

Karayolu Ulaşımında Enerji Verimliliği ve Enerji Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi

Energy Efficiency and Diversification of Energy Sources in Road Transportation

Aslan GÜR*

* San. ve Tek. Uzmanı, Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Ankara

ÖZET

Karayolu ulaşımının en büyük enerji kaynağı olan fosil yakıtların, yenilebilir enerji kaynağı olmaması ve rezervlerinin ortalama altmış yıl sonra tükeneceğinin tahmin edilmesi, dünyada iki kavramı ortaya çıkartmıştır. Bunlar enerji verimliliği ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesidir. Bu çalışmaya karayolu ulaştırması ve istatistikleri anlatılarak başlanılmıştır. Daha sonra, karayolu ulaşımında enerji verimliliğinin nasıl sağlanacağı ve bu konuda yapılması gerekenler anlatılmıştır. Enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi konusunda alternatif yakıtlardan bahsedilmiş, bu yakıtların avantajları ve dezavantajları ortaya konulmuştur. Ayrıca, çalışma içerisinde enerjini geleceğine değinilmiş ve öngörülerden bahsedilmiştir.

Anahtar kelimeler: Karayolu ulaşımı, enerji verimliliği, alternatif yakıtlar

ABSTRACT

The biggest energy sources for the road transportation, fossil fuels are not renewable energy sources and they are estimated to deplete in an averagely 60 years, so two different concepts are introduced in the World. These are the energy efficiency and the diversification of energy resources. In this study, firstly road transportation and its statistics are explained. Then, how to ensure energy efficiency in road transportation and the steps that must be taken in this issue are stated. Alternative fuels are mentioned in diversification of energy sources, advantages and disadvantages of these fuels are presented. Additionally, future of the energy is mentioned and projections are set forth in the study.

Keywords: Road transportation, energy efficiency, alternative fuels

1. Giriş

Kişilere ve eşyaya yer ve zaman yararı sağlamak şeklinde tanımlayabileceğimiz ulaştırma hizmetinin, karayolu sistemi ile gerçekleştirilen bölümüne Karayolu Ulaştırması denilmektedir. Ülkemizde karayolu ulaştırması 1950 yılından sonra önem kazanmıştır [1]. Karayolu taşımacılığının, aktarmasız bir taşımaya olanak sağlaması, hızlı ve kısa mesafelerde ucuz olması gibi avantajlarının yanında, uzun yollarda taşıma maliyetinin yüksek olması, kullandığı enerji türü ve tükettiği enerji miktarı, yarattığı çevre kirliliği ve yüksek kaza oranı gibi dezavantajları mevcuttur [2]. Karayolu ulaştırmasının kullanılan araçların büyük çoğunluğu motorlu taşıtlardır ve günümüzde motorlu taşıtların en büyük enerji kaynağı petroldür. Yerküre içerisinde organik materyalin başkalaşımı ile oluşmuş ve gözenekli kayaçlar içerisinde depolanmış sıvı haldeki hidrokarbonlara ham petrol adı verilmektedir. Ham petrolün rafinerilerde arıtılması ve işlenmesi sonucunda, ortalama olarak %43 benzin, %18 fuel oil ve motorin, %11 LPG (sıvılaştırılmış petrol gazı, propan veya propan-bütan karışımı), %9 jet yakıtı, %5 asfalt ve %14 diğer ürünler elde edilmektedir [3]. Petrol günümüz ihtiyaçları için vazgeçilmez olmasının yanında yarattığı bazı sorunlarda mevcuttur. Petrolün yenilenebilir enerji kaynağı olmaması, yarattığı çevre kirliliği ve meydana getirdiği uluslararası sıkıntılar bu sorunların başında gelmektedir. Dünyadaki petrol rezervlerinin 2/3'ü orta doğu bölgesinde bulunmakta olup, en büyük petrol üreten ülke Suudi Arabistan'dır [3]. Dünyadaki petrol fiyatlarının sabitlenmesi amacı ile Petrol İhraç Eden Ülkeler Örgütü (*Organization of Petroleum Exporting Countries* , *OPEC*) kurulmuştur.

Günümüzde enerji kaynağı olarak sadece petrolün kullanılması ile modern yaşamın sürdürülebilir olmadığı kanıtlanmıştır [4]. Petrolün tükenmesi, enerji güvenliği, çevre kirliliği ve petrol maliyetlerinin artması gibi sorunlar insanları harekete geçirmiş ve temel olarak iki kavram üzerinde yoğunlaşmıştır. Bu kavramlar; enerji verimliliği ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesidir. Karayolu taşımacılığının en büyük unsuru olan motorlu taşıtlarda enerji verimliliği denildiği zaman karşımıza yakıt ekonomisi tanımı çıkmaktadır. Motorlu taşıtlarda, yakıt enerjisinin çok az miktarı yararlı işe dönüşebilmektedir. Buda yakıt ekonomisinin daha da geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir [5]. Enerjinin çeşitlendirilmesi kavramı ise petrolün tükenmesi ve olumsuz etkilerinden dolayı ortaya çıkmıştır. Motorlu taşıtlarda enerji çeşitlendirilmesi yapılarak petrol kullanımının getirdiği olumsuz etkilerin birçoğu ortadan kalkacaktır. Günümüzde petrolün yerine elektrik, hidrojen, güneş enerjilerinin kullanımı konusunda çalışmalar yapılmakta ve bunlar geleceğin enerji kaynakları olarak görülmektedir.

2. Karayolu Ulaştırması

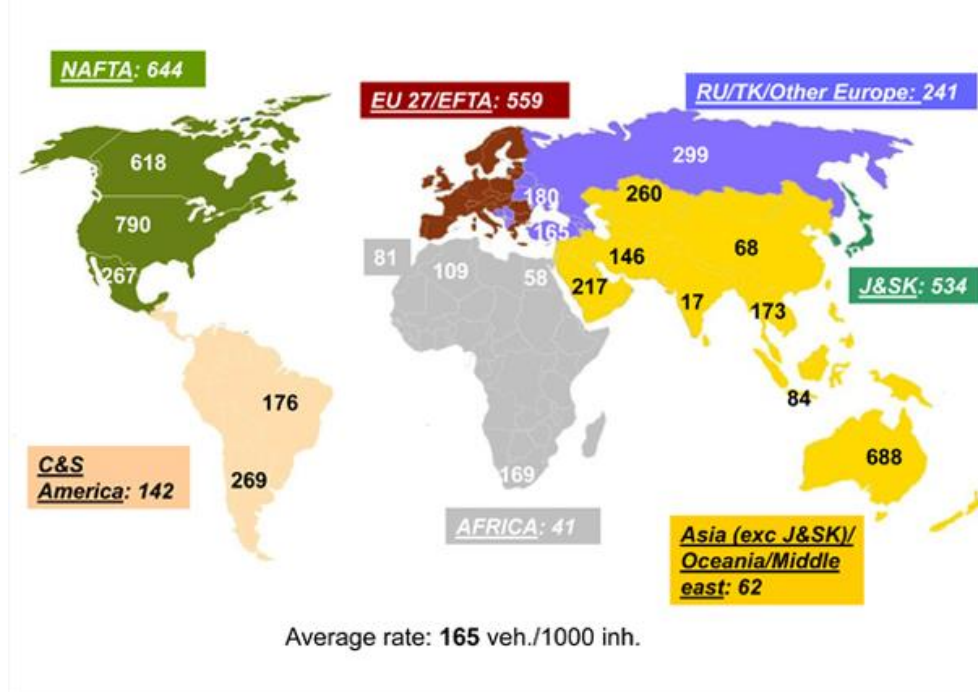
Giriş bölümünde tanımını yaptığımız karayolu ulaştırmasını bu bölümde daha ayrıntılı bir şekilde inceleyeceğiz. Karayolu ulaştırması genel olarak 5 türle gerçekleştirilmektedir. Bunlar;

- Yaya Ulaştırması
- Bisiklet Ulaştırması
- Motosiklet Ulaştırması
- Özel Otomobil Ulaştırması
- Toplu Taşıma Ulaştırması

Yaya ve bisiklet ulaştırması için yakıt gerekmezken, diğer ulaşım sistemlerinin en yaygın yakıtı petroldür. Motosiklet ile yapılan ulaştırmada otomobil ve toplu taşımaya göre daha az enerji ihtiyacı vardır. Fakat motosikletlerde bir veya iki kişi taşındığından karayollarında yolcu başına işgal sahası yüksektir. Özel otomobiller karayollarında en çok tercih edilen ulaşım araçlarıdır. Otomobiller karayollarında en büyük yolcu işgal sahasına sahiptirler. Ayrıca, pahalı bir ulaştırma sistemidir. Toplu taşıma ise yüksek yakıt sarfiyatına rağmen çok sayıda yolcu taşıdığı için en yararlı ulaşım sistemidir ve en düşük yolcu işgal sahasına sahiptir [6].

2.1 Karayolu Ulaştırması ve Enerji Kaynakları ile İlgili Sayısal Veriler

Karayolu ulaştırmasının büyüklüğünü anlamak için bazı sayısal verilere bakmamız gerekmektedir. Bunlar araç sayıları, imal adetleri, kullanılan enerji miktarı gibi verilerdir. Dünyada 2012 yılında 84,100,167 adet motorlu taşıt imalatı gerçekleşmiştir. Üretilen bu araçlar ile 1,889,840 milyon Euro ciro ve 433,160 milyon Euro vergi geliri elde edilmiştir [7]. Şekil 1.1'de ülkelerin 1000 kişi başına araç kullanımı gösterilmektedir. Dünyada ortalama olarak 1000 kişi başına 165 araç düşmektedir.



Şekil 1.1 Bin kişi başına düşen araç sayıları [7]

Ülkemizde 2013 yılının temmuz ayı sonu itibari ile 17,579,349 adet motorlu taşıt bulunmaktadır. Ülkemizde bulunan araçların yakıt cinsine baktığımızda karşımıza 2012 yılına ait veriler çıkmaktadır. Buna göre, 2012 yılında toplam 17,033,413 adet aracı;

- 5,722,940 adedi Benzin
- 7,549,806 adedi Dizel
- 3,649,739 adedi LPG'lidir. 110,928 adet araç ise bilinmemektedir [8].

Motorlu taşıtların adetlerinden bahsettikten sonra enerji kaynakları ile ilgili istatistiklere bakmamız gerekmektedir. Motorlu taşıtların en büyük enerji kaynağı olan petrol istatistiklerine baktığımızda karşımıza 2012 verileri çıkmaktadır. 2012 yılında dünyada 89,8 milyon v/g (varil/gün) petrol tüketimi gerçekleşmiştir. 2012 yılı dünya petrol rezervleri %7,7 artışla 1,520 milyar varil'den 1,637 milyar varile yükselmiştir. Bu artış ile beraber 2011 yılında 44,8 yıl olan petrol rezerv ömrü 2012 yılında 48,8 yıla yükselmiştir. Ülkemizde 2012 yılında 2,3 milyon ton petrol üretimi gerçekleşmiştir [9].

Yakın zamanda petrol türevleri dışında Doğalgaz türevleri de araç yakıtı olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Bu yakıtlar Sıvılaştırılmış Doğalgaz (LNG) ve Sıkıştırılmış Doğalgaz (CNG)'dir. Bu yüzden doğalgaz istatistiklerine yer vermemiz gerekmektedir. Dünyada 2012 yılında 3,348.7 milyar m³ doğalgaz tüketimi gerçekleşmiştir. 2011 yılı başında 57,96 yıl olan doğal gaz rezerv ömrü 2012 yılı başında gerçekleşen %3'lük üretim artışı ve az miktarda doğal gaz rezerv miktarı nedeniyle 57,07 yıla düşmüştür [9]. Petrol ve doğalgazda en önemli husus tükenebilir olmasıdır. Bu yüzden alternatif yakıtlara geçiş zorunlu hale gelmiştir.

Petrol giderek daha çok ulaşım sektörü için kullanılan bir kaynak haline gelmektedir. OECD ülkelerinde tüketilen petrolün ortalama %60'ı ulaşım için kullanılmaktadır. Bazı ülkelerde bu oran %75'lere kadar çıkmaktadır. Kalkınmakta olan ülkelerin çoğunda ise bu oran %40 civarındadır [10]. Doğalgazın ise araçlarda kullanım oranı düşük seviyededir.

2.2 Enerji Kaynaklarının Geleceği

Daha öncede bahsettiğimiz gibi ortalama olarak petrol 50, doğalgaz ise 60 yıl sonra tükenecektir. Bu durum insanları şimdiden harekete geçirmiş ve gelecek vizyonlarını oluşturmalarını sağlamıştır. Uzmanların 2030 yılı öngörülerini olarak;

- Dünya nüfusunun 8,3 milyar olması
- Bununda fazladan 1,3 milyar insanında enerji ihtiyacı doğuracağı
- 2030 yılına kadar enerji tüketimi %36 artacağı
- En hızlı büyüyen yakıt cinsleri yenilebilir yakıtların olacağı
- Ulaştırma sektörünün zayıf bir büyüme gerçekleştireceği
- Ulaştırma sektöründe petrole olan talebin azalıp, petrol yerine doğalgaz, biyodizel ve elektrik gibi enerji kaynaklarının yer alacağını düşünülmektedir [11].

Bütün bunlar göstermektedir ki mevcut enerji kaynaklarının verimli kullanılması ve yeni enerji kaynaklarının yaratılması gerekmektedir. Motorlu taşıtlarda enerji verimliliği yakıt ekonomisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Yakıt ekonomisinin enerji verimliliğinin yanında başka faydaları da mevcuttur. Bunlar; tüketicinin daha az para ödemesi ve araçlardan kaynaklanan hava kirliliğinin azaltılmasıdır. Motorlu taşıtlarda yeni enerji kaynakları ise alternatif yakıtlardır. Alternatif yakıtlar ile sürdürülebilir enerji arzı sağlanmaya devam edilebilir. Bunun yanında alternatif yakıtların çevre kirliliğini azaltması söz konusudur.

Enerjinin geleceği konusunda enerji güvenliği önemli unsurlardan biridir. En basit anlamı ile enerji güvenliği, ekonominin ihtiyacı olan enerji hizmetlerinin devamlı olarak bulabilmesi olarak tanımlanabilir. Ülkelerin enerji arzında yaşanabilecek kesintilere karşı önlemler almalı ve enerji güvenliği için stratejiler belirlemelidirler. Japonya ve uzak doğunun bazı ülkeleri gibi enerji kaynağı sınırlı olan ülkeler çeşitli politikalar belirlemişlerdir. Bu politikalar içerisinde enerji verimliliği ve tasarrufu ile yakıt çeşitliliği yer almaktadır [10].

Enerjinin geleceği ile çevrenin geleceği birbiri ile ilişkilidir. Enerji yoğunluğunun artması çevre kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Enerji faaliyetleri sonucu ortaya çıkan kirleticiler çevreyi ve havayı git gide kirletmektedir. Özellikle hava kirliliğinin hemen hemen yarısı motorlu taşıt emisyonlarından kaynaklanmaktadır.

Çevre kirliliği konusunda, günümüzde Çin büyük sorunlar yaşamaktadır. Çin, bu sorunlardan kurtulmak için enerji tasarrufunu ve çevre koruma sanayisini güçlendirmeye karar vermiştir. Bu çalışmaları içerisinde otomobillerdeki enerji verimliliği yer alacağı ve bu konudaki inovasyon projelerine hız verileceği belirtilmiştir [12].

3. Motorlu Taşıtlarda Enerji Verimliliği

Verimlilik, genel olarak bir sistemin girdisi ile çıktısı arasındaki ilişkilerden bir tanesidir. Motorlu taşıtlarda verimlilik kullanılan enerji ile bu enerjiden elde edilmiş faydalı iş'in arasındaki orandır. Bu oran hiçbir zaman 1'e eşit olmamaktadır. Bunun nedeni sistemin içinde meydana gelen kayıplardır. Bu kayıplar azaltılarak verim artırılması meydana getirilir. Motorlu taşıtlarda enerji verimliliği denildiği zaman aklımıza yakıt ekonomisi gelmektedir. Taşıtlarda yakıt ekonomisinin sağlanması genel olarak şu başlıklar altında toplanabilir;

- Taşıt üzerinde yenilikler ve iyileştirmeler
- Sürücü davranışları
- Alternatif yakıtlar
- Karayollarının altyapı özellikleri
- Vergilendirme [13]

Alternatif yakıtlar konusu ileride ayrıntılı bir şekilde anlatılacağından bu kısımda açıklaması yapılmayacaktır.

3.1 Taşıt Üzerinde Yenilikler ve İyileştirmeler

Taşıt üzerinde yenilik ve iyileştirmeler birçok faktör çıkmaktadır. Bunların içerisinde motor ve motorun yapısal özellikleri, taşıt ağırlığı, taşıtın işletme şartları, taşıt hızı ve ivmelenme yer almaktadır.

Günümüzde araçlarda yaygın olarak otto ve dizel motorları kullanılmaktadır. Otto motorlarında benzin yakıtının kullanılmasının yanında, yapılacak tadilatlar ile LPG ve CNG yakıtı kullanılmaktadır. Dizel motorlarda ise dizel yakıtı kullanılmaktadır. Araç motorlarının verimi ortalama olarak % 30-35 arasındadır. Araçta meydana gelen motor, aktarma organları vb. gibi kayıplardan dolayı aracın verimi % 20'ye kadar düşmektedir [14]. Bundan anlaşılacağı gibi bir araçta kullanılan 100 litre yakıtın sadece 20 litresi faydalı işe dönüşmektedir. 80 litre yakıt verimsizlik yüzünden boşa gitmektedir. Buda motorlu taşıtlarda enerji verimliliği konusunda yapılacak çok işin olduğunu ve bu alanın gelişmeye çok açık olduğunu göstermektedir.

Motor verimini artırmanın birçok yolu vardır. Ancak, günümüzde üzerine düşünülen teknolojiler hibrit ve sade elektrikli motorlardır. Hibrit motorlar ile yakıt ekonomisi sağlandığı kanıtlanmıştır. Hibrit araçlar elektrik ve benzin motorunun bir arada bulunduğu araçlardır.



Şekil 2.1 Hibrit araç [15]

Hibrit bir araçta, elektrik motoru, kalkış ve hızlanmalarda yakıt tüketimini azaltmak üzere benzinli motora destek olur. Aynı boyutta normal bir araçla karşılaştırıldığında, hibrit aracın kullanım maliyeti daha ucuzdur. Dahası, elektrik motorları, güçlü kalkışlar için maksimum tork ve hızlanma için ilave güç sağlarlar. Düşük yakıt tüketimi ve düşük CO₂ emisyonları sayesinde, yakıt verimliliği ve sürüş performansını çevreci performansla birleştirirler [15].

Sade elektrikli araçlar (SAE) ise sadece elektrik motoru ile tahrik olan, tahrik enerjisi araç içerisinde bulunan batarya tarafından sağlanan araçlardır [16]. SAE'ler geleceğin teknolojisi olarak görülmektedir. Yarattığı enerji verimliliğinin yanında, hiçbir emisyonu neden olmaması çok büyük bir avantajdır.

SAE'ler bataryalarda depolanmış enerjiyi direk sürme gücüne dönüştürdükleri için benzin ve dizel yakıtlı araçlara göre oldukça verimlidirler. Daha önce bahsedildiği gibi

içten yanmalı motorlu araçların yakıt enerjisinin %20'si faydalı işe dönüşürken, SAE'lerde bu oran % 80 civarındadır. Bu kadar verimli olmasına rağmen SAE'lerin bazı sorunları mevcuttur. Bunların en önemlileri satıl alma fiyatı, sürüş menzili ve tekrar depolamadır. [17].

SAE'lerin satın alma fiyatları benzin ve dizel motorlu araçların fiyatlarından oldukça pahalıdır. Hatta bazı ülkelerde devlet teşviklerine rağmen gene de pahalı bulunmaktadır. Yüksek fiyatın sebebi batarya sistemleridir [17]. SAE'lere teşvik veren ülkeler arasında Türkiye'de vardır. Ülkemizde sade elektrik motorlu binek araçların ÖTV oranları düşük tutulmuştur. Maliye Bakanlığı Gelir İdaresi Başkanlığının 22.09.2012 tarihinde yayımladığı ÖTV oranları II Sayılı Listesine göre;

- Motor gücü 85 kW geçmeyen SAE'lerde %3
- 85 kW ile 120 kW arasındaki SAE'lerde %7
- 120 kW'ı geçen SAE'lerde %15 ÖTV oranı uygulanmaktadır.

Bu oranlar benzin ve dizel yakıtlı binek araçların oranlarına göre çok düşük olması ile beraber enerji verimliliğinin artırılması ve çevrenin korunması açısından iyi bir uygulamadır.

İçten yanmalı motorlu araçlar çok kısa bir sürede yaygın olarak bulunan yakıt istasyonlarında depolarını doldururlar. Buda çok uzun mesafelere kolayca gidebilmelerini sağlar. SAE'ler ise tek şarj ile daha kısa mesafe gidebilmektedir ve şarj süreleri çok zaman almaktadır. Örnek vermek gerekirse, Tesla marka, Roadster model araçlar tek şarj ile 400 km gidebilmektedir. Roadster, 220 volt, 70 Amper'lik bir prizde 3,5 saatte şarj olabilmektedir. Ancak, AB standardındaki 220 volt, 16 Amper'lik bir prizde şarj süresi 15 saati geçmektedir [17]. Bu sorunun çözümü için iki fikir üzerinde durulmaktadır. Birincisi şarj sürelerini kısaltacak teknolojilerin geliştirilmesi, diğeri ise batarya değişim istasyonlarının tasarlanmasıdır. Ayrıca, yakıt pili sistemlerinin taşıtlarda ana enerji kaynağı olarak kullanılması için çalışmalar yapılmalıdır. Bunların yanında hidrojen yakıtlı araçların geliştirilmesi de gerekmektedir.

Sade elektrikli ve hibrit araçlar geleceğin teknolojileridir. Ancak, günümüzde benzin ve dizel yakıtlı araçlar hala çoğunluğu teşkil etmektedir. Petrol kaynakları tükenene kadarda bu araçların karayollarında seyredeceği öngörülebilir. Bu da bizi yeni teknolojilerin yanında mevcut araçlar üzerinde iyileştirmeler yapmamızı gerekli kılmıştır.

Taşıt ağırlığı yakıt ekonomisini etkileyen en önemli faktörlerdendir. Taşıt ağırlığı arttığında yuvarlanma ve hava dirençlerinin artacağı için yakıt ekonomisi kötüleşmektedir. Amerika Çevre Koruma Ajansı'nın (EPA) yaptığı bir çalışmada, taşıt ağırlığının 100 pounds (45 Kg) artması ile yakıt tüketiminin % 1-2 arttığı ortaya çıkmıştır. Bunun üzerine büyük taşıt imalatçıları, araçların ağırlığını düşürmek için yeni malzeme çalışmaları yapmaktadırlar. BMW karbonfiberlerin, Jaguar ise alüminyumun araçlarda kullanılması üzerine inovasyon çalışmaları yapmaktadır [18].

Hava sürtünmesi taşıtların yakıt ekonomisini artıran en önemli etkendir. Ortalama 100 km/h hızında bir otomobilin gücünün % 60'ı hava sürtünmesine gitmektedir. Bu oran

göze alındığında taşıtların aerodinamik tasarımlarının iyi yapılması gereği ortaya çıkmaktadır [19]. En aerodinamik araçlar öne doğru eğimli, yuvarlatılmış hatları olan, hatchback ya da fastback taşıtlardır. Taşıtın işletme şartları da yakıt ekonomisi için önemlidir. Araçlar, yolcu ve yük olarak maksimum kapasitelerinde kullanılmalıdırlar. Araçların bakımlarının yapılmaması yakıt ekonomisini kötüleştirmektedir [20].

Bu konuda son olarak, motor üzerinde yapılan konstrüksiyon veya teknik değişiklikler ile yakıt ekonomisinin sağlandığı sistemlerden bahsetmek gerekmektedir. Bu sistemler büyük araç imalatçıları tarafından geliştirilmiştir. Bu sistemlerden bazıları şunlardır;

- Honda tarafından geliştirilen VTEC sistemi: Değişken zamanlamalı supap kontrol sistemidir. Motor işletim sisteminin hangi devire göre hangi supap zamanlamasının kullanılacağını belirlemesi ve her devirde en verimli çalışmayı sağlaması esasına dayanır. Böylece motor düşük devirlerde az yakıt tüketirken yüksek devirlerde de iyi bir performans sunmaktadır [21].
- Ford tarafından kullanılan EcoBoost Motor: Düşük hacimli motorlarda yüksek performans ve yakıt ekonomisi sağlayan motorlardır. Direkt enjeksiyonlu, çift kam mili zamanlaması ve turbo şarj sistemine sahip EcoBoost motorlar alt devirlerde yakaladıkları yüksek torku motorun tüm devir aralıklarına yayarak daha fazla çekiş gücü, performans ve yakıt ekonomisi sağlamaktadır [22].
- Start&Stop Teknolojisi: Birçok otomobil imalatçısı tarafından kullanılan bir sistemdir. Bu teknolojiye araç boştaki motor durdurulur ve sürücü fren pedalından ayağını çektiğinde motor tekrar çalışmaya başlar. Bu sistem ile yakıt ekonomisinde % 5-8 arasında iyileşme gerçekleşir [23].
- TSI Motor Teknolojisi: Volkswagen tarafından geliştirilmiş bir teknolojidir. Bu motorlarda benzin yakıtı, yüksek basınçta, direkt olarak yanma odasına verilir ve yakıt hava karışımı yanma odasında meydana gelir. Bu da motorun performansını artırır ve yakıt ekonomisi sağlar [24].
- Fiat tarafından kullanılan Multijet teknolojisi: Bu teknolojiye geliştirilmiş multijet 2 enjektörler ve multijet 2 servovalflerle, hava-yakıt oranı daha hızlı ve doğru kontrol edilmektedir. Böylece daha iyi yanma meydana gelir ve yakıt ekonomisi sağlanmış olur.

3.2 Sürücü Davranışları

Sürücülerin deneyimine ve eğitimine göre taşıt kullanımları değişmektedir. Sürücülere araçların iyi kullanımı konusunda eğitim verilmesi ile yakıt ekonomisi sağlanacağı OICA (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers) tarafından belirtilmiştir. Sürücülere eğitim verilmesi yakıt ekonomisini iyileştirdiği gibi sürüş güvenliğini de artırmaktadır. Yakıt ekonomisi sağlamak için sürücü davranışları ile ilgili izlenmesi gereken 5 temel kural vardır. Bunlar [25];

- Trafik akışını tahmin etmek: Trafik akışını tahmin ederek hız dalgalanmaları ve frenlemeler optimum şekilde yapılmalıdır. Ayrıca, araç momentumunun maksimum seviyede tutulması gerekmektedir.
- Düşük devirde sabit hız korunulması: Bunu sağlamak için düşük devirde mümkün olan en yüksek viteste araç kullanılmalıdır. Ayrıca, yüksek hız ve devirde yakıt tüketiminin arttığı unutulmamalıdır.
- Erken vites yükseltmek: Yaklaşık 2000 devir/dakika'da bir üst vitese geçilmesi gerekmektedir.
- Lastik basınç kontrolü: En az ayda bir defa lastik basınçları kontrol edilmelidir. Doğru lastik basıncı ile kullanma ile yakıt ekonomisi sağlanmaktadır.
- Ekstra enerji gerektiren uygulamalar: Araçlarda ekstra enerji gerektiren uygulamaları kullanırken, bunun yakıt sarfiyatını artıracığı unutulmamalıdır. Örnek olarak; klimanın gereksiz kullanımı ve araçta boşuna ağırlık yapan eşyaların bulunması verilebilir.

Bunların yanında trafiğin az olduğu yolların kullanılması ve toplu taşıma araçlarının tercih edilmesi de önemli faktörlerdendir.

3.3 Karayollarının Altyapı Özellikleri

Karayollarında trafik akışını hızlandırmak ve sıkışıklıkları önlemek yakıt ekonomisini ciddi bir şekilde iyileştirmektedir. Dur-kalklar ve trafikte uzun beklemler yakıt tüketimini artırmaktadır. Bunun engellenmesi için yollarda belirli tedbirler alınmalıdır. Gerekli yerlere kavşaklar, köprülü kavşaklar, viyadükler ve altgeçitler yapılmalıdır. Yollarda sinyalizasyon yaygınlaştırılmalıdır. Şehir merkezlerinde yol boyunca araçların park etmesi trafik sıkışıklığına neden olmaktadır. Bu da trafik akıcılığını etkilemektedir. Bunun giderilmesi için şehir merkezlerine otoparklar inşa edilmelidir.

Şehirlerde trafik sıkışıklığının önlenmesini sağlayan en büyük etken toplu taşıma sistemleridir. Özellikle metrolar trafik sorunlarının çözümünde çok etkilidir. Belediyelerin metro yapımını yönlendirilmesi gerekmektedir. Toplu taşımanın kolaylaşması ile insanların bu taşıma türünü tercih etmesi artacaktır. Bu da trafik sorununun çözümüne ekstra bir katkı sağlayacaktır. Diğer yandan, sürekli sıkışık olan yolları rahatlatmak için, bu yollara alternatif yollar yapılmalıdır.

3.4 Vergilendirme

Ülkemizde araç alırken Katma Değer Vergisi (KDV) ve Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) ödenmektedir. KDV oranı ülkemizde bellidir ve her araç için %18'dir. ÖTV oranlarında çeşitlilik mevcuttur. Bu çeşitliliğin temel ayrımı motor silindir hacmidir. Binek araçlarda en düşük oran, silindir hacmi 1600 cm³ geçmeyen araçlardadır ve bu oran

%40'tır. Bunların yanında satıştan sonra araç sahiplerinden yılda iki defa Motorlu Taşıtlar Vergisi (MTV) alınmaktadır. MTV bedeli, aracın tipine, yaşına ve motor silindir hacmine göre hesaplanır.

Avrupa Birliği ülkelerin de KDV vergisinin yanında araç tescil veya satış vergisi alınmaktadır. Danimarka dışında AB ülkelerinde araç satışında alınan vergi oranı ülkemizin çok altındadır. Ülkelere göre vergi kriterleri değişmektedir. Birçok ülkenin vergilendirme kriterlerinde yakıt tüketimi veya CO₂ emisyonu gibi parametreler bulunmaktadır [26].

Daha öncede bahsedildiği gibi ülkemizde Maliye Bakanlığı SAE'lerde ÖTV oranını düşük tutmuştur. ÖTV oranı düşük tutulmasına rağmen SAE'lerin çok pahalı olması, bu araçlara olan talebi artıramamıştır. Böyle olmasına rağmen, bu uygulama enerji verimliliği açısından çok faydalıdır. Bunun yanında, vergi sistemimizde yenilikler yapılması gerekmektedir. Yakıt ekonomisine göre vergilendirme sistemi getirilmelidir. Az yakan araçların vergileri düşük tutulmalıdır. Ülkemizde yakıt fiyatlarının pahalı olması tüketicileri az yakan araçları almaya yönlendirmektedir. Bununla beraber, az yakan araçların vergi ile teşvik edilmesi talebi daha da artıracaktır. Bu da ulaşımda enerji verimliliğini sağlamaya yardımcı olacaktır. Ülkemiz için geçerli olan bu öngörü, diğer ülkeler içinde geçerlidir.

4. Enerji Kaynaklarının Çeşitlendirilmesi

Fosil yakıtların gün geçtikçe tükenmesi, çevreye verdiği olumsuz etkiler, ülkeler arasında krizlere neden olması, insanları enerji kaynaklarını çeşitlendirmesi yoluna itmiştir. Çalışmalar sonucunda ortaya alternatif yakıt kavramı çıkmıştır OICA (International Organization of Motor Vehicle Manufacturers) motorlu taşıtlar için 7 tane alternatif yakıt tanımlamıştır. Bunlar [27]; Biyodizel, CNG, Elektrik, Etanol, Hibrit, Hidrojen ve LPG'dir.

Biyodizel, bitkisel veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan bir üründür. Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Biyodizel petrol içermez. Saf olarak veya dizel yakıtı ile karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları herhangi bir dizel motoruna, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Biyodizel yakıt tüketimi açısından dizel ile hemen hemen aynıdır. Ancak, temiz, yenilebilir ve yerli bir alternatif yakıttır. Bu faydalarının yanında biyodizele geçişle kırsal alanların kalkınması ve göçün engellenmesi sağlanabilir. Doğal enerji kaynakları ve çevre korunarak sürdürülebilir enerji temin edilebilir [28].

Hidrojen, bilinen bütün yakıtların içerisinde, birim kütle başına en yüksek enerjiye sahip olanıdır. Petrol yakıtlarına göre 1.33 kat daha verimlidir. Kullanılması halinde atık ürün olarak su veya su buharı çıkmaktadır ve buda çevreye zarar vermemektedir. Yapılan araştırmalarda hidrojen üretmenin diğer yakıtları üretmekten 3 kat pahalı olduğunu göstermiştir. Bu nedenle hidrojen yakıtının yaygınlaşması için hidrojen üretim maliyetlerinin düşmesi gerekmektedir. Dünyanın giderek artan enerji gereksinimini çevreyi kirletmeden ve sürdürülebilir olarak sağlayabilecek en ileri teknolojinin hidrojen enerji sistemi olduğu bugün bütün bilim adamlarınca kabul edilmektedir [29].

LPG ve CNG fosil yakıt ürünleri olduğu bununla beraber Elektrik ile Hibriti daha önce anlattığımız için bu bölümde son olarak Etanolden bahsedilecektir. Etanol yaygın olarak şeker kamışı ve mısırdan elde edilir. Otomobillerde tek başına yakıt olarak veya benzine katkı maddesi olarak kullanılabilir. Etanol, hava kirliliğini azaltmak ya da petrol ürünlerinin tüketimini azaltmak amacıyla, benzinle değişik oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. En yaygın uygulamalar E10 ya da E85 diye bilinen sırasıyla %10 ve %85 etanol içeren karışımlardır. Ancak, etanol elde etmek için, bugün kullanılan teknolojiler, etanolden elde edilen enerjinin yaklaşık % 70 fazlasını harcamayı gerektirdiğinden, hala fosil yakıtlar karşısında rekabet edici değildir [30].

5. Sonuç ve Öneriler

Petrolün tükenmesi, enerji ihtiyacının zorunlu olması ve sürekli artış göstermesi, çevre kirliliği ve ülkeler arası enerji krizleri gibi sorunların çözümünde enerji verimliliği ve enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesi önemli yer tutmaktadır. Motorlu taşıtlarda enerji verimliliği denildiğinde aklımıza yakıt ekonomisi gelmektedir. Yakıt ekonomisinin sağlanması için yapılması gerekenler çalışma içerisinde anlatılmıştır. Anlatılanlar içerisinde en çok taşıt üzerinde yenilikler ve iyileştirmeler konusunda değinilmiştir. Bunun sebebi, motorlu taşıtlarda, yakıt enerjisinin sadece %20'si faydalı işe dönüşmesidir. Bu verimsizliği ortadan kaldırmanın birçok yolu mevcuttur. En önemlileri, hibrit ve sade elektrikli araç teknolojileridir. Özellikler sade elektrikli araçlarda verim çok yüksektir. Hibrit ve sade elektrikli araçların yaygınlaşmasının önünde birçok sorun vardır ve bunların ortadan kaldırabilmesi için ülkeler çalışmalar yürütmektedir. Ülkemizde yerli araç imalatının yapılması konusunda düşünceler mevcuttur. Sade elektrikli araçların dezavantajlarını ortadan kaldıran çalışmaları yaparak, yerli aracımızın sade elektrikli araç olarak üretmemiz ülkemiz için çok faydalı olacaktır. Bunun yanında, benzin ve dizel yakıtlı motorlardan hemen vazgeçemeyeceğimiz için, bu motorlarda yakıt tüketimini azaltacak teknolojiler uygulanmalıdır. Taşıtların ağırlıkları azaltılmalı ve taşıtlar daha aerodinamik imal edilmelidirler.

Yakıt ekonomisinin sağlanması için sürücü davranışlarının iyileştirilmesi gerekmektedir. Bunun için ehliyet kurslarında, sürücü adaylarına, yakıt ekonomisi sağlayacak sürüş teknikleri öğretilmelidir. Karayolları, trafik sıkışıklığını önleyecek şekilde tasarlanmalı ve sinyalizasyon yaygınlaştırılmalıdır. Ulusal vergi sistemimizde yeniliğe gidilmeli, yakıt ekonomisi sağlayan araçların vergileri düşük tutulmalıdır. Ülkemizde yakıt fiyatları çok yüksektir. Bundan dolayı tüketiciler, az yakıt harcayan araçları talep etmektedir. Yakıt ekonomisi sağlayan araçlara vergi indirim yapılması ile bu talep daha da artacaktır. Böylece, ülkemizde büyük oranda yakıt ekonomisi sağlanacaktır. Maliye Bakanlığının sade elektrikli araçlarda ÖTV oranını düşük tutması iyi bir uygulamadır ve böyle uygulamalar daha da artırılmalıdır.

Fosil yakıtların tükenmesi ve ülkelerin milli enerjisi üretme istekleri alternatif yakıtları ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, alternatif yakıtların çevreci özellikleri vardır. Ülkemiz, enerjisini çok büyük oranda ithal eden bir ülkedir. Enerji tedarikimizi millileştirmek açısından biyodizel yakıtları üzerinde çalışmamız gerekmektedir. Biyodizeli ulaşımda kullanılabilir hale getirebilirsek, enerji ithalatımız azalacak, kırsal kesimde biyodizel tarlaları oluşacak ve kırsal kesim kalkınacaktır. Alternatif yakıtlar içerisinde geleceğin yakıtı olarak Hidrojen görülmektedir. Hidrojen diğer bütün yakıtlardan daha çok enerjiye

sahiptir. Ancak, hidrojenin birçok dezavantajı mevcuttur. Bu dezavantajların giderilmesi için ülkeler çalışmalar yürütmektedir. Hidrojen konusunda ülkemiz geç kalmamalı ve çalışmalara başlamalıdır. Ülkemizde, alternatif yakıtlara en yakın devlet organı Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının altında bulunan Yenilebilir Enerji Genel Müdürlüğü'dür. Alternatif yakıtların geliştirilmesi, iyi bir odaklanma ve büyük bir test altyapısına bağlıdır. Bu yüzden, alternatif yakıtlar ile ilgili enstitü düzeyinde kurum kurulması gerekmektedir. Ayrıca, bu kurum çalışmalarını özel sektör ile birlikte yürütmelidir.

Enerji politikaları uluslararası düzeyde politikalar ve ülkeler uluslararası konjoktüre göre milli politikalarını belirlemektedir. Bu politikalar petrol zengini ülkeler bile zarar görebilmektedir. Buna İran'ı örnek gösterebiliriz. İran'ın petrol kaynakları çok olmasına rağmen, ambargo altında olduğu için petrolünü satamamaktadır. Son zamanlarda Hindistan'ında petrol alımını kesmesi ile İran ekonomik krize girmiş ve enflasyon oranı çok yükselmiştir. Dünyada enerji stratejileri devam ederken, Türkiye kendisine iyi bir yol haritası çizmelidir. Alternatif yakıtlar ile ilgili devlet, özel sektör, üniversiteler ve ilgili kişilerin katılımında bulunduğu strateji çalışmaları yapılmalıdır.

6. Kaynakça

- [1] T.C. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı (1998). *9. Ulaştırma Şurası Karayolu Ulaştırması Komisyon Raporu*. Ankara
- [2] Keçeci, A. (2006). *Türkiye'de Karayolu Taşımacılığı*. (2013). <http://www.mfa.gov.tr/turkiye-de-karayolu-tasimaciligi-.tr.mfa>
- [3] İstanbul Teknik Üniversitesi (İTÜ). (b.t.). *Petrol, Doğal Gaz ve Jeotermal Enerji Hakkında Merak Edilenler*. (2013). http://web.itu.edu.tr/~pdgmb/question/faq_t.html#3
- [4] Enerji Verimliliği Derneği (2010). *Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu*. İstanbul
- [5] Yenitepe, R., Akdeniz, B. (2009). Motorlu Taşıtlarda Yakıt Ekonomisi ve İşletme Şartlarının Performansa Etkileri. 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyum*. 13-15 Mayıs 2009. Karabük
- [6] Atılgan, İ. (2012). Sözlü görüşme. Gazi Üniversitesi Mühendislik Fakültesi
- [7] International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. (OICA). (2013). Production Statistics. 2013. www.oica.net
- [8] Türkiye İstatistik Kurumu. (TUİK). Ulaştırma İstatistikleri. 2013. www.tuik.gov.tr
- [9] Türkiye Petrolleri A.O. Genel Müdürlüğü. (2013). *2012 Yılı Hampetrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu*. Ankara
- [10] Gülen, G. (b.t.). *Enerji Güvenliği Nedir?*. Ekim 2013. <http://www.cleanglobe.com.tr/pdf/27.pdf>
- [11] British Petrol. (2013). *BP Energy Outlook 2030*. Ekim 2013. http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/statisticalreview/BP_World_Energy_Outlook.pdf
- [12] Enerji Enstitüsü. (2013). *Çin, enerji tasarrufu ve çevre koruma sanayisini güçlendirecek*. Ekim 2013. <http://enerjiinstitutusu.com/2013/08/13/cin-enerji-tasarrufu-ve-cevre-koruma-sanayisini-guclendirecek/>
- [13] International Organization of Motor Vehicle Manufacturers. (OICA). (2013). *An Integrated Approach*. Ekim 2013. www.oica.net
- [14] tr.wikipedia.org. (2013). *İçten yanmalı motorlar*. Ekim 2013. http://tr.wikipedia.org/wiki/%C4%B0%C3%A7ten_yanmal%C4%B1_motor

- [15] Honda Türkiye A.Ş. (b.t.) *Hybrid*. Ekim 2013.
http://www.honda.com.tr/hybrid_teknolojisi.aspx
- [16] T.C. Başbakanlık Resmi Gazete. (2008). Araçların İmal, Tadil ve Montajı Hakkında Yönetmelik. 28.11.2008 gün, 27068 sayılı
- [17] tr.wikipedia.org. (2013). *Elektrikli otomobil*. Ekim 2013.
http://tr.wikipedia.org/wiki/Elektrikli_otomobil
- [18] Autoblog. 2009. *How does weight affect a vehicle's efficiency?*. Ekim 2013.
<http://green.autoblog.com/2009/10/29/greenlings-how-does-weight-affect-a-vehicles-efficiency/>
- [19] Çakmak, M.A., (b.t.). *Kara taşıtlarının aerodinamik bakımdan incelenmesi*. Tübitak Sage.
- [20] Yenitepe, R. Akdeniz, B. (2009). Motorlu taşıtlarda yakıt ekonomisi ve işletme şartlarının performansa etkisi. 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu*. Karabük
- [21] tr.wikipedia.org. (2013). *VTEC*. Ekim 2013. <http://tr.wikipedia.org/wiki/VTEC>
- [22] Ford Otomotiv Sanayi A.Ş. (2012). *EcoBoost motor*. Ekim 2013.
<http://www.ford.com.tr/otomobiller/focus/performans?&searchid=ppc-october-2013-sales-pv-paid-ecoboost-broad>
- [23] Johnson Controls. (2013). *Start-Stop Technology Fact Sheet*. Ekim 2013.
http://www.johnsoncontrols.com/content/us/en/products/power_solutions/power_solutions_presskit/fact-sheet/start-stop-technology.html
- [24] Volkswagen Türkiye. (b.t.). *TSI Teknolojisi*. Ekim 2013.
<http://binekarac.vw.com.tr/volkswagen-sozluk.aspx?ComponentID=15224>
- [25] Austrian Energy Agency. (b.t.). *The golden rules of ecodriving*. Ekim 2013.
http://www.ecodrive.org/en/what_is_ecodriving-/the_golden_rules_of_ecodriving/
- [26] Bozdoğanoglu, B. (2008). Motorlu taşıt alımında uygulanan vergiler ve motorlu taşıtlarda vergilendirme tekniğinin AB uygulamaları ile karşılaştırılması. *Yaklaşım Dergisi*.(192)
- [27] OICA. (2013). *Alternative Energy Sources*. Ekim 2013.
<http://www.oica.net/category/auto-and-fuels/alternative-fuels/>
- [28] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (b.t.). *Biyodizel*. Ekim 2013.
<http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx>
- [29] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (b.t.) *Hidrojen Enerjisi*. Ekim 2013.
http://www.eie.gov.tr/teknoloji/h_enerjisi.aspx
- [30] tr.wikipedia.org. (2012). *Etanol yakıt*. Ekim 2013.
http://tr.wikipedia.org/wiki/Etanol_yak%C4%B1t%C4%B1