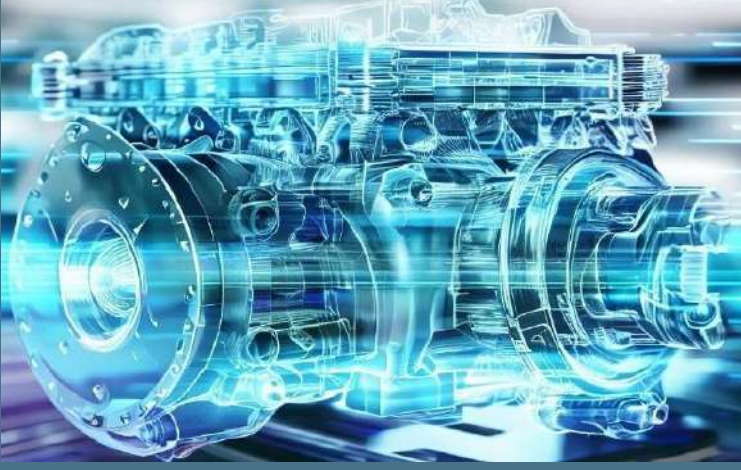


**DİSİPLİNLERARASI MÜHENDİSLİK  
YAKLAŞIMLARI: ENERJİ, MOTORLAR VE  
SİMÜLASYON**



**Editör: Prof. Dr. Gülşah ÇAKMAK**

**Doç. Dr. İrfan UÇKAN**

**Doç. Dr. Battal DOĞAN**

**Dr. Öğr. Üyesi Erdal TUNÇER**

**Dr. Öğr. Gör. Gülten YILMAZ**

**Müh. Ervanur AYDOĞDU**

**Müh. Nevin GÜNDEMİN**

**ISBN: 978-625-5923-62-2**

**Ankara -2025**

**DİSİPLİNLERARASI MÜHENDİSLİK  
YAKLAŞIMLARI: ENERJİ, MOTORLAR VE  
SİMÜLASYON**

**EDİTÖR**

Prof. Dr. Gülşah ÇAKMAK  
Fırat Üniversitesi  
ORCID ID: 0000-0001-6809-2421

**YAZARLAR**

Doç. Dr. İrfan UÇKAN<sup>1</sup>

Doç. Dr. Battal DOĞAN<sup>2</sup>

Dr. Öğr. Üyesi Erdal TUNÇER<sup>3</sup>

Dr. Öğr. Gör. Gülten YILMAZ<sup>4</sup>

Müh. Ervanur AYDOĞDU<sup>5</sup>

Müh. Nevin GÜNDEMİN<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine  
Mühendisliği Bölümü 65080, Van /Türkiye  
**irfanuckan@yyu.edu.tr**  
ORCID ID: 0000-0003-3679-5661

<sup>2</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri  
Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye  
**battaldogan@gazi.edu.tr**  
ORCID ID: 0000-0001-5542-4853

<sup>3</sup>İstanbul Sağlık ve Teknoloji Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa  
Bilimleri Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye  
**erdal.tuncer@istun.edu.tr**  
ORCID ID: 0000-0002-5212-0966

<sup>4</sup>Kocaeli Üniversitesi, Hereke Asım Kocabıyık MYO, Elektronik  
Otomasyon Bölümü, Kocaeli, Türkiye  
**gulden@kocaeli.edu.tr**  
ORCID ID: 0000-0002-7555-6658

<sup>5</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri  
Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye  
**ervaaydogdu312@gmail.com**

<sup>6</sup>Gazi Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri  
Mühendisliği Bölümü, Ankara, Türkiye  
**gundeminevin@gmail.com**

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.15662908>



Copyright © 2025 by UBAK publishing house  
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or  
transmitted in any form or by  
any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical  
methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of  
brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses  
permitted by copyright law. UBAK International Academy of Sciences Association  
Publishing House®  
(The Licence Number of Publicator: 2018/42945)

E mail: [ubakyayinevi@gmail.com](mailto:ubakyayinevi@gmail.com)

[www.ubakyayinevi.org](http://www.ubakyayinevi.org)

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules.

UBAK Publishing House – 2025©

**ISBN: 978-625-5923-62-2**

June / 2025

Ankara / Turkey

## ÖNSÖZ

Mühendislik bilimleri, teknolojinin gelişimine paralel olarak sürekli dönüşüm geçirmekte ve yeni ihtiyaçlara göre yeniden şekillenmektedir. Bu dönüşüm, sadece bir alanda uzmanlaşmayı değil, aynı zamanda farklı disiplinler arasında köprü kurmayı da gerektirmektedir. Elinizdeki bu kitap, tam da bu noktada ortaya çıkmış; enerji, mekanik sistemler, yapı malzemeleri ve mekatronik alanlarını bir araya getirerek çok boyutlu bir mühendislik bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır.

Kitabın birinci bölümünde, günümüzde sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda önemi giderek artan faz değiştiren malzemelerin (PCM) bina yapılarında kullanılabilirliği ele alınmaktadır. Isıl enerji yönetimi ve yapıların enerji verimliliğini artırma konularında bu malzemelerin sunduğu olanaklar, teknik ve deneysel yönleriyle irdelenmiştir.

İkinci ve üçüncü bölümler, içten yanmalı motorlar bağlamında farklı parametrelerin motor performansına olan etkilerini incelemektedir. Püskürtme avansı ile enerji regülatör ağırlıklarının performansa ve emisyonlara etkileri, hem deneysel hem de teorik verilerle desteklenerek aktarılmaktadır. Bu bölümler, otomotiv mühendisliği alanında çalışan araştırmacılar için yol gösterici niteliktedir.

Son bölümde ise, mekatronik sistemlerin Simscape ortamında modellenmesi ve simülasyon araçlarıyla analiz edilmesi konusu ele alınmaktadır. Modern mühendislikte dijital ikiz teknolojilerinin ve sayısal modellemenin yükselişi göz önünde bulundurulduğunda, bu

bölüm; hem öğrenciler hem de profesyoneller için pratik değeri yüksek bir içerik sunmaktadır.

Bu kitap, lisansüstü öğrencilerden akademisyenlere, uygulayıcı mühendislere kadar geniş bir okuyucu kitlesine hitap etmektedir. Disiplinler arası bütünlüğü esas alan yapısıyla, teorik bilgilerin yanı sıra uygulama örnekleri de sunarak bilgiye dayalı çözüm üretme sürecine katkı sağlamayı hedeflemektedir.

Kitabın hazırlanmasında emek veren tüm yazarlarımıza, teknik katkı sunan uzmanlara ve bu çalışmanın oluşmasına destek sağlayan tüm kişi ve kurumlara teşekkür ederim.

Bilimsel üretimin yaygınlaşması ve mühendislik alanında yeni fikirlerin filizlenmesine katkı sağlaması dileğiyle...

**14/06/2025**

Prof. Dr. Gülşah ÇAKMAK



## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ..... 4

İÇİNDEKİLER ..... 7

### BÖLÜM 1

FAZ DEĞİŞTİREN MALZEMELERİN BİNALARDA  
KULLANIMI.....(9-36)

İrfan UÇKAN

### BÖLÜM 2

MOTOR PÜSKÜRTME AVANSININ MOTOR PERFORMANSINA  
ETKİSİ.....(37-56)

Ervanur AYDOĞDU

Nevin GÜNDEMİN

Battal DOĞAN

Erdal TUNÇER

### BÖLÜM 3

REGÜLATÖR AĞIRLIKLARININ MOTOR PERFORMANSINA  
ETKİSİ.....(57-73)

Nevin GÜNDEMİN

Ervanur AYDOĞDU

Erdal TUNÇER

Battal DOĞAN

## **BÖLÜM 4**

SİMSCAPE İLE MEKATRONİK SİSTEMLERİN MODELLENMESİ  
VE BİR UYGULAMA ÖRNEĞİ.....(74-99)

Gülten YILMAZ

## **BÖLÜM 2**

### **MOTOR PÜSKÜRTME AVANSININ MOTOR PERFORMANSINA ETKİSİ**

Müh. Ervanur AYDOĞDU

Müh. Nevin GÜNDEMİN

Doç. Dr. Battal DOĞAN

Dr. Erdal TUNÇER

### **GİRİŞ**

Sıkıştırma ateşlemeli motorların orta ve büyük araçlarda güç kaynağı olarak kullanılmasının sebepleri güç çıkışlarının, güvenilirliklerinin ve termal verimliliklerinin yüksek olmasıdır (Chen ve diğ., 2023).

Sıkıştırma ateşlemeli bir motorda motor performansının, yanma safhalarının ve egzoz emisyonlarının oluşumunu etkileyen önemli parametrelerden birisi de ateşleme gecikmesinin süresidir (Kumar ve diğ., 2024). Enjeksiyonun başlamasıyla yanmanın başladığı zaman aralığı ateşleme gecikmesi olarak ifade edilmektedir. Enjektör iğnesinin yuvasından kalktığı noktadaki zaman genellikle enjektör başlangıcı olarak ele alınmaktadır. Yanmanın tam olarak nerede başladığını tespit edebilmek kolay değildir. Yanmanın başlangıcını tespit edebilmek için başvurulabilecek en iyi yöntem silindir basıncı için elde edilen verileri

kullanarak krank açısına göre ısı yayma hızının eğimindeki değişimi gözlemlemektir (Kumar ve diğ., 2020).

Motor yükünün azalması silindir yanma sıcaklığının ve basıncının azalmasına sebep olmaktadır. Yanma başlangıcı ÜÖN' ya (üst ölü nokta) daha yakın olduğunda ateşleme gecikme süresinin arttığı ve genişleme stroku esnasında yanmakta olan yakıt gazının ana kısmı motor gücünü ve verimliliğini azalttığı tespit edilmiştir. Yakıt enjeksiyonunun daha erken olması, silindir içi sıcaklığı ve basıncı arttırmakta dolayısıyla ateşleme gecikmesine sebep olmaktadır (Mustayen ve diğ., 2022).

Piston, motorun çalışması sırasında ÜÖN ve AÖN (alt ölü nokta) aralığında hızlanarak ve yavaşlayarak farklı hız karakteristikleri göstermektedir. Buna rağmen krank milinin yaklaşık olarak sabit bir açısal hızda döndüğü elde edilmiştir. Piston ve krank milinin hareketleri arasında biyel kolunun hareketi yer almaktadır. Biyel kolunun pistonla bağlı olan küçük başı pistonun hareketi gibi doğrusal hareket ederken, krank muylusuna bağlı büyük başı krankın hareketi gibi dairesel hareket etmektedir. Pistonun konumu, pistonun krankın dönme eksenine göre uzaklığına denilmektedir. Pistonun konumu, krank açısının fonksiyonu olarak ifade edilmektedir (Yılmaz, 2013).

Karabulut ve diğ. (2011) tarafından yürütülen çalışmada yük ve hıza bağlı olarak krank milinin hızındaki çevrimlik dalgalanmaların değiştiği saptanmıştır. Düşük hızlarda daha fazla dalgalanma olduğu tespit edilirken yüksek hızlarda daha az dalgalanma gözlemlenmiştir. Düşük yüklerde daha az dalgalanma olurken yüksek yüklerde daha çok

dalgalanma olduğu bulunmuştur. Sisteme 19.25 Nm'lik bir yük uygulanmasıyla %12 büyüklüğünde bir çevrimlik hız dalgalanması oluştuğu tespit edilmiştir (Karabulut ve diğ., 2011).

Nacak ve diğ. (2019) tarafından yürütölen çalışmada düz yüzeyle iticili ve masuralı itici kullanılarak tasarlanan kam profilleri karşılaştırılmıştır. Elde edilen profillerin devirden bağımsız olarak yer değıştirme, hız ve ivme değerleri hesaplanmıştır. 120° kam açısı supapların açık kalma süresidir. Supapların kalkma miktarı 6 mm, 8 mm ve 10 mm olarak belirlenerek farklı supap kalkma yükseklik değerlerinin etkisi araştırılmıştır. Devrin yüksek olması silindir içine hızlı bir şekilde dolgu alınımını ve yanmış gazların dışarı atılımına yol açmaktadır. Supap kalkma yüksekliğinin artmasıyla hızın da arttığı tespit edilmiştir. Bunun sebebi supapların aynı kam açısında daha yükseğe çıkmasındandır. Bununla birlikte supap yüksekliğinin artmasıyla silindir içine daha fazla hava/yakıt karışımı alınacaktır (Nacak ve diğ., 2019).

Arabacı ve diğ. (2014) yürüttüğü çalışmada altı zamanlı motorlarda kullanılacak kamların tasarlanmasında karşılaşılan problemleri araştırılmıştır. Tek silindirli, üstten supaplı buji ile ateşlemeli altı zamanlı motorda harmonik kam ile kam profili tasarlanmış ve üretilmiştir. Tasarlanan kamlara ait yer değıştirme, hız, ivme ve jerk grafikleri tespit edilmiştir. Supap yüksekliğinin, supap açık kalma açısının ve temel daire çapının kam tasarımını etkilediğı saptanmıştır. Egzoz kamı tasarımı yapılırken temel daire çapının büyük olması gerektiğı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra temel daire çapının

artmasıyla balans problemlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak altı zamanlı motorlarda kullanılacak olan kamalarda açışal sınırlamaların kam tasarımıını etkilediği elde edilmiştir (Arabacı ve diğ., 2014).

Aktaş ve diğ. (2008) yürüttüğü çalışmada, biyodizelin yakıt olarak kullanıldığı bir motorda püskürtme avansının motor performansı ve emisyonlarına etkilerini belirlemek için dört zamanlı, tek silindirli bir dizel motorda test yapılmıştır. 24.9, 26.6 ve 28.5°KMA püskürtme zamanlaması için tam yükte motor momenti, efektif güç ve özgül yakıt tüketimi tespit edilmiştir. Biyodizel ile çalışmada püskürtme avansı 26.6°KMA'ya arttırılması ile motor momentinin ve efektif gücün yaklaşık olarak % 6'ya kadar arttığı ve özgül yakıt tüketiminin %8'e kadar iyileştiği saptanmıştır (Aktaş ve diğ., 2008).

Uyumaz ve diğ. (2017) yürüttükleri çalışmada emme havası giriş sıcaklığının ve ön karışım yakıt oranının reaktif kontrollü sıkıştırma ile ateşlemeli (RCCI) yanma karakteristiklerine ve motor performansına etkisini araştırmıştır. Direkt enjeksiyonlu dört silindirli ve dört zamanlı benzinli bir motor RCCI modunda 1000 d/d'da 40°C, 60°C ve 80°C emme havası giriş sıcaklıklarında PRF20, PRF40 ve PRF 60 yakıt harmanları ile stokiyometrik karışım oranında ve tam yükte test edilmiştir. Emme havası giriş sıcaklığının ve ön karışım oranının artmasıyla maksimum silindir basıncı ve ısı dağılımı artarken, yanmanın avansa alındığı saptanmıştır. Fakat sabit emme havası giriş sıcaklığında ön karışım oranının artmasıyla yanmanın rötara alındığı tespit edilmiştir. Maksimum indike termik verimin 60 °C emme giriş havası sıcaklığında PRF20 yakıtına göre PRF60 yakıtı ile %7.4

yükselerek %32.3 olduğu gözlemlenmiştir. PRF60 yakıtının motor performansı için en uygunu olduğu elde edilmiştir (Uyumaz ve diğ., 2017).

Calam ve diğ. (2019) tarafından yapılan çalışmada, port tipi enjeksiyonlu, tek silindirli bir HCCI motorda hava fazlalık katsayısının ve oktan sayısının HCCI yanması üzerine etkileri deneysel olarak araştırılmıştır. Deneyler çeşitli hava fazlalık katsayılarında gerçekleştirilmiştir. Deneylerde araştırma oktan sayısı 20 (RON20) ve 60 (RON60) olan test yakıtları kullanılmıştır. RON20 %20 izooktan ile %80 n-heptan, RON60 ise %60 izooktan ile %40 n heptan yakıtlarının hacimsel olarak karıştırılmasıyla elde edilmektedir. Oktan sayısı arttıkça maksimum silindir içi basıncın oluşum noktası daha geç krank açılarında meydana gelmiştir. Oktan sayısı arttıkça yanma süresi uzamaktadır. Hava/yakıt oranının artmasıyla basınç artış oranının azaldığı tespit edilmiştir. En yüksek indike termik verim RON60 yakıtında, hava yakıt oranının 2.14 olduğu koşullarda % 40.6 olarak elde edilmiştir. Hava yakıt oranının azaltılması yanmanın erken gerçekleşmesine sebep olmaktadır. Bu sebeple net işin ve indike termik verimin azaldığı saptanmıştır (Calam ve diğ., 2019).

Gürbüz ve diğ. (2013) yürüttükleri çalışmada, buji ateşlemeli bir motorda hidrojeni yakıt olarak kullanarak ateşleme avansı ve sıkıştırma oranının motor performansı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Motor 1600 d/d sabit devirde,  $\phi=0.6$  eşdeğerlik oranında, 4 ayrı sıkıştırma oranı ve 7 ayrı ateşleme avansında test edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda buji ateşlemeli hidrojen motorunda geciktirilmiş ya da

aşırı ateşleme avansının motor performansında azalmaya yol açtığı tespit edilmiştir. Sıkıştırma oranının artması ile beraber yanma sürecinin kısaldığı ve bu sebeple motor performansının arttığı saptanmıştır (Gürbüz ve diğ., 2013).

Çelik ve diğ. (2015) tarafından yapılan çalışmada, transesterifikasyon yöntemi ile elde edilen biyodizel belirli oranlarda n-heptan ilave edilerek ve test edilmiştir. Testler tek silindirli bir dizel motorda sabit devirde ve tam yükte gerçekleştirilmiştir. Biyodizel n-heptan ilavesinin yakıt atomizasyonunu iyileştirdiği ve yanma verimliliği arttırdığı saptanmıştır. Bütün yakıtlarda maksimum silindir gaz basınçlarının ve maksimum ısı yayılımının genellikle aynı krank açısında olduğu gözlemlenmiştir. %7.52 değeri ile maksimum güç artışının %8 n-heptan içeriğine sahip olan pamuk metil esterinde (PH8) olduğu saptanmıştır. Elde edilen veriler doğrultusunda %8 n-heptan karışımının motor performans ve yanma özellikleri açısından en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir (Çelik ve diğ., 2015).

Bu çalışmada kam milinin motor performansına etkisini araştırmak amaçlanmıştır. Tek silindirli dizel bir motorda kullanılan kam mili püskürtme avansını 15°,16°,17°,18°,19°,20° yapacak şekilde döndürülerek test edilmiştir. Elde edilen veriler doğrultusunda momentum, güç ve özgül yakıt tüketim değerleri bulunmuştur.

## **Dizel Motor**

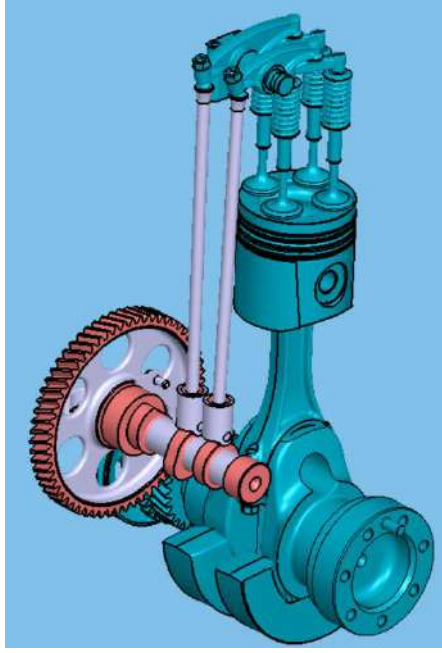
Karayolu ulaşımında dizel motorlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Çevrim prensiplerine bağlı olarak farklı dizel motor

tipleri bulunmaktadır. Kimyasal enerjiyi mekanik enerjiye dönüştüren dizel motorların bir tipi emme, sıkıştırma, tutuşma ve genişleme zamanı olan dört zamanlı dizel motorlardır. Dört zamanlı dizel bir motor  $720^\circ$  KMA' da çevrimini tamamlamaktadır (Bozdağ,2019).

### **Kam Mili**

Kam mili, krank milinin hareket etmesi ile birlikte supapların istenilen anda açılmasını veya kapanmasını sağlamaktadır. Kam milinin üzerinde bulunan kam profili ismi verilen çıkıntılar doğrudan veya çeşitli sistemlerin kullanılmasıyla supap sapına baskı yapar ve supapların zamanlarına göre açılıp kapanmasına sebep olur. Çevrimin oluşması için dört zamanlı bir motorda krank mili  $720^\circ$  dönerken kam milinin  $360^\circ$  dönmesi gerekmektedir. Yani çevrimin oluşması için kam mili bir tur dönerken krank mili iki tur dönmektedir.

Motorun tasarımına bağlı olarak farklılık göstermesiyle beraber her dört zamanlı motorda bir adet kam mili yer almaktadır. Supapların sayısına ve konumlarına bağlı olarak emme ve egzoz supaplarında farklı kullanılabilmesi için iki kam mili de kullanılabilir. Motor tasarımına göre kam mili, silindir kapağına veya motor bloğu üzerine yataklandırılmaktadır (Eryakali, 2018). Şekil 1'de iticili bir supap sistemine ait olan kam milinin motor üzerindeki konumuna yer verilmiştir.



Şekil 1. Hidrolik İtici Bir Supap Sistemine Ait Olan Kam Milinin Motor Üzerindeki Konumu

## MATERYAL METOT

Mastar kam mili üzerinde bulunan yakıt pompası tahrik kamı, (mevcut kam milinde püskürtme avansı  $27^\circ$ dir ) teorik olarak püskürtme avansını  $15^\circ, 16^\circ, 17^\circ, 18^\circ, 19^\circ, 20^\circ$  yapacak gibi hesap edilmiş ve yakıt kam profili bu değerleri elde edecek şekilde döndürülmüştür. Üretim şekli olarak ise hassas tel erezyon kesimi ve ardından parlatma işlemi olacak şekilde teknik resimdeki toleranslar dahilinde işlettirilmiştir. Gelen kam profillerinin ölçüsel doğruluğu kontrol edilmiştir. Profiller sırası ile mastar kam miline ve ardından motora takılıp, istenilen püskürtme avanslarının sağlandığı gözle kontrol edilmiştir. Ölçüm hassasiyeti  $\pm 1$  derecedir. Montaj

tamamlandıktan sonra motor 12-15 kW'ta sabit devirde çalıştırılmış ve rejim çalışma sıcaklıklarına gelmesi sağlanmıştır. Su çıkış sıcaklığı 80-85°C'dir. Motor rejim çalışma sıcaklıklarına girdikten sonra testlere geçilmiştir.

Motora yüksüz halde tam gaz konumuna getirilmiş ve yüklenerek belirli güç değerleri için devir, tork ve özgül yakıt sarfiyat değerleri belirlenmiştir.



Şekil 2.Yakıt Pompası, Kam ve Enjektör Yerleşimi



Şekil 3. Testlerden Ölçüm Görüntüsü



Şekil 4. Labview Ölçüm Ekranı



Şekil 5. Motor Test Düzenegi

## BULGULAR

Yakıt pompa kam profilleri  $15^\circ$ ,  $16^\circ$ ,  $17^\circ$ ,  $18^\circ$ ,  $19^\circ$  ve  $20^\circ$  olmak üzere farklı püskürtme avansları test edilmiştir. Tablo 1’de elde edilen veriler doğrultusunda tüm avanslarda devrin artmasıyla beraber momentumun azaldığı saptanmıştır.  $27^\circ$  püskürtme avanslı orijinal kam milinde 2400 d/d’da 66.3 Nm olarak elde edilen momentum değeri 2600 d/d’da 44.4 Nm ve 2740 d/d’da 27.7 Nm’dir.  $20^\circ$ ’li master kam mili kullanıldığında 2400 d/d’da 67.60 Nm olarak ölçülen momentumun 2530 d/d’da 52.5 Nm ve 2740 d/d’da 27.8 Nm olduğu gözlemlenmiştir.  $19^\circ$ ’li master kam milinde 2450, 2600 ve 2740 d/d motor devirlerinde ölçülen momentum değerleri sırası ile 66.3 Nm, 47.8 Nm ve 31.4 Nm’dir.  $18^\circ$ ’li master kam milinde 2400 d/d’da 71 Nm

olarak elde edilen momentumun 2570 d/d'da 52 Nm ve 2700 d/d'da 35.4 Nm olduğu tespit edilmiştir. 17°'li master kam mili kullanıldığında 2400 d/d'da 70.60 Nm olarak elde edilen momentumun 2570 d/d'da 52.20 Nm ve 2740 d/d'da 32 Nm olduğu bulunmuştur. 16°'li master kam milinde 2400 d/d'da 69.70 Nm olarak elde edilen momentumun 2570 d/d'da 52.10 Nm ve 2740 d/d'da 31.70 Nm olduğu saptanmıştır. 15°'li master kam mili kullanıldığında 2400 d/d'da 69 Nm olarak elde edilen momentumun 2570 d/d'da 52.50 Nm ve 2700 d/d'da 35.5 Nm olduğu tespit edilmiştir.

Devir (d/d)	Moment (Nm)						
	27°	20°	19°	18°	17°	16°	15°
2400	66.30	67.60	70.60	71.00	70.60	69.70	69.00
2450	63.20	62.10	66.30	66.00	66.30	66.00	66.70
2495	57.60	57.30	61.40	61.40	61.20	61.10	62.00
2530	52.90	52.50	56.80	56.60	57.00	56.50	57.10
2570	48.70	48.70	52.10	52.00	52.20	52.10	52.50
2600	44.40	44.00	47.80	47.60	48.00	47.70	48.20
2630	40.40	39.90	43.50	43.80	43.90	43.80	44.00
2660	36.20	36.00	39.60	39.50	39.80	39.70	39.80
2700	32.20	32.00	35.50	35.40	35.90	35.40	35.50
2740	27.70	27.80	31.40	31.60	32.00	31.70	31.70

Tablo 1. Farklı Kam Mili Açıklarına Ait Devir/Moment Tablosu

Test sonucunda elde edilen tablo 2'de yer alan verilerle bütün kam millerinde devir artışıyla beraber güçte azalma olduğu gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin motorun maksimum güç devrinin 2400 devir civarı olduğu bu devirden sonra güç eğrisinin azalma eğilimi gösterdiği ve bu davranışın literatürle paralel olduğu tespit edilmiştir.

Bu yüzden sonuçlar değerlendirilip karara varılırken 2400 devir ve civarındaki güç tork ve yakıt tüketim değerleri karşılaştırılmıştır. 27°'li döküm kam milinde 2450 d/d'da 16 kW olarak elde edilen güç değerinin 2530 d/d'da 14.04 kW ve 2630 d/d'da 11.11 kW olduğu tespit edilmiştir. 20°'li master kam milinde 2495 d/d'da 15.1 kW olarak elde edilen güç değerinin 2570 d/d'da 13.10 kW ve 2630 d/d'da 11.05 kW'tır. 19°'li master kam mili kullanıldığında 2450, 2630 ve 2740 d/d motor devirlerinde güç değerleri sırası ile 17.04 kW, 12 kW ve 9.02 kW olarak ölçülmüştür. 18°'li master kam mili kullanıldığında 2495, 2600 ve 2660 d/d motor devirlerinde güç değerlerinin sırası ile 16.1 kW, 13.02 kW ve 11.03 kW olduğu bulunmuştur. 17°'li master kam milinde 2450, 2600 ve 2700 d/d motor devirlerinde güç değerleri sırası ile 17.04 kW, 13.07 kW ve 10.09 kW'tır. 16°'li master kam milinde 2450, 2600 ve 2700 d/d motor devirlerinde güç değerleri sırası ile 17.04 kW, 13.03 kW ve 10.02 kW olarak ölçülmüştür. 15°'li master kam mili kullanıldığında 2450, 2600 ve 2660 d/d motor devirlerinde güç değerlerinin sırası ile 17.05 kW, 13.10 kW ve 11.06 kW olduğu tespit edilmiştir.

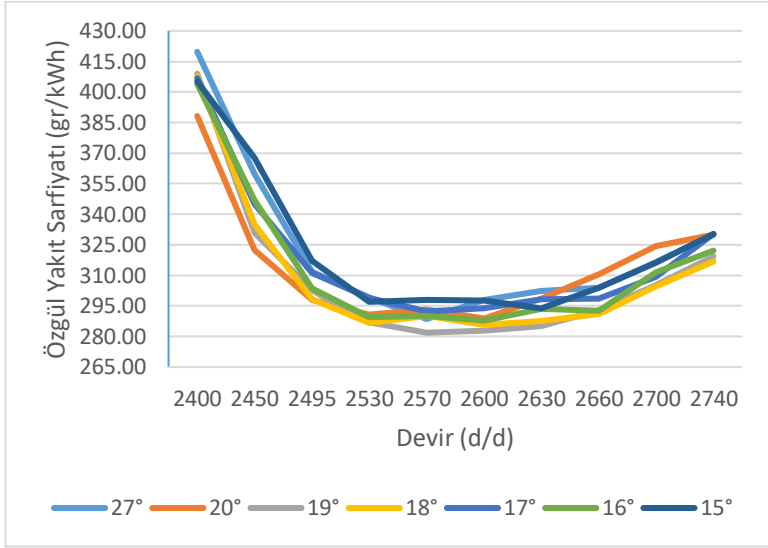
Devir (d/d)	Güç (kW)						
	27°	20°	19°	18°	17°	16°	15°
2400	16.44	17.00	17.75	17.80	17.70	17.60	17.40
2450	16.00	16.00	17.04	17.02	17.04	17.04	17.05
2495	15.01	15.10	16.06	16.10	16.00	16.00	16.08
2530	14.04	14.04	15.06	15.07	15.15	15.03	15.05
2570	13.10	13.10	14.05	14.07	14.06	14.07	14.09
2600	12.08	12.05	13.04	13.02	13.07	13.03	13.10
2630	11.11	11.05	12.00	12.10	12.07	12.06	12.05
2660	10.07	10.05	11.06	11.03	11.05	11.07	11.06

2700	9.10	9.06	10.03	10.05	10.09	10.02	10.06
2740	8.00	8.00	9.02	9.09	9.08	9.13	9.08

Tablo 2. Farklı Kam Mili Açıklarına Ait Devir/Güç Tablosu

Elde edilen veriler incelendiğinde özgül yakıt tüketiminin devir artışına bağlı olarak azaldığı fakat sonrasında tekrar artışa geçtiği gözlemlenmiştir. 27°'li kam milinde 2495, 2530, 2600, 2660 ve 2700 d/d motor devirlerinde ölçülen özgül yakıt tüketimi değerleri sırası ile 311.79 gr/kWh, 299.15 gr/kWh, 298.01 gr/kWh, 303.87 gr/kWh ve 316.48 gr/kWh'tir. 20°'li master kam mili kullanıldığında 2450, 2530, 2570, 2660 ve 2740 d/d motor devirlerinde özgül yakıt tüketimi değerlerinin sırası ile 322.5 gr/kWh, 290.60 gr/kWh, 293.13 gr/kWh, 310.45 gr/kWh ve 330 gr/kWh olduğu saptanmıştır. 19°'li master kam milinde 2400 d/d'da 409.01 gr/kWh olarak elde edilen özgül yakıt tüketimi değerinin 2660 d/d'da 292.95 gr/kWh ve 2740 d/d'da 319.29 gr/kWh olduğu tespit edilmiştir. 18°'li master kam milinde 2495, 2530, 2600, 2630 ve 2700 d/d motor devirlerinde özgül yakıt tüketimi değerleri sırası ile 298.14 gr/kWh, 286.66 gr/kWh, 285.71 gr/kWh, 287.60 gr/kWh ve 304.48 gr/kWh olarak ölçülmüştür. 17°'li master kam milinde 2570, 2600, 2630, 2660 ve 2740 d/d motor devirlerinde ölçülen özgül yakıt tüketimi değerleri sırası ile 292.32 gr/kWh, 293.80 gr/kWh, 298.26 gr/kWh, 298.64 gr/kWh ve 330.40 gr/kWh'tir. 16°'li master kam mili kullanıldığında 2495, 2630, 2660, 2700 ve 2740 d/d motor devirlerinde özgül yakıt tüketimi değerlerinin sırası ile 303.75 gr/kWh, 293.53 gr/kWh, 292.68 gr/kWh, 311.38 gr/kWh ve 322.02 gr/kWh olduğu bulunmuştur. 15°'li master kam milinde 2495, 2530,

2570, 2660 ve 2740 d/d motor devirlerinde özgül yakıt tüketimi değerlerinin sırası ile 317.16 gr/kWh, 297.01 gr/kWh, 298.08 gr/kWh, 303.80 gr/kWh ve 330.40 gr/kWh olduğu saptanmıştır. Farklı kam mili açılara ait devrin artmasıyla özgül yakıt tüketiminde oluşan değişiklikler grafik 1’de verilmiştir.



Grafik 1. Farklı Kam Mili Açılara Ait Devir/Özgü Yakıt Tüketim Grafiği

## SONUÇ

Elde edilen veriler incelendiğinde kullanılan bütün kam millerinde devrinin artmasıyla beraber momentumun azaldığı saptanmıştır. En yüksek momentum değerinin 2400 d/d’da 18°’li master kam milinde 71 Nm olduğu tespit edilmiştir. En düşük momentum değeri ise 2740 d/d’da 16°’li master kam milinde 27.7 Nm’dir. 2740 d/d ‘da 16°’li master kam milinde momentum değeri 27.7

Nm iken 19°'li master kam milinde 31.4 Nm'dir. Devrin artmasıyla beraber momentumda olduğu gibi güçte de düşüş gözlemlenmiştir. En yüksek güç değerinin 18°'li master kam milinde 2400 d/d'da 17.8 kW olduğu elde edilmiştir. 2600 d/d'da 20°, 19° ve 16°'li kam millerinde güç değerleri sırası ile 12.05 kW, 13.04 kW, 13.03 kW'tır. Tüm kam millerinde genel olarak 2600 d/d'ya kadar özgül yakıt tüketiminde azalma gözlemlenirken devrin 2600 d/d üzerine çıkmasıyla özgül yakıt tüketiminde artış olduğu saptanmıştır. 2400 d/d'da 19°, 16° ve 15°'li kam millerinde özgül yakıt tüketimi sırası ile 409.01 gr/kWh, 403.98 gr/kWh, 405.17 gr/kWh'tir. Testler Erin Motorun tek silindirli 1.16l dizel motoru için ideal püskürtmenin 19° olduğunu göstermiştir. Her ne kadar en yüksek güç 18° püskürtmede alınmış olsa da, özgül yakıt tüketiminin azalıp gücün arttığı durum ideal olarak kabul edilmiştir.

## KAYNAKÇA

- Aktaş, A. Sekmen, Y., 2008, Biyodizel ile Çalışan Bir Dizel Motorda Yakıt Püskürtme Avansının Püskürtme ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der., 23, 199-206.
- Arabacı, E., İcingür, Y., & Uyumaz, A. (2014). Su Enjeksiyonu ile Egzoz Isısı Geri Kazanımlı Altı Zamanlı Motor İçin Kam Tasarımı. Gazi University Journal of Science Part C: Design and Technology, 2(2), 213-220.
- Bozdağ, O. D. İçten yanmalı motorlarda geliştirme testlerinde kullanılan silindir içi basınç sensörlerinin doğruluğunu kontrol eden sanal motor modeli oluşturulması (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Calam, A., & İcingür, Y. (2019). Hava fazlalık katsayısı ve oktan sayısı değişiminin HCCI yanma karakteristiklerine ve motor performansına etkileri. Politeknik Dergisi, 22(3), 607-618.
- Chen, H., Shi, Z., Wu, Y., Li, Y., & Wang, D. (2023). Investigation of the injection pressure impact on non-monotonic two-stage ignition delay of diesel engines under cold-start. Applied Thermal Engineering, 235, 121408.
- Çelik, M., Solmaz, H., & Yücesu, H. S. (2015). Pamuk metil esterine n-heptan katkısının motor performansı ve yanma karakteristiklerine etkilerinin incelenmesi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 30(3), 361-369.

- Eryakali, B. Etil alkol-benzin karışımları ile çalışan bir motorun performans ve egzoz emisyonlarına supap kursunun etkileri (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Gürbüz, H., & Akçay, İ. H. (2013). Buji ateşlemeli hidrojen motorunda ateşleme avansı ve sıkıştırma oranının performans ve NOx emisyonuna etkisi. *Politeknik Dergisi*, 16(1), 45-50.
- Karabulut, H., Öztürk, E., & Çınar, C. (2011). Tek silindirli dört zamanlı bir dizel motorunun dinamik modeli ve titreşimlerinin incelenmesi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 26(1).
- Kumar, A., Lahane, S., Kumar, C. B., Mohan, I., & Lata, D. B. (2024). Effect of tri-ethylene glycol mono methyl ether and alumina additives on ignition delay in a hydrogen fuelled dual-fuel diesel engine. *International Journal of Hydrogen Energy*, 49, 1123-1132.
- Kumar, C. B., Lata, D. B., & Mahto, D. (2020). Analysis of ignition delay by taking Di-tertiary-butyl peroxide as an additive in a dual fuel diesel engine using hydrogen as a secondary fuel. *International Journal of Hydrogen Energy*, 45(29), 14806-14820.
- Mustayen, A. G. M. B., Wang, X., Rasul, M. G., Hamilton, J. M., & Negnevitsky, M. (2022). Thermodynamic analysis of diesel engine ignition delay under low load conditions. *Energy Reports*, 8, 495-501.

Nacak, Ç., Solmaz, H., & Ciniviz, M. (2019). İçten Yanmalı Motorlarda Kullanılan Farklı Tip Kam Profillerinin Dinamik Analizi. In INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON AUTOMOTIVE SCIENCE AND TECHNOLOGY (pp. 558-569).

Uyumaz, A., & Solmaz, H. (2017). Emme havası giriş sıcaklığı ve ön karışımli yakıt oranının RCCI yanma karakteristiklerine ve motor performansına etkileri. Politeknik dergisi, 20(3), 689-688.

Yılmaz, A. 95 hp 1.3 multijet dört silindirli dizel motora ait krank milinin dinamik analizi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).

**DİSİPLİNERARASI MÜHENDİSLİK YAKLAŞIMLARI: ENERJİ, MOTORLAR VE  
SİMÜLASYON**

