ISASTECH

ANKARA

Proceedings of the 1st International Symposium on Automotive Science and Technology

SEPTEMBER 5-6 2019

Editor
Prof. Dr. H. Serdar YÜCESU

www.isastech.org

The 1st International Symposium On Automotive Science and Technology (ISASTECH 2019)

Organized by

Partners

CONTENT	PAGE
Ramp Design and Structural Analysis For Lowbed Trailer Vehicles	1
Bir Üretim Tesisinde Monoray Taşıma Sistemleri Üzerine Bir Algoritma Geliştirilmesi	7
The Investigation of Effects on Performance and Emissions of Sugar Beet Bioethanol Addition in Gasoline in a Spark Ignition Engine	13
Simple Macro-Model of BJT Switch to Simulate Low Power Highly Efficient Class-E Power Amplifiers for Wireless Power Transfer	17
Analysis of the Effect of Wheel Slip Ratio on Vehicle Velocity in Various Road Conditions	23
Atkinson Çevrimine Göre Çalışan Bir Motorda LPG Kullanımının İncelenmesi	30
CFD Analysis and Optimal Sizing of Finned Surface on a Novel Combined Turbine-Peltier System	39
Otomobillerde Tekerlek Boşluklarına Biriken Karların Araç Üzerindeki Etkileri ve Isıtma Sistemi ile Temizlenmesi	49
Bumper Protector Development for Low Speed Collisions	53
Risk during Transportation of Petroleum Products	59
Effects of Advancing Spark Timing on Performance and Emissions of M20 Fueled SI Engine	61
Pretreatment Methods to Reduce Exhaust Emissions of a Gasoline Engine	67
Observing the Mechanical Behavior of a Crash Traverse under RCAR Bumper Test and Tow Hook	75
Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda TiO2 Katkılı Nanoakışkan Kullanılmasının Soğutma Performansına Etkilerinin İncelenmesi	80

Döner Eksantrik Milli ve Döner Gövdeli Paletli Kompresörün Performansının Analitik İncelenmesi	87
6x6 Taktik Tekerlekli Askeri Kara Platformu Üzerinde Kullanılacak Hidropnömatik Süspansiyon Sisteminin Modellenmesi ve Sistem Elemanlarının Sönümlemeye Etkisinin İncelenmesi	99
Euro 7 Emisyon Normlarının Dizel Enjektör Nozul Tasarımı ve Üretimine Etkisi	111
Levha Halindeki Termoplastik Kompozit Malzemelerin Isıtma ve Soğuma Parametrelerinin İncelenmesi	117
Design And Manufacturing of a Stirling Engine with Rhombic Drive Mechanism	124
The Study on Investigation of Technical Developments in The Run-Flat Technology	129
The Determination of Effect of Turbulence Model Selection in Numerical Aerodynamic Analyses of Vehicles	137
Numerical investigation of the effect of spray cone angle on spray dynamics of a DI diesel engine	145
A Releasing Mechanism for the Automotive Seat Latch Using Shape Memory Spring	155
Automatic Closing of Automotive Glove Box Using Shape Memory Spring	162
Termoplastik Kompozit Levhaların Termal Özelliklerinin Araştırılması	169
Simulation of Forward Extrusion Process for Aluminum Alloy to Investigate the Influence of Lubrication on Stress Generated	175
Otomobil Isı Pompası Sisteminde İç Isı Değiştiricisinin Performansa Etkisinin Deneysel İncelenmesi	181
Homojen Dolgulu Sıkıştırma İle Ateşlemeli Bir Motorda Hafif Nafta Kullanımının Egzoz Emisyonlarına Etkisi	189
Lab-Scale Investigation of Biofuel Potentials of Microalgae	197

Benzin-Metanol Karışımlarında Motor Performans ve Emisyon Değişimlerinin Araştırılması	204
Kayısı Çekirdeği Biyodizeli ile Motorin Karışımının Motor Performans ve Emisyonlara Olan Etkilerinin Araştırılması	212
Using of 48V Mild Hybrid Technology in Vehicles	221
Review of Bio Lubricants in Automotive Applications	227
Energy and Exergy Analysis of Using Gasoline and Gasoline-Bioethanol Blends as Fuel in a SI Engine	232
Evaluation of Oxygen Enrichment Effect on Exhaust Emissions of a Diesel Engine with the Help of Base Modified Zeolite	242
Investigation of Oxygen Enrichment Effect on Specific Fuel Consumption and Vibration of a Diesel Engine with Zeolite Filter	248
The Effect on Performance and Emission Parameters of Isobutanol Addition into Pure Biodiesel	254
Sıkıştırma Oranı ve Emme Zamanı Şartlarının Atkinson Çevrimli Bir Motorun Performansına Etkisi	259
M3 Kategorisinde Bir Körüklü Otobüs Tasarımı ve Yapısal Analizleri	267
Effect of 5% Isobutanol Addition to B50 Fuel on Engine Performance and Emission	273
Energy and Exergy Based Assessment of a CI Engine Operation at Different Engine Loads with Biofuels	278
Investigating the Effective Operating Conditions for a Novel Thermoelectric Generator Mounted on Exhaust Pipeline	284
Alüminyum Köpüklerin Taşıtlarda Isıl Değiştirici olarak Kullanımının Araştırılması	291
Modular Carrier; Functional Parts Integrated, Fast Assembly Providing, Lightweight for the Passenger Cars	296

A Simple Model of the Effect of Fuel Octane Number Variation on the Performance of a Single Cylinder Spark Ignition Engine	302
Dört Silindirli Buji ile Ateşlemeli Bir Motor için Temel Elektronik Kontrol Ünitesi Tasarımı	308
Sistematik Tasarım ve Biyomimikri ile Örnek Bir Çalışma: Yeni Bir Bisiklet Kaskı Tasarımı	320
Tümüyle Elektrikli Binek Tipli Bir Aracın Advisor Tabanlı Modellenmesi ve Aerodinamik Direnç Değişiminin Batarya Performansına Etkisi Üzerine Bir Çalışma	329
UV Işın ile Toplu Taşıma Araçları için Sterilizasyon Cihazı Tasarımı	336
RULA Yöntemi Kullanarak Şehir İçi Otobüslerdeki Havalandırma Pencerelerinin Ergonomik Analizi	347
HCCI Combustion, Numerical Simulation and Numerical Simulation Application: Short Review	357
Döngüsel Mikro Kompresörün Sert Eloksal Kaplı Al5083 Paleti için Sürtünme Test Cihazı Tasarımı	369
Araç Dinamiğinin Mimuro Plot Yöntemiyle İncelenmesi	375
Effects of Ambient Air Velocity Passing Through Intercooler on Performance and Emissions of a Turbocharged Diesel Engine	383
Bir Ağır Vasıta Hava Kompresörünün Performansının Deneysel olarak İncelenmesi	388
Comparison of Crash Performance of Vehicle Front Bumper Beams De-signed from Advanced High Strength Steel Materials	398
Bisiklet Arka Şok Emici Braketinin Geometrik Optimizasyonu ve Eklemeli İmalat İçin Tasarımı	401
Investigation for Lubrication Effect on Stress Distribution during ECAP Process by Q Form Analysis to Improve Mechanical Properties for Aluminum Alloy	410
Elektrikli Araçlar İçin Prototip Batarya Yönetim Sistemi Tasarımı	417

Investigation of Buckling and Fatigue Behaviors for Different Loadings of a Drag Link Used in Heavy Commercial Vehicles	427
Determination of the Source of the Quake from the Cabinet by Creating a Vibration Map	433
Determination of Fatigue Strength and Static Analysis for Different Loadings of a Drag Link used in Heavy Commercial Vehicles	440
Ağır Vasıta Hava Kompresörü Arızaları ve Performansa Etkilerinin Deneysel İncelenmesi	449
Tek Silindirli Bir Dizel Motorunun Krank Mili Hız Dalgalanmalarının İncelenmesi	456
Beta Tipi Bir Stirling Motorunun Hava Çalışma Akışkanı ile Performans Testleri	469
Development of Graphical Interface for Determination of Laminar Burning Velocity Using Image Processing Techniques in a Spark Ignition Engine	476
Atık Yağ ve Sabun Stoku Metil Esterlerinin Karışımından Teşkil Biyodizel Yakıtı ve Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Kullanımı	484
Cam Elyaf Takviyeli Polimer Malzemenin Çarpışma Dayanımının Araştırılması	493
A Research on Intelligent Transportation Systems Sensor Technologies	498
Investigation of the Obstacle Behavior of an 8x8 Armored Amphibious Vehicle: A Numerical Study	503
Brushless Direct Current Motor Driver Design for Small Powered Electric Vehicles	510
İçten Yanmalı Motor Egzoz Isısından Termoelektrik Yöntem ile Elektrik Enerjisi Üretimi	518
Acoustic Polyvinyl Butyral Performance of Automotive Laminated Glasses	526
Dizel Motorlarında Doğal Gaz Kullanımının Ekonomik Analizi	533

Araç Üstü Asansör İçin Sepet Tasarımı ve Analizi	538
Metanol-Benzin Karışımlarındaki Yanmanın Detaylı Kimyasal Kinetik Model ile İncelenmesi	545
Hekzan ve Heptan Karışım Yakıtları Kullanılan HCCI bir Motorda Performans Yanma ve Emisyon Karakteristiklerinin Deneysel İncelenmesi	551
İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılan Farklı Tip Kam Profillerinin Dinamik Analizi	558
Benzin-Metanol Karışımlarında Motor Performans ve Emisyon Değişimlerinin Araştırılması	558

Dizel Motorlarında Doğal Gaz Kullanımının Ekonomik Analizi

Oğuz Kürşat Demirci[1*], Can Çınar[2], Murat Çetin[3] ve Adnan Demirci[1]

[1] *Otomotiv Teknolojisi Programı, Erzincan Meslek Yüksekokulu, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan,24000, Türkiye*
[2] *Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Teknoloji Fakültesi, Gazi Üniversitesi, Ankara, 06500, Türkiye*
[3] *Makine Mühendisliği Bölümü, Mühendislik Fakültesi, Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan,24000, Türkiye*

Özet

Bu çalışmada deneysel verilerden elde edilen sonuçlar kullanılarak dizel yakıtı ile çalışan taşıtlarda çift yakıt sistemi (doğal gaz + motorin) kullanımının sağlayacağı muhtemel yakıt ekonomisi hesaplanmıştır. Motorin ile çalışan bir dizel motoru, çift yakıt sistemi ile çalışacak şekilde modifiye edilmiş ve bu motor üzerinde deneyler yapılmıştır. 16 Nm, 12 Nm, 8 Nm ve 4 Nm yük konumlarında gerçekleştirilen deneylerde, önce motorin yakıtı kullanılarak deneyler yapılmış ve yakıt tüketimleri ölçülmüştür. Ardından her bir deney için silindir içerisine motorin yakıtının girişi kısılarak yükün yarıya düşmesi sağlanmış ve azalan motor yükü silindir içerisine doğalgaz yakıtı sevk edilerek tamamlanmıştır. Yakıt ekonomisinde, 16 Nm yük konumunda %25,91, 12 Nm yük konumunda %21,63, 8 Nm yük konumunda %4,68, 4 Nm yük konumunda ise %2,63 oranında iyileşmeler gerçekleştiği görülmüştür. Bu veriler incelendiğinde, yük taşıma amacı ile kullanılan ağır vasıta taşıtlara çift yakıt sistemi uygulanması ile vasıta başına yıllık 6483 Avro, 41231 TL (1 € = 6,36 TL) yakıt tasarrufu sağlanabileceği tahmin edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Çift yakıt sistemi; Dizel motor; Sıkıştırılmış doğal gaz; Yakıt ekonomisi.

Economic Analysis of the Use of Natural Gas in Diesel Engines

Abstract

In this study, possible fuel savings are calculated by using dual fuel system (natural gas + diesel) in vehicles working with diesel fuel. The diesel engine, which runs with diesel fuel, has been modified to operate with dual fuel and experiments have been carried out. The tests were carried out at 16 Nm, 12 Nm, 8 Nm and 4 Nm load positions using diesel fuel and the fuel consumption was measured. Then, in each test, the fuel supply was reduced in half by reducing the load to half and natural gas fuel was sent to the cylinder to complete the reduced engine load. Fuel economy improved by 25.91% at 16 Nm load position, 21.63% at 12 Nm load position, 4.68% at 8 Nm load position and 2.63% at 4Nm load position. When these data are examined, the application of dual fuel system for heavy vehicles used to transport loads purpose will result in fuel savings of 6483 EUR, 41231 TL (1 € 1 = 6.36 TL) per vehicle per year.

Keywords: Compressed natural gas; Diesel engine; Dual fuel system; Fuel economy.

1. Introduction

Türk Petrolleri Anonim Ortaklığı (TPAO) verilerine göre 2035 yılına kadar dünyada petrol talebinin artış göstereceği ancak 2035 yılından sonra azalma eğilimine gireceği öngörülmektedir. Azalan petrol talebinin yerini ise doğal gaz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının dolduracağı tahmin edilmektedir [1]. Yük taşıma amacı ile kullanılan ağır vasıta kamyonlar ulusal ve uluslararası yollarda yıllık ortalama 150 000 km yol kat etmektedirler [2]. %75,7 seviyesinde enerjide dışa bağımlı olan ülkemiz için enerjiyi verimli ve tasarruflu şekilde kullanmak gereklidir [1]. Bir otomobilden yılda ortalama on kat fazla yol kat eden ağır vasıtalar için yakıt ekonomisi son derece önemlidir [3]. Taşıma giderleri arttıkça ürün fiyatlarının artması ile birlikte buna bağlı olarak da enflasyon ve cari açıkta da artış gerçekleşmektedir [4]. Bu gibi nedenlerden dolayı ağır yük taşıtlarında yakıt ekonomisi sağlamak için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır [5-8]. Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) yakıtı ile motorin yakıtının bir arada kullanıldığı çift yakıtlı sistemler ise bu çalışmalar içerisinde önemli bir yer tutmaktadır [9]. Resim 1'de doğal gaz dönüşümü yapılmış bir ağır vasıta taşıt görülmektedir [10].

*Sorumlu yazar, E-mail: odemirci@erzinczan.edu.tr



(a)



(b)

Resim 1.a. Çift yakıt (doğal gaz + motorin) dönüşümü gerçekleştirilmiş ağır vasıta aracın doğal gaz tüpleri
Resim 1.b. Motor içerisine yakıt sevk borularının ve enjektör giriş noktalarının gösterimi

Bu çalışmada dizel yakıtı ile çalışan 4 zamanlı bir dizel motor, çift yakıt (doğal gaz + motorin) kullanılacak şekilde dönüştürülerek deneyler yapılmış ve bu deneylerden elde edilen veriler ile ağır vasıta kamyonlarda sağlanabilecek yakıt tasarruf miktarları tahmin edilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Deneyler Gazi Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü, İçten Yanmalı Motorlar Laboratuvarı'nda yapılmıştır. Deneylerde kullanılan motorun ve yakıtların temel özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Deney motorunun ve kullanılan yakıtların temel özellikleri [11,12]

Motor Tipi	4 zamanlı, Sıkıştırma ile ateşlemeli		**Motorin**	**Doğal gaz**
Enjeksiyon Tipi	Direkt Enjeksiyonlu	**Setan Sayısı**	40-50	-
Silindir Hacmi	395 cm^3	**Oktan Sayısı**	-	>120
Sıkıştırma Oranı	18:1	**Kendiliğinden Tutuşma Sıcaklığı**	210 ºC	580 ºC
Maksimum Moment	19,6 Nm [2200 d/d]	**Alt Isıl Değer**	42500 kJ/kg	47140 kJ/kg
Maksimum Güç	5,4 kW [3000 d/d]	**Yakıtın 1 atm basınç, 15 ºC sıcaklıktaki fiziksel hali**	Sıvı	Gaz
Silindir Çapı x Strok	86 x 68 mm	**Kimyasal Formül**	C4-C12	CH_4

Cussons P8160 marka tek silindirli motor test düzeneğinde yapılan deneylerde, öncelikle motor maksimum moment devrinde (2200 d/d) çalıştırılarak 16 Nm, 12 Nm, 8 Nm ve 4 Nm olmak üzere 4 farklı yük konumunda %100 motorin yakıtı ile yakıt tüketimi ölçülmüştür. Tüketilen motorin miktarını ölçmek için 1 g hassasiyete sahip hassas terazi kullanılmıştır. %100 motorin yakıtı ile yapılan deneylerin ardından motorda çift yakıt ile yapılacak çalışmalar için literatürden elde edilen verilerden yük değişim oranı %50 tercih edilmiştir [10,13-15]. Her bir motor yükü için elde edilen değer %50 oranında azalacak şekilde motorin yakıtı kısılmıştır. Azalan bu yük doğal gaz yakıtı silindir içerisine sevk edilerek tamamlanmıştır. Doğal gaz yakıt tüketimini ölçmek için gaz kütle akış ölçeri kullanılmıştır. Yakıt tüketimi ölçümleri motor kararlı çalışma sıcaklığına ulaştığında 5 dakika süreyle yapılmıştır. Ekonomik analiz için kg/h olarak ölçülen motorin tüketimi L/h birimine dönüştürülmüştür. L/h olarak ölçülen doğalgaz yakıt tüketimi ise sm3/h (standart metre küp/saat) birimine dönüştürülerek analizler gerçekleştirilmiştir. 16 Nm motor yükü için örnek bir hesaplama gerçekleştirecek olursak;

Tek yakıt (%100 motorin) ile gerçekleştirilen deneylerde motorun saatlik yakıt tüketimi;

$B_{\%100\ motorin} = 1{,}00776\ \ kg/h$ olarak ölçülmüştür.

Motorin yakıtının yoğunluk değeri, yakıt spesifikasyon sertifikasında 0,83 kg/L olarak verilmiştir [16]. Motorun saatte tükettiği hacimsel yakıt miktarı ise;

$$V_{\%100\ motorin} = \frac{B_{\%100\ motorin}}{d_{motorin}} \quad (1)$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Burada;

$V_{\%100\ motorin}$ = Saatlik hacimsel yakıt tüketimi (L/h),
$B_{\%100\ motorin}$ = Saatlik kütlesel yakıt kütlesi (kg/h),
$d_{motorin}$ = Motorin yakıtının yoğunluğu (kg/L)'dir.

Örnek olarak 1,00776 kg/h olarak ölçülen saatlik yakıt kütlesi, yakıt yoğunluğuna bölünerek saatlik tüketilen yakıt hacmi elde edilir.

$V_{\%100\ motorin} = \frac{1{,}00776\ kg/h}{0{,}83\ kg/L}$ ise $V_{\%100\ motorin} = 1{,}214\ L/h$ olarak hesaplanır.

Motorinin litre fiyatı 6,29 TL olarak alınmıştır [17]. Ancak ekonomik analizde para birimi olarak Avro cinsinden de hesaplamalar yapılmıştır. 23 Ağustos 2019 tarihi itibariyle 1€ = 6,46 TL olarak alınmıştır [18]. Bu bilgiler ile motorin yakıtının Avro olarak litre fiyatı 0,97 € olarak hesaplanmış ve analizler bu değer üzerinden gerçekleştirilmiştir. Motorin yakıtının saatlik yakıt maliyetini aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır;

$$M_{\%100\ motorin} = V_{\%100\ motorin} \times C_{motorin} \quad (2)$$

burada;

$M_{\%100\ motorin}$ = Motorun saatlik yakıt maliyeti (€/h)
$C_{motorin}$ = Motorin yakıtının litre fiyatı (€/L) 'dır.

Örnek bir hesaplama yapacak olursak;

$M_{\%100\ motorin} = 1{,}214\ L/h \times 0{,}97\ €/\mathrm{L}$

$M_{\%100\ motorin} = 1{,}177\ €/\mathrm{h}$ olarak elde edilir.

Çift yakıt ile yapılan deneylerde ise motorin yakıtı kullanımı için yukarıda belirtilen yöntem uygulanmıştır. Akaryakıt istasyonlarında motorin yakıtı için litre birimi ile yakıt sevki yapılmakta ancak doğal gaz yakıtı için sm3 birimi ile yakıt dolumu ve fiyatlaması gerçekleştirilmektedir. Akaryakıt istasyonlarında 23 Ağustos 2019 tarihi itibariyle doğal gaz yakıtı 3,94 TL/sm3 olarak fiyatlandırılmaktadır [14]. Avro para birimi olarak hesapladığımızda ise doğal gaz yakıtı 0,61 €/sm3 olarak fiyatlandırılmıştır (1€ = 6,46 TL). Gaz kütle akış ölçerinden L/dak olarak ölçülen doğal gaz yakıt tüketimi, önce L/h olarak hesaplanmış ardından birim dönüşümleri gerçekleştirilerek sm3/h birimi olarak dönüştürülmüştür. Çift yakıt ile gerçekleştirilen yakıt tüketimine bir örnek verecek olursak, saatlik olarak 0,36378 kg/h olarak ölçülen çift yakıt motorin tüketimi, motorinin yoğunluk değeri ile (0,83 kg/L) çarpılarak saatte tüketilen yakıt hacmi değeri olan 0,438289 L/h hesaplanır. Elde edilen bu değer motorin yakıtı litre fiyatı ile çarpılarak (0,97 €) çift yakıt sistemindeki motorin yakıtının saatlik maliyeti olan 0,425 € değeri elde edilir.

Doğal gaz yakıtı için örnek bir hesaplama gerçekleştirecek olursak, 16 Nm yük için çift yakıt deneyleri gerçekleştirilirken gaz kütle akış ölçerinden doğal gaz tüketim değeri 12,2 L/dk olarak ölçülmüştür. Saatlik tüketim ise 732 L/h olarak hesaplanmış ve birim dönüşümü yapılarak saatlik doğalgaz tüketimi 0,732 sm3/h olarak hesaplanmıştır. Bu değer doğal gaz yakıtının pompa fiyatı olan 0,61 € değeri ile çarpılarak çift yakıt sistemindeki saatlik doğal gaz yakıt tüketim değeri 0,447 € olarak hesaplanmıştır. Çift yakıt deneylerindeki motorin ve doğal gaz tüketimlerini topladığımızda çift yakıt sisteminin yakıt tüketim değeri ortaya konulmuştur.

$$M_{çift\ yakıt\ toplam} = M_{çift\ yakıt\ motorin} + M_{çift\ yakıt\ doğal\ gaz} \quad (3)$$

burada;

$M_{çift\ yakıt\ toplam}$ = Motorun çift yakıt deneylerindeki saatlik toplam yakıt maliyeti (€/h)

$M_{çift\ yakıt\ motorin}$ = Çift yakıt deneylerindeki motorin yakıtının saatlik yakıt maliyeti (€/h)

$M_{çift\ yakıt\ doğal\ gaz}$ = Çift yakıt deneylerindeki doğal gaz yakıtının saatlik yakıt maliyeti (€/h)

Örnek bir hesaplama yapacak olursak;

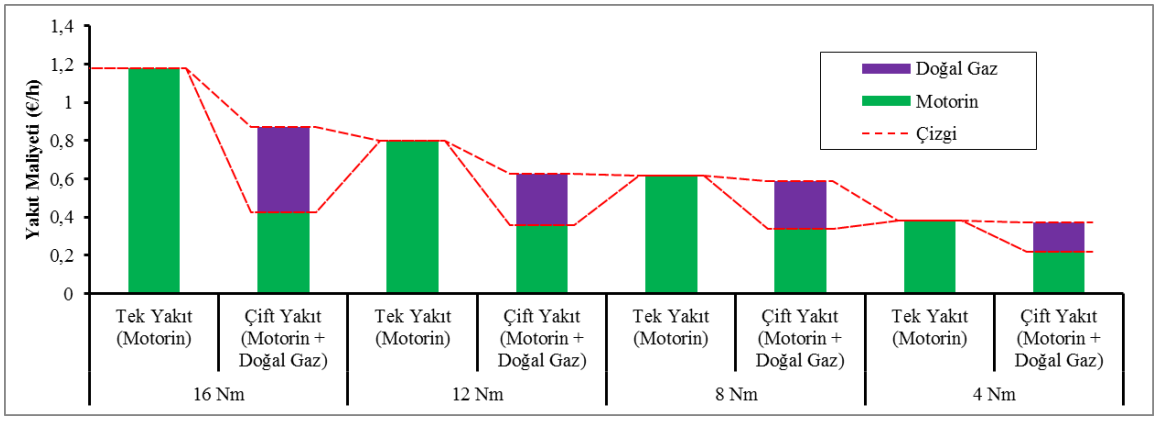
$M_{çift\ yakıt\ toplam} = 0{,}425\ €/h\ + 0{,}447€/h$

$M_{çift\ yakıt\ toplam} = 0{,}872\ €/h$ olarak bulunur.

16 Nm yük konumunda %100 motorin yakıtı ile gerçekleştirilen deneylerde saatlik yakıt tüketim maliyeti 1,177 €/h iken, çift yakıt sistemi ile yapılan deneylerde %25,91 oranında yakıt maliyetinde tasarruf sağlanarak 0,872 €/h olarak gerçekleşmiştir.

2. Deney Sonuçlarının Değerlendirilmesi ve Ekonomik Analiz

16 Nm, 12 Nm, 8 Nm ve 4 Nm motor yükü konumlarında %100 motorin ve çift yakıt (motorin + doğal gaz) kullanılarak gerçekleştirilen deneylerde elde edilen yakıt maliyeti grafiği Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1. 16 Nm, 12 Nm, 8 Nm ve 4 Nm motor yükü ile gerçekleştirilen deneylerde elde edilen yakıt maliyetleri

Şekil 1'de gösterilen yakıt maliyetleri grafiği incelendiğinde 16 Nm motor yükü için çift yakıt sisteminin yakıt maliyeti %100 motorin yakıtı ile yapılan deneylere göre %25,91 oranında iyileşerek 0,872 €/h olarak hesaplanmıştır. 12 Nm motor yükünde %100 motorin ile gerçekleştirilen deneylerde 0,80 €/h olan yakıt maliyeti, çift yakıt sistemi ile gerçekleştirilen deneylerde %21,63 oranında iyileşerek 0,627 €/h olarak hesaplanmıştır. Çift yakıt sistemi ile 8 Nm motor yükünde %4,68, 4 Nm motor yükünde ise %2,63 oranında iyileşme sağlanarak yakıt maliyetleri sırasıyla 0,59 €/h ve 0,37 €/h olarak hesaplanmıştır. 8 Nm ve 4 Nm motor yüklerindeki yakıt tasarrufu oranının 16 Nm ve 12 Nm motor yüklerine göre düşük olmasının başlıca sebebi, silindir içi sıcaklıkların düşmesi ve doğal gaz yakıtının oktan sayısının yüksek olması nedeni ile yanmaya karşı direnç göstermesi olarak açıklanabilir [19].

2019 yılı Haziran ayı itibariyle TÜİK verilerine göre Türkiye'de 845 931 adet kamyon bulunduğu bildirilmiştir [20]. Yük taşıma sektöründe kullanılan kamyonların 100 kilometre mesafede ortalama 32,5 litre motorin tüketimi gerçekleştirdiği ve yılda ortalama 150 000 kilometre yol kat ettiği varsayılmıştır [2]. Reel veriler elde edebilmek için Türkiye'deki mevcut kamyon adedinin %85 oranında faal olarak ulusal ve uluslararası yollarda çalıştığı varsayılmış ve ekonomik analiz 719 000 kamyon üzerinden gerçekleştirilmiştir. Bir kamyon üzerinden hesaplama yaparsak yılda 150 000 km yol kat edip 100 kilometrede 32,5 litre motorin harcayan bir kamyon yıllık 48750 litre motorin tüketimi gerçekleştirir. Motorinin litresi 0,97 Avro olarak hesapladığımızda yıllık 47287 € motorin yakıtına para harcanmıştır. Gerçekleştirilen deneylerde değişen yüklerde değişen yakıt tasarruf oranları elde edilmiştir. Bu yakıt tasarruf oranlarının ortalamasını alırsak ortalama %13,71 gibi bir yakıt tasarruf oranı ortaya çıkmaktadır. Bu yakıt tasarruf oranı değerini hesaplamalarımızda referans değer olarak alırsak;

$47287\ € \times 0{,}1371 = 6483€$ kamyon başına yıllık yakıt tasarruf miktarı olarak elde edilir. Türk Lirası olarak ise kamyon başına yıllık;

$6483€ \times 6{,}46 = 41880\ TL$ yakıt tasarrufu gerçekleştirilebilir.

Kamyonlar için çift yakıt sistemi montaj maliyeti ortalama 5000 € olarak değerlendirildiğinde yaklaşık 9-10 ay gibi kısa bir süre içerisinde sistemin kendisini amorti edeceği öngörülmektedir [10,14-15].

3. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada deneysel verilerden elde edilen sonuçlar eşliğinde karayolu taşımacılığı yapan ve dizel yakıtı ile çalışan kamyonlarda çift yakıt sistemi (doğal gaz + motorin) kullanılması ile elde edilecek muhtemel yakıt tasarrufu hesaplanmıştır. Çift yakıt sistemi ile gerçekleştirilen deneylerde %100 motorin yakıtı ile yapılan deneylere göre yakıt ekonomisinde, 16 Nm yük konumunda %25,91, 12 Nm yük konumunda %21,63, 8 Nm yük konumunda %4,68, 4 Nm yük konumunda ise %2,63 oranında iyileşmeler gerçekleşmiştir. Bu veriler incelendiğinde, yük taşıma amacı ile kullanılan ağır vasıtalara çift yakıt sistemi uygulanması ile vasıta başına yıllık 6483 Avro yakıt tasarrufu sağlanmış olacaktır. Bu çalışmada tek silindirli bir dizel motordan elde edilen sonuçlarla karayolu taşımacılığı yapan taşıtlar için bir yaklaşımda bulunulmuştur. Çalışmanın karayolu taşımacılığı yapan kamyon motorları üzerinde çift yakıt sistemi dönüşümü yapılarak uygulanması ve optimum çalışma parametrelerinin belirlenmesi daha gerçekçi sonuçlar ortaya koyacaktır. Bu çalışmalardan elde edilecek sonuçlarla, ağır vasıta taşıtların devlet desteği alınarak çift yakıt sistemine dönüşümü teşvik edilebilir. Doğal gaz dolum istasyonlarının ülke çapında sayısının artırılması da ağır vasıta taşıt sahiplerinin çift yakıt sistemine geçiş sürecini hızlandıracaktır.

Kaynaklar

[1] Türkiye Petrolleri A.O. Genel Müdürlüğü. (2018). 2018 Yılı Ham Petrol ve Doğal Gaz Sektör Raporu. TPAO, Ankara, 4-10.
[2] Schittler, M., (2003). State-of-the-art and emerging truck engine technologies for optimized performance, emissions and life cycle costs. In: 9th Diesel Emissions Reduction Conference, Rhode Island, 2.
[3] Litman, T., (2018). Distance-based vehicle insurance as a TDM strategy. Victoria Transport Policy Institute, 2-33.
[4] Bozgeyik, Y., Kutlu, A. (2019). Türkiye'de Cari Açığın Belirleyicileri: 1992-2017 Dönemi İçin Ampirik Çalışma. Maliye Dergisi, Ocak-Haziran 2019;176:1-26.
[5] Zhao, H., Burke, A., Miller, M. (2013). Analysis of Class 8 truck technologies for their fuel savings and economics, Transportation Research Part D: Transport and Environment,23, 55-63.
[6] Lajevardi, S.M., Axsen, J., Crawford, C. (2018). Examining the role of natural gas and advanced vehicle technologies in mitigating CO2 emissions of heavy-duty trucks: Modeling prototypical British Columbia routes with road grades. Transportation Research Part D: Transport and Environment,62, 186-211.
[7] Zhang, Y., Jiang, Y., Rui, W., Thompson, R. G. (2019). Analyzing truck fleets' acceptance of alternative fuel freight vehicles in China. Renewable Energy, 134, 1148-1155.
[8] Peng, M.,Lin, J., Liu, X. (2018). Optimizing Design of Powertrain Transmission Ratio of Heavy Duty Truck. IFAC-PapersOnLine, 51:31,892-897.
[9] Chen, H., He, J.,Zhong, X. (2019). Engine combustion and emission fuelled with natural gas: A review. Journal of the Energy Institute, 92,1123-1136.
[10] İnternet: http://www.socarcng.com (2019).
[11] İnternet: https://www.anadolumotor.com/tr/urunler/antor-6-ld-400 (2018).
[12] Kakaee, A. H., Paykani, A., Ghajar, M. (2014). The influence of fuel composition on the combustion and emission characteristics of natural gas fueled engines. Renewable and Sustainable Energy Reviews,38:64-78.
[13] İnternet: https://landirenzo.com/tr/cift-yakit-sistemleri-dizel-dogal-gaz (2019).
[14] İnternet: http://gitasgaz.com/ (2019).
[15] İnternet: http://lovatogaz.com/cng-donusumu (2019).
[16] Opet Yakıt Spesifikasyonları Eco Force Motorin. (2018). https://www.opet.com.tr/files/PDF/Urun/Eco-Force-motorin-urun-teknik-ozellikleri.pdf.
[17] İnternet: https://www.opet.com.tr/guncel-akaryakit-fiyatlari (2019).
[18] İnternet: https://www.halkbank.com.tr/ (2019).
[19] Karabektas, M., Ergen, G., Hoşöz, M. (2014). The effects of using diethylether as additive on the performance and emissions of a diesel engine fuelled with CNG, Fuel, 115, 855-860.
[20] Türkiye İstatistik Kurumu. (2019). Motorlu Kara Taşıt Sayısı. Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni, Ankara, 30635.
[21] İnternet: https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/cari-acik-2018-yilinda-geriledi-404948.html (2019).
[22] Doğan, E. (2014). Türkiye'de Cari Açık Sorununun Yapısal Nedenleri ve Ekonomik Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 5-120.