

BUJİ ATEŞLEMELİ BİR MOTORDA SIKIŞTIRMA ORANININ MOTOR PERFORMANSI VE EGZoz EMİSYONLARINA ETKİSİ

Yakup SEKMEN, Perihan SEKMEN ve M. Sahir SALMAN

Teknik Programlar Bölümü, Karabük Meslek Yüksekokulu, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük
Makina Eğitimi Bölümü, Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Karabük
Makina Eğitimi Bölümü, Teknik Eğitim Fakültesi, Teknikokullar, Gazi Üniversitesi, 06500, Ankara
ysekmen@yahoo.com, perduranli@yahoo.com, sahirs@gazi.edu.tr

(Geliş/Received: 29.09.2006 ; Kabul/Accepted: 12.06.2007)

ÖZET

Buji ateşlemeli motorlarda, gerçek sıkıştırma oranı silindire alınan dolgu miktarına göre değişkenlik gösterdiğinden, geometrik olarak tasarlanan sıkıştırma oranı ancak tam gazda ve belirli motor hızı için gerçek sıkıştırma oranı olarak elde edilebilmektedir. Bu durum buji ateşlemeli motorlarda performansın ve yakıt ekonomisinin iyileştirilmesi için silindir dolgu miktarına göre değişken sıkıştırma oranını gerekli kılmaktadır. Kısmi yüklerde yanma veriminin, yakıt ekonomisinin ve emisyonların iyileştirilmesi için sıkıştırma oranının artırılması, motorun yüksek yük ve düşük hız koşullarında ise olası vuruntu ve sert çalışmayı önlemek için sıkıştırma oranının bir miktar azaltılması gerekmektedir. Bu çalışmada, buji ateşlemeli, dört zamanlı, tek silindirli bir motorun sıkıştırma oranı değişken hale dönüştürülmüş ve sıkıştırma oranı değişiminin motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Sıkıştırma oranı değişimi silindir aşağı-yukarı hareket ettirilerek sağlanmıştır. Sıkıştırma oranının artırılmasıyla (7:1-11:1) motor gücünde artma ve özgül yakıt tüketiminde iyileşme elde edilmiştir. Aynı sıkıştırma oranı aralığında karbon monoksit (CO) emisyonlarında azalma elde edilirken, sıkıştırma oranı artışı yanma odası yüzey/hacim oranını artırdığından hidrokarbon (HC) emisyonlarında artış belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buji ateşlemeli motor, değişken sıkıştırma oranı, yakıt ekonomisi, egzoz emisyonu.

THE EFFECT OF COMPRESSION RATIO ON ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSION IN A SPARK IGNITION ENGINE

ABSTRACT

The designed geometrical compression ratio can be realized as an effective compression ratio at the wide open throttle for a certain engine speed since the effective compression ratio changes with the amount of charge into the cylinder in spark ignition engines. So, this condition of the spark ignition engines force designers to change their geometrical compression ratio according to the amount of charging into the cylinder. In order to improve the combustion efficiency, fuel economy, power output and exhaust emissions at partial loads, compression ratio must be increased; however, under high load and low speed conditions compression ratio must be decreased gradually to prevent probable knock and hard running. In this study, a four-stroke and single cylinder spark ignition engine with constant compression ratio has been converted to an engine with variable compression ratio and the effects of compression ratio variations on engine performance and exhaust emissions has been investigated. In order to change compression ratio, the cylinder was moved up or down. Improvement in engine power and specific fuel consumption were achieved with changing compression ratio from 7:1 to 11:1. Also, at the same compression ratio range carbon monoxide (CO) emissions were reduced, while hydrocarbon (HC) emissions were increased since increasing compression ratio cause larger surface/volume ratio.

Keywords: Spark ignition engine, variable compression ratio, fuel economy, exhaust emissions.

1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Sıkıştırma oranı buji ateşlemeli motorlarda motor performans ve verimini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Artan sıkıştırma oranıyla sıkıştırma sonu basınç ve sıcaklıkları yükselmekte, dolayısıyla yanma hızı artmaktadır. Yanma hızının artmasıyla birlikte motor performansı yükselmektedir. Sıkıştırma oranının yanma üzerindeki etkisi göz önüne alınırsa, bu parametrenin değişken hale getirilmesi ile değişik çalışma şartlarında önemli kazançlar elde edilebilmektedir [1-9].

Buji ateşlemeli bir motorun sıkıştırma oranı değeri tespitinde vuruntuya en çok yatkın olan düşük hız-maksimum yük çalışmasındaki koşullar dikkate alınmakta ve motorun vuruntusuz çalışması sağlanmaktadır. Kısmi yüklerde ise, motorun volümetrik verimi düşük olduğundan gerçek sıkıştırma oranı da düşük değerdedir. Sabit sıkıştırma oranlı bir motorda özellikle kısmi yüklerde sıkıştırma oranının gücü ve verimi artırıcı etkisinden yeterince yararlanılamamaktadır. Yanma veriminin, yakıt ekonomisinin ve emisyonların iyileştirilmesi için kısmi kelebek açıklıklarında sıkıştırma oranının artırılması, motorun yüksek yük ve düşük hız çalışmasında oluşabilecek vuruntu ve sert çalışmayı önlemek için de sıkıştırma oranının azaltılması gereklidir. Bu nedenle sıkıştırma oranı yüke ve hıza göre değişebilen motora ihtiyaç vardır [1,3,7,10,11].

Motorun kısmi yük performansını artırmak ve yakıt ekonomisi sağlamak amacıyla sıkıştırma oranının değişken hale dönüştürülmesi çeşitli şekillerde yapılmaktadır. Bunlar, yanma odası hacmini büyütüp küçülterek [7,12], biyel boyunu veya [13], piston yüksekliğini [14], krank mili ana veya biyel mayılu çapını değiştirerek (variable R/L engine) [10], silindir kapağını hareket ettirerek [15] veya başka şekillerde [16-18] olabilmektedir.

İyi bir değişken sıkıştırma oranı mekanizmasının aşağıdaki şartları sağlaması gerekmektedir:

- Sistem basit, küçük boyutlu ve hafif olmalı,
- Herhangi ciddi bir tasarım problemi oluşturmamalı,
- Sıkıştırma oranının tüm aralıklarda değişimi mümkün olmalı ve sıkıştırma oranı hassas olarak ayarlanabilmeli,
- Diğer motor parametrelerinde istenmeyen değişikliklere neden olmamalı,
- Motorun dengesi klasik motora göre kötüleşmemeli ve motor ömrü kısalmamalıdır.

Başlangıçta yakıt muayenesi ve özellikle vuruntu ölçülmesi için kullanılan değişken sıkıştırma oranlı ilk motorlardan birisi Ricardo tarafından yapılmıştır. Sıkıştırma oranının değiştirilmesi (3,7:1-8:1) silindirin krank miline göre yükseltip alçaltılmasıyla

sağlanmıştır. Sıkıştırma oranı aralığı artırılan ve geliştirilen bu motorlar, CFR motoru (Cooperative Fuel Research Committee) adıyla tanınmış ve yakıtların vuruntu ölçümleri için standart donanım haline getirilmiştir [7]. Daha sonra, bu alandaki çalışmalar giderek yakıt ekonomisi ve performansı artırmaya yönelik olmuştur. Değişken sıkıştırma oranının dizel motora uygulanmasındaki amaç ise soğukta ilk hareketi kolaylaştırmak, daha iyi relanti çalışması ve maksimum silindir basıncını artırmadan çıkış gücünde artış elde etmektir [19,20].

Sıkıştırma oranının artmasıyla sıkıştırma ve yanma sonu basınç ve sıcaklıkları yükselmekte, dolayısıyla ortalama efektif basınç artmaktadır. Sıkıştırma oranının vuruntuya neden olmayacak kadar yükseltilmesiyle birlikte çıkış gücü artmakta ve yakıt ekonomisi sağlanmaktadır [7,21]. Genişleme kursunun son kısmındaki düşük sıcaklıklar sonucu soğutma kayıplarının azalmasıyla artan termal verimden dolayı soğutucuya olan ısı kaybı sıkıştırma oranı artışı ile azalmaktadır [22]. Sıkıştırma oranının artışı silindir sıcaklığını artırırken tutuşma gecikmesini (yanma süresini) azaltmaktadır. Maksimum basıncın oluşma yeri üst ölü nokta (ÜÖN)'ya yaklaşmakta, basınç yükselme hızı ise sıkıştırma oranı ile birlikte artmaktadır. Fakat, yanma ve basınç yükselme hızı, yanma odasında vuruntunun oluşması için belirleyici parametreler olup sıkıştırma oranının artışı sınırlanmaktadır. Sıkıştırma oranının artışı ile oluşacak vuruntu, belirli bir noktaya kadar ateşleme avansı değişimiyle kontrol edilebilir. Artan sıkıştırma oranlarında maksimum verimi elde etmek için ateşleme avansının bir miktar azaltılması gerekmektedir [6,23,24]. Sıkıştırma oranı artışı yanma verimini artırdığından CO emisyonlarını azaltmaktadır. Yanma odası yüzey/hacim oranı sıkıştırma oranı artışı ile lineer olarak artmakta [1,21,24] ve HC emisyonlarının artmasına neden olmaktadır. Yanma odası içinde alev yüzeye yakın bölgelerde soğur ve söner. Bu, yanmamış HC tabakası bırakır ve bu tabaka yanmış gazlarla birlikte egzozdan atılır [21,25]. Sıkıştırma oranı artışının istenmeyen etkilerinden biri de piston-segman ile silindir duvarı arasındaki sürtünme kayıplarının artması dolayısıyla mekanik verimi azaltmasıdır [2].

Harne ve Marathe [3], tek silindirli, iki zamanlı buji ile ateşlemeli bir motorun silindir kapağı yerine yardımcı pistonu sahip bir silindir kapağı yerleştirerek sıkıştırma oranını değişken hale dönüştürmüşlerdir. Yardımcı pistonun hareketi, silindir basıncı ve yay kuvveti ile sağlanmaktadır. Silindir basıncı belirlenen değeri aştığında piston yukarı doğru hareket etmekte ve sıkıştırma oranı azalmaktadır. Özellikle kısmi yüklerde özgül yakıt tüketiminde azalma belirlenmiştir. Tam yükte ve düşük hızlarda vuruntulu çalışma nedeni ile özgül yakıt tüketiminde azalma daha az olmuştur. Diğer taraftan, yüksek sıkıştırma oranlı motorlar ile alevin sönmeye ihtimaline kadar

çevrimsel değişim problemlerine yol açabilen fakir karışımla çalışma problemlerinin ortadan kaldırılabileceğini açıklamışlardır. Fakir karışımla çalışma sadece yakıt ekonomisinde iyileşme sağlamakla kalmaz, aynı zamanda egzoz emisyonlarında da azalma sağlamaktadır. Adams ve arkadaşları [25], değişken sıkıştırma oranlı motor ile yanma işlemi optimize etmek amacıyla 4-zamanlı, 4 silindirli, benzin enjeksiyonlu bir motorun silindir kapağına bir yardımcı yanma odasının eklenmesi ile sıkıştırma oranını 9,5:1-15:1 aralığında hız ve yüke bağlı olarak değiştirmişlerdir. Sıkıştırma oranı yardımcı yanma odası içerisine yerleştirilen hareketli bir piston tarafından değiştirilmektedir. Değişken sıkıştırma oranlı motora dönüştürülen taşıt ile yapılan denemelerde, kısmi yüklerde yakıt tüketiminde %12'ye varan azalmalar elde edilmiştir. Ayrıca, CO ve NO_x emisyonlarında azalma, HC emisyonlarında artış belirlenmiştir. Boggs ve Hilbert [26], tarafından 4 silindirli 1,6 litre silindir hacimli Otto-Atkinson (OA) çevrimine göre çalışan sıkıştırma oranı 9,5:1-15,5:1 arasında kademeli olarak değişebilen bir motor tasarlanmıştır. Sıkıştırma oranının değişimi sıkıştırma yüksekliği değişken piston aracılığıyla sağlanmıştır. Standart motorla karşılaştırıldığında özgül yakıt tüketiminde %15 azalma elde edilmiştir. Muranaka ve arkadaşları [21], yüksek sıkıştırma oranlarında buji ateşlemeli motorların ısı verimindeki iyileşmeyi sınırlandıran faktörleri belirlemek üzere yaptıkları termodinamik hesaplama ve deneysel çalışma ile ana faktörlerin soğutma kayıpları ve yanmamış yakıt olduğunu belirlemişlerdir. Bu iki faktörün küçük silindir hacimleri, büyük yüzey/hacim oranlı yanma odaları, düşük motor hızı ve yükünde arttığı açıklanmıştır. Abd Alla [27], 4-zamanlı buji ateşlemeli motor performansını etkileyen eşdeğerlik oranı, ateşleme zamanlaması, sıkıştırma oranı, sıkıştırma ve genişleme indeksi gibi parametreleri incelemek üzere bir simülasyon modeli geliştirmiştir. Bu modele göre sıkıştırma oranı artışı (5:1-11:1) ile indike ve termal verimler artmakta, özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %21,5 azalma olmaktadır. Yine, Yamin ve Dado [10], tarafından değişik güç ve verim karakteristikleri farklı sıkıştırma oranları için bir motor güç çevrim modeli ile hesaplanmıştır. Motor performansının tüm sürüş koşullarında optimize edilebileceğini; yakıt veriminden faydalanmak için düşük güç seviyelerinde yüksek sıkıştırma oranı, yüksek güç seviyelerinde ise vurutudan kaçınmak için düşük sıkıştırma oranı ile çalışması gerektiğini açıklamışlardır. Mustafa ve arkadaşları [28], tek silindirli değişken sıkıştırma oranlı Ricardo E6 motoru ile yaptıkları çalışmada sıkıştırma oranının 8:1'den 11:1'e yükseltilmesiyle çıkış gücünde yaklaşık %22 iyileşme elde etmişlerdir. Yamin ve arkadaşları [29], sıkıştırma oranı artışının sıkıştırma sonu sıcaklık ve basıncının artışı ve ard gazların azalmasından dolayı yanma süresinin kısaldığını, yanma hızının arttığını ve tutuşma gecikmesinin azaldığını açıklamışlardır.

Bu çalışmada, buji ateşlemeli, dört zamanlı, tek silindirli bir motorun sıkıştırma oranı değişken hale dönüştürülmüş ve sıkıştırma oranı değişiminin motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Sıkıştırma oranının artışıyla özgül yakıt tüketiminde ve CO emisyonlarında azalma elde edilmiştir. HC emisyonlarında yanma odası yüzey/hacim oranı artışından dolayı artış belirlenmiştir.

2. DENEY DÜZENİĞİ ve YÖNTEMİ (EXPERIMENTAL APPARATUS and METHOD)

Deneysel çalışmalarda kullanılan test sistemi Cussons P8160 tip dinamometre, buji ateşlemeli motor ve egzoz gaz analizöründen oluşmaktadır. Deneysel sisteminin şematik görünüşü Şekil 1'de görülmektedir. Deneysel motorun teknik özellikleri Tablo 1'de verilmiştir. Sıkıştırma oranının değişimi silindirin blok üzerinde bir vida mekanizmasıyla aşağı-yukarı hareket ettirilmesiyle sağlanmıştır. Bu amaçla, motor bloğuna civatalarla bağlanmış ve iç çapı silindirin dış çapı üzerine vidalanmış bir flanş bulunmaktadır. Sıkıştırma oranı değiştirilmek istendiğinde flanş silindirin etrafında döndürülerek silindir aşağı veya yukarı hareket ettirilmektedir. Sıkıştırma oranının değişimi ile ilgili detaylı bilgi Ref. [1]'de verilmiştir. Ayrıca, supap mekanizması üstten kam milli hale dönüştürülmüş, bu amaçla silindir kapağı üzerinde değişiklik yapılarak kam mili yatakları ve kam mili yerleştirilmiştir. Ateşleme sistemi kolaylıkla avans değişikliği yapılabilecek şekilde oluşturulmuştur. Krank milinden kam miline hareket triger kayışı ile aktarılmaktadır. DC elektrik motorlu dinamometre 4000 1/min'de 10kW güç absorbe edebilmekte ve aynı zamanda deneysel motoruna ilk hareket vermek için de kullanılabilir. Yakıt tüketimi, motorun 10ml yakıtı kullanma süresi belirlenerek ölçülmüştür. Sıcaklık ölçümleri K tipi termokupl ile yapılmıştır. Hava tüketimi, değişken orifis plakalı hava tankı ve eğik manometre aracılığıyla ölçülmüştür. Emisyon ölçümleri için Tablo 2'de ölçüm aralıkları ve hassasiyetleri verilen SUN MGA 1200 egzoz gaz analizörü kullanılmıştır.

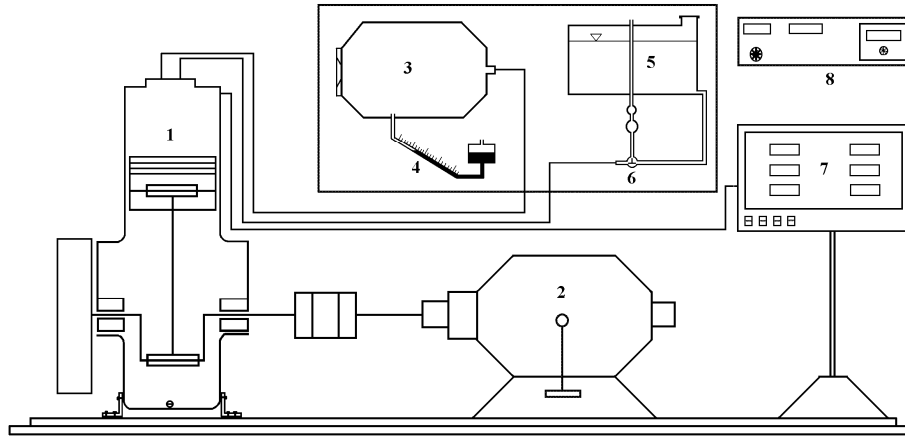
Deneysel motor çalışma sıcaklığına ulaştıktan sonra tam ve 3/4 gaz kelebek açıklıkları (GKA) ve farklı sıkıştırma oranlarında (7:1, 9:1 ve 11:1) yapılmıştır. Motor hızı 1500-3000 1/min aralığında 300 1/min aralıklarla değiştirilmiştir. Her bir nokta için motor kararlı duruma ulaşıldıktan sonra ölçümler kaydedilmiştir. Ateşleme avansı her bir sıkıştırma oranı için maksimum moment verecek şekilde elle kumanda edilerek değiştirilmiştir. Deneysel stokiyometrik hava-yakıt oranında yapılmıştır. Karışım ayarı, karbüratör üzerindeki ana memeye kumanda eden konik uçlu ayar vidasıyla mekanik olarak yapılmıştır.

Tablo 1. Deney motorunun teknik özellikleri (The technical specifications of the test engine)

Motor tipi	4-zamanlı, üstten kam milli, buji ateşlemeli
Silindir sayısı	1
Silindir çapı	88 mm
Strok	80 mm
Silindir hacmi	487 cm ³
Maksimum motor hızı	3000 1/min
Sıkıştırma oranı	Değişken (5:1-13:1)

Tablo 2. Sun MGA1200 egzoz gaz analizörünün özellikleri (The specifications of Sun MGA1200 exhaust gas analyzer)

Ölçüm	Ölçüm aralığı	Hassasiyet
Hava fazlalık katsayısı (λ)	0,8-2,00	0,001
CO (%vol)	0-10	0,01
CO ₂ (%vol)	0-20	0,01
HC (ppm)	0-20000	1
O ₂ (%vol)	0-21	0,1



Şekil 1. Deney sisteminin şematik görünüşü (1- Motor, 2- Dinamometre, 3- Hava tankı, 4- Eğik manometre, 5- Yakıt tankı, 6- Yakıt akış kontrol valfi, 7- Egzoz gaz analizörü, 8- Kontrol ünitesi). (Figure 1. Schematic view of the engine test bed (1- Engine, 2- Dynamometer, 3- Air tank, 4- Manometer, 5- Fuel tank, 6- Fuel flow control valve, 7- Exhaust gas analyzer, 8- Control unit))

3. DENEY SONUÇLARI ve DEĞERLENDİRME (EXPERIMENTAL RESULTS and EVALUATION)

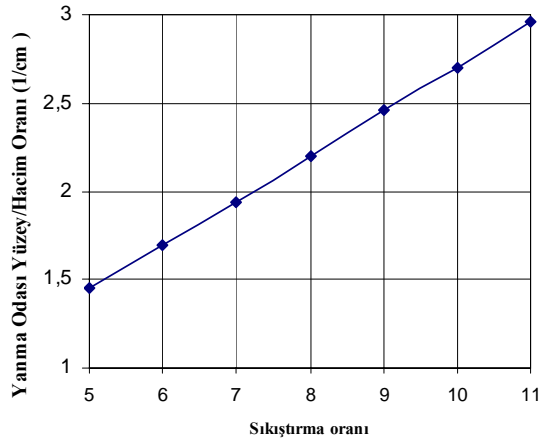
Buji ateşlemeli bir motorda sıkıştırma oranı artışının (7:1, 9:1 ve 11:1) motor momentini ve gücü, özgül yakıt tüketimi, yanma odası yüzey hacim oranı, CO ve HC emisyonlarına etkileri tam ve $\frac{3}{4}$ gaz kelebek açıklıklarında araştırılmıştır. Sıkıştırma oranı artışı ile yanma odası yüzey/hacim oranı değişimi Şekil 2’de görülmektedir. Sıkıştırma oranındaki artış yanma odası yüzey/hacim oranını lineer olarak artırmaktadır. Yanma odası yüzey/hacim oranı HC emisyonlarını etkileyen önemli bir tasarım parametresidir. Silindir sayısı ne kadar az ve boyutları ne kadar büyük olursa, yüzey-hacim oranı o kadar küçük olmaktadır [24].

3.1. Motor Momenti ve Gücü (Engine Torque and Power)

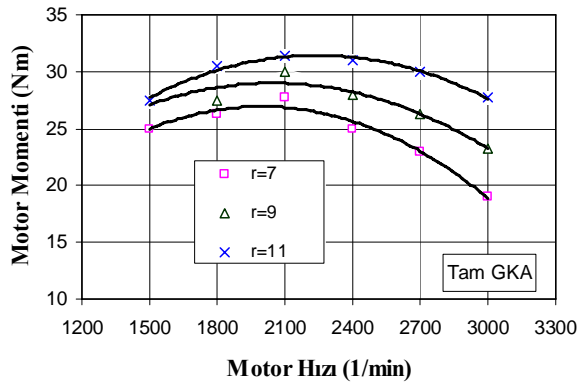
Sıkıştırma oranının artırılmasıyla birlikte sıkıştırma ve yanma sonucu basınç ve sıcaklıklar yükselmekte, dolayısıyla ortalama efektif basınç artmaktadır. Sıkıştırma oranının vuruntuya neden olmayacak kadar

yükseltilmesiyle birlikte çıkış gücü artmakta ve özgül yakıt tüketimi azalmaktadır [2]. Şekil 3’de farklı sıkıştırma oranları için tam ve $\frac{3}{4}$ gaz kelebek açıklıklarında motor hızına bağlı olarak motor momentindeki değişim görülmektedir. Sıkıştırma oranı artışıyla birlikte motor momentini hem artmakta hem de eğri düzleşme eğilimi göstermektedir. Sıkıştırma oranının 7:1’den 11:1’e yükseltilmesiyle maksimum momentin elde edildiği motor hızı 2100 1/min için tam gaz kelebek açıklığında %13, $\frac{3}{4}$ GKA’da ise %17 artış belirlenmiştir.

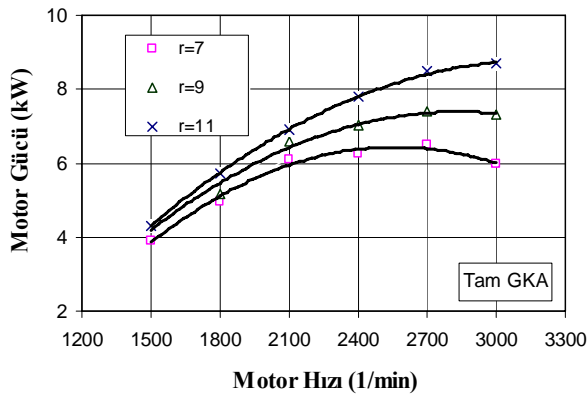
Şekil 4’de tam ve $\frac{3}{4}$ GKA’da farklı sıkıştırma oranları için motor hızına bağlı olarak motor gücündeki değişim görülmektedir. Sıkıştırma oranı artışıyla birlikte yanma hızı artmakta ve maksimum basıncın oluşma yeri üst ölü noktaya yaklaşmaktadır [1,6,30]. Sıkıştırma oranı artışıyla motor gücü artmaktadır. Bu artış düşük motor hızlarında daha az, yüksek hızlarda daha fazla olmaktadır.



Şekil 2. Sıkıştırma oranının yanma odası yüzey/hacim oranına etkisi (The effect of compression ratio on surface/volume ratio of combustion chamber)



Şekil 3. Sıkıştırma oranı artışının motor momentine etkisi (The effect of increasing compression ratio on engine torque)

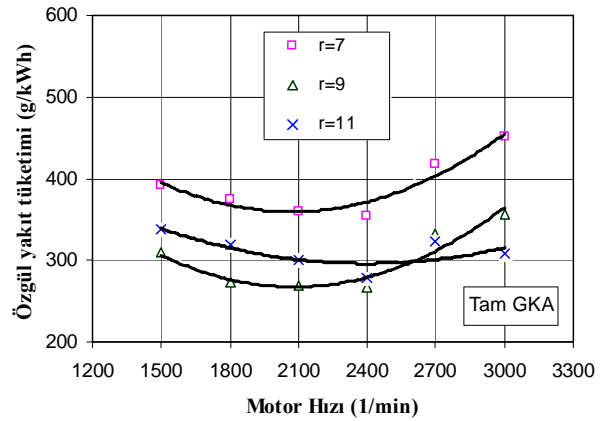


Şekil 4. Sıkıştırma oranı artışının motor gücüne etkisi (The effect of increasing compression ratio on engine power)

3.2. Özgül Yakıt Tüketimi (Specific Fuel Consumption)

Şekil 5'de farklı sıkıştırma oranları için özgül yakıt tüketimindeki değişim tam ve $\frac{3}{4}$ GKA'da motor hızına bağlı olarak görülmektedir. Tam ve $\frac{3}{4}$ GKA'da motor hızıyla başlangıçta azalma gösteren özgül yakıt tüketimi daha sonra artmaktadır. Sıkıştırma oranı 11:1

için düşük motor hızlarında yüksek olan özgül yakıt tüketimi yüksek hızlarda azalmaktadır. Bu durum, düşük motor hızlarında volümetrik verim ve vuruntulu çalışma ihtimalinin yüksek [31], yüksek hızlarda yüksek türbülans, kısa ısı transfer süresi ve düşük volümetrik verimden dolayı vuruntu ihtimalinin ortadan kalkmasından kaynaklanmaktadır. Gaz kelebek açıklığının artması silindire alınan dolgu miktarını artırdığından ve sıkıştırma oranının artması ile de sıkıştırma sonu basınç ve sıcaklığı arttırdığından yanma verimi iyileşmekte özgül yakıt tüketimi azalmaktadır. Yüksek motor yükleri ve yüksek sıkıştırma oranlarında vuruntulu yanmadan dolayı özgül yakıt tüketimi artma eğilimi göstermektedir. Motor sabit yük ve yüksek hızlarda çalışırken türbülans ve yanma hızı artmakta dolayısıyla vuruntu eğilimi azalmaktadır. Böylece yüksek motor yükleri ve yüksek hızlarda vuruntu olmadan sıkıştırma oranı düşük motor hızlarına göre daha çok artırılabilir. Kısmi yüklerde silindire alınan dolgu miktarı az olmasından dolayı düşük sıkıştırma oranlarında basınç ve sıcaklıklar düşük, yanma hızı yavaş olduğundan özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Kısmi yüklerde yüksek sıkıştırma oranlı çalışmada artan basınç ve sıcaklıkla birlikte yanma hızı artmakta özgül yakıt tüketimi azalmaktadır [21].

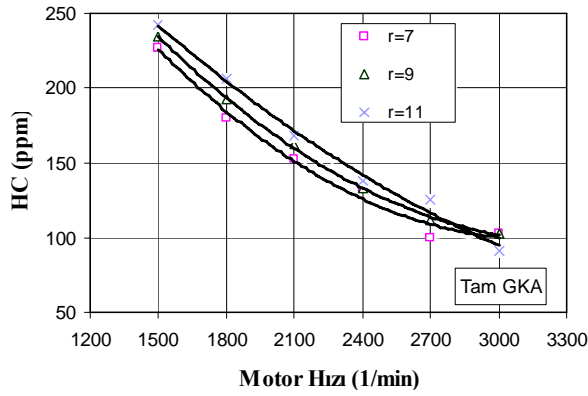


Şekil 5. Sıkıştırma oranı artışının özgül yakıt tüketimine etkisi (Figure 5. The effect of increasing compression ratio on specific fuel consumption)

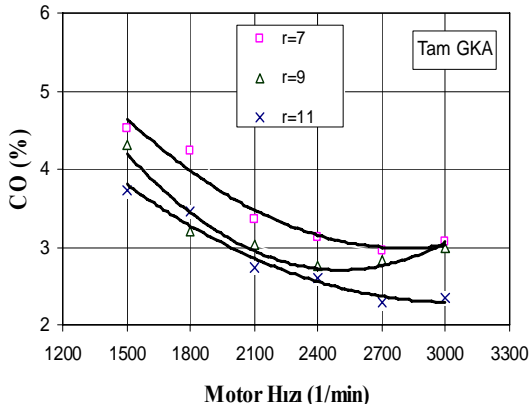
3.3. Egzoz Emisyonları (Exhaust Emissions)

HC emisyonlarının en önemli kaynaklarından birisi yanma odası yüzey/hacim oranıdır. Sıkıştırma oranı artışıyla birlikte yanma odası yüzey/hacim oranı arttığından dolayı HC emisyonları artmaktadır [24,25,32]. Şekil 6'da tam ve $\frac{3}{4}$ GKA'da motor hızına bağlı olarak farklı sıkıştırma oranları için HC emisyonlarındaki değişim görülmektedir. Motor hızıyla birlikte HC emisyonları azalırken, sıkıştırma oranının 7:1'den 11:1'e yükseltilmesiyle maksimum motor momentinin elde edildiği motor hızı 2100 1/min için tam GKA'da yaklaşık %10,5, $\frac{3}{4}$ GKA'da %8,2 artış belirlenmiştir [31].

Şekil 7’de farklı sıkıştırma oranları ve farklı gaz kelebek açıklıkları için motor hızına bağlı olarak CO emisyonlarındaki değişim görülmektedir. Sıkıştırma oranı artışı yanma verimini de artırdığından CO emisyonlarında bir miktar azalma olmaktadır. Sıkıştırma oranı artışı ile maksimum momentin elde edildiği motor hızı için tam GKA’da %18,7, $\frac{3}{4}$ GKA’da %9,7 azalma tespit edilmiştir. Buji ile ateşlemeli motorlarda maksimum CO ilk çalıştırma veya yük altında ivmelenme gibi zengin karışımla çalıştığında oluşmaktadır. Ancak, motor stokiyometrik veya fakir hava-yakıt karışımı ile çalışsa bile bir miktar CO emisyonu yayılmaktadır [33].



Şekil 6. Sıkıştırma oranı artışının HC emisyonlarına etkisi (The effect of increasing compression ratio on HC emissions)



Şekil 7. Sıkıştırma oranı artışının CO emisyonlarına etkisi (The effect of increasing compression ratio on CO emissions)

4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada, tek silindirli dört zamanlı buji ateşlemeli bir motorun sıkıştırma oranı değişken hale dönüştürülmüştür. Değişken sıkıştırma oranlı hale dönüştürülen motorun sıkıştırma oranı 7:1 ile 11:1 arasında değiştirilmiştir. Sıkıştırma oranı artışının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

1. Sıkıştırma oranı artışıyla ortalama efektif basınç arttığından motor momentini ve gücünde artış, özgül yakıt tüketiminde azalma belirlenmiştir.
2. Sıkıştırma oranı artışıyla yanma odası yüzey/hacim oranı artmaktadır.
3. Sıkıştırma oranı artışıyla maksimum basıncın oluşma yeri ÜÖN’ye yaklaştığından
4. maksimum momentini elde edebilmek için ateşleme avansının azaltılması gerekmektedir.
5. Sıkıştırma oranı artışıyla CO emisyonlarında azalma belirlenirken HC emisyonlarında artma görülmüştür.

Değişken sıkıştırma oranlı motorların taşıt motorlarında kullanılmasıyla özgül yakıt tüketiminde önemli derecede azalma elde edilebilmektedir. Değişken sıkıştırma oranlı motorlara değişken supap zamanlama sistemleri birlikte uygulanabilir. Bu iki sistemin birlikte uygulanmasıyla özellikle şehir içi çalışmalarında yakıt ekonomisinde daha büyük iyileşmelerin olacağı açıktır. Değişken sıkıştırma oranlı sistemlerin içten yanmalı motorlara uygulanmasıyla sağlanacak kazançlar ihmal edilemeyecek kadar önemlidir.

KAYNAKLAR (REFERENCES)

1. Sekmen, Y., Buji ile Ateşlemeli Bir Motorda Sıkıştırma Oranının Değiştirilebilir Hale Getirilmesi ve Performansa Etkisinin İncelenmesi, **Doktora Tezi**, Gazi Üniv. Fen Bil. Enst., 2003.
2. Stone, R., 1989, Motor Vehicle Fuel Economy, Macmillan Educational Ltd., Houndsmills, UK.
3. Harne, V., Marathe, S.R., Variable Compression Ratio Two Stroke Engine, **SAE**, Paper No: 891750, 1-10, 1987.
4. Wardznski, W.F., Rychter, T.J., “Variable R/L Research Engine—Design and Preliminary Investigation”, **SAE**, Paper No: 911773, 1991.
5. Heywood, John B., **Internal Combustion Engine Fundamentals**, McGraw-Hill Book Co., USA, 1988.
6. Blair, P.G., Design and Simulation Four stroke engines, **SAE Inc.**, Warrendale, PA, USA, 1999.
7. Çelik, M.B., Buji ile Ateşlemeli Bir Motor Sıkıştırma Oranının Değişken Hale Dönüştürülmesi ve Performansa Etkisinin Araştırılması, **Doktora Tezi**, Gazi Üniv. Fen Bil. Enst., 1999.
8. Ganeshan, V., **Internal Combustion Engines**, McGraw-Hill Com., USA, 1996.
9. Drangel H., Olofsson E., Reinmann R., “The variable compression (SVC) and the combustion control (SCC)—Two ways to improve fuel economy and still comply with world-wide emission requirements”, **SAE**, Paper No: 2002-01-0996, 1691-1706, 2002.

10. Yamin J.A.A. and Dado M.H., "Performance simulation of a four-stroke engine with variable stroke-length and compression ratio", **Applied Energy**, 77(4), 447-463, 2004.
11. Klein M., Eriksson L., Aslund J., "Compression ratio estimation based on cylinder pressure data", **Control Engineering Practice**, 14(3), 197-211, 2006.
12. Blakey, S.C., Saunders R.J., A "Design and Experimental Study of an Otto-Atkinson Cycle Engine Using Late Intake valve Closing", **SAE**, Paper No: 910451, 1991.
13. Kentfield J.A.C., and Farnendes L.C.V., "Friction Losses of a Novel Prototype Variable Expansion-ratio, Spark Ignition, Four Stroke Engine", **SAE**, Paper No: 972659, 23-32, 1997.
14. Wirbeleit, F.G., Binder K.G., Winner, D., "Development of Pistons with Variable Compression Height for Increased Efficiency and Specific Power Output of Combustion Engines", **SAE**, Paper No: 900229, 543-557, 1990.
15. Cussons Technology, **The Ricardo/Cussons Standard Hydra Engine and Test Bed Instruction Manual**, G. Cussons Ltd., Manchester, 12 (16), 1996.
16. Rabhi V., Beroff J., Dionnet F., "Study of a Gear-Based Variable Compression Ratio Engine", **SAE**, Paper No: 2004-01-2931, 2004.
17. Moteki, K., Aoyama, S., Ushijima, K., Hiyoshi, R., Takemura, S., Fujimoto, H., Arai, T., "A study of a variable compression ratio system with a multi-link mechanism", **SAE**, Paper No: 2003-01-0921, 1233-1245, 2003.
18. Birch, S., "Variations on a Theme by Saab", **Automotive Engineering International**, Volume 109, Number 4, SAE Press, Brimfield, OH, April 2001.
19. Wallace, W.A., Lux, F.B., A "Variable Compression Ratio Engine Development", **SAE**, Paper No: 640060, 1964.
20. Basiletti, J.C., Blackburne, E.F., "Recent Developments in Variable Compression Ratio Engines", **SAE**, Paper No: 660344, 1966.
21. Muranaka, S., Takagi, Y., Ishida, T., "Factors Limiting The Improvement in Thermal Efficiency of Spark Ignition Engine at Higher Compression Ratio", **SAE**, Paper No: 870548, 1-11, 1987.
22. Ferguson, C.R., **Internal Combustion Engines**, John Wiley and Sons Inc., USA, 1986.
23. Radwan, M.S., "A Study of Knock in Lean Burn Spark Ignition Engines", **SAE**, Paper No: 921668, 1-5, 1992.
24. Heisler, H., **Advanced Engine Technology**, Edward Arnold Press, London, UK, 1995.
25. Adams, W.H., Hinrichs, H.G., Adamis, P., "Analysis of The Combustion Process of A Spark Ignition Engine with A Variable Compression Ratio", **SAE**, Paper No: 870610, 1987.
26. Boggs, D.L., Hilbert, H.S., "The Otto-Atkinson Cycle Engine Fuel Economy and Emissions Results and Hardware Design", **SAE**, Paper No: 950089, 1995.
27. Abd Alla, G.H., "Computer Simulation of A Four-Stroke Spark Ignition Engine", **Energy Conversion&Management**, 43, 1043-1061, 2002.
28. Mustafi, N.N., Miraglia, Y.C., Raine, R.R., Bansal, P.K., and Elder, S.T., "Spark-ignition engine performance with 'Powergas' fuel (mixture of CO/H₂): A comparison with gasoline and natural gas", **Fuel**, 85(12-13), 1605-1612, 2006.
29. Yamin, J.A.A., Gupta, H.N., Bansal, B.B. and Srivastava, O.N., "Effect of combustion duration on the performance and emission characteristics of a spark ignition engine using hydrogen as a fuel", **International Journal of Hydrogen Energy**, 25(6), 581-589, 2000.
30. Erduranlı, P., Buji ile Ateşlemeli tek silindirli Değişken Sıkıştırma Oranlı Bir Motorun Teorik Simülasyonu, **Doktora Tezi**, Gazi Üniv. Fen Bil. Enst., 2003.
31. Schwaderlapp, M., Habermann, K., Yapici, K.I., "Variable compression ratio – A design solution for fuel economy concept", **SAE**, Paper No: 2002-01-1103, 1760-1767, 2002.
32. Huang, J., Crookes R.J., "Assesment of simulated biogas as fuel fort he spark ignition engine", **Fuel**, 77(15), 1793-1801, 1998.
33. Pulkrabek, W.W., **Engineering Fundamentals of The Internal Combustion Engine**, Prentice-Hall, Inc., USA, 277-287, 1997.