**TC.**
**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# ORTA SEGMENT BİR TARIM TRAKTÖRÜNDE BİYODİZELİN MOTOR PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ VE BİYODİZELİN TÜRKİYE İÇİN ÖNEMİ

**ALPER BOLAT**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**
**TARIM MAKİNELERİ ANABİLİM DALI**

**DANIŞMAN: Prof. Dr. Selçuk ARIN**

**2007**
**TEKİRDAĞ**

# ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

## ORTA SEGMENT BİR TARIM TRAKTÖRÜNDE BİYODİZELİN MOTOR PERFORMANSI ÜZERİNE ETKİLERİ VE BİYODİZELİN TÜRKİYE İÇİN ÖNEMİ

ALPER BOLAT

Trakya Üniversitesi
Tekirdağ Ziraat Fakültesi
Tarım Makineleri Bölümü

Trakya Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Selçuk ARIN

2007, Sayfa: 56

Jüri: Prof. Dr. Selçuk ARIN
Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR
Yrd. Doç. Dr. Erdal KILIÇ

Tarımda enerji kullanımı, her yönüyle tekrar gözden geçirilmesi gereken bir kavram olarak tarımsal üretimde yüksek verimliliğin temel koşuludur. Yakıt girdisindeki maliyet artışları ve ürün fiyatlarında yıllar bazında yaşanmakta olan değişkenlik, tarımla geçinen kesimin, bilimdeki gelişmelere paralel olarak sunulan seçenek yakıtlardan özellikle biyodizelin daha fazla talep duyulur hale gelmesini hızlandırmakta ve seçenek yakıtlar, gerek üretim gerekse yasal düzenleme çalışmaları henüz tam anlamıyla sonuçlandırılamadığı için de bu geçiş süreci sancılı bir biçimde devam etmektedir. Bu arada, yeni bilimsel çalışmalarla fayda analizleri ve seçenek yakıtların işbaşarısına her türlü etkilerinin araştırılması da sürdürülmektedir.

Bu tez çalışmasında, çiftçimizin tarımsal faaliyetlerindeki temel güç kaynağı olan traktörlerinin daha ucuz maliyetle işletilebilmesi ve bunun karşılığı olarak motorda işbaşarısının etkilenme derecelerine ışık tutmak amacıyla karakteristik değerlerinin

değişimleri üzerinde durulmuştur. Çalışmanın, motor testi olmaktan çıkarılıp traktör kuyruk mili testi ile traktör üzerinde ele alınması, sonuçların daha gerçekçi değerlendirilmesi açısından önemli görülmüş ve ortaya çıkan sonuçlar, objektif bir bakış açısıyla yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler :** Biyodizel, motor karakteristikleri, motor performansı.

## SUMMARY

Master Thesis

**THE AFFECTS OF BIODIESEL ON ENGINE PERFORMANCE OF AN MID-HP AGRICULTURAL TRACTOR AND THE SIGNIFICANCE OF BIODIESEL FOR TURKIYE**

ALPER BOLAT

Trakya University
Tekirdağ Agricultural Faculty
Department of Agricultural Machinery

Trakya University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Agricultural Machinery Mainscience Section

Supervisor: Prof. Dr. Selçuk ARIN

2007, Page: 56

Jury: Prof. Dr. Selçuk ARIN
Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR
Yrd. Doç. Dr. Erdal KILIÇ

Energy use in agriculture has great significance which needed to be reviewed from the productivity point of view through the agricultural production. Increasing tendency of petrodiesel cost and price fluctuations of yield year to year promote the press on biodiesel demand that arising from the farmer side in line with the scientific improvements and transition period for the alternative fuels is still progressing painful, this is not dealing with only biodiesel production also deals with the legislative regulations which have not been put in an order entirely. However, cost and benefit analyses are being studied by means of recent scientific researches and the influences of alternative fuels on engine performance are still being subjected to discuss.

This thesis pursuits the cheaper operation possibilities of an agricultural tractor that is the main power source in agricultural occupation of farmers and how biodiesel affects the tractor engine performance whether leading to some changes that measured

by means of power take-off brake test. This study takes the experiments out from being an ordinary engine test and apply it as Pto test which can be given more reasonable consequences with the realistic approach, this is because taking into consideration the tests over the selected tractor.

**Keywords:** Biodiesel, engine performance characteristics, engine performance.

## KISALTMALAR

**$b_e$** : Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)

**B** : Saatlik yakıt tüketimi (kg/h)

**B2** : % 2 Biyodizel + % 82 Dizel

**B5** : % 5 Biyodizel + % 95 Dizel

**B10** : % 10 Biyodizel + % 90 Dizel

**B20** : % 20 Biyodizel + % 80 Dizel

**B50** : % 50 Biyodizel + % 50 Dizel

**B80** : % 80 Biyodizel + % 20 Dizel

**B100** : % 100 Biyodizel

**BTO** : İngiliz Isısal Birim Sistemi

**CO** : Karbonmonoksit emisyonu

**$CO_2$** : Karbondioksit emisyonu

**CODE 2** : OECD Standards of Code for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractor Performance

**DI** : Diesel Injection (dizel enjeksiyon)

**HC** : Hidrokarbon emisyonu

**Hp** : Horse Power (Beygir gücü)

**g** : Gram

**IDI** : Indirect Injection

**mg** : Miligram

**$N_e$** : Efektif güç (kW)

**$NO_x$** : Azotoksit emisyonu

**OECD** : Organisation for Economic Co-operation and Development

**PTO** : Power Take-Off (kuyruk mili)

**smpl** : Örnek numune

**$T_r$** : Tork rezervi (%)

**$T_m$** : Maksimum tork değeri

**$T_n$** : Nominal motor devrindeki tork değeri

# İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... i
ABSTRACT ..... iii
KISALTMALAR ..... v
İÇİNDEKİLER ..... vi
ŞEKİLLER DİZİNİ ..... viii
ÇİZELGELER DİZİNİ ..... ix
EKLER DİZİNİ ..... x
1. GİRİŞ ..... 1
1.1. Ülkemizdeki Motorlu Taşıt ve Dizel Motora Sahip Tarım Makineleri Parkı 1
1.2. Türkiye'nin Arazi Potansiyeli ..... 3
1.3. Yağ Bitkilerinin Ülkemizdeki Üretim Potansiyeli ..... 4
1.4. Biyodizelin Enerji Bilançosu ..... 6
1.5. Araştırmanın Amacı ..... 8
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ..... 10
3. MATERYAL VE YÖNTEM ..... 18
3.1. Materyal ..... 18
3.1.1. Biyodizel ..... 18
3.1.2. Denemelerde kullanılan traktör ..... 19
3.1.3. Motor test ünitesi ..... 20
3.1.4. Yakıt ölçüm ünitesi ..... 21
3.1.5. Test ünitesinde kullanılan bilgisayar ve programının teknik özellikle 22
3.2. Yöntem ..... 23
3.2.1. Tanımlar ..... 23
3.2.1.1. Kuyruk mili test dinamometresi ..... 23
3.2.1.2. Motor karakteristik eğrisi ..... 23
3.2.1.3. Nominal kuruk mili gücü ..... 23
3.2.1.4. Nominal devir ..... 23
3.2.1.5. Tork ..... 24
3.2.1.6. Tork rezervi ..... 24
3.2.1.7. Saatlik yakıt tüketimi ..... 24

3.2.1.8. Özgül yakıt tüketimi ..... 24
3.2.2. Soya yağından biyodizel üretilmesi ..... 24
3.2.3. Yakıt karışımlarının hazırlanması ..... 25
3.2.4. Motor denemeleri ..... 26
3.2.5. Deneysel verilerin hesaplanması ..... 27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA ..... 30
4.1. Motor performans deneme sonuçları ..... 30
4.1.1. Güç değişimleri ..... 30
4.1.2. Tork değişimleri ..... 31
4.1.3. Saatlik yakıt tüketimi değişimleri ..... 32
4.1.4. Özgül yakıt tüketimi değişimleri ..... 33
4.1.5. Tork rezervi değişimleri ..... 35
5. SONUÇ ..... 36
6. EKLER ..... 39
7. KAYNAKLAR ..... 51
TEŞEKKÜR ..... 55
ÖZGEÇMİŞ ..... 56

## ŞEKİLLER DİZİNİ

**Şekil No:** **Sayfa No:**


3.1. Motor test ünitesi ..... 21
3.2. Motor test ünitesinin traktöre bağlantı biçimi ..... 21
3.3. Yakıt tüketimi ölçüm düzeni ..... 22
3.4. Testlerde kullanılan bilgisayar ve program ..... 23
3.5. Yakıtın üretildiği üretim reaktörü ..... 25
3.6 Test düzeneği şematik görünüşü ..... 27
3.7. Yakıt ölçüm düzeneği bağlantılarının görünüşü ..... 28
4.1. Karışım yakıtların dizele göre motor devir sayısına bağlı olarak güç değişimleri ..... 31
4.2. Karışım yakıtların dizel yakıta göre motor devir sayısına bağlı tork değişimleri ..... 32
4.3. Karışım yakıtların dizel yakıta göre motor devir sayısına bağlı yakıt tüketim değişleri ..... 33
4.4 Karışım yakıtları dizele göre motor devir sayısına bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değişimleri ..... 34

# ÇİZELGELER DİZİNİ

**Şekil No:** **Sayfa No**:


1.1. Yıllara göre ülkemizdeki araç parkı ..... 2
1.2. 2004 yılı itibariyle dizel motora sahip kendiyürür tarım makinaları adedi ..... 2
1.3. Tüketilen petrol içinde ithalatın payı ..... 3
1.4. Üretilen petrol türevi miktarları ..... 3
1.5. Türkiye arazi kullanım verileri ..... 4
1.6 Türkiye yağlı tohumlu bitkilerin ekiliş, üretim ve verim değerleri ..... 5
1.7 Yakıtlar arasındaki karşılaştırmalı enerji dengesi ..... 8
3.1 Petrol Araştırma Merkezi tarafından yapılan analiz sonuçları ..... 18
3.2 Yakıt karışımları için ölçülen yoğunluk değerleri .. ..... 19
3.3 Denemede kullanılan motorun teknik özellikleri ..... 20
3.4 Denemede kullanılan dinamometrenin teknik özellikleri ..... 20
3.5 Denemede kullanılan yakıtölçerin teknik özellikleri ..... 22
3.6 Deneme sırasında ölçülen değerler ..... 26

## EKLER DİZİNİ

**Ek No:** **Sayfa No:**


1. Dizel yakıtın motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi ..... 39
2. Dizel yakıtın motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi ..... 39
3. B2 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi ..... 40
4. B2 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi ..... 40
5. B5 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi ..... 41
6. B5 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi ..... 41
7. B10 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi ..... 42
8. B10 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi ..... 42
9. B20 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi ..... 43
10. B20 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi ..... 43
11. B50 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi ..... 44
12. B50 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi ..... 44
13. B80 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi ..... 45
14. B80 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi ..... 45
15. B100 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi ..... 46
16. B100 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi ..... 46
17. Karışım yakıtların dizele göre motor devir sayısına bağlı olarak güç değişimleri ..... 47
18. Karışım yakıtların dizele göre motor devir sayısına bağlı olarak tork değişimleri ..... 48
19. Karışım yakıtların dizel yakıta göre motor devir sayısına bağlı yakıt tüketim değişimleri ..... 49
20. Karışım yakıtların dizel yakıta göre motor devir sayısına bağlı yakıt tüketim değişimleri ..... 50

# 1. GİRİŞ

Günümüzde, toplam enerji kaynaklarının % 90'ını fosil kaynaklı yakıtlar teşkil etmekte ve bunların % 45'i petrole dayanmaktadır. Petrolün fosil kaynaklı yakıtlar içindeki payının artması ve 2030 yılına gelindiğinde % 58'e çıkması beklenmektedir.

Özellikle sanayileşme ve büyüme ile birlikte tüketimi artan petrolün fiyatı yine Ortadoğu ülkelerinin çoğunlukta bulunduğu ve bu ülkelerin kaynaklarını işleten bir kartel tarafından belirlenmektedir. Bu olgu, enerji tüketiminin büyük bir kısmını petrol üzerinden yapan ülkemizi bağımlı duruma getirmekte ve petrol piyasasına spekülatif bir yapı kazandırmaktadır. Böylece, petrol, herhangi bir yeraltı zenginliği olmanın ötesinde, uluslararası politik ve ekonomik stratejilerin etkilenmesinde önemli bir etkene dönüşmektedir.

Dünyada enerji gereksinimi, hızlı bir şekilde artış göstermektedir. Bu durum, sürdürülebilir kalkınmanın hedef alındığı günümüzde fosil kökenli yakıtların korunması ve geleceğe taşınmasını zorlaştırmaktadır. Önümüzdeki 20 yıl içerisinde, özellikle enerji fiyatları ve kullanım miktarı açısından kritik durumlarla karşılaşılacağı tahmin edilmektedir. Bunlar gözönüne alınırsa fosil kökenli yakıtlara karşın alternatif enerji kaynaklarının önemi artmaktadır.

Türkiye'de dizel yakıtı, toplam akaryakıt kullanımı içerisinde yüksek bir paya sahiptir. Tarımda güç gereksiniminin büyük bir kısmı, fosil kökenli bir yakıt olan dizelden sağlanmaktadır. Dizel motorların ilk çalıştırıldığı yakıt olan bitkisel yağ içeriği, ilerleyen süreçte yeniden üzerinde kafa yorulan yakıt seçeneği konumuna erişmiştir. Dizel yakıta alternatif olarak, bitkisel yağ metil esteri (biyodizel) bu paraleldeki çalışmalar sonucunda ortaya çıkmıştır.

## 1.1. Ülkemizdeki Motorlu Taşıt ve Dizel Motora Sahip Tarım Makineleri Parkı

Ülkemizdeki araç parkının verildiği Çizelge 1.1'de motorlu araç adedinin sürekli artışı dikkat çekmektedir (Anonim, 2004a). Çizelge 1.2.'de ise, dizel motora sahip kendiyürür tarım makinesi adetleri görülmektedir. 2004 yılı değerleri kıyaslandığında 10.236.358 adet olan benzinli ve dizel toplam araç parkı içerisinde 1.020.640 adet olan dizel motora sahip tarım makinaları % 10 gibi azımsanmayacak bir payı oluşturmaktadır

(Anonim, 2004b). Sözkonusu istatistiklere dahil olan tarım makine adetleri, yayınlanmamış daha güncel istatistikler ve diğer adı anılmayan kendiyürür tarım makineleri dolayısıyla görünen değerlerin de üzerindedir.

**Çizelge 1.1.** Yıllara göre ülkemizdeki araç parkı (Anonim, 2004a)

| Yıl | Araç Sayısı (Adet) |
|---|---|
| 2000 | 8.320.449 |
| 2001 | 8.521.956 |
| 2002 | 8.655.170 |
| 2003 | 8.903.843 |
| 2004 | 10.236.358 |

**Çizelge 1.2.** 2004 yılı itibariyle dizel motora sahip kendiyürür tarım makinaları adedi (Anonim, 2004b)

| Tarım Makinesi Tipi | Makine Adedi |
|---|---|
| Traktör | 1.009.065 |
| Biçerdöver | 11.519 |
| Kendiyürür Pamuk Hasat Makinası | 56 |
| Kendiyürür Pancar Hasat Makinası | (rakam belirtilmemiş) |
| **Toplam** | 1.020.640 |

Dünyada tarımın hızla ilerliyor oluşu, mekanizasyon yönünden de girdi yoğun bir kullanımı gündeme getirmiş bulunmaktadır. Mekanizasyon ve tarımsal üretim verimliliği açısından olumlu değerlendirilmesi yerinde olan bu gelişme, ekonomik yakıt bulunulabilirliği sorunlarının daha şiddetli duyulmasını da sağlamaktadır. Ülkemizden örneklersek; yakıt maliyetleri hızla yükselişini sürdürürken, dizel motorlar için yakıt pompası ve yakıt sistemi için güvenilir yakıt bulma güçlükleri de, bölgesel olarak, hiç de küçümsenebilir olmayan bir sıkıntı olarak kronikleşmektedir.

Bu bakışla, ülke kaynaklarıyla petrol ihtiyacımızın ne kadarını karşılıyor olduğumuz sorusu, bizleri alternatif yakıt arayışı temeline inilmesini gerektiren bir açılıma yöneltmektedir. Gerek bilimsel anlamda gerekse üretim, yasal izinler ve AB ülkeleriyle seçenek yakıtlar konusunda da entegrasyon bazında yeni bazı kavramların gelişmesine ve tartışılır olmasına yol açmıştır. Fosil yakıt talebimizin ulusal kaynaklarla karşılanma oranına baktığımızda, dış ticaret hacmini oluşturan önemli kalemlerden birini, yani petrolün ekonomik hayatımızdaki vazgeçilmezliğini yeniden değerlendirmek kaçınılmaz olmaktadır.

Bu anlamda, ülkemizde üretilen ve ithal edilen ham petrol miktarı, Çizelge 1.3'de verilmiştir. Tüketilen petrol içinde ithal edilen ham petrolün payı, 1997-2001 boyunca artış göstermiş ve 1997 yılında tüketilen petrolün % 87'si ithal iken 2001 yılında bu oran % 90'a çıkmıştır (Anonim, 2003). Çizelge 1.4.'te ise yıllara göre petrol türevleri üretim miktarları verilmiştir. 2004 yılı değerleri dikkate alındığında toplam petrol türevleri içerisinde dizel yakıtın payı % 31'dir (Anonim, 2006a).

**Çizelge 1.3.** Tüketilen petrol içinde ithalatın payı (Anonim, 2003)

| Yıl | Toplam Yerli Üretim (Ton) | İthal Edilen Ham Petrol (Ton) | Toplam Ham Petrol | Dışa Bağımlılık (%) |
|---|---|---|---|---|
| **1997** | 3.457 | 23.324 | 26.781 | 87.09 |
| **1998** | 3.224 | 23.791 | 27.015 | 88.07 |
| **1999** | 2.940 | 22.837 | 25.777 | 88.59 |
| **2000** | 2.749 | 21.363 | 24.112 | 88.60 |
| **2001** | 2.551 | 23.142 | 25.693 | 90.07 |

**Çizelge 1.4.** Üretilen petrol türevi miktarları (Anonim, 2006a)

| Ürünler (1000 Ton) | 2002 | 2003 | 2004 | 2005 |
|---|---|---|---|---|
| Lpg | 653,9 | 685,9 | 719,3 | 764,1 |
| Benzin | 3.242 | 3.375,5 | 4.267,8 | 4.668,1 |
| Dizel | 6.809,2 | 7.219,4 | 7.193,0 | 7.566,2 |
| Fuel Oil | 4.543,5 | 4.664,5 | 5.175,7 | 5.492,9 |
| Diğer | 6.323,3 | 6.254,9 | 5.345,5 | 5.397,5 |
| **Toplam** | 21.571,9 | 22.200,2 | 22.701,3 | 23.888,8 |

## 1.2 Türkiye'nin Arazi Potansiyeli

Türkiye'nin tarla tarımı yapılan arazi varlığı, nadasa bırakılan ve tarıma elverişli olduğu halde kullanılmayan arazi varlığı Çizelge 1.5.'te verilmiştir. Çizelge 1.5.'den anlaşılacağı gibi nadasa bırakılan alan, tarla arazisinin % 24'ü kadardır. 19.443.399 da alan ise tarıma elverişli olduğu halde kullanılmamaktadır. Aynı tarlaya aynı ürünlerin ardarda ekildiğinde verim düşmesini engellemek için nadasa bırakıldığı düşünülürse, çiftçiler, alternatif ürünler konusunda bilgilendirilerek ve desteklenerek kullanılamayan bu arazi potansiyeli de değerlendirilebilecektir (Anonim, 2001).

**Çizelge 1.5.** Türkiye arazi kullanım verileri (Anonim, 2001)

| | |
|---|---|
| Tarla alanı (da) | 152.376.357 |
| Nadasa bırakılan alan (da) | 37.459.577 |
| Tarıma elverişli olduğu halde kullanılmayan arazi (da) | 19.443.399 |

Ülkemizde de bu alanda yapılacak araştırmalarla diğer tarım tekniklerinin yanında yağ bitkilerinin ikame edilebilme olanakları arttırılarak sonuçta nadas alanları azaltılabilir. Yağ bitkilerinden biyodizel üretilmesi durumunda, üreticisinin ürettiği ürüne alım garantisi sağlanacağından, bu oranın arttırılma şansı olacaktır. Ayrıca; pancar, tütün ve fındık üretiminin destek kapsamından çıkarılması; bu alanlarda alternatif bitki olarak yağ bitkilerinin yetiştirilmesine olanak sağlayacaktır (Ulusoy ve Alibaş, 2002).

Türkiye'nin coğrafi büyüklüğüne karşın, çorak ve çeşitli nedenlerden dolayı kullanılamaz durumdaki arazi miktarı oldukça yüksektir. Elektrik İşleri Etüt İdaresi ile Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın yaptığı ortak çalışmanın sonucunda, Türkiye'nin 1 milyon 900 bin hektarlık kullanılmayan ancak tarıma uygun arazisi olduğu belirlenmiştir. Sözkonusu arazilerde enerji tarımı yapıldığı takdirde, örneğin Ege Bölgesi'nde 186.000-308.000 ton arası biyodizel üretilebileceği belirtilmiştir. Bu rakamlar, güneyde 48.000-226.000 ton arasında bulunmaktadır. Kuzeydoğu Anadolu'da 83.000-123.000 ton arasında ve Karadeniz'de ise 82.000-123.000 ton arasında biyodizel üretimi beklenmektedir. Toplamda, Türkiye genelinden elde edilmesi beklenen miktar ise 1 milyon 250 bin ton dolayındadır. Bu potansiyeller yaşama geçirilebilirse, Türkiye'nin tarım kapasitesinin 3 kat arttırılabileceği öne sürülmektedir (Anonim, 2006b).

## 1.3. Yağ Bitkilerinin Ülkemizdeki Üretim Potansiyeli

Ülkemiz çeşitli yağ bitkileri için uygun ekolojiye ve tarım arazisine sahip olmasına karşın, yemeklik olarak tüketilen yağlar, ülke ihtiyaçlarına yanıt vermemektedir. 2003 yılında yaklaşık 1.400.000 ton yağlı tohum ithalatı ile 200 milyon dolar; 900.000 ton ham yağ ithalatı ile yaklaşık 450 milyon dolar döviz ödenmiştir. Yağlı tohum, ham ve rafine yağ ile yağlı tohum küspesi olarak yaklaşık 1 milyar dolarlık döviz karşılığında ithalat yapılmıştır (Kolsarıcı ve ark, 2005).

Çizelge 1.6'da ülkemizde üretilen önemli yağlı tohumlu bitkilerin ekiliş ve üretim değerleri ile verim potansiyelleri verilmiştir. Verilere göre 2002 yılında 2.514.827 ton olan üretim değeri 2003 yılında 2.358.780 tona düşmüştür. Bu azalma kolza ve haşhaş dışındaki diğer tüm yağlı tohumlarda belirgin olarak gözlemlenmiştir. Çizelge'de üç yılda kolza ekim alanında periyodik olarak bir artış olduğu gözelenmektedir. 2001 yılında 290 hektar olan ekim alanı 2002, yılında 550 hektara ve 2003 yılında ise 650 hektara yükselmiştir.

**Çizelge 1.6.** Türkiye yağlı tohumlu bitkilerin ekiliş, üretim ve verim değerleri (Anonim, 2004c)

| **Ürün** | | 2001 | 2002 | 2003 |
|---|---|---|---|---|
| Ayçiçeği | Ekiliş (ha) | 510.000 | 550.000 | 545.000 |
| | Üretim (ton) | 650.000 | 850.000 | 800.000 |
| | Verim (kg/da) | 127,5 | 154,5 | 146,8 |
| Pamuk | Ekiliş (ha) | 864.665 | 721.077 | 629.610 |
| | Üretim (ton) | 1.353.888 | 1.457.122 | 1.307.920 |
| | Verim (kg/da) | 197,7 | 202,1 | 207,7 |
| Soya | Ekiliş (ha) | 17.000 | 25.500 | 27.000 |
| | Üretim (ton) | 50.000 | 75.000 | 85.000 |
| | Verim (kg/da) | 294,1 | 294,1 | 303,6 |
| Haşhaş | Ekiliş (ha) | 45.836 | 50.741 | 44.000 |
| | Üretim (ton) | 21.436 | 19.000 | 22.000 |
| | Verim (kg/da) | 46,8 | 37,4 | 50,0 |
| Yerfıstığı | Ekiliş (ha) | 27.000 | 33.000 | 28.000 |
| | Üretim (ton) | 72.000 | 90.000 | 85.000 |
| | Verim (kg/da) | 266,7 | 272,7 | 303,6 |
| Susam | Ekiliş (ha) | 50.000 | 48.000 | 44.000 |
| | Üretim (ton) | 23.000 | 22.000 | 22.000 |
| | Verim (kg/da) | 46,0 | 45,8 | 50,0 |
| Kolza | Ekiliş (ha) | 290 | 550 | 2.800 |
| | Üretim (ton) | 650 | 1.500 | 6.500 |
| | Verim (kg/da) | 224,1 | 272,7 | 232,1 |
| Aspir | Ekiliş (ha) | 35 | 40 | 250 |
| | Üretim (ton) | 25 | 25 | 170 |
| | Verim (kg/da) | 71,4 | 62,5 | 68,0 |
| **Toplam** | Ekiliş (ha) | 1.335.816 | 1.429.818 | 1.376.991 |
| | Üretim (ton) | 2.171.314 | 2.514.827 | 2.358.780 |

Ülkemizde halen yemeklik yağ olarak tüketilen bitkisel yağlar ekiliş ve üretim alanı açısından enerji üretimine yanıt verecek durumda değildir. Ancak bitkisel yağların motor yakıtı olarak ülkemizde kullanılmasının yaygınlaşmasının ardından bu alandaki üretimin arttırılma olanağı vardır (Ulusoy ve Alibaş, 2002).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nca yağlı tohumlara teşvik edici prim sisteminin uygulanması, yağlı tohumlara uygun fiyat paritesinin belirlenmesi, GAP alanı içerisinde yağlı tohumların yer alması, kışlık kolza ve aspir bitkilerinin ekim nöbetine girmesi yağlık tohum ve bitkisel yağ ihtiyacımızın tamamının ulusal kaynaklarımız tarafından elde edilmesini sağlayabilecektir.

### 1.4. Biyodizelin Enerji Bilançosu

Üretimde en önemli kriterlerin, verim artışı ve onun yanında maliyetlerin azaltılması olduğu düşünülürse, tarım sektöründe en pahalı girdilerden birisi, bu amaca yönelik mekanizasyon faaliyetleridir. Bir tarımsal işletmenin mekanizasyon faaliyetleri genelde enerji bilançoları ile yorumlanabilmektedir. Enerji bilançosu ise; bir sistemin ya da bir tarımsal işletmenin girdi ve çıktıları arasındaki ilişkilerin enerji birimleri yönüyle sayısal olarak karşılaştırılmasıdır (Acaroğlu, Turcan ve Özçelik. 2003).

Biyodizelin daha yüksek enerji yoğunluğuna sahiptir. Dizel motorun yanma verimiyle birleştirildiğinde, 1 litre biyodizel, etanolün 2.25 litresinin ürettiği efektif enerjiyi sağlamaktadır (Anonim, 2006c). Ayrıca, yağ çıkarılacak ürünün daha fazla oluşu, biyodizelin enerji içeriğini daha da arttırmaktadır.

Biyodizel, maliyeti yönüyle; enerji kaynağı olarak varolan kullanılabilme olanaklarının getireceği yayılım kolaylığı ve yan ürünlerinin de değerlendirilebilmesinin yanısıra :

- tarımsal ürünü biyodizele işlemede (proses sırasında) kullanılan enerjinin yakıt eşdeğeri,
- ham yağdan elde edilen yakıtın miktarı ve
- petrodizel karşısında biyodizelin bağıl maliyeti

açılarından da bakılarak değerlendirildiğinde enerji verimliliği yönüyle ön plana çıkmaktadır.

Biyodizel verimi, enerji içeriği (içerilmiş enerji düzeyi) ve ekonomik değerlendirmesi, ortalama ölçekli bir çiftlik örneğiyle irdelenirse; tek ürün olarak kolzanın yetiştirildiği bir tarımsal faaliyet süresince hektara yakıt tüketimi 82 litre olarak belirlenmiştir. Buna karşın kolza yetiştiriciliğiyle hektardan 1029 litre yağ elde edilmektedir ve rekolte yükseldiğinde bu değer 1356 litreye kadar çıkmaktadır. Bu durumda girdinin çıktıya oranı 1:12,5 ve 1:16,5 olmaktadır (Anonim, 2006c).

Biyodizel üretimi amacıyla, bitkisel ürün tarladan hasat edildikten sonra saplar tarlada bırakıldığında bile biyodizel üretiminin enerji bilançosu pozitif vermektedir. Herbir 0,561 GJ değerindeki enerji girdisi, (1,78'lik ürün/maliyet oranı için) 1 GJ biyodizel enerjisi üretimiyle sonuçlanmaktadır. Saplar da değerlendirildiğinde biyodizel üretimi için ürün/maliyet oranı 3,71'e yükselmektedir. 2,71 birimlik fark, güneşin fotosentez enerjisinden kaynaklanmaktadır. Bunun anlamı; biyodizelin sahip olduğu toplam enerjinin; gübreleme, ilaç, yağ eldesi, arıtma, kimyasal işlem ve biyodizelin taşınması dahil harcanan enerjiden 2,7 kat yüksek olduğudur. Sonuçta; biyodizel üretimi için 1 birim enerji girdisi kullanımıyla 3,71 birim çıktı sağlanmaktadır (Anonim, 2006d).

Amerika'da Tarım ve Enerji Daireleri'nin 1998 yılı ortak çalışmasında, biyodizel üretiminin içerdiği çeşitli maliyetler ayrıntılı olarak incelenmiş ve tüm üretim sürecinde, tüketilen her bir birim fosil yakıt için 3,2 birim yakıt enerjisi elde edildiği ortaya konulmuştur. Enerji içeriği değerlendirmesi kapsamında soya için yapılmış olan ve Minnesota Tarım Dairesi web sitesinde kıyaslama amaçlı olarak yer verilen bu rakamlarda; petrodizelin enerji içeriği 0,843 iken, bu değer; benzin için 0,805 ve biyoetanol için 1,34 olarak yer almaktadır.

Fosil yakıt enerjisi tüketimiyle elde edilen birim BTU (British Thermal Unit) ısı enerjisine karşılık, bir başka sıvı yakıtın kullanımıyla elde edilen BTU ısı enerjisi, yaşam döngüsü (life cycle) kavramının tanımında kullanılmaktadır. Amerika Enerji Dairesi'nin yayımladığı "Kentiçi ulaşım amaçlı kullanımda Biyodizel ve Petrodizel'in döngüleri" başlıklı çalışmada: "Biyodizel, kendi üretim döngüsü içinde, tarımsal ürün yetiştiriciliğinden yakıt üretimi için gerekli birim fosil yakıt tüketimi karşılığında 3,2 birim enerji çıktısı sağlar" bilgisi verilmektedir. Raporun devamında : "Bunun tersine, petrodizelin üretim döngüsünde 1 birim fosil yakıt tüketimiyle sağlanan yakıt enerjisi 0,843 birim olmaktadır" denmektedir. Bu çözümlemeye bakıldığında biyodizelin enerji

çıktısı : (3,2-0,843)x100/0,843 oranından hareketle petrodizele göre % 280 daha fazla olmaktadır (Anonim,2006c).

**Çizelge 1.7.** Yakıtlar arasındaki karşılaştırmalı enerji dengesi (Anonim, 2006c)

| Yakıt | Enerji İçeriği | "Net" enerji (kayıplar düşüldüğünde) kazanımı (%) |
|---|---|---|
| Benzin | 0,805 | 19,5 |
| Dizel | 0,843 | 15,7 |
| Etanol | 1,34 | 34 |
| Biyodizel | 3,20 | 220 |

Çizelge 1.7. incelendiğinde; çizelgedeki net enerji raporlamalarının, sıvı yakıtların spesifik talepleriyle ilişkili olarak günümüz tüketim hacimlerine ışık tuttuğu anlaşılmaktadır. Biyodizelin yakıt üretim verimliliğinin yüksek olmasının, üretim hacmindeki ekonomik getirilerini de olumlu yönde etkiliyor oluşunun yanısıra; bu, enerji envanterlerindeki gelişimle birlikte değerlendirildiğinde biyodizele yönelimi doğrular nitelikteki parametrelere işaret edilmiş olmaktadır.

## 1.5. Araştırmanın Amacı

Bu araştırmada, dizel yakıtın yanısıra, farklı oranlardaki biyodizel-dizel karışımlarının orta segment bir tarım traktörünün motor performansı üzerine etkilerinin tespiti amaçlanmıştır. Değişen karışım oranları ile dizel yakıta göre motor tanıtım eğrileri olan güç, tork, tork rezervi, yakıt tüketimindeki farklılaşmanın düzeyi incelemeye alınarak dizele alternatif oluşturabilme yönündeki ayrıntılarına inilmiştir. Burada yakıt sisteminin ya da motorun farklı karışımlarda ya da dizel yakıtla kıyaslanmasına girilmeden bu çalışma yürütülmüştür.

Ülkemizde üretilmekte olan bir çok biyodizel yakıt için, yabancı kaynaklarda bildirilen performans oranlarının aynen alınıp kabulü mümkün değildir. Konu; ülkelerin biyodizel üretim standartları ve yakıt kalitelerine göre ulusal çapta yinelenmesi ve ortaya konulması gereken bir bilimsel çalışma gerekliliği taşımaktadır. Buradan yola çıkılarak, bugüne değin yapılan yerli ve yabancı çalışmaların da motor performansına

ilişkin sonuçlarını gözden geçirme ve değişkenlerin hangi yüzde aralık sınırlar içinde değişim gösterdiğine ilişkin genel bir kanıya varma imkanı bulunmuştur.

Genellikle bu tür çalışmalarda yapılan performans testleri, yalnızca dizel motor ünitesinin test setine bağlandığı ve sonuçların buradan elde edilmiş verilerle yorumlandığı formattadır. Bu tez çalışmasında ise ana materyal olan motorun, traktörden ayrı tutulması; hesap hataları ve çeşitli kabullere dayalı olacak unsurları olabildiğince elimine etmeyi sağlamıştır. Motorda üretilen güç; kuyruk mili freze çıkışında, hareket iletimine konu transmisyon ve sürtünme kayıpları gerçekleşmiş olarak alınan güç biçiminde ölçülmüştür. Böylece bir tek motorun bağlı olduğu test düzeneğinde alınacak çıplak güç, tork gibi çıktıların anlamsızlığı ve buradan kayıplar düşülmüş şekilde varılabilecek net güç değerine ampirik veriler kullanarak varılmaya çalışılacak olması, özellikle performans çıktıları yakın olup birbiriyle kıyaslamaya alınacak farklı iki yakıt seçeneği için çok daha büyük hatalar yapılmasına neden olabileceğinden dolayı, bu tez çalışmasında uygulanan OECD test kodu-2'ye göre değerlendirme yapılması ve gerçek çalışma koşuluna en yakın sonuçlar üzerine yorum yapılması amaçlanmıştır.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gates (1980), yapmış olduğu çalışmada, tarım sektöründe dizel yakıta seçenek oluşturabilecek yakıt olarak gliserini alınmış soya yağını kullanmayı planlamış, dizel ve zamkı alınmış soya yağının % 10'dan başlayıp % 90'a kadar olan karışımlarıyla motor performans analizleri yapmıştır. Motor olarak direkt püskürtmeli dizel bir motor kullanmıştır. Çalışma sırasında sıcak ve soğukta motorun ilk harekete geçme zamanında önemli farklılıklar olmadığını; ancak yakıtın yanma kalitesinin bozulmasından dolayı motor karakteristiklerinde değişim olduğunu, buna karşın zamkı alınmış soya yağının ve bunların karışımlarının dizel yakıta alternatif olabileceğini belirtmiştir.

Braun ve Stephenson (1982), dizel, soya yağı, etanol ve bunların % 40-40-20 ve % 30-40-30 oranlarındaki karışımlarıyla elde ettikleri alternatif yakıtların, vizkozitelerini ve yanmalarını incelemişlerdir. Motor testi sonuçlarında elde edilen güç değerleriyle; dizelden sağlanan gücün % 40-40-20 karışımında % 98,5; % 30-40-30 karışımlarında % 95,9 oranında gerçekleştiğini ortaya koymuşlardır.

Tahir *et al.* (1982), çalışmalarında ayçiçeği yağı transesterifikasyonu sonucu elde ettikleri ayçiçeği metilesterinin, fiziksel özelliklerini belirleyerek motorlarda yakıt olarak kullanmışlar, dizel yakıtı ile karşılaştırmışlardır. Motor denemeleri sonucu elde edilen güç eğrilerinde önemli bir değişme olmadığını buna karşılık maksimum gücün % 60'ında özgül yakıt tüketiminin dizel yakıttan % 6 daha fazla olduğunu; bunun sebebinin ayçiçeği metilesterinin ısıl değerinin dizel yakıttan % 13 daha düşük olmasından kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Apfelbeck (1986), değişik bitkisel yağların üretimi, işlenmesi ve bunlardan yakıt elde edilmesi üzerinde çalışmıştır. Araştırmasında bitkisel yağlarının yağ oranlarını, bileşimlerini, ısıl değerlerini belirlemiş ve bunların yakıt olarak dünyada büyük bir potansiyele sahip olabileceğine dikkat çekmiştir.

Schlink *et al.* (1988), yaptıkları araştırmada, Dizel yakıtıyla 1/4 oranında karışımı sağlanmış soya yağı ve ayçiçeği yağlarını, doğal emişli, doğrudan püskürtmeli, 3 silindirli bir traktör motorunda yakıt olarak kullanarak, motor performanslarını belirlemişlerdir. Ayrıca bu motor performans testlerini Dizel yakıtı ile tekrarlayarak sonuçları karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, ayçiçek yağının kullanıldığı karışımlarda motor performans değerlerinin soya yağlı karışıma oranla % 3 – % 5 daha iyi, tork değerlerinin ise hemen hemen aynı düzeyde olduğunu belirtmişlerdir.

Schlink *et al.* (1988), yaptıkları bir araştırmada soya yağı ve ayçiçek yağını hacimsel olarak % 25/75 oranında dizel yakıtı ile karıştırarak 200 saat süreyle performans testlerine tabi tutmuşlardır. Testlerde kullandıkları No 2-D yakıtının ısıl değeri 45010 kJ/kg, soya yağının ısıl değeri 39290 kJ/kg ve ayçiçek yağının ısıl değeri 39410 kJ/kg olup, yakıt karışımlarının ürettikleri motor torkunun dizel yakıtıyla elde edilen motor torkundan daha yüksek, karışımlarda özgül yakıt tüketiminin daha düşük ve ayçiçek yağı / dizel yakıt karışımının toplam veriminin, soya yağı / dizel yakıtı toplam veriminden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Erdoğan (1991), yapmış olduğu çalışmasında, bitkisel yağların dizel motorlarında kullanım olanaklarını araştırmıştır. Araştırmalarının sonucunda, bitkisel yağların tam atomizasyon sağlayamaması ve bunun sonucu olarak da yanmanın tam olarak gerçekleşememesi nedeniyle, dizel motorlarda doğrudan yakıt olarak kullanımlarının mümkün olmadığının altını çizmiştir. Ayrıca araştırmacı, acil durumlarda bitkisel yağların dizel içerisine % 25 oranında doğrudan karıştırılarak kullanılabileceğini, bunun yanında çeşitli kimyasal yöntemler kullanılarak, bitkisel yağların yakıt özelliklerinin iyileştirilebileceğini belirtmiştir.

Işığıgür (1992), çalışmasında viskozite düşürme yöntemleri olarak, seyreltme ve transesterifikasyon yöntemlerini deneme amaçlı yetiştirdiği aspir bitkisi yağına uygulamış, motor deneylerini gerçekleştirmiş ve bu yakıtın, dizel yakıta seçenek olarak sunulabilecek bir yakıt olup olmadığını araştırmıştır. Denemeler sonucunda motor karakteristik eğrilerinin dizele yakın değerde çıkmasının yanısıra, emisyon değerlerinde azalma görüldüğünü belirtmiştir.

Rakopoulus (1992), çalışmasında zeytinyağını dizel yakıtla % 25 - % 75 ve % 50 - % 50 oranlarında karıştırarak DI (Diesel Injection) ve IDI (Indirect Injection) motorlarda gerçekleştirdiği denemelerinde, işbaşarı ve emisyon karakteristiklerini karşılaştırmıştır. Sonuç olarak, en iyi sonucu % 50 - % 50 oranında hazırlanan yakıt karışımından aldığının altını çizmiştir.

Erdoğan ve Onurbaş (1994), çalışmalarında direkt püskürtmeli küçük güçlü bir dizel motorunun performansını bazı bitkisel yağlar ve dizel yakıt ile belirlemişlerdir. Bu amaçla dizel ile ayçiçeği, pamuk ve mısır yağları saf olarak ve belirli oranlarda karıştırılarak kullanılmıştır. Dizel yakıt ile rafine bitkisel yağ karışımları ile yalnızca bitkisel yağlarla çalışmada püskürtme pompasında herhangi bir ayar yapmaksızın güç

düşüşü olduğu belirlenmiştir. Güç düşüşü, yakıt karışımındaki bitkisel yağ oranı arttıkça daha fazla gözlenmiştir. Yine aynı şekilde, dizel-bitkisel yağ karışımları ve bitkisel yağlarla yapılan çalışmalarda dizele göre özgül yakıt tüketiminde de artış bildirilmiştir. Bu artışın, yakıt karışımı içerisindeki bitkisel yağ oranı arttıkça daha da yükseldiği görülmüştür. Ancak denemelerde kullanılan bitkisel yağlar arasında güç ve özgül yakıt tüketimi değerleri açısından önemli derecede bir farklılık gözlenmemiştir.

Karaosmanoğlu ve Aksoy (1994), yaptıkları araştırmalarında, kullanılmış kızartma yağının seyreltme tekniği ile viskozitesini düşürerek ve çeşitli karışımlar üreterek, bu karışımların fiziksel özelliklerini analiz etmişlerdir. Araştırmalarının sonucunda % 40'a kadar olan karışımların dizel yerine kullanılabileceğini söz etmişlerdir.

Mazed (1994), yaptığı araştırmada No 2-D, fıstık yağı, soya yağı ve palmiye yağını, tek silindirli 2 ayrı dizel motorunda test etmiş ve testler sonucunda Lister motorunda, 3000 d/d'da motor gücü dizel yakıtıyla 2,98 kW, fıstık yağı ile 2,86 kW, soya yağı ile 2,98 kW ve palmiye yağıyla 2,98 kW; Deutz FIL511 W motoruyla 2500 d/d'da motor gücü dizel yakıtıyla 8,43 kW, fıstık yağı ile 8,0 kW, soya yağı ile 8,24 kW ve palmiye yağı ile 8,16 kW olarak bildirmiştir. Lister motorunda, fıstık yağı ile elde edilen güç, diğer 3 yakıttan düşük ve 3 yakıt ile elde edilen güç birbirlerine denk, Deutz FIL511 W motoru ile elde edilen en yüksek güç No 2-D ile elde edilmiş, biyoyakıtların ürettikleri güçlerin bundan daha düşük olduğu bildirmiştir. Toplam verim Lister motorunda No 2-D ile % 26,5; fıstık yağı ile % 23,9; soya yağı ile % 23,93 ve palmiye yağı ile % 23,93; Deutz FIL511 W motoru ile No 2-D ile % 28,73; fıstık yağı ile % 27,52; soya yağı ile % 28,03 ve palmiye yağı ile % 28,04 olarak belirlenmiştir. Her iki motor ile yapılan testlerde de biyoyakıtların toplam verimleri dizel yakıtı toplam veriminden daha düşük, özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtı özgül yakıt tüketiminden daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Alibaş ve Ulusoy (1995), çalışmalarında bitkisel yağların dizel motorlarda yakıt olarak kullanılma olanaklarının belirlenmesini içeren bir araştırma yürütmüşlerdir. Özellikle, bitkisel yağların ülkemizdeki potansiyelinden, yakıt özellikleri ile kimyasal özelliklerini vurgularken yakıt özelliklerinin iyileştirilmesi yöntemlerinden söz etmişlerdir.

Erdoğan ve Mohammed (1997), araştırmalarında, yakıt olarak kullanılan mısırözü, ayçiçeği ve soya yağlarının uygulanabilirliğinin değerlendirildiği bir çalışma yapmışlardır. Bu amaçla direkt püskürtmeli, 4 zamanlı 5,5 kW anma gücünde bir motorda yakıt olarak bitkisel yağlar saf olarak ve dizel ile % 50 oranında karıştırılarak, daha sonra da bitkisel yağları ön ısıtmaya tabi tutarak kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda en uygun çalışma koşulunun, 90 ºC'de ön ısıtma uygulanan saf bitkisel yağların, dizel yakıt ile % 50 oranında karışımından elde edilen performans değerleri olduğu belirlenmiştir.

Oğuz (1998), araştırmasında ayçiçek yağının vizkozitesini düşürüp, yakıt olarak kullanılabilmesi için seyreltme yöntemini kullanmıştır. Ayçiçek yağı, dizele, hacimsel olarak % 20, % 30, % 40, % 50, % 60, % 70, % 80 oranlarında karıştırılarak seyreltilmiştir. Elde edilen bu yakıtlar motorda herhangi bir değişikliğe gidilmeden kullanılmış ve dizel yakıt ile kıyaslanmışlardır. Ayrıca yakıt tüketimi, güç, tork, duman yoğunluğu ve HC, CO, $CO_2$ olarak gaz emisyonları incelenmiştir. Sonuç olarak rafine edilmiş ayçiçeği yağı ile dizel yakıt karışımı kullanımlarında, dizel ile karşılaştırıldığında, motor işbaşarısında önemli oranlarda değişme olmadığı belirlenmiştir.

Thompson *et al.* (1998), kolza yağı etil ve metil esterlerinin farklı kaplarda 24 aylık depolanma sürecinde oluşabilecek yakıt özelliklerindeki değişimleri incelemişler ve incelemelerinin sonunda kısa dönem motor performans değerlerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar kolza etil ve metil esterlerinin, dizel yakıtı ile karşılaştırmalı olarak yakıt karakteristiklerini belirlemişler, ve bu elde ettikleri esterleri, depolama süreci içerisinde 3'er aylık periyotlarda, peroksit değerlerini (mg.perox/kg.smpl), asitide değerlerini (mgKOH/g), yoğunluklarını ($kg/m^3$), viskozite (cSt) ve yanma odası ısıl değerlerini (MJ/kg) belirlemişlerdir. Araştırmacılar, 24 aylık periyodun sonunda, başlangıç değerlerine göre peroksit değerlerinde, kolza metil esterinde 13,5 kat, kolza etil esterinde ise 13,7 kat, asidite değerlerinde kolza metil esterinde 10,3 kat, kolza etil esterinde ise 9,2 kat, yoğunluk değerlerinde, kolza metil esterinde % 1,22; kolza etil esterinde ise % 0,88 ve viskozite değerlerinde ise kolza metil esterinde % 23,1; kolza etil esterinde ise % 16,87 oranında artışların olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca yanma odası ısıl değerlerinde kolza yağı metil esteri için % 1,5; kolza etil esteri için ise % 1,27 oranında bir düşme olduğunu, setan sayısında ise genel olarak % 12 oranında bir artma

gözlemlendiğini ve partikül madde miktarında % 1,5 mg/l'den % 53 mg/l'ye kadar bir artma olduğunu bildirmişlerdir. Depolamada ise, dış depolamanın iç depolamaya göre bir miktar daha iyi olduğunu, ayrıca metal kap depolaması ile cam kap depolaması arasında bir farklılık gözlemlemediklerini, kısa dönem motor performans testlerinde ise, moment güç ve yakıt ekonomisi bakımından yeni elde edilmiş esterler ile depolanmış esterlerin kullanılması durumunda önemsenmeyecek derecede farklılıklar olduğunu bildirmişleridir.

Ulusoy ve Alibaş (1999), kanola yağı, pamuk yağı, soya yağı ve ayçiçek yağının yakıt özeliklerini, yapmış oldukları çalışmada incelemişlerdir. Araştırmalarında 4 zamanlı bir dizel motorundan yararlanmışlar ve % 25 yağ + dizel karışımları ile motorun tork, güç, yakıt verimi, egzoz sıcaklık ve hacimsel verim değerlerini belirlemişlerdir. Sonuç olarak, dizelin torkunun, düşük ve yüksek devirlerde yükseldiğini ancak, orta devirlerde diğer yakıt ile aynı kaldığı, egzoz sıcaklığının her iki yakıtta da aynı kaldığı ve güç değerlerinin de devirle orantılı olarak aynı kaldığı gözlemlenmiştir.

Yücesu ve ark. (1999), çalışmalarında tek silindirli bir dizel motorunda seçenek bir yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının, motor işbaşarısı ve egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelenmişlerdir. Deneylerde No 2-D dizel ile birlikte değişik bitkisel yağlar (ham ayçiçek yağı, ham pamuk yağı, ham soya yağı ve bunlardan elde edilen ayçiçek yağı metil esterleri, pamuk yağı metil esterleri, soya yağı metil esterleri ile rafine edilmiş haşhaş yağı, kanola yağı ve mısır yağı) kullanılmıştır.

Motorun, tam gaz – değişik devir ve sabit devir – değişik yük denemeleri sonucunda, bitkisel yağın performans değerlerinin dizelden daha düşük, duman koyuluğunun bitkisel yağlarda daha yüksek, $NO_X$ emisyonlarının ise No 2-D dizelden daha yüksek olduğu ortaya konulmuştur. Üretilen bitkisel yağ metil esterleri değerlerinin ham yağlarda daha iyi ve dizel işbaşarısı değerlerine daha yakın olduğu belirlenmiştir.

Karaosmanoğlu ve ark. (2000), yapmış oldukları bir araştırmada, ayçiçek yağını yakıt olarak, bir silindirli, doğrudan püskürtmeli, hava soğutmalı E-108 Pancar tipi bir Dizel motorunda 50 saati aşkın bir süre denemiş, ayçiçek yağının yakıt özelliklerini belirlemişlerdir. Araştırmacılar denemeleri, dizel yakıtı ile tekrarlamış, yapılan karşılaştırmalarda, performans değerlerinden güç ve yakıt tüketimi bakımından önemli

bir farkın bulunmadığını ve motor içerisindeki hareketli parçalarda ve enjektörde karbon birikmesinden kaynaklanan sorunların bulunmadığını bildirmişlerdir.

Monyem ve Gerpen (2001), çalışmalarında, biyodizelin egzoz emisyon ve motor performansına etkilerini araştırmışlardır. John Deere 426 TDI dizel motorda oksitlenmiş ve oksitlenmemiş biyodizel yakıt ile No-2 dizel yakıtı kıyaslanarak motor performans ve emisyon değerlerini belirlemeye çalışmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, oksitlenmiş ve oksitlenmemiş biyodizel yakıtının motor performansının 2 nolu dizel yakıtıyla neredeyse aynı olduğunu, biyodizel yakıtının daha düşük CO emisyona sahip olduğunu ayrıca, biyodizelin 2 nolu dizele göre % 13 -% 14 $NO_x$ emisyonun verdiğini ifade etmişlerdir.

Oğuz ve Öğüt ( 2001), çalışmalarında bitkisel esaslı yağların tarım traktörlerinde yakıt, motor yağı ve hidrolik yağı olarak kullanım olanaklarını ve bunların kullanımlarının üstün ve sakıncalı yönlerini ortaya koymuşlardır. Bitkisel yağların, yağlayıcı madde olarak ortaya çıkmasındaki ilke, elde edilen ürünlerin çevre dostu olması, çiftçi tarafından üretilmesi ve yakıt kulllanımı bittikten sonra doğaya serbest bırakıldığı zaman kendiliğinden biyolojik ayrışabilme yeteneğinin bulunmasıdır. Çalışmada, ülkemizin zengin biyokütle kaynaklarına sahip olduğunun altı da çizilmiş, yenilenebilir enerji kaynaklarının alternatif motor yakıtı üretiminde değerlendirilmesinin büyük önem taşıdığı belirtilmiştir.

Al-Hasan (2002), Ürdün'de Filistin fıstığının yakıt özelliklerinden ısıl değer, yoğunluk ve viskozite gibi özellikleri incelemiş, bu amaçla dizel yakıtıyla % 10, % 20, % 40, % 60, % 80 oranlarında fıstık yağı karışımlarını bir silindirli, 4 zamanlı, 6 kW anma gücünde bir dizel motorda yakıt olarak kullanarak, motor performanslarını incelemişdir. Araştırmacı, egzoz sıcaklığının, Dizel yakıtına oranla daha düşük, fren beygir gücünün ise dizel yakıtına oranla, karışım oranına bağlı olarak % 10 ile % 30 oranında daha düşük olduğunu belirtmiştir.

Acaroğlu, Turcan ve Özçelik (2003), üretimde en önemli kriterlerin, verim artışı ve onun yanında maliyet azaltılması olduğu düşünülürse, tarım sektöründe en pahalı girdilerden birisi, bu amaca yönelik mekanizasyon maliyetidir. Bir tarımsal işletmenin mekanizasyon faaliyetleri genelde enerji bilançoları ile yorumlanabilmektedir. Enerji bilançosu ise; bir sistemin ya da bir tarımsal işletmenin girdi ve çıktıları arasındaki ilişkilerin enerji birimleri yönüyle sayısal olarak karşılaştırılmasıdır.

Karabektaş (2004), araştırmasında biyodizel ve % 50 biyodizel - % 50 dizel karışımı yakıt kullanımının motor işbaşarısı üzerindeki etkisini, dizel kullanımı ile karşılaştırmalı olarak küçük güçlü bir dizel motorda deneysel olarak incelemiştir. Ayrıca deneysel verilerle çizilen diyagramlar ile matematiksel eşitliklerden yapılan hesaplamalar sonucu elde edilen değerler karşılaştırılmış ve sonuçların birbirlerine çok yakın değerler gösterdikleri belirlenmiştir. İş başarısı karakteristiklerinin, karışım içindeki biyodizel oranı ile değiştiği tespit edilmiştir.

Ar (2005), araştırmasında, yerli ve yenilenebilir bir yakıt olan biyodizel ile ilgili teknik bilgi vermiş ve dünyadaki uygulamalarının yanısıra, üretimine ve kullanımına ilişkin dünyadaki ve Türkiye'deki yasal düzenlemeleri irdelemiştir.

Kolsarıcı ve ark. (2005), çalışmasında ülkemiz çeşitli yağ bitkileri için uygun ekolojiye ve tarım arazisine sahip olmasına karşın ülkemizde yemeklik olarak tüketilen yağlar, ülke ihtiyaçlarına yanıt vermemektedir. 2003 yılında yaklaşık 1.400.000 ton yağlı tohum ithalatı ile 200 milyon dolar; 900.000 ton ham yağ ithalatı ile yaklaşık 450 milyon dolar döviz ödenmiştir. Yağlı tohum, ham ve rafine yağ ile yağlı tohum küspesi olarak yaklaşık 1 milyar dolarlık döviz karşılığında ithalat yapılmıştır.

Schwart *et al.* (2005), çalışmalarında 30 HP gücünde, Kuboto (V1305) motor üzerinde B 20, B100 ve dizel yakıtlarını kullanarak performans testleri yapmışlardır. B 100 kullanımında, dizel yakıta göre ortalama % 5 güç azalması, yakıt tüketiminde ise % 17 artış olduğu gözlemlenmiştir. B 20 kullanımında ise yakıt tüketiminin dizel yakıta göre % 6,8 artış gösterdiği buna karşılık güç çıkışında ise artış olduğu gözlemlenmiştir.

Arslan ve ark. (2006) çalışmalarında Türkiye'deki biyodizel üretim potansiyelinin ortaya konması ve alternatif yakıt politikalarını irdelemişlerdir. İrdeleme iki temele dayandırılmıştır. Bunlar; Türkiye'nin biyodizel üretimi için tarımsal potansiyeli ve çevre dostu alternatif yakıtlar konusundaki devlet politikaları olarak ele alınmıştır. Varılan sonuçlardan birisi, Türkiye'de biyodizel üretimini ithalata dayalı olarak planlamanın çok mantıklı ve güvenilir gözükmediği şeklindedir. Bununla birlikte yağ bitkilerinin ikinci ürün olarak kullanılması durumunda umut verici sonuçlar elde edilebilecektir. Ancak bu konuda pazara girmek isteyen yatırımcılar için henüz netleşmemiş yasal düzenlemeler ve fiyat analizleri ile belirsiz yasal düzenlemeler ciddi bir risk oluşturmaktadır. Bu nedenlerden dolayı da yatırımcılara yön verecek nitelikte bilimsel çalışmaların yapılması da zorlaşmaktadır. Çalışmada biyodizel üretimi için

bitkisel yağ potansiyeli ile hükümetlerin genel ekonomik ve enerji politikalarının biyodizel üretimi üzerindeki olası etkileri geçmiş deneyimler ışığında ele alınmıştır.

Kayışoğlu ve ark. (2006), araştırmasında farklı oranlardaki dizel yakıta karıştırılan bitkisel yağların motorun karakteristik özelliklerine etkilerini saptamıştır. Bu amaçla, dört zamanlı 5,52 kW gücünde dizel motor üzerinde yağ karışımlarının kullanılması sonucunda motor parçalarında bir hasar oluşmamıştır. Ayçiçeği yağı karışımları, soya yağı karışımlarından daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca soya yağı karışımlarında motor yağı daha fazla kirlenmiş ve vizkozitesi daha çok azalmıştır. % 75 dizel, % 25 ayçiçeği yağı karışımı kullanıldığında neredeyse yalnızca dizelin kullanıldığı sonuçlar elde edilmiştir.

# 3 – MATERYAL VE YÖNTEM

## 3.1. Materyal

### 3.1.1. Biyodizel

Deneme için gerekli olan biyodizel, ülkemiz koşullarını temsil eden "durağan sistem" üretim yapan bir tesiste soya yağından üretilmiştir. Temin edilen biyodizelden alınan örnekler ODTÜ Petrol Araştırma Merkezi tarafından analiz edilmiştir. Analiz sonuçları Çizelge 3.1.' de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Petrol Araştırma Merkezi tarafından yapılan analiz sonuçları (Anonim, 2006e)

| | **TS EN 14214** | **Ölçüm Belirsizliği** | **Sonuç** |
|---|---|---|---|
| Yoğunluk, kg/m$^3$ | 860-900 | ± 0,024 | 885,9 |
| Viskozite, mm$^2$/s | 3,50-5,00 | ± 0,004 | 4,28 |
| Parlama noktası, $^0$C | 120 (en az) | ± | 160,7 |
| Kükürt, mg/kg | 10,0 (en fazla) | ± 0,20 | 3,44 |
| Su, mg/kg | 500 (en fazla) | ± 9,54 | 556,1 |
| Sülfatlı kül, %(m/m) | 0,02 (en fazla) | ± | 0,002 |
| Toplam kirlilik, mg/kg | 24 (en fazla) | ± % 7,10 | 6,7 |
| Bakır şerit korozyonu | No 1 | ± | 1a |
| Asit değeri, mgKOH/g | 0,50 (en fazla) | ± 0,02 | 0,19 |
| Karbon kalıntısı % (m/m) | 0,30 (en fazla) | ± | 0,56 |
| İyot değeri, g iyot/100 | 120 (en fazla) | ± 2,3 | 125,4 |
| Ester içeriği, % (m/m) | 96,5 (en az) | ± 0,2 | 93,58 |
| Linolenik asit metil ester, % (m/m) | 12 (en fazla) | ± 0,02 | 5,49 |
| Fosfor içeriği, mg/kg | 10 (en fazla) | ± 0,20 | 0,9 |
| I. grup metaller (Na+K), mg/kg | 5,0 (en fazla) | ± 0,17 | 2,1 |
| II grup metaller (Ca+Mg), mg/kg | 5,0 (en fazla) | ± 0,54 | 2,6 |
| CFPP,C | Yaz:+5, kış: -10 | ± 0,8 | 8 |
| Doymamış metil ester | 1 (en fazla) | ± | |
| Metanol içeriği, % (m/m) | 0,20 (en fazla) | ± % 8,84 | 0,001 |
| Oksidasyon kararlılığı | 6,0 saat (en fazla) | ± | 3,38 |
| Monogliserid içeriği, % (m/m) | 0,80 (en fazla) | ± % 3,01 | 0,498 |
| Digliserid içeriği, % (m/m) | 0,20 (en fazla) | ± % 3,52 | 0,801 |
| Trigliserid içeriği, % (m/m) | 0,20 (en fazla) | ± % 2,69 | 1,359 |
| Serbest gliserol, % (m/m) | 0,02 (en fazla) | ± % 1,06 | 0,001 |
| Toplam gliserol, % (m/m) | 0,25 (en fazla) | ± % 2,97 | 0,385 |
| Setan sayısı, % (m/m) | 51,0 (en az) | ± | |

Soya yağından elde edilen biyodizel ile motorin % 2, % 5, % 10, % 20, % 50 ve % 80 oranlarında karıştırılarak karışım yakıtlar elde edilimiştir. Saf biyodizel B100 olarak adlandırılır, hacimce % 100'ü biyodizel yakıtıdır. Elde edilen B2, B5, B10, B20, B50 ve B80 karışımların yanında B100 ve motorin ile de motor performans denemeleri yapılmıştır. 25 $^{0}$C'deki yakıt karışımları özgül ağırlıkları Çizelge 3.2.' de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Yakıt karışımları için ölçülen yoğunluk değerleri

| **Yakıtın Cinsi** | **Özgül Ağırlık (gr/cm$^3$)** |
|---|---|
| Motorin | 0,850 |
| B2 | 0,85071 |
| B5 | 0,85179 |
| B10 | 0,85335 |
| B20 | 0,85718 |
| B50 | 0,86795 |
| B80 | 0,87872 |
| B100 | 0,88590 |

### 3.1.2. Denemelerde kullanılan traktör

Denemeler New Holland Trakmak Traktör ve Ziraat Makinaları Tic. A.Ş. Ankara Teknik Merkez'de şirkete ait ölçüm aygıtları; kuyruk mili test dinamometresi, yakıtölçer kullanılarak Iveco motora sahip New Holland TD 90D marka traktörde yapılmıştır. New Holland TD 90D model traktör üzerinde bulunan Iveco motora ait teknik özellikler Çizelge 3.3.'de verilmiştir.

**Çizelge 3.3.** Denemede kullanılan motorun teknik özellikleri (Anonim, 2006f)

| | |
|---|---|
| Motor Tipi | Iveco, Turboşarj, Tier II |
| Enjeksiyon Pompası | Bosch |
| Enjeksiyon Şekli | Direkt Enjeksiyon |
| Silindir Sayısı (adet) | 4 |
| Silindir Hacmi ($cm^3$) | 3908 |
| Sıkıştırma Oranı | 18:1 |
| Maksimum Güç (kW/BG) | 66.4/90 |
| Maksimum Güçte Motor Devri ($min^{-1}$) | 2500 |
| Çap x Strok (mm) | 104x115 |
| Maksimum Tork ($Nm/min^{-1}$) | 317/1500 |
| Hava Filtresi | Egsoz Emişli Kuru Tip Hava Filtresi |

### 3.1.3. Motor test ünitesi

Motor testleri; elektrik kontrollü frenleme yapabilen, ölçümlerini dijital olarak gösteren ve verilerini bilgisayar ortamına aktarabilen tam donanımlı, NJ Froment marka ve XT 200 model elektronik güç ölçüm düzeneği karakterindeki kuyruk mili test dinamometresi tarafından yapılmıştır. Bu ölçüm düzeneği motor devirlerini ölçerek değişik motor devirlerinde güç ve tork değerleri belirlemiştir. Test ünitesine ait teknik özellikler Çizelge 3.4.'de görülmektedir. Şekil 3.1 ve 3.2'de ise denemede kullanılan motor test ünitesi görülmektedir.

**Çizelge 3.4.** Denemede kullanılan kuyruk mili test dinamometresinin teknik özellikleri (Anonim,2006g)

| | |
|---|---|
| Marka | N J Froment |
| Model | XT 200 |
| Tip | Elektronik dinamometre |
| İmalat yılı | 1999 |
| Test sınırları | |
| 540 devirde – 6 kanallı x 1 3/8" | 1600 Nm – 80 BG |
| 1000 devirde – 21 kanallı x 1 3/4" | 1100 Nm – 154 BG |
| 1000 devirde – 20 kanallı x 1 3/4" | 2200 Nm -309 BG |




**Şekil 3.1.** Motor test ünitesi



**Şekil 3.2.** Motor test ünitesinin traktöre bağlantı biçimi

### 3.1.4. Yakıt ölçüm ünitesi

Yakıt ölçüm ünitesi, motor yakıt sistemine bağlanan aldığı verileri test dinamometresi aracılığı ile bilgisayar ortamına aktarabilen bir yapıdadır. Yakıt ölçüm

ünitesi l/h, galon/h, gr/kWh ve lb/HPh cinsinden okuma yapabilmektedir. Yakıt ölçüm ünitesine ait teknik özellikler Çizelge 3.5'de verilmiştir. Yakıt ünitesi Şekil 3.3' de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.5.** Denemede kullanılan yakıtölçerin teknik özellikleri (Anonim, 2006g)

| | |
|---|---|
| Model | FM 502 |
| Kapasite | 1 – 50 l/h |
| Ölçüler | 355 mm uzunluk x 220 mm genişlik x 320 mm yükseklik |
| Ağırlık | 12 kg |




**Şekil 3.3.** Yakıt tüketimi ölçüm düzeni

### 3.1.5. Test ünitesinde kullanılan bilgisayar ve programın teknik özellikleri

Yakıt ölçüm ünitesi ve motor test ünitesi üzerinden alınan veriler bilgisayara aktarılılır. Dinamometreye ait Dyna Test isimli yazılım kullanılmaktadır. Bu yazılım dinamometreden alınan verileri analiz ve kayıt eder. Testlerde Hewlett Packard marka Pentium 3-500 Mhz bilgisayar kullanılmıştır. Bilgisayar ve kullanılan program Şekil 3.4' de gösterilmiştir.



**Şekil 3.4.** Testlerde kullanılan bilgisayar ve program

## 3.2 Yöntem

### 3.2.1. Tanımlar

#### 3.2.1.1 Kuyruk mili test dinamometresi

Kuyruk mili test dinamometresi; farklı motor devirlerinde, kuyruk mili gücü ve eşdeğer krank torkunu ölçen ölçüm makinesidir.

#### 3.2.1.2 Motor karakteristik eğrisi

Motorun farklı motor devirlerine (farklı işletim koşullarına) karşılık gelen güç ve tork üretimleriyle yakıt tüketim değerlerini ortaya koyan ve dolayısıyla motorun değişik çalışma rejimlerindeki iş başarısı için temel gösterge niteliği taşıyan eğrilerdir.

#### 3.2.1.3 Nominal kuyruk mili gücü (kW)

540 $min^{-1}$ standart kuyruk mili testinde ölçülen maksimum güçtür.

#### 3.2.1.4 Nominal devir ($min^{-1}$)

Nominal kuyruk mili gücünün ölçüldüğü motor devridir.

#### 3.2.1.5 Tork

Belirli bir motor devri için üretilen güç karşılığında ölçülen çevirme kuvvetidir.

#### 3.2.1.6 Tork rezervi

Nominal devirdeki tork ile maksimum tork arasındaki yüzdesel artış oranıdır.

#### 3.2.1.7 Saatlik yakıt tüketimi (kg/h)

Bir saatlik çalışma sonucunda kilogram birimi cinsinden tüketilen yakıt ölçüsüdür.

#### 3.2.1.8 Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)

Üretilen birim motor gücü başına, bir saatlik çalışma süresince gram cinsinden tüketilen yakıt değeridir. Motor gücünden ne kadar iyi yararlanılmaktaysa özgül tüketim değeri o kadar düşeceğinden dolayı, bu parametre motor etkililik düzeyiyle ilgili olmaktadır.

### 3.2.2 Soya yağından biyodizel üretilmesi

Bitkisel yağların enerji içerikleri, petrol kökenli dizel yakıtları ile hemen hemen aynı düzeydedir. Ancak dizel yakıtına göre 10-20 kat daha fazla sahip oldukları yüksek viskozite sebebiyle; enjektörlerde tıkanma, yağlama yağı problemleri ve motor ömrünün kısalması ana sorunları ile belirtilebilecek pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır. Bitkisel yağların direkt püskürtmeli dizel motorlarında uzun süreli kullanımları imkansız olup, sadece rafine yağların ön yanma odalı dizel motorlarda bazı sınırlamalar ile değerlendirilmesi mümkündür (Karaosmanoğlu ve Aksoy 1994). Bitkisel yağların dizel yakıt alternatifi olarak değerlendirilebilmesi için, biyodizele dönüştürülmesi gerekmektedir.

Yakıt üretimi, Uludağ Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Tarım Alet ve Makineleri Laboratuvarında kurulan üretim reaktöründe yapılmıştır. Biyodizel hazırlanması işlemindeki ilk aşamada; Bursa bölgesinde bulunan bir firmadan rafinasyon aşamasının ilk adımı olan degumming aşamasından alınan yağ kullanılmıştır.

İkinci aşamada, yağ titrasyon testine tabii tutularak özellikleri belirlenmiş ve bunun sonucunda yağa katılması gereken potasyum miktarı tesbit edilmiştir.

Üçüncü aşamada ise, 100 l atık yağ için gerekli olan 20 l'lik (% 20) metil alkol ve katalizör olarak kullanılacak ve titraston testi ile belirlenen 700 g potasyum hidroksit birlikte bir kaba konup tamamen çözününceye kadar karıştırılarak metoksit elde edilmiştir. Sonra 55$^{o}$C'ye kadar ısıtılmış nötr yağ ve hazırlanan metoksit birbiriyle çok iyi karıştırılarak reaksiyona başlanmıştır. Reaksiyon bir nükleofilik yer değiştirme reaksiyonudur. Burada gliserin, metanol ile yer değiştirmekte ve biyodizel meydana gelmektedir. Faz ayırma işleminde, oluşan gliserin ve potasyum gübresi dibe çöker. Üst tarafta kalan biyodizel kısmı alınır. Biyodizel içinde asılı kalan gliserin taneciklerinin tamamen alınması için yıkama işlemine tabi tutulur. Yakıtın üretildiği üretim reaktörü Şekil 3.5'de verilmiştir.



**Şekil 3.5.** Yakıtın üretildiği üretim reaktörü

### 3.2.3 Yakıt karışımlarının hazırlanması

Soya yağından üretilen biyodizel, motorine hacimsel olarak karıştırılacağı oranlarda hassas ölçeklerle ölçülüp % 2, % 5, % 10, % 20, % 50 ve % 80 oranında katılmıştır. 20 litre B2 karışımını hazırlamak için 400 ml biyodizel ve 19.6 l motorin konularak bir karıştırıcı yardımıyla 15 dakika süreyle B 5 için 1 lt biyodizel, 19 l

motorin, B10 için 2 l biyodizel, 18 l motorin, B20 için 4 l biyodizel, 16 l motorin, B50 için 10 l biyodizel, 10 l motorin, B80 için 16 l biyodizel kullanılarak karışım yakıtlar hazırlanmıştır.

### 3.2.4 Motor denemeleri

Maksimum güç ve maksimum torku veren devirlerin tespit edilebilmesi için motorun çalışıp kararlı hale gelmesi gerekmektedir. New Holland Trakmak AŞ. firmasına ait TD 90D traktör rodajını tamamlayabilmesi için firmaya ait tesis içerisinde çeki işlerinde 100 saat kullanılmıştır.

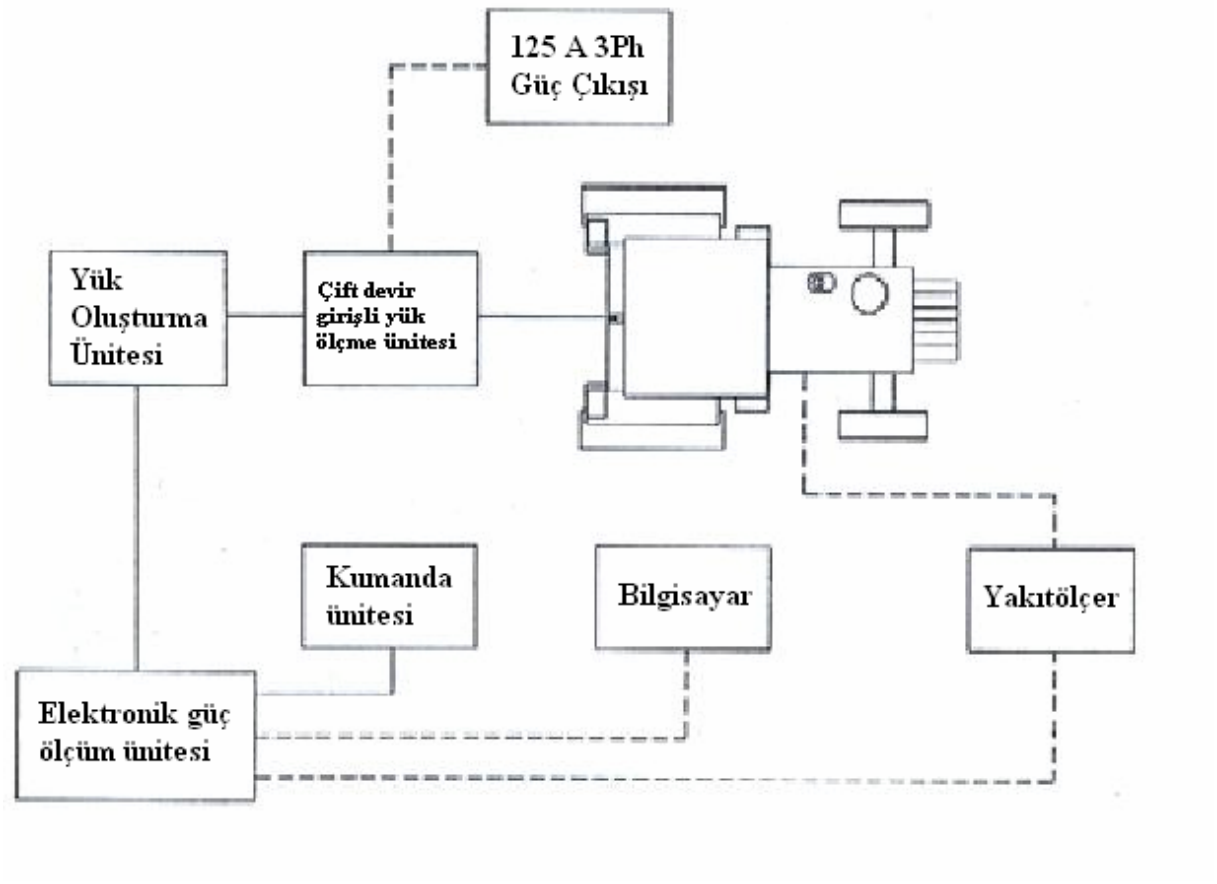
Kuyruk mili testleri OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development) standartları CODE 2'ye (OECD Standart Code for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractor Performance) göre yapılmıştır.

Code 2 'ye göre atmosferik basınç, hava nem oranı, hava sıcaklığı, motor hava giriş sıcaklığı, soğutucu sıcaklığı, motor yağ sıcaklığı ve yakıt sıcaklığı ölçülmelidir. Çizelge 3.6'da ölçülen değerler verilmiştir.

**Çizelge 3.6.** Deneme sırasında ölçülen değerler

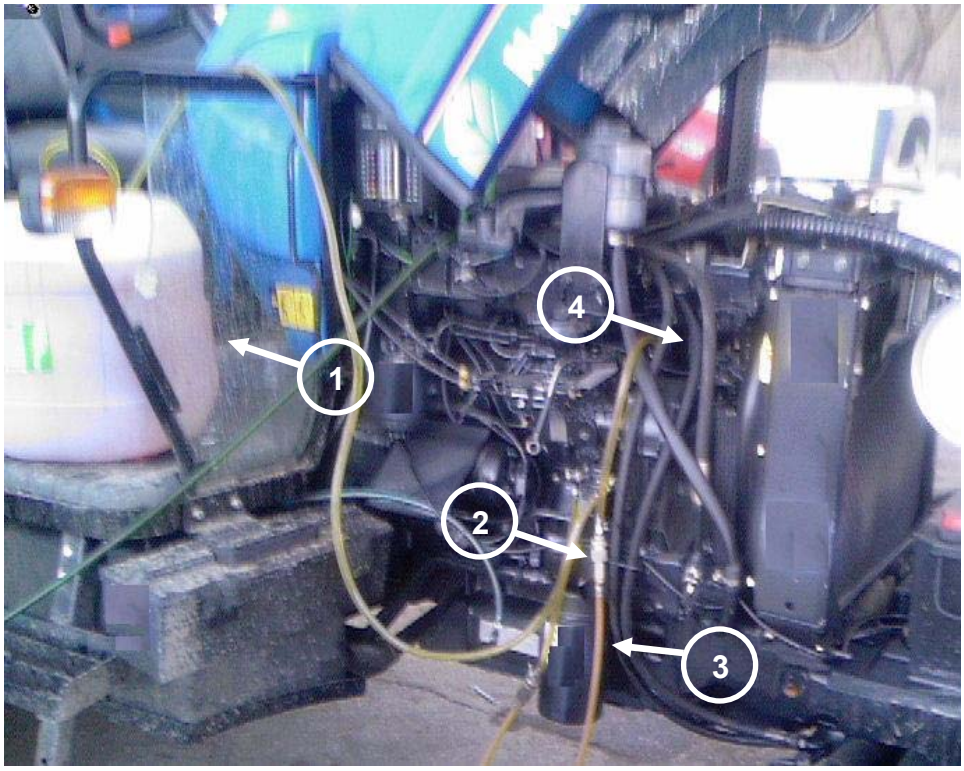
| **Ortalama Atmosferik Koşullar** | |
|---|---|
| Sıcaklık | 27 $^0$C |
| Basınç | 91.6 kPa |
| Bağıl Nem | % 30 |
| **Maksimum Sıcaklık** | |
| Soğutma Suyu (Soğutucu Girişi) | 73 $^0$C |
| Motor Yağı (Yağ Soğutucu Girişi) | 111 $^0$C |
| Yakıt (Depo Dönüş) | 44 $^0$C |
| Hava Girişi (Hava Filtresi Girişi) | 35 $^0$C |

Rodajı tamamlanan traktör dinamometreye 540 min$^{-1}$ kuyruk mili giriş şaftından bağlanmıştır. Traktör kuyruk mili seçme kolundan 540 min$^{-1}$ kuyruk mili devrine ayarlanmıştır. Dinamometrenin bilgisayara ve yakıtölçere veri bağlantıları yapılmıştır. Test düzeneği Şekil 3.6.' da şematik olarak gösterilmiştir.




**Şekil 3.6.** Test düzeneği şematik görünüşü

Daha sağlıklı veri alınabilmesi için Şekil 3.7'deki fotoğrafta da izlenebileceği üzere traktörün yakıt deposu iptal edilerek harici bir depo (1) hazırlanmıştır. Harici depodan mazot besleme pompasına bir hat (2) çekilmiştir. Mazot besleme pompasından alınan bir hat (2) yakıt ölçüm düzeneğine gitmektedir. Ölçüm düzeneğinden geçen mazot enjeksiyon pompasına bir hat (3) yardımıyla aktarılmıştır. Yakıt sistemi geri dönüş alınan başka bir hat (4) tekrar yakıtölçere girmektedir. Ölçümü yapılan yakıt bilgileri elektronik güç ölçüm ünitesinde toplanmış ve toplanan veriler buradan bilgisayara aktarılmıştır.




**Şekil 3.7.** Yakıt ölçüm düzeneği bağlantılarının görünüşü

Dinamometrenin 540 $min^{-1}$ kuyruk mili girişine bağlanan traktör maksimum devirde çalıştırılmıştır. El ile kumanda ünitesi vasıtasıyla motor yüklenerek farklı devirlerdeki güç, tork ve yakıt tüketimi değerleri kaydedilmiştir. Her bir yakıt karışımı için denemeye başlanmadan önce denemesi yapılacak yakıt ile çalıştırılarak diğer yakıt türünden yakıt kalıntısının kalmamasına çalışılmıştır.

### 3.2.4 Deneysel verilerin hesaplanması

Kullanılan her yakıt türü için motor karakteristik değerlerinin elde edilmesinde, standart motor deneyleri uygulanmıştır. Yapılan denemelerde dinamometre tarafından ölçülen veriler bilgisayar ortamında toplanmıştır. Bilgisayarda toplanan veriler Excel programı kullanılarak yorumlanmıştır. Denemelerde elde edilen veriler saatlik yakıt tüketimi, farklı motor devirlerindeki güç ve tork değerleridir. Farklı devirlerdeki tork değerleri kullanılarak tork rezervi ve saatlik yakıt tüketiminden faydalanılarak özgül yakıt tüketimi değerleri hesaplanmıştır.

Saatlik yakıt tüketiminin kg/h olarak elde edilebilmesi için l/h olan saatlik yakıt tüketimi kullanılan yakıtın deneme esnasında giriş sıcaklığındaki yoğunluk ile çarpılmıştır.

Özgül yakıt tüketimi, Formül 3.1 kullanılarak söz konusu her yakıt ve devir için hesaplanmıştır:

$$b_e = \frac{B.1000}{N_e} \quad \text{.....3.1}$$

Formülde ;

$b_e$ : Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)
B : Saatlik yakıt tüketimi (kg/h)
$N_e$ : Efektif güç (kW)'dir.

Denemelere motor tam gazda ve yüksüz olarak başlanmıştır. Daha sonra motor kademeli bir şekilde yüklenerek farklı motor devirlerindeki güç ve tork değerleri ölçülmüştür. Formül 3.2 kullanılarak her yakıttaki tork rezervleri hesaplanmıştır:

$$Tr = \frac{Tm - Tn}{Tn} \text{ x } 100 \quad \text{..... 3.2}$$

Formülde ;

Tr : Tork rezervi (%)
Tm : Maksimum Tork Değeri (Nm)
Tn : Nominal Motor Devrindeki Tork Değeri (Nm)

# 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

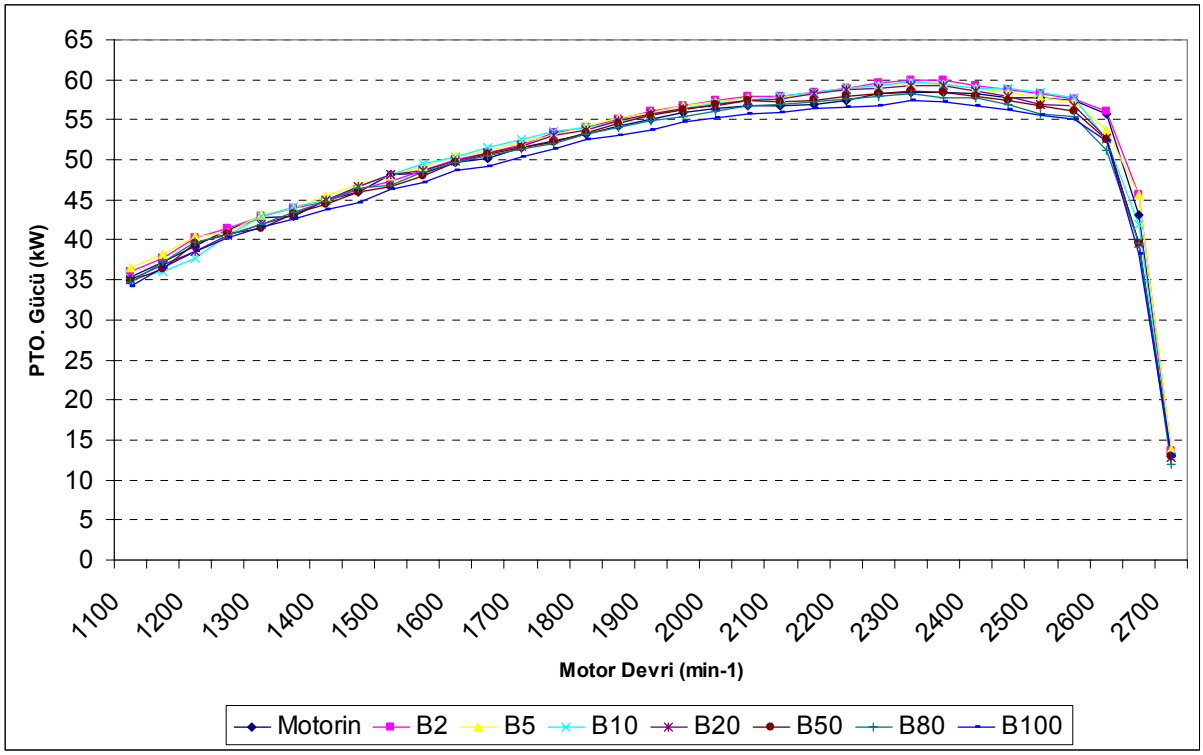
## 4.1 Motor Performansı Deneme Sonuçları

Motor performans testleri sonucunda güç, tork, saatlik yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi değerleri tespit edilmiştir. Dizel yakıt ve biyodizel yakıtı karışımlarından elde edilen motor performans eğrileri Ekler kısmında Ek.1'den Ek.16'ya kadar ayrı grafikler halinde verilmiştir.

### 4.1.1 Güç değişimleri

Denemelere dizel yakıt kullanımıyla başlanmıştır. Ardından, belirtilen karışım oranlarında dizel-biyodizel karışımıyla kuyruk mili güç testleri sürdürülmüştür. B2, B5, B10, B20 ve B50 için elde edilen PTO güç değerleri; bu karışımlar arasında B2'de en fazla olmak kaydıyla, dizele göre daha yüksek değerler elde edildiğini göstermiştir. B80 ve B100 için ölçülen güç değerleri; sırasıyla % 0,4 ve % 2,0 oranlarında dizel yakıt kullanılarak erişilen gücün altında kalmışlardır. Dizel karışım yakıtların değişik motor devirlerinde birbirine göre oluşturduğu farklar, Şekil 4.1'de görülmektedir.

Ek.17'de dizelle her karışımdaki güç çıktılarının tek tek karşılaştırıldığı eğrilerde; B80 ve B100 güç eğrileri, dizel yakıtın güç eğrisiyle karşılaştırıldıklarında, başladıkları motor devrinden nominal motor devrine kadarki çalışma aralığında yaklaşık benzer ve paralel bir ilerlemeye karşın, nominal devrin hemen öncesinde % 8,8 ve % 6,3 oranında güç azalmalasına uğrayarak motorun kendini toparlamakta güçlük göstereceği biçimde çalışamaz rejim bölgesine geçmesini engelleyememektedirler. Elde edilen sonucu, Schlink et al. (1988), Ulusoy ve Alibaş (1999) gibi bir çok yerli ve yabancı yayınlar desteklemektedir.

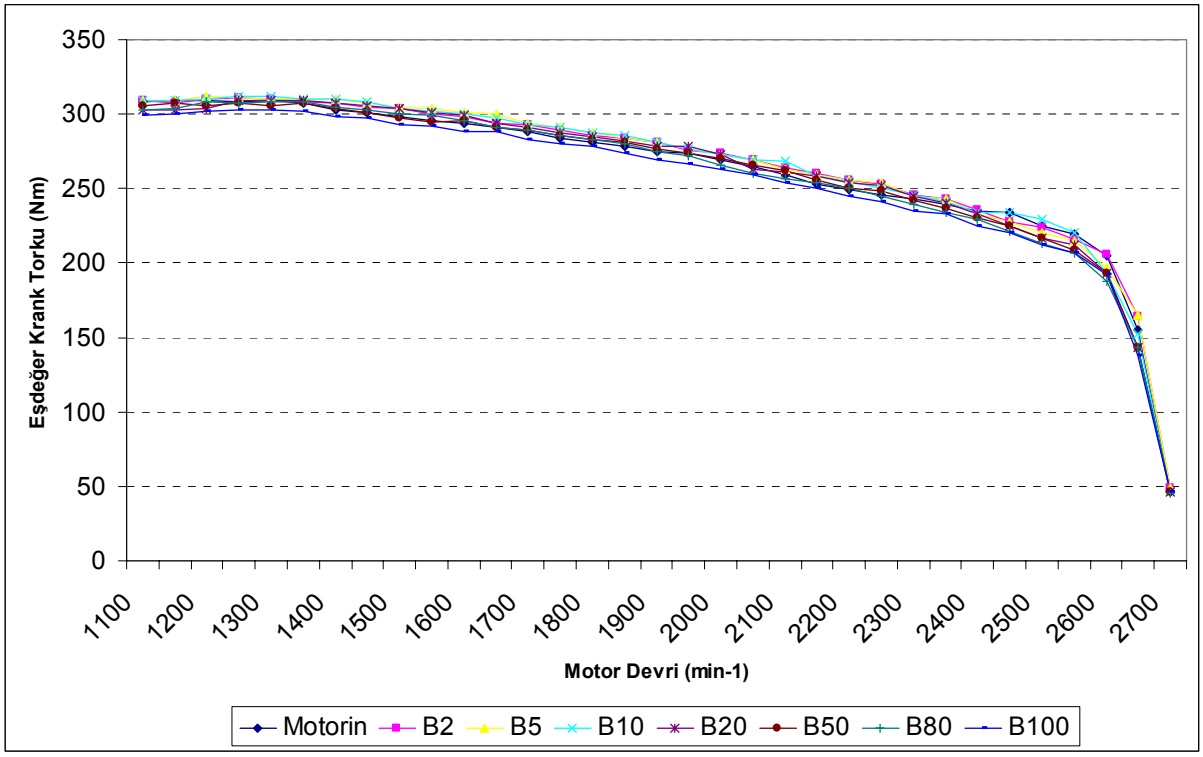



**Şekil 4.1.** Karışım yakıtların dizele göre motor devir sayısına bağlı olarak güç değişimleri

### 4.1.2 Tork değişimleri

Tork eğrileri için de; güç karakteristiğindeki karşılaştırmalara paralel veriler ortaya çıkmıştır. Tork değişim değerleri Şekil 4.2'de verilmiştir. B2, B5, B10 ve B20 için ölçülen motor tork değerleri; dizel yakıtla yapılan tork testinin üzerinde seyretmiştir. Maksimum tork değerinde de bu durum aynı biçimde sürmektedir. Buna karşılık, yine B80 ve B100 karışımlarında elde edilen torklar; dizel yakıtla yapılan teste ilişkin değerin altında kalmıştır. B50 karışımıyla üretilen değişik devirlerdeki torklar; dizel yakıtın sağladığı torklarla neredeyse çakışmaktadır. Bu tespit, motorun çalışabilir tüm devir aralığında, bu şekilde doğrulanmaktadır.

Nominal devir olan 2500 $min^{-1}$ devrinde; dizel yakıt kullanılan testin tork çıktısı; B10 yakıtı dışında, tüm karışımların üzerinde olmaktadır. Biyodizelin B20'den başlayarak artan oranlarındaki karışımları, bu motor için test sonuçlarıyla belirlenmiş olan nominal devir anlatımını bozucu etki doğurmaktadır. Bunun teknik açıklaması; nominal devir öncesinde motorun sınırlı ölçüde de olsa bayılma eğilimine girdiğidir.




**Şekil 4.2.** Karışım yakıtların dizel yakıta göre motor devir sayısına bağlı tork değişimleri

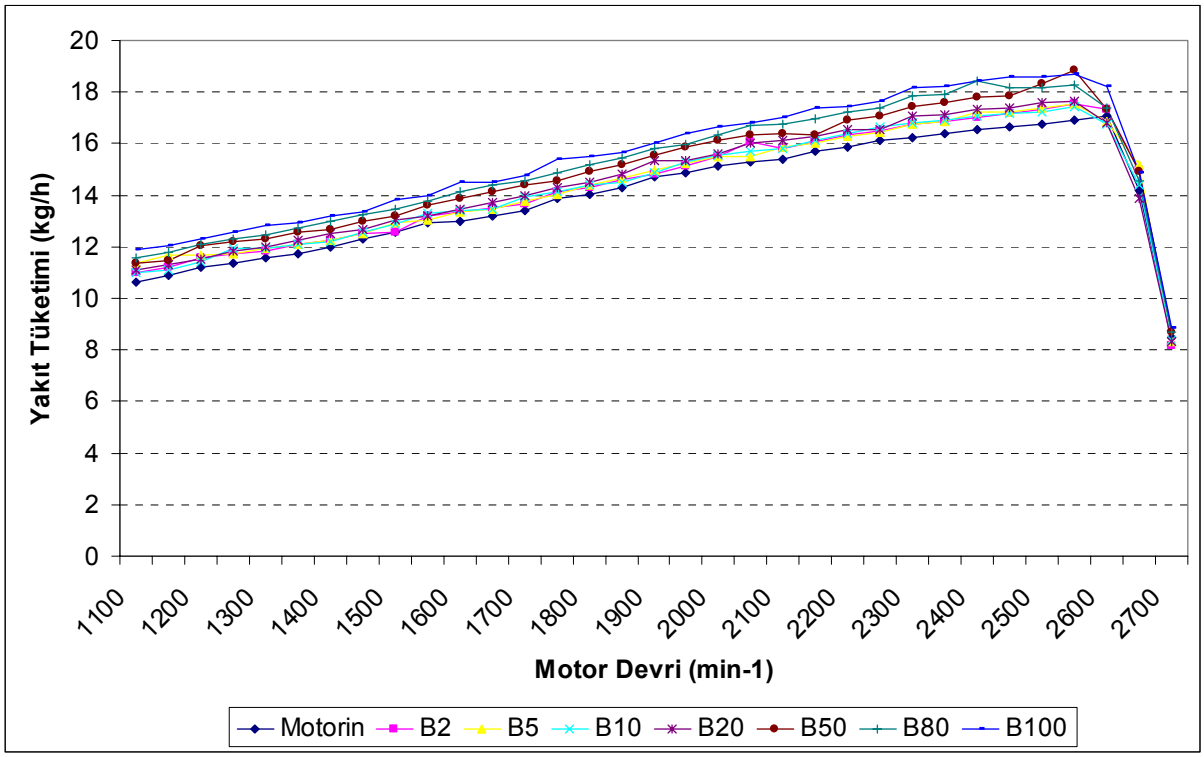
Diğer yandan; traktörün tarlada zorlandığı koşullar için analizde gözönüne alınan temel parametre durumundaki maksimum tork ve bu torkun üretildiği motor devri de değerlendirilmiştir. Tüm testlerde maksimum torka erişim; 1350 $min^{-1}$ devir sayısı dolayında gerçekleşmektedir. B2, B5, B10 ve B20 karışımlarıyla yakalanan torklar, dizel yakıtla yapılan test sonuçlarından yüksek değerler verirken; B80 ve B100 ile tamamlanan testlerde daha düşük torklar üretilmiştir. B50 tork değerleri Ek.18'de görüleceği gibi dizel yakıtın tork çıktıları ile başabaştır.

### 4.1.3 Saatlik yakıt tüketimi değişimleri

Ölçüm değerleri Şekil 4.3.'de verilmiştir. Saatlik yakıt tüketimi değerleri; nominal devir sayısına kadar artış göstererek ilerlemektedir. Değerler gözönüne alındığında elde edilen yakıt tüketim değerlerinin dizel yakıtdan daha fazla olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak biyodizel karışımlarının ısıl değerlerinin düşüklüğü ve yüksek devirlerdeki yanma süresinin kısalığı gösterilebilir. B50, B80 ve B100

yakıtları için nominal devire yaklaştıkça güç ve tork azalışları yakıt eğrisindeki yükselişe temel oluştururken, diğer karışım yakıtlar, bu bölgedeki motor karakteristiklerinin değişimlerine bu ölçüde duyarlılık göstermemektedir. Schwartz et. al. (2005) yaptıkları çalışmada B100 kullanımında dizele oranla yakıt tüketiminde % 17 B2'de ise % 6,8 artış kaydettikleri gözönüne alınırsa, bu çalışmanın bulguları ile paralellik göstermektedir.

Ek.19'da yakıt tüketimlerinin kıyaslamalı değişimlerini motor devir aralığında gözlemleme imkanı bulunmaktadır.

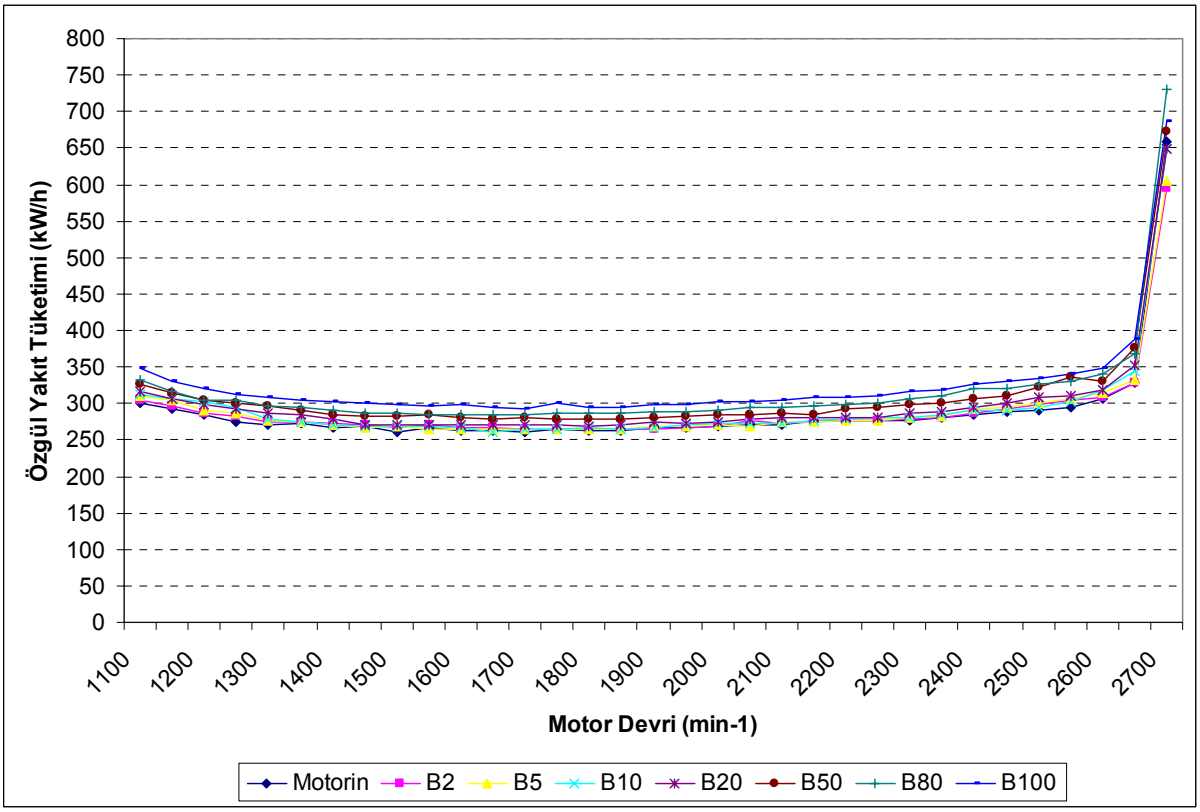



**Şekil 4.3.** Karışım yakıtların dizel yakıta göre motor devir sayısına bağlı yakıt tüketim değişimleri

### 4.1.4 Özgül yakıt tüketimi değişimleri

Dizel yakıt kullanılarak yapılan testlerde tüm biyodizel karışım oranlarındaki testlere göre daha düşük yakıt tüketimi verileri elde edilmiştir. Özgül yakıt tüketiminde; yakıtın içerisindeki karışım oranının artmasıyla birlikte karışım ısıl değerinin ters orantılı seyretmesinden kaynaklanan bir artış gözlenmektedir. Bu gelişim; B2'den

başlayarak B100'e kadar değişen test değerlerinde genel çerçevede doğrulanmaktadır. Toprak işleme uygulamalarının yoğunluk kazandığı 1200-1700 $min^{-1}$ motor devri aralığında elde edilen özgül yakıt tüketimlerinde biyodizel karışımları kendi aralarında B2'den B100'e kadarki özgül yakıt tüketimleriyle % 10,5, % 12,97 aralığında değişime uğramaktadır. Dizel yakıt ile karşılaştırıldıklarında biyodizel karışımıyla olan fark için yine 1200 – 1700 $min^{-1}$ motor devir aralığında yüzdesel fark hesaplamaları; % 5,60 ile % 9,75 arasında özgül yakıt tüketimi farkı olduğunu ortaya koymaktadır. Motorun en yüksek tork değerine ulaştığı 1300 $min^{-1}$ dolaylarında dizel yakıt ile B50 yakıtının yüzdesel farkı maksimum yaparak % 9,75'ler düzeyine ulaşmıştır. Dizel-B50 arasındaki farkın minimumu % 5,6 olarak bulunmuştur. Burada B50 yakıtı ile kıyaslama; gerek tezin deneysel verilerinde ve gerekse literatür taramasında B80 ve B100 gibi yakıtların yakıt farklılıklarının özgül yakıt tüketimini daha açık yüzdesel farklarla arttırma konusunda eşik meydana getirmesi nedeniyle B50 üzerinde yoğunlaşılmıştır. Şekil 4.5'de yakıtların özgül yakıt tüketim karşılaştırması izlenebilir.




**Şekil 4.5.** Karışım yakıtları dizele göre motor devir sayısına bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değişimleri

Traktör kuyruk mili ile yapılan tarımsal faaliyetlerin büyük bir çoğunluğu, bu traktörün 540 $min^{-1}$ standart kuyruk mili devrinde elde edilmektedir. 540 $min^{-1}$ kuyruk mili devrinin elde edildiği motor devir sayısı, 2200 $min^{-1}$ olmaktadır. Tarımsal uğraş sırasındaki değişik motor yüklenmeleri nedeniyle devir değişimi için referans alınabilecek 2150-2400 $min^{-1}$ aralığında ise, özgül yakıt tüketimi için dizel yakıtın B50 yakıtı yüzdesel farkı, dizel yakıt lehine % 2,85 - % 8 aralığında değişim göstermektedir bu fark Ek.20'de daha net gözlemlenebilir. Bu veri; Tahir ve ark. (1982) tarafından yapılan ayçiçeği-dizel performans karşılaştırma çalışmasında, maksimum gücün % 60'ında belirlenen özgül yakıt tüketimi dizel için % 6 oranında daha az olarak belirlenmiş değerle uyum göstermektedir.

### 4.1.5 Tork rezervi değişimleri

Tork rezervi gibi bir parametrenin bu çalışmada ele alınmasının nedeni; yakıtlar arasındaki maksimum motor torku farklılığının ancak % 3'ler düzeyinde oluşu ve motor işbaşarısına, bu sınırlı değişimin nasıl bir etkide bulunduğunu daha net biçimde yorumlamaya yardımcı olması düşüncesinden hareket edilmesidir.

Tork rezervi; maksimum tork ile nominal motor devrindeki torkun yüzdesel değişim oranının bir anlatımıdır. Bu değişimle zorlu koşulların motor devrinde yarattığı düşüşün tork ile karşılanabilme başarısı, yakıtlar arasında kıyaslandığında, dizel yakıtla sağlanan tork rezervinin B2 ve B5 yakıtlarında karşılanamadığı gözlenmektedir. B10 ile tork rezervinde başlayan düzelmenin, B20 ve B50'de de düzeyini koruduğu ancak B80 ile B100'de yapay bir artışla, diğer karışım yakıtların biraz üzerinde seyrettiği anlaşılmaktadır. B80 ve B100 yakıtlarıyla çalışmada, nominal devir öncesinde başlayan tork düşüşünün, yüzdesel fark bazında bakıldığında tork rezervini beslediği ancak; rezervdeki bu yükselişin, güç ve torktaki nominal devir öncesi bozulmanın pompa regülatörü tarafından kısmi olarak karşılanabilmesinin bir sonucu olarak gelişmiş olabileceğini düşündürmektedir.

## 5. SONUÇ

Dizel yakıt; B2, B5, B10, B20, B50, B80 ve B100 yakıtları ile karşılaştırmalı olarak kuyruk mili testinde yapılan deneme materyallerini oluşturmuşlardır.

Motor işbaşarısı; denemelerin de konusu olan güç, tork, saatlik ve özgül yakıt tüketimi üzerinde yoğunlaştırılmıştır. Ancak, konuya zenginlik katmak ve daha farklı bakış açıları sunmak amacıyla tork rezervi de bu karakteristikler arasına dahil edilmiştir.

Karışım yakıtların güç değerleri üzerine etkisi, yıllardır kullanılagelen dizel yakıtla kıyaslamaları esasına göre ele alınmıştır. B2'den B50'ye kadarki biyodizel karışımları, dizel motora göre daha yüksek değerlere erişmiştir. B80 ve B100 için güç çıktılarında düşüş gözlenmiştir. Yakıtın biyodizel yüzdesinde artışla birlikte kinematik viskozitesindeki artışın, enjektörlerde gerçekleşmesi gerekli atomizasyonu sınırlayıcı bir etkide bulunması, özellikle döner tip enjeksiyon pompalarının bir sorunu durumundadır. Pompa kullanım ömrü ilerledikçe etkilerin ne yönde olacağının irdelenmediği bu çalışmada, yanma veriminin viskozite ile uğradığı düşüşe de bağlı olarak B80 ve B100 yakıtlarının güç miktarlarında düşüş olmaktadır.

Güçte yaşanan düşüş, herbir genleşme zamanında elde edilen tork miktarı üzerinde de belirleyici olduğundan, tork değerleri de, dizel yakıta karıştırılan biyodizel miktarı arttıkça doğrusal olarak azalma göstermektedir. B50, dizel yakıtla eşdeğer tork düzeylerini sağlarken; B2, B5, B10 ve B20 tork değerleri, dizel yakıtın tork çıktıları üzerinde seyretmiştir. B80 ve B100 tork değerleri, güce paralel düşülerini sürdürmüşlerdir.

Saatlik yakıt tüketimi değerleri, motor karakteristik eğrilerindeki değişimlere B50, B80 ve B100 için duyarlılık göstermektedir. Diğer biyodizel karışımları ve dizel yakıtta ise tüketim değerleri birbirine yakın değerlerdedir.

Özgül yakıt tüketimi için dizel yakıt tüm ikili karşılaştırmalarda biyodizel seçeneklerine göre avantajlı durumdadır. Biyodizel karışım oranlarındaki değişiklik, özgül yakıt tüketiminde kendi aralarında da kopmalara ve önemli farklılık düzeylerinin oluşmasına yol açmıştır. Motorun maksimum torku için B50 yakıtının yüzdesel farkı, dizel yakıttan % 9,75 oranında yüksek gerçekleşmiştir. B80 ve B100 yakıtlarının güç ve tork olarak dizel yakıtla kıyaslamada geride kalması, dikkatleri B50'nin torkundaki dizele eşdeğerliğin de etkisiyle yakıt kıyaslamasına toplamıştır. Biyodizelin hangi sınırda, dizel yakıta yakın bir performans sergilediği araştırılmak istenirse B50 ve dolayındaki yakıt seçeneklerinin dizelle

başabaş eğriler oluşturduğu görülmektedir. Ancak, bu rekabet dizel yakıt lehine ve saatlik yakıt karşılaştırmasında bozulmuştur.

Yüksek motor devirlerinde de dizel yakıt daha ekonomik olduğuna ilişkin göstergeler sunmuştur. 2150 – 2400 $min^{-1}$ devir aralığında dizel yakıt % 2,85 oranıyla minimal, ama % 8'ler düzeyine varan farkıyla da yine bu işletim aralığında, maksimum farka yakın farklar üretmiştir.

Çeki direncindeki artışları yedeklenmiş tork ile karşılama konusunda (tork rezervi) B2 ve B5 yakıtlarının motora fazlaca bir getirisi oluşmamıştır. Bir diğer deyimle, dizel motora göre B2 ve B5 ilk kez bu karşılaştırma parametresinde bir miktar geride kalmış gözükmektedirler. Ancak B10 karışım yakıtıyla motorun tork rezervindeki iyileşme B20 ve B50 ile devam etmektedir. Yine de diğer karışım yakıtlarının; B80 ve B100 yakıtlarıyla güç ve torkta yaşanan düşüşle nasıl bir fark doğurduğu incelendiğinde; tork eğrilerinin birbiriyle sıkı takipte ilerlediği tanıtım eğrilerinde, rezerv açısından da bir üstünlük sağlayabilecek farklılık potansiyelinde olmadıkları görülmemektedir.

Buradan hareketle; biyodizelin motor tanıtım eğrilerinde dizel yakıta belirgin bir üstünlük sağlamadığı gibi, dizel performansının gerisine düşüp sonuçları itibarıyla seçenek olmaktan uzaklaşacak bir yakıt da değildir denilebilir. Özellikle küresel ölçekte bakıldığında, bazı motor imalatçılarının da kullanımını önerdiği B5'in, motor performansı yönünden çoğunlukla dizel yakıtın üstünde, ancak saatlik ve özgül yakıt tüketimi yönünden de bir miktar ileriye çıkmış bir yakıt seçeneği olduğu söylenebilir.

Bu yakıt, performans yönünden incelendiğinde dizel yakıta alternatif olarak gösterilebilir fakat kullanımıyla ilgili önlemler alınmaz ise doğabilecek sakıncalar vardır. Motor imalatçıları ve tedarikçilerinin biyodizel kullanımıyla ilgili uyarıları dikkate alınarak, toplumsal bir bilinçlenmenin sonrasında gelişmiş ülkelerdeki biyodizel tüketim kalıplarının benimsenmesi, ülke yararına olacaktır.

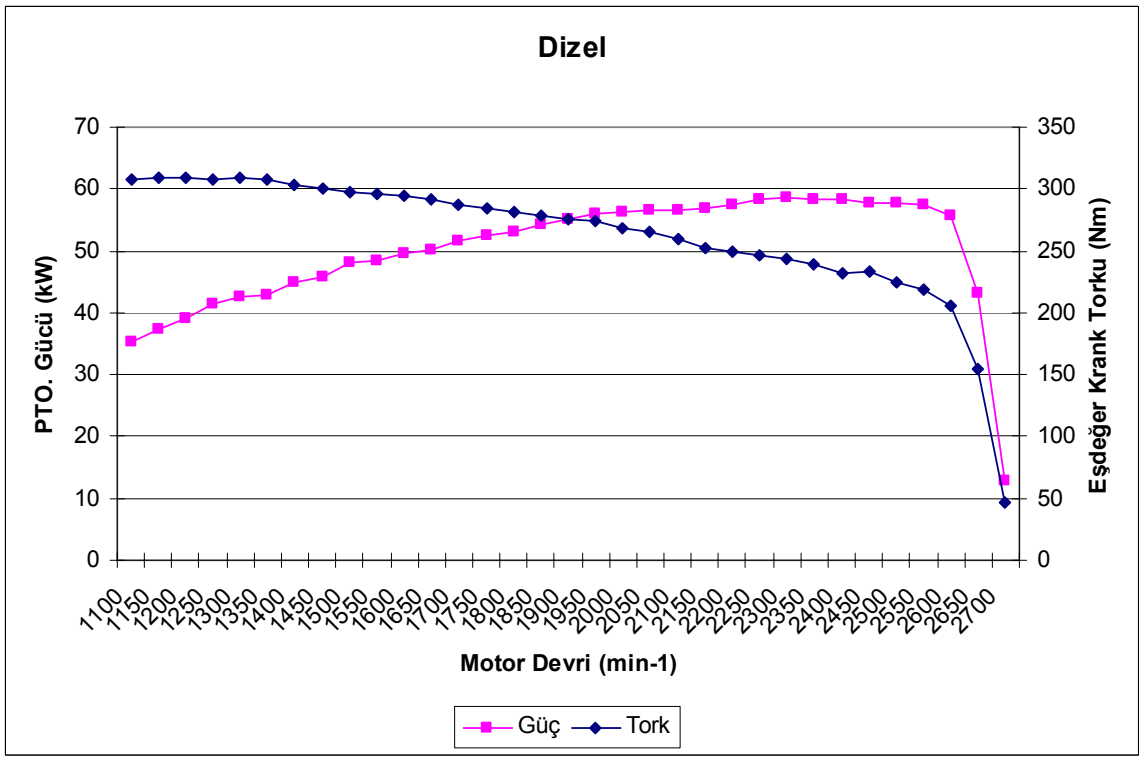
Biyodizel de diğer enerji kaynakları gibi bir üretim döngüsüne sahiptir. Halihazıdaki yapı, ister istemez çiftçileri bu yapının dışında bırakmıştır. Tarımsal üretimde de kendi enerjisi için otoprodüktör konuma getirilebilecek bir kesim olan çiftçiler, döngü içerisine alınarak, insiyatif sahibi kılınarak tarımsal üretimde dünya üreticileriyle rekabet edebilir düzeye getirilebilirler.

Biyodizel üretmek ve kullanmak açısından yeterli altyapıya sahip olan Türkiye, tarımda kullanılmayan önemli bir arazi büyüklüğüne sahiptir. Nadasa bırakılan alanlarda toprak için yorgunluk yaratmayacak düzeydeki besin maddesi tüketimleriyle, yağlık tohumların yetiştirilmesi, çiftçilerimizin gelirini iki farklı yönde arttıracak bir çözüm yoludur.

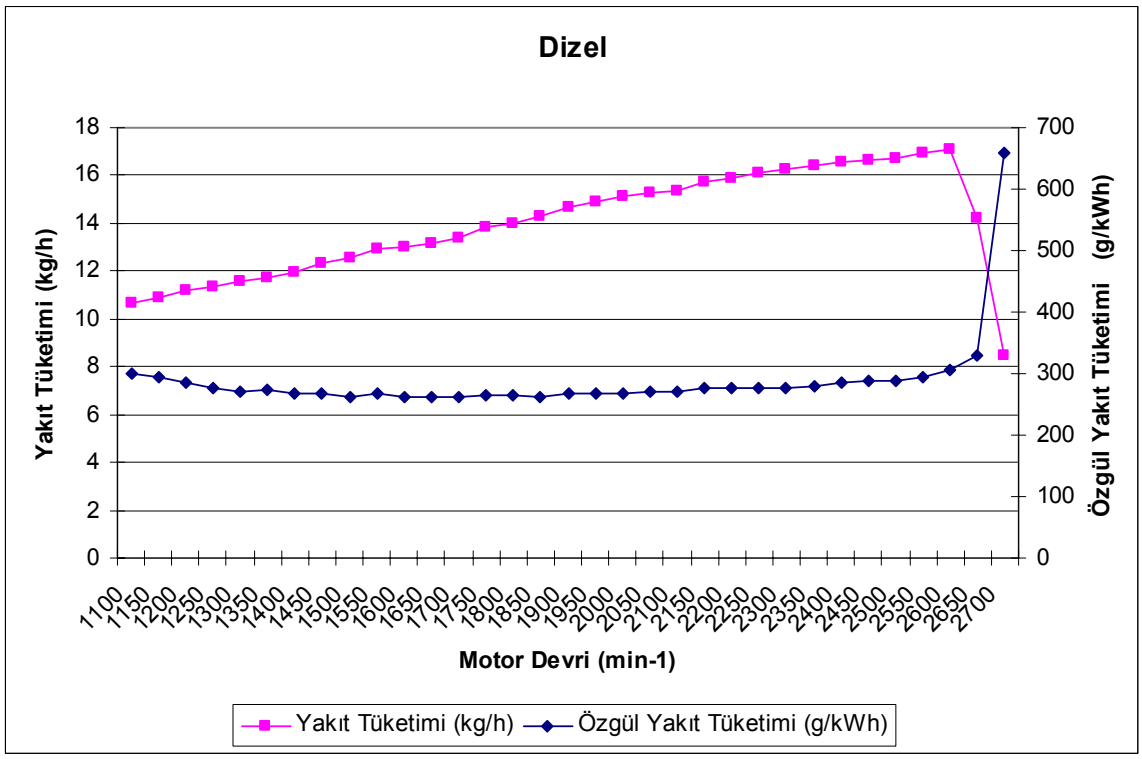
Bu gibi alanları, biyodizel girdisi olacak yağlık bitkilerin tarımına açmak yoluyla değerlendirmek, yadsınamaz değerdedir. Çiftçi birlikleri ve kooperatifler temelinde başlatılacak bu yapılanmanın, tarımsal kalkınma için de bir destek niteliği taşıması sözkonusudur. Bu koşulda; ham petrol alım hacmi azalacak olan ülkemiz, öte yandan sübvansiyon ve destekleme gibi bugünün Türk tarımında çiftçiyi ayakta tutan bazı kalemlerin de bütçelenmesi gerekliliğini azaltacak bir gelişmeyi beraberinde yaşayacaktır.

Çiftçilere yağlık tohum üreticiliği yönünde sunulacak pratik bilgileri ulaştırmanın yanısıra, kaliteli biyodizel üretimi için gerekli pilot çalışmaları hızla gündeme yerleştirmek ve tüm bu düşünceleri hayata geçirebilmek için biyodizel üretiminde yasal düzenlemelere hızla şekil vermelidir.

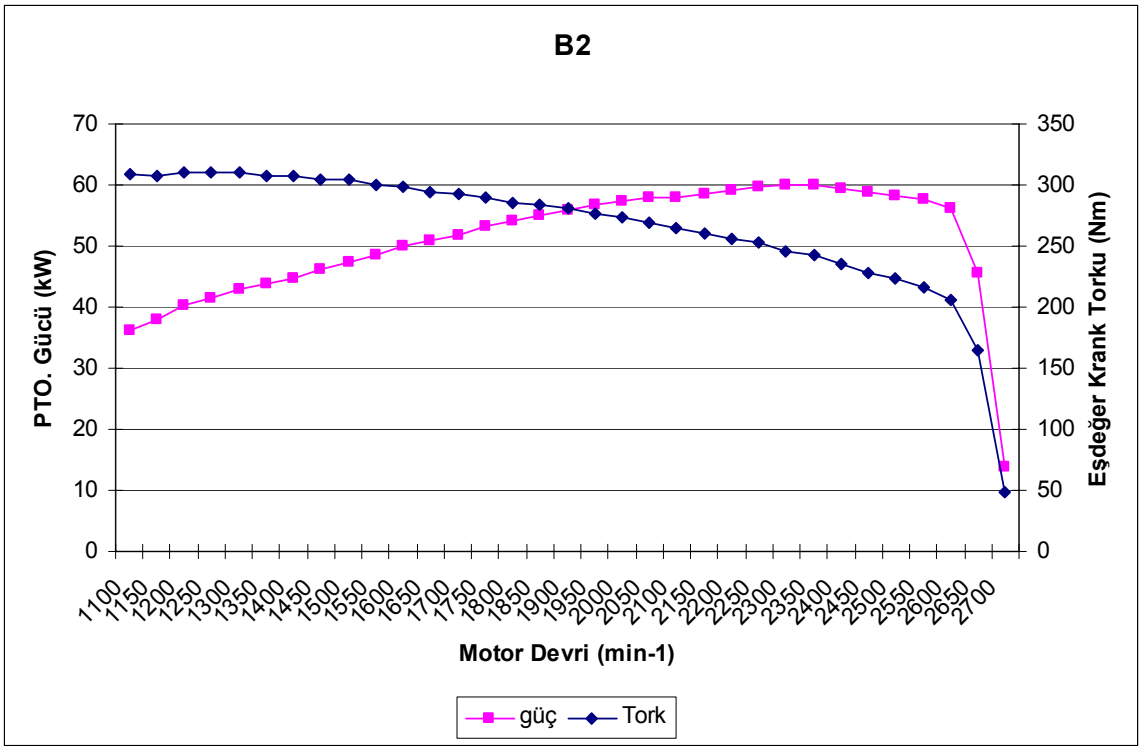
## 6. EKLER



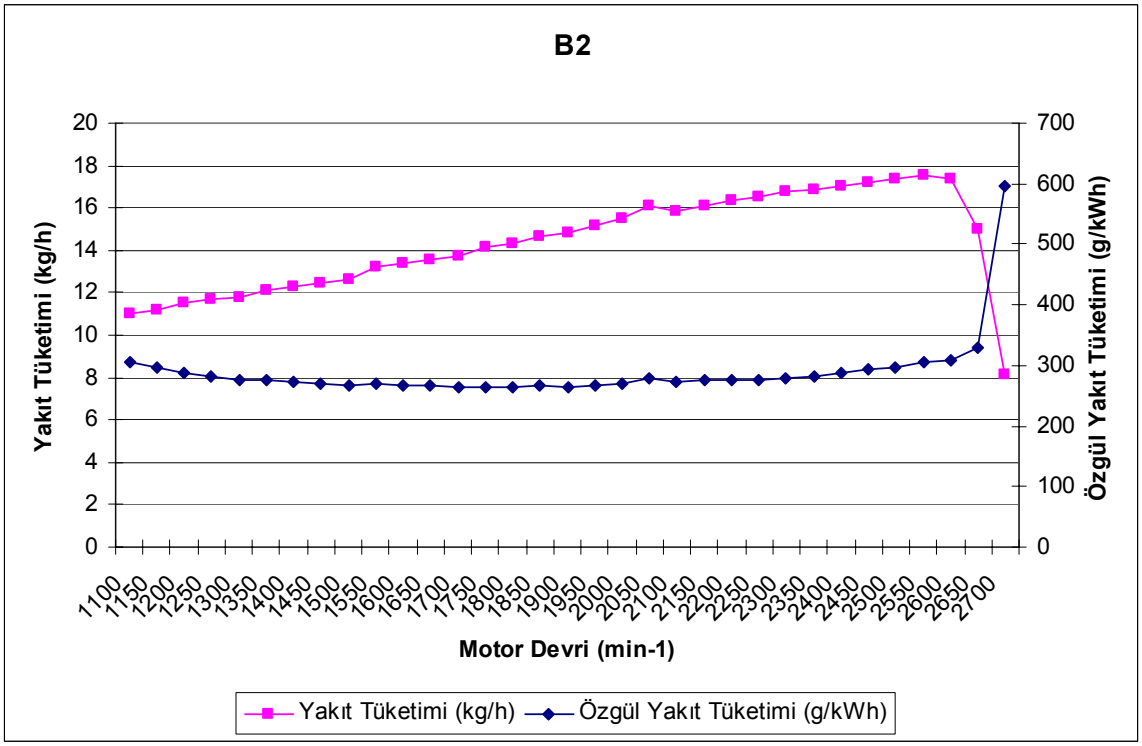

**Ek.1.** Dizel yakıtın motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi



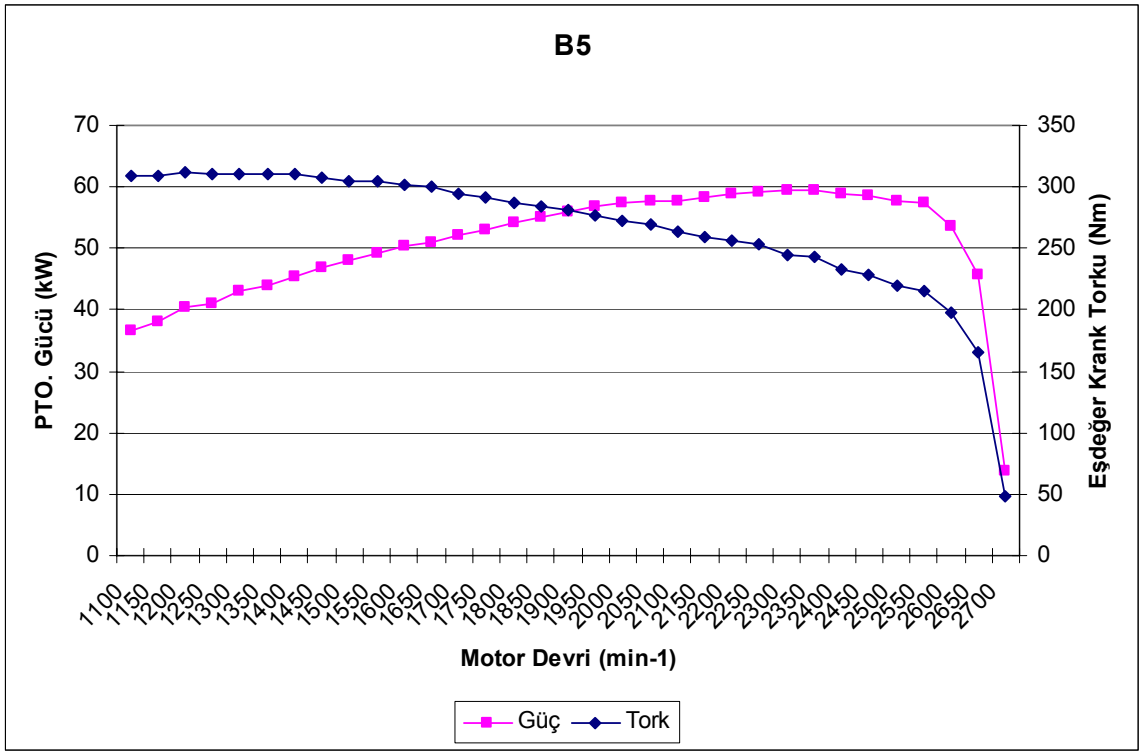

**Ek.2.** Dizel yakıtın motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi



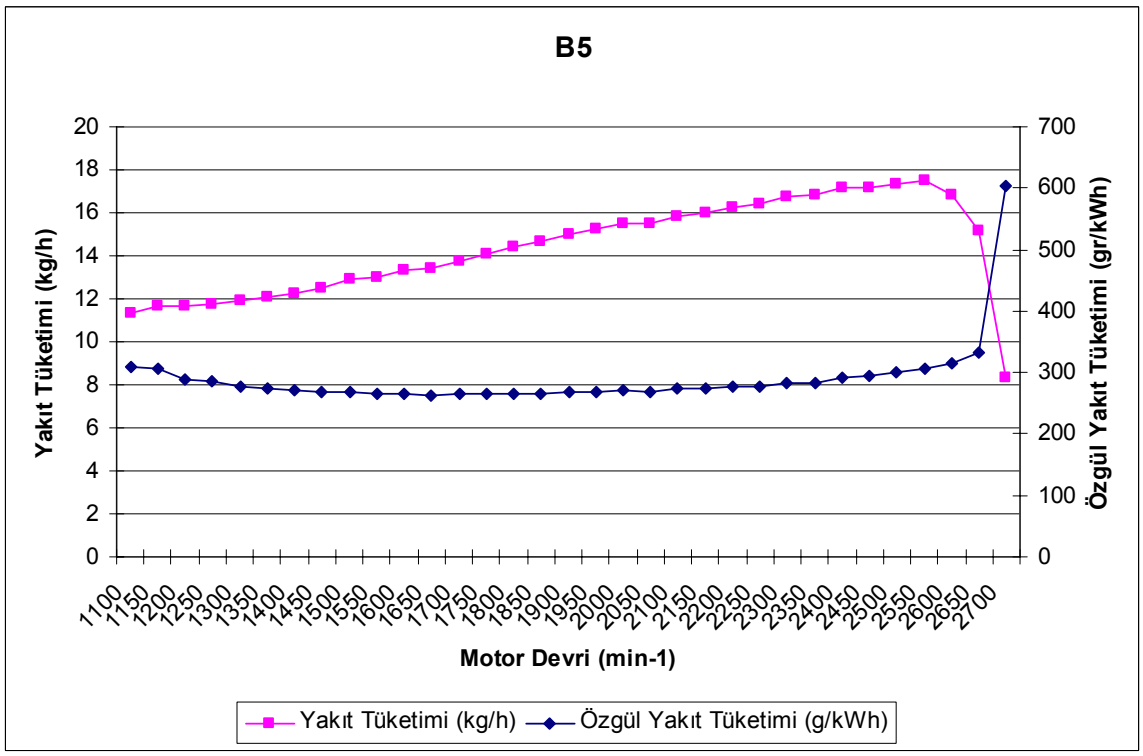

**Ek.3.** B2 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi



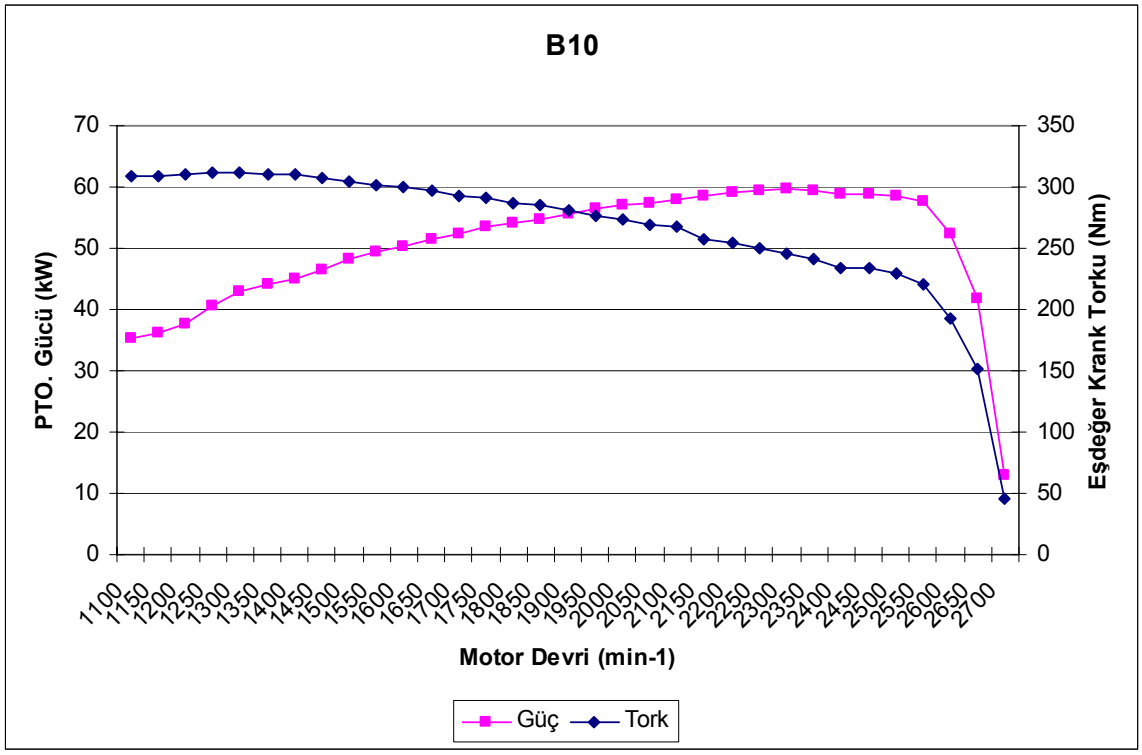

**Ek.4.** B2 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi



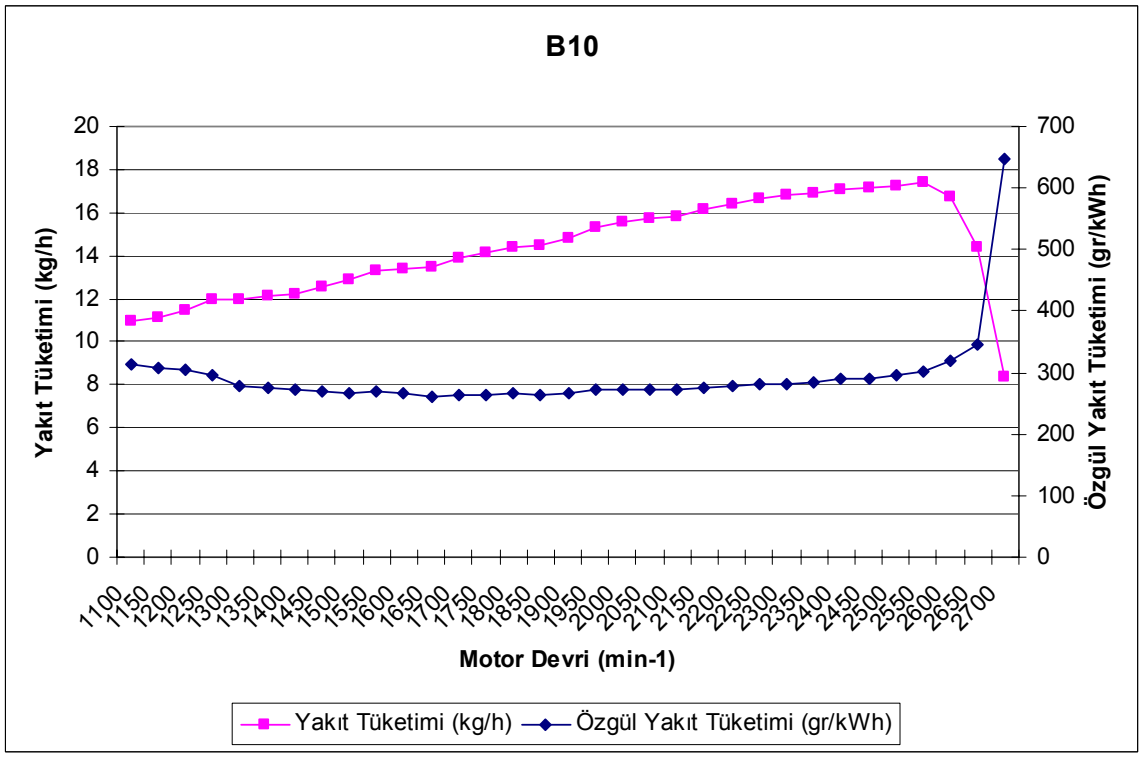

**Ek.5.**B5 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi



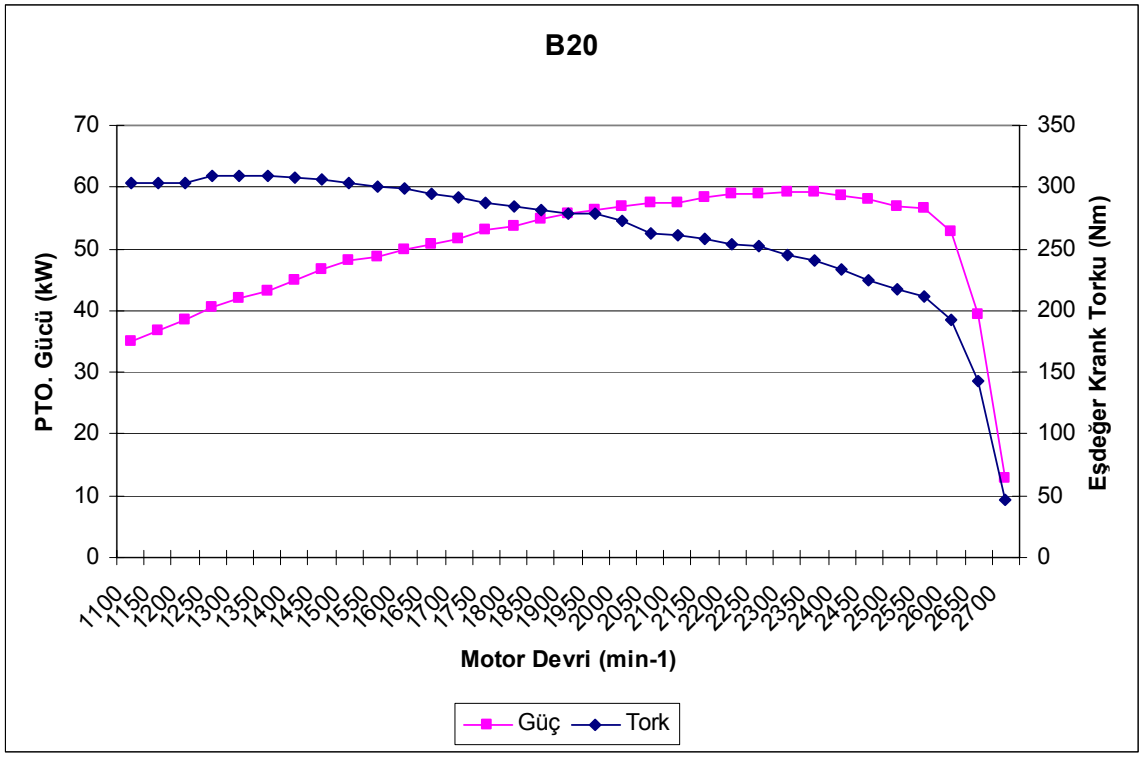

**Ek.6.** B5 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi



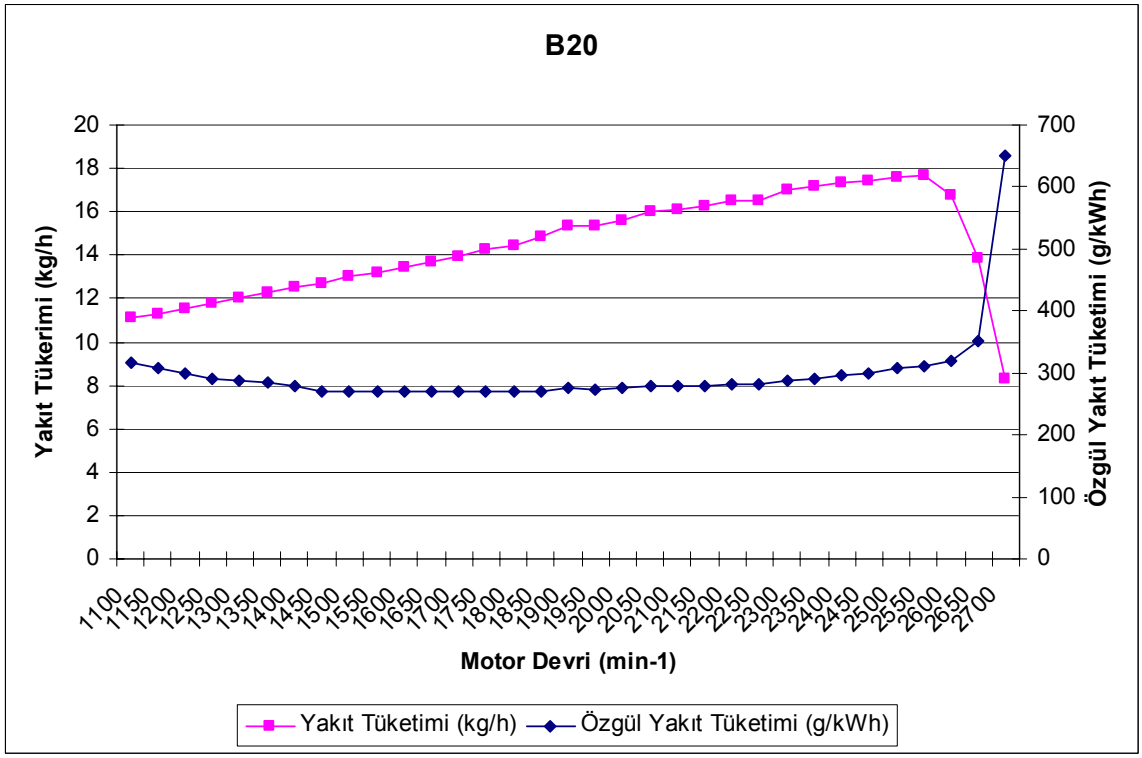

**Ek.7.** B10 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi



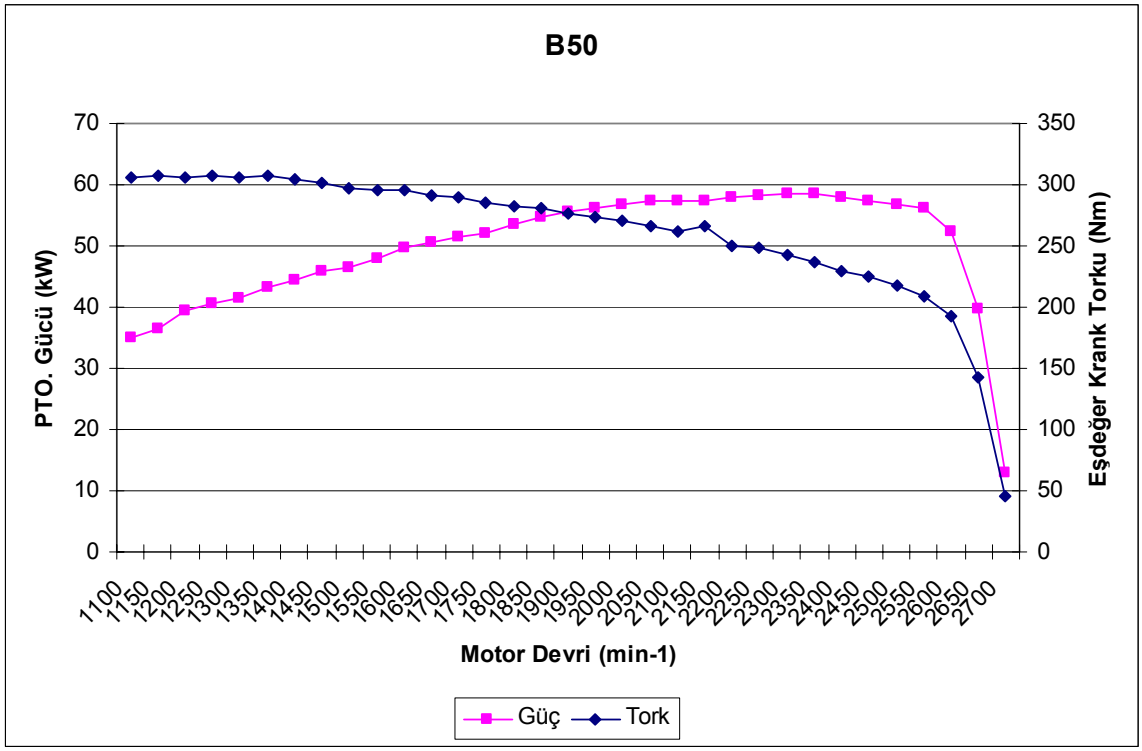

**Ek.8.** B10 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi



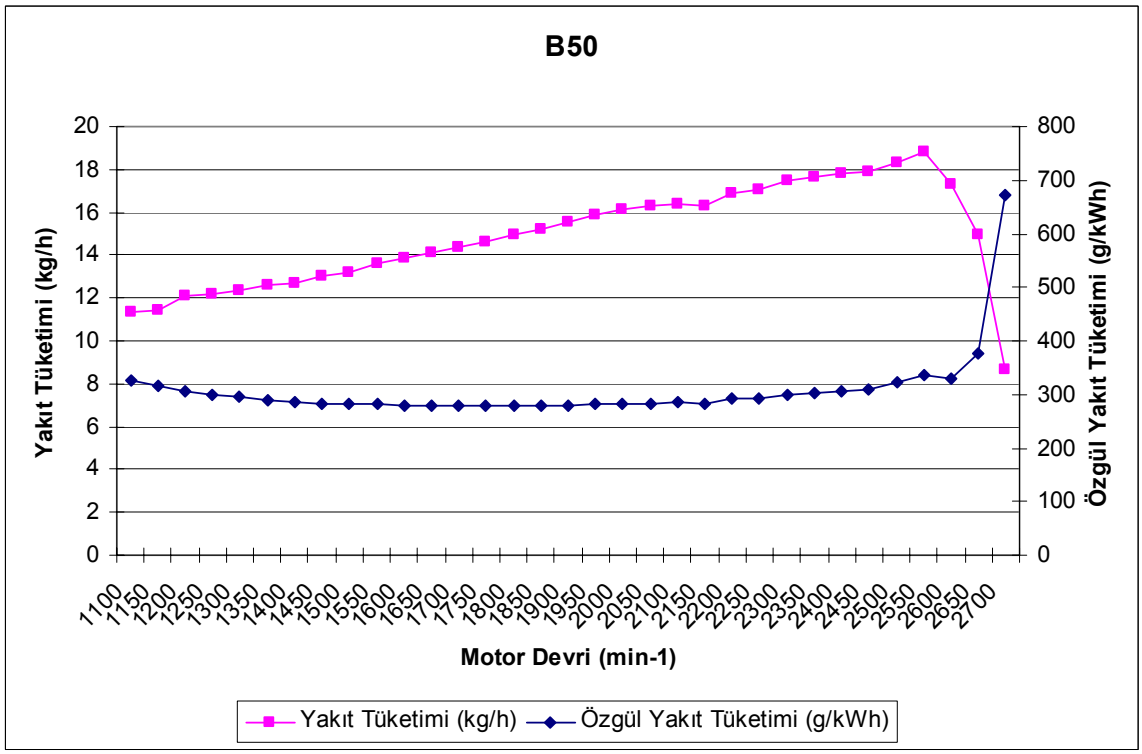

**Ek.9.** B20 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi



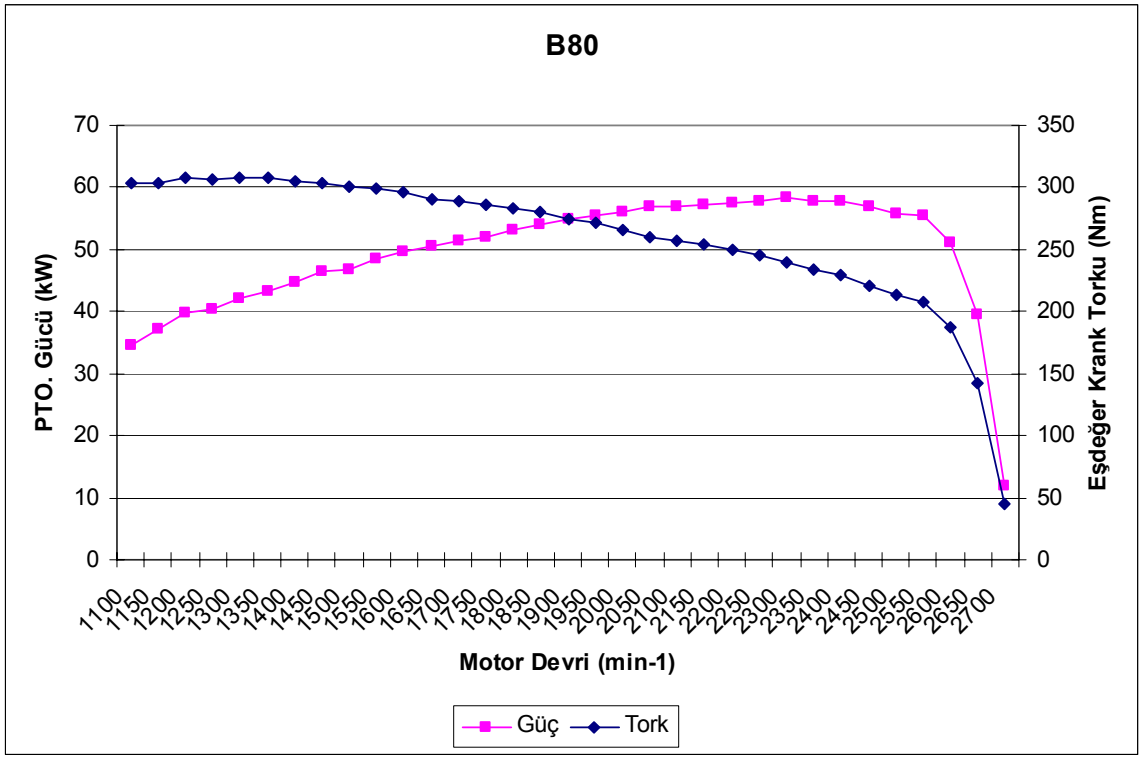

**Ek.10.** B2O yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi



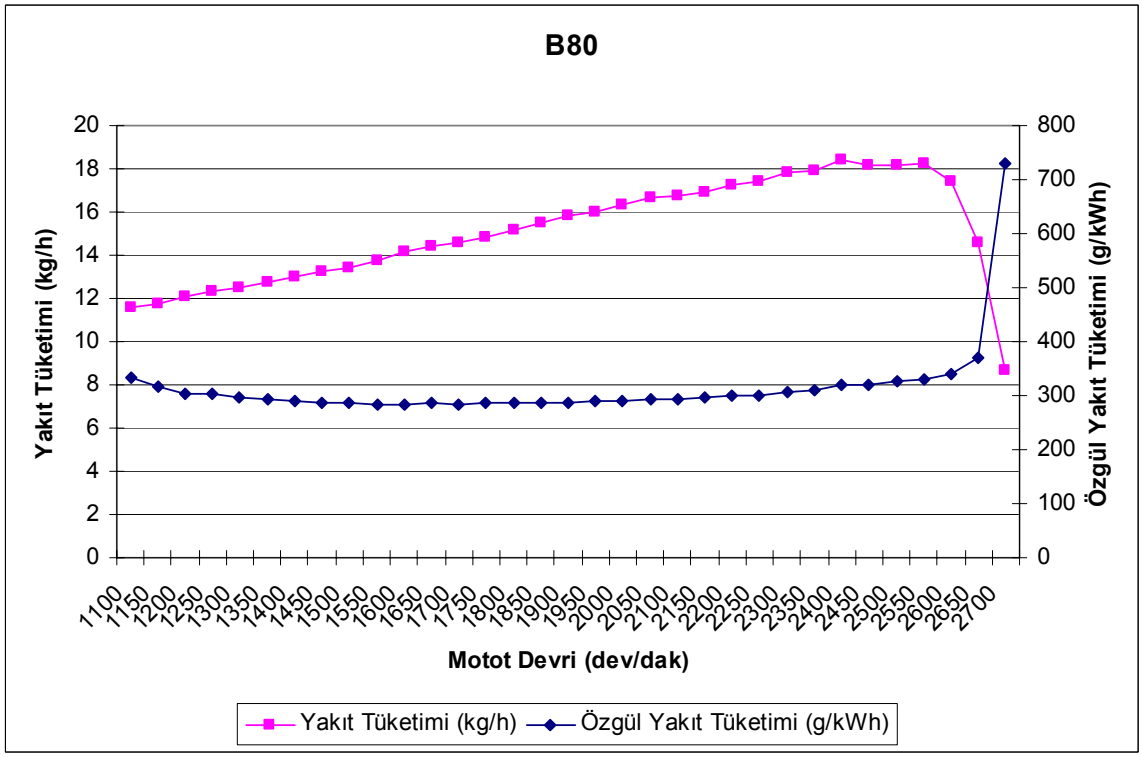

**Ek.11.** B50 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi



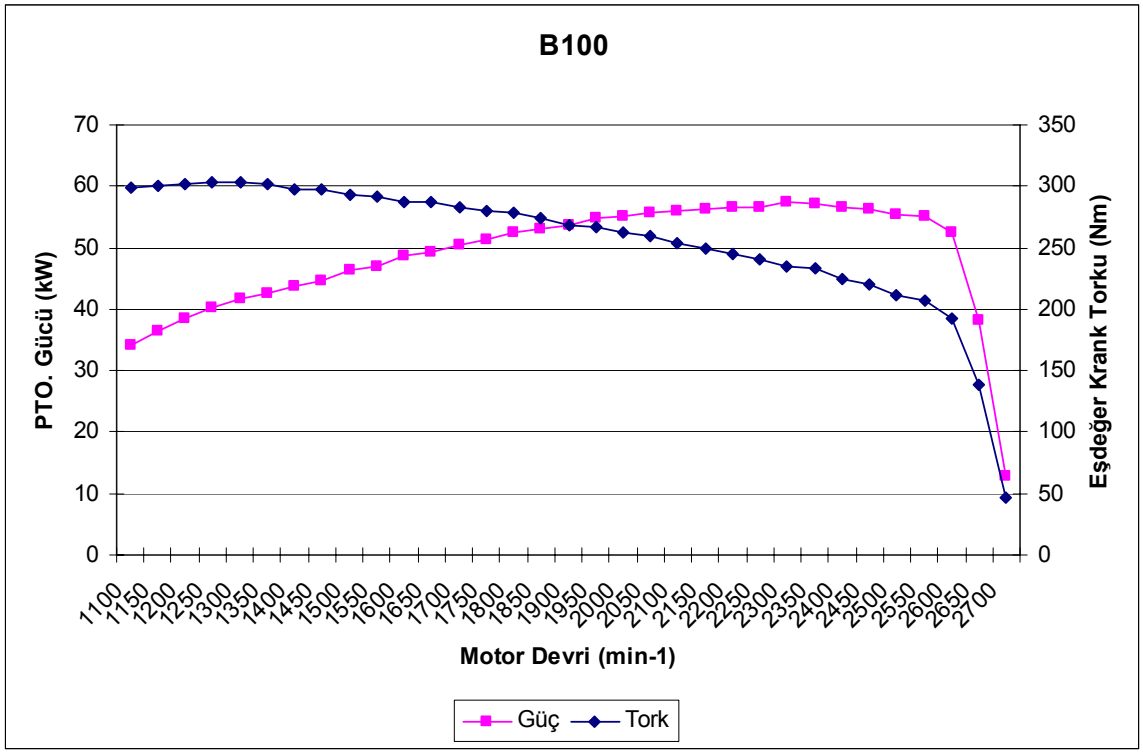

**Ek.12.** B50 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi



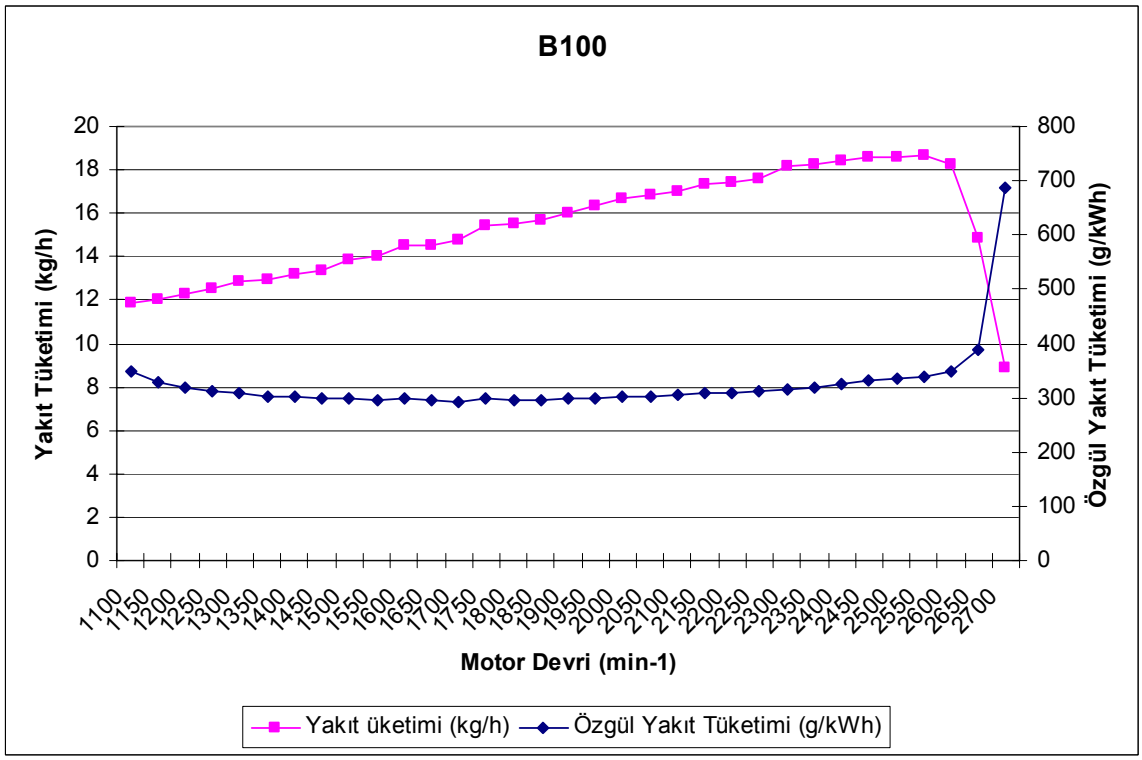

**Ek. 13.** B80 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi



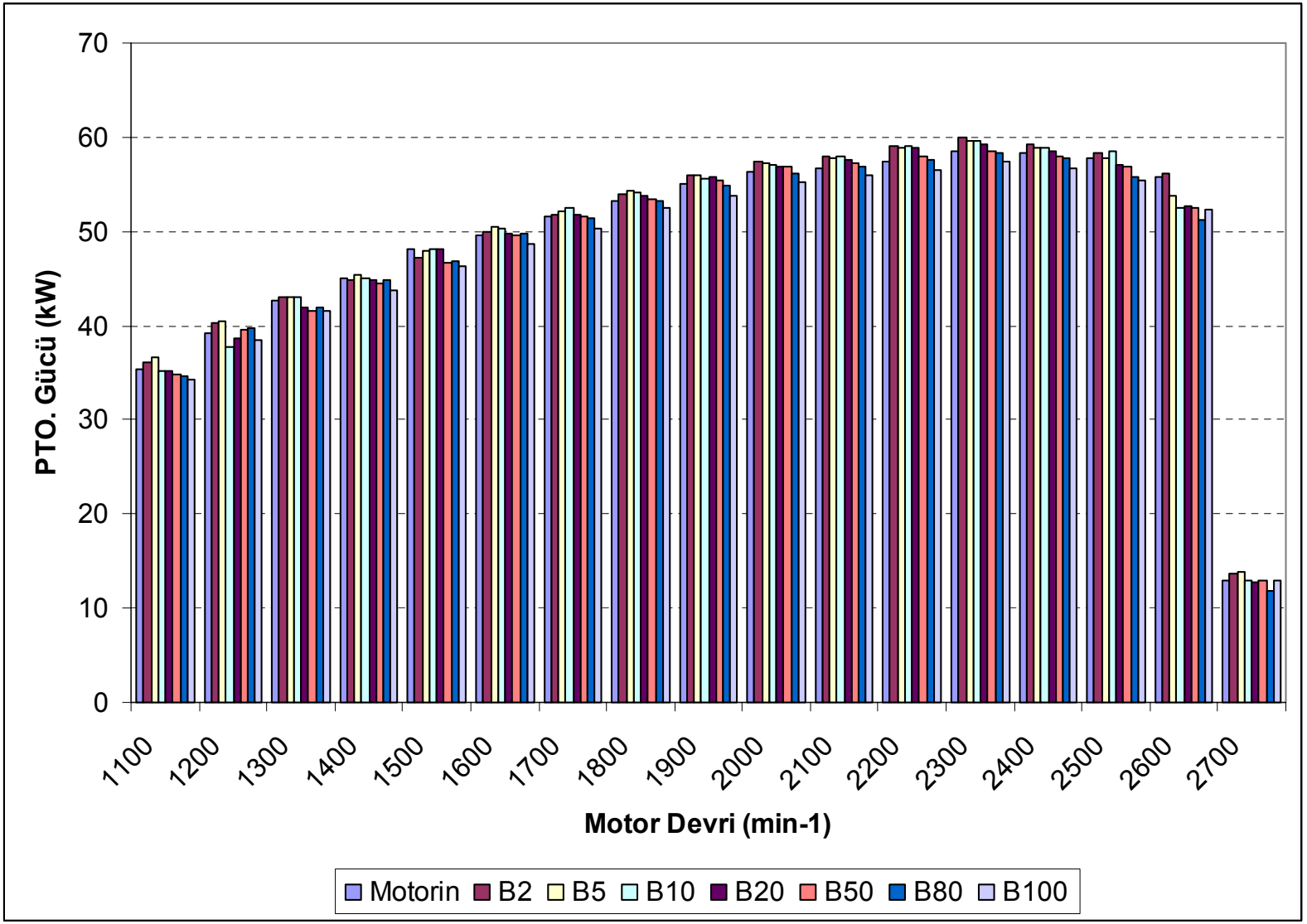

**Ek.14.** B80 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi



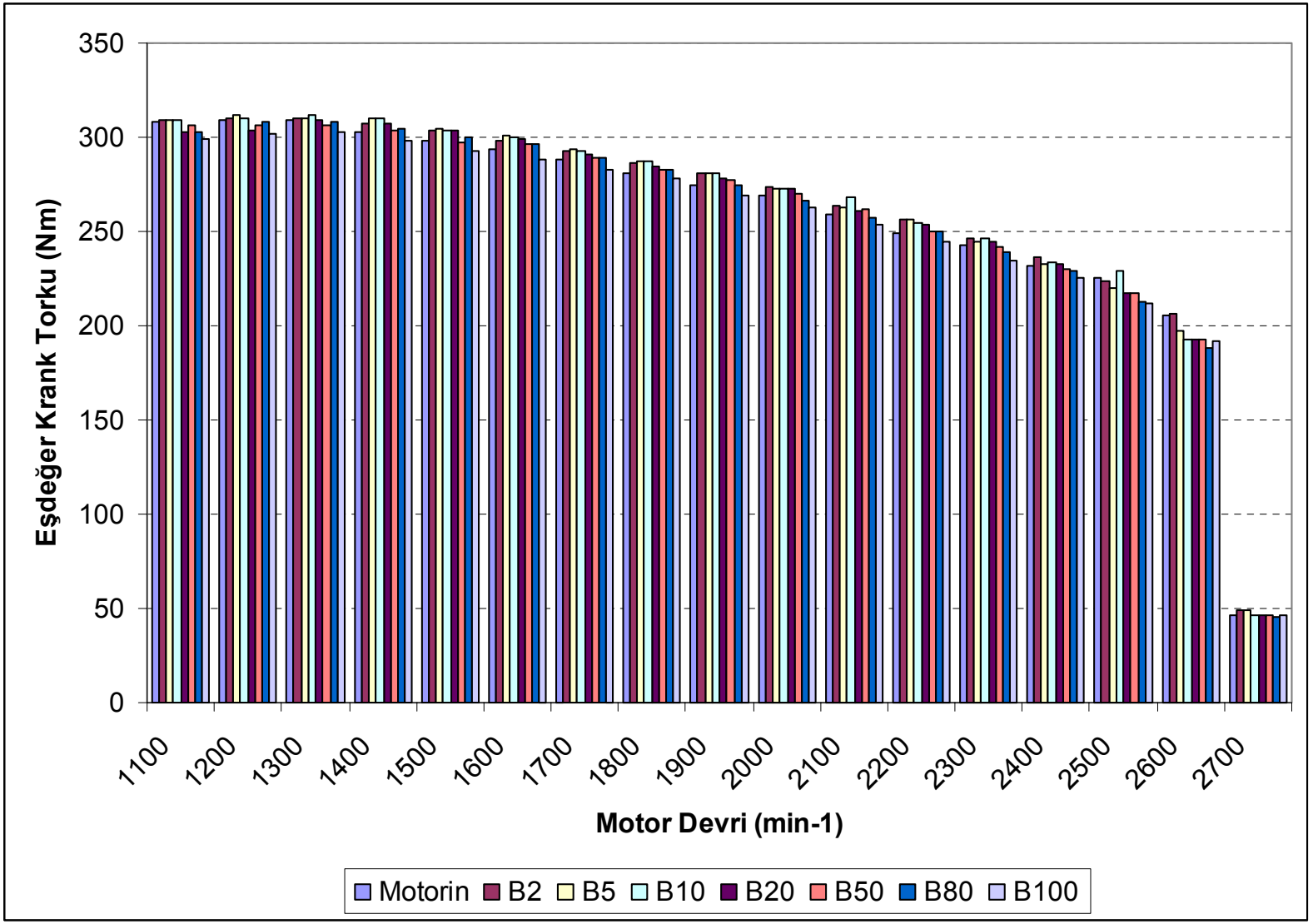

**Ek.15.** B100 yakıtının motor devrine bağlı olarak güç ve moment değişimi



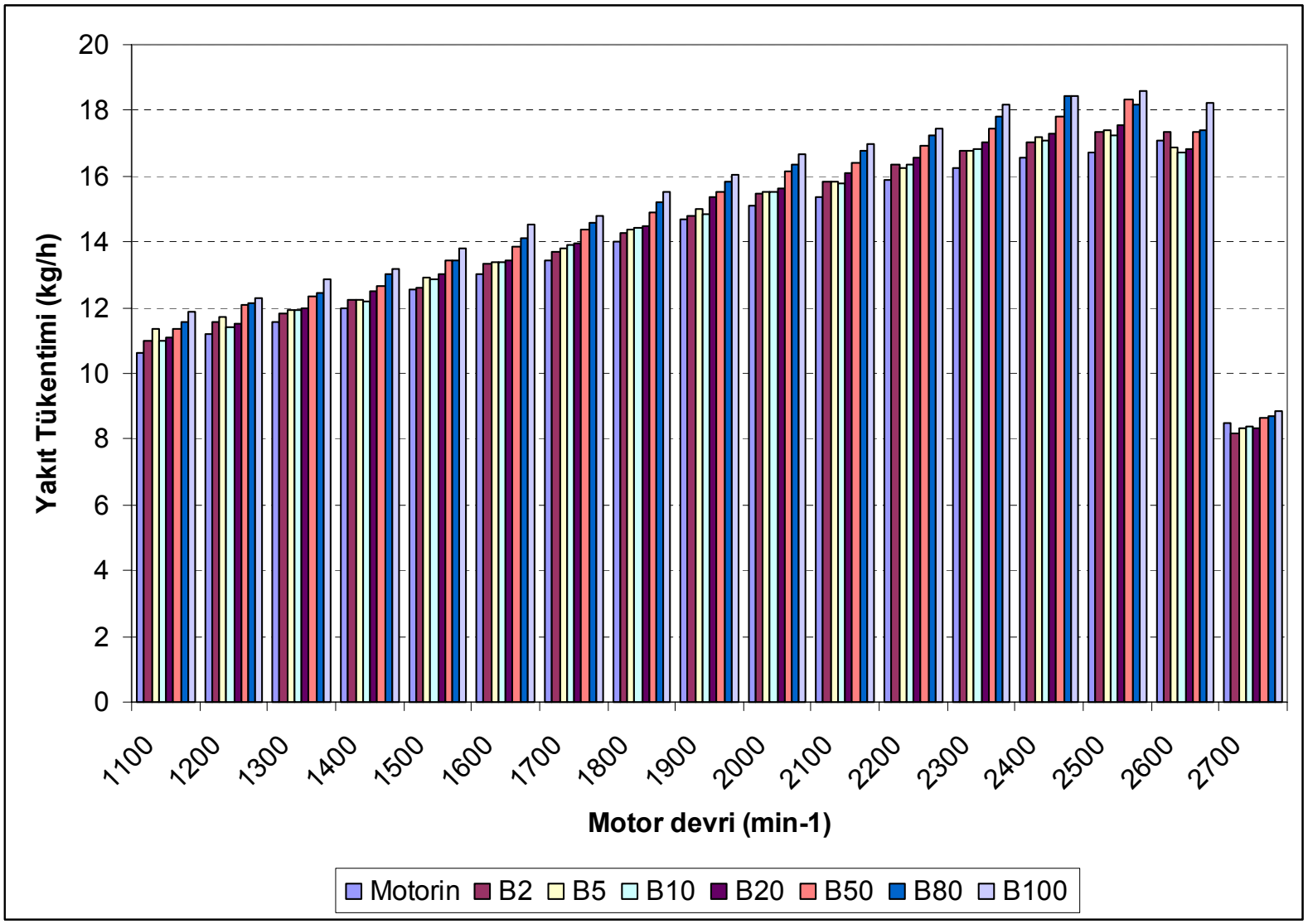

**Ek.16.** B100 yakıtının motor devrine bağlı olarak saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi değişimi



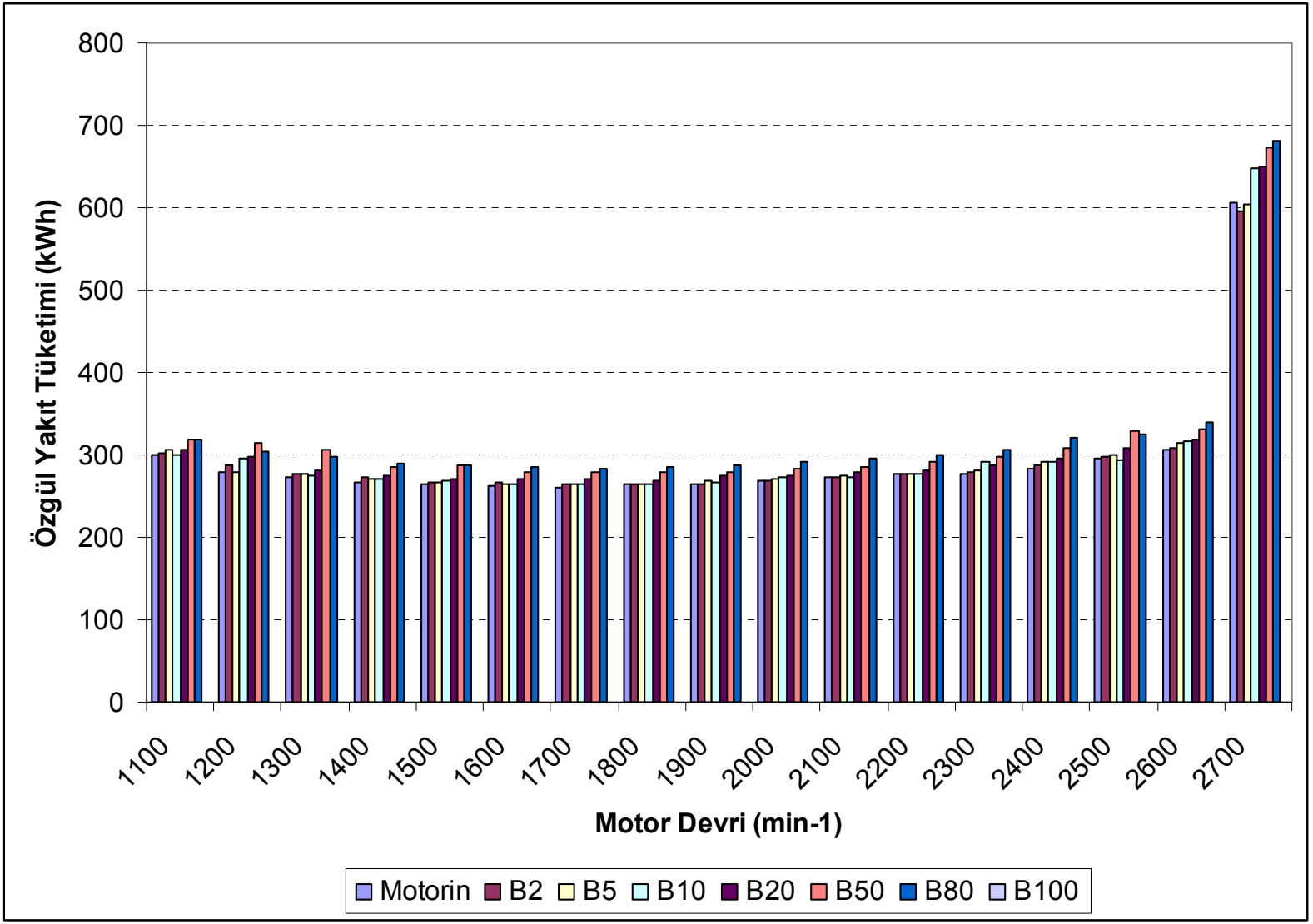

**Ek.17.** Karışım yakıtların dizele göre motor devir sayısına bağlı olarak güç değişimleri




**Ek.18.** Karışım yakıtların dizele göre motor devir sayısına bağlı olarak tork değişimleri




**Ek.19.** Karışım yakıtların dizel yakıta göre motor devir sayısına bağlı yakıt tüketim değişimleri




**Ek.20.** Karışım yakıtların dizel yakıta göre motor devir sayısına bağlı yakıt tüketim değişimleri

## KAYNAKLAR


**ACAROĞLU, M., TURCAN, H. ve ÖZÇELİK, E., 2003.** Biyomotorin üretiminde enerji bilançosu ve yaşamsal döngü analizi. Tarımsal Mekanizasyon 21. Ulusal Kongresi Pp: 10-17 Eylül 3-5, Konya.

**AL-HASAN, M., 2002.** Oil from pistachia Palestine as a fuel. Biomass and Bioenergy, Vol:23 Pp : 381 – 386.

**ALİBAŞ, K. ve ULUSOY, Y., 1995.** Bitkisel yağların Diesel motorlarda yakıt olarak kullanım olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi. Pp: 147, Eylül 5- 7, Bursa.

**APFELBECK, R.** 1986. Production and processing of plant oils and by-products to fuels. Biomass conversion for energy thermo chemical conversion, Proceedings of the first technical consultation Cf CNRE, October 14 – 17, Germany.

**ANONİM. 2001.** http://www.tuik.gov.tr

**ANONİM. 2003.** TC. Başbakanlık Dış Ticaret Müsteşarlığı Ekonomik Araştırmalar ve Değerlendirme Genel Müdürlüğü Dünyada ve Türkiye'de Petrol Pp: 29, Ankara.

**ANONİM. 2004a.** TC. Bayındırlık ve İskan Bakanlığı Karayolları Genel Müdürlüğü 2006-2010 Stratejik Planı, Ankara.

**ANONİM. 2004b.** http://www.tuik.gov.tr

**ANONİM. 2004c.** http://www.tuik.gov.tr

**ANONİM. 2006a.** http://www.tupras.com.tr

**ANONİM. 2006b.** http://www.kobifinans.com.tr

**ANONİM. 2006c.** http://www.mda.state.mn.us/ethanol/balance.html

**ANONİM. 2006d.** http://en.wikipedia.org

**ANONİM. 2006e.** Petrol Ürünleri Denetim Analizleri Deney Raporu ODTÜ Petrol Araştırma Merkezi Pal. Ref. No: 6-19, Ankara.

**ANONİM. 2006f.** New Holland TD Tractors Operator's Manual.

**ANONİM. 2006g.** Tractor Test Centre Instruction Manual 11/00/TTC.

**AR, F.F. 2005.** Biyodizel. Kimya Mühendisliği Dergisi. Sayı 167.

**ARSLAN, R., ULUSOY, Y. ve SÜRMEN A., 2006.** Türkiye'de "Biyodizel" Potansiyeli. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, Pp: 135–139, 2006, Bursa.

**BRAUN, D. E. ve STEPHENSON, K. Q., 1982.** Alternative fuel blends and diesel engine tests. Paper No. 294, Proceedings Of the International Conference On Plant and Vegetable Oils as Fuels. Holiday Inn Fargo, Agust 2 - 4, North Dakota.

**ERDOĞAN, D., 1991. "**Bitkisel yağların dizel motorlarda yakıt olarak kullanılması", Tarımsal Mekanizasyon 13. Ulusal Kongresi. Pp:30 Eylül 25-27, Konya.

**ERDOĞAN, D., ONURBAŞ, A., 1994.** "Küçük güçlü bir dizel motorunun yakıt olarak kullanılan bazı bitkisel yağlarla ölçülen performans değerleri". Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı. Cilt: 44, Fasikül No: 1-2, Ankara.

**ERDOĞAN, D. ve MOHAMMED A.A., 1997.** Yakıt Olarak Kullanılan Bazı Bitkisel Yağların Dizel motor Performanslarına Etkileri". Tarımsal Mekanizasyon 17. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı, 17 – 19 Eylül, Tokat.

**GATES, B. K., 1980.** An analysis of engine performance with varios mixes of diesel fuel and soybean oil. M.S. Thesis, Department of Agricultural Education and Mechanization in the Graduate Scholl, Southern İllinois University at Carbondale.

**IŞIĞIGÜR, A., 1992.** Türkiye kökenli aspir tohum yağlarının transesterifikasyonu ve dizel yakıt alternatifi olarak değerlendirilmesi. Yayınlanmamış Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İTÜ, İstanbul.

**KARABEKTAŞ, M., 2004.** "Dizel Motorunda Yakıt Olarak Biomotorin Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin Belirlenmesi. 8. Uluslararası Yanma Sempozyumu, 8-9 Eylül, 2004, Ankara.

**KARAOSMANOĞLU, F. ve AKSOY, H.A., 1994.** Kullanılmış kızartma atık yağının seyreltme yöntemi ile alternatif yakıt olarak değerlendirilmesi. Türkiye 6.Enerji Kongresi. Pp: 461, Ekim 17 – 22, İzmir.

**KARAOSMANOĞLU, F., KURT,G. and OZAKBAŞ, T., 2000.** "Long term CI engine test of sunflower oil. Renewable Energy"Vol. 19 (2000), Pp: 219-221

**KAYIŞOĞLU, B., ÜLGER, P., AKDEMİR, B. ve AYTAÇ, S., 2006.** Bir Dizel Motorda Dizel Yakıta Belirli Oranlarda Karıştırılan Bitkisel Yağların Motorun Bazı Karakteristik Değerleri Etkisinin Saptanması Üzerine Bir Araştırma, Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergis Pp: 16-24, Tekirdağ.

**KOLSARICI, Ö., GÜR, A., BAŞALMA, D., KAYA, D. ve İŞLER, N., 2005.** "Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretimi", Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi, Pp: 409-429, Ocak 3-7, Ankara.

**MAZED, M.A., 1994.** Test of vegetable oil as fuel in direct and indirect injection Diesel engine. Ph.D. Thesis, Oklahoma State University.

**MONYEM, A and VON GERPEN, J.H., 2001.** The effect of biodiesel oxidation on engine performence and emissions. Biomass and Bioenergy, Vol : 20, Pp : 317 – 325.

**OĞUZ, H., 1998.** Dizel yakıtı ayçiçek yağı karışımlarının dizel motorlarında yakıt olarak kullanılma imkanlarının araştırılması. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Konya.

**OĞUZ, H. ve ÖĞÜT, H. 2001** Tarım Traktörlerinde bitkisel kökenli yağ kullanımı. Selçuk Üniversitesi Teknik Online Dergisi, ISSN 1302-6178 Vol: 2 Number: 2

**RAKOPOULOS, C.D., 1992.** Comparative performance and emission studies when using olive oil as a fuel supplement in DI and IDI Diesel engine. Renewable Energy, vol. 2, Pp. 327 – 331.

**SCHLINK, M.L., SCHINSTOCK, J.L. and HANNA, M.A., 1988.** Soybean and sunflower oil performance in a Diesel engine. Transactions of the ASAE Vol : 88 / 31 – 5, Pp : 1345 – 1349.

**SCHWARTZ, D., NORRGARD, L., CRISTENSEN, M., and HEARLE, S., 2005.** Biodiesel Engine Testing (submitted to Jon Mikkesen), Mech-457 Final Report.

**TAHİR, A.R., LAPP, H.M. and BUCHANAN, L.C., 1982.** Sunflower oil as fuel for compression ignition engines. Paper Noç 82, Proceedings Of the International Conference On Plant and Vegetable Oils as Fuels. Holiday Inn Fargo, Agust 2-4, North Dakota.

**THOMPSON, J.C., PETERSON, C.L., REECE, D.L., and BECK, S.M., 1998**. Two-year storage study with methyl and ethyl esters of rapeseed. Transactions of the ASAE Vol : 41/ 4 Pp : 931-939.

**ULUSOY, Y., ALİBAŞ, K., 1999.** Using various vegetable oil as alternative fuel in Diesel engine. 7th International Congrees on Agricultural Mechanization and Energy, 26 – 27 May Pp : 297 – 301.

**ULUSOY, Y., ALİBAŞ, K. 2002.** "Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımın Teknik ve Ekonomik Olarak İncelenmesi . Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi , 16, Pp: 37-50 Bursa.

**YÜCESU, H.S., ALTIN, R. ve ÇETİNKAYA, S., 1999. "**Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Bitkisel Yağ Kullanımının Deneysel İncelenmesi". Turkish Journal of Engineering Environment Science, Vol : 25, Pp: 39 – 49.

# TEŞEKKÜR

Bu araştırmada tezin planlanması, çalışmaların yürütülmesi ve değerlendirilmesi sırasında eleştiri ve önerileriyle bilimsel katkılarından dolayı danışman hocam Prof. Dr. Selçuk ARIN'a, bilgi, moral ve motivasyon ve yönlendirmeleri açısından tezde büyük emeği olan Dr. Ersin Veli VULKAN' a, ayrıcalıklı kişiliği, profesyonel yöneticiliği ile beni cesaretlendirip destekleyen New Holland Trakmak Teknik Eğitim ve Dokümantasyon Müdürü Necmi DÜNDAR'a ve deneysel çalışmalarım sırasında yardımlarını esirgemeyen kimyager arkadaşım Erhan BAKIRHAN'a teşekkür ederim.

New Holland Trakmak Traktör ve Ziraat Makinaları Ticaret A.Ş. Genel Müdürü Sayın Ateş ARSAN'a çağdaş, bilime ve yeniliklere açık gençleri destekleyici ve öncü olduğu için teşekkür eder saygılarımı sunarım.

Türk Traktör Fabrikası Genel Müdür Yardımcısı, Sayın Ali BAYCAN'a tezimi hazırlama sürecinde ihtiyaç duyduğum kaynak ve ekipmanların temininde katkılarından dolayı teşekkür ve saygılarımı sunmayı borç bilirim.

# ÖZGEÇMİŞ

Alper BOLAT, 1982 yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erzurum Sabancı İlköğretim Okul'unda, lise öğrenimini Ankara Anıttepe Süper Lisesi'nde tamamladı. 1999 – 2000 öğretim yılında Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nü kazandı. 2002 yılında stajını 1 ay süreyle Uludağ Üniversitesi Tarım Makinaları Pilot Tesislerinde, 2003 yılında 2,5 ay süreyle İngiltere'de meyve ve sebze sınıflandırma makinaları üzerine River Farm Maidstone'da yaptı. 2004 yılında bitirme çalışmasını "Rüzgar Enerjisi ve Rüzgar Türbini Tasarımı" üzerine yaptı. 2004 yılında Tarım Makinaları Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Trakya Üniversitesi Tarım Makinaları Bölümü'nde yüksek lisans öğrenimine başladı. 2005 yılı Şubat ayında New Holland Trakmak A.Ş.'de teknik eğitim ve dokümantasyon uzmanı olarak başladığı görevini hala sürdürmektedir.