

Experimental Determination of the Engine Vibration and Mechanical Noise Depending on Vehicle Speed

Çağatay ZAMAN¹  Tolga TOPGÜL^{2,*}  Suat SARIDEMİR³ 

¹Gazi University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Automotive Engineering, Yenimahalle/ANKARA

²Gazi University, Faculty of Technology, Department of Automotive Engineering, Yenimahalle/ANKARA

³Düzce University, Faculty of Engineering, Department of Mechanical Engineering, DÜZCE

Graphical/Tabular Abstract

Article Info:

Research article
Received: 25/01/2022
Revision: 30/01/2022
Accepted: 30/03/2022

Highlights

- Vibration and mechanical noise
- Engine speed and load
- Vehicle test on the chassis dynamometer

Keywords

Vibration
Noise
Internal combustion engine
Engine operating parameters

In this study, the effects of the variation of the main driving parameters on vibration and mechanical noise have been experimentally examined.



Figure A. Experimental setup

Purpose: In this study, it is aimed to investigate the effects of the driving characteristics of a vehicle on vibration and mechanical noise. For this purpose, a passenger car has been tested at different vehicle speeds and gears on the chassis dynamometer.

Theory and Methods: The study was performed experimentally using the test bench as seen in Figure A. The experimental study was performed in two different gears. Firstly, the test vehicle was tested at a vehicle speed range of 40-110 km/h and a particular gear (5th gear) in straight-line conditions. In the second phase, the test vehicle was run at 50 and 90 km/h for the same driving resistances but in the 4th gear. All data obtained were analyzed and compared to each other.

Results: According to the measurement results in the 5th gear, depending on the variation of the vehicle speed from 40 km/h to 110 km/h, the vibration total value increased by approximately 3 times, and the noise increased by 9.4 dB(A). When the effect of different gears on vibration was considered, the results showed that the vibration total values in the 5th gear are lower than that of the 4th gear (approximately 15.3% at 50 km/h and 30.3% at 90 km/h vehicle speed). However, there was no significant difference in the noise values between the two gears.

Conclusion: According to the measurement results at a particular gear, the vibration total value and noise increased depending on the vehicle speed. In other words, vibration and noise were affected by both engine speed and load. The results of the performed tests at the same vehicle speeds in the 4th and 5th gears to understand the effect of the engine speed and load on vibration and noise clearly showed that engine speed affects vibration and mechanical noise more than engine load considered to the test conditions in this study.



Experimental Determination of the Engine Vibration and Mechanical Noise Depending on Vehicle Speed

Çağatay ZAMAN¹ Tolga TOPGÜL^{2,*} Suat SARIDEMİR³

¹Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Yenimahalle/ANKARA

²Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, Yenimahalle/ANKARA

³Düzce Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, DÜZCE

Abstract

The main parameters affecting the driving characteristics of a vehicle with an internal combustion engine are engine speed and engine load. The driver essentially sets the vehicle speed and the key control point for this adjustment is the accelerator pedal. The amount of the pressure on the accelerator pedal depends on the gear and the resistances of the vehicle opposing its movement. The aim of this study is to experimentally examine the effects of variation in the main driving parameters on vibration and noise. For this purpose, vibration and noise measurements have been carried out vehicle speed range of 40-110 km/h in a particular gear (5th gear) and straight-line conditions. Depending on the vehicle speed (from 40 km/h to 110 km/h), the vibration total value increased by approximately 3 times and the noise increased by 9.4 dB(A). In addition, the tests at the vehicle speeds of 50 km/h and 90 km/h were repeated in the 4th gear and compared with the data obtained in the 5th gear. The measurement results in the 5th gear showed that the vibration total value is lesser than 15.3% at 50 km/h and 30.3% at 90 km/h vehicle speed compared to that of the 4th gear. When it comes to the noise measurement results were compared, no significant differences between the two gears were obtained.

Makale Bilgisi

Araştırma makalesi
Başvuru: 25/01/2022
Düzeltilme: 30/01/2022
Kabul: 30/03/2022

Keywords

Vibration
Noise
Internal combustion engine
Engine operating parameters

Anahtar Kelimeler

Titreşim
Gürültü
İçten yanmalı motor
Motor işletme parametreleri

Taşıt Hızına Bağlı Olarak Motor Titreşimi ve Mekanik Gürültünün Deneysel Olarak Belirlenmesi

Öz

İçten yanmalı motora sahip bir taşıtın sürüş karakteristiğini etkileyen temel parametreler motor devri ve motor yüküdür. Sürücü temelde taşıtın hızını ayarlar ve bu ayar için temel kontrol noktası gaz pedalıdır. Gaz pedalına basılma miktarı, taşıtın karşılaştığı dirençlere ve vites kademesine bağlıdır. Bu çalışmanın amacı taşıtın temel sürüş parametrelerindeki değişimin titreşim ve gürültüye etkisini deneysel olarak incelemektir. Bu amaçla düz yol koşullarında ve belirli bir vites kademesinde (5. vites) 40-110 km/h taşıt hız aralığında titreşim ve gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Taşıt hızına bağlı olarak (40 km/h hızdan 110 km/h hıza), toplam ortalama titreşim yaklaşık 3 kat, gürültü ise 9,4 dB(A) artmıştır. Ayrıca 50 km/h ve 90 km/h taşıt hızlarındaki testler 4. vites kademesinde de tekrarlanmış ve 5. viteste elde edilen verilerle karşılaştırılmıştır. 5. vitesteki ölçüm sonuçları, toplam ortalama titreşim değerinin 4. vitese göre 50 km/h araç hızında %15,3 ve 90 km/h araç hızında %30,3 daha az olduğunu göstermiştir. Gürültü ölçüm sonuçları karşılaştırıldığında ise; her iki vites kademesi arasında dikkate değer bir fark görülmemiştir.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Günümüzde içten yanmalı motorlara sahip taşıtlar ulaşım alanında ağırlıklarını korumayı sürdürmektedirler. Yüzyılı aşkın bir süredir günlük hayatımızı kolaylaştıran ve hızlandıran bu makinelerin neden olduğu bazı olumsuzluklar da vardır. Bunların başında zararlı egzoz emisyon salınımları ifade

edilebilir. Ayrıca özellikle sürüş konforunu olumsuz etkileyen titreşim ve gürültü de bu motorların neden olduğu olumsuzluklar arasında yer almaktadır.

İçten yanmalı motorlardaki titreşim ve gürültüye yönelik çalışmalar daha çok sönümleme elemanları [1-3], motor çalışma parametreleri [4,5] ve özellikle alternatif yakıtlara [6,7] yönelik konular üzerinde yoğunlaşmaktadır.

Motor devrinin titreşime etkisinin incelendiği Gültekin ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada [8], benzinli ve dizel motorlar deneysel olarak karşılaştırılmıştır. 1000-3500 rpm motor devir aralığında her iki motor yüksüz olarak çalıştırılmış ve üç boyutlu ivmeölçer ile titreşim ölçümleri yapılmıştır. Benzin motoruna kıyasla dizel motorunda titreşimin daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca 1000 rpm motor devrindeki ortalama ivme dikkate alındığında dizel motorundaki titreşiminin benzinli motordakinden 42,2 kat daha fazla olduğu ifade edilmiştir.

Biyodizel-dizel yakıt karışımlarının motor titreşimlerine etkisinin deneysel olarak incelendiği Sarıdemir vd. tarafından çalışmada [9], atık bitkisel yağlardan elde edilmiş biyodizel ve dizel yakıtı karışımları ile yalnız dizel yakıtı kullanılmıştır. Motor titreşimlerinin üç eksenli piezoelektrik ivmeölçer ile ölçüldüğü çalışmada en büyük titreşim tüm yakıtlar için eksenel yönde elde edilmiştir. Motor devrine bağlı olarak bütün test yakıtlarında titreşim artış gösterirken, Ab50 karışımının (% 50 biyodizel-%50 dizel yakıtı) motor titreşimlerini azaltmada daha etkili olduğu ifade edilmiştir.

Flekiewicz ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada [10], motor bloğunun titreşimleri iki farklı yakıt (benzin ve LPG) için karşılaştırılmıştır. Çalışmada, LPG'nin benzine kıyasla vuruntuya daha dirençli olması ve gaz yakıtların hava ile daha iyi karışım oluşturabilmesinin önemli avantajlar olduğu belirtilmiştir. Motor yükü ve hızındaki artış her iki yakıtta da daha yüksek maksimum indike basınç elde edilmesini sağlamıştır. En yüksek indike basınç değerleri LPG kullanımında elde edilmesine rağmen (2,28–5,14 MPa iken benzinde 1,9-4,93 MPa) motor devri ve yük artışının motor bloğundaki titreşime etkileri kıyaslandığında LPG'nin daha düşük ivme değerlerine sahip olduğu görülmüştür. LPG yakıtında ivme, 4,1 m/s²'den 95,5 m/s²'ye artarken; benzinde 22,1'den 100,5 m/s²'ye yükseldiği ifade edilmiştir.

Sarıdemir ve çalışma arkadaşları tarafından gerçekleştirilen çalışmada [11], motor devri ve yükünün bir dizel motorunda titreşim ve gürültüye etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Yüksüz ve yüklü olarak 1500 rpm, 2000 rpm ve 2500 rpm motor devirlerinde gerçekleştirilen deneylerde motor titreşimleri ve gürültünün motor devri ve yüküne bağlı olarak artış gösterdiği ifade edilmiştir. Araştırmacılar silindir içerisindeki yüksek yanma basıncının ve motor parçaları arasındaki artan sürtünmenin bu sonuçta etkili olabileceğini belirtmişlerdir.

Öztürk ve Karabulut [12], krank milinin çevrimlik açısal hız değişimleri ve motor bloğu titreşimlerini inceledikleri çalışmalarında tek silindirli bir dizel motoru için oluşturdukları dinamik modeli kullanmışlardır. Yapılan çalışmada gaz kuvvetlerinin motor bloğunun krank mili eksenine etrafındaki açısal titreşimlere, krank milinin balanssızlığı ve piston kütlelerinin ise yatay ve düşey doğrultudaki doğrusal titreşimlere neden olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada içten yanmalı motora sahip bir taşıtın sürüşünü etkileyen temel kontrol parametrelerinin titreşim ve gürültüye etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Bu temel kontrol parametreleri, motor devri ve motor yükü olarak dikkate alınmıştır. Temelde taşıt sürücüsü genel olarak sürüş esnasında taşıtın hızını ayarlar ve bu amaç için kullandığı gaz pedalı ile motor devri ve motor yükünü değiştirir. Bu değişim miktarı sürüş esnasında taşıtın karşılaştığı dirençlere ve kullanılan vites kademesine bağlıdır. Yapılan bu deneysel çalışmada düz yol koşullarında ve belirli bir vites kademesinde (5. vites) taşıt hızına bağlı olarak titreşim ve gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca 50 ve 90 km/h taşıt hızlarında 5. viteste elde edilen veriler bir alt vites kademesindeki ölçüm sonuçlarıyla karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmadaki temel amaç aynı taşıt hızında farklı vites kademesinin kullanımıyla ortaya çıkan motor devri ve motor yükü değişiminin titreşim ve gürültü üzerindeki etkisini belirlemektir.

2. MATERYAL VE METOT (MATERIAL AND METHOD)

DeneySEL çalışma Sun marka RAM 2000 model şasi dinamometresinde gerçekleştirilmiştir (Şekil 1). Şekilde yer alan sistem ile taşıtın en yüksek motor gücü ölçülebildiği gibi taşıt ağırlığı, yuvarlanma direnci (Eşitlik 1) ve aerodinamik direnç (Eşitlik 2) gibi çeşitli parametreler dikkate alınarak farklı taşıt hızlarında sürüş simülasyonu da yapılabilmektedir. Gerçek sürüş koşullarında motor ve aktarma organlarının soğutulması taşıtın çevresinde oluşan hava akışı ile gerçekleşmektedir. Laboratuvar ortamında bunun sağlanabilmesi için ölçüm sisteminde bir fan yer almaktadır. DeneySEL ölçümler esnasında ölçüm sonuçlarını etkilemesin diye ölçüm boyunca fan kapalı tutulmuştur. Alınan ölçüm datalarının ardından bir sonraki ölçüm noktasına kadar fan çalıştırılmıştır. Testler, taşıtın teknik özellikleri dikkate alınarak belirli bir vites kademesinde (5. vites) 40-110 km/h taşıt hızı aralığında gerçekleştirilmiştir. Taşıt konforunu belirlemeye yönelik olarak her bir hızda titreşim ve gürültü ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca deneyler 50 ve 90 km/h taşıt hızları için 4. vites kademesinde tekrarlanarak önceki ölçüm sonuçları ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 1. Test düzeneği

$$R_{ro} = W_{\text{taşıt}} \cdot f_{ro} \quad (1)$$

Eşitlik 1’de yer alan R_{ro} yuvarlanma direncini (N), $W_{\text{taşıt}}$ taşıtın ağırlığını (N) ve f_{ro} yuvarlanma direnç katsayısını ifade etmektedir.

$$R_a = 0,0386 \cdot \rho_{\text{hava}} \cdot A \cdot C_d \cdot V^2 \quad (2)$$

Eşitlik 2’de yer alan R_a aerodinamik direnci (N), ρ_{hava} havanın yoğunluğunu (kg/m^3), A taşıtın ön izdüşüm alanını (m^2), C_d aerodinamik direnç katsayısını ve V ise taşıtın hızını (km/h) temsil etmektedir.

Testler, Çizelge 1’de teknik özellikleri verilen dört zamanlı, dört silindri, buji ile ateşlemeli ve çok nokta port enjeksiyonlu motora ve beş ileri manuel vites kutusuna sahip önden motorlu ve önden çekişli otomobil üzerinde gerçekleştirilmiştir.

Şasi dinamometresinin yanı sıra deneylerde kullanılan diğer cihazlar da Şekil 1’de verilmiştir. Titreşim ölçümünde üç eksenle ölçüm yapabilen, frekans aralığı 0,3 – 10000 Hz, hassasiyeti 1 mV/ms^{-2} ve rezonans frekansı 30 kHz olan Brüel & Kjaer 4527 model piezoelektrik ivmeölçer kullanılmıştır. İvmeölçer, motorun şasiye bağlantı noktası olan motor takozu üzerine bağlanmıştır. İvmeölçerin verileri FFT analizi yapabilen dört kanallı Vibrotest 80 model veri toplama cihazına aktarılmıştır. Veriler, Hanning filtreleme yöntemiyle 6400 çözünürlükte analiz edilmiştir. Gürültü ölçümleri, 55 dB(A)-140,1 dB(A) ölçüm aralığında kullanılabilen Svantek 104 model dozimetre ile ISO 362-1:2007 standardına uygun olarak gerçekleştirilmiştir. Taşıtın dışından gerçekleştirilen ölçümlerde cihaz, motordan yaklaşık 1 m uzakta olacak şekilde konumlandırılmış ve bu ölçüm şartlarında yeri değiştirilmemiştir. Taşıtın iç kısmından yapılan ölçümlerde ise cihaz, yaklaşık olarak taşıtın ön camı hizasında orta konsola yerleştirilmiştir. Ayrıca testlerde Bosch KTS 540 diagnostik test cihazı ile motor devri ve gaz kelebek açıklığı (GKA) verileri alınmıştır. Diagnostik test cihazı, Bosch FSA 740 motor test cihazı ünitesi içinde yer almaktadır.

Çizelge 1. Taşıt testlerinde kullanılan aracın teknik özellikleri

Taşıtın marka ve modeli	Renault Megane I Grandtour
Boyutları (UxGxY)	4437x1698x1420 mm
Kütlesi	1160 kg
Aerodinamik direnç katsayısı	0,35
Silindir sayısı	4
Toplam kurs hacmi	1598 cm ³
Sıkıştırma oranı	10:1
Maksimum motor torku	148 Nm (3750 rpm)
Maksimum motor gücü	78 kW (5750 rpm)
Vites kutusu redüksiyon oranları	
1. Vites	3,36
2. Vites	1,86
3. Vites	1,32
4. Vites	1,03
5. Vites	0,82
Diferansiyel dişli oranı	3,87

Titreşim verileri için ivmeölçerin her bir kanalından alınan ivme değerleri kullanılarak literatürdeki çalışmalarda [11,13-15] dikkate alınan Eşitlik 3 aracılığıyla ortalama karekök değerleri (a_{RMS}) hesaplanmıştır. Hesaplanan a_{RMS} , titreşimin varlığını ifade etmek için kullanılan ve sistem tarafından üretilen titreşimin genliğinin istatistiksel ortalama değerini ifade eden bir büyüklüktür [16,17].

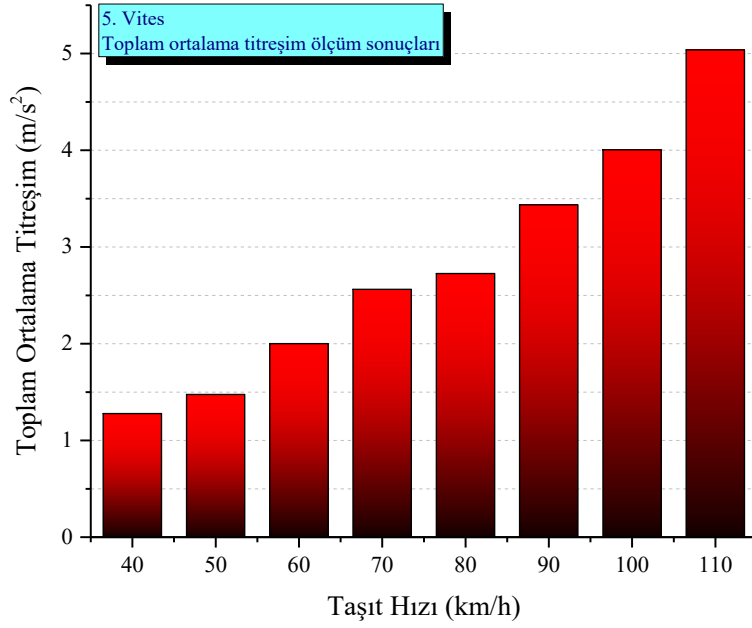
$$a_{RMS} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{k=1}^n a_k^2} \quad (3)$$

Deney sonuçlarının yer aldığı grafiklerde kullanılan toplam ortalama titreşim, ivmeölçerin x, y ve z kanallarından alınan ölçüm sonuçlarına göre hesaplanan ortalama karekök değerleri (a_{RMS}) kullanılarak literatürdeki [13,18-20] gibi Eşitlik 4 ile hesaplanmıştır.

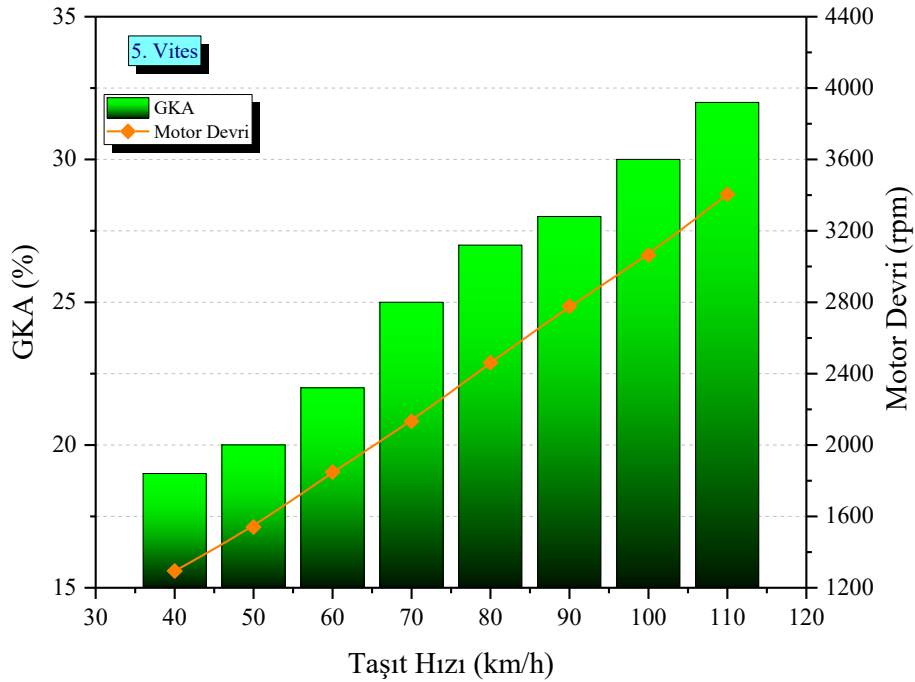
$$a_{toplama} = \sqrt{a_{RMS(x)}^2 + a_{RMS(y)}^2 + a_{RMS(z)}^2} \quad (4)$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA (RESULTS AND DISCUSSIONS)

Deneyler, taşıtın düz yol koşullarında karşılaştığı dirençler dikkate alınarak oluşturulan deney şartlarında ve belirli bir vites kademesinde (5. vites) 40–110 km/h hız aralığında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde temel olarak titreşim ve gürültü ölçümleri yapılmıştır. Şekil 2’de taşıt hızına bağlı olarak toplam ortalama titreşiminin değişimi görülmektedir. Taşıt hızı arttıkça toplam ortalama titreşim de artış göstermektedir. 40 km/h taşıt hızına göre 110 km/h hıza ulaşıldığında toplam ortalama titreşimde yaklaşık 3 kat artış görülmüştür. Taşıt deneylerinde hız artışı için gaz pedalına basma miktarının bir başka deyişle buji ile ateşlemeli bir motorda GKA’nın artırılması gerekmektedir. Aynı vites kademesinde yapılan bu işlem hem motor devrinin hem de motor yükünün artışına neden olmaktadır. Şekil 3’te 40-110 km/h taşıt hızlarına karşılık gelen motor devri ve GKA değişimi verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi deneysel çalışmada her iki motor işletme parametresi de hızla bağlı değişim göstermiştir. 40 km/h taşıt hızı için motor devri 1294 rpm ve GKA %19 iken, hız artırılarak 110 km/h hıza ulaşıldığında motor devri 3405 rpm’e ve GKA %32’ye artmıştır.



Şekil 2. Taşıt hızına bağlı olarak toplam ortalama titreşiminin değişimi



Şekil 3. Taşıt hızına bağlı olarak motor devri ve GKA'nın değişimi

40 km/h taşıt hızından itibaren artan taşıt hızı, bir yandan birim zamanda gerçekleşen çevrim sayısının diğer yandan da GKA'nın artmasına bağlı olarak silindir içerisine alınan dolgunun yani enerjinin artmasına ve bunun sonucu olarak da silindir içi basıncını ve atalet kuvvetlerini arttırarak titreşimin daha fazla görülmesine neden olmaktadır.

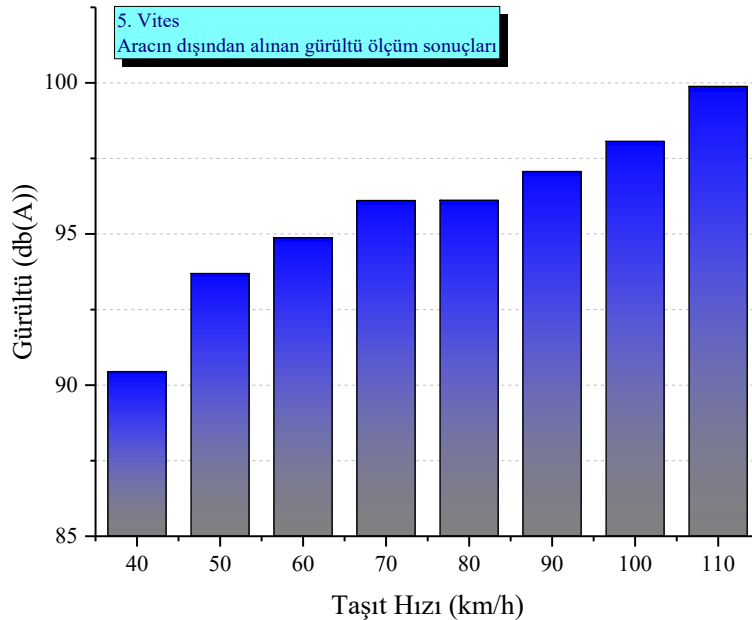
Literatürde yapılan çalışmalarda da titreşimde benzer eğilim görülmektedir. Taghizadeh-Alisaraei vd. [13] tarafından yapılan çalışmada motor devrinin titreşime her üç ekseninde önemli etkisinin olduğu belirtilmiştir. Ayrıca titreşimdeki en yüksek artışın motor performans eğrisindeki en yüksek torka veya (güçtork) değerine karşılık gelen motor devrinde meydana geldiği ifade edilmiştir.

Satsangi ve Tiwari çalışmalarında [21] motor titreşimleri ile silindir içi basınç değişimleri arasında çok güçlü bir korelasyon olduğunu vurgulamışlardır. Yanma odasında yakıtın yanmasıyla birlikte hızlı bir basınç artışının meydana geldiği ve bu basıncın yanma odasının iç duvarlarına ve pistonu etkileyerek motor titreşiminde ana etken olarak ortaya çıktığı vurgulanmıştır.

Ayrıca piston hareket hızının veya motor yükü artışının titreşimi arttırdığı literatürde yapılan çeşitli çalışmalarda da [6,8,11,22] vurgulanmıştır.

Titreşim gibi gürültü de arzu edilmeyen bir başka olumsuz bir etkidir. Motor kaynaklı gürültü söz konusu olduğunda bu gürültünün temelde üç kaynağı vardır. Bu kaynaklar; yanma odasındaki hızlı basınç artışıyla ortaya çıkan yanma gürültüsü, motorun dönen veya piston gibi ileri-geri hareket yapan bileşenlerinin neden olduğu mekanik gürültü ve emme-egzoz sisteminin akustik tasarımına bağlı olarak oluşan emme ile egzoz gürültüsü olacak şekilde ifade edilebilir [23-25].

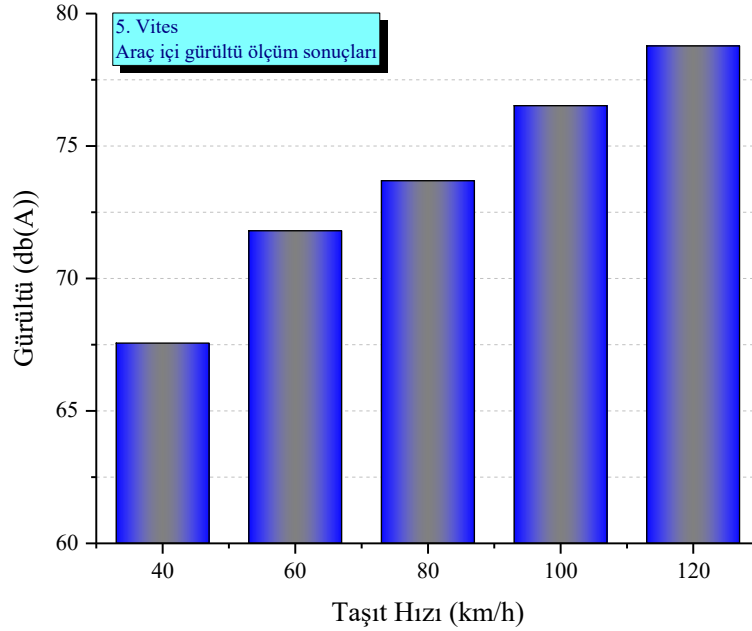
Şekil 4'te taşıt hızına bağlı olarak elde edilen gürültü ölçüm sonuçları görülmektedir. Gürültü verileri deneyin gerçekleştirildiği laboratuvar ortamında alınmıştır. Bu nedenle gürültü verileri motor kaynaklı gürültülerin yanı sıra taşıtın çekiş tekerlekleri, güç aktarma organları ve test düzeneğinde yer alan dinamometre ile birlikte dönen tamburların da neden olduğu gürültüyü kapsamaktadır. Kısaca bu gürültü, testin gerçekleştirildiği ortam gürültüsü olarak tanımlanabilir. Şekil 3'te de görüldüğü gibi artan taşıt hızına bağlı olarak daha yüksek motor devirlerine ve GKA'ya ulaşıldığından gürültü de buna bağlı olarak artış göstermiştir. 40 km/h taşıt hızında ölçülen gürültü miktarı ile karşılaştırıldığında 110 km/h hızda 9,4 dB(A)'lik bir artış görülmüştür. Bharath ve Selvan [26] motor devrine bağlı olarak gürültünün arttığını ve 2500 rpm motor devrinde 75 db(A) gibi yüksek bir gürültü seviyesinin görüldüğünü çalışmalarında belirtmişlerdir. Benzer değişim Keskin [27] tarafından yapılan çalışmada da elde edilmiştir. Sharma vd. [7] artan motor yükü ve devrinin toplam gürültüyü arttırdığını çalışmalarında ifade etmişlerdir. Çalışmalarında toplam gürültünün; silindir içi basınç, açığa çıkan ısı oranı ve basınç artış oranı ile ilişkilendirilebileceği belirtilmiştir. Daha yüksek silindir içi basınç, egzoz basıncının ve buna bağlı olarak egzoz gürültüsünün ve toplam gürültünün artmasına neden olmaktadır. Ayrıca çalışmada açığa çıkan ısı oranı ve basınç artış oranı artışının daha yüksek toplam gürültüye neden olduğu vurgulanmıştır.



Şekil 4. Taşıt hızına bağlı olarak gürültünün değişimi

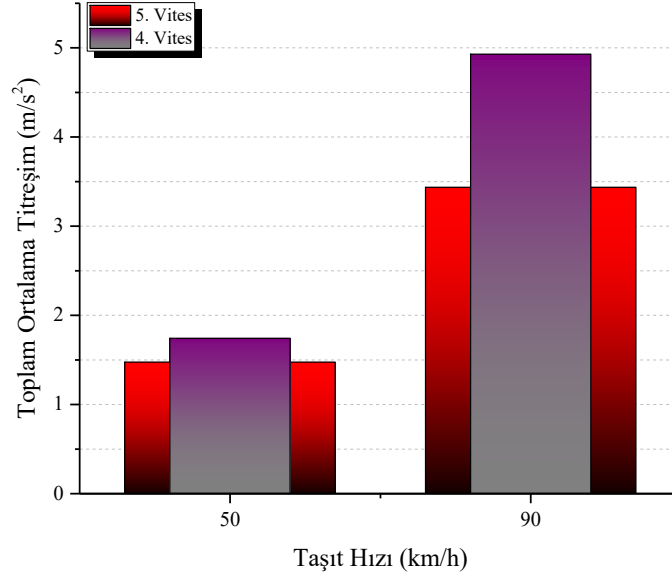
Şekil 5'te 40-120 km/h taşıt hız aralığında araç içi gürültü ölçüm sonuçları verilmiştir. Ölçüm esnasında taşıtın camları tamamen kapalı tutulmuştur. Testin gerçekleştirildiği en yüksek taşıt hızında ölçülen gürültü 80 dB(A)'nin altında gerçekleşmiştir. Gürültüye neden olan kaynaklar dikkate alındığında örneğin çekiş

tekerleklerinin yapısı ve durumu (desen, lastik hamuru, eski veya yeni olması vb.) ölçülen gürültünün değişmesine neden olabilmektedir. Ayrıca testin dış ortamda yapılması durumunda ortam şartlarına (zeminin yapısı, hava hızı, rüzgâr hızı vb.) bağlı olarak da farklı sonuçlar ortaya çıkabilir.

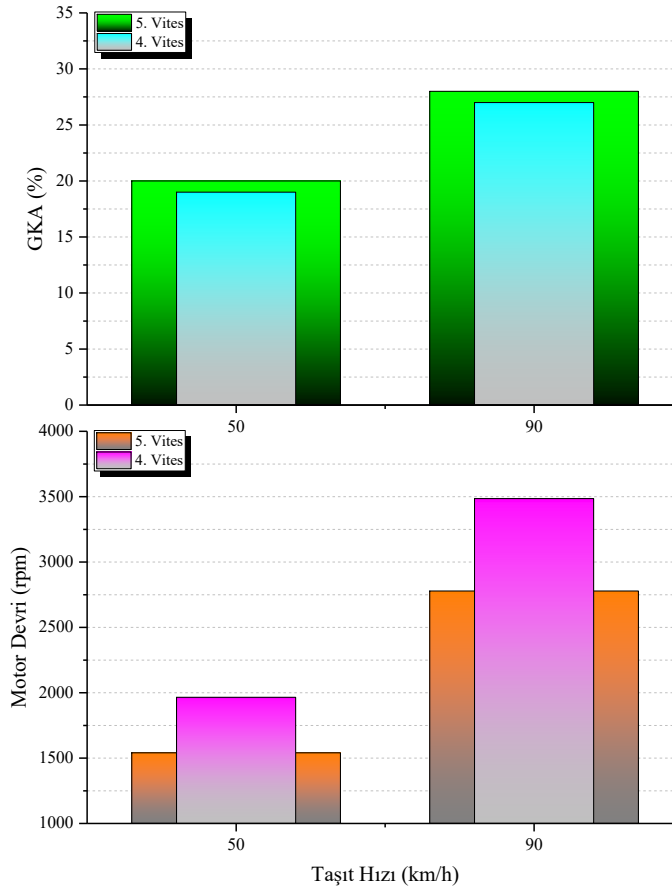


Şekil 5. Taşıt hızına bağlı olarak araç içi gürültünün değişimi

Şekil 6'da aynı taşıt hızlarına (50 ve 90 km/h) karşılık 4. ve 5. vites kademeleri için toplam ortalama titreşimlerin karşılaştırması yer almaktadır. Şekilde de görüldüğü gibi aynı taşıt hızında ve 5. vites kullanımında toplam ortalama titreşim 4. vitese göre daha düşük elde edilmiştir. Titreşim, 50 km/h taşıt hızında %15,3, 90 km/h hızında ise %30,3 azalmıştır. Şekil 7'de 50 ve 90 km/h taşıt hızlarındaki motor devri ve GKA'nın 4. ve 5. vitesteki değerlerinin bir karşılaştırılması görülmektedir. 4. vitesteki redüksiyon oranının 5. vitestekinden farklı olması nedeniyle aynı taşıt hızı farklı motor devirlerinde elde edilebilmektedir. 4. vites kademesinde 50 km/h taşıt hızına ulaşıldığında motor devri 5. vitese kıyasla %27,6 artış göstermiştir. 90 km/h taşıt hızında ise; bu artış %25,4 olarak gerçekleşmiştir. Bu durumun tam tersi motor yükü için söz konusudur. Belirli bir hıza farklı bir vites kademesinde ulaşıldığında temelde taşıtın karşılaştığı dirençler değişmediği takdirde çekiş tekerleğine aktarılması gereken tahrik kuvvetinin değişmesi beklenmez. Bu nedenle üst vites kademesinde redüksiyon oranının daha düşük olması nedeniyle motor yükünün artması gerektiği kolayca öngörülebilir. Testte de 5. vites kademesinde 50 km/h taşıt hızına ulaşmak için 4. vitese kıyasla gaz kelebek açıklığını %5,3, 90 km/h hızda ise %3,7 arttırmak gerekmiştir. Sonuç olarak aynı hıza karşılık üst vites kademesinde motor devri azalırken, GKA artış göstermiştir. Bu sonuca göre farklı vites kademesinde motor devrindeki değişiminin motor yüküne göre titreşime etkisinin daha fazla olduğu ifade edilebilir. Yani, aynı taşıt hızının elde edildiği 4. vites kademesinde birim zamanda daha fazla çevrimin gerçekleşmesinin mevcut deney şartlarında titreşim üzerinde daha belirgin bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.



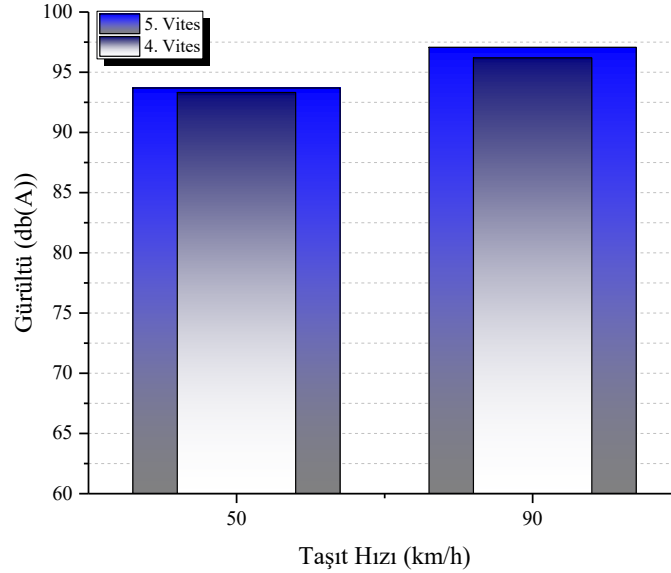
Şekil 6. Farklı vites kademelerindeki toplam ortalama titreşimlerin karşılaştırması



Şekil 7. Farklı vites kademelerindeki motor devri ve GKA'nın karşılaştırması

Şekil 8'de 50 ve 90 km/h taşıt hızlarında toplam gürültünün 4. ve 5. vitesler için karşılaştırılması görülmektedir. Grafikte yer alan gürültü miktarı; motor, güç aktarma organları ve çekiş tekerleklerinden kaynaklanan toplam gürültüyü kapsamaktadır. Grafik incelendiğinde her iki hızda da farklı vites kademesinde ölçülen gürültüler arasında önemli bir fark oluşmadığı görülmektedir. Elde edilen farklar 1

dB(A)'dan daha azdır. Titreşim ölçümünde ivmeölçer motor üzerine bağlandığından ölçülen titreşim miktarı, vites kademesindeki değişimle ortaya çıkan farklı motor devri veya motor yükünden doğrudan etkilenmiştir. Ancak gürültü ölçümünde, her ne kadar vites kademesindeki değişim motor devri ve GKA'yı etkilese de aynı taşıt hızında vites kutusu çıkışından itibaren aktarma organlarının devirlerinin ve tekerlek hızlarının değişmemesinin gürültü seviyesi üzerinde daha etkin olduğu sonucuna varılabilir.



Şekil 8. Farklı vites kademelerindeki gürültünün karşılaştırması

4. SONUÇ (CONCLUSION)

Bir taşıtın sürüş konforunu olumsuz etkileyen titreşim ve gürültünün incelendiği bu çalışmada temel parametre olarak motor devri ve yükü esas alınmıştır. Deneyler, taşıtın düz yol koşullarında karşılaştığı dirençler dikkate alınarak oluşturulmuş ve iki aşamalı olarak gerçekleştirilmiştir:

İlk aşamada testler, 40-110 km/h taşıt hız aralığında 5. vites kademesinde yapılmıştır. Toplam ortalama titreşim ve gürültü değerleri taşıt hızına bağlı olarak artış göstermiştir. Toplam ortalama titreşim, 40 km/h taşıt hızındaki veriyle kıyaslandığında 110 km/h hızında yaklaşık 3 kat artış göstermiştir. Gürültü ise 9,4 dB(A) artmıştır. Temel motor işletme parametrelerindeki değişim dikkate alındığında 40 km/h taşıt hızında motor devri 1294 rpm ve GKA %19 iken, 110 km/h taşıt hızına ulaşıldığında devir 3405 rpm ve GKA %32 olmuştur. Bu sürüş şartlarında hem motor devri hem de GKA artış göstermiştir. Bu nedenle titreşim ve gürültüye bu iki parametrenin birlikte etkisi söz konusu olmaktadır.

İkinci aşamada ise 50 ve 90 km/h taşıt hızlarında 4. vites kademesinde deneyler tekrarlanmış ve 5. viteste aynı hızlara karşılık gelen verilerle karşılaştırılmıştır. 4. vitesteki sonuçlarla kıyaslandığında 5. vites kullanımında ölçülen toplam ortalama titreşimin 50 km/h taşıt hızında %15,3, 90 km/h hızında ise %30,3 daha az olduğu görülmüştür. Gürültü sonuçlarında ise iki farklı kullanım arasında dikkate değer bir fark olmadığı görülmüştür. Ayrıca bu farklı vites kademelerindeki sürüş koşullarında motor devrindeki değişim GKA'daki değişime göre çok daha fazla elde edilmiştir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] Santhosh, S., Velmurugan, V., Paramasivam, V., Thanikaikarasan, S. (2020). Experimental investigation and comparative analysis of rubber engine mount vibration and noise characteristics. *Materials Today: Proceedings*, 21, 638-642. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2019.06.730>

- [2] Ramachandran, T., Surendarnath, S., Dharmalingam, R. (2021). Structural and suitability analysis of aluminium metal matrix composites for IC engine mountings. *Materials Today: Proceedings*, 37, 1524-1528. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.07.145>
- [3] Lion, A., Johlitz, M. (2020). A mechanical model to describe the vibroacoustic behaviour of elastomeric engine mounts for electric vehicles. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 144, 106874. <https://doi.org/10.1016/j.ymsp.2020.106874>
- [4] Carlucci, A.P., Chiara, F.F., Laforgia, D. (2006). Analysis of the relation between injection parameter variation and block vibration of an internal combustion diesel engine. *Journal of Sound and Vibration*, 295(1-2), 141-164. <https://doi.org/10.1016/j.jsv.2005.12.054>
- [5] Wu, L., Bi, Y., Shen, L., Lei, J., Zhang, L., Zhou, F. (2019). Study on the effect of piston skirt profile on the vibration behavior of non-road high pressure common rail diesel engine. *Applied Acoustics*, 148, 457-466. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2019.01.007>
- [6] Ashok, B., Jeevanantham, A.K., Vignesh, R., Hire, K.R.B., Prabhu, K., Kumar, R.A.R., Shivshankar, N., Sudhagar, P.E. (2021). Calibration of engine parameters and fuel blend for vibration and noise characteristics in CRDI engine fuelled with low viscous biofuel. *Fuel*, 288, 119659. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2020.119659>
- [7] Sharma, N., Patel, C., Tiwari, N., Agarwal, A.K. (2019). Experimental investigations of noise and vibration characteristics of gasoline-methanol blend fuelled gasoline direct injection engine and their relationship with combustion characteristics. *Applied Thermal Engineering*, 158, 113754. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2019.113754>
- [8] Gültekin, N., Mayda, M., Kilit, M. (2017). Benzin ve dizel motorlarda devir sayısının titreşime olan etkisinin incelenmesi. *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 39-43. <https://doi.org/10.17798/bitlisfen.333042>
- [9] Sarıdemir, S., Alçelik, N., Uygur, İ. (2016). Biyodizel-dizel yakıt karışımlarının motor titreşimine olan etkisinin incelenmesi. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 13(4), 103-110.
- [10] Flekiewicz, M., Fabi, P., Flekiewicz, B. (2007). Engine block vibration level as a tool for fuel recognition. *SAE Technical Paper*, 2007-01-2162. <https://doi.org/10.4271/2007-01-2162>
- [11] Sarıdemir, S., Polat, F., Kılınçel, M. (2016). Motor devir ve yükünün titreşim ve gürültü emisyonuna olan etkisinin incelenmesi. *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 3(3), 459-466. <https://doi.org/10.31202/ecjse.258573>
- [12] Öztürk, E., Karabulut, H. (2012). Tek silindirli bir dizel motorunun dinamik ve titreşim analizleri. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 27(3), 491-500.
- [13] Taghizadeh-Alisaraei, A., Ghobadian, B., Tavakoli-Hashjin, T., Mohtasebi, S.S. (2012). Vibration analysis of a diesel engine using biodiesel and petrodiesel fuel blends. *Fuel*, 102, 414-422. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2012.06.109>
- [14] Alçelik, N., Kam., M. (2020). Dönen makinelerde eksenel kaçıklık ve dengesizliğin titreşim analizi. *BŞEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 7, 256-269. <https://doi.org/10.35193/bseufbd.669289>
- [15] Sarıdemir, S. (2013). The effect of dwell angle on vibration characteristics of camshaft bearing housings. *Journal of Mechanical Science and Technology*, 27(12), 3571-3577. <https://doi.org/10.1007/s12206-013-0940-y>
- [16] Nithin, S.K., Hemanth, K., Shamanth, V. (2021). A review on combustion and vibration monitoring of IC engine. *Materials Today: Proceedings*, 45, 65-70. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.10.093>
- [17] Mobley, R.K. (1999). *Vibration fundamentals*. Woburn, MA: Butterworth-Heinemann.

- [18] Uludamar, E., Tosun, E., Aydın, K. (2016). Experimental and regression analysis of noise and vibration of a compression ignition engine fuelled with various biodiesels. *Fuel*, 177, 326–333. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2016.03.028>
- [19] Çalık, A. (2018). Determination of vibration characteristics of a compression ignition engine operated by hydrogen enriched diesel and biodiesel fuels. *Fuel*, 230, 355-358. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.05.053>
- [20] Çelebi, K., Uludamar, E., Özcanlı, M. (2017). Evaluation of fuel consumption and vibration characteristic of a compression ignition engine fuelled with high viscosity biodiesel and hydrogen addition. *International Journal of Hydrogen Energy*, 42(36), 23379-23388. <https://doi.org/10.1016/j.ijhydene.2017.02.066>
- [21] Satsangi, D.P., Tiwari, N. (2018). Experimental investigation on combustion, noise, vibrations, performance and emissions characteristics of diesel/n-butanol blends driven genset engine. *Fuel*, 221, 44-60. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.02.060>
- [22] Topgül, T., Sarıdemir, S., Zaman, Ç. (2020). Tek nokta enjeksiyonlu buji ile ateşlemeli bir motorda motor devri ve yükünün motor titreşimleri ve gürültüye etkisinin deneysel incelenmesi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(3), 1948-1956. <https://doi.org/10.29130/dubited.698173>
- [23] Patel, C., Tiwari, N., Agarwal, A.K. (2019). Experimental investigations of soyabean and rapeseed SVO and biodiesels on engine noise, vibrations, and engine characteristics. *Fuel*, 238, 86-97. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2018.10.068>
- [24] Davies, P.O.A.L., Holland, K.R. (1999). I.C. engine intake and exhaust noise assessment. *Journal of Sound and Vibration*, 223(3), 425-444. <https://doi.org/10.1006/jsvi.1998.2093>
- [25] Ih, J.G., Peat, K.S. (2002). On the causes of negative source impedance in the measurement of intake and exhaust noise sources. *Applied Acoustics*, 63(2), 153-171. [https://doi.org/10.1016/S0003-682X\(01\)00029-9](https://doi.org/10.1016/S0003-682X(01)00029-9)
- [26] Bharath, B.K., Selvan, V.A.M. (2021). An experimental investigation on rheological and heat transfer performance of hybrid nanolubricant and its effect on the vibration and noise characteristics of an automotive spark-ignition engine. *International Journal of Thermophysics*, 42, 37. <https://doi.org/10.1007/s10765-020-02784-8>
- [27] Keskin, A. (2010). The influence of ethanol–gasoline blends on spark ignition engine vibration characteristics and noise emissions. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 32, 1851-1860. <https://doi.org/10.1080/15567030902804749>