

BİR TİCARİ ARAÇTA BAĞIMSIZ ARKA SÜSPANSİYON SİSTEMİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Gülşah Uysal*, Tayfun Hekimoğlu*, Derya Özer*

*HEXAGON STUDIO, KOCAELİ

ÖZET

Bu çalışmada, M2 sınıfı minibüslere uygulanabilen bağımsız arka aks sisteminin geliştirme adımları tanımlanmıştır. Ana hedefler sürüş konforu, taşıma kapasitesi, ağırlık ve düşük maliyettir. Piyasa bulunan araçlar yaprak yaylı rijit akslarla donatılmışlardır ki bu durum yol tutuş karakteristiğine olumlu etki etmektedir. Ancak rijit aksla donatılmış araçlar sürüş konforu, ağırlık ve geometrik olarak rijit aksın kapladığı alan bakımından zayıf kalmaktadırlar. Yolcu taşıma amaçlı olarak alçak ve düz tabanlı bir araç elde etmek istenildiği zaman bağımsız ve az yer kaplayan bir süspansiyon sistemi kullanımı şarttır. M2 sınıfı araçlara uygulanacak olan bu yeni konsept alçak ve düz bir zemine, pahalı ve komplike olan havalı süspansiyon sistemlerinin kullanımı olmadan olanak sağlayacaktır. İyi seviye bir konfor ve yol tutuş karakteristiğinin elde edilmesi için taşıt dinamiği hesapları gerçekleştirilmiştir. Düşük ağırlık ve maliyet de göz önünde bulundurulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Bağımsız Arka Süspansiyon Sistemi, Alçak Tabanlı Ticari Araç, Engelli Erişimi

AN INDEPENDENT REAR SUSPENSION SYSTEM DEVELOPMENT FOR A COMMERCIAL VEHICLE

ABSTRACT

In this study, an independent rear axle design phases for a M2 Class minibus are defined. The main targets are ride comfort, load capacity, weight and low cost. Main competitors are fitted with rigid axles (leaf spring + axle beam) which have good handling characteristic. But they are worst from ride, weight and package point of view. In order to obtain a fully low floor vehicle which is good for passenger transport an independent rear axle is a must. This new concept offers a low and flat floor area without using air springs which are expensive. In order to obtain a good ride & handling characteristic vehicle dynamics studies were performed. Low cost and weight are also taken into account.

Keywords: Independent Rear Suspension System, Low Floor Commercial Vehicle, Disabled Access

1. GİRİŞ

Araç gövdesi ile tekerlekler arasında yerleştirilen süspansiyon sistemi, yolun yapısından kaynaklanan titreşimleri sönmek üzere tasarlanmıştır. Süspansiyon sistemi sürüş konforu ve güvenliği açısından ihtiyaç duyulan bir sistemdir. Aracın yol tutuş yetenekleri sürüş güvenliğinin sağlanmasındaki en önemli faktördür. Aracın yerle bağlantısı ve yol tutuşu birçok parçanın birlikte çalışmasıyla sağlanır. Yürüyen aksam, direksiyon sistemi, süspansiyon sistemi, fren sistemi ve tekerlekler belli bir düzen ile araç gövdesine bağlıdır. Süspansiyon sistemi aracın ağırlığını taşıdığı gibi lastiklerin yola tutunmasını da sağlamalıdır. Aracın yol tutuşu hayati

önem taşır; çünkü aracın aktif güvenliği, dengesi ve konforu bu sistemin sağlıklı çalışmasına bağlıdır. Süspansiyon sisteminin görevleri şunlardır:

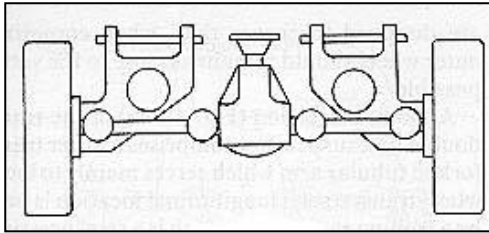
- Sürüş esnasında lastikler ile birlikte çalışarak yolcuları veya taşınan yükü korumak ve sürüş konforunu iyileştirmek amacıyla yol yüzeyinin yapısından kaynaklanan titreşimleri, salınımları ve ani şokları sönmüleyerek yumuşatır. Aynı zamanda şasi ve kaportayı da korumuş olur.

- Yol yüzeyi ile tekerlekler arasındaki sürtünmeye bağlı olarak ortaya çıkan sürüş ve fren kuvvetlerini gövdeye aktarır.
- Akslar üzerinde gövdeyi taşır ve gövde ile tekerlekler arasındaki uygun geometrik ilişkiyi sağlar.
- Yol ile tekerlekler arasında teması kaybetmeden güvenli dönüş yapmayı sağlar.
- Seyir halindeki bir araca yoldan ve havadan birçok kuvvet etki etmektedir işte bu kuvvetler araçta bazı salınımlara neden olur.

2. TEKNİK ÖZELLİKLER

Trailing Arm süspansiyon sistemi (Crank Axle olarak da bilinir), araç gövdesine veya sub-frame parçasına sabitlenmiş boyuna (longitudinal) iki adet salıncak kolundan oluşan süspansiyon sistemidir. Bu süspansiyon sistemi binek araçlarda yerini multilink süspansiyon sistemine bırakmıştır. Fakat taşıma kapasitesine göre özellikle önden çekişli hafif ve orta ticari araçların arka aksında bu süspansiyon sistemi kullanılmaktadır. Bu sistemde salıncak kolları, arka aks eksenine göre aracın önüne doğru, rijitliği taşıt dinamiği kriterlerine göre hesaplanan burçlar ile gövdeye bağlanmaktadır. Burç bağlanma ekseninin aks eksenine yaptığı açıya göre aksın isimlendirmesi Semi-Trailing Arm veya Trailing Arm olarak değişmektedir. Bu makaleye konu olan sistem, bahsedilen açının 0° olmasından dolayı Şekil-1 de gösterilen Trailing Arm süspansiyon sistemidir.

Salıncak kollarının gövde bağlanma şekli ve doğrultusu sebebi ile boyuna ekseninde elastiklik elde edilmektedir. Bu durum aracın boyuna yaylanma karakteristiğini geliştirmektedir, bu da sürüş konforunu artıran bir parametredir. Trailing arm süspansiyon sisteminin arka aksta kullanılması durumunda salıncak kolları fren manevrasında çekme, hızlanma manevrasında ise basma kuvvetlerine maruz kalır. Salıncaklar toe ve camber açısı değişimini minimize edecek rijitlikte olmalıdır.



Şekil 1. Trailing Arm Görünüşü

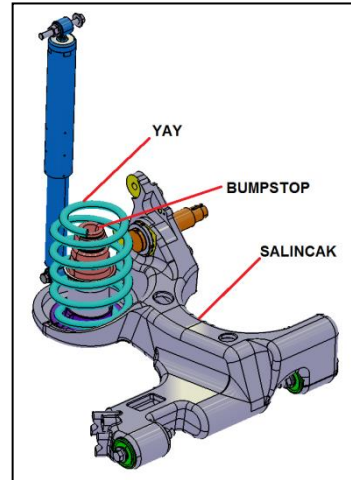
3. TRAILING ARM SÜSPANSİYON SİSTEMİNİN AVANTAJLARI

- Basit tasarım (genelde sadece iki salıncak kolu ile sınırlı)
- Minimum paket hacmi gereksinimi

- Bağımsız süspansiyonun sahip olduğu bağımsız teker hareketi
- Wheel travel değerinin pivot eksenine göre geliştirilebilmesi
- Taşıma kapasitesi
- Yaylanmamış kütlelerin (unsprung mass) azaltılarak sürüş konforunun artırılabilmesi
- Alçak taban araç tasarımı imkânı sağlanması
- Van tipi araç konseptine uygun bir aks tipi olması
- Basit yapının beraberinde getirdiği ağırlık avantajı
- Kazanılan tecrübe

4. SÜSPANSİYON DETAYLARI

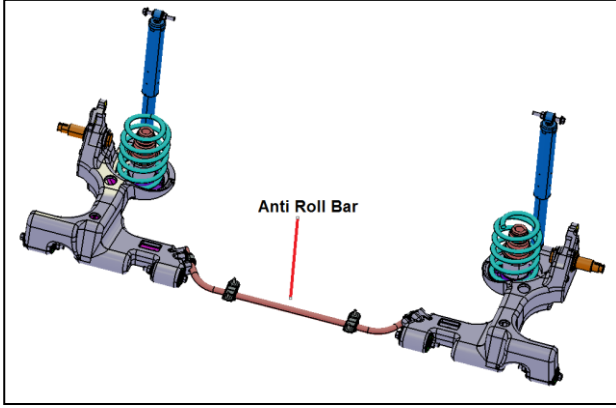
Trailing Arm yapısında kullanılan salıncakların boyutları, diğer süspansiyon sistemlerinde kullanılan salıncaklara göre oldukça büyüktür. Bunun nedeni ise sistemde dikey yük taşıyan iki eleman olan yay ve bumpstop'un salıncak üzerindeki çanağa montajının yapılmasıdır. Ayrıca aksın pivot eksenine etrafında rotasyonel hareketini yaratan tek parça salıncaktır. Salıncak gövde bağlantılarına ek olarak lastik merkezine de rijit bir şekilde bağlanmaktadır.



Şekil 2. Salıncak Görünüşü

Bu süspansiyon sistemi de diğer süspansiyon sistemleri gibi aracın maruz kaldığı yatay, dikey ve boyuna kuvvetleri taşımakla görevlidir. Aksın yapısı itibari ile salıncak kollarında eğilme ve burulma momentleri yüksek derecede görülmektedir.

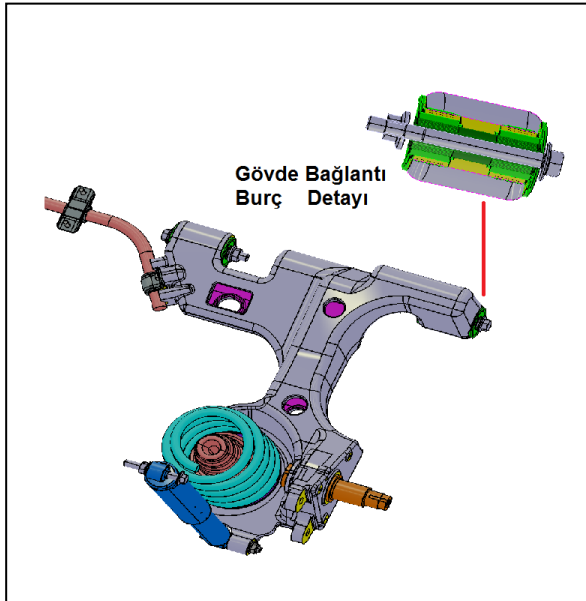
Süspansiyon geometrisinden dolayı dikey ve yanal kuvvetler altında camber ve toe açıları değişim gözlenmez. Fakat aracın viraj alırken yaptığı yalpa (roll) hareketinde, süspansiyon gövde yalpa açısı (body roll angle) kadar yalpa yapmaktadır. Bu da yola göre lastiklerde camber açısı oluşmasına sebep olmaktadır. Bu durum stabilizatör (anti roll bar) kullanılarak aşılabılır.



Şekil 3. ARB Görseli

Trailing arm'ların hareket zarfı da hesaba katıldığında bu süspansiyon sisteminin paketleme açısından pek çok avantajı bulunmaktadır. Araç gövde taban seviyesi ticari araçlara uygun olacak şekilde düz yapılabilir ve olabildiğince aşağı çekilebilir. Engelli erişimli araçların düşük tabanlı (low floor) yapısı için çok uygun bir sistemdir. Ayrıca lastik hareketi (wheel travel) azaltılarak aracın alçak tabanlı yapısı Avrupa regülasyonlarına uygun şekilde daha da alçak hale getirilebilmektedir. Buna ek olarak salıncak kollarının arasındaki hacime yakıt tankı veya yedek lastik paketlemesi yapılabilir. Paketleme yapılacak bu alanda süspansiyon sisteminin bump ve rebound hareketlerinde iz genişliğinde bir değişime sebep vermemesi sebebi ile değişim olmayacaktır.

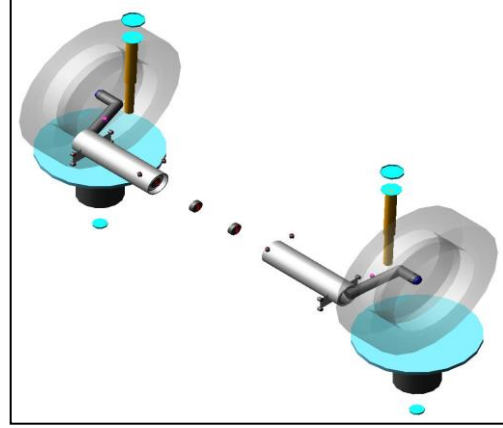
Salıncak kollarının gövde bağlantılarını sağlayan burçlarda yan ve boyuna yükler altında deformasyon oluşması sebebi ile elasto kinematik açısından lastik merkezinde kalıcı bazı değişiklikler, ayrıca pozitif camber oluşma ihtimali bu aksın dezavantajlarındandır.



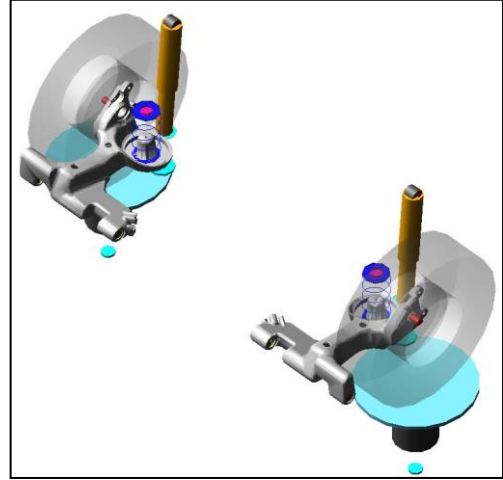
Şekil 4. Elastik Burç Detayı

5. TRAILING ARM AKS İLE TORSION BEAM AKS ARAÇ DİNAMİĞİ KIYASLAMASI

Araç dinamiği kıyaslamaları Adams Car programı vasıtası ile iki aks arasında sanal ortamda kıyaslandı. Aşağıda oluşturulan modellere ait görseller mevcuttur. Akslar arasında bir takım değerler kıyaslanmış ve bu kıyaslama Şekil 5 ve Şekil 6'daki grafikler ile yorumlanmıştır.



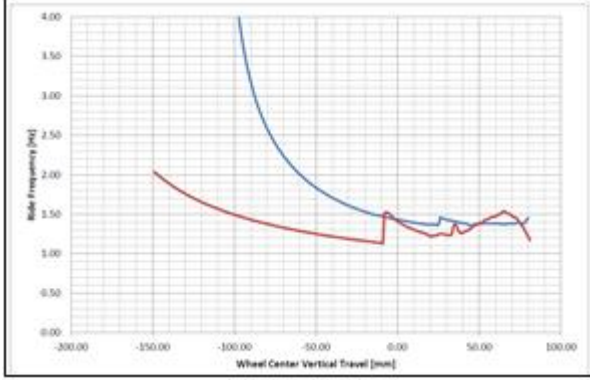
Şekil 5. Torsion Beam Süspansiyon Sistemi Adams Car Modeli



Şekil 6. Trailing Arm Süspansiyon Sistemi Adams Car Modeli

Ticari araçlar düşünüldüğünde, trailing arm tasarım karmaşıklığı açısından muadillerine göre daha basit fakat bir o kadar konforlu bir süspansiyon sistemidir. **Error! Reference source not found.**'de (x:wheel travel [mm], y: sürüş frekansı[Hz]), aynı ön süspansiyon taşıt dinamiği modeline sahip aracın iki farklı arka süspansiyon sistemine göre arka süspansiyon sürüş frekansı karşılaştırmasını içermektedir. Trailing arm (kırmızı çizgi) ve torsion beam (mavi çizgi) kullanılan modellerde arka süspansiyon sürüş frekansı değerlerine göre trailing arm süspansiyon sisteminin daha konforlu olduğu görülmüştür. Özellikle araç yüklü değilken bu fark çok

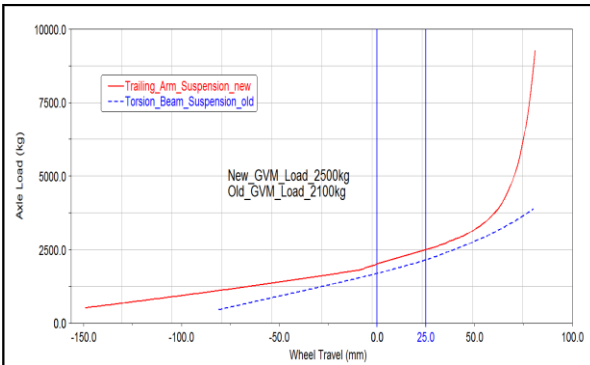
daha nettir. Taşıt dinamiğinde sürüş frekansının 1 Hz'e yakın olması sürüş konforu açısından çok önemlidir. Eski arka aks ve yeni arka aks kıyaslandığında özellikle araç yüklü değilken, yay ve bumpstop kullanımından dolayı sürüş frekansında ciddi bir iyileşme sağlanmıştır.



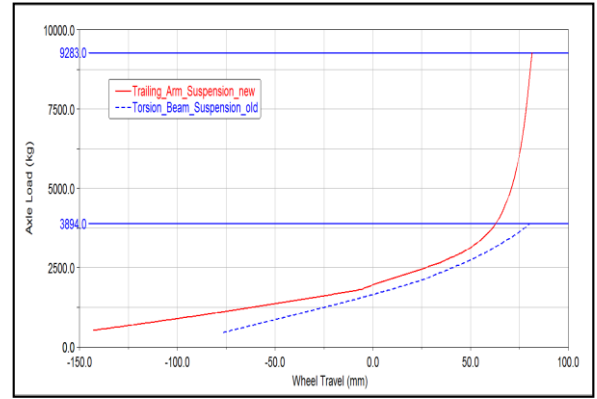
Şekil 7. Wheel travel- Ride frequency

Daha önce sürüş frekansı karşılaştırmasında bahsi geçen iki farklı aks tipi için taşıma kapasitesi, yüklü ağırlık (gross vehicle weight) ve lastik hareket zarfı (wheel travel) açısından Şekil 8'de gösterilen bazı karşılaştırmalarda bulunulmuştur. Geliştirilen trailing arm süspansiyon sistemi yay ve bumpstop katkısı ile maksimum 9283 kg (3.71 g GVM yükü) yük taşıırken, torsion beam süspansiyon sistemi maksimum 3894 kg yük taşıyabilmektedir. Trailing arm süspansiyon sisteminde, aksa gelen kuvvetin 3g'lik kısmı (yaklaşık 7500 kg) yayın merkezinde konumlandırılmış kauçuk ve non-linear katılık özellik gösteren bumpstop parçası tarafından taşınmaktadır.

İki süspansiyon sistemi tam yüklü durum için karşılaştırıldığında, trailing arm süspansiyon sistemi 2500 kg yük taşıırken; torsion beam süspansiyon sistemi 2100 kg taşıyabilmektedir. Bu durum trailing armın taşıma kapasitesi açısından ticari araçlar düşünüldüğünde ne kadar avantajlı olduğunu ortaya koymaktadır.

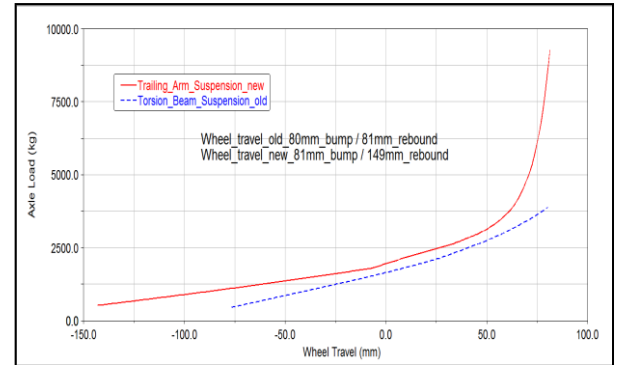


Şekil 8. Axle Load -Wheel travel



Şekil 9. Gross vehicle weight -wheel travel

Ayrıca trailing arm süspansiyon sistemi lastik hareket zarfı açısından bump ve rebound hareketlerinde daha fazla hareket kabiliyeti sağlamaktadır. Aşağıdaki grafikten de görüleceği üzere trailing arm, torsion beam'e göre rebound hareketinde 68 mm daha fazla hareket imkânı sağlamaktadır, bu da aracın arazi koşullarında ve bozuk yol şartlarında kullanımını daha kolay hale getirmektedir.

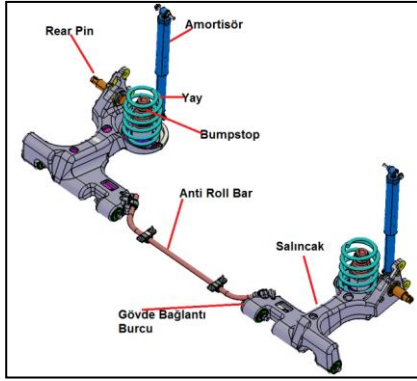


Şekil 10. Axle Load -Wheel travel

5. TASARIM ÇALIŞMALARI

Trailing arm süspansiyon sistemi için yapılan tasarım çalışması Şekil 11'de gösterilmiştir. Süspansiyon özelinde kullanılan parçalar aşağıda sıralanmıştır. Parçaların görevini ve imalat yöntemi kısaca açıklanacaktır.

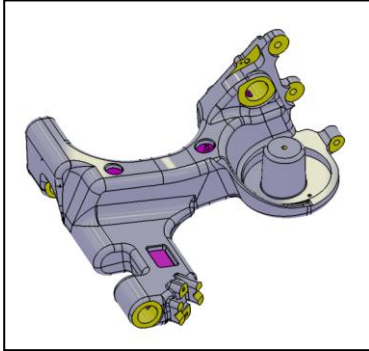
1. Salıncak
2. Bumpstop
3. Yay
4. Amortisör
5. Rear Pin
6. Gövde bağlantı burcu
7. Anti Roll Bar



Şekil 11. Arka Aks Tasarım Görseli

5.1. Salıncak

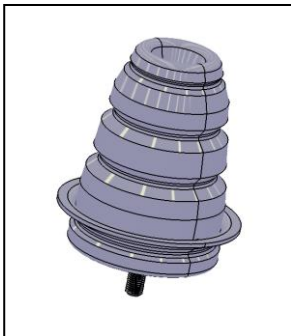
Üzerinde bumpstop, yay, amortisör, kaliper taşıyarak; teker ile gövde arasında elastik burçlar sayesinde bağlantıyı sağlamaktadır. Tasarım olarak üzerine gelen yükleri taşıması ve burulmayı engellemesi göz önünde bulundurularak tasarım yapılmıştır. Malzeme olarak ADI 900 kullanılması öngörülmektedir. Bu malzeme akma ve kopma değerleri açısından oldukça mukavim olmak ile birlikte, parçaya hafiflik sağlayacak özgül ağırlık değerine sahiptir.



Şekil 12. Salıncak

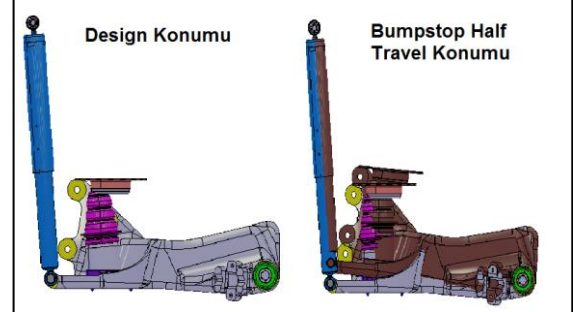
5.2. Bumpstop

Araca yoldan gelen darbeleri gövdeye sönmüleyerek iletmesini sağlayan parça bu araç için tanımlanan değerler çerçevesinde seçilerek süspansiyona ilave edilmiştir.



Şekil 13. Bumpstop

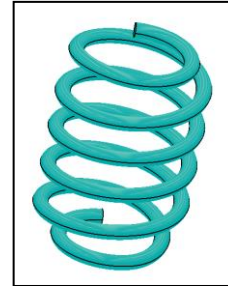
Geliştirilen aks sisteminde bumpstop design pozisyonunda açılı olarak konumlandırılmıştır ve teker hareketinin orta noktasında yer eksenine paralel olmasını sağlayacak şekilde dizayn edilmiştir.



Şekil 14. Araç Bumpstop Konumu

5.3. Yay

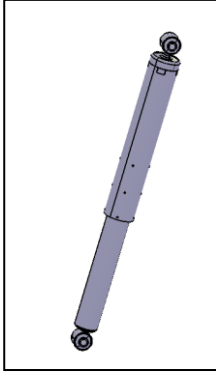
Yaylar enerji depolayan elemanlardır. Sürüş sırasında yoldan gelen darbeler ,tekerlekler aracılığı ile çok kısa zamanda içerisinde yaylara kinematik enerji olarak iletilir. Yaylar bu enerjiyi sıkıştırmak sureti ile potansiyel enerji olarak üzerine depolar . Bu depolanan enerji yavaş salınım ile tekrar kinematik enerjiye dönüştürülerek bırakılır. Bu sayede yoldan gelen darbe araç gövdesine geçmeden yay üzerinde sönmülenmiş olur.



Şekil 15. Yay

5.4. Amortisör

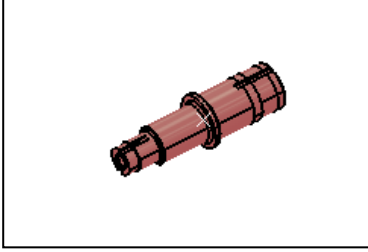
Araç yol yüzeyindeki darbeler maruz kaldığında süspansiyon yayları uzayarak ya da kısalarak bu darbeleri karşılar . Darbeleri karşılamaları esnasında bir süre salınım hareketi yapar. Gerçekte bir yayın kısa bir salınımdan sonra durması beklenir. Aynı zamanda yayların hem yeter derecede sert hem de eğilebilir özellikte olmaları gerekmektedir. Bunun yanı sıra yayların sıkışması ve gevşemesi hallerinden araçta aşırı sarsıntılara yol açmaması emniyet ve konfor için zorunludur. Bu neden ile sarsıntı ve darbeyi şasiye iletmeyen yayın yavaşça gevşemesi ve sıkışmasını sağlayan , kontrolsüz salınımı kısa sürede durduracak eleman amortisördür.



Şekil 16. Amortisör

5.5. Rear Pin

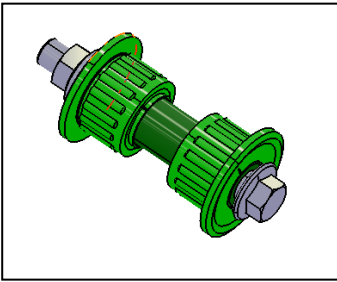
Gerekli toleranslara göre biçimlendirmiş talaşlı olarak imal edilen rear pin parçası ,salıncak ile tekeri birbirine bağlanmasını sağlamaktadır.



Şekil 17. Rear Pin

5.6. Gövde Bağlantı Burcu

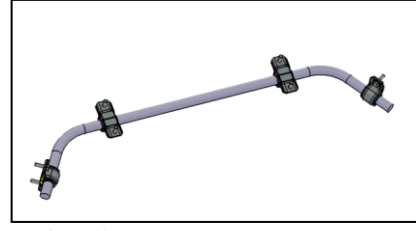
Civata ile salıncak arasındaki kauçuk burç metal-metal temasını engellemiştir. Kauçuk burçlar titreşimleri üzerlerine alır ve kendi yapılarında yok ederek şasiye aktarılmasını engel olur.



Şekil 18. Gövde Bağlantı Burcu

5.7. Anti Roll Bar

Dönüş esnasında aracın yana yatması ile meydana gelen merkezkaç kuvvetine bağlı olarak aracın savrulmasını önlemek için denge çubuğu kullanılır. Anti roll bar ,virajın iç tarafında kalan tekerleği de yere bastırmak suretiyle ,emniyetli bir dönüş yapma imkanı sağlar.



Şekil 19. Anti Roll Bar

6. TEST

Süspansiyon sistemi ve süspansiyona ait parçalar valide edilmesi için ,dikey / yanal yorulma ve dikey / yanal kırılma testinin bench testlerine tabi tutulacaktır. Süspansiyon sisteminin tümü donör araca yapılacak prototipin takılması ile test edilecektir.

KAYNAKLAR

1. Hessing, B., Ersoy, M., (2011), “**Chassis Handbook**”, Vieweg+Teubner Verlag.
2. Gillespie, T. (1989), “**Fundamentals of Vehicle Dynamics**”, Society of Automotive Engineers.
3. Reimpell J., Stoll H., Betzler J. W. (2001). “**The Automotive Chassis**”, Reed Elsevier and Professional Publishing Ltd.
4. Berkum van A., (2006), “**Chassis and Suspension Design**”, Technische Universiteit Eindhoven, Department of Mechanical Engineering
5. Brower M., Hopson N., O’Brien N., Peirson B., (2007), “**Automobile Suspension Design**”, Grand Valley State University, Padnos College of Engineering and Computing, School of Engineering