



**T.C.  
Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü**

**KABİN KÖRÜKLERİNİN TASARIM, ÜRETİM VE TEST  
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

**HASAN KASIM**

**Yüksek Lisans Tezi**

KABİN KÖRÜKLERİNİN TASARIM, ÜRETİM ve TEST

PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

HASAN KASIM



T.C.  
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KABİN KÖRÜKLERİNİN TASARIM, ÜRETİM VE TEST  
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Hasan KASIM

Prof.Dr Reşat ÖZCAN

YÜKSEKLİSANS TEZİ  
MEKANİK ANABİLİM DALI

BURSA-2012

## TEZ ONAYI

Hasan KASIM Tarafından hazırlanan “ Kabin Körüklerinin Tasarım,  retim ve Test Parametrelerinin Belirlenmesi” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Mekanik Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Reşat ÖZCAN

Başkan: Unvanı, adı soyadı �..... fakültesi, .....Anabilim dalı	İmza
�ye: Unvanı, adı soyadı �..... fakültesi, .....Anabilim dalı	İmza
�ye: Unvanı, adı soyadı �..... fakültesi, .....Anabilim dalı	İmza
�ye: Unvanı, adı soyadı �..... fakültesi, .....Anabilim dalı	İmza
�ye: Unvanı, adı soyadı �..... fakültesi, .....Anabilim dalı	İmza

Yukarıdaki sonucu onaylarım

Prof. Dr. Kadri ARSLAN  
Enstitü Müdürü  
.././....(Tarih)

U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, tez yazılım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel, ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı beyan ederim.

27/09/2012

İmza  
Hasan KASIM

## ÖZET

Yüksek lisans tezi

### KABİN KÖRÜKLERİNİN TASARIM, ÜRETİM VE TEST PARAMETRELERİNİ BELİRLENMESİ

HASAN KASIM  
Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Mekanik Anabilim Dalı  
Danışman: Prof.Dr. Reşat ÖZCAN

Bugünlerde yollarda bulunan büyük araçların yarısından fazlasında üreticilerin kullanımı teşvik etmesi üzerine hava süspansiyon körüklerin kullanımı artmaktadır.

Kullanım yerlerine bağlı olarak körük tipleri süspansiyon körüğü , endüstriyel titreşim körükleri , kabin körükleri v.b tiplerde üretilmekte olup bu projede kabin körükleri incelenmektedir.

Kabin körüklerinde tasarım, üretim ve test parametrelerinin belirlenmesi yapıyı oluşturmada temel taşlardır. Frekans , yay katsayısı gibi araç konfor koşullarını yakından ilgilendiren bu parametreler hava körüklerindeki çeşitliliğin etkenleridir. Hava körüklerinin spesifik karakteristiklerini belirlemek için statik ve dinamik deneyler gerçekleştirilmiş olup bilgisayar destekli hesaplamalar yapılmıştır. Aynı zamanda hava körüğünün doğasını daha iyi anlayabilmek için kauçuk ve kord bezinin karakteristik davranışları bu proje kapsamında incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kabin körüğü, kauçuk, Kord Bezi , Vulkanizasyon , Otomotiv, Hava Süspansiyon Sistemleri vb,

---

ABSTRACT  
MSc Thesis  
DETERMINATION OF THE CABIN AIR SPRING'S  
DESIGN, PRODUCTION, TESTING PARAMETERS

Hasan KASIM

Uludağ University  
Graduate School of Nature and Applied Sciences  
Department of Mechanic  
Supervisor: Prof.Dr. Reşat ÖZCAN

Air springs are used by practically all manufacturers who offer air suspension on their vehicles, and more than half of all the trucks on the road today.

Although air springs are produced in single, double, triple convoluted ,reversible sleeve styles as the sleeve style examined in this project for cab air springs.

Determining air spring's design, production, testing parameters is the basis of the air spring structure.

Vehicle conditions effect on comfort connected with parameters like frequency, spring rate etc. are very important for designation air spring various forms.

In order to obtain the air spring characteristics, the static and dynamic experiments have been implemented and calculations made using computer environment .

Also parameters about rubber bellow and cord fabric have been examined for understanding the air spring nature clearly.

Key words: Cab Airsprings , Rubber , Cord Fabric , Vulkanization , Automotive, Air Suspension Systems etc.

---

## ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Bu çalışmamın her aşamasında bilgisi ve tecrübesi ile her konuda desteğini benden esirgemeyen Değerli Hocam Sn. Prof. Dr. Reşat ÖZCAN' a, Uludağ Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde çalışan, bilgi ve desteklerini eksik etmeyen bütün hocalarıma ve arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Ayrıca araştırmalarımın laboratuvar ve saha çalışmalarında benimle birlikte çalışan, hiçbir şekilde özverilerini esirgemeyen çalışma arkadaşlarım Sn. Bertan ÇALIŞKAN, Sn. Murat YEŞİLBAŞ ve Sn. Sedat KAPLAN beylere teşekkür ederim.

Hasan KASIM  
27/09/2012



## İçindekiler

ÖZET .....	i
ABSTRACT .....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR .....	iii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ .....	vi
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	viii
1. GİRİŞ .....	1
2. HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜKLERİ SPESİFİK DEĞERLERİ .....	3
2.1 Yapı Elemanları .....	3
2.2 Geometrik Parametreler .....	5
2.3 Yaylanma Özellikleri .....	6
2.3.1 Karşılaştırma: hava süspansiyon körükleri – çelik yaylar .....	6
2.3.2 Karşılaştırma: havalı süspansiyon körükleri – gazlı amortisör .....	10
2.3.3 Etki alanı .....	11
2.4. Teknik Dokümantasyon .....	11
2.4.1 İzobar ve adiyabatik eğriler .....	11
2.4.2 Yay kuvveti ( kaldırma kuvveti )- basınç diyagramı .....	15
2.4.3 Montaj yüksekliği fonksiyonu olarak yaylanma miktarı ve doğal frekans .....	16
2.4.4 Hacim Değişim Oranı .....	18
2.4.5 Montaj yüksekliği fonksiyonu olarak basınç değişimi .....	19
3. HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜKLERİNE İLİŞKİN HESAPLAMALAR .....	21
3.1 Hava Süspansiyon Körüklerinin Tasarımı .....	21
3.1.1 Benzer ürünlerden kalıp ve yarı mamul turetme .....	21
3.1.2 Yeni konstrüksiyon .....	26
3.2 Doğal Frekansın ve Yaylanma Miktarının Belirlenmesi .....	33
3.2.1 Yaklaşık formülü ile hesaplanması .....	33
3.2.2 Adiyabatik eğrinin hesaplanması .....	35
3.2.3 Hacim ve hacim değişim oranının hesaplanması .....	36
3.3 Doğal Frekans Eğrileri .....	37
3.3.1 Yaylanma hacmi .....	38
3.3.2 Piston biçimi .....	39
3.4 Mukavemet Hesaplamaları .....	40
3.4.1 Hava Süspansiyon Köprügününün yapısı .....	40
3.4.2 Mukavemet parametreleri .....	43
3.4.3 Hesaplama .....	44
4. HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜKLERİ YAPI TÜRLERİ .....	47
4.1 Hava Süspansiyon Körükleri .....	47

4.1.1 Katlı körükler.....	48
4.1.2 Açılı ve silindir biçiminde hava süspansiyon körükleri.....	48
4.1.3 Basıncsız durumda çözülme davranışı.....	50
4.2 Hava Süspansiyon Körük Tipleri.....	51
4.2.1 Katlı körükler.....	51
4.2.2 Üst Tas Vulkanize edilmiş Körükler.....	53
4.2.3 Germe saçlı hava süspansiyon körükleri.....	56
4.2.4 Üst tas vulkanize edilmiş üst taşlı hava süspansiyon körüğü.....	59
5. HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜKLERİ UYGULAMA ÖRNEĞİ.....	61
5.1 Tasarım Girdileri .....	61
5.2 Ölçülen Değerler ile Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması.....	72
KAYNAKLAR.....	75
ÖZGEÇMİŞ.....	76

## SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Açıklama	Simgeler
Sarma açısı	$\alpha$
Üretim durumunda iplik açısı	$\beta$
Sabit entropik üs	$\chi$
İplik esnemesi	$\varepsilon$
Körük kesimi koni açısı	$\varphi$
Dengeleme açısı	$\gamma$
Açıklama	Kısaltmalar
Metal parça mesafesi	A, B
Piston çapı	DK
Davul çapı	DT
Etki çapı	Dw
Öz frekans	fe
İplik gücü	FF
Serbest piston uzunluğu	FK
Kıvrım binisi	Fü
Havalı amortisör yay gücü	F
Yaylanma oranı	c
Yarı mamulde iplik mesafesi	A $\alpha$
Üretim durumunda iplik mesafesi	A $\beta$
Çalışma durumunda iplik mesafesi	A $\gamma$
Etki alanı	Aw
Doku esnemesi	D
Havalı amortisör dış çapı	DA
Yarı mamulde iplik birikimi genişliği	D $\alpha$
Çalışma durumunda iplik birikimi genişliği	D $\gamma$
Montaj yüksekliği	Hges, H
Piston yüksekliği, kullanılabilir	H <sub>K</sub>
Yarı mamul dokusunda iplik yüksekliği	L $\alpha$
Çalışma durumunda iplik yüksekliği	L $\gamma$
Sarma davulu üzerinde körük kesimi uzunluğu	LT
Kütle	m
Çalışma sırasında iplik yoğunluğu	n <sub>B</sub>
Yarı mamul dokusunda iplik yoğunluğu	n <sub>R</sub>
Çalışma basıncı, statik	p, p <sub>0</sub> , p <sub>ü</sub>
Körük kesimi dış yarıçapı	RA
Körük kesimi iç yarıçapı	RI
Sarma davulu yarıçapı	RT
Yay bükümü	s
Hacim	V
Hacim eğimi	v
Konstrüksiyon uzunluğunda hacim	V <sub>0</sub>
Yay bükümüne s göre hacim	V

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 1: Tasarım Girdileri.....	61

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Resim 2. 1: Hava Süspansiyon Körüğü temel yapı elemanlarının gösterimi.....	3
Resim 2. 2: Kabin Körükleri temel yapı elemanlarının gösterimi.....	4
Resim 2. 3: Hava Süspansiyon Körüğü karakteristik ana ölçüm parametreleri.....	5
Resim 2. 4: Karşılaştırma: Hava Süspansiyon Körüğü – Çelik Yaylar.....	6
Resim 2. 5: Karşılaştırma: Havalı Süspansiyon Körükleri – Gazlı Amortisör.....	10
Resim 2. 6: İzobar ve Adiyabatik Eğriler.....	14
Resim 2. 7: İzobar Kaldırma Eğrileri.....	15
Resim 2. 8: Yay Kuvveti- Basınç Diyagramı.....	16
Resim 2. 9: Montaj Yüksekliği Fonksiyonu Olarak Yay Sabiti Değişimi.....	17
Resim 2.10: Montaj Yüksekliğine Bağlı Doğal Frekans.....	17
Resim 2. 11: Hacim değişim oran eğrisi.....	19
Resim 3. 1: Dış Çap, Etki Çapı ve Piston Çapı İlişkisi.....	22
Resim 3.2: Körük Uzunluğunun Belirlenmesi.....	23
Resim 3. 3: Daha kısa körük ile ayarlanan Metal parça mesafesi (istenen kıvrım binisinde) Ve istenen metal parça mesafesi.....	25
Resim3. 4: Kalıp Uzatma Halkası.....	25
Resim 3. 5: Hava süspansiyon körüğünün üç hali .....	26
Resim 3. 6: Mevcut Hava Süspansiyon Körüğünden İmalata Geçiş.....	27
Resim 3.7: Radyal ve aksiyal yönde doku esnemesi.....	28
Resim 3. 8: Çalışma Durumunda İplik açısı, $\gamma$ .....	28
Resim 3. 9: Yarı Mamul durumunda İplik açısı, $\alpha$ .....	28
Resim 3.10 : Körüğün silindirik alanlara ayrılması.....	29
Resim 3.11 : Çalışma ve Yarı Mamul Durumunda İp Açıları.....	29
Resim 3. 12: İp Mesafesi.....	30
Resim 3. 13: Konik ve Silindirik Alanlar.....	31
Resim 3. 14: Mevcut tecrübeden nihai hale gidiş.....	32
Resim 3. 15: Körüğün, üretim durumunda silindirik ve konik alanlara ayrılması.....	32
Resim 3. 16: Piston tipine göre etki alanı değişiminin belirlenmesi.....	35
Resim 3. 17: Körük hacminin 7 ayrı hacme bölünmesi .....	36
Resim 3. 18: Yaylanma Başlangıcında Hacim Değişikliği.....	37
Resim 3. 19: Mevcut Çalışma Yüksekliğine Bağlı Doğal Frekans.....	38
Resim 3.20: İzobar Eğrileri ve Körük kıvrım yüksekliği.....	39
Resim 3. 21: Farklı piston biçimlerinde diferansiyel bölüm $dA_w / ds$ .....	40
Resim 3. 22: Hava Süspansiyon Körük Yapısı.....	40
Resim 3. 23: Yaylanma İşlemlerinde İplik Açısı ve İplik Mesafesi Değişimi.....	42
Resim 3. 24: Yüksek ve düşük iplik yoğunlukları.....	42
Resim 3. 25: Kord Bezi Yapısı .....	43
Resim 3. 26: Dengeleme Açısının Hesaplanması .....	45
Resim 4.1: Sarma Malafası Üzerinde Hava Süspansiyon körük Yarı Mamulü.....	47
Resim 4. 2: Roll tipi silindir ve koni biçiminde süspansiyon körüğü.....	49
Resim 4. 3: İki Katlı Körük.....	52
Resim 4. 4:Üst Tas Vulkanize Edilmiş Körük .....	53
Resim 4. 5:Doğru monte edilmiş körük ve konuş bölgesi.....	53

Resim 4. 6:Üst tas vulkanize edilmiş ve piston tarafında konuş bulunan hava süspansiyon körüğü.....	55
Resim 4. 7: Kenar Levhalı ve Germe Plakalı Havalı Amortisör.....	57
Resim 4. 8: Kenar Levhasının Körük ile Birleştirilmesi.....	57
Resim 4.9:Kenar Levhalı ve Vulkanlanmış Germe Plakalı Havalı Amortisör Tel Halat Çekirdeği.....	59
Resim 4. 10: Üst Tas Vulkanize Edilmiş Hava Süspansiyon Körüğü.....	59
Resim 5.1 : Seçilen Dorse körüğü Yaylanma Kuvveti ve Yaylanma Miktarı Diyagramı....	62
Resim 5.2 : Seçilen Dorse körüğü Basınca göre Çap değişimi ve Yaylanma Miktarı Diyagramı.....	63
Resim 5.3 : 49 ° sarım açısında ( $\alpha$ ) da Yaylanma Kuvveti ve Yaylanma Miktarı Diyagramı.....	64
Resim 5.4 : 49 ° sarım açısında ( $\alpha$ ) da Basınca göre Çap değişimi ve Yaylanma Miktarı Diyagramı.....	65
Resim 5.5 : 48,5 ° sarım açısında ( $\alpha$ ) da Yaylanma Kuvveti ve Yaylanma Miktarı Diyagramı.....	66
Resim 5.6 : 48,5 ° sarım açısında ( $\alpha$ ) da Basınca göre Çap değişimi ve Yaylanma Miktarı Diyagramı.....	67
Resim 5.7 : Konfeksiyon İmalat Planı.....	68
Resim 5.8 : Kalıp Uzatma Miktarının Belirlenmesi.....	69
Resim 5.9: Yazılım Veri Giriş Ekranı.....	70
Resim 5.10 : Sonuç ekranı.....	70
Resim 5.11 : Yazılım Hesap Ekranı.....	71
Resim 5.12 : Doğal Frekans Grafikleri.....	71
Resim 5.13 : Testler Sonucunda Ölçülen veriler ile Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması.....	72
Resim 5.14 : Basınca Göre Çap Değişiminin Teorik Hesap Sonuçları ile Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	73
Resim 5.15 : Basınca Göre Çap Değişiminin Teorik Hesap Sonuçları ile Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması.....	74

## 1.GİRİŞ

Yaylar, oldukça geniş bir alanda görev yapabilen, biçim değiştirme enerjisinin kısmen veya tamamen depolanması mantığına göre hareket eden konstrüksiyon elemanlarıdır.

Yaylar esnek cisimlerdir. Yayların şeklinin değiştirilmesi yani gerilmesi veya sıkıştırılması için kuvvet uygulanması gerekir. Yayların şeklinin değiştirilmesi için uygulanan kuvvetler germe ve sıkıştırma kuvvetleridir. Yaylara uygulanan kuvvetler ortadan kalktığında sahip olduğu biçim değiştirme enerjisinin büyük bir bölümü geri (küçük bir kayıpla) geri verilir. Yaylar, kullanım amaçlarına bağlı olmaksızın, yapı türlerine ya da kullanılan malzemelere göre aşağıdaki gruplara ayrılabilirler.

Metalik malzemelerden imal edilen yaylar:

Yaprak Yaylar

Kangal Yaylar

Spiral Yaylar

Disk Yaylar

Çubuk Yaylar

Helis Yaylar

Elastomer malzemelerden imal edilen yaylar:

Kauçuk yaylar,

diskli kauçuk yaylar,

borulu kauçuk yaylar,

boşluklu kauçuk yaylar,

plastik yaylar

Gazlı amortisörler

Havalı amortisörler

Ayrıca Yaylar enerji depolama şekline bağlı olarak, biçim yaylanması ve hacim yaylanması şeklinde ayrılmaktadır. Biçim yaylanmasında, yayın imal edildiği malzeme dış kuvvetlerin etkisiyle elastik şekil değiştirir ve yayın üzerindeki kuvvetin kalkması sonucu küçük bir kayıpla eski hallerine dönüşürler. Kauçuk yaylar ve boşluklu kauçuk yaylarda, uygun bir

kauçuk karışımı seçilerek otomatik yaylanma sağlanabilir. Hacim yaylanmasında, yayın etkisi hacme, dolayısıyla yaylanan ortamın basınç değişikliğine bağlıdır. Hacim yaylanmasına bağlı klasik yay türleri, gazlı ve havalı amortisörlerdir. Hacim yaylanmasında, yaylanan ortam içerisinde gaz ya da hava kullanılmaktadır. Dışardan etki eden kuvvet, hacmin değişmesine yol açmakta olup, buna paralel olarak basınç da değişmektedir.

Bu çalışmamızda, hava süspansiyon körüklerinin Spesifik değerleri, tasarım parametreleri, yapı türleri ve üretim yöntemleri incelenmiş, araç altı uygulama örnekleri ve uygulamada karşılaşılan tipik arızalara yer verilmiştir. Motorlu araçlarda ve römorklarda, yukarıda tanımlanan tüm yay tipleri söz konusu yapının yükü için taşıyıcı eleman olarak kullanılmaktadır. Buna karşın gazlı amortisör gibi elemanlar, örneğin otomobillerde bagaj kapağı kaldırıcısı gibi başka fonksiyonlar için kullanılmaktadır. Yayların kullanım amaçlarına göre teknikte birincil ve ikincil yaylanma şeklinde tanımlamalar yapılmaktadır. Birincil yaylanma, araç yapısının yükünü sürekli olarak taşıırken, ikincil yaylanma sadece aşırı sert yol darbelerinde ya da birincil yaylanmanın yitirilmesinde kullanılmaktadır. Birincil ve ikincil yaylanmalar, birbirlerine uyumlu bir biçimde ayarlanmalıdır, ancak yolcu taşıma araçlarında sürüş konforuna ve mal taşımak için kullanılan araçlarda kullanım kolaylığına (araç gövdesinin kaldırılması ve indirilmesine) öncelik tanınmaktadır. Otomobillerde birincil yaylanma olarak genelde vidalı yaylar ve rotasyonlu çubuklar kullanılmaktadır. Kamyon ve römorklarda ise havalı amortisörler, yavaş yavaş bugüne kadar yaygın olarak kullanılan yay yapraklarının yerine geçmektedir. Bu varyant, seyahat ve hat otobüslerinde gerçekleştirilmiştir. Minibüsler ise şu anda bir istisnadır. İkincil yaylanma genelde kauçuk, boşluklu kauçuk ya da plastik yaylar ile gerçekleştirilmektedir. Pnömatik süspansiyon daha önceleri kamyonlarda ekstra ücret karşılığında özel aksesuar olarak teklif edilirken, havalı amortisörler bugün seri donanım haline gelmiştir. Gelecekteki kamyon serilerinin bundan böyle sadece havalı amortisörlü arka akslar ile donatılmış olacağı tahmin edilmektedir. Daha önce de bahsedildiği gibi amortisörler, yay yaprakları ve genelde ikincil yaylanma için kullanılan plastik yayların dışında, teknik açıdan kullanılacak otomatik yaylanmaya sahip değildirler. Bu nedenle, “yaylanma” ve “susturucu” fonksiyonları özenle birbirleri ile uyumlu olacak biçimde ayarlanmalıdır.

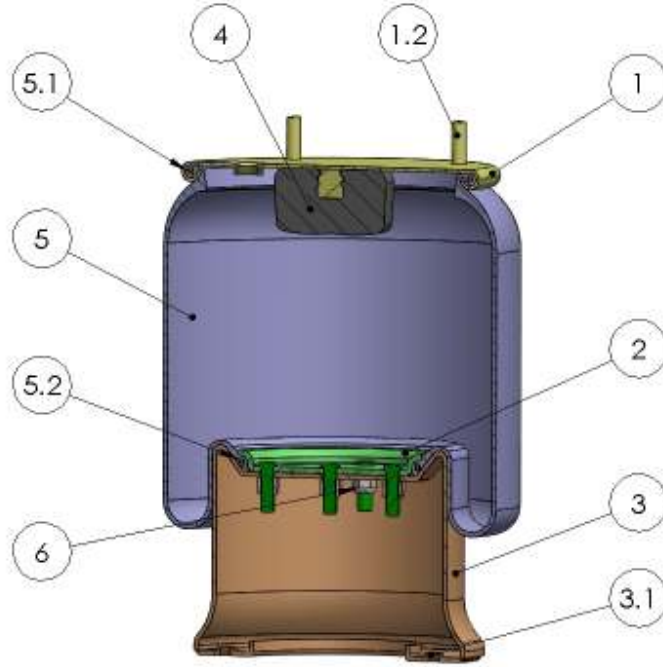


Kamyonlarda, bu iki fonksiyon, amortisör ve tampon olarak farklı üreticilerden temin edilen iki ayrı parçadan oluşmaktadır.

Bazı büyük ölçekli kullanım aracı üreticileri ise ürettikleri kamyonların ve otobüslerin ön akslarına havalı amortisör tampon sistemleri kullanmaya başlamışlardır.

## 2. HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜKLERİ SPESİFİK DEĞERLERİ

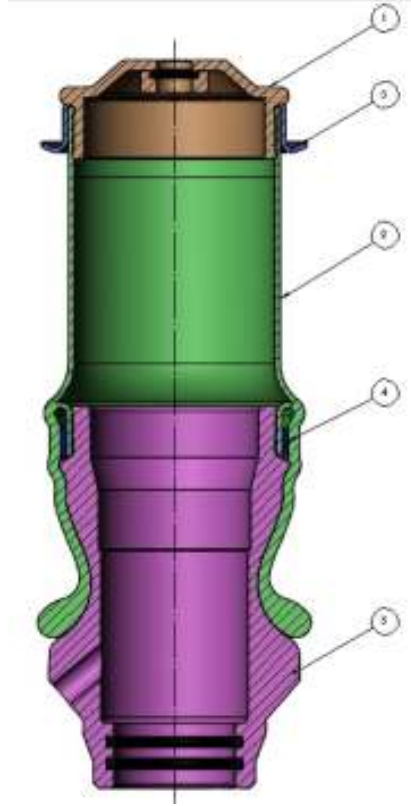
### 2.1 Yapı Elemanları



Resim 2. 1: Hava Süspansiyon Körüğü temel yapı elemanlarının gösterimi

1. Üst Pleyt / Üst Tas
- 1.2. Şase Bağlantı Elemanı
2. Germe Sacı / Alt Tas

3. Piston
- 3.1. Taban Sacı
4. Takoz
5. Hava Süspansiyon Körük Lastiği
- 5.1. Üst Boğaz Teli
- 5.2. Alt Boğaz Teli
6. Bağlantı Elemanı

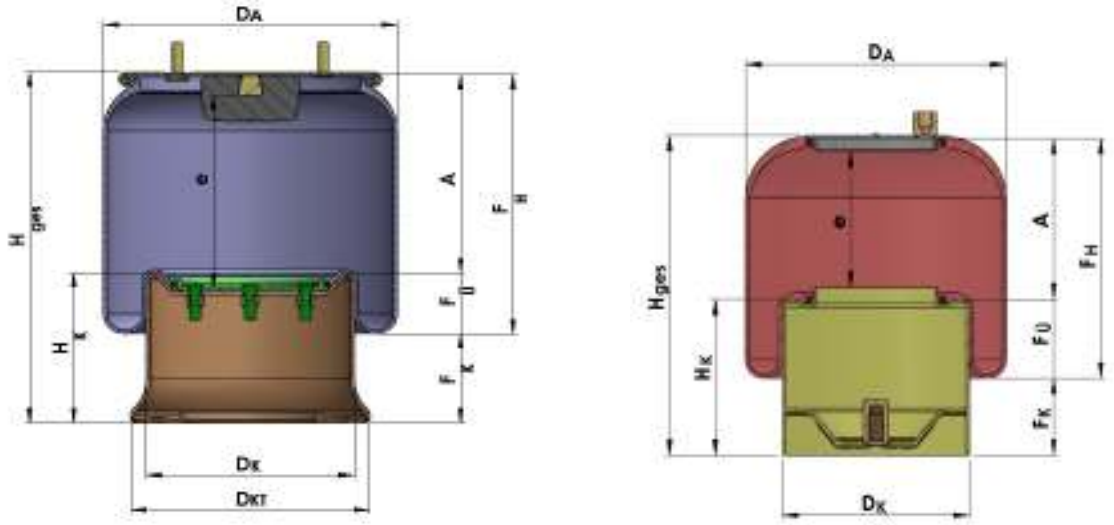


Resim 2. 2: Kabin Körükleri temel yapı elemanlarının gösterimi

1. Üst Kapak
2. Süspansiyon Körük Lastiği
3. Üst Bilezik
4. Alt Bilezik
5. Piston

Hava Süspansiyon K r g n  oluşturan yapı parçaları için sektörde tek tip tanımlamalar getirilememiŐtir. Her bir üretici ve alıcının kullanmıŐ olduğu tanımlama farklılık gösterebilmektedir. Bu çalıŐmamda kullanmıŐ olduğum tanımlamalar görev almıŐ olduğum firmalardaki literatürlerden alınmıştır.

## 2.2 Geometrik Parametreler



Resim 2. 3: Hava Süspansiyon K r Ğu karakteristik ana ölüm parametreleri

Hava Süspansiyon Körükleri için karakteristik ana ölümler yukarıdaki resimde verilmiştir.

$D_A$	�alıŐma Basıncındaki Dış �ap
$D_K$	Piston �apı
$D_{KT}$	Piston Montaj �apı
$A$	Metal Parçalar Arası Mesafesi
$F_H$	Kıvrım Y�kseklilĐi
$F_U$	K�r�Ğun Pistona Sıvandığı (sarktığı) Mesafe
$F_K$	Serbest Piston Uzunluğu
$H_K$	Kullanılabilir Piston Y�kseklilĐi
$H_{ges}$	Mevcut Montaj Y�kseklilĐi
$e$	AŞağı Kapanma Yolu

Hava Süspansiyon Körüklerinin özellikleri genellikle basınç parametresine bağlı olarak değişen Aşağı Kapanma Yolu ya da Metal Parçalar Arası Mesafesinin fonksiyonları olarak gösterilmektedir.

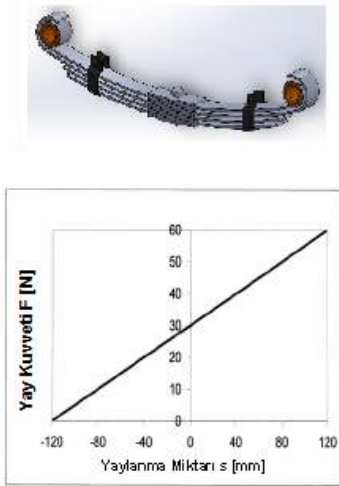
### 2.3 Yaylanma Özellikleri

#### 2.3.1 Karşılaştırma: hava süspansiyon körükleri – çelik yaylar

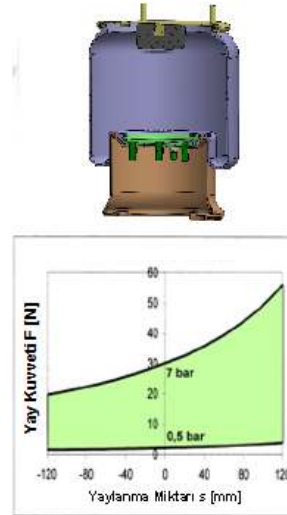
Çelik malzemelerden imal edilmiş yayların karakteristiği, kuvvet/ yol diyagramlarında genelde düz bir çizgi ile tarif edilebilirken, hava süspansiyon körüklerinde ve gazlı amortisörlerde bu tanımlar için bir dizi eğriye ihtiyaç duyulmaktadır. Söz konusu grafik üzerinde üst sınır olarak en yüksek işletme basıncını ve alt sınır olarak mümkün olan en düşük işletme basıncını ifade eden eğrisel çizgiler kullanılmaktadır. Bu iki çizgi arasında kalan alan, aşağıdaki diyagramda renkli olarak gösterilmiştir.

Biçim yaylanması prensibine göre çalışan bir çelik yay, kullanılacağı araç için sadece tek bir yük durumuna özel optimum düzeyde ayarlanabilir. Bu, genelde aracın tam yüklü durumudur. Kısmi yüklerde ve aracın yüklü olmadığı durumlarda bu çelik yay fazla serttir.

#### Yaprak Yay Eğrisi



#### Hava Süspansiyon Körük Yay Eğrisi



Resim 2. 4: Karşılaştırma: Hava Süspansiyon Körüğü – Çelik Yaylar

Hacim yaylanması prensibine göre çalışan bir hava süspansiyon körüğünün araç altındaki yük durumuna bağlı olarak çalışma basıncı değişiklik gösterir. Çalışma basıncı sıkışma ve açılma anlarındaki duruma göre artar veya azalır. Bu şekilde mevcut yük durumuna uyum sağlanır.

Her iki tip süspansiyon elemanı için yaylanma yolu ve yay kuvveti arasındaki ilişki aşağıdaki denklem ile tanımlanabilir:

$$F = c \times s \quad (2.1)$$

F = Yay Kuvveti

c = Yay Sabiti ( N / mm )

s = Yaylanma miktarı ( mm )

Çelik Yaylarda, yay sabiti ( N / mm ) yayın geometrisine ve çeliğin Elastisite modülüne bağlı olup, genelde sabittir.

Hava süspansiyon körükleri ya da gazlı amortisörler, hacim yaylanması prensibine göre çalışmaktadırlar. Yaylanma sırasındaki kuvvet artışı, kapalı gazın sabit entropik durum değişikliğine dayanmaktadır.

Buna dayanarak, Hava süspansiyon körükleri ve gazlı amortisörlerde Yay Kuvveti ( F ) ile Yaylanma miktarı ( s ) arasındaki ilişki aşağıdaki iki fonksiyon ile tarif edilebilir:

Yay Kuvvet Formülü:

$$F = p_0 \cdot A_w \cdot \left( \frac{V_0}{V_0 - v \cdot s} \right)^n$$
$$s = \frac{F}{c} \quad (2.2)$$

Yay Sabiti Formülü:

$$c = \frac{(n \cdot (1 + p_0) \cdot A_w^2)}{V_0} \quad (2.3)$$

Ki burada:

$p_0$	= İşletme Basıncı
$V_0$	= Hacim
$v$	= Hacim Değişim Oranı
$s$	= Yaylanma Miktarı
$A_w$	= Etki Alanı
$\chi$	= Sabit Entropik Üs
$c$	= Yay Sabiti

Bir çelik yaydan oluşan süspansiyon elemanının kullanılabilir tüm çalışma noktaları lineer bir doğru üzerindedir. Hava süspansiyon körüklerinde ise bu noktalar bir eğri alanı içerisinde bulunmaktadır.

Hava süspansiyon körüklerine yapılacak ayarlamalar ile kuvvet/ yol diyagram alanı içerisindeki tüm yükseklikler statik çalışma yüksekliği olarak ayarlanabilir, ancak bu durumda kullanılabilir yaylanma miktarı ile doğal frekans değişmektedir. Yük artırıldığında, ayar donanımı daha yüksek bir basınç ayarlar. Çelik yayların aksine, Hava süspansiyon körüklerinin montaj yüksekliği yük durumuna bağlıdır.

Hava süspansiyon körüklerinin bu özelliği, özellikle ticari araçlarda kullanıldığında önem taşımaktadır. Çelik yaylarda, yaylar ancak yük artışı sırasında yaylanmaya başlarken, Hava süspansiyon körükleri ile sabit bir sürüş hızı muhafaza edilmektedir.

Yay-Kuvvet formülü incelendiğinde, çalışma basıncının artması ile Yay sabitinin ( $c$ , N / mm ) de artmakta olduğu görülmektedir. Buna bağlı olarak da doğal frekansın sabit kalmasını sağlamak için her zaman artan yüke uygun bir yay sabiti ( $c$ , N / mm ) ayarlanmaktadır.

Yüklü/yüksüz ilişkisi yüksek olan motorlu araçlarda bu husus özellikle pozitif bir etki bırakmaktadır. Çelik yaylar ile donatılmış dolu bir otobüs uygun bir süspansiyon tasarımı ile yolcular için hava süspansiyon sistemi ile donatılmış bir otobüs ile eşit oranda konforlu olabilir. Ancak, yay sabiti ( $c$ , N / mm ) yük durumuna göre ayarlanamadığından yarı dolu bir otobüste çelik yaylar fazla sert olacaktır.

Bu nedenle, hava süspansiyon sistemi artık ağır kamyonların ve römorkların arka akslarında da yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bir kamyon aksının izin verilmiş toplam ağırlığı Avrupa'da şu anda 11,5 tondur.

Boş bir araçta bu ağırlık, aracın yapısına göre 2 tona, yani yaklaşık beşte birine kadar inmektedir. İzin verilmiş aks ağırlığına göre ayarlanmış bir çelik yaylı süspansiyon kısmen yüklü ya da neredeyse boş araçlar için fazla serttir. Hassas mallarda bu durum, nakliye sırasında hasara yol açabilir. Avrupa devletlerinin karayolları şartnameleri incelendiğinde havalı süspansiyon körüklerine sahip akslar için daha yüksek aks yüküne izin verildiği görülmektedir. Yaylanma ve sönümleme davranışları ile ilgili koşullarda İlgili Devletlerin Ceza Yasası Yönetmeliğinde ayrıntılı olarak tanımlanmış olup, uygun bir biçimde tasarlanmış çelik yaylı süspansiyon kullanıldığında da yerine getirilebilmektedir. Ancak, çelik yaylı süspansiyon yapısının oldukça yumuşak olması gerekmektedir. Yay yaprakları ise bunun için yapısal açıdan daha uzun olmak zorunda olup, bu şekilde araçlara çok zor takılabilirler. Yumuşak amortisörlerin ayrıca bir dezavantajları daha vardır. Bu dezavantaj, boş durumdan yüklü duruma geçerken kullanılan Yaylanma miktarı (s, mm) büyüklüğüdür. Motorlu araçların azami yükseklikleri yasalar ile sınırlandırıldığından, boş aracın bu azami yüksekliği muhafaza etmesi gerekmektedir. Yüklü araçlar, bu yaylanma miktarı (s, mm) farkından yoksun kalmakta olup, yay kuvvetini azalmaktadır.

Yaylanma işlemi aktif olarak ayarlanamayan binek otomobillerde ise konfor ihtiyacı yüksek olmasına rağmen hava süspansiyon sistemi henüz yaygınlaşmamıştır. Bunun nedeni, yukarıda belirtilen avantajlardan çoğuna burada yeterince önem verilmemesidir.

Araç yüksekliğine, binek otomobillerde fazla önem verilmemektedir. Özgül ağırlığı 1350 kg olan orta sınıf bir binek otomobilinin süspansiyonunun iki yolcu artı sürücü için düzenlendiğini varsayalım. Toplam ağırlığı bu durumda yaklaşık 1575 kg olacaktır. İki yolcu daha bindiği takdirde ağırlık yaklaşık 150 kg ya da %9,5 oranında artış göstererek yaklaşık 1725 kg'a yükselecektir. İki yolcu indiğinde ise ağırlık 150 kg ya da %10 oranında düşüş göstererek 1425 kg'a inecektir. Buna göre, aracın boş ya da yüklenmiş durum arasında sadece  $\pm\%10$  oranında bir değişim gerçekleşmektedir. Bunun için sabit bir yay sabiti (c, N/mm ) yeterlidir. Ancak, toplam ağırlığı ile karşılaştırıldığında yolcuların ağırlık payı yüksek olan küçük araçlarda, hava süspansiyon sistemi avantaj sağlayacaktır. Ancak,

binik otomobillerde genelde basınç temini mevcut olmadığından, dolayısıyla artı masraf gerektireceğinden, binik otomobillerde bu gerçekleştirilememektedir.

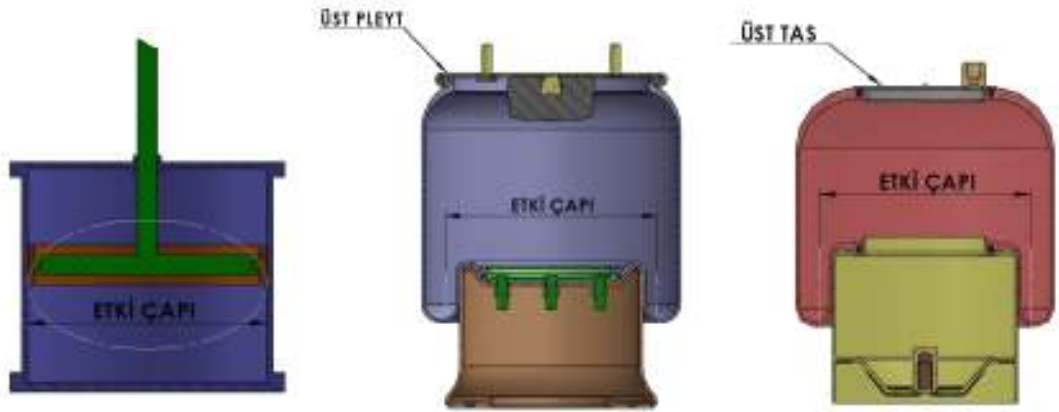
### 2.3.2 Karşılaştırma: havalı süspansiyon körükleri – gazlı amortisör

Her iki süspansiyon türü, hacim yaylanması prensibine göre çalışmaktadır. Aradaki fark, sadece yaylanan ortamı (genelde hava ya da gaz) kaplayan malzemededir.

Gazlı amortisörlerde, kaplama malzemesi genelde metalik bir yapı malzemesinden imal edilmiş, içerisinde bir pistonun yukarı ve aşağı doğru hareket ettiği bir silindirdir.

Hava süspansiyon körükleri de, en az üç parçadan oluşmaktadır:

- İskelet yapısı kord ipleri ve özel kauçuk karışımından oluşan mevcut yük iletimini sağlayan körük gövde kısmı;
- Körük gövdesinin üst kısmının kapatıldığı, sızdırmazlık görevini sağlayan ve aynı zamanda yaylanacak yük ile bağlantı parçası görevi yapan bir levha (pleyt);
- Hava süspansiyon körüğünün alt tarafında bulunan ve yaylanacak yük ile yük iletim gövdesini aksa bağlayan yapı elemanı (piston).



Resim 2. 5: Karşılaştırma: Havalı Süspansiyon Körükleri – Gazlı Amortisör



Aynı kuvvet basınç ilişkisine sahip hava süspansiyon körüğünün çapı her zaman gazlı amortisörün çapından daha büyüktür. Buna karşın, hava süspansiyon körükleri aynı kaldırma işlemi için gazlı amortisörden daha az oranda toplam uzunluğa ihtiyaç duymaktadır. Gazlı amortisörlerin asgari uzunlukları, kaldırma işlemine pistonun, alt ve üst kapakların yüksekliği eklenerek bulunan sayıya eşittir. Hava süspansiyon körüklerinde aynı kaldırma yüksekliği için istenen kaldırma yüksekliğinin yaklaşık 0,6 katı yüksekliğinde bir piston kullanılmaktadır. Aynı kullanım amacı için Hava süspansiyon körükleri sadece yaklaşık 0,6 katı yüksekliğe, ancak biraz daha büyük bir çapa ihtiyaç duymaktadırlar. Gazlı amortisörler, bugün otomobil yapımında çok az kullanılmakta olup, örneğin otobüslerde kapı açacağı, bagaj kapakları kaldırıncıları, vs. olarak genelde çalışma silindirleri olarak kullanılmaktadırlar.

### 2.3.3 Etki alanı

Hava süspansiyon körüklerinin etki alanları, basınç ile çarpıldığında yay kuvveti oluşturan alan olarak tanımlanmaktadır. Etki çapı ise bu alana ait çaptır.

Gazlı amortisörlerde, etki çapı silindirin çapına eşitken, Hava süspansiyon körüklerinde bu çap hiç bir yerde doğrudan ölçülememektedir. Ancak, önceden verilmiş piston ve dış çap değerlerinde etki alanının hangi çapa sahip olduğunu tecrübe edilmiş değerlerden tahmin etmemiz mümkün olmaktadır.

### 2.4. Teknik Dokümantasyon

Hava süspansiyon körükleri genellikle belirli bir kullanım alanı için geliştirilmektedirler. Üretimleri için, önemli bir yatırım harcaması gerektirmektedir. Bu nedenle, hava süspansiyon körüklerinin oldukça fazla sayıda araçta kullanılması tavsiye edilir.

Otomobil üreticisi için böyle bir üretimi gerçekleştirilebilmesini sağlamak için mümkün olduğunca ayrıntılı bir teknik dokümantasyon hazırlanmalıdır. Bunun için yaygın olarak kullanılan diyagramlar ve parametreler aşağıdaki bölümlerde tarif edilmiştir.

#### 2.4.1 İzobar ve adiyabatik eğriler

Hava süspansiyon körüklerinin çalışma davranışı, diğer amortisörlerde olduğu gibi, Yay Kuvveti (F) –Yaylanma miktarı (s) diyagramında tarif edilebilir. Hacim yaylanması

prensibine göre çalışan süspansiyon elemanlarında yay kuvveti (F) , yaylanma miktarı (s) ve üçüncü tanımlayıcı değer olarak yaylanma hacmindeki basınç da eklenmektedir. Otomobillerdeki Hava süspansiyon körükleri genellikle bir yükseklik ayar tertibatı ile donatılmıştır. Yükseklik ayarı, montaj yüksekliğinin yükten bağımsız olarak sabit kalmasını sağlamaktadır. Bunun için basıncın uygun bir şekilde ayarlanması gerekmektedir. Bu demektir ki, hava süspansiyon körüklerinin Kuvvet-Yaylanma miktarı eğrisine sahip olabilmek için belirli bir basınçla doldurulması gerekmektedir.

Bu işlem için, kullanılabilir en düşük işletme basıncı (genelde 0,5 – 1 bar) ile kullanılabilir en yüksek basınç arasında izin verilmiş basınç alanını kapsayan bir kaç basınç seçilir. Aşağıdaki verilen Yay Kuvveti-Yaylanma miktarı grafiğinde 1,3,5 ve 7 bar basınç değerleri seçilmiştir.

Daha iyi okunabilmesi için, basınçlar aşağıdaki renkler ile belirtilmiştir:

Yeşil	1 bar
Mavi	3 bar
Kırmızı	5 bar
Siyah	7 bar

Hava süspansiyon körüklerinin eğrisi olan Yay Kuvvet-Yaylanma miktarı eğrisini oluşturabilmek için körük uygun bir test makinesine yerleştirilerek, Yay Kuvveti (F, Kaldırma Kuvveti), Yaylanma miktarı (s, mm ) ve basınç değerleri kaydedilerek ölçülür.

Biçim yaylanması prensibine göre çalışan çelik malzemeden imal edilmiş yaprak yaylarda Yaylanma kuvveti ile Yaylanma oranı değişimi lineer bir şekilde artış gösterirken;

Hacim yaylanması prensibine göre çalışan hava süspansiyon körüklerinde, Yaylanma yolu (s, mm) ve basınç (P) artışı arasındaki ilişki, sabit entropik denkleme (2.2) bağlı olarak parabolik bir artış göstermektedir.

Adiyabatik Eğriler:

Adiyabatik sistem: Çevresi ile ısı alışverişinde bulunmayan sistemlerdir. Adiyabatik sistem sınırına adiyabatik cidar veya adiyabatik duvar denir. Bu duvarın özelliği ısıyı bir taraftan

diğer tarafa geçirmemesidir. Gerçekte böyle bir duvar veya sınır mevcut değildir. Adyabatik sistem çevresiyle enerji ve madde alışverişinde bulunabilir.

Hava süspansiyon körüklerinin çalışma ortamında bulunan havanın ısı ve kütle kaybının/kazancının olmadığı iç enerji değişiminin sıfır kabul edildiği, Yaylanma miktarı (s,mm) değişimlerinin yaklaşık 0,5 Hz test frekansı ile geçildiğinde (statik durumu temsil niteliğinde) Adyabatik Eğri olarak adlandırılan bir eğri oluşmaktadır. Bu grafikte elde edilen eğriler, çelik malzemeden imal edilmiş yaprak yayların yaylanma miktarı(s,mm) eğrisi ile karşılaştırılabilir. Hava süspansiyon körükleri sürekli bir çevrim içerisinde olmasına bağlı yani yüklemenin devamlı yapılıp kaldırılması nedeniyle histerezis halkası oluşmaktadır. Histerezis halkasını içine alan bölgenin çok küçük olabilmesine karşın uygulanan bir zaman periyodunda dağıtılan toplam enerjinin çevrimin herhangi bir periyodunda histerezis alanını meydana getirdiği için hızlı titreşime maruz kalan bir malzemede bu enerji yayılımı önemli bir özelliktir. Histerezis halkası altında kalan alan gerilmenin uygulanıp kaldırıldığı durumdaki frekansın bir fonksiyonu olacaktır. Eğer frekans çok yavaş ise çevrim daima tamamen izotermal olur ve histerezis halkası ile kapatılan alan çok küçük olur. Yükleme ve boşaltma çok yüksek bir frekans da olursa olay daima adyabatiktir ve kapatılan alan yine çok küçük olur. Ancak histerezis alanının çok büyük olduğu durumlar ara frekanslardır.

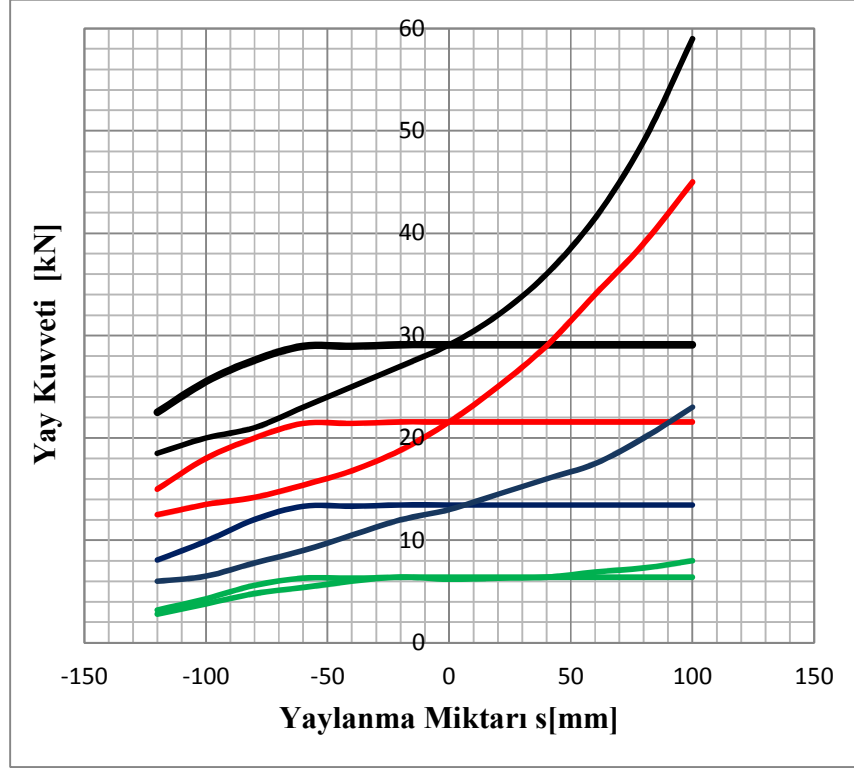
Ancak buradaki titreşim sönümlenme, teknik açıdan kullanılamayacak kadar düşüktür. Ayrıca, Hava süspansiyon körüğü elastomer malzemeden imal edildiği için mümkün olduğunca az ısıya maruz kalacak şekilde tasarlanmalıdır. Çevre ile çok düşük bir ısı alışverişi yapıldığından, adyabatik terimi aslında tam doğru değildir.

İzobar Eğriler:

Yaylanma sırasında körük içi basınç uygun bir basınç regülatörü ile sabit tutulduğu takdirde, aynı basınca sahip izobar eğrileri oluşmaktadır.

Bu eğriler, etki alanının akışını yansıtmaktadır. Okunan basınç değerleri, eğrinin kaydedildiği sabit basınç değerine bölüdüğü takdirde, etki alanının büyüklüğü elde edilir. İzobar eğriler ayrıca “kaldırma eğrileri” olarak adlandırılmaktadırlar.

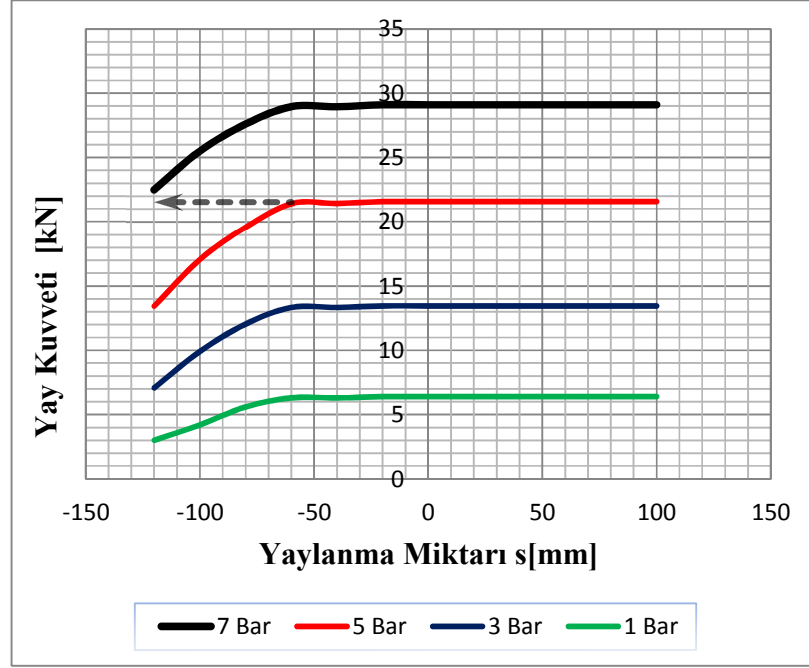
Bu eğriler, Hava süspansiyon körüklerinin dönüşümlü yapılara sahip araçlarda kaldırma kapasitesi hakkında bilgi vermektedirler.



Resim 2. 6: İzobar ve Adiyabatik Eğriler

İzobar ve Adiyabatik Eğrilerin ölçümü sırasında elde edilen eğriler listesine dayanarak, geometrisi bilindiği takdirde havalı amortisörlerin diğer parametreleri ortaya çıkartılabilir. Yaylanma miktarı (s,mm) , adiyabatik eğrinin sıfır geçişteki yükselişine eşittir. Bu şekilde belirlenen yaylanma miktarı (s, mm) ve aynı anda okunan yay kuvveti (F) ile doğal frekans hesaplanabilir. Çalışma basıncındaki dış çap ( $D_A$ ) ve kıvrım yüksekliği ( $F_H$ ) ise hava süspansiyon körüğünün hacmini hesaplamak için kullanılabilir. Aşağıdaki diyagramda izobar eğriler ayrı bir diyagramda gösterilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi, bu eğriler ayrıca “kaldırma eğrileri” olarak da adlandırılmaktadırlar. Tasarımcı bu eğrilerden, konstrüksiyon durumundan belirli bir kaldırma yüksekliğine ulaşılabilme için gerekli

basıncı okuyabilir. Verilen örnekte, yaklaşık 60 mm'lik kaldırma için basıncın 5 bar'dan yaklaşık 7 bar'a yükseltilmesi gerekmektedir. Bu sayede, hacim eğrisi ile birlikte basınçlı hava temini kapasitesi belirlenebilmektedir. Motor çalışmazken bile depolanan hacim ile iki kaldırma işlemi gerçekleştirilebilmelidir.

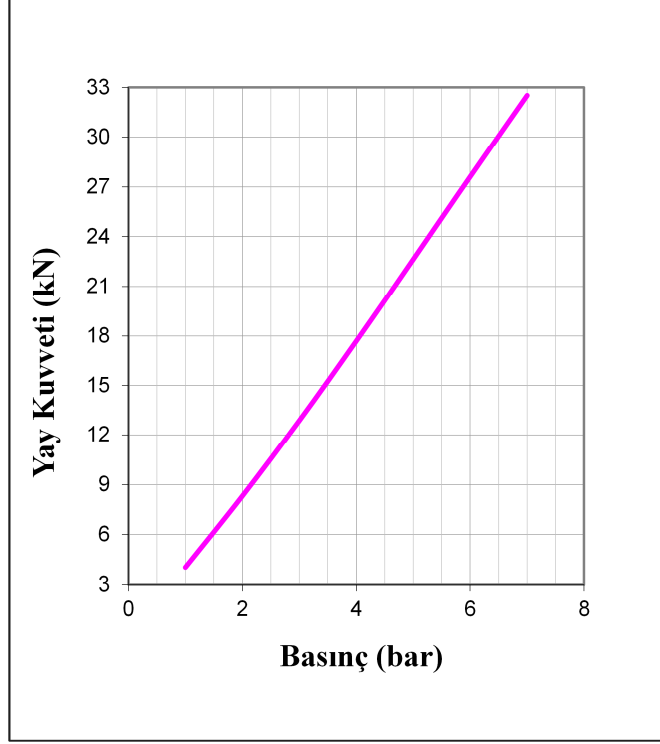


Resim 2. 7: İzobar Kaldırma Eğrileri

#### 2.4.2 Yay kuvveti ( kaldırma kuvveti )- basınç diyagramı

Daha önce tarif edilen grafiklerden, hangi çalışma basıncında hangi yay kuvvetinin elde edildiği görülebilmektedir. Ancak tasarımcı daha çok mevcut bir yay kuvveti için hangi basıncın gerekli olduğu ile ilgilenmektedir.

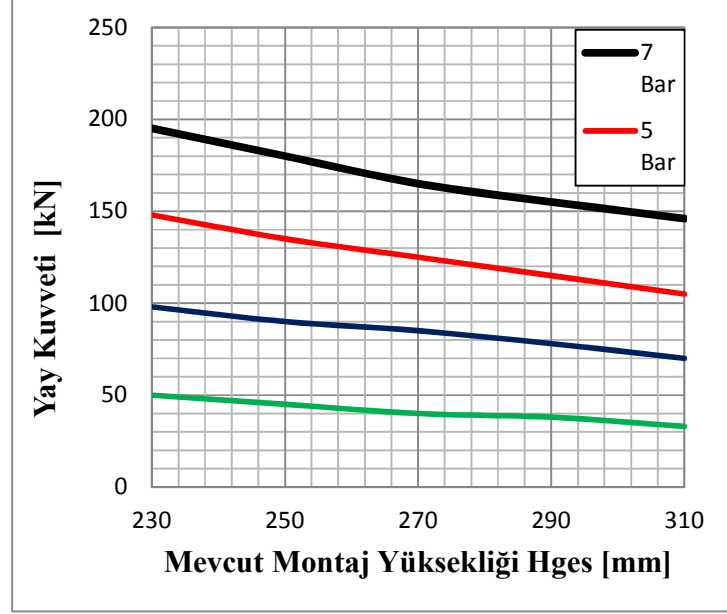
Bu grafikte verilen bilgiler, çalışma esnasındaki yük dağılımını belirlemek için gereklidir.



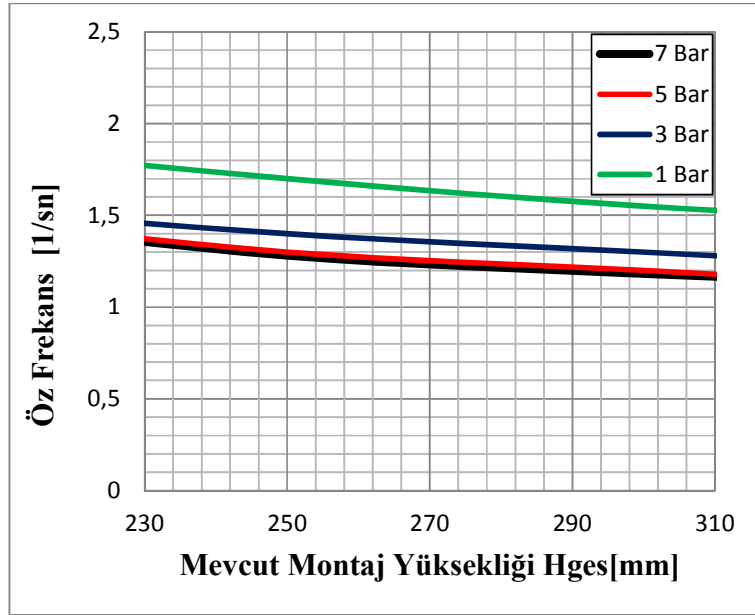
Resim 2. 8: Yay Kuvveti- Basınç Diyagramı

#### 2.4.3 Montaj yüksekliği fonksiyonu olarak yaylanma miktarı ve doğal frekans

Yükseklik ayarı tertibatı ile Hava süspansiyon körükleri farklı montaj yüksekliklerine ayarlanabilirler. Bağlama yüksekliği arttığında, buna paralel olarak yaylanma hacmi de artmaktadır. Yaylanma hacmi ne kadar büyük ise süspansiyon o kadar yumuşamaktadır; yani yaylanma miktarı (s,oranı) ve buna bağlı olarak doğal frekans azalmaktadır. Bu, bir otomobilin hem sürüş konforunu hem de virajlardaki davranışını etkilemektedir. Bu iki değer, takozun ve denge ayar tertibatının tasarlanmasında önemli bir rol oynamaktadırlar.



Resim 2. 9: Montaj Yüksekliği Fonksiyonu Olarak Yay Sabiti Değişimi



Resim 2.10: Montaj Yüksekliğine Bağlı Doğal Frekans

Genel olarak bir otomobilin yaylanma özelliklerinin yük durumuna uygun olmasını isteriz.

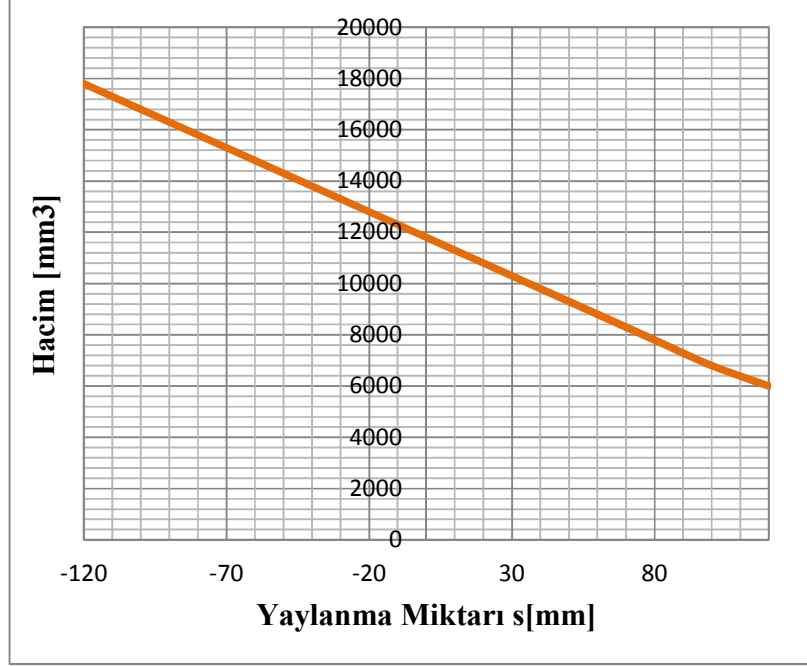
Hava süspansiyon körükleri ile bu istek uygun bir tasarım ile yerine getirilebilir. Yük arttığında, yay sabiti(c, N/mm) de artmaktadır. Bu sayede süspansiyon her yük durumunda uygun yay sabiti(c, N/mm) üretmektedir. Ancak, “Montaj Yüksekliği Fonksiyonu Olarak Doğal Frekans” grafiği, doğal frekansın basınca bağlı olduğunu göstermektedir. Basınç düştüğünde süspansiyon gittikçe sertleşmektedir. Tecrübi açıdan bir değerlendirme yapmak gerekirse, yüksek basınçla çalıştırılan bir süspansiyon körüğü sert, alçak basınçla çalıştırılan bir süspansiyon körüğü yumuşaktır. Gerçekte ise daha yüksek basınçla çalıştırılan bir süspansiyon körüğünde daha düşük basınçla çalıştırılan bir süspansiyon körüğünde olduğundan daha düşük bir doğal frekans elde edilmektedir.

#### 2.4.4 Hacim Değişim Oranı

Yaylanma arttıkça hacim de artmaktadır. Bu, Hava süspansiyon körüklerinin ölçülen geometrisi ile belirlenebilir. Çalışma Basıncındaki Dış Çap( $D_A$ ), ve kıvrım yüksekliği ( $F_H$ ) grafiklerinde de görülebileceği gibi bu değerler basınca çok fazla bağlı değil ve oldukça lineerdirler.

Hava süspansiyon körüklerinin tarif edilmesi için bu nedenle belirli bir montaj yüksekliğinde körük hacminin ve hacim eğrisinin artışını, yani hacim eğiminin belirtilmesi yeterlidir. Hacim ve kaldırma eğrileri yardımı ile basınçlı hava temin tertibatının kapasitesi belirlenebilmektedir. Yay kuvveti-basınç grafiklerinde, belirli bir yay (kaldırma) kuvveti için gerekli basınç okunur. Hacim değişim oran eğrisi, öngörülen montaj yüksekliği ile ilgili hacmi göstermektedir. Yay (kaldırma) kuvveti eğrisinde, belirli bir kaldırma yüksekliğine ulaşmak için gerekli basınç görülmektedir. Hacim değişim oran eğrisi, kaldırma hareketi ile ulaşılan toplam yüksekliği göstermektedir. Bu bilgiler ile “sürüş yüksekliği” ve “kaldırılmış durumda” basınç ve yaylanma hacmi öğrenilmektedir. Kaldırılmış durumda daha yüksek olan hacim ve daha yüksek basınç için gerekli ek hava miktarı, basınçlı hava temin tertibatı tarafından sağlanacaktır. Ölçüm değerleri ve tasarım verileri kullanılarak hacim ve Hacim değişim oran hesaplanabilmektedir.





Resim 2. 11: Hacim değişim oran eğrisi

Resim 12 de gösterildiği gibi, Hacim değişim oran eğrisi öngörülen montaj yüksekliğinde yaylanma miktarı (s,mm) üzerinde gösterilebilir. Ancak, Hava süspansiyon körüklerinin farklı montaj yüksekliklerinde sadece belirli sınırlar içerisinde çalıştırıldıklarından, Hacim değişim oran eğrisi montaj yüksekliğine bağlı olarak gösterilmesi ya da her iki skalanın diyagrama işlenmesi uygun olacaktır.

#### 2.4.5 Montaj yüksekliği fonksiyonu olarak basınç değişimi

Hava süspansiyon körükleri kullanıldığı araç marka ve modeline bağlı olarak, farklı montaj yüksekliklerinde kullanım alanlarına sahiptirler. Hava süspansiyon körükleri montaj yüksekliklerine bağlı olarak değişen ani iç basınç değişimlerinin istenen sınırlarda olacağından emin olunmalıdır. Bu ani iç basınç değişimleri malzemeyi, özellikle de dayanıklılık iskelet yapısını oluşturan kord iplerini aşırı yüklenmesine neden olabilir.

Hava süspansiyon körüklerinin hacmi, yaylanma durumuna bağlı olarak değiştiği hacim eğrisi üzerinde görülebilmektedir.

Hava süspansiyon körüklerinin montaj yüksekliğinin bir fonksiyonu olarak, sürüş esnasındaki yaylanma sebebiyle iç hacim değişiklik göstermektedir. Yaylanma sırasında oluşan basınç, aşağıdaki formül ile hesaplanabilir.

$$P_1 = P_0 \cdot \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^k \quad (2.4)$$

Yaylanma sırasında ulaşılan ani iç basınç değişimleri, hacim eğrisi yardımı ile hesaplanabilir ya da adiyabatik eğriler ölçülürken, örneğin bir göstergeli bir manometre ile diğer basınçlar da ölçülür. Hesaplamalar, ideal koşullara bağlı olduğundan çoğu durumda ölçüm tercih edilir. Hesaplama sırasında ölçüme kıyasla örneğin hacmin malzemenin esnemesi nedeni ile büyümesi gibi gerçekte ortaya çıkan etkiler göz ardı edilmektedir. Hesaplamalar bu nedenle her zaman daha yüksek basınç değerleri göstermektedir ki bu da aslında emniyet açısından doğrudur.

### 3. HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜKLERİNE İLİŞKİN HESAPLAMALAR

#### 3.1 Hava Süspansiyon Körüklerinin Tasarımı

Hava Süspansiyon Körüklerinin tasarımı, roll körük olarak tabir edilen her iki tarafı konuşlu klasik bir ürün üzerinde örneklendirilmiştir.

Burada önemli olan mevzuu, müşteri taleplerinin otomobil üreticisi adına nasıl gerçeğe dönüştürülebileceğidir.

##### 3.1.1 Benzer ürünlerden kalıp ve yarı mamul turetme

Hava Süspansiyon Körükleri yeniden tasarlanırken, genellikle süspansiyon körüklerinin bugüne kadar kullanıldıkları alanlar göz önüne alınmaktadır. Piyasada çalışan süspansiyon körüklerinin çapları yaklaşık 250 ile 370 milimetre arasında değişmektedir. Hava Süspansiyon Körüklerinin, geometrisi açısından basınca tabi tutulmuş mevcut bir hava Süspansiyon Körüğü ile şekilsel açıdan benzerlik göstermektedir.

Müşteriler, yeni tasarlanacak bir hava süspansiyon körüğü ile ilgili olarak genellikle aşağıdaki bilgileri vermektedirler.

Hava Süspansiyon Körükleri:

Mevcut Çalışma Yüksekliği	$H_{ges}$
Çalışma Basıncındaki Dış Çap	$D_a$
Aşağı Kapanma Yolu	$e$
Yukarı Açılma Yolu	$a$
Talep Edilen Taşıma Kuvveti	$F$
Mevcut İşletme Basıncı	$p$
Yay Sabiti ve Öz Frekans	$c, f_c$

Tüm talepler bir anda karşılanamamaktadır. Müşteri, bu durumda hangi özelliklerin kendisi için önemli olduğunu ve nerede fedakârlık yapabileceğini bildirmek zorundadır.

Yay kuvveti ve mevcut montaj yeri ile yaylanma miktarı (s,mm) genelde bilinmektedir.

İşletme basıncı açısından 7 bar idare edilebilecek düzeyde kabul edilmekte ve araçlardaki mevcut basınçlı hava temin tertibatlarından çoğu bu basınca dayanıklıdır. Talep edilen yaylanma miktarı (s,mm) daha detaylı bir biçimde tanımlanmalıdır.

Yani:

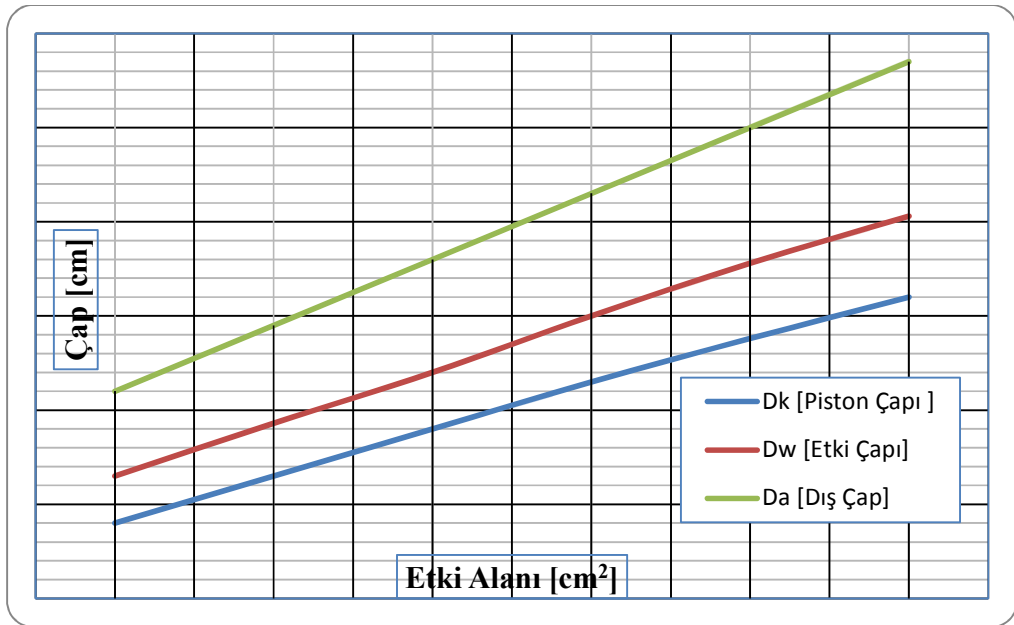
- Hava Süspansiyon Körüklerinin dinamik olarak yaylanabileceği ve bu esnada aşırı gerilim riskini ortadan kaldıracak yaylanma miktarı mıdır?
- Yoksa, araç gövdesinin sabit basınçta kaldırılması beklenen yaylanma miktarı mıdır?

Binek otomobillerde, doğal frekansın  $\sim 1$  Hz olmasına özen gösterilmektedir; kamyonlar ve römorklarda ise doğal frekans yaklaşık  $1 - 1,5$  Hz alanında ise bu genelde ikincil derecede önem taşımaktadır.

Hava Süspansiyon Körüklerinin tasarımında genellikle aşağıdaki süreç uygulanmaktadır:

7 bar çalışma basıncı esas alınır, istenen yay kuvveti ile gerekli etki alanı ve bundan da etki çapı hesaplanır.

Etki çapı hesaplandıktan sonra, aşağıdaki diyagram yardımı ile piston çapı hesaplanır.



Resim 3. 1: Dış Çap, Etki Çapı ve Piston Çapı İlişkisi

Etki çapı bulunduktan sonra, yukarıdaki diyagramdan buna uygun piston çapı bulunur.

Seri olarak, çapı çok az sapma gösteren bir piston mevcut ise bunlar kullanılabilir.

Hava Süspansiyon Körükleri, iç basınç altında az ya da çok esneyen malzemelerden oluşmaktadır. Ancak, genişleme miktarı tasarım sırasında kesin olarak belirlenememektedir. Bu durumda, deneyde dış çap belirlenir ise zaman kazanılır.

#### Çapların Belirlenmesi

Bu değerler ile istenen değerlere yaklaşan bir Hava Süspansiyon Körüğü dış çapı ( $D_A$ ) ve yay kuvveti ( $F$ ), seçilen piston üzerinde ölçülür. Çalışma basıncındaki dış çap ve yay kuvveti istenen değerlerden küçük ise mevcut montaj çapı elde edilene kadar sarma açıları  $0,5^\circ$  aşamalar ile artırılan deney numuneleri üzerinde ölçümler yapılır. İstenen yay kuvveti için gerekli olan basınç 7 bar'ın üzerine çıktıktan sonra piston çapı büyütülebilir, ancak dış çap ( $D_A$ ) ile piston çapı ( $D_K$ ) arasındaki fark 70 – 80 milimetreden küçük olmamalıdır. Çap fazla büyük ise bu işlemler tersine çevrilir.

Sarma açısı, montaj çapının altına düşene kadar azaltılır.

Bu şekilde, seçilen piston üzerinde istenen çapı dolduran ve doğru yay kuvvetini temin eden bir hava süspansiyon körüğü bulunduktan sonra lastik kısmının uzunluğu belirlenebilir.

#### Körük Kalıbı Uzunluğunun Belirlenmesi :

Körük kalıbının uzunluğu da deneyler ile kolayca belirlenebilir. Yukarıda tarif edilen bir hava süspansiyon körüğü üzerine, resimde gösterildiği gibi 100 uzunluk birimini temsil eden dikey bir çizgi çekilir. ( $L_0$ )



Resim 3.2: Körük Uzunluğunun Belirlenmesi

Hava süspansiyon körüğü genişleme test makinasına bağlanır ve basınca tabi tutulur.  $L_0$  uzunluğunun çizgisi, çapın büyümesinden dolayı kısalmış ve  $L_1$  uzunluğu haline gelmiştir.  $L_0$  ve  $L_1$  arasındaki ilişki yaklaşık 0,8 olmalıdır.

$$L_0 = L_1 \cdot 0,8 \quad (3.1)$$

Bu aşamadan itibaren hava süspansiyon körüğünün uzunluğu belirlenirken aşağıdaki formülleri kullanırız:

$$H_K = H_{ges} - (e + 2 \cdot b) \quad (3.2)$$

$H_K$ : Kullanılabilir Piston Yüksekliği (mm)

$H_{ges}$ : Mevcut Montaj Yüksekliği

$e$ : Aşağı Kapanma Yolu (mm)

$b$ : Alt ve Üst metal parçaların konuş yükseklikleri (mm)

Kullanılabilir piston yüksekliği

$$H_K = F_{\dot{U}} + F_K \quad (3.3)$$

$F_{\dot{U}}$ : Körüğün Pistona Sıvandığı (sarktığı) Mesafe

$F_K$ : Serbest Piston Uzunluğu şeklinde ifade edilebilir.

$$F_K = e \cdot 0,6 \quad (3.4)$$

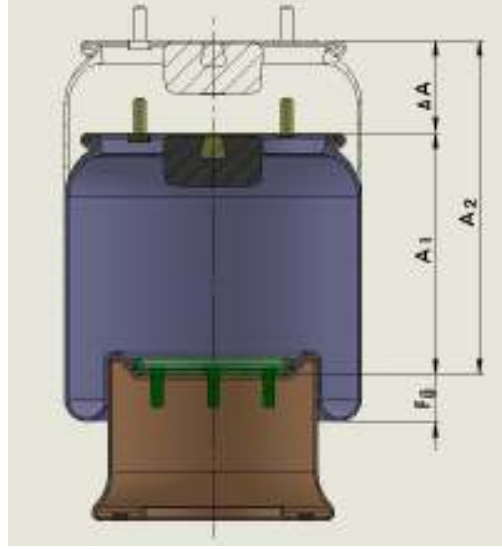
$$F_{\dot{U}} = H_K - F_K$$

$$F_{\dot{U}} = a \cdot 0,6 \quad (3.5)$$

$a$ : Yukarı Açılma Yolu (mm)

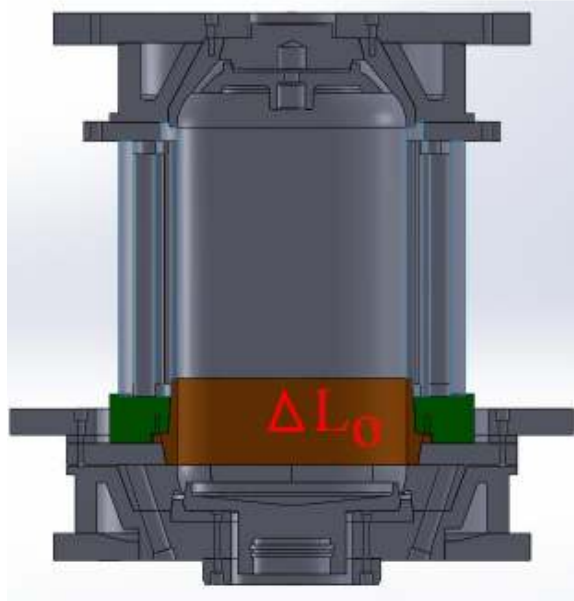
Yukarıdaki formüllere bağlı olarak  $H_K$ ,  $F_{\dot{U}}$  ve  $F_K$  uzunlukları hesaplanarak gerekli işaretlemeler yapılır. Matematiksel olarak hesaplanan  $F_{\dot{U}}$  değeri,  $H_{ges}$  değerinden bağımsız olarak hava süspansiyon körüğü üzerinde yerleştirilir. Bunun üzerine istenen ve ayarlanan montaj yüksekliği arasındaki fark not edilir.  $L_0$  ve  $L_1$  orantısı ile çarpılan bu fark, vulkanizasyon kalıbında yapılması gereken kısaltmayı ya da uzatmayı gösterir.

### Kalıp Uzatma/Kısaltma



Resim 3. 3: Daha kısa körük ile ayarlanan Metal parça mesafesi (istenen kıvrım binisinde)

Ve istenen metal parça mesafesi



Resim3. 4: Kalıp Uzatma Halkası

Yukarıda anlatılmak istenenleri bir örnek ile açıklamak gerekirse:

Kolaylık açısından vulkanizasyon kalıbının uzatılması gerektiğini varsayalım.

Yukarıdaki resimde, basınç altında yeni tasarlanacak olan hava süspansiyon körüğünün Metal parçalar arası mesafesi A, Körüğün Pistona Sıvandığı Mesafesi  $F_0$  olsun. Hava süspansiyon körüğünün istenen kaldırma yüksekliğine ulaşmak için gerekli olan  $F_0$  mesafesi ayarlanır. Ayarlanan  $F_0$  mesafesi sonucunda metal parça arasındaki mesafe, istenen yaylanma miktarını sağlamak için istenenden daha küçük olduğu görülecektir. Aynı  $F_0$  değerinde daha büyük A değeri elde etmek için körüğün, dolayısıyla da vulkanizasyon kalıbının uzatılması gerekmektedir. Yeni körüğün vulkanizasyon kalıbının, kullanılan körüğün ölçümünden elde edilene kıyasla uzatılacağı ölçü,  $L_0$  ile  $L_1$  oranısı ile tespit edilebilir. Buna göre kalıbı uzatmak için vulkanizasyon kalıbına ek bir halkanın eklenmesi gerekmektedir. Bu halkanın uzunluğu şöyledir:

$$\Delta L_0 = \Delta A \cdot \left( \frac{L_0}{L} \right) \quad (3,6)$$

### 3.1.2 Yeni konstrüksiyon

Yeni tasarlanacak olan körüğün en azından çalışma basıncı altındaki çapına uygun havalı süspansiyon körüğü yok ise aşağıda tarif edilen şekilde bir yol izlenebilir. Ancak, bu yöntem bir dizi matematiksel hesaplamalara dayandığı için kesinlik açısından uygulamadaki kadar net sonuçların elde edilemeyebilir. Bunun nedeni, kauçuk ve ip gerilimi açısından bazı tahminlerin yapılmasıdır.

#### 3.1.2.1 Hava süspansiyon körüğünün üç hali



Resim 3. 5: Hava süspansiyon körüğünün üç hali

#### 1. Yarı Mamul ( İp Açısı $\alpha$ )



Bu açı vulkanizasyon öncesi, konfeksiyon sarım açısıdır. İç kauçuk, 1. ve 2. Açılı kesilmiş kord bezleri sarım malafasına sarılmıştır. İp açısı  $\alpha$  yarı mamul için karakteristiktir.

2. Konfeksiyon sonrası vulkanize olmuş körük açısıdır. ( İp açısı  $\beta$  )

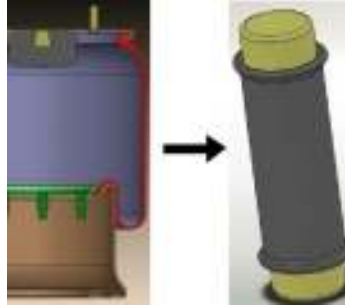
Vulkanizasyonu bitmiş körüğün çapı daha büyük ve daha kısa hale gelmiştir. Bu haldeki ip açısı  $\beta$  daha düz hale gelerek azalmıştır.

3. Çalışma halinde havalı amortisör körüğü (İp açısı  $\gamma$  )

Piston ve pleyt ile birlikte çalışma basıncı altında monte edilmiş halidir. Çalışma sırasında daha büyük olan çap sayesinde ip açısı  $\gamma$  daha da düşmüştür.

Yukarıdaki resimde soldan sağa doğru sarım malafası üzerindeki yarı mamul, vulkanizasyon sonrası ve çalışma halinde körük gösterilmiştir. Yüzeyle, karakteristik açı  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$  ip sırası gösterilmiştir.

### 3.1.2.2 Süreç



Resim 3. 6: Mevcut Hava Süspansiyon Körüğünden İmalata Geçiş

İlk adım, hava süspansiyon körüğü çalışma biçiminin, öngörülen sarım malafası üzerine sarılmış, yani ip açısına  $\gamma$  bağlı halden,  $\alpha$  açısına bağlı hale dönüştürülmesidir.

Bunun için ölçülerin dışında aşağıdaki verilere ihtiyaç duyulmaktadır:

Çalışma sırasında ip açısı  $\gamma$  (Denge açısı)

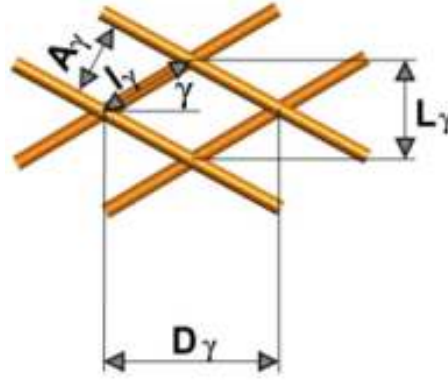
İp dayanım kuvveti ve buna ait esneme değeri  $\epsilon$

Resim 3.7 altında görülebileceği gibi doku, radyal yönde aksiyal yönde olduğundan iki kat fazla dönmektedir.

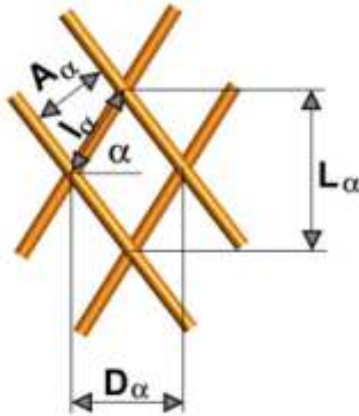


Resim 3.7: Radyal ve aksiyal yönde doku esnemesi

Resim 3. 8 altında gösterilen körüğün çalışma esnasındaki görüntüsü kesit alınarak, uygun şekillere bölünmüştür.



Resim 3. 8: Çalışma Durumunda İplik açısı,  $\gamma$



Resim 3. 9: Yarı Mamul durumunda İplik açısı,  $\alpha$

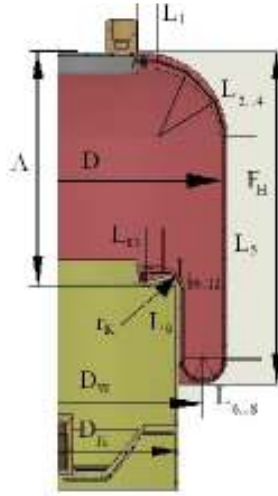
—

(3,7)

Yarı mamulde ve çalışma durumunda iplik yüksekliği ile yarı mamulde ve çalışma durumunda iplik açısı arasındaki ilişki

$$D_{\alpha} = LD_{\gamma} \cdot \left[ \frac{\cos \alpha}{\cos \gamma} \right] \cdot [1 - \varepsilon] \quad (3,8)$$

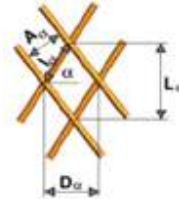
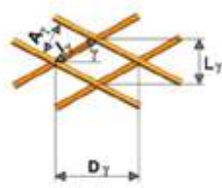
Yarı mamulde ve çalışma durumunda iplik genişliği ile yarı mamulde ve çalışma durumunda iplik açısı arasındaki ilişki



Resim 3.10 : Körüğün silindirik alanlara ayrılması

**Çalışma Durum Açısı  $\gamma$**

**Yarı Mamul Açısı  $\alpha$**



$$L_{\alpha} = L_{\gamma} \frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} (1 - \varepsilon)$$

$$D_{\alpha} = D_{\gamma} \frac{\cos \alpha}{\cos \gamma} (1 - \varepsilon)$$

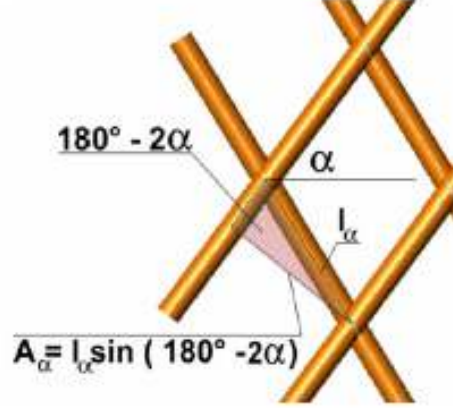
Resim 3.11 : Çalışma ve Yarı Mamul Durumunda İp Açılar

Silindir Alanlar

Formül 3.8 kullanılarak  $\cos \alpha$  gereğince öngörülen sarım malafa çapı üzerindeki sarma açısı

( $\alpha$ ) belirlendikten sonra Formül 3.7 ile  $L_5$  ve  $L_{12}$  bölümlerinin uzunlukları, sarma malafası üzerindeki uzunluklara dönüştürülebilir.

Bu esnada, çalışma çapında ip mesafesi de hesaplanmalıdır. Çok düşük bir ip mesafesi, ipler arasındaki malzemenin daha fazla zorlanmasına yol açmaktadır.



Resim 3. 12: İp Mesafesi

İp mesafesi, aşağıdaki formül ile elde edilebilir.

$$A_{\alpha} = A_{\gamma} \cdot \left\{ \left[ \frac{\sin(180-2\gamma) \cdot (1+\varepsilon)}{\sin(180-2\alpha)} \right] \right\} \quad (3,9)$$

Yarı mamulde ve çalışma durumunda iplik mesafeleri arasındaki ilişki ( $\varepsilon$  toplam iplik esnemesidir)

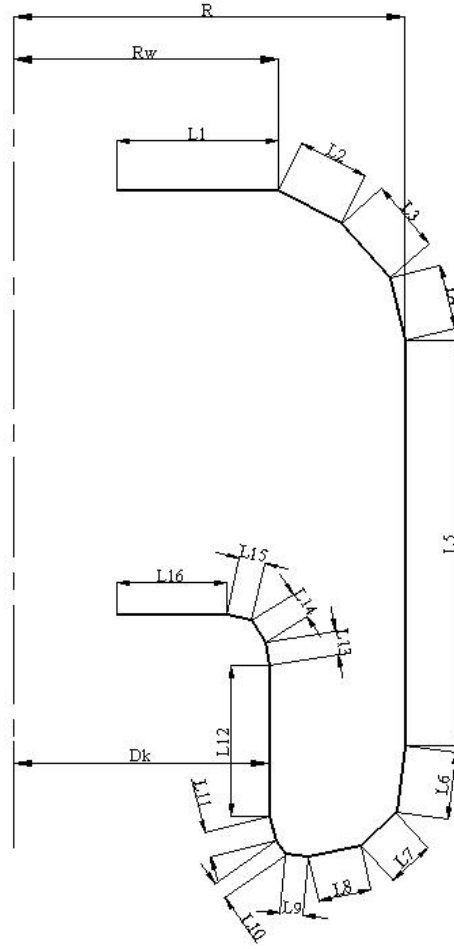
$$I_{\gamma} = I_{\alpha} \cdot \sin(1 + \varepsilon) \quad (3.10)$$

Yarı mamulde ve çalışma durumunda iplik yan uzunlukları arasındaki ilişki ( $\varepsilon$  toplam iplik esnemesidir)

Silindirik Alanlar

$L_1$  ile  $L_4$ ,  $L_6$  ile  $L_{10}$ ,  $L_{11}$  ve  $L_{13}$  ile  $L_{15}$ ,  $L_{16}$  arası alanların dönüştürülmesi daha zordur.

Çalışma biçiminin yarıçapları bunun için koni biçiminde bölümlere ayrılır.



Resim 3. 13: Konik ve Silindirik Alanlar

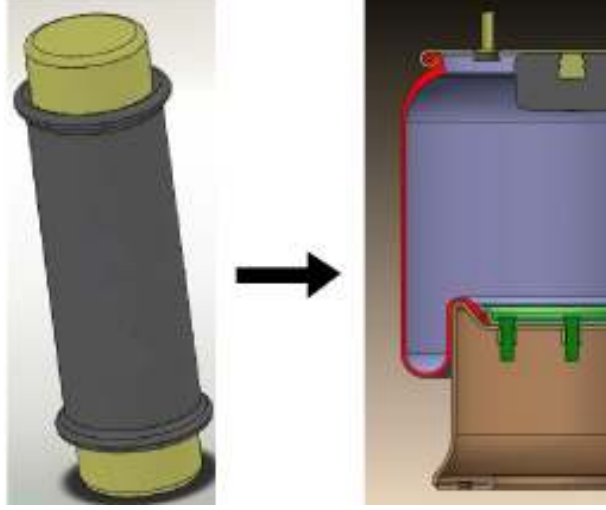
Yapılan hesaplamalara bağı sonuçlar bir tablo şeklinde kayıt edilir.

#### Vulkanizasyon Kalıbı Ölçülerine Dönüştürme

Hava süspansiyon körüğünün üretim hali (ip açısı  $\beta$ ), öngörülen kullanım amacına göre belirlenir. Kalıp çapı, mümkün ise öyle seçilmelidir ki, ip açısı  $\beta$   $45^\circ$  ve ip mesafesi bu açıda maksimum düzeyde olsun. Açı değiştiğinde, ipler arasındaki lastik her zaman ezilir. Bu şekilde her zaman arızaya yol açan lastiğin ipten çözülmesi tehlikesi önlenmektedir. Ayrıca, kalıp çapının çalışma sırasındaki dış çaptan daha küçük olmasına dikkat edilmelidir. Aksi takdirde, vulkanizasyon sırasında oluşan iç basınç yarı mamulü kalıba

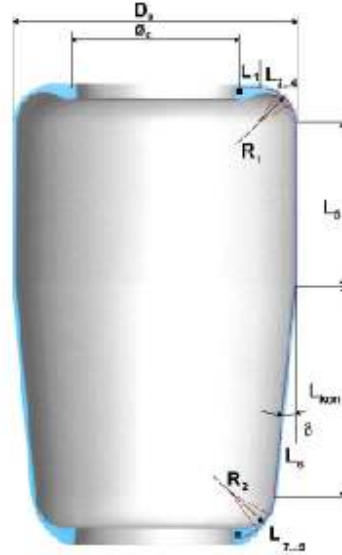
yeterince bastıramayacağından, üretim sırasında yarı mamul ve kalıp arasında hava kalabilir, bu da yüzey hatalarına yol açar.

Süreç



Resim 3. 14: Mevcut tecrübeden nihai hale gidış

Prensip olarak, kalıp ölçülerine dönüştürme sırasında çalışma durumundaki aynı adımlar takip edilir.



Resim 3. 15: Körüğün, üretim durumunda silindirik ve konik alanlara ayrılması

Kalıp, havalı amortisör için öngörülen kullanım amacına uygun olarak tasarlanır. Körüğün çapı ve uzunluğu kullanım amacına uygun hale getirilir. Seyahat ya da hat otobüslerinde aşırı yüklenmiş (yüksek çalışma basıncı, kesik piston) bir havalı amortisörden dayanıklı olması bekleniyor ise ip açısının  $\beta$  mümkün olduğunca  $45^\circ$  yakın olmasına dikkat edilmelidir. Römorkta kullanılacak bir havalı amortisörde ise motorlu araç örneğinin bir vinç ile yüklendiğinde basınçsız durumda problemsiz çalışması önemlidir.

Bu nedenle, körüğün iç basınç olmadan da piston üzerinde kaymasını sağlamak için çapı oldukça büyük seçilecektir. Yapılan seçimler doğrultusunda ürün sarımına bağlı pişirme ve montaj işlemleri sonunda performans testleri yapılarak müşteri isteklerine bağlı doğrulama yapılır.

### 3.2 Doğal Frekansın ve Yaylanma Miktarının Belirlenmesi

#### 3.2.1 Yaklaşık formülü ile hesaplanması

Bir hava süspansiyon körüğünün yay sabiti  $c$  [N/m] genel olarak yay kuvveti ve bu kuvveti oluşturan yaylanma miktarının fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır.

$$c = \frac{F}{s} \quad (3.11)$$

Hava süspansiyon körüklerinde yay kuvvetinin, yaylanma miktarı ile değişimi hava süspansiyon körüğünün iki konstrüksiyon özelliğine göre belirlenir.

Pistonun biçimi

Pistonun hacmi

Basınç arttıkça, iç basınç ve etki alanının ( $A_w$ ) ürünü olan kuvvet de artmaktadır. Hacmin, yaylanma sırasında küçülmesi ile basınç sabit entropik ilişkiye göre değişmektedir:

$$P_1 = P_0 \cdot \left(\frac{V_0}{V_1}\right)^{\kappa} \quad (3.12)$$

Hacim  $V_0$  arttıkça, hacim değişim oranı olan  $V_0/V_1$ , 1 rakamına yaklaşmaktadır. Bu sayede, büyük bir hacmin yaylanma sırasındaki basınç artışı daha az olacağı için oluşan yaylanma kuvvetindeki artış da daha düşük seviyede kalacaktır. Bu durumun daha küçük bir yaylanma miktarına neden olduğu anlaşılmaktadır.

Hacim ne kadar büyük ise yaylanma o kadar yumuşaktır.

Yaylanma sırasında kuvvet artışını etkilemenin bir diğer yolu ise, basıncın etki ettiği alanı (etki alanı,  $A_W$ ) yaylanma sırasında değiştirmektir.

Etki alanına ( $A_W$ ) ait etki çapının ( $D_W$ ) büyüklüğü çalışma sırasındaki dış çap ( $D_A$ ) ve piston çapına ( $D_K$ ) bağlıdır. Buna göre, daha küçük bir pistonda etki alanı daha küçük; daha büyük bir piston çapında ise daha büyüktür.

Hava süspansiyon körüklerinde kullanılan pistonlar her zaman sabit çapta silindir şeklinde olmayıp tabana doğru genişleyen veya daralan şekillerde olabilmektedir. Bu durumda körük yaylanma hareketi sırasında etkili alan değişmektedir.

Örneğin;

Silindir biçiminde olmayan bir piston (örneğin kum saati biçiminde) böylece etki alanının yaylanma sırasında değişmesine neden olmaktadır.

Bu demektir ki, yaylanma sırasındaki yay kuvvetinin artışı basınç artışına ve etki alanının değişmesine bağlıdır.

Bu sayede yay sabiti  $c$  [N/m] iki diferansiyel bölümden oluşan iki toplam biçiminde ifade edilebilir:

$$c = \left[ P_{\ddot{u}} \cdot \left( \frac{dA_W}{ds} \right) \right] + \left[ A_W \cdot \left( \frac{dP_{\ddot{u}}}{ds} \right) \right] \quad (3.13)$$

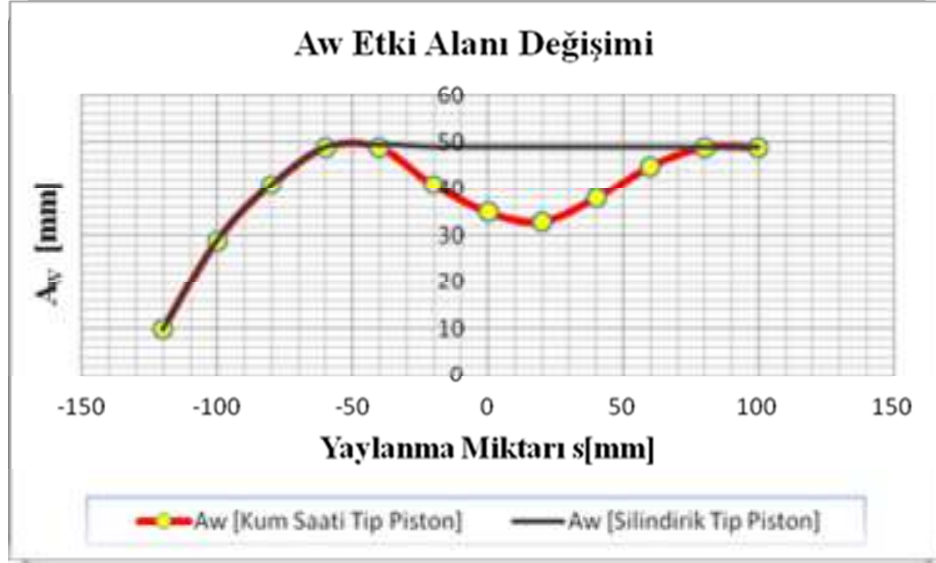
Birinci toplayan izobar eğrisinden, ikinci toplayan ise aşağıdaki yaklaşık formülü ile tespit edilebilir:

$$c = \frac{(\kappa \cdot (1+p_0) \cdot A_W^2)}{V_0} \quad (3.14)$$

Aşağıdaki Resim XX14 de, yaylanma esnasında havalı süspansiyon körüklerinde kullanılan silindir biçiminde piston ve kum saati şeklinde pistonla ait etki alanı değişimi



görülmektedir.



Resim 3. 16: Piston tipine göre etki alanı değişiminin belirlenmesi

Bu eğriye bağlı olarak 3.13 ilk toplayanı  $dA_w/ds$  belirlendikten sonra 3.14 ile ikinci toplayan belirlenir.

### 3.2.2 Adiyabatik eğrinin hesaplanması

Adiyabatik eğriler, tasarım amaçları için kesin olarak sadece silindir biçiminde pistonlar için önceden hesaplanabilir.

Bu nedenle burada, Formül 4 altında sadece hacim ile belirlenen ikinci toplayan ele alınacaktır. Silindir biçiminde pistonlarda etki alanı sabit kalmaktadır.

Yaylanma miktarı  $s$  (mm) fonksiyonu olarak yay kuvveti  $F_F$  aşağıdaki denklem ile tarif edilebilir:

$$\text{---} \quad (3.15)$$

Bu fonksiyon ile hesaplanan kuvvet değerleri bir diyagrama aktarıldığında, “Teknik Dokümantasyon” altında tanımlanan adiyabatik eğriler oluşmaktadır.

Ölçülen eğriler ile hesaplanan eğriler arasındaki fark, hesaplanan değerlerde herhangi bir

histerezis halkasının oluşmamasıdır.

Bu şekilde elde edilen eğriye teğet olacak şekilde bir doğru çizildiği takdirde eğrinin eğimi yay sabiti olarak okunabilir.

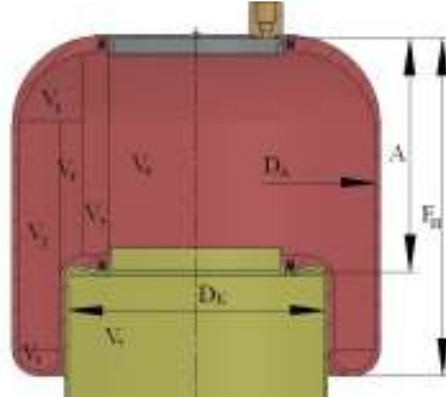
### 3.2.3 Hacim ve hacim değişim oranının hesaplanması

#### Hacmin Hesaplanması

Havalı amortisör körüğü hacminin hesaplanması için aşağıdaki veriler yeterlidir:

Metal Parçalar Arası Mesafe A	
Çalışma Basıncındaki Dış Çap $D_A$	$D_A$
Kıvrım Yüksekliği $F_H$	$F_H$
Yay Kuvveti $F_F$	$F_F$
Basınç P	P

Bu değerler ile aşağıdaki şekilde verilen hava süspansiyon körüğünün her çalışma durumu için  $V_1$  ile  $V_9$  arasındaki hacimlerinin geometrisi belirlenebilir.

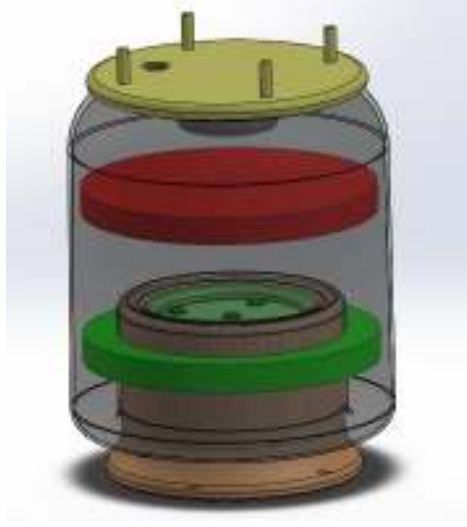


Resim 3. 17: Körük hacminin 7 ayrı hacme bölünmesi

#### Hacim Değişim Oranının Hesaplanması

Hacim değişim oranı, öncelikle dış çapa  $D_A$  ve piston çapına  $D_K$  bağlıdır. Başlangıçtaki hacim değerinin 1 birim olarak kabul edersek yaylanma oranına bağlı olarak sıkışma durumunda kırmızı ile gösterilen hacim kaybolurken, açılma durumunda yeşil ile gösterilen hacim eklenecektir. Sıkışma ve açılma durumundaki hacim değişim ilişkisi  $\sim 0,6$  kat olarak tecrübe edilmiştir.

#### Yaylanma Başlangıcında Hacim Değişimi



Resim 3. 18: Yaylanma Başlangıcında Hacim Değişikliği

Kırmızı kısım: Yüksekliğin azaltılması ile hacim küçülür.

Yeşil Kısım: Süspansiyon açılma esnasında kıvrımın boyu uzayacağı için hacim artar.

Açılma esnasındaki hacim yaylanma başlangıcının yani sıkışma durumundaki hacmin yaklaşık 0,6 katıdır.

$$V = \frac{\pi}{4} \cdot (0,4 \cdot D_A^2 - 0,6 \cdot D_{KA}^2) \quad (3.16)$$

Hacim değişim oranı, böylece körük duvarı kalınlığı göz ardı edilerek 3.16 ile hesaplanabilir.

### 3.3 Doğal Frekans Eğrileri

Hava süspansiyon körüklerinin doğal frekansı öncelikle sadece konstrüksiyon yüksekliğine ve ikincil derecede basınca bağlıdır.

Doğal frekans  $f_e$  için:

$$f_e = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{c}{m}} \quad (3.17)$$

Yay sabiti  $c$  [N/m] için:

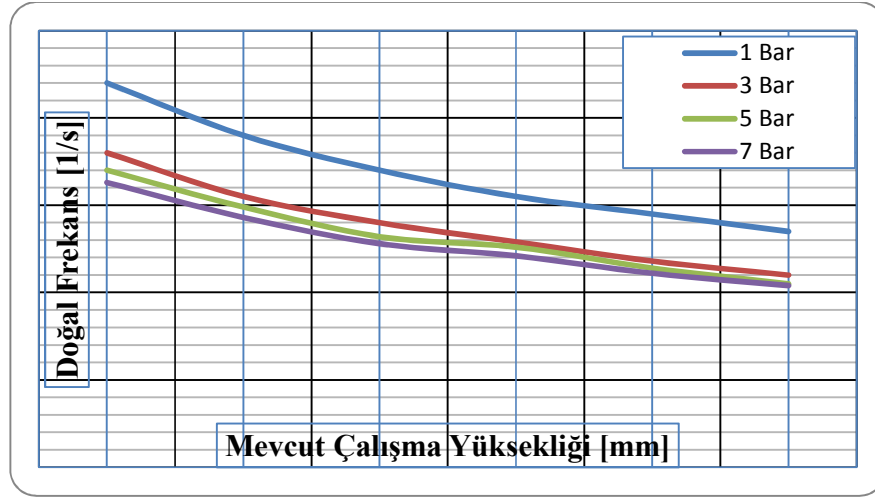
$$A_W \sim \frac{V_0}{H} \quad (3.18)$$

$$c = \frac{(k.(1+p_0).A_w^2)}{V_0} \quad (3.19)$$

Konstrüksiyon yüksekliğindeki hacim  $V_0$  yerine; Mevcut montaj yüksekliği  $H_{ges}$  ile etki alanı çarpımı, kütle  $m$  yerinede  $P_0.A_w.g$  ifadesi eklenerek doğal frekans bulunmak istenirse aşağıdaki formülden doğal frekans  $f_e$  nin Mevcut montaj yüksekliği  $H_{ges}$ 'e doğrudan bağlı olduğu görülecektir.

$$f_e = \sqrt{\frac{k.(1+P_0)}{H.P_0.g}} \quad (3.20)$$

$$m = P_0.A_w.g \quad (3.21)$$



Resim 3. 19: Mevcut Çalışma Yüksekliğine Bağlı Doğal Frekans

Resim 3. 18 de gösterilen grafik 3.18 kullanılarak elde edilmiştir. Ayrıca grafik üzerinde silindir biçiminde pistonu olan hava süspansiyon körüklerinin yaklaşık doğal frekansları da görülebilmektedir.

### 3.3.1 Yaylanma hacmi

Havalı amortisörün ne kadar yüksek ve ilave edilen ek hacmin ne kadar büyük olduğuna bakılmaksızın hacmin yaylanma miktarı ile değişimi piston çapına ( $D_K$ ) ve çalışma basıncındaki dış çapa ( $D_A$ ) bağlıdır. Ancak, hacim değişikliğinin toplam hacim içerisindeki payı ne kadar büyük ise basınç da buna uygun olarak değişmektedir.

Bu nedenle şöyle denilebilir:

Hacim ne kadar büyük ise yay sabiti de o kadar küçüktür.

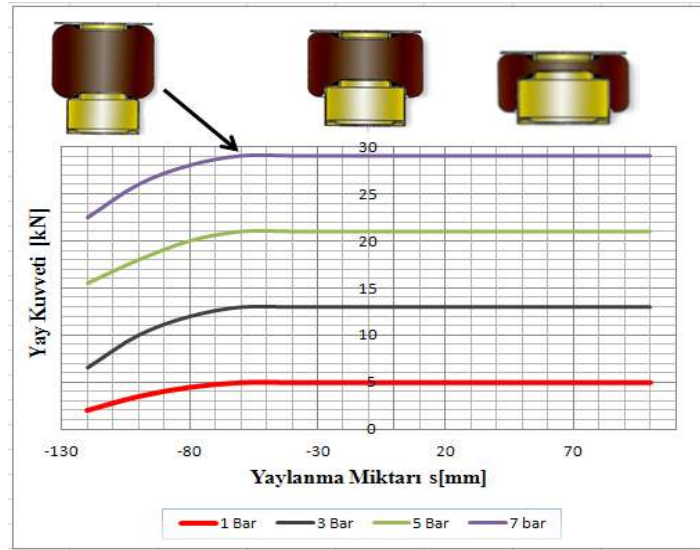
Buna göre, mevcut montaj alanı, gerekli olan yaylanma miktarı için gerektiğinden daha büyük (yüksek) ise daha uzun bir körük ile daha fazla yaylanma hacmi elde edilebilir. Bu ise yumuşak bir süspansiyona yol açmaktadır.

Böyle bir durum, pratikte nadiren ortaya çıkmaktadır. Örneğin, otobüslerde kullanılabilir montaj alanının istenen kaldırma yolları için yeterli olduğu daha yaygın olarak görülmektedir.

Bu montaj yüksekliği ile memnun edici bir doğal frekans elde edilemediği takdirde bu durum uygun bir piston biçimi elde edilebilir.

### 3.3.2 Piston biçimi

Piston biçiminin etkisi en iyi şekilde izobar eğrisi üzerinde görülebilir:

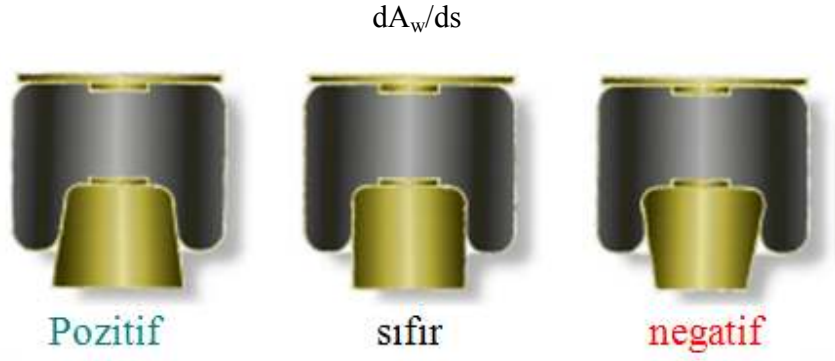


Resim 3.20: İzobar Eğrileri ve Körük kıvrım yüksekliği

Piston üzerinde körüğe ait bir kıvrım yüksekliği mevcut olduğu sürece izobar eğri, resimde gösterildiği gibi silindirik biçiminde bir pistonda yataydır, yani Formül 4 ile elde edilen diferansiyel bölüm  $dA_w / ds$  sifıra eşittir. Hava süspansiyon körükleri, pistonu kıvrımdan ayıracak kadar yaylandıği takdirde etki alanı küçülmekte ve diferansiyel bölüm negatif değer göstermektedir.

Uygun bir şekilde tasarlanmış bir piston biçimi ile diferansiyel bölüm  $dA_w / ds$  pozitif,

negatif ya da sıfır değerini alabilir.



Resim 3. 21: Farklı piston biçimlerinde diferansiyel bölüm  $dA_w / ds$

### 3.4 Mukavemet Hesaplamaları

#### 3.4.1 Hava Süspansiyon Körüğünün yapısı



Resim3. 22 Hava Süspansiyon Körük Yapısı

Daha önceki konularda tarif edildiği gibi, hava süspansiyon körüğü en az üç parçadan oluşmaktadır: Hava Süspansiyon Körüğü Lastik kısmı, üst metal parça ve piston. Bu metal parçalar genelde derin çekme sasından imal edilirler.

Hava Süspansiyon körüklerinin mukavemetleri kullanılan kauçuk karışım reçetesi ve

karkas malzemesi bağıdır. Genelde kullanılan kauçuk ve karkas malzeme tipi o ürünün dayanımı hakkında fikir vermektedir.

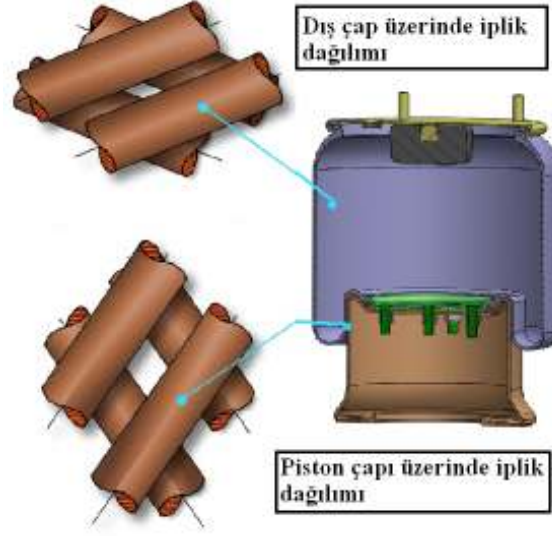
Resim 3. 21 de, Çalışma anındaki bir hava süspansiyon körüğünün kesiti gösterilmiştir. Körük duvarı ve karkası oluşturan kord iplikleri büyütülmüş, iplik yoğunluğu küçültülmüş olarak gösterilmiştir. Gerçekte dokunmuş kord bezi içerisinde iki kord ipinin merkezleri arasındaki mesafe kord ip çapının yaklaşık 1,15 katına eşittir.

Hava süspansiyon körüğünü zorlayan, körük duvarının aşırı yüklenmesi sırasında oluşan iç basınçtır. Resim 3.21 de görüleceği gibi iplik açıları dış çap üzerinde ve piston üzerinde farklılık göstermektedir. Pistonun üzerindeki iplik mesafesi dış çap üzerindeki iplik mesafesinden farklıdır.

Bu şu anlama gelmektedir: hava süspansiyon körüğü üzerindeki yuvarlanma kıvrımında olan bir alan, körüğün yaylanması sırasında kimi zaman pistonun, kimi zamanda dış çapın üzerinde olduğudur. Bu esnada her seferinde iplikler arasındaki mesafe ve açılar değişmektedir. Kıvrımların bu değişikliği tabii ki piston çapı ile dış çap arasındaki çap farkına göre büyümektedir. Çap alanı 300 mm civarında olan hava süspansiyon körüklerinde dış çap ve piston çapı arasındaki mesafe 35 mm altında düşmemelidir.

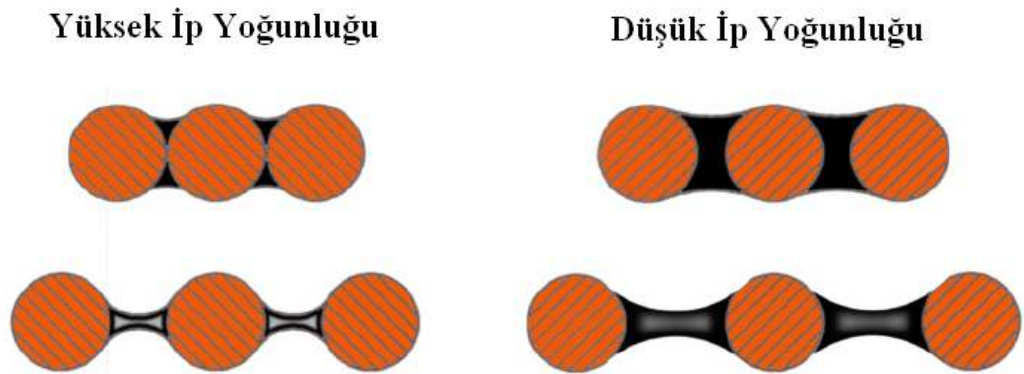
$$D_A - D_K \leq 35 \text{ mm}$$

Aksi takdirde piston üzerindeki kıvrım alt ucundaki büküm yarıçapı fazla küçük olacak ve körük duvarında ezilmelere neden olabilecektir. Kıvrım genişliği ~35 mm altına düşmediği sürece, iplik açısı ve ipler arasındaki mesafe değişiklikleri ortalama bir değerde kalacağı için pozitif bir etki beklenebilir. Bu sebep ile hava süspansiyon körükler tasarlanırken patlama basıncının dikkate alınması gerekmektedir.



Resim 3. 23: Yaylanma İşlemlerinde İplik Açısı ve İplik Mesafesi Değişimi

Kord bezi sıklığı fazla olan ürünlerde yani yüksek ip yoğunluğuna sahip ürünlerde, daha yüksek patlama basıncı elde edilmektedir. Kauçuk malzeme kord ipleri arasında daha yüksek bir gerilime tabi olur. Ancak daha uzun süreli bir ömür için daha az sıklık da dokunmuş kord ipleri arasındaki mesafenin daha büyük oranda olduğu bezlere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum daha düşük ip yoğunluğu anlamına gelmektedir. Böylece kauçuğun iplik birikimi içerisindeki gerilimi düşük tutulabilir.



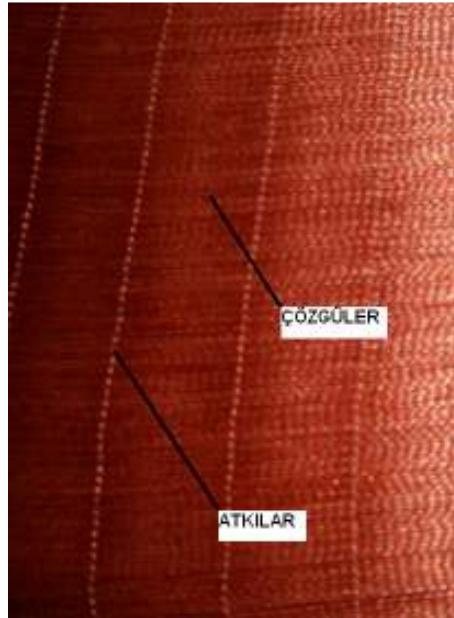
Resim 3. 24: Yüksek ve düşük iplik yoğunlukları



### 3.4.2 Mukavemet parametreleri

Hava Süspansiyon körüklerinde mukavemet, karkas yapı içerisinde birbirine ters açılarda sarılmış kord bezleri ile sağlanmaktadır. Karkas yapı içerisindeki bu kord bezleri hava süspansiyon körüğünde iç basınçtan dolayı oluşan kuvvetleri emmektedir. İplikler, sadece uzama yönünde kullanılıp, uygulanan kuvvet yönünde hareket ederler. Bu sayede hava süspansiyon körüğü, iç basınca ve yaylanma kuvvetine uygun bir dış çap almaktadır.

Bu dış çap, tasarımcının sarma açısı ( $\alpha$ ) seçimi ve sarma malafası çapından etkilenmektedir. İplikler, iç basınç altında önemli bir ölçüde esnediklerinden, önceden verilen bir dış çap ile sarma açısının ve sarma malafası çapının hesaplanması için geniş kapsamlı hesaplamaların yapılması gerekmektedir. Kord bezi mukavemet elemanları sadece ipliğin kendisi değil, çözümlerden ve atkılardan oluşan dokudur. Çözümlerin görevi, yukarıda belirtilen kuvvetleri aktarmaktır. Atkılardan görevi ise sadece dokuyu lastikleşene kadar bir arada tutmaktır. Lastikleştikten sonra görevlerini yerine getirmiş sayılırlar. Atkılar, bu nedenle yırtılma dayanıklılığı düşük olan malzemelerden oluşmalıdır. Bu nedenle, aşağıdaki yapılan tariflerde verilen malzeme özellikleri sadece çözümlere aittir.



Resim 3. 25: Kord Bezi Yapısı

Hava süspansiyon körüklerinde kullanılan kord bezlerinde genellikle iki farklı malzeme kullanılmaktadır, fakat sektörel anlamda PolyAmid 6.6 tercih edilmektedir.

Poyamid PA 6.6 Özellikleri :

Kopma Kuvveti (min. 220 N)

Kısalma kuvveti( 175°C, 2 dk. 20g öngerme) (4,3-4,8 N)

Kopmada uzama (%21,5- %27,5)

45 N'da uzama (%7- %9)

80 N'uzama (%10,5- %13,5)

Kord ipi kalınlığı (0,75 – 0,85 mm)

Statik yapışma kuvveti (min.105 N)

Nem (%1)

dm'deki çözgü sayısı (124 ad. ±2)

dm'deki atkı sıklığı (6 ad. ±2)

Atkı ipliği (290 dtex)

Tasarım verileri önceden verilen bir hava süspansiyon körüğü için mukavemet hesaplamaları yapılmadan evvel kord ipi için aşağıdaki verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

İpliğin yırtılma gücü

İplik çapı

Uzunluk birimi başına iplik yoğunluğu

İpliğin güç / esneme eğrisi

Patlama basıncına ulaşmadan önce iplikler geri alınamayacak şekilde deforme olacağından hava süspansiyon körükleri, patlama basıncına kadar yüklenmemelidir. Bu basınçta hava süspansiyon körüğü mutlaka zarar görecektir.

Buna bağlı olarak; Polyamid ve Polyester için:

Basınç Fonksiyonu Olarak İplik Kuvveti

Basınç Fonksiyonu Olarak İplik Sıklığı

eğrileri elde edilebilirse; kord iplerinin zarar gördüğü yada görebileceği alanlar tespit edilebilir.

### 3.4.3 Hesaplama

Hesaplamalar için Kord ipi sıklığına, iplik çapına ve kord ipinin kopma mukavemetine

ihtiyaç duyulmaktadır.

Ayrıca hava süspansiyon körüğünün çalışma basıncındaki dış çapı, yay kuvveti ve bu değerlerin ölçülmüş olduğu basınç gerekmektedir.

Üretim parametresi olarak sarım malafası çapı esas alınacaktır.

Kullanılacak formül sembolleri şöyledir:

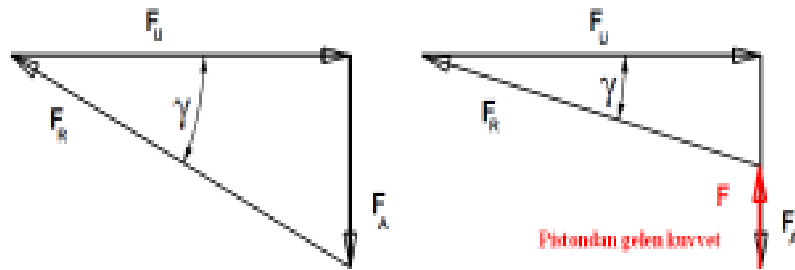
$\alpha$	Sarma açısı
$\gamma$	Çalışma Durumundaki İp açısı
$D_A$	Çalışma Basıncındaki Dış çap
$D_T$	Sarım Malafası çapı
$d$	İplik Esnemesi
$n_B$	Çalışma sırasında iplik sıklığı
$n_R$	Yarı mamul dokusunda iplik sıklığı
$F_F$	İplik kuvveti
$p$	Basınç

Çalışma Durumundaki İp açısı

Çalışma Durumundaki İp açısı, ipliklerin hava süspansiyon körüğünün basınç altındaki durumunda yatay çizgiye karşı aldıkları açıdır. Buna göre, genişlik yönündeki gerilme kuvveti, uzunluk yönündeki gerilme kuvvetinin iki katı büyüklüğündedir. Kuvvet vektörü yatay ve dikey kuvvet vektörlerinin bileşkesinden oluşmaktadır.

Ayrıca hava süspansiyon körüğünün dışında bir kuvvette pistondan geleceği için bileşke vektör şekildeki gibi hal alacaktır.

Hesaplama, aşağıda belirtildiği gibi yapılır:



Resim 3. 26: Dengeleme Açısının Hesaplanması

Çalışma Durumundaki İp açısı

$$\gamma = \sqrt{\frac{1 - \frac{D_W}{D_A}}{2}} \quad (3.22)$$

Etki çapı (Dw), Yay kuvveti ve basınç esas alınarak hesaplanır.

Sarma Açısının Hesaplanması

$$\alpha = \arccos \frac{D_T \cdot (1+D) \cdot \cos \gamma}{D_A} \quad (3.23)$$

İpliğin D esneme oranı şu anda bilinmemektedir ve tahmin edilecektir.

Çalışma Sırasında İplik Yoğunluğunun Hesaplanması

$$n_B = n_R \cdot \frac{D_T \cdot \sin \alpha}{D_A \cdot (1+D) \cdot \sin \gamma} \quad (3.24)$$

Hesaplanan sarma açısı ile basınç altındaki durumda iplik yoğunluğu hesaplanabilir (D değeri hala tahminidir)

İplik Kuvvetinin Hesaplanması

$$F_F = \frac{p \cdot D_A}{2 \cdot n_B \cdot \cos^2 \gamma} \quad (3.25)$$

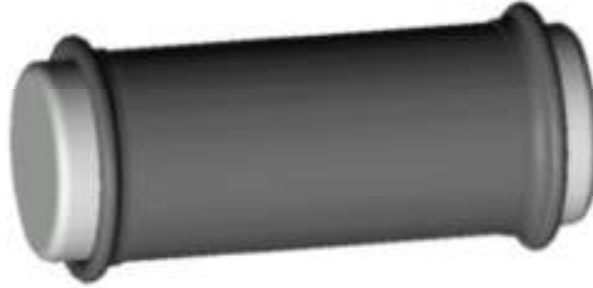
#### 4. HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜKLERİ YAPI TÜRLERİ

Hava Süspansiyon Körukleri öncelikle otobüslerde, yani yolcu taşıma araçlarında kullanılmışlardır. Bu sayede daha iyi bir sürüş konforu elde edilmiştir. Daha sonra Hava Süspansiyon Köruklerin ağır araçlarda sağladıkları avantajlar keşfedilmiş ve hava süspansiyon körukleri kamyonlara da takılmaya başlanmıştır. Bu körukler sayesinde farklı rampa yüksekliklerine uyum ve yüklenen malların zarar görmemesi sağlanmıştır.

##### 4.1 Hava Süspansiyon Körukleri

Genelde iki tür hava süspansiyon körukü arasında ayırım yapılmaktadır:

Roll körukler ve katlı körukler. Katlı köruklerdeki fark, katlarının sayısındadır: Üreticiler bir, iki ve üç katlı körukler sunmaktadırlar. Roll köruklerdeki fark, açılı ve silindir biçimindeki üretim halidir. Üretim hali, havalı amortisör körukünün kalıptan çıkartıldığı durumdur.



Resim 4.1: Sarma Malafası Üzerinde Hava Süspansiyon köruk Yarı Mamulü  
Hava süspansiyon köruklerinin yay karakteristiği bu hallerden etkilenmemektedir. Bu özellikler, yarı mamuldeki iplik açısı, pistonun biçimi ve yaylanma hacmi ile belirlenmektedir.

Resim 4.1, bir hava süspansiyon körukü yarı mamulünü göstermektedir. Bu köruk, iç kauçuk tabakasından, birbirine çapraz iki doku tabakasından, iki adet tel ve bir dış kauçuk tabakasından oluşmaktadır.

Bundan bir katlı köruk mü, yoksa konik ya da silindir biçiminde bir köruk mü üretileceği

vulkanizasyon kalıbına bağlıdır. Sadece metalli körükler ve alt taşı körükler için farklı büyüklükte teller gerekmektedir.

#### 4.1.1 Katlı körükler

Hava süspansiyon körükleri, 50'li yılların ortasından itibaren ticari araçlarda yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bunun nedenleri, yük durumu ile birlikte değişen yaylanma oranı, farklı rampa yüksekliklerine uyum sağlama, vs. gibi bilinen avantajlardır.

Hava süspansiyon körüklerinin büyük bir dezavantajı ise, konvansiyonel çelik yaylara kıyasla daha düşük dayanıklılıkları olmuştur.

Buna rağmen, hava süspansiyon körükleri yol kenarında kolayca ve fazla çaba sarf etmeden değiştirilebilmektedir.

Katlı körükler, otomobiller için olumsuz yay karakteristiklerine sahiptirler:

Yaylanma başlangıcında çapları artmakta, yaylanma bitiminde ise azalmaktadır. Bu nedenle, iyi bir sallanma davranışı elde etmek için geniş bir yay izine takılamazlar.

Katlı körükler, aynı yay kuvvetinde her zaman daha yüksek bir yay sabitine sahiptirler ve bu nedenle roll körüklerden daha serttirler. Roll körüklerde yaylanma başlangıcında çap ve etki alanı silindir biçiminde bir piston üzerinde sabit kalırken, katlı körüklerde bunlar büyümektedir.

Katlı körüklerde geometrisi nedeni ile gerek basınç altındayken, gerekse üretim halinde iplik açısı daha az değişmektedir.

#### 4.1.2 Açılı ve silindir biçiminde hava süspansiyon körükleri

Malzemeler ve üretim prosesleri sürekli olarak geliştirilmekte ve iyileştirilmektedir. Bu nedenle zamanla yay karakteristiği açısından çok daha uygun ve dayanıklı körükler elde edilmiştir.

Katlı körüklerde üretim biçimi ve çalışma biçimi neredeyse eşitken, roll körükler çalışma sırasında vulkanizasyon sonrası oldukları biçimden farklı bir biçime bürünmektedirler.

Tipik bir roll körük, kamyonların arka aksında kullanılır ve çalışma sırasında, yaklaşık 290 mm dış çapta 5 bar civarında bir iç basınca sahiptir. 200 mm piston çapında taşıma gücü yaklaşık 20 kN'dir.

Böyle bir hava süspansiyon körüğünün vulkanizasyon kalıbı genelde 240 mm çapa sahiptir.

Bu, körüğün çalışma durumuna geçerken kıvrımın oluştuğu alanda 240 mm'den 290 mm'ye genişletildiği anlamına gelmektedir. Bu durumda pistonun üzerine denk gelen alanın çapı 240 mm'den 200 mm'ye düşürülmektedir.

Üretim halinde 45° iplik açısının elde edilmesi bu durumda en idealidir. Bu açıda, iplikler arasındaki mesafe, açının küçülüp büyümesinden bağımsız olarak her zaman küçülmektedir. Bu, lastik ile iplik arasındaki bağlantının her zaman basınç altında kullanıldığı anlamına gelmektedir. Lastik, iplikten ayrıldığında, bu yırtık daha da genişlemektedir. Uzun vadede bu olay, lastiğin dokudan ayrılmasından dolayı hava süspansiyon körüğünün arızalanmasına yol açmaktadır. Verilen örnekte, bu koşulun yerine getirilebilmesi için vulkanizasyon kalıbı çapının yaklaşık 210 mm olması gerekmektedir. Diğer taraftan bu, 0,5 bar gibi çok alçak çalışma basınçlarında körük dış çapının üretim çapının çok fazla üzerinde olmadığı anlamına gelmektedir.



Resim 4. 2: Roll tipi silindir ve koni biçiminde süspansiyon körüğü

3,5 mm körük duvarı kalınlığı, ~ 225 mm dış çap ve 200 mm piston çapında bu, körük

duvarları arasında ~ 5,5 mm'lik bir mesafe oluşturmaktadır. Piston ve levhanın yapısal açıdan ortaya yerleştirilmesi zorunlu olduğu takdirde bu, birçok aks askılarında kesin olarak körük duvarlarının birbirine sürtünmesine yol açacaktır. Bu olay, örneğin yeni bir aracın, genelde yük olmadan uzun bir yolda kullanılması sırasında meydana gelebilir. Bu nedenle, kamyonlarda kullanılacak havalı amortisörler için çoğunlukla otobüslerde kullanılanlardan daha büyük vulkanizasyon kalıpları seçilmektedir. Otobüslerde boş ağırlık toplam ağırlığa orantı ile daha büyüktür. Bu nedenle çok alçak basınçlara rastlanmamaktadır.

Bu etki, sadece yeni körüklerde ortaya çıkmaktadır. Körük bir kaç zamandır orta derecede ya da yüksek derecede çalışma basıncı ile kullanılmış ise biçimi lastik maddesinin akışından dolayı çalışma biçimine uyum sağlamıştır. Havalı amortisör körüğü, yıllar sonra aşınma nedeni ile çıkartıldığında, koni mi yoksa silindir biçiminde mi vulkanlanmış olduğu belli olmamaktadır.

Konik körük biçiminin görevi, havalı amortisör körüğünün üretim biçimini, üretim teknolojisi açısından yapılabilir olduğu kapsamda, çalışma biçimine yaklaştırmaktır. Üst kısımda kalıp çapı mümkün olduğunca basınç altındaki dış çapa, alt kısımda ise piston çapına en uyumlu hale getirilir.

Otobüsler için geliştirilen havalı amortisör körükleri bu nedenle genelde silindirik bir üretim biçimine, kamyonlar ise konik bir üretim biçimine sahiptirler.

Özellikle, boş ya da kısmi yüklü araçlarda ortaya çıkan alçak çalışma basınçlarında körük piston üzerinde düzgün bir şekilde hareket etmemeye meyillidir. Körük duvarında, ilgili alanın hasar görmesine yol açan bir çıkıntı ve kıvrım oluşumu meydana gelmektedir.

#### 4.1.3 Basınçsız durumda çözülme davranışı

Özellikle römorklarda kullanılan hava süspansiyon körükleri, kullanım amacına uygun yay karakteristiğine ve dayanıklılığa bir koşul daha eklenmektedir.

Römorklar çoğu zaman vinçler ile tren vagonlarına yüklenir ya da liman çekicileri ile ro-ro gemilere çekilir. Her iki durumda, aracın bir ya da iki aksı yerden havalandırılır ve aksın ağırlığı bu durumda ya da iplere ya da havalı amortisörlere asılı kalır. Bu durumda seviye ayar valfi açılır ve aşırı basınç tamamen boşalır. Araç, tekrar yere indirildiğinde hava



süspansiyon körükleri iç basınç olmadan tekrar pistonun üzerinde düzgün çalışmak zorundadır.

Bu olmuyor ise körük duvarı içe doğru kıvrılıp, piston ile levha arasında sıkışıp kalabilir ve arızalara neden olabilir.

Bunu önlemek için körük üretim veya basınçsız durumda, piston çapından kesinlikle daha büyük bir çapa sahip olmalıdır. Körük uzunluğu da tamamen yaylanmış durumda bir kıvrım arta kalacak şekilde ayarlanmalıdır.

Seçilen doku tipi ve sarma malafası çapı ile üzerinde etki edilebilen iplik yoğunluğu da basınçsız çalışmaya etki etmektedir.

Fazla sert bir körük duvarı burada fazla yumuşak bir körük duvarı kadar dezavantajlıdır. Birincisinde, körüğün piston üzerinde çekilebilmesi için çok fazla güç gerektiğinden körük duvarının orta kısmı çöker. İkincisinde ise körük duvarının orta kısmı yeterince sağlam değildir.

Basınçsız çalışma durumunda en ideal biçim için genel olarak geçerli herhangi bir kural yoktur. Bunun için havalı amortisör üreticisinin tecrübelerine başvurulacak ve deneyler yapılacaktır.

## 4.2 Hava Süspansiyon Körük Tipleri

İster çift taraflı roll körük tipinde olanlar, ister metalli tip olanlar ya da üst tas vulkanize edilmiş veya karışık kontrüksiyon tipleri olanlar olsun, şimdiye kadar yuvarlak körükler hakkında söylenenlerin tamamı, genelde bu tip hava süspansiyon körükleri için geçerlidir. Farklı kullanım amaçları için bunlara uygun yapı türleri geliştirilmiştir.

### 4.2.1 Katlı körükler

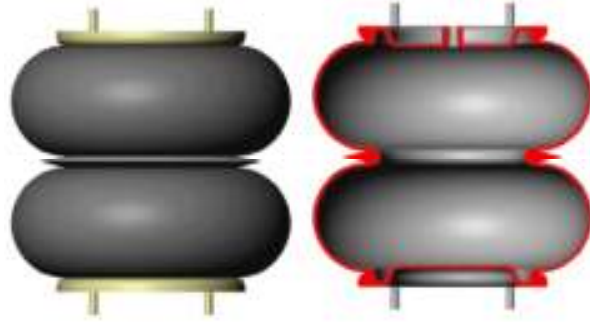
Katlı körükler, motorlu araçlarda gövdenin yaylanması için artık neredeyse hiç kullanılmamaktadır. Aracın çalışmasına uygun olmayan karakteristikler sergilemektedir. Katlı körükler artık sadece boşken kaldırma akslarının kaldırılması için kaldırma körükleri olarak ve pnömatik silindirlerin yerine kullanılmaktadırlar. Bugün, örneğin kama kayışını germek için ya da otobüslerde kapı açıcı için kullanılmaktadırlar. Karmaşık olmayan

yapıları nedeni ve montaj yükseklikleri ile kolayca değiştirilebilen yay karakteristikleri nedeni ile gitgide klasik pnömatik silindirlerin yerine geçmektedirler. Katlı körükler burada, titreşim izolasyonu için makine yatakları olarak kullanılmaktadırlar. Burada, yaylanma miktarının montaj yüksekliği ile değiştirilebilme özelliği avantaj sağlamaktadır. Bu sayede, herhangi bir parça yapısal açıdan herhangi bir değişikliğe gerek kalmadan kullanım amacına kolayca uyumlu hale getirilebilir.

Katlı körükler, alt ve üst tespit için geri dönüşümlü ve genelde Alüminyumdan çevrilen çıkıntılı halkalar ya da roll körüklerde olduğu gibi, sökülebilir metal parçalar ile donatılmış olabilirler.

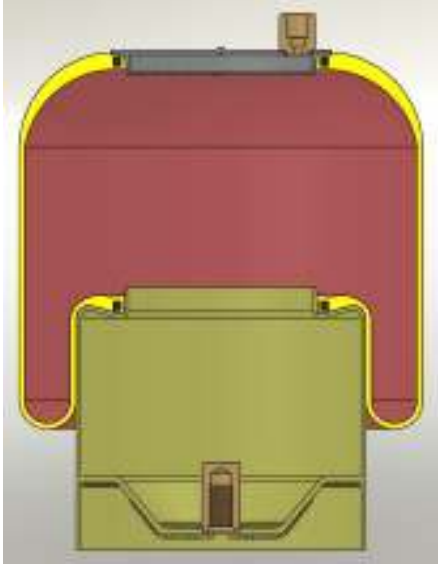
Sökülebilir metal parçalar, kolay bir montaj sağlamaktadırlar. Ancak, katlı körük ile ayrılmaz bir şekilde bağlantılı olup, lastik parça arıza yaptığında bunların da değiştirilmesi gerekmektedir.

Metal flanşlar, arızalı hava süspansiyon körüğünden ayrılıp tekrar kullanılabilirler. Ancak monte edilecekleri yerde düz ve yoğun bir yüzeye ihtiyaç duymaktadırlar. Ayrıca, uygun aletler olmadan monte edilemezler.

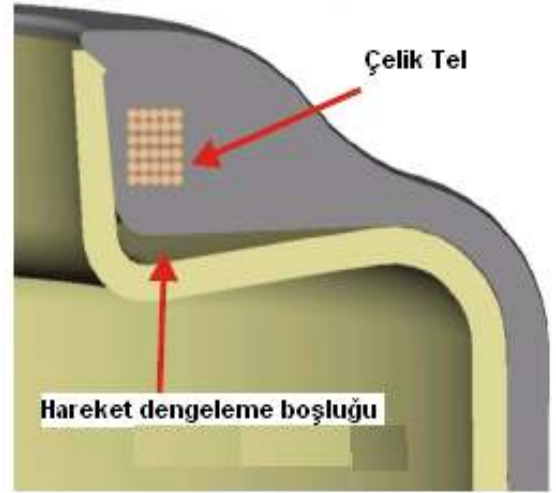


Resim 4. 3: İki Katlı Körük

#### 4.2.2 Üst Tas Vulkanize edilmiş Körükler



Resim 4. 4:  
Üst Tas Vulkanize Edilmiş Körük



Resim 4. 5:  
Doğru monte edilmiş körük ve konuş bölgesi

Resim 4. 4 altında üst tas vulkanize edilmiş ve konuslu tip olan bir hava süspansiyon körüğü gösterilmektedir. Bunlar, Avrupa’da havalı amortisörlerin klasik türleri olarak adlandırılmaktadırlar. En büyük avantajları, yol kenarındaki herhangi bir arızada hiç bir alet kullanmaya gerek kalmadan kolayca monte edilebilmeleri ve farklı pistonlar ve levhalar ile kombine edilebilmeleridir. Karmaşık olmayan montajlarının yine de önemli bir dezavantajı vardır. Körük, jant üzerindeki tekerleklere benzer şekilde, piston ve levha ile tam olarak birleşik olmadığından, aşırı yayanma hareketlerinde piston ya da levha tarafından konular dan kayabilir. Hava süspansiyon körükleri ve otomobil üreticileri bunun için körük konisinin piston ya da levha üzerinde emniyetli bir şekilde tutunmasını sağlayacak yöntemler geliştirmişlerdir. Bunlardan en yaygın olarak kullanılan, Resim 4. 4 altında gösterilen “tutucu tırnak” diye adlandırılan yöntemdir. Burada önemli olan, pistonun alın kısmı ile körük konisi arasında belirli bir boşluğun bırakılmasıdır. Lastik, diğer suni maddeler gibi akıcı bir maddedir. Bırakılan boşluk, körük konisi zamanla akmadan dolayı

büyüdüğünde bile lastik ve metal koni arasında güvenli ve hava geçirmez bir sıkıştırmanın muhafaza edilmesini sağlamaktadır. Tutucu tırnağın etkili olmasını sağlamak için körük konisi, Resim 4. 5 altında gösterildiği gibi metal koniye, çekirdeği tutucu tırnağın altına gelecek şekilde yerleştirilecektir.

Daha önce de belirtildiği gibi, neredeyse tüm hava süspansiyon körük üreticilerinin kaynağı tekerlek üreticileri olup, hava süspansiyon körük üreticileri sadece kauçuktan imal hava süspansiyon körük sunulmuştur. Levha, piston ve içine muhtemelen takılması gereken tampon gibi diğer parçalar, otomobil üreticileri tarafından tedarik edilip monte edilmiştir. Hava süspansiyon körükleri üreticisinin tek görevi, istenen yay karakteristiğine uygun bir piston biçimi tespit etmek olmuştur.

90'lı yılların başlarına kadar kamyonlar yaprak yaylı araçlar olarak tasarlanmışlardır. Hava süspansiyon körüklü akslar otomobil üreticileri tarafından sadece özel aksesuar olarak sunulmuştur.

Bu nedenle, sınırlı sayıda hava süspansiyon körüklerinden ve piston ile levha varyantlarından oluşan, ancak hiç bir sistematığe bağlı olmayan bir varyant çeşitliliği baş göstermiştir.

Her otomobil üreticisi, kendisi için tipik pistonları, levhaları ve tamponları üretmiştir.

80'li yıllarda otomobil üreticilerinde üretim yoğunluğu azaltılmıştır.

Özellikle kauçuk ve metalik elemanlardan oluşan ve fonksiyonel bir birimi temsil eden hava süspansiyon körüklerinde böyle bir yol tercih edilmiştir. Örneğin Volvo, tekerlekler gibi otomobil parçaları piyasası üzerinden katalog ürünleri olarak alınabilen hava süspansiyon körükleri kullanmayı tercih ederken, DAF Hollanda'da kendi dizaynı'nı oluşturmuş ve levha, körük, tampon ve pistondan oluşan komple üniteler satın almıştır.

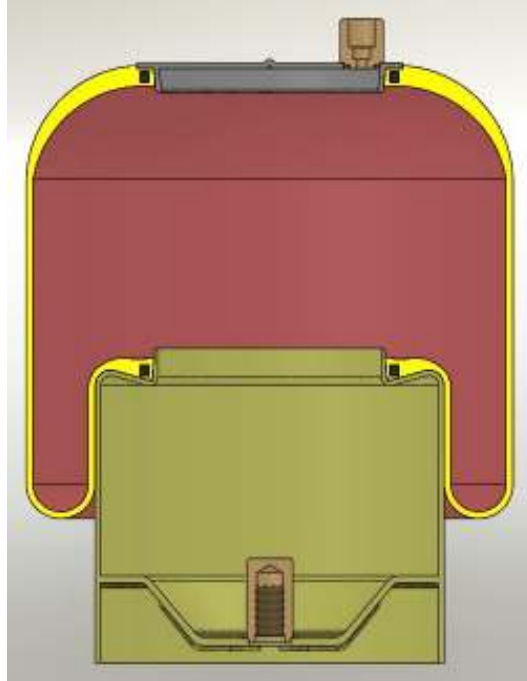
Bu gelişim, 80'li yılların başında RVI'de (o zamanlar Renault) başlamıştır.

90'lı yılların başlarına kadar Avrupa'daki tüm büyük ticari araç üreticileri bu gelişmeyi takip etmiş ve DAF'te ve Volvo'da üst tas vulkanize edilmiş ve alt tarafı konuslu yapı türleri geliştirilmiştir. Her otomobil üreticisi yine kendi dizaynı'nı oluşturmuştur. Volvo'da örneğin, hava süspansiyon körüklerinde hiç bir logo ya da üretici tanımına izin verilmemiştir.

Komple hava süspansiyon körükleri trendi ile o ana kadar sadece kauçuk işleyen işletmeler

olarak faaliyet gösteren hava süspansiyon körük üreticileri yeni görevler üstlenmek zorunda kalmışlardır. Hava süspansiyon körükleri yaklaşık %60'ı artık satın alınan parçalardan oluşmaktadır. Bunun için tedarikçilerin bulunması ve bir lojistik sistemin, montaj donanımlarının ve bir kalite sisteminin kurulması gerekmiştir.

Levha ve piston sacdan imal edilmiştir. Bu, lastik ve Polyamid veya Poyesterden imal kord iplerinin yanı sıra Avrupa'da havalı amortisör parçaları için yaygın olarak kullanılan bir maddedir.



Resim 4. 6:Üst tas vulkanize edilmiş ve piston tarafında konuş bulunan hava süspansiyon körüğü

Metal piston, tutucu tırnak ile donatılmış olabilir. Bu tırnak, körük konisinin piston ve levha konisi üzerinde daha sağlam tutunmasını sağlamaktadır. Büyütülmüş kesitte bu daha net bir şekilde gösterilmiştir. Çoğu zaman, körük konusunun tamamen tutucu tırnağın altında olması gerektiği düşünülmektedir. Bu yanlıştır. Kauçuk, diğer plastik maddeler gibi belirli bir akış davranışına sahip olduğundan körük ve pistonun alın kısmı arasında bir boşluğun bırakılması gerekmektedir. Bu boşluk sayesinde körük konisinin, akma nedeni ile çapı büyüdüğünde piston konisi üzerinde buna rağmen kayması sağlanmaktadır.

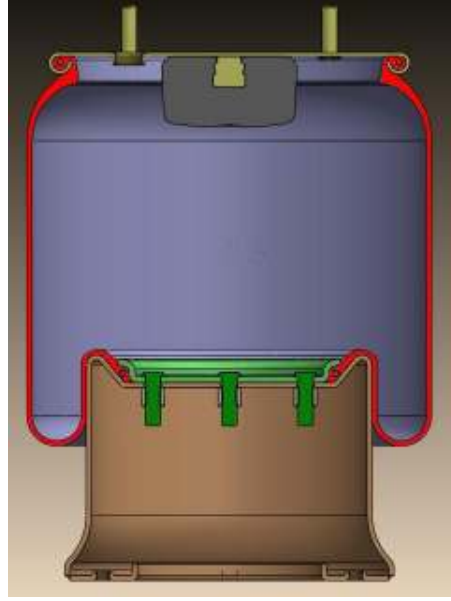
#### 4.2.3 Germe saclı hava süspansiyon körükleri

Bu yapı türü, Amerika'nın en büyük havalı amortisör üreticilerinden biri olan FireStone tarafından geliştirilmiştir. Özellikle römork aksları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Avrupa'da bu firmaların en çok 1-T15 ve 1-T19 serileri kullanılmaktadır.

Üst kenar levhası ve germe plakası ile piston tarafına sıkıca bağlanan piston her iki seride aynıdır. Bu havalı amortisörler belirli çekiş güçlerini taşıyabilirler.

Avrupa'da bu havalı amortisörler, bir kaç istisna hariç, öncelikle aks fabrikaları tarafından kullanılmıştır. Bunlar genelde düşük üretim yoğunluğuna sahip orta ölçekli işletmelerdir. Hava süspansiyon körükleri, Amerikalı üreticiler tarafından komple katalog ürünleri olarak satın alınmıştır. BPW haricinde bu seri için geniş kapsamlı bağımsız hiç bir geliştirme yapılmamıştır. Piston maddesi olarak önceleri Amerika'daki düşük enerji maliyetleri nedeni ile daha ucuz olan Alüminyum kullanılmıştır.

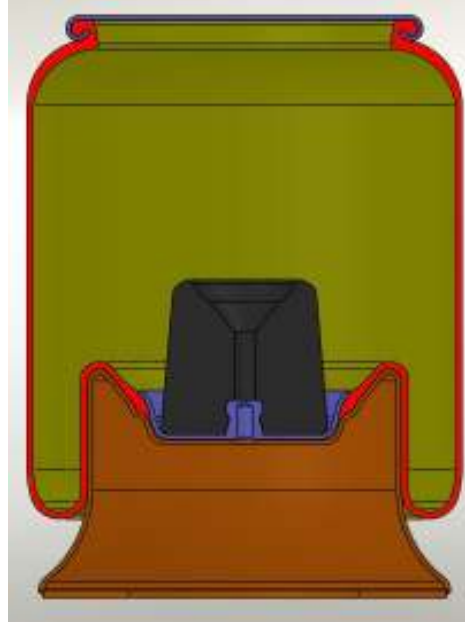
80'li yılların başında Dolar kuru önemli ölçüde yükseldiğinde ve Amerikan havalı amortisör üreticileri Avrupalı aks üreticileri için fazla pahalı olmaya başladıklarında, Avrupalı hava süspansiyon körük üreticilerine dönmeye başlamışlardır. Kamyon ve otobüs üreticilerinde de o dönemde komple havalı amortisörlere doğru bir trend başladığından ve yüksek Dolar kuru iyi bir gelir vaat ettiğinden aks üreticileri dikkate alınmaya başlanmıştır. Özellikle Firestone 1-T15 M6 ve 1-T19 M1 ile M2 havalı amortisörleri neredeyse tamamen kopya edilmiştir. Alüminyum, Avrupa'da çelikten çok daha pahalı olduğu ve Alüminyumun korozyon özelliklerine güven duyulmadığı için pistonlar derin çekme sacdan üretilmiş ve daha sonra galvanize edilmiştir. Çelik pistonlar tabii ki Alüminyum pistonlardan çok daha ağırdılar.



Resim 4. 7: Kenar Levhalı ve Germe Plakalı Havalı Amortisör



Resim 4. 8: Kenar Levhasının Kırık ile Birleştirilmesi



Resim 4.9:Kenar Levhalı ve Vulkanlanmış Germe Plakalı Havalı Amortisör Tel Halat Çekirdeği

Aks üreticileri ve bazı havalı amortisör üreticileri nedeni ile pistonlar termoplastik ve duroplastik plastik maddelerden üretilmeye başlanmıştır. Ancak, Avrupalı havalı amortisör üreticileri özellikle büyük parçaların tüketildiği Avrupa römork aksları pazarı için uygun Hava süspansiyon körükleri geliştirmekte geç kalmışlardır. Dolar kuru tekrar düştüğünde, Avrupa'daki ürünler hala Amerikalı üreticilerin ürünleri ile değiştirilebilecek şekildeydi. Römorklar, teknolojik açıdan bir aracın arkasında çekilirken, römork akslarının otobüs ya da kamyon akslarının yerine getirmeleri beklenen koşullardan farklı koşulları yerine getirmeleri beklenmektedir. İplerin kullanılmasına ihtiyaç duymamak için hava süspansiyon körüklerinin çekiş güçlerini de üstlenmeleri gerekmektedir. Aks, Hava süspansiyon körüğüne asıldıktan sonra bile körük piston üzerinde düzgün çalışmak zorundadır. Hava süspansiyon körüklerindeki ağırlık ilişkisi, dolayısıyla da basınç ilişkisi römorklarda çeken araçtan daha büyüktür. Bunun anlamı, havalı amortisör körüğünün çok alçak basınçlarda bile piston üzerinde hareket edebilecek durumda olmak zorunda olduğudur. Römorklarda akslar genelde uzun direksiyonlar ile yürütülür. Piston bu esnada kamyonların ya da otobüslerin tipik aks aksıları gibi yukarı ve aşağı doğru değil, daha çok



levha ve piston arasında güçlü geçişlerin meydana geldiği bir daireyi takip etmektedir. Yüksek ve yumuşak olan tampon, boş araçta indirme yolunu sınırladığından dönüşümlü paletlere sahip römorkların çalıştırılması için bu yapı türü uygun değildir.

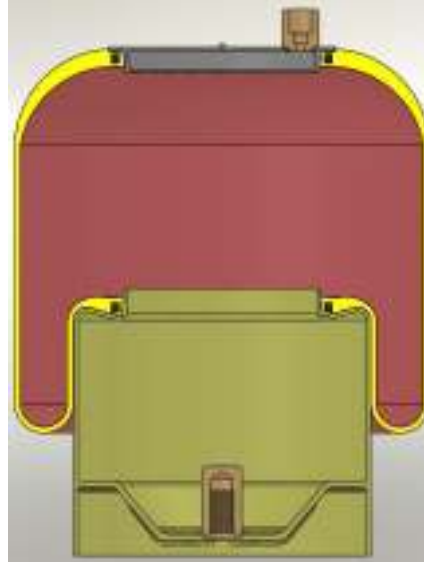
#### 4.2.4 Üst tas vulkanize edilmiş üst taslı hava süspansiyon körüğü

Vulkanize edilmiş üst tasın arkasında aşağıda fikir vardır:

Levhanın metal konisi dar toleranslar ve yüksek yüzey kalitesi ile üretilmelidir. Aynı durum, körük konusu için geçerlidir. Körüğün bu alanında da çoğunlukla tekrar elden geçirilmesi gereken ya da körüğü tamamen kullanılamaz hale getiren üretim hataları ortaya çıkmaktadır.

Bunun için, çapı biraz daha büyük bir metal levhaya kaynakla bağlanmış, yapışma ortamı ile hazırlanan bir metalin, körük yarı mamulü ile birlikte vulkanizasyon kalıbına yerleştirilmesinden daha uygun ne olabilir.

Metal konuslu levha, pahalı mekanik çalışmalar gerektirmeden ekonomik bir şekilde üretilebilir. Hava bağlantısı önceden bağlanabildiğinden Hava süspansiyon körüğü yedek parça olarak daha kolay monte edilebilmektedir. Bundan sonra sadece piston tarafındaki konusun takılması gerekmektedir.



Resim 4. 10: Üst Tas Vulkanize Edilmiş Hava Süspansiyon Körüğü

Kenar levhası, körük ile ayrılmaz bir biçimde birleştirilmiş ise kenar levhasının çalışır durumda olup olmadığına bakılmaksızın, körük her değiştirildiğinde kenar levhasının da değiştirilmesi gerekmektedir.

Vulkanize edilmiş bir levha ise üst kenar levhası kadar masraf gerektirmemektedir. Burada, yedek parça körük ile birlikte ekonomik açıdan kabul edilebilir düzeydedir.

Bu yapı türü ilk kez DaimlerChrysler'in Actros kamyonlarında kullanılmış ve kendini kanıtlamıştır.

## 5. HAVA SÜSPANSİYON KÖRÜKLERİ UYGULAMA ÖRNEĞİ

Bu örnek damperli dorse, silobas, lowbet, römork, tanker ve özel amaçlı taşıyıcı imalatı gerçekleştiren bir römork üreticisi için, müşterilerin isteklerini tam olarak karşılayabilmek ve piyasaya süreceği yeni tip yarım boru tip damper dorse için hava süspansiyon körüğü tasarlanma çalışmasını içermektedir.

### 5.1 Tasarım Girdileri

Römork üreticisi tasarlamayı düşündüğü römork için tasarım girdileri olarak Basınçlı hava ihtiyacı, gerekli çalışma basıncı, aracın ağırlık bilgileri, gerekli yaylanma kuvveti, montaj verileri, performans bilgileri, metal parçalar ile ilgili bağlantı ölçülerini vermiştir.

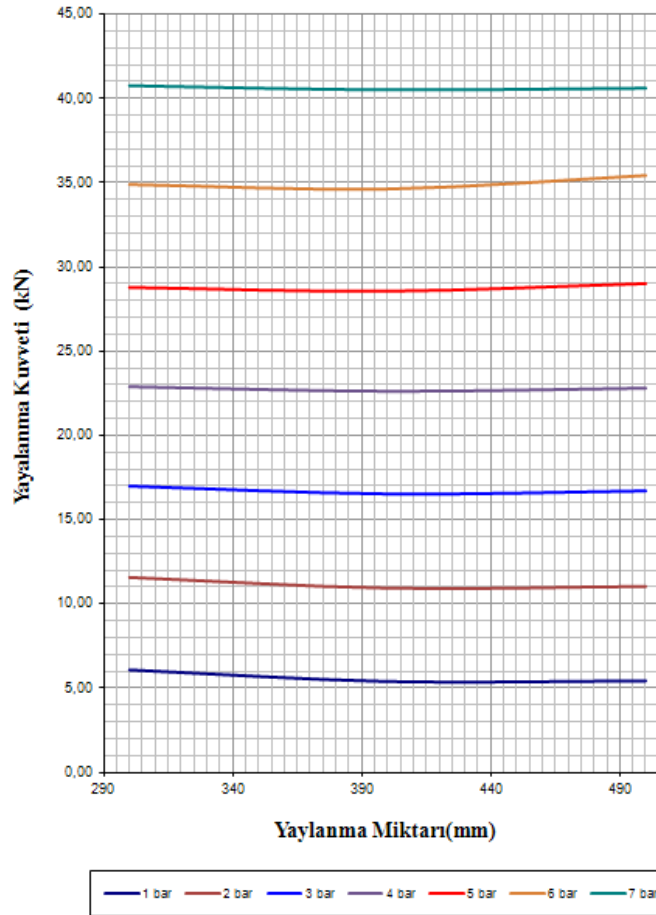
Çizelge 1: Tasarım Girdileri

KOMPRESÖR ÇALIŞMA BASINCI	bar	15
ÜRETİLEN HAVA	l/dak.	160
HAVA TÜPÜ KAPASİTESİ	dm <sup>3</sup>	200
HAVA BORULARI ÇAPI	mm	10
ÇALIŞMA BASINCI	bar	7
AKSLARA DÜŞEN YÜK MİKTARI	kg	18200
BOŞ (ARAÇ AĞIRLIĞI)	kg	7540
DOLU (YÜK+ARAÇ AĞIRLIĞI)	kg	36000
AKS AĞIRLIĞI	kg	
ÖN AKS	kg	364
ARKA AKS	kg	364
İLAVE AKS	kg	364
DOĞAL FREKANS	Hz	1,1
KÖRÜK BAŞINA TAŞIMA KUVVETİ	kN	35
MAKASLA ŞASİ ARASI MESAFE (ÇALIŞMA YÜKSEKLİĞİ)	mm	300-500 mm
KÖRÜK İÇİN AYRILAN MAKSİMUM ÇALIŞMA BÖLGESİ (Ø)	mm	350
ÖMÜR	çevrim	-
MAKSİMUM BASINCA DAYANIM	bar	24
PİSTON ÇAPI	mm	Ø225
PİSTON BOYU	mm	178

3.1.1.2 Süreç maddesinde anlatıldığı gibi verilen tasarım girdilerine bağlı olarak

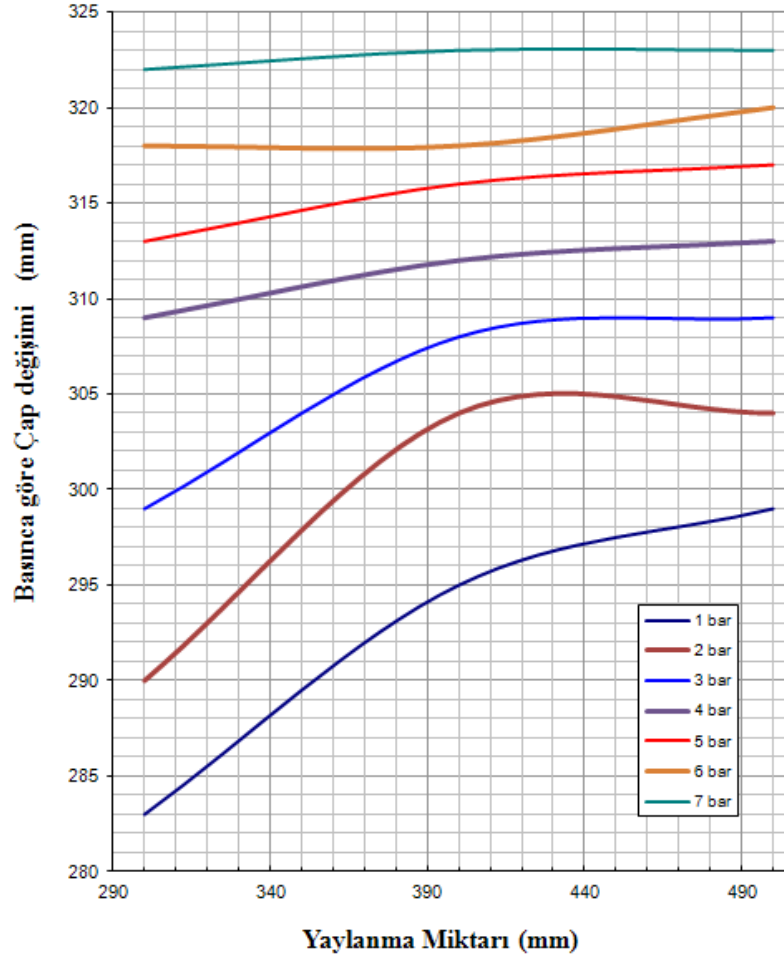
üreteceğimiz ürün için ya mevcut ürünlerin kalıplarından yada mevcut tecrübeden nihai ürüne geçiş adımlarından birini seçmeliyiz. Bu örneğimizde mevcut tecrübeden nihai ürüne gitme yolu tercih edilmiştir.

Öncelikle tasarım girdilerine bağlı olarak taşıma kuvveti ve çalışma yüksekliği göz önünde bulundurularak yaklaşık olması gereken körük çapı tespit edilir. Bunun için elimizdeki körüklerin yay kuvveti – yaylanma miktarı eğrilerinden (izobar ve adiyabatik eğriler) yararlanarak seçeceğimiz körüğün boyutsal özellikleri yaklaşık olarak belirlenmiştir. Bu örneğimizde üreticinin tasarlamak istediği römork için kullanılabilir hava süspansiyon körüğü öncelikle mevcut römork körükleri içerisinde tecrübeye bağlı olarak seçilir. Üretimimizdeki yaklaşık 150 tip dorse körükleri içerisinde teknik verileri değerlendirilerek yaylanma kuvveti 35 kN (7 bar) civarında olan ürünler seçilmiştir.



Resim 5.1 : Seçilen Dorse körüğü Yaylanma Kuvveti ve Yaylanma Miktarı Diyagramı

Seçim yapılırken müşterinin vermiş olduğu tasarım kriterleri belirleyici olmuştur. Sadece yaylanma kuvveti göz önüne alındığında yaklaşık 24 çeşit ürün ile karşılaşılmıştır. Bu durumda körüğün çalışması için ayrılan alanın çapı, makas ile şasi arasındaki mesafe miktarları değerlendirme kriteri olarak belirlenmiştir.



Resim 5.2 : Seçilen Dorse körüğü Basınca göre Çap değişimi ve Yaylanma Miktarı Diyagramı

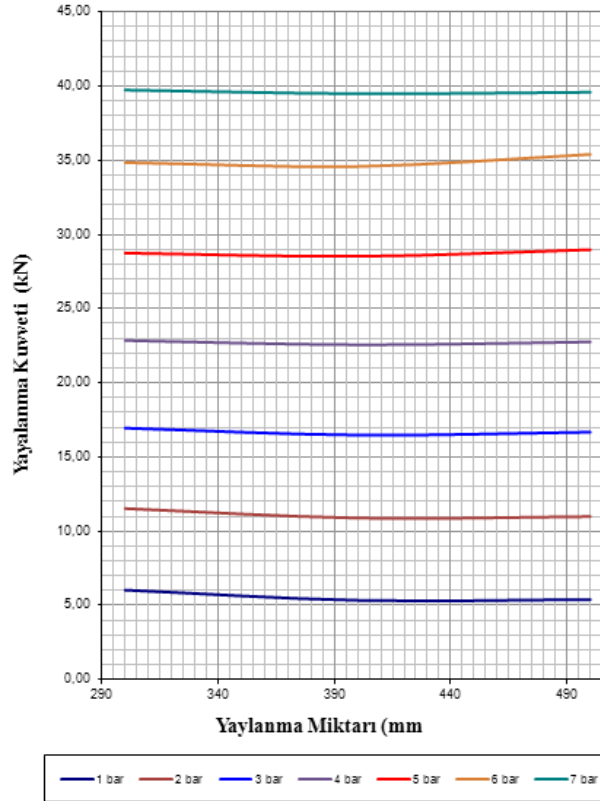
Resim 5.2 de verilen grafik incelendiğinde ulaşılan maksimum çapın 323 mm olduğu görülmektedir. Bu değer tasarım girdilerinde verilen körük için ayrılan maksimum çalışma bölgesi olan 350 mm içerisinde kaldığı için uygun olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca ölçümler 300-500 mm çalışma aralığında gerçekleştirilmiştir. Bu değerde aracın makas ile

şasi arasındaki istenen yaylanma miktarına denk gelmektedir.

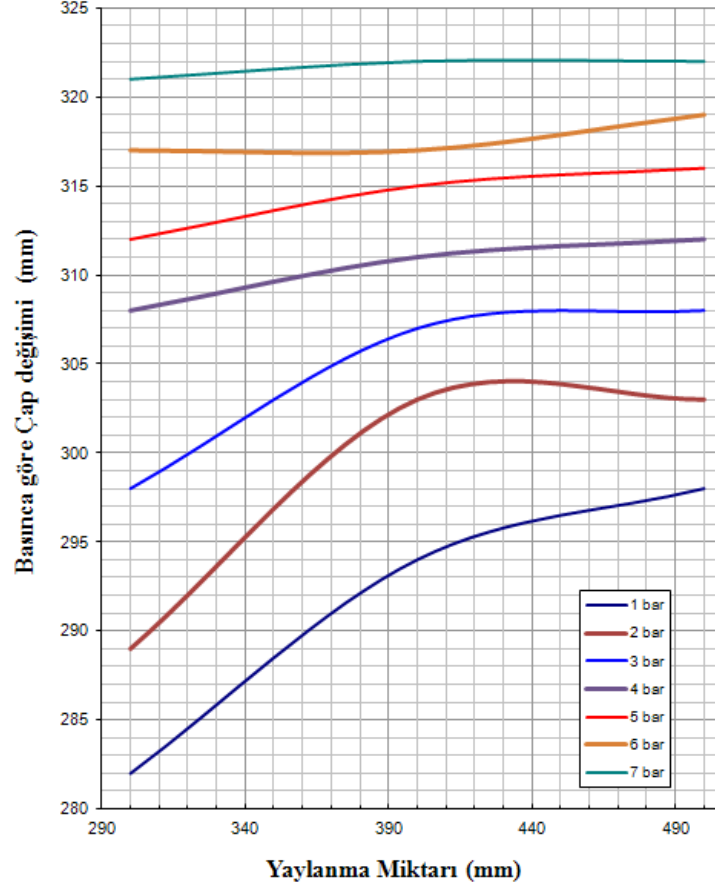
Bu deneyler yapılırken belirlenen 24 çeşit körük ayrı ayrı test edilmiş ve test edilen veriler kayıt altına alınmıştır. Tüm test verileri müşterinin belirtmiş olduğu tasarım girdilerine göre değerlendirildikten sonra kullanılması düşünülen ürün çapı ve boyuna karar verilmiştir. Ürün boyu müşterinin çalışma alanı ile vermiş olduğu ölçülere göre belirlenmiştir. Öncelikle belirlenen boy ölçüsünde elimizde kalıp olup olmadığı tespit edildikten sonra ilave parça yapacağımız kalıba karar verilmiştir. Seçmiş olduğumuz ürün dış çapı ( $D_A$ ) ve yay kuvveti (F) , standart ürünümüzde kullanılan piston'a göre ölçülmüştür. Yukarıdaki grafikten de görüleceği gibi seçmiş olduğumuz ürün 7 Bar basınç altında 400 mm bağlama yüksekliğinde 41 kN yay kuvvetini karşılamaktadır. Hali hazırdaki ürünümüzde ( $\alpha$ ) sarım açısı  $49,5^\circ$  olup yay kuvveti istenene kadar  $0,5^\circ$  açılar ile küçültülmüş ve ölçümler yapılmıştır.

$49^\circ$  sarım açısında ( $\alpha$ ) da ölçüm sonuçları :

7 Bar basınç altında 400 mm bağlama yüksekliğinde 39,1 kN



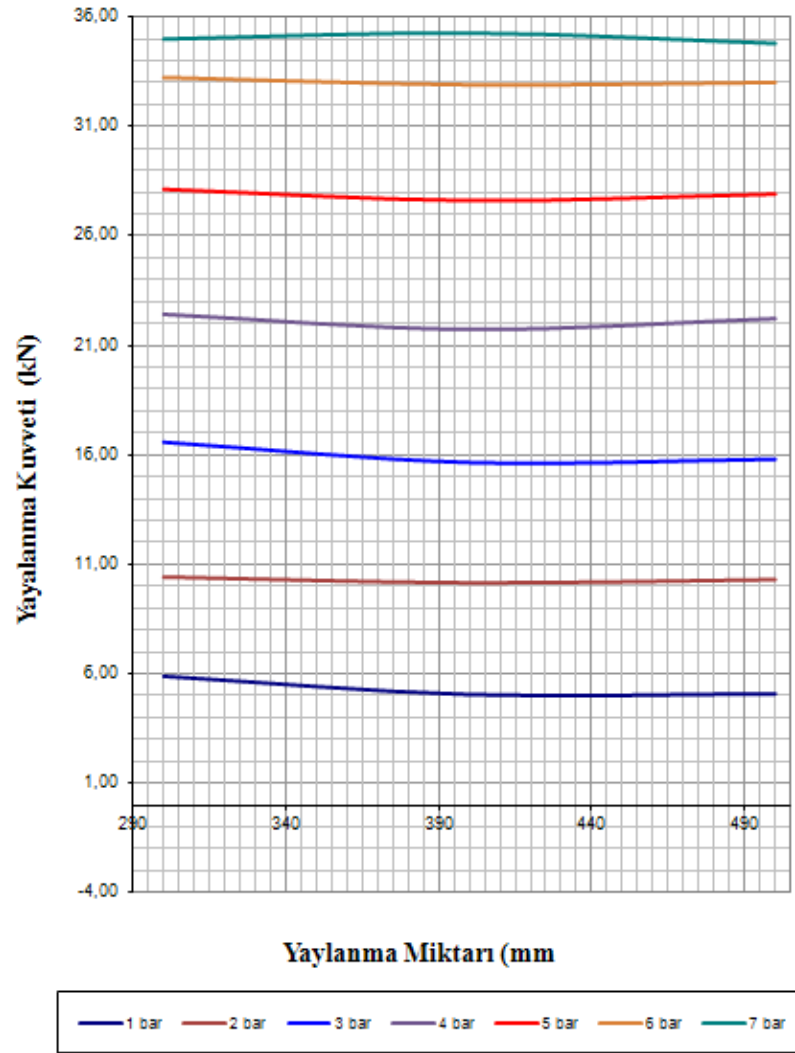
Resim 5.3 : 49 ° sarım açısında ( $\alpha$ ) da Yaylanma Kuvveti ve Yaylanma Miktarı Diyagramı



Resim 5.4 : 49 ° sarım açısında ( $\alpha$ ) da Basınca göre Çap değişimi ve Yaylanma Miktarı Diyagramı

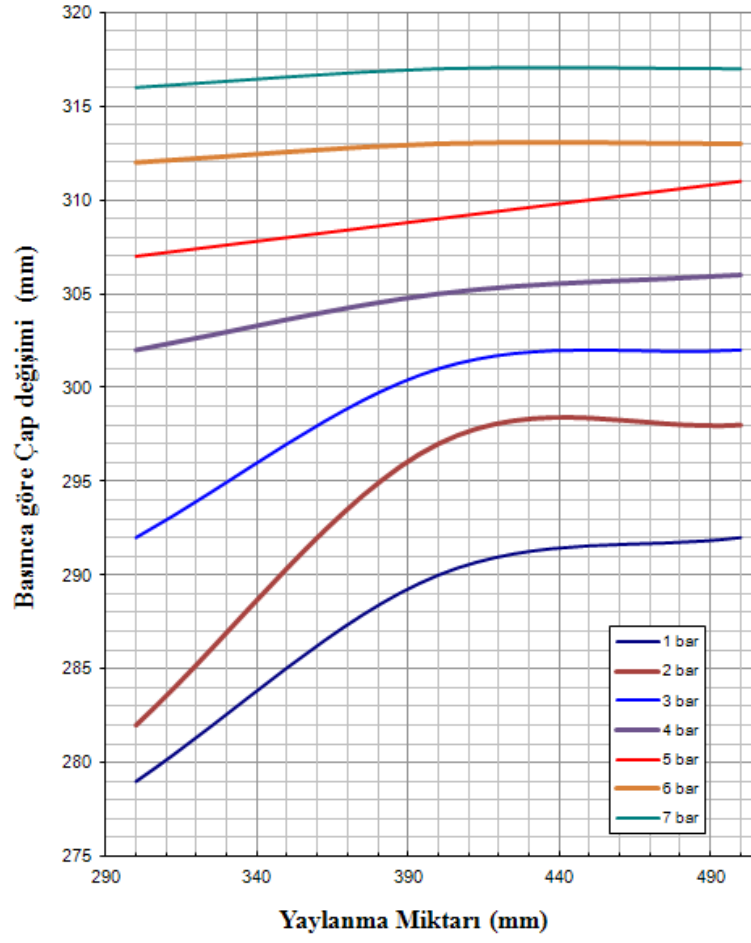
48,5 ° sarım açısında ( $\alpha$ ) da ölçüm sonuçları :

7 Bar basınç altında 400 mm bağlama yüksekliğinde 35,6 kN



Resim 5.5 : 48,5 ° sarım açısında ( $\alpha$ ) da Yaylanma Kuvveti ve Yaylanma Miktarı Diyagramı





Resim 5.6 : 48,5 ° sarım açısında ( $\alpha$ ) da Basınca göre Çap değişimi ve Yaylanma Miktarı Diyagramı

İstenen yay kuvveti 3. Deneme sonunda yakalandı ve sarım açısı ( $\alpha$ ) 48,5 ° olarak belirlenmiştir.

KONFEKSİYON	KORD BEZLERİ		KULLANILACAK MALZEME ADI					AÇIKLAM.	
	KULLANILACAK MALZEME NO.		1400*2-120 KAPLANMIŞ KORD BEZİ						
	ADI	PARÇA NO	TAM BOY/B (mm), (CC)	İP BOYU/A (mm)	SARIM BOYU (mm)	KESME AÇISI α (°) (CC)	AĞIRLIK (kg)	1) Yapıştınlacak bölg 2) Kauçuk üst üste ge 3) Kord bezi katları k 4) Kord bezi üst üste 5) Tel takma işleminde	
	1. Kord bezi	789001	710	948	675	48,5	0,549		
	2. Kord bezi	789001	710	948	675	48,5	0,549		
	3. Kord bezi								
	4. Kord bezi								
	KAUÇUKLAR		HAMUR CİNSİ	PARÇA NO	TAM BOY (mm)	SARIM BOYU (mm)	KALINLIK (mm) (CC)	AĞIRLIK (kg)	BOMBAJ DEĞERİ
	İç Kauçuk	1 STC 65	200302	705	665	1,4	0,849		
	Dış Kauçuk	1 STC 65	200402	630	680	0,9	0,499		
Besleme Kauçuk	1 STC 65				1,4	0,000			
Besleme Kauçuk	1 STC 65	200402	50	680	0,9	0,040			
		ADI	PARÇA NO.	ÖLÇÜSÜ	ADET	AĞIR. (kg)	BOĞAZ TELLERİ ARASI MEŞAF		

Resim 5.7 : Konfeksiyon İmalat Planı

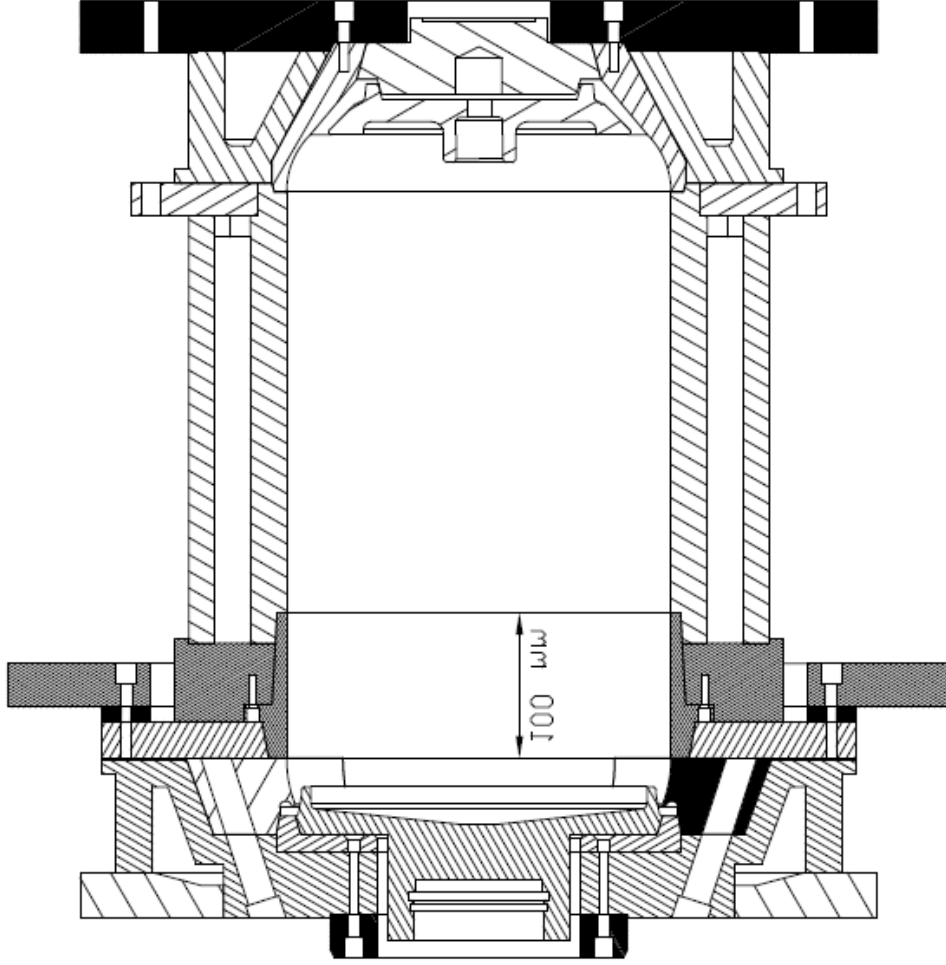
Deneme yapmış olduğumuz üründe istenen yay kuvveti ve çaplar elde edildikten sonra kullanılacak pistonla dair özelliklerde tasarım kriterlerindeki bağlama ölçüleri haricinde tamamlanmıştır. Ancak körük kalıbında yapılması gereken uzatma miktarı belirlenmelidir. Bunun için körükten istenen yay kuvveti ve çap elde edilene kadar ayarlanan bağlama yüksekliği farkı  $\Delta A = 75$  mm olarak tespit edilmiştir.

Körük içersine hava verilmeden önce  $L_0 = 100$  mm boyunda bir çizgi çizilmiş ve  $\Delta A$  mesafesi ayarlandıktan sonra  $L_1 = 76$  mm olarak ölçülmüştür.

$$\Delta L_0 = \Delta A \cdot \frac{L_0}{L} \quad (3,6)$$

Formülü uyarınca kalıpta uzatılması gereken miktar belirlenmiştir.

$\Delta L_0 = 75 \times (100/76) = 98,6$  mm kalıp boyunun uzatılması gerekmektedir. Bu veriler ışığında mevcut kalıp boyu 100 mm ara parça ile uzatılmıştır.



Resim 5.8 : Kalıp Uzatma Miktarının Belirlenmesi

Kalıp boyu, kalıp çapı tasarım girdi verilerine göre belirlendikten sonra Hava süspansiyon körüğünden diğer özellikler için hazırlamış olduğumuz yazılım ile hesaplamalar yapılmıştır.

# KÖRÜK HESAPLARI

VERİ TABLOSU

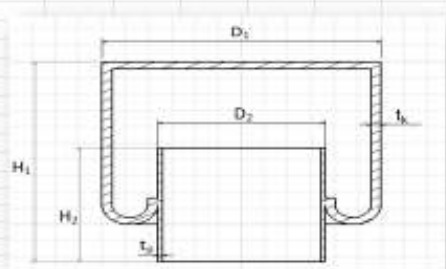
GÖRMEZ GEREKEN DEĞERLER				
Çalışma Yüksekliği	H1	ghniz	330	mm
Piston Yüksekliği	H2	ghniz	200	mm
Piston Çapı	D2	ghniz	226	mm
Çalışma Basıncı	P	ghniz	7	bar

SABİT ALINAN DEĞERLER				
Körük Çıdan	rk		3	mm
Piston Çıdan	rp		3	mm

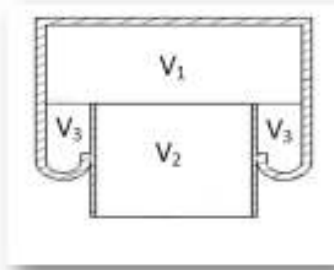
BULUNAN DEĞERLER				
Çalışma Basıncında Ağırlık	m		4040	kg
Çalışma Basıncındaki Çap	D1		322,5	mm
Çalışma Basıncında Ağırlık	F		30.72080	N
Etkü Alanı	A <sub>w</sub>		567.4384286	cm <sup>2</sup>
Körük Yay Katsayısı	C		277427.7186	N/m
Doğal Frekans	f		1.330107263	1/s
Körük Hacmi	V		12998871,8	mm <sup>3</sup>



Resim 5.9: Yazılım Veri Giriş Ekranı

Yazılım ekranında sarı ile gösterilen değerler girildikten sonra program otomatik olarak frekansı , yay katsayısını ve hacmi hesaplamaktadır.

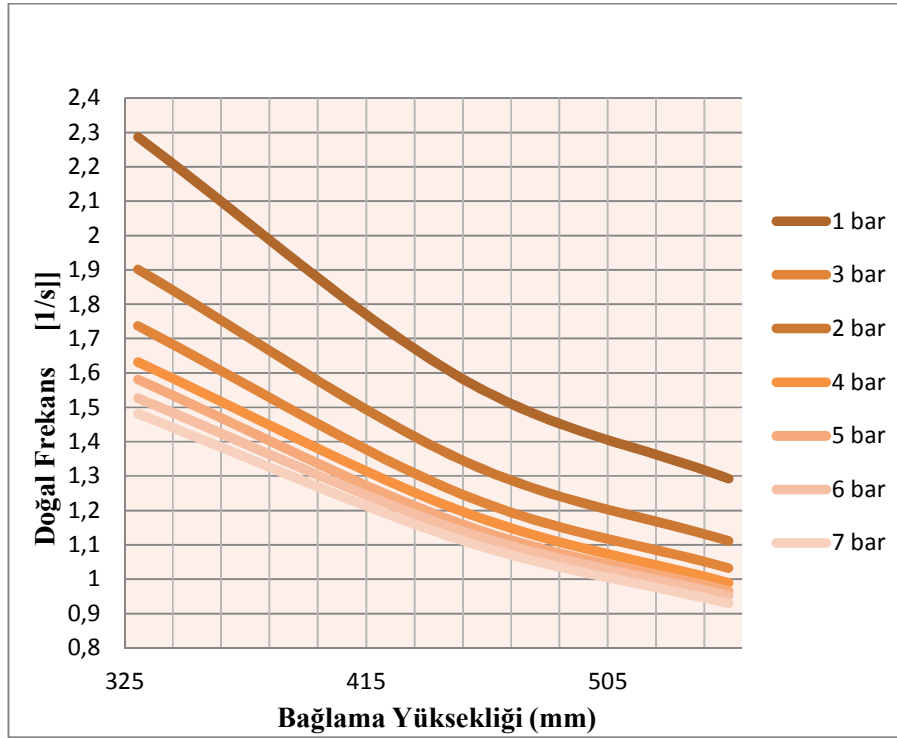
FORMÜLLER	HESAPLAR
$V_1 = \frac{\pi(D_1 - 2t_k)^2}{4} \cdot (H_1 - H_2)$	V <sub>1</sub> 10227768,15 mm <sup>3</sup>
$V_2 = \frac{\pi(D_2 - 2t_p)^2}{4} \cdot H_2$	V <sub>2</sub> 7748522,617 mm <sup>3</sup>
$V_3 = \frac{(D_1 - D_2 - 2t_k)^2}{8} \cdot \pi \cdot \left(\frac{D_1 + D_2}{2}\right) \cdot \pi$	V <sub>3</sub> 2773108,644 mm <sup>3</sup>
$V_{AT} = V_1 + V_2 + V_3$	V <sub>AT</sub> 20740384,41 mm <sup>3</sup>
$V_{KT} = V_2 + V_3$	V <sub>KT</sub> 12988871,8 mm <sup>3</sup>
$A_w = \frac{F \cdot 1000}{P \cdot 10}$	A <sub>w</sub> 567,4384286 cm <sup>2</sup>
$C = 1,4 \cdot (1+P) \cdot (A_w)^2 \cdot \frac{10 \cdot 100}{V}$	C 277427,7186 N/m
$f = \left(\frac{C}{P \cdot A_w}\right)^{0,5} \cdot \left(\frac{1}{2\pi}\right)$	f 1,330107263 1/s



Resim 5.10 : Sonuç ekranı

$H_1$ Yüksekliği (mm)	Basınç (bar)	D1(mm)	kütle(kg)	$V_1$ (mm <sup>3</sup> )	$V_2$ (mm <sup>3</sup> )	$V_3$ (mm <sup>3</sup> )	$V_4$ (mm <sup>3</sup> )	$V_5$ (mm <sup>3</sup> )	F (kN)	$A_w$ (cm <sup>2</sup> )	$C_x$ (N/m)	Ca (N/m)	$f_x$ (1/s)	$f_y$ (1/s)
300	1	288	544	6245800,355	7741512,617	994302,4258	7240103,78	14981616,4	5,33664	533,664	110141,0098	53227,39019	2,286444716	1,58947523
	2	296	1.098	6605198,554	7741512,617	1318894,98	7924093,529	15665606,15	10,77138	538,569	153738,4156	77765,10996	1,901409496	1,352311848
	3	302	1.654	6881344,548	7741512,617	1585915,032	8477259,58	16218772,2	16,22574	540,858	193240,9042	101003,5338	1,736870368	1,255700768
	4	309	2.245	7210661,998	7741512,617	1956658,325	9167320,324	16908832,94	22,02345	550,58625	231476,2063	125497,5159	1,631663631	1,20142045
	5	312	2.837	7354154,243	7741512,617	2123938,867	9478093,11	17219605,73	27,82097	556,6194	274583,8518	151137,6831	1,526622809	1,172849644
	6	317	3.451	7596449,576	7741512,617	2420011,578	10016461,15	17757973,77	33,85431	564,2385	311485,0429	175694,4724	1,46547884	1,125722989
	7	322	4.088	7842671,9	7741512,617	2738075,001	10580746,9	18322259,52	40,10328	572,904	347428,4716	200633,1545	1,481367756	1,125722989
350	1	298	536	10044928,35	7741512,617	1407987,894	11452916,24	19194428,86	5,25816	525,816	67594,21687	40332,06249	1,804504642	1,393889828
	2	303	1.081	10391877,99	7741512,617	1644947,843	12036825,83	19778338,45	10,60461	530,2305	98099,4845	59702,00238	1,53075661	1,194172951
	3	308	1.638	10744718,11	7741512,617	1902603,119	12647321,23	20388833,85	16,06878	535,626	127031,8953	78798,67963	1,415093278	1,145200727
	4	312	2.227	11031231,36	7741512,617	2123938,867	13155170,23	20896682,85	21,84687	546,17175	158730,3719	99926,14994	1,356611632	1,076378704
	5	316	2.823	11321514,53	7741512,617	2359052,583	13680567,11	21422079,73	27,69363	553,8726	188362,7176	120292,186	1,312585682	1,048935774
	6	318	3.426	11468069,82	7741512,617	2481850,201	13949920,02	21691432,64	33,60906	560,151	220426,8981	141758,1609	1,288914897	1,03063209
	7	323	4.049	11801265,18	7741512,617	2771108,644	14572373,82	22313886,44	39,72069	567,4384266	247471,5095	161614,4887	1,26244991	1,015200647
500	1	298	516	20089856,7	7741512,617	1407987,894	21497844,6	29239357,21	5,06196	506,196	33373,40588	24537,34834	1,29229315	1,108088866
	2	303	1.061	20783755,98	7741512,617	1644947,843	22428703,82	30170216,44	10,40841	520,4205	50717,04079	37703,32536	1,110976542	0,957894686
	3	308	1.613	21489436,23	7741512,617	1902603,119	23392039,35	31133551,96	15,82353	527,451	66901,5262	50040,7253	1,032548678	0,895014852
	4	313	2.195	22206897,45	7741512,617	2181416,359	24388313,81	32129826,43	21,53295	538,32375	83177,01808	63135,95323	0,989167956	0,86100049
	5	316	2.794	22643029,05	7741512,617	2359052,583	25002081,63	32743594,25	27,40914	548,1828	100961,0659	77091,0118	0,965593809	0,844061905
	6	318	3.405	22936139,65	7741512,617	2481850,201	25417989,85	33159602,46	33,40305	556,7175	119496,3446	91598,385	0,951928611	0,833433548
	7	323	4.028	23677162,81	7741512,617	2804367,283	26481530,1	34223042,71	39,51468	564,4954266	134770,8	104284,6197	0,929477327	0,817619099

Resim 5.11 : Yazılım Hesap Ekranı



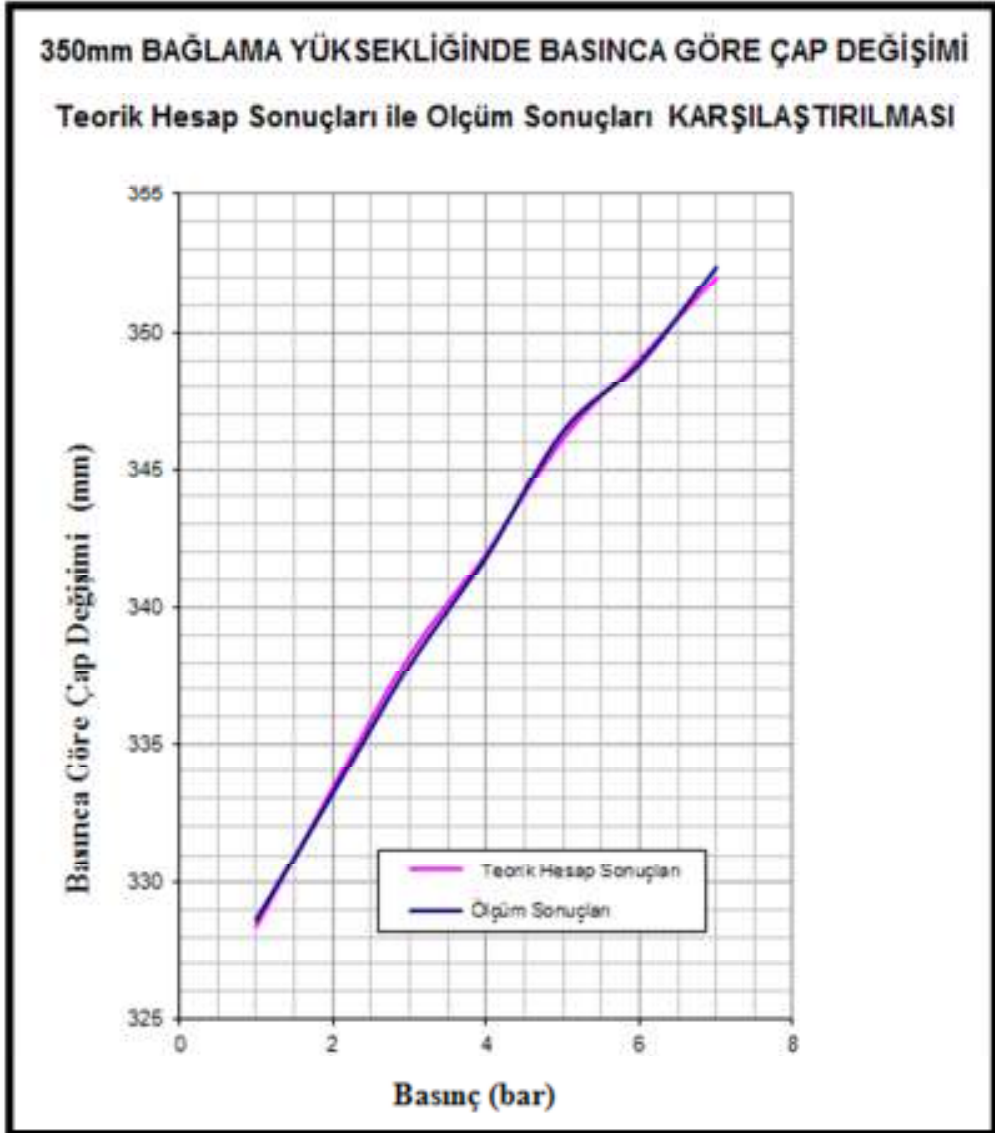
Resim 5.12 : Doğal Frekans Grafikleri

## 5.2 Ölçülen Değerler ile Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması

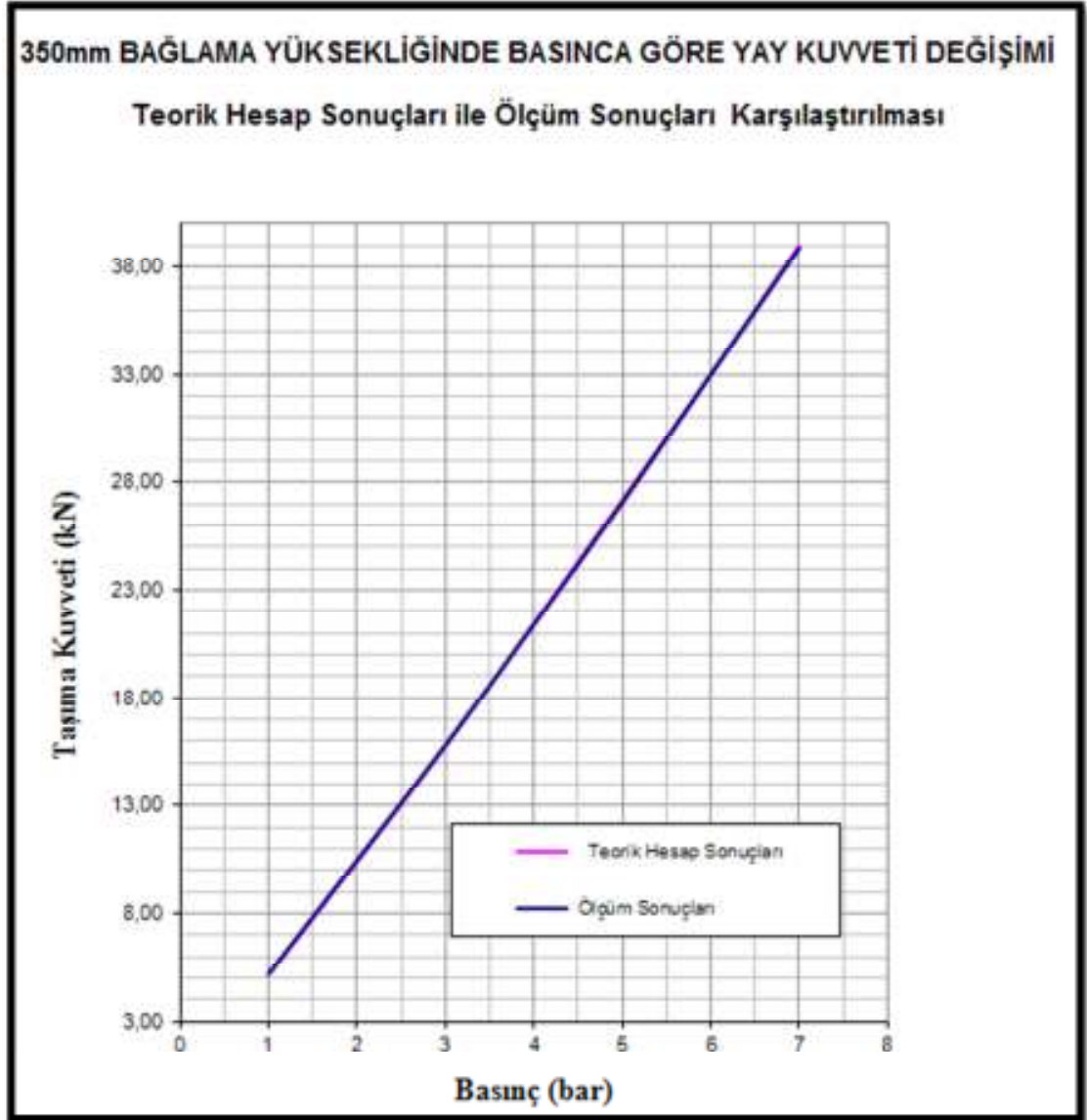
Tasarım sonucu üretilen deneme ürünü, kendi test makinalarımızda üç farklı bağlama yüksekliğinde 1 den 7 bar ‘ a kadar basınç altında teste tabi tutulmuştur. Testler de yaylanma kuvveti ( kN) ve basınca göre çap (mm) değişimleri kayıt altına alınmıştır. Bu tez çalışması kapsamında hazırlanan bilgisayar yazılımında tasarım girdi verilerine bağlı olarak yaylanma kuvveti ( kN) ve Basınca göre çap (mm) değişimleri de ayrıca hesaplatılmıştır. Aşağıdaki tabloda teorik hesap sonuçları ile deney düzeneğinden elde etmiş olduğumuz ölçüm sonuçları görülmektedir. Teorik ve Ölçüm sonuçları arasındaki fark değerleri deney düzeneğine bağlı hava tertibatındaki basınç dalgalanmalarından ( $\pm 0,04$  bar ) kaynaklanmaktadır. Sonuçların incelendiğinde; ölçülen değerler ile hesaplanan teorik değerler arasındaki fark kabul edilebilir sınırlardadır. Kabul edilebilir sınır sektörel tecrübe değerlerine göre incelendiğinde 50 kg tolerans dahilinde kabul edilebilmektedir.

			Teorik Hesap Sonuçları	Ölçüm Sonuçları
			350	350
BASINÇ (Bar)	1	Basınca Göre Çap (mm)	328,40	328,64
		Yaylanma Kuv.(kN)	5,25	5,28
	2	Basınca Göre Çap (mm)	333,40	333,20
		Yaylanma Kuv.(kN)	10,60	10,67
	3	Basınca Göre Çap (mm)	338,24	337,90
		Yaylanma Kuv.(kN)	16,06	16,10
	4	Basınca Göre Çap (mm)	341,97	341,85
		Yaylanma Kuv.(kN)	21,84	21,79
	5	Basınca Göre Çap (mm)	346,14	346,40
		Yaylanma Kuv.(kN)	27,69	27,58
	6	Basınca Göre Çap (mm)	349,04	348,87
		Yaylanma Kuv.(kN)	33,61	33,62
	7	Basınca Göre Çap (mm)	352,01	352,40
		Yaylanma Kuv.(kN)	39,72	39,62

Resim 5.13 : Testler Sonucunda Ölçülen veriler ile Hesaplanan Değerlerin Karşılaştırılması



Resim 5.14 : Basınca Göre Çap Değişiminin Teorik Hesap Sonuçları ile Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması



Resim 5.15 : Taşıma Kuvvetleri Teorik Hesap Sonuçları ile Ölçüm Sonuçlarının Karşılaştırılması



## KAYNAKLAR

Krettek, Otmar (Hrsg). Federungs- und Dämpfungssysteme Fortschritte der Fahrzeugtechnik

ISBN 3-528-06400-5

Voß, Hartwich Die Luftfederung in Straßenfahrzeugen Firmenschrift ContiTech

Döhla, Werner. Ventilsysteme für die Luftfederung

ISBN 3-478-93239-4

Gieck, Jack. Riding On Air, A History Of Air Suspension

ISBN 0-7680-0454-3

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Hasan KASIM  
Doğum Yeri ve Tarihi : 01.11.1976  
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim durumu(kurum ve yıl ) : Uludağ Üniversitesi / 1998  
Lise : Bursa Erkek Lisesi  
Lisans : Makine Mühendisliği  
Yüksek lisans : Makine Mühendisliği / Mekanik Ana Bilim Dalı

Çalıştığı kurum / Kurumlar ve yıl : Pega Otomotiv Süspansiyon San. Ve Tic. A.Ş.  
İletişim (e-posta) : hskasim@gmail.com  
yayımları : -