

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**TÜRKİYE'DEKİ TARIM TRAKTÖRLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ  
SINIFLANDIRMASINA YÖNELİK BİR SİSTEM GELİŞTİRİLMESİ**

**İbrahim ERGÜL**

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ  
ANABİLİM DALI**

**ANKARA  
2016**

**Her hakkı saklıdır**

## TEZ ONAYI

İbrahim ERGÜL tarafından hazırlanan “**Türkiye’deki Tarım Traktörlerinin Enerji Verimliliği Sınıflandırmasına Yönelik Bir Sistem Geliştirilmesi**” adlı tez çalışması 11/01/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı’nda **DOKTORA** tezi olarak kabul edilmiştir.

**Danışman** : Doç. Dr. Ufuk TÜRKER  
Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği  
Anabilim Dalı

**Jüri Üyeleri** :

**Başkan** : Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT  
Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği  
Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR  
Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Mustafa VATANDAŞ  
Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği  
Anabilim Dalı

**Üye** : Prof. Dr. Ayten Onurbaş AVCIOĞLU  
Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği  
Anabilim Dalı

**Üye** : Doç. Dr. Ufuk TÜRKER  
Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği  
Anabilim Dalı

**Yukarıdaki sonucu onaylarım.**

**Prof. Dr. İbrahim Demir**

**Enstitü Müdürü**

## **ETİK**

Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez içindeki bütün bilgilerin doğru ve tam olduğunu, bilgilerin üretilmesi aşamasında bilimsel etiğe uygun davrandığımı, yararlandığım bütün kaynakları atıf yaparak belirttiğimi beyan ederim.

11.01.2016

İbrahim ERGÜL

## ÖZET

Doktora Tezi

### TÜRKİYE'DEKİ TARIM TRAKTÖRLERİNİN ENERJİ VERİMLİLİĞİ SINIFLANDIRMASINA YÖNELİK BİR SİSTEM GELİŞTİRİLMESİ

İbrahim ERGÜL

Ankara Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Ufuk TÜRKER

Bu çalışmada tarım traktörlerini enerji verimliliğine göre sınıflandırmak amacıyla bir enerji verimlilik sistemi geliştirilmiştir. Bu amaçla traktör tahrik tipi, yakıt enjeksiyon sistemi, hareket iletim tipi gibi traktör enerji verimliliğini etkileyen parametreler incelenmiştir. SCR egzoz emisyon sistemi de dikkate alınmıştır. Bunun yanında bu sistemlerin özgül yakıt tüketimi ve traktör toplam verimliliğine olan etkileri araştırılmıştır. Geliştirilen sistemle Türkiye'de satılan ve TAMTEST tarafından OECD Kod 2'ye göre test edilen 293 tarım traktörü incelenerek, A sınıfından G sınıfına kadar 7 kategoride enerji verimliliğine göre çok verimliden az verimliye kadar sınıflandırılmıştır. Sınıflandırmada kullanılan enerji verimlilik sistemi, OECD Kod 2 test sonuçları ve traktörün teknik özellikleri dikkate alınarak geliştirilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek verimli ve en düşük verimli olan A ve G sınıflarına sırasıyla 3 ve 6 adet traktör düşmüştür. Traktörlerin % 39.4'ü D sınıfında yer alırken, bunu % 21.5 ile C ve % 19.5 ile E sınıfı izlemiştir. Daha düşük verimli olan F ve G sınıflarında CR (common-rail) yakıt enjeksiyon ve CVT (sürekli değişken transmisyon) sisteme sahip hiçbir traktör yer almamıştır. A ve B sınıfının ortalama motor gücü sırasıyla 35.5 ve 77.8 kW iken E, F ve G sınıflarında motor güçleri sırasıyla 50.7, 38.8 ve 30.7 kW olarak bulunmuştur.

CR sistemine sahip traktörlerde sistemin özgül yakıt tüketimine olan etkisi % 5.1 olarak hesaplanmıştır. 293 traktörün ortalama verimi % 28.2 iken, sadece 4WD traktörlerin ortalama verimi % 27.7 ile en düşük, CVT ve CR sisteminin her ikisine birden sahip olan traktörlerin ortalama verimi ise % 30.8 ile en yüksek olmuştur.

**Ocak 2016, 143 sayfa**

**Anahtar Kelimeler :** Traktör, traktör enerji verimliliği, traktörlerin sınıflandırılması, özgül yakıt tüketimi, traktör verimi, traktör testleri

## **ABSTRACT**

Ph.D. Thesis

### **DEVELOPMENT A SYSTEM FOR ENERGY EFFICIENCY CLASSIFICATION OF AGRICULTURAL TRACTORS IN TURKEY**

İbrahim ERGÜL

Ankara University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Agricultural Machinery

Supervisor: Assoc. Prof.Dr. Ufuk TÜRKER

In this study an energy efficiency system was developed to classify for agricultural tractors. For this purpose, parameters which affect on the tractor energy efficiency were studied such as whell drive types, fuel injection systems, transmission types. SCR exhaust emission system also has been considered. Besides, the impact of these systems on specific fuel consumption and overall efficiency of tractor were also investigated. With the developed system, 293 agricultural tractors sold in Turkey was tested according to OECD Code 2 by TAMTEST which were examined and classified according to the energy efficiency in seven categories from class A to class G. Energy efficiency system used for classification was developed from OECD Code 2 test results and technical specifications of tractor.

According to the results, while 3 tractors has fallen to the class A and 6 other tractors to the class G respectively, which is the most and least energy efficient class with respect to obtained results. While 39.4 % of tractors were in class D, it was followed by class C with 21.5 % and E class with 19.5 % respectively. Any tractor which has both common-rail (CR) fuel injection system and CVT have not been fallen into less efficient F and G classes. While average engine power of class A and B were 35.5 and 77.8 kW respectively, average engine power of class E, F and G have been found to be 50.7, 38.8 and 30.7 respectively.

The effect of CR injection system on specific fuel consumption of tractors were calculated as 5.1%. While average efficiency of 293 tractors was 28.2 %, average efficiency of only 4WD tractors was the lowest by 27.7 % and average efficiency of tractors which have both CR and CVT systems was the highest by 30.8 %.

**January 2016, 143 pages**

**Key Words:** tractor, tractor energy efficiency, classification of tractors, specific fuel consumption, tractor efficiency, tractor testing

## TEŞEKKÜR

Çalışmalarımı yönlendiren, araştırmalarımın her aşamasında, her türlü bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek yol gösteren, destek olan, katkıda bulunan çok değerli danışman hocam Sayın Doç.Dr. Ufuk TÜRKER'e, (Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim Üyesi) yine çalışmalarım sırasında değerli görüşlerine başvurduğum, beni yönlendiren ve bu çalışmaya değerli katkılarını sunan Ankara Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Mustafa VATANDAŞ ve Namık Kemal Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Öğretim Üyesi Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR'e, desteklerini esirgemeyen Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürü Sayın Dr. Hamdi TAŞBAŞ ve bütün mesai arkadaşlarıma, bilhassa Sayın Hakan VELİOĞLU'na, çalışmalarım süresince fedakârlık göstererek, beni destekleyen Sevgili eşim Özlem ve kızım Ayşenur Ece'ye en derin duygularıyla teşekkür ederim.

İbrahim ERGÜL

Ankara, Ocak 2016

## İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ .....	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
1.1 Genel.....	1
1.2 Enerji.....	2
1.3 Verimlilik .....	3
1.4 Enerji Verimliliği .....	4
1.4.1 Dünyada enerji verimliliği.....	5
1.4.2 Türkiye’de enerji verimliliği .....	7
1.4.3 Enerji verimliliği ve çevre .....	14
1.5 Tarımda Enerji Verimliliği .....	15
1.6 Tarım Traktörlerinde Enerji Verimliliği.....	18
1.6.1 Tarım traktörleri.....	18
1.6.2 Traktör testleri .....	23
1.6.3 OECD .....	25
1.6.4 Tarım traktörlerinde enerji verimliliğine etkili faktörler .....	27
1.7 Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı .....	34
2.KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ .....	37
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	54
3.1 Materyal.....	54
3.1.1 Çalışma kapsamında değerlendirilen traktörler.....	54
3.1.2 Denemelerde kullanılan yakıt ve reaktif madde .....	56
3.2 Yöntem .....	58
3.2.1 OECD Kod 2.....	59
3.2.1.1 Kuyruk mili performans testleri.....	60
3.2.1.2 Çeki performans testleri.....	65
3.2.3 Geliştirilen enerji verimlilik sisteminin parametrelerinin belirlenmesi .....	70
3.2.3.1 Kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketim noktaları ve çalışma oranlarının belirlenmesi .....	71
3.2.3.2 Traktör toplam veriminin belirlenmesi .....	76
3.2.3.3 Traktör teknik özelliklerinin enerji verimlilik indeksine etkisinin belirlenmesi.....	77
3.2.3.4 SCR egzoz emisyon sisteminin enerji verimlilik indeksine etkisinin belirlenmesi .....	79
3.2.4 Enerji verimlilik indeksi formülü .....	80
3.2.5 İstatistiksel analiz yöntemi .....	81
3.2.6 Bulguları değerlendirme yöntemi.....	83
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	85
4.1 Traktör Kuyruk Mili ve Çeki Performansına İlişkin Özgül Yakıt Tüketim Değerleri.....	85

4.1.1 Özgül yakıt tüketimine tahrik şeklinin etkisi .....	87
4.1.2 Özgül yakıt tüketimine traktör enjeksiyon sisteminin etkisi .....	89
4.1.3 Özgül yakıt tüketimine traktör hareket iletim sisteminin etkisi.....	90
4.1.4 Özgül yakıt tüketimine traktör hareket iletim ve enjeksiyon sistemlerinin birlikte etkisi.....	92
4.1.5 Traktör koruyucu yapısı ve yerli/ithal durumuna göre özgül yakıt tüketimi değerlerinin incelenmesi .....	93
4.2 Toplam Verim Değerleri .....	94
4.2.1 Traktör koruyucu yapısı ve yerli/ithal olma durumuna göre toplam verim değerleri .....	96
4.3 Enerji Verimlilik İndeksi Değerleri.....	97
4.3.1 A sınıfı traktörler .....	104
4.3.2 B sınıfı traktörler.....	104
4.3.3 C sınıfı traktörler .....	105
4.3.4 D sınıfı traktörler .....	107
4.3.5 E sınıfı traktörler.....	111
4.3.6 F sınıfı traktörler.....	113
4.3.7 G sınıfı traktörler .....	114
4.3.8 Enerji verimlilik sınıflarının farklı motor güçlerine göre dağılımı .....	115
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	117
5.1 Sonuç .....	117
5.2 Öneriler .....	123
KAYNAKLAR .....	128
EK 1 Traktörlere Ait Bilgiler.....	134
ÖZGEÇMİŞ.....	142



## SİMGELER DİZİNİ

1/min	Dakikada devir
B	Saatlik yakıt tüketimi (kg/h)
BG	Beygir gücü
CH <sub>4</sub> N <sub>2</sub> O	Üre
C <sup>o</sup>	Santigrat
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit
E <sub>i</sub>	Enerji verimlilik indeksi
g/cm <sup>3</sup>	Santimetreküp başına gram
g/kWh	Kilowatt saat başına gram
ha/h	Saat başına hektar
H <sub>u</sub>	Yakıtın alt ısııl değeri (10 200 kcal/kg)
JMP	Kullanılan istatistiksel analiz programı
kcal/kg	Kilogram başına kilokalori
K <sub>ç</sub>	Traktörün çeki işinde çalışma oranı (%)
km/h	Saat başına kilometre
kp	Kilo pound
K <sub>pto</sub>	Traktörün kuyruk mili işinde çalışma oranı (%)
kW	Kilowatt
L/h	Saat başına litre
L/kWh	Kilowatt saat başına litre
m	Metre
P <sub>pto</sub>	Nominal devirdeki kuyruk mili gücü (kW)
Ö <sub>ç</sub>	Çeki testi ortalama özgül yakıt tüketimi (ml/kWh)
Ö <sub>i</sub>	Çeki ve kuyruk mili testlerine ilişkin ağırlıklı özgül yakıt tüketimi (ml/kWh),
Ö <sub>pto</sub>	Kuyruk mili testi ortalama özgül yakıt tüketimi (ml/kWh)
P <sub>f</sub>	Yakıtın ısııl gücü (kW)
P <sub>i</sub>	Teknik özelliklere göre hesaplanmış özgül yakıt tüketimi değeri (ml/kWh)
P <sub>t</sub>	Ağırlıklı traktör gücü (kW)
S <sub>cr</sub>	SCR emisyon sistemi katsayısı
V	Volt
Q	Saatlik yakıt tüketimi (L/h)
η <sub>i</sub>	Ağırlıklı toplam traktör verim katsayısı (%)
η <sub>t</sub>	Ağırlıklı toplam traktör verimliliği (%),

### Kısaltmalar

2WD	İki Çeker ( <i>Two Whell-Drive</i> )
4WD	Dört Çeker ( <i>Four Whell-Drive</i> )
4MFWD	Ön Mekanik 4 Çeker, Four Mechanical Front Whell Drive
ASABE	Amerikan Tarım ve Biyoloji Mühendisliği Derneği ( <i>American Society of Agricultural and Biological Engineers</i> )
ABS	Kilitlenme karşıtı fren sistemi ( <i>Anti-lock Braking System</i> )

BYKP	Beş Yıllık Kalkınma Planı
CR	Ortak basınçlı depo ( <i>Common-Rail</i> )
CVT	Sürekli Değişken Transmisyon ( <i>Continuously Variable Transmission</i> )
DEF	Dizel Egzoz Sıvısı ( <i>Diesel Exhaust Fluid</i> )
DOC	Dizel Oksidasyon Katalizörü ( <i>Diesel Oxidation Catalyst</i> )
DPF	Dizel Paritkül Filtresi ( <i>Diesel Particulate Filter</i> )
EGR	Egzoz Gazı Geri Çevrimi ( <i>Exhaust Gas Recirculation</i> )
EİE	Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü
EVKK	Enerji Verimlilik Koordinasyon Kurulu
IDAE	İspanya Enerji Dağıtım ve Koruma Enstitüsü
JMP	SAS firması tarafından üretilmiş istatistiksel analiz programı
ODYSSEE	Avrupa Birliği Enerji İstatistikleri Birimi
OECD	İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
OEEC	Avrupa Ekonomik İşbirliği Örgütü
ppm	Milyonda Bir Kısmı
pto	Kuyruk Mili
TEP	Ton Eşdeğer Petrol
YO	Yüklenme oranı

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 İngiltere ve Hollanda’da otomobiller için kullanılan yakıt tüketimi ve CO <sub>2</sub> emisyon etiket örnekleri .....	7
Şekil 1.2 94/2/AT yönetmeliğine göre enerji etiket örneği.....	13
Şekil 1.3 Tarihten günümüze traktörlerde görülen teknolojik yenilikler .....	20
Şekil 1.4 2004-2014 yılları arasında Türkiye’deki toplam traktör sayısı.....	21
Şekil 1.5 Tipik bir dizel motorun saatlik yakıt tüketim eğrisi .....	30
Şekil 1.6 Tipik bir dizel motorun özgül yakıt tüketim eğrisi .....	30
Şekil 1.7 Temel elemanları ile CR enjeksiyon sistemi. ....	32
Şekil 2.1 Ortalama değer etrafındaki sınıf aralıkları .....	41
Şekil 2.2 214 traktörün enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı .....	42
Şekil 2.3 249 traktörün enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı .....	44
Şekil 2.4 Traktörlerin enerji verimlilik sınıfına göre dağılımı.....	46
Şekil 2.5 Traktörlerin enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı.....	47
Şekil 2.6 OECD test koduna göre kuyruk mili gücü testindeki ilave 6 nokta .....	49
Şekil 2.7 Traktör güçleri ile C <sub>kt</sub> indeksinin regresyon çizgisi.....	49
Şekil 2.8 Traktörlerin enerji verimlilik sınıfına göre dağılımı.....	51
Şekil 3.1 OECD Kod 2 kuyruk mili performans test sistemi.....	61
Şekil 3.2 Nominal ve standart kuyruk mili gücündeki kısmi yüklemeler.....	62
Şekil 3.3 OECD Kod 2 Traktör çeki performans test araçları .....	66
Şekil 3.4 Çeki test aracının şematik görünümü.....	68
Şekil 3.5 Çeki test aracı optik hız sensörü .....	69
Şekil 3.6 Farklı motor devirlerinde kısmi yüklemeler, ilave beş nokta testi.....	72
Şekil 3.7 Çeki gücü testinde ölçülen yakıt tüketim test noktaları .....	74
Şekil 3.8 Enerji verimlilik sınıflandırma indeksi .....	82
Şekil 3.9 Enerji verimlilik sınıflandırma sistemi kullanımına yönelik akış diyagramı .....	83
Şekil 4.1 Özgül yakıt tüketim değerleri .....	87
Şekil 4.2 2WD traktörlerin yakıt tasarruf miktarları .....	88
Şekil 4.3 Çeki işlerinde 4WD traktörlerin 2WD’ye kıyasla hesaplanan yakıt tasarruf miktarları .....	89
Şekil 4.4 4WD CR enjeksiyon sisteminin, aynı donanımın bulunmadığı 4WD traktörlere kıyasla yakıt tasarruf miktarları .....	90
Şekil 4.5 CVT hareket iletim sisteminin yakıt tasarruf miktarları .....	91
Şekil 4.6 CVT ve CR enjeksiyon sistemlerinin bulunup bulunmamasının 4WD traktörlerde yakıt tüketimine etkisi.....	93
Şekil 4.7 Traktörlerin teknik özelliklerine göre toplam verim değerleri ( $\eta_t$ ).....	95
Şekil 4.8 Traktörlerin enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı.....	98
Şekil 4.9 Traktörlerin nominal güç ve enerji verimlilik indeksi ( $E_t$ ) değerleri .....	98
Şekil 4.10 Enerji verimlilik sınıflarına göre ortalama özgül yakıt tüketim .....	101

Şekil 4.11 Enerji verimlilik sınıflarının ortalama verim ( $\eta_i$ ) değerlerinin değişimi .....	101
Şekil 4.12 Türkiye’de üretilen traktörlerin enerji verimlilik sınıflarının dağılımı.....	103
Şekil 4.13 İthal traktörlerin enerji verimlilik sınıflarının dağılımı .....	103

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Stratejik amaçlar .....	10
Çizelge 1.2 Enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümünü sağlamakla ilgili faaliyet çizelgesi .....	10
Çizelge 1.3 Motorlu taşıtlarla ilgili faaliyet çizelgesi .....	11
Çizelge 1.4 İşletmecilerin traktör satın alırken dikkate aldıkları teknik ve diğer özelliklerin önem düzeyine göre dağılımları .....	22
Çizelge 1.5 AB ve Türkiye’de traktörlerin güç kategorilerine göre Faz seviyeleri .....	23
Çizelge 2.1 Bazı tarım alet ve makinalarına ilişkin işletme değerleri.....	38
Çizelge 2.2 Uygulanan tarımsal işlemler, işlem tarihleri ve kullanılan makinalar .....	39
Çizelge 2.3 İspanya’da traktörlerin güçlerine göre farklı alanlarda çalışma süreleri .....	40
Çizelge 3.1 Materyal olarak kullanılan traktörlerin seçilmiş bazı teknik özelliklere göre dağılımı .....	56
Çizelge 3.2 Motorin ürün spesifikasyonu .....	58
Çizelge 3.3 Standart kuyruk mili devrindeki güç ve kısmi yüklemeler .....	63
Çizelge 3.4 Standart kuyruk mili devrindeki güç ve kısmi yüklemeler .....	65
Çizelge 3.5 Çeki gücü ve yakıt tüketim test sonuçları .....	67
Çizelge 3.6 OECD kod 2 test raporlarından alınan veriler .....	71
Çizelge 3.7 İlave beş nokta yakıt tüketim testleri .....	73
Çizelge 3.8 Ağırlıklı özgül yakıt tüketimi ( $\bar{O}_i$ ) ile bazı parametrelerin ilişki değerleri .....	76
Çizelge 3.9 Traktörlerin teknik özelliklerine göre ortalama $P_i$ ve $\eta_t$ değerleri.....	77
Çizelge 3.10 CR ve CVT sistemlerin $\bar{O}_i$ ve $\eta_t$ değerlerine etkisi .....	78
Çizelge 3.11 Traktörlerin detaylı teknik özelliklerine göre $P_i$ ve $\eta_t$ değerleri .....	79
Çizelge 3.12 Traktörlerin $E_i$ değerlerine göre enerji verimlilik sınıf aralıkları .....	81
Çizelge 4.1 Traktörlerin özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{O}_i$ ).....	85
Çizelge 4.2 Ağırlıklı ortalama, kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketim değerinin ( $\bar{O}_i$ ) traktörlerin teknik özelliklerine göre ortalama değerleri ...	86
Çizelge 4.3 Traktörlerin koruyucu yapılarına göre ortalama güç ve $\bar{O}_i$ değerleri .....	93
Çizelge 4.4 Traktörlerin yerli veya ithal olma durumuna göre ortalama güç ve $\bar{O}_i$ değerleri .....	94
Çizelge 4.5 Traktörlerin teknik özelliklerine göre toplam verim değerleri ( $\eta_t$ ).....	95
Çizelge 4.6 Traktörlerin teknik özelliklerine göre özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{O}_i$ ) .....	96
Çizelge 4.7 Traktörlerin koruyucu yapılarına göre ortalama toplam verim değerleri ( $\eta_t$ ).....	97
Çizelge 4.8 Traktörlerin yerli veya ithal olma durumuna göre toplam verim değerleri ( $\eta_t$ ).....	97
Çizelge 4.9 Traktörlerin enerji verimlilik sınıfına göre dağılımı .....	99

Çizelge 4.10 Enerji verimlilik sınıfına göre traktörlerin ortalama güç, özgül yakıt tüketimi, verimlilik ve indeksi değerleri.....	100
Çizelge 4.11 A sınıfı traktörlere ait bilgiler .....	104
Çizelge 4.12 B sınıfı traktörlere ait bilgiler .....	105
Çizelge 4.13 C sınıfı traktörlere ait bilgiler .....	106
Çizelge 4.14 D sınıfı traktörlere ait bilgiler .....	108
Çizelge 4.15 E sınıfı traktörlere ait bilgiler.....	111
Çizelge 4.16 F sınıfı traktörlere ait bilgiler .....	113
Çizelge 4.17 G sınıfı Traktörlere ait bilgiler .....	115
Çizelge 4.18 Traktörlerin farklı güç aralıklarına göre enerji verimlilik sınıfı değerleri .....	116
Çizelge 4.19 Traktörlerin farklı güç aralıklarına göre enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı .....	116

# 1. GİRİŞ

## 1.1 Genel

Ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli girdilerinden biri enerjidir. Bu yönüyle enerji bir toplumun yaşam standardının yükseltilmesinde önemli rol oynar. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması da yine enerjiyle olasıdır. Ancak, enerji kaynaklarının en önemlisini oluşturan petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil yakıtların hızla tükenmekte oluşu ve bu kaynakların kullanımının yol açtığı çevresel sorunlar enerji verimliliği kavramını gündeme getirmiştir.

Son yıllarda birçok ülkede çeşitli makinaların, aletlerin, cihazların kullanımında enerji verimliliğini artırmak için yapılan çalışmalarda ciddi bir artış söz konusudur. Bunun başlıca nedeni özellikle ham petrol ürünleri başta olmak üzere enerji fiyatlarındaki artış ile çevre kirliliğini azaltma gayretleridir. Ham petrol ürünlerine göre daha kararlı olmakla birlikte elektrik enerjisi fiyatlarında da sürekli artış olması nedeniyle birçok ülkede enerji verimliliğini artırıcı araç, makine ve aletlerin kullanımı teşvik edilmekte, ayrıca kullanılan bu araç makine ve aletlerinde enerji verimliliğini artırıcı şekilde kullanılmasına çalışılmaktadır. Enerji verimliliği hedeflerine ulaşmanın diğer bir yolu da tüketicilerin ve kullanıcıların aynı işi daha az enerji harcayarak yapan araç, cihaz ve makineleri satın almaları ve kullanmaları hakkında bilgilendirilmesidir. Örneğin Avrupa Birliğinde yolcu araçları, elektrikli cihazlar, araç lastikleri, lambalar ve konut için enerji tasarrufuna yönelik uygulamalar yapılmakta, söz konusu ürünlerin enerji tüketim değerleri ve varsa enerji etiketi uygulaması ile tüketici veya kullanıcılar bilgilendirilmektedir. Amerika Birleşik Devletleri, Japonya, Kanada, Güney Kore, Türkiye ve diğer ülkelerde de benzeri uygulamalar vardır. Bu tür uygulamalar aynı zamanda zararlı emisyonu önleme yani küresel ısınma ve çevre kirliliğinden koruma programlarıyla da ilişkilidir. Birçok ülkede tarım makineleri ve traktörler için de benzeri şekilde enerji tasarrufunu sağlamak için çalışmalar yapılmaktadır (Anonymous 2012a). Bu çalışmada genel olarak enerjinin önemi, dünyada ve Türkiye’de enerji verimliliği, tarımda enerji verimliliği hakkında genel bilgiler verilmiştir. Daha sonra tarım traktörleri ve ülkemizde traktörler için yapılan testler enerji verimliliği yönünden ele

alınmış, enerji verimliliğini etkileyen faktörler incelenerek enerji verimlilik sistemi oluşturulmuş ve traktörler bu sisteme göre sınıflandırılmıştır.

## 1.2 Enerji

Enerji; ekonominin en önemli girdisi, dünya siyaset politikasını yönlendiren bir meta ve iklim değişikliği etkileri dolayısı ile dünyanın ekonomik, sosyal ve coğrafik düzeninin gelecekteki en etkin belirleyicisidir (Keskin 2006).Narin ve Akdemir'e (2006)göre ise 'Ekonomik ve sosyal kalkınmanın önemli girdilerden biri enerjidir. Bu yönüyle enerji bir toplumun yaşam standardının yükseltilmesinde önemli rol oynamaktadır. Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması da yine enerjiyle olasıdır'.

Gelişmekte olan Türkiye için enerji hem gerekli ve hem de stratejik öneme sahiptir. Tüm dünyanın ilgilendiği enerjinin güvenli ve sürdürülebilir temini, verimli kullanımı, sera gazı etkilerinin azaltılması ve çevrenin korunması, fosil kaynaklardan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru geçiş vb. konular aynı zamanda Türkiye'nin de ilgilenmesi gereken konulardır.

Özellikle Cumhuriyetin 100. yılının kutlanacağı 2023 yılına doğru sanayi toplumundan bilgi toplumuna geçiş hamleleri sıklaştırılmıştır. Avrupa Birliği (AB) üyesi bir Türkiye özlemi içinde yapılması öngörülenler, yatırım gereksinimleri, planlamalar ve enerji modellemeleri gündemi yoğun olarak meşgul etmektedir. Avrupa Birliği'ne geçiş aşamasındaki uyum çabaları ile birlikte liberal, rekabetçi ve şeffaf enerji piyasalarını oluşturma hareketleri, enerji konularının gündemde kalmasına neden olmaktadır. 1970-2006 arasındaki 36 yılda Türkiye'de nüfus % 107 ve kişi başına enerji tüketimi % 148 artmıştır. Dünyada olduğu gibi Türkiye'de de enerji tüketimi nüfus artışından daha hızlı artarken, Türkiye'de kişi başına enerji tüketimi dünyadan daha hızlı artmıştır. Türkiye güneş, rüzgar, biyokütle ve jeotermal gibi yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Ancak, bu enerjilerin toplam tüketim içindeki payı yeterli düzeylerde değildir (Satman 2007).



Türkiye enerji konusunda gittikçe artan bir taleple karşı karşıyadır. 1990-2008 yıllarında birincil enerji tüketimi yılda ortalama % 4,4 ile sürekli olarak artmıştır. 2006 yılında 99,6 milyon TEP olan birincil enerji tüketimi, 2008 yılında 106,3 milyon TEP olarak gerçekleşmiş olup, bu rakam Türkiye'yi dünyada en fazla enerji tüketen 25 ülkeden biri haline getirmiştir (Keskin ve Ünlü 2010).

### **1.3 Verimlilik**

Verimlilik, bir ülkenin veya bir sektörün ekonomik anlamda büyüme ve gelişme düzeyinin saptanmasında kullanılan en objektif ölçülerden birisidir. Gerçek anlamda ekonomik büyüme ve gelişme, ülkede kullanılmayan kaynakları üretime dahil ederek ve halen kullanılan kaynakları ise daha verimli alanlara kaydırarak sağlanabilmektedir. Bu da genel anlamda verimlilik artışını ifade etmektedir. Verimlilik dar tanımıyla, girdi-çıkıtı ilişkisi olarak ifade edilmektedir. Geniş anlamda verimlilik, üretime konulmuş üretim faktörlerinin sonucunda meydana gelen üretimle, bu faktörlerin birinin veya birden fazlasının arasındaki ilişkiyi ifade etmektedir. Bu nedenle, üretilen mal ve hizmet miktarı ile bu mal ve hizmet miktarının üretilmesinde kullanılan girdiler arasındaki oran olarak tanımlanabilmektedir (Bayramoğlu 2010).

Verimliliğin anlamı hem endüstriyel gelişmenin çeşitli aşamalarında hem de çeşitli kültürlerde farklılık göstermektedir. Yine de çeşitli uluslararası kuruluşların verimlilik tanımları genelde birbirine yakın olmaktadır.

Yaldız'ın (2007) bildirdiğine göre etkililik, verimlilik ve etkinlik hatta etkenlik kavramları birbirinden çok farklı anlamlar ifade etmiyor gibi görünseler de, gerek işletme gerekse iktisat alanında birbirlerinden farklı anlamlara gelmektedirler. Etkililiğin daha çok planlara ulaşmanın, verimliliğin belli bir çıktının en az maliyetle üretilmesinin, etkinliğin ise bir girdi-çıkıtı mekanizması aracılığı ile işleri doğru yapabilme kabiliyetinin; dolayısıyla bir ekonominin rekabet edebilme gücünün bir ölçüsü olduğu üzerinde durulmuştur. Yaldız'a (2007) göre verimlilik kelimesinin doğuşu, çok eski zamanlara kadar uzanmaktadır. Literatürde ilk defa hümanist Agricola'nın De Re Metallica (1530) adlı eserinde kullanılmıştır. Fizyokratların 18.

yüzyıldaki çalışmaları ile kelime açık bir anlam kazanmaya başlamış ve Le Littré (1833) verimliliği ‘üretim hassası’ olarak tanımlamıştır. Yine fizyokratlardan Francois Quesnay (1694-1774) “Ekonomik Teorilere Tarihsel Bakış Açışı” adlı eserinde verimliliği ziraatta gerçek refahın kaynağı olarak ele almıştır.

#### **1.4 Enerji Verimliliği**

Son yılların önemli kavramlarından biri olması dolayısıyla enerji verimliliğinin tanımı birçok kurum ve kuruluş tarafından yapılmaktadır. Bu tanımlardan bazıları şöyledir: Enerji verimliliği; enerji girdisinin üretim içindeki payının azaltılması, aynı üretimin daha az enerji tüketerek gerçekleştirilmesidir. Bir başka tanımda ise tüketilen enerji miktarının, üretimdeki miktar ve kaliteyi düşürmeden iktisadi kalkınmayı ve sosyal refahı engellemeden en aza indirilmesi biçiminde ifade edilmiştir (Narin ve Akdemir 2006).

2012-2023 Türkiye Enerji Verimliliği Strateji Belgesine (Anonim 2012) göre enerji verimliliği; enerjide arz güvenliğinin sağlanması, dışa bağımlılıktan kaynaklanan risklerin azaltılması, enerji maliyetlerinin sürdürülebilir kılınması, iklim değişikliği ile mücadelenin etkinliğinin artırılması ve çevrenin korunması gibi ulusal stratejik hedefleri tamamlayan bir kavramdır. Sürdürülebilir kalkınmanın öneminin gittikçe daha çok anlaşıldığı günümüzde, enerji verimliliğine yönelik çabaların değeri de aynı oranda artmaktadır. Bu çerçevede; enerji üretimi ve bütün aşamalarda enerji verimliliğinin geliştirilmesi, bilinçsiz kullanımın ve israfın önlenmesi, enerji yoğunluğunun gerek sektörler bazında gerekse makro düzeyde azaltılması Türkiye ulusal enerji politikasının öncelikli ve önemli bileşenlerindedir (Anonim 2012).

Enerji verimliliği dünyanın korunmasında önemli bir adımdır. Yenilenebilir enerjilerin kullanılması, daha az fosil yakıt kullanımı, daha az sera gazı emisyonu ve daha az hava kirliliği demektir. Enerji verimliliğinin artırılması aynı zamanda ekonomi üzerinde ağır bir yük olan enerji kaynaklarındaki dışa bağımlılığının azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Enerji talebindeki artış güvenilir ve uygun fiyatlı petrol ve doğal gazın uzun vadeli

erişiminde sorunlara yol açacaktır. Enerji verimliliğinin artırılarak enerji tüketiminin azaltılması bu tür riskin azaltılmasına yardımcı olacaktır.

#### **1.4.1 Dünyada enerji verimliliği**

Enerji verimliliğini artırmaya yönelik olarak binalarda, santrallerde, ulaştırma, sanayi ve elektrik sektörlerinde çalışmalar yapılmaktadır. Enerji verimliliğine yönelik ilk çalışmalar, petrol krizi ve fiyat artışlarına bağlı olarak sanayileşmiş Batı ülkeleri ve Japonya'da başlamış ve uygulanmış; 1980'li yıllardan itibaren ülkelerin kalkınma stratejilerinin önemli bir politikası durumuna gelmiştir (Narin ve Akdemir 2006).

Enerji verimliliğinin aynı zamanda enerji arz güvenliğinin etkin önlemlerinden biri olduğu" Uluslararası Enerji Ajansı tarafından ifade edilmiş, ayrıca enerji verimliliği, iklim değişikliği hedeflerine ulaşılması için etkin bir araç olarak tüm dünyada benimsenmiştir (Keskin 2006).

Narin ve Akdemir'in (2006) bildirdiklerine göre, Avrupa Birliğin kuruluş anlaşmasında enerji ile ilgili konular yer almamaktadır. Daha sonra enerji konusuyla ilgili düzenlemeler; dış ilişkiler, iç pazar, çevre gibi politikalar içinde bulunmaktadır. AB son yıllarda enerjide dışa bağımlılığın artması, nükleer enerjide güvenlik, elektrik ve gaz piyasalarının serbestleştirilmesi, çevre, yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi gibi konu ve sorunlarla karşılaşmıştır. AB Komisyonu bu sorunları çözmek üzere bir enerji politikası oluşturmuştur. AB'de enerji verimliliği ile ilgili en önemli çalışma, 1991 yılında başlayan SAVE programıdır. Bu programının amacı sanayi, ticaret ve ulaştırma gibi yurtiçi sektörlerde enerji verimliliğini artırmak ve enerji tasarrufunu teşvik etmektir. Bu programda enerji politikaları önlemleri, bilgilendirme çalışmaları, yöresel ve bölgesel enerji ajansları kurulması gibi birçok çalışma yer almaktadır.

AB'de binalarda, sanayide, ulaşırmada ve ev aletlerinde enerji verimliliğine yönelik uygulamalar başlatılmıştır. Avrupa'da enerji verimliliği konusunda veri toplama kuruluşlarından ODYSSEE'nin göstergelerine göre; AB'de (EU-15) enerji

verimliliğinde genel olarak 1990-2002 yılları arasında yıllık ortalama % 0.8 (toplam % 10) düzeyinde, büyük ev aletlerinde yıllık ortalama % 2 (toplam % 21) düzeyinde, sanayide ise % 13 düzeyinde iyileşme sağlanmıştır. Özellikle otomobillerin enerji tüketimlerinde 1990'dan itibaren (yıllık % -0.6) düşme gerçekleşmiştir. 1995 yılından itibaren bu düşüş daha da (% -1.7) hızlanmıştır (Narin ve Akdemir 2006).

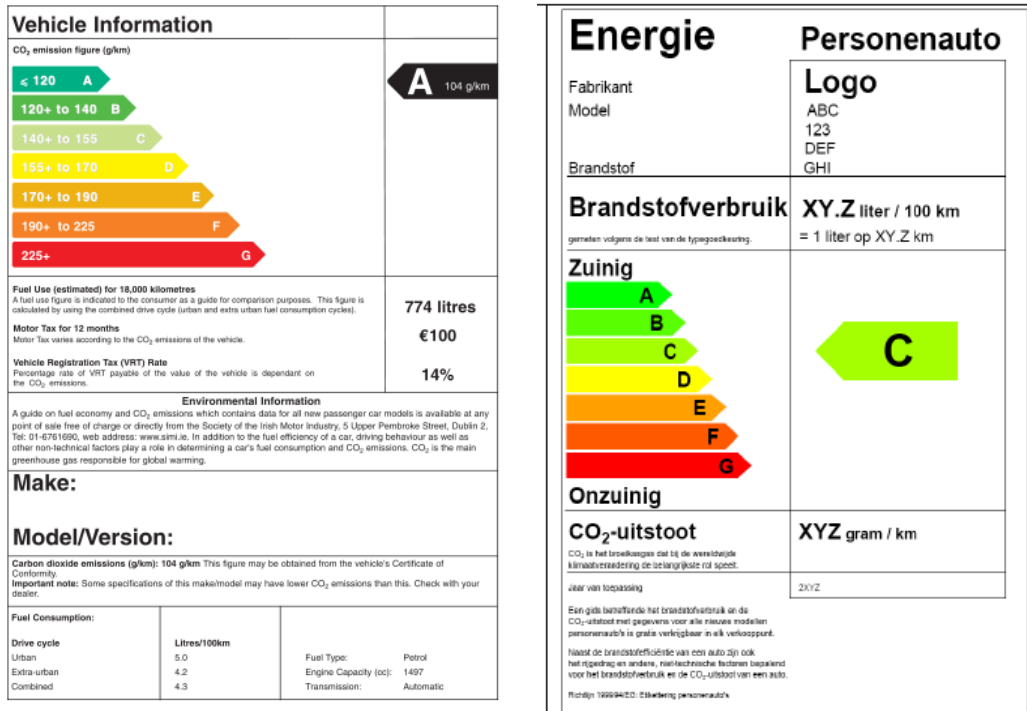
Avrupa Birliği 2006 yılı sonunda enerji verimliliği konusunda aldığı bir kararla yıllık birincil enerji kaynakları tüketimini 2020 yılına kadar % 20 azaltmayı hedeflemiştir. Bu hedefe ulaşmak için kamuoyunu, karar alıcıları ve piyasa çalışanlarını harekete geçirmekte; enerji verimliliği etiketlemesi standart ve kurallarını ürün, hizmet ve altyapılarında belirlemektedir (Narin ve Akdemir 2006).

Avrupa Birliği Parlamentosunun 1999/94/EC numarasıyla yayınlamış olduğu yeni Araçların Karbondioksit Emisyonu Ve Yakıt Ekonomisine İlişkin Bilgilerin Tüketiciler Tarafından Bilinmesiyle ilgili yönetmelik (Anonymous 2000) çerçevesinde, araç imalatçı ve satıcıları ilk olarak satılan araçlarda yakıt tüketimi (yüz kilometredeki yakıt tüketimi veya bir litre yakıtla gidebileceği kilometre, litre/km) ve karbondioksit emisyon miktarı (g/km) bilgilerini araç üzerinde belirli boyutta etiket şeklinde, aracın kullanım kılavuzunda ve satış acentalarındaki bilgi posterlerinde ücretsiz olarak bulundurmaya zorundadır. Avrupa Birliği benzer uygulamaları buzdolabı, çamaşır makinesi, klima gibi elektrikli ev aletleri içinde yapmaktadır (Anonymous 2012a).

Japonya enerji verimliliği konusunda dünyanın en ileri uygulamalarına sahip ülkesidir. Enerji verimliliği bilincinin çok yüksek olduğu bu ülkede, devletin yanı sıra sanayi kuruluşları ve tüketiciler de verimlilik çalışmalarına destek vermektedirler. Kullandığı enerjinin yaklaşık % 83'nü ithal eden Japonya'da hükümetlerin öncelikli konusunu enerji verimliliği oluşturmaktadır. Dolayısıyla da enerji tasarrufuyla ilgili birçok program uygulanmaktadır. Isıyı buz içerisinde depolayan hava soğutma sistemleri geliştirilmiş, geceleri buz oluşturup gündüzleri buzun soğukluğundan yararlanarak elektriğin daha tasarruflu ve akılcı tüketimi sağlanmıştır. Ayrıca elektrik tüketen aletler ve ofis makineleri için 1993 yılında yeni standartlar getirilmiştir. Bu doğrultuda uygulanan enerji tasarrufu kanununa ilave olarak enerji tasarrufu yardım kanunu

çıkılarak enerjiyi verimli kullanan donanım ve sistemlerin düşük faizli kredi ve vergi indirimi ile desteklenmesi sağlanmıştır.

İngiltere ve Hollanda’da otomobiller için kullanılan yakıt tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyon etiket örnekleri şekil 1.1’de verilmiştir.



Şekil 1.1 İngiltere ve Hollanda’da otomobiller için kullanılan yakıt tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyon etiket örnekleri (Anonymous 2012a)

#### 1.4.2 Türkiye’de enerji verimliliği

Enerji talebinin % 70’ini ithalatla karşılayan Türkiye’de kalkınma ve sanayileşmede bir engel oluşturmaması için enerjinin verimli kullanılması önemli hâle gelmiştir. Yapılan çalışmalara göre sadece enerjiyi verimli kullanarak yıllık nihai enerji tüketiminin % 30’u kadar tasarruf sağlanacağı ifade edilmektedir (Keskin 2006).

Türkiye’de enerji verimliliği ile ilgili ifadeler 7. ve 8. Beş Yıllık Kalkınma Planları (BYKP)’nda yer almıştır. 7. BYKP’nde (1995), “Yurtiçi enerji kaynaklarının miktar ve kalite olarak yetersiz ve yüksek maliyetli olması, ithal enerji kaynakları için gerekli döviz ihtiyacı, aşırı enerji kullanımının çevre sorunu yaratması gibi nedenlerden dolayı, sanayide ve toplumsal yaşamın her kesiminde enerji yoğunluk değerlerinin aşağıya çekilmesi, verimliliğin artırılması ve tasarruf programlarının hayata geçirilmesi sağlanacaktır” denilmektedir.

8. BYKP’nda ise (2000) aynı doğrultuda; enerjinin, ekonomik ve sosyal kalkınmanın temel girdisi olduğu; artan nüfus, şehirleşme, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah artışına paralel olarak tüketiminin arttığı; buna bağlı olarak da enerji tüketiminin en düşük düzeyde tutulması, enerjinin en tasarruflu ve verimli bir biçimde kullanılması gerektiği vurgulanmaktadır. Ayrıca planın ilerleyen bölümlerinde, Günümüzde, kişi başına enerji tüketimi bir gelişmişlik göstergesi olmaktan çıkmıştır. Amaç, kişi başına enerji tüketimini artırmak değil, bir birim enerji tüketimi ile en fazla üretimi ve refahı yaratmak denilmektedir. Böylece enerji verimliliğinin belirleyicisi olan enerji yoğunluğu kavramına da vurgu yapılmıştır. Her iki kalkınma planında da önem ve gerekliliği belirtilen enerji tasarrufu ve enerji verimliliğinin artırılması konusunda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır (Narin ve Akdemir 2006).

Mayıs 2007’de 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu’nun yürürlüğe konmasından sonra, Kasım 2009 tarihli “Enerji Verimliliği, Statüsü ve Gelecek Planlaması” konulu doküman Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından açıklanmıştır. Bu dokümanda endüstride % 15, inşaat sektöründe % 35 ve ulaşım sektöründe % 15 asgari enerji tasarrufu potansiyelinin var olduğu belirtilmiştir. Söz konusu potansiyel, yenilenebilir enerji kaynakları bile kullanılsa enerji üretmek yerine ‘enerji verimliliği’ önlemlerinin uygulanmasıyla çok daha fazla enerji kazancı sağlanabileceği anlamına gelmektedir (Anonim 2007a).

Enerji Verimliliği Kanunu (Anonim 2007a)’nın amacı enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi, çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerjinin kullanımında verimliliğin

arttırılmasıdır. Kanun, enerji verimliliği çalışmalarının izlenmesi ve koordinasyonu, enerji verimliliği bilincinin artırılması ve yenilenebilir enerji kaynaklarının özendirilmesinin etkin bir şekilde yürütülmesinde verilen enerji verimliliği hizmetleri için destekleme mekanizmalarının geliştirilmesi, gereksinimlerin karşılanması ve idari yapının iyileştirilmesine yönelik uygulamaları kapsamaktadır. Kanun hükmünce oluşturulmuş olan Enerji Verimliliği Koordinasyon Kurulu (EVKK), tüm ülkede ve 16 ilgili kurumda enerji verimliliği çalışmalarının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesinden sorumludur. “Ulusal enerji verimliliği stratejileri, planları ve programları, yeni önlemlerin uygulanması, yetkilendirme sertifikaları, proje destekleri ve gönüllü anlaşmaları” konulu kararlar bu kurul tarafından alınmakta olup, sekretarya çalışmaları Elektrik İşleri Etüt İdaresi Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir (Keskin ve Ünlü 2010).

Türkiye Enerji Verimliliği Meclisi (TEVEM) ve Enerji Verimliliği Derneği (ENVERDER)’in Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporuna göre (2010) elektrikli aletler çok verimli A+’dan az verimliye F’ye doğru bir enerji verimliliği sınıflandırılmasına tabidir. A sınıfı ürünler B sınıfı ürünlerden ortalama % 20 daha az enerji harcamaktadırlar. Raporda A sınıfı bir buzdolabı, çamaşır ve bulaşık makinesine sahip bir ailenin, B sınıfına sahip başka bir aileye göre yılda 250 kWh elektrikten tasarruf edeceği belirtilmiştir. Raporda; Beyaz Eşya Sanayicileri Derneğinin Türkiye’deki mevcut buzdolabı parkının A ve A+’a geçmesi durumunda 120 milyon ağaç dikmeye eşdeğer CO<sub>2</sub> temizleyeceği öngörüldüğü belirtilmiştir. Ayrıca raporda otomobil teknolojilerinde son on yıl yakıt verimliliğinde büyük mesafeler alındığı, önümüzdeki 20 yıl içinde ise endüstrinin büyük bir dönüşüm geçireceğinin uzmanlarca kabul edildiği ifade edilmektedir. Çalışma raporunun belirttiğine göre elektrikli ve hibrid araçların yaygınlaşacağı ve 2050’lerde fosil yakıtlı araçların tamamen pazardan çekileceği düşünülmektedir (Anonim 2010b).

25.02.2012 tarihli Resmi Gazete’de Yüksek Planlama Kurulu’nun 2012/1 numaralı kararıyla yayınlanan Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023 (Anonim 2012), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı koordinatörlüğünde kamu, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının katılımları ile hazırlanmıştır. Sonuç odaklı ve somut hedeflerle

desteklenmiş bir politikalar belirlenmesi ve hedeflere ulaşmak için yapılması zorunlu eylemlerin, bu eylemlerin yerine getirilmesinden sorumlu kuruluşlarla birlikte tanımlanması; kamu kesimi, özel sektör ve sivil toplum kuruluşlarının katılımcı bir yaklaşımla ve işbirliği çerçevesinde hareket etmesi amaçlanmaktadır. Belge ile 2023 yılında Türkiye'nin GSYİH başına tüketilen enerji miktarının (enerji yoğunluğunun) 2011 yılı değerine göre en az % 20 azaltılması hedeflenmektedir. Belgedeki stratejik amaçlar çizelge 1.1'de verilmiştir.

Çizelge 1.1 Stratejik amaçlar (Anonim 2012)

Kod	Stratejik Amaç (SA)
SA-01	Sanayi ve hizmetler sektöründe enerji yoğunluğunu ve enerji kayıplarını azaltmak
SA-02	Binaların enerji taleplerini ve karbon emisyonlarını azaltmak; yenilenebilir enerji kaynakları kullanan sürdürülebilir çevre dostu binaları yaygınlaştırmak
SA-03	Enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümünü sağlamak
SA-04	Elektrik üretim, iletim ve dağıtımında verimliliği artırmak, enerji kayıplarını ve zararlı çevre emisyonlarını azaltmak
SA-05	Motorlu taşıtların birim fosil yakıt tüketimini azaltmak, kara, deniz ve demir yollarında toplu taşıma payını artırmak ve şehir içi ulaşımda gereksiz yakıt sarfiyatını önlemek
SA-06	Kamu kesiminde enerjiyi etkin ve verimli kullanmak
SA-07	Kurumsal yapıları, kapasiteleri ve işbirliklerini güçlendirmek, ileri teknoloji kullanımını ve bilinçlendirme etkinliklerini artırmak, kamu dışında finansman ortamları oluşturmak

Her stratejik amaç için eylemin kodu, eylemin konusu, yapılacak işlem ve açıklama, sorumlu, işbirliği yapılacak kuruluş ve işlemin tamamlanma süresi belirlenmiştir. Tez konusuyla ilgili olabilecek faaliyetler çizelge 1.2 ve çizelge 1.3'de verilmiştir.

Çizelge 1.2 Enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümünü sağlamakla ilgili faaliyet çizelgesi (Anonim 2012)

<p><b>SA-03:</b> Enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümünü sağlamak</p> <p><b>SA-03/SH-01:</b> Asgari enerji verimlilik sınıfının üzerindeki lambaların, buzdolaplarının ve elektrik motorlarının piyasa dönüşümü 2012 yılı sonuna kadar, ısıtma/soğutma sistemlerinin ve diğer enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümü ise AB uygulamalarına paralel olarak tamamlanacaktır.</p> <p><b>Eylemin Kodu:</b> SA-03/SH-03/E-01</p> <p><b>Eylemin Konusu:</b> Enerjiyi verimsiz kullanan ürünlerin satışının sınırlandırılması ve piyasa denetiminin etkinleştirilmesi.</p>
--



Çizelge 1.2 Enerji verimli ürünlerin piyasa dönüşümünü sağlamakla ilgili faaliyet çizelgesi (Anonim 2012) (devam)

**Yapılacak işlem ve Açıklama:** AB'nin 2010/30/EU sayılı "Enerji İle İlgili Ürünlerin Enerji Etiketlemesi" direktifi uyumlaştırılarak Resmi Gazete'de çerçeve yönetmelik olarak yayımlanacak ve yayımlanacak olan çerçeve yönetmelik (2010/30/EU) ve 7 Ekim 2010 tarihli Resmi Gazete'de yayımlanmış olan Enerji ile ilgili Ürünlerin Çevreye Duyarlı Tasarımına İlişkin Yönetmelik (2009/125/EC) altında ürün grupları bazında uygulama düzenlemeleri (buzdolabı, lamba, televizyon, harici güç kaynağı ve elektrik motorları öncelikli olmak üzere) AB'nin uygulamaları ile paralellik arz edecek şekilde yapılacak, ürün satışlarındaki gelişimin izlenmesine ve piyasa denetiminin etkin şekilde yapılmasına imkân sağlayacak kurumsal kapasite geliştirilecektir.

**Sorumlu:**BSTB<sup>1</sup>

**İşbirliği Yapılacak Kuruluş:** ETKB<sup>2</sup>, BESD<sup>3</sup>

**İşlemin Tamamlanma Süresi:** AB'nin yürürlüğe koyduğu düzenlemeler belgenin yayım tarihinden itibaren üç (3) ay içinde, diğerleri ise AB ile eşzamanlı olarak yapılacaktır.

<sup>1</sup>BSTB: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

<sup>2</sup>ETKB: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

<sup>3</sup>BESD: Türkiye Beyaz Eşya Sanayicileri Derneği

Çizelge 1.3 Motorlu taşıtlarla ilgili faaliyet çizelgesi (Anonim 2012)

**SA-05:** Motorlu taşıtların birim fosil yakıt tüketimini azaltmak, yük ve yolcu taşımacılığında demiryollarının ve şehir içinde toplu taşımanın payını artırmak ve şehir içi ulaşımda gereksiz yakıt sarfiyatını önlemek ve çevreye zararlı emisyonlarını düşürmek.

**SA-05/SH-01:** Yolcu veya yük taşıyan küçük araçlar (M1/N1 kategorileri) CO<sub>2</sub> salınımına ilişkin AB direktifleri doğrultusunda çıkarılacak ikincil mevzuat şartlarını karşılayacak, büyük şehirlerde ulaşım master planları hazırlanacak ve yürürlüğe konulacaktır.

**Eylemin Kodu:** SA-05/SH-01/E-01

Eylemin Konusu: Emisyon seviyesi düşük çevre dostu (yürürlükteki tip onayı mevzuatına uygun) küçük motor hacimli, yakıt pilli veya elektrikli hibrit araçların özendirilmesi ve ekonomik ömrünü doldurmuş araçların kademeli olarak trafikten çekilmesi.

**Yapılacak işlem ve Açıklama:** Mevzuat revizyonu ile Bakanlık ve Maliye Bakanlığı işbirliği ile yapılacak düzenleyici etki analizi sonuçlarına bağlı olarak ve Maliye Bakanlığı tarafından belirlenecek kriterler çerçevesinde, Avrupa Birliğine ve OECD'ye üye ülkelerdeki uygulamalar dikkate alınarak, taşıt araçlarında çevreci vergileme rejimine geçilmesine yönelik çalışmalar yapılacaktır.

Çizelge 1.3 Motorlu taşıtlarla ilgili faaliyet çizelgesi (Anonim 2012) (devam)

**Sorumlu:** MB<sup>1</sup>

**İşbirliği Yapılacak Kuruluş:** BSTB<sup>2</sup>, UDHB<sup>3</sup>, ETKB<sup>4</sup>

**İşlemin Tamamlanma Süresi:** İlgili kanunlarda değişiklik yapılmasına dair kanun tasarısı hazırlıkları ve mevcut kanunlar çerçevesinde yapılabilecek ikincil mevzuat düzenlemeleri, belgenin yayım tarihinden itibaren yirmi dört (24) ay içinde yapılacaktır.

<sup>1</sup>MB: Maliye Bakanlığı

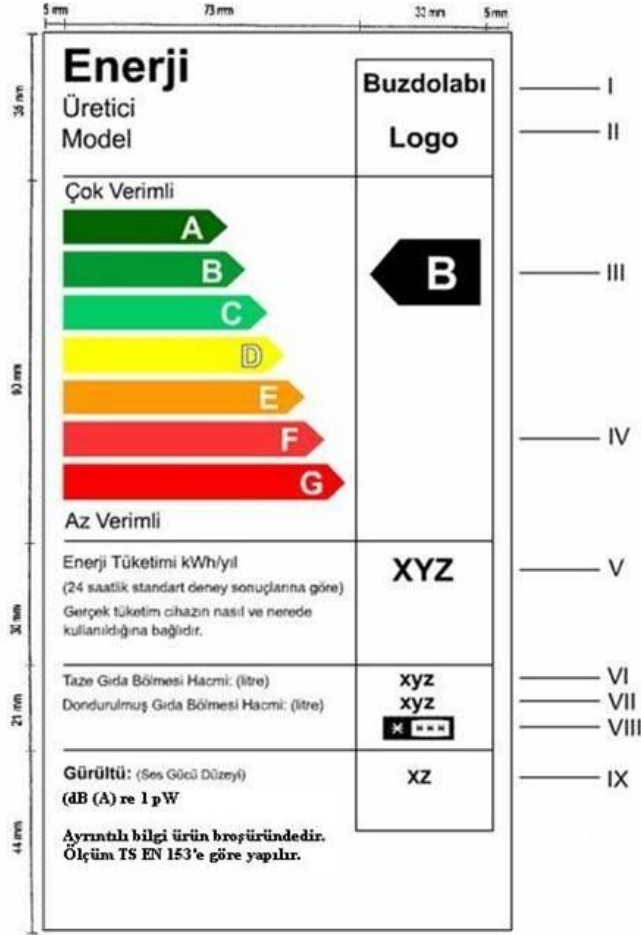
<sup>2</sup>BSTB: Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı

<sup>3</sup>UDHB: Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı

<sup>4</sup>ETKB: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Türkiye’de enerji verimliliği dünya ortalamasının gerisinde kalmakta ve bir birim katma değer yaratabilmek için birçok ülkeye göre daha çok enerji harcanmaktadır. Dünyada enerjinin etkin kullanımına ilişkin enerji verimliliği programları oluşturulmuş ancak bu programlardan çok azı Türkiye’de uygulanmıştır. Buradan da anlaşılıyor ki, Türkiye’de enerji verimliliği ile ilgili yeterli bilinç oluşmamış ve enerji sorunu konusu yeterince algılanmamıştır.

Ülkemizde örnek olarak ‘Ev Tipi Buzdolapları, Derin Dondurucular, Buzdolabı Derin Dondurucular ve Bunların Bileşimlerinin Enerji Etiketlemesine Dair 94/2/AT Yönetmeliği’ (Anonim 2010a) 30 Ocak 2010 tarihinde yayınlanmış ve 1 Eylül 2011 tarihinden itibaren zorunlu olarak uygulamaya konmuş olup üretici tarafından elektrikli cihazın önüne veya üstüne, bu mümkün değilse ambalajının üzerine veya tanıtma ve kullanma kılavuzuna iliştilen, kolayca görülebilen, silinmeyen ve kolayca okunabilecek şekilde enerji etiketi kullanılması sağlanmıştır (Şekil 1.2).



Şekil 1.2 94/2/AT yönetmeliğine göre enerji etiket örneği (Anonim 2010a)

94/2/AT yönetmeliğine göre enerji verimlilik sınıfı ( $I_a$ ), yönetmelikte belirtilen değer aralıklarına göre A++'dan (çok verimli) G'ye (az verimli) kadar harflerden oluşan bir ölçekte gösterilmektedir.  $I_a$  değeri yönetmelikte belirtilen cihaz kategorilerine göre farklı olarak belirlenmiş olan ve her bölmenin net hacmi, bölmelerin tasarım sıcaklığı gibi teknik özelliklere göre oluşturulan bir formülden elde edilen ondalık bir değeri göstermektedir (Anonim 2010a).

Türkiye Enerji Verimliliği Meclisi (TEVEM) ve Enerji Verimliliği Derneği (ENVERDER)'in Türkiye enerji ve enerji verimliliği çalışmaları 2010 yılı raporuna göre; dünya petrol ve doğalgaza bağlı enerji döneminden “enerji ve iklim çağı” veya “düşük karbon ekonomisi” ya da “yeşil ekonomi” olarak tarif edilebilecek yeni bir döneme doğru ilerlemekte ve bu ilerlemenin tüm ekonomileri değiştiren yeni bir düzen

olacağı kabul edilmektedir. Bir yandan ulaşımda, sanayide, konutta, enerjinin verimli kullanılmasının şart olduğu ve bunun nasıl gerçekleşeceği üzerinde çalışmalar sürerken; öte yandan enerji politikalarının ve enerji verimliliğinin aynı zamanda ülkelerin rekabet güçlerini yükseltme veya indirme potansiyeline sahip yeni bir ekonomik dalga olduğu ve Türkiye'nin mutlaka bu dalganın üzerinde kalması gerektiği konusu vurgulanmaktadır (Anonim 2010b).

8/4/2007 tarihli ve 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu kapsamında, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından, her yıl Ocak ayının ikinci haftasında düzenlenen Enerji Verimliliği Haftası Etkinlikleri çerçevesinde, ulusal ve uluslararası düzeyde katılımlarla gerçekleştirilen Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı, enerji verimliliği hareketinin yaygınlaşmasını sağlamak amacı ile düzenlenmektedir. 7'nci Enerji Verimliliği Forum ve Fuarı ise 14-16 Ocak 2016 tarihleri arasında İstanbul'da düzenlenmiştir (Anonim 2015e).

### **1.4.3 Enerji verimliliği ve çevre**

İklim değişikliği konusunda dünyanın bir dönemeçte olduğu konusundaki bilinç Avrupa Birliğini bu konuda çok ciddi adımlar atmaya zorlamaktadır. Dünya ciddi önlem almaz ise bu yüzyıl sonunda küresel sera gazı konsantrasyonunun (felaket anlamına gelecek 6 °C sıcaklık yükselmesine yol açacak) 700 ppm'e ulaşacağı tahmin edilmektedir (Keskin 2006).

Pek çok ülke gelecekte yüksek verimli alternatif enerji kaynaklarına yönelmekle birlikte, çevreye zarar veren yakıt kullanımlarının da önüne geçmek için, küresel ısınmayı önlemeye yönelik temiz bir çevre amacıyla uluslararası antlaşmalar yapmış ve kurallar koyarak politikalar geliştirmiştir. Bunun en önemli örneği Kyoto Protokolü'dür. Ülkemizin de 2009 yılında taraf olduğu bu antlaşmayla birlikte, ülkeler karbondioksit emisyonlarını geliştirip, gelecek nesillere temiz bir dünya bırakmayı taahhüt etmişlerdir. Ancak, bu protokole imza atan çoğu gelişmiş ülkenin bu yaptırımları ne derecede uyguladıkları ayrı bir tartışma ve araştırma konusudur (Adaçay 2014).

% 20 enerji verimliliği gerçekleşmesi durumunda da CO<sub>2</sub> emisyon azaltma hedefinin en az % 50'sinin garanti edileceği belirtilmektedir. Enerji verimliliğinin bu kadar etkin bir önlem olması nedeniyle; enerji verimliliği için genel enerji stratejisinde belirtilen hususların detaylandırılarak tartışılması ve ortak bir aksiyon planına doğru gidilmesi amacıyla Avrupa Birliği, Yeşil Tebliğ (Green Paper) adı altında stratejiler hazırlamaktadır (Anonymous 2015d).

### **1.5 Tarımda Enerji Verimliliği**

Tarım sektörünün insan hayatındaki önemi, insanlığın var oluşundan günümüze kadar artarak devam etmiştir. İnsan hayatının devamını sağlayan besin maddeleri tarım sektöründen elde edilmektedir. İnsan beslenmesinde hammadde olarak tarımsal ürünlerin yerini alabilecek bir alternatif söz konusu değildir. İnsanlığın beslenme ihtiyacı günümüze kadar artarak devam ettiği gibi bundan sonrada devam edecektir.

İşlenebilir arazi ve enerjideki sıkıntılara, kısıtlamalara rağmen tarımsal üretim artmaktadır. Nüfusun önemli oranda artmasıyla birlikte daha fazla besin üretimine ihtiyaç olmaktadır. Daha fazla gıda üretimi için ya daha fazla işlenebilir araziye ya da birim alandan daha fazla ürün almak gerekmektedir. Her yıl erezyon, tuzluluk ve diğer faktörlerden dolayı önemli miktarda işlenebilir tarım arazisi kaybolmakta olup, 1900'lü yılların ortaları ile 1990 arasındaki 40 yıllık periyotta toplam arazi miktarının 1/3'üne karşılık gelen, 1.5 milyar hektar işlenebilir tarım arazisi yok olmuştur. Artan tarım arazisi ihtiyacını karşılamak için, orman alanları tahrip edilmekte, gübreleme uygulamaları arttırılmakta olup bunlar da olumsuz çevresel etkilere neden olmaktadır. Tarımda teknolojik çalışmaların geleceği sürdürülebilirliği teşvik eden, enerji kullanımını asgariye indiren birim alandan elde edilen ürünü arttırmaya odaklı olması gerekmektedir (Gellings 2008).

Tarım sektöründe verimlilik genel olarak sulama, gübre, ilaç, tohum, işgücü, toprak, alet-makine kullanımına bağlıdır. Aynı zamanda ürünlerin taşınması, depolanması, pazarlanması, girdi fiyatları, ürün fiyatları, vergi, teşvik, destekleme alımları, işletme

büyüklikleri ve arazilerin parçalılık durumu, arazi mülkiyeti, üreticilerin örgütlenme durumu, sosyal yapı, eğitim araştırma olanakları, toprak yapısı ve iklim durumu gibi birçok faktörde verimliliği etkilemektedir (Bayramoğlu 2010).

Tarımsal üretim işlemlerinde kullanılan girdilerin toplam enerji değerinin, elde edilen ürünün enerji değeri ile karşılaştırılması, üretim verimliliğinin değerlendirilmesi için daha gerçekçi bir yaklaşımdır. Enerji çıktı/girdi oranının düşük bir değerde olması, etkin bir üretim tekniği uygulanmadığını ve girdilerin zamanında ve/veya yeterli olarak kullanılmadığını belirtir. Dünyanın batı bölgelerinde yaklaşık 1945 yılından bu yana tarım büyük ölçüde mekanize olmuş, gübre ve tarım ilaçları yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Fosil yakıtların kullanıldığı mekanizasyon araçları, tarımda insan gücünün kullanımını sınırlandırmıştır. Tarımda doğrudan veya dolaylı olarak fosil yakıt enerjilerinin kullanılması, üreticiler açısından tarımı ekonomik olarak kazançlı duruma gelmiştir. Gelişmekte olan ülkelerde, başta gübre üretimi ve makina kullanımı olmak üzere, tarımsal üretimde fazla miktarda fosil yakıt kullanılmaktadır. Modern tarımsal üretim işlemlerinin fosil yakıt kullanılmadan gerçekleştirilmesi mümkün değildir.

Tarımda mekanizasyon uygulamaları sonucunda, tarımsal üretim artmış ve yeni alanlar tarımsal üretime açılmıştır. Diğer taraftan, tarımdaki modern teknolojik uygulamalar için enerji tüketimi artmıştır. Tarımda makine ve girdi kullanımı, en önemli enerji kaynağı olan fosil yakıtların tüketimini gerektirmektedir. Enerji kaynaklarının kıtlığı ve dikkatsiz kullanılması sonucunda oluşan istenilmeyen yan etkiler, enerji tüketimini doğru bir şekilde planlanma ve dikkatli bir şekilde değerlendirmeyi gerektirmektedir. Tarımsal üretimde kullanılan enerji, doğrudan ve dolaylı olarak tüketilen enerji olarak incelenebilmektedir. Doğrudan tüketilen enerji, kimyasal bir tesiste olduğu gibi, üretim yerinde yakılan yakıt olarak değerlendirilebilir. Dolaylı tüketilen enerji ise, bu kimyasal tesisin dışında yakılan yakıt olarak değerlendirilir. Bir tarım işletmesinde tüketilen enerjinin yaklaşık 1/3'ü doğrudan enerji girdisi şeklinde iken, yaklaşık 2/3'ü dolaylı enerji girdisi özelliğindedir. Dolaylı enerji maliyetleri çok yüksek olabilir ve tarımda/toplumda kullanılan teknolojileri etkileyebilir. Doğrudan enerji girdisinin tanımlanması ve analiz edilmesi kolaydır. Diğer taraftan, dolaylı enerji girdisinin tanımlanması ve analiz edilmesi kısmen daha zordur (Bayramoğlu 2010).

Tarım alet/makinaları, pestisit ve gübre üretiminde tüketilen enerji miktarı, tarımsal üretimde kullanılan enerjinin yaklaşık % 90'ını oluşturmaktadır. Kimyasal gübreler, tarım alet ve makinalarının enerji maliyetleri, tarımsal üretimdeki enerji maliyetlerinin yaklaşık 2/3'ünün oluşturmaktadır (Öztürk 2011).

Enerji etkinliğinin artırılması, enerji kaynaklarının çevresel etki değerlendirmesi açısından önemlidir. Daha az enerji kullanmak ve çevreye en düşük düzeyde zarar vermek için, sistem etkinliğinin artırılması gerekmektedir. Tarımda enerji kullanım etkinliğini artırmak için aşağıdaki önlemler alınabilmektedir (Öztürk 2011):

- İşletmelerin mekanizasyon alt yapısı için enerji verimliliği yüksek olan teknolojilerden yararlanılmalıdır.
- Güç kaynağına uygun kapasitede alet ve makina kullanılmalıdır.
- İşletme için gerekli güç optimizasyonu sağlanmalıdır. Örneğin, daha az güç gerektiren işlemler daha büyük güçlü traktörlerle yapılmamalıdır.
- Tarım alet ve makinaları olabildiğince tam yükte ve verimli olarak çalıştırılmalıdır.
- Isıtma, soğutma ve iklimlendirme uygulamalarında ısı transferi açısından etkinlik artırılmalıdır.

Ekinci vd. (2005) tarafından Isparta ili elma üretiminde enerji kullanım etkinliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada traktör ve tarım makinelerinden dolayı olan enerji girdisinin, toplam enerji girdisinin % 10.30'unu oluşturduğu saptanmıştır. Dizel yakıtının toplam enerji girdisi içindeki payı % 36.31 olup, girdiler içinde en yüksek orana sahiptir. Dizel yakıt; tarımsal savaş, toprak işleme, sulama, gübreleme, taşıma ve yabancı ot kontrolünde (biçme) kullanılmıştır. Bu işlemlerin her birinin, dizel yakıtı toplam enerjisi içerisindeki dağılımları sırasıyla % 65.46, % 18.40, % 6.35, % 6.05, % 3.69 ve % 0.04 olarak hesaplanmıştır

## 1.6 Tarım Traktörlerinde Enerji Verimliliği

### 1.6.1 Tarım traktörleri

OECD'ye göre traktör; en az iki dingile veya paletlere sahip, temel olarak tarım ve ormancılık olmak üzere römorkları çekmek, tarım ve ormancılık alet ve makinelerini çekmek, itmek veya taşımak, gerekli durumlarda sabit veya hareketli olarak güç sağlamak üzere tasarlanmış kendi yürür araçtır (Anonymous 2015b).

Öğüt (1995)'ün bildirdiğine göre Mühendisliğin çok önemli bir ürünü olan tarım traktörlerinin gelişmeleri üzerinde, tarımsal istekler itici güç oluşturmuş ve bu alanda belirli bir tarihi süreç yaşanmıştır. Tarımda mekanik güç kullanımına imkan veren kablolu pulluklar ve bundan esinlenerek gerçekleştirilen motorlu pulluklar, tarım traktörlerinin aslını oluşturmaktadır'.

Sanayi alanındaki gelişmelerin kilometre taşı olan James Watt'ın buhar makinesine patent aldığı 1769 yılından yaklaşık bir asır sonra 1858 yılında J.W.Fawkes'in yaptığı buharlı bir traktör, 8 kulaklı bir pulluğu 3 mil/h hızla çekerek çalıştırmıştır. 1867'de N.Otto'nun içten patlamalı ve 1893'te R.Diesel'in içten yanmalı motorlara ait çalışma prensiplerini ortaya koymalarıyla 1890 yılından itibaren termik motorla çalışan traktör yapımına başlanmış, traktör güvenilirliğinin tescil edilmesi yolundaki istekler traktör denemelerini gündeme getirerek ilk defa Nebraska (ABD)'de traktör denemelerine başlanmıştır. Traktör deney sonuçlarının iyi değerlendirilmesi de traktör gelişimine destek sağlamıştır. 1920 yılından itibaren traktörlerde çok hızlı gelişme görülmüş olup, 1930'larda çelik tekerler yerine pnömatik lastikler ve üç nokta askı sistemi kullanımı, 1940-1950'lerde hidrolik sistem, sürücü oturağı ve operatör konforunda gelişmeler yaşanmıştır. Türkiye'de 1.Dünya Savaşı yıllarında Kızılay'ın getirdiği traktörlerin tarımda kullanıldığı kayıtlarda yer almakla birlikte, daha sonraki yıllarda ithal edilenlerle birlikte Marshall Planının da uygulanmasıyla kayıtlı traktör sayısı 1952 yılında 31 413'e yükselmiş olup ülkemizde ilk tarım traktörü imalatına 1955 yılında başlanmıştır (Öğüt 1995).



Kalkınmış ülkeler tarımında, verimlilikte sağlanan gelişmelerin tümünde mekanizasyon anahtar rol oynamıştır. Türkiye tarımında mekanizasyondan geleceğe yönelik ortak beklentiler vardır. Bu beklentilerden ekonomik ve ekolojik olarak ön plana çıkanlar gelecek 20 yılın görev ve araştırma alanlarını da tanımlamaktadır. Bunların başlıcaları; Enerji tüketiminin azaltılması (kWh/ha); yakıt tüketiminin azaltılması (litre/ha); iş başarısının artırılması (h/ha); insan işgücü gereksinmesinin azaltılması, tarla trafiğinin azaltılması ve rasyonel toprak işleme ile toprak sıkışmasının önlenmesi, optimum gübreleme, sulama ve ilaçlama, uzaktan algılama ve kontrol yöntemlerinin geliştirilmesi olarak sıralanmaktadır (Evcim vd. 2005).

Traktör, tarımsal işletmelerde kullanılan tarım makineleri arasında en önemli konuma sahiptir. Bu nedenle, işletmecilerin gereksinimlere yanıt verecek niteliklerde traktör seçmeleri, işletmelerin ekonomik bir üretim yapabilmesinde temel faktördür. Traktör seçimi, işletmenin büyüklüğü, üretim şekli, tarımsal işlemlerin yapılması için gereken süreler, arazi yapısı, toprak özelliği ve iklim koşullarına bağlıdır (Evcim vd. 2005).

Günümüzde Türkiye’de imal edilen ve yurtdışından ithal edilenler dahil yaklaşık 40 farklı markaya ait çok değişik tipte traktörler piyasada yer almaktadır. Dünyada traktör imalat sanayisi oldukça ilerlemiş ve gelişen teknolojiye ayak uydurmuş olup; ilk traktörlerden, teknolojik gelişmeler sonucu üretilen günümüz traktörlerine kadar bazı traktör resimleri şekil 1.3’de verilmiştir. Son yıllarda 40 km/h olan hız limiti kaldırılmış olup günümüz traktörleri; daha hızlı, 18 litreye kadar motor hacminde, 600 BG’nü aşan, otomatik olarak sürücüsüz kumanda edilebilen, kademesiz aktarma organlarına, hassas tarım yazılım ve donanımlarına, ABS fren sistemine sahip, egzoz emisyon ve gürültü seviyeleri oldukça düşük, hidrojenle çalışabilen, özelliklere sahiptir. Enerjinin yüksek maliyetli olması nedeni ile yakıttan tasarruf eden traktörler devreye girmiş, sürücünün güvenliğini ve sağlığını dikkate alan; konforlu, klimalı, özel filtrasyon sistemli kabinler, daha az gürültü ve titreşimli, ergonomik ve özel yazılım/donanımlar yardımıyla traktör kullanımında kolaylıklar sağlanmıştır.



İlk buharlı traktör



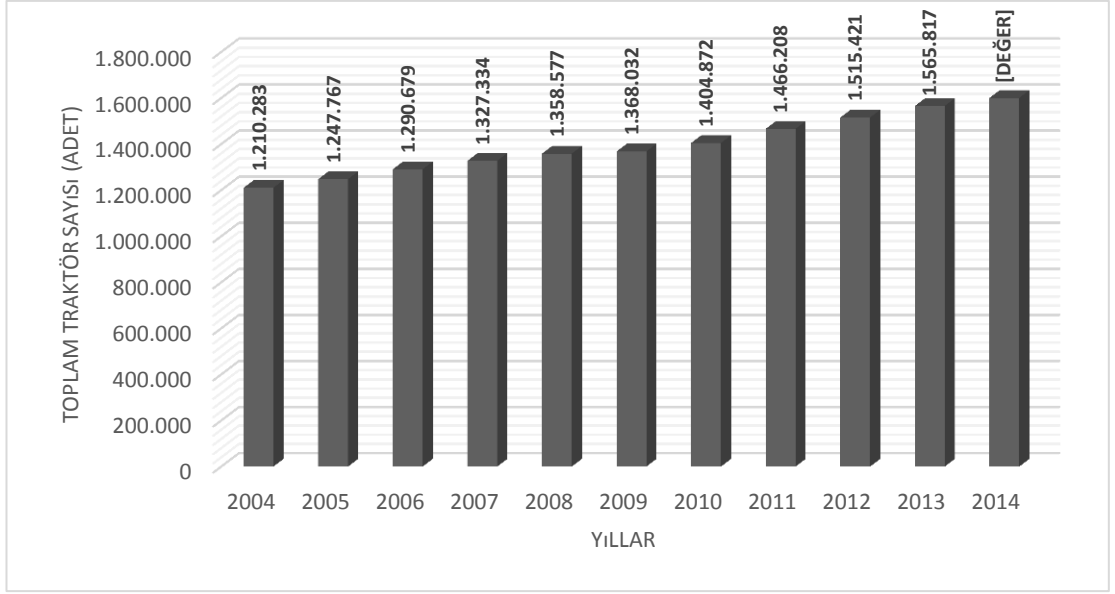
A.Ü. Ziraat Fakültesi lokomobili



Uydu kontrollü hassas tarım donanımlı traktörler

Şekil 1.3 Tarihten günümüze traktörlerde görülen teknolojik yenilikler

Şekil 1.4'de 2004-2014 yılları arasında Türkiye'de trafiğe kayıtlı toplam traktör sayısı verilmekte olup, 2014 yılı Ağustos ayı sonu itibarıyla bu rakam 1.600.601'e ulaşmıştır (Anonim 2015a).



Şekil 1.4 2004-2014 yılları arasında Türkiye’deki toplam traktör sayısı (Anonim 2015a)

Tarım işletmecilerinin traktör satın alırken dikkate aldıkları faktörlerin belirlenmesi amacıyla yapılan bir araştırmada satın alınacak traktörlerde aranılan teknik özellikler ile işletmecilerin traktör satın alırken etkilendikleri faktörleri içeren bir anket hazırlanarak, yörede tesadüfi örnekleme yöntemiyle seçilen 214 tarım işletmesine uygulanmıştır (Aybek 2002).

Çizelge 1.4 incelendiğinde tarım işletmecilerinin traktör satın alırken dikkate aldıkları en önemli özellik % 84.3 ile yakıt tüketimi yönünden ekonomik oluşudur. Bunu sırasıyla traktörün gücü, yedek parça kolaylığı ve bulunma ucuzluğu, servis kolaylığı gibi özellikler takip etmektedir.

Çizelge 1.4 İşletmecilerin traktör satın alırken dikkate aldıkları teknik ve diğer özelliklerin önem düzeyine göre dağılımları (Aybek 2002)

Traktör teknik ve diğer özellikleri	Önem düzeyi (%)				
	Çok önemli	Önemli	Kayıtsız	Önemsiz	Kesinlikle önemsiz
Yakıt tüketiminin ekonomik oluşu	84.3	12.4	0.5	2.8	-
Traktörün gücü	76.5	20.3	0.5	2.8	-
Yedek parça kolaylığı ve bulunma ucuzluğu	72.8	24.0	1.4	1.4	0.5
Servis kolaylığı	65.0	32.3	1.8	0.9	-
Kuyruk mili özellikleri	63.6	31.8	2.3	2.3	-
Lastik özellikleri	55.3	40.1	2.3	2.3	-
Vites özellikleri	56.7	36.4	4.1	2.3	0.5
Hidrolik direksiyon	41.5	38.7	9.2	10.1	0.5
Çift çeker olması	34.6	24.4	11.1	24.4	5.5

Tarım traktörlerinde kullanılan motorların, 2000/25/AT Tarım veya Orman Traktörlerini Tahrik Etmek Üzere Tasarlanan Motorlardan Çıkan Gaz Emisyonları ve Parçacık Kirleticilere Karşı Alınacak Tedbirlerle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği doğrultusunda traktörlerin güç kategorilerine göre çizelge 1.5’de verilen farklı faz seviyelerini karşılaması gerekmektedir (Anonim 2007b).

AB Faz 1’e 1998 yılında geçerken, Türkiye bu tarihten 5 yıl sonra 2003 yılında traktörler için ilk defa egzoz emisyon seviyesini uygulayarak Faz 1’e geçmiştir. AB güç kategorilerine göre 2000 yılından başlayarak Faz 2’ye geçerken, Türkiye 2007 yılında Faz 2 seviyesine geçiş yapmıştır. Çizelge 1.5 incelendiğinde Türkiye’de Faz 3B ve Faz 4’e geçiş yeni traktörler için 2018 yılı olarak görülmekte olup AB’de bütün kategorilerde Faz 4’e geçilmiştir. Çizelge 1.5’de verilen fazların devreye giriş tarihleri yeni ve mevcut olarak farklı tarihler yazılmıştır. Burada yeni ile daha önce üretilmemiş ve tip onay belgesi almamış traktörler, mevcut ile daha önce üretilerek tip onay belgesi almış, piyasada satılan traktörler ifade edilmektedir.

Çizelge 1.5 AB ve Türkiye’de traktörlerin güç kategorilerine göre Faz seviyeleri  
(Anonim 2007b)

	Kategori		Uygulamaya Konulma Tarihleri			
	Net Güç		Türkiye		AB	
	kW	HP	Yeni	Mevcut	Yeni	Mevcut
<b>Faz 3 A</b>						
<b>H</b>	130-560 kW	177-762 HP	01.01.2010	01.01.2011	01.01.2006	01.01.2006
<b>I</b>	75-130 kW	102-177 HP	01.01.2010	01.01.2011	01.01.2006	01.01.2007
<b>J</b>	37-75 kW	50-102 HP	01.01.2010	01.01.2011	01.01.2007	01.01.2008
<b>K</b>	19-37 kW	26-50 HP	01.01.2010	01.01.2011	01.01.2006	01.01.2007
<b>Faz 3 B</b>						
<b>L</b>	130-560 kW	177-762 HP	01.01.2018	01.01.2019	01.01.2010	01.01.2011
<b>M</b>	75-130 kW	102-177 HP	01.10.2018	01.10.2019	01.01.2011	01.01.2012
<b>N</b>	56-75 kW	76-102 HP	01.10.2018	01.10.2019	01.01.2011	01.01.2012
<b>P</b>	37-56 kW	50-76 HP	01.10.2018	01.10.2018	01.01.2012	01.01.2013
<b>Faz 4</b>						
<b>Q</b>	130-560 kW	177-762 HP	01.01.2018	01.01.2019	01.01.2013	01.01.2014
<b>R</b>	56-130 kW	76-177 HP	01.10.2018	01.10.2019	01.10.2013	01.10.2014

Traktörlerin Faz 3A’dan sonraki fazlarda emisyon standartlarına ulaşması için Egzoz Gazı Devridaim Sistemi (Exhaust Gas Recirculation System, EGR ), Dizel Oksidasyon Katalizör (Diesel Oxidation Catalysts, DOC), Dizel Partikül Filtresi (Diesel Particulate Filters, DPF), Seçici Katalitik İndirgeme (Selective Catalytic Reduction, SCR) gibi farklı emisyon sistemlerinin ayrı ayrı veya kombine olarak kullanılması gerekmektedir. Bu sistemlerden Seçici Katalitik İndirgeme sisteminde, özel bir egzoz sıvısına (Diesel Exhaust Fluid, DEF) ihtiyaç duyulmaktadır. SCR sistemi, yakıt sistemine benzer şekilde ayrı bir depo, enjektör ve iletim borularına sahip olup, egzoz gazına üre yapısında olan ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) ve ticari olarak yakıt gibi satılan reaktif madde püskürtülmekte, dolayısıyla reaktif madde tüketimi söz konusu olmaktadır (Muñoz-Garcia vd. 2012).

### 1.6.2 Traktör testleri

Türkiye’de resmi olarak tip onay testleri (güvenlik) ve OECD Kod 2 (performans) testleri olmak üzere iki farklı tip traktör test uygulaması mevcuttur. Ayrıca traktör güvenliğiyle ilgili olan ve bazı tip onay yönetmelikleriyle de eşdeğer olan OECD

kodları da vardır. Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından uygulanan 2003/37/AT Tarım veya Orman Traktörleri, Bunların Römorkları ve Birbiriyle Değiştirilebilir Çekilen Makinaları ile Sistemleri, Aksamları, Ayrı Teknik Üniteleri ile İlgili Tip Onayı Yönetmeliği (Anonim 2008)'ne göre tip onay testleri zorunlu testlerdir. Tip onay testleri Bilim Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından yetkilendirilen teknik servisler tarafından yapılmaktadır.

Traktörlerin trafik tescili; tip onayı yönetmeliği çerçevesinde yapım ve kullanım bakımından karayolu yapısına ve trafik güvenliğine uyma zorunluluğunu yerine getirmek üzere; traktörü oluşturan sistemlerin, aksamların ve ayrı teknik ünitelerin, tek tek onaylarının toplanarak tip onay belgesi alındıktan sonra yapılabilmektedir. Zorunlu olan bu yasal mevzuat çerçevesinde gelişen teknoloji ile birlikte traktörlerde de özellikle performans, güvenlik ve konfor olarak önemli gelişmeler yaşanmıştır. Bu gelişmeler sayesinde traktörler daha konforlu, güvenli ve verimli olarak tarımsal fonksiyonlarını yerine getirmektedirler.

Traktörün performansına ilişkin testler ise Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından uygulanan Tarımsal Mekanizasyon Araçlarının Kredili Satışına Esas Deney ve Denetimlerle İlgili Tebliğ (Anonim 2000) kapsamında, OECD Kod 2'ye göre sadece Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü'nce yapılmaktadır.

Türkiye'de traktör üreticileri ve ithalatçıları Zirai Kredilendirme Belgesi olarak traktörlerini daha uygun kredilerle, daha iyi şartlarda pazarlamakta ve satışlarını arttırdığı için bu belgeye rağbet göstermektedir. OECD Kod 2'ye göre Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü'nden olumlu deney raporu alındıktan sonra o traktör marka ve modeli için Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü tarafından 'Zirai Kredilendirme Belgesi' verilmektedir. Tebliğle Standartlara uygun, ergonomik, güvenli, tarım tekniğine uygun, ekonomik verimliliği olan kaliteli tarım araçlarını, Türk çiftçisinin kullanımına sunmak amaçlanmıştır (Anonim 2000).

OECD Kod 2 traktör test raporlarında traktörün enerji verimliliği ile ilgili çok fazla veri vardır. Kuyruk mili gücü, çeki gücü performans testlerinde, traktörün performansı traktörün tarımsal faaliyetlerdeki çok farklı çalışma şartlarını temsil edecek şekilde ortaya konulmaktadır. OECD Kod 2 testleri dünyanın pek çok ülkesinde uygulanmakta ve kabul görmekte olduğundan, sadece ülkemizde satılan değil dünyanın birçok ülkesinde satılan traktörler OECD Kod 2 performans testlerine tabi tutulmaktadır.

Traktör üreticileri internet sitelerinde veya tanıtım dokümanlarında genellikle traktörlerin güç, motor tipi, silindir sayısı ve hacmi, tork, hidrolik sistem, vites kutusu ve hızlar, frenler, kuyruk mili, lastik ölçüleri, boyutlar ve ağırlıklar gibi teknik bilgiler vermektedir. Bu bilgiler arasında traktörlerin yakıt tüketimine ilişkin herhangi bir bilgi yer almamaktadır. Her üretici kendi ürettiği traktörün daha az yakıt tükettiğini iddia edebilmekte ve bunun ispatı için tarla günleri, fuar v.b farklı platform ve etkinliklerle faaliyetler yapmaktadır.

### **1.6.3 OECD**

İktisadi İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development), İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra Avrupa'yı yeniden imar etmek amacıyla yapılan yardımların eşgüdümünü sağlamak amacıyla oluşturulan Avrupa Ekonomik İşbirliği Teşkilatı'nın (OEEC, Organisation for European Economic Cooperation) görevini tamamlaması ertesinde, 14 Aralık 1960 tarihinde Paris'te imzalanan bir Konvansiyon (Convention on the Organisation for Economic Co-operation and Development) ile kurulmuştur. Türkiye, kurucu ülke olup 29 Mart 1961 tarih ve 293 sayılı yasa ile 2 Ağustos 1961'de OECD'ye katılmıştır.

OECD'nin amacı; üye ülkelerde kendi kendine yeterli en yüksek ekonomik gelişme ve istihdamı sağlamak, bu esnada mali istikrarı korumak, üye olan ve olmayan ülkelerde ekonomik kalkınmaya katkıda bulunmak, dünya ticaretinin uluslararası taahhütler çerçevesinde ve ayrımcı olmayan bazda gelişmesine yardımcı olmaktır.

İlk tarım traktörü standart kodu 21 Nisan 1959 yılında OEEC tarafından onaylanmıştır. Daha sonra orman traktörlerini de kapsayacak şekilde diğer performans özellikleri, emniyet ve gürültüye dair yeni konular eklenmiştir (Anonymous 2015c).

OECD Traktör Test Kodları, OECD Tarım ve Ticaret Müdürlüğü Sekretaryasında yürütülmekte olup uluslararası ticareti kolaylaştırmak amacıyla, traktörlerin aynı standarda göre test edilmesi, raporlandırılması ve OECD onay aşamasından sonra uluslar arası serbest dolaşım hakkını elde etmesi sağlanmaktadır. Traktör tip onay testleri konusunda Avrupa Birliği adına mevzuatı oluşturan Avrupa Komisyonu’da, OECD koruyucu yapı ve gürültü test kodlarını ilgili tip onay yönetmeliklerine eşdeğer olarak kabul etmektedir. OECD Test Kodları gelişen ve değişen teknolojiye uygun olarak Teknik ve Bilimsel Çalışma Gruplarının çalışmalarıyla değerlendirilmekte, güncellenmekte ve her yıl Şubat ayı son haftasında Paris/Fransa’da yapılan yıllık toplantıda oy çokluğu değil oybirliği kuralıyla değişiklik kararları alınmaktadır. Ayrıca Test Kodlarının üye Ülke test istasyonlarındaki uygulamalarının izlenmesini, harmonizasyonunu sağlamak amacıyla her iki yılda bir Test Mühendisleri Konferansı düzenlenmektedir. Ülkemiz adına 2014 yılında Ankara’da, 2010 yılında Antalya’da Teknik Çalışma Grup Toplantılarına ve 2007 yılında ise 13. OECD Traktör Kodları Test Mühendisleri Konferansına OECD tarafından atanmış Ülkemizdeki yetkili tek traktör test istasyonu olan ‘Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü’ ev sahipliği yapmıştır.

3 farklı yapıda toplam 9 OECD Traktör Kodu vardır; Kod 2 ( Performans Kodu; pto, çeki, hidrolik güç/kuvvet testleri), Kod 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10 (Koruyucu Yapı Kodu; ROPS, FOPS testleri), Kod 5 (Gürültü Kodu; Sürüş Konumundaki gürültü testleri). Test kodlarının Ülkelerdeki uygulanmasında herhangi bir zorunluluk yoktur. OECD test yöntemlerini ilgili prosedürleri çerçevesinde belirleyerek OECD Kodu şeklinde herkesin erişimine açık olarak web sitesinden yayınlar, üye ülkeler hangi kodun zorunlu veya isteğe bağlı olduğunu kendisi belirler, OECD tarafından onaylanmış test raporlarının OECD üyesi ülkelerde geçerliliği söz konusudur. Üye olmayan ülkelerde OECD kodlarını uygulayabilir veya kabul edebilirler (Anonymous 2015c).



Bu tez çalışması traktör performans test sonuçları kullanılarak yapıldığı için sadece OECD Kod 2 hakkında bilgi verilmiştir.

#### **1.6.4 Tarım traktörlerinde enerji verimliliğine etkili faktörler**

Kamyon veya diğer araçlardan farklı olarak, tarım römorklarını çekmek, tarım ve ormancılık alet ve makinelerini çekmek, itmek veya taşımak, gerekli durumlarda sabit veya hareketli olarak güç sağlamak gibi çok sayıda farklı görevi yerine getiren traktörlerde yakıt tüketiminin değerlendirilmesi zor olmaktadır. Otomobillerde yakıt tüketimini belirlerken şehir içi veya şehirlerarası yolda seyahat edebileceği mesafe göz önünde bulundurularak ölçüm ve hesaplamalar yapılır, bütün çevrimlerin ortalaması alınarak bir seviye belirlenir ve bu seviyeye uygun enerji verimlilik sınıflandırması yapılarak etiket kullanılabilir. Otomobillerin kullanıldığı beton ve asfalt zeminlerin, traktörün kullanıldığı çok farklı toprak karakteristiklerine göre daha homojen olması traktör ile diğer yol araçları arasındaki önemli diğer bir farktır (Anonymous 2012a).

Tarım traktörleri tarım alet ve makinelerini çalıştırmak için çeki gücü yanında aynı zamanda kuyruk mili ve hidrolik güç içinde enerji tüketmektedir. Özellikle çeki işlerini yaparken hareket iletim sistemi (transmisyon) tipinin traktörün yakıt tüketimi üzerinde önemli etkisi olmaktadır (Anonymous 2012a).

Amerika Birleşik Devletleri'nde bitkisel üretimde ilaçlama ve gübrelemeden sonraki en çok enerji tüketimi traktörle yapılan tarımsal işlemlerde olmaktadır. Enerji tüketimi direkt ve direkt olmayan tüketim olarak ikiye ayrılmakta, gerekli materyallerin, traktör ve ekipmanların üretimi ile bunların kullanım yerlerine taşınması için tüketilen enerji direkt olmayan enerji tüketimi olarak kabul edilmektedir. Yakıt verimliliği üzerine yapılan çalışmalar genellikle direk enerji tüketimi olan traktör ve makine kullanımı konularında yapılmaktadır (Gellings 2008).

Termik motorların enerji verimliliği için kullanılan gösterge, birim güç için tüketilen yakıt gösteren özgül yakıt tüketimidir (g/kWh). İlk satın alma maliyeti yüksek olsa da daha verimli olan traktörlerin satın alınması en iyisidir. Yüksek satın alma maliyetine karşılık daha verimli olmasından kaynaklanan enerji tasarrufu ile kısa sürede bu maliyetler genellikle geri alınabilir. Traktörler onlarca yıl (10 -12 bin saat) kullanıldığı için, verimsiz olan traktörler yıllarca yüksek çalışma maliyetine neden olmaktadır. Ekonomik ömrünü doldurmuş, eski, verimsiz traktörleri kullanmak yerine, bu traktörleri yeni verimli olan traktörlerle değiştirmenin maliyeti için ekonomik analiz yapıldığında, yeni verimli olan traktörlerin alımı daha ekonomik olabilmektedir.

Nebraska Üniversitesi Tarım Mühendisliği Bölümü, traktör satın alırken, hangi traktörün satın alınacağını seçmede faydalı olabilecek, farklı marka ve model traktörleri kıyaslayan bir programa sahiptir. Traktörün yakıt tasarrufu; motor verimliliği, ağırlık/güç oranı, ağırlık dağılımı ve tahrikli dingil sayısı gibi değişik faktörlere bağlı olarak değişmektedir. Kullanılan ekipman ve toprak şartları da yakıt kullanımını etkilemektedir. Örneğin kulaklı pulluk ve çizel gibi birinci sınıf toprak işleme ekipmanlarıyla çalışılırken yüksek oranda yakıt tüketimi söz konusudur. Aynı şekilde killi ve killi balçık toprakların işlenmesi sırasında kumlu toprakların işlenmesine oranla daha fazla yakıt tüketimi olmaktadır (Gellings 2008).

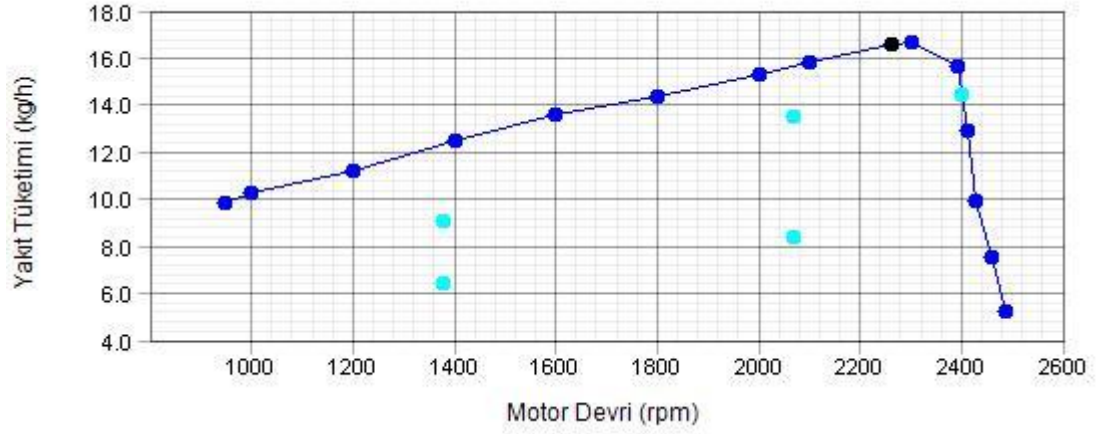
#### **1.6.4.1 Motor**

Traktörlerin ana yapı elemanları; motor, kavrama, aktarma organları, yürüme organları, dümenleme organları ve fren donanımlarıdır. Motor traktörün güç kaynağı olduğu için en önemli elemandır. Motorun birçok özelliği traktörün verimli, uygun ve kaliteli iş yapmasını etkiler. Örneğin özgül yakıt tüketimi yüksek bir motora sahip traktörle yapılan işler daha pahalı olmaktadır. Yakıt tüketiminin azaltılması, birim silindir hacmine düşen gücün artırılması ve traktör özgül ağırlığının (birim güce düşen ağırlığın) azaltılabilmesi için yapılan çalışmalar, traktör motor devir sayılarının ve silindir sayılarının artarak motor ağırlığının azalmasını sağlamıştır. Tüm yapısal çalışmalar, hafif fakat sağlam bir yapı ile her an işletmeye hazır olan, işletme emniyeti

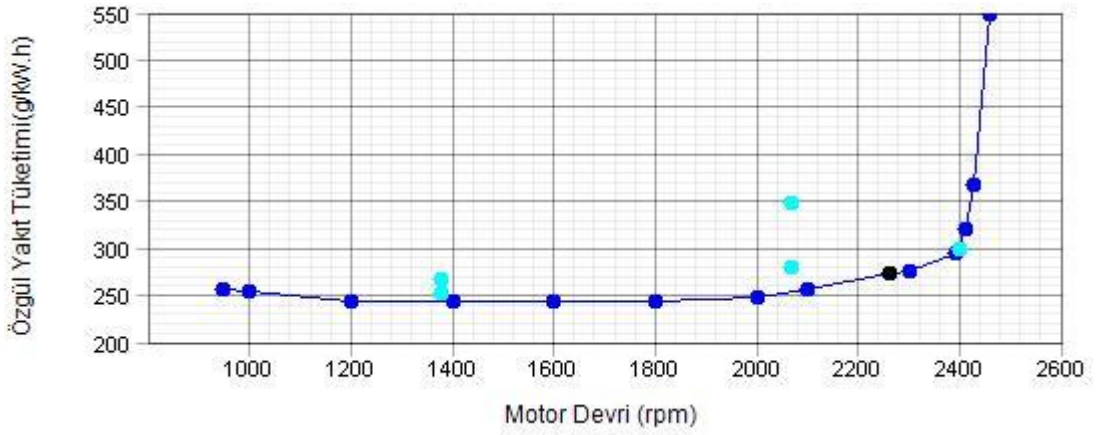
bulunan, uzun ömürlü ve işletme masrafları az olan motorun geliştirilmesi için olmaktadır (Saral ve Avcıoğlu 2002).

Traktörün enerji verimliliğine etkili unsurların başında motor gelmektedir. Traktörlerde günümüzdeki yapılarına ulaşıncaya kadar buharlı, gazlı benzinli gibi değişik motorlar kullanılmış ancak 1960 yıllarından itibaren dizel motorlar yaygınlık kazanmıştır. Termik motorlar yakıt enerjisini mekanik enerjiye dönüştürmek için özenle tasarlanır. Bununla birlikte yakıt enerjisinin ancak yarısından az bir kısmını mekanik enerjiye dönüştürebilmektedir. Termik enerjiden mekanik enerjiye geçişte kaçınılmaz kayıplar söz konusudur. Yakıtın ısıl değeri, yakıtın yanmasıyla elde edilen enerji miktarını ifade etmektedir. Motordan elde edilen gücün en az yakıt tüketimiyle gerçekleştirilmesi önemli bir husustur. Motorlar birbirleriyle kıyaslanırken nominal devir, nominal güç, maksimum güç, maksimum tork, saatlik yakıt tüketimi gibi karakteristiklerden özgül (specific) yakıt tüketimi çok önemlidir. Özgül yakıt tüketimi birim gücün üretilmesinde tüketilen yakıt miktarını ifade eder, birimi g/kWh olup kuyruk mili devrini veren motorun ekonomik çalışma bölgesinde motor devir sayısı arttıka düşmesi gerekir (Öğüt 1995).

şekil 1.5 ve 1.6'da tipik bir dizel motorun saatlik ve özgül yakıt tüketim eğrileri görölmektedir. Motorun saatlik yakıt tüketimi devir sayısına bağlı olarak önce artmakta ve nominal devir sayısından sonra hızla azalmaktadır. Özgül yakıt tüketimi ise motorun yapısına bağlı olmakla birlikte genel olarak nominal devir sayısının altında ve ona yakın bir noktada en düşük değerini almaktadır. Özgül yakıt tüketiminin değişimi, motorun yapısal özellikleri yanında, motor yüklenişine de önemli derecede bağlı bulunmaktadır (Saral ve Avcıoğlu 2002).



Şekil 1.5 Tipik bir dizel motorun saatlik yakıt tüketim eğrisi (Anonim 2011)



Şekil 1.6 Tipik bir dizel motorun özgül yakıt tüketim eğrisi (Anonim 2011)

ASAE EP496 standardında farklı yükleme koşullarına bağlı olarak dizel motorların kuyruk mili (pto) gücü ile saatlik yakıt tüketimi arasında aşağıdaki gibi bir formül vardır (Anonymous 2002);

$$Q = (2.64 * YO + 3.91 - 0.203\sqrt{738 * YO + 173}) * YO * P_{pto}$$

Burada;

Q : Saatlik yakıt tüketimi (L/h)

$P_{pto}$  : Nominal kuyruk mili gücü (kW)

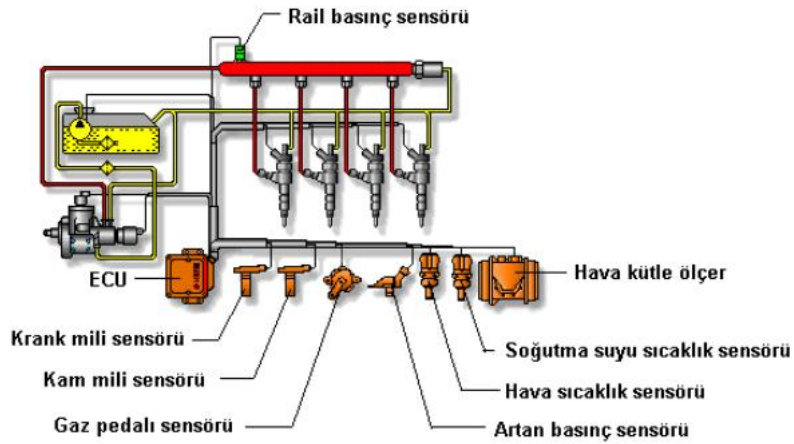
YO : Yükleme oranıdır.

Dizel motorunun yakıt enjeksiyon sistemi; enjeksiyon pompası, dağıtım boruları ve enjektör memelerinden oluşmaktadır. Enjeksiyon pompaları ve enjektör memeleri farklı tip ve yapıda olabilmektedir. Geleneksel enjeksiyon sistemlerinde piston strokunun ilk zamanlarında emme hattı kapalı ve yakıt piston üzerindeki enjektör hattı içerisine doğru zorlanmaktadır. Enjeksiyon memesi, yakıtı silindir içerisine püskürtecek şekilde deliklere sahiptir. Enjektör içerisindeki basınç yay kuvvetini yendiği zaman, yaylı enjektör iğnesi valfi açar ve enjeksiyon pompası, eksantrik milinin tahrik etmesiyle enjeksiyonu başlatır. Pompa giriş hattının, pistonlu pompadaki helisel yapı tarafından kapatılmasıyla enjeksiyon durdurulur ve piston üzerindeki yüksek basınç serbest kalır. Enjeksiyon pompası eksantriğinin tasarımı ve helisel yapının konumu sayesinde silindire enjekte edilecek yakıt miktarı ayarlanır. Eksantriğin bu tasarımı sayesinde döner piston ve helisel yapı yakıt enjeksiyonunu kontrol etmektedir.

Common-rail (CR) enjeksiyon sistemlerinde; geleneksel enjeksiyon sisteminin aksine basınç üretimi ve enjekte edilmesi birbirinden ayrı şekilde yapılır. Enjeksiyon basıncı motor devrinden bağımsız bir şekilde oluşturulur ve enjekte edilen yakıt miktarı belirli sınırlar içerisinde istenildiği miktarda seçilebilir. CR sistemlerde basınç üretimi ve enjeksiyondaki ayırım için vazgeçilmez unsur ortak yol ve yüksek basınç hatlarından oluşan yüksek basınç toplayıcı sistemdir. Sistemin en önemli parçası solenoid valf kontrollü olan enjektördür. İğnelerin açılış ve kapanış zamanını belirlemek için iğnenin tepesinde küçük bir yüksek basınç odası vardır. Bu oda valf kapalıyken oda ile meme arasında aynı basınç olmasını sağlamak için küçük bir delik aracılığıyla rayla bağlantılıdır. Küçük bir solenoid denge valfi aynı yerde doğru olarak belirlenmiş zamanda hattı açmak için çalışır, bu basınç düşmesine sebep olur. Basınç düşmesi valf iğnesinde negatif bir kuvveti sonuç verir ve enjeksiyon başlatılır. Solenoid kapanır kapanmaz odadaki basınç iğnenin kapanması sonucunda tekrar artar. Enjeksiyon oranının şekillendirmesiyle pilot enjeksiyon elde edilir ve meme iğnesinin hareketinin kontrolüyle çoklu enjeksiyon yapılır.

Hatalı enjeksiyon verimliliği azaltır ve zararlı emsiyonları artırır. Elektronik kontrollü CR enjeksiyon sistemleri dizel motorlar için geleceğin standardı olarak teşvik edilmektedir (Bunes ve Einang 2000).

Yıllardır, tüketicilerin farklı isteklerinin çeşitliliği, dizel yakıt enjeksiyon sisteminde de çeşitliliğin artmasına yol açmıştır. Dizel motor teknolojisindeki birçok önemli gelişme, güçte artış, yakıt tüketimi, motor gürültüsü ve egzoz emisyonlarında azalma sağlamıştır. CR yakıt enjeksiyon sistemi, kamdan hareket alarak çalışan sistemlerle karşılaştırıldığında, direk enjeksiyonlu dizel motorlara enjeksiyon sisteminin adaptasyonu oldukça esneklik sağlamaktadır. Şekil 1.7’de CR enjeksiyon sistemi ve temel elemanları görülmektedir.



Şekil 1.7 Temel elemanları ile CR enjeksiyon sistemi (Çanakçı ve Özsezen 2004)

CR, direk enjeksiyonlu dizel motorlara kolay adaptasyonu ve yüksek verimleri nedeniyle yüksek oranda dizel araçlarda kullanılmaya başlamıştır. Aynı zamanda CR, enjeksiyon basıncının yüksek olması ve kontrol mekanizmasının esnekliği ile de dikkatleri üzerine çekmiştir. Dizel elektronik sistemlerinde kullanılan solenoid valftaki gelişmeler, enjeksiyon zamanlamasının daha hassas olmasını sağlamış ve böylece yanma verimi artmıştır. Geleneksel dizel püskürtme sistemleri yaklaşık 900 bar yakıt püskürtme basıncına sahip iken, CR sistemleri 1350 barın üzerinde bir basınçla yanma odasına püskürtülebilmektedir (Anonim 2015h) .

Dizel araçlardan kaynaklanan yanma gürültüsü ve egzoz emisyonlarını azaltmak, bunun yanında motor performansını iyileştirmek, enjeksiyon teknolojisinin gelişmesine paralel olarak sağlanabilmektedir. Dizel motorlu araçlar son yıllarda daha yüksek yakıt ekonomisi sağlarken, egzoz emisyonlarında da % 50'ye varan azalma göstermektedir. Bu iyileşmedeki en önemli etken 1997 yılından itibaren binek dizel araçlarda kullanılmaya başlanan CR yakıt enjeksiyon sistemidir. Dizel elektronik sistemlerinde kullanılan solenoid valfteki gelişmeler, enjeksiyon zamanlamasının daha hassas olmasını sağlamış ve böylece yanma verimi artmıştır. CR sisteminin oluşumunu solenoid enjektör teknolojisi gerçekleştirmiştir. Günümüzde, solenoid enjektör teknolojisini yerini sisteme daha hızlı cevap veren piezo enjektöre bırakmaktadır (Çanakçı ve Özsezen 2004).

CR yakıt püskürtme sistemlerinin avantajları özetle şöyle sıralanabilir;

- Yakıt, motor devrinden bağımsız olarak püskürtüldüğü için düşük motor devirlerinde de yüksek güçlere ulaşılabilir,
- Sistem, ani yüklenmeleri hemen algılayarak püskürtülen yakıt miktarını otomatik olarak ayarlar ve motor devrini korur,
- Yakıt, daha yüksek basınçlarda ve ihtiyaca göre silindirlere gönderilir,
- Egzoz emisyon ve gürültü seviyesi daha düşüktür.

#### **1.6.4.2 Aktarma organları ve vites kutusu**

Aktarma organları, traktörün motoru kadar önem taşımaktadır. Devir sayısı sınırlı olan traktör motorundan elde edilen gücün, yürüme organlarına aktarılması için mekanik, hidrostatik ve elektrikli yapıda imal edilmektedir (Saral ve Avcıoğlu 2002).

Yüksek güçlü traktörler; toprak işleme, ekim, dikim gibi çeki gücü gerektiren uygulamalarda daha çok çalışır. Bu nedenle motordan tekerleklere aktarma organlarıyla olan güç aktarımının daha verimli olması istenir. Motor krank milindeki devir ve tork, hareketin iletiildiği akstaki devir ve torka dönüşür. Toprak şartları ve makinenin

büyüklüğüne bağlı olarak toprak işleme, çizel, pulluk, ekim-dikim, ilaçlama gibi uygulamalarda farklı çeki gücü ve çeki kuvveti ihtiyacı vardır.

Dizel motorlarda ‘shifting up and reducing throttle’ veya ‘shift up throttle back’ şeklinde ingilizce olarak ifade edilen gaz kesme vites yükseltme sistemi otomatik olarak ayarlanabilirse, kısmi çeki yüklemelerinde yakıt ekonomisi daha kararlı olmaktadır. Motor devri, olması gerekenden daha yüksekse, aşırı sürtünme kayıpları nedeniyle motorun ürettiği güç gereksiz yere harcanmış olur. Bu yüksek gaz ayarı ve yüksek motor devri nedeniyle motor tarafından üretilen gücün kullanım oranı azalmaktadır.

Bu yeni konsept, kamyon veya otomobillerin yüksek hızdaki seyahatlerinde olan duruma benzemektedir. Düşük başlangıç hızlarında, aracı hareket ettirmek ve ataleti yenmek için daha fazla güç ve torka ihtiyaç duyulmaktadır. Aktarma organlarının daha yüksek tork aktarabileceği düşük viteslerde, aks dönü hızını azaltarak bu sağlanabilmektedir. Araç, yüksek tork ve kuvvet gerektirmeyecek hızlara ulaştığı zaman, yüksek aktarma oranlarının olduğu viteslerde seyahat edilir (Anonymous 2015a).

Operatör tarafından istenen ilerleme hızlarında, yükleme şartlarına bağlı olarak elektronik kontrolle otomatik olarak vites seçimi yapan yeni tip aktarma organları; orta ve büyük güçlü traktörlerde kullanılmaya başlanmıştır. Infinitely Variable Transmission (IVT) veya Continuously Variable Transmission (CVT) olarak ta da adlandırılan ‘Sürekli Değişken Transmisyon’ tip sistemiyle hareket iletimi, seçilen hız ve yükte, en verimli yakıt tüketimi olacak şekilde kademesiz ve otomatik olarak yapılmaktadır.

### **1.7 Tez Çalışmasının Amacı ve Kapsamı**

Bu çalışmanın amacı; traktör satın alacak kişi veya kurumlara (çiftçilere, traktör kullanıcılarına veya tarımsal işletmelere), dünyada kabul gören ve uygulanan OECD Kod 2 (Anonymous 2015b) traktör performans test raporlarından yararlanarak, satın



almayı düşündükleri traktörün enerji verimliliğine ilişkin basit, anlaşılabilir, tarafsız ve objektif bilgi verebilmenin bilimsel ve teknik altyapısını oluşturmaktır.

Bu amaçla Türkiye’de satılan, 2011-2014 yıllarında OECD Kod 2 deney raporu almış olan, farklı özelliklere sahip yerli üretim veya ithal traktörler, enerji verimliliğine göre A’ dan G’ye kadar sınıflandırılmıştır.

Bu çalışmada enerji verimlilik sistemi oluşturulurken olası bütün parametreler göz önünde tutulmaya çalışılmış ve tüm dünyada uygulanabilecek şekilde olması da hedeflenmiştir. Enerji verimlilik sınıflandırması yapılan traktör grubuna bakılmaksızın, gruba yeni traktörlerin eklenmesi veya hangi ülkede değerlendirildiğinden bağımsız olarak, herhangi bir Ülke, grup veya tek bir traktör için uygulanabilecek bir enerji verimlilik sınıflandırma sistemi geliştirilmiştir. Geliştirilen sistem ile hangi ülke’de sınıflandırma yapılacaksa sadece traktörlerin o ülkedeki çeki ve kuyruk mili kullanım oranlarının dikkate alınmasıyla tüm dünyada kullanılabilir şekildedir.

Bu zamana kadar yapılan çalışmalarda, enerji verimliliği sınıflandırması için farklı indeksler oluşturulmuş ve indeks sadece belirli grup traktörler için uygulanmıştır. Sadece o çalışmada yer alan grup içerisindeki traktör verilerinin dağılımına göre sınıflandırma yapılmıştır. Aynı marka ve model traktörün farklı bir ülkede değerlendirilmesi veya mevcut gruba giren traktör sayısı veya verisinin değişmesiyle, aynı traktörün örneğin A sınıfı iken, gruba giren traktörlerin değişmesiyle B veya C sınıfı olması söz konusu olmaktadır.

Traktör enerji verimliliğini etkileyen faktörler dikkate alınarak bu tezin temel amacı olan enerji verimlilik sınıflandırma sistemi oluşturulmuş ve bu sisteme göre traktörler sınıflandırılmıştır. Enerji verimlilik sistemi oluşturulurken;

- Traktör enerji verimliliğini etkileyen teknik özellikler belirlenmiştir.
- En gelişmiş ve modern teknolojiyle donatılmış olan traktörlerde dikkate alınmıştır.

- Sadece ülkemizde değil uluslararası olarak da kullanılabilmesi amaçlanmıştır.
- Türkiye’de traktörlerle yapılan tarımsal faaliyetlerdeki çeki ve kuyruk mili gücü ortalama kullanım oranları dikkate alınarak ağırlıklı özgül yakıt tüketimi, güç ve verim değerleri kullanılmıştır.
- Bu çalışma ülkemizdeki bu alandaki ilk detaylı çalışmadır. Yurtdışında ise şu ana kadar yapılan çalışmalarda A, B, C gibi verimlilik sınıfları belirlenirken, sadece çalışma yapılan traktör grubunun ortalama değerleri dikkate alınarak, o grup için sınıflandırma yapılmıştır. Yani gruba eklenecek her yeni traktörle birlikte grupta yer alan traktörlerin enerji verimlilik sınıfı değişebilmektedir. Mevcut traktörlerin enerji verimlilik indeks değerleri, belirlenmiş olan sınıf sayısı kadar, yine belirlenmiş olan  $\pm$  % miktarda indeks değerlerinin ortalaması esas alınmak suretiyle hesap edilerek bütün sınıflara dağıtılması şeklinde yapılmıştır. Ortalama değerler kullanıldığı için her verimlilik sınıfında mutlaka traktör olmak zorundadır. Bu çalışmada ise materyal olarak kullanılan 293 traktör sınıflandırılmakla birlikte, sınıfların ayırımında ortalama değerler kullanılmamış, istatistiksel program ile küme çalışması yapılarak her enerji verimlilik grubu için sınır değerler belirlenmiştir. Böylelikle gruptan bağımsız olarak, traktörün OECD Kod 2 raporundan alınan gerekli değerlerin, enerji verimlilik indeksinde yerine konulmasıyla elde edilen sonucun, hangi aralığa girdiğine bakılmak suretiyle enerji verimlilik sınıfı belirlenebilmektedir. Bu şekilde örneğin o sene üretilen bütün traktörlerin iyi performans göstermesi durumunda, bütün traktörlerin daha yüksek verimli sınıflarda yer alması mümkün olabilecektir. İstatistiksel olarak belirlenen sınır değerlerin, diğer ülkelerde yapılacak sınıflandırmalarda kullanılabilecek şekilde olması amaçlanmıştır.

## 2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

**Anonymous** (2000), 18.1.2000 tarihinde Avrupa Birliği Resmi Gazetesinde, 1999/94/EC yeni yolcu araçlarının piyasaya sunulmasında karbondioksit ve yakıt ekonomisiyle ilgili tüketici bilgilerinin hazır bulundurulması hakkında yönetmelik yayınlanmıştır. Yönetmelikle; Avrupa Birliği içerisinde yaşayan tüketicilerin, yeni araç alırken CO<sub>2</sub> ve yakıt tasarrufu ile ilgili doğru ve kıyaslanabilir bilgilere ulaşması amaçlanmıştır. Yönetmeliğe göre; üreticilerin zorunlu ve ücretsiz olarak vermek zorunda oldukları A4 ebadındaki yakıt ekonomisi etiketinde, yakıt tüketim değerini litre/100 km, CO<sub>2</sub>emisyon miktarını ise g/km olarak belirtilmeleri gerekmektedir. AB üyesi ülkelerde satılan bütün yeni model araçların, alfabetik sıraya göre sıralanmış ve yıllık olarak güncellenen liste halinde, en verimli 10 araç belli olacak şekilde listelenmesi gerekmektedir. Rehber dokümanda sürücülere doğru kullanım, düzenli bakım ve sürücü davranışlarıyla ilgili tavsiyeler verilmektedir. Agresif sürüş, araçların düşük devirlerde kullanılması, taşıma kapasitesinden fazla yükleme yapmadan kullanılması, doğru lastik basıncının yakıt tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonunu azaltacağına dair bilgilerin rehber dokümanda yer alması da zorunludur (Anonymous 2000).

**Grisso vd.** (2004), Nebraska Traktör Test Laboratuvarı tarafından yayınlanmış test raporlarına dayalı olarak, son 20 yılda yakıt verimliliğinde iyileşme olduğunu ve özgül yakıt tüketiminde ortalama % 4.8 oranında azalma olduğunu belirtmişlerdir. Traktör üreticilerinin güç olarak, kuyruk mili, çeki ve hidrolik güç değerlerini tanımladıkları, her traktör modelinin nominal güç değerinin olduğu ve bu gücün nominal motor devrinde ölçülen kuyruk mili gücü olduğunu belirtilmişlerdir. Çalışmada traktörün enerji verimliliğiyle ilgili ölçüm biriminin litre/kWh olan özgül yakıt tüketimi olduğu, farklı çalışma koşulları ve farklı büyüklükteki traktörleri kıyaslamak için özgül yakıt tüketiminin kullanılabileceği belirtilmiştir.

**Sayın** (2006) tarafından bildirildiğine göre; Akıncı ve Çanakçı (2000), Antalya ili tarım işletmelerinde traktör ve tarım iş makineleri kullanım sürelerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları araştırmada, traktör ile tarım iş makineleri kullanım sürelerinin işletme büyüklüğüne bağlı olarak arttığını tespit etmişlerdir. Çalışmada kullanım süresi en fazla

olan makinelerin; kulaklı pulluk, diskli tırmık ve goble diskli tırmık olduğu saptanmıştır. Çalışmada ele alınan bazı makinelere ait iş genişlikleri, ilerleme hızları, tarla etkinliği değerleri ve efektif alan kapasiteleri çizelge 2.1’de verilmiştir.

Çizelge 2.1 Bazı tarım alet ve makinalarına ilişkin işletme değerleri (Sayın 2006)

Makina	İş genişliği (m)	İlerleme hızı (km/h)	Tarla etkinliği (ondalık)	Efektif alan kapasitesi (ha/h)
Kulaklı pulluk	1.00	6.0	0.80	0.48
Goble diskli tırmık	2.00	7.0	0.85	1.19
Diskli tırmık	1.80	8.5	0.80	1.22
Santrifüj gübre dağıtıcı	8.00	8.5	0.70	4.76
Tapan	2.75	10.0	0.85	2.34
Lister	2.10	5.0	0.80	0.84
Mekanik ekim makinası	1.40	6.5	0.70	0.64
Pnömatik ekim makinası	2.80	5.0	0.70	0.98
Gübreli ara çapa makinası	2.10	5.5	0.80	0.92
Tarla pülverizatörü	8.00	8.0	0.65	3.64

Çalışma sonuçları değerlendirildiğinde bir traktörün çalışma süresinin % 74.4’ünde çeki gücü ile yapılan işlemleri, % 25.6’sında ise kuyruk mili gücü ile yapılan işlemleri yerine getirdiği hesaplanmıştır. Hesaplama yapılırken 10 ha’lık bir alan için çalışma süreleri belirlenmiş ve biçerdöverle yapılan hasat dikkate alınmamıştır. Sürüm (kulaklı pulluk), tohum yatağı hazırlama (kültivatör, diskli tırmık, tapan, lister), ekim (mekanik ekim makinası) işlemleri çeki işi olarak kabul edilirken, gübreleme (santrifüj gübre dağıtıcı), ekim (pnömatik ekim makinası), çapalama (çapa makinası) ve ilaçlama (pülverizatör) işlemleri ise kuyruk mili işi olarak kabul edilmiştir.

**Sağlam vd.** (2006), Şanlıurfa ili kuru tarım işletmelerinde farklı arazi büyüklüklerine göre optimum makina boyutu ve traktör gücünü belirlemek için bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada uygulanan tarımsal işlemler, işlem tarihleri ve kullanılan

makinaları anket yoluyla belirlemiştir. Çalışma sonucunda elde ettikleri sonuçlar çizelge 2.2'deki gibi verilmiştir. Çalışma süresi sonuçları değerlendirildiğinde bir traktörün çalışma süresi boyunca yaklaşık olarak % 63.7'sinin çeki, % 36.3 'ünün kuyruk mili işlerini yerine getirdiği hesaplanmıştır. Hesaplamalarda, çizelge 2.2'de yer alan ve traktörle yapılan santrifüj gübre makinesi ve pülverizatör ile çalışması kuyruk mili işi, diğer çalışmalar ise çeki işleri olarak değerlendirilmiştir. Hesaplamalarda biçerdöverle yapılan hasat dikkate alınmamıştır.

Çizelge 2.2 Uygulanan tarımsal işlemler, işlem tarihleri ve kullanılan makinalar (Sağlam vd. 2006)

<b>Tarımsal İşlem</b>	<b>Makina</b>	<b>İşlem Tarihi</b>	<b>Çalışma Süresi (gün)</b>
Derin sürüm	Kulaklı pulluk	5-22 Temmuz	18 gün
Tohum yatağı hazırlama	Kültivatör	20 Eylül – 30 Ekim	11 gün
	Tapan	1 -15 Ekim	15 gün
Ekim	Buğday mibzeri	20 Ekim – 3 Kasım	14 gün
Gübreleme	Santrifüj gübre makinası	12 – 28 Şubat	17 gün
İlaçlama	Pülverizatör	15 – 30 Mart	16 gün
Hasat	Biçerdöver	25 Mayıs – 15 Haziran	21 gün

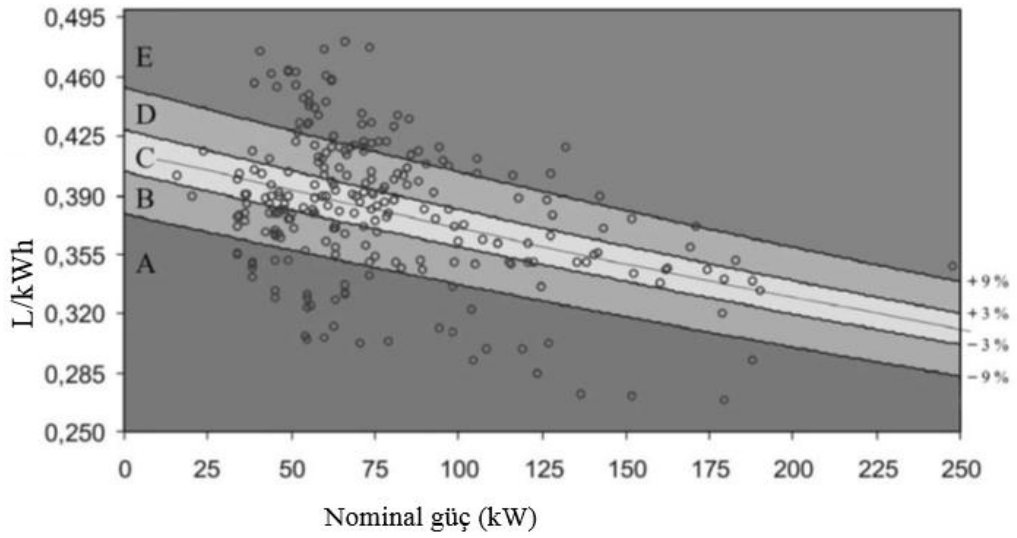
**Anonymous** (2007), tarım traktörlerinde enerji verimliliğine etkili faktörleri tanımlamak, standart test verilerinden enerji verimliliği indeksi geliştirmek ve traktörleri bu indekse göre sınıflandırmak amacıyla İspanya'da bir çalışma yapıldığını bildirmiştir. Bu çalışmada OECD standart test kodunda yer alan kuyruk mili ve çeki gücü test sonuçlarından enerji verimlilik indeksi oluşturulmuştur. Daha sonra aktarma organları (transmisyon) verimliliği ile traktörün kuyruk mili ve çeki gücü ile çalışma süreleri de göz önünde bulundurularak indeksler oluşturulmuştur. Çalışma süreleri belirlenirken, tarımsal faaliyetler genel olarak; kuyruk mili gücü ile yapılanlar, 8 km/h hızın altındaki çeki gücü ile yapılanlar ve 8 km/h hızın üzerindeki çeki gücü ile yapılanlar olmak üzere üç kategoriye ayrılmıştır. Çizelge 2.3'de İspanya'da anket yoluyla elde edilen verilerden faydalanılarak hesaplanan çalışma süreleri görülmektedir.

İspanya Enerji Dağıtım ve Koruma Enstitüsü (IDAE) Tarım ve Hizmetler Bölümü, traktörlerin çeki ve pto çalışma sürelerini dikkate alarak oluşturduğu indekse göre İspanya’da satılan 249 farklı traktörü A’dan E’ye kadar beş farklı kategoride sınıflandırmıştır.

Çizelge 2.3 İspanya’da traktörlerin güçlerine göre farklı alanlarda çalışma süreleri (Anonymous 2007)

Traktör gücü (BG)	Çalışma Süresi (%)		
	Pto	Çeki (<8 km/h)	Çeki (>8km/h)
<30	37,14	29,43	32,82
30-49	34,97	34,61	30,42
50-69	35,26	34,16	30,58
70-89	31,70	37,23	31,07
90-109	25,68	42,92	31,40
110-129	27,50	43,14	29,36
130-150	19,48	46,94	33,58
>150	12,43	57,47	30,10

Sınıflandırmayı yaparken ilk önce şekil 2.1’de verilmiş olan 5 band oluşturulmuştur. C merkez çizgisinden  $\% \pm 3$  çizgisi oluşturularak C sınıfının sınırları belirlenmiş ve bu sınır çizgilerden  $\% 6$  aşağı ve  $\% 6$  yukarı çizgileri oluşturularak 5 ayrı sınıf oluşturulmuştur. En verimli A sınıftan, en verimsiz E sınıfına doğru A, B, C, D ve E sınıflarında sırasıyla 38, 45, 73, 40 ve 53 traktör yer almıştır.



Şekil 2.1 Ortalama değer etrafındaki sınıf aralıkları (Anonymous 2007)

**Gil-Sierra vd.** (2007), dünya petrol rezervlerinin giderek azalması nedeniyle enerji verimliliği daha iyi olan makine ve sistemlerin kullanılmasının teşvik edildiğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar traktörlerde enerji kayıplarının temel olarak motor ve transmisyon sistemlerinde olduğunu belirterek, traktörden elde edilen güçle yakıt tüketimi arasındaki ilişkiyi temsil eden indeks oluşturmaya çalışmışlardır. Ayrıca tarımsal faaliyetlerin ve çalışma şartlarının çok çeşitli olması nedeniyle, gerçek çalışma şartları altında traktörler için herhangi bir enerji verimlilik sınıflandırması yapılmasının mümkün olmadığını belirtmişlerdir. Birçok traktör için kontrollü şartlarda ölçülebilen ve güvenilir tek bilgi kaynağının OECD test koduna göre yapılan standart hale getirilmiş olan kuyruk mili gücü (pto-power take-off) ve çeki gücü (drawbar power) testleri olduğunu ifade etmişlerdir. 2004 ve 2005 yıllarında İspanya’da satılmış olan ve OECD koduna göre test raporuna sahip 214 traktörün sınıflandırılması için bir metot geliştirmişlerdir. Araştırmacılar  $c_j$  indeksini oluştururken aşağıdaki formülü kullanmışlardır;

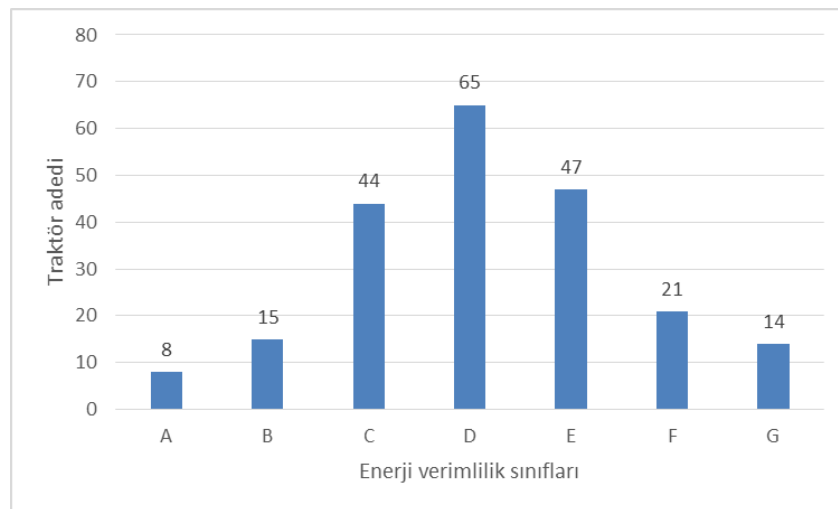
$$c_j = \frac{\sum_{i=1}^5 SVFC_i + 2 \sum_{i=6}^{10} SVFC_i}{15}$$

Bu formülde;  $c_j$  enerji verimlilik indeksi (L/kWh), SVFCi özgül yakıt tüketimi (L/kWh) değeridir. Burada dikkate alınan 1 ile 5 noktaları arasındaki değerler, nominal kuyruk mili gücündeki kısmi yükleme değerleri, 6 ile 10 noktaları arasındaki değerleri ise farklı motor devirlerindeki kısmi yükleme değerleridir. 6 ile 10 noktaları arasındaki özgül yakıt tüketim değerleri 2 kat ağırlıklı olarak oluşturulmuştur.  $C_j$  formülü daha sonra transmisyon verimliliği de dikkate alınarak aşağıda verilen  $c_{jt}$  indeksi oluşturulmuş ve sınıflandırma  $c_{jt}$  formülü esas alınarak yapılmıştır.

$$c_{jt} = c_j PTO + \frac{c_j < 8km/h}{\eta_{ls}} + \frac{c_j > 8km/h}{\eta_{hs}}$$

Araştırmacılar, bu formüldeki  $C_{jt}$ 'nin enerji verimliliği indeksi,  $\eta_{ls}$  ve  $\eta_{hs}$ 'nin sırasıyla düşük ve yüksek ilerleme hızlarındaki tekerlek aks gücünün, aynı motor devrine karşılık gelen motor gücüne oranı olduğunu belirtmişlerdir.

Traktörleri enerji verimliliğine göre A'dan G'ye kadar 7 ayrı sınıfa ayırmışlardır. OECD Kod 2 raporlarında verilen kuyruk mili ve çeki gücü testi sonuçlarını kullanmışlardır. Traktör kuyruk mili ve çeki test sonuçlarından üretilen enerji verimlilik indeksine göre 214 traktörün enerji verimlilik sınıfları dağılımı şekil 2.2'de verilmiştir.

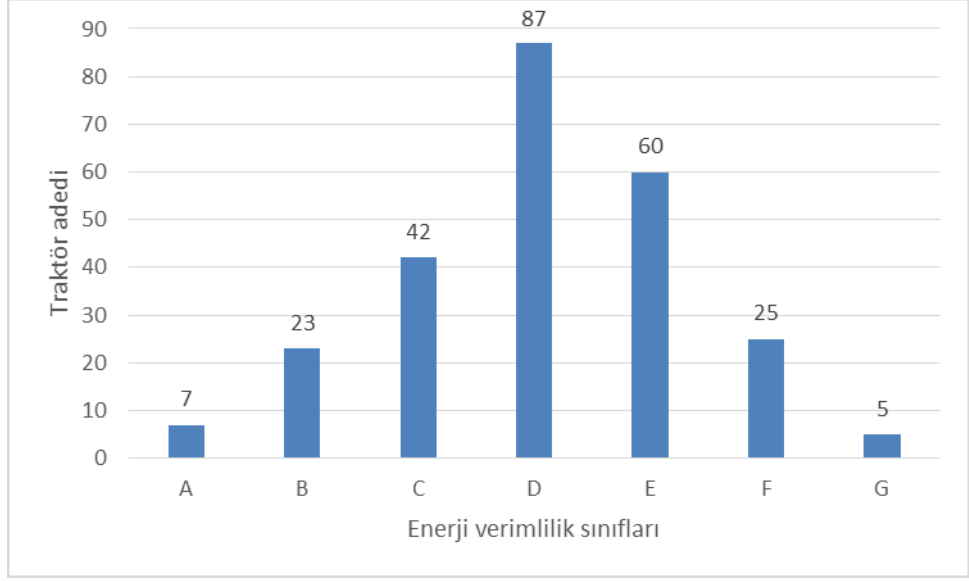


Şekil 2.2 214 traktörün enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı (Gil-Sierra vd. 2007)



**Anonymous** (2009), traktörleri sınıflandırmak amacıyla enerji verimlilik indeksini geliştirildiklerini belirtmiştir. OECD Kod 2 kuyruk mili ile çeki gücü test verilerini kullandıkları indekse göre yapılan sınıflandırmada, transmisyon tipi ve İspanya'daki tarım traktörlerinin ortalama kullanım sürelerini dikkate almışlardır. 2007 yılında yapılan ilk çalışmadaki traktör motorlarının emisyon seviyesi, Avrupa Birliği mevzuatı gereği faz 3 olarak değiştiği için, 183 yeni traktör için tekrar sınıflandırma yapmışlardır. Çalışma sonuçları İspanya Tarım Bakanlığı internet sitesinde liste olarak ilan edilmiştir. İspanya Enerji Dağıtım ve Muhafaza Enstitüsü (IDAE)'nün bir program çerçevesinde yaptığı destekleme uygulamasında, çiftçilere eski traktörlerini yenisiyle değiştirirken sadece bu listede A ve B sınıfında yer alan traktörlere teşvik verdiği belirtilmiştir.

**Ortiz-Cañavate vd.** (2009), OECD kodlarının resmi test sonuçlarından yararlanarak enerji verimlilik indeksini geliştirmek amacıyla çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada yakıttan elde edilen enerjinin çeki kuvveti, kuyruk mili ve hidrolik enerjiye dönüştürülerek tarımsal faaliyetlerde kullanılmakta olduğunu belirtmişlerdir. Traktörden elde edilen enerjiyle yakıt tüketimi arasındaki ilişkiyi de daha iyi şekilde gösterecek olan çalışmada, CVT transmisyon sistemli traktörleri de değerlendirmişlerdir. İndeks OECD test raporlarında yer alan kuyruk mili test sonuçlarından formüle edilmiştir. Daha sonra 2005 yılında OECD Kod 2'ye eklenen kuyruk mili ilave 5 nokta test sonuçlarından faydalanarak indeks değiştirilmiştir. Araştırmacılar traktörün CVT transmisyon özelliği ile transmisyon verimliliği de dikkate alarak ve İspanya Tarım Bakanlığına ait traktörün kuyruk mili ile çeki işlerinde kullanım süreleriyle ilgili istatistiksel verilerden faydalanarak indeksi tekrar oluşturmuşlardır. 2007 yılı sonuna kadar İspanya'da satılan 249 traktörü enerji verimlilik indeksine göre A'dan G'ye kadar, en verimliden verimsizine doğru yedi farklı sınıfa ayırmışlardır. Sınıflandırma sonucunda 7 traktörün en verimli olan A sınıfında yer aldığı, en verimsiz olan G sınıfında ise 5 traktörün yer aldığı belirtilmiştir. 249 traktörün enerji verimlilik sınıfları şekil 2.3'te görülmektedir.



Şekil 2.3 249 traktörün enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı (Ortiz-Cañavate vd. 2009)

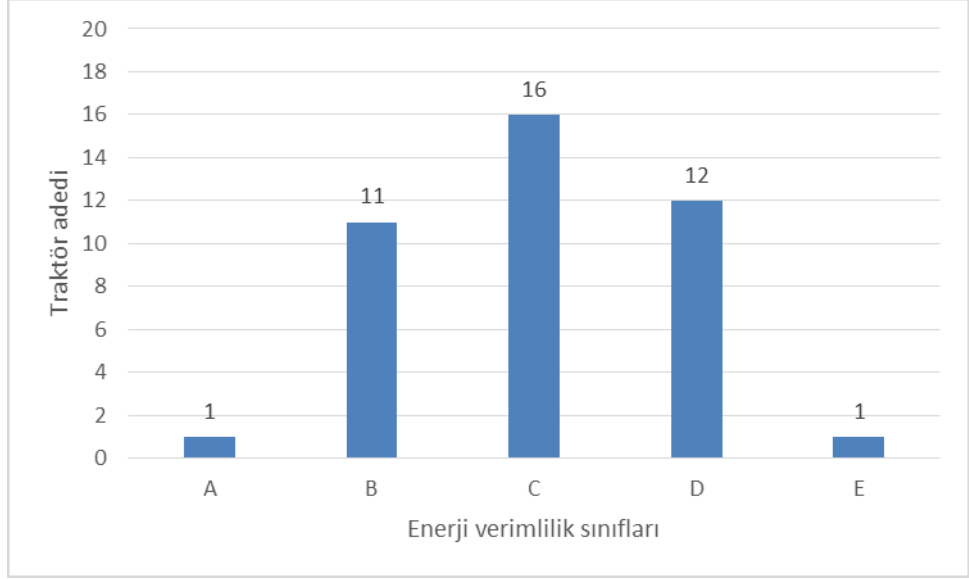
Araştırmacılar RENOVE (yenileme) programı çerçevesinde, 2007 yılından bu yana İspanya’da yeni traktör satın alan çiftçilere veya işletmelere Tarım Bakanlığınca bu sınıflandırma sistemine göre A ve B sınıfında yer alan yüksek verimli traktörlere destek verildiğini belirtilmişlerdir. Bu program kapsamında İspanya’da satılan her traktörün, OECD koduna göre test edildiği ve yukarıda belirtilen  $C_{kt}$  indeksine göre sınıflandırması yapılarak Tarım Bakanlığı web sitesinde ilan edildiği, listenin de her yıl yeni eklenen traktörlerle güncellendiği belirtilmiştir.

**Anonim** (2010), 94/2/AT numaralı Ev Tipi Buzdolapları, Derin Dondurucular, Buzdolabı, Derin Dondurucuları ve Bunların Bileşimlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Yönetmelik ile enerji tüketiminden tasarruf etmek, tüketicilerin enerjiyi daha verimli kullanan elektrikli cihazları tercih edebilmelerini sağlamak amaçlanmıştır. Bu amaçla enerji etiketlemesiyle ilgili kuralları ve performans standartları yönetmelik ile belirlenmiştir. Yönetmeliğe göre enerji etiketinin düzenlenmesinden cihazın üreticisi ile satıcısı, zincirleme sorumludur.

Yönetmelikte cihazın tipine göre her bölmenin net hacmi, bölmelerin tasarım sıcaklığı, en soğuk bölmenin sıcaklığı gibi parametrelerden oluşan enerji verimlilik indeksine göre A++'dan G'ye kadar oluşan enerji verimlilik sınıfları yer almıştır.

**Janousek** (2010)'in bildirdiğine göre, dizel motorlarında enjektör tasarımı ve kontrolü verimli bir yanma ve kirletici emisyonların azaltılmasında rol oynamaktadır. HPCR (High Pressure Common Rail) olarak da adlandırılan yüksek basınçlı CR yakıt sisteminin küçük meme delikleriyle yakıtı etkili bir şekilde parçalayarak, yüksek basınçla motora ilettiği ve yüksek basınç sayesinde yanmanın daha verimli olduğu, kirletici emisyonların azaltıldığı belirtilmiştir.

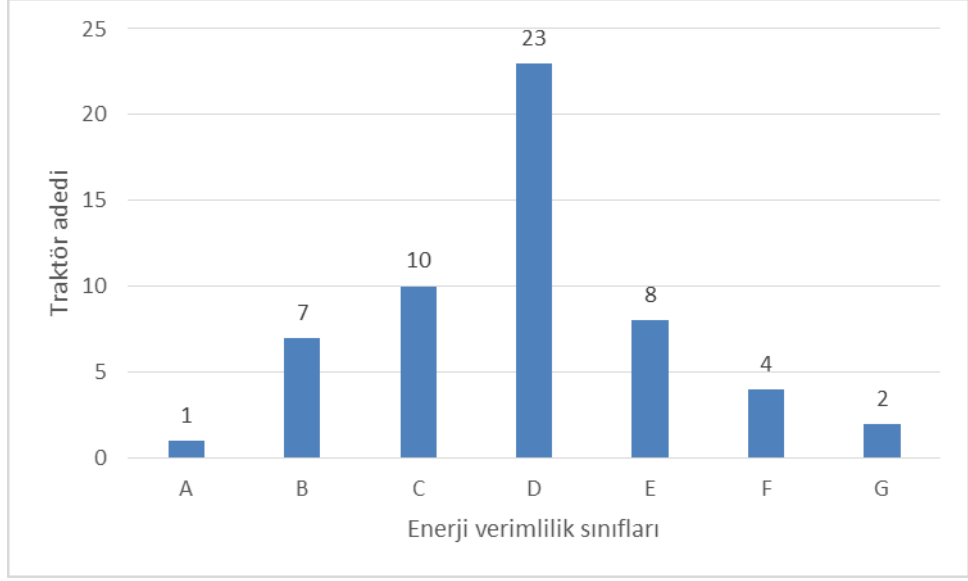
**Silveira ve Sierra** (2010), ekolojik ve ekonomik nedenlerle günümüzde fosil yakıtların tasarrufu ve kirletici gaz emisyonlarını azaltmaya yönelik çalışmalara ilgi olduğunu belirtmişlerdir. Brezilya traktör sanayisinin 1960 yılında oluşturulduğu, traktör sanayisinin adeta kara kutu olduğu, herhangi bir marka model traktör üzerinde rekabete yönelik tartışmalara izin verilmediğini ileri sürerek çalışmalarında traktör enerji tüketimiyle ilgili en önemli faktörün motor, daha sonra ise transmisyon sistemi olduğunu belirtmişlerdir. Daha sonra OECD test verilerini kullanarak, Brezilya'da satılan traktörleri oluşturdukları enerji verimlilik indeksine göre A'dan E'ye verimliden, verimsiz doğru olmak üzere 5 sınıfa ayırmışlardır. 41 adet traktörün enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı şekil 2.4'de görülmektedir.



Şekil 2.4 Traktörlerin enerji verimlilik sınıfına göre dağılımı (Silveria ve Sierra 2010)

**Türker vd.** (2011), Ankara Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü'nden 2010 yılında OECD Kod 2 deney raporu almış 12 farklı traktör markasına ait 55 adet traktörü enerji verimlilik indeksine göre sınıflandırmışlardır. İndeksi belirlerken kuyruk mili test sonuçlarından 2005 yılında OECD Kod 2'ye girmiş olan ilave 5 nokta ile çeki gücü test sonuçlarından ise 7 km/h hıza en yakın olan vitesteki özgül yakıt tüketimi sonuçlarını dikkate almışlardır. Araştırmacılar, çalışmalarında A sınıfından başlayarak, verimliden verimsiz doğru yedi farklı enerji verimlilik sınıfını oluşturmuşlardır.

Buna göre en verimli A sınıfında sadece 1 traktör yer alırken, en verimsiz G sınıfında 2 traktörün yer aldığı belirtilmiştir. En çok traktör ise 23 adetle D sınıfında yer almıştır (Şekil 2.5)



Şekil 2.5 Traktörlerin enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı (Türker vd 2011)

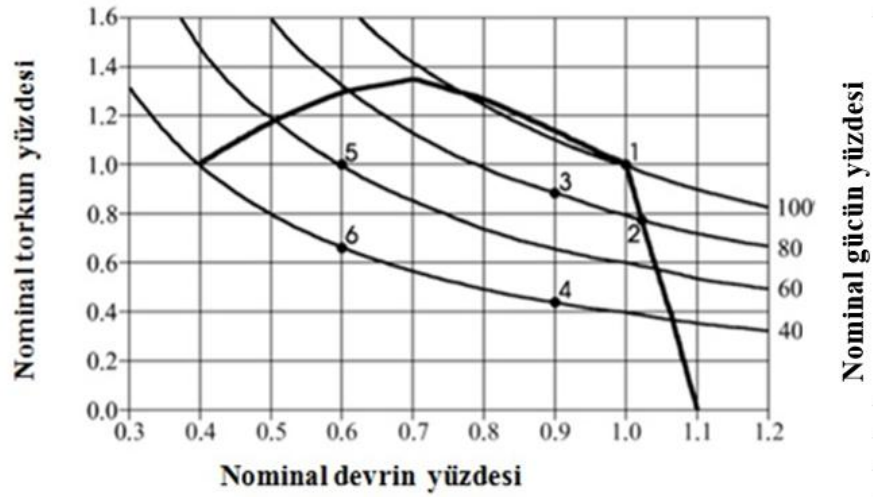
**Muñoz-Garcia vd.** (2012)'nin bildirdiklerine göre, traktörler yüksek oranda yakıt tüketmektedirler, bu nedenle yapılacak enerji verimlilik sınıflandırması kullanıcılara en verimli olan tipleri seçmeye ve her çalışma saati için yakıttan bir miktar tasarruf edebilmeye yardımcı olmaktadır. Araştırmacılar traktörün tarlada çalışırken çok fazla görevi yerine getirdiği için gerçek çalışma şartlarına göre enerji verimlilik sınıflandırması yapmanın çok zor olduğunu belirtmişlerdir. İspanya'da 2007 yılından bu yana Gil-Sierra vd. (2007) ile Ortiz-Cañavate vd. (2009) tarafından kullanılan enerji verimlilik indeksini güncellemek için çalışma yapmışlardır. Çalışmada indeksi traktörlerde yeni kullanılmaya başlanan ve kirletici emisyon miktarını azaltmayı sağlayan SCR (seçici katalitik indirgeme) sistemi tarafından kullanılan seyreltilmiş üre tüketimini dikkate alacak şekilde güncellemişlerdir. Mevcut traktör enerji verimlilik sınıflandırmalarının sadece motora enerji sağlayan yakıtı dikkate aldığını, traktör motoruna güç sağlamayan fakat SCR sistemi olduğu zaman traktörü çalıştırmak için zorunlu olarak ihtiyaç duyulan egzoz sıvısının da dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Yeni indeksi oluştururken bu egzoz sıvısını (üre- su solüsyonu) dikkate almış oldukları halde, motor, şanzıman diferansiyel vb yağlarını dikkate almamışlardır. Üre-su solüsyonu tüketiminin, egzoz gazındaki NO<sub>x</sub> konsantrasyonu ve egzoz gazı debisine bağlı olması nedeniyle motorun her bir çalışma şartlarında farklı olduğu belirtilmiştir. Muñoz-Garcia vd. (2012) tarafından bildirildiğine göre; Cavallo vd

(2011)'in SCR sistemi üre solüsyonu enjeksiyon oranının, enjekte edilen dizel yakıtın ortalama % 5-7 arasında olduğunu belirtmişlerdir. Üre solüsyonunun ( $\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$ ) ISO 22241 normlarına uygun şekilde ADBLUE veya AUS32 olarak adlandırıldığını, AUS32 üre solüsyonunu % 32,5 oranında saf su-üre karışımı olduğu belirtilmiştir.

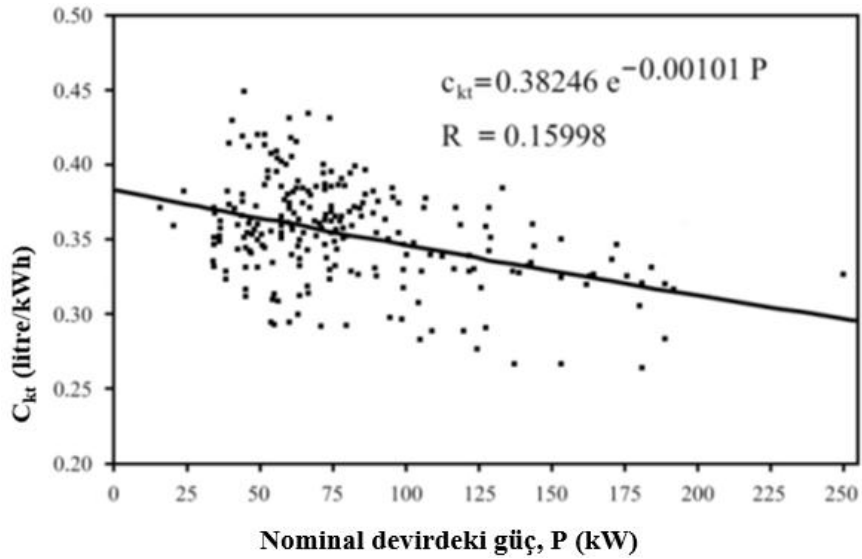
Araştırmacılar Şekil 2.6'daki OECD Kod 2 kuyruk mili testindeki 6 nokta ile çeki testindeki bu noktalara karşılık gelen test verilerini kullanarak aşağıda verilen  $C_{kt}$  indeksini elde etmişlerdir.

$$C_{kt} = \frac{C_k}{3} \left( 1 + \frac{1}{\eta_{ls}} + \frac{1}{\eta_{hs}} \right)$$

Araştırmacılar, bu formüldeki  $C_{kt}$ 'nin enerji verimliliği indeksi,  $\eta_{ls}$  ve  $\eta_{hs}$ 'nin sırasıyla düşük ve yüksek ilerleme hızlarındaki tekerlek aks gücünün, aynı motor devrine karşılık gelen motor gücüne oranı olduğunu belirtmişlerdir.  $C_k$ 'nin ise Ortiz-Cañavate vd. (2009)'un belirledikleri enerji verimlilik indeksi olduğu yine araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Verileri geliştirdikleri LabVIEW® 2009 programına girmek suretiyle, 2009 yılından bu yana İspanya'da satılan 325 traktör modelini A'dan G'ye kadar 7 farklı sınıfa ayırmışlardır. Şekil 2.7'de traktörlerin nominal güçleri (nominal devrideki güç) ile  $C_{kt}$  arasındaki ilişki görülmektedir.



Şekil 2.6 OECD test koduna göre kuyruk mili gücü testindeki ilave 6 nokta (Muñoz-Garcia vd. 2012)



Şekil 2.7 Traktör güçleri ile  $C_{kt}$  indeksinin regresyon çizgisi (Muñoz-Garcia vd. 2012)

**Anonymous** (2012a), 6-7 Kasım 2012'de Paris'te yapılan OECD tarım ve orman traktörleri teknik çalışma grubu toplantısında görüşülmek üzere hazırlanan çalışma dokümanında, fosil yakıt fiyatlarındaki artış ve çevre kirliliğini azaltmaya yönelik çalışmalar nedeniyle enerji tüketen ürünlerde enerji tasarrufuna yönelik çalışmaların arttığını belirtmiştir. Bu çalışmaların genelde bilgilendirici enerji etiketleri şeklinde olduğu belirtilerek bazı örnekler verilmiştir. Diğer sektörlerdeki ürünlere yönelik çalışmalardan bahsettikten sonra traktörlerin modern tarımın en önemli çalışma aracı

olduğu söylenmiş ve traktörlerin homojen olmayan toprak şartlarında, farklı tarımsal fonksiyonları yerine getirdiği için, enerji verimlilik sınıflandırması yapılmasının zor olduğu belirtilmiştir. Daha sonra Avrupa Birliği ve ISO (Uluslararası Standart Örgütü, International Standart Organisation)'nun tarım makineleri ve traktörlerle ilgili enerji tasarrufuna yönelik çalışmalarından bahsedilmiştir. İsveç'te çiftçilerle yapılan bir anket sonuçlarına göre traktör satın alırken en önemli üçüncü faktörün yakıt tüketimi olduğu belirtilmiş, fakat çiftçilerin çoğunun yakıt tüketimine ilişkin çok az bilgiye sahip oldukları ifade edilmiştir. İspanya, Türkiye ve Kore'deki traktörlerin enerji verimliliği sınıflandırması ile Almanya DLG test istasyonundaki powermix test aracı ve Fransa'daki enerji tasarrufuna yönelik çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

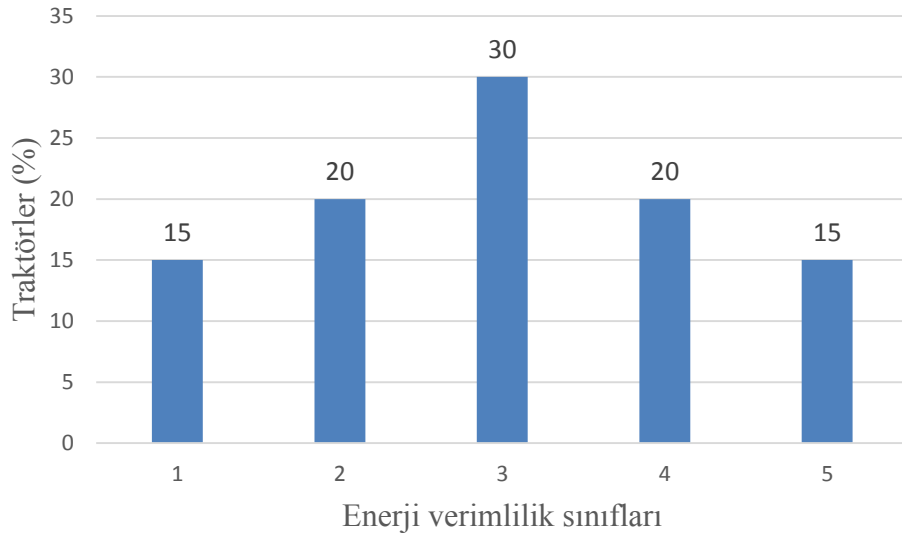
**Anonymous** (2012b), tarım traktörlerinde OECD Kod 2 testlerini kullanarak harmonize edilmiş bir enerji verimlilik indeksi oluşturmak için hazırlanan çalışma dokümanıdır. Bu dokümanda OECD'nin traktör enerji verimliliğine yönelik çalışmalar yapmak üzere alt çalışma grubu kurduğu belirtilmiştir. İspanya, Türkiye ve Kore'nin çalışmalarından bahsedildikten sonra traktör enerji verimliliğinin motor, hareket iletim sistemi, toprağın tipi ve karakteristikleri, lastikler ve çalışma basıncı, traktörün ağırlığı, traktör-ekipman arasındaki uyumluluk ile sürüş etkinliğine bağlı olduğu belirtilmiştir. Bu faktörlerden ilk ikisi olan motor ile hareket iletim sisteminin traktör toplam verimliliğinde % 60 – 70 oranında etkili olduğu bildirilmiş, toprak tipi ve karakteristiklerinin çok çeşitli olması nedeniyle değerlendirilemeyeceği belirtilmiştir. Bu nedenle, OECD Kod 2 çeki testlerinin tekrarlanabilir ve kıyaslanabilir olması amacıyla, toprak olmayan zeminde yapıldığı ifade edilmiştir. Diğer faktörlerin traktör kullanıcılarına bağlı olduğu ve toplam verimliliğin yaklaşık % 20 – 30'una karşılık geldiği belirtilerek, enerji verimlilik indeksinin çiftçiler için çok önemli bir bilgi olduğu ifade edilmiştir.

**Shin vd.** (2012), dünyada enerji tasarrufuyla ilgili konuların son zamanlarda en öncelikli konular haline geldiğini, birçok ülkede, özellikle enerji tüketimi çok olan alanlardaki kısıtlamaların şimdiye oranla daha fazla olacağını belirtmişlerdir. Enerji verimlilik sınıflandırmasının, aynı zamanda enerji tüketimini azaltmanın dolaylı bir yolu olduğunu ve kişilerin ürünleri alırken dikkate alacakları önemli bir bilgi verilmesini amaçladığını da bildirmişlerdir. Tarım traktörleri de çok enerji tükettiği için



enerji verimlilik sınıflandırılmasına ihtiyaç duyulacağı, bu alandaki ilk çalışmaların önce İspanya, daha sonra Fransa ve Türkiye tarafından yapıldığını belirtmişlerdir. Enerji verimlilik sınıflandırması yapılması için ilk olarak verimlilik indeksinin oluşturulmasını belirttikleri çalışmada, 2006 ile 2010 yılları arasında Kore’de OECD test koduna göre test edilmiş 131 traktör modelini sınıflandırmışlardır.

İndeksi geliştirirken nominal motor devri ve tam gazdaki kısmi yüklemeler, standart kuyruk mili devri ve tam gazdaki kısmi yüklemeler, farklı motor devirlerinde indirgenmiş gazdaki kısmi yüklemeler (İlave 5 nokta testleri) ile 3 ve 7.5 km/h hızlardaki çeki performansı olmak üzere 4 farklı performans kriterini dikkate almışlardır. Kore’deki traktör kullanımı karakteristiklerine bağlı olarak bu 4 farklı performansı ağırlıklandırmışlar ve oluşturdukları indekse göre sınıflandırma yapmışlardır. Traktörlerin enerji verimlilik sınıflarına göre % dağılımı 1. sınıftan 5. sınıfa doğru sırasıyla % 15, % 20, % 30, % 20 ve % 15 olarak verilmiştir (Şekil 2.8). Araştırmacılar çalışma sonucunda OECD traktör test raporlarının traktörleri enerji verimliliğine göre sınıflandırmak için yeterince veriye sahip olduğunu belirtmişlerdir.



Şekil 2.8 Traktörlerin enerji verimlilik sınıfına göre dağılımı (Shin vd. 2012)

**Howard vd.** (2013), CVT traktörlerde, farklı yükleme oranlarındaki yakıt verimliliğinin belirlenmesi amacıyla OECD Kod 2’ye eklenecek opsiyonel test prosedürünü tavsiye edebilmek amacıyla araştırma yapmışlardır. Bu araştırma dişli aktarma sistemi ile aynı

tip traktördeki CVT aktarma sisteminin, tam gaz pozisyonda iken önemli yakıt tüketim farklarının olduğu kısmi yükleme seviyelerini belirlemeye çalışmışlardır. John Deere 8295R, kademeli dişli aktarma sistemine sahip traktör ile yine John Deere 8295R CVT kademesiz aktarma sistemli traktörlerin üç farklı ilerleme hızı ve her hızda altı farklı yükleme oranlarında çalışma yapmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre saatlik yakıt tüketimleri değerlendirildiğine çeki gücünün maksimum çeki gücünden % 76 ile % 81 daha düşük olduğu aralıkta, otomatik moddaki CVT aktarma sistemine sahip traktörün, tam yükteki dişli aktarma sisteme sahip traktöre oranla yakıt verimliliği daha yüksek bulunmuştur. İlerleme hızı arttıkça, maksimum gücün düştüğü ve CVT aktarma sistemli traktörün yakıt verimliliğinin, dişli aktarma sistemine oranla daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

**Shin ve Kim** (2013), yaptıkları bir çalışmada; traktörleri enerji verimliliğine göre sınıflandırma amacının çiftçilere yakıt tüketimi ve enerjiyle ilgili bilgi vermek, böylece traktör satın alırken bu faktörlerin dikkate alınmasını sağlamak, dolayısıyla traktör üreticilerinin daha verimli traktör üretmelerini özendirmek olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmalarında metot olarak OECD traktör test raporlarındaki yakıt tüketim değerlerini kullandıklarını, bu konudaki ilk çalışmaların 2007’de İspanya, 2009’da Fransa ve 2012’de Türkiye’de yapıldığını belirtmişlerdir. Traktörlerin tarımsal üretimde önemli oranda enerji tükettiğini, Kore’de tarımsal kullanım için vergisiz yakıtın % 16’sının traktörler tarafından tüketildiğini belirterek 2006-2010 yılları arasındaki beş yıllık sürede, OECD test koduna göre test edilen 131 traktör modeli için sınıflandırma yapmışlardır.

Bu çalışmada, traktörleri enerji verimliliğine göre sınıflandırmak için, tek bir sınıflandırma indeksinin geliştirilmesi gerektiği, bu indeksin de traktörün farklı tarımsal faaliyetlerde farklı yakıt tüketimi olacağı için bütün tarımsal faaliyetleri temsil etmesi gerektiğini belirtmişlerdir. Tarımsal çalışmaların temel olarak pullukla sürüm gibi çeki gücüyle yapılan işler ve gübre dağıtma, rotovator gibi kuyruk mili gücüyle yapılan işler olarak ikiye ayrılabilirliğini belirtmişlerdir. Traktörün yakıt verimliliğinin traktör performans karakteristikleri, ek ağırlıklar, lastik basıncı, kullanıcının yeteneği, tarımsal faaliyetin türü, tarla şartları gibi farklı faktörlere bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Bununla birlikte, güvenilir sınıflandırma yapabilmek için aynı şartlarda ve periyotta test edilmiş, güvenilir performans verilerinin gerektiğini belirtmişlerdir.

**Anonymous** (2015c), ilk standart traktör test kodunun onaylandığı 21 Nisan 1959 tarihinden bu yana, OECD performans test koduna göre 2750'den fazla traktör modelinin test edildiğini belirtmiştir. OECD Standart traktör test kodlarının, şeffaf bir şekilde “bir traktör, bir test, bir tanımlama” prensibiyle, uluslararası ticaretteki prosedürleri sadeleştirerek ve basitleştirerek tarım makineleri piyasasının gelişmesine katkıda bulunmakta olduğu belirtilmiştir. Çiftçiler, tarım danışmanları, tarım medyası ve diğer kullanıcıların, farklı tarımsal işlere uygun traktör tiplerini araştırırken, güvenilir ve kıyaslanabilir olması nedeniyle OECD traktör test kodlarına göre yayınlanmış test raporlarını referans gösterdiği belirtilmiştir.

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

#### **3.1 Materyal**

Çalışmalarda materyal olarak 293 adet traktör ve bu traktörlere ait OECD Kod 2 deney raporları ile traktör testlerinde yakıt olarak kullanılan motorin ve SCR egzoz emisyon sistemlerinde kullanılan reaktif madde (Adblue) kullanılmıştır.

##### **3.1.1 Çalışma kapsamında değerlendirilen traktörler**

Enerji verimliliğine göre sınıflandırmak amacıyla 2011-2015 yılları arasında Türkiye’de satılan ve Ankara Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü’nden OECD Kod 2’ye göre deney raporu almış olan traktörler ele alınmıştır. Birçok ülkede bulunan OECD traktör test istasyonları tarafından yapılan traktör performans testleri konusunda ülkemizde OECD tarafından atanmış ve yetkili tek test istasyonu ‘Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü (TAMTEST)’dür. Materyal olarak seçilen TAMTEST tarafından OECD Kod 2’ ye göre test edilerek deney raporu verilmiş olan traktörler toplam 293 adet olup, 1’den 293’e kadar sıra numarasıyla sıralanmıştır.

Traktörler Türkiye’de üretilmiş veya yurtdışından ithal edilmiş olup yerli/yabancı her marka, model ve farklı teknik özelliklere sahiptir. Tahrik sistemi bakımından 2WD veya 4WD (4WD ile aslında 4MFWD (Ön Mekanik 4 Çeker, Four Mechanical Front Wheel Drive, traktörler kastedilmektedir) , hareket iletim sistemi bakımından kademeli dişli kutusu veya kademesiz (CVT), yakıt enjeksiyon sistemi bakımından konvansiyonel basınçlı yakıt enjeksiyon sistemi veya yüksek basınçlı CR yakıt enjeksiyon sistemi olan traktörler seçilmiştir. Traktörler 2011 - 2015 yılları arasında OECD Kod 2 test raporu aldığı ve dünyanın farklı yasal egzoz emisyon seviyelerine sahip ülkelerinde üretildikleri için egzoz emisyon seviyeleri Faz 3A, 3B ve Faz 4 olarak farklı seviyelerdedir. Bu nedenle Faz 3A seviyesinde herhangi bir ilave egzoz emisyon sistemine gerek duyulmadığından Faz 3B ve Faz 4 motorlu traktörlerde EGR, DOC, SCR, DPF gibi farklı egzoz emisyon sistemleri kullanılmaktadır.

Çalışmaya dahil olan ithal traktörler, 13 farklı ülkeden, toplam 24 farklı markadan oluşmaktadır. Yerli imalat olarak seçilen traktörler ise, Türkiye’de yerleşik 10 farklı üretici tarafından imal edilmiştir.

OECD Kod 2 test raporlarında motor gücü olarak nominal güç, maksimum güç gibi farklı değerler verilmekle birlikte motorun güvenli bir şekilde sürekli olarak verebileceği değer olan ve anma gücü olarak da adlandırılan nominal motor gücü değeri, kW biriminde ele alınmıştır. Nominal güç ile maksimum güç değerleri bazı traktörlerde aynı olurken, bazı traktörlerde de farklı olabilmektedir. Materyal olarak kullanılan traktörlerin, nominal motor güç değerleri 9,5 kW ile 168,6 kW arasında değişmekte olup, traktörlerin ortalama nominal motor gücü 51,6 kW’tır. Kademeli hareket iletim sistemlerinden en çok tercih edilen vites kutusu oranları 12x12, 16x12, 8x2, 12x8 ileri/geri vites kutuları olup, traktörler toplam 30 farklı kademeli vites kutusunda hareket sistemi özelliklerine sahiptir. Bazı traktörler de CVT olarak adlandırılan kademesiz hareket iletim sistemine sahiptir. Koruyucu yapı bakımından kabinli, ön/arka iki direkli veya emniyet çerçevesi olmak üzere üç farklı yapıda olabilen traktörlerin çoğunluğu kabinli olup, daha sonra ön iki direkli ve arka iki direkli koruyucu yapılıdır. Bir tane traktörde ise herhangi bir koruyucu yapı yoktur (traktörün çalışır durumdaki yüksüz kütlesi 600 kg’ın altında ise koruyucu yapı zorunluluğu yoktur).

EK 1’de daha ayrıntılı olarak verilen ve materyal olarak kullanılan traktörlerin teknik özelliklerine göre dağılımı çizelge 3.1’de verilmiştir. EK 1’de Traktörlerin gücü (kW), vites kutusu, teknik özellikleri (tahrik, yakıt enjeksiyon hareket iletim ve egzoz emisyon sistemi), ağırlıklı özgül yakıt tüketimi, yerli veya ithal üretim olup olmadığı, koruyucu yapısı, ağırlıklı toplam verimi, enerji verimlilik indeksi ve enerji verimlilik sınıfı (EVS) dikkate alınmıştır. Çizelge 3.1 incelendiğinde traktörlerin % 43.3’ünün yerli imalat, % 56.7’sinin ise ithal olduğu görülmektedir. 2WD traktörlerin 6 tanesinin Hindistan’dan ithal edildiği diğer 42 traktörün ise yerli üretim olduğu ve bütün 2WD traktörlerin normal basınçlı enjeksiyon sistemi ve kademeli hareket iletimine sahip olduğu görülmektedir. 2WD traktörlerin hiçbirisinde kademesiz CVT hareket iletim sistemi ve yüksek basınçlı CR yakıt enjeksiyon sistemi kullanılmamıştır. Materyal olarak

kullanılan traktörler arasında, Hindistan'dan ithal edilenler dışında, yurtdışından ithal edilmiş 2WD traktör bulunmamaktadır.

Çizelge 3.1 Materyal olarak kullanılan traktörlerin seçilmiş bazı teknik özelliklere göre dağılımı

Üretim	2WD			4WD			Toplam
	Konvansiyonel enjeksiyon sistemi ve kademeli hareket iletimi	Yüksek basınçlı CR enjeksiyon sistemi	Yüksek basınçlı CR enjeksiyon sistemi ve CVT	Konvansiyonel enjeksiyon sistemi ve kademeli hareket iletimi	Yüksek basınçlı CR enjeksiyon sistemi	Yüksek basınçlı CR enjeksiyon sistemi ve CVT	
Yerli	42	-	-	83	2	-	127
İthal	6	-	-	117	34	9	166
<b>Toplam</b>	<b>48</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>200</b>	<b>36</b>	<b>9</b>	<b>293</b>

İnceleme konusu olan 4WD traktörlerin 85 tanesi Türkiye'de üretilmiş, 160 tanesi ise ithal edilmiştir. Yerli traktörlerden sadece 2 tanesi yüksek basınçlı CR yakıt enjeksiyon sistemine sahip olup, yerli üretim olan CVT hareket iletim sistemli traktör yoktur. İthal edilmiş 4WD traktörlerin 43 tanesi (% 26.8'i) yüksek basınçlı CR enjeksiyon sistemine sahiptir. Yine ithal edilmiş 4WD traktörlerin 9 tanesi (% 5.4'ü) kademesiz CVT hareket iletim sistemine sahiptir. Sadece 14 tane ithal edilmiş traktörde üre-su solüsyonundan oluşan reaktif maddenin kullanıldığı SCR egzoz emisyon sistemi bulunduğu tespit edilmiştir.

### 3.1.2 Denemelerde kullanılan yakıt ve reaktif madde

Denemelerde kullanılan yakıtın, TS EN 590'a uygun özellikte olduğu OECD Kod 2 test raporlarında belirtilmektedir. Testlerde kullanılan motorin, yakıt istasyonlarından alınmakta olup, Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü'nde yakıt için herhangi bir ilave test yapılmamaktadır. OECD Kod 2'de ise yakıtla ilişkin herhangi bir test istenmemekle birlikte, yakıt tüketiminin hacimsel veya ağırlık birimiyle ölçülebileceği ve elde edilen sonucun yakıtın hacim ağırlık değeri kullanılarak dönüşüm yapılabileceği belirtilmiştir. Bu nedenle Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü'nde sadece

yakıtın hacim ağırlık değeri ölçülmekte olup, bu değer ise tez materyali olan traktörler için 0,820 ile 0,838 g/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. 293 rapordan her biri için raporlarda ayrı ayrı verilmiş olan hacim ağırlık değerleri, yapılan hesaplamalarda dikkate alınmıştır. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu'nun (EPDK) Avrupa Birliği müktesebatına uyum kapsamında gerçekleştirdiği motorin düzenlemesine göre, 1 Ocak 2012 tarihinden itibaren piyasada kükürt düzeyi 10 ppm'den yüksek olan motorinin satılması yasaklanmıştır. Düzenlemeye göre bu tarihten itibaren akaryakıt bayilerinin kırsal motorin satışı yapması da yasaklanmıştır. Benzin ve motorin kalitesi ile ilgili yönetmelikte yapılan değişiklik ile (2003/17/AT ile değişik 98/70/AT) düşük kükürtlü motorin uygulamasına geçilmiş olup, otomotiv yakıtlarındaki en yüksek kükürt oranı motorin ve benzinde 10 ppm, LPG'de ise 50 ppm olarak uygulanmaya başlanmıştır.

Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü'nün yakıt aldığı istasyondan temin edilen motorinin özellikleri çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelge 3.2'de görüleceği gibi yakıtın ısı değeriyle ilişkin herhangi bir değer bulunmamaktadır. Motorinin ısı değeri için Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş (TÜPRAŞ) tarafından, 403 koduyla petrol ürün bilgilerinde motorin alt ısı değeri olarak verilen 10 200 kcal/kg değeri kullanılmıştır (Anonim 2015f).

SCR Egzoz emisyon sistemine sahip olan traktörler, yakıt sistemine benzer şekilde ayrı bir depo, enjektör ve iletim borularına sahip olup, egzoz gazına üre yapısında olan (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O) reaktif madde püskürtülmektedir. Reaktif madde % 32,5 oranında üre/su solüsyonu olup 'Adblue' veya 'AUS32' gibi ticari olarak yakıt gibi satılmaktadır.

Çizelge 3.2 Motorin ürün spesifikasyonu (Anonim 2015f)

Özellik	Birim	Değer	Sınır	Deney Yöntemi
Yoğunluk (15 °C’de)	kg/m <sup>3</sup>	820-845		TS 1013 EN ISO 3675 TS EN ISO 12185
Polisiklik aromatik hidrokarbonlar	% ağırlık	11	En çok	TS EN 12916
Parlama noktası	°C	55	En az	TS 1273 EN 22719
Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN)	°C			TS EN 116
Kış (a)		-15	En çok	
Yaz (b)		5	En çok	
Damıtma				TS 1231 EN ISO 3045
250 °C’de elde edilen	% hacim	65	En çok	
350 °C’de elde edilen	% hacim	85	En az	
360 °C’de elde edilen	% hacim	95	En az	
Kükürt	mg/kg	10	En çok	TS EN ISO 20846 TS EN ISO 20884
Karbon kalıntısı ( % 10 karbon damıtma kalıntısından)	% ağırlık	0,30	En çok	TS 6148 EN ISO 10370
Vizkozite (40 °C’de)	cst	2.0-4.5	En çok	TS 1451 EN ISO 3104
Bakır şerit korozyonu (3 saat 50 °C’de)	Derece	No.1	En çok	TS 2741 EN ISO 2160
Kül	% ağırlık	0,01	En çok	TS 1327 EN ISO 6245
Setan indisi	hesapla	46	En az	TS 2883 EN ISO 4264
Setan sayısı		51	En az	TS 10317 EN ISO 5165
Su	mg/kg	200	En çok	TS 6147 EN ISO 12937
Toplam kirlilik	mg/kg	24	En çok	TS EN 12662
Oksidasyon kararlılığı	g/m <sup>3</sup>	25	En çok	TS EN ISO 12205
Yağlama özelliği (wsd) 60 °C’de düzeltilmiş aşınma izi çapı	µm	460	En çok	TS EN ISO 12156-1

### 3.2 Yöntem

Bir tarım traktörünün ömrü boyunca gerçekleştirdiği tarımsal faaliyetlerin ve tarımdaki çalışma şartlarının çok farklı olması nedeniyle gerçek çalışma şartları altında herhangi bir verimlilik sınıflandırması yapılması mümkün değildir. Bu nedenle dünyada üretilen ve satılan birçok traktör için kontrollü şartlarda ölçülebilen ve kıyaslanabilen tek bilgi kaynağı olan OECD Kod 2 test koduna göre yapılan, standart hale getirilmiş olan kuyruk mili (p.t.o-power take-off) ve çeki testleri (drawbar tests) sonuçlarına göre enerji verimlilik sınıflandırması yapılabilmektedir.



Bugüne kadar, traktörleri enerji verimliliğine göre sınıflandırmak amacıyla yapılan bütün çalışmalarda (Gil-Sierra vd. 2007, Anonymous 2007, Ortiz-Cañavate vd. 2009, Silveira ve Sierra 2010, Türker vd 2011, Muñoz-Garcia vd. 2012, Shin vd. 2012, Shin ve Kim 2013), OECD Kod 2 raporlarında yer alan test sonuçları esas alınmıştır. Bu çalışmada da sınıflandırmaya temel teşkil edecek olan enerji verimlilik sistemi oluşturulurken, OECD Kod 2 test yöntemine göre test edilmiş traktörlerin verileri esas alınmıştır.

Bu çalışmada enerji verimlilik sınıflandırması metodu oluşturulurken, OECD Kod 2 deney metoduna göre yapılan testler dikkate alındığı için, öncelikle OECD Kod 2 deney yöntemi hakkında bilgi verilmiş, daha sonra ise enerji verimlilik sistemi metodu anlatılmıştır.

### **3.2.1 OECD Kod 2**

OECD Kod 2'nin tam adı Tarım ve Orman Traktörleri Performansının Resmi Testleri İçin Standart OECD Kodu olup Kod 2'de yapılan testler zorunlu ve isteğe bağlı testler olarak iki kısımda incelenmektedir (Anonymous 2015b). Kuyruk mili ve motor (power take-off and engine tests) gücü, hidrolik güç (hydraulic power), hidrolik kaldırma kuvveti (hydraulic lifting force), çeki gücü ve yakıt tüketimi (drawbar power and fuel consumption) yapılması zorunlu testlerdir. Dönme alanı ve dönme dairesi (turning area and turning circle), ağırlık merkezi (centre of gravity), frenleme (braking), dış gürültü seviyesi (external noise level), su geçirmezlik testi (waterproofing test) isteğe bağlı testler olarak nitelendirilmektedir. Ancak bazı ülkelere ve ülkelerdeki çeşitli kıstaslara göre testlerdeki zorunluluklar değişebilmektedir. Örneğin Çin, Güney Kore gibi ülkelerde pirinç tarımı yaygın olduğu için isteğe bağlı olan su geçirmezlik testi bu ülkelerin kendi koyduğu ulusal kurullarla zorunlu hale gelebilmektedir. Yine İspanya'da OECD Kod 2 testleri sadece enerji verimliliği sınıflandırması yapmak amacıyla kuyruk mili ve çeki gücü testleri yapılmakta, zorunlu olan hidrolik güç ve kaldırma testleri uygulanmamaktadır. OECD yapılacak testlerin metodunu belirlemekte ve genel olarak zorunluluk/isteğe bağlılık durumunu ülkelerin kararına bırakmaktadır (Anonymous 2015c).

Teste başlamadan önce, test edilecek traktör aynı özelliklere sahip seri içinden seçilmekte ve seçilen traktörlerin performansının bütün seriyi temsil ettiği kabul edilmektedir. Önce traktörün yağlama donanımı, soğutma sistemi veya suyu, rodajı (motorun alışıp kararlı hale gelmesi) kontrol edilmektedir. Diğer yandan test aşamalarında dikkate alınacak tavsiyeler kullanma kılavuzu kontrol edilerek belirlenmekte ve rodajı tamamlanmışsa traktör kuyruk mili performans testlerine alınmaktadır (Anonymous 2015b).

### **3.2.1.1 Kuyruk mili performans testleri**

Kuyruk mili performans testleri, şekil 3.1’de gösterilmiş olan test sisteminde yapılmaktadır. Traktörün ilk çalıştırılması deneylerden önce imalatçı tarafından yapılmakta, bu mümkün değilse, imalatçının onayı alınarak öyle çalıştırılmaktadır. Kuyruk mili deneyleri kesintisiz olarak yapılmakta, test başladıktan sonra herhangi bir ayarlama yapılmasına izin verilmemektedir. Testler esnasında tamir ve ayar yapmak gerektiği durumlarda ise deneyler yeniden yapılmakta ve yapılan tamir, bakımları açık olarak deney raporunda belirtilmektedir. Kuyruk mili, mafsallı mil vasıtasıyla açı yapmayacak şekilde platform üzerine yerleştirilerek, sisteme bağlanmakta ve platform emniyete alınmaktadır. Traktörün yakıt besleme sistemi yakıt ölçüm düzenine uygun şekilde bağlanmakta ve sistemin havası alınmaktadır. Egzoz gazının tahliyesi için sisteme uygun bağlantılar yapılmaktadır. Atmosfer koşulları ve maksimum sıcaklıkların tespiti için gerekli ölçüm cihazları ve sensörler yerleştirilmektedir. Yakıt sıcaklığı; yakıt deposu ile motor arasındaki en uygun noktadan, yağ sıcaklığı; yağlama devresinin en uygun noktasından, soğutma suyu sıcaklığı; termostattan önce silindir dışından veya tepesinden, hava soğutmalı motorlarda ise imalatçı tarafından belirtilen iki noktadan, hava sıcaklığı; traktörün 2 m önünden 1,5 m yükseklikten, hava giriş sıcaklığı da hava filtresinin girişinden ölçülmektedir. Testler esnasında ortam sıcaklığı  $23 \pm 7^{\circ}\text{C}$  olmalıdır (Anonymous 2015b).



Şekil 3.1 OECD Kod 2 kuyruk mili performans test sistemi

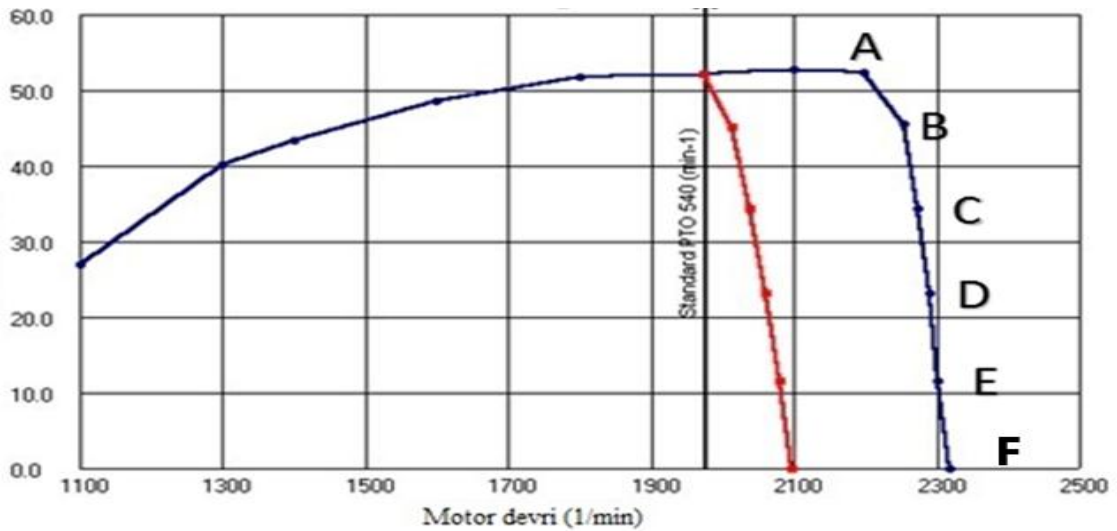
Traktörün motor devri/kuyruk mili devri oranı ile maksimum devri ölçülmekte ve imalatçı verileri ile karşılaştırılmaktadır. Farklılık varsa imalatçıya bildirilmekte, test başlamadan önce platform yakıt deposundaki yakıt seviyesi ölçülmekte ve eksiklik varsa tamamlanmaktadır. Eğer yakıt ilavesi yapılmışsa yeniden yakıt yoğunluğu ölçülmekte ve raporda verilmektedir. Testlerde, platformdan veri alan ve işleyen bir bilgisayar, frenleme düzeneği ve dinamometre ile aletlere güç üreten jeneratörler kullanılmaktadır.

Kuyruk mili performans testlerinde ilk olarak gaz kolu maksimum durumda iken kuyruk mili maksimum gücü ve maksimum torku değerleri tespit edilmektedir. Traktör maksimum gücünü veren devirde 1 saat süreyle kesintisiz olarak çalıştırılmakta, bu süre

içerisinde çalışırken gücün  $\pm$  %2 tolerans sınırları içinde kalması gözlenmektedir. Eğer güç tolerans sınırları içerisinde kalmıyorsa imalatçı firma tarafından gerekli ayarların yapılması sağlanmakta ve testlere tekrar başlanmaktadır.

Maksimum güç testinden sonra traktör performans eğrilerinin çizilmesi için değişen devirler ve yükler testi yapılmaktadır. Maksimum torkun elde edildiği motor devrinin en az % 15 düşük devirden veya nominal motor devrinin yarısı olan devirden ( en düşük olan esastır) başlayarak değer alınacak devirler tespit edilmektedir. Maksimum tork devri, standart kuyruk mili devri, nominal motor devri ve maksimum güç devirlerinde mutlaka değerler alınmaktadır. Değişen yük deneylerinde (kısmi yüklemeler), nominal motor devrinde ölçülen tork değerinden gidilerek aşağıdaki sırayla motor devirleri tespit edilmektedir (Şekil 3.2). Bunlar;

- A. Nominal motor devrinde elde edilen maksimum motor gücündeki tork
- B. Madde A'daki torkun % 85'i
- C. % 85 torkun % 75'i
- D. % 85 torkun % 50'si
- E. % 85 torkun % 25' i
- F. Yüksüz.



Şekil 3.2 Nominal ve standart kuyruk mili gücündeki kısmi yüklemeler (Anonim 2011)

Standart kuyruk mili kısmi yüklemelerin tamamlandıktan sonra yüksüz devir değeri için motor devri kuyruk mili üzerinden devir ölçer ile ölçülmektedir. Deneylerde bütün noktalardaki yakıt tüketimi ölçülmekte ve kaydedilmektedir. Örnek bir kuyruk mili maksimum güç, nominal motor devrindeki güç, standart kuyruk mili devrindeki güç ve kısmi yükleme test sonucu değerleri çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Standart kuyruk mili devrindeki güç ve kısmi yüklemeler (Anonim 2011)

Güç	Hız			Yakıt tüketimi			Özgül Enerji
	Motor	PTO	Fan	Saatlik		Özgül	
kW	min <sup>-1</sup>			kg/h	l/h	g/kWh	kWh/ l
3.1.1. MAKSİMUM GÜÇ-1 SAATLİK TEST							
49.0	2125	1000	2783	13.81	16.54	282	2.96
3.1.2. NOMİNAL MOTOR DEVRİNDEKİ GÜÇ							
48.3	2300	1082	3013	14.50	17.36	300	2.78
3.1.3 STANDARD KUYRUK MİLİ DEVRİNDEKİ GÜÇ ( 1000 ± 25 min <sup>-1</sup> )							
49.0	2125	1000	2783	13.81	16.54	282	2.96
3.1.4. KISMİ YÜKLEMELER							
3.1.4.1. Nominal motor devrindeki tork							
48.3	2300	1082	3013	14.50	17.36	300	2.78
3.1.4.2. 3.1.4.1. deki torkun % 85							
42.5	2381	1120	3119	13.22	15.84	311	2.69
3.1.4.3. 3.1.4.2. deki torkun % 75							
32.4	2420	1139	3170	10.96	13.13	338	2.47
3.1.4.4. 3.1.4.2. deki torkun % 50							
22.0	2460	1158	3222	8.85	10.60	403	2.07
3.1.4.5. 3.1.4.2. deki torkun % 25							
11.2	2501	1177	3276	6.90	8.27	618	1.35
3.1.4.6. Yüksüz							
0	2541	1196	3328	5.17	6.19	-	-
3.1.5 STANDARD KUYRUK MİLİ DEVRİNDEKİ KISMİ YÜKLEMELER ( 1000 ± 25 min <sup>-1</sup> )							
3.1.5.1. Standart kuyruk mili devrindeki tork							
49.0	2125	1000	2783	13.81	16.54	282	2.96
3.1.5.2. 3.1.5.1. deki torkun % 85							
43.6	2221	1045	2909	12.79	15.31	294	2.84
3.1.5.3. 3.1.5.2. deki torkun % 75							
33.4	2270	1068	2973	10.37	12.42	311	2.69
3.1.5.4. 3.1.5.2. deki torkun % 50							
22.8	2321	1092	3040	8.28	9.92	364	2.30
3.1.5.5. 3.1.5.2. deki torkun % 25							
11.6	2370	1115	3104	6.60	7.91	568	1.47
3.1.5.6. Yüksüz							
0	2417	1137	3166	4.50	5.39	-	-

2005 yılında, traktörlerin farklı çalışma koşullarındaki yakıt tüketimlerini kıyaslamak amacıyla Almanya'nın önerisiyle OECD tarafından kabul edilen farklı motor devirlerinde kısmi yüklemeler (ilave beş nokta testi) için aşağıdaki noktalar tespit edilmiş ve uygulanmaya başlanmıştır. Bunlar;

1. Nominal motor devrindeki güç
2. 1 'de elde edilen gücün % 80'i nominal motor devrinde,
3. 1 'de elde edilen gücün % 80'i nominal motor devrinin % 90'ında,
4. 1 'de elde edilen gücün % 40'ı nominal motor devrinin % 90'ında,
5. 1 'de elde edilen gücün % 60'ı nominal motor devrinin % 60'ında,
6. 1 'de elde edilen gücün % 40'ı nominal motor devrinin % 60'ında.

Standart kuyruk mili devri kısmi yüklemelerinde, traktör gaz kolu kısılarak o devirdeki torku verecek konuma getirilmekte, bu tork değeri dikkate alınarak yukarıdaki maddelere göre devirler tespit edilmektedir. Bu esnada yakıt tüketimi ölçülmekte ve kaydedilmektedir.

Kuyruk mili testlerinden alınan değerlerle; devire bağlı güç, devire bağlı motor torku, devire bağlı yakıt tüketimi, devire bağlı özgül yakıt tüketimi, güce bağlı özgül yakıt tüketimi grafikleri çizilmektedir. Anonymous (2015b), OECD Kod 2'nin 4.1.3 maddesi yakıt tüketim testleri, 4.1.3.1 alt maddesi ise yakıt tüketim karakteristiklerinin hesaplanması için ilave beş nokta olarak adlandırılmıştır ve bu testlerin traktörün her türlü kuyruk mili gücü çalışmalarında yakıt ekonomisinin değerlendirilmesini sağlayacağı ifade edilmektedir. Aynı zamanda bu testler farklı traktörlerin çeki gücü ve kuyruk mili gücü çalışmalarının kıyaslanabilmesine imkan vermektedir. Örnek olarak kuyruk mili ilave 5 nokta test değerleri çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Standart kuyruk mili devrindeki güç ve kısmi yüklemeler (Anonim 2011)

Güç	Hız			Yakıt tüketimi			Özgül Enerji
	Motor	PTO	Fan	Saatlik		Özgül	
kW	min <sup>-1</sup>			kg/h	l/h	g/kWh	kWh/l
3.1.6. FARKLI MOTOR DEVRİNDEKİ KISMİ YÜKLEMELER							
3.1.6.1. Nominal motor devrindeki güç							
48.3	2300	1082	3013	14.50	17.36	300	2.78
3.1.6.2. 3.1.6.1. de maksimum motor devrinde elde edilen gücün % 80' i							
38.7	2401	1130	3145	12.17	14.58	315	2.65
3.1.6.3. Nominal motor devrinin % 90' ı na ayarlanmış 3.1.6.1' de elde edilen gücün % 80'i							
38.7	2070	974	2711	11.16	13.37	289	2.89
3.1.6.4. Nominal motor devrinin % 90' ı na ayarlanmış 3.1.6.1' de elde edilen gücün % 40'ı							
19.3	2070	974	2711	6.81	8.16	352	2.37
3.1.6.5. Nominal motor devrinin % 60' ı na ayarlanmış 3.1.6.1' de elde edilen gücün % 60'ı							
29.0	1380	649	1807	7.88	9.43	272	3.07
3.1.6.6. Nominal motor devrinin % 60' ı na ayarlanmış 3.1.6.1' de elde edilen gücün % 40'ı							
19.3	1380	649	1807	5.47	6.55	283	2.95

### 3.2.1.2 Çeki performans testleri

Çeki performansı testlerine başlamadan önce traktörün motor/tekerlek ve motor/p.t.o aktarma oranları, imalatçının verdiği değerlere göre kontrol edilmekte ve her vites kademesi için nominal devire göre ilerleme hızları hesaplanmaktadır. Değerler bilgisayarda bulunan katsayılar tablosuna yazılarak hesaplanmaktadır. Traktörün lastik hava basınçları, firmanın tavsiye ettiği veya katalog değerlerine göre kontrol edilerek çeki performansını arttırmak için lastik basıncı azaltılmaktadır. Daha sonra tekerlek çevresi pist üzerinde ölçülerek bilgisayarda bulunan sicil tablosuna kaydedilmektedir. Çeki pistine alınan traktörün çeki demiri yüksekliği imalatçının verdiği ölçüye göre kontrol edilmekte, yatay olarak çeki arabasına bağlanmakta ve yerden yükseklik ölçüsü değeri bilgisayarda bulunan sicil tablosuna kaydedilmektedir. Traktörün çeki kuvvetine uygun olan load-cell (yük hücresi), çeki demiri ile çeki arabasının bağlantı lamasına aç yapmayacak şekilde bağlanmaktadır. Yük hücresinin bilgisayar ile bağlantısı uygun şekilde yapılarak 24 V elektrik enerjisi sağlanmakta ve sıfırlaması yapılmaktadır. Kuyruk mili devrini ölçecek sistemin bilgisayara bağlantısını yapılarak devirlerin doğruluğu kontrol edilmektedir. Yakıt tüketimini ölçmek için, yakıt ölçüm sisteminin traktöre bağlantıları uygun şekilde yapılmakta ve yakıt yoğunluğu ölçülerek

kaydedilmektedir. Atmosfere ait nem, basınç, sıcaklık, traktöre ait soğutma suyu ve motor yağı sıcaklık değerlerini almak için ölçüm cihazları ilgili yerlere yerleştirilmektedir. Çeki arabasının (Şekil 3.3) jeneratörünün soğutma kulelerinin kapakları açılmaktadır. Testlere başlarken traktörü kullanan operatör, gaz kolu konumunu bütün vitesler için tam gaz konumuna getirmektedir. Traktörün geliştirdiği güce bağlı olarak jeneratörün yükleme oranına dikkat edilmekte ve jeneratörün 2000 min<sup>-1</sup>'yi geçmemesi sağlanmaktadır. Eğer geçerse çeki arabasının vitesi bir üst vites kademesine alınmaktadır (Olum 2007).



Şekil 3.3 OECD Kod 2 Traktör çeki performans test araçları

Bu testlerde traktör için hız sınırlaması uygulanmaktadır. Testlerde güvenlik nedeniyle 2.5 km/h ile 17.5 km/h arasındaki hızlarda ölçüm yapılmaktadır. 17.5 km/h'den yüksek hızlardaki vites kademeleri tehlike sınırlamaları sebebiyle yapılmamaktadır. 2.5 km/h hızından yüksek ilk vites kademesi birinci vites olarak adlandırılmakta ve birinci vites kademesinden teste başlanmaktadır. Maksimum güçteki motor devrini ve %15 patinaj oranını geçmemek kaydıyla her vites kademesi için p.t.o devri (1/min), çeki arabası ilerleme hızı (km/h), çeki kuvveti (kp) ve yakıt tüketimi (l/h) ölçülerek kaydedilmektedir. Ölçüm sonuçlarına ölçüm aletlerinin kalibrasyondaki belirsizlik ve sapma değerleri ilave edilerek çeki gücü ve yakıt tüketim değerleri kesinleştirilmektedir.



Daha sonra maksimum çeki gücündeki vites tespit edilmektedir. Bu vitesteki çeki kuvvetinin % 75' i alınarak, motor devri, çeki gücü, patinajı, özgül yakıt tüketimi, özgül enerji ve ilerleme hızı hesaplanmakta ve değerler kaydedilmektedir. Bu vitesteki çeki kuvvetinin % 50' si alınarak, motor devri, çeki gücü, patinaj, özgül yakıt tüketimi, özgül enerji ve çeki ilerleme hızı hesaplanarak kaydedilmektedir. Maksimum çeki gücündeki viteste çeki kuvvetinin % 75 değerindeki çeki kuvvetiyle ilerleme hızı, indirgenmiş motor devrinde bir üst vitese uygulanarak, motor devri, çeki gücü, patinajı, özgül yakıt tüketimi ve özgül enerji hesaplanarak kaydedilmektedir. Maksimum çeki gücü veren vitesteki % 50 çeki kuvveti ve ilerleme hızı, indirgenmiş motor devrinde bir üst vitese uygulanarak motor devri, çeki gücü, patinaj, özgül yakıt tüketimi ile özgül enerji hesaplanmakta ve kaydedilmektedir (Anonymous 2015b).

Daha sonraki aşamada ise 7.5 km/h ilerleme hızına en yakın vites kademesi seçilerek yukarıdaki işlemler tekrar edilmektedir. En son olarak da 7 km/h ile 10 km/h ilerleme hızı arasındaki vites için yukarıdaki işlemler tekrar edilerek aynı değerler alınmakta ve kaydedilmektedir. Örnek bir çeki gücü test sonucu değerleri çizelge 3.5'de verilmektedir.

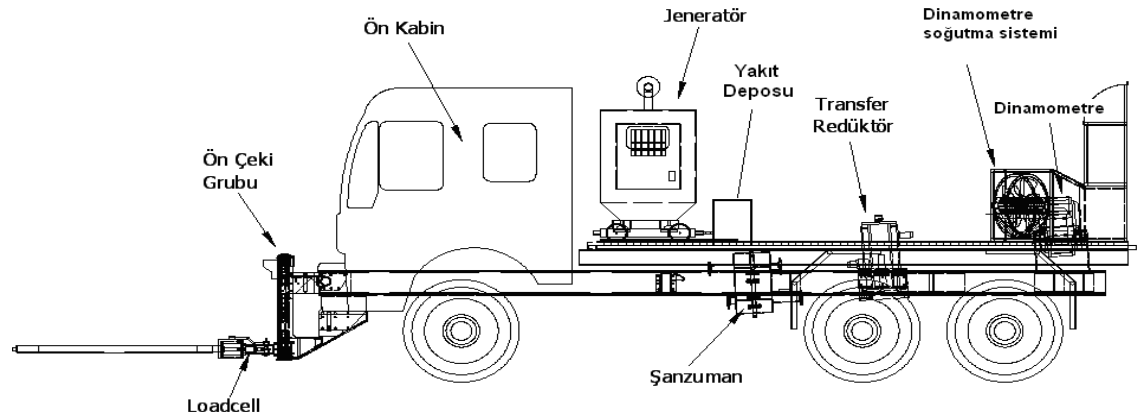
Çizelge 3.5 Çeki gücü ve yakıt tüketim test sonuçları (Anonim 2011)

Vites	Güç	Çeki kuvveti	Hız	Motor hızı	Fan hızı	Pati Naj	Özgül Yakıt tüketimi	Özgül Enerji	Sıcaklıklar			Atmosferik koşullar		
									Yakıt °C	Soğutma °C	Motor yağı °C	Sıcaklık °C	Nisbi nem %	Basınç kPa
No	kW	kN	km/h	min <sup>-1</sup>	min <sup>-1</sup>	%	g/ kWh	kWh / l	°C	°C	°C	°C	%	kPa
<b>3.3.1. TEST EDİLEN VİTESLERDEKİ MAKSİMUM GÜÇ</b>														
T-L2	12.1	18.25	2.39	2449	3208	15.0	697	1.20	66	72	93	29	50	91.7
T-L-3	17.4	18.33	2.41	2443	3200	15.0	544	1.54	66	72	94	29	50	91.7
T-M-1	23.4	18.34	4.59	2427	3179	15.0	470	1.78	69	71	100	29	50	91.6
T-L-4	24.6	18.36	4.82	2404	3149	15.0	459	1.82	75	76	102	29	50	91.6
T-M-2	32.7	18.69	6.29	2361	3093	15.0	416	2.01	73	77	104	29	50	91.6
T-M-3	33.1	14.69	8.11	2125	2784	14.9	414	2.02	77	77	107	29	50	91.6
T-H-1	33.3	10.88	11.00	2125	2784	9.1	412	2.03	78	84	111	29	50	91.6
T-M-4	34.2	9.89	12.45	2125	2784	8.9	402	2.08	78	84	118	29	50	91.6
T-H-2	34.3	7.75	15.92	2125	2784	6.8	377	2.21	72	84	117	30	51	91.7
T-H-3	Hız emniyeti açısından bu vites test edilememiştir.													
<b>3.3.2. YAKIT TÜKETİMİ</b>														
<b>3.3.2.1. 7.5 km<sup>3</sup>'e en yakın viteste maksimum güç (Nominal motor devrinde)</b>														
T-M-2	32.7	18.69	6.29	2361	3093	15.0	416	2.01	73	77	104	29	50	91.6
<b>3.3.2.1.1. Maksimum güçte nominal motor devrindeki çeki kuvvetinin % 75</b>														
T-M-2	26.3	14.00	6.77	2399	3143	10.0	445	1.88	73	77	107	28	41	91.8
<b>3.3.2.1.2. Maksimum güçte nominal motor devrindeki çeki kuvvetinin % 50</b>														

Çizelge 3. 5 Çeki gücü ve yakıt tüketim test sonuçları (Anonim 2011) (devam)

T-M-2	18.2	9.32	7.05	2428	3181	7.4	630	1.32	75	75	107	28	41	91.3
3.3.2.1.3. İndirgenmiş motor devrinde 3.3.2.1.1 ve 3.3.2.1.2'nin her ikisini elde edebildiğimiz en yüksek vites; 3.3.2.1.1'deki çeki kuvveti ve ilerleme hızı														
T-M-3	26.1	13.97	6.73	1667	2184	10.0	368	2.27	71	77	107	29	35	91.2
3.3.2.1.4. İndirgenmiş motor devrinde 3.3.2.1.3'de elde ettiğimiz en yüksek vites; 3.3.2.1.2'deki çeki kuvveti ve ilerleme hızı														
T-M-3	18.2	9.32	7.04	1696	2222	7.4	397	2.10	72	76	106	29	36	91.2
3.3.2.2. 7-10 km/h hıza en yakın vites (Nominal motor devri)														
T-M-3	35.5	13.76	9.30	2300	3013	9.8	361	2.31	74	77	111	29	35	91.2
3.3.2.2.1. Maksimum güçte nominal motor devrindeki çeki kuvvetinin % 75														
T-M-3	27.9	10.26	9.79	2399	3143	9.0	435	1.92	76	74	108	29	35	91.2
3.3.2.2.2. Maksimum güçte nominal motor devrindeki çeki kuvvetinin % 50														
T-M-3	19.1	6.84	10.05	2410	3157	7.0	503	1.66	78	76	110	30	38	91.3
3.3.2.2.3 İndirgenmiş motor devrinde 3.3.2.2.1 ve 3.3.2.2.2' nin her ikisini elde edebildiğimiz en yüksek vites; 3.3.2.2.1' deki kuvveti ve ilerleme hızı														
T-M-4	28.0	10.30	9.77	1670	2188	9.0	362	2.30	74	74	109	30	38	91.3
3.3.2.2.4. İndirgenmiş motor devrinde 3.3.2.2.3' de elde ettiğimiz en yüksek vites; 3.3.2.2.2'deki çeki kuvveti ve ilerleme hızı														
T-M-4	19.1	6.84	10.06	1683	2205	7.0	460	1.81	76	79	104	30	38	91.3

Özel olarak tasarlanmış çeki test aracı parçaları şekil 3.4'de gösterilmektedir. Çeki test aracının ön kısmında bulunan kumanda kabini; operatör kısmı ve kumanda kısmı olarak iki kısma ayrılmaktadır. Kumanda kısmında dümenleme, yakıt ölçüm ünitesi, test kumanda kısımları gibi donanımlar bulunmaktadır. Operatör kısmında ise; diz üstü bilgisayarın konumlandırıldığı bölüm ve iletişim için telsiz bulunmaktadır. Elektrik ihtiyacı devamlı şarj edilen akü ile veya güç üreten bir jeneratörle sağlanmaktadır. Ayrıca çeki test aracında fazladan bir adet yakıt deposu bulunmaktadır.



Şekil 3.4 Çeki test aracının şematik görünümü

Yakıt deposu yakıt ölçüm cihazına yakıt sağlamak ve yakıt ölçüm cihazından traktörün yakıt donanımına yakıt gönderilmektedir. Traktörün yakıt deposu test

esnasında kullanım dışına alınmaktadır. Bu sayede traktörün yakın tüketimi hacimsel olarak ölçülmektedir.

Çeki test aracının traktörün arka çeki demirine bağlanmasıyla testler yapılmaktadır. Traktörün arka çeki demiri ile çeki test aracının çeki oku yükseklikleri eşitlenerek paralel konumda çeki sağlanmaktadır. Traktörün kuyruk miline takılı devir sensörü, kuyruk mili devrini ölçerek bilgisayara iletmekte ve traktörün teorik ilerleme hızı ve motor devri yazılım tarafından hesaplanmaktadır. Çeki test aracında bulunan, şekil 3.5 'de gösterilen optik hız sensörü veya çeki test aracının arkasında bulunan hız ölçüm tekeri sayesinde çeki test aracının gerçek ilerleme hızı ölçülmektedir.



Şekil 3.5 Çeki test aracı optik hız sensörü

Bu ölçümler sayesinde veriler bilgisayara aktarılarak traktör patinajı hesaplanmakta, % 15 patinaj oranını ve maksimum güçteki motor devrini geçmeyecek şekilde denemeler yapılmaktadır.

Çeki testi aracı arkasında bir adet dinamometre bulunmaktadır. Bu dinamometrenin görevi çeki arabasına tekerlekler tarafından iletilen hareketi elektromanyetik frenleme enerjisini (Eddy Current) kullanarak frenleme yapmaktır. Böylelikle çeki arabasının ilerlemesi engellenmeye çalışılmakta ve traktöre çeki yükü sağlanabilmektedir. Çeki test

aracının ön tarafında bulunan bir yük hücresi (loadcell) tarafından bu yük ölçülerek bilgisayara gönderilmektedir. Bu esnada traktörün yakıt hattı, çeki test aracının yakıt ölçüm cihazına bağlandığından traktör yakıt sarfiyatındaki değişimler ölçülebilmektedir. Ayrıca çeşitli noktalarda bulunan sensörler tarafından yakıt, soğutma suyu, motor yağı ve ortam sıcaklığı ile nisbi nem ve atmosfer basıncı ölçülmektedir (Anonymous 2015b).

### **3.2.3 Geliştirilen enerji verimlilik sisteminin parametrelerinin belirlenmesi**

OECD Kod 2 raporlarında zorunlu olarak yapılan testler dışında traktörün motorundan lastiklerine, koruyucu yapısından egzozuna, ortam şartlarından kullanılan yakıtın özelliklerine kadar bütün teknik özellikleri de verilmektedir. OECD Kod 2 raporlarının formatı belirli olup traktöre ait bütün teknik özellikler ve yapılan test sonuçları dünyadaki bütün OECD test istasyonlarınca bu formata uygun olarak verilmektedir.

Enerji verimlilik sınıflandırma sistemi oluşturulurken bu husus göz önünde bulundurulmuş olup, ilave herhangi bir bilgiye ihtiyaç duyulmadan OECD Kod 2 raporu verileri kullanılarak traktörün enerji verimlilik sınıfının belirlenebilir olması amaçlanmıştır.

Bu çalışmada OECD Kod 2’de zorunlu test olarak yer alan kuyruk mili ve çeki gücü test sonuçları esas alınarak enerji verimliliği sınıflandırması için sistem oluşturulması hedeflenmiştir. Bu sistem temel bir formülden ibaret olup, materyal olarak kullanılan 293 traktöre ait veriler Microsoft Excel programına aktarılmış, daha sonra veriler formülde yerine konularak analizler yapılmıştır. Hesaplamalardan sonra her traktör için tek veriden oluşan birimsiz bir değer ortaya çıkmış olup, bu değerler daha sonra JMP (5.0.1.a versiyonu) istatistiksel analiz programında K-Means Cluster olarak A’dan G’ye kadar artan şekilde oluşturulan 7 farklı sınıfa göre hangi sınıf aralığına giriyorsa o enerji verimlilik sınıfıyla adlandırılmıştır.

Enerji verimlilik sistemiyle ilgili yöntem oluşturulurken traktörün çeki ve kuyruk mili özgül yakıt tüketimi, saatlik yakıt tüketimi ve maksimum güç test sonuçları, , traktörün toplam verimi ile yapısal özellikler (egzoz emisyon sistemi, yakıt enjeksiyon sistemi, tahrik sistemi ve hareket iletim sistemi) dikkate alınmıştır.

Enerji verimlilik sistemi oluşturulurken OECD Kod 2 test raporlarından kullanılan veriler çizelge 3.6’da gösterilmiştir. Çizelge 3.6’da yer alan özgül yakıt tüketim değerleri, raporlarda g/kWh olarak verilmektedir. Raporlarda verilmiş olan yakıt hacim ağırlığı değeri kullanılarak özgül yakıt tüketim değerleri ml/kWh’e dönüştürülmüş ve enerji verimlilik sınıfı sisteminde özgül yakıt tüketim değerleri ml/kWh olarak hesaplanmıştır.

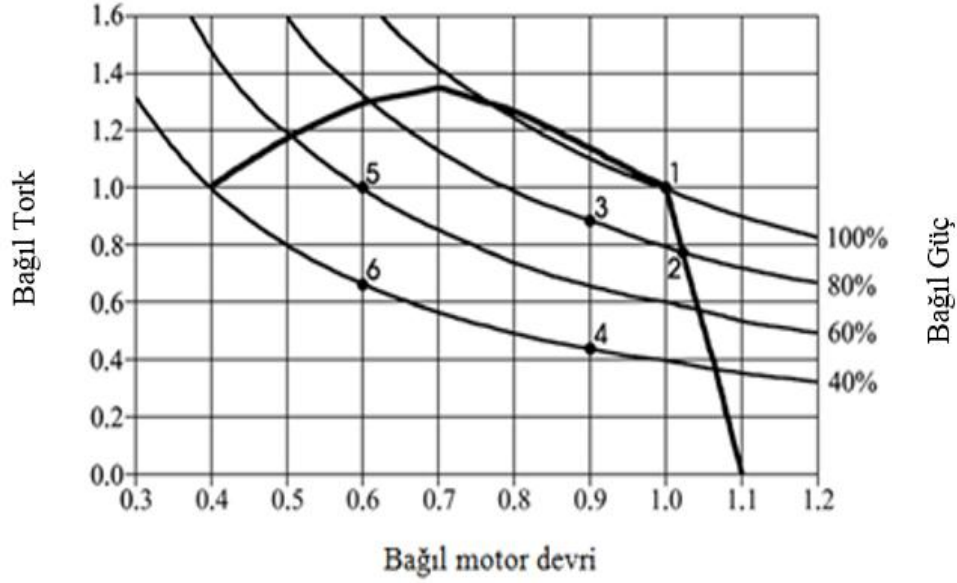
Çizelge 3.6 OECD kod 2 test raporlarından alınan veriler (Anonim 2011)

Veri	Birimi	Test Türü	Veri/Gözlem Sayısı
Özgül yakıt tüketimi	g/kWh	Pto ilave beş nokta testi	6
Özgül yakıt tüketimi	g/kWh	Çeki testinde 7.5 km/h hıza en yakın vites ve kısmi yüklemeler testi	5
Saatlik yakıt tüketimi	kg/h	Pto maksimum güç testi	1
Maksimum PTO gücü	kW	pto maksimum güç testi	1
Saatlik yakıt tüketimi	kg/h	Maksimum çeki gücü testi	1
Maksimum çeki gücü	kW	Maksimum çeki gücü testi	1
Tahrik sistemi	-	Gözlem	1
Enjeksiyon sistemi	-	Gözlem	1
Hareket iletim sistemi	-	Gözlem	1
Egzoz emisyon sistemi	-	Gözlem	1

### 3.2.3.1 Kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketim noktaları ve çalışma oranlarının belirlenmesi

Traktör yakıt tüketiminin belirlenmesi amacıyla 2005 yılında OECD Kod 2’ye girmiş olan ilave beş nokta testleri, traktörün farklı çalışma şartlarındaki yakıt tüketim

karakteristiğini göstermektedir, bu nedenle motor kuyruk mili test sonuçlarındaki bu test verileri enerji verimlilik sınıflandırması için en uygun değerler olarak görülmüştür. OECD tarafından kabul edilen ve şekil 3.6’da gösterilen farklı motor devirlerinde kısmi yüklemeler (ilave beş nokta) testindeki noktalar, çizelge 3.7’deki farklı çalışma koşullarında olan yakıt tüketim karakteristiklerini göstermektedir.



Şekil 3.6 Farklı motor devirlerinde kısmi yüklemeler, ilave beş nokta testi (Anonymous 2007)

Şekil 3.6’da soldaki düşey ekseninde yer alan bağıl tork, nominal motor devrinde elde edilen torkun ondalık değerlerini, yatay ekseninde yer alan bağıl motor devrindeki ondalıklar, nominal motor devrin ondalık değerlerini ifade etmektedir. Sağdaki düşey ekseninde yer alan gösterilen yüzdeler (%) ise nominal motor devrindeki maksimum gücün yüzde (%) değerlerini ifade etmektedir.

Çizelge 3.7 İlave beş nokta yakıt tüketim testleri (Anonymous 2015b)

Test noktası	Açıklama	Çalışma şartları
1	Nominal devirdeki maksimum güç	Kısa süreli aşırı yükleme
2	Maksimum devirde yüksek güç	Ağır çeki çalışmaları
3	Nominal motor devrinin % 90'ında yüksek güç	Ağır çeki ve standart PTO (540 1/min) devrindeki çalışmalar
4	Nominal motor devrinin % 90'ında düşük güç	Hafif çeki ve düşük PTO yükündeki çalışmalar
5	Nominal motor devrinin % 60'ında yüksek güç	Hafif çeki ve ekonomik PTO (750, 1000 1/min) devrindeki çalışmalar
6	Nominal motor devrinin % 60'ında düşük güç	Düşük devirlerde hafif çeki ve PTO çalışmaları

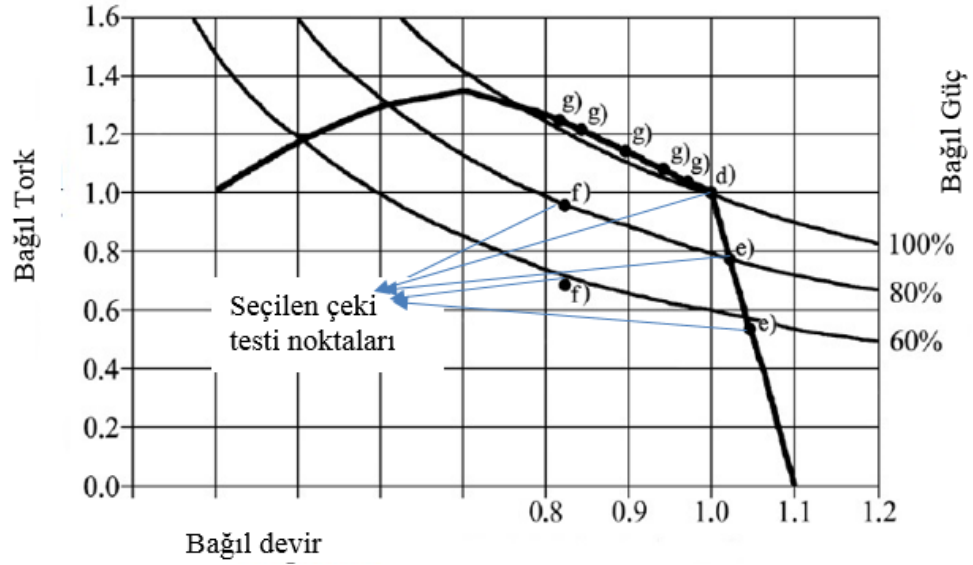
Pto testlerinden alınan bu altı noktanın aritmetik ortalaması alınarak  $\ddot{O}_{pto}$  formülü aşağıdaki şekilde oluşturularak hesaplama yapılmıştır.

$$\ddot{O}_{pto} = \frac{\sum_{i=1}^6}{6}$$

Burada;

$\ddot{O}_{pto}$ : Kuyruk mili testi ortalama özgül yakıt tüketimi (ml/kWh)'dir.

OECD Kod 2 çeki gücü ve yakıt tüketim testinde test edilen noktalar şekil 3.7'de verilmiştir. Şekil 3.7'de yatay ekseninde yer alan bağıl devir ondalıkları, maksimum motor devrin ondalık değerlerini, düşey ekseninde yer alan bağıl tork ondalıkları, nominal motor devrindeki torkun ondalık değerlerini ifade etmektedir. Düşey eksenin sağında yer alan yüzdeler (%) ise, nominal gücün yüzde (%) değerlerini ifade etmektedir. Geliştirilen enerji verimlilik sisteminde bu noktalardan yakıt tüketim testleri olarak geçen d, e (2 adet) ve f (2 adet) olmak üzere toplam beş nokta dikkate alınmıştır. Şekil 3.7'deki g noktaları 17.5 km/h hıza kadar test edilen her vitesteki maksimum güç noktalarıdır.



Şekil 3.7 Çeki gücü testinde ölçülen yakıt tüketim test noktaları (Anonymous 2007)

Çeki testi ortalama özgül yakıt tüketimi  $\bar{O}_{\zeta}$  için aşağıdaki formül oluşturularak hesaplama yapılmıştır.

$$\bar{O}_{\zeta} = \frac{\sum_{i=1}^5 O_i}{5}$$

Burada;

$\bar{O}_{\zeta}$  : Çeki testi ortalama özgül yakıt tüketimi (ml/kWh)'dir.

Ortiz-Cañavate vd. (2009) 2005 yılında OECD Kod 2'ye eklenen yeni test noktalarından traktörün yakıt tüketimiyle ilgili geniş kapsamlı bilgi edinmenin mümkün olduğunu belirtmiş ve indeksi oluştururken bunları göz önüne almıştır. Silveira ve Sierra (2010), Muñoz-Garcia vd. (2012), Shin vd. (2012), Shin ve Kim (2013) enerji verimlilik indeksini geliştirirken PTO testlerinden çizelge 3.7'de gösterilen özgül yakıt tüketimine ait 6 noktayı dikkate almıştır.

Traktörler tarımsal fonksiyonlarını yerine getirirken çeki gücü, kuyruk mili gücü ve hidrolik gücü kullanmaktadır. Anonymous (2015b)'de alan traktör performans



testlerinde zorunlu testler arasında 4.2.2 maddesinde yer alan hidrolik güç testinde herhangi bir yakıt tüketim ölçümü yapılmamaktadır. Hem yakıt tüketim testi yapılmaması, hem de hidrolik güç değerlerinin traktör gücüne göre az olması (her traktörde farklı olmak üzere, yaklaşık % 15.01'i olması nedeniyle, verimlilik indeksinin belirlenmesinde hidrolik güç göz önünde bulundurulmamıştır.

Her bir traktör için çeki ve kuyruk mili gücü kullanım yüzdesinin belirlenmesinde daha önce çizelge 2.1'de verilmiş olan Sayın (2006) ile çizelge 2.2'de verilmiş olan Sağlam vd. (2006) tarafından yapılan çalışmalar değerlendirilmiştir. Sayın (2006) tarafından yapılan çalışmada yaklaşık olarak % 63.7'sinin çeki, % 36.3 'ünün kuyruk mili işleri, Sağlam vd. (2006) tarafından yapılan çalışmalarda ise % 74.4'ünde çeki gücü ile yapılan işlemleri, % 25.6'sında ise kuyruk mili gücü ile yapılan işlemleri yerine getirdiği hesaplanmıştır.

Her iki çalışmanın ortalama değerleri alındığında bir tarım traktörünün Türkiye için çalışma oranları çeki çalışmaları için  $K_{\text{ç}}$  % 69, kuyruk mili ile yapılan çalışmalar için ise  $K_{\text{pto}}$  % 31 olarak hesaplanmış ve verimlilik indeksinin hesaplanmasında bu değerler kabul edilmiştir. (Daha önce çizelge 2.3'te verilen İspanya Tarım Bakanlığının yapmış olduğu çalışmada bu değerler ortalama olarak çeki çalışmaları için % 72, kuyruk mili ile yapılan çalışmalar için % 28 olarak hesaplanmıştı). Buna göre kuyruk mili ve çeki gücü test sonuçlarıyla ilgili oluşturulan formül şu şekilde ifade edilmiştir.

$$\ddot{O}_i = (\ddot{O}_{\text{ç}} \cdot K_{\text{ç}}) + (\ddot{O}_{\text{pto}} \cdot K_{\text{pto}})$$

$\ddot{O}_i$  : Çeki ve kuyruk mili testlerine ilişkin ağırlıklı özgül yakıt tüketimi (ml/kWh),

$\ddot{O}_{\text{ç}}$  : Çeki testi ortalama özgül yakıt tüketimi (ml/kWh),

$K_{\text{ç}}$  : Traktörün çeki işinde çalışma oranı, (% 69)

$\ddot{O}_{\text{pto}}$ :Kuyruk mili testine ait ortalama özgül yakıt tüketimi (ml/kWh),

$K_{\text{pto}}$ :Traktörün kuyruk mili işinde çalışma oranı (% 31),

OECD Kod 2 test raporunda yer alan diğer sonuçlar değerlendirilerek bu değerlerden enerji verimlilik indeksindeki temel veri olan çeki ve kuyruk mili testlerine ilişkin ağırlıklı özgül yakıt tüketimi ( $\bar{O}_i$ ) ile ilişkili olabilecek parametrelerin hesaplanan regresyon ( $R^2$ ) değerleri çizelge 3.8’de verilmiş olup, toplam verim dışındaki  $R^2$  değeri düşük olan bu parametreler indekse dahil edilmemiştir.

Çizelge 3.8 Ağırlıklı özgül yakıt tüketimi ( $\bar{O}_i$ ) ile bazı parametrelerin ilişki değerleri

Parametre	$R^2$ değeri	
Ağırlıklı toplam verimliliği ( $\eta_t$ )	0.450	<b>3.2.3.2</b>
Maksimum tork	0.114	<b>Traktör</b>
Maksimum kuyruk mili gücü	0.106	<b>toplam</b>
Maksimum kuyruk mili gücündeki özgül yakıt tüketiminin Maksimum çeki gücündeki özgül yakıt tüketimine oranı	0.067	<b>veriminin</b>
Maksimum kuyruk mili gücünün traktörün yüksüz kütlesine oranı	0.0004	<b>belirlenmesi</b>
Toplam maksimum kuyruk mili gücü verimi	0.096	

Traktörlerin toplam verimi; traktörün üretebildiği maksimum gücün, tükettiği yakıtın ısıl gücüne bölünmesiyle elde edilmektedir. Bir traktör birim zamanda tükettiği birim yakıttan ne kadar çok güç üretebiliyorsa o kadar verimli demektir. Toplam verim hesaplanırken aşağıda yer alan formüller kullanılmıştır (Saral 1997);

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_f} \quad P_f = \frac{B \times H_u}{860}$$

$\eta_t$  : Ağırlıklı toplam traktör verimliliği (%),

$P_t$  : Ağırlıklı traktör gücü (kW),

$P_f$  : Yakıtın ısıl gücü (kW),

$B$  : Saatlik yakıt tüketimi (kg/h),

$H_u$ : Yakıtın alt ısıl değeri (10 200 kcal/kg).

Bu formüllerdeki  $P_t$  ağırlıklı traktör gücü ve  $B$  saatlik yakıt tüketim değerleri, traktörlerin OECD Kod 2 raporlarından alınmıştır.  $P_t$  ağırlıklı traktör gücü ve  $B$  saatlik yakıt tüketim değerleri, tek bir değer olarak alınmamış, ağırlıklı çeki ve pto maksimum gücü ile saatlik yakıt tüketim değerleri (çeki işleri için % 69, kuyruk mili işleri için ise % 31) olarak hesaplanmıştır.

Traktör özelliklerine göre yapılan gruplandırmadan elde edilen ortalama verimlerin, toplam verimden olan farkları yüzde olarak hesap edilerek formülde  $\eta_i$ , ağırlıklı toplam verimi parametresi olarak ifade edilmiştir.

### 3.2.3.3 Traktör teknik özelliklerinin enerji verimlilik indeksine etkisini belirlenmesi

Ülkemizde imal edilen veya yurtdışından ithal edilen traktörler; tahrik sistemi, hareket iletim sistemi, yakıt enjeksiyon sistemi gibi traktörün çeki ve kuyruk mili gücü ile yakıt tüketimine, dolayısıyla enerji verimliliğine etki eden farklı teknik özelliklere sahiptir. Bu çalışmada traktörler enerji verimliliğine göre sınıflandırırken, belirtilen farklı teknik özelliklere göre gruplandırılmış ve her grubun ağırlıklı özgül yakıt tüketim parametrelerinin ( $\bar{O}_i$ ) ortalamaları alınarak  $P_i$  değerleri belirlenmiştir. Yine her grubun ağırlıklı toplam verim ortalamaları alınarak  $\eta_i$  oranları belirlenmiştir. Daha önce çizelge 3.1’de dağılımları verilmiş olan traktörlerin teknik özelliklerine göre  $P_i$  ve  $\eta_t$  oranları çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9 Traktörlerin teknik özelliklerine göre ortalama  $P_i$  ve  $\eta_t$  değerleri

Traktörün teknik	Ortalama $P_i$ değerleri	Ortalama $\eta_t$
------------------	--------------------------	-------------------

özelliği	(ml/kWh)	değerleri (%)
Bütün traktörlerin ortalaması	409.85	28.2
2WD	413.03	28.5
4WD	413.30	27.7
4WD, CR	392.19	30.2
4WD, CR, CVT	386.85	30.8

Enerji verimlilik sistemi oluşturulurken traktörün teknik özelliğine

bakarak çizelge 3.11’de verilen teknik özelliğin karşısında yer alan  $P_i$  değerleri kullanılmıştır. Çizelge 3.11 dışındaki, 4WD + CVT, 2WD + CVT, 2WD + CR VE 2WD + CR + CVT traktörler için  $P_i$  değerleri hesaplanırken bu çizelgedeki 4WD, CR ve CVT ortalamalarının farklarından hesaplamalar yapılmış ve CR ile CVT sistemlerinin  $\ddot{O}_i$ ’ye olan etkileri çizelge 3.12’de verilmiştir. Bu etkilerden faydalanarak enerji verimlilik sınıflandırmasında olası bütün teknik özelliklere ait  $P_i$  değerleri ml/kWh olarak hesaplanmış ve sonuçlar çizelge 3.13’de verilmiştir.

Çizelge 3.9’da verilmiş olan teknik özelliklere göre bütün traktörlerin ağırlıklı toplam verim ortalamaları ( $\eta_t$ )’ndan yararlanarak CR ve CVT özelliklerin toplam verime olan etkileri ondalık olarak hesaplanmış (Çizelge 3.10) ve bu değerler kullanılarak olası her teknik özellik için ayrı ayrı hesaplanan ağırlıklı toplam verim parametreleri ( $\eta_i$ ) çizelge 3.11’de verilmiştir. Çizelge 3.11’de yer alan 4WD ve 4WD + CVT traktörlerin  $\eta_t$  değerleri eksi (-) olarak çıkmasının nedeni 4WD traktörlere ait  $\eta_i$  değerlerinin ortalama verim değerlerinden düşük olmasıdır.

Çizelge 3.10 CR ve CVT sistemlerin  $\ddot{O}_i$  ve  $\eta_t$  değerlerine etkisi

Traktörün teknik özelliği	Teknik özelliğin $P_i$ ’ye etkisi (ondalık)	Teknik özelliğin $\eta_t$ ’ye etkisi (ondalık)
---------------------------	---	--

CR	0.05109	0.0927
CVT	0.01361	0.0180

Çizelge 3.11 Traktörlerin detaylı teknik özelliklerine göre  $P_i$  ve  $\eta_i$  değerleri

Traktörün teknik özelliği	$P_i$ değerleri (ml/kWh)	$\eta_i$ değerleri (ondalık)
2WD	413.03	0.009442
4WD	413.30	-0.019259
2WD + CR	391.92	0.102164
4WD + CR	392.19	0.073463
2WD + CVT	407.41	0.027403
4WD + CVT	407.68	-0.001298
2WD + CR + CVT	386.30	0.120125
4WD + CR + CVT	386.85	0.091424

#### 3.2.3.4 SCR egzoz emisyon sisteminin enerji verimlilik indeksine etkisinin belirlenmesi

SCR egzoz emisyon sistemine sahip olan traktörlerde diğer traktörlerdeki işletme giderlerine ‘Adblue’ veya ‘AUS32’ tüketimi nedeniyle ek maliyet ortaya çıkmaktadır. Bu reaktif madde % 32,5 oranında üre/su solüsyonu olup ticari olarak satılmaktadır. Traktör üzerinde farklı bir depoda muhafaza edilen ve ayrı bir enjektör tarafından püskürtülerek tüketilen reaktif madde ortalama olarak yakıt tüketiminin % 6’ sına karşılık gelmektedir (Muñoz-Garcia vd. 2012).

Bu ek maliyette enerji verimlilik sınıflandırma sisteminde yakıt tüketimi ve yakıt maliyetinin bileşiminden oluşan ortak bir parametre olarak ( $S_{cr}$ ) hesap edilmiştir.  $S_{cr}$  parametresi belirlenirken sadece enerji verimlilik sınıflandırma sisteminin temel verisi

olan tüketim miktarı değil, tüketim miktarıyla birlikte yakıt olarak kullanılan motorin maliyetiyle olan ilişkisi de değerlendirilmiştir. Çünkü SCR sisteminde yakıt değil maliyeti yakıttan daha ucuz olan reaktif madde tüketilmektedir. Yapılan araştırmada reaktif madde (AdBlue veya AUS32) 18 litre fiyatı 39 TL (2 TL/litre) ve motorin fiyatı 3.62 TL/litredir (Anonim 2015c). Literatürlerde SCR sisteminin reaktif madde tüketimi % 5-7 arasında bildirildiğinden (Muñoz-Garcia vd 2012) bu değer ortalama % 6 olarak kabul edilmiş ve SCR teknolojisine sahip traktörlere  $S_{cr}$  katsayısı  $0,06 \times (2 : 3.62) = 0.033$  (% 3.3) olarak ilave edilmiştir.

### 3.2.4 Enerji verimlilik indeksi formülü

Daha önce verilmiş bütün formüller bir araya getirilerek enerji verimlilik sınıflandırma sistemine ( $E_i$ ) ilişkin olarak şu formül geliştirilmiştir;

$$E_i = \frac{\ddot{O}_i}{P_i} \cdot 100 \cdot (1 - \eta_i) \cdot (1 + S_{cr})$$

Burada;

$E_i$ : Enerji verimlilik indeksi,

$\ddot{O}_i$ : Çeki ve kuyruk mili testlerine ilişkin ağırlıklı ortalama özgül yakıt tüketimi (ml/kWh),

$P_i$ : Teknik özelliklere göre hesaplanmış ağırlıklı ortalama özgül yakıt tüketimi değeri (ml/kWh),

$\eta_i$ : Traktör verimliliği (%),

$S_{cr}$ : SCR emisyon sistemi değerini (0.033) ifade etmektedir.

$E_i$  formülünden bulunan sonuçlar, küçük değerden büyük değere doğru A'dan G'ye kadar sınıflandırılmıştır. Burada  $E_i$  değerinin büyük çıkması traktörün düşük verimli olduğunu, küçük çıkması ise yüksek verimli olduğunu göstermektedir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalarda traktör teknik özellikleri dikkate alınmamış ve her bir traktör için

elde edilen enerji verimlilik değerleri istatistiksel olarak ortalama dağılımına göre sınıflara ayrılmıştır.

Bu çalışmada ev tipi buzdolabı gibi elektrikli araçların enerji verimliliğine göre sınıflandırmaya benzer şekilde (Anonim 2010), traktörlerin verimlilikte etkili olduğu belirlenmiş olan teknik özellikleri dikkate alınmıştır. CVT ve CR gibi sistemlere sahip traktörlerin satın alma maliyetleri yüksek olduğu için, bu traktörlerin aynı gücü daha az yakıt tketererek üretebilmesi yani daha verimli olması beklenmektedir. Satın alıcı aynı özelliğe sahip CR sistemli traktör için, CR sistemi olmayan traktöre için yaklaşık % 10-15 daha fazla para ödemek zorundadır (Anonim 2015d). Bu nedenle  $P_1$  paydada yer almıştır ve CVT ile CR sistemli traktörler için bu oranlar daha küçüktür.  $S_{CR}$  sisteminden kaynaklı reaktif madde tüketimi artı (+) değer olarak formüle yansıtılmıştır. Diğer yandan traktör verimi arttıkça  $E_i$  değeri azalmakta yani verimlilik değerini yükselmektedir.

Yöntem olarak geliştirilmiş olan  $E_i$  enerji verimlilik sınıflandırma indeksi ile traktöre ait olan OECD Kod 2 test raporundan alınmış 11adet test verisi ile OECD Kod 2 test raporundan belirlenmiş olan 4 adet teknik özelliğin oranı izelge 3.13'e bakılarak formülde yerine konulduğunda o traktörün  $E_i$  değeri elde edilebilmektedir.

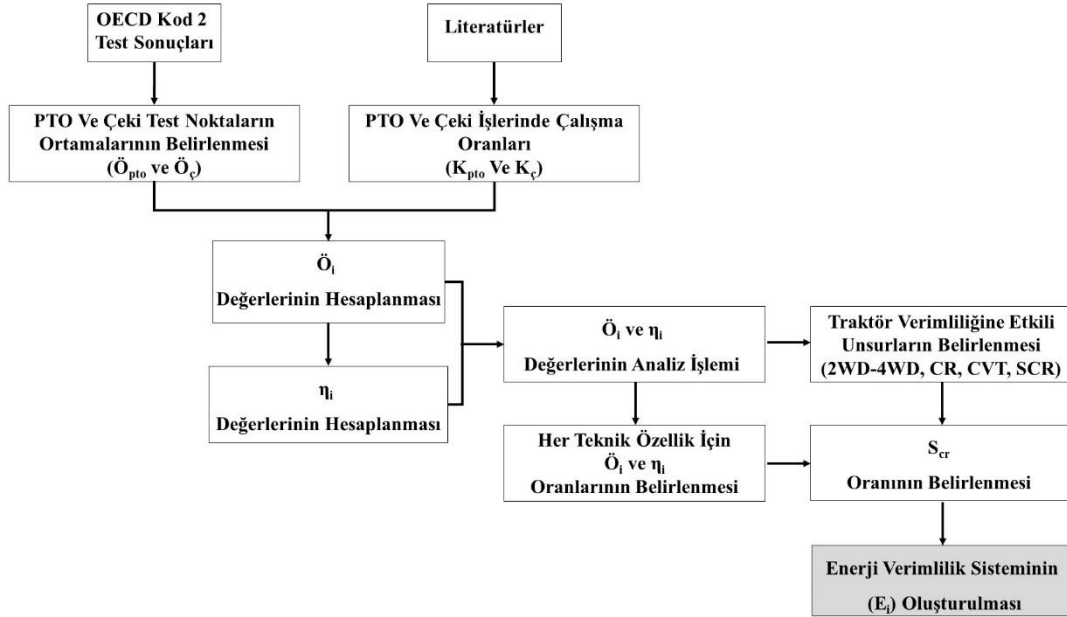
### **3.2.5 İstatistiksel analiz yöntemi**

İstatistiksel analizlerde JMP 5.0.1a versiyon program kullanılmıştır. Bu programda küme analizi (K Means Clustering) yapılarak 7 sınıf oluşturulmuştur. Her traktör için hesaplanmış olan  $E_i$  değerleri sonra istatistiksel analiz metoduyla belirlenmiş olan ve izelge 3.12'de verilen  $E_i$  değer aralıklarına bakarak traktörün enerji verimlilik sınıfı tespit edilmiştir.

Çizelge 3.12 Traktörlerin  $E_i$  değerlerine göre enerji verimlilik sınıf aralıkları

$E_i$	Enerji verimlilik sınıfı	Anlamı
$< 79.2$	A	Çok yüksek verimli
79.2 - 88.9	B	Yüksek verimli
89.0 - 96.5	C	Verimli
95.6 - 103.4	D	Orta düzeyde verimli
103.5 - 110.7	E	Orta düzeyin altında verimli
110.8- 121.7	F	Düşük verimli
121.8 <	G	Çok düşük verimli

Traktör enerji verimlilik sınıflandırma indeksi yönteminin nasıl oluşturulduğu şekil 3.8'deki akış diyagramında gösterilmiştir.

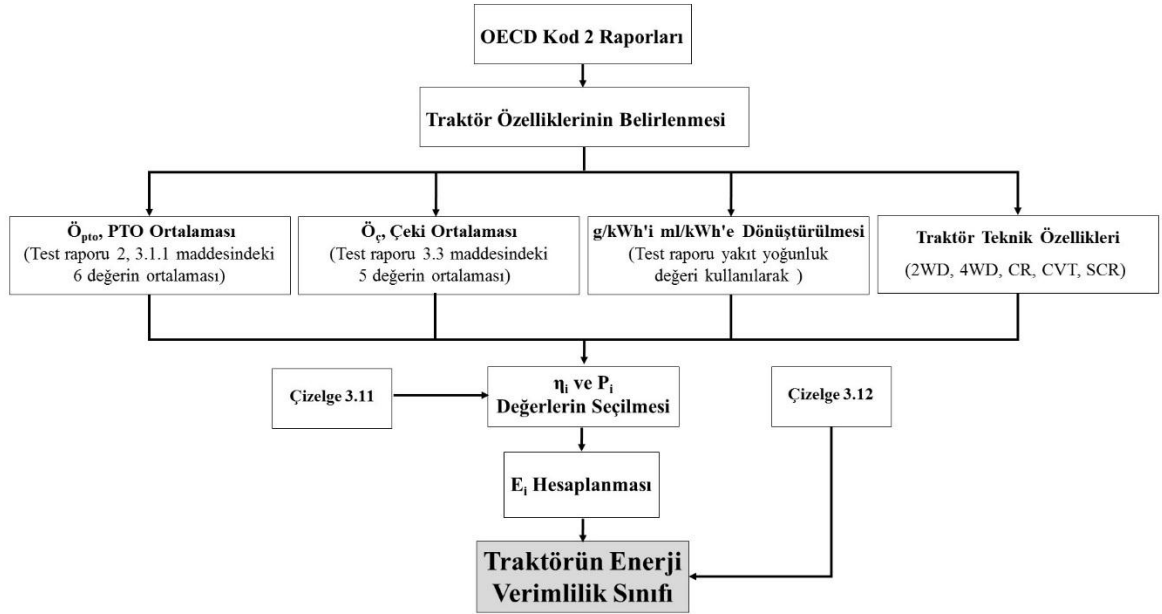


Şekil 3.8 Enerji verimlilik sınıflandırma indeksi ( $E_i$ ) yönteminin oluşturulması

Şekil 3.9'da ise bir traktörün oluşturulan enerji verimlilik sistemine göre sınıflandırmanın nasıl yapılacağı akış diyagramı olarak gösterilmiştir. Bir traktörün enerji verimlilik sınıflandırmasını yapmak için ilk önce OECD Kod 2 test raporu incelenmektedir. Bu raporun belirtilen özgül yakıt tüketim değerlerinin (toplam 11 değer) ortalamaları alınmakta, yoğunluk (hacim ağırlık) değeri kullanılarak ml/kWh olarak  $\bar{O}_i$  elde edilmektedir. Daha sonra yine OECD Kod 2 test raporu incelenerek



traktörün, 2WD, 4WD, CR, CVT ve SCR özelliklerinden hangilerinin mevcut olduğu bulunmakta, buna göre çizelge 3.11’de verilen  $\eta_i$  ile  $P_i$  değerleri seçilmekte ve elde edilen değerler enerji verimlilik sistemi formülünde yerine konularak  $E_i$  hesaplanmaktadır. Son olarak, elde edilen değerinin çizelge 3.12’de verilen aralıklardan hangisine girdiği kontrol edilerek traktörün A’dan G’ye hangi sınıfta yer aldığı tespit edilmektedir.



Şekil 3.9 Enerji verimlilik sınıflandırma sistemi kullanımına yönelik akış diyagramı

### 3.2.6 Bulguları değerlendirme yöntemi

Çalışmada traktörlerin sahip olduğu özelliklerden ve OECD Kod 2 test raporu sonuçlarından elde edilen enerji verimlilik sisteminden A’dan G’ye kadar olan enerji verimlilik sınıfları belirlenmiştir. Enerji verimlilik sınıflarının dağılımı, hangi sınıfa hangi özellikteki kaç adet traktörün düştüğü ayrıntılı olarak ele alınmıştır. Traktörün enerji verimliliğine etki eden tahrik sistemi, hareket iletim sistemi, enjeksiyon sisteminin enerji verimlilik sınıfına nasıl etki ettiği incelenmiştir. Ayrıca SCR sisteminin enerji verimlilik sınıfına katkısı dikkate alınıp formülde kullanılmıştır.

Traktörlerin kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketimleri, toplam verim değerleri ile enerji verimlilik sistemi bulguları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. 293 traktöre ait kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketim değerleri ile toplam verim değerlerinin traktör teknik özelliklerine göre gruplandırılması sonucunda ortaya çıkan farklar ile her bir teknik özelliğin yakıt tüketimi ile traktör toplam verimine olan etkileri incelenmiştir. Traktör teknik özelliklerinin etkileri öncelikle miktar ve yüzde olarak değerlendirilmiştir. Daha sonra bu sistemlerin etkileri, traktörün kabul edilen yıllık çalışma saati ile ekonomik ömürleri boyunca sağladıkları yakıt tasarruf miktarları hem litre olarak hem TL olarak hesaplanmış ve karşılaştırılmıştır.

Sümer vd. (2008) traktörler için literatürlerde (Dinçer 1976, Hunt 1983, Sabancı ve Özgüven 1988, Evcim 1990, ASAE 1995, FAO 1990) verilen ekonomik ömrün 10-12 yıl olduğunu bildirmişlerdir. Bu çalışmada yapılan hesaplamalarda bir traktörün yıllık ortalama çalışma süresi 1 000 h, toplam ekonomik ömrü ise 12 yıl (12 000 h) olarak kabul edilmiştir. Materyal olarak kullanılan 293 traktörün güç değeri 9.5 kW ile 168.6 kW arasında olup ortalama güç 51.8 kW'dır. Bu nedenle 50, 100 ve 150 kW'lik traktörün yakıt tasarruf değerleri esas kabul edilerek değerlendirmeler yapılmış ve bulgular tartışılmıştır. Bununla birlikte 40, 50, 60, 80, 100 ve 150 kW güçleri esas alınarak, traktör teknik özelliklerinin daha düşük yakıt tüketimi ve daha yüksek verimli olmasından kaynaklanan yakıt tasarruf miktarları litre ve TL olarak grafiklerle gösterilmiştir.

## 4 BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1 Traktör Kuyruk Mili ve Çeki Performansına İlişkin Özgül Yakıt Tüketim Değerleri

Çizelge 4.1’de 293 traktörün ağırlıklı kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{O}_i$ ) görülmektedir.

Çizelge 4.1 Traktörlerin özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{O}_i$ )

Traktör	$\bar{O}_i$	Traktör	$\bar{O}_i$	Traktör	$\bar{O}_i$	Traktör	$\bar{O}_i$	Traktör	$\bar{O}_i$	Traktör	$\bar{O}_i$	Traktör	$\bar{O}_i$
1	383.8	44	392.6	87	437.4	130	385.3	173	418.2	216	386.4	259	402.5
2	385.6	45	426.5	88	372.8	131	454.3	174	412.1	217	449.3	260	395.9
3	402.5	46	414.5	89	394.7	132	429.5	175	413.5	218	396.8	261	376.7
4	374.8	47	420.5	90	342.2	133	402.8	176	419.3	219	395.4	262	376.4
5	431.0	48	420.0	91	418.7	134	398.1	177	391.9	220	367.1	263	394.4
6	417.5	49	427.0	92	420.1	135	407.4	178	406.8	221	396.7	264	409.6
7	396.7	50	419.5	93	420.0	136	407.0	179	420.5	222	363.8	265	401.2
8	396.5	51	419.5	94	407.7	137	446.5	180	405.1	223	376.1	266	460.5
9	453.0	52	483.6	95	416.1	138	392.2	181	410.5	224	395.7	267	342.1
10	419.5	53	387.7	96	380.2	139	411.1	182	413.4	225	377.8	268	394.5
11	394.1	54	385.6	97	357.1	140	423.6	183	434.2	226	387.7	269	390.5
12	374.1	55	407.8	98	293.6	141	419.4	184	420.8	227	385.6	270	494.0
13	396.7	56	379.6	99	373.6	142	422.7	185	451.5	228	362.7	271	434.0
14	363.8	57	446.9	100	364.7	143	410.3	186	526.4	229	487.1	272	395.7
15	389.1	58	445.6	101	391.7	144	398.1	187	513.5	230	493.9	273	345.7
16	355.5	59	411.1	102	382.0	145	389.0	188	436.7	231	453.4	274	393.3
17	415.3	60	460.9	103	415.1	146	444.1	189	424.5	232	441.2	275	375.9
18	414.5	61	394.4	104	382.4	147	443.4	190	434.2	233	452.5	276	366.2
19	396.8	62	447.3	105	356.2	148	418.6	191	417.2	234	395.9	277	400.0
20	394.3	63	362.7	106	424.5	149	468.6	192	433.8	235	393.0	278	436.9
21	475.3	64	356.3	107	437.9	150	437.5	193	407.8	236	392.3	279	415.5
22	392.3	65	440.8	108	440.7	151	404.6	194	414.5	237	373.2	280	523.2
23	402.6	66	459.8	109	376.1	152	452.3	195	528.8	238	354.1	281	402.2
24	424.2	67	382.1	110	390.8	153	392.1	196	445.6	239	411.5	282	383.9
25	400.1	68	377.3	111	394.8	154	460.2	197	332.7	240	398.7	283	363.1
26	425.7	69	394.6	112	408.2	155	473.0	198	314.6	241	394.7	284	376.2
27	403.2	70	421.2	113	418.4	156	487.9	199	339.4	242	331.3	285	426.7
28	405.2	71	422.8	114	440.9	157	421.4	200	439.8	243	414.8	286	414.0
29	391.9	72	403.7	115	442.0	158	433.3	201	458.1	244	419.0	287	395.0
30	364.3	73	418.8	116	388.7	159	384.5	202	445.9	245	372.9	288	342.8
31	448.1	74	370.7	117	383.7	160	411.7	203	454.5	246	444.9	289	449.7
32	436.3	75	412.6	118	396.0	161	459.9	204	456.2	247	402.2	290	372.1
33	416.5	76	432.5	119	384.5	162	415.7	205	403.5	248	384.5	291	338.4
34	378.5	77	413.4	120	383.1	163	411.7	206	453.8	249	388.5	292	324.4
35	430.3	78	403.1	121	410.6	164	414.4	207	412.4	250	497.5	293	340.4
36	467.6	79	461.1	122	392.7	165	422.5	208	418.8	251	417.8		
37	457.5	80	433.8	123	464.1	166	353.8	209	400.1	252	401.6		
38	475.9	81	439.5	124	425.5	167	396.7	210	419.8	253	344.8		
39	466.8	82	480.1	125	412.5	168	363.8	211	447.4	254	353.3		
40	430.4	83	392.5	126	393.0	169	296.8	212	394.3	255	345.5		
41	427.3	84	400.0	127	403.2	170	417.2	213	423.2	256	481.0		
42	447.9	85	411.8	128	417.6	171	434.2	214	389.8	257	400.8		
43	414.6	86	392.3	129	402.8	172	424.5	215	416.3	258	417.3		

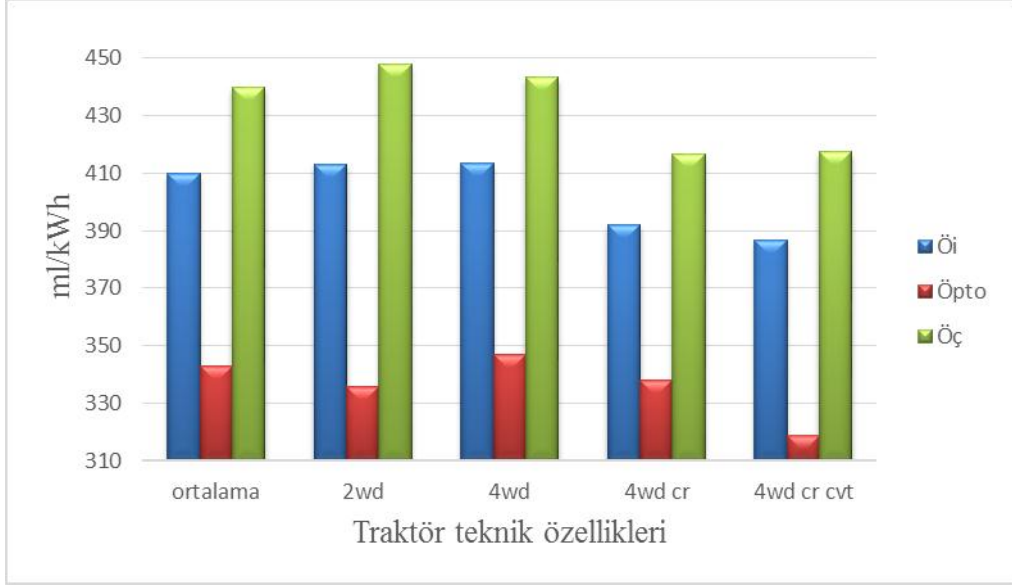
Çizelge 4.2’de ise 293 adet traktörün ağırlıklı ortalama kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketim değerlerinin, traktörlerin teknik özelliklerine göre dağılımları verilmiştir. 293 traktörün ağırlıklı ortalama özgül yakıt tüketim değeri  $\bar{O}_i$ , 409.85 ml/kWh olup, bu ortalama değer kuyruk mili testi özgül yakıt tüketim değeri  $\bar{O}_{pto}$  için 343.04 ve çeki testi özgül yakıt tüketim değeri  $\bar{O}_c$  için 439.86 ml/kWh’tir. Bu değerler şekil 4.1’de grafik olarak verilmiştir.

Çizelge 4.2 Ağırlıklı ortalama, kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketim değerinin ( $\bar{O}_i$ ) traktörlerin teknik özelliklerine göre ortalama değerleri

<b>Traktörün teknik özelliği</b>	<b>Ağırlıklı Ortalama <math>\bar{O}_i</math> (ml/kWh)</b>	<b>Ortalama <math>\bar{O}_{pto}</math> (ml/kWh)</b>	<b>Ortalama <math>\bar{O}_c</math> (ml/kWh)</b>
Bütün traktörler	409.85	343.04	439.86
2WD	413.03	335.65	447.79
4WD	413.30	346.78	443.19
4WD, CR	392.19	338.17	416.44
4WD, CR, CVT	386.85	319.00	417.33

Genel olarak çeki testlerindeki özgül yakıt tüketimi, kuyruk mili testlerindeki özgül yakıt tüketimine oranla bütün traktörlerin ortalama değerleri dikkate alındığında % 28 daha yüksek olmuştur. Bu fazla yakıt tüketimi; traktörün hareket iletim sisteminde oluşan güç kayıpları ve traktör tekerleklerinde test sırasında oluşan patinaj için harcanan faydasız güç için tüketilen yakıt olarak açıklanabilir.

Traktörlerin tarımsal faaliyetleri yerine getirirken Türkiye için çeki işlerinde % 69, PTO işlerinde ise % 31 oranında çalıştığı ve her traktörü temsil edecek ağırlıklı özgül yakıt tüketim değerinin PTO ve çeki test verilerinin bu oranlarla çarpılmasıyla elde edildiği metot kısmında daha önce belirtilmişti.

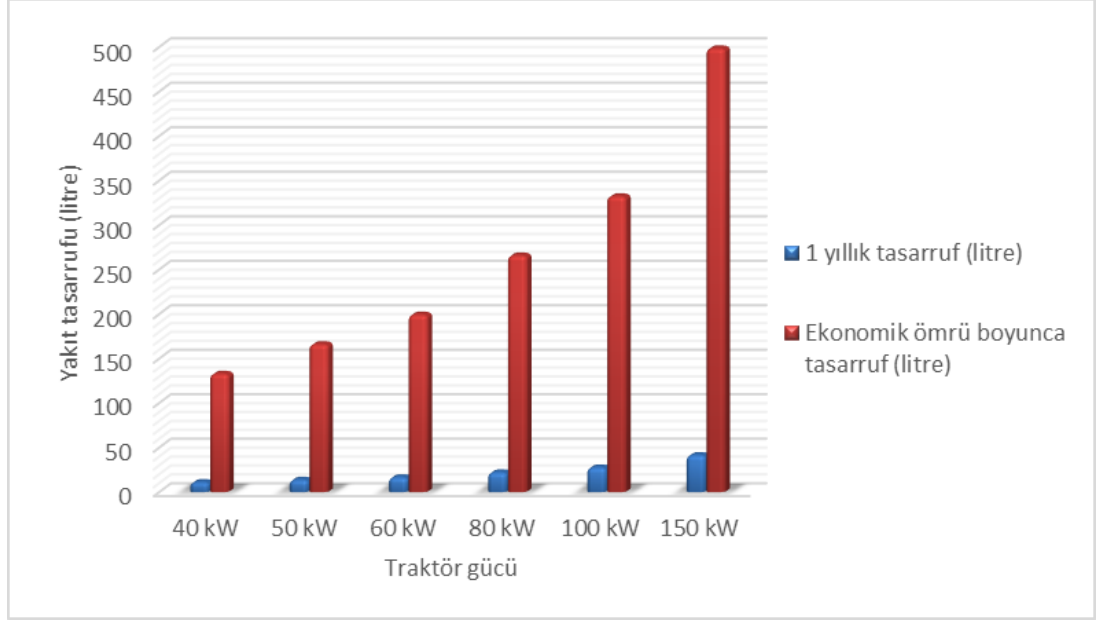


Şekil 4.1 Özgül yakıt tüketim değerleri

#### 4.1.1 Özgül yakıt tüketimine tahrik şeklinin etkisi

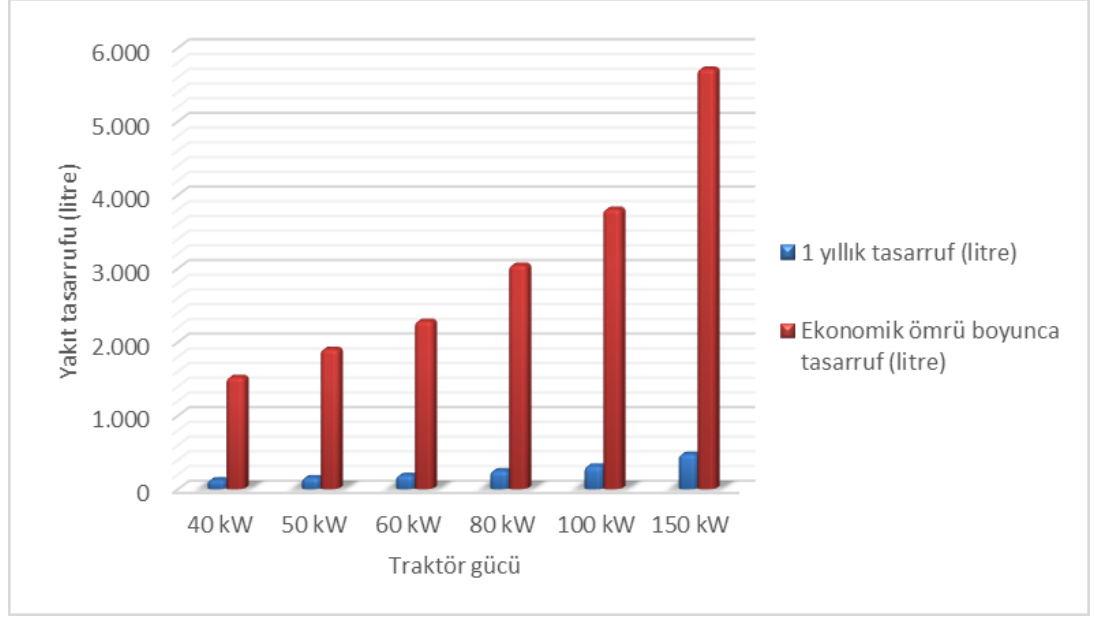
Çizelge 4.2’de verilen ağırlıklı ortalama kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketim değerinin, traktörlerin teknik özelliklerine göre ortalama değerleri incelendiğinde CR enjeksiyon sistemi olmayan, kademeli hareket aktarma sistemine sahip 2WD traktör, CR enjeksiyon sistemi olmayan, kademeli hareket aktarma sistemine sahip 4WD traktöre göre 1kW güç için her saatte 0.277 ml daha az yakıt tüketmektedir.

Başka bir deyişle aynı teknik özellikteki 2WD bir traktör 4WD traktöre oranla % 0.067 daha az özgül yakıt tüketimine sahiptir. Bu durumda 100 kW güce sahip 2WD bir traktör, 4WD bir traktöre oranla her saat 27.7 ml daha az yakıt tüketmektedir. Bir traktörün yıllık olarak 1 000 saat çalıştığı kabul edilirse yakıt tasarrufu yıllık olarak 27.7 litredir. Yine bir traktörün ekonomik ömrü 12 000 saat kabul edilirse yakıt tasarrufu 332.4 litre olabilmektedir. Bu yakıt tasarrufu 50 kW güce sahip bir traktör için yıllık 13.85 litre, traktör ömrü boyunca ise 166.2 litre olmaktadır. Yakıt tasarrufunun mali değeri ise bir traktörün ekonomik ömrü boyunca 50 kW için 648 TL, 100 kW için 1296 TL, 150 kW için 1 944 TL’dir (Şekil 4.2). Görüldüğü gibi 2WD-4WD traktörler için bütün tarımsal faaliyetler için ağırlıklı ortalama özgül yakıt tüketimi değerlerinde fark oldukça düşüktür.



Şekil 4.2 2WD traktörlerin yakıt tasarruf miktarları

Şekil 4.3'te verilen ve sadece çeki testlerindeki özgül yakıt tüketimine 2WD-4WD traktörlerin etkisi incelendiğinde çeki işinde 4WD traktörlerin özgül yakıt tüketimi 2WD traktörlere oranla % 1.02 yaklaşık 4.6 ml daha az olmaktadır. Traktörler çeki işinde % 69 oranında çalıştığına göre çeki çalışmalarındaki bu tasarruf oranı kWh için 3.17 ml, 50 kW gücündeki bir traktör için ise 0.23 litreye karşılık gelmektedir. 50 ile 100 kW gücünde traktörler için sırasıyla yıllık 158.7 ve 317.4 litre, traktör ömründe ise 1 904 litre ve 3 808 litre olmaktadır. Yakıt tasarrufunun mali değeri ise bir traktörün ekonomik ömrü boyunca 50 kW için yaklaşık 7 426 TL, 100 kW için 14 853 TL, 150 kW için 22 280 TL'dir.

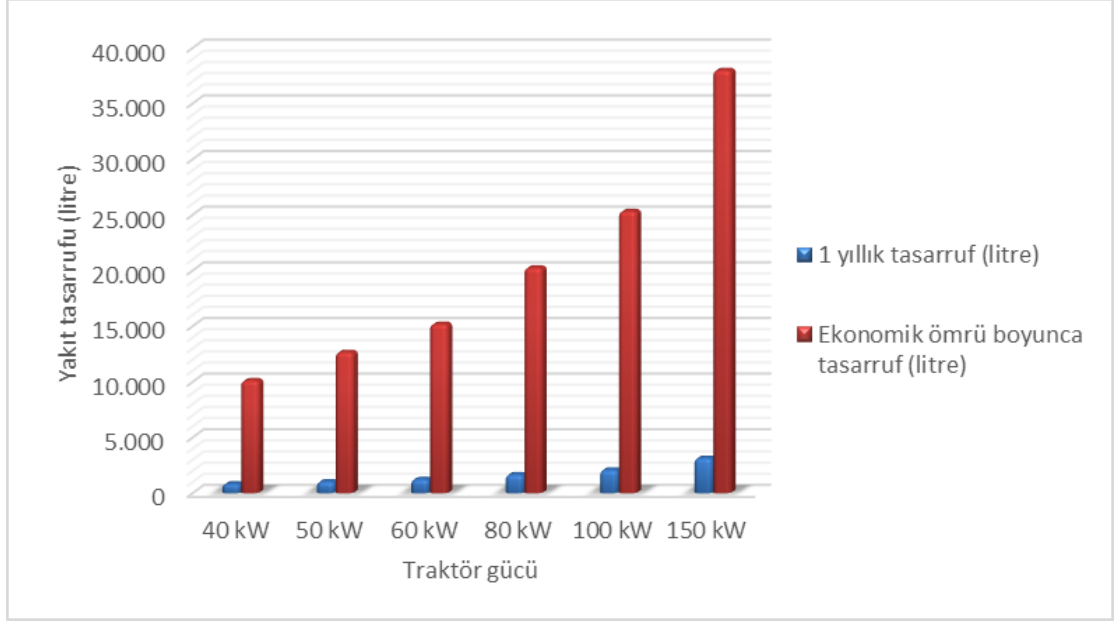


Şekil 4.3 Çeki işlerinde 4WD traktörlerin 2WD'ye kıyasla hesaplanan yakıt tasarruf miktarları

#### 4.1.2 Özgül yakıt tüketimine traktör enjeksiyon sisteminin etkisi

Ağırlıklı ortalama, kuyruk mili ve çeki testi özgül yakıt tüketim değerinin enjeksiyon sistemine göre ortalama değerleri şekil 4.4'de verilmiştir. Buna göre 4WD konvansiyonel enjeksiyon sistemli traktörler ile 4WD CR enjeksiyon sistemli traktörler karşılaştırıldığında CR enjeksiyon sistemine sahip traktörler % 5.1 daha az özgül yakıt tüketimine sahiptir.

CR enjeksiyon sistemine sahip traktörler yaklaşık olarak her kWh için 21.11 ml daha az yakıt tüketmektedir. 100 kw güce sahip CR enjeksiyon sistemli bir traktör bu sisteme sahip olmayan aynı güçteki traktöre oranla her saat 2.11 litre daha az yakıt tüketmektedir. Şekil 4.4 incelenirse 100 kW'lık bir traktörün yıllık olarak 1 000 saat çalıştığı kabul edilirse yakıt tasarrufu yıllık olarak 2 111 litredir. Yine 100 kW'lık bir traktörün ekonomik ömrü 12 000 saat kabul edilirse yakıt tasarrufu 25 339 litre olabilmektedir. 50 kW gücündeki bir traktör için bu tasarruf değerleri yıllık 1 055 litre, ekonomik ömrü boyunca ise 12 670 litre olarak hesap edilmiştir. Bu miktar 150 kW gücündeki bir traktörde 38 010 litre olabilmektedir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4 4WD CR enjeksiyon sisteminin, aynı donanımın bulunmadığı 4WD traktörlere kıyasla yakıt tasarruf miktarları

Yakıt tasarrufunun mali değeri ise bir traktörün ekonomik ömrü boyunca 50 kW için yaklaşık 49 412 TL, 100 kW için 98 825, 150 kW için 148 238 TL'dir. 100 kW güç ve CR sisteme sahip bir traktörün satın alma bedeli, traktör modeli özelliklerine göre değişmek üzere yaklaşık 260 000 TL olduğu kabul edildiğinde (Anonim 2015g), traktörün CR sistemli olmasından dolayı olan tasarruf miktarı satın alma bedelinin yaklaşık % 38'ine karşılık gelmektedir.

Yüksek basınçlı CR enjeksiyon sistemli traktörler, normal basınçlı enjeksiyon sistemli traktörlere oranla yaklaşık olarak çeki çalışmalarında % 6, kuyruk mili çalışmalarında ise % 2.5 daha az yakıt tüketmektedir.

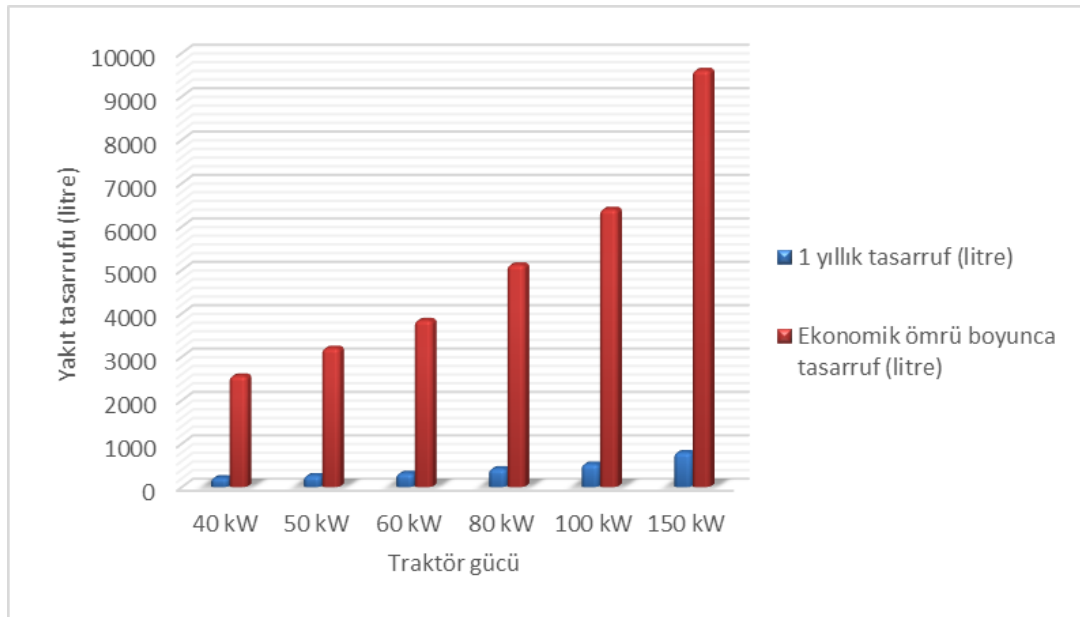
#### 4.1.3 Özgül yakıt tüketimine traktör hareket iletim sisteminin etkisi

Traktör hareket iletim sistemi olarak standart olan kademeli hareket iletim sistemi ile kademesiz CVT hareket sisteminin özgül yakıt tüketimine olan etkisi değerlendirilmiştir. 2WD traktörlerin hiçbirisinde kademesiz CVT hareket iletim sistemi olmadığı için, 4WD traktörlerinde CVT kademesiz hareket iletimine sahip bütün



traktörler aynı zamanda yüksek basınçlı CR hareket iletim sistemine sahip olduğu için, CVT hareket iletim sisteminin etkisi değerlendirilirken, 4WD CR enjeksiyonlu ve kademeli hareket iletim sistemli traktörler ile 4WD CR enjeksiyonlu ve kademesiz CVT hareket iletimine sahip traktörler karşılaştırılmıştır.

Kademesiz CVT hareket iletim sistemine sahip traktörler, aynı özellikteki kademeli hareket iletim sistemli traktörlere göre % 1.36 daha az özgül yakıt tüketimine sahiptir. Kademesiz CVT hareket iletim sistemine sahip traktörler yaklaşık olarak her kWh için 5.34 ml daha az yakıt tüketmekte olup bu tasarruf miktarları şekil 4.5’de verilmiştir. Buna göre 50 kW, 100 ve 150 kW güçteki traktörlerde sırasıyla yıllık 266.8 litre, 533.7 litre ve 800 litre, traktörün ömrü boyunca ise sırasıyla 3 202 litre, 6 404 litre ve 9 606 litre olarak hesap edilmiştir. Yakıt tasarrufunun mali değeri ise bir traktörün ekonomik ömrü boyunca 50 kW için yaklaşık 12 488 TL, 100 kW için 24 976 TL, 150 kW için 37 465 TL’dir.



Şekil 4.5 CVT hareket iletim sisteminin yakıt tasarruf miktarları

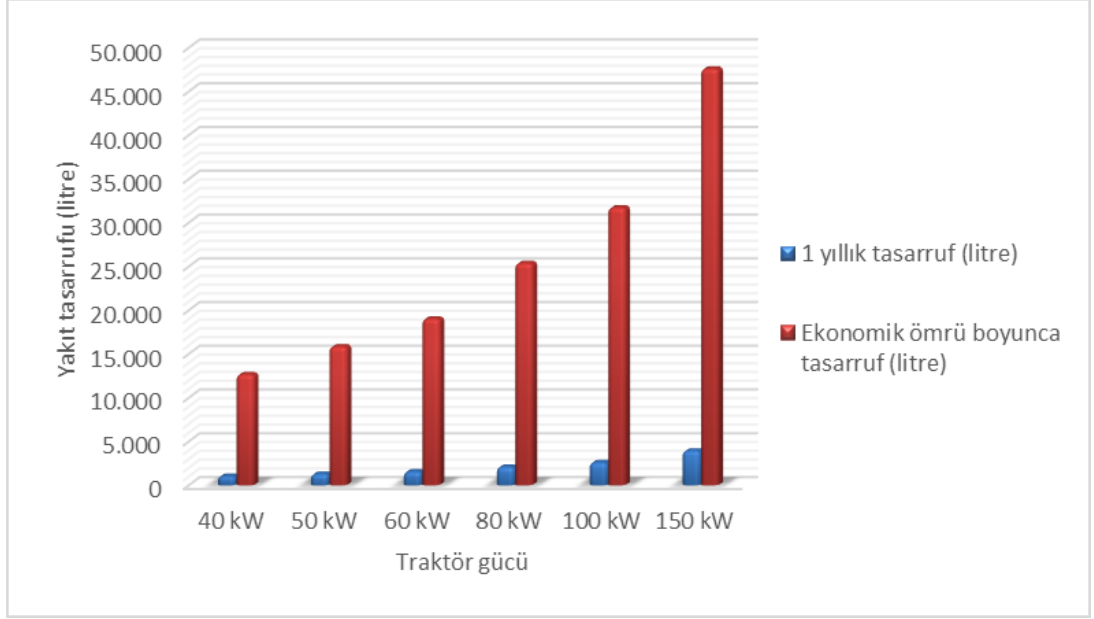
Çeki testine ait özgül yakıt tüketim değerleri incelenirse, CVT hareket iletim sisteminin özgül yakıt tüketimini azaltmadığı aksine % 0.21 oranında arttırdığı görülmüştür. Tez konusu enerji verimliliği olduğu için değerlendirmeler özgül yakıt tüketimi esas olarak yapılmıştır. Çeki performansının önemli diğer parametresi olan çeki kuvveti bu

çalışmada değerlendirilmediğinden CVT hareket iletim sistemin traktör çeki kuvvetine olan etkisi başka bir çalışmada incelenebilir.

#### **4.1.4 Özgül yakıt tüketimine traktör hareket iletim ve enjeksiyon sistemlerinin birlikte etkisi**

Traktör hareket iletim sistemi olarak standart olan kademeli hareket iletim sistemi ve CR enjeksiyon sistemi olmayan traktörler ile bu sistemlere sahip traktörlerin yakıt tüketimlerine olan etkileri değerlendirilerek şekil 4.6'da verilmiştir. Buna göre CR ve CVT kademesiz hareket iletimine sahip traktörlerin bu sistemler olmayan traktörlere göre % 6.4 daha az özgül yakıt tüketimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu durumda kademesiz CVT hareket iletim ve CR enjeksiyon sistemine sahip traktörler yaklaşık olarak her kWh için 26.45 ml daha az yakıt tüketmekte olup bu tasarruf 50 kW ve 100 kW güçteki traktörlerde sırasıyla yıllık 1 323 litre ve 2 646 litre, traktörün ömrü boyunca ise 15 872 litre ve 31 744 litre olarak hesap edilmiştir. Motorinin litre fiyatı 3.90 TL kabul edilirse tasarruf miktarı 50 kW ve 100 kW güçteki traktörlerde sırasıyla yıllık 5 158 ve 10 316 TL, ömrü boyunca ise 61 901 ve 123 802 TL gibi önemli bir miktar olmaktadır. 150 kW'lik traktör için tasarruf miktarı 47 616 litre ve 185 703 TL'dir.

150 kW güçte CR ve CVT sisteme birlikte sahip olan bir traktörün satın alma bedeli, traktör modeli özelliklerine göre değişmek üzere yaklaşık 380 000 TL olduğu kabul edildiğinde (Anonim 2015g), CR ve CVT sistemlerden dolayı olan yakıttan tasarruf miktarı satın alma bedelinin yaklaşık % 49'una karşılık gelmektedir.



Şekil 4.6 CVT ve CR enjeksiyon sistemlerinin bulunup bulunmamasının 4WD traktörlerde yakıt tüketimine etkisi

#### 4.1.5 Traktör koruyucu yapısı ve yerli/ithal durumuna göre özgül yakıt tüketimi değerlerinin incelenmesi

Traktörlerin koruyucu yapıları ve traktörün yerli/ithal olma durumlarına göre ortalama güç ve ağırlıklı özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{Ö}_i$ ) sırasıyla çizelge 4.3 ve 4.4’de verilmiştir. Kabinli traktörlerin ağırlıklı özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{Ö}_i$ ) 409.19, kabinli olmayan iki direkli traktörlerin ağırlıklı özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{Ö}_i$ ) 410.81 olarak hesaplanmış olup aralarında çok az fark vardır ( % 0.4).

Çizelge 4.3 Traktörlerin koruyucu yapılarına göre ortalama güç ve  $\bar{Ö}_i$  değerleri

Traktörün koruyucu yapısı	Traktör adedi	Ortalama güç değerleri (kW)	Ortalama $\bar{Ö}_i$ değerleri (ml/kWh)
Kabinli	146	62.6	409.2
İki direkli koruyucu yapılı	146	41.2	410.8
Yok	1	12.4	367.1

Kabinli traktörlerin ortalama nominal motor gücü değerleri 62.6 kW iken bu değer 2 veya 4 direkli, iki direkli koruyucu yapıları traktörlerde 41.2 kW olarak hesaplanmıştır. Buna göre kabinli traktörlerin güç ortalaması kabinli olmayan traktörlere oranla % 52 daha yüksektir.

Yerli üretim traktörlerin 58 tanesi kabinli, 59 tanesi iki direkli koruyucu yapıları, ithal traktörlerin ise 88 tanesi kabinli, 77 tanesi iki direkli koruyucu yapıları olup, 1 tanesinde ise koruyucu yapı yoktur. Yerli traktörlerin % 50'si, ithal traktörlerin % 53'ü kabinlidir.

Çizelge 4.4 incelendiğinde yerli üretim traktörlerin ortalama ağırlıklı özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{O}_i$ ) 407.94, ithal traktörlerin ortalama ağırlıklı özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{O}_i$ ) 411.31 olarak hesaplanmıştır. Yerli traktörlerin ortalama ağırlıklı özgül yakıt tüketim değerleri, ithal traktörlere oranla % 0.8 daha düşük olmuştur.

Çizelge 4.4 Traktörlerin yerli veya ithal olma durumuna göre ortalama güç ve  $\bar{O}_i$  değerleri

Traktörün yerli veya ithal olma durumu	Traktör adedi	Ortalama güç değerleri (kW)	Ortalama $\bar{O}_i$ değerleri (ml/kWh)
Yerli	127	43.2	407.94
İthal	166	58.2	411.31

Yerli üretim traktörlerde ise ortalama nominal motor gücü değerleri 43.3 kW iken bu değer ithal traktörlerde 58.2 kW olarak hesaplanmıştır. Buna göre ithal traktörlerin güç ortalaması yerli traktörlere göre % 34 daha yüksektir.

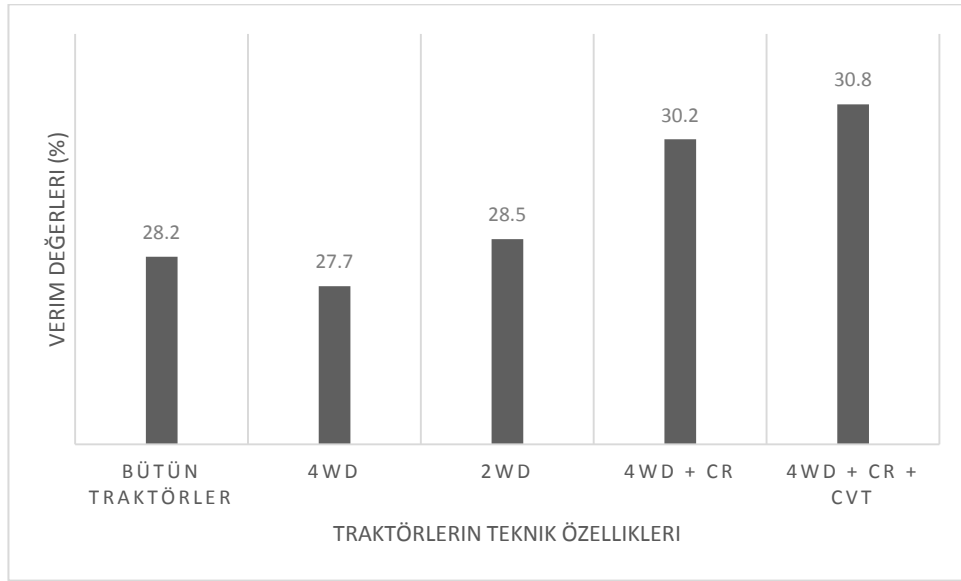
#### 4.2 Toplam Verim Değerleri

293 traktörün ortalama verim değerleri ( $\eta_i$ ) 2WD, 4WD, CR ile CR+ CVT gruplarına göre çizelge 4.5 ve şekil 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.5 Traktörlerin teknik özelliklerine göre toplam verim değerleri ( $\eta_t$ )

Traktörün teknik özelliği	Ortalama toplam verim( $\eta_t$ ) değerleri (%)
Bütün traktörler ortalaması	28.2
2WD	28.5
4WD	27.7
4WD, CR	30.2
4WD, CR, CVT	30.8

Çizelge 4.5 ve şekil 4.7’de görüldüğü gibi, materyal olarak kullanılan 293 traktörün ortalama toplam verimi % 28.2’dir. Toplam verimlilik açısından en düşük verim % 27.7 ile 4WD traktörler olurken, en yüksek verim ise % 30.8 ile 4WD, CR ve CVT sistemin hepsine birlikte sahip traktörler olmuştur.



Şekil 4.7 Traktörlerin teknik özelliklerine göre toplam verim değerleri ( $\eta_t$ )

Çizelge 4.5’den 2WD traktörlerin, 4WD traktörlere oranla % 2.9 daha verimli olduğu görülmektedir. CR enjeksiyon sistemin, traktör toplam verimine etkisi % 9.3 olurken, sadece CVT hareket iletim sistemin traktör toplam verimine etkisi % 1.8 olmuştur. CR ve CVT sistemin toplam verime birlikte olan etkisi ise % 11.2 olmuştur.

Traktör teknik özelliklerinin ağırlıklı ortalama özgül yakıt tüketimi ile ortalama toplam verime olan etkileri çizelge 4.6’da verilmiştir. Çizelge 4.6’dan görüldüğü üzere, verim ile özgül yakıt tüketim değerleri açısından en iyi değerler 4WD CR ve CVT sistemli traktörlerde (4WD, CR, CVT) görülmektedir. CR ve CVT sistemler, traktörün daha az yakıtla daha fazla güç üretmesini dolayısıyla traktörün daha verimli olmasını sağlamaktadır. Hiçbir ilave donanım olmayan, sadece 4WD olan traktörler ise en az verimli olan ve en çok yakıt tüketen traktör sınıfı olmuştur.

Çizelge 4.6 Traktörlerin teknik özelliklerine göre özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{O}_i$ )

<b>Traktörün teknik özelliği</b>	<b>Ortalama <math>\bar{O}_i</math> (ml/kWh)</b>
Bütün traktörler ortalaması	409.85
2WD	413.03
4WD	413.30
4WD, CR	392.17
4WD, CR, CVT	386.85

#### **4.2.1 Traktör koruyucu yapısı ve yerli/ithal olma durumuna göre toplam verim değerleri**

Traktörlerin koruyucu yapılarına göre ortalama toplam verim değerleri incelendiğinde (Çizelge 4.7), kabinli traktörlerin ağırlıklı toplam verim değerleri ( $\eta_t$ ) % 28.6 iken kabinli olmayan iki direkli koruyucu yapıli traktörlerin toplam verim değerleri ( $\eta_t$ ) değerleri % 27.9 olarak hesaplanmış olup aralarında % 2.5 fark vardır. Yerli üretim traktörlerde ise ortalama nominal motor gücü değerleri 43.3 kW iken bu değer ithal traktörlerde 58.2 kW olarak hesaplanmıştır. Buna göre ithal traktörlerin güç ortalaması yerli traktörlere göre % 34 daha yüksektir.

Çizelge 4.7 Traktörlerin koruyucu yapılarına göre ortalama toplam verim değerleri ( $\eta_t$ )

Traktörün koruyucu yapısı	Traktör adedi	Ortalama toplam verim değerleri, $\eta_t$ , (%)
Kabinli	146	28.6
İki direkli koruyucu yapılı	146	27.9
Yok	1	20.5

Çizelge 4.8’de Traktörlerin yerli veya ithal olma durumuna göre toplam verim değerleri ( $\eta_t$ ) verilmiştir.

Çizelge 4.8 Traktörlerin yerli veya ithal olma durumuna göre toplam verim değerleri ( $\eta_t$ )

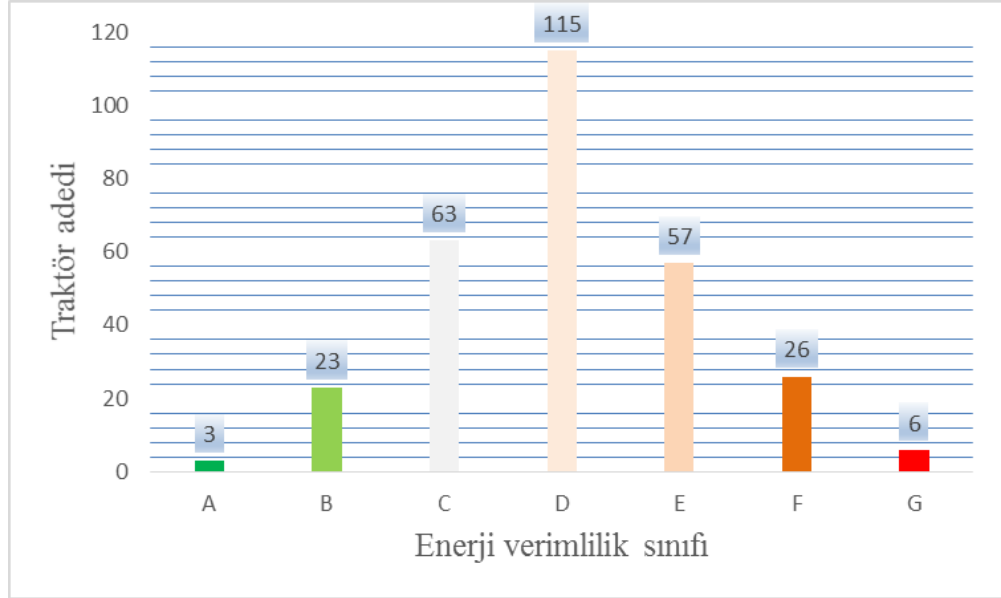
Traktörün yerli veya ithal olma durumu	Traktör adedi	Ortalama toplam verim değerleri, $\eta_t$ , (%)
Yerli	127	28.2
İthal	166	28.3

### 4.3 Enerji Verimlilik İndeksi Değerleri

293 traktörün OECD Kod 2 test raporu verilerinden elde edilen verilerin enerji verimlilik sınıflandırma sistemi formülünde yerine konmasıyla elde edilen bütün sonuçlar değerlendirilmiş ve traktörlerin teknik özellikleriyle birlikte Ek 1’de verilmiştir.

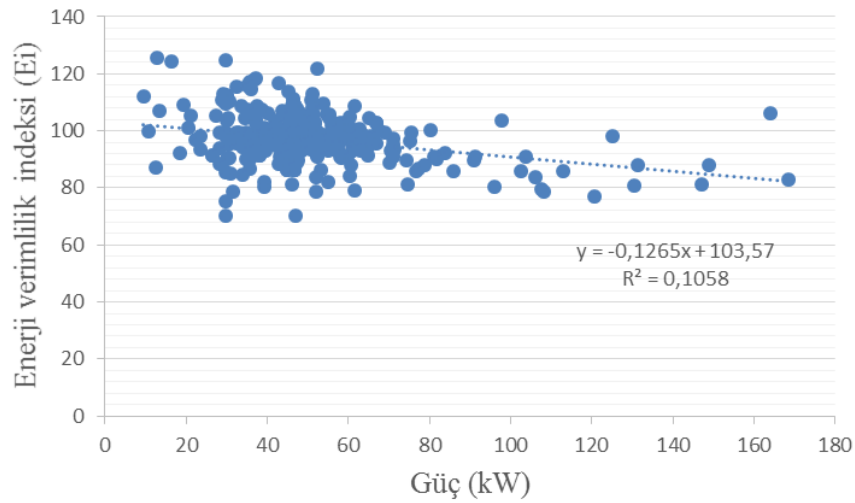
293 adet traktörün, enerji verimlilik sınıflandırma sistemi formülünde yerine konmasıyla elde edilen bütün değerler istatistiksel olarak analiz edilerek A’dan G’ye kadar yedi sınıfa ayrılmış, sonuçlar şekil ve çizelgeler halinde verilmiştir (Şekil 4.8, Çizelge 4.9-4.12).

Materyal olarak ele alınan bütün traktörlerin enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı şekil 4.8’de verilmiştir. % 80.2 ile traktörlerin büyük çoğunluğu orta sınıflar olan C, D ve E sınıflarında yer almıştır. En yüksek verimli ve çok düşük verimli olan A ve G sınıflarında ise çok az sayıda traktörün yer aldığı görülmektedir.



Şekil 4.8 Traktörlerin enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı

293 adet traktörün güçlerine göre enerji verimlilik indeksi ( $E_i$ ) değerleri şekil 4.9’da verilmiştir.



Şekil 4.9 Traktörlerin nominal güç ve enerji verimlilik indeksi ( $E_i$ ) değerleri



Çizelgelerde traktörün numarası, gücü (kW), traktörün tahrik sistemi (2WD veya 4WD), hareket iletim sistemi (CVT’li veya değil), yakıt enjeksiyon sistemi (CR veya değil), özgül yakıt tüketimi ( $\dot{O}_i$ ), üretim (yerli veya ithal), verim (%), indeks ile enerji verimlilik sınıfı (EVS, A’dan G’ye kadar) bilgilerine yer verilmiştir.

Çizelge 4.9’da traktörlerin enerji verimlilik sınıfına göre dağılımı verilmiştir. Çizelge 4.6’den görüleceği gibi en verimli ve verimsiz olan A sınıfında 3, G sınıfında ise 6 traktör yer almıştır. Traktörlerin % 39.2’si D sınıfında yer alırken bunu % 21.5 ile C ve %19.5 ile E sınıfı izlemiştir. B sınıfında traktörlerin % 7.8’i yer almıştır.

Çizelge 4.9 Traktörlerin enerji verimlilik sınıfına göre dağılımı

<b>E<sub>i</sub> değeri</b>	<b>Enerji verimlilik sınıfı</b>	<b>Traktör (%)</b>
<b>&lt;79.2</b>	A	1.0
<b>79.2 - 88.9</b>	B	7.8
<b>89.0 - 96.5</b>	C	21.5
<b>95.6 - 103.4</b>	D	39.2
<b>103.5 - 110.7</b>	E	19.5
<b>110.8- 121.7</b>	F	8.9
<b>121.8 &lt;</b>	G	2.0
<b>TOPLAM</b>	<b>7</b>	<b>100</b>

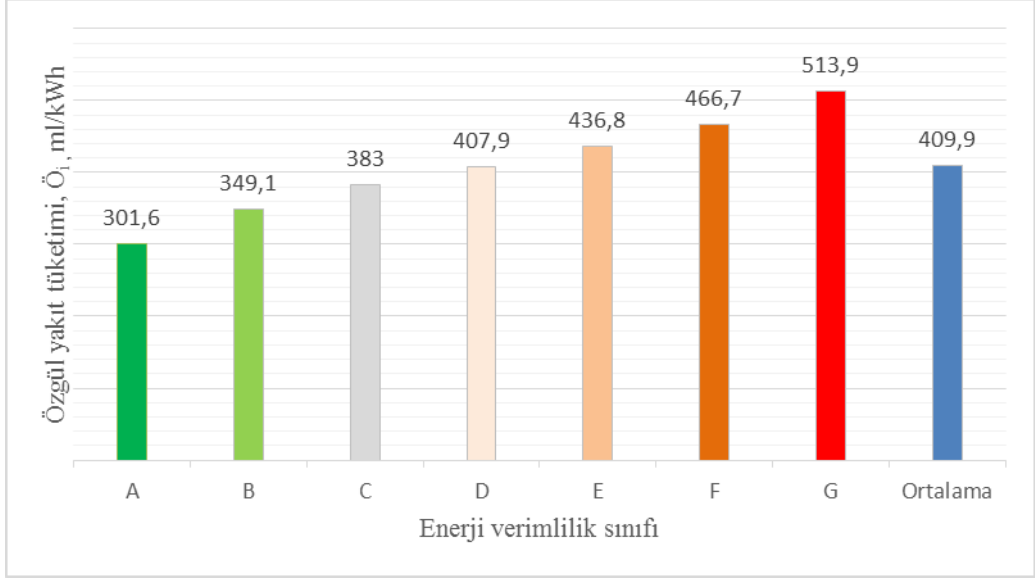
Çizelge 4.10’da verilen ortalama güç, özgül yakıt tüketimi, verim ve indeks değerleri karşılaştırıldığında, traktörlerin verimliliği ve özgül yakıt tüketimleri arttıkça daha verimli olan enerji verimlilik sınıflarında yer aldıkları görülmektedir. Diğer bir ifadeyle daha yüksek verimli ve daha az yakıt sarfiyatı olan traktörler, enerji verimlilik sınıflandırılmasında A, B ve C sınıflarına girmektedir. Traktörlerin  $\dot{O}_i$  ve  $\eta_i$  değerlerinin, çizelge 4.6’da görülen  $\dot{O}_i$  değerinin, ortalama değer olan 409.9 ml/kWh’den daha düşük,  $\eta_i$  değerinin ise, ortalama değer olan ve % 27.4’ten büyük değerler olması durumunda verimsiz olan E, F ve G sınıflarına girmediği görülmektedir. Bu durumda bir traktörün çok daha verimli olan enerji verimlilik sınıflarında yer alabilmesi için  $\dot{O}_i$  değerinin olabildiğince düşük,  $\eta_i$  değerinin ise olabildiğince büyük değer olması gerekmektedir.

Çizelge 4.10 Enerji verimlilik sınıfına göre traktörlerin ortalama güç, özgül yakıt tüketimi, verimlilik ve indeksi değerleri

<b>Enerji verimlilik Sınıfı (EVS)</b>	<b>Traktör sayısı</b>	<b>Ortalama Güç (kW)</b>	<b>Ortalama <math>\ddot{O}_i</math> (ml/kWh)</b>	<b>Ortalama <math>\eta_i</math> . verim (%)</b>	<b>Ortalama <math>E_i</math></b>
<b>A</b>	3	35.5	301.6	29.2	73.0
<b>B</b>	23	77.8	349.1	30.8	84.6
<b>C</b>	63	54.1	383.0	29.7	92.9
<b>D</b>	115	50.2	407.9	28.3	99.9
<b>E</b>	57	50.7	436.8	27.1	106.9
<b>F</b>	26	38.8	466.7	25.7	114.5
<b>G</b>	6	30.7	513.9	22.5	126.7
<b>Ortalama</b>		<b>51.8</b>	<b>409.9</b>	<b>28.2</b>	<b>100.1</b>

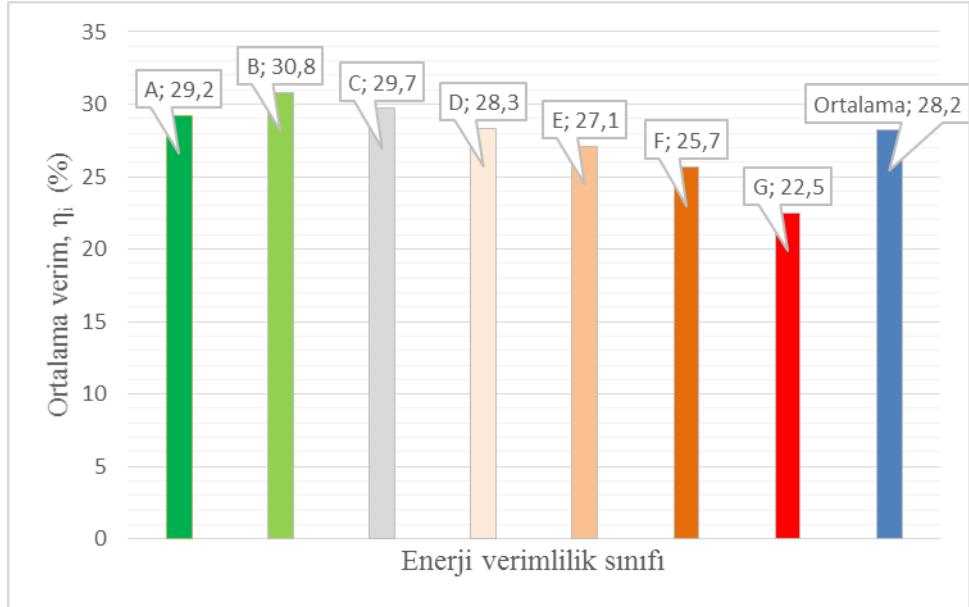
Çizelge 4.10 incelendiğinde daha verimsiz olan E, F ve G sınıflardaki traktörlerin güç ortalamasının sırasıyla 50.7, 38.8 ve 30.7 kW olduğu, verimli olan A ve B sınıflarında ise bu ortalamanın sırasıyla 35.5 ve 77.8 kW olduğu görülmektedir. B sınıfı, en güçlü traktörlerin yer aldığı ve en büyük güç ortalamasına sahip enerji verimlilik sınıfı olmuştur. G sınıfı ise en küçük güç ortalamasına sahip enerji verimlilik sınıfıdır.

Şekil 4.10'da görüldüğü gibi traktörlerin enerji verimlilik sınıfı A'dan G'ye doğru, verimli sınıflardan verimsiz sınıflara doğru gittikçe, ortalama özgül yakıt tüketimi değerlerinin arttığı görülmektedir. Yani traktörlerin özgül yakıt tüketim değerleri arttıkça, enerji verimlilik sınıfı kötüleşmekte, diğer bir ifadeyle daha verimsiz olan sınıflara doğru yönelmektedir. A sınıfı traktörlerin ortalama özgül yakıt tüketim değeri  $\ddot{O}_i$  , 301.6 ml/kWh iken, G sınıfı traktörün aynı değeri % 70.4 artışla 513.9 ml/kWh olmuştur.



Şekil 4.10 Enerji verimlilik sınıflarına göre ortalama özgül yakıt tüketim değerlerinin değişimi

Şekil 4.11’de enerji verimlilik sınıflarına ait ortalama verim değerleri verilmiştir. A sınıfına giren traktörün ortalama verim değeri % 29.2 iken, aynı değer G sınıfı bir traktör için % 22.9 oranında düşerek % 22.5 olmuştur.

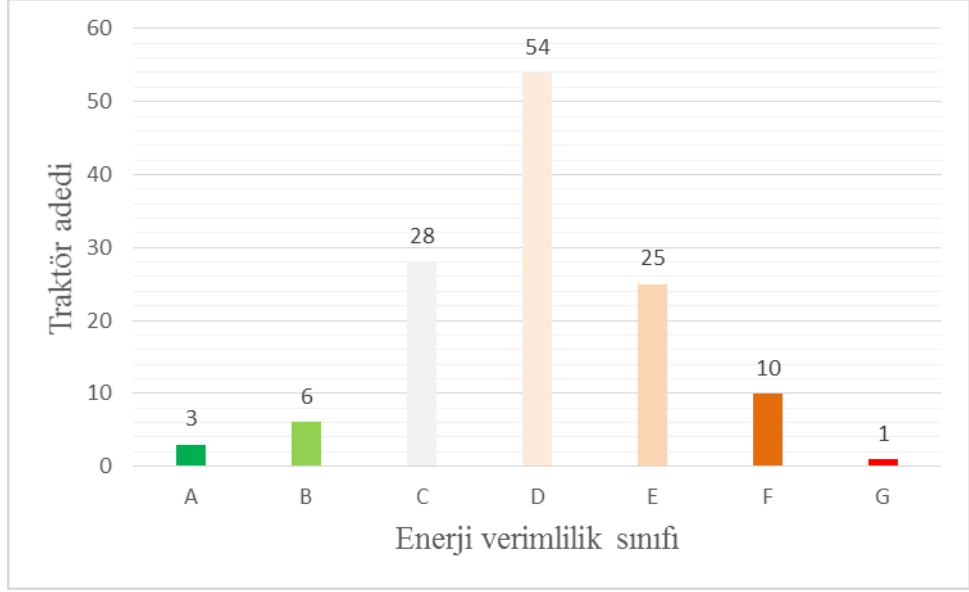


Şekil 4.11 Enerji verimlilik sınıflarının ortalama verim ( $\eta_i$ ) değerlerinin değişimi

Şekil 4.11 incelendiğinde % 29.2 olan A sınıfı traktörlerin  $\eta_i$  ortalama verimlilik değeri, % 30.8 olan B sınıfına oranla % 5.2, % 29.7 olan C sınıfına göre % 1.7 daha düşük olmasına rağmen, daha verimli sınıf olan A sınıfı olarak ortaya çıkmıştır. Bunun nedeni; traktörün enerji verimlilik sınıfının, toplam formüldeki bütün parametrelerin değerlendirilmesinden sonra ortaya çıkan indeks değerine bağlı olmasıdır. Bir traktörün  $\eta_i$  verimlilik parametresinin, başka bir traktöre göre daha iyi olması o traktörün daha verimli üst sınıfa gireceğini göstermemektedir. Örneğin % 33.8 ve % 33.6 ile 293 traktör arasında en verimli olan 253 ve 293 numaralı traktörler B sınıfında yer almaktadır.

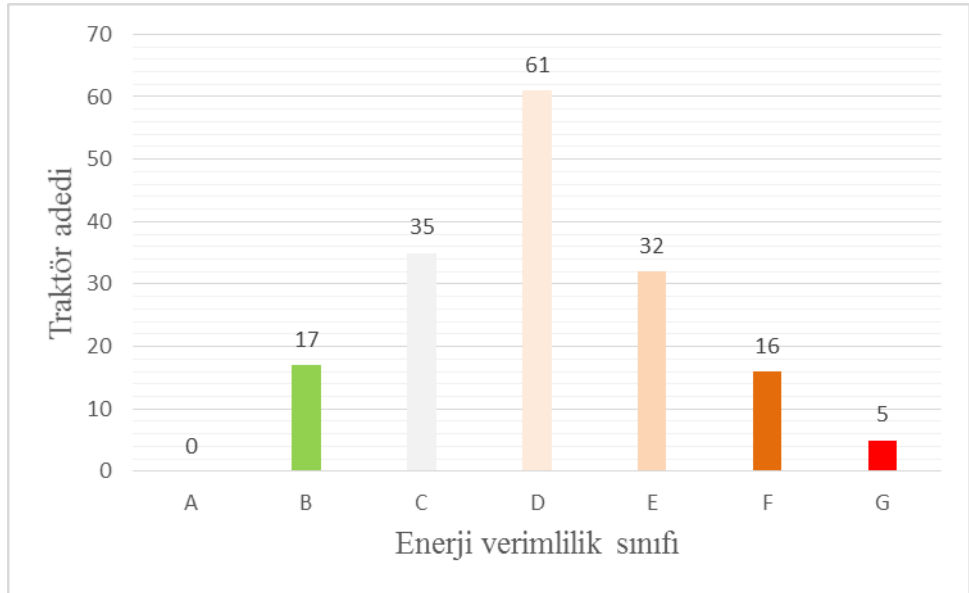
Aynı durum genellikle  $\ddot{O}_i$  özgül yakıt tüketimi parametresi için geçerli değildir. Çoğunlukla  $\ddot{O}_i$  özgül yakıt tüketimi değerinin küçük olması, o traktörün daha verimli olan enerji verimlilik sınıfına gireceği anlamına gelmektedir. Örneğin  $\ddot{O}_i$  değerleri 293 traktör arasında en küçük değer olan ilk 3 traktörün (98, 169 ve 198 numaralı traktörler),  $\eta_i$  verim değerleri en büyük olmamasına rağmen  $E_i$  sıralamasında ilk 3'te ve çok yüksek verimli A sınıfında yer almıştır. Yine  $\ddot{O}_i$  değerleri 293 traktör arasında en büyük değer olan 5 traktör (195, 186, 280, 187, ve 250 numaralı traktörler),  $E_i$  sıralamasında son 5'te ve çok düşük verimli G sınıfında yer almıştır.

Türkiye'de üretilen ve ithal traktörlerin enerji verimlilik sınıfları ayrı ayrı incelenirse (şekil 4.12 ve 4.13), 127 tane olan yerli traktörlerin yaklaşık % 42'si daha yüksek verimli olan A, B ve C sınıflarında, % 24'ü ise daha düşük verimli olan E, F ve G sınıflarında yer almıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 Türkiye’de üretilen traktörlerin enerji verimlilik sınıflarının dağılımı

Toplam 166 tane olan ithal traktörlerin dağılımı ise yaklaşık % 42’si daha yüksek verimli olan A, B ve C sınıfları, yaklaşık % 25’i ise daha düşük verimli olan E, F ve G sınıflarında yer almıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.13 İthal traktörlerin enerji verimlilik sınıflarının dağılımı

### 4.3.1 A sınıfı traktörler

A sınıfı traktörlere ait bilgiler çizelge 4.11’de verilmiştir. Çizelge 4.11 incelendiğinde A sınıfına giren 3 traktörün hepsi yerli imalat olup, 2 adet 2WD ve 1 adet 4WD olan traktörlerin herhangi ilave bir teknik özelliği yoktur. Yani A sınıfı traktörlerin CR ve CVT sistemlerle sahip olmadığı görülmektedir. A sınıfı 3 traktörün enerji verimlilik indeks değeri ortalaması 73.0, özgül yakıt tüketim ortalaması 301.6 ml/kWh, güç ortalaması 35.5 kW, verim ortalaması ise % 29.2’dir.

Çizelge 4.11 A sınıfı traktörlere ait bilgiler

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
98	29.9	2WD	293.6	Yerli	0.316	70.4	A
169	47.0	4WD	296.8	Yerli	0.293	73.2	A
198	29.7	2WD	314.6	Yerli	0.267	75.4	A

### 4.3.2 B sınıfı traktörler

Çizelge 4.12’de verilen B sınıfı traktörlere ait sonuçlar incelendiğinde bu sınıfa giren 23 traktörün 17’sinin ithal, 6’sının yerli olduğu görülmüştür. Bu sınıfta yer alan 10 traktörün yüksek basınçlı CR yakıt enjeksiyon sistemine, 2 traktörün ise hem CR, hem de CVT sisteme sahip 4WD traktörler oldukları görülmektedir. B sınıfına giren 2WD traktör sayısı sadece 3 tane olup, bu traktörlerde geriye kalan 8tane 4WD traktör gibi, kademeli hareket iletim sistemi ve konvansiyonel basınçlı yakıt enjeksiyon sistemine sahiptir. Bu gruba giren 6 traktör, yakıt tüketimine ilave olarak, reaktif madde tüketiminin de gerekli olduğu SCR egzoz emisyon sistemine sahiptir.

B sınıfı traktörlerin ortalama değerleri incelenirse ortalama traktör gücü 77.8 kW, özgül yakıt tüketimi 349.1 ml/kWh, verim değeri % 30.8 ve indeks değeri ise 84.6’dır.

Çizelge 4.12 B sınıfı traktörlere ait bilgiler

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>i</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
292	120.6	4WD, CR, SCR	324.4	İthal	0.327	79.2	B
253	61.5	4WD, CR	344.8	İthal	0.338	81.5	B
242	52.2	4WD	331.3	İthal	0.284	81.7	B
197	31.6	4WD	332.7	İthal	0.304	82.0	B
90	39.4	2WD	342.2	Yerli	0.284	82.1	B
291	95.9	4WD, CR, SCR	338.4	İthal	0.317	82.6	B
293	130.6	4WD, CR, SCR	340.4	İthal	0.336	83.1	B
254	74.6	4WD, CR	353.3	İthal	0.294	83.5	B
105	147.0	4WD, CR, CVT	356.2	İthal	0.308	83.7	B
199	39.4	4WD	339.4	Yerli	0.266	83.7	B
288	108.1	4WD, CR, SCR	342.8	İthal	0.315	83.7	B
267	46.0	4WD	342.1	Yerli	0.330	84.4	B
273	107.6	4WD, CR, SCR	345.7	İthal	0.316	84.4	B
238	31.1	2WD	354.1	Yerli	0.320	84.9	B
255	55.1	4WD	345.5	İthal	0.304	85.2	B
64	29.9	2WD	356.3	Yerli	0.314	85.5	B
100	106.2	4WD, CR	364.7	İthal	0.325	86.1	B
166	52.0	4WD	353.8	Yerli	0.285	87.2	B
16	60.3	4WD	355.5	İthal	0.293	87.7	B
97	34.0	4WD	357.1	İthal	0.290	88.1	B
245	112.9	4WD, CR	372.9	İthal	0.305	88.1	B
283	168.6	4WD, CR, CVT, SCR	363.1	İthal	0.294	88.1	B
99	85.9	4WD, CR	373.6	İthal	0.323	88.3	B

### 4.3.3 C sınıfı traktörler

C sınıfı traktörlere ait bilgiler çizelge 4.13'de verilmiştir. Çizelge 4.13 incelendiğinde toplam 63 adet traktör C sınıfına girmiş olup, bu traktörlerden 288 tanesi yerli yapım, 35 tanesi de ithal edilmiş traktörlerdir. Teknik özelliklerine göre C sınıfı traktörleri incelediğimizde 15 traktör 2WD, 30 traktör ise 4WD kademeli hareket iletim ve normal basınçlı enjeksiyon sistemlerine sahiptir. 13 traktör CR, 3 traktör ise hem CR hem de CVT sisteme sahiptir. 5 adet traktör, yakıt tüketimine ilave olarak, reaktif madde tüketiminin de gerekli olduğu SCR egzoz emisyon sistemi ile donatılmıştır.

Çizelge 4.13 C sınıfı traktörlere ait bilgiler

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
261	77.3	4WD, CR	376.7	İthal	0.302	89.0	C
63	44.8	4WD	362.7	Yerli	0.296	89.4	C
228	44.8	4WD	362.7	Yerli	0.296	89.4	C
12	47.3	2WD	374.1	Yerli	0.290	89.7	C
14	46.8	4WD	363.8	İthal	0.314	89.7	C
168	46.8	4WD	363.8	Yerli	0.314	89.7	C
222	46.8	4WD	363.8	Yerli	0.314	89.7	C
30	53.3	4WD	364.3	Yerli	0.305	89.8	C
275	35.8	2WD	375.9	Yerli	0.288	90.1	C
104	78.8	4WD, CR	382.4	İthal	0.308	90.3	C
276	35.8	4WD	366.2	Yerli	0.282	90.3	C
290	131.3	4WD, CR, CVT, SCR	372.1	İthal	0.322	90.3	C
68	44.3	2WD	377.3	Yerli	0.315	90.5	C
220	12.4	4WD	367.1	İthal	0.289	90.5	C
225	30.6	2WD	377.8	Yerli	0.276	90.6	C
34	59.9	2WD	378.5	Yerli	0.290	90.8	C
216	70.1	4WD, CR	386.4	İthal	0.304	91.3	C
262	76.6	4WD, CR, CVT, SCR	376.4	İthal	0.310	91.3	C
284	102.6	4WD, CR, CVT, SCR	376.2	İthal	0.299	91.3	C
74	60.6	4WD	370.7	Yerli	0.315	91.4	C
88	28.3	4WD	372.8	İthal	0.290	91.9	C
237	42.7	4WD	373.2	Yerli	0.301	92.0	C
214	74.3	4WD, CR	389.8	İthal	0.303	92.1	C
110	91.1	4WD, CR	390.8	İthal	0.324	92.3	C
269	47.7	4WD, CR	390.5	İthal	0.282	92.3	C
4	47.3	4WD	374.8	Yerli	0.290	92.4	C
130	36.5	2WD	385.3	Yerli	0.299	92.4	C
109	47.0	4WD	376.1	İthal	0.293	92.8	C
223	47.0	4WD	376.1	Yerli	0.293	92.8	C
53	38.0	2WD	387.7	Yerli	0.281	93.0	C
226	38.0	2WD	387.7	Yerli	0.281	93.0	C
282	148.8	4WD, CR, CVT, SCR	383.9	İthal	0.292	93.1	C
268	43.0	4WD, CR	394.5	İthal	0.295	93.2	C
111	103.7	4WD, CR	394.8	İthal	0.319	93.3	C
145	36.5	2WD	389.0	Yerli	0.299	93.3	C
287	81.2	4WD, CR	395.0	Yerli	0.311	93.3	C
260	71.2	4WD, CR	395.9	İthal	0.297	93.5	C
56	30.0	4WD	379.6	İthal	0.271	93.6	C



Çizelge 4.13 C sınıfı traktörlere ait bilgiler (devam)

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EV S
96	34.8	4WD	380.2	İthal	0.288	93.8	C
22	34.7	2WD	392.3	Yerli	0.305	94.1	C
67	44.3	4WD	382.1	Yerli	0.313	94.2	C
102	58.4	4WD	382.0	İthal	0.295	94.2	C
120	52.5	4WD	383.1	İthal	0.289	94.5	C
1	58.8	4WD	383.8	İthal	0.293	94.6	C
117	57.9	4WD	383.7	İthal	0.296	94.6	C
89	34.8	2WD	394.7	Yerli	0.302	94.7	C
119	52.5	4WD	384.5	İthal	0.287	94.8	C
159	26.5	4WD	384.5	İthal	0.282	94.8	C
248	26.5	4WD	384.5	İthal	0.282	94.8	C
252	83.9	4WD, CR	401.6	İthal	0.300	94.9	C
118	47.3	2WD	396.0	İthal	0.305	95.0	C
2	64.7	4WD	385.6	İthal	0.305	95.1	C
54	38.0	4WD	385.6	Yerli	0.277	95.1	C
227	38.0	4WD	385.6	Yerli	0.277	95.1	C
259	64.3	4WD, CR	402.5	İthal	0.299	95.1	C
19	50.8	2WD	396.8	Yerli	0.290	95.2	C
72	63.1	4WD, CR	403.7	İthal	0.292	95.4	C
263	81.7	4WD, CR, CVT, SCR	394.4	İthal	0.315	95.7	C
116	52.5	4WD	388.7	İthal	0.290	95.8	C
249	18.5	4WD	388.5	İthal	0.334	95.8	C
15	52	4WD	389.1	İthal	0.279	96.0	C
25	33.2	2WD	400.1	Yerli	0.294	96.0	C
209	42.7	2WD	400.1	Yerli	0.305	96.0	C

Bu sınıfa giren traktörlerin ortalama gücü 54.1 kW, özgül yakıt tüketimi 383.0 ml/kWh, verimi % 29.7, verimlilik indeksi ise 92.9'dur.

#### 4.3.4 D sınıfı traktörler

D sınıfı traktörlere ait bilgiler çizelge 4.14'de verilmiştir. Çizelge 4.14 incelendiğinde toplam 115 traktör D sınıfına girmiş olup bu traktörlerden 54 adedi yerli yapım, 61 adedi de ithal edilmiş traktörlerdir. D sınıfı traktörler teknik özelliklerine göre incelendiğinde, 11 traktör 2WD, 92 traktör ise 4WD kademeli hareket iletim ve normal

basıncılı yakıt enjeksiyon sistemlerine sahiptir. 11 traktör CR yakıt enjeksiyon sistemine sahip iken, 1 traktör hem CR hem de CVT sistemine sahiptir. Bu sınıfta yer alan 2 traktörde SCR egzoz emisyon sistemi mevcuttur.

Çizelge 4.14 D sınıfı traktörlere ait bilgiler

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
29	45.2	4WD	391.9	Yerli	0.280	96.6	D
101	47.8	4WD	391.7	İthal	0.280	96.6	D
177	39.7	4WD	391.9	Yerli	0.296	96.6	D
272	91.4	4WD, CR, SCR	395.7	İthal	0.308	96.6	D
138	54.9	4WD	392.2	İthal	0.308	96.7	D
153	70.6	4WD	392.1	İthal	0.290	96.7	D
44	52.6	4WD	392.6	Yerli	0.292	96.8	D
83	44.3	4WD	392.5	Yerli	0.298	96.8	D
86	61.0	4WD	392.3	İthal	0.295	96.8	D
122	48.4	4WD	392.7	İthal	0.311	96.8	D
236	61.0	4WD	392.3	İthal	0.295	96.8	D
126	57.4	4WD	393.0	İthal	0.299	96.9	D
235	57.4	4WD	393.0	İthal	0.299	96.9	D
274	71.5	4WD	393.3	Yerli	0.285	97.0	D
11	48.2	4WD	394.1	Yerli	0.296	97.2	D
20	50.8	4WD	394.3	Yerli	0.292	97.2	D
212	35.2	4WD	394.3	Yerli	0.308	97.2	D
61	23.6	4WD	394.4	İthal	0.267	97.3	D
69	37.6	4WD	394.6	Yerli	0.301	97.3	D
241	55.8	4WD	394.7	İthal	0.286	97.3	D
219	56.8	4WD	395.4	Yerli	0.292	97.5	D
224	28.2	4WD	395.7	Yerli	0.272	97.6	D
234	46.0	4WD	395.9	İthal	0.282	97.6	D
7	61.5	4WD	396.7	Yerli	0.280	97.8	D
8	34.7	4WD	396.5	Yerli	0.305	97.8	D
13	36.6	4WD	396.7	İthal	0.262	97.8	D
167	36.6	4WD	396.7	Yerli	0.262	97.8	D
221	36.6	4WD	396.7	Yerli	0.262	97.8	D
286	71.1	4WD, CR	414.0	Yerli	0.305	97.8	D
218	49.6	4WD	396.8	Yerli	0.293	97.9	D
134	33.8	4WD	398.1	Yerli	0.279	98.2	D

Çizelge 4.14 D sınıfı traktörlere ait bilgiler (devam)

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
144	64.9	4WD	398.1	İthal	0.261	98.2	D
240	62.0	4WD	398.7	İthal	0.296	98.3	D
215	67.0	4WD, CR	416.3	İthal	0.295	98.4	D
84	42.2	4WD	400.0	Yerli	0.285	98.6	D
277	35.8	4WD	400.0	Yerli	0.281	98.6	D
251	63.5	4WD, CR	417.8	İthal	0.300	98.7	D
257	30.5	4WD	400.8	İthal	0.243	98.8	D
265	61.0	4WD	401.2	Yerli	0.282	99.0	D
50	75.2	4WD, CR	419.5	İthal	0.281	99.1	D
48	58.0	4WD, CR	420.0	İthal	0.284	99.2	D
77	32.5	2WD	413.4	Yerli	0.274	99.2	D
247	38.6	4WD	402.2	Yerli	0.271	99.2	D
281	65.5	4WD	402.2	Yerli	0.280	99.2	D
3	56.0	4WD	402.5	İthal	0.289	99.3	D
23	37.6	4WD	402.6	Yerli	0.276	99.3	D
47	51.3	4WD, CR	420.5	İthal	0.280	99.3	D
129	64.4	4WD	402.8	İthal	0.293	99.3	D
133	64.5	4WD	402.8	İthal	0.293	99.3	D
27	54.7	4WD	403.2	İthal	0.286	99.4	D
43	52.6	2WD	414.6	Yerli	0.294	99.4	D
78	32.5	4WD	403.1	Yerli	0.271	99.4	D
127	62.3	4WD	403.2	İthal	0.294	99.4	D
164	40.1	2WD	414.4	İthal	0.270	99.4	D
264	63.1	4WD, CR, CVT, SCR	409.6	İthal	0.308	99.4	D
205	40.6	4WD	403.5	İthal	0.266	99.5	D
279	29.2	2WD	415.5	Yerli	0.253	99.6	D
95	42.9	2WD	416.1	Yerli	0.270	99.8	D
151	44.2	4WD	404.6	İthal	0.288	99.8	D
28	40.3	4WD	405.2	Yerli	0.288	99.9	D
180	52.5	4WD	405.1	İthal	0.287	99.9	D
213	71.0	4WD, CR	423.2	İthal	0.288	100.0	D
178	46.6	4WD	406.8	Yerli	0.271	100.3	D
91	37.6	2WD	418.7	Yerli	0.298	100.4	D
136	45.4	4WD	407.0	Yerli	0.278	100.4	D
94	41.9	4WD	407.7	Yerli	0.279	100.5	D
135	65.2	4WD	407.4	Yerli	0.284	100.5	D
10	48.2	2WD	419.5	Yerli	0.300	100.6	D
55	58.4	4WD	407.8	İthal	0.285	100.6	D
193	58.4	4WD	407.8	İthal	0.285	100.6	D

Çizelge 4.14 D sınıfı traktörlere ait bilgiler (devam)

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
93	44.3	2WD	420.0	Yerli	0.305	100.7	D
112	22.4	4WD	408.2	İthal	0.277	100.7	D
92	44.0	2WD	420.1	Yerli	0.299	100.8	D
285	125.0	4WD, CR	426.7	İthal	0.273	100.8	D
184	39.4	2WD	420.8	Yerli	0.280	100.9	D
41	65.5	4WD, CR	427.3	İthal	0.292	101.0	D
121	60.4	4WD	410.6	İthal	0.285	101.2	D
143	53.0	4WD	410.3	İthal	0.259	101.2	D
181	58.5	4WD	410.5	İthal	0.280	101.2	D
59	49.0	4WD	411.1	Yerli	0.284	101.4	D
139	60.5	4WD	411.1	İthal	0.290	101.4	D
85	30.5	4WD	411.8	Yerli	0.271	101.5	D
160	63.5	4WD	411.7	Yerli	0.298	101.5	D
163	52.0	4WD	411.7	Yerli	0.291	101.5	D
239	39.9	4WD	411.5	İthal	0.255	101.5	D
174	36.8	4WD	412.1	İthal	0.273	101.6	D
24	42.3	2WD	424.2	Yerli	0.251	101.7	D
125	50.2	4WD	412.5	Yerli	0.277	101.7	D
207	63.6	4WD	412.4	İthal	0.261	101.7	D
75	55.5	4WD	412.6	İthal	0.276	101.8	D
175	29.9	4WD	413.5	Yerli	0.266	102.0	D
182	60.7	4WD	413.4	İthal	0.274	102.0	D
18	42.3	4WD	414.5	Yerli	0.246	102.2	D
46	23.6	4WD	414.5	İthal	0.255	102.2	D
194	51.2	4WD	414.5	İthal	0.292	102.2	D
243	63.5	4WD	414.8	İthal	0.284	102.3	D
17	33.2	4WD	415.3	Yerli	0.286	102.4	D
103	53.5	4WD	415.1	İthal	0.303	102.4	D
162	46.4	4WD	415.7	Yerli	0.292	102.5	D
33	59.9	4WD	416.5	Yerli	0.283	102.7	D
170	44.0	4WD	417.2	İthal	0.270	102.9	D
191	44.0	4WD	417.2	İthal	0.270	102.9	D
258	34.3	4WD	417.3	İthal	0.277	102.9	D
6	52.7	4WD	417.5	Yerli	0.287	103.0	D
128	39.9	4WD	417.6	Yerli	0.282	103.0	D
32	67.6	4WD, CR	436.3	İthal	0.286	103.1	D
173	34.7	4WD	418.2	İthal	0.271	103.1	D
113	55.9	4WD	418.4	Yerli	0.286	103.2	D
148	56.3	4WD	418.6	İthal	0.289	103.2	D

Çizelge 4.14 D sınıfı traktörlere ait bilgiler (devam)

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
73	29.7	4WD	418.8	İthal	0.246	103.3	D
208	55.7	4WD	418.8	İthal	0.275	103.3	D
244	60.2	4WD	419.0	İthal	0.294	103.3	D
51	28.3	4WD	419.5	İthal	0.266	103.4	D
141	75.6	4WD	419.4	İthal	0.278	103.4	D
176	32.9	4WD	419.3	Yerli	0.289	103.4	D

D sınıfına giren traktörlerin ortalama gücü 50.2 kW, özgül yakıt tüketimi 407.9 ml/kWh, verimi % 28.3, verimlilik indeksi ise 99.9'dur.

#### 4.3.5 E sınıfı traktörler

E sınıfı traktörlere ait bilgiler çizelge 4.15'de verilmiştir. Buna göre E sınıfına toplam 57 traktör girmiş olup bu traktörlerden 25 tanesi yerli yapım, 32 tanesi de ithal edilmiş traktörlerdir. E sınıfı traktörler teknik özelliklerine göre incelendiğinde, 12 traktör 2WD, 42 traktör ise 4WD kademeli hareket iletim ve normal basınçlı enjeksiyon sistemlerine sahiptir. 2 traktör CR, 1 traktör ise (263 numaralı traktör) CR, CVT ve yakıt tüketimine ilave olarak reaktif madde tüketiminin de gerekli olduğu, SCR egzoz emisyon sistemi vardır.

Çizelge 4.15 E sınıfı traktörlere ait bilgiler

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
210	69.1	4WD	419.8	İTHAL	0.266	103.5	E
76	41.9	2WD	432.5	YERLİ	0.272	103.7	E
179	41.3	4WD	420.5	YERLİ	0.258	103.7	E
70	58.6	4WD	421.2	İTHAL	0.295	103.9	E
157	10.9	4WD	421.4	İTHAL	0.253	103.9	E
158	37.3	2WD	433.3	İTHAL	0.275	103.9	E
142	80.3	4WD	422.7	İTHAL	0.281	104.2	E
165	45.4	4WD	422.5	YERLİ	0.285	104.2	E
71	62.6	4WD	422.8	İTHAL	0.274	104.3	E

Çizelge 4.15 E sınıfı traktörlere ait bilgiler (devam)

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
140	62.8	4WD	423.6	İTHAL	0.259	104.5	E
106	51.1	4WD	424.5	İTHAL	0.282	104.7	E
172	58	4WD	424.5	İTHAL	0.291	104.7	E
189	58	4WD	424.5	İTHAL	0.291	104.7	E
87	49	2WD	437.4	YERLİ	0.295	104.9	E
124	46.5	4WD	425.5	YERLİ	0.266	104.9	E
26	47.1	4WD	425.7	İTHAL	0.267	105	E
107	45.2	2WD	437.9	YERLİ	0.259	105	E
45	20.7	4WD	426.5	İTHAL	0.262	105.2	E
49	48.3	4WD	427.0	YERLİ	0.263	105.3	E
42	58.8	4WD, CR	447.9	İTHAL	0.281	105.8	E
31	49.7	4WD, CR	448.1	İTHAL	0.286	105.9	E
132	46.6	4WD	429.5	YERLİ	0.262	105.9	E
35	55.8	4WD	430.3	İTHAL	0.269	106.1	E
40	60	4WD	430.4	İTHAL	0.252	106.1	E
5	48.7	4WD	431.0	YERLİ	0.279	106.3	E
246	37.6	2WD	444.9	YERLİ	0.328	106.7	E
196	43.7	2WD	445.6	İTHAL	0.260	106.9	E
80	67	4WD	433.8	İTHAL	0.260	107	E
192	67	4WD	433.8	İTHAL	0.272	107	E
271	37.3	4WD	434.0	YERLİ	0.247	107	E
171	51.9	4WD	434.2	İTHAL	0.275	107.1	E
183	57.9	4WD	434.2	YERLİ	0.291	107.1	E
190	51.9	4WD	434.2	İTHAL	0.263	107.1	E
211	35.2	2WD	447.4	YERLİ	0.285	107.3	E
188	97.8	4WD	436.7	İTHAL	0.277	107.7	E
278	49.3	4WD	436.9	YERLİ	0.277	107.7	E
150	30.1	4WD	437.5	İTHAL	0.275	107.9	E
81	30.3	4WD	439.5	İTHAL	0.273	108.4	E
200	34.5	4WD	439.8	İTHAL	0.246	108.4	E
233	46	2WD	452.5	İTHAL	0.255	108.5	E
9	37.6	2WD	453.0	YERLİ	0.278	108.6	E
65	55.3	4WD	440.8	İTHAL	0.259	108.7	E
108	45.2	4WD	440.7	YERLİ	0.275	108.7	E
114	65.1	4WD	440.9	YERLİ	0.257	108.7	E
232	47.2	4WD	441.2	YERLİ	0.270	108.8	E
115	60.3	4WD	442.0	YERLİ	0.269	109	E
131	46.6	2WD	454.3	YERLİ	0.268	109	E
289	164	4WD, CR, CVT, SCR	449.7	İTHAL	0.264	109.1	E

Çizelge 4.15 E sınıfı traktörlere ait bilgiler (devam)

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
147	27.5	4WD	443.4	YERLİ	0.323	109.4	E
146	21.1	4WD	444.1	YERLİ	0.243	109.5	E
58	54.8	4WD	445.6	İTHAL	0.242	109.9	E
202	55.4	4WD	445.9	İTHAL	0.274	110	E
137	51.5	4WD	446.5	YERLİ	0.265	110.1	E
57	48.3	4WD	446.9	İTHAL	0.262	110.2	E
62	40.1	4WD	447.29	İTHAL	0.271	110.3	E
161	46.4	2WD	459.86	YERLİ	0.248	110.3	E
266	30.6	2WD	460.51	YERLİ	0.266	110.4	E

E sınıfı traktörlerin ortalama değerleri güç için 50.7 kW, özgül yakıt tüketimi için 436.8 ml/kWh, toplam verimlilik için % 27.1, verimlilik indeksi için ise 106.9 olarak hesaplanmıştır.

#### 4.3.6 F sınıfı traktörler

F sınıfında toplam 26 traktör yer almıştır (Çizelge 4.16). Bu verimlilik sınıfındaki traktörlerin 10'su yerli, 16'sı ise ithaldir. 5 traktör 2WD tahrik sistemi, kademeli hareket iletim sistemi ve normal basınçlı enjeksiyon sistemine sahiptir. Geriye kalan 21 traktör ise 4WD tahrik sistemi, kademeli hareket iletim sistemi ve normal basınçlı enjeksiyon sistemiyle donatılmıştır. F sınıfında CR, CVT veya SCR sistemlerine sahip hiçbir traktör yer almamıştır.

Çizelge 4.16 F sınıfı traktörlere ait bilgiler

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
217	46.2	4WD	449.3	Yerli	0.251	110.8	F
123	46.5	2WD	464.1	Yerli	0.265	111.3	F
185	13.4	4WD	451.5	İthal	0.246	111.3	F
152	46.2	4WD	452.3	İthal	0.260	111.5	F
231	38.6	4WD	453.4	Yerli	0.261	111.8	F
206	47.2	4WD	453.8	İthal	0.258	111.9	F

Çizelge 4.16 F sınıfı traktörlere ait bilgiler (devam)

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
203	46.3	4WD	454.5	İthal	0.277	112.1	F
149	30.1	2WD	468.6	İthal	0.272	112.4	F
204	51.1	4WD	456.2	İthal	0.271	112.5	F
37	33.5	4WD	457.5	İthal	0.246	112.8	F
201	61.5	4WD	458.1	İthal	0.262	113	F
66	46.6	4WD	459.8	Yerli	0.281	113.4	F
154	19.4	4WD	460.2	Yerli	0.247	113.5	F
60	29.7	4WD	460.9	İthal	0.244	113.7	F
79	53.7	4WD	461.1	İthal	0.278	113.7	F
39	50.8	4WD	466.8	İthal	0.274	115.1	F
36	28.9	4WD	467.6	İthal	0.234	115.3	F
256	32.5	2WD	481.0	Yerli	0.283	115.3	F
155	9.5	4WD	473.0	Yerli	0.205	116.7	F
229	42.7	2WD	487.1	Yerli	0.286	116.8	F
21	29.1	4WD	475.3	Yerli	0.225	117.2	F
38	51.3	4WD	475.9	İthal	0.289	117.4	F
82	45.2	4WD	480.1	İthal	0.263	118.4	F
270	37.3	2WD	494.0	Yerli	0.228	118.5	F
52	36.0	4WD	483.6	İthal	0.245	119.3	F
156	35.2	4WD	487.9	İthal	0.236	120.3	F

F sınıfı traktörlerin ortalama değerleri güç için 38.8 kW, özgül yakıt tüketimi için 466.7ml/kWh, toplam verimlilik için % 25.7, verimlilik indeksi için ise 114.5 olarak hesaplanmıştır.

#### 4.3.7 G sınıfı traktörler

G sınıfında toplam 6 traktör yer almıştır (Çizelge 4.17). Bu verimlilik sınıfındaki traktörlerin 1 tanesi yerli, 5 tanesi ise ithaldir. Bu en düşük verimli sınıftaki traktörlerin hepsi tahrik sistemi bakımından 4WD, hareket iletim sistemi bakımından kademeli ve normal basınçlı yakıt enjeksiyon sistemi bakımından konvansiyonel basınçlı yakıt enjeksiyon sistemine sahiptir. G sınıfında 2WD, CR, CVT veya SCR özelliklere sahip hiçbir traktör yer almamıştır.



Çizelge 4.17 G sınıfı Traktörlere ait bilgiler

Traktör No	Güç (kW)	Teknik Özellik	Ö <sub>i</sub> (ml/kWh)	Üretim	η <sub>t</sub> (Ondalık)	E <sub>i</sub>	EVS
230	35.7	4WD	493.9	İthal	0.232	121.8	G
250	36.9	4WD	497.5	İthal	0.224	122.7	G
187	52.5	4WD	513.5	İthal	0.236	126.6	G
280	16.4	4WD	523.2	İthal	0.229	129.0	G
186	29.7	4WD	526.4	Yerli	0.220	129.8	G
195	12.8	4WD	528.8	İthal	0.212	130.4	G

Bu 4 traktörün ortalama değerleri, güç için 30.7 kW, özgül yakıt tüketimi için 513.9 ml/kWh, toplam verimlilik için % 22.5, verimlilik indeksi için ise 126.7 olarak hesaplanmıştır.

#### 4.3.8 Enerji verimlilik sınıflarının farklı motor güçlerine göre dağılımı

Traktörlerin nominal motor güçlerine göre 50 kW'a kadar, 50-100 kW arası ve 100 kW üzerinde olmak üzere, 3 farklı motor gücü aralığına göre enerji verimlilik sınıfı değerleri çizelge 4.18'de verilmiştir.

50 kW'a kadar olan küçük güçlü traktörlerin Ö<sub>i</sub> ve E<sub>i</sub> değerleri diğer yüksek güç gruplarına göre daha yüksekken, η<sub>t</sub> değerleri ise daha düşük olmuştur. Yani 50 kW güce kadar olan traktörlerin genel olarak özgül yakıt tüketim değerleri yüksek, toplam verim değerleri ise düşük olmuştur.

50 – 100 kW arası motor gücüne sahip traktörlerin ortalama gücü 62 kW iken, Ö<sub>i</sub> değeri 408 ml/kWh, η<sub>t</sub> değeri % 27.6, E<sub>i</sub> değeri ise 99.7 olmuştur. 100 kW'den büyük motor gücündeki traktörlerin Ö<sub>i</sub>, η<sub>t</sub> ve E<sub>i</sub> değerleri sırasıyla 372.4 ml/kWh, % 31.1 ve 89.6 olmuştur.

Çizelge 4.18 Traktörlerin farklı güç aralıklarına göre enerji verimlilik sınıfı değerleri

Güç aralığı (kW)	Traktör adedi	Ortalama güç (kW)	$\bar{O}_i$ (ml/kWh)	$\eta_t$ (%)	$E_i$
< 50 kW	161	37.7	414.5	27.6	101.3
50 – 100 kW	118	62.0	408.0	28.8	99.7
> 100 kW	14	126.9	372.4	31.1	89.6

Çizelge 4.18’de traktörlerin farklı güç aralıklarına göre enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımları verilmiştir. 50 kW’a kadar olan güç aralığındaki traktörlerin 3 adedi çok yüksek verimli olan A sınıfında, 7 adedi B, 35 adedi C sınıflarında yer alırken, daha düşük verimli olan D, E, F ve G sınıflarında sırasıyla 57, 33, 21 ve 5 adet traktör yer almıştır. Çok yüksek ve çok düşük verimli traktörler bu güç aralığında yer alan traktörler olmuştur.

50 – 100 kW güç aralığındaki traktörlerin % 48’i (57 adedi) D sınıfında yer alırken, çok düşük verimli olan F ve G sınıflarında toplam sadece 6 traktör yer almıştır. 100 kW üzeri motor gücüne sahip traktörler incelendiğinde bu traktörlerin % 57’sinin (8 adet) yüksek verimli olan B sınıfında yer aldığı görülmektedir. Çok düşük verimli olan F ve G sınıflarında bu güç aralığında motora sahip hiçbir traktör yer almamıştır.

Çizelge 4.19 Traktörlerin farklı güç aralıklarına göre enerji verimlilik sınıflarına göre dağılımı

Güç aralığı (kW)	Enerji verimlilik sınıfı (EVS)							Toplam
	A	B	C	D	E	F	G	
< 50 kW	3	7	35	57	33	21	5	161
50 – 100 kW	-	8	24	57	23	5	1	118
> 100 kW	-	8	4	1	1	-	-	14
<b>Toplam</b>	3	23	63	115	57	26	6	293

## 5. SONUÇ ve ÖNERİLER

### 5.1 Sonuç

Türkiye, enerji ihtiyacını önemli oranda fosil yakıtlardan karşılamakta ve bu yakıtları karşılariken yüksek oranda döviz ödeyerek, ithal etmekte olduğundan, dışa bağımlılık söz konusudur. Bu nedenle enerji kullanımında iki özellik ön plana çıkararak; bir taraftan rüzgar, güneş, hidrolik, biyokütle gibi yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önemli hale gelirken, diğer taraftan da özellikle yüksek enerji tüketilen alanlarda, daha verimli ürünlerin kullanılması yani enerji verimliliği gündeme gelmiştir. Fosil yakıt kaynaklarının sınırlı olması ve tükeneceği olasılığı yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına olan ilgiyi arttırırken, her türlü enerji kullanımının iyileştirilmesi düşüncesi de enerji verimliliği kavramını bütün dünyada öne çıkarmıştır.

Türkiye’de traktörlerin enerji verimliliğine göre sınıflandırması amacıyla yapılan bu çalışmada, ilk olarak traktörlerin enerji verimliliğine etkili olabilecek teknik özellikler belirlenmiş, daha sonra bu teknik özelliklerin özgül yakıt tüketimi ile traktör toplam verimine olan etkileri incelenmiştir. Bu incelemelerden sonra, OECD test kodu esas alınarak, enerji verimlilik sistemi oluşturulmuş ve traktörlerin OECD raporlarından yararlanılarak, sınıflandırma yapılmış ve sınıfların, yerli üretim veya ithal olması, teknik özellikler ve güçlerine göre dağılımları analiz edilmiştir.

Enerji verimlilik sınıflandırma sisteminde, OECD Kod 2 raporundan elde edilen özgül yakıt tüketimi (ml/kWh), maksimum çeki ve pto gücü (kW), toplam verim değerleri ile reaktif madde (Adblue veya AUS32) kullanım değerleri dikkate alınmıştır.

Enerji verimlilik sınıflandırma sisteminde ayrıca traktörlerdeki farklı motor yakıt sistemleri, hareket iletim sistemleri ve tahrik sistemleri de dikkate alınmıştır. Traktör motorlarında yüksek basınçlı CR yakıt enjeksiyon sistemi ile konvansiyonel basınçlı enjeksiyon sistemi, yakıt tüketimi ve enerji verimliliğine olan etkileri nedeniyle verimlilik sınıflandırma sisteminde önemli bir yer almıştır. Hareket iletim sisteminde, kademeli olan hareket sistemi ile kademesiz olan CVT hareket sisteminin, traktörün

yakıt tüketimi ve enerji verimliliğine olan etkileri incelenerek sistemde bir parametre olarak dikkate alınmıştır. Tahrik sistemi olarak ise 2WD ve 4WD tahrik sistemlerinin de yakıt tüketimi ve enerji verimliliğine olan etkileri incelenerek sistemde bir parametre olarak yer almıştır. Traktör motorlarında Faz 3B ve Faz 4 egzoz emisyon seviyelerini karşılamak üzere kullanılan, SCR emisyon sistemlerinde zorunlu olarak tüketilen reaktif madde, traktör kullanımında yakıtı ilave olarak ek maliyet gerektirdiğinden, enerji verimlilik sınıflandırma sisteminde bir parametre olarak göz önünde bulundurulmuştur.

Bugüne kadar traktörleri enerji verimliliğine göre sınıflandırmak amacıyla yapılan çalışmaların ortak yönleri şu şekilde sıralanabilir;

- Sınıflandırmalarda OECD Kod 2 esas alınmıştır,
- Pto ve çeki test sonuçları (özellik yakıt tüketimi) kullanılmıştır,
- Enerji verimlilik indeks'in birimi özgül yakıt tüketimi birimindedir (ml/kWh),
- Ortalama dağılım dikkate alınmıştır,
- Traktör teknik özellikleri dikkate alınmamıştır, sadece 1'er çalışmada SCR ve CVT sistemleri değerlendirilmiş olup, diğer çalışmalarda sadece özgül yakıt tüketimleri dikkate alınmıştır,
- Grup olmadan tek traktör için sınıflandırma yapılamaz.

Bu tez çalışmasında ise daha ayrıntılı bir çalışma yapılmış olup diğer çalışmalardan farklı olarak;

- Traktör teknik özellikleri dikkate alınmıştır (2WD, 4WD, CR, CVT, SCR sistemleri),
- Enerji verimlilik indeksinde, traktörlerin toplam verim değerleri ( $\eta_t$ )'nin etkilerinden oluşan  $\eta_i$  bileşeni dikkate alınmıştır,
- Enerji verimlilik sistemi birimsizdir,
- Veriler istatistiksel olarak analiz edilerek, enerji verimlilik sınıflarının alt ve üst limitleri belirlenmiş olup, oluşturulan sistem ile herhangi bir grup olmadan, tek 1 traktörün bile OECD Kod 2 verileriyle sınıflandırma yapılabilir,
- Traktörlerin Türkiye şartlarındaki kuyruk mili ve çeki işlerindeki ortalama çalışma süreleri dikkate alınmıştır,

Sonuçta; OECD Kod 2 test raporundan kolaylıkla elde edilebilecek olan, 11 adet test değerleri ile yine OECD Kod 2 test raporundan rahatlıkla belirlenebilecek olan 4 adet teknik özelliğe ait veriler, Microsoft Excel belgesinde oluşturulan  $E_i$  formülünde yerine konularak, o traktörün A'dan G'ye kadar enerji verimlilik sınıfı elde edilmiştir.

Bu çalışma kapsamındaki traktörlerin, farklı teknik özelliklerine göre, özgül yakıt tüketim ve toplam verim değerlerinin analiz edilmesiyle şu sonuçlar elde edilmiştir:

1. Yerli üretim traktörlerin güç ortalaması 43.3 kW iken, ithal traktörlerin güç ortalaması 58.2 kW olmuştur. Yerli traktörlerin güç ortalaması, ithal traktörlerden % 25 daha azdır.
2. Yerli üretim ve ithal traktörlerin ortalama toplam verim değerleri ( $\eta_i$ ), sırasıyla % 28.2 ve % 28.3 ile birbirine çok yakın olmuştur. İthal traktörler yerli traktörlere oranla % 0.4 daha verimlidir.
3. Ağırlıklı ortalama özgül yakıt tüketim değerleri ( $\bar{O}_i$ ), yerli üretim traktörlerde 407.9 ml/kWh, ithal traktörlerde ise 411.3 ml/kWh elde edilmiştir. Yerli traktörlerin ortalama özgül yakıt tüketim değerleri ithal traktörlerin ortalama değerlerinden % 0.8 daha düşüktür.
4. Ağırlıklı ortalama özgül yakıt tüketim değeri, kabinli traktörler için 409.2 ml/kWh, ön veya arka iki direkli koruyucu yapılı traktörler için 410.8 kWh'tir. Kabinli ile iki direkli koruyucu yapılı traktörler arasında özgül yakıt tüketimi açısından çok düşük bir fark (% 0.4) tespit edilmiştir.
5. Kabinli traktörlerin ortalama motor gücü 62.6 kW iken, iki direkli koruyucu yapılı traktörlerde ortalama güç 41.2 kW olmuştur. Daha güçlü traktörlerde, iki direkli koruyucu yapı yerine kabin kullanımının tercih edildiği söylenebilir.
6. Kabinli traktörlerin ortalama verim değeri % 28.6 iken, iki direkli koruyucu yapılı traktörlerde bu rakam % 2.4 azalarak % 27.9 olmuştur.
7. 2WD ile 4WD teknik özellikleri arasında, özgül yakıt tüketimi açısından çok düşük bir fark olmuştur (% 0.067).
8. 9.5 kW ile en düşük güçteki 155 numaralı 4WD, iki direkli koruyucu yapılı traktörün ağırlıklı ortalama özgül yakıt tüketimi 473.0 ml/kWh, ağırlıklı ortalama verimi % 20.5'dir (en düşük verim oranı). 168.6 kW ile en büyük

motor gücüne sahip olan 4WD, CR, CVT, SCR traktörde (283 nolu traktör) bu değerler sırasıyla 363.1 ml/kWh ve % 29.4 olmuştur.

9. 293.6 ml/kWh ile en düşük özgül yakıt tüketim ortalamasına sahip olan 29.9 kW gücündeki iki direkli koruyucu yapılı, 2WD traktörün (98 nolu traktör) ortalama verim değeri % 31.6'dır. En büyük özgül yakıt tüketimi ortalaması, 528.8 ml/kWh ile 12.8 kW güce sahip 4WD, iki direkli koruyucu yapılı, % 21.2 ortama verime sahip traktöre aittir (195 nolu traktör).
10. En yüksek verim ortalamasına sahip 253 nolu traktör, % 33.8 ile 61.5 kW gücünde, 4WD, CR özellikte kabinli traktördür. Bu traktörün özgül yakıt tüketim ortalaması 344.8 ml/kWh'dir.
11. Kademesiz CVT hareket iletim sistemine sahip traktörler, aynı özellikteki kademeli hareket iletim sistemli traktörlere göre % 1.36 daha az özgül yakıt tüketimine sahiptir.
12. CR ve CVT kademesiz hareket iletimine sahip traktörler, bu sistemler olmayan traktörlere göre % 6.4 daha az özgül yakıt tüketimine sahiptir.
13. Materyal olarak kullanılan 293 traktörün ortalama toplam verimi % 28.2'dir.
14. Toplam verimlilik açısından en düşük verime % 27.7 ile sadece 4WD özelliği olan traktörler sahip olurken, en yüksek verime ise % 30.8 ile 4WD, CR ve CVT sistemli traktörler sahip olmuştur.
15. CR enjeksiyon sistemin traktör toplam verimine etkisi % 9.3'tür.
16. 4WD, CR ve CVT sisteme sahip traktörlerin, sadece 4WD traktörlere göre toplam verim değeri % 11.2 artmıştır.
17. CR ve CVT kademesiz hareket iletimine sahip traktörlerin, bu sistemler olmayan traktörlere oranla göre % 6.4 daha az özgül yakıt tüketimine sahip olduğu tespit edilmiştir. Bu sistemlere sahip traktörler, yaklaşık olarak 50 kW ve 100 kW güçteki traktörlerde sırasıyla yıllık 1 323 litre ve 2 646 litre, traktörün ömrü boyunca ise 15 872 litre ve 31 744 litre daha az yakıt tüketmektedirler. 150 kW'lik traktör için tasarruf miktarı 47 616 litre ve 185 703 TL'dir.
18. Ortalama özgül yakıt tüketim değeri ile verim arasındaki  $R^2$  değeri, 0.45 olarak hesaplanmıştır.

Bu sonuçlardan;

- Traktör koruyucu yapısının (kabin veya ön/arka iki direkli koruyucu yapının), traktörün özgül yakıt tüketimi ve verimliliğinde önemli bir etkisinin olmadığı, bunun nedeninin traktör testlerinin düşük hızlarda yapılmasının olduğu düşünülmektedir.
- Özgül yakıt tüketimi ve verimlilikte en çok etkili teknik özelliklerin sırasıyla, CR+CVT, CR ve CVT olduğu, bu nedenle CR ve CVT sisteme sahip traktörlerin daha çok verimli olduğu ve özgül yakıt tüketimlerinin daha düşük olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin özellikle CR sistemlerin yakıtı çok yüksek basınçla ve daha hassas bir şekilde istenilen miktar ve zamanda motora enjekte ederek, yakıtın ısı enerjisini daha yüksek oranda motor gücüne çevirmesi olduğu düşünülmektedir.
- CR ve CVT sistemlerin birlikte traktörün ekonomik ömrü boyunca yakıt tüketiminden sağladığı tasarruf miktarı satın alma bedelinin yaklaşık % 49'una, CR sistemin ise yaklaşık % 38'ine karşılık gelmektedir.
- 2WD ile 4WD teknik özellikleri arasında, özgül yakıt tüketimi açısından çok düşük bir farkın olduğu (% 0.4), toplam verim açısından 2WD traktörlerin, 4WD traktörlere oranla daha verimli olduğu (% 2.9) tespit edilmiştir. 4WD traktörlerin aktarma organlarındaki transmisyon kayıplarının 2WD traktörlere göre daha yüksek olması nedeniyle toplam verim oranının azaldığı düşünülmektedir.
- Kabinli traktörlerin ortalama verim değeri, iki direkli koruyucu yapılı traktörlerden % 2.4 daha yüksektir. Kabinli traktörlerin ağırlığının iki direkli koruyucu yapılı traktörlere oranla daha yüksek olması (kabinin filtrasyon sistemi, klima, ilave donanım v.b aksesuarlarına göre 100 kg ile 600 kg arasında değişen aralıkta) nedeniyle artan aks yükünün çeki gücünü arttırdığı, bu nedenle de kabinli traktörlerde ısı verimlilik oranı daha yüksek olacağından, kabinli traktörlerde ortalama verim değerinin artmış olabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada ele alınan traktörlerin teknik özelliklerine göre, enerji verimlilik sınıfları değerlendirildiğinde ise şu sonuçlar elde edilmiştir:

1. Traktörlerin özgül yakıt tüketimi azaldıkça ve toplam verimi arttıkça, çok yüksek verimli olan enerji verimlilik sınıflarına girdiği görülmüştür.

2. Çok yüksek verimli olan A sınıfının, çok düşük verimli olan G sınıfı traktörlerine oranla, ortalama enerji verimlilik sistemi değerleri ( $E_i$ ) arasında % 73.6, ortalama özgül yakıt tüketim değerleri ( $\ddot{O}_i$ ) arasında % 70.4, ortalama verim değerleri arasında ise % 22.9 fark vardır.
3. CR yakıt enjeksiyon sisteme sahip 36 traktörün, 10 tanesi B, 13 tanesi C, 11 tanesi D ve 2 tanesi de E sınıfına girmiş olup, A, F ve G sınıfında bu özellikte traktör yoktur.
4. CR yakıt enjeksiyon ve kademesiz CVT hareket iletim sistemin ikisine birlikte sahip olan 9 traktörün 2 tanesi B, 5 tanesi C, 1 tanesi D ve 1 tanesi de E sınıfında yer almıştır.
5. SCR egzoz emisyon teknolojisine sahip 14 traktörün 6 tanesi B, 5 tanesi C, 2 tanesi D ve 1 tanesi de E sınıfına girmiştir.
6. Yerli üretim traktörlerin  $E_i$  ortalaması 99.6 iken, ithal traktörlerde ortalama  $E_i$  değeri 100.5 olmuştur.
7. Kabinli traktörlerin  $E_i$  ortalaması 99.7 iken, iki direkli koruyucu yapılı traktörlerde ortalama  $E_i$  değeri 100.6 olmuştur.
8. 2WD traktörlerin  $E_i$  ortalaması 99.1 iken, 4WD traktörlerde ortalama  $E_i$  değeri 100.3 olmuştur.
9. Enerji verimlilik indeksi değerleri ( $E_i$ ) ile, özgül yakıt tüketimi değerleri arasındaki  $R^2$  değeri 0.97 ile yüksek oranda ilişkili olurken, yine enerji verimlilik indeksi değerleri ( $E_i$ ) ile, verim değerleri arasındaki  $R^2$  değeri 0.50 olarak hesaplanmıştır.
10. 168.8 kW ile en güçlü motora sahip olan 4WD, CR, CVT, SCR'li kabinli traktörün  $E_i$  değeri 88.1 olup B sınıfında yer almıştır.
11. 9.5 kW ile en küçük motora sahip olan 4WD, iki direkli koruyucu yapılı traktörün  $E_i$  değeri 116.7 olup F sınıfında yer almıştır.
12. En büyük enerji verimlilik indeksi değeri ( $E_i$ ), 130.4 olarak 195 numaralı 4WD, iki direkli koruyucu yapılı, 12.8 kW gücündeki F sınıfı traktörde tespit edilmiştir. En küçük enerji verimlilik indeksi değeri ( $E_i$ ) ise, 70.4 olarak 98 numaralı 2WD, iki direkli koruyucu yapılı, 29.9 kW gücündeki A sınıfı traktörde tespit edilmiştir.



Bu sonuçlardan;

- Çok yüksek verimli A sınıfında CR veya CVT sisteme sahip olmayan traktörlerin yer aldığı, enerji verimlilik indeksinde en önemli etken olan  $\bar{O}_i$  ağırlıklı özgül yakıt tüketim değerlerinin en düşük rakamlarına A sınıfındaki bu 3 traktörün sahip olmasının sebep olduğu düşünülmektedir.
- Düşük ve çok düşük verimli F ve G sınıflarında CR ve CVT özellikte hiçbir traktörün yer almadığı, bunun nedeninin CR sistemin özgül yakıt tüketimine olan azaltıcı etkisinden kaynaklandığı, özgül yakıt tüketiminin düşmesinin de traktörün daha çok verimli sınıflarda yer almasına neden olduğu düşünülmektedir.
- Traktörün kabinli veya iki direkli koruyucu yapıya sahip olması ile 2WD veya 4WD olması arasında,  $E_i$  bakımından bir farkın bulunmadığı görülmüştür.
- Enerji verimlilik indeksi değerleri ( $E_i$ ) ile, özgül yakıt tüketimi değerleri arasındaki ilişkinin, enerji verimlilik indeksi değerleri ( $E_i$ ) ile toplam verim değerleri arasındaki ilişkiden daha büyük olduğu, yani enerji verimlilik indeksi değerlerini ( $E_i$ ) etkileyen en önemli özelliğin, özgül yakıt tüketimi değerleri olduğu görülmüştür.

## 5.2 Öneriler

Tarımsal faaliyetlerde, traktörler yüksek oranda dizel yakıt tükettiği için traktörlerin enerji verimliliğinin bilinmesi, çiftçiler, traktör imalatçıları ilgili kamu ve özel sektörler ile yaşadığımız çevre açısından önemli faydalar sağlayacaktır. Çiftçilerin kendisine en uygun güç, fiyat, konfor, satış sonrası servis gibi mevcut satın alma kriterlerine ek olarak enerji verimlilik sınıfını tarafsız, kamu yararına yapılan OECD test sonuçlarına bağlı olarak bilmeleri Türk tarımı açısından önemlidir.

İspanya Çevre, Tarım ve Denizcilik Bakanlığı tarafından 2008 yılından bu yana İspanyada satılan tarım traktörleri verimlilik açısından sınıflandırılmaktadır. Bir program çerçevesinde çiftçi ve tarımsal işletmelerde bulunan eski traktörlerin yenileriyle değiştirilmesi sırasında, devlet tarafından verilen hibe ve desteklemeler, traktörün enerji verimlilik sınıfı esas alınarak yapılmaktadır. Hibe ve destekler sadece

yüksek verimli olan A ve B sınıfı traktörlere verilmektedir (Anonymous 2007). Bu uygulama dünyada traktörlerin satışı ve teşvik edilmesi konusunda enerji verimliliğini dikkate alan tek uygulama ve güzel bir örnektir.

Bu çalışmada elde edilen sonuçlar doğrultusunda aşağıda belirtilen öneriler sıralanabilir:

- OECD Kod 2’de test sonucunun olumsuz olmasıyla ilgili herhangi bir kriter bulunmamaktadır. Bu nedenle üretici veya ithalatçılar test için başvurdukları her traktör için olumlu test raporu alabilmektedir, traktörlerin performansları belirlenmekte fakat herhangi bir performans kriteri olmadığı için kabul veya red şeklinde bir uygulama yoktur. Traktörler için mevcut raporlarda çok fazla veri yer almakta olup, bu veriler kullanılarak verimlilik, etkinlik, çalışma kolaylığı gibi tespit edilecek parametrelerle, gerekli performans kriterleri belirlenebilir.
- Traktörlerin üretim teknolojisi dünyada, özellikle son yıllarda çok hızlı değiştiği için, yeni teknolojiler uygulanmaktadır. Bu nedenle enerji verimliliğini etkileyen özellikler daha ayrıntılı olarak ele alınmalı, bu alandaki çalışmalar güncellenerek sektörde yer alan yenilikler değerlendirilmeli ve traktör imal edilirken enerjiyi daha verimli kullanmayı sağlayacak özellikler dikkate alınmalıdır.
- Enerji verimliliğini arttırıcı ve çevre kirliliğini azaltıcı etkileri nedeniyle, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı aracılığıyla yapılan teşvik ve desteklemelerin daha yüksek verimli ve çevreyi daha az kirleten traktörlere verilmesi konusunda ilgili yasal düzenlemeler yapılabilir.
- Tarım traktörlerine teşvik veya kredi yeterlilik belgesi verilirken, sadece OECD Kod 2 raporu değil, rapor sonuçlarından belirlenebilecek olan enerji verimlilik sınıfı dikkate alınabilir.
- Yetkili Kamu Kurumları tarafından, Türkiye’de satılan traktörlerin, enerji verimliliğine göre sınıflandırması yapılarak, uygun ortam ve yöntemle (ilgili Kamu Kurumlarının web sitesinde liste olarak verilebilir) traktör satın alıcılarının ulaşabileceği şekilde bilgilendirilmesi sağlanabilir.

- Traktörlerin enerji verimliliğini arttıran, daha az yakıt tüketerek daha fazla güç üretmesini sağlayan, yüksek basınçlı CR yakıt enjeksiyon sistemi gibi teknolojik gelişmeler ve uygulamaların, yerli üretilen traktörlerde kullanılmasına yönelik Ar-Ge çalışmaları teşvik edilebilir.
- Teknolojik gelişmeler ve gerekli diğer durumlarda bu tez kapsamında belirlenmiş olan enerji verimlilik sistemi (Ei) ile ilgili daha fazla çalışmalar yapılarak enerji verimlilik sınıflandırma sistemi güncellenmelidir.
- Standart laboratuvar test sonuçları doğrultusunda oluşturulan enerji verimlilik sınıflandırma sisteminin doğrulanması amacıyla, tarlada gerçek çalışma koşullarında ilave çalışmalar yapılabilir.
- Traktör hareket iletim sistemlerinde kullanılmaya başlanan, power-shift, power-shuttle gibi farklı sistemler ile yine traktörlerde kullanılan turboşarj, intercooler gibi ilave donanımları bundan sonra yapılacak enerji verimlilik sınıflandırma çalışmalarda dikkate alınabilir.
- Geliştirilmiş olan indeksin uluslararası alanda kullanılması için sınıflandırma yapılacak Ülkedeki traktörlerin kuyruk mili ve çeki işlerindeki çalışma oranlarının belirlenerek ağırlıklı özgül yakıt tüketimi hesaplanırken bu oranların kullanılması dikkate alınmalıdır.
- Dünyada, özellikle İspanya’da traktör desteklemelerine yönelik uygulamalar dikkate alınarak, kredili satışla ilgili tebliğ (Anonim 2010), yeniden gözden geçirilebilir.
- Traktör bakımlarının zamanında ve doğru şekilde yapılması, özellikle hava ve yakıt filtrelerinin zamanında değişimi traktörlerin yakıt tüketimini etkilemektedir. İspanya örneğinde olduğu gibi traktör bakımlarına, özellikle filtrelerin değişimine yönelik destekleme programları uygulanabilir,

- Türkiye traktör parkında ekonomik ömrünü tamamlamış ve kara motor denilen (Faz 0), üzerinde hiçbir egzoz emisyon sistemi bulunmadığı için çevreyi çok fazla kirleten, yakıt tüketimi çok yüksek olan önemli sayıda traktör vardır. Bu yaşlı, verimsiz ve ekonomik olmayan traktör parkı, belirli bir program çerçevesinde ve oluşturulan enerji verimlilik sınıfı gözetilerek yenilenebilir.
- Traktörlerin yakıt tüketimine etkili faktörlerden birisi olduğu için, traktör kullanıcılarına daha doğru ve etkin traktör kullanımına yönelik eğitici programlar geliştirilebilir.
- Tarımsal mekanizasyon faaliyetlerinde daha az enerji tüketimi için, traktör/ekipman seçiminin optimum şekilde yapılması gerekmektedir.

Ayrıca bu çalışmalar, traktör üreticilerine ürettikleri traktörün enerji verimlilik sınıfını bilmesi, daha verimli traktörlerin üretimi ve daha fazla satış için önemli bir rekabet unsuru olabilecek, bu şekilde üreticilerin daha yeni üretim teknolojileri kullanarak daha verimli traktörler üretmeleri için bir teşvik olabilecektir. İlgili hibe, destek ve teşviklerin çok yüksek verimli traktörlere verilmesi veya çok düşük verimli traktörlere verilmemesi durumunda; traktör üreticileri daha verimli çalışan, çevreye daha az zarar veren, daha ekonomik çalışan traktörler üretebilmesi için rekabet edebilecekleri düşünülmektedir.

Türkiye’de çiftçiler veya tarım işletmecilerinin, traktör satın alırken dikkate aldıkları özelliklerin başında yakıt tüketiminin ekonomik oluşu gelmektedir. Fakat yakıt tüketimine ilişkin bilgilerin olmaması, bu bilgilere ulaşamaması, ulaşılan bilgilerinde üreticilere ait tek taraflı, onaylanmamış, ölçülmeyen bilgiler olması, bilgi çağı olan günümüzde önemli bir eksikliktir (Bu bilgilere ulaşım mümkün olsa bile çok detaylı ve teknik olan bu bilgileri doğru olarak yorumlayacak teknik bilgi ve tecrübeye sahip olmak gerekmektedir).

Bu eksikliğı giderecek olan uygulama; çiftçilere veya traktör satın alacak kişi veya kuruluşlara, tarım işletmelerine; satın almayı düşündükleri traktörün yakıt tüketim bilgilerinin tarafsız olan Kamu otoritelerince sağlanmasıdır. Bunun bir adım ötesi teknik olarak yorumlanmış, uygulanabilir, basit ve daha anlamlı bir şekli olan enerji verimlilik

sınıfının bilinmesidir. Herhangi bir beyaz eşya satın alırken, enerji verimlilik sınıfını bilerek almak, bütün tüketiciler için ne kadar önemli ve faydalı bir uygulama ise, traktör satın alırken de enerji verimlilik sınıfının bilinmesi önemlidir ve faydalı olacaktır. Bütün traktör satın alıcılarının, OECD Kod 2 deney raporunda yer alan sonuçlara ulaşması, ulaşabildikten sonra da doğru olarak anlaması ve yorumlamasının mümkün olmadığı durumlarda, bu sonuçları herkesin anlayabileceği, basit ve anlaşılabilir hale getirmek önemlidir.

Bütün bu faydaların sağlanması traktörlerin enerji verimlilik sınıflarının güvenilir, tarafsız, karşılaştırılabilen değerlerle tespit edilmesiyle olacaktır.

Bu çalışmanın esas amacı; Türkiye'deki tarım traktörlerinin enerji verimliliği sınıflandırmasına yönelik bir sistem geliştirmektir. Bu amaçla Türkiye'de 2010 - 2015 yılları arasında satılan ve OECD Kod 2 deney raporu almış olan farklı teknik özelliklere sahip traktörlerden 293 tanesi seçilmiş ve sonuçlar değerlendirilerek, sadece ülkemizde değil aynı zamanda bütün dünyada uygulanabilecek bir enerji verimlilik sınıflandırma sistemi oluşturulmuştur.

## KAYNAKLAR

- Adaçay, F. R. 2014. Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler. Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. 6 (2) . 87-103.
- Akıncı, İ. ve Çanakcı, M. 2000. Antalya ili tarım işletmelerinde traktör ve tarım iş makinaları kullanım sürelerinin belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi, 1-2 Haziran 2000, Bildiri Kitabı.43-50, Erzurum.
- Anonim. 2000. Tarımsal Mekanizasyon Araçlarının Kredili Satışına Esas Deney ve Denetimlerle İlgili Tebliğ. Tebliğ No: 2000/37
- Anonim. 2007a. Enerji Verimliliği Kanunu. Kanun No: 5627
- Anonim. 2007b. Tarım veya Orman Traktörlerini Tahrik Etmek Üzere Tasarlanan Motorlardan Çıkan Gaz Emisyonları ve Parçacık Kirleticilere Karşı Alınacak Tedbirlerle İlgili Tip Onayı Yönetmeliği. Yönetmelik No: 2000/25/AT
- Anonim. 2008. Tarım veya Orman Traktörleri, Bunların Römorkları ve Birbiriyle Değiştirilebilir Çekilen Makinaları ile Sistemleri, Aksamları, Ayrı Teknik Üniteleri ile İlgili Tip Onayı Yönetmeliği. Yönetmelik No: 2003/37/AT.
- Anonim. 2010a. Ev Tipi Buzdolapları, Derin Dondurucular, Buzdolabı Derin Dondurucular ve Bunların Bileşimlerinin Enerji Etiketlemesine Dair Yönetmelik. Yönetmelik No : 94/2/AT.
- Anonim. 2010b. Türkiye Enerji ve Enerji Verimliliği Çalışmaları Raporu. Yeşil Ekonomiye Geçiş, Türkiye Enerji Verimliliği Meclisi (TEVEM) ve Enerji Verimliliği Derneği (ENVERDER)
- Anonim. 2011. OECD Kod 2 Deney Raporları. Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü. Ankara. 2011.
- Anonim. 2012. Enerji Verimliliği Strateji Belgesi 2012-2023. Yüksek Planlama Kurulu karar no:2012/1. 28215 sayılı resmi gazete tarihi: 20.02.2012.
- Anonim. 2015a. Web sitesi: <http://www.tzob.org.tr/Bas%C4%B1n-Odas%C4%B1/Haberler/ArtMID/470/ArticleID/1201/Trakt246rsay%C4%B1s%C4%B1-16-milyonu-ge231ti>, Erişim Tarihi: 11.03.2015.

- Anonim. 2015b. Web Sitesi: [http://www.eie.gov.tr/duyurular\\_haberler/document/SENVVER\\_15\\_Usul\\_ve\\_Esasl原因lar\\_Ek2.pdf](http://www.eie.gov.tr/duyurular_haberler/document/SENVVER_15_Usul_ve_Esasl原因lar_Ek2.pdf) Erişim Tarihi: 23.03.2015.
- Anonim. 2015c. Web Sitesi: [http://www.turkoilmarket.net/yaglar.php?adblue=adblue&fiyati=petrol\\_ofisi](http://www.turkoilmarket.net/yaglar.php?adblue=adblue&fiyati=petrol_ofisi) Erişim Tarihi: 03.07.2015.
- Anonim. 2015d. Web Sitesi: [http://www.erkunttraktor.com.tr/assets/model\\_dosyalar/erkunt\\_traktor\\_fiyat\\_listesi.pdf](http://www.erkunttraktor.com.tr/assets/model_dosyalar/erkunt_traktor_fiyat_listesi.pdf) Erişim Tarihi: 28.10.2015.
- Anonim. 2015e. Web Sitesi: <http://evf.gov.tr/> Erişim Tarihi: 25.12.2015.
- Anonim. 2015f. Web Sitesi: <http://www.tupras.com.tr/detailpage.tr.php?lPageID=6004> Erişim Tarihi: 25.12.2015.
- Anonim. 2015g. Web Sitesi: <http://www.newholland.com.tr/Fiyat-Listesi.aspx> Erişim Tarihi: 26.12.2015.
- Anonim. 2015h. Web Sitesi: <http://www.tamtest.gov.tr/common-rail-direkt-enjeksiyon-sistemi-cdi> Erişim Tarihi: 27.12.2015.
- Anonymous. 2000. Directive 1999/94/EC Relating to the Availability of Consumer Information on Fuel Economy and CO<sub>2</sub> Emissions in Respect of the Marketing of New Passenger Cars. Official Journal of the European Communities. 18.1.2000
- Anonymous. 2002. EP496. Agricultural machinery management. St. Joseph, Mich. ASAE
- Anonymous. 2007. Development of Indexes To Classify Agricultural Tractors According To Their Energy Efficiency AGR/CA/T/RD(2007)1. OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Anonymous. 2009. Energy Efficiency Classification Of Agricultural Tractors. TAD/CA/T/RD(2009)4. OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Anonymous. 2011. ASABE Standards, Agricultural Machinery Management. Volume 58. EP496.3, St. Joseph, Mich., USA.

- Anonymous. 2012a. Energy Efficiency Indexes (EEI) Applied To Agricultural Tractors. Background Note / Literature Review. TAD/CA/T/WD(2012)3. OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Anonymous 2012b. Possibilities For Harmonizing Methodologies Used To Calculate Energy Efficiency Indexes Applicable To Agricultural Tractors Using Oecd Code 2 Tests. TAD/CA/T/WD(2012)4. OECD, Organisation for Economic Co-operation and Development, 6-7 November. 2012.Paris, France.
- Anonymous. 2014. Web Sitesi: <http://stats.oecd.org/glossary/detail.asp?ID=4776> Erişim Tarihi: 23.03.2014.
- Anonymous. 2015a. Web Sitesi: <https://store.extension.iastate.edu/Product/pm2089m-pdf> Erişim Tarihi: 23.03.2015.
- Anonymous. 2015b. OECD Code 2. OECD Standard Codes For The Official Testing Of Agricultural and Forestry Tractors. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Anonymous. 2015c. OECD Standard Codes For The Official Testing Of Agricultural And Forestry Tractors. General Text. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris, France.
- Anonymous. 2015d. Web Sitesi: [http://ec.europa.eu/green-papers/index\\_en.htm](http://ec.europa.eu/green-papers/index_en.htm) Erişim Tarihi: 04.02.2015.
- Aybek, A. 2002. Kahramanmaraş Yöresi Tarım İşletmecilerinin Traktör Satın Alırken Dikkate Aldıkları Faktörler. KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 5(2) 88-94.
- Bayramoğlu, Z. 2010. Tarımsal Verimlilik ve Önemi. Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi 24 (3), 52-61 ISSN:1309-0550. Konya.
- Bunes, O. and Einang, M.P. 2000. Comparing the performance of the common rail fuel injection system with the traditional injection system using computer aided modelling and simulation. International Conference on Marine Science and Technology for Environmental Sustainability. MARINTEK paper at ENSUS 2000. Newcastle.
- Çanakçı, M. ve Özsezen, A.N. 2004. Dizel Motorları Yakıt Enjeksiyon Sistemlerindeki Gelişmeler, Mühendis ve Makina, 531, 35-42.



- Ekinci, K., Akbolat, D., Demircan, V. ve Ekinci Ç. 2005. Isparta İli Elma Üretiminde Enerji Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi. III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 19-21 Ekim 2005, Mersin.
- Evcim, H.Ü., Ulusoy E., Gülsoylu E., Sındır, K.O. ve İçöz, E. 2005. Türkiye Tarımı Makinalaşma Durumu. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası VI. Teknik Kongresi Bildiri Kitabı. Cilt 2, 869-892, 3-7 Ocak 2005, Ankara.
- Gellings, W.C. 2008. Energy Efficiency in Agricultural Equipment. Efficient Use and Conservation Energy. Encycloppedia of Life Support Systems (EOLSS), vol II.
- Gil-Sierra, J., Ortiz-Cañavate, J., Gil-Quirós, V. and Casanova-Kindelán, J. 2007. Energy Efficiency in Agricultural Tractors: A Methodology for their Classification. Applied Engineering in Agriculture. 23(2): 145-150.
- Grisso, D.R, Kocher, F.M. and Vaughan, H.D. 2004. Predicting Tractor Fuel Consumption. Biological Systems Engineering.Papers and Publications. Paper: 164. University of Nebraska.
- Howard, N.C., Kocher, F.M., Hoy, R.M. and Blankenship, E.E. 2013. Testing the Fuel Efficiency of Tractors with Continuously Variable and Standard Geared Transmissions. Biological Systems Engineering. Papers and Publications. 56 (3): 869-879. University of Nebraska.
- Janousek, S.G. 2010. Evaluation of Ethanol and Water Introduction via Fumigation on Efficiency and Emissions of a Compression Ignition Engine Using an Atomization Technique. Master's thesis. University of Nebraska, Agricultural and Biological Systems Engineering, Lincoln, Nebraska.
- Keskin, T. 2006. Avrupa Birliğinde ve Türkiye'de Enerji Verimliliğinin Enerji Sektöründeki Beklenen Etkileri. 10. Enerji Kongresi Bilim Programı. Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi 2006.
- Keskin, T. ve Ünlü, H. 2010 Türkiye'de Enerji Verimliliğinin Durumu ve Yerel Yönetimlerin Rolü Araştırma Raporu. İstanbul.
- Muñoz-Garcia, M.A., Ortiz-Cañavate, J., Gil-Sierra, J., Casanova, J. and Valle, A. 2012. New classifications of tractors according to their energy efficiency. CIGR, AgEng, Valencia. (Spain).
- Narin, M. ve Akdemir, S. 2006. Enerji Verimliliği ve Türkiye, UEK-TEK 2006 Uluslararası Ekonomi Konferansı, Ankara.

- Olum, S. 2007. OECD standart kod 2'ye göre farklı lastik basınçlarının çeki performans testine etkisi. Yüksek Lisans Dönem Projesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Ortiz-Cañavate, J. Gil-Sierra, J. Casanova-Kindelán, J. and Gil-Quirós, V. 2009. Classification of Agricultural Tractors According to the Energy Efficiencies of the Engine and the Transmission Based on OECD Tests. Applied Engineering in Agriculture 25(4): 475-480
- Öğüt, H. 1995. Tarım Traktörleri. Selçuk Üniversitesi Z. F. Yayını, No:23, Konya.
- Öztürk, H. H. 2011. Tarımsal Üretimde Enerji Verimliliği. 2. Ulusal Enerji Verimliliği Forumu ve Fuarı Bildiriler Kitabı. 36-40. İstanbul.
- Sağlam, C., Polat, R. ve Sağlam, R. 2006. Şanlıurfa İli Kuru Tarım İşletmelerinde Optimum Makina Boyutu ve Traktör Gücünün Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2 (4); 279-283.
- Saral, A. 1997. Tarım Traktörleri (II. Baskı). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:1471, Ders Kitabı: 436. Ankara.
- Saral, A., Vatandaş, M., Güner, M., Ceylan, M. ve Yenice, T. 2000. Türkiye Tarımının Makinalaşma Durumu. Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, 17-21 Ocak, 901-923, Ankara.
- Saral, A. ve Avcıoğlu O. A. 2002. Motorlar ve Traktörler. Ankara Üniversitesi Z. F. Yardımcı Ders Kitabı: 482, Yayın No:1529. Ankara
- Sayın, S. 2006. Amik ovasında mekanizasyon planlaması, tarım makinaları edinim olanaklarına ilişkin veri tabanı oluşturulması ve bunların değerlendirilmesi konusunda bir araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makineleri Anabilim Dalı, Adana.
- Satman, A. 2007. Türkiye'nin Enerji Vizyonu. Jeotermal Enerjiden Elektrik Üretimi Semineri, TESKON2007, VIII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, 25-28 Ekim 2007, İzmir.
- Shin., C., Kim K. U. and Kim, K. W. 2012 Energy Efficiency Classification of Agricultural Tractor Using OECD Test Data. Proceedings of the 6th International Symposium on Machinery and Mechatronics for Agriculture and Biosystems Engineering (ISMAB).June 2012, Jeonju, Korea.

- Shin C. and Kim K.U. 2013. A method for fuel efficiency classification of agricultural tractors. ASABE Paper Number: 131621100. Seoul, Korea.
- Silveira, G.M. and Sierra, J.G. 2010. Energy efficiency of tractors manufactured in Brazil. Rev. bras. eng. agríc. ambient. [online]. Vol.14, n.4, pp. 418-424. ISSN 1807-1929.
- Sümer, K.S., Say, S.M. ve Özpınar, S. 2008. Çanakkale İlinde Kullanılmış Traktör Fiyatlarının Belirlenmesi. Tekirdağ Z. F. Dergisi. Sayfa 253-266.
- Türker, U., Ergül, İ., and Eroğlu, M.C. 2012. Energy Efficiency Classification of Agricultural Tractors in Turkey Based on OECD Tests. Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research. Vol. 28 (2): 917-924.
- Yaldız, E. 2007. Kavramsal Düzeyde Etkinlik, Etkililik ve Verimlilik Olgularına Bir Bakış. Web Sitesi: [http:// www.paribus.tr.googlepages.com/e\\_yaldiz.doc](http://www.paribus.tr.googlepages.com/e_yaldiz.doc). Erişim Tarihi: 22.01.2009

## EK 1 Traktörlere Ait Bilgiler

Traktör No	Güç (kW)	Vites Sayısı	Tahrik	Ö <sub>i</sub> ml/kWh	Üretim	Koruyucu Yapı	Verim η <sub>i</sub> (%)	İndeks E <sub>t</sub>	EVS
1	58.8	16X16	4WD	383.8	İthal	Kabinli	0.293	94.6	C
2	64.7	16X16	4WD	385.6	İthal	Kabinli	0.305	95.1	C
3	56	24X12	4WD	402.5	İthal	İki direkli	0.289	99.3	D
4	47.3	12X12	4WD	374.8	Yerli	İki direkli.	0.290	92.4	C
5	48.7	12X12	4WD	431.0	Yerli	Kabinli	0.279	106.3	E
6	52.7	12X12	4WD	417.5	Yerli	Kabinli	0.287	103	D
7	61.5	12X12	4WD	396.7	Yerli	Kabinli	0.280	97.8	D
8	34.7	8X2	4WD	396.5	Yerli	Kabinli	0.305	97.8	D
9	37.6	8X2	4WD	453.0	Yerli	Kabinli	0.259	108.6	E
10	48.2	8X2	2WD	419.5	Yerli	Kabinli	0.300	100.6	D
11	48.2	8X2	4WD	394.1	Yerli	Kabinli	0.296	97.2	D
12	47.3	12X4	2WD	374.1	Yerli	Kabinli	0.290	89.7	C
13	36.6	15X15	4WD	396.7	İthal	İki direkli	0.262	97.8	D
14	46.8	15X15	4WD	363.8	İthal	İki direkli	0.314	89.7	C
15	52	16X8	4WD	389.1	İthal	İki direkli	0.279	96	C
16	60.3	16X8	4WD	355.5	İthal	İki direkli	0.293	87.7	B
17	33.2	8X2	4WD	415.3	Yerli	Kabinli	0.286	102.4	D
18	42.3	8X2	4WD	414.5	Yerli	Kabinli	0.246	102.2	D
19	50.8	12X12	2WD	396.8	Yerli	İki direkli	0.290	95.2	C
20	50.8	12X12	4WD	394.3	Yerli	Kabinli	0.292	97.2	D
21	29.1	8X8	4WD	475.3	Yerli	Kabinli	0.225	117.2	F
22	34.7	8X2	2WD	392.3	Yerli	Kabinli	0.305	94.1	C
23	37.6	8X2	4WD	402.6	Yerli	İki direkli	0.276	99.3	D
24	42.3	8X2	2WD	424.2	Yerli	Kabinli	0.251	101.7	D
25	33.2	8X2	2WD	400.1	Yerli	Kabinli	0.294	96	C
26	47.1	15X15	2WD	425.7	İthal	Kabinli	0.267	105	E
27	54.7	18X18	4WD	403.2	İthal	Kabinli	0.286	99.4	D
28	40.3	12X12	4WD	405.2	Yerli	İki direkli	0.288	99.9	D
29	45.2	12X12	4WD	391.9	Yerli	İki direkli	0.280	96.6	D
30	53.3	12X12	4WD	364.3	Yerli	İki direkli	0.305	89.8	C
31	49.7	16X16	2WD	448.1	İthal	Kabinli	0.286	105.9	E
32	67.6	16X16	4WD, CR	436.3	İthal	Kabinli	0.286	103.1	D
33	59.9	12X12	4WD	416.5	Yerli	Kabinli	0.283	102.7	D
34	59.9	12X12	2WD	378.5	Yerli	İki direkli	0.290	90.8	C
35	55.8	18X18	4WD	430.3	İthal	Kabinli	0.269	106.1	E
36	28.9	16X16	4WD	467.6	İthal	İki direkli	0.234	115.3	F
37	33.5	16X16	4WD	457.5	İthal	İki direkli	0.246	112.8	F
38	51.3	20X20	4WD	475.9	İthal	Kabinli	0.289	117.4	F

Traktör No	Güç (kW)	Vites Sayısı	Tahrik	Ö <sub>i</sub> ml/kWh	Üretim	Koruyucu Yapı	Verim η <sub>i</sub> (%)	İndeks E <sub>i</sub>	EVS
39	50.8	20X20	4WD	466.8	İthal	Kabinli	0.274	115.1	F
40	60	20X20	4WD	430.4	İthal	Kabinli	0.252	106.1	E
41	65.5	16X16	4WD, CR	427.3	İthal	Kabinli	0.292	101	D
42	58.8	16X16	4WD	447.9	İthal	Kabinli	0.281	105.8	E
43	52.6	12X12	2WD	414.6	Yerli	İki direkli.	0.294	99.4	D
44	52.6	12X12	4WD	392.6	Yerli	Kabinli	0.292	96.8	D
45	20.7	6X3	4WD	426.5	İthal	İki direkli.	0.262	105.2	E
46	23.6	6X3	4WD	414.5	İthal	İki direkli.	0.255	102.2	D
47	51.3	16X16	4WD, CR	420.5	İthal	Kabinli	0.280	99.3	D
48	58	16X16	4WD, CR	420.0	İthal	Kabinli	0.284	99.2	D
49	48.3	16X8	2WD	427.0	Yerli	İki direkli.	0.263	105.3	E
50	75.2	16X16	4WD, CR	419.5	İthal	İki direkli.	0.281	99.1	D
51	28.3	8X8	4WD	419.5	İthal	İki direkli.	0.266	103.4	D
52	36	16X16	4WD	483.6	İthal	İki direkli.	0.245	119.3	F
53	38	12X3	2WD	387.7	Yerli	İki direkli.	0.281	93	C
54	38	12X3	4WD	385.6	Yerli	İki direkli.	0.277	95.1	C
55	58.4	36X12	4WD	407.8	İthal	Kabinli	0.285	100.6	D
56	30	12X4	4WD	379.6	İthal	İki direkli.	0.271	93.6	C
57	48.3	15X15	2WD	446.9	İthal	İki direkli.	0.271	110.2	E
58	54.8	16X16	4WD	445.6	İthal	Kabinli	0.274	109.9	E
59	49	12X12	4WD	411.1	Yerli	İki direkli.	0.284	101.4	D
60	29.7	12X12	4WD	460.9	İthal	İki direkli.	0.244	113.7	F
61	23.6	6X3	4WD	394.4	İthal	İki direkli.	0.267	97.3	D
62	40.1	12X4	4WD	447.3	İthal	İki direkli.	0.248	110.3	E
63	44.8	12X3	4WD	362.7	Yerli	İki direkli.	0.296	89.4	C
64	29.9	8X2	2WD	356.3	Yerli	İki direkli.	0.314	85.5	B
65	55.3	16X16	4WD	440.8	İthal	Kabinli	0.275	108.7	E
66	46.6	12X12	4WD	459.8	Yerli	Kabinli	0.281	113.4	F
67	44.3	12X3	4WD	382.1	Yerli	Kabinli	0.313	94.2	C
68	44.3	12X3	2WD	377.3	Yerli	Kabinli	0.315	90.5	C
69	37.6	12X12	4WD	394.6	Yerli	Kabinli	0.301	97.3	D
70	58.6	24X12	4WD, CR	421.2	İthal	Kabinli	0.295	103.9	E
71	62.6	36X12	4WD	422.8	İthal	Kabinli	0.274	104.3	E
72	63.1	32X16	4WD, CR	403.7	İthal	İki direkli.	0.292	95.4	C
73	29.7	8X4	4WD	418.8	İthal	İki direkli.	0.246	103.3	D
74	60.6	12X3	4WD	370.7	Yerli	Kabinli	0.315	91.4	C
75	55.5	12X12	4WD	412.6	İthal	Kabinli	0.276	101.8	D
76	41.9	12X12	2WD	432.5	Yerli	Kabinli	0.272	103.7	E
77	32.5	8X8	2WD	413.4	Yerli	Kabinli	0.274	99.2	D
78	32.5	8X8	4WD	403.1	Yerli	İki direkli.	0.271	99.4	D

Traktör No	Güç (kW)	Vites Sayısı	Tahrik	Ö <sub>i</sub> ml/kWh	Üretim	Koruyucu Yapı	Verim η <sub>i</sub> (%)	İndeks E <sub>i</sub>	EVS
79	53.7	15X15	4WD	461.1	İthal	İki direkli.	0.278	113.7	F
80	67	36X12	4WD	433.8	İthal	Kabinli	0.260	107	E
81	30.3	24X24	4WD	439.5	İthal	İki direkli.	0.246	108.4	E
82	45.2	16X16	4WD	480.1	İthal	Kabinli	0.263	118.4	F
83	44.3	12X12	4WD	392.5	Yerli	İki direkli.	0.298	96.8	D
84	42.2	8X4	4WD	400.0	Yerli	İki direkli.	0.285	98.6	D
85	30.5	8X4	4WD	411.8	Yerli	İki direkli.	0.271	101.5	D
86	61	30X15	4WD	392.3	İthal	İki direkli.	0.295	96.8	D
87	49	12X12	4WD	437.4	Yerli	İki direkli.	0.295	104.9	E
88	28.3	8X2	4WD	372.8	İthal	İki direkli.	0.290	91.9	C
89	34.8	8X2	2WD	394.7	Yerli	İki direkli.	0.302	94.7	C
90	39.4	12X12	2WD	342.2	Yerli	İki direkli.	0.284	82.1	B
91	37.6	12X12	2WD	418.7	Yerli	İki direkli.	0.298	100.4	D
92	44	12X12	2WD	420.1	Yerli	İki direkli.	0.299	100.8	D
93	44.3	12X12	2WD	420.0	Yerli	İki direkli.	0.305	100.7	D
94	41.9	12X12	4WD	407.7	Yerli	Kabinli	0.279	100.5	D
95	42.9	16X8	2WD	416.1	Yerli	Kabinli	0.270	99.8	D
96	34.8	8X8	4WD	380.2	İthal	İki direkli.	0.288	93.8	C
97	34	8X8	4WD	357.1	İthal	İki direkli.	0.290	88.1	B
98	29.9	8X2	2WD	293.6	Yerli	İki direkli.	0.316	70.4	A
99	85.9	17X16	4WD, CR	373.6	İthal	Kabinli	0.323	88.3	B
100	106.2	18X6	4WD, CR	364.7	İthal	Kabinli	0.325	86.1	B
101	47.8	24X12	4WD	391.7	İthal	İki direkli.	0.280	96.6	D
102	58.4	15X15	4WD	382.0	İthal	İki direkli.	0.295	94.2	C
103	53.5	12X12	4WD	415.1	İthal	Kabinli	0.303	102.4	D
104	78.8	19X6	4WD, CR	382.4	İthal	Kabinli	0.308	90.3	C
105	147	CVT	4WD, CR, CVT	356.2	İthal	Kabinli	0.308	83.7	B
106	51.1	24X12	4WD	424.5	İthal	Kabinli	0.282	104.7	E
107	45.2	16X8	4WD	437.9	Yerli	Kabinli	0.259	105	E
108	45.2	16X8	4WD	440.7	Yerli	Kabinli	0.257	108.7	E
109	47	15X15	4WD	376.1	İthal	Kabinli	0.293	92.8	C
110	91.1	19X6	4WD, CR	390.8	İthal	Kabinli	0.324	92.3	C
111	103.7	19X6	4WD, CR	394.8	İthal	Kabinli	0.319	93.3	C
112	22.4	8X8	4WD	408.2	İthal	İki direkli.	0.277	100.7	D
113	55.9	16X16	4WD	418.4	Yerli	Kabinli	0.286	103.2	D
114	65.1	16X16	4WD	440.9	Yerli	Kabinli	0.270	108.7	E
115	60.3	16X16	2WD	442.0	Yerli	Kabinli	0.268	109	E
116	52.5	16X16	4WD	388.7	İthal	İki direkli.	0.290	95.8	C
117	57.9	16X16	4WD	383.7	İthal	İki direkli.	0.296	94.6	C
118	47.3	12X4	2WD	396.0	İthal	İki direkli.	0.305	95	C

Traktör No	Güç (kW)	Vites Sayısı	Tahrik	Ö <sub>i</sub> ml/kWh	Üretim	Koruyucu Yapı	Verim η <sub>i</sub> (%)	İndeks E <sub>i</sub>	EVS
119	52.5	16X16	4WD	384.5	İthal	İki direkli.	0.287	94.8	C
120	52.5	16X16	4WD	383.1	İthal	İki direkli.	0.289	94.5	C
121	60.4	16X16	4WD	410.6	İthal	İki direkli.	0.285	101.2	D
122	48.4	16X16	4WD	392.7	İthal	Kabinli	0.311	96.8	D
123	46.5	16X8	2WD	464.1	Yerli	İki direkli.	0.265	111.3	F
124	46.5	16X8	4WD	425.5	Yerli	İki direkli.	0.266	104.9	E
125	50.2	16X8	4WD	412.5	Yerli	İki direkli.	0.277	101.7	D
126	57.4	20X20	4WD	393.0	İthal	İki direkli.	0.299	96.9	D
127	62.3	20X20	4WD	403.2	İthal	İki direkli.	0.294	99.4	D
128	39.9	16X8	4WD	417.6	Yerli	İki direkli.	0.282	103	D
129	64.4	36X36	4WD	402.8	İthal	Kabinli	0.293	99.3	D
130	36.5	12X12	2WD	385.3	Yerli	Kabinli	0.299	92.4	C
131	46.6	16X8	4WD	454.3	Yerli	Kabinli	0.264	109	E
132	46.6	16X8	4WD	429.5	Yerli	Kabinli	0.262	105.9	E
133	64.5	36X36	4WD	402.8	İthal	Kabinli	0.293	99.3	D
134	33.8	16X8	4WD	398.1	Yerli	İki direkli.	0.279	98.2	D
135	65.2	12X12	4WD	407.4	Yerli	Kabinli	0.284	100.5	D
136	45.4	16X8	4WD	407.0	Yerli	Kabinli	0.278	100.4	D
137	51.5	16X8	2WD	446.5	Yerli	İki direkli.	0.262	110.1	E
138	54.9	16X16	4WD	392.2	İthal	İki direkli.	0.308	96.7	D
139	60.5	16X16	4WD	411.1	İthal	İki direkli.	0.290	101.4	D
140	62.8	9X9	4WD	423.6	İthal	Kabinli	0.259	104.5	E
141	75.6	9X9	4WD	419.4	İthal	Kabinli	0.278	103.4	D
142	80.3	9X9	4WD, CR	422.7	İthal	Kabinli	0.281	104.2	E
143	53	16X16	4WD	410.3	İthal	Kabinli	0.259	101.2	D
144	64.9	16X16	4WD	398.1	İthal	Kabinli	0.261	98.2	D
145	36.5	12X12	2WD	389.0	Yerli	Kabinli	0.299	93.3	C
146	21.1	12X12	2WD	444.1	Yerli	İki direkli.	0.242	109.5	E
147	27.5	12X12	4WD	443.4	Yerli	İki direkli.	0.243	109.4	E
148	56.3	16X16	4WD	418.6	İthal	Kabinli	0.289	103.2	D
149	30.1	9X3	2WD	468.6	İthal	İki direkli.	0.272	112.4	F
150	30.1	9X3	4WD	437.5	İthal	İki direkli.	0.273	107.9	E
151	44.2	12X12	4WD	404.6	İthal	İki direkli.	0.288	99.8	D
152	46.2	10X10	4WD	452.3	İthal	Kabinli	0.260	111.5	F
153	70.6	32X32	4WD	392.1	İthal	Kabinli	0.290	96.7	D
154	19.4	12X12	4WD	460.2	Yerli	İki direkli.	0.247	113.5	F
155	9.5	6X2	4WD	473.0	Yerli	İki direkli.	0.205	116.7	F
156	35.2	16X16	4WD	487.9	İthal	İki direkli.	0.236	120.3	F
157	10.9	6X3	4WD	421.4	İthal	İki direkli.	0.253	103.9	E
158	37.3	12X4	4WD	433.3	İthal	İki direkli.	0.275	103.9	E

Traktör No	Güç (kW)	Vites Sayısı	Tahrik	Ö <sub>i</sub> ml/kWh	Üretim	Koruyucu Yapı	Verim η <sub>i</sub> (%)	İndeks E <sub>i</sub>	EVS
159	26.5	8X4	4WD	384.5	İthal	İki direkli.	0.282	94.8	C
160	63.5	16X16	4WD	411.7	Yerli	Kabinli	0.298	101.5	D
161	46.4	12X12	4WD	459.9	Yerli	İki direkli.	0.266	110.3	E
162	46.4	12X12	4WD	415.7	Yerli	İki direkli.	0.292	102.5	D
163	52	12X12	4WD	411.7	Yerli	İki direkli.	0.291	101.5	D
164	40.1	8X8	2WD	414.4	İthal	İki direkli.	0.270	99.4	D
165	45.4	12X3	4WD	422.5	Yerli	Kabinli	0.285	104.2	E
166	52	12X3	4WD	353.8	Yerli	Kabinli	0.285	87.2	B
167	36.6	15X15	4WD	396.7	Yerli	İki direkli.	0.262	97.8	D
168	46.8	15X15	4WD	363.8	Yerli	İki direkli.	0.314	89.7	C
169	47	15X15	4WD	296.8	Yerli	Kabinli	0.293	73.2	A
170	44	12X12	4WD	417.2	İthal	İki direkli.	0.270	102.9	D
171	51.9	12X12	4WD	434.2	İthal	İki direkli.	0.291	107.1	E
172	58	12X12	4WD	424.5	İthal	İki direkli.	0.291	104.7	E
173	34.7	16X16	4WD	418.2	İthal	Kabinli	0.271	103.1	D
174	36.8	16X16	4WD	412.1	İthal	Kabinli	0.273	101.6	D
175	29.9	12X12	4WD	413.5	Yerli	İki direkli.	0.266	102	D
176	32.9	8X8	4WD	419.3	Yerli	İki direkli.	0.289	103.4	D
177	39.7	8X8	4WD	391.9	Yerli	İki direkli.	0.296	96.6	D
178	46.6	8X8	4WD	406.8	Yerli	İki direkli.	0.271	100.3	D
179	41.3	8X2	4WD	420.5	Yerli	İki direkli.	0.258	103.7	E
180	52.5	12X12	4WD	405.1	İthal	İki direkli.	0.287	99.9	D
181	58.5	12X12	4WD	410.5	İthal	İki direkli.	0.280	101.2	D
182	60.7	12X12	4WD	413.4	İthal	İki direkli.	0.274	102	D
183	57.9	16X8	4WD	434.2	Yerli	Kabinli	0.263	107.1	E
184	39.4	12X12	2WD	420.8	Yerli	İki direkli.	0.280	100.9	D
185	13.4	6X3	4WD	451.5	İthal	İki direkli.	0.246	111.3	F
186	29.7	12X12	4WD	526.4	Yerli	İki direkli.	0.220	129.8	G
187	52.5	20X20	4WD	513.5	İthal	İki direkli.	0.236	126.6	G
188	97.8	24X12	2WD	436.7	İthal	Kabinli	0.277	107.7	E
189	58	12X12	4WD	424.5	İthal	İki direkli.	0.291	104.7	E
190	51.9	12X12	4WD	434.2	İthal	İki direkli.	0.285	107.1	E
191	44	12X12	4WD	417.2	İthal	İki direkli.	0.270	102.9	D
192	67	36X12	4WD	433.8	İthal	Kabinli	0.272	107	E
193	58.4	36X12	4WD	407.8	İthal	Kabinli	0.285	100.6	D
194	51.2	24X12	4WD	414.5	İthal	Kabinli	0.292	102.2	D
195	12.8	9X9	4WD	528.8	İthal	İki direkli.	0.212	130.4	G
196	43.7	12X12	4WD	445.6	İthal	İki direkli.	0.260	106.9	E
197	31.6	8X2	4WD	332.7	İthal	İki direkli.	0.304	82	B
198	29.7	12X12	2WD	314.6	Yerli	İki direkli.	0.267	75.4	A



Traktör No	Güç (kW)	Vites Sayısı	Tahrik	Ö <sub>i</sub> ml/kWh	Üretim	Koruyucu Yapı	Verim η <sub>i</sub> (%)	İndeks E <sub>i</sub>	EVS
199	39.4	12X12	4WD	339.4	Yerli	İki direkli.	0.266	83.7	B
200	34.5	24X24	4WD	439.8	İthal	Kabinli	0.255	108.4	E
201	61.5	32X32	4WD	458.1	İthal	Kabinli	0.262	113	F
202	55.4	20X20	2WD	445.9	İthal	İki direkli.	0.265	110	E
203	46.3	20X20	4WD	454.5	İthal	İki direkli.	0.277	112.1	F
204	51.1	36X12	4WD	456.2	İthal	Kabinli	0.271	112.5	F
205	40.6	20X20	4WD	403.5	İthal	İki direkli.	0.266	99.5	D
206	47.2	16X16	4WD	453.8	İthal	Kabinli	0.258	111.9	F
207	63.6	24X12	4WD	412.4	İthal	Kabinli	0.261	101.7	D
208	55.7	24X12	4WD	418.8	İthal	Kabinli	0.275	103.3	D
209	42.7	12X12	2WD	400.1	Yerli	İki direkli	0.305	96	C
210	69.1	16X16	4WD	419.8	İthal	Kabinli	0.266	103.5	E
211	35.2	12X12	4WD	447.4	Yerli	İki direkli	0.277	107.3	E
212	35.2	12X12	4WD	394.3	Yerli	İki direkli	0.308	97.2	D
213	71	16X16	4WD, CR	423.2	İthal	Kabinli	0.288	100	D
214	74.3	24X24	4WD, CR	389.8	İthal	Kabinli	0.303	92.1	C
215	67	24X24	4WD, CR	416.3	İthal	Kabinli	0.295	98.4	D
216	70.1	24X24	4WD, CR	386.4	İthal	Kabinli	0.304	91.3	C
217	46.2	24X24	4WD	449.3	Yerli	Kabinli	0.251	110.8	F
218	49.6	24X24	4WD	396.8	Yerli	Kabinli	0.293	97.9	D
219	56.8	24X24	4WD	395.4	Yerli	Kabinli	0.292	97.5	D
220	12.4	10X2	4WD	367.1	İthal	Yok	0.289	90.5	C
221	36.6	15X15	4WD	396.7	Yerli	Kabinli	0.262	97.8	D
222	46.8	15X15	4WD	363.8	Yerli	İki direkli	0.314	89.7	C
223	47	15X15	4WD	376.1	Yerli	Kabinli	0.293	92.8	C
224	28.2	8X2	4WD	395.7	Yerli	Kabinli	0.272	97.6	D
225	30.6	8X2	2WD	377.8	Yerli	İki direkli	0.276	90.6	C
226	38	12X3	2WD	387.7	Yerli	Kabinli	0.281	93	C
227	38	12X3	4WD	385.6	Yerli	Kabinli	0.277	95.1	C
228	44.8	12X3	4WD	362.7	Yerli	İki direkli	0.296	89.4	C
229	42.7	12X12	2WD	487.1	Yerli	Kabinli	0.286	116.8	F
230	35.7	12X12	4WD	493.9	İthal	Kabinli	0.232	121.8	G
231	38.6	12X12	4WD	453.4	Yerli	Kabinli	0.261	111.8	F
232	47.2	12X12	4WD	441.2	Yerli	Kabinli	0.269	108.8	E
233	46	12X4	4WD	452.5	İthal	İki direkli	0.278	108.5	E
234	46	12X4	4WD	395.9	İthal	İki direkli	0.282	97.6	D
235	57.4	20X20	4WD	393.0	İthal	İki direkli	0.299	96.9	D
236	61	30X15	4WD	392.3	İthal	İki direkli.	0.295	96.8	D
237	42.7	12X12	4WD	373.2	Yerli	İki direkli.	0.301	92	C
238	31.1	8X2	2WD	354.1	Yerli	İki direkli	0.320	84.9	B

Traktör No	Güç (kW)	Vites Sayısı	Tahrik	Öi ml/k Wh	Üretim	Koruyucu Yapı	Verim $\eta_i$ (%)	İndeks $E_i$	EV S
239	39.9	30X15	4WD	411.5	İthal	İki direkli.	0.255	101.5	D
240	62	24X24	4WD	398.7	İthal	Kabinli	0.296	98.3	D
241	55.8	30X15	4WD	394.7	İthal	İki direkli.	0.286	97.3	D
242	52.2	40X40	4WD	331.3	İthal	Kabinli	0.284	81.7	B
243	63.5	40X40	4WD	414.8	İthal	Kabinli	0.284	102.3	D
244	60.2	24X24	4WD	419.0	İthal	Kabinli	0.294	103.3	D
245	112.9	18X6	4WD, CR	372.9	İthal	Kabinli	0.305	88.1	B
246	37.6	8X2	2WD	444.9	Yerli	İki direkli	0.328	106.7	E
247	38.6	12X12	4WD	402.2	Yerli	İki direkli.	0.271	99.2	D
248	26.5	8X4	4WD	384.5	İthal	İki direkli.	0.282	94.8	C
249	18.5	6X2	4WD	388.5	İthal	İki direkli	0.334	95.8	C
250	36.9	12X12	4WD	497.5	İthal	Kabinli	0.224	122.7	G
251	63.5	16X16	4WD, CR	417.8	İthal	Kabinli	0.300	98.7	D
252	83.9	16X16	4WD, CR	401.6	İthal	Kabinli	0.300	94.9	C
253	61.5	14X4	4WD, CR	344.8	İthal	Kabinli	0.338	81.5	B
254	74.6	16X8	4WD, CR	353.3	İthal	Kabinli	0.294	83.5	B
255	55.1	12X12	4WD	345.5	İthal	İki direkli	0.304	85.2	B
256	32.5	8X2	2WD	481.0	Yerli	İki direkli	0.283	115.3	F
257	30.5	16X16	4WD	400.8	İthal	İki direkli.	0.243	98.8	D
258	34.3	16X16	4WD	417.3	İthal	İki direkli.	0.277	102.9	D
259	64.3	16X16	4WD, CR	402.5	İthal	Kabinli	0.299	95.1	C
260	71.2	16X16	4WD, CR	395.9	İthal	Kabinli	0.297	93.5	C
261	77.3	16X16	4WD, CR, SCR	376.7	İthal	Kabinli	0.302	89	C
262	76.6	CVT	4WD, CR, CVT, SCR	376.4	İthal	Kabinli	0.310	91.3	C
263	81.7	CVT	4WD, CR, CVT, SCR	394.4	İthal	Kabinli	0.315	95.7	C
264	63.1	CVT	4WD, CR, CVT	409.6	İthal	Kabinli	0.308	99.4	D
265	61	12X12	4WD	401.2	Yerli	Kabinli	0.282	99	D
266	30.6	8X2	4WD, CR, CVT	460.5	Yerli	İki direkli	0.293	110.4	E
267	46	12X4	4WD	342.1	Yerli	İki direkli.	0.330	84.4	B
268	43	24X24	4WD, CR	394.5	İthal	İki direkli	0.295	93.2	C
269	47.7	24X24	4WD, CR	390.5	İthal	İki direkli	0.282	92.3	C
270	37.3	12X4	2WD	494.0	Yerli	İki direkli.	0.228	118.5	F
271	37.3	12X4	4WD, SCR	434.0	Yerli	İki direkli.	0.247	107	E
272	91.4	24X24	4WD, CR, SCR	395.7	İthal	Kabinli	0.308	96.6	D
273	107.6	24X24	4WD, CR	345.7	İthal	Kabinli	0.316	84.4	B
274	71.5	24X24	4WD	393.3	Yerli	Kabinli	0.285	97	D
275	35.8	16X8	2WD	375.9	Yerli	İki direkli	0.288	90.1	C
276	35.8	16X8	4WD	366.2	Yerli	İki direkli	0.282	90.3	C
277	35.8	16X8	4WD	400.0	Yerli	İki direkli.	0.281	98.6	D
278	49.3	16X8	2WD	436.9	Yerli	İki direkli.	0.275	107.7	E

Traktör No	Güç (kW)	Vites Sayısı	Tahrik	Ö <sub>i</sub> ml/kWh	Üretim	Koruyucu Yapı	Verim η <sub>i</sub> (%)	İndeks E <sub>i</sub>	EVS
279	29.2	8X2	2WD	415.5	Yerli	İki direkli	0.253	99.6	D
280	16.4	8X8	4WD	523.2	İthal	İki direkli	0.229	129	G
281	65.5	24X24	4WD, SCR	402.2	Yerli	Kabinli	0.280	99.2	D
282	148.8	CVT	4WD, CR, CVT, SCR	383.9	İthal	Kabinli	0.292	93.1	C
283	168.6	CVT	4WD, CR, CVT, SCR	363.1	İthal	Kabinli	0.294	88.1	B
284	102.6	CVT	4WD, CR, CVT	376.2	İthal	Kabinli	0.299	91.3	C
285	125	24x9	4WD, CR	426.7	İthal	Kabinli	0.273	100.8	D
286	71.1	16X16	4WD, CR	414.0	Yerli	Kabinli	0.305	97.8	D
287	81.2	16X16	4WD, CR, SCR	395.0	Yerli	Kabinli	0.311	93.3	C
288	108.1	24X24	4WD, CR, SCR	342.8	İthal	Kabinli	0.315	83.7	B
289	164	CVT	4WD, SCR	449.7	İthal	Kabinli	0.323	109.1	E
290	131.3	CVT	4WD, CR, CVT, SCR	372.1	İthal	Kabinli	0.322	90.3	C
291	95.9	17X16	4WD, CR, SCR	338.4	İthal	Kabinli	0.317	82.6	B
292	120.6	19X6	4WD, CR, SCR	324.4	İthal	Kabinli	0.327	79.2	B
293	130.6	19X6	4WD, CR	340.4	İthal	Kabinli	0.336	83.1	B

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : İbrahim ERGÜL

Doğum Yeri : Karaman

Doğum Tarihi : 17.08.1974

Medeni Hali : Evli

Yabancı Dili : İngilizce

### Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Söke Ziraat Teknik Lisesi (1992)

Lisans : Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü  
(1997)

Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimler Anabilim Dalı (2002)

### Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Erzurum/Karayazı İlçe Tarım Müdürlüğü (1992-1994)

Konya İl Tarım Müdürlüğü (1994-1998)

Ankara Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü (1998-)

### Yayınlar (SCI)

Türker, U., **Ergül, İ.** ve Eroğlu, C.M. 2012. Energy Efficiency Classification of Agricultural Tractors in Turkey Based on OECD Tests. Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research. Vol. 28 (2): 917-924.

### Hakemli Dergiler

**Ergül, İ.** ve Dursun, E. 2003. Farklı malzemelerden yapılan konik hüzmeli memelerde aşınmanın verdi artışına etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 9 (1), 73-78, Ankara.

**Ergül, İ.** ve Dursun, E. 2003. Farklı malzemelerden yapılan konik hüzmeli memelerde aşınmanın ilaç dağılım paternine etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 9 (3), 278-283, Ankara.

**Ergül, İ.** ve Dursun, E. 2004. Konik Hüzmeleli Memelerde Aşınmanın Verdi ve İlaç Dağılım Paternine Etkileri. Tarımsal Mekanizasyon 22. Ulusal Kongresi, s. 169-176, Aydın.

Velioğlu, H., Silleli, H., Olum, S., Kantaş, M., Taşbaş, H. ve **Ergül, İ.** 2014. The Effect of Windscreen on Field of Vision in Tractors, Journal of Agricultural Machinery Science, VOLUME, 10, NUMBER, 3, pages 199-205, ISSN : 1306-0007.

Olum, S. Velioğlu, H., Kantaş, M., **Ergül, İ.**, Arıöz, M. ve Taşbaş, H.2015. 2006/42/AT Makine Emniyet Yönetmeliğine Göre Yapılan Uygunluk Değerlendirmelerinde En Çok Karşılaşılan Uygunsuzluklar. Tarım Makineleri Bilimi Dergisi. ISSN: 1306-0007, 2015, cilt:11, 9-16, 11. 2- Eylül. 2015. 146

### **Ulusal Kongre Sunum**

Olum, S. Velioğlu, H., Kantaş, M., **Ergül, İ.**, Arıöz, M. ve Taşbaş, H.2015. 2006/42/AT Makine Emniyet Yönetmeliğine Göre Yapılan Uygunluk Değerlendirmelerinde En Çok Karşılaşılan Uygunsuzluklar. 29. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi. 2- 5 Eylül. 2015. 146.

Olum, S. Velioğlu, H., Kantaş, M., **Ergül, İ.** ve Taşbaş, H. 2014. 2006/42/AT Makine Emniyet Yönetmeliğine Göre Mısır Silaj Makinesinde Görülen Uygunsuzluklar ve Doğru Uygulamalarla Uygunsuzlukların Giderilmesi, 20. Ulusal Ergonomi Kongresi, 26-28 Eylül, (2014) 95.

### **Uluslararası Kongre Sunum**

**Ergül, İ.** 2009. Paper by Turkey on Braking Tests (Room document Korea/TWG1/2009). OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors Technical Working Group Meeting, 24 September 2009, Gyeongju, Korea.

**Ergül, İ.** 2009. Paper by Turkey on Braking Tests (Room document). OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors Technical Working Group Meeting, 2 - 3 June 2009, Madrid, Spain.

**Ergül, İ.** 2014. Energy Efficiency. TAD/CA/T/WD(2014)6. OECD Standard Codes for the Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors Technical Working Group Meeting, 4-5 June 2014, Ankara, TURKEY.

Velioğlu, H., Silleli, H., Olum, S., Kantaş, M., Taşbaş, H. ve **Ergül, İ.** 2015. The Effect of Windscreen on Field of Vision in Tractors. 12.th Proceedings of International Congress on Mechanization and Energy In Agriculture.3-6 Semtember, Capadocia, Turkey. ISBN : 978 – 975 – 487 – 197 – 5 Sayfa 42.