

# OTOMOTİV YAN SANAYİNDE İHTİYAÇ DUYULAN STANDART FOTOMETRİK TEST VE ÖLÇÜMLER

A.Kamuran TÜRKOĞLU, Ferhat SAMETOĞLU, Yusuf ÇALKIN, Uğur KÜÇÜK  
TÜBİTAK-Ulusal Metroloji Enstitüsü, Optik Standartları Laboratuvarı

## GİRİŞ

Otomotiv yan sanayisindeki cam, boya, far, ayna, plastik aksam ve ışıklı göstergeler vb. gibi birçok ürünün teknik özellikleri, tasarım, üretim ve son ürün aşamalarında gerçekleştirilen özel veya uluslararası standartlardaki fotometrik test ve ölçümlerle belirlenmektedir. Sektörde ihtiyaç duyulan ve yurtiçi olanaklarıyla gerçekleştirilebilen bazı karakteristik test ve ölçümler, fotometrik ölçüm büyüklükleri bazında sınıflandırılarak, ulusal ve uluslararası standartların referanslarıyla birlikte bu yazıda aktarılmaktadır.

## ÜRETİMDE KALİTE

Sürekli değişim ve yenilik içerisindeki otomotiv endüstrisinde, özellikle yeni bir teknolojik ürünün kullanımı kararı, ürün üzerinde kalite kontrole yönelik gerçekleştirilen birçok test ve ölçüm sonuçlarına dayanmaktadır. Gerçekleştirilen test işlemi, ürün üzerinde görsel ve anlamlı bir inceleme olabileceği gibi, sistemin toplam performansını, hatta insan ve çevre sağlığını etkileyebilecek sonucu belirleyen kritik, karmaşık ve uzun zamanlı bir ölçüm aşaması da olabilir. Daha tasarım ve geliştirme aşamalarında kurumiçi özel uygunluk ve kabul kriterleri ile başlayan bu çalışmalar, gerekiyorsa özel test merkezlerinde yaptırılan kapsamlı fonksiyonel test çalışmaları ile devam eder. Ürün, ISO/EN bünyesindeki ilgili kalite gereksinimleri çerçevesinde üretilse dahi, satış öncesi son aşamada, örneğin belgelendirme veya yurtdışı satış işlemleri için bazı ek performans analizlerinin yapılması gerekebilir. Son ürün üzerindeki ek istekler veya sonradan yapılacak bir parça değişikliği, yapılan işin niteliğine göre bu test çalışmalarının tümüyle tekrarını gerektirebilir. Ekipman ve yetişmiş personel olanakları gerektiren bu test ve ölçüm çalışmaları, kurum bünyesinde veya yurt içi şartlarla sağlanamıyorsa, zaman alabilmekte ve dahası üreticiye maddi bir yük getirmektedir. Bu kapsamda, özellikle otomotiv yan sanayinde ihtiyaç duyulan bu tür standart fotometrik testlerin önemli bir kısmı, TÜBİTAK-Ulusal Metroloji Enstitüsü Optik Standartları

Laboratuvarında kurulan özel ölçüm düzenekleriyle yurtiçinde yapılabilir hale gelmiştir [1].

## FOTOMETRİ

Etrafımızdaki cisimleri, güneş ışığının veya ışık kaynaklarından gelen ışınımın o nesneden geçerek veya yansıtılarak gözümüze ulaşması sonucunda algılamaktayız. Bize özgü olan renkli görme, geniş elektromanyetik tayfın kızılötesi ve morötesi bölgeleri arasında kalan, 380 ile 780 nm dalgaboyu aralığındaki çok dar bir bölgesinde gerçekleşmektedir. Uluslararası Aydınlatma Komitesi (CIE), insan gözünün algılama hassasiyetini 'fotopik'  $V(\lambda)$  fonksiyonu olarak tanımlayarak standartlaştırmıştır 2. İnsan gözünün duyarlı olduğu 380-780 nm dalgaboyu aralığındaki görülür bölgedeki ışınım özellikleri ve ışığa dayalı yapılan tüm ölçümler fotometri alanının konusudur 3. Fotometri alanında temel nicelik olarak yedi temel ölçüm biriminden biri olan ve kandela birimi ( $cd$ ) cinsinden ifade edilen ışık şiddeti ( $I_v$ ) kabul edilmektedir. Fotometrinin temel birimi kandela ve ondan türetilen başlıca fotometrik nicelikler, birim gösterimleriyle birlikte aşağıda Tablo 1'de verilmektedir ( $cd$ : Kandela,  $lm$ : lümen,  $lx$ : lüks,  $sr$ : steradyan).

Tablo 1. Temel Fotometrik Ölçüm Büyüklükleri

Ölçüm Büyüklüğü	Gösterim	Birimi
Işık Akısı	$\Phi_v$	$lm$
Işık Şiddeti	$I_v$	$cd = (lm / sr)$
Aydınlık Düzeyi	$E_v$	$lx = (lm / m^2)$
Parıltı	$L_v$	$cd / m^2$

### Işık Akısı

Işık Akısı, birim zamanda yüzey üzerine düşen ya da çıkan ışık miktarı olarak tanımlanır. Optik ölçümlerde en yaygın ölçüm birimi olan Watt ( $W$ ) cinsinden Işınım Akısı'nın (Optik Güç) fotometri alanındaki eşleniği olarak Işık Akısı, lümen birimi ( $lm$ ) cinsinden ifade edilir. Ölçümsel olarak, bir ışık kaynağının  $cd$  cinsinden her yönde yaydığı ışık şiddeti değerlerinin uzaysal toplamıdır.

Aydınlatmada kullanılan temel ışık kaynakları ve armatürlerin ışık akısı değerleri mutlak olarak gonyofotometre olarak adlandırılan üç eksenli hareketli ölçüm sistemleri ile ölçülür. Ancak endüstride kullanılan lambaların ışık akısı değerleri genel olarak, içi yüksek yansıtma katsayısına sahip beyaz Baryum Sülfat ( $BaSO_4$ ) kaplı toplama küreleri ve değerleri bilinen kalibreli standart lambalar kullanılarak, yerine koyma metodu ile ölçülür.

## Işık Şiddeti

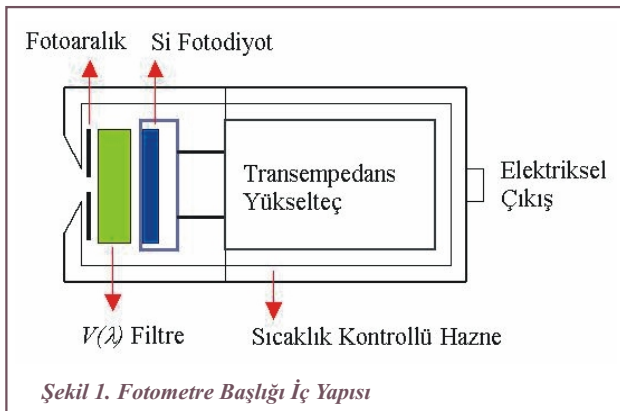
Işık şiddeti, bir ışık kaynağından belli bir yönde yayımlanan katı açı başına ışık akısı olarak tanımlanır ve cd cinsinden ifade edilir. Işık şiddeti açıya bağımlı olabilir ve (1) eşitliği ile radyometrik birimlerle birleştirilir.

$$I_V = K_m \int_{380}^{780} I_{e,\lambda} V(\lambda) d\lambda \dots (1)$$

( $K_m=683 \text{ lm/W}$  çevirim katsayısı ve  $V(\lambda)$  ise standart fotopik eğrisidir)

Işık şiddeti değerleri, insan gözü duyarlılığına sahip ve önünde bir fotoaralık (*aperture*) bulunan yeşil renkli  $V(\lambda)$  filtre ve altında bir yükseltece bağlı olan silikon dedektörden oluşan fotometre başlıkları ile ölçülür (Şekil 1). Genellikle çevre ortam şartlarından etkilenmemesi için ve yüksek şiddetli ışık ölçümlerinde cihaz haznesi içi sıcaklık kontrollü olarak tasarlanır [4]. Darbeli, geniş açılı veya düşük seviye ışık ölçümlerinin hepsine cevap verebilecek tek bir çeşit fotometre cihazı yoktur. Ancak ölçüm laboratuvarlarında kullanılacak fotometre başlığı tayfsal duyarlılığının insan gözü duyarlılığına çok yakın olması ( $f_i < 3$ ) ve hem düşük hem de yüksek aydınlatmalar için benzeri yükseltme özelliğine sahip olması, yani doğrusal olması beklenir. Fotometre başlıkları, ne derecede standart  $V(\lambda)$  eğrisine benzediklerine göre, farklı tayflardaki ışık kaynakları için değişik doğrulukta Kandela ölçümü yapabilirler.

Araç için kullanılacak her türlü ışık kaynağının (far, lamba,



Şekil 1. Fotometre Başlığı İç Yapısı

LED (Işık Yayıcı Diyot, vb.) kendi ışık şiddeti, renk, renk sıcaklığı gibi teknik özellikleri bireysel olarak bilinmek zorundadır. Zira araç far ve sinyal lambaları, özel ve acil aydınlatma sistemlerinin sağlaması gerekli olduğu Kandela cinsinden ışık şiddeti değer aralıkları vardır.

Örneğin TS 12368'e göre, trafik sinyalizasyonunda kullanılan 200 veya 300 mm çaplı kırmızı, sarı ve yeşil sinyal lambalarının performans seviyeleri ve sınıfları referans ekseninde alınan ışık şiddeti ölçümleri sonuçlarına göre belirlenir [5].

Çoğu akkor lambanın yaydığı ışık şiddeti ilk çalıştırıldığında artış gösterir ve ancak belli bir süre sonra kararlılığa ulaşır. Bu nedenle, test ışık kaynakları ölçümler öncesinde kullanılan lamba tipine bağlı olarak nominal çalışma akımı ve sabit anma gerilimlerinde 1-3 gün gibi sürelerde çalıştırılıp 'eskiteme' işlemine tabii tutulurlar.

Farlardan veya lambalardan yayılan ışık saçılarak geniş bir alanı aydınlattığından ışık şiddeti değerlerinin homojenliğinin de açısal olarak ölçülmesi gereklidir. Bu tür ölçümler, ışık kaynağının genelde yatay ve dikey eksenel açılarda iki boyutta hareketine olanak tanıyan gonyometrik platformlar üzerinde gerçekleştirilir. Bu kapsamda, TS EN 12368'de, dar, orta, geniş ve çok geniş huzmeli sinyal lambalarının yatayda  $\pm 0-30^\circ$  ve düşeyde  $0-20^\circ$  eksenleri arasında vermesi gereken minimum ışık şiddetleri değerleri dağılımı belirtilmektedir.

## Aydınlık Düzeyi

Aydınlık Düzeyi, bir yüzeye gelen ışık akısının yoğunluğu olarak, o yüzeyde oluşturulan aydınlatmayı ifade eder. Ulaşan ışık akısının düştüğü yüzey alanına bölümü olarak tanımlıdır ve  $\text{lm/m}^2 = \text{lx}$  yani *lüks* cinsinden verilir. Diğer bir deyişle, bir metrekarelik birim alan üzerine düşen bir lümen'lik aydınlatma bir lüks olarak tanımlanır. Aydınlatma değeri, çevresine homojen bir biçimde ışık yayan ideal bir noktasal kaynaktan uzaklaşıldıkça mesafenin karesi ile orantılı olarak azalır. Lüks, İngiliz *FootCandle* birimine  $1 \text{ fcd} = 10.764 \text{ lx}$  eşitliği üzerinden çevrilir. Aydınlatma düzeyi, yaygın olarak Lüksmetre diye adlandırılan algılayıcı dış yüzeyi beyaz mat plaka (bazen küresel) kaplı fotometrelerle yapılır. Ticari çoğu lüksmetrenin ölçüm doğruluğu  $\pm \% 5$ 'ler seviyesindedir ve yılda bir kez kalibre edilmesi tavsiye edilir. Araç-içi ortam aydınlatmalarında ve üretim alanlarında kullanılan lambalardan yayılan ışının renk sıcaklığı değerine ve lüks cinsinden oluşturdukları ortam aydınlık düzeyi ölçümlerine ihtiyaç duyulur.

## Parıltı

Parıltı, aydınlık veren bir yüzeyden yayımlanan ışık akısının dikey birim izdüşüm alan ve birim katı açı için değeridir.

Matematiksel olarak, verilen bir yüzeydeki ışık akısının, verilen alanın belirtilen yöne dik izdüşümüne ve katı açısına oranıdır. Metrik olarak  $cd/m^2$  birimi üzerinden tanımlı parlıltı (ya da aydınlık şiddeti), İngiliz *FootLambert* birimine  $1 cd/m^2 = 0.2919 fL$  olarak dönüştürülür [6]. Bu tür ölçümlerde kullanılan Parlıltıölçerlerin görüş açısı 10, 2, 1, 1/2, 1/6° gibi ölçülen yüzey genişliğine göre ayarlanır.

LED (Işık Yayıcı Diyot) ve LCD (Sıvı Kristal Gösterge) tabanlı ışık kaynakları gibi bir yüzey boyunca homojen aydınlatma verebilen kaynaklar için  $cd/m^2$  cinsinden parlıltı değerlerinin belirlenmesi gerekir. Trafik ışıkları gibi geniş yüzeyli kaynaklar veya araç-içi segmentli elektronik göstergelerle yapılan aydınlatmalarda, cihaz üzerinde belli noktalarda birçok ölçümler alınarak parlıltı homojenliği belirlenir [7].

### SPEKTROFOTOMETRİ

Özellikle kimya, tıp, gıda ve metal endüstrilerindeki malzeme analizlerinin önemli bir kısmı dalgaboyuna bağlı temel optik ölçümlerin yapıldığı spektrofotometri çalışmalarına dayanır. Spektrofotometride, çoğu zaman tekdalgaboylu ışık, bir örnek üzerine gönderilip, ışığın o nesneden geçen ya da yansıyan kısmı fotometrik sensörlerle algılanarak o nesnenin kendine özgü tayfsal özellikleri belirlenir. Bu tür ölçümler, işlevsel olarak bilinmeyen malzemelerin içeriklerinin belirlenmesi, uygun doğrusal optik aksam desteğiyle nesnelerin uzaktan tanımlanabilmesi ve ışığın ölçümü yapılan numuneye zarar vermemesi nedeniyle (tahribatsız analiz) açısından oldukça önemlidir.

#### Geçirgenlik

Tayfsal geçirgenlik; bir cisimin yüzeyinden geçen ışımının ya da ışık akısının, o cisime gelen ışık akısına oranı olarak tanımlanabilir. Nesnelerin ışık geçirgenlikleri çoğunlukla dalgaboyuna bağlı bir değişkenlik gösterir. Polarizasyonu, tayfsal ve geometrik dağılımı bilinen farklı ışımalar kullanılarak malzemelerin ayırtecdici özellikleri belirlenebilir. Geçirgenlik cam gibi düzgün geçirgen malzemelerde doğrudan % geçirgenlik cinsinden, fiberle zenginleştirilmiş plastik malzemeler veya buzlu camlar gibi örneklerde ise ışığı dağıtarak geçirdiklerinden dolayı toplama küreleri kullanılarak pusluluk (*haze*) birimleri cinsinden ölçülür. Örneğin, TS 917'ye göre  $2845 \pm 50 K$  renk sıcaklığında ve  $\pm 1\%$  kararlılıkla sürülen bir ışık kaynağı için, araç ön camı geçirgenliği % 70'ten az olmamalıdır [8]. Buzlu camların ya da yarı geçirgen plastik malzemelerin yüzde pusluluk ve dağıtmık geçirgenlik değerleri, ISO 3537 standardında belirtilen  $225 \pm 25$  mm çaplı toplama küresi kullanılarak yapılır [9].

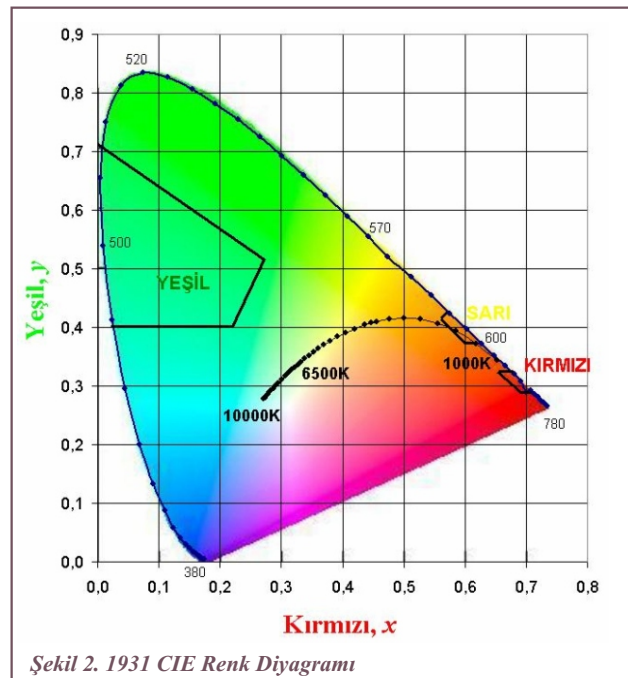
#### Yansıma

Yansıma da, aynı geçirgenlik gibi, nesnenin yüzeyinden yansıyan ışığın, gelen ışık miktarına oranı şeklinde çoğunlukla dalgaboyuna bağlı olarak tanımlanır. Ayna gibi düzgün yansıtan malzemelerde % yansıma, pürüzlü ve şekilli yüzeylerde olduğu gibi ışığı dağıtarak yansıtan nesnelere ise dağıtmık yansıma değerlerinden sözedilir. TS 10851'e göre karayolu taşıtlarında kullanılan aynaların yansıma oranları % 60'dan fazla olmak durumundadır [10].

Seçiciliğin bir ölçüsü olan açısal düzgün yansıma, endüstride Parlaklıkölçerlerle (*Glossmeter*) ile ölçülür ve Parlaklık (*Glossiness*) birimleri cinsinden 1 ile 100 arasındaki değerlerle ifade edilir. Parlaklık değeri 100 Parlaklık Birimi (P.B.)'ne yakın olanlar, 1.567 kırma indisli ve 100 PB değerli tam parlak siyah enamel parlaklık standardına yakın yansıma yapabilen yüzeylerdir [11]. Otomotiv endüstrisinde plastik ya da boyalı aksamın parlaklığı standartlara dayalı ölçülerek boya kalınlığı, boya katı sayısı ve üst parlatıcının katkısı kontrol edilir [12].

#### Renk

Renkli görme, cisimlerin içerdikleri renklendirici maddeler nedeniyle üzerine düşen ışığın bir kısmını soğurmaları ve soğurulmayıp yansıyan (ya da geçen) ışığın gözle algılanması şeklinde açıklanabilir. Yani renk, insan gözüne cisimlerden gelen ışığın rengidir. Bu bakımdan bir cisimin rengi sadece kendi yansıma özelliklerine değil, onu aydınlatan ışığın tayfsal dağılımına ve görüş açısına da bağlıdır. Yapılan bilimsel araştırmalar algıladığımız tüm renklerin birbirinden bağımsız ve doğrusal kırmızı, yeşil ve mavi üç temel tayfsal



Şekil 2. 1931 CIE Renk Diyagramı

renğin birleşiminden oluştuğunu göstermektedir. 1931 yılında CIE tarafından, standart  $x_0$ ,  $y_0$ ,  $z_0$  primer renkleri tanımlanarak, diğer gördüğümüz renklerin sayısal olarak hesaplanabildiği temel renk koordinat sistemi oluşturulmuştur [13]. Şekil 2'de gösterilen trafik sinyalizasyonunda kullanılan kırmızı, sarı ve yeşil lambaların sağlaması gereken renk sınırları, TS EN 12368 madde 6.6 ile belirlenmiştir. Ayrıca standartlar gereği örneğin ışık kaynağının rengi yerine tayfsal ışınımının tepe dalgaboyunun ölçülmesi istenilebilir. Bu tip ölçümlerde, farklı zamanlarda alınan birçok tekrarlı ölçüm sonuçlarının ortalamaları değerlendirilir. Bunun için, test numuneleri değişik üretim zamanlarından parti büyüklüğüne göre belli oranlarda fakat rastgele seçilir. Beklenenin üstündeki sayıda olumsuz sonuçlu numune çıkması durumunda numune sayısı ve alım sıklığı artırılabilir.

### DIĞER ÖLÇÜMLER

Nesnelerin fotometrik özellikleri doğrudan ölçülebildiği gibi, özellikle dış ortamla temas edecek aksamaların güneş ışığı, özel sıcaklık ve nem değerlerinde belli sürelerde iklimlendirilerek, sonrasında yeniden ölçülen değerleri ile karşılaştırıldığı dayanıklılık ve ömür testleri de istenilebilir. Askeri, acil ve ikaz aydınlatmalarında kullanılan flaşlı ikaz sistemlerin entegre ışık şiddetine dayalı fotometrik performansının ölçülmesi, bu tip ölçümlerden olup, özel düzenekler gerektirir.

Otomotiv yan sanayii tarafından üretilen kedigözü yapılı retroreflektif geri yansıtıcı malzemelerin geri-yansıtma değerleri yine fotometrik ölçümlerle belirlenen önemli özelliklerdendir. Bu tip ölçümlerde 2856 K renk sıcaklığında ışıyan A-tipi standart lambalar ve geometrik açısız konumlarda ayarlanan hassas fotometreler kullanılır [14].

Motorlu taşıtların üretim öncesi far ve lambalarının görülebilirlik ve görüş açılarının belirlenmesi onayı da fotometrik ölçümlerle sağlanması gereken değerlere dayanır [15].

Bunun dışında, yol aydınlatması ve sinyalizasyonda kullanılan LED tabanlı değişebilen bilgi ve görüntü panelleri, flaşlı sarı sis lambaları gibi trafikte kullanılan birçok ekipmanın testleri belirtilen fotometrik niceliklerle dayandırılarak gerçekleştirilir.

### SONUÇ

Otomotiv sanayisindeki kurum-İçi Ar-Ge çalışmaları ve kalite gereksinimleri, AB ilişkileriyle hızlanan ihracat

düzenlemeleri, özellikle yan sanayiyi, üretilen ürün özelliklerinin belirlenmesinde birçok fotometrik testin yapılmasına yönlendirmektedir. Ulusal ve uluslararası standart ve yönetmeliklerle tanımlı bu testler, sıcaklık ve nem kontrollü özel karanlık oda laboratuvarlarında kurulan kapsamlı optik düzeneklerde alınan hassas ölçümleri gerektirmektedir. Sanayimizin dinamosu olan otomotiv sektöründe istenilen özel fotometrik testlerin yurt-İçi şartlarla yapılabilmesi için standartlara dayalı ölçüm düzeneklerinin kurularak hizmet verilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır.

### KAYNAKÇA

1. **A.K.Türkoğlu, F.Samadov, M.Durak, U.Küçük** "Otomotiv Sektöründe Optik Test ve Ölçümlerin Yeri" III.Ölçümbilim Kongresi Bildiri Kitapçığı, Eskişehir, 1999, s.140-145
2. Commission Internationale de l'Eclairage (CIE), Kegelgasse 27, A-1030 Viyana / Avusturya
3. **A.K.Türkoğlu, U.Küçük**, "Işığın Ölçümü", Üretimde Kalite, 1999, s.20
4. **A.K.Türkoğlu, F.Samadov, M.Durak, U.Küçük**, "Construction of a Reference Photometer Head for the Realization of Candela", CIE Kongresi, İstanbul, 2001
5. TS EN 12368: Trafik Kontrol Donanımı Sinyal Lambaları, Nisan 2002
6. **Ş.Sirel**, "Aydınlatma Sözlüğü" Yem Yayınları, 1997.
7. TS EN 12352: Trafik Kontrol Teçhizatı Işıklı Uyarı ve Güvenlik Cihazları, Aralık 2002
8. TS 917: Nakil Araçları Emniyet Camları, Nisan 1986
9. ISO 3537: Road Vehicles Safety Glazing Materials Mechanical Tests, 1999 (E)
10. TS 10851: Karayolu Taşıtları Dikiz Aynaları İç ve Dış, Nisan 1993
11. ASTM D523-89: Standard Test Method for Specular Gloss, 1989
12. TS 4318: Boya ve Vernikler Metalik olmayan Boya Filmlerinin 20, 60 ve 85 açılarda Parlaklık Ölçümü, Nisan 1985
13. **A.K.Türkoğlu**, "Flüoresan Lambaların Tayfsal Özelliklerinin CIE Normlarına Göre Belirlenmesi", V.Ulusal Aydınlatma Kongresi, İstanbul, 8 Ekim 2004
14. **ASTM E809-91**: Standard Practice for Measuring Photometric Characteristics of Retroreflectors, 1991
15. R-48: Aydınlatma ve Işıklı Sinyal Cihazlarının Yerleştirilmesi Konusunda Taşıtların Onayı ile İlgili Teknik Düzenleme, Resmi Gazete, Sayı: 23633, 8 Mart 1999, s.12-58