

## **TREYLER ŞASİSİ YAPISAL DAYANIKLILIK VE ÖMÜR ANALİZİ**

**Hüseyin Akbaş<sup>\*</sup>, Faruk Güç<sup>\*</sup>, Serkan Us<sup>\*\*</sup>, Aydın Kuntay<sup>\*\*</sup>**

<sup>\*</sup>Otokar A.Ş., ADAPAZARI  
<sup>\*\*</sup>Bias Mühendislik, İSTANBUL

### **ÖZET**

Treylerlerin taşımacılıktaki payları düşük işletme maliyetleri ve çok akslı konfigürasyonları sayesinde üstün dingil yükü dağılımı gibi avantajları nedeniyle sürekli artmaktadır. Treylerin servis ömrü süresince sorun çıkartmaması ve maksimum yük taşıyabilmesi optimum şasi tasarımına bağlıdır. Bu çalışmada Otokar'ın 3 dingilli, tenteli yarı treyler şasisinin statik mukavemet ve yorulma ömrü analizleri yapılmıştır. Şasiye iletilen yükler bozuk yol koşullarından, virajlardan, frenleme ve ivmelenmeden kaynaklanır ve üç eksenlidir. Tasarım yükleri için Otokar'ın uzun yılların tecrübesi sonucunda oluşturduğu bilgi birikiminden yararlanılmıştır. Kullanılan yüklerin doğruluğu prototip araçtan alınan ölçümlerle teyit edilmiştir. Tasarım yükleri anlık maksimum değerler ile yorulma ömrü hesabında kullanılacak servis yükleri olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Öncelikle şasinin sonlu elemanlar analizleri yapılmış ve kritik görülen ve nümerik çalışmayı doğrulamak için seçilen noktalara strain gage'ler yerleştirilmiştir. Anlık maksimum yüklerle yapılan statik analizler ile malzemenin akma mukavemeti karşılaştırılmıştır. Servis yükleri ile yapılan yorulma analizlerinde kaynaklı bölgeler için BS5400 ve BS7608 standartlarında verilen yöntem uygulanmış, kaynaklı bölgeler için malzemenin kendi S-N eğrisinden yararlanılmıştır. Şasinin istenen mukavemete sahip olduğu ve ağırlık bakımından hafifleştirilebileceği görülmüştür.

**Anahtar kelimeler:** Treyler, şasi, yorulma analizi, sonlu elemanlar yöntemi

### **DURABILITY AND LIFE ASSESSMENT OF A TRAILER CHASSIS**

#### **ABSTRACT**

Trailers are used in increasing numbers in transportation as they have advantages such as lower operating costs and superior surface loads by multi-axle configurations. It is very important for the trailer to successfully fill its service life without any failures by maximizing carrying capacity. For this reason optimization of the chassis is required. In this study, Otokar's 3-axle, semi trailer chassis is analyzed for overloads and fatigue conditions. The loads acting on the chassis are three dimensional due to rough roads, cornerings, braking and acceleration. We have used the loads given in Otokar's design book which is developed by many years of experience in this field. Meanwhile, loads are verified also by the measurements on a prototype vehicle. Design loads are divided into two as overloads to compare with materials yield stresses and fatigue loads to satisfy the design life. Chassis is first analyzed by finite element method under static loads. Strain gages are applied to critical locations and points which will be used to verify finite element model. Using the results of both finite element analysis and measurements, welded regions are analyzed according to BS5400 and BS7608 standards and non welded sections are analyzed by using materials own S-N curves. It is proved that chassis is durable for overloads and resistant to fatigue enough so that parts can be optimized for weight.

**Keywords:** Trailer, chassis, fatigue analysis, finite element method

## 1. GİRİŞ

Treylerler bugün taşınan ağırlık başına en düşük maliyetle en avantajlı karayolu taşımacılık araçlarıdır. Treylerin düşük işletme maliyetlerinin de bu araçların yayılmasında payı vardır. Bu nedenle treylerin ulusal ve uluslararası regülasyonları sağlaması, en düşük yapısal ağırlıkla, maksimum yükleri taşıması ve istenen servis ömrü boyunca hasarsız çalışması istenir.

Bu çalışmanın amacı Otokar'ın üç dingilli tenteli treylerinin optimizasyonu için statik gerilme ve yorulma analizlerini gerçekleştirmektir. Tasarım yükleri Otokar tasarım kitabından alınmıştır. Bu kitapta bulunan bilgiler uzun senelerin bilgi birikimidir. Buna göre şasinin mukavemeti anlık aşırı yüklerle ve servis yüklerine olan dayanımına bağlıdır. Anlık aşırı yükler büyük bir çukura düşülmesi, veya yüksek bir kasisten hızlı geçilmesi, ani fren yapılması ve viraja hızlı girilmesi sonucunda oluşabilecek yüklerdir. Boylamasına, yanal ve düşey ekseninde tanımlanan bu ivme yükleri altında yapının kalıcı bir deformasyona uğramaması gerekmektedir. Servis yükleri ise normal çalışma koşullarında yol tipine bağlı olarak ortalama ivme değerleri olarak verilmiştir. Yapının bu tekrarlı yükler altındaki ömrünün belirli bir değerin üzerinde olması istenmektedir.

Treyler şasisi Şekil 1'de görüldüğü üzere 4 ana boylamasına kiriş (lonjeronlar ve yan revler) ile bunlara kaynaklı enine kirişlerden meydana gelir. Şasinin baş kısmında kingpin ile çekiciye bağlandığı bölgede gene kaynaklı profillerle ve saclarla daha mukavim bir yapıdan oluşmaktadır.

Şasinin gerilme analizi tasarım yükleri ile sonlu elemanlar yöntemi ile yapılmıştır. Gerek sonlu elemanlar modelini doğrulamak gerekse modelleme tekniğinden kaynaklanan yüksek gerilme bölgelerindeki gerçek gerilme seviyesini tespit etmek için ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlerde prototip araç üzerinden üç yönde ivme ve 17 noktadan strain gage verisi toplanmıştır. Statik test, beton blokların şasi üzerine yerleştirilmesi suretiyle Otokar bünyesinde, yol testleri de genel yol koşullarını sağlayan 6 km'lik bir parkurda yapılmıştır.

Sonlu elemanlar analizi ve ölçüm sonuçları beraber değerlendirilerek tasarım yükleri altında yapıdaki gerilme dağılımı tespit edilmiştir.

Kaynaklı konstrüksiyon yapıların yorulma dayanımı BS7608 ve bu standartın dayandığı BS5400 standartında ve diğer bazı standartlarda verilmiştir. Bu standartlar uzun deneyler ve araştırmalar sonucu elde edilmiştir. Buna göre kaynaklı yapılar, geometrilerine ve gerilme hallerine göre sınıflandırılmışlardır. Her sınıf için ayrı bir S-N eğrisi verilmiştir. Bu S-N eğrisine tatbik edilecek gerilme kaynaklı bölgeden uzakta yapının kesitindeki

nominal gerilme düzeyidir. Nominal gerilme seviyesine göre kaynağın ömrü tespit edilir. Kaynaksız bölgelerin yorulma ömrü ise malzemenin kendi S-N eğrisine bakarak belirlenir.

## 2. SONLU ELEMANLAR GERİLME ANALİZİ

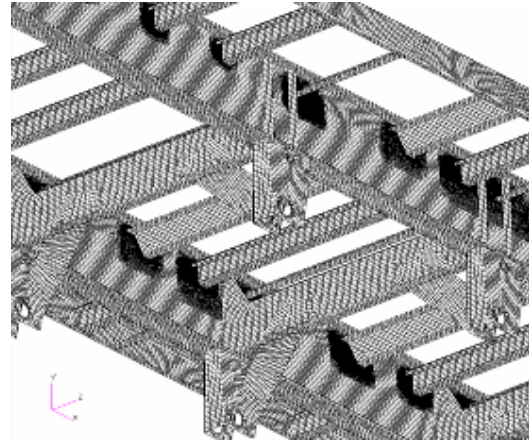
### 2.1 Sonlu Elemanlar Modeli

Şasinin sonlu elemanlar modeli sadece 4 düğüm noktalı kabuk elemanlardan oluşturulmuştur. Elemanlar sacların orta düzlemlerinden geçen yüzeyler üzerinde yaratılmıştır. Kaynaklı bölgeler çoğunlukla ortak düğüm noktaları kullanılmak suretiyle birleştirilmiştir. Diğer bölgelerde ise kaynak yerine tek sıra kabuk eleman veya RBE2 rijit elemanları kullanılmıştır [1]. Toplam eleman sayısı 534,632'dir.

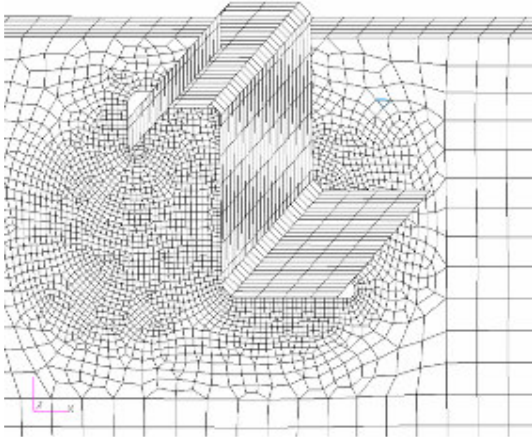
İlk yapılan analizlerde enine kirişlerin, lonjeronlar ile kesiştiği bölgelerde yüksek ve ani değişim gösteren gerilme dağılımı görüldüğü için bu bölgeler ikinci kez sıkılaştırılmıştır.



Şekil 1. Şasi sonlu elemanlar modeli



Şekil 2. Şasi arka bölgesi sonlu eleman ağı.



Şekil 3. Enine kiriş ve lonjeron kaynak bölgesi.

Şasi önde çekici temas bölgesinden ve arka tarafta makas kulakları ile havalı süspansiyon bağlantılarından mesnetlenmiştir.

## 2.2. Anlık Aşırı Yük Analizleri

Anlık aşırı yükler aracın kendisine ve taşınan yüke etkiyen ivme değerleri olarak verilmiştir. Bu yükler şasi yapısına atalet kuvveti olarak verilmiştir. Meydana gelen gerilmeler malzemenin akma gerilmesi ile karşılaştırılacaktır. Kargo ağırlığının taşımacılıkta kullanılan standart paletlere eşit şekilde dağıldığı varsayılmıştır (Tablo 2). Paletlerde taşınan yükün yüksekliğinin izin verilen en yüksek durum olan 2.7m olacağı varsayılmıştır. Dikey yayılı yük yerçekimine paralel olup, kargo yükü ile verilen ivme değerinin çarpılmasından elde edilir ve paletlerin oturduğu yüzeylere eşit şekilde dağıtılmıştır. Boylamasına ve enlemesine ivme değerleri, kargo yükü ile çarpılmış ve şasiye kuvvet ve ağırlık merkezinin yüksekliğinden kaynaklanan moment olarak dağıtılmıştır.

Tablo 2. Kargo Yükleri

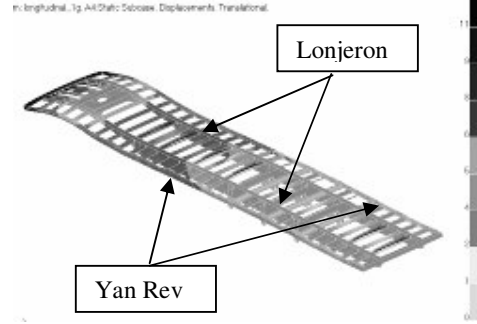
Tasarım yükü ağırlığı	30,000kg
Taşınan yükün azami ağırlık merkezi yüksekliği	1.475m.
Palet sayısı	3x11 adet

Analizler doğrusal elastik olarak yapılmıştır. Her eksenlerdeki analiz sonucu ayrı ayrı değerlendirilmektedir.

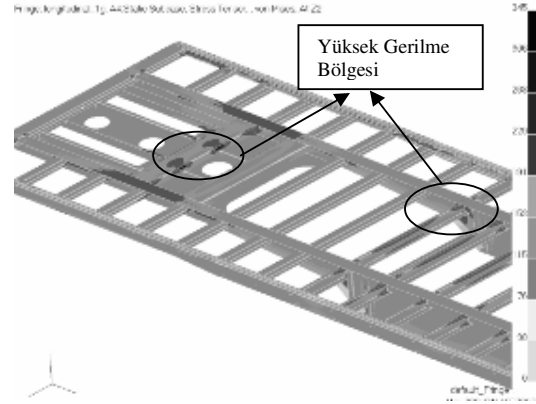
Boylamasına gelen yükler frenleme veya ivmelenme sonucu oluşmaktadır. Meydana gelen kuvvet şasiyi mesnet noktaları arasında boylamasına sıkıştırılmaktadır. Aynı zamanda moment kolunun etkisiyle paletlerdeki yük paletin önünü aşağı bastırırken, arkasını havaya kaldırmaya çalışmaktadır. Şasinin deformasyon hali

abartılı şekilde Şekil 4’de görülebilir. En yüksek sehim aracın önünde meydana gelmektedir

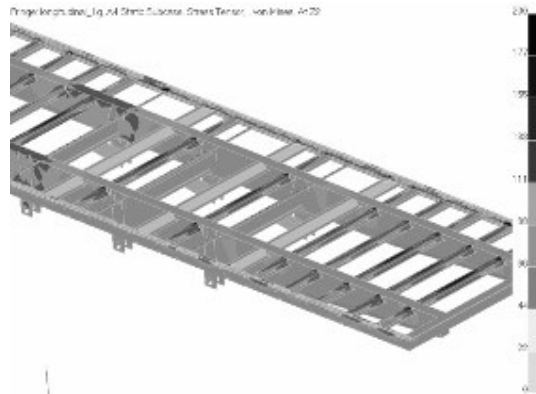
Bu yüklemde en yüksek gerilmeler mesnetlere yakın yerlerde bulunmuştur. Bu değerler akma gerilmesinin altındadır.



Şekil 4. Boylamasına yükte deformasyon.



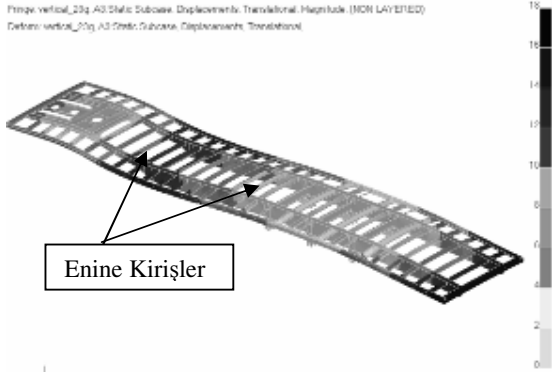
Şekil 5. Boylamasına yükleme ön kısım gerilme dağılımı



Şekil 6. Boylamasına yükleme arka kısım gerilme dağılımı

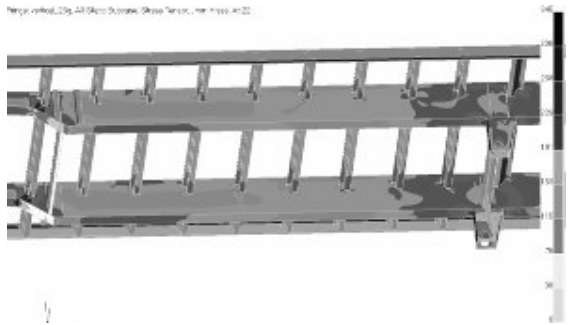
Dikey yükleme durumunda şasi mesnetler etrafında aşağı doğru bükülmeye çalışmaktadır. Bu durum Şekil 7’de

görülebilmektedir. En yüksek sehimi aracın arka tarafında meydana gelmektedir.



Şeki 7. Dikey yüklem durumunda abartılı deformasyon hali.

Lonjeronda arka makas kulağı etrafında, flanşlarda nispeten yüksek gerilmeler meydana gelmektedir (Şekil 8). Lonjeronun kesit değişim bölgesinde de yüksek gerilmeler gözükmemektedir. Bu yüklem durumunda da gerilme seviyesi akma sınırının altındadır.



Şekil 8. Şasi orta kısım dikey yüklem gerilme dağılımı.

Yanal yüklem sonucu oluşan deformasyon abartılı şekilde Şekil 9'da görülmektedir. En yüksek deplasman en arka kısımda olmaktadır. Aracın arkası yanal yük etkisi ile arka makas kulağı ve airspring etrafında dönmeye çalışmaktadır.

Aracın ön bölgesinde kingpin etrafındaki yapıda sadece lonjeron kesişiminde nispeten yüksek gerilmeler oluşmaktadır. Bunun dışında gerilmeler bu bölgede oldukça düşüktür (Şekil 10).

Arka makas kulağı lonjeron flanşında, kesit daralma bölgesinde, şasi arka tarafında enine kirişlerin kaynak etrafında nispeten yüksek gerilmeler meydana gelmektedir.



Şekil 9. Yanal yüklem, deformasyon hali.



Şekil 10. Yanal yüklem, arka kısım gerilme dağılımı.

### 3. STATİK YÜKLEM VE YOL TESTLERİ

Sonlu elemanlar analizlerini doğrulamak ve sonuçları daha iyi yorumlayabilmek için deneysel gerilme analizi de yapılmıştır.

Analiz sonuçlarına bakılarak 5 adet tek eksenli ve 12 adet rozet olmak üzere toplam 17 noktadan strain gage ölçümleri yapılmıştır. Ayrıca şase üzerinde 3 eksenli ivme ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Test yüklemesi olarak herbiri 1,080kg olan beton bloklar kullanılmıştır (Şekil 11). Toplam beton blok ağırlığı 33,630kg'dur. Yapılan testler şunlardır:

1. Statik test: Boş şasi üzerine beton bloklar yerleştirildikten sonra meydana gelen gerilmelerin ölçülmesi.
2. Yol Testi: Otokar yakınındaki Dizayn Standartında seçilen yol sınıfına tekabül eden yol tipine örnek yolda yapılan ölçümler.



Şekil 11. Test aracı.

### 3.1. Statik Test

Tüm strain gage'ler araç yüksüz durumda iken sıfırlanmış, beton bloklar konulduktan değerler ölçülmüştür. Bu yüklemenin aynı sonlu elemanlar analizinde de yapılmıştır. Bu test, tasarım yüklerinden sadece dikey yükleme durumunu simüle etmektedir.

Mesnet ve kaynak bölgelerinden uzakta olan homojen gerilme dağılım bölgelerinde sonuçlar birbirine çok yakındır. Fark bu bölgelerde ortalama %10 civarındadır.

Kaynakların yakınında okunan değerlerde ise sonlu eleman analiz sonuçlarının testlerden daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonlu elemanlar modelinde kabuk elemanların kesişimlerinde keskin köşelerden kaynaklanmaktadır.

Mesnet bölgelerinin yakınındaki alanlarda ise ani gerilme değişimleri meydana gelmektedir. Bu nedenle sonlu eleman analizi ile deneysel veriler arasında bazı noktalarda farklılıklar oluşmaktadır.

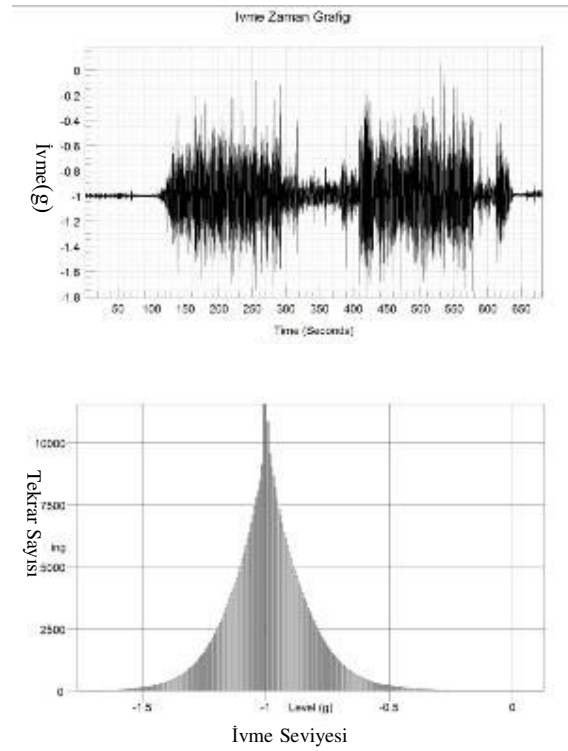
Dolayısıyla kaynak ve mesnet yakınındaki yerler haricinde sonlu elemanlardan elde edilen sonuçlar doğrulanmıştır. Kaynak ve mesnet yakınındaki bölgelerde ise akma gerilmesi karşılaştırılmasında test sonuçları, yorulma ömrü hesapları için de BS7608 prosedürü kullanılmıştır.

### 3.2. Yol Testleri

Otokar fabrikası yakınlarında yapılan yol testinde uzunluğu 5.2 km olan yolda 2 defa ölçüm alınmıştır. Yolun sonundaki virajlar yanal yüklerin gelmesini, yolun bozukluğu dikey yükleri ve başlama ve durma anlarında yapılan ivmelenme ve frenleme ile de boylamasına yüklerin oluştuğu düşünülmektedir.

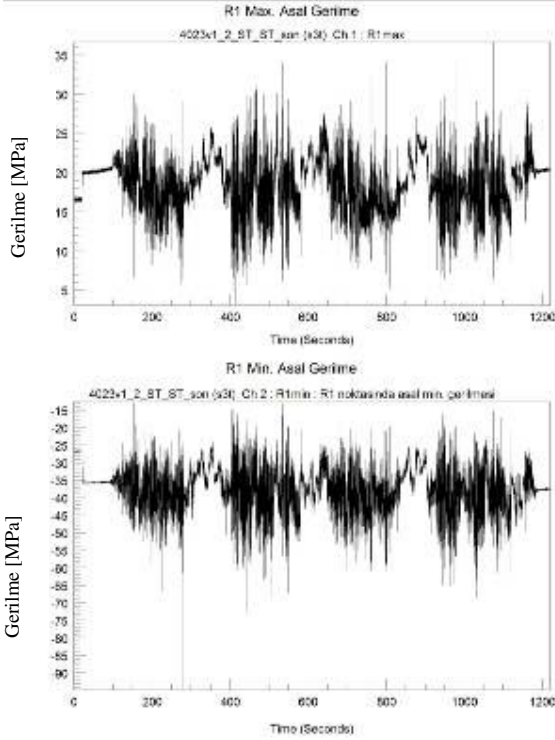
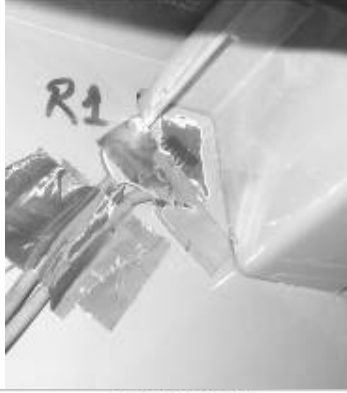
Bu testin amacı yorulma analizlerinde kullanılan tasarım yüklerinin gerçekliğini teyit etmek ve statik testlerde yapılamayan yanal ve boylamasına yükleme durumlarında meydana gelen gerçek gerilme değerlerini incelemektir. Elbette yolda meydana gelen gerilmeleri, birebir statik yanal ve boylamasına yükleme analizleriyle karşılaştırmak mümkün değildir. Ancak mertebe olarak fikir vermektedir.

İvme verilerinin zaman ekseninde ve Level-Crossing grafiklerinden birisi örnek olarak Şekil 12'de verilmektedir. Level Crossing grafiğinde ivme seviyelerinin kaç defa geçildiği sayılmaktadır. Yol testinden elde edilen ivmelerin tasarım yükü olarak kullanılan yorulma yüklemeleriyle büyük oranda örtüştüğü görülmektedir. Anlık aşırı tasarım yükleri ise yolda ölçülenlerin oldukça üzerindedir. Bu değerlerin normal koşullarda görülmemesi normaldir.



Şekil 12. Dikey ivme-zaman ve level crossing grafikleri.

Strain gage ölçümleri aracın boş durumu referans alınarak yapılmıştır. Rozet hesabı ile elde edilen gerilme-zaman grafiklerinden birisi Şekil 13'de verilmektedir.



Şekil 13. Arkadan dördüncü enine kiriş kaynak bölgesindeki gerilme-zaman eğrisi (test).

#### 4. YORULMA ANALİZLERİ

Kaynaklı yapıların çoğu yorulmadan kaynaklanan hasardan ötürü kaynağa yakın bölgelerden kırılırlar. Bu çalışmada kaynaklı yapının yorulma analizi için BS7608 [4] standardı kullanılmıştır. Bunun yanında Otokar Tasarım Kitabı ve BS5400 gibi diğer bazı kaynaklardan da yararlanılmıştır [2, 3, 5, 6, 7].

Yorulma için verilen yüklemeler sonlu elemanlar analizinde ayrı ayrı çözülmüştür. Gerilme analizinin sonuçları MSC.Fatigue programına girilmiştir. Burada yüklemenin bir tam çevrim yaptığı tanımlanmıştır. Yorulma hesabı yapılacak şasi yapısı kaynaklı kısımlar ve

kaynaklı kısımlar olarak ikiye ayrılmıştır. Kaynaklı kısımlar için BS7608 standartına göre hesap yapılırken kaynaklı kısımlar için malzemenin kendi S-N eğrisine göre hesap yapılmıştır.

#### 4.1. Kaynaklı Kısımların Yorulma Analizi

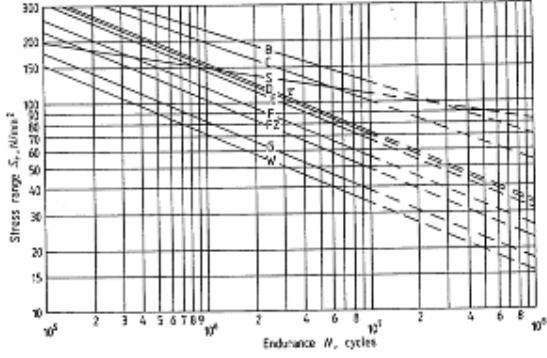
Kaynaklı yapıların yorulma hesabı hakkındaki BS7608 standartında kaynaklı yapılar geometriye ve gerilme haline göre sınıflandırılmışlardır (Şekil 14). Enine kirişlerin kaynak kısımları F tipi olarak belirlenmiştir. Diğer bölgelerde uygun sınıflara ayrılmıştır. Bu sınıflandırma o bölge için analizlerde kullanılacak S-N eğrisini belirlemektedir (Şekil 15).

edge of a stressed member		
Class	Notes	Sketch
F		
F	Flat welded joints should be made with an additional reinforcing fillet so as to provide a uniform toe profile to that which would exist in a flat welded joint.	
F2	The decrease in fatigue strength with increasing attachment length in tension zones shall be considered at the design stage, giving an increase in stress concentration.	
G	The classification may be downed as a hole stress concentration arising from normal eccentricities in the thickness direction. This type includes gusset metal adjacent to the ends of flange cover plates regardless of the shape of the ends.	
G	This type applies regardless of the shape of the end of the attachment. In all cases, care should be taken to avoid undercut, or chamfer, corners or to grind it out to a smooth profile should it occur. In particular, weld returns across corners should be avoided and the use of cover plates wider than the flange, to which they are attached, is not recommended. The classification applies to all sites of attachment. It would therefore include, for example, the junction of two flanges at right angles. In such situations a low fatigue classification can often be avoided by the use of a transition plate (see the joint type G.5).	

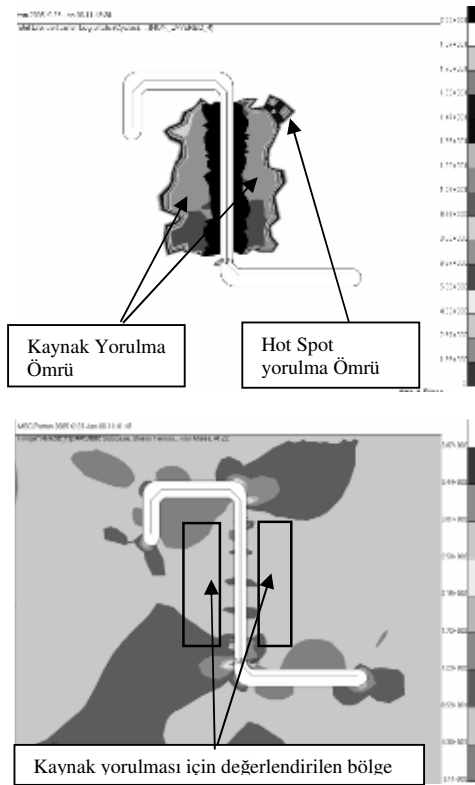
Şekil 14. BS7608 Kaynak sınıfları.

Kaynaklı kısımların yorulma hesabında referans alınacak nominal gerilme bölgesi sonlu elemanlar modelinde kaynak sınıfına göre gruplara ayrılmıştır. Standartta nominal gerilme her ne kadar kaynağın kendisinden kaynaklanan gerilme yığılmasının dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir. Ancak kaynağın kendisinin yarattığı yığılma dikkate alınmamalıdır. Bu nedenle referans grup sonlu elemanları kaynağın 15-20mm kadar uzaktaki eleman sırasından oluşturulmuştur. Şekil 16'da örnek bir enine kiriş gerilme ve ömür analizi gösterilmektedir. Enine web'in yanındaki elemanlar hesaba katılmamıştır. Program her bir düğüm noktasındaki gerilmeyi alır, yüklemenin bir tam çevrim yapmasını sağlar ve referans gruptan bulunduğu maksimum asal gerilme aralığını, ilgili kaynak sınıfına ait S-N

eğrisinde yerine koyarak kaynağın ömrünü bulur. Hesaplarda kullanılan S-N eğrisi %99.9'luk hasarsızlık olasılığına denk gelen eğridir. Bu analizlerden elde edilen değerler hedef olarak istenen tekrar sayısı ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 15. Kaynak sınıflarına göre S-N eğrileri (BS7608).



Şekil 16. Enine kiriş kaynak bölgesi gerilme (altta) ve ömür (üstte) dağılımı.

Boylamasına yüklem durumunda tüm yapıda yorulma ömrünün hedefin çok üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Dikey yüklemde kesit değişimi ve mesnet yakınındaki enine kiriş kaynaklarında ömür göreceli düşük olduğu

bulunmuştur. Yanal yüklem durumunda da aracın arkasındaki enine kirişlerde ömür istenen ömür civarında olduğu görülmüştür. Revize tasarımda kesit değişimindeki lonjeron web kalınlığını arttırmak suretiyle emniyet faktörü yükseltilmiştir.

Ömürün kritik çıktığı yerlerde sonlu elemanlar sonuçları değil de strain gage testlerinden elde edilen veriler kullanıldığında ise ömürün hedefin üzerinde olduğu bulunmaktadır. Bu da sonlu elemanlar analizi sonuçlarının kaynak ömrünün bulunmasında kullanılırken nominal gerilme değerinin nerden alınacağına göre büyük farklar yaratabileceğini işaret etmektedir. Bu çalışmada emniyet faktörünü yüksek tutmak için olabilecek en kötü durum gözönüne alınarak değerlendirilmeler yapılmıştır.

Yapının geri kalanında yorulma ömrünün hedefin çok üzerinde olduğu ve şasinin ön tarafında, lonjeron profilinde ve bazı enine kirişlerde hafifleştirme yapılabileceği görülmektedir.

#### 4.2. Kaynaktan Uzak Kısımların Yorulma Analizi

Kaynaktan uzak kısımların ömür hesabı St52 malzemenin kendi S-N eğrisine göre yapılmıştır. Bu S-N eğrisi ile karşılaştırılacak gerilme değerleri analizlerden elde edilen Maksimum Asal Gerilme değerleridir.

Elde edilen sonuçlarda tüm yapının ömrü bütün yüklem durumlarında hedef ömürün çok üzerinde çıkmıştır.

#### 5. SONUÇ

Yapılan çalışmalar sonucunda treyler şasisinin statik mukavemet ve ömür analizleri gerçekleştirilmiştir. Analizler testlerle desteklenmiş ve modelin kritik noktaları ile yüklemelerin uygunluğu teyit edilmiştir.

Statik yüklem durumunda verilen yüklem durumlarında meydana gelen gerilmeler ile malzemenin akma gerilmesi karşılaştırılmıştır. Dikey yüklem durumunda ön makas kulağı hizasında web cut-out kısmında nispeten yüksek gerilmeler oluşmaktadır. Aynı şekilde, yanal yüklem durumunda aracın arka bölgesinde Z kiriş kesişimlerinde yüksek gerilmeler görülmektedir. Ayrıca arka makas kulağı hizasında flanşta gerilme yığılması oluşmaktadır. Boylamasına yüklem durumunda herhangi kritik bir durum oluşmamaktadır. Şasinin statik yükler altında mukavemetinin istenilen seviyede olduğu görülmüştür.

Yorulma analizlerinde standartta belirtilen yükler uygulanmış ve malzemelerin S-N eğrilerine göre ömür hesapları yapılmıştır. Dikey yüklemde kesit değişim bölgesi enine kiriş kaynaklarında, ön makas kulağı hizasındaki enine kiriş kaynaklarında ve arka makas

kulağı hizasındaki enine kiriş kaynaklarında ömür bakımından kritik çıkmıştır. Yanal yükleme durumunda ise ön makas kulağı hizasındaki enine kiriş kaynaklarında ve arka makas kulağının gerisindeki enine kiriş kaynakları da kritik görölmektedir. Ömür değerleri hedefleri sağlamaktadır. Fakat emniyet faktörünü yükseltmek için birtakım değişiklikler tasarlanmıştır. Bunlar kesit değişimi bölgesinde web kalınlığının artırılması, enine kiriş profillerinin bazı küçük değişiklikler yapılması gibi ağırlığı fazla etkisi olmayan ama ömür bakımından çok yarar sağlayacak değişikliklerdir.

Yorulma analizlerinde kaynak kısımlarının haricindeki yerlerin ömrü istenilenin çok üzerindedir. Gerilme dağıhımları gözönüne alınarak fazla mukavim bölgelerin kalınlıklarının inceltilmesi veya daha ucuz bir malzeme kullanılması mümkün olabilir.

#### **KAYNAKLAR**

1. MSC.Software Corporation, MSC.Nastran Linear Static Analysis User's Guide, 2003
2. Fruehauf 1980, "**European Design Manual**", Technical Report.
3. BS5400, 1983 "**Fatigue design of welded structures**", İngiliz Standartı.
4. BS7608, 1993, "**Code of Practice for Fatigue design and assessment of steel structures**", İngiliz Standartı.
5. Chutima, S., Kamnerdtong, T 1999, "**A Study of Full-Trailer and Semi-Trailer Structures Using Finite Element Method**", International COCARE Report, Tailand
6. Carrera, M., Castejon, L., Gil, E., Martin, C., Fabra, C., Olmos, J.M., 2004, "**Development of Innovative Concept of Light Semi-Trailer by means of FEM and Testing**", SAE Technical Paper Series, 2004-01-1517.
7. MSC.Software Corporation, MSC.FATIGUE User's Guide, **Fatigue Theory**, 2005