı, T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitűsű Yűksek Lisans Tezi, 69.
- Hendrickson, Understanding Trailer and Suspensions, USA, <https://www.hendrickson-intl.com/getattachment/9e8b5109-84b9-4e17-a026-50094ff96370/L761-Understanding-Air-Ride.aspx.pdf>: [Erişim Tarihi: 01.02.2018], 40.
- Hendrickson, 2013, Technical Procedure of Trailer Air Suspension Systems, <http://www.hendrickson-intl.com/getattachment/69737831-740e-4e4c-b9f7-b86ff186a651/T15001-Trailer-Air-Suspension-Concepts-Function.aspx.pdf>: [Erişim Tarihi: 03.03.2018], 16.
- Keller, 2011, J. J. Keller's Tractor-Trailer Driver Training Instructor's Guide 2nd Edition, Neenah, Wisconsin, U.S., 734.
- Knowles, D., 2011, Automotive Suspension & Steering Systems, 5nd Edition, U.S., 1034.
- Kuralay, S., Direksiyon Sistemi, <http://kisi.deu.edu.tr/mustafa.karaoglan/Sunu%2018%20Direksiyon%20Sistemi.pdf>: [Erişim Tarihi: 03.07.2018].
- Landin, N., 2013, Semi-Active Axle Suspension for Heavy Trucks, Master's Degree Project of KTH Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 63.
- Lersel, V., 2010, Passive and semi-active truck cabin suspension systems for driver comfort improvement, Eindhoven University of Technology Department of Mechanical Engineering Master's Thesis, 100.
- Maden, D., 2012, Aktif Sűspansiyonlu Bir eyrek Araç Modelinin Gűzlemleyici İle Optimal Kontrolű, T.C. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitűsű Yűksek Lisans Tezi, 85.
- Megep, 2007, Motorlu Araçlar Teknolojisi – Sűspansiyon Sistemleri, T.C. Milli Eėitim Bakanlıėı, <https://www.trilextreyler.com/image/catalog/TRILEX/Steering/MEGEP-Motorlu-Araclar-Teknolojisi-Sűspansiyon-Sistemleri.pdf>: [Eriřim Tarihi: 03.07.2018], 74.
- Megep, 2013, Megep Motorlu Araçlar Teknolojisi Sűspansiyon Sistemleri, T.C. Milli Eėitim Bakanlıėı, http://megep.meb.gov.tr/mte_program_modul/moduller_pdf/S%C3%BCspansiyon%20Sistemleri.pdf: [Eriřim Tarihi: 27.01.2018], 74.
- Notları, D., (2012), Taşıt Dinamiği, Afyon Kocatepe Üniversitesi

- Pololu Company, 2001-2019, High Torque Hybrid Stepping Motor SY42STH38 - 1684A Specifications, https://www.pololu.com/file/download/SY42STH381684A.pdf?file_id=0J714, [Erişim Tarihi: 16.02.2019].
- Pololu Company, 2001-2019, High Torque Hybrid Stepping Motor SY57STH76-2804A Specifications, <https://www.pololu.com/file/0J629/SY57STH76-2804A.pdf>, [Erişim Tarihi: 16.02.2019].
- Pty, E. A., 2000, Operational Stability and Performance of Air Suspension on Various Vehicle Configurations, Report prepared for the Department of Transport and Works, Northern Territory, South Perth, https://www.transport.wa.gov.au/mediaFiles/licensing/LBU_R_AirSuspension.pdf: [Erişim Tarihi: 21.04.2018], 49.
- Putgöl, Y., 2016, Binek Taşıtlarında Ön Düzen Geometrisi Ve Süspansiyon Sistemlerinin Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 84.
- Putgöl, Y. & Altıparmak, D., 2016, Taşıtların Süspansiyon Sistemi Çeşitleri ve Ön Düzen Geometrisine Etkileri, Politeknik Dergisi, 19 (2): 195-202, Gazi Üniversitesi, ANKARA, 8.
- RSA, 2015, Guidelines on Maximum Weights and Dimensions of Mechanically Propelled Vehicles and Trailers, Including Manoeuvrability Criteria, http://www.rsa.ie/Documents/Vehicle%20Std%20Leg/Vehicle%20regs/Weights_Dimensions_Leaflet.pdf: [Erişim Tarihi: 21.04.2018], 25.
- Sachs, Suspension Components and Systems, <https://www.kothros.com/media/upload-files/manual/fahrwerkkomponentenundsystemefrnutzfahrzeuge.pdf>: [Erişim Tarihi: 18.03.2018], 13.
- Santech, MAS830L Dijital Multimetre Kullanım Klavuzu, <https://ekilavuz.com/santech-mas830l-dijital-multimetre-multimetre--d98f7dc66215bbcd-2>, [Erişim Tarihi: 03.02.2019].
- Sayılğan, N., 2015, Ağır Ticari Araçların Havalı Süspansiyon Sisteminde Kullanılan Boru Denge Çubuğu Tasarımı, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 107.
- ST Microelectronics, 2000, L298N Dual Full-Bridge Driver Datasheet, http://www.datasheetcatalog.com/datasheets_pdf/L/2/9/8/L298N.shtml, [Erişim Tarihi: 10.02.2019].
- Texas Instruments, 2016, L293x Quadruple Half-H Drivers, <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/l293.pdf>, [Erişim Tarihi: 06.02.2019], 18.
- Treder, 2019, Treder Sanayicileri Derneği, <http://www.treder.org.tr/tr/istatistikler.php>, [Erişim Tarihi: 05.07.2019].

VSE, 2009, Dynamic Truck and Trailer Suspension, http://www.foma.se/wp-content/uploads/2014/10/DTS_ENG_2009.pdf: [Erişim Tarihi: 11.04.2018], 24.

Wabco, Air Suspension Systems, Basic Training 15, <http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/00/57/8150100573-15.pdf>: [Erişim Tarihi: 03.03.2018], 19.

Wabco, 1999, Electronically Controlled Air Suspension (ECAS) for Trucks, Maintenance Manual No. 36 Issued 7-99, <https://www.trilextrailer.com/image/catalog/TRILEX/Steering/Maintenance-Manual-Trucks.pdf>: [Erişim Tarihi: 03.03.2018], 23.

Wabco, 2007, Trailer EBS D Sistem Tanımı, <http://inform.wabco-auto.com/intl/pdf/815/00/20/8151400203.pdf>: [Erişim Tarihi: 02.03.2018], 72.

Yazar, G., 2015, Design And Analysis Of Helical Coil Spring Forms For Independent Suspensions Of Automobiles, A Thesis Submitted to the Graduate School Of Natural And Applied Sciences Of Middle East Technical University, 153.

EKLER

EK-1 Elektronik Kontrol Mekanizması Arduino Yazılımı

```
#include <AFMotor.h> // STEP MOTOR KÜTÜPHANESİ
// NEMA 17 Step motorların kutupları M4den M3'e (Orta Pin Boştur): Siyah-Yeşil &
Kırmızı-Mavi
// NEMA 12 Step motorların kutupları M1den M2'ye: Mavi - Kırmızı - Beyaz Sarı
birleşik - Yeşil - Siyah
// Step Motorun 200 adımı yani 1 turu
//  $2\pi r \rightarrow 5 \times 3.14 = 15,7$  mm

// DC MOTOR KOD TANIMI BÖLÜMÜ
const int in1 = 46; // 1. Motor + pini boşa
const int in2 = 48; // 1. Motor - pini boşa
const int in3 = 50; // Motor sürücüsünün 1. Pinini, 50. Pin olarak belirliyoruz
const int in4 = 52; // Motor sürücüsünün 2. Pinini, 52. Pin olarak belirliyoruz
const int VoltP = 42;
const int buttonPin = 44; // Switch pini 44. pin
int buttonState = 0; // Switch i kullanacağımız değişken

// STEP MOTOR KOD TANIMI BÖLÜMÜ
AF_Stepper NEMA23_sy57sth76_2006A_m1m2(200, 1);
// Her bir tam devirde 200 step ve sürücü kanalı M1 & M2
// Belirtilen 1. sayı motorun her bir turda kaç devir döneceğini belirtir. Yani step-per-
revolution
// Belirtilen 2. sayı ise kanal sayısını belirtir. 1. Kanal mı 2. kanal mı ? 1. kanal m1-m2
girişleridir
// NEMA23_sy57sth76-2006A_m1m2 ise bu kanaldaki motorun değişken ismi
// Steps per Revolution =  $360^\circ / \text{Step Angle} = 360 / 1,8 \text{ degree} = 200$  steps

AF_Stepper NEMA17_SY42STH38_1684A_m3m4(200, 2);
// Her bir tam devirde 200 step ve sürücü kanalı M1 & M2
```

// Belirtilen 1. sayı motorun her bir turda kaç devir döneceğini belirtir. Yani step-per-revolution

// Belirtilen 2. sayı ise kanal sayısını belirtir. 1. Kanal mı 2. kanal mı ? 1. kanal m1-m2 girişleridir

// NEMA23_sy57sth76-2006A_m1m2 ise bu kanaldaki motorun değişken ismi

// Steps per Revolution = $360^\circ / \text{Step Angle} = 360 / 1,8 \text{ degree} = 200 \text{ steps}$

void setup() {

Serial.begin(9600); // Kütüphane haberleşme hızı 9600 bps olarak belirle

Serial.println("Adım motorlar aktif!"); // Seri port ekranına yazan yazı

//Motor hızı şu şekilde hesaplanır

//NEMA17_SY42STH38-1684A_m3m4.step(90, FORWARD, DOUBLE);komutu ile saniyede 90 adet ileri yönde pulse yani adım uyguluyoruz

//NEMA17_SY42STH38-1684A olan Motor ise 200 adımda 1 tur atmaktadır

// $60 \times (90 : 200) = 27 \text{ rpm}$ (revolution per minute)

NEMA17_SY42STH38_1684A_m3m4.setSpeed(27); // Motor hızı 27 rpm olarak belirlendi

//NEMA23_sy57sth76-2006A_m1m2 olan Motor da 200 adımda 1 tur atmaktadır

// $60 \times (90 : 200) = 27 \text{ rpm}$ (revolution per minute)

NEMA23_sy57sth76_2006A_m1m2.setSpeed(27); // Motor hızı 10 rpm olarak belirlendi

// DC MOTOR BÖLÜMÜ

pinMode(in1, OUTPUT); // in1 değişkeni dijital pin46, çıkış pini olarak tanımlanır

pinMode(in2, OUTPUT); // in2 değişkeni pin48

pinMode(in3, OUTPUT); // in3 değişkeni pin50

pinMode(in4, OUTPUT); // in4 değişkeni pin52

pinMode(VoltP, OUTPUT); // VoltP olarak tanımlanan 42. pinin kullanılması

pinMode(buttonPin, INPUT); // buttonPin olarak tanımlanan 44. pinin kullanılması

}

void loop() {

```

digitalWrite(VoltP, HIGH);
buttonState = 0;
buttonState = digitalRead(buttonPin);

if (buttonState == HIGH) {
digitalWrite(in1, LOW); // in1 yani pin 46 nın sürücü kontrolü ile voltaj düşümü (0V)
digitalWrite(in2, HIGH); // in2 yani pin 48 in sürücü kontrolü ile voltaj yükseltimi (5V)
delay(35);
while ( buttonState == HIGH )
{
digitalWrite(in1, LOW); // Motorun durması için 46. Pinin voltaj kontrolü (0V)
digitalWrite(in2, LOW); // Motorun durması için 48. Pinin voltaj kontrolü (0V)
buttonState = digitalRead(buttonPin);
}
digitalWrite(in1, HIGH); // Ters yöne hareketin yeniden sağlanması için motorun uçlarına
gönderilen +5V – 0V voltajlarının sürücü ile ters yüklenmesi pin 46 = 5V
digitalWrite(in2, LOW); // pin 48 in 0V a düşürülmesi
delay(35);
digitalWrite(in1, LOW); // Mekanizmayı hareket ettiren DC motorun ilk konumuna
geldikten sonra konumunu tekrar koruması amacıyla motor kutuplarının voltaj
yüklemesinin yeniden 0V'a düşürülmesi
digitalWrite(in2, LOW); // pin 48 = 0V
}
// Aşağıda yer alan kod listesi sürücü ön iki adım motor (SY42STH38) kodlarını
içermektedir. Programdan iptal edilmemiştir ve aktif olarak çalışmaktadır. Çalışmanın ilk
aşamasında adım motor ile denemesi yapılan Ackermann mekanizması için adım motor
(sy57sth76) kodları yer almaktadır. Bu kodlar iptal edilmiştir.
NEMA17_SY42STH38_1684A_m3m4.step(0, BACKWARD, DOUBLE); // Çift
kutulama kullanılarak motorun 100 adım ileri hareketi
NEMA17_SY42STH38_1684A_m3m4.release(); // Döndürmenin durdurulması ve
tutma torkunun iptal edilmesi
// Nema 23 kodları iptal edildi. Çünkü denemede motorlar adım atlamış ve sistemi
çevirmemiştir
// İleri hareket

```

```
//NEMA23_sy57sth76_2006A_m1m2.step(90, BACKWARD, DOUBLE); // Çift  
kutulama ile motorun 100 adım ileri hareketinin sağlanması  
//NEMA23_sy57sth76_2006A_m1m2.release();  
// Geri hareket  
//NEMA23_sy57sth76_2006A_m1m2.step(20, FORWARD, DOUBLE); // Çift  
kutulama ile motorun 100 adım geri hareketinin sağlanması  
//NEMA23_sy57sth76_2006A_m1m2.release();// Hareketin durdurulması ve tutma  
torkunun iptal edilmesi  
}
```



ÖZGEÇMİŞ

<p>Adı-Soy Adı: Ahmet ADIYAMAN</p> <p>Milliyet: T.C.</p> <p>Doğum Yeri: Konya</p> <p>Doğum Tarihi: 17/05/1991</p>	 <p>Adres:</p> <p>Esenler Mah. Yeditepe Cad.</p> <p>Cihan Sit. B Blok No:11</p> <p>Selçuklu/KONYA</p> <p>(543) 692-6276 –</p> <p>adiyaman.ahmet@gmail.com</p>
<p>Eğitim Durumu:</p> <p>1. Lisans, KTO Karatay Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mekatronik Mühendisliği Bölümü (İngilizce)</p> <p>2. Yüksek Lisans (Öğrenci), Selçuk Üniversitesi <i>Fen Bilimleri Enstitüsü Mekatronik Mühendisliği</i> Bölümü</p>	
<p>Yabancı Dil: Okuma (İyi)- Anlama (İyi)- Konuşma (iyi)- Yazma (İyi)</p>	
<p>ALES: 89.3/100</p>	
<p>Askerlik: Yapıldı</p>	
<p>İş Deneyimi:</p> <p>1. ASELSAN, SST – İnsansız Sistemler (Kendinden Tahrikli Hava Savunma Topu ETP Sistemi (Elektronik Takip Platformu) Kontrolcü Tasarımı) (2013 Stajyer)</p> <p>2. Türk Traktör ve Ziraat Makineleri A.Ş. (Ar-Ge Doğrulama Birimi) (2012 Stajyer)</p> <p>3. Ağaçlı Silo A.Ş. (AR-GE Mühendisi) 2017</p> <p>4. Büyükyüksel Damper Hidrolik Makine Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi (Üretim Müdürü & Mekatronik Mühendisi) 2017 / 2019</p>	
<p>Sahip Olunan Beceriler:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Windows MS Office & XP/Vista/Win7/Win8/Win10, - İyi seviyede SolidWorks, ArtCAM, Matlab, Zirve ERP, Orta seviyede AutoCAD, - C++ programlama ve <u>PLC</u> bilgisi, - Arduino yazılımı ve bilgisayar uygulamaları (Haberleşme vb), - İyi seviyede bilgisayar donanımı bilgisi, vb. 	

Projeler:

- Yüz Tanıma Projesi,
- 4 Eksenli CNC Router Prototip Tasarımı ve İmalatı,
- Go Kart Üretimi ve Tasarımı
- Ackermann prototip projesi (Yüksek Lisans)
- Yürüyen taban araç projesi

Sertifikalar:

1. İŞKUR/KOSGEB/KSO/UGE (Uygulamalı Girişimcilik Eğitimi)
2. TS EN ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi Temel Eğitimi (Sertifika No: 269-06-16/1)
3. TS EN ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi Dokümantasyon Eğitimi (Sertifika No: 307-06-17/12)
4. TS EN ISO 9001:2015 Kalite Yönetim Sistemi İç Tetkik Eğitimi (Sertifika No: 308-06-17/12)
5. IRCA Onaylı Başdenetçi Sertifikası “ISO 9001:2015 Quality Management System (QMS) Auditor/Lead Auditor Training Course” (UDN: 39191)