

	<b>MÜHENDİSLİKTE YAKITLAR, YANGIN VE YANMA DERGİSİ</b> <i>FUELS, FIRE AND COMBUSTION IN ENGINEERING JOURNAL</i>		
	e-ISSN: 2564-6435		
	Dergi sayfası: <a href="http://dergipark.gov.tr/fce">http://dergipark.gov.tr/fce</a>		
	<u>Geliş/Received</u> 11.12.2020		
	<u>Kabul/Accepted</u> 31.12.2020		<u>Doi</u>

## Buji Ateşlemeli Tek Silindirli Motorda Elektromekanik Supap Mekanizmasının Kullanılmasının Hava Akış Parametrelerine Etkisinin HAD Yöntemi İle İncelenmesi

Usame Demir<sup>1</sup>, Gökhan Coşkun<sup>2</sup>, Hakan S. Soyhan<sup>2,3</sup>, Volkan Aygül<sup>4</sup>, Ali Türkcan<sup>4</sup>, Ertan Alptekin<sup>4</sup>, Mustafa Çanakçı<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Bingöl Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bingöl, Turkey

<sup>2</sup> Sakarya Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Sakarya, Turkey

<sup>3</sup> Team-SAN Ltd. Şti., Sakarya Üniversitesi Teknokent, Sakarya, Turkey

<sup>4</sup> Kocaeli Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Otomotiv Mühendisliği Bölümü, İzmit, Turkey

### ÖZ

Bu çalışmada buji ateşlemeli tek silindirli bir motorun standart kam mekanizması yerine elektromekanik supap mekanizması kullanılmasının silindir içi akış parametrelerine olan etkisi Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD) yazılımı ile incelenmiştir. Klasik kam mekanizması ile farklı devirlerde silindir içi basınç ve manifold üzerinden silindire giren havanın debisi deneysel olarak ölçülmüştür. Deneysel ölçümlerden sonra Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Yazılımı olan Ansys FORTE yazılımı kullanılarak silindir içi akış simülasyonları gerçekleştirilmiştir. Standart Kam Mekanizması ile yapılan deneysel ölçümler ile standart kam mekanizması ile yapılan analizler doğrulama çalışmaları yapılmıştır. Elektromekanik supap mekanizmasının motorun standart supap açılma zamanlarına göre kullanılması durumu incelenmiştir. Bu ölçülen değerlerde analiz sonuçları ile doğrulaması yapıldıktan sonra elektromekanik supap mekanizmasının volümetrik verime etkisi incelenmiştir. Elektromekanik supap mekanizması kullanılması durumunda motorun volümetrik veriminde iyileşmeler olduğu görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği, Silindir İçi Akış Modellenmesi, Elektromekanik Supap Mekanizması

## Investigation of the Effect of Using Electromechanical Valve Mechanism on Air Flow Parameters in Spark Ignition Single Cylinder Engine with CFD Method

### ABSTRACT

In this study, the effect of using electromechanical valve mechanism instead of standard cam mechanism of a spark ignition single cylinder engine on the in-cylinder flow parameters was investigated with Computational Fluid Dynamics (CFD) software. With the classical cam mechanism, the pressure inside the cylinder at different speeds and the flow rate of the air entering the cylinder through the manifold were measured experimentally. After experimental measurements, in-cylinder flow simulations were performed using Ansys FORTE software, which is Computational Fluid Dynamics Software. The experimental measurements made with the standard cam mechanism and the analyzes made with the standard cam mechanism were verified. The use of the electromechanical valve mechanism according to the standard valve opening times of the engine has been examined. After confirming these measured values with the analysis results, the effect of the electromechanical valve mechanism on the volumetric efficiency was examined. It has been observed that there are improvements in the volumetric efficiency of the engine when the electromechanical valve mechanism is used

**Keywords:** Computational Fluid Dynamic, In-Cylinder Flow Modeling, Electromechanical Valve Mechanism

## 1. GİRİŞ

Geçmişten günümüze motor üreticileri, motor performansında artış sağlamak ve daralan emisyon standartlarını yakalayabilmek için genellikle iki teknoloji üzerine yoğunlaşmışlardır. Bu teknolojiler; yüksek basınçlı yakıt püskürtme ve değişken supap zamanlamasıdır. İki teknoloji üzerinde önemli çalışmalar olmasına rağmen, piyasa rekabetinden dolayı otomotiv üreticileri, üretim maliyetlerinde kısıtlama yapmak zorunda olduklarından, maliyeti kabul edilebilir teknolojiyi seri üretimlerine taşıyabilmişlerdir. İki konu üzerindeki Ar-Ge çalışmaları, her zaman gündemde olmasına rağmen, maliyet ve sürdürülebilirlik teknolojinin yaygın kullanımını engellemektedir. Elektromekanik kontrollü supap teknolojisi de maliyet ve servis hizmetleri açısından problemli bir teknolojidir. Elektromekanik supap sisteminin kullanılması halinde, kam miline, iticilere, itici çubuklara ve külbütör sistemine olan ihtiyaç ortadan kalkar. İçeri alınan dolgunun denetiminin tam olarak en iyi hale getirilmesi ile motor performansındaki artış daha üst düzeylere çıkarılabilir. İyi bir supap zamanlamasının gerçekleştirilmesi ile kirletici emisyon miktarlarını istenilen seviyelere çekmek mümkündür. Çünkü supap emisyonların iyileştirilmesi değişken supap zamanlamasının kabiliyeti dahilindedir.

Kamsız motor teknolojisi; triger kayışı ile krank milinden aldığı enerji ile kam milinin supap tahrikini tamamıyla ortadan kaldırarak kam ve triger kayışı olmaksızın supap tahrik sisteminin yapıldığı anlamına gelmektedir. Kamsız motor teknolojileri 1899'lu yılların başlarından itibaren içten yanmalı motorlarda verimin artırılması adına çalışmalarda yer edinmeye başlamıştır. Krank mili, triger kayışı vasıtasıyla tahrik edilen kam mili ortadan kaldırılarak supap sisteminde sonsuz control sağlanması motorun belirli bir devir aralığı yerine tüm devirlerde optimum verim anlamına gelmekte ve motor gücü, tork ve egzoz emisyonlarında ciddi iyileşme sağladığı için bu konuya yönelmiştir. [1]

Günümüzde kam mekanizması olmayan motorlar Ar-Ge çalışmalarında artış göstermektedir. Bu motorlarda kam yerini, kam mili olmayan mikro denetleyici kumandalı elektro-mekanik, elektro-manyetik, elektro-hidrolik veya elektro-pnömatik

supap mekanizmaları almaktadır. Ancak, hidrolik ve pnömatik sistemler özellikle binek otomobil sınıfında ekstra bir kompresör veya hidrolik tank gibi bazı ekipmanlara ihtiyaç duyması nedeniyle dezavantajlara vardır [2].

Son on beş yılda ise Aura, Siemens, FEV, Visteon, Delphi, Renault, BMW, Sturman Industries gibi bazı firmalar, kamsız olarak çalışan supaplara yönelik ciddi bir araştırma geliştirme çabasının içine girmişlerdir. Özellikle elektromekanik supaplarda FEV ve elektro-hidrolik supaplarda Sturman Corporation firmaları bazı eyleyici çalışmalarıyla ön plana çıkmışlardır. Elektromekanik supap denetimi ile ilgili bilgiler çok yakın zamanda başlamıştır. FEV Motorontechnik'te yapılan çalışmada, serbest salınımlı bir elektromekanik supap denetim mekanizması sunulmuştur [3]. Sistemin denetlenebilir kabiliyetinin yüksek olduğu, supap geçiş sürelerinin kısa olduğu bunun yanında, geleneksel supap sistemlerine göre güç gereksinimlerinin karşılaştırılabilir düzeyde olduğu ifade edilmiştir. Elektromekanik supap mekanizma tasarımı konusunda yapılan çalışmalar özellikle sistemin tasarımı ve tasarım parametreleri, statik haldeki özellikleri ve dinamik kararlılığı olarak öne çıkmaktadır. Elektromekanik supap kontrolü ve zamanlaması ile supap hareketleri tüm çalışma şartlarında motorun devrinden bağımsız olarak control edilmesi ile yakıt tüketimi ve emisyonlarda iyileştirmeler meydana getirir [4-8]. Elektromekanik supap mekanizmasının bu avantajının yanında yüksek tork ve güç çıkışı elde edildiği, motorun ilk hareket ve rölanti esnasında ideal yakıt tüketimi sağladığı ve atmosferik motorlarda emme vakum altında gerçekleşmesinden kaynaklanan pompalama kayıplarını minimize ettiği yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur [9, 10].

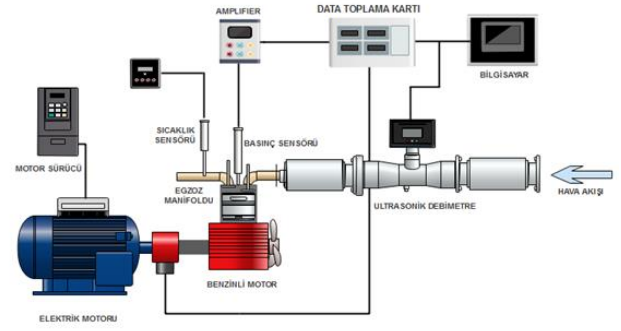
Mahrous ve ark. yapmış oldukları çalışmada değişken negatif supap bindirmesinin (NSB) homojen dolgulu sıkıştırılmalı ateşlemeli (HCCI) bir motorda Ansys Fluent yazılımını kullanarak yanmasız akış HAD simülasyonu çalışmışlardır. Literatürden alınan deney verilerinin analiz çalışmasının doğruluğunu ispatlayarak devamında NSB 70, 90 ve 110 olması durumlarını incelemişleridir. Bunun için Emme Supabı Kapanma (EmSK) ve Egzoz Supabı Açılma (EgSA) zamanları sabit tutulmuş ve EmSA ve EgSK zamanlarını değiştirerek gerçekleştirmişlerdir. Analiz sonuçları ile elde edilen sonuçlar, Negatif Supap Bindirmesi

(NSB)'nin büyüklüğünün bir sonucu olarak silindir içindeki hava dolgununun hareketinin kuvvetinin ve küresel yönünün gözle görülür bir şekilde değiştirildiğini göstermektedir. Silindir içi yatay girdap (swirl) ve dikey girdap (tumble) hareketlerinin modifikasyonları, hava-yakıt karışımı hazırlama prosesinde ve sıkıştırma sonunda gerçek silindir içi koşullarda önemli bir etkiye NSB'nin daha yüksek sıcaklık dereceleri uygulanarak elde edilebilir [11].

Bu çalışmada standart supap mekanizması ile yapılan deneysel çalışmalar ile simülasyon çalışması sonrasında deneysel çalışma zorluğundan dolayı simülasyon çalışması olarak standart supap zamanlamasına göre elektromekanik supap mekanizması için supap profilleri oluşturularak analizler gerçekleştirilmiştir. Analizler kapsamında silindir içi akış parametreleri incelenmiştir.

## 2. DENEY VE SİMÜLASYON ÇALIŞMALARI

Bu çalışmada deneysel çalışmanın ardından Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği yöntemi kullanılarak dört zamanlı-tek silindirli hava soğutmalı bir motorda elektromekanik supap mekanizması kullanılması durumunda volümetrik verime etkisi çalışılmıştır. Deneysel çalışma için dört zamanlı-tek silindirli benzinli motor, elektrik motoru, elektrik motoru sürücüsü, elektronik kontrol kartı, bobin sürücü kartı, güç kaynağı, enkoder, silindir basınç ve Üst Ölü Nokta (ÜÖN) sensörü vasıtasıyla ölçümler gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmada kullanılan motorun sürülmesi için, bir elektrik motoru kaplin yardımıyla motora bağlanmıştır. Elektrik motorunu kontrol etmek için de ABB marka 11 kW'lık motor sürücüsü kullanılmıştır. Krank mili çıkışına takılan bir encoder vasıtasıyla krank açısı bilgisi elde edilmiştir. Enkoder kalibrasyonu sağlanarak motorun üst ölü noktası bilgisine göre devir ölçümü yapılmıştır.



Şekil 1. Deney düzeneğinin şematik görünümü

Deney düzeneğinin şematik görünümü Şekil 1'de görülmektedir. Deney düzeneğinde görüleceği üzere emme ve egzoz manifoldlarına bağlanan sıcaklık sensörleri ile giren ve çıkan havanın sıcaklıkları ölçülmüştür. Ölçümler simülasyonda kullanılmak için yapılmıştır. Hava debisi ölçümü için farklı metotlar mevcuttur. Fakat bu çalışmada hava debisinin çok hassas ölçümü için AVL Flow Soni 100 Ultrasonik debimetre emme manifolduna montajı yapılarak hava debileri ölçümü yapılmıştır. Silindir içi basınç sensörü motor yanmasız çalıştırılarak sadece hava ölçümü gerçekleştirileceği için motorun orjinal buji yuvasına uygun silindir içi basınç sensörü vasıtasıyla istenilen devirlerde ölçümler yapılmıştır.

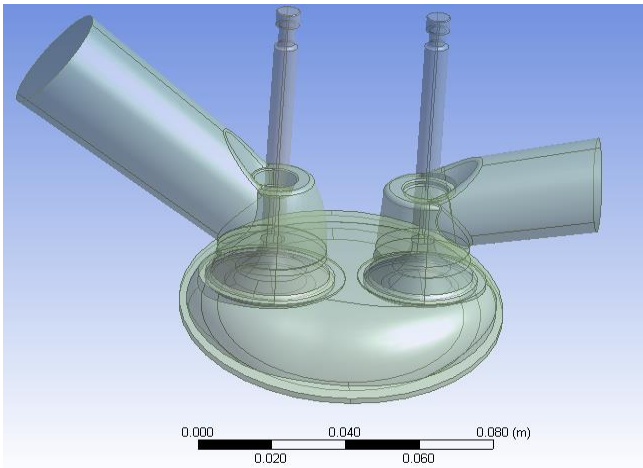
Tablo 1. Deney motorunun teknik özellikleri

Motor tipi	4 zamanlı-buji ateşlemeli
Silindir hacmi	389 cm <sup>3</sup>
Sıkıştırma oranı	8,0:1
Çap x Strok	88 x 64 mm
Maksimum güç	13 BG @ 3600 RPM
Maksimum tork	2,7kgm @ 2500 RPM
Soğutma sistemi	Hava soğutmalı
Emme Açılması (EmSA)	Supabı 0° ÜÖNS
Emme Kapanması (EmSK)	Supabı 40° AÖNS
Egzoz Açılması (EgSA)	Supabının 0° AÖNÖ
Egzoz Kapanması (EgSK)	Supabının 5° ÜÖNS

Deneysel çalışmada Honda GX 390 marka dört zamanlı-tek silindirli hava soğutmalı benzinli

motor kullanılmıştır. Tablo 1’de deney motoruna ait detaylı teknik özellikler verilmiştir. Simülasyon çalışması için gerekli olan sıcaklık ölçümleri için 0.1 derece hassasiyetli iki adet termokupl kullanılmıştır. Klasik kam mekanizması ile deney motorunda yapılan emme ve egzoz manifold sıcaklık ve silindir içi basınç ölçümleri simülasyon çalışmasının girdisini oluşturmakta ve ölçülen değerler simülsyonlarda kullanılmıştır.

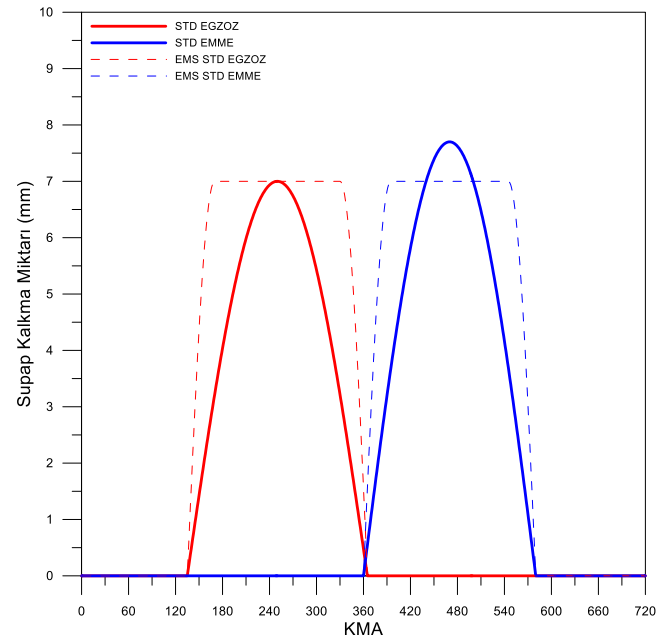
Ansys IC Engine Forte [12] modülü silindir içi akış simülasyonları için kullanılmıştır. Ansys IC Engine Forte 3 boyutlu Hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) yazılımıdır. Silindir içi akış analizi için bilinmesi gereken en önemli nokta 3 farklı dinamik ağ yapısının aynı anda çalışmasıdır. Bu açıdan motorun akış hacminin yani emme ve egzoz manifold ile birlikte piston geometrisi çok hassas bir şekilde belirlenerek gerekli CAD modelinin oluşturulması gerekmektedir. Simülasyon çalışması için kullanılacak bu parametrelerin deney motorundan elde edilmesi gerekmektedir. Yapılan analizlerden elde edilecek sonuçlara geometrinin etkisinin minimum olması için motor üst bloğu 49 mikron hassasiyetli lazer tarama cihazında taranarak üst bloğun CAD modeli çıkarılmış ve ardından bu üst blok geometrisine piston geometrisi eklenerek silindir içi akış hacminin 3 boyutlu CAD modeli oluşturulmuştur. Şekil 2’de silindir içi akış hacminin CAD modeli görülmektedir.



Şekil 2. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği Modeli

HAD analizi yapılacak olan motor geometrisinin 3 farklı dinamik ağ yapısının çalışabilmesi için öncelikle isimlendirme ve ağ yapısının bölgelere ayrılma işlemleri yapılmıştır. Ağ yapısının uygunluğu deneysel veriler ile kıyaslanarak

belirlenmiştir. Simülasyonlar 720 KMA tam bir motor çevrimi için gerçekleştirilmiştir. Silindir içi akış parametrelerinin ve debinin analizden elde edilebilmesi için gerekli tanımlamalar yapılmıştır. Elektromekanik supap mekanizma çalışması deneysel olarak çalışma zorluğundan dolayı sadece simülasyon olarak çalışılmıştır. Elektromekanik supap mekanizması için gerekli olan supap profile için literatür taraması yapılmıştır. Simülasyonda hareketli olan 3 parçadan ikisi olan emme ve egzoz supaplarının hareketi için supap profilleri oluşturulması gerekmektedir. Standart kam mekanizması ve elektromekanik supap mekanizması için oluşturulan profillerin krank açısına bağlı değişimleri Şekil 3’de görülmektedir.

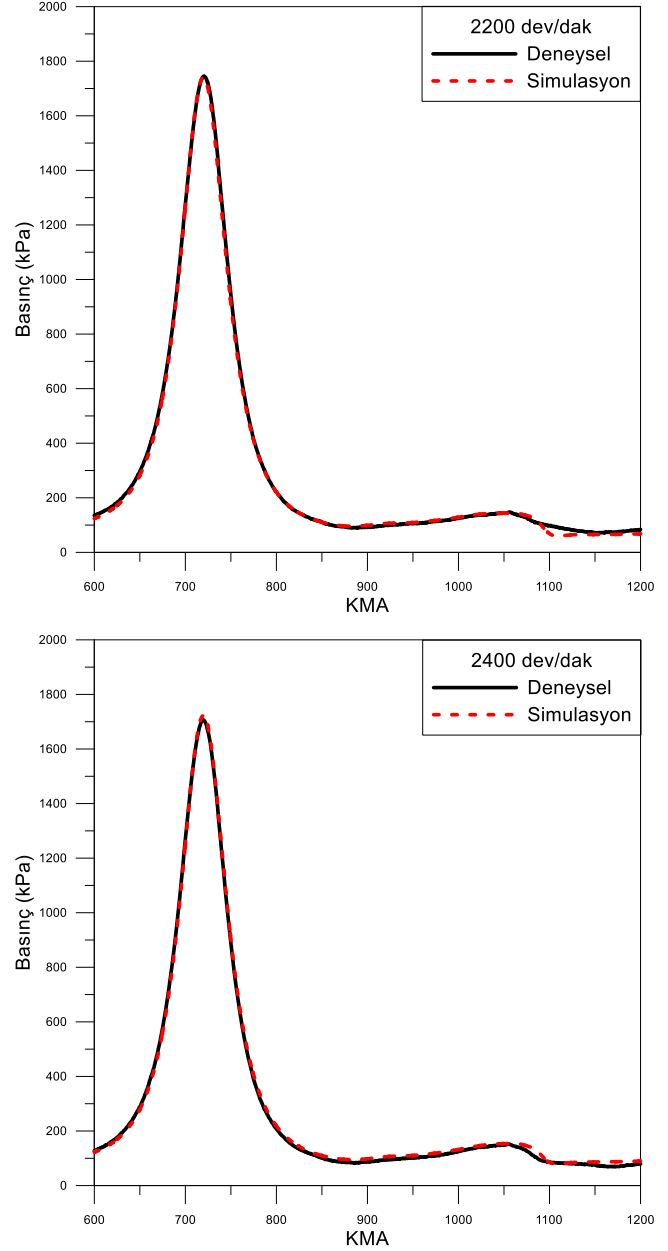
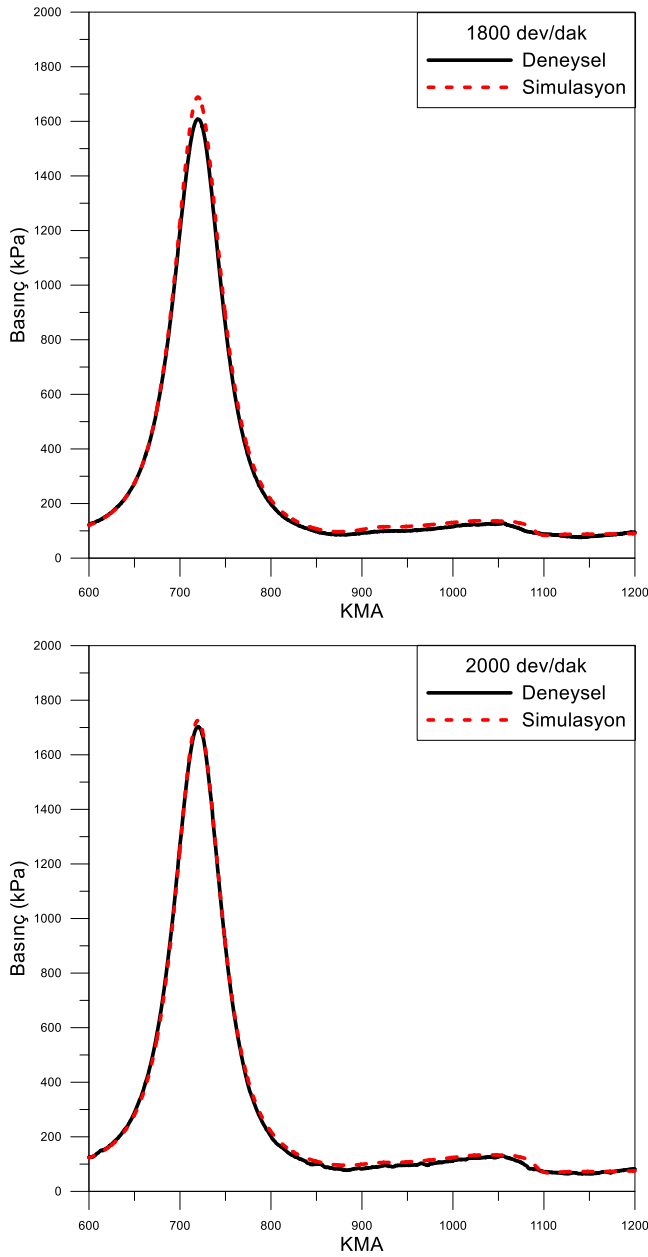


Şekil 3. Standart ve Elektromekanik supap kalkma profilleri

Daha önce yapılmış çalışmalar incelendiğinde elektromekanik supap mekanizmasına sinyal verildikten sonra en iyi 3.6 ms içerisinde supabın tamamıyla açıldığı görülmüştür [13]. Klasik supap zamanlamasına göre elektromekanik supap kalkma profilleri oluşturulmuştur.

### 3. ANALİZ SONUÇLARI

Ansys Forte yazılımında dinamik ağ yapısının çözümlenebilmesi için gerekli olan supap profilleri Matlab yazılımı ile oluşturulmuştur. Analizler için gerekli olan sıcaklık ve basınç değerleri deneysel verilerden sağlanarak analizler gerçekleştirilmiş ve validasyonu sağlandıktan sonra Elektromekanik supap mekanizmasına göre oluşturulan supap profilleri ile analizler gerçekleştirilerek elde edilen analiz sonuçları deneysel sonuçlar ile karşılaştırılmıştır.

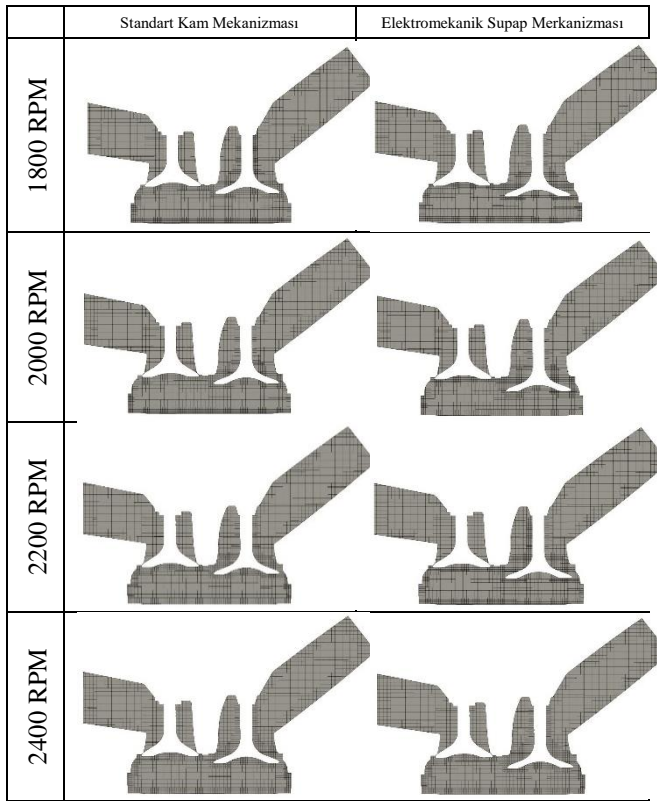


Şekil 4. Silindir İçi Basınç Grafikleri

Şekil 4’de 1800-2400 RPM aralığında ki 4 farklı devir için standart supap mekanizması ile krank açısına bağlı deneysel ve simülasyon sonuçları olarak silindir içi basınç grafiği karşılaştırılmıştır. 720 KMA tam bir çevrim süresince ki basınç değerlerinin birbiri ile örtüştüğü anlaşılmaktadır. Silindir içi basınç değerleri göz önünde bulundurulduğunda emme ve egzoz supabının aynı anda açık olma sürecinde hem deneysel hem de simülasyonda basınç artışının etkisi görülmektedir. Supap bindirme esnasındaki basınç artışı akış alanının daralması ve yanmış egzoz gazlarının tam olarak dışarıya atılamaması neden olarak söylenebilir.



Bu kısımda, elektromekanik supap mekanizması uygulamasının etkinliğini daha belirgin olarak ortaya çıkarabilmek için HAD yazılımı ile simülasyon çalışması yapılmıştır. Simülasyon çalışmasında, elektromekanik supap olması durumunda motorun standart supap zamanlamasına göre oluşturulan supap kalkma profilleri oluşturularak volümetrik verim ve hava akış parametrelerine etkisi incelenmiştir. Deneysel olarak standart kam profili ile yapılan testler ile doğrulama yapıldıktan sonra bu simülasyon çalışması içinde deneysel ölçümlerden alınan değerler analizin ön girdileri olarak kullanılmıştır.

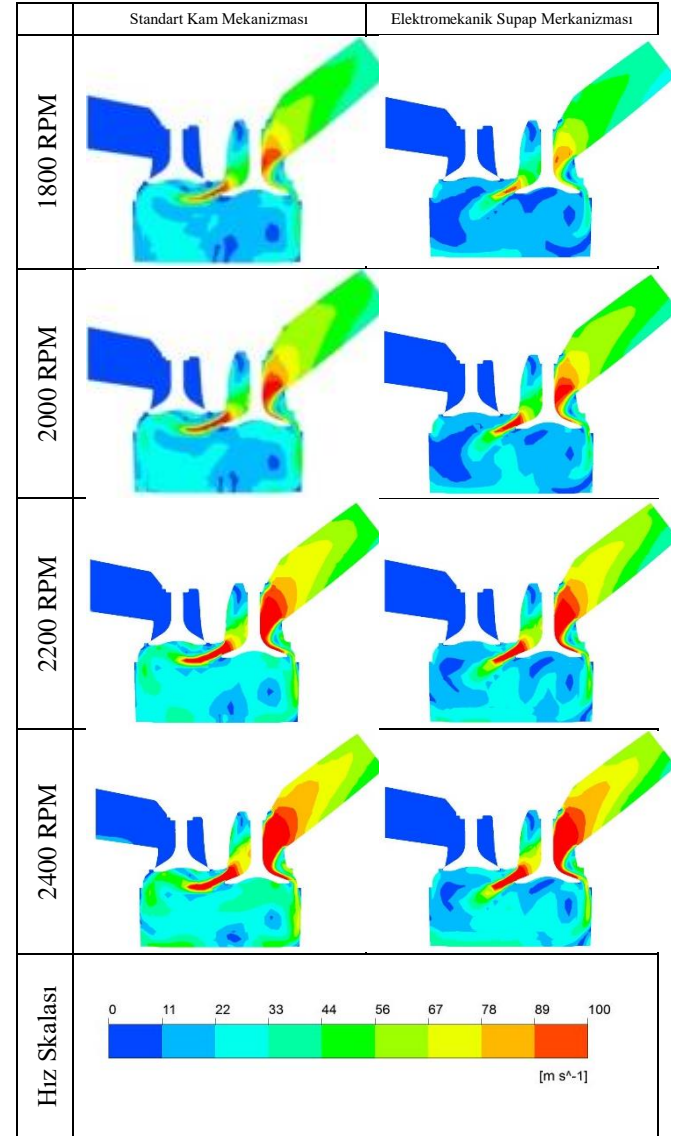


Şekil 5. 1120 KMA Dinamik Ağ Yapısı Görüntüleri

Şekil 5’de silindir içi akış hacminin 1120 KMA anındaki ağ yapısı şekilleri görülmektedir. Supap hareketinin dinamik modelinin düzgün çalışabilmesi için dörtgensel ve düzenli ağ yapısına ihtiyaç duyulmaktadır. Yazılımın adaptif ağ yapısı yenileme tekniği sayesinde anlık olarak hücre sayısını değiştirerek analiz gerçekleştirilmektedir. Yani akışın olduğu zamanlarda ağ sayısını artırarak sonuçların iyileştirilmesi ve akışın olmadığı süreçte ağ sayısını azaltarak daha hızlı çözüm yapabilme özelliğine sahiptir. Ağ yapısında da görüldüğü üzere supabın etrafında daha yoğun bir ağ olduğu daha doğrusu ise akışın yoğunlaştığı bölgelerde daha küçük ve

yoğun ağ oluşturarak iyi bir çözüm sağlanmaktadır. Kalan kısımlarda daha az ağ kullanarak toplam çözüm süresinin kısılması sağlanmaktadır. Supap profilinden de anlaşılacağı üzere dinamik ağ yapısı görüntüsünde de elektromekanik supabın kalkma miktarının daha fazla olduğu görülmektedir.

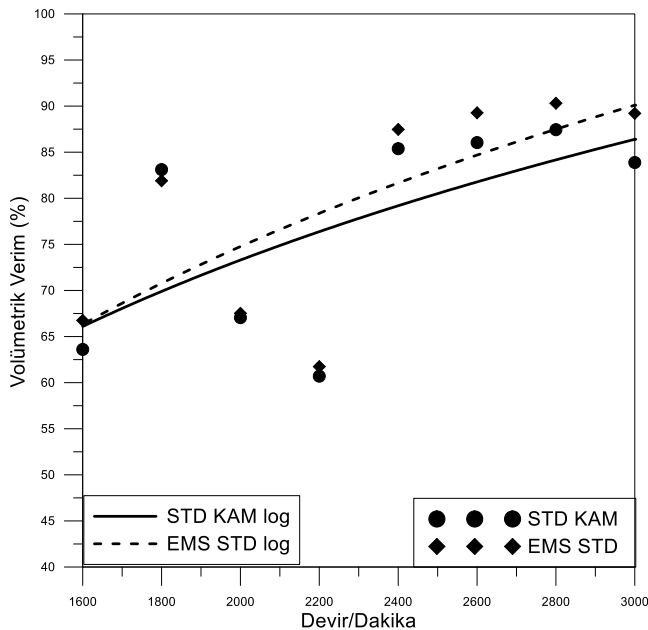
Şekil 6’da emme supabının maksimum açık olduğu nokta çok yakın olan 1160 KMA esnasındaki farklı devirler için hız dağılımı görselleri görülmektedir.



Şekil 6. Emme supabı açıkken emme manifoldu ve silindir içi hız dağılımı

Test motorunun emme supabının simülasyon zamanlamasına göre 1080 KMA’da ÜÖNS’de açılmaya başladığı ve bu anda tamamen kapalı olduğu, toplam supap açılma ve kapanma zamanı olarak 220 KMA süresinde gerçekleştiği düşünülürse emişin en iyi supabın maksimum açılma noktasına varmadan önce gerçekleşmesi

nedeniyle 1160 KMA esnasında ki manifold ve silindir içi akış hız dağılımlarının incelenmiştir. Grafikte akış hızının manifold ve silindir içindeki dağılımını anlamak adına hız gradyanleri renk skalası şeklinde belirtilmiştir. Bu renk skalası analizler için 0-100 m/s aralığında sabitlenerek görsellerde devirin değişimi ile rahat bir şekilde gözlenmesi sağlanmıştır. Genel olarak renk skalasına bakılacak olursa pistonun neredeyse tam ortada olduğu 1160 KMA esnasında egzoz supabının kapalı olması nedeniyle egzoz manifoldu kısmında hava hareketlerinin olmadığı görülmektedir. Şekilden de anlaşılacağı üzere motor devrinin artması ile genel hava hareketlerinde artış meydana geldiği görülmektedir. EMS durumlarının neredeyse tamamında supap açılma hızının yüksek olmasından kaynaklı olarak akış kesiti çok hızlı genişlemiş ve bu nedenle akış hızları genel olarak standart kam profiline göre 1160 KMA'da daha da düştüğü gözlemlenmiştir. Standart kam mekanizması ve elektromekanik supap mekanizmasında da akış hız skalalarına bakıldığında ise düşük devirlerde supap kesitinden geçen havanın akış hızının 50-60 m/s değerlerinde olduğu motor devrinin artması ile birlikte 100 m/s değerlerine çıktığı görülmektedir. Özellikle supap kesiti etrafında akışın çok yüksek bir şekilde seyrettiği görülmektedir. Silindir içi akış hızları incelendiğince eğer düşük devirlerde 10-20 m/s aralığında iken devir yükseldikçe bu aralığın 20-40 aralığına çıktığı ve akış hızında özellikle pistonun üst noktasına doğru düşüşler olduğu şekilde görülmektedir.



Şekil 7. Volümetrik verim değişimi

Şekil 7'de volümetrik veriminin devir ile değişimi görülmektedir. Standart kam ile yapılan deneysel sonuçlar ve yine standart kam profili ile yapılan simülasyon sonuçlarının doğrulandığı grafikte görülmektedir. Çalışma devir aralığı 1800-2400 RPM olduğu göz önünde bulundurulursa eğer bu devirlerden, 1800 RPM'de %85 civarında olduğu ve devrin artması ile birlikte 2000 RPM'de %70 civarına düşmüş ve ardından düşüş trendi devam ederek 2200 RPM'de % 60 civarına düştüğü görülmüştür. Motorun rölanti devrinin 1600 RPM olması nedeniyle düşük devirlerde volümetrik verimin düşük olduğu söylenebilir. 2400 RPM'de volümetrik verimin yükselerek ortalama %85 üzerine çıktığı görülmüştür. EMS durumları incelendiğinde standart supap zamanlaması durumlarının standart kam profili durumlarına göre dört devirde de volümetrik verimin arttığı görülmüştür. Bu durumlar içerisinde elektromekanik supap mekanizması içerisinde en yüksek volümetrik verim artışının %2,3 ile 2400 RPM'de gerçekleştiği grafikte görülmektedir.

#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Deneysel çalışmada olduğu gibi simülasyon çalışmasında da 1800-2400 RPM aralığında çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Volümetrik verimin özellikle 2400 RPM'de iyileştiği görülmüştür. EMS kullanılması durumunda ise standart supap zamanlamasına göre yaklaşık %2 bir iyileşme görülmektedir. Elektromekanik supap mekanizmasına göre sıfırdan bir supap zamanlaması yapılarak volümetrik verimdeki iyileşme çok daha yüksek seviyelere ulaşabilir.

Silindir içi hava akış hız skalası 1160 KMA incelendiğinde genel olarak motor devrinin artması ile artan bir hava akış hızı trendi olduğu görülmüştür. Standart supap mekanizması ile EMS mekanizması arasında hava akış hız skalasında ciddi bir fark gözlenmemiştir. Fakat genel olarak EMS mekanizması ile supap tamamıyla daha erken açılmasından kaynaklı olarak supap etrafındaki hız skalası standart supap mekanizmasına göre biraz daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

Elektromekanik supap mekanizması kullanılması ile simülasyon sonuçlarında görüldüğü üzere volümetrik verim artışı meydana geldiği görülmektedir. Bunun tamamıyla değişken supap zamanlaması ve supap lifti uygulamasına dönüştürülmesi ile özellikle direkt enjeksiyonlu olmayan motorlarda karışım hazırlamada kullanılabilmesi ve direkt enjeksiyonlu motorlarda ise içeri alınan havanın ısıtılması gibi durumlar için supap bindirmesinin ayarlanması gibi avantajlarından dolayı sınırsız bir yanma kontrolü sağlayacaktır

## TEŞEKKÜR

Bu makale çalışması, 114R058 numaralı TÜBİTAK 1001 projesi ve 2015-50-02-023 numaralı Sakarya Üniversitesi BAP projesi kapsamında desteklenmiştir.

## REFERANSLAR

- [1] Gould, L., Richeson, W., and Erickson, F., (1991) Performance Evaluation of a Camless Engine Using Valve Actuation with Programmable Timing, SAE Paper No.910450.
- [2] Taylor, C.F., (1997) The Internal Combustion Engine in Theory and Practice, Mit press, Volume 2, USA, 157-161.
- [3] Krauter P., Heuser P., and Schebitz M., (1992) Strategies to Improve SI-Engine Performance by Means of Variable Intake Lift, Timing and Duration, SAE Paper No. 920449.
- [4] Pischinger, M., Salber, W., Staay, F.V.D., Baumgarten, H. ve Kemper, H. (2000) Benefits of the electromechanical valve train in vehicle operation, Variable Valve Actuation", 43-53.
- [5] Park, S.H., Lee, J., Yoo, J. and Kim, D., (2003) A study on the design of electromagnetic valve actuator for VVT engine", KSME International Journal, 17, 357-369.
- [6] Park, S.H., Lee, J., Yoo, J., Kim, D. ve Park, K., (2003b) Effects of design and operating parameters on the static and dynamic performance of an electromagnetic valve actuator, Journal of Automobile Engineering, 217, 193-201.
- [7] Park, S.H., Lee, J., Yoo, J., Kim, D., Park, K. and Cho, Y., (2001) A developing process of newly developed electromagnetic valve actuator - effect of design and operating parameters, SAE, 02FFL-93..
- [8] Nitu, C., Gramescu, B. and Nitu, S., (2005) Application of electromagnetic actuators to a variable distribution system for automobile engines, Journal of Materials Processing Technology, 161, 253-257.
- [9] Wang, Y., Stefanopoulou, A., Haghgoie, M., Kolmanovsky, I. and Hammoud, M. (2000) Modeling of an electromechanical valve actuator for a camless engine", Proceedings AVEC, 5 th Int. Symposium on Advanced Vehicle Control, 93.
- [10] Giglio, V., Iorio, B., Police, G. and Gaeta, A. (2002) Analysis of advantages and of problems of electromechanical valve actuators, Variable Valve Actuation", SAE 2002-01-1105.
- [11] F M Mahrous and others, 'Computational Fluid Dynamics Simulation of in-Cylinder Flows in a Motored Homogeneous Charge Compression Ignition Engine Cylinder with Variable Negative Valve Overlapping', Proceedings of the Institution
- [12] Erişim Linki: <https://www.ansys.com/products/fluids/ansys-forte> Tarih:29.10.2017
- [13] C Schernus and others, 'Modeling of Exhaust Valve Opening in a Camless Engine', Papers\SAE Papers\SI 1990-2002, 2002.