

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**TRAKTÖR MOTOR VE KUYRUK MİLİ PERFORMANS TESTLERİNDE
EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMİNİN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ**

Sadık Oğuz YILDIZ

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ANKARA
2025**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

TRAKTÖR MOTOR VE KUYRUK MİLİ PERFORMANS TESTLERİNDE EVAPORATİF SOĞUTMA SİSTEMİNİN ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Sadık Oğuz YILDIZ

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

Danışman: Prof. Dr. Hasan Hüseyin SİLLELİ

Bu çalışmada, dünya genelinde yaygın bir geçerliliğe sahip olması nedeniyle OECD Kod 2 tarım traktörleri için motor ve kuyruk mili performans testleri temel alınmıştır. OECD Kod 2'ye göre yapılacak testlerde ortam sıcaklığı 23 ± 7 °C olma şartı bulunmaktadır. Bu kural sıcaklığın yüksek olduğu yaz aylarında test yapılmasını zaman zaman imkânsız hale getirmektedir. Ayrıca dünyanın çeşitli yerlerindeki test merkezlerinde, değişik ortam koşullarında aynı güçteki traktörler üzerinde yapılan testlerde farklı sonuçların elde edilmesine neden olabilmektedir. Bu sorunların çözümü noktasında, PTO test laboratuvarlarında evaporatif soğutma sistemi (ESS) kullanılması önerilmiş ve ESS'nin traktör motor ve kuyruk mili performans testlerine etkisi araştırılmıştır. Bu amaçla, Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü (TAMTEST) bünyesinde bulunan ESS ile donatılmış PTO laboratuvarında 82 adet traktör testi tamamlanarak elde edilen verilerin istatistik analizi yapılmıştır. Traktörler; maksimum tork devri, maksimum güç devri, standart PTO devri ve nominal motor devri olmak üzere 4 farklı motor devrinde ve iki farklı ortam koşulunda test edilerek değerler alınmıştır. İlk test ESS çalıştırılmadan; ortalama 30 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. İkinci testte ise ESS çalıştırılmış ve ortalama 23 °C sıcaklıkta gerçekleştirilmiştir. Testlerde traktörlerin; PTO gücü (kW), motor torku (Nm), yakıt tüketimi (l/h), özgül yakıt tüketimi (g/kWh) ve özgül enerji değerlerindeki (kWh/l), değişim gözlemlenmiş, elde edilen verilerin istatistiki olarak anlamlılığı analiz edilerek, ESS'nin traktör performansı üzerindeki etkisi hesaplanmıştır. Buna göre, 23 °C – 30 °C aralığındaki ortam sıcaklığındaki fark referans alınarak yapılan çalışmada traktör verilerinde istatistiki olarak anlamlı değerler ortaya çıkmıştır. ESS açık durumda ESS kapalı durumuna göre, PTO gücü ortalama: % 1,1 – 4,0 oranında artmış, buna karşılık saatlik yakıt tüketiminde de ortalama % 0,7 - 3,0 artış gözlemlenmiştir. Özgül yakıt tüketimindeki ortalama değişimin (+) % 0,8 artışa karşılık, (-) % 2,4 azalma yönünde olduğu, özgül enerjide ise ortalama % 0,3 - % 3,4 aralığında artış meydana geldiği görülmüştür.

Temmuz 2025, 188 sayfa

Anahtar Kelimeler OECD Kod2 test, traktör performans, evaporatif soğutma sistemi

ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMINING THE EFFECTS OF EVAPORATIVE COOLING SYSTEM IN TRACTOR ENGINE AND PTO PERFORMANCE TESTS

Sadık Oğuz YILDIZ

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

Supervisor: Prof. Dr. Hasan Hüseyin SİLLELİ

This study is based on the engine and PTO performance tests for OECD Code 2 agricultural tractors, as they are widely validated worldwide. Tests conducted according to OECD Code 2 require an ambient temperature of $23\pm 7^{\circ}\text{C}$. This rule sometimes makes it impossible to conduct tests during the summer months when the temperature is high. In addition, it may cause different results to be obtained in tests performed on tractors of the same power under different ambient conditions in test centers in various parts of the world. To address these issues, the use of an evaporative cooling system (ESS) in PTO test laboratories was proposed, and the effect of ESS on tractor engine and PTO performance tests was investigated. For this purpose, 82 tractors were tested in the ESS-capable PTO laboratory within the Agricultural Equipment and Machinery Testing Center Directorate (TAMTEST), and statistical analysis of the obtained data was conducted. The tractors were tested at four different engine speeds: maximum torque speed, maximum power speed, standard PTO speed, and nominal engine speed, and values were obtained under two different environmental conditions. The first test was conducted without starting the ESS at an average temperature of 30°C . In the second test, the ESS was operated and conducted at an average temperature of 23°C . Changes in the tractors PTO power (kW), engine torque (Nm), fuel consumption (l/h), specific fuel consumption (g/kWh), and specific energy values (kWh/l) were observed during the tests. The statistical significance of the obtained data was analyzed to investigate the effect of the ESS on tractor performance. The study, which was conducted using the difference in ambient temperature between 23°C and 30°C as reference, revealed statistically significant values in the tractor data. In the ESS on condition compared to the ESS off condition, the power take-off power increased by an average of 1.1 - 4.0%, while the hourly fuel consumption increased by an average of 0.7 - 3.0%. The average change in specific fuel consumption was (+) 0.8% increase and (-) 2.4% decrease, while specific energy increased by 0.3% - 3.4% on average.

July 2025, 188 pages

Keywords: OECD Code2 test, tractor performance, evaporative cooling system

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Ulusal ve uluslararası anlamda ülkemize ve tarım makineleri sektörüne önemli katkıları bulunan aynı zamanda çok yönlü bakış açısıyla bana vizyon kazandıran doktora danışmanım değerli hocam Prof. Dr. H. Hasan SİLLELİ'ye, istatistik analizler konusunda yardımını esirgemeyen değerli dostum, yol arkadaşım Prof. Dr. O. Orkan ÖZER'e, bilgi ve tecrübeleriyle, ilerlememde önemli katkıları bulunan tez izleme komitesi üyeleri Prof. Dr. Mustafa VATANDAŞ ve Prof. Dr. Sarp Korkut SÜMER'e, bu süreçte desteklerini esirgemeyen değerli dostum M. Vahdet ÖNDER'e, benimle aynı heyecanı paylaşan TAMTEST personeli meslektaşlarıma ve tabii ki hayatımın her anında desteklerini hep üzerimde hissettiğim kıymetli aileme sonsuz teşekkür ederim.

Sadık Oğuz YILDIZ

Ankara, Temmuz 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiv
1. GİRİŞ	1
1.1 Türkiye’de Traktör Üretiminin Tarihçesi	3
1.1.1 İlk yerli traktör HSG	4
1.2 Traktör Testlerinin Tarihçesi	4
1.2.1 Türkiye’de traktör testleri	7
1.3 OECD Traktör Test Kodları.....	8
1.4 Motor Gücünü ve Etkinliğini Etkileyen Atmosferik Şartlar	11
1.5 Evaporatif Soğutma Sistemi (ESS).....	13
1.5.1 Doğrudan evaportif soğutma sistemi (DESS).....	16
1.5.2 Dolaylı evaporatif soğutma sistemi (IESS)	17
1.5.3 Çok Kademeli ESS (MESS)	19
1.5.4 Ped malzemesi türleri	20
1.6 Tezin Amacı ve Kapsamı.....	21
2. KAYNAK ÖZETLERİ	23
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	56
3.1 Materyal	56
3.1.1 Girdap akımlı (eddy current) dinamometre.....	58
3.1.2 Yakıt tüketimi ölçüm cihazı	61
3.1.3 Veri toplama ünitesi.....	63
3.1.4 Yardımcı sistemler kontrol panosu	63
3.1.5 Dinamometre platform kontrol sistemi.....	64
3.1.6 Dinamometre soğutma suyu sistemi.....	65
3.1.7 Egzoz gazı tahliye sistemi	66
3.1.8 Yakıt soğutma sistemi	66
3.1.9 Yakıt deposu	67
3.1.10 Sensörler	68
3.1.11 PTO performans test laboratuvarı ESS.....	68
3.2 Yöntem	71
3.2.1 Hidrolik güç testi.....	72
3.2.2 Hidrolik kaldırma kuvveti testi.....	73
3.2.3 Çeki gücü ve yakıt tüketimi testi	77
3.2.4 Motor ve kuyruk mili performans testi.....	79
3.2.5 PTO performans test laboratuvarı ESS sistemi	87
3.2.6 Su analizi	90
3.2.7 Deneylerin uygulaması	92
3.2.8 İstatistik analizler.....	94
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	98
4.1 Güçteki Değişim	98

4.1.1 P1, maksimum tork devrinde güçteki değişim	98
4.1.2 P2 maksimum güç devrinde güçteki değişim.....	101
4.1.3 P3 standart PTO devrinde güçteki değişim	104
4.1.4 P4: nominal motor devrinde güçteki değişim	107
4.2 Yakıt Tüketimindeki Değişim	110
4.2.1 Y1, maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim.	110
4.2.2 Y2, maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim	113
4.2.3 Y3, standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim	116
4.2.4 Y4, nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim	119
4.3 Özgül Yakıt Tüketimindeki Değişim	122
4.3.1 ÖY1, maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim.....	122
4.3.2 ÖY2, maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim	125
4.3.3 ÖY3, standart pto devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim	128
4.3.4 ÖY4, nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim.....	131
4.4 Özgül Enerjideki Değişim.....	134
4.4.1 OE1, maksimum tork devrinde özgül enerjideki değişim	134
4.4.2 OE2, maksimum güç devrinde özgül enerjideki değişim	137
4.4.3 OE3: standart pto devrinde özgül enerjideki değişim	140
4.4.4 OE4: nominal motor devrinde özgül enerjideki değişim	143
5. SONUÇ	147
5.1 İstatistik Analiz Sonuçları	147
5.1.1 PTO gücü (kW) bağımlı değişkeni için yapılan analizler.....	147
5.1.2 Motor torku (Nm) bağımlı değişkeni için yapılan analizler	148
5.1.3 Yakıt tüketimi (l/h) bağımlı değişkeni için yapılan analizler	149
5.1.4 Özgül yakıt tüketimi (g/kWh) bağımlı değişkeni için yapılan analizler	150
5.1.5 Özgül enerji (kWh/l) bağımlı değişkeni için yapılan analizler.....	150
5.1.6 Yakıt pompası tipi, çekiş türü ve aşırı doldurma için yapılan analizler	151
5.2 Genel Ortalama Sonuçlar	151
5.2.1 ESS'nin ortak yollu yakıt sistemi bulunan traktörler üzerine etkisi	153
5.2.2 ESS'nin aşırı doldurma bulunan traktörler üzerine etkisi	154
5.2.3 ESS'nin AD ve AS bulunan traktörler üzerine etkisi	155
5.2.4 Traktör performans testlerinse atmosferik basıncın etkisi.....	155
5.2.5 Traktör performans testlerinse bağıl nemin etkisi	156
5.3 Hidrolik Güç, Hidrolik Kaldırma Kuvveti ve Çeki Testi Sonuçları	156
5.4 Öneriler	159
KAYNAKLAR	164
EKLER.....	171
EK 1 PTO gücü (kW) verileri	171
EK 2 Yakıt tüketimi (lt/h) verileri.....	174
EK 3 Özgül yakıt tüketimi (g/kWh) verileri	177
EK 4 Özgül enerji (kWh/lt) verileri.....	180
EK 5 Belirsizlik analizi	183
ÖZGEÇMİŞ.....	187

SİMGELER DİZİNİ

θ_w	Test çatısının yatay açısı
B	Alt bağlantı kollarının uzunluğu (mm)
C	Toplam küme sayısı
Ck	Kalibrasyon katsayısı
D	Yakıt yoğunluğu (kg/l)
dBA	İnsan kulağının duyabileceği aralıktaki ses seviyesi
e	Alt bağlantı kolu oynak noktasının arka teker eksenine uzaklığı (mm)
E_i	Enerji indeksi
$E_{\text{özü}}$	Özgül enerji (kWh /l)
$F_{\text{ç}}$	En büyük çeki kuvveti
F_{Fs}	Ön dingil ağırlığı (kN)
FL	Ön dingile etki eden yukarı yönlü dikey kaldırma kuvveti
H	Çeki çubuğunun yerden statik yüksekliği (mm)
$K_{\text{ç}}$	Traktörün çeki işinde çalışma oranı
K_{δ}	Statik durumda ön tekerleklerden zemine aktarılan ağırlık
K_{pto}	Traktörün kuyruk mili işinde çalışma oranı
N_e	Effektif motor gücü (kW)
N_1	Motordan alınan endike güç (kW)
N_0	Motora verilen endike güç (kW)
N_i	Endike motor gücü
$N_M :$	Motor devri (min^{-1})
NO_x	Azot Oksit türevi
$N_{\text{PTO}} :$	PTO devri (min^{-1})
$\text{Ö}_{\text{ç}}$	Çeki testi ortalama özgül yakıt tüketimi
Ö_i	Ağırlıklı özgül yakıt tüketimi
Ö_{pto}	PTO testi ortalama özgül yakıt tüketimi
P	Hidrolik basınç (bar)
$P_{\text{ç}}$	Çeki gücü
P_h	Hidrolik güç (kW)
P_L	Kuyruk mili güç kaybı oranı
P_p	PTO gücü (kW)
q	Debi (l/min)
Q_1	Motordan alınan endike enerji (kJ)
Q_0	Motora verilen enerji (kJ)
Q_k	Yakıt tüketimi (kg/h)
$Q_{\text{özü}}$	Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)
Q_y	Yakıt tüketimi (l/h)
R_N	Motor PTO oranı
T	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)
t	Zaman
T_P	PTO torku (Nm)
u	Hata terimleri
Uc	Hata terimleri vektörü
V_g	Gerçek hacim (m^3)
V_g	Teorik hacim (m^3)

w	Alt bağlantı noktaları ile test çatısı üzerinde kaldırma kuvvetinin uygulama noktası arasındaki mesafe (mm)
W	Toplam traktör ağırlığının oransal değeri.
W/kN	Özgül güç
W _B	Traktörün dingiller arası mesafesi (mm)
W _T	Statik durumda traktörden zemine aktarılan toplam ağırlık (kg)
X	Bağımsız değişkenler matrisi
X _c	c-kümesindeki bağımsız değişkenler matrisi
Y	Bağımlı değişken vektörü
Y _t	Yakıt tüketimi (kg/h)
z _f	Bağlı test çatısının ağırlık merkezinin, alt bağlantı kolu oynak noktasına göre yüksekliği (mm)
z _h	Alt bağlantı kolu bağlantı noktasının, alt bağlantı kolu oynak noktasına göre yüksekliği (mm)
β	Regresyon katsayısı
σ^2	Hata terimlerinin varyansı
ϕ	Alt bağlantı kollarının yatay açısı
φ	Nem (%)
η_m	Mekanik verim (%)
η_t	Termik verim (%)
η_T	Toplam verim (%)

Kısaltmalar

2WD	İki tekeri muharrik
4WD	Dört tekeri muharrik
AD	Aşırı doldurma (Turbo)
AFRC	İngiltere Test Merkezi
ANCOVA	Kovaryans analizi
ANOVA	Varyans analizi
AS	Ara soğutucu (Intercooler)
ASABE	Amerikan Tarım ve Biyoloji Mühendisleri Derneği
BM	Birleşmiş Milletler
CEA	Avrupa Tarım Konfederasyonu
CEMA	Avrupa Tarım Makinaları Üreticileri Komitesi
CEN	Avrupa Standardizasyon Komitesi
CIGR	Uluslararası Tarım Mühendisliği Komisyonu
CO ₂	Karbondioksit
COP	Performans katsayısı
CVT	Sürekli değişken şanzıman
DESS	Doğrudan evaporatif soğutma sistemi
EFTA	Avrupa serbest ticaret birliği
EGR	Egzoz gazı geri çevirimi
EGT	Egzoz gazı sıcaklığı
ERTRO	Avrupa lastik ve jant standartları
ESS	Evaporatif soğutma sistemi
EVS	Enerji verimlilik sınıfı

FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
FOPS	Düşen cisimlere karşı koruyucu yapı
FTIR	Fourier dönüşümlü kızılötesi
FWA	Ön çekiş destekli
GDM	Motor gaz dağıtım mekanizması
GT	Standart dişli şanzıman
HC	Hidrokarbon
HCCI	Homojen şarj sıkıştırırmalı ateşleme
HK	Hidrolik kaldırma kuvveti (kN)
ICE	İçten yanmalı motor
IESS	Dolaylı evaporatif soğutma sistemi
IMEP	Güç performansı için belirtilen ortalama etkin basınç
IMF	Uluslararası Para Fonu
IP	İnternet Protokol
ISFC	Belirtilen özgül yakıt tüketimi
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü
kob	koloni oluşturan birim
KOBİ	Küçük ve Ota Ölçekli Bireysel İşletme
MESS	Çok kademeli evaporatif soğutma sistemi
MG	Maksimum gücün elde edildiği devir
MKE	Makine Kimya Endüstrisi Kurumu
MT	Maksimum torkun elde edildiği devir
NOM	Nominal
NTTL	Nebraska Traktör Test Laboratuvarı
OECD	İktisadi İş birliği ve Kalkınma Teşkilatı
OEEC	Avrupa Ekonomik İş Birliği Örgütü
OLS	En küçük kareler yöntemi (Ordinary Least Squares)
OY	Ortak yollu yakıt sistemi
PTO	Kuyruk mili çıkışı
ROPS	Yuvarlanmaya karşı koruyucu yapı
RTD	Direnç tipi sıcaklık dedektörü
SCR	Seçici katalitik indirgeme
STD	Standart
Std. PTO	Standart kuyruk mili devri (540 – 1000 min ⁻¹)
STK	Sosyal topluk kuruluşu
TAMTEST	Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü
TCP	Aktarım Kontrol Protokolü
TD	Tüm devirler
TZDK	Türkiye Zirai Donatım Kurumu
UHC	Aşırı yüksek karbon
UN/ECE	Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu
UNL	Nebraska Üniversitesi Lincoln
VDA	AC gerilim
VDC	DC gerilim

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Buharlı traktör	2
Şekil 1.2 HSG traktör	4
Şekil 1.3 Atmosferik basıncın ve ortam sıcaklığının motor gücü üzerine etkisi	13
Şekil 1.4 Örnek evaporatif soğutma sistem	14
Şekil 1.5 DESS şeması	16
Şekil 1.6 Dolaylı evaporatif soğutma sistemi	17
Şekil 1.7 Dolaylı-doğrudan ESS	18
Şekil 1.8 Kurutucu çark ile çok kademeli ESS	19
Şekil 1.9 Soğutma serpantini ile çok kademeli ESS	19
Şekil 2.1 Soğutma suyu sıcaklığının motor değerlerine etkisi	24
Şekil 2.2 Atmosfer basıncına göre sürelerindeki farklılıklar	25
Şekil 2.3 Güzergahtaki belirli noktaların rakımları	29
Şekil 2.4 Traktör performans testleri için örnek bir soğutma modeli	32
Şekil 2.5 Silindir içi basıncının hava giriş sıcaklığına göre değişimi	34
Şekil 2.6 Deney düzeneğinin şematik görünümü	37
Şekil 2.7 Deney parametreleri ile yakıt tüketimi karşılaştırılması	41
Şekil 2.8 Özgül yakıt tüketimindeki (a) ve motor torkundaki (b) değişim	44
Şekil 2.9 Farklı traktörlerden elde edilen motor performans değerleri	45
Şekil 2.10 PTO gücü için enerji verimliliğine sınıflandırması	50
Şekil 2.11 Çeki gücü için enerji verimliliği sınıflandırması	50
Şekil 2.12 Çeki ve PTO bileşik enerji verimliliği sınıflandırması	51
Şekil 2.13 Yüksekliğin IMEP ve belirtilen özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkisi	52
Şekil 3.1 Girdap akımlı dinamometre gerçek görüntü	59
Şekil 3.2 Girdap akımlı dinamometre teknik resim	60
Şekil 3.3 Yakıt ölçüm sistemi çalışma sistemi	62
Şekil 3.4 Yakıt ölçüm cihazı dış görünüş (a), iç görünüş (b)	62
Şekil 3.5 Veri toplama ünitesi dış görünüş (a), iç görünüş (b)	63
Şekil 3.6 Kontrol panosu	64
Şekil 3.7 Dinamometre (a), seviye ayar platformu (b)	65
Şekil 3.8 Dinamometre soğutma suyu kulesi	65
Şekil 3.9 Egzoz gazı tahliye sistemi, Hortum kısmı (a), Fan kısmı (b)	66
Şekil 3.10 Yakıt soğutma sistemi	67
Şekil 3.11 Yakıt deposu ve filtresi	67
Şekil 3.12 Sıcaklık sensörleri (a), nem sensörü (b), basınç sensörü (c)	68
Şekil 3.13 ESS su deposu ve dolaşım hattı	69
Şekil 3.14 Petek kapakları kapalı konumda (a), açık konumda (b)	69
Şekil 3.15 ESS’de kullanılan fanlar	70

Şekil 3.16 Hidrolik güç testi	72
Şekil 3.17 Hidrolik kaldırma kuvveti testi	74
Şekil 3.18 HK testi ölçülen ve hesaplanan değerler 1	75
Şekil 3.19 HK testi ölçülen ve hesaplanan değerler 2	75
Şekil 3.20 Çeki testi	77
Şekil 3.21 Kuyruk mili performans testi	80
Şekil 3.22 Traktör –dinamometre bağlantısı	81
Şekil 3.23 Yakıt ölçüm sistemi bağlantısı (a), egzoz tahliye sistemi bağlantısı (b).....	82
Şekil 3.24 Deneyde kullanılan sensörler	82
Şekil 3.25 Psikrometrik diyagram	88
Şekil 3.26 PTO Test laboratuvarı ölçüleri.....	89
Şekil 3.27 Evaporatif soğutma sistemi	90
Şekil 4.1 A grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim.....	98
Şekil 4.2 B grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim	99
Şekil 4.3 C grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim	99
Şekil 4.4 D grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim.....	100
Şekil 4.5 E grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim	100
Şekil 4.6 F grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim	101
Şekil 4.7 A grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim	101
Şekil 4.8 B grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim.....	102
Şekil 4.9 C grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim.....	102
Şekil 4.10 D grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim	103
Şekil 4.11 E grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim.....	103
Şekil 4.12 F grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim	104
Şekil 4.13 A grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim.....	104
Şekil 4.14 B grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim	105
Şekil 4.15 C grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim	105
Şekil 4.16 D grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim.....	106
Şekil 4.17 E grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim	106
Şekil 4.18 F grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim	107
Şekil 4.19 A grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim.....	107
Şekil 4.20 B grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim	108
Şekil 4.21 C grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim	108
Şekil 4.22 D grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim	109
Şekil 4.23 E grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim	109
Şekil 4.24 F grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim.....	110
Şekil 4.25 A grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim	110
Şekil 4.26 B grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim	111
Şekil 4.27 C grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim	111
Şekil 4.28 D grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim	112

Şekil 4.29 E grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	112
Şekil 4.30 F grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	113
Şekil 4.31 A grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	113
Şekil 4.32 B grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	114
Şekil 4.33 C grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	114
Şekil 4.34 D grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	115
Şekil 4.35 E grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim	115
Şekil 4.36 F grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	116
Şekil 4.37 A grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim	116
Şekil 4.38 B grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim	117
Şekil 4.39 C grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim	117
Şekil 4.40 D grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim	118
Şekil 4.41 E grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	118
Şekil 4.42 F grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	119
Şekil 4.43 A grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	119
Şekil 4.44 B grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	120
Şekil 4.45 C grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	120
Şekil 4.46 D grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim.....	121
Şekil 4.47 E grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim	121
Şekil 4.48 F grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim	122
Şekil 4.49 A grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim	122
Şekil 4.50 B grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim.	123
Şekil 4.51 C grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim.	123
Şekil 4.52 D grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim	124
Şekil 4.53 E grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim.	124
Şekil 4.54 F grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	125
Şekil 4.55 A grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	125
Şekil 4.56 B grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	126
Şekil 4.57 C grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	126
Şekil 4.58 D grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	127
Şekil 4.59 E grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	127
Şekil 4.60 F grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim..	128
Şekil 4.61 A grubu için standart PTO devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim	128
Şekil 4.62 B grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	129
Şekil 4.63 C grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	129
Şekil 4.64 D grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	130
Şekil 4.65 E grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim .	130
Şekil 4.66 F grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim..	131
Şekil 4.67 A grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim ..	131
Şekil 4.68 B grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim ..	132

Şekil 4.69 C grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim ..	132
Şekil 4.70 D grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim ..	133
Şekil 4.71 E grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim ..	133
Şekil 4.72 F grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim ..	134
Şekil 4.73 A grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim.....	134
Şekil 4.74 B grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim.....	135
Şekil 4.75 C grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim.....	135
Şekil 4.76 D grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim.....	136
Şekil 4.77 E grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim	136
Şekil 4.78 F grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim	137
Şekil 4.79 A grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim	137
Şekil 4.80 B grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim	138
Şekil 4.81 C grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim	138
Şekil 4.82 D grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim	139
Şekil 4.83 E grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim.....	139
Şekil 4.84 F grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim.....	140
Şekil 4.85 A grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim.....	140
Şekil 4.86 B grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim.....	141
Şekil 4.87 C grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim.....	141
Şekil 4.88 D grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim.....	142
Şekil 4.89 E grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim.....	142
Şekil 4.90 F grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim	143
Şekil 4.91 A grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim	143
Şekil 4.92 B grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim	144
Şekil 4.93 C grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim	144
Şekil 4.94 D grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim	145
Şekil 4.95 E grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim	145
Şekil 4.96 F grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim.....	146
Şekil 5.1 ESS açık / ESS kapalı durumuna göre PTO gücündeki ortalama artış.....	152
Şekil 5.2 ESS açık / ESS kapalı durumuna göre yakıt tüketimindeki ortalama artış....	152
Şekil 5.3 ESS etkisinin OY yakıt sistemine göre PTO gücü karşılaştırması	153
Şekil 5.4 ESS etkisinin OY yakıt sistemine göre yakıt tüketimi karşılaştırması	154
Şekil 5.5 ESS açık / ESS kapalı durumunun AD'li traktörlerin PTO gücüne etkisi.....	155
Şekil 5.6 Güç aktarım oranları	156
Şekil 5.7 PTO -Çeki gücü karşılaştırması	158
Şekil 5.8 PTO -Çeki yakıt tüketimi karşılaştırması	158
Şekil 5.9 PTO- Hidrolik güç karşılaştırması	159

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 Sıcaklık ve basınç değişimi ile ilgili deney sonuçları.....	26
Çizelge 2.2 Belirlenen konumlara göre arazi eğimleri.....	29
Çizelge 2.3 Denemelerde kullanılan traktörlere ait özellikler	30
Çizelge 2.4 Traktörlerin belirlenen gruplara göre dağılımı	35
Çizelge 2.5 Traktörlerin Ei değerlerine göre enerji verimlilik sınıf aralıkları	35
Çizelge 2.6 Enerji verimlilik sınıfına göre traktörlerin verimlilik indeksi değerleri	36
Çizelge 2.7 Deney motorunun teknik özellikleri	38
Çizelge 2.8 Çeki gücü testinde yakıt tüketimi tahmin modelleri	39
Çizelge 2.9 Traktörlerin nominal motor devrinde güçlerine göre dağılımı	43
Çizelge 2.10 Traktör güç aralıkları ve donanımlarına göre grup ve alt gruplar.....	51
Çizelge 2.11 Motor çalışma koşulları	52
Çizelge 3.1 Test edilen traktörlere ait teknik özellikler	56
Çizelge 3.2 Örnek hidrolik güç test çizelgesi.....	73
Çizelge 3.3 HK örnek test verileri	76
Çizelge 3.4 HK örnek test verileri	77
Çizelge 3.5 İzin verilen tolerans değerleri	83
Çizelge 3.6 Örnek PTO test çizelgesi	86
Çizelge 3.7 Ankara için 1927-2023 yılları aralığına ait ortalama veriler	87
Çizelge 3.8 Hava değişim miktarları.....	89
Çizelge 3.9 İlk numune su analiz sonuçları	91
Çizelge 3.10 Su analiz sonuçları	91
Çizelge 3.11 İçme-kullanma suları için sınır değerler	92
Çizelge 3.12 Traktör güç grupları	93
Çizelge 3.13 Güç gruplarına göre OY, AD ve AS kullanan traktörlerin dağılımı.....	93
Çizelge 3.14 Testlerde kullanılan traktör motor devirleri.....	94
Çizelge 3.15 Hidrolik testlerden elde edilen veriler:	97
Çizelge 3.16 Çeki testlerinden elde edilen veriler	97
Çizelge 3.17 PTO testlerinden elde edilen veriler	97
Çizelge 5.1 PTO gücü analizi için kurulan hipotez.....	148
Çizelge 5.2 Belirlenen devirlerde, PTO gücüne bağlı istatistik analiz verileri.....	148
Çizelge 5.3 Motor torku analizi için kurulan hipotez	148
Çizelge 5.4 Belirlenen devirlerde, motor torkuna bağlı istatistik analiz verileri	149
Çizelge 5.5 Yakıt tüketimi analizi için kurulan hipotez.....	149

Çizelge 5.6 Belirlenen devirlerde, yakıt tüketimine bağlı istatistik analiz verileri.....	149
Çizelge 5.7 Özgöl yakıt tüketimi analizi için kurulan hipotez.....	150
Çizelge 5.8 Özgöl yakıt tüketimine bağlı istatistik analiz verileri.....	150
Çizelge 5.9 Özgöl enerji analizi için kurulan hipotez.....	150
Çizelge 5.10 Belirlenen devirlerde, özgöl enerjiye bağlı istatistik analiz verileri	151
Çizelge 5.11 Gruplar bazında ortalama PTO testi verileri.....	157
Çizelge 5.12 Gruplar bazında ortalama çeki testi verileri.....	157

1. GİRİŞ

Yeryüzünde ilk tarımsal üretim denemelerinin kökleri MÖ. 9000 yıllarına kadar uzanmaktadır. MÖ. 4000’lerde Sümerlerin sabanı keşfetmesiyle tarımda makineleşmenin başladığı kabul edilmektedir. Tarım alanında bir devrim niteliğindeki bu buluşun yapıldığı dönemden günümüze kadar gelen süreçte, ekipman ve makine kullanımının teknik ve ekonomik verimliliğe etkisi kabul edilen bir gerçektir. Buharla çalışan ağır makinelerden yenilikçi dizel motorlara kadar uzanan traktörlerin tarihi, 1900’lü yılların başında mekanik çiftlik ekipmanlarını bir kayış üzerinde hareket ettirmek için tekerlekli buhar motorlarının kullanılmasıyla başlamıştır. Çiftçilerin hayvanları beslemek ve barındırmak için daha fazla tarımsal araziye ekip biçmeleri gerektiğinden, çeki hayvanları pahalı ve yoğun emek gerektiren bir tarım uygulamasıydı. Motorlu çekiş aracı anlamına gelen traktör, modern tarımdaki en tanınmış mekanik gelişmelerden biri olmuştur. Traktörler hem insan gücünün hem de hayvanların yerini alarak çiftliklerin çalışma şeklini temelden değiştirmiştir. Bu gelişme imalat ve hizmet sektörlerine katkıda bulunacak işgücünü serbest bırakmıştır. 19. Yüzyılın sonlarında çiftliklerde çalıştırılan ve 1890’larda saban çekmek için kullanılan sabit ve taşınabilir buharlı motorların ortaya çıkmasıyla birlikte, buhar gücüyle çalışan ilk traktörün (lokomobil) icadı tarım tarihinde önemli bir yeniliğin başlangıcına işaret etmektedir (Şekil 1.1). Buhar gücüyle çalışan traktörler çekilen hayvanlara bir alternatif sunmuş olsa da boyutları, mekanik karmaşıklığı ve patlama riski bu traktörleri çoğu çiftlik için kullanılamaz hale getirmiştir. 1849’da İngiliz mühendis Robert Ransome, tarım için ilk taşınabilir buhar makinesini piyasaya sürerek tarım endüstrisine katkıda bulunmuştur. Bu taşınabilir makinenin 3, 7,5 ve 22 kW olmak üzere üç farklı motor versiyonu bulunmaktaydı. Çiftçiler daha büyük tarlaları daha kısa sürede işleyebilmektedirler. Yine de buharla çalışan bu ağır traktörleri çalıştırmak için önemli miktarda insan gücü gerekiyordu (Anonymous 2025a, Anonymous 2025b).



Şekil 1.1 Buharlı traktör (Anonymous 2025a)

İçten yanmalı motorların tarih sahnesine ilk çıkışı Hollandalı fizikçi Hulgenz'in 17.yy'da barutla çalışan makineyi yapmasına dayanmaktadır. Dizel motorların ilk prensipleri - 1824 yılında tasarladığı motor çevrimi ile Fransız mühendis Sadi Carnot tarafından yazılmıştır. Ancak içten yanmalı dizel motorların mucidi olarak 1892 yılında aldığı, içten yanmalı kuvvet makinelerinin çalışma şekli ve imalatı hakkındaki patentin sahibi Rudolf Dizel kabul edilmektedir. Benzinli motorlardaki durum ise 19.yy'ın sonlarına kadar uzanmaktadır. Ticari olarak uygulanabilir ilk benzinli motor, Nicholas Otto tarafından 1876 yılında tasarlanmıştır. İlk içten yanmalı motorlar çiftliklerde su pompalarını ve diğer sabit tarım ekipmanlarını çalıştırmak için kullanılmıştır. 1892 yılında, içten yanmalı Otto motor sistemindeki yanıcı karışım yerine, yanma odasında sadece sıkıştırılmış hava gönderme fikri ortaya atılmıştır. Amaç, silindirlerin içerisindeki sıcaklığı ve basıncı yükseltmiş havanın üzerine belli bir basınçta yakıt enjekte ederek kıvılcım olmadan yakıt hava karışımının kendiliğinden yanmasını sağlamaktır. Bu sistemle çalışan sıkıştırma ateşlemeli dizel motorlar, içten yanmalı otto motorlara göre daha yüksek ısı verimine sahiptir. Dizel motorlardaki yüksek ısı verim, daha yüksek sıkıştırma oranının bir sonucudur (Raşu 2003, Hoy ve Kocher 2020).

Dizel motorlar benzinli motorlara nazaran birkaç önemli avantaja sahip olması nedeniyle çiftlik traktörleri için tercih edilmektedir. Dizel motorlar genellikle yakıtı benzinli motorlardan daha verimli yakar ve bu da daha düşük işletme maliyeti sağlamaktadır. Bu verimlilik, yakıt ikmali yapmadan daha uzun çalışma saatleri sağlayarak üretkenliği

artırır. Dizel motorlar, daha düşük motor devirlerinde daha fazla tork üretir ve bu da onları toprak işleme, taşıma ve ekipman çalıştırma gibi ağır işler için ideal hale getirmektedir. Ayrıca kararlı çalışması sayesinde ağır yükler altında çalışırken avantaj sağlamaktadır. Daha düşük çalışma sıcaklığına sahip olmaları; özellikle zorlu koşullarda aşırı ısınma ve hararet riskini azaltmaktadır. Dizel motorlar güç, verimlilik, dayanıklılık ve güvenilirlik kombinasyonları nedeniyle çoğu çiftlik traktörü için tercih edilen seçim olmaya devam etmektedir.

1920-1940 yılları arasındaki dönem “Traktörlerin Altın Çağı” olarak bilinmektedir çünkü en etkili traktör geliştirmeleri bu zaman diliminde ortaya çıkmış ve bu makineleri bugünkü hallerine getirmiştir. Bu süre zarfında, ana üreticiler John Deere ve Fordson, sembol traktör modellerini hayata geçirmiştir. Ford Motor Company’nin kurucusu Henry Ford, tarımda traktörlere duyulan ihtiyacı tespit ederek 1917 yılında, I. Dünya Savaşı sırasında ilk seri üretim traktör olan Fordson Model F traktörü geliştirmiştir. Makine, 20 BG üretebilen, 4,1 litrelik, dört silindirli bir Hercules motoru kullanılmaktaydı. Motor benzinle çalışacak ve ısındığında daha ucuz olan gazyağı yakıtına geçecek şekilde tasarlanmıştır. Bu traktörler, bir geri vitesli ve üç ileri vitesli şanzımana ve yaklaşık 10 km/h maksimum hıza sahiptir. Fordson Model F traktör tasarımı, ağır bir şasi çerçevesi olmadan sağlam bir yapı sağlamak için motor bloğunu arka aksa civatalar, bu da üretim maliyetlerini ve süresini azaltmaktadır. Arka tekerlekler dişli ve şeffaf fabrikasyon çelik olarak mevcutken, ön tekerlekler 10 kollu fabrikasyon çelik tasarımda mevcuttu. Daha sonra traktör tekerleklerinin makul fiyatlı dökme demir versiyonları da üretilmiştir. Bu traktörlerin seri üretime uygun olması ve makul fiyatla satılabilmesi önemli bir avantaj sağlamıştır (Sanders 1996).

1.1 Türkiye’de Traktör Üretiminin Tarihçesi

Türkiye’nin ilk seri üretim traktörü 8 Mart 1955’te TürkTraktör tesislerinde üretilmeye başlanmıştır. 23 kW gücündeki bu traktör, 1956 yılında ise 1065 adet üretilmiştir. 1965 yılına kadar aynı model üretilmeye devam etmiştir. Bu yıldan sonra üretimde model değişikliğine gidilmiştir. Marka ismi “Türk FIAT” olarak değiştirildi. Tesisteki traktör üretiminin yerlilik oranı % 45’e yükselmiştir (Anonymous 2025c, Anonim 2025a).

1.1.1 İlk yerli traktör HSG

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü'nde çalışan üç Türk mühendis isimlerinin baş harflerini kullanarak HSG marka bir traktör üretmeyi başarmışlar. Prof. Dr. Hamit Demirtaş, Doç. Dr. Süleyman Kadayıfçılar ve Asistan Dr. Gazanfer Harzadın'ın çalışmaları sonucunda, 1962 yılında ilk benzinli prototip yapımı tamamlanmıştır. 17BG gücündeki traktör; Wisconsin marka, tek silindirli, hava soğutmalı bir motora, 6 ileri, 2 geri vitesli bir şanzımana ve 1050 kg ağırlığa sahiptir (Şekil 1.2).

Daha sonra. 20km/h hıza ulaşabilen dizel motorlu yeni bir prototip traktör üretilmiştir. Yoğun emek sarf edilerek yapılan çalışmalar prototip aşamasında kaldı. Dönemin siyasi istikrarsızlığı ve ekonomik sebeplerle seri üretime geçilememiştir. Üretilen iki prototip, üretildiği yer olan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Müzesi ve Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde sergilenmeye devam etmektedir (Cankaya 2013, Anonim 2025b).



Şekil 1.2 HSG traktör

1.2 Traktör Testlerinin Tarihçesi

1900'lerin başlarında, bir dizi tarım koleji, çiftçilere buhar ve benzinle çalışan traktörlerin bakımı, onarımı ve işletimi konusunda eğitim verilen kış aylarında Amerika Birleşik

Devletleri’nde bulunan Nebraska Üniversitesi’nde traktör operatörü kursları açılmıştır. Bu kurslara rağmen, bir traktörün performansını başka bir traktörle karşılaştırma konusunda ciddi bir çalışma bulunmamaktadır. Karşılaştırma yapabilmek için hangi parametrelerin değerlendirilmesi gerektiği bilinmemektedir. İlk belgelenmiş traktör testi 1908 yılında Kanada Manitoba eyaletinin başkenti Winnipeg’de “Winnipeg Plowing” adlı yarışmada gerçekleşmiştir. 1908’den 1913’e kadar düzenlenen bu etkinlik, traktörlerin ve hayvanların toprak sürme konularında yarışmasına olanak sağlamıştır. Yarışma gereğince; traktörlerin bir miktar yükü çekmesi ve belirli bir alanda toprağı sürmesi gerekmektedir. Bu işlemler sırasında km başına yakıt tüketimi ve su tüketimi ölçülmekte, sonrasında jüri oylamasına göre kazanan belirlenmekteydi. (Leviticus 1980).

1909’da kayış beygir gücünü belirlemek için Prony freni tanıtılmıştır. Traktörlerin yük çekme ve toprak sürme performansını ölçmek için bir çeki dinamometresi kullanılmıştır. Benzinle çalışan traktörler güç sınıflarına ayrılmıştır. Gruplar; A: 15kW’a kadar, B: 15-22,4 kW arası ve C: 22,4 kW üstü olarak belirlenmiştir. 50 – 78,3 kW aralığında üretilen buharlı traktörler E sınıfına yerleştirilmiştir. Prony fren testleri için motor verimlilikleri 55,6 ila 130,47 kWh/l arasında değişmektedir. En verimli traktör 18,3 kW olarak derecelendirilen bir traktöre aittir. 1910 yılına gelindiğinde 12 adet benzinli traktör test edilmiştir. Traktörlerin iki saatlik kuyruk mili performans testindeki yakıt verimlilikleri 48,22 ila 118,31 kWh/l arasında değişmektedir. En verimli traktör 46,49 BG güç geliştirmiştir. Test parametreleri arasında 4621 kWh/l ile 47456 kWh/l değişen su tüketim değeri de bulunmaktadır. 1912 yılında test edilen traktörler arasında; benzinli gazyağı ve buharlı traktörler bulunmaktadır. Benzinli traktörlerin yakıt verimlilikleri 80,25 kWh/l ila 130,96 kWh/l arasında değişmektedir. Winnipeg’deki toprak sürme yarışmaları esnasında elde edilen bilgiler, üreticileri traktörler hakkında bilgilendirmek için kullanılmış ve geliştirilen test yöntemleri Nebraska Traktör Test Laboratuvarı (NTTL) için bir başlangıç noktası olmuştur. NTTL’de resmi olarak yapılan 1 numaralı test, John Deere Waterloo Boy Model “N” traktörüne aittir ve test 9 Nisan 1920’de tamamlanmıştır. İlk günlerde, traktör testleri çeki gücü, kayış kasnak gücü ve yakıt tüketimi ölçümünden oluşmaktadır. Kayış kasnak gücü ölçümü için düz kayış tahriki yükleme yapabilen elektrik dirençli 29,8 kW gücünde bir dinamometre kullanılmıştır. Çeki testi için bir yük arabasının üzerine traktör şasisi bağlanmış, şasinin üzerine de bir dinamometre yerleştirilmiştir. Traktör ile

eki aracı arasına bir yay ve bir hidrolik piston yerleştirilmiştir. Traktör geri geri hareket ettirilerek çeki testi yapılmıştır. Test verisi alabilmek için basit bir düzenek kurulmuştur; çeki aracı hidrolik bir piston ile traktör çeki demirine bağlanmaktadır. Aradaki yay traktör ekişiyle sıkıştırıldığı için artan hidrolik basınç bir basınç ölçer vasıtasıyla ölçülmektedir. Basınç ölçümü için bir mastar kullanılmaktadır. Basınç arttıa mastar şerit grafik üzerinde hareket etmektedir. Basınç, zeminde ilerleyen bir tekerlek tarafından tahrik edilen, şerit grafik üzerinde hareket eden bir kalemi harekete geçirmekte, böylece traktör test yolunda ilerledikçe basınç kaydedilmektedir. şerit grafik üzerine kaydedilen basınç daha sonra bir planimetre ile ölçülmü ve çeki gücü eğrinin altındaki alan ölçülerek hesaplanmıştır. Daha sonra planimetre yerine mekanik bir integratör kullanılmıştır. 1920’lerden itibaren traktör testleri yapılmaya başlandıkça test teknolojisinde değişiklikler olmaya başlamıştır. eki testleri için inşa edilen çeki pisti cüruf ve kilden oluşmaktadır. Daha sonra sadece kilden bir pist yapılmış ve test sonrası pisti eski haline getirilmesi sağlanmıştır. 1956’da beton çeki pisti inşa edilene kadar kil pisti kullanılmaya devam edilmiştir. Traktör test yasası, itibarsız traktör üreticilerini büyük ölçüde ortadan kaldırmayı amaçlamıştır. Yasanın uygulanmadığı Nebraska dışında bile, NTTL’de başarılı bir testin olmaması satışlar için önemli bir engel haline gelmiştir. Dahası, 1930’larda yaşanan buhran, tarım makineleri üreticilerinin daha fazla konsolidasyonuna ve bazılarının ortadan kalkmasına ve üretici sayısının azalmasına neden olmuştur. Tarımdaki ihtiyaçlar ve traktör teknolojisinin gelişmesi test yöntemlerini de gelişmeye zorlamıştır. O güne kadar demir tekerlekli olarak üretilen traktörler 1934 yılında ilk defa lastik tekerlekli olarak üretilmeye başlanmış ve ilk lastik tekerlekli traktör 1937 yılında test edilmiştir. (Hoy ve Kocher 2020).

Traktör Performans Test Kodları ilk kez 1957’de Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) tarafından oluşturulmuştur. Başlangıçta OECD, yuvarlanmaya karşı koruyucu yapı (ROPS) test kodları yazmış daha sonra NTTL, traktör performans kodlarını yazmak için gereken bilgileri sağlamak üzere OECD ile iş birliği yapmıştır.

Traktörler gelişmeye devam ettikçe, traktör testleri de değişmiştir. 1984’te, test prosedrlarına hidrolik kaldırma kuvveti testi eklenmiş ve 1988’de NTTL traktörlerin hidrolik gücünü ölçmeye ve raporlamaya başlanmıştır.

1.2.1 Türkiye’de traktör testleri

Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü (TAMTEST), o zamanki adıyla Tarım Alet ve Makinaları Tarımsal Tesisler Araştırma ve Test Laboratuvarı’nın temelleri 1962 yılında atılmaya başlanmıştır. 1969 yılında laboratuvarların inşası tamamlanmış, gerekli ölçüm aletleri temin edilmiştir. Çeki performans testi için uygun bir pist hazırlanmış, PTO testleri için 52,2 kW gücünde aktif bir dinamometre temin edilmiştir. Hidrolik kaldırma kuvveti testleri için insan gücüne dayalı calaskal sistemi kurulmuş ve kurum fiilen OECD onaylı traktör performans testleri yapmaya başlamıştır. TAMTEST 2003 yılında Türk Akreditasyon Kurumu tarafından akredite bir test kurumu olarak tescillenmiştir (Anonim 2025c).

İlk zamanlar test edilecek traktörü başka bir traktöre bağlayarak çeki performans testleri yapılabilirken; 2004’te 82kW’a kadar traktörlerin testlerini yapabilecek çeki aracı temin edilmiştir. 2005’te PTO standında bir jeneratör alınmış ve bu sayede kapasite 67,1 kW’a çıkarılmıştır. Traktör teknolojisinin ilerlemesi ve daha güçlü traktörlerin üretilmesi neticesinde, yüksek kapasiteli traktörlerin çeki ve PTO testlerini yapabilecek, yüksek kapasiteli dinamometre ve çeki kamyonu ihtiyacı doğmuş, ihtiyaca binaen 2007’de 500 kW motor testi, 150 kW traktör testi yapabilecek kapasitede girdap akımlı (eddy current) tip bir dinamometre ve 373 kW’a kadar olan traktörlerin çeki testlerini yapabilecek kapasitede, 15 ton ağırlığında çeki kamyonu temin edilmiştir. Aynı yıl PTO performans testlerinin yazın sıcak aylarında da test yapılabilmesini sağlamak amacıyla PTO laboratuvarına evaporatif soğutma sistemi kurulmuştur.

Traktör motor güçlerindeki artış hidrolik güce de yansdığından insan gücü ile calaskal yardımıyla hidrolik kaldırma kuvveti testlerini yapmak imkânsız hale gelmiştir. İş güvenliği risklerinin artması da göz önünde bulundurularak, 2011 yılında 15 ton kaldırma kapasiteli bir hidrolik piston alınmış, bu sayede yaklaşık 300 kW motor gücündeki traktörlerin testleri nispeten güvenli bir şekilde yapılabilir hale gelmiştir. Ancak mesafe ölçümleri hala manuel yapılmaya devam etmiştir. Aynı yıl koruyucu yapı test standı için 8 ton kapasiteli vinç sistemi kurulmuş. 2015’te düşen cisimlere karşı koruyucu yapı

(FOPS) test standı devreye alınmıştır. 2016'da 373 kW gücündeki traktörleri test edebilecek yeni bir dinamometre alınmış ve evaporatif soğutma sistemine sahip yeni bir PTO laboratuvarı kurulmuştur. 2018'de -40 ile +60 °C arasında şartlandırma yapabilen, 200 m³ hacme sahip, traktör ve iş makinesi kabinlerinin; klima, kalorifer ve havalandırma sistemi performansı, ön cam buz çözme ve soğukta çalıştırma (cold start) testlerini yapabilen iklimlendirme test ünitesi inşa edilmiştir. 2020'de yakıt deposu test standı devreye alınmış, atalet momenti hesaplama ve ağırlık merkezi konumu tespiti için traktör kütleli atalet momenti sarkaç mekanizması standı kurulmuştur. Aynı yıl, hidrolik kaldırma kuvveti testlerinde mesafe ve açı ölçümlerinin daha pratik yapılabilmesini sağlayan, TAMTEST mühendisleri tarafından tasarlanan rulmanlı -raylı ölçüm sistemine geçilmiştir. 2022 yılında hidrolik kaldırma kuvveti test standı yine TAMTEST mühendisleri tarafından tasarlanan sensörlü sistemle yarı otomatik hale getirilmiştir. Düşük güçlü traktörlerin çeki kamyonunun ağırlığından kaynaklanan ataleti yenememesi sebebiyle daha küçük bir çeki kamyonu ihtiyacı doğmuş, 2023'te 7,5 – 52,2 kW arası traktörler için tasarlanan, Max ağırlığı 7,5 ton olan küçük çeki kamyonu temin edilmiştir. Ayrıca aynı yıl koruyucu yapı ezme deney ünitesi modernizasyonu yapılmıştır. Aynı yıl, Türkiye'nin ilk elektrikli traktör test yöntemi oluşturulmuş ve prototip numuneler test edilerek raporlandırılmıştır.

1.3 OECD Traktör Test Kodları

Tarım ve orman traktörlerinin için ilk resmi standart testleri kodu, 21 Nisan 1959'da Avrupa Ekonomi İş birliği Teşkilatı Konseyi (OEEC, 1960'tan sonra OECD olarak devam etmiştir) tarafından onaylanmış ve traktör performans, güvenlik, gürültü ölçüm testlerini kapsayacak biçimde genişletilerek günümüze kadar gelmiştir.

Tarım ve orman Traktörlerine ilişkin mevcut OECD Kodlarının açıklaması aşağıdadır:

Kod 1: Yürürlükten kaldırılmıştır.

Kod 2: Performans testlerini kapsar.

Kod 3: Koruyucu yapıların dayanıklılık testlerini kapsar (Dinamik Test),

Kod 4: Koruyucu yapıların dayanıklılık testlerini kapsar (Statik Test),

Kod 5: Sürüş pozisyonunda gürültü ölçüm testlerini kapsar,

Kod 6: Dar izli traktörlerde ön iki direkli koruyucu yapı dayanıklılık testlerini kapsar,

Kod 7: Dar paletli traktörlerde arka iki direkli koruyucu yapı dayanıklılık testlerini kapsar,

Kod 8: Paletli traktörlerde koruyucu yapı dayanıklılık testlerini kapsar,

Kod 9: Telehandler'lar için koruyucu yapı dayanıklılık testlerini kapsar,

Kod 10: Düşen cisimlere karşı koruyucu yapı dayanıklılık testlerini kapsar.

1959 yılında kodlar oluşturulduğu günden bu yana 2750'den fazla traktör modelinin OECD test kodlarına göre performans testi yapılmış ve onaylanmıştır. Ayrıca, 10800'den fazla traktörün; gürültü ölçümü ve koruyucu yapı testleri yapılmıştır. OECD test kodları kriterlerini karşılayan traktörler için yayımlanan test raporu, özellikle AB üye ülkeler tarafından ulusal ve uluslararası alanda kabul edilmektedir.

Birçok ülke, OECD test kodlarını tamamen veya kısmen ulusal testler, ihale çağrıları veya ithalatla ilgili düzenlemeler için kullanmaktadır. Özel işletmeler de kodları uluslararası operasyonlar çerçevesinde kullanmakta ve pazarlama faaliyetlerinde kodlara atıfta bulunmaktadır Tarımsal danışmanlık hizmetleri, çeşitli tarımsal operasyonlar ve yapılar için en uygun traktör tipini ve gücünü ararken Kodlara atıfta bulunmaktadır. Çiftçi örgütleri kodları karşılaştırma testleri için kullanmaktadır.

Test kodları; bir traktör-bir tanım-bir test" ilkesini benimseyerek şeffaflık sağlamış ve tarım makineleri pazarının kapsamının artmasına katkıda bulunmuştur. Halen 27 ülke, yani 38 OECD Üyesinin 22'si ve OECD üyesi olmayan 5 ülke, Kodlara uygun testler yapmaktadır:

Test kodlarının geçerli olduğu üye ülkeler; İzlanda, Japonya, Kore Cumhuriyeti, Norveç, İsviçre, Türkiye, Birleşik Krallık, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği üyesi 27 ülkeden 14'ü yer almaktadır (OECD'ye üye on beş ülke Kodlara katılmamaktadır, yani Avustralya, Kanada, Şili, Kolombiya, Danimarka, Estonya, Yunanistan, Macaristan, İsrail, Letonya, Litvanya, Meksika, Hollanda, Yeni Zelanda ve Slovenya);

Üye olmayan ülkelerden ise Brezilya, Çin, Hindistan, Rusya Federasyonu ve Sırbistan kodları kabul etmektedir.

OECD Kodları çoğunlukla ISO standartlarına atıfta bulunarak kodlara uluslararası resmi statü kazandırmaktadır. OECD güvenlik test prosedürleri, birçok ülkede koruyucu yapıları kabul etmek veya reddetmek için kullanılsa da traktörlerin doğrudan tip onayı veya ticarileştirilmesi için yetkili değildir. Kodlar, performans, iş güvenliği ve çevresel etkilerle ilgili onay prosedürlerini uyumlu hale getirmek amacıyla kullanılmaktadır.

Her iki yılda bir düzenlenen Test Mühendisleri Konferansı sayesinde, test prosedürlerinin doğru ve tutarlı bir şekilde yorumlanması ve kodların güncellenmesi sağlanmaktadır. Ayrıca teknik konularda ulusal test istasyonları ile OECD arasında bağlantı kuran koordinasyon merkezi tarafından yürütülen test raporlarının doğrulanmasını kolaylaştırmaktadır.

Teknik çalışma gruplarında görüşülen konular:

- Kod 4 testleri için değişiklik önerisi
- Elektrikli traktör test yönteminin geliştirilmesi
- İklim değişikliği önlemleri
- Tarımda iş kazaları ile ilgili veri toplama yöntemleri

İlk OECD test mühendisleri konferansı 1981 yılında İngiltere, Silsoe’de bulunan test merkezi AFRC (İngiltere Test Merkezi)’de düzenlenmiştir. Bu toplantılar, 2023 yılında da Ankara ve İstanbul şehirlerinde, Türkiye’nin ev sahipliğinde gerçekleşmiştir.

OECD traktör test kodları prosedüre uygun olarak, OECD üyesi ülkelere, Birleşmiş Milletler (BM) üyelerine ve BM bağlı uzman kuruluşların kullanımına açıktır. Ayrıca şu kuruluşlar gözlemci olarak OECD toplantılarına katılarak kurumlarını temsil edebilmektedirler: Avrupa Serbest Ticaret Birliği (EFTA), Avrupa Standardizasyon Komitesi (CEN), Avrupa Tarım Makinaları Üreticileri Komitesi (CEMA), Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Komisyonu (UN/ECE), Uluslararası Tarım Mühendisliği

Komisyonu (CIGR), Avrupa Tarım Konfederasyonu (CEA), Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), Uluslararası Standardizasyon Örgütü (ISO).

OECD traktör test kodlarına göre gerçekleştirilen testler, tüm üye ülkelerde kabul edilen test raporları sayesinde ticareti kolaylaştırmakta ve bu sayede tarım traktörlerinin uluslararası ticaretine önemli katkı sağlamaktadır.

1.4 Motor Gücünü ve Etkinliğini Etkileyen Atmosferik Şartlar

İçten yanmalı motorlarda teorik etkinlik, termik etkinlik, mekanik etkinlik ve toplam etkinlik söz konusudur. Teorik etkinlik endike güçten elde edilen enerjinin yakıt enerjisine oranıdır (Eşitlik 1). Mekanik etkinlik, efektif gücün endike güce oranı ile bulunabilmektedir (Eşitlik 2). Toplam etkinlik ise Eşitlik 3'te de gösterildiği gibi, motorun çıkış noktasında sağlayabileceği mekanik enerjinin, motora verilen ısı enerjisine oranıdır (Saral ve Avcıoğlu 2006).

$$\eta_t = \frac{Q_1}{Q_0} = \frac{N_1}{N_0} \quad (1)$$

$$\eta_m = \frac{N_e}{N_i} \quad (2)$$

$$\eta_T = \frac{N_i * 3600}{Q_0} \quad (3)$$

η_t =Termik verim

Q_1 = motordan alınan endike enerji (kj)

Q_0 = motora verilen enerji (kj)

N_1 : Motordan alınan endike güç (kW)

N_0 : Motora verilen endike güç (kW)

η_T =Toplam verim

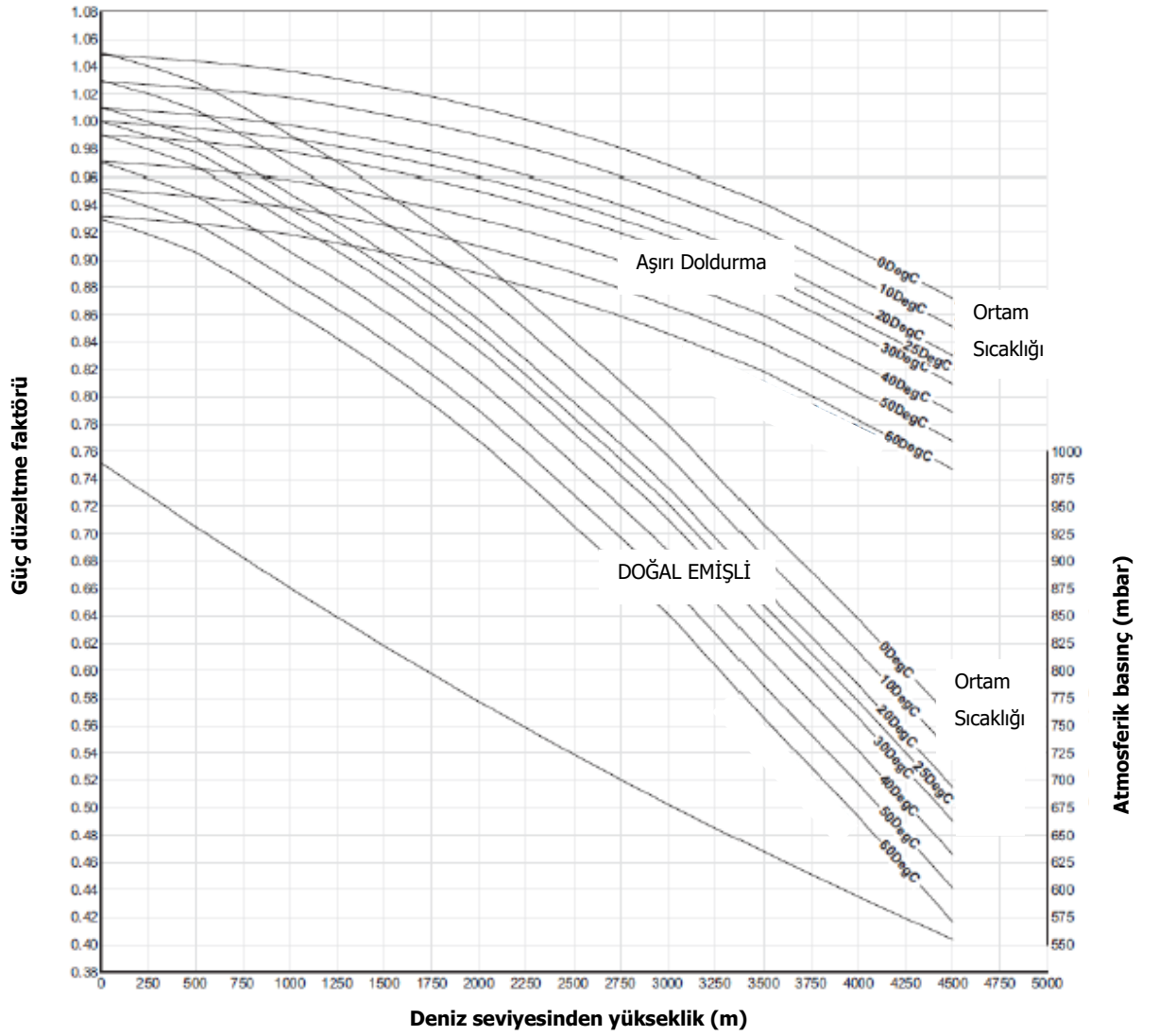
N_e : Effektiv motor gücü (kW)

N_i : Endike motor gücü (kW)

η_m =Mekanik verim

Genel olarak hava sıcaklığının artması, atmosferik basıncın azalması anlamına gelmektedir. Daha az basınç ve sıcaklıkla genişen birim hava içerisinde de daha az oksijen molekülü bulunmaktadır. Motorun emme havası sıcaklığının artması, emme havasının yoğunluğunun azalması nedeniyle hacimsel verimliliğin düşmesine yol açmaktadır. Sonuç olarak silindirin süpürme hacmine daha az hava hacmi çekilmektedir. Daha soğuk emme havası oksijen molekülü açısından daha yoğun olacak ve motorda, silindir başına daha yüksek kütle akışına sahip olacaktır. Silindire daha fazla oksijen kütlesinin girmesi, daha fazla yakıtın yanmasını sağlayarak her bir çevrimin daha fazla efektif güç üretmesini sağlayacaktır (Ibraheem ve Abdullah 2019).

“Motor performansı ve etkinliği; ortam sıcaklığı, atmosferik basınç ve bağıl nemin oluşturduğu şartlar nedeniyle değişen yanma etkinliğine bağlıdır” (Silleli vd. 2013, Anonymous 2013). Şekil 1.3’te, basınç, yükseklik, sıcaklık gibi atmosferik etkenlerin motor performansına etkisi görülmektedir.

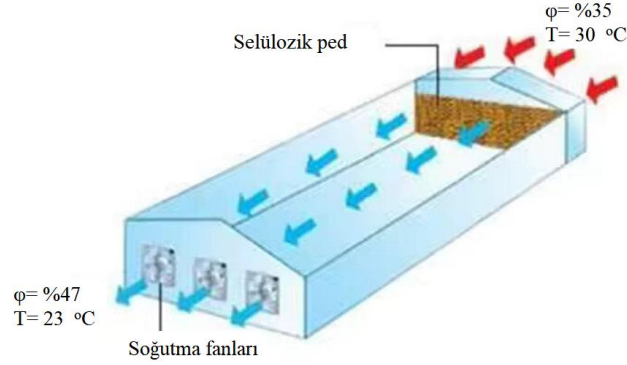


Şekil 1.3 Atmosferik basıncın ve ortam sıcaklığının motor gücü üzerine etkisi
(Anonymous 2013)

1.5 Evaporatif Soğutma Sistemi (ESS)

Günümüzde yaşam koşullarının iyileşmesiyle birlikte iklimlendirme sistemlerinin kullanımı hızla yaygınlaşmıştır. Bu bağlamda, ısıtma ve soğutma teknolojilerinde daha çevreci ve verimli çözümlerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar son yıllarda önemli ölçüde ivme kazanmıştır. Soğutma teknolojileri üzerine yapılan araştırmalar, evaporatif soğutucuların hâlâ dünya genelinde yaygın şekilde kullanılan mekanik buhar sıkıştırımlı soğutma sistemlerine göre birçok avantaja sahip olduğunu göstermektedir. Evaporatif soğutucular, geleneksel sistemlere kıyasla hem enerji tüketimi açısından hem de zararlı

kimyasal gazları içermediğinden daha avantajlı bir alternatif olmaktadır. Bu sistemler, konut iklimlendirmesinde giderek daha fazla tercih edilmekte olup, nemli hava gereksinimi olan dökümhaneler, hayvan çiftlikleri ve seralar gibi sanayi ve tarım alanlarında da yaygın olarak kullanılmaktadır. Şekil 1.4'te örnek bir evaporatif soğutma sistemi görülmektedir.



Şekil 1.4 Örnek evaporatif soğutma sistem (Faridi vd. 2020)

ESS, suyun hava içerisinde buharlaşması prensibine dayanmaktadır. Suyun buharlaşması için gereken gizli buharlaşma ısısı, havanın sıcaklığını etkileyen hissedilebilir ısı şeklinde havadan alınır ve hava sabit bir entalpi değerinde kalırken havanın su buharı bileşeninde bulunan enerji gizli ısıya dönüştürülür. Duyulur ısıнын gizli ısıya bu dönüşümü adyabatik bir süreç olarak bilinir çünkü sabit bir entalpi değerinde gerçekleşir. Bu nedenle evaporatif soğutma, havanın sıcaklığında hissedilebilir ısı düşüşüyle orantılı gizli ısı kazancıyla ve nem artışına neden olmaktadır. Bu ısı ve nem transferi sayesinde soğutma işlemi gerçekleşmektedir (Faridi vd. 2020).

Bu durum; psikrometrik diyagram üzerinde, belirlenen bir noktadan ıslak termometre eğrisi boyunca % 100 neme ulaşıldığı noktaya kadar gidilirse varılan noktanın kuru termometre sıcaklığı skalasını kestiği nokta ile başlangıç noktası arasındaki sıcaklık farkından anlaşılmaktadır.

ESS de havanın içindeki suyun buharlaşma gizli ısısı havanın duyulur ısısından alınır. Bu sayede kuru termometre sıcaklığı düşmüş, soğutma gerçekleşmiş olur. Bu süreçte ıslak

termometre sıcaklığı değişmemektedir. Sistemin duyulur ısısı azalırken gizli ısısı artmaktadır. Süreç ideal adyabatik koşullarda gelişirse, kuru termometre hava sıcaklığı düşer ve nem oranı artar. Bu ısı alışverişi, hava ve su sıcaklığı “adyabatik doyma sıcaklığı” olarak adlandırılan değere ulaşana kadar devam eder ve bu süreç “adyabatik doyma” olarak bilinir. Bu nedenle, evaporatif soğutma işleminde “adyabatik doygunluk” kavramı sadece ilgili su veya havanın ideal olarak soğutulabileceği teorik bir sınırdır. Adyabatik doyma ile elde edilen soğutmanın sınırları vardır. Uzaklaştırılan ısı miktarı, havayı doyurmak için gerekli olan gizli ısı miktarını aşamaz. Dolayısıyla soğutma olanakları havadaki nemle ters orantılıdır denilebilir. Sonuç olarak, bağıl hava nemi çok yüksek olduğunda, bu işlem çok etkili değildir. (Bulut ve Yenigün 2013).

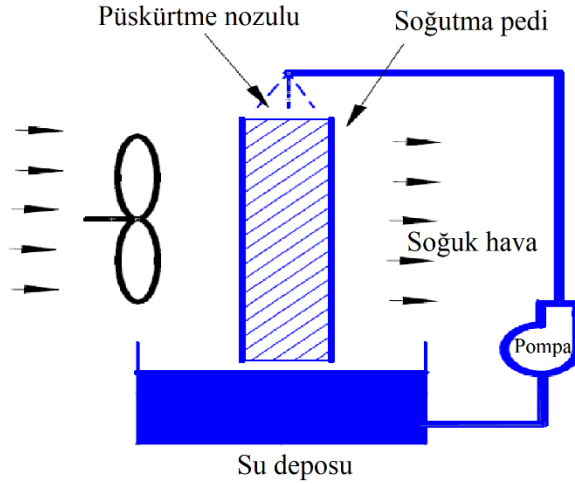
Doymamış hava su ile temas ettiğinde, hava molekülleri ile su molekülleri arasında ısı transferinin yanı sıra bir miktar kütle transferi de olur. Bu kütle transferi yüksek basınçlı olan molekülden düşük basınçlı olana doğru oluşur. Bu duruma buharlaşma yoluyla su transferi de denilmektedir. 1g su buharlaşabilmesi için 539 – 597 cal ısı gerekmektedir. Buharlaşma esnasında ihtiyaç duyulan havanın önemli bir bölümü havanın duyulur ısısından temin edilir. Başka bir deyişle sıcak hava şartlarındaki 1kg suyun buharlaşırken dış ortam havasının duyulur ısısından 2,4 MJ civarında ısı çeker. Isı alışverişi termodinamik dengeye ulaşınca sona erer. Duyulur ısısının azalması ile kuru termometre sıcaklığı dolayısıyla da hissedilen sıcaklık azalmaktadır (Yağcıoğlu 2017).

ESS türleri:

- a) Doğrudan ESS (DESS)
- b) Dolaylı ESS (IESS)
- c) Çok Kademeli (MESS)

1.5.1 Doğrudan vaporatif soğutma sistemi (DESS)

DESS'nin basit tasarımı sayesinde diğer ESS çeşitlerine nazaran, maliyet ve etkinlik avantajı sağlamaktadır (Şekil 1.5).



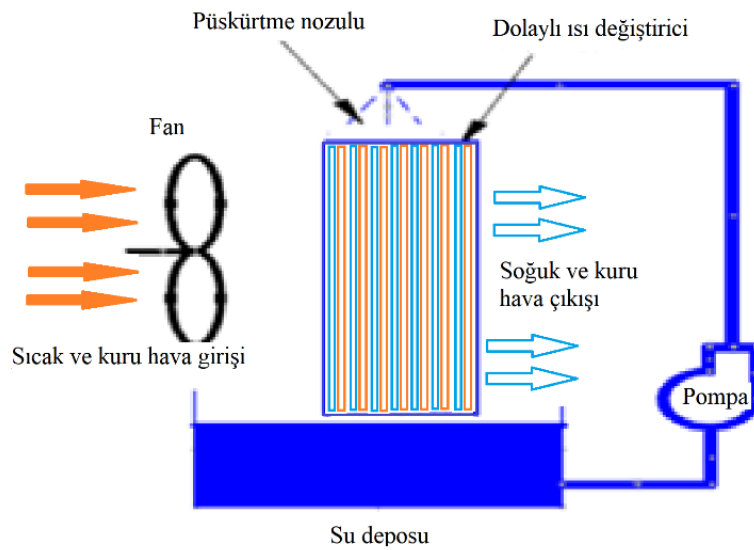
Şekil 1.5 DESS şeması (Kapılan vd. 2023)

DESS sisteminde, su ve hava arasında doğrudan bir temas vardır. Su ince damlacıklar şeklinde havaya püskürtülür. Bu damlacıklar havadaki ısıyı emer ve sıvı fazdan buhar faza geçer. Bu ısı Emilimi havanın sıcaklığını düşürmekte, suyun buharlaşması nedeniyle de havanın nemini artırmaktadır. Bu sayede havanın bağıl nemi artmakta ve hissedilir ısı azalmaktadır. Yüksek nem, malzemelerin korozyona uğramasına ve insan konforunu olumsuz etkilemesine neden olabileceği için DESS sıcak ve kuru iklimlerde kullanım için daha uygundur. DESS'de havanın sıcaklığı ıslak termometre sıcaklığının altına düşürülemez. Bu tür bir sistemin ıslak termometre etkinliğinin yaklaşık % 70-95 olduğu ve hava debisine, hava durumuna, uygulama türüne, buharlaştırıcı ped kalınlığına vb. bağlı olduğu bilinmektedir. Doğrudan ESS, aktif ve pasif ESS olarak ikiye ayrılır. Aktif doğrudan ESS elektrikli cihazlar tarafından tahrik edilir. Pasif doğrudan ESS, güç tüketimi ihmal edilebilir düzeyde olan doğal tahrikli bir sistemdir. (Sonawane vd. 2015).

- i. **Aktif DESS:** Aktif doğrudan ESS, hava ve su sirkülasyonu için elektrik sistemleri tarafından tahrik edilir. Bu tip ESS için gereken elektrik enerjisi, geleneksel olarak kullanılan buhar sıkıştırma sistemine kıyasla daha azdır. Bu nedenle, bu tür ESS daha az enerji yoğun sistem olarak kabul edilir ve % 90'a varan enerji tasarrufu olasılığı vardır.
- ii. **Pasif DESS:** Pasif ESS sistemi çalıştırmak için enerji gerektirmez ve doğal olayları kullanır. Ancak, küçük kapasiteli fan veya pompalar gerektirebilir. Bu tip sistemler iklim koşullarına bağlıdır. Bu tür bir sistemin iç hava sıcaklığını yaklaşık 9 °C azaltabileceği bilinmektedir.

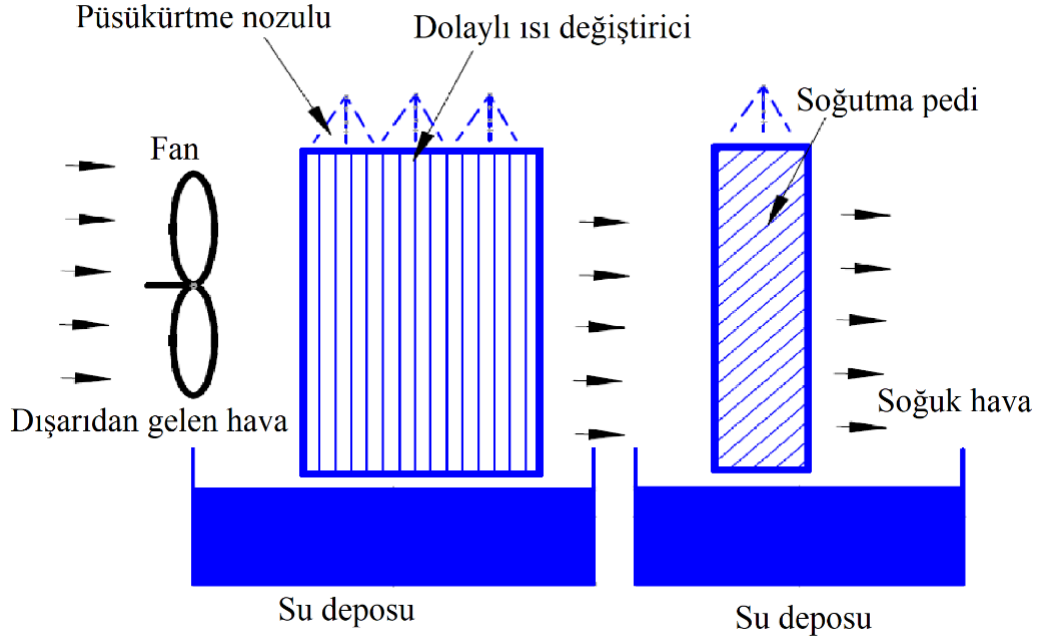
1.5.2 Dolaylı evaporatif soğutma sistemi (IESS)

IESS sistemleri, DESS sistemlerinden farklı olarak havayı nemlendirmeden soğutma işlemini gerçekleştirebilir. Bu özellikleri sayesinde, IESS sistemler nem oranı yüksek bölgelerde kullanım için daha uygundur. Bu tür ESS'nin ana bileşenleri fan, pompa, su deposu, su dağıtım sistemi ve dolaylı ısı eşanjörüdür. Şekil 1.6'da IESS şeması gösterilmektedir. IESS'nin etkinliğinin DESS 'e göre daha düşük olduğu bilinmektedir (Porumb vd. 2016).



Şekil 1.6 Dolaylı evaporatif soğutma sistemi (Kapılan vd. 2023)

DESS'in etkinliği dolaylı IESS'den daha yüksektir, ancak DESS yüksek nemli koşullarda daha düşük etkinliğe neden olmaktadır. Daha iyi performans elde etmek için IESS ve DESS kombinasyonu veya diğer soğutma teknolojileri birlikte kullanılabilmektedir (şekil 1.7).

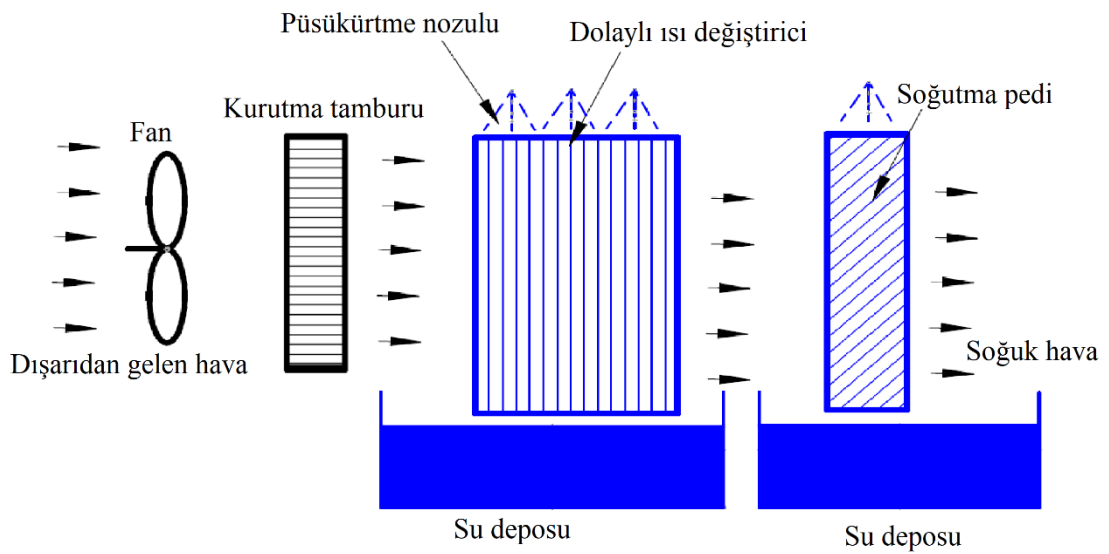


şekil 1.7 Dolaylı-doğrudan ESS (Kapılan vd. 2023)

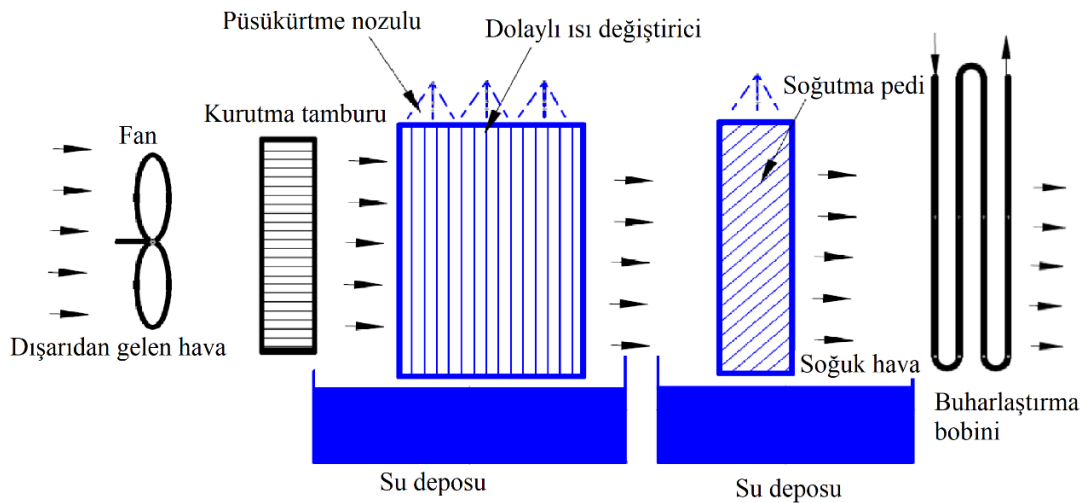
Bu şekilde kombine bir sistem, tekli çalışmaya kıyasla daha yüksek soğutma kapasitesi, daha iyi nem kontrolü, daha yüksek verimlilik vb. sağlamaktadır. Bu da bu tür bir sistemin küresel ısınmayı ve ozon tabakasının incelmelerini azaltmak için geleneksel soğutma sistemine bir alternatif olmasını sağlamaktadır. Sistem, IESS aşamasından ve ardından DESS aşamasından oluşur. İlk IESS aşaması dış ortam havasını soğutur ve daha sonra bu hava daha fazla soğutma için doğrudan bir aşamadan geçebilir. Bu sistemde havayı ıslak termometre sıcaklığının altına soğutmak mümkündür. Bu tip ESS'nin etkinliği yüksektir, ancak su ihtiyaı yaklaşık % 55 artmaktadır. İki ESS'nin birlikte çalıştırıldığı böyle bir kombine sistemin % 90'ı aşan etkinlik avantajlarına karşılık; karmaşık tasarım, daha yüksek başlangıç maliyeti gibi dezavantajları bulunmaktadır (Kapılan vd. 2023).

1.5.3 Çok Kademeli ESS (MESS)

MESS; DESS, IESS ve bir kurutma tamburundan oluşmaktadır. Bu sistemde kurutucu tambur, nem alma sistemi ile entegre edilerek enerji gereksinimi düşürülebilmektedir. Bu sistemin COP değerinin yaklaşık 20 olduğu, geleneksel soğutma sistemlerine kıyasla yaklaşık % 54-82 oranında bir enerji tasarrufu sağladığı bilinmektedir. Şekil 1.8 ve Şekil 1.9'da kurutucu çark ve soğutma serpantini ile MESS gösterilmektedir (Kapılan vd. 2023).



Şekil 1.8 Kurutucu çark ile çok kademeli ESS (Kapılan vd. 2023)



Şekil 1.9 Soğutma serpantini ile çok kademeli ESS (Kapılan vd. 2023)

1.5.4 Ped malzemesi türleri

ESS’de soğutma pedleri sürekli olarak su ile ıslatılmakta ve hava, soğutma pedinin yüzeyinden akmaktadır. Islatılan soğutma pedi, su ve hava arasında kütle ve ısı transferine neden olmaktadır. İdeal bir ESS soğutma pedi; minimum basınç düşüşü sağlamalı, su ve hava temas yüzeyi yüksek olmalı, kolay temizlenebilmeli, montaj- demontajı kolay olmalı ve periyodik bakım maliyeti düşük olmalıdır. Ped malzemelerinin kalitesi ve türü ESS’nin verimliliğini etkilemektedir. Soğutma pedi doğal ve sentetik malzemelerden yapılabilmektedir. Kum, kil, tuğla, hurma lifleri ve yaprakları, ahşap, çuval, testere tozu, buğday samanı, jüt, polivinil klorür sünger, morum, ponza taşı, hindistan cevizi, pirinç kabuğu, odun kömürü, pamuklu kumaş gibi malzemeler; hasır gibi örülmüş ince tahta çitalardan, cam yünü liflerden, plastik malzemelerden, çimento emdirilmiş çeşitli liflerden odun yongaları, talaş, sap, saman vb. malzemelerin gevşek bir şekilde doldurulduğu yassı yastıklar veya gevşek yapılmış ot veya sap balyalarından ve özel kimyasallarla suya ve kemirici hayvanlara karşı dayanımı artırılmış özel yapılı, çapraz veya dik yönde oluklu karton malzemeler örnek olarak verilebilir (Sapounas vd. 2008).

Pedlerin ıslatılması için gereken su miktarı; tuz gibi maddelerin ped yüzeyinde birikmesini önlemek amacıyla, ıslatma debisinin her 1 m³/s hava debisi için en az 0,02 l/min olması önerilmektedir. Buharlaşacak her 1 l su için, ped üzerinden 7,5 l civarında su geçirilmesi gerekmektedir. Özellikle sıcak hava koşullarında, yüzey alanı başına su tüketimi 30–40 l/m² düzeyine ulaşabilmektedir. Düşük hava hızlarında buharlaşma oranını diğer atmosferik şartlara da bağlı olarak düşmektedir. Yüksek hava hızına ulaşıldığında ise buharlaşmamış su damlacıklarının pedden geçen hava moleküllerinin arasına karışması istenen bir durum değildir. Kalınlığı 15 cm’ye kadar olan pedler için önerilen hava geçiş hızı 0,75–0,8 m/s; buna karşılık gelen özgül havalandırma debisi ise 0,03–0,04 m³/s aralığındadır. Ped kalınlığı arttıkça, hava hızı da kontrollü bir şekilde artırılabilir. Bununla birlikte, sistem tasarımında uygulama alanının deniz seviyesinden yüksekliği, alınan güneş radyasyonu, iç yükler (ısı yükü) ve kabul edilebilir sıcaklık artışı gibi çevresel ve yapısal etkenler de göz önünde bulundurularak ESS kapasitesi hesaplanabilmektedir (Bedir 2016).

ESS tasarımında dikkat edilmesi gereken bazı parametreler bulunmaktadır. Fanlar ve nemlendirici pedler karşılıklı olarak yerleştirilmektedir. Aralarındaki mesafe optimum 30-45 m olarak belirlenmiştir. 30m'nin altında tasarım yapılması durumunda yatay ekseninde hava hızı azalacak ve konforsuz bir çalışma ortamına neden olacaktır. 30 m'nin altındaki ESS tasarımları için maksimum hava hızı Eşitlik 4 ile hesaplanmaktadır.

$$U = 5,5/\sqrt{I} \quad (4)$$

U: hava hızı m/s

I: fan ile ped arası mesafe m

Fanlar arası en fazla 7,5m olmalıdır (Yağcıoğlu 2017).

1.6 Tezin Amacı ve Kapsamı

OECD üyesi 22 ülke ve üye olmayan 5 ülke de dahil olmak üzere toplam 27 ülkede geçerli olan OECD test kodlarına göre yürütülen motor ve traktör kuyruk mili performans testlerinde ortam sıcaklığı faktörü önemli bir sorundur. OECD Kod 2'ye göre yapılacak testlerde;

- i. Atmosferik basınç 96,6 kPa'dan az olmamalı,
 - ii. Ortam sıcaklığı 23 ± 7 °C olmalı,
 - iii. Ortam sıcaklığı testin başından sonuna kadar ± 2 °C toleransta kalmalı
- şartları bulunmaktadır.

Coğrafi olarak atmosferik basıncın düşük olduğu Ankara gibi yüksek illerde, raporda belirtmek suretiyle izin verilen basıncın altında test yapılması kabul edilmektedir.

Ortam sıcaklığı ile ilgili olarak; test edilecek traktörün 2 m önüne, 1,5 m yükseğe yerleştirilen termal sensörlerle ölçülen değer 16 - 30 °C aralığında olması

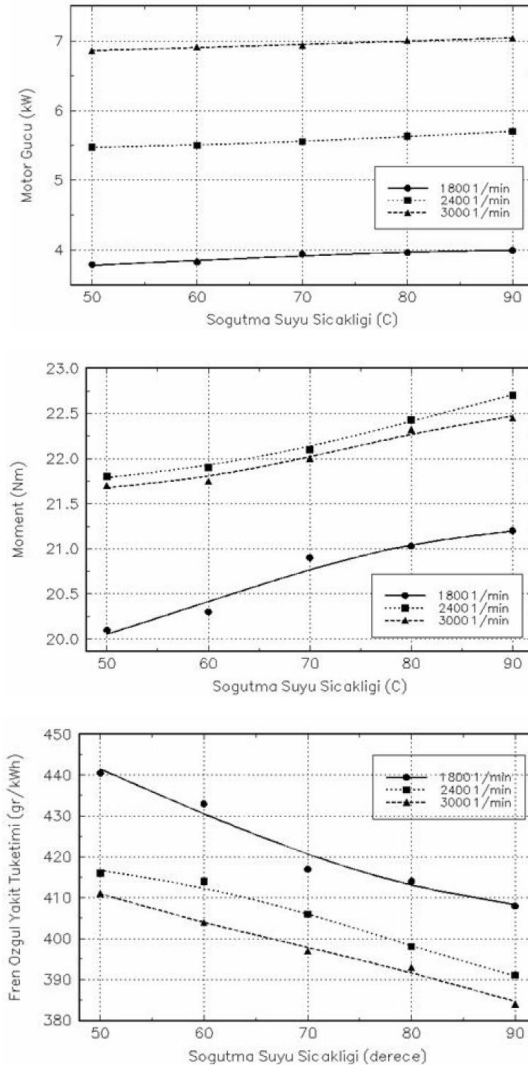
beklenmektedir. 30 °C üst sınırı Türkiye gibi yaz mevsimi ortalama sıcaklığı yüksek olan ülkeler için özellikle temmuz, ağustos aylarında test yapılması çok zor hale gelebilmektedir. Sorunun çözümü noktasında; sabah erken saatlerde ya da gece geç saatlerde test yapmak gibi geçici çözümler üretilmiş, çeşitli havalandırma yöntemleri denenmiş ancak tam anlamıyla çözüme ulaşılammıştır. Kapsamlı bir soğutma, ancak uygun bir iklimlendirme sistemi ile mümkün olabilmektedir. Bu tür sistemler kullanılmadığı sürece ancak belirli aylarda test yapılabilmektedir. Fransa, İspanya, Avusturya ve İtalya’ da bulunan test kuruluşları ortam sıcaklığını kontrol altında tutabilmek için PTO test laboratuvarının kapısını açarak ya da traktör tarafından iyice ısıtılan havanın dışarı atılmasını sağlayan fanlarla test yapabilmektedirler (OECD 2010). Kore ve Almanya’da bulunan test merkezlerinde klima sistemi mevcuttur. Ancak klima kullanımının işletme maliyeti oldukça yüksektir. Ayrıca havadaki nem dengesini bozması test koşullarını etkilemektedir. Türkiye, 2010 yılında ortam sıcaklığını kontrol altında tutabilmek için evaporatif soğutma sistemi kullanmaya başlamıştır. TAMTEST PTO test laboratuvarı dünyada bu sistemi kuran ilk test merkezidir.

Bu tezin amacı; OECD Kod2 traktör, motor ve kuyruk mili performans testlerinde, ortam sıcaklığı için izin verilen 23 ± 7 °C kuralına uygun biçimde, 30 °C’yi aşmayacak şekilde test yapılabilmesine olanak sağlayan, işletme maliyeti düşük, test süresince ortam sıcaklığını ve bağıl nemini sabit tutabilen evaporatif soğutma sisteminin etkilerini belirlemektir. Bu kapsamda; ESS’nin, test edilen traktörlerin PTO gücü, tork, yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi, özgül enerjisine etkisi araştırılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Sümer vd. (1998), traktörlerde güç ve yüklenme koşullarına bağlı olarak egzoz gazı sıcaklığı ve özgül yakıt tüketimi arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Çalışmada; 33,6 kW, 41 kW, 47,7 kW güçlerinde, dizel yakıtla çalışan, üç farklı model traktör, hidrolik bir fren cihazı kullanılarak, 540 min^{-1} standart kuyruk milin devrinde, 7,5-41 kW aralığında kuyruk milinden kademeli olarak yüklenmiş ve her bir yük kademesi için egzoz gazı sıcaklıkları ve yakıt tüketimi ölçülmüştür. Egzoz gazı sıcaklığı, motor gücü ve özgül yakıt tüketimi verileri incelenmiş ve istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar tespit edilmiştir. Yapılan analizler, traktörün kuyruk miline uygulanan yük arttıkça egzoz gazı sıcaklığı ile özgül yakıt tüketimi arasında ters yönlü; egzoz gazı sıcaklığı ile toplam yakıt tüketimi arasında ise doğrusal bir ilişki bulunduğunu ortaya koymuştur. Ayrıca kuyruk miline uygulanan yük kademelerindeki artışa bağlı olarak her üç traktöründe özgül yakıt tüketiminde azalma olduğu saptanmıştır. Her üç traktör için de en yüksek kademedeki yüklemede minimum özgül yakıt tüketimi elde edilmiş ancak traktörlerin bu yükleme kademesinde kararsız bir şekilde çalıştığı gözlemlenmiştir. Tarımsal faaliyetlerde traktörlerin kararlı çalışması yüksek önem arz ettiğinden traktörü yüksek yüklerde çalıştırmak yerine uygun büyüklükteki traktör ile ortalama yüklerde tarımsal faaliyetlerin yerine getirilmesi, ürün kalitesi ve maliyet açısından daha verimli olacağı kanaatine varılmıştır.

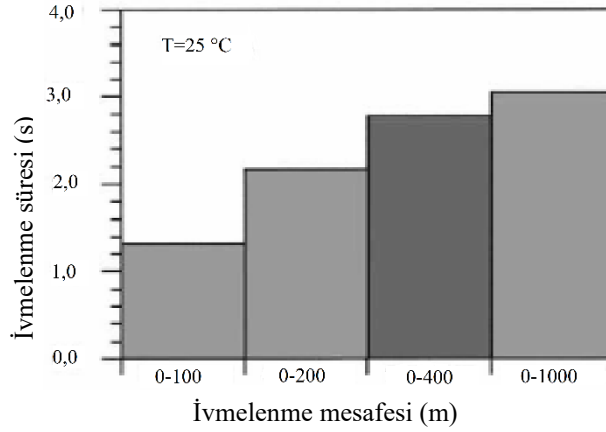
Topgül ve Çınar (2001), Bu çalışmada, içten yanmalı, tek silindirli ve direkt püskürtmeli bir dizel motorda soğutma suyu sıcaklığının motor performansı üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, motor devri $1800, 2400$ ve 3000 min^{-1} olacak şekilde üç farklı çalışma koşulunda gerçekleştirilmiş; her bir devir için elde edilen veriler ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Deneysel bulgular, soğutma suyu sıcaklığının düşük seviyelerde tutulduğu durumlarda, motorun moment ve güç üretiminin azaldığını, buna karşılık özgül yakıt tüketiminin arttığını ortaya koymuştur. Bu sonuçlar, motorun termal verimliliği ile soğutma suyu sıcaklığı arasındaki doğrudan ilişkiyi açıkça göstermektedir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1 Soğutma suyu sıcaklığının motor değerlerine etkisi (Topgül ve Çınar 2001)

Soares ve Sodre (2002), Bu çalışmada, atmosferik koşulların içten yanmalı motorların performansı üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla deneysel ve gözlemsel analizler gerçekleştirilmiştir. Performans kriteri olarak, taşıtın ivmelenme süresi seçilmiş ve bu parametrenin hava sıcaklığı, bağıl nem ve atmosferik basınç gibi çevresel değişkenlere bağlı olarak nasıl değiştiği araştırılmıştır. Bir içten yanmalı motorun tasarlandığı atmosferik referans koşulların dışında çalıştırıldığında, elde edilen motor performansı üretici tarafından belirtilen değerlerden farklılık gösterebilmektedir. Özellikle sıcaklık ve rakım gibi değişkenlerdeki belirgin farklılıklar, taşıtın ivmelenme tepkisi ve yakıt tüketimi üzerinde hissedilir değişimlere neden olmaktadır. Elde edilen bulgular, taşıt performansının değerlendirilmesinde atmosferik koşulların dikkate alınmasının, doğru performans tahminleri açısından kritik olduğunu ortaya koymuştur. Çalışma sonucunda,

taşıtın ivmelenme süresi üzerinde atmosferik basıncın, diğer atmosferik parametrelere kıyasla daha belirleyici bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Deniz seviyesinde ve yaklaşık 827 m yükseklikte gerçekleştirilen deneylerde, taşıtın 0-400 m ve 0-1000 m mesafeleri arasındaki ivmelenme süreleri arasında yaklaşık % 3 oranında bir farklılık gözlemlenmiştir (Şekil 2.2). Bu fark, atmosferik basınçtaki değişimin taşıt performansına olan etkisinin doğrudan bir yansıması olarak değerlendirilmektedir.



Şekil 2.2 Atmosfer basıncına göre sürelerindeki farklılıklar (Soares ve Sodre 2002)

Deneyssel bulgular, atmosferik sıcaklık arttıkça taşıtın ivmelenme süresinin uzadığını göstermiştir. Özellikle 0–1000 m mesafesinde gerçekleştirilen testlerde, 5 °C’lik sıcaklık farkı sonucunda ivmelenme süresi arasında yaklaşık % 3 oranında bir farklılık gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, sıcaklık artışının motorun performans parametreleri üzerinde olumsuz yönde etkili olduğunu göstermektedir. Bununla birlikte, sıcaklığın taşıt ivmelenmesi üzerindeki etkisinin, atmosferik basınca kıyasla daha düşük düzeyde olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2.1).

Çizelge 2.1 Sıcaklık ve basınç değişimi ile ilgili deney sonuçları

Deney No	T (°C)	P (mbar)	ϕ (%)	t (s)	Varış mesafesi (m)
1	20	1026	95	34,15	1000
2	25	1027	57	34,23	1000
3	20	927	43	35,20	1000
4	25	929	42	35,27	1000
5	30	926	33	34,31	1000

T: Sıcaklık (°C),

P: Basınç (mbar),

ϕ : Nem (%)

t: Süre (s)

Vatandaş (2003), standart traktörlerde kuyruk mili gücünün dolaylı yöntemle tahmini için analitik bir model geliştirmiştir. Materyal olarak OECD Standart Test Koduna göre 19 traktörün kuyruk mili gücü testleri yapılmış, kuyruk milinin tam ve kısmi yüklenmelerine ait ölçüm değerleri birlikte kullanılmıştır. Geliştirilen bu modelin performansı 1986 yılında geliştirilen başka bir modelle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonunda yeni geliştirilen modelin daha başarılı olduğu görülmüştür.

Parlak vd. (2003), bir dizel motorda sıkıştırma oranının motor performansına ve verimine etkisini araştırmışlardır. Teorik veriler ile deneysel verileri karşılaştırma esasına dayanan çalışmada teorik dizel çevrim analiz verileri ile; ön yanma odalı tek silindirli sıkıştırma oranı değiştirilebilir Ricardo E6 tipi bir dizel motorundan elde edilen deneysel veriler karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak sıkıştırma oranının optimum değerde olduğunda; motor performansının ve etkinliğinin arttığı ancak optimum değer aşıldığında azaldığı gözlemlenmiştir. Deneysel verilere göre; sıkıştırma oranı, 18,20'den 19,60'a çıkması halinde özgül yakıt tüketiminin % 8 arttığı, efektif verimin ise % 7,5 oranında azaldığı tespit edilmiştir.

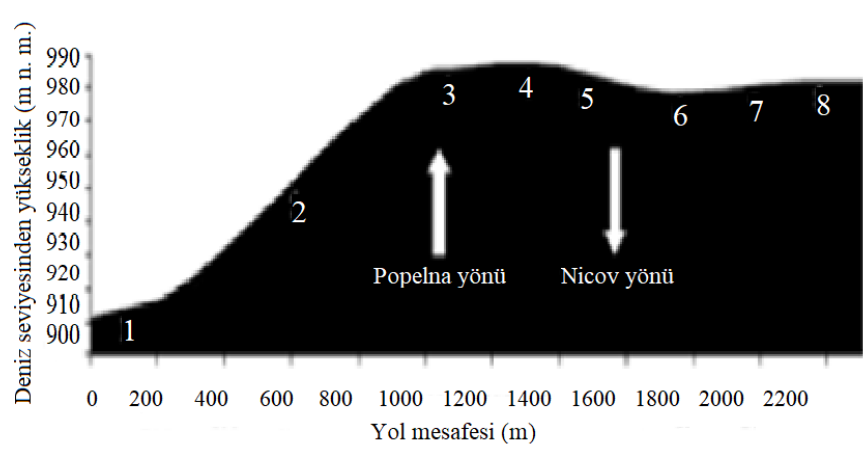
Kim vd. (2005), 1959-2002 yılları arasında Nebraska Traktör Test Laboratuvarında, test edilen toplam 926 dizel traktörün performans verilerini incelemiştir. Çalışmada özgül yakıt tüketimi, traktör birim kütlesi başına düşen güç, çeki gücü katsayısı, maksimum tork artışı ve gürültü seviyeleri ölçülmüş ve analiz edilmiştir. Maksimum PTO ve çeki gücü için ortalama özgül yakıt tüketimi sırasıyla % 20,5 ve % 23,4 artarak 3,47 ve 3,01 kWh/l'ye yükselmiştir. Yüksek PTO gücü üreten traktörlerde daha düşük özgül yakıt tüketimi gözlemlenmiştir. PTO gücü baz alınarak yapılan ölçümlerde 4WD ve paletli traktörlerde, FWA traktörlere göre daha düşük özgül yakıt tüketimi elde edilmiştir. Özellikle 1980 sonrası üretilen traktörlerde özgül yakıt tüketimindeki fark daha yüksektir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar şu şekildedir:

- 1. Birim ağırlık başına güç:** İlave ağırlıklı traktörlerin birim ağırlık başına ortalama maksimum PTO ve çeki gücü, 1959'dan 2002'ye kadar üretilen traktörlerde % 72,1 ve % 66,2 artarak 1,48 ve 1,28 kW/kN'a yükselmiştir. PTO gücü arttıkça, ilave ağırlıklı traktörlerin birim ağırlık başına gücü de artmıştır. 1990'lı yıllara kadar 149 ila 187 kW PTO güç aralığındaki traktörlerde birim ağırlık başına ortalama PTO gücünde bir düşüş yaşanmıştır. Ortalama maksimum çeki gücünde de benzer bir eğilim gözlemlenmiştir. 4WD ve STD traktörler, FWA traktörleri hariç diğer tüm şasi tiplerine göre ağırlık başına daha fazla güç geliştirmiştir. Genel olarak, 1959'dan 2002'ye kadar traktör ağırlığı başına PTO gücündeki artış 4WD için % 64, paletli traktörler için % 73,8 ve STD traktörler için % 91,7 olmuştur. Çeki gücünde ise artış 4WD'de % 47,1, paletlilerde % 106,6 ve STD traktörlerde % 48,8 olmuştur.
- 2. Çeki gücü katsayısı:** Çeki gücü katsayısı; test koşullarına uygun, beton zeminde yapılan çeki testi sonuçlarının tarla koşulların karşılık gelen gücü hesaplamak için kullanılmaktadır. Çeki gücü katsayısı; 1959'dan 2002'ye kadar 4WD traktörler için % 24,4 ve STD traktörler için % 27,4 artarak 2001 ve 2002 için sırasıyla 1,02 ve 0,94 olmuştur. FWA traktörlerin ortalama çeki katsayısı 1971 yılında 0,83 iken 2000 yılında % 10,6 artarak 0,94'e yükselmiştir. Ortalama çeki katsayısındaki en önemli artış, PTO gücü 75-112 kW aralığındaki traktörlerde gerçekleşmiştir.

3. **Tork artışı:** Daha büyük PTO gücüne sahip traktörler daha büyük çeki gücüne veya daha yüksek torka sahiptir. 1972'den 2002'ye kadar geçen 30 yıllık dönemde çekiş gücü ve tork artışı istikrarlı bir şekilde devam etmiştir. 2001-2002 döneminde, 37-75 kW PTO güç aralığındaki traktörlerin ortalama tork artışı, 10 yılda % 18,4 artışla % 27,7 oldu. PTO gücü 187 kW'ın üzerinde olan traktörlerde ortalama tork artışı % 50,8 olup aynı dönemde % 30,9 artış göstermiştir.
4. **Gürültü seviyesi:** 1970'lerin başında maksimum gürültü seviyesi 83,0 ila 93,6 dBA arasında değişiyordu. Sonraki 30 yıl boyunca, yani 2001-2002 döneminde ise maksimum gürültü seviyesi 73,5 ila 88,5 dBA'ya düşürülmüştür.

Sönmez (2006), motor emme havasına oksijen gazı ilave edilmesinin motor performansı üzerindeki etkisini araştırmıştır. Sabit devir ve yük koşullarında yapılan testler sonucunda, emme havasına ilave edilen oksijen oranının % 1 artırılmasının; güç ve torku artırdığı, ayrıca özgül yakıt tüketimini iyileştirdiği gözlemlenmiştir. Bununla birlikte, kül, hidrokarbon (HC) ve karbon monoksit (CO) emisyonlarında belirgin bir azalma tespit edilirken, Nox emisyonlarında artış meydana gelmiştir. Bu nedenle, hava soğutmalı dizel motorlar için oksijen oranının % 1'den fazla artırılmasına gerek olmadığı sonucuna varılmıştır.

Jilek vd. (2008), Yük taşıma sırasında traktör motorunun nominal gücünün yakıt tüketimi üzerindeki etkisini araştırmıştır. Üç farklı traktör-römork kombinasyonu üzerinde denemeler yapılmıştır. Farklı motor güçlerine sahip üç traktöre römork bağlanmış ve 0°-5.5° eğime sahip dağlık bir bölgede taşıma performansı değerlendirilmiştir. 2330 m'lik asfalt yola sahip olan dağlık bölgedeki güzergahta, belirli noktaların yükseltileri (rakımları) Şekil 2.3'te verilmiştir



Şekil 2.3 Güzergahtaki belirli noktaların rakımları (Jílek vd. 2008)

Ayrıca denemelerin yapıldığı güzergaha ait arazi eğimleri Çizelge 2.2’de görülmektedir.

Çizelge 2.2 Belirlenen konumlara göre arazi eğimleri (Jílek vd. 2008)

Güzergâh Konumları ve Eğimleri		
Konum	Aralık (m)	Eğim (°)
1	0–300	2,1
2	300–900	5,5
3	900–1200	1,3
4	1200–1400	0,0
5	1400–1650	–1,6
6	1650–1847	–0,3
7	1847–2085	0,7
8	2085–2300	0,0

Römorkların bağlandığı 50 kW, 63 kW ve 114 kW nominal motor güçlerindeki üç traktöre ait veriler Çizelge 2.3’te verilmiştir.

Çizelge 2.3 Denemelerde kullanılan traktörlere ait özellikler (Jilek vd. 2008)

	T1	T2	T3
Üretim yılı	1988	2003	2001
Nominal motor gücü (kW)	50	63	114
Ön lastik özellikleri	11.2-24	13.6 R24	420/85 R28
Arka lastik özellikleri	16.9-30	16.9 R34	20.8 R38

Bu ölçümlerin sonucunda, yakıt tüketiminin % 27'ye kadar farklılık gösterdiği görülmüştür. Ölçülen güzergahtaki en düşük özgül yakıt tüketimi 50 kW nominal motor gücüne sahip traktör-römork kombinasyonunda olurken, en yüksek yakıt tüketimi ise 114 kW nominal motor gücüne sahip traktörde gerçekleşmiştir. Ölçülen güzergahtaki en düşük taşıma performansı 63 kW nominal motor gücüne sahip traktör-römork kombinasyonunda bulunmuştur. En yüksek performans ise 114 kW nominal motor gücüne sahip traktörle elde edilmiştir.

Canavate vd. (2009), OECD kodlarına göre testleri yapılan traktör verilerini temel alarak traktörlerin verimliliğini temsil eden bir verimlilik İndeksi (c_{kt}) geliştirmiştir. Enerji verimliliğine yönelik genel hedef daha iyi enerji performansına sahip traktörlerin kullanımını teşvik etmektedir. Tarım traktörlerinde enerji kayıpları öncelikle motorda, ikincil olarak da şanzımanda meydana gelmektedir. Önceki bir makalede yazarlar, bazı teorik varsayımları kullanarak " c_{jt} " verimlilik endeksini önermişler ve bunu 2006 ortalarına kadar İspanya'da satılan 214 traktör modeli için uygulamışlardır. Bu makalede, OECD kodlarına göre resmi testleri yapılan traktör verileri kullanılarak yeni bir verimlilik endeksi olan " c_{kt} " türetilmiştir. Bu yeni endeks, CVT (sürekli değişken şanzıman) gibi özel şanzımanlardaki kayıpların da hesaplanabildiği transmisyon ve yuvarlanma direncinin göz önüne alındığı, yakıt tüketimi ve kullanılabilir enerji arasındaki ilişkiyi daha iyi temsil eden bir katsayı olarak tanımlanmaktadır.

Toksöz (2010), Dört zamanlı bir dizel motor üzerinde yakıtın yanma analizini yapmak üzere bir algoritma geliştirerek motor performans analizi yapmıştır.

Dizel motorlarda yanma; tutuşma gecikmesi, ani yanma, kontrollü yanma ve art yanma olmak üzere dört safhada gerçekleşmektedir. Tutuşma gecikmesi, yakıtın hava ile tam olarak karışması ve buharlaşması safhasıdır. Kontrolsüz yanma, ilk safhada oluşan karışımla birlikte ateşleme birkaç noktada başlamakta, patlama etkisi yaratmaktadır. Kontrollü yanma, tam yanma aşamasında püskürtülen yakıt miktarı ile yanma kontrol altına alınmaktadır Ani yanma, tam yanma sonrası yakıtın püskürtülmemesine rağmen yakıtın yanması devam etmektedir. Ani yanma safhası çok uzun olursa egzoz sıcaklığı artar ve verim düşmektedir.

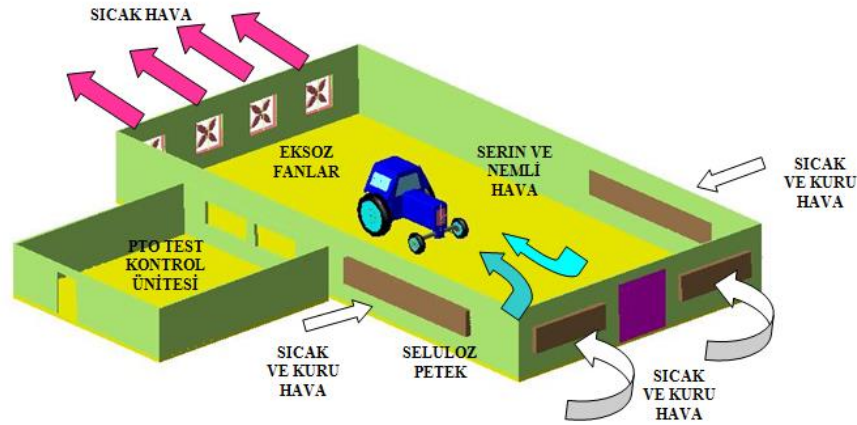
Sonuç olarak motor konfigürasyonlarına da bağlı olmakla birlikte motorun sıkıştırma oranındaki değişim; motor iç basıncını, yakıt tüketimini, NO₂, CO, CO₂ gazlarının salınım miktarını etkilemektedir.

Türker vd. (2012), Bu çalışmada Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğünde (TAMTEST) 2010 yılında test edilen, 10 kW ile 119,3 kW aralığında 12 farklı traktör markasına ait toplam 55 model traktör test verisini incelemişlerdir. OECD test kodlarına göre gerçekleştirilen testlerden; kuyruk mili performans testi kapsamında elde edilen PTO standart devrinde tam yükte ve kısmi yüklerde, PTO gücü ve yakıt tüketimi verileri elde edilmiştir. Bu veriler kullanılarak özgül yakıt tüketimi hesaplanmış ve traktör verimlilik endeksi olarak bu değer kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucunda 55 traktörden 18'i ortalama enerji verimliliği seviyesinin üzerinde yer alırken, 14 traktör seviyenin altında kalmıştır. Sonuçlar traktör modelleri arasında enerji verimliliği farklılıkları olduğunu göstermektedir. Basit bir hesap yapılırsa; yakıt tüketimindeki 1 kWh/l fark, yıl boyunca yakıt maliyetlerinde yaklaşık 500 USD fark anlamına gelmektedir. Ülke genelinde 1.350.000 adet traktör üzerinde verimlilik esaslı bir çalışma yapılabilirse tasarruf çok daha büyük olacaktır. Öte yandan bu traktörlerin yüzde 45'i ekonomik ömrünü tamamlamıştır. Bu nedenle yeni bir traktör satın alma söz konusu olduğunda traktörlerin enerji verimliliği düzeyini de içeren yeni bir yaklaşım olumlu sonuçlar doğuracaktır.

Howard vd. (2013), traktörlerde CVT şanzıman ile standart bir şanzımanın yakıt tüketimi üzerindeki etkisini incelemiştir. John Deere 8295R IVT model CVT şanzımanlı bir traktör

ile standart dişli şanzımanlı John Deere 8295R PowerShift traktör altı farklı yük seviyesi ve üç farklı ilerleme hızında yakıt tüketimi açısından test edilmiştir. Test sonuçlarına göre, CVT şanzımanlı traktör hem tam yüklü ilerleme hızlarında hem de kısmi yüklemelerde daha verimli yakıt tüketimine sahip olmuştur.

Silleli vd. (2013), Traktör performans testlerinde evaporatif soğutma sisteminin ortam sıcaklığı üzerine etkisini araştırmıştır. Çalışmada OECD Kod 2 test laboratuvarında verileri kullanılmıştır. 500 kN frenleme kapasitesine sahip bir fren cihazı (dinamometre) kullanılmıştır. Çalışmada, motor torku, motor devri ve buna bağlı olarak motor gücü ölçümünün yanı sıra, yakıt tüketimi, ortam sıcaklığı, basınç vb. parametreler de anlık olarak ölçülerek değer alınmıştır (Şekil 2.4).



Şekil 2.4 Traktör performans testleri için örnek bir soğutma modeli (Silleli vd. 2013)

2011 yılında yapılan bu çalışmada, 21 adet traktör test edilmiş bunlardan 2 tanesi kontrol amaçlı kullanılmıştır. Testler süresince ortam sıcaklığı değişmemiştir. Atmosfer basıncı testler sırasında. % 1'den fazla düşmemiş dengede kalmıştır. Laboratuvar içerisine soğutma sistemi sayesinde traktörlerin test esnasında ortam nemini kurutmasına rağmen bağıl nem artmamış, dış ortam nem oranı ile dengede kalmıştır. Soğutma sistemi sayesinde traktörlerde güç ölçümünde % 3,3'e kadar artış gözlemlenmiştir. Yılın tüm aylarında test yapılmasına olanak sağlayarak iş verimi artırılmış, firmaların test süreleri kısalmıştır.

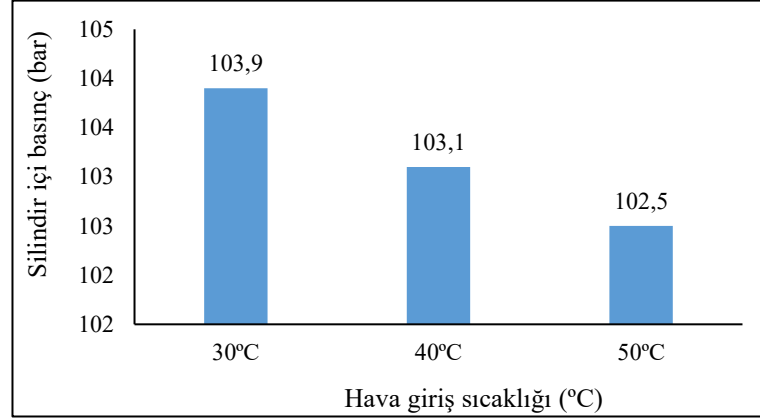
Tez çalışmasında bu çalışmadan farklı olarak, ESS'nin 82 traktörün performansına ve yakıt tüketimine etkisi kapsamlı biçimde araştırılmış, istatistik analizlerle sonuca varılmıştır. Ayrıca ESS selülozik pedlerden su numunesi alınarak bakteri analizi yapılmış ardından dezenfeksiyon çalışması yapılmıştır.

Gnanamoorthi ve Devaradjane (2015), sıkıştırma oranının tek silindirli dört zamanlı doğrudan enjeksiyonlu doğal emişli bir dizel motorun performansı, yanma ve emisyon özellikleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sıkıştırma oranları 17.5:1, 18.5:1 ve 19.5:1 olarak belirlenmiş ve standart strok hacmi korunmuştur. Testler beş farklı etanol karışımı [E0, E10, E20, E30 ve E40] ile gerçekleştirilmiştir. Fren termal verimliliğinin, maksimum sıkıştırma oranında daha yüksek etanol yüzdesi ile tam yükte arttığı bulunmuştur. Sıkıştırma oranındaki artış ve etanol karışımı yakıt yanmayı iyileştirmekte ve motorun performansını artırmaktadır. Ayrıca hidrokarbon (HC), Karbon monoksit (CO) ve duman emisyonlarında önemli bir azalma görülürken, Azot oksitlerde (NOx) artış olmuştur

Çınar vd. (2015), Motor hava giriş sıcaklığının silindir basıncı, ısı salma hızı, yanma başlangıcı, yanma süresi, motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Hava giriş sıcaklığı 40°C ile 120°C aralığında, motor devri 1200 min⁻¹, % 20 N-Heptan ve % 80 karışımları ile körüklenen bir HCCI (Homojen şarj sıkıştırılmalı ateşlemeli) benzinli motor üzerinde denemeler yapılmıştır. Sonuç olarak, emiş hava sıcaklığının artması ile silindir iç basıncı ve ısı salım hızı artış göstermiştir. Ayrıca emme hava sıcaklığının artması yanmanın ilerlemesine ve yanma süresinin azalmasına neden olmuştur.

Akasyah vd. (2015), bir dizel motorun ortam sıcaklığına göre değişen performansını farklı yakıt türleri kullanarak bir simülasyon yardımıyla incelemişlerdir. Tek boyutlu sayısal analizde, dört silindirli bir dizel motoru simüle etmek için GT-Power yazılım programı kullanılmıştır. Dizel motor, motorine alternatif olarak etanol ve metanol ile de çalıştırılarak simüle edilmiş, bu sayede motorun yanma özellikleri incelenebilmiştir. Simülasyonlar motorin, etanol ve metanol ile çalışan bir motor için tam yük koşulu altında gerçekleştirilmiştir. Her bir test için kullanılan ortam sıcaklıkları 30°C, 40°C ve 50°C'dir.

Sonuçlar, farklı ortam sıcaklıklarında etanol için silindir içi basıncın metanol ve dizelden daha yüksek olduğunu gösterirken, metanolün etanol ve dizele kıyasla daha yüksek oranda ısı salınımı sağladığı tespit edilmiştir (Şekil 2.5). Bununla birlikte, giriş borusundaki ortam sıcaklığındaki değişiklikler herhangi bir yakıt kullanıldığında ısı salınım oranını etkilememektedir.



Şekil 2.5 Silindir içi basıncının hava giriş sıcaklığına göre değişimi (Akasyah vd. 2015)

Ergül (2016), Türkiye’deki tarım traktörlerinin enerji verimliliği sınıflandırmasına yönelik yapılan bir çalışma yapmıştır. Traktörlerin tahrik tipi, yakıt enjeksiyon sistemi, hareket iletim mekanizması ve SCR (Seçici Katalitik İndirgeme) egzoz emisyon sistemi incelenmiş ve verimliliğine etkisi araştırılmıştır. Söz konusu sistemlerin, traktörlerin özgül yakıt tüketimi ve toplam enerji verimliliği üzerindeki etkileri kapsamlı şekilde analiz edilmiştir. Çalışma kapsamında geliştirilen değerlendirme sistemi ile, TAMTEST tarafından OECD Kod 2’ye göre test edilen toplam 293 traktör, enerji verimliliği açısından A sınıfından G sınıfına kadar 7 ayrı kategoriye ayrılarak sınıflandırılmıştır. Deney verileri kullanılan traktörlerin gruplandırılmasında kullanılan kriterler Çizelge 2.4’de gösterilmektedir.

Çizelge 2.4 Traktörlerin belirlenen gruplara göre dağılımı (Ergül 2016)

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
Toplam	48	-	-	200	36	9	293

Tarım ve orman traktörleri için yapılan değerlendirmede; Türkiye’de bir traktörün ekonomik ömrü boyunca toplam yaptığı işin ne kadarında çeki gücü kullandığı ne kadarında PTO gücü kullandığı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplama göre çeki işlerinde çalışma oranı ($K_{\text{ç}}$) % 69, kuyruk mili ile yapılan çalışmalar için ise (K_{pto}) % 31 olarak hesaplanmış ve verimlilik indeksinin hesaplanmasında bu değerler kabul edilmiştir (Eşitlik 5). Traktörlerin enerji indeksi (E_i) değerlerine göre enerji verimlilik sınıf aralıkları Çizelge 2.5’te gösterilmektedir

Çizelge 2.5 Traktörlerin E_i değerlerine göre enerji verimlilik sınıf aralıkları(Ergül 2016)

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

$$\ddot{O}_i = (\ddot{O}_{\text{ç}} \cdot K_{\text{ç}}) + (\ddot{O}_{\text{pto}} \cdot K_{\text{pto}}) \quad (5)$$

$\ddot{O}_i$: 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_{pto} : Traktörün kuyruk mili işinde çalışma oranı (% 31)

Enerji verimlilik sınıfına göre traktörlerin ortalama güç, özgül yakıt tüketimi, enerji verimlilik indeksi (E_i) değerleri Çizelge 2.6’da gösterilmektedir.

Çizelge 2.6 Enerji verimlilik sınıfına göre traktörlerin verimlilik indeksi değerleri(Ergül 2016)

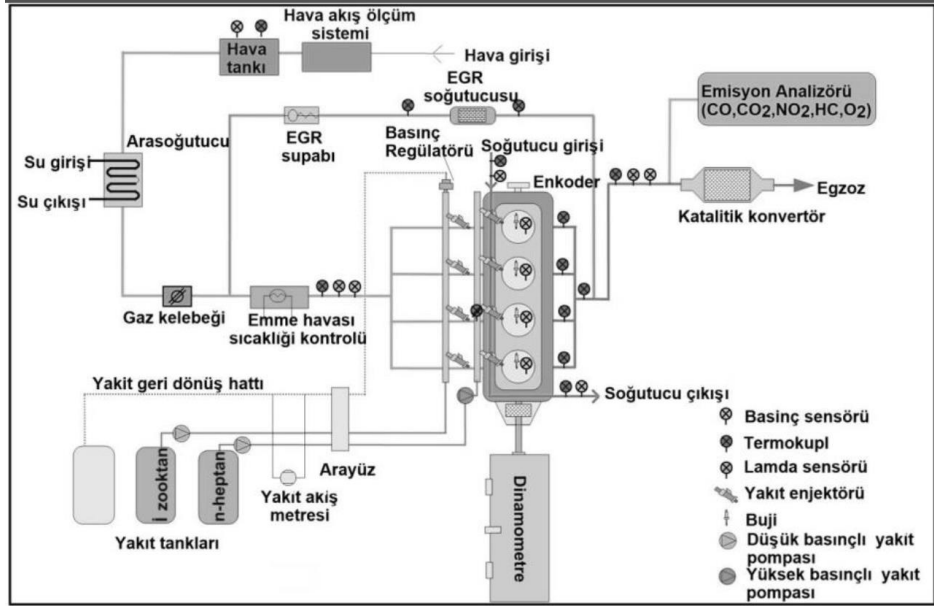
Enerji verimlilik sınıfı (EVS)	Traktör sayısı	Ortalama güç (kW)	Ortalama $\dot{O}_i$ (ml/kWh)	Ortalama η_i verim (%)	Ortalama E_i
A	3	35,5	301,6	29,2	73,0
B	23	77,8	349,1	30,8	84,6
C	63	54,1	383,0	29,7	92,9
D	115	50,2	407,9	28,3	99,9
E	57	50,7	436,8	27,1	106,9
F	26	38,8	466,7	25,7	114,5
G	6	30,7	513,9	22,5	126,7
Ortalama		51,8	409,9	28,2	100,1

Araştırma bulgularına göre; 2WD ile 4WD teknik özellikleri arasında, özgül yakıt tüketimi açısından düşük bir fark olmuştur (% 0,067). Kademesiz CVT hareket iletim sistemine sahip traktörler, aynı özellikteki kademeli hareket iletim sistemli traktörlere göre % 1,36 daha az özgül yakıt tüketimine sahiptir. CR enjeksiyon sistemin traktör toplam verimine etkisi % 9,3’tür. CR ve CVT kademesiz hareket iletimine sahip traktörlerin, bu sistemler olmayan traktörlere oranla % 6,4 daha az özgül yakıt tüketimine sahip olduğu tespit edilmiştir.

Tepe ve Sağıroğlu (2016), motor giriş hava sıcaklığının yükselmesinin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmıştır. Benzinli bir jeneratör kullanıldığı çalışmada; motorun tükettiği hava, elektrikli ısıtıcı ile 10 °C, 25 °C, 40 °C, 55 °C ve 70 °C’ye çıkarılmış ve jeneratörde üretilen elektrik enerjisi 0,5 kW, 1,0 kW, 1,5 kW, 2,0 kW kapasiteli halojen lambalarda tüketilerek 4 farklı yük altında testler gerçekleştirilmiştir. Testlerin sonucunda; en düşük özgül yakıt tüketimi 70°C’de, en yüksek efektif verim 70°C hava giriş sıcaklığında, en düşük CO salınımı 25°C – 55°C aralığında, en düşük HC salınımı 70°C’de elde edilmiştir.

Uyumaz ve Solmaz (2017), emme havası giriş sıcaklığının motor performansına etkisinin ölçüldüğü deneysel bir çalışma gerçekleştirmiştir. Dört silindirli, dört zamanlı, direkt enjeksiyonlu benzinli bir motor 1000 min⁻¹’da 40°C, 60°C ve 80°C emme havası giriş

sıcaklıklarında ve farklı yakıtlar kullanılarak test edilmiştir. Testler Michigan Teknoloji Üniversitesi İleri Güç Sistemleri Araştırma Merkezi'nde gerçekleştirilmiştir. Test düzeneğinin şematik görünümü Şekil 2.6'da görülmektedir.



Şekil 2.6 Deney düzeneğinin şematik görünümü (Uyumaz ve Solmaz 2017)

Deney düzeneğinde, dinamometreye bağlı içten yanmalı motorda; lambda değeri, EGR oranı, gaz kelebeği pozisyonu, emme havası giriş sıcaklığı, enjeksiyon zamanlaması ve supap zamanlaması gibi performans parametreleri hassas şekilde kontrol edilebilmektedir. Deneysel çalışmalarda kullanılan motor, dört zamanlı, dört silindirli ve 2 dm³ silindir hacmine sahip olup, teknik özelliklerine ilişkin detaylı bilgiler Çizelge 2.7'de verilmektedir.

Çizelge 2.7 Deney motorunun teknik özellikleri (Uyumaz ve Solmaz 2017)

Model	GM Ecotec LHU Gen I
Silindir çapı x Strok [mm]	86 x 86
Silindir sayısı	4
Silindir hacmi [L]	2,0
Sıkıştırma oranı [mm]	9,2:1
Biyel kolu uzunluğu [mm]	145,5
Maksimum güç [kW @6000 d/d]	270
Yakıt enjeksiyon sistemi	Benzinli direkt enjeksiyon
Supap sistemi	Üstten çift eksantrik, 4

Çalışma kapsamında değerlendirilen motor performans parametreleri şu şekildedir:

- i. Efektif verim,
- ii. Özgül yakıt tüketimi,
- iii. Hava fazlalık katsayısı,
- iv. Volümetrik verim,
- v. Egzoz emisyonları CO ve HC

Deneyssel çalışmalar, 2,3 kW gücünde benzinli bir jeneratör kullanılarak, -5 °C ortam sıcaklığında açık hava koşullarında gerçekleştirilmiştir.

Deney bulgularına göre, emme havası sıcaklığının artması, motor içinde oluşan maksimum silindir basıncını ve ısı salınımını artırmaktadır. Ayrıca, emme havası giriş sıcaklığı ile birlikte ön karışım oranının yükselmesi, endike termik verim ve yanma etkinliğini olumlu yönde etkilemiştir. Bu sonuçlar, motorun termodinamik performansının giriş havası koşullarına duyarlı olduğunu göstermektedir.

Kocher vd. (2017), tarım traktörlerinde yakıt tüketiminin matematiksel model oluşturarak tahmini üzerine çalışma yapmışlardır. 5 farklı model traktör çeki testinde kısmi yükleme yapılarak karşılaştırılmıştır. Traktörler, 7,5, 10 ve 13 km/h hızlarına en yakın üç farklı ilerleme hızında, hız başına yedi yük seviyesi ile test edilmiştir. Seçilen ilerleme hızlarında maksimum güç ve nominal motor devrinde, çeki gücünün % 30, % 40, % 50,

% 60, % 70, % 75 ve % 80'i kadar yüklemeler yapılmıştır. OECD Kod 2'ye göre beton üzerinde çeki gücünün doğrusal bir fonksiyonu olarak yakıt tüketimi testi her bir devir için ayrı bir denklemle sonuçlanmıştır (Çizelge 2.8).

Çizelge 2.8 Çeki gücü testinde yakıt tüketimi tahmin modelleri (Kocher vd. 2017)

Traktör	Model 1,	Model2	Model 3	Model 4	Model 5
A	0,999340	0,9944	0,9988	0,9946	0,9992
B	0,997913	0,9871	0,9975	0,9882	0,9976
C	0,986733	0,9826	0,9850	0,9910	0,9932
D	0,994668	0,9854	0,9915	0,9900	0,9916
E	0,998133	0,9884	0,9957	0,9963	0,9964
F	0,997600	0,9946	0,9946	0,9975	0,9977
G	0,998319	0,9769	0,9972	0,9868	0,9974
H	0,996913	0,9939	0,9965	0,9956	0,9974

Test edilen sekiz traktörün yarısı için (C, D, F ve H traktörleri), karşılaştırılan beş yakıt tüketimi modeli arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Test edilen traktörlerin diğer yarısı (A, B, E ve G traktörleri) için kullanılan model 1, test edilen üç hıza özgü ayrı denklemlerle çeki gücü testi model 2'den daha iyi sonuç vermiştir. Bu traktörlerden üçü (A, B ve G traktörleri) için model 1, 3 ve 5 daha düşük regresyon ortalamasına sahiptir.

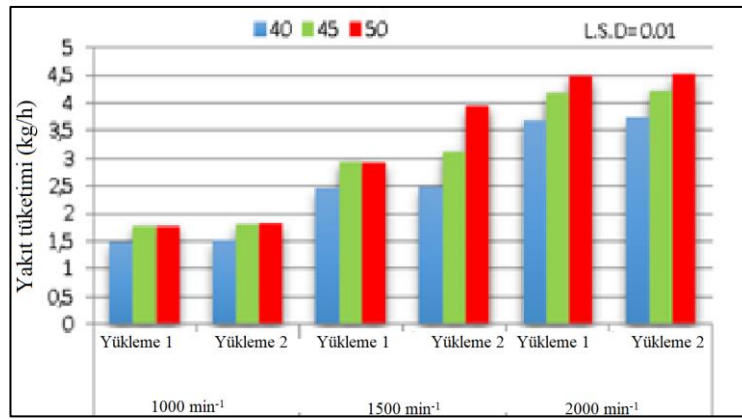
Model 5, model 1'e göre önemli ölçüde farklı olmaması, uygulama alnının daha geniş olması (test edilen aralıktaki herhangi bir ilerleme hızı için) ve çeki gücü, ilerleme hızı ve motor devri parametreleri için yakıt tüketimini etkileme eğilimi yüksek olması nedeniyle en iyi genel yakıt tüketimi modeli olarak belirlenmiştir. Motor devri için uygun bir değer bilinmediği durumlarda pratik kullanım için model 3, yakıt tüketimini belirlemek için model 5'e istatistiksel olarak eşdeğer bir alternatif sağlamıştır.

Roeber vd. (2017), traktörden ekipmana iletilen torku ölçmek için bir çalışma yapmıştır. Çalışmada, traktör kuyruk miline takılan ve piyasada satılan tork sensörleri kullanılmıştır. Tork sensörü, NTTL'ye ait dinamometre kullanılarak, değişen kuyruk mili yükleri için Ekonomik İş birliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) Kod 2 test prosedürü izlenerek kalibre edilmiştir. Sensörün kalibrasyonu, OECD Kod 2'de açıklandığı gibi değişen hızlarda tam

yük testi kullanılarak doğrulanmıştır. Tork sensörü tarafından ölçülen traktör kuyruk mili tork değerleri NTTL'nin dinamometre tork ölçümü ile karşılaştırılmıştır. Sensör ve dinamometre arasında ölçülen tork değerlerindeki farklılıklar 3 ila 23 Nm arasında değişmiştir. Elde edilen verilerin istatistik analizi için student-t testi kullanılmıştır. Student's t testi (t testi), varyans analizi (ANOVA) ve kovaryans analizi (ANCOVA), gruplar arasındaki ortalamaların karşılaştırılması için hipotez testinde kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Student's t testi iki grup arasındaki ortalamaları karşılaştırmak için kullanılmaktadır (Mishra vd. 2019). Yapılan student-t testi sonucunda; tam yük değişken hız testleri sırasında ölçümler arasında önemli bir fark olmadığı görülmüştür. Dolayısıyla tork verilerinin toplanması için, sensörün saha operasyonlarında traktörün kuyruk miline monte edilmesinin uygun olacağı anlaşılmıştır.

Koniuszy vd. (2017), tarım traktörlerinin motor enerji performansının etkilerini incelemek amacıyla, 230 kW'lık John Deere 8330 model bir traktörün güç performansına ilişkin karşılaştırmalı bir çalışma yapmıştır. Çalışma, kolza tohumu ekimi için Witkowo, Polonya'daki bir tarım çiftliğinde 2012 ekim sezonunda gerçekleştirilmiştir. Deney düzeneği üç tarlayı içermektedir: A (26 ha), B (12,74 ha), C (3,22 ha). Üç tarlanın topraklarının fiziksel parametreleri sürüm işlemleri sırasında ölçülmüştür. Motor gücünün fiili kullanımına ilişkin çalışmalarda nispeten yeni bir yaklaşım olan istatistiksel veri kümelemesi kullanılmıştır. Kullanılan traktör, toprak sıkıştırma silindiri ile kombine edilmiş, yarı monte ters çevrilebilir, tam kalıplı pulluk ünitesini çekmektedir. Tüm operasyonlarda aynı traktör operatörünün görev alması, deney sonuçlarındaki karşılaştırmalı farklılıkları azaltmıştır. Testlerden elde edilen sonuçlara göre; tarla büyüklüğü ile motorun aktif durumu arasında pozitif bir korelasyon gözlemlenmiştir: A tarlası % 75,2; B tarlası % 68,8; C tarlası % 46,8. Tarla büyüklüğünün bir fonksiyonu olarak tarım traktörü motorunun gerçek güç kullanımı bu çalışmada kullanılan üç tarla için sırasıyla 0,62, 0,58 ve 0,39'dur. Bu değerlendirme yaklaşımıyla, çiftçilik operasyonlarının optimizasyonunda kullanılmak üzere çeşitli koşullarda operasyonel güç performansına ilişkin performans indeksleri elde edilmiştir.

Kadhim ve Idhas (2017), dizel traktörlerin motor performansı üzerine giriş yakıt sıcaklığının etkisini incelemek için bir deney gerçekleştirmişler Deney; üç farklı yakıt sıcaklığında (40, 45 ve 50°C), üç farklı motor devrinde (1000, 1500, 2000 min⁻¹), yüklü ve yüksüz olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, motor performansı, yakıt tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı ve gürültü yoğunluğu farklı yakıt sıcaklıklarında ve yüklerde ölçülmüştür. Deney verileri (SAS 2000) istatistik programı kullanılarak analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre: yakıt sıcaklığının 50°C'den 45 °C ve 40 °C'ye düşürülmesinin; yakıt tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı ve gürültü yoğunluğunda önemli bir azalmaya yol açtığını göstermiştir. Yüklü ve yüksüz çalışan traktör motorları arasında yapılan bir karşılaştırma, traktör motorunun yüklenmesinin yakıt tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı ve gürültü yoğunluğunda önemli bir artışa yol açtığını göstermiştir (Şekil 2.7).



Şekil 2.7 Deney parametreleri ile yakıt tüketimi karşılaştırılması (Kadhim ve Idhas 2017)

Gıl (2018), içten yanmalı motorların farklı yükseltelerde test edilmesine bir alternatif sunacak bir yükselti simülatörü geliştirmiştir. Otomobil ve motor üreticilerinin motorları farklı yükseltelerde test etmek için kullanabilecekleri bazı yöntemler bulunmaktadır. Söz konusu yöntemlerden biri gerçek yükselti testleridir. Bu yöntem için test edilecek materyalin ve ölçümü yapacak operatörün belirlenen yerde bulunması gerekir ki bu da oldukça fazla zaman almaktadır. Diğer bir yöntem; basıncın kontrol edilebildiği hipobarik bir odada testi gerçekleştirmektir. Bu yöntem daha kısa sürmekte ancak yüksek maliyeti ve işletme zorluğu gibi sebeplerle tercih edilmemektedir. Yapılan çalışmada bu yöntemlere alternatif olacak bir yükselti simülatörü geliştirilmiştir. Bu yükselti simülatöründe, motor veya araç oda basıncındadır ve sadece emme ve egzoz boruları test

edilen yükselti koşullarındadır. Tezde yükselti simülatörünün çalışma prensibi, farklı unsurları ve bunların yükselti simülatörü performansı üzerindeki etkileri ile uygulanan kontrol stratejileri açıklanmaktadır. GT-Power model, Euro 4 emisyon standardına uygun, aşırı doldurmalı (turbolu) bir dizel motor dikkate alınarak farklı yükseltelerde test edilmiş ve yöntemin doğrulanması için performans ve emisyon sonuçları hipobarik odada elde edilenlerle karşılaştırılmıştır. Motor farklı yükseltelerde dinamik çevrimlerde test edilmiş, performansı ve emisyonları analiz edilmiş ve yükseltelerde çalışırken motor kontrol stratejisinin, emisyonları dikkate almadan turbo şarjın aşırı hıza çıkmasını veya aşırı ısınmasını önlemek gibi farklı unsurların korunmasına odaklandığını göstermiştir. Bu nedenle, yükseltide motor emisyonlarını azaltmak için farklı stratejilerin incelenmesi önemlidir. Gerçek yükselti testlerinin sayısını ve uzunluklarını kısaltmak için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Hipobarik odalar bu yöntemlerden biridir Hipobarik oda, belirli bir yükseltiyi simüle etmek için içindeki basıncın kontrol edilebildiği bir test hücresinden oluşmaktadır. Test edilecek motor veya araç bu odanın içine yerleştirilmekte ve söz konusu yükselti simüle edilerek test edilebilmektedir. Hipobarik odalardan elde edilen sonuçlar, sıcaklık, basınç ve nem her iki durumda da aynıysa, gerçek yükselti koşullarında elde edilen sonuçlarla doğrudan karşılaştırılabilir olması nedeniyle gerçek yükselti testlerinden önce motor kalibrasyonunun ilk aşamasında kullanılabilmektedir. Çalışmada farklı yükseltelerde motor performansındaki değişiklikleri görebilmek için; 150 m, 1000 m, 2000 m ve 3000 m yükseltelerde motor testi yapılmış motor performansındaki dinamik değişkenlikler gözlemlenmiş, ayrıca emisyon ölçümü yapılarak yükselti farkında emisyon değişimleri belirlenmeye çalışılmıştır. Diğer tarafta kurulan bir düzenek yardımıyla motor girişine ve egzozuna bağlanan bir yükselti simülatörü ile yüksek yükseltiyi simüle edilerek değerle alınmıştır. Gözlemler sonucunda en dikkat çeken bulgu, maksimum torkun yükselti ile azalmasıdır. Bu durumun nedeni; 3000 m yükseltiye ulaşıldığında, motor kompresörü dalgalanmadan korumak ve türbini yüksek sıcaklıktan korumak için güvenli moda geçmekte ve tork düşmektedir. Ayrıca 2000 m'den itibaren EGR kapanmaya başlamakta ve 3000 m'de tamamen kapanmaktadır.

Toslak (2019), tek silindirli bir dizel motorun krank-biyel mekanizmasının kinematik analizi gerçekleştirilerek basınç ve tork modellemesi yapmıştır. Çalışmada, termodinamiğin birinci yasası esas alınarak silindir iç basıncı formüle edilmiştir. Silindir

duvarlarından kaybolan ısı Woschni denklemi ile, yanan yakıt kütlesi ise Vibe fonksiyonu kullanılarak hesaplanmıştır. Ayrıca, piston üzerine etki eden basınç kuvvetinden hareketle krank-biyel mekanizmasının kinematik analizi yapılmış ve tork değişimi hesaplanarak ortalama efektif basınç bulunmuş, güç hesaplamaları yapılmış ve farklı çalışma koşullarında elde edilen motor performans verileri toplanmıştır. Toplanan verilerle bir matematiksel model oluşturulmuş, MATLAB/Simulink programı kullanılarak veriler analiz edilmiştir. Çalışmada, 16:1, 20:1, 24:1 gibi farklı sıkıştırma oranları ve hava fazlalık katsayıları (1,3 – 1,5 – 1,7) hesaba katılarak analizler yapılmıştır. Sıcaklıkla özgül ısının değişimi de göz önünde bulundurulmuştur. Analiz sonuçlarına göre; basınç, sıcaklık ve güç değerlerinin genel olarak uyumlu olduğu tespit edilmiştir.

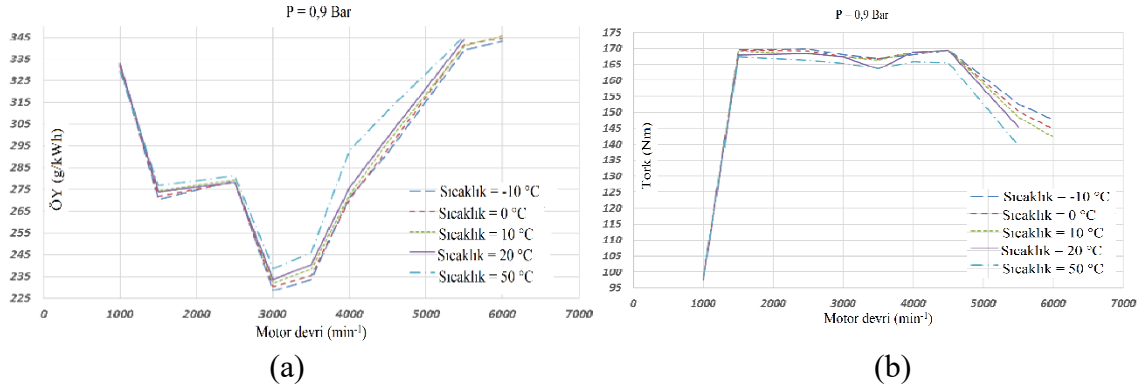
Özbayer (2019), tarım traktörlerinin kuyruk mili gücü, motor devri, özgül yakıt tüketimi, ilerleme hızı, çeki gücü, çeki kuvveti ve traktör kütlesi gibi temel performans parametreleri arasındaki ilişkiler incelenmiş ve karşılaştırmalı analizler gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, Nebraska Üniversitesi Traktör Test Laboratuvarı tarafından 2004–2017 yılları arasında, OECD Standart Kod 2 kapsamında test edilmiş, güç aralığı 45 kW ile 356 kW arasında değişen toplam 418 tarım traktörüne ait deney verileri kullanılmıştır. Traktörler, analiz kolaylığı sağlamak ve performans farklılıklarını ortaya koymak amacıyla, kuvvet üretim kapasitelerine göre sınıflandırılmıştır. Bu sınıflandırma temel alınarak, farklı güç sınıflarındaki traktörlerin enerji verimliliği, çekiş kabiliyeti ve yakıt tüketim performansları karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, tarım traktörlerinin yapısal ve dinamik özellikleri ile enerji verimliliği arasındaki ilişkilerin ortaya konulmasına katkı sağlamaktadır (Çizelge 2.9).

Çizelge 2.9 Traktörlerin nominal motor devrinde güçlerine göre dağılımı (Özbayer 2019)

Nominal Motor Devrinde Güç (kW)	Traktör Sayısı (adet)	Yüzde (%)
50>	1	0
50 ≤ < 100	152	36
100 ≤ < 150	116	28
150 ≤ < 200	67	16
200 ≤ < 250	55	13
250 ≤ < 300	7	2
300 ≤	20	5

Traktörler, iki çeker ve dört çeker olmak üzere iki gruba ayrılmış, kuyruk mili ve çeki performansına etkili olan parametreler arasındaki ilişkiler regresyon analizi yapılarak incelenmiştir. Analizi yapılan tüm traktörler için traktör genel verimleri aritmetik ortalaması 29,04 olarak hesaplanmış. Traktör genel verimi ile özgül yakıt tüketimi arasında ters orantılı bir ilişki olduğu görülmüştür.

Motahari ve Chitsaz (2019), yükselti ve sıcaklığın motor etkinliği üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada aşırı doldurmalı direkt enjeksiyonlu bir benzinli motor kullanılmıştır. İran, yüksek yükselti bölgesinde yer alan dört mevsimin yaşanabildiği iklimi özelliğine sahip bir ülke olarak bilinmektedir. Mevsimsel olarak sıcaklık farkı 50 °C'ye ulaşabilmektedir. Bu sıcaklık farkı, motorları oldukça etkileyen bir durum olmaktadır. Çalışmada; aşırı doldurmalı, üç silindirli, benzinli, direkt enjeksiyonlu bir motor (Ford ecoboost) kullanılmıştır. Çalışmada deniz seviyesinde motor performansı ve yakıt tüketimi ölçülmüştür. Deneysel verilerle doğrulanmış bir model oluşturulmuş ve bir simülasyon hazırlanarak ortam havasındaki değişikliklerin hava kirliliği üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Şekil 2.8. a ve b'de çalışma verileriyle hazırlanan grafikler gösterilmektedir.

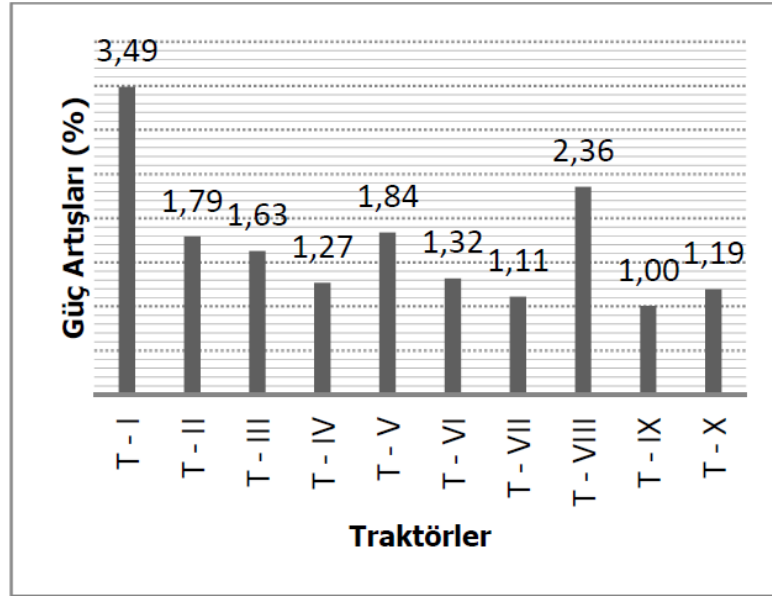


Şekil 2.8. Özgül yakıt tüketimindeki (a) ve motor torkundaki (b) değişim
(Motahari ve Chitsaz 2019)

Elde edilen verilere göre, düşük devirde elde edilen motor torku sıcaklık artışından çok fazla etkilenmezken; yüksek devirde elde edilen tork sıcaklık artışıyla birlikte oldukça sert bir şekilde azalmaktadır. Motor ateşlemesi sadece sıcaklık değişiminden etkilenmemektedir. Hava yakıt karışım oranıyla birlikte gözlemlenirse anlamlı sonuçlar

elde edilebilecektir. Yüksek yükseltelerde ve yüksek sıcaklıklarda, motor torku düşerken, özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Sabit sıcaklıkta, 3000-3500 min⁻¹ devir aralığında, basınç yükseldikçe motor etkinliği ve torkunun azaldığı gözlemlenmiştir.

Olum vd. (2019), yakıt sıcaklığının motor performansına etkisini araştırmıştır. OECD Kod 2'nin traktör performans testlerine tabi tutulan 10 adet traktörün, yakıt sıcaklığının traktör motor gücüne etkisinin yanında, motor torkuna, saatlik yakıt tüketimine ve özgül yakıt tüketimine etkisi de incelenmiştir Farklı model traktörler üzerinde farklı yakıt sıcaklıklarının traktör motor performansına etkisi gözlemlenmiştir (Şekil 2.9).



Şekil 2.9 Farklı traktörlerden elde edilen motor performans değerleri (Olum vd. 2019)

Araştırma bulguları, traktörlerde kullanılan yakıtın giriş sıcaklığının motor performansını doğrudan etkilediğini ortaya koymuştur. Bu bağlamda; motor gücü, tork değeri, saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi gibi temel performans parametrelerinde belirgin değişimler gözlenmiştir. Deneye tabi tutulan traktörlerde, yakıt giriş sıcaklığının düşürülmesi, motor performansında artışa yol açmış; bu artış motor gücü açısından % 1,01 ile % 3,49; tork miktarı açısından ise % 1,00 ile % 3,48 aralığında gerçekleşmiştir. Bu sonuçlar, yakıt sıcaklığının düşürülmesinin, yanma etkinliğini artırarak motor

performansını olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Ayrıca, bu değişimin özgül yakıt tüketimi üzerinde de iyileştirici bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir.

İbraheem ve Abdullah (2019), ortam havası sıcaklığının buji ateşlemeli motorun performansı ve egzoz gazı sıcaklığı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Dört zamanlı benzinli bir motorun performansını etkileyen faktörler farklı ortam sıcaklıklarında (10, 20, 30, 40 ve 50 °C), farklı iklim koşullarında ve farklı motor devirlerinde (1500, 2000 ve 2500 min⁻¹) deneysel olarak ele alınmıştır. Sonuç olarak;

- a. Daha soğuk emme havası daha yoğun olacağından piston çevrimi başına daha yüksek kütle akışına sahip olmaktadır. Silindire daha fazla oksijen kütlesinin girmesi, daha fazla yakıtın yanmasını sağlamak ve her bir çevrimin daha fazla fren gücü üretmesini sağlamaktadır.
- b. Emme karışımı sıcaklığının (20-50) °C arasında artırılması yakıt tüketimini ve ısı verimi sırasıyla yaklaşık (% 16, % 14) artırmaktadır.
- c. Emme havası sıcaklığının artması, havanın yoğunluğunun azalmasına neden olmaktadır. Hava yoğunluğunun azalması silindir süpürme hacminin azalmasına yani hacimsel verimliliğin düşmesine neden olmaktadır.
- d. Emme ortam sıcaklığındaki artış doğrudan yanma sıcaklığını ve egzoz gazı sıcaklığını yükseltmektedir.

Lanças vd. (2020), dünya genelinde tarım traktörü testlerinin mevcut durumunu incelemiştir. Brezilya'da yapılan derleme çalışmada Tarım 4.0 veya akıllı tarım, operasyonel performans ve verimlilik testlerinde kullanılan bilgisayarlar, sensörler ve aktüatörler gibi yeni ve gelişmiş kaynakları bir araya getirerek teknolojinin modernizasyonuna ve makinelerin iyileştirilmesine ilişkin bilgiler verilmiştir. Tarım 4.0 ile değişen motor teknolojisi; traktör testlerinde de değerlendirme kriterlerinin ve akabinde test parametrelerinin değişmesine öncülük etmiştir. Gelişen test sistemleri sayesinde; motor gücü, tork, yakıt tüketimi gibi verilerin değişen çalışma koşullarında da

ölçülebilir hale gelmesini sağlamış, bu sayede çiftçilerin kullanım amacına uygun traktör seçmesine de katkıda bulunulmuştur.

Apazhev vd. (2021), yakıt besleme özelliklerini optimize ederek traktör dizel motorlarının performansının iyileştirilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışma sayesinde, yakıt besleme sisteminin termodinamiğini etkileyen faktörler şu şekildedir: Çevrim beslemesi, enjeksiyon basıncı, enjeksiyon gecikme açısı, enjeksiyon süresi, yüksek basınçlı yakıt hattının etkin akış alanı ve enjektör memesinin etkin akış alanı.

Balsari vd. (2021), motorlu tırmık bağlanan bir traktörü farklı çalışma koşullarında test edildiği bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada sistemin çalışma koşulları ile mekanik yükler arasındaki ilişki iki farklı test sahasında test edilmiştir Testler; 3, 6, 9 ve 12 km/h traktör ilerleme hızlarında, 6, 9 ve 15 cm iş derinliklerinde 285 min⁻¹, 411 min⁻¹ rotor devirlerinde ve 1000 min⁻¹. PTO devirlerinde gerçekleştirilmiştir. Veriler, doğrusal karışık etki modeli aracılığıyla istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Verilerin değerlendirmesi sonucunda traktör-tırmık sistem performansının farklı çalışma koşulundaki enerji ve yakıt tüketimi açısından etkileri ortaya konulmuştur. Tarla içi testler, bir paketleyici silindir ile donatılmış 3m çalışma genişliğine, 12 adet rotora, 290 mm dış rotor dış uzunluğuna, 550 mm silindir çapına, 1323 kg ağırlığa sahip Frandent marka, Eternum R303-19 model bir motorlu tırmık kullanılmıştır.

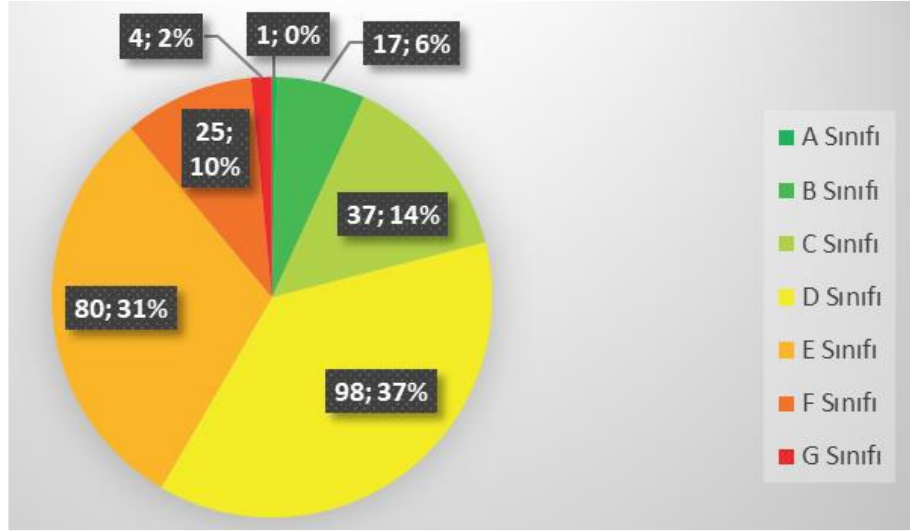
Motorlu tırmık, 132 kW maksimum motor gücüne ve 7155 kg (ilave ağırlıksız) ağırlığa sahip dört tekerlekten çekişli Fendt 718 Vario, AGCO GmbH, marka-model bir traktörle çekilmiştir. Sonuçlar, her iki saha için de PTO torkunun ve çekinin farklı çalışma koşullarına göre önemli ölçüde değiştiğini göstermektedir. Ayrıca traktör hızı arttırıldığında hem kuyruk mili güç aktarımı için hem de çeki için özgül enerjinin ve birim alandaki yakıt tüketiminin azaldığını göstermektedir.

Ovtov vd. (2021), bir traktör dizel motorunun etkin performansını sağlayan en uygun yakıt sıcaklık aralığı belirlemeye çalışmıştır. Otomobil ve traktör dizel motorları, ortam sıcaklığının geniş bir aralıkta değiştiği ülkenin çeşitli doğal ve iklimsel bölgelerinde kullanıldığını belirtmiştir. Bir dizel motorun etkin performansı büyük ölçüde ortam sıcaklıklarına maruz kalan yakıt ve yağlayıcıların performans özelliklerine bağlıdır. Dizel motorun optimum teknik ve ekonomik performansını sağlayan yüksek basınçlı yakıt pompasının dolum boşluğundaki yakıtın sıcaklığını inceleyen bir çalışmada; daha önce yapılan bilimsel çalışmaları inceleyerek, bir traktör dizel motorunun etkin performansını sağlayan en uygun yakıt sıcaklık aralığı belirlemeye çalışılmıştır. Çalışma kapsamında gerçekleştirilen motor fren testi esnasında yakıt sıcaklığındaki değişim laboratuvar koşullarında gözlemlenmiş, bu sayede bir traktör dizel motorunun optimum teknik ve ekonomik göstergelerinin belirlenmesini sağlanmıştır. İster otomobil olsun ister bir traktör olsun bir dizel motorun verimli çalışabilmesi büyük ölçüde yakıt yağlama sisteminin verimliliğine bağlıdır. Rusya'nın coğrafi özellikleri dikkate alındığında, traktörlerin çalıştırıldığı ortam sıcaklığı; -35 °C ila +30 °C arasında olduğu bilinmektedir. Bu geniş çalışma aralığı yakıt verimliliğini de etkilemektedir. Yaz aylarında, +23 °C ortam sıcaklığında yapılan ölçümde, test edilen traktörün yakıt pompasının dolum boşluğundaki yakıt sıcaklığı +78 °C ulaşmıştır. Aynı traktör kışın, -26 °C hava sıcaklığında yakıt sıcaklığı +2 °C olarak ölçülmüştür. Yakıt sistemi ünitelerindeki yakıtın sıcaklığı hem tasarım faktörlerinden (yakıt deposunun konumu, ince filtre, alçak basınç hattının uzunluğu) hem de dizel motorun çalışma modlarından (yük, hız, sıcaklık modları) etkilenmektedir. Yakıtın sıcaklığına bağlı olan fiziksel özelliklerindeki değişim, yüksek basınçlı yakıt pompası parametrelerindeki; ortalama çevrim, saatlik yakıt beslemesi, basınç hatları boyunca düzensiz yakıt beslemesi gibi durumlara neden olabilmektedir. Bu durum da efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif tork verilerini olumsuz etkilemektedir. Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre optimum sıcaklıklar: Motor yağı sıcaklığı: +94 / +97 °C, soğutma sıvısı sıcaklığı: +87./.+93 °C, yakıt sıcaklığı: +38 / +41 °C'dir. Belirlenen optimum sıcaklık şartlarında çalışan traktörlerin torkunda % 3-5 oranında artış, yakıt tüketiminde % 2-4 azalma meydana geleceği tespit edilmiştir.

Mohiuddin vd. (2021), motor sıkıştırma oranı, enjeksiyon başlangıç zamanlaması ve egzoz gazı devridaim oranı gibi çeşitli parametrelerin tek silindirli bir dizel motorun performansı ve emisyonları üzerindeki birleşik etkilerin araştırmışlardır. Değişen motor yüküne sahip üç test durumu seçilmiş ve motor, bu yükleme koşulları için 13,3 ila 17 arasında değişen çeşitli sıkıştırma oranlarıyla test edilmiştir. Sonuç olarak; yüksek bir sıkıştırma oranı silindir içi basıncın artmasına neden olmuştur. Artan sıkıştırma oranı, ateşleme gecikmesinde de azalmaya neden olmuştur. Yakıt tüketimi de tüm yükleme durumları için artan sıkıştırma oranıyla birlikte iyileşmiştir. Tüm performans parametreleri ve emisyonlar göz önüne alındığında, 16 sıkıştırma oranının artan silindir basıncı, daha iyi yakıt tüketimi, düşük kurum emisyonları ve daha az partikül sayısı ile sonuçlanan gelişmiş fren termal verimliliği nedeniyle optimum olduğu bulunmuştur. Sıkıştırma oranındaki daha fazla artış, uzun vadede motora zarar verebilecek çok daha yüksek silindir içi basınçla birlikte kurum ve partikül sayısının artmasına neden olmaktadır.

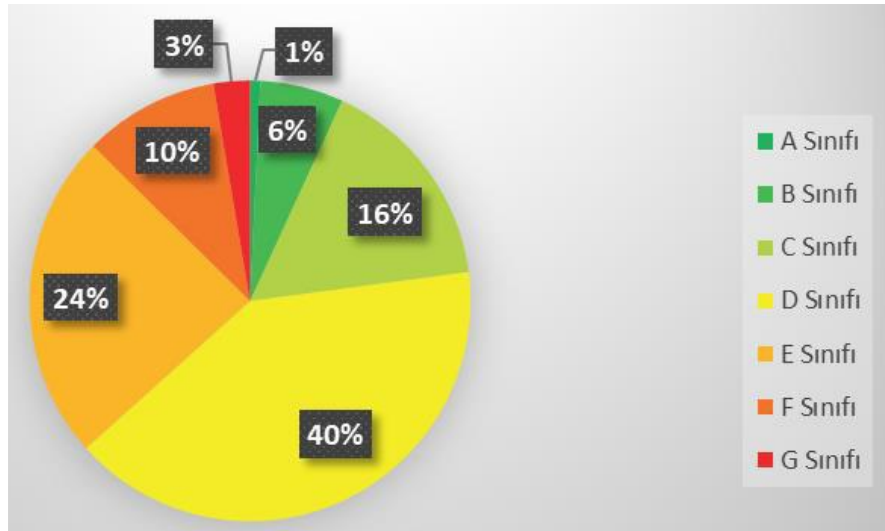
Niculae vd. (2022), enjeksiyon sistemi özelliklerinin tarım traktörü dizel motorlarının performansı, verimi ve emisyonları üzerindeki etkisini araştırmışlar. Çalışmada, benzer enerji konfigürasyonuna ve aynı piston deplasmanına sahip dört ve üç silindirli iki traktörün, enjeksiyon sistemi özelliklerinin performans, verimlilik ve emisyonlar üzerindeki etkilerini sayısal simülasyon yoluyla karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Sonuç olarak; 4 silindirli motora kıyasla daha az toplam deplasman sunan 3 silindirli motor için, silindir başına benzer performans, daha yüksek verimlilik ve daha düşük kurum emisyonları elde etmenin mümkün olduğunu bulmuştur.

Olum (2022), OECD Kod 2 standart testlerine tabi tutulan 262 adet traktöre ait test sonuçlarından yararlanarak traktörlerin PTO performansı ve çeki performansı için enerji verimliliği hesaplamış ve enerji sınıflandırmasına göre etiketler oluşturulmuştur. Etiketlemede traktörler enerji kullanım etkinliği açısından koyu yeşilden (en etkin) kırmızıya (en az etkin) kadar 7 farklı sınıfta derecelendirilmiştir. PTO enerji verimliliğine göre yapılan sınıflandırma Şekil 2.10'de gösterilmektedir.



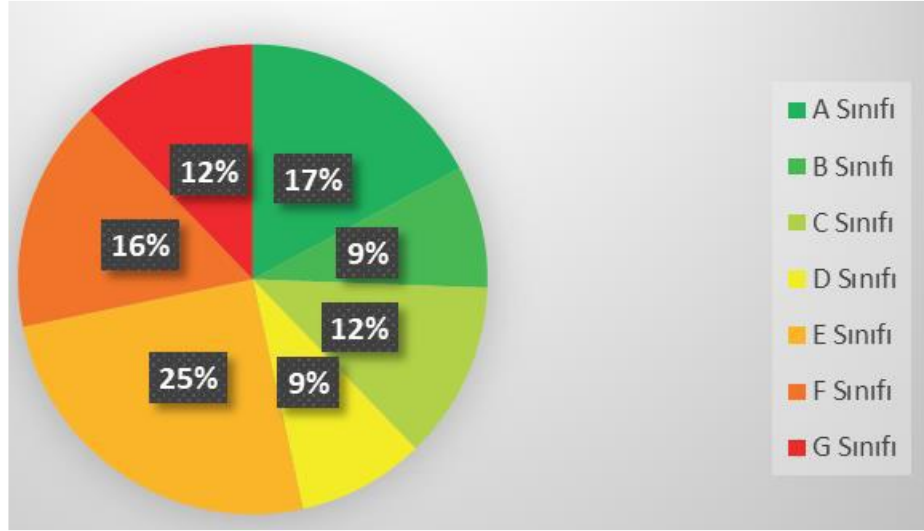
Şekil 2.10 PTO gücü için enerji verimliliğine sınıflandırması (Olum 2022)

Çeki enerji verimliliği değerlerine göre yapılan sınıflandırma Şekil 2.11’de gösterilmektedir.



Şekil 2.11 Çeki gücü için enerji verimliliği sınıflandırması (Olum 2022)

Test edilen 262 adet traktörün PTO ve çeki verimliliği için ayrı ayrı hesaplanan değerler ortak verimlilik analizini oluşturmak için K-Means Clustering (K-Means Kümeleme) yöntemi kullanılarak 7 farklı gruba bölünmüş ve hem PTO hem çeki performansı için birleşik sınıflandırma yapılmıştır. Yapılan bileşik sınıflandırma Şekil 2.12’de gösterilmektedir.



Şekil 2.12 Çeki ve PTO bileşik enerji verimliliği sınıflandırması (Olum 2022)

Yıldız vd. (2023), traktörlerin efektif motor gücü (N_e) ile kuyruk mili gücü (P_p) arasındaki ilişkiyi tanımlanmaya çalışmışlar. 2021 yılı içerisinde TAMTEST’ de testleri tamamlanan toplam 210 adet traktörün kuyruk mili performans testi sonuçları incelenmiş, P_p / N_e oranını belirlenerek kuyruk mili güç kaybı oranı (P_L) hesaplanmıştır. Testleri tamamlanan traktörler dört güç aralığına ayrılarak gruplandırılmış, her bir grupta, şanzıman türü, Aşırı doldurma kullanımı vb. gibi traktörün donanımına göre alt gruplara ayrılmıştır (Çizelge 2.10). Belirlenen gruplar arasında karşılaştırma yapılarak P_L değeri yorumlanmıştır.

Çizelge 2.10 Traktör güç aralıkları ve donanımlarına göre grup ve alt gruplar (Yıldız vd. 2023)

Aralık Güç (kW)	P _L (%)										Genel Ortalama
	Çekiş tipi		Yakıt Pompası		Şanzıman		Turbo		Ara soğutucu		
	Alt gruplar										
	2WD	4WD	CR	ENJ	CVT	Düz	Var	Yok	Var	Yok	
33,0 – 40,7	11,38	11,11	5,00	11,89	-	11,24	10,62	17,20	9,26	13,82	11,25
44,4 – 58,0	11,53	11,91	10,71	12,60	-	11,74	11,58	22,60	11,88	11,33	11,84
62,5 – 86,0	13,25	11,06	8,90	12,63	-	11,20	11,20	-	10,94	15,41	11,22
88,0 – 224,0	-	9,96	9,96	-	8,00	7,26	9,96	-	9,96	-	9,96
Genel Ort,	11,60	10,59	8,68	12,33	8,00	10,93	10,58	18,16	10,32	13,50	

Yapılan değerlendirmede, iki çeker – dört çeker özelliğinin P_L değerine herhangi bir etkisinin olmadığı ancak Commonrail (ortak yollu yakıt sistemi), CVT şanzıman, Aşırı

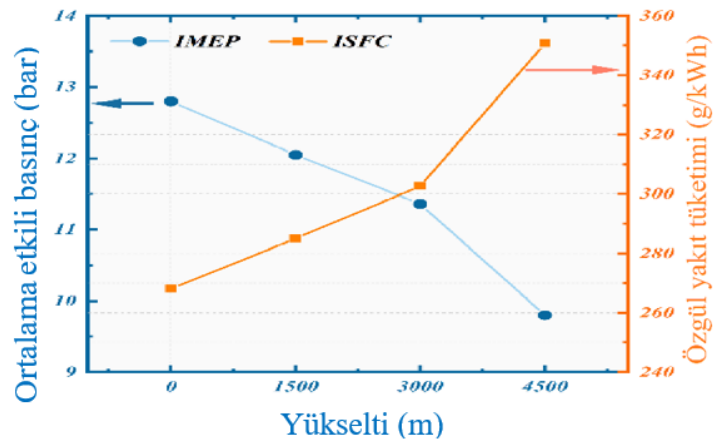
doldurma ve intercooler (ara soğutucu) kullanımının P_L oranının azalmasında olumlu etkisi olduğu anlaşılmıştır. Genel olarak, 33,0-224,0 kW arasında değişen güçlerde testleri tamamlanan traktörler için P_L değeri % 11,17 bulunmuştur.

Liv vd. (2023), yükselti simülasyonu yapılmış bir dizel motorun deneysel verilerinin analizi yoluyla yükseltinin motorun yanması, güç çıkışı performansı ve emisyon seviyeleri üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Deneyler, 0-4500 m arasında farklı yükseltilere karşılık gelen farklı ortam basınçlarında, ancak sabit motor devri ve yakıt enjeksiyon stratejisiyle gerçekleştirilmiştir (Çizelge 2.11).

Çizelge 2.11 Motor çalışma koşulları (Liv vd. 2023)

İrtifa	0, 1,500, 3,000, 4,500 meters
Dış hava basıncı	1,01/ 0,84/ 0,67/ 0,50 bar
Ortam sıcaklığı	298K
Artırılmış basınç	1,0 bar
Bir seferde püskürtülen yakıt miktarı	270 mg
Motor devri	1500 min ⁻¹

Güç performansını değerlendirmek için belirtilen ortalama etkin basınç (IMEP) ve belirtilen özgül yakıt tüketimi (ISFC) Şekil 2.13’de gösterilmektedir



Şekil 2.13 Yüksekliğin IMEP ve belirtilen özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkisi (Liv vd. 2023)

Sonuçlar, dizel motorun çalışması sırasında yükseltideki artışın yanma süreci üzerinde çeşitli olumsuz etkilere yol açabileceğini göstermiştir. Önemli etkilere biri, düşük ortam basıncının neden olduğu silindir basıncındaki azalma nedeniyle ön karışımli yanmanın başlamasındaki gecikmedir. Bu azalma daha uzun bir ateşleme gecikmesiyle sonuçlanmıştır. Ayrıca, yükseltideki artış daha kısa sürede daha fazla yakıtın yanmasına neden olarak ön karışımli yanma aşaması sırasında ısı salınım oranını artırmış ve motor bileşenlerinin arızalanma riskini yükseltmiştir. Yüksek yükselti nedeniyle ön karışımli alevin sona ermesi de gecikmiştir. Karışım kontrollü yanmanın kalitesi yükseltinin artmasıyla bozulmuş, yanmanın başlangıcı gecikmiş ancak tamamlanması ilerlemiştir. Ayrıca, yükselti artışı difüzyon yanma fazı sırasında yakılan dizel yakıt miktarında azalmaya neden olarak daha düşük bir ısı salınım oranına yol açmıştır. Netice itibariyle yükselti 3000 m'yi aştığında; yanma odasının daha küçük alanlarında yakıt açısından zengin karışımların oluşmasına neden olmuş, yakıtın yanma verimliliği azalmıştır. Yakıt-hava uyumsuzluğu motor performansındaki düşüşe neden olmuştur.

Gritsenko vd. (2023), otomobil ve traktörlerin yakıt verimliliğindeki artış üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Düşük yük ve rölanti modlarında çalışan motor silindirlerinin bazılarının yakıt akışı kesilerek, efektif güç, motor verimliliği, taşınan yükün kütlesi, aracın (traktörün) hızı ve bağlantısı kesilen motor silindirlerinin sayısı arasındaki teorik ilişki matematiksel bir model kurularak belirlenmeye çalışılmıştır. İstatistiklere göre, endüstriyel üretimde taşıma operasyonlarını sağlamak için yapılan işletme giderlerinin payı % 15-20 iken, toplam taşıma operasyon hacminin % 16-30'u kullanılan araçlarla ilgilidir (otomobil, traktör ve römork). Nakliye işlemleri sırasında bir motor maksimum tork kapasitesinin ancak % 40-50'sine ihtiyaç duymaktadır. Deneysel araştırma saha testleri ve laboratuvar testleri olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Testler; a) Tüm silindirler açık; b) Sadece yakıt beslemesi kapalı; c) Yakıt beslemesi ve motor gaz dağıtım mekanizması ve valfler kapalı konumda yapılmıştır. Taşıma işleri esnasında traktörler nispeten daha düşük yüklerde çalışmaktadır. Bir motorun birkaç silindirinin yakıt akış bağlantısının kesildiği durumda yakıt etkinliğini artırmanın yolu akışın açık olduğu silindirlere daha fazla yükleme yapılmasından geçmektedir. MTZ-80/82 taşıma traktörü ve ona bağlanan, 2,45 tonluk ağırlığa sahip 2PTS-4 model römorkun testi gerçekleştirirken iki motor silindirinin bağlantısını kesilmiştir. Elde edilen sonuçlara

göre; yakıt tüketiminin yol koşulları tarafından belirlenen ICE yüküne, şanzıman numarasına ve römork yükünün derecesine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, traktör vites kutusunun sekizinci hız konumunda, trafiğe kapalı bir yolda 18,5 km/saat hızla hareket ettiğinde; iki motor silindirinin bağlantısının kesilmesi (yakıt beslemesi ve motor gaz dağıtım mekanizması tahriki kapatılarak), traktör römork olmadan hareket ettiğinde yakıt tüketimini % 17,1 oranında azalmasını sağlamıştır. Traktör yüksüz hareket ettiğinde ise % 11,6 arttığı gözlemlenmiştir.

Wang vd. (2023); farklı yükseltilerde ve atmosferik basınçlarda dizel bir motorun yanma odasındaki sıcaklığın incelendiği bir çalışmada, CA6DL2-35E3R model otak yollu yakıt sistemine sahip bir dizel motor kullanılmıştır. Yanma odasındaki sıcaklık alanı değişimini farklı yükseltilerde ve atmosferik basınçlarda incelemek için sanal simülasyon ve simülasyon testi yöntemleri belirlenmiştir. Çin'in kara alanının % 26'sı Platolardan oluşmaktadır. Plato çevre koşullarının ortak yollu yakıt sistemli dizel motorun yanma odasındaki sıcaklığı üzerinde büyük etkisi vardır. Yüksek hızda ve tam yükte çalışma koşullarında, maksimum yanma basıncı kalibrasyon değerini aşmayacak miktarda değişmektedir. Silindirdeki yanma sıcaklığının yükselti arttıkça ve hız düştükçe kademeli olarak arttığı ifade edilmiştir.

İrtifa arttıkça atmosferik basıncın düştüğü, hava yoğunluğunun azaldığı ve ortalama sıcaklığın düştüğü bilinen bir gerçektir. Başka bir açıdan bakıldığında yükselti arttığında, dizel motor gücü önemli ölçüde azalmakta, yakıt tüketimi artmakta, marş performansı kötüleşmekte ve kurum emisyonları artmaktadır. Yapılan çalışma sonucunda elde edilen veriler; yüksekliğin yanma odasındaki sıcaklık alanı üzerinde büyük bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Maksimum yanma sıcaklığının yükselti arttıkça kademeli olarak arttığı, yanma sonrasında ise egzoz sıcaklığının yüksek oranda arttığı görülmüştür.

Liv vd (2023); yüksekliğin dizel motorlarda silindir içi püskürtme, yanma ve kurum oluşumu süreçleri üzerindeki etkisinin araştırıldığı bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında; tek silindirli, dört zamanlı, doğrudan enjeksiyonlu sıkıştırma ateşlemeli, emme takviyesi araştırmalı bir dizel motorun kalibre edilmiş üç boyutlu bir modeli

oluşturulmuştur. Silindir içi aktiviteleri etkin bir şekilde incelemek ve yanma ve kurum emisyonu bozulmasının arkasındaki nedenlere araştırabilmek için .0, 1500, 3000, 4500m yükseltelerde ve bunlara karşılık gelen emme başınlarında simülasyon sistemi çalıştırılmıştır. Tek silindirli, dört zamanlı, doğrudan enjeksiyonlu sıkıştırma ateşlemeli, emme takviyeli araştırma dizel motorun 3D CFD modeli, farklı yükseltelerde dizel motorun silindir içi faaliyetlerini araştırmak için hazırlanmıştır. Sayısal modeli oluşturmak için ANSYS Forte ticari yazılımı kullanılmıştır. Yapılan alışma neticesinde; İrtifa arttıkça motor performansının ve kurum emisyonlarının kötüleştiği ve yükselti 3000 m aştığında yanma verimliliğindeki dramatik düşüşe atfedilebilecek keskin bir düşüş meydana geldiği gözlemlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

Çalışmanın materyalini; TAMTEST kuyruk mili performans test laboratuvarında, 2021-2022 yılları arasında, ESS'nin etkinliğini ölçmek üzere, sistemin çalıştırıldığı ve çalıştırılmadığı iki farklı ortam koşulunda, toplam 82 traktör üzerinde yapılan testlerden elde edilen veriler oluşturmaktadır. Test edilen traktörlerin 79'u dört çeker özelliğe sahip olup; 62'si ortak yollu yakıt sistemine, kalan 20 adedi ise alışıl gelmiş sıra tipi ya da yıldız tip yakıt pompasına sahiptir. 80'i aşırı doldurma özelliği bulunmakta olup bunların 75'inde ara soğutucu mevcuttur (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1 Test edilen traktörlere ait teknik özellikler

Traktör	PTO gücü (kW)	Hidrolik güç (kW)	Hidrolik kaldırma kuvveti (kN)	Çeki kuvveti (kN)	Yakıt sistemi	Hava giriş şekli	Yakıt soğutma sistemi
T1	22,6	5,6	7,8	5,89	Ortak yollu	Atmosferik	-
T2	29,3	7,8	19,6	10,97	Alışıl gelmiş-	Atmosferik	-
T3	30,8	7,6	24,9	10,48	Alışıl gelmiş	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T4	32,56	10,4	20,6	10,76	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T5	32,18	6,8	20,2	8,62	Ortak yollu	Aşırı doldurma	-
T6	34,9	9,8	25,3	8,11	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T7	34,79	7,4	19	11,53	Alışıl gelmiş	Atmosferik	-
T8	35,84	8,5	11,7	11,97	Alışıl gelmiş	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T9	36,74	10,7	19,9	8,26	Alışıl gelmiş	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T10	36,61	9,2	25,7	11,21	Alışıl gelmiş	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T11	37,27	10,8	18,7	17,25	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T12	38,31	10,7	26,1	9,2	Alışıl gelmiş	Aşırı doldurma	-
T13	37,41	11,4	13,6	14,88	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T14	37,28	6,9	18	14,29	Alışıl gelmiş	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T15	38,14	10,6	22,2	9,41	Alışıl gelmiş	Aşırı doldurma	-
T16	39,23	7,9	17,2	13,77	Alışıl gelmiş	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T17	40,03	5,1	23,4	9,85	Alışıl gelmiş	Aşırı doldurma	Ara soğutucu

Çizelge 3.1 Test edilen traktörlere ait teknik özellikler (Devam)							
T18	40,93	11,1	19,7	11,12	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T19	41,95	10,7	14,9	14,86	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T20	44,68	9,9	19,9	13,75	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T21	44,5	10,5	31,8	18,06	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T22	46,42	10,4	19,3	10,64	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T23	45,26	11,4	26,4	12,54	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T24	46,65	13,4	21,6	16,9	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T25	48,44	11,2	33,2	10,1	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T26	50,46	9,6	19,8	15,94	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T27	50,34	10,8	15,1	14,14	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T28	51,38	9,5	27	16,24	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T29	52,18	12,1	32,8	17,59	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T30	52,68	17	44,2	19,6	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T31	53,88	17,2	52,9	18,07	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T32	54,58	13	27,7	13,16	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T33	55,8	8,7	16,8	19,33	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T34	56,75	13,3	41	23,83	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T35	59,72	8,5	11,2	13,32	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T36	59,72	10,8	18,4	15,42	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T37	59,77	10,9	25,1	17,85	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T38	61	11,3	15,4	19,46	Alışılarmış	Aşırı doldurma	-
T39	61,26	13,7	57,7	27,02	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T40	61,24	8,6	20,6	19,17	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T41	62,41	12,4	21,6	18,28	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T42	63,84	14,1	32,7	15,17	Alışılarmış	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T43	65,52	12,3	27,4	16,58	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T44	65,71	11	32,3	15,3	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T45	67,4	9,6	25,7	17,71	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T46	66,81	11,1	25,2	15,14	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T47	67,3	12,9	32,7	17,77	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T48	68,76	15,7	68,9	23,35	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T49	68,9	14	43,9	24,39	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T50	73,08	19,7	45,5	18,86	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T51	71,1	12,8	25,6	18,12	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T52	72,47	19,8	33	29,86	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T53	75,63	10,9	31,7	20,13	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T54	75,57	18,3	36,2	21,86	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T55	80,2	16,6	39,4	21,55	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T56	80,63	15,7	68,9	23,04	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T57	82,76	18,9	35,4	21,16	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T58	82,96	14,3	33,2	18,31	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T59	85,22	20	69,3	35,1	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T60	86,2	21,5	46	26,52	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T61	87,98	9,8	63,4	22,89	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T62	89,26	18,8	34,2	27,53	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T63	92,79	10,6	54,3	24,79	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T64	92,98	16,5	38	23,13	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T65	93,27	19	31,2	25,93	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T66	94,9	18,4	40,6	21,35	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T67	99,01	20	70,4	32,61	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T68	97,73	18	41,9	25,67	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T69	100,42	19,1	34,1	26,91	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu

Çizelge 3.1 Test edilen traktörlere ait teknik özellikler (Devam)							
T70	103,78	18,7	42,5	25,71	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T71	105,62	19,3	36	33,63	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T72	111,2	22,1	61,8	34,53	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T73	116,02	21,6	47,5	29,12	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T74	124,25	19,9	70,1	38,09	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T75	120,87	19,4	53	35,69	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T76	119,78	20,3	71,6	32,63	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T77	134,12	19,2	58,1	35,41	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T78	144,22	20	57,9	37,43	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T79	150,59	19,7	80,8	34,86	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T80	148,96	18,3	78,7	51,52	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T81	150,55	19,3	72,9	37,31	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu
T82	151,4	20	57,9	37,43	Ortak yollu	Aşırı doldurma	Ara soğutucu

Kuyruk mili performans testlerinde kullanılan ekipmanlar şu şekildedir:

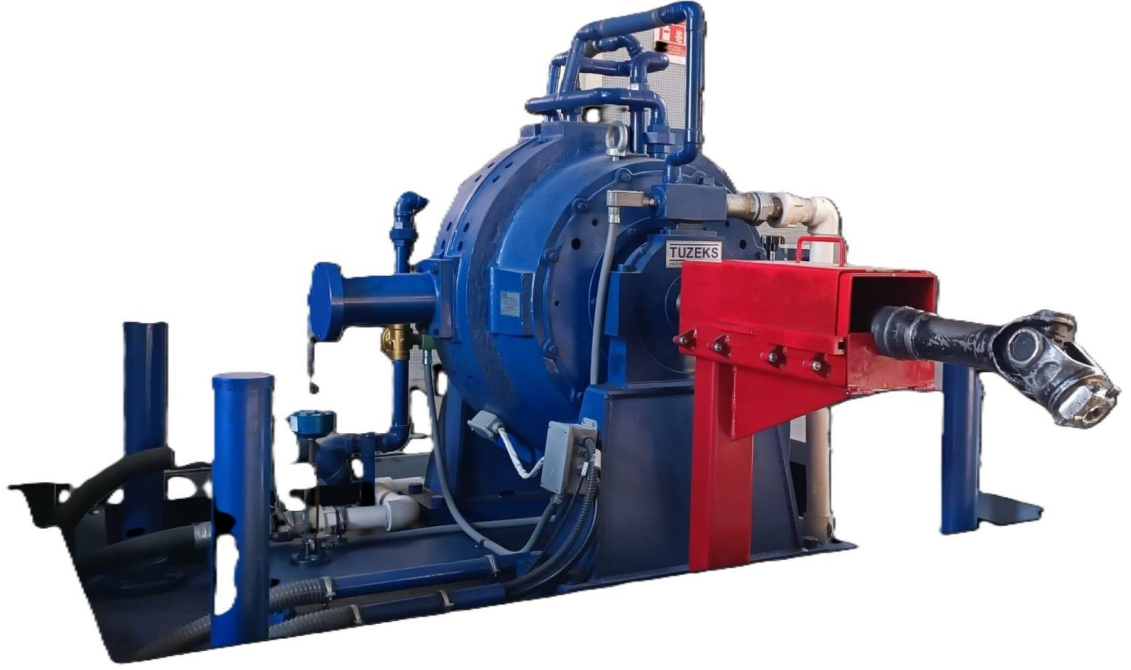
3.1.1 Girdap akımlı (eddy current) dinamometre

PTO gücünün ölçümünde yaygın olarak kullanılan fren cihazları dinamometre olarak adlandırılmaktadır. Dinamometreler doğrudan gücü ölçmezler; bunun yerine, güç hesaplamasında kullanılan dönme momenti (tork) veya kuvvet gibi büyüklükleri ölçerek motorun ürettiği gücün hesaplanmasına olanak sağlamaktadırlar (Killedar 2012).

Dinamometre türleri:

1. Prony freni:
2. Hidrolik dinamometre:
3. Aktif elektrikli dinamometre:
4. Girdap akımlı dinamometre:

TAMTEST PTO performans laboratuvarında güvenlik riski oluşturması nedeniyle aktif dinamometre kullanımından vaz geçilmiştir. Laboratuvarda girdap akımlı dinamometre kullanılmaktadır (Şekil 3.1).

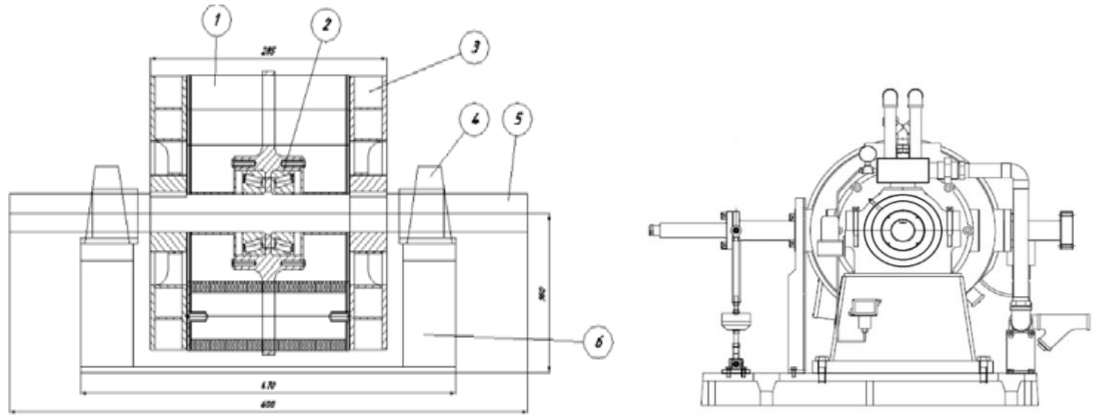


Şekil 3.1 Girdap akımlı dinamometre gerçek görüntü

Girdap akımlı dinamometre, Faraday'ın elektromanyetik indüksiyon yasasına göre çalışmaktadır. Bu yasaya göre, bir iletken manyetik kuvvet çizgilerini kestiğinde, iletkende, büyüklüğü manyetik alanın şiddeti ve iletkenin hızıyla orantılı olan bir indüklenme meydana gelmektedir. Eğer iletken bir disk ise, diskte dolaşan girdap akımları olacaktır. Lenz yasasına göre, akımın yönü diskin hareketine karşı koyacak şekildedir. Girdap alanına enerji verilmesi indüktör halkasında ve rotorda bir manyetik alan oluşturmaktadır. Rotordaki konik dişler indüktör halkasının iç yüzeyini süpürmektedir. İndüktör halkasının iç yüzeyi üzerindeki herhangi bir nokta, bir rotor dişinin veya boşluğun o noktaya bitişik olup olmamasına bağlı olarak yoğunluğu değişecek olan akı penetrasyonuna maruz kalmaktadır. Bu nedenle rotorun dönüşü indüktör halkasının iç yüzeyindeki akı yoğunluğunu sürekli olarak değiştirmektedir. İndüktör halkasındaki değişken akı yoğunluğu, halkanın iç yüzeyi yakınında akan girdap akımları geliştirmektedir. Bu girdap akımları, rotor dişlerinde merkezlenen alanlarla reaksiyona giren bir manyetik alan oluşturmaktadır. İki manyetik alan seti arasındaki reaksiyon, rotor ve stator arasında teğetsel yönde bir çekime neden olmakta ve böylece rotor dişleri tarafından geliştirilen girdap akımı reaktif alanlarının gücü ile orantılı bir frenleme torku geliştirmektedir. Ana indüktör halkası manyetik alanının gücü, bobinine

giden uyarma akımının ayarlanmasıyla kontrol edilmektedir. Frenleme torku, muyluya monte edilmiş statora bağlı bir tork koluna bir yük hücresi bağlanarak ölçülmektedir (Sinaga vd. 2020).

Temel olarak girdap akımlı dinamometre, sabit bir manyetik alan sistemi ve metal disk içeren katı bir dönen parça olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır. Girdap akımlı dinamometre parçaları şu şekildedir: 1-Solenoid, 2-Stator, 3-Rotor, 4-Rulman yatağı, 5-Şaft, 6- Dış kaplama (Şekil 3.2).



Şekil 3.2 Girdap akımlı dinamometre teknik resim (Anonymous 2015)

Buy çalışmada kullanılan dinamometrenin teknik özellikleri şöyledir:

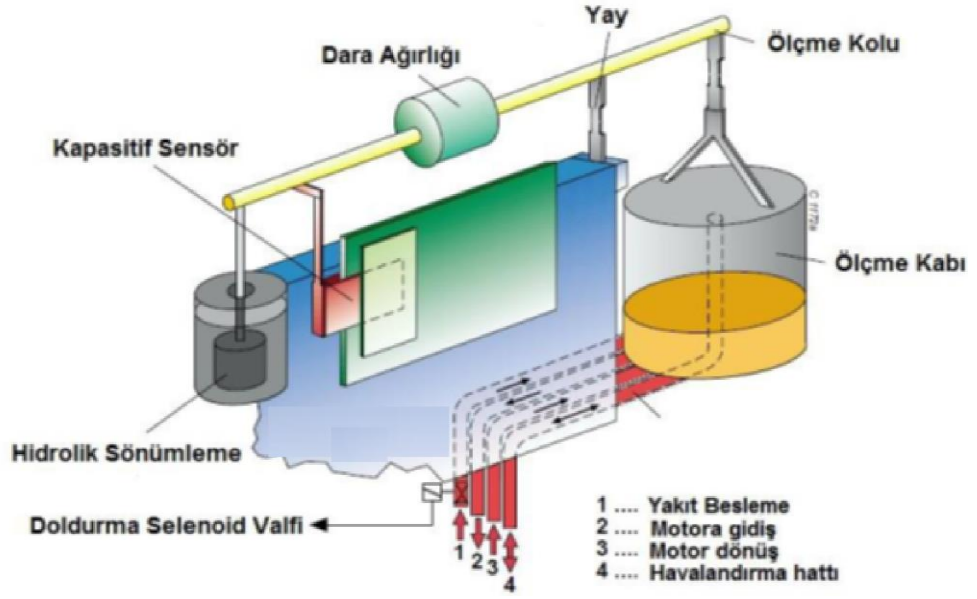
Rotor genellikle yumuşak çelikten yapılmaktadır. Stator, kutup çekirdeği, kutup pabucu ve sargı bobininden oluşmaktadır. Bobin, sargı malzemesi olarak bakır veya alüminyum kullanılan kutup çekirdeğine sarılmaktadır. Kutup çekirdeği ve pabucu yumuşak çelikten yapılmakta ve bir cıvata ile sabitlemektedir. Stator ve rotor, tork iletimi için dar bir hava boşluğu ile ayrılmaktadır. Frenleme sırasında, metal disk bobinler tarafından bir manyetik alana maruz bırakılmakta ve diskte girdap akımları oluşturmaktadır. Manyetik alan ve girdap akımları arasındaki etkileşim, dönen diski yavaşlatmaktadır. Sonuç olarak, aktif dinamometrede olduğu gibi aşınma olmamaktadır (Anonymous 2015).

- Test edilebilecek maksimum traktör kuyruk mili gücü: 522 kW
- Test edilebilecek maksimum traktör torku: 8313 Nm (600 min⁻¹)
- Test edilebilecek maksimum traktör kuyruk mili devri: 4500 min⁻¹

Hava soğutmalı girdap akımlı dinamometre, dönen bir motorun gücünü ve torkunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Yüzey aşınması söz konusu değildir; ancak bu parçaların tümü frenleme nedeniyle yüksek miktarda ısıya maruz kalmaktadır. Soğutma sistemleri yetersizse, stator ve rotor yüzeyi aşırı ısınabilmektedir. Hava soğutmalı dinamometrenin hem stator hem de rotor yüzeyindeki sıcaklık artışı, dinamometre kapasitesini % 70'e kadar düşürebilmektedir. Bu nedenle yüksek kapasiteli bir soğutma sistemi kurulması büyük önem taşımaktadır (Anonymous 2015).

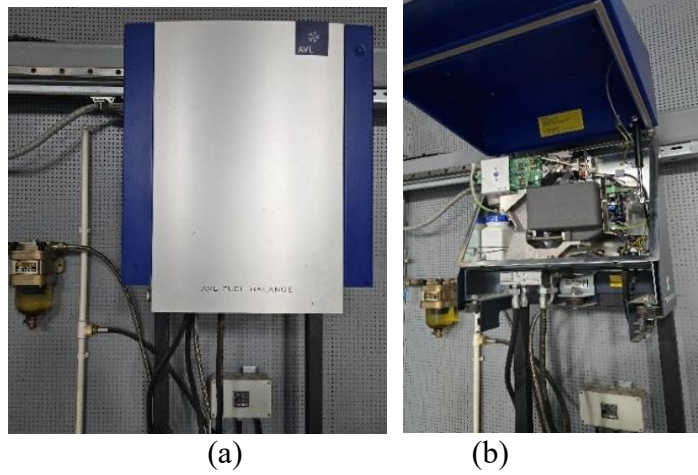
3.1.2 Yakıt tüketimi ölçüm cihazı

Yakıt ölçüm sistemi, gravimetrik ölçüm prensibiyle çalışmaktadır. Ağırlığı sürekli ölçülen ölçüm kabı, belirlenen süre içerisinde aldığı yakıtı yaylı ölçüm sayesinde tartarak motora göndermektedir. Hidrolik sönümleme ile yakıt akışındaki dalgalanma minimize edilerek kararlı veri alınması sağlanmaktadır. Kapasitif sensör, ölçüm kabındaki ağırlığın yer değiştirmesini voltaja çevirerek yazılıma göndermektedir. Bir mikroişlemci, voltajı değerlendirmekte ve hem yakıt tüketim ölçümünü hem de kalibrasyon prosedürlerin tam otomatik kontrolünü gerçekleştirmektedir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3 Yakıt ölçüm sistemi çalışma sistemi (Anonymous 2005)

TAMTEST PTO test laboratuvarında, AVL 733S model, 1,6 A, 24 VDC Beslemeli bir yakıt ölçüm cihazı kullanılmaktadır. Cihaz 1800gr'lık ölçüm kabına ve 90 gr kalibrasyon ağırlığına sahip olup RS232 AK protokolü ile haberleşmektedir (Şekil 3.4.a, b).



Şekil 3.4 Yakıt ölçüm cihazı dış görünüş (a), iç görünüş (b)

3.1.3 Veri toplama ünitesi

PTO performans testlerinde traktör üzerinde yağ sıcaklığı, hava giriş sıcaklığı ortam sıcaklığı, radyatör sıcaklığı, yakıt sıcaklığı, bağıl nem barometrik basınç verilerini almak için uygun yerlere yerleştirilen sensörler veri toplama ünitesine bağlanmaktadır (Şekil 3.5.a, b). Buradan da yazılım sayesinde bilgisayarda eş zamanlı veri alınabilmekte ve kaydedilebilmektedir.

Mekanik kolları sayesinde konumu değiştirilerek daha kolay bağlantı yapılmasını sağlamaktadır. Ünite; 24 VDC besleme, 7 kanal sıcaklık ölçümü (RTD), 8 kanal analog giriş (Ayarlanabilir 0-10 V veya 4-20 mA) özelliklerine sahip olup, TCP/IP ethernet üzerinden haberleşme sağlamaktadır (Şekil 3.5).



(a)



(b)

Şekil 3.5 Veri toplama ünitesi dış görünüş (a), iç görünüş (b)

3.1.4 Yardımcı sistemler kontrol panosu

Tüm laboratuvar sisteminin bağlı olduğu panodur. 380 V giriş, 24 VDC besleme kaynağına sahip olan kontrol panosunda aşağıdaki işlemler yapılabilmektedir (Şekil 3.6):



Şekil 3.6 Kontrol panosu

- ESS için petek pencerelerinin açılıp kapanması ve su verilmesi
- Soğutma fanlarının çalıştırılması
- Dinamometrenin çalıştırılması
- Dinamometre soğutma kulesinin çalıştırılması
- Egzoz gazı tahliye fanının çalıştırılması

3.1.5 Dinamometre platform kontrol sistemi

Dinamometre ile traktör kuyruk mili bağlantısında OECD Kod2 de izin verilen açılış değerini aşmamak ve daha emniyetli test yapabilmek adına dinamometre, traktör kuyruk mili yüksekliğine göre bu platform sayesinde yükseltilir ya da alçaltılır (Şekil 3.7.a, b).



(a)



(b)

Şekil 3.7 Dinamometre (a), seviye ayar platformu (b)

3.1.6 Dinamometre soğutma suyu sistemi

Özellikle yüksek güçlü traktörlerin testleri esnasında dinamometrenin aşırı ısınmasını engellemek için sulu soğutma sistemi kullanılmaktadır. Dinamometrenin içinden geçerek ısınan su soğutma kulesine gönderilir. Burada ısısı düşürülerek tekrar dinamometreye döner (Şekil 3.8).



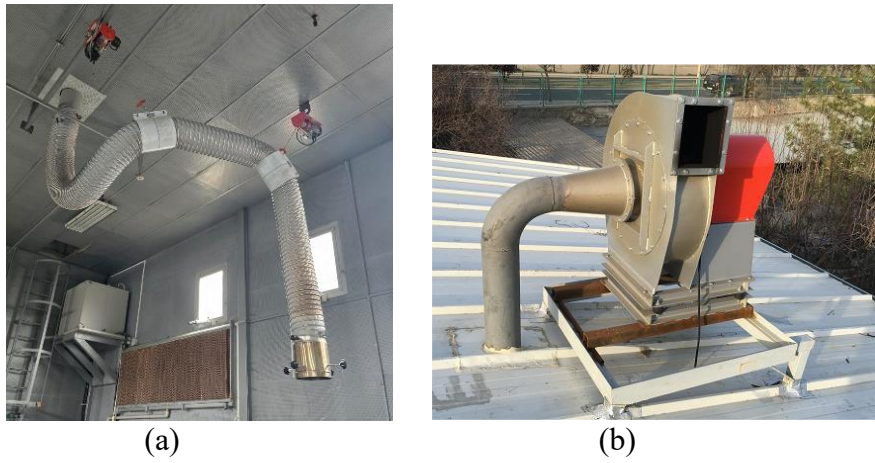
Şekil 3.8 Dinamometre soğutma suyu kulesi

340.000 kcal/h ve 15 °C (Δt)'lik soğutma kapasitesine sahip olan kulesine dinamometreden gelen suyu soğuması için 2 adet aksiyel fan bulunmaktadır. Sarnıç Kapasitesi: 9100 l'dir. Dinamometre ile depo arasındaki sirkülasyonu sağlamak üzere, 20 m³/h debi kapasitesine sahip sirkülasyon pompası ve depodaki suyun su kulesine

basılmasını sağlayan 10 m³/h debi kapasitesine sahip sirkülasyon Pompaları bulunmaktadır.

3.1.7 Egzoz gazı tahliye sistemi

PTO test laboratuvarında test esnasında zehirli gazların ortamdaki uzaklaştırılmasını sağlamak ve ortam sıcaklığının ve neminin kontrol altında tutulabilmesini sağlamak amacıyla egzoz gazı tahliye sistemi kullanılmaktadır (Şekil 3.9.a, b).



Şekil 3.9 Egzoz gazı tahliye sistemi, Hortum kısmı (a), Fan kısmı (b)

Egzoz tahliye sisteminde; yüksek ısıya dayanıklı hortum, hortumun traktöre yerleştirilmesini kolaylaştıran, raylı sistem üzerinde hareket edebilen, 2 adet mini caraskal ve 1 adet fan bulunmaktadır.

3.1.8 Yakıt soğutma sistemi

Traktör geri dönüş borusundan gelen sıcak yakıtın soğutulduğu sistemdir. 1 adet kontrol sistemi, hava soğutmalı radyatörü ve hortumlarından oluşmaktadır (Şekil 3.10). 220 VAC besleme gerilimi ile çalışmaktadır.



Şekil 3.10 Yakıt soğutma sistemi

3.1.9 Yakıt Deposu

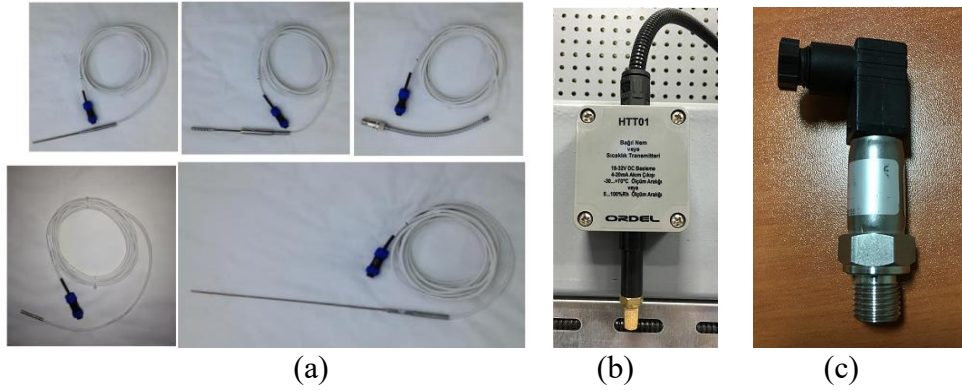
Traktör yakıt tüketimini ölçmek amacıyla yakıt deposundan gelen yakıt ölçüm sistemine bağlanmaktadır. Yakıt deposu 1 ton yakıt depolama kapasitesine sahip olup; doldurma kapağı, havalandırması, boşaltma çıkışı, elektronik seviye gösterge sensörü ve taşma tavaşından oluşmaktadır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11 Yakıt deposu ve filtresi

3.1.10 Sensörler

OECD Kod 2 kuralları gereği PTO performans testleri esnasında; motor suyu sıcaklığı, motor yağı sıcaklığı, ortam sıcaklığı, motor hava giriş sıcaklığı, yakıt sıcaklığı, bağıl nem ve atmosferik basıncın ölçülmesi gerekmektedir. Bu ölçümler Şekil 3.12.a, b, c'deki sensörler vasıtasıyla ölçülmektedir.



Şekil 3.12 Sıcaklık sensörleri (a), nem sensörü (b), basınç sensörü (c)

Sıcaklık sensörleri, 3 telli ve PT100 tipi sensörlerdir. Nem sensörü: % 0 - % 100 bağıl nem ölçüm aralığında olup; 4 – 20 mA çıkış, 24 VDC besleme ve 2 telli bağlantıya sahiptir.

Atmosfer basıncı ölçüm sensörü: 0 – 1600 mbar abs ölçüm aralığında olup, 4 -20 mA çıkış, 24 VDC besleme ve 2 telli bağlantıya sahiptir.

3.1.11 PTO performans test laboratuvarı ESS

TAMTEST PTO performans test laboratuvarında ortam sıcaklığını ve nemini sabit tutabilmek için ESS kullanılmaktadır. ESS aşağıdaki bileşenlerden oluşmaktadır.

- 2x22.000 m³/h fan
- Selülozik petek 3 x 1 m (4 adet)

- Motorlu petek kapakları
- Paslanmaz su deposu ve devri daim pompaları
- Fan sürücü ve pompa kontrol güç panosu
- Kontrol panosu

TAMTEST bünyesinde kuyruk mili performans ölçüm laboratuvarında bulunan ESS’de kullanılan selüloz petekler ve dolaşım hattı. Şekil 3.13’te gösterilmektedir.



Şekil 3.13 ESS su deposu ve dolaşım hattı

Kontrol panosundan kumanda edilebilen motorlu kapakları sayesinde selülozik peteklerin dışarıdan hava alması sağlanmaktadır (Şekil 3.14.a, b).



Şekil 3.14 Petek kapakları kapalı konumda (a), açık konumda (b)

Deneyler esnasında ortam sıcaklığının belli toleranslarda sabit tutulabilmesi ve OECD şartlarına (23 ± 7 °C) uyulabilmesi için selüloz petek kapakları açılıp kapatılmakta, peteklere su verilmekte veya fan devri artırılıp azaltılabilmektedir. Şekil 3.15'te devir ayarlı soğutma fanları gösterilmektedir.

Ankara'daki mevsim şartlarına göre devir ayarlı fanlar ortam sıcaklığını toleranslar dahilinde sabit tutmaya yetecek devirde kontrol panosundan ayarlanmaktadır. Test süresince devir kısılıp artırılarak ortam sıcaklığı sabit tutulabilmektedir. Yaz aylarında fanların yeterli olmadığı durumlarda peteklere su verilerek ortam nemlendirilmekte ve evaporatif soğutma sağlanmaktadır.



Şekil 3.15 ESS'de kullanılan fanlar

TAMTEST bünyesinde kuyruk mili performans ölçüm laboratuvarında bulunan ESS'nin etkinliğini ölçmek üzere sistemin çalıştırıldığı ve çalıştırılmadığı iki farklı ortam koşulunda 2021-2022 yılları arasında test edilmek üzere test merkezine gönderilen toplam 82 traktör üzerinde deneyler yapılmıştır.

3.2 Yöntem

Türkiye'nin de kurucusu olduğu Ekonomik Kalkınma ve İş Birliği Örgütü (OECD) 1956 yılından beri traktör performans test kodları üzerine çalışmalar yapmaktadır. Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğü (TAMTEST) 1962'den beri OECD test kodlarından traktör performans testine karşılık gelen Kod 2 testlerini başarıyla yapmaktadır. Kod 2 testleri kuyruk mili performans testiyle başlar ardından çeki gücü, hidrolik güç, hidrolik kaldırma kuvveti testleri ile devam etmektedir.

OECD Kod 2 standart test koduna göre test yaparken göz önünde bulundurulması gereken deney şartları şu şekildedir:

- Atmosferik koşullar veya diğer faktörler için test sonuçlarında herhangi bir düzeltme yapılmamalıdır.
- Atmosferik basınç 96,6 kPa'dan az olmamalıdır. İrtifa koşulları nedeniyle bu basıncın altına düşmek mümkün değilse, deney raporunda belirtilmek kaydıyla enjeksiyon pompası ayarı değiştirilebilir.
- Ortam sıcaklığının 23 ± 7 °C aralığında olması gerekmektedir (Anonymous 2025d).

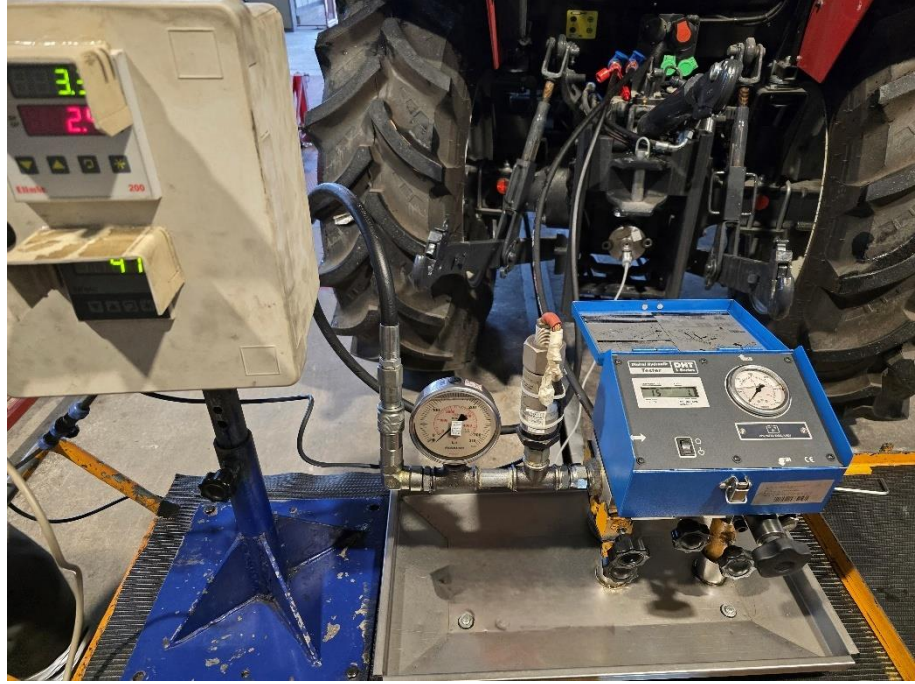
OECD Kod 2 Traktör Performans testleri zorunlu ve isteğe bağlı testler olmak üzere ikiye ayrılır. İsteğe bağlı testler şu şekildedir:

- a) Dönme alanı ve dönme dairesi,
- b) Ağırlık merkezi
- c) Frenleme
- d) Dış gürültü seviyesi
- e) Su geçirmezlik testi

Zorunlu testler ise şu şekildedir:

3.2.1 Hidrolik güç testi

Traktörlerde hidrolik güç testi için hidrolik pompanın hareket verdiği hidrolik kaplin çiftine bir debimetre bağlanmaktadır (Şekil 3.16). Debimetre üzerindeki skaladan yağ sıcaklığı, debisi ve basıncı görülebilmektedir. Ayrıca kuyruk mili devride ölçülerek PTO testlerinde elde edilen verilerle uyumluluğu kontrol edilmektedir.



Şekil 3.16 Hidrolik güç testi

Traktör tam gaz konumundayken hidrolik kumanda kolları ile yağ akışı sağlanır. Debimetreden geçen yağ tekrar kartere dönecek şekilde kapalı devre sirkülasyon hattı oluşturulur. Test debimetrenin vanası tam açık konumdayken başlatılır. Vana kademeli olarak kısılarak basıncın yükselmesi, debinin azalması sağlanır. Belirli aralıklarla; basınç, debi, sıcaklık, kuyruk mili devri ölçülür ve kaydedilir. OECD Kod 2 kuralları gereği yağ sıcaklığı 60 °C ±5 °C’de testler yapılmaktadır. Elde edilen verilerle, Eşitlik 6 kullanılarak hidrolik güç hesaplanmaktadır.

$$P_h = \frac{[q \cdot Ck \cdot p]}{600} \quad (6)$$

Burada;

P_h : Hidrolik güç (kW)

q : Debi (l/h)

C_k : Kalibrasyon katsayısı

p : Hidrolik basınç (bar)'dır.

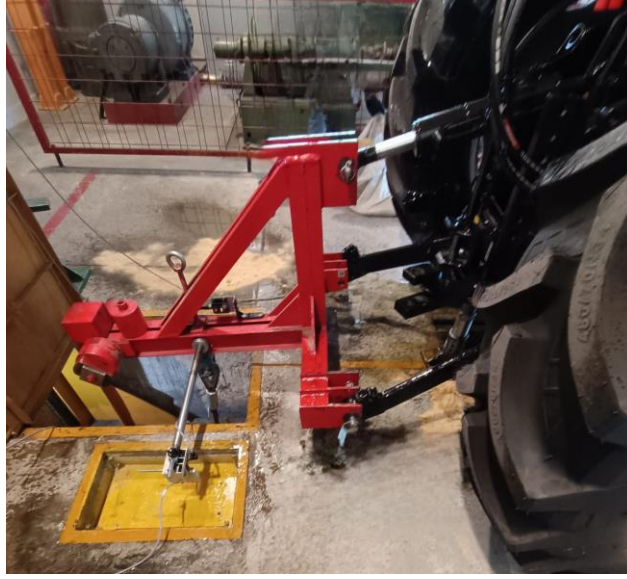
Ölçülen ve hesaplanan veriler bir çizelge haline getirilerek rapora yazılmaktadır. Çizelge 3.2'de örnek bir tablo gösterilmektedir.

Çizelge 3.2 Örnek hidrolik güç test çizelgesi

	Basınç	Yağ sıcaklığı (°C)		Motor devri	Debi	Güç
	Mpa	Min	Max	min ⁻¹	l/min	kW
Nominal motor devri	-	-	-	2300	-	-
Relief valfin açılmasıyla ölçülen değerler	18,0	60	62	2469	-	-
Relief valf açma basıncının % 90' ında ölçülen değerler	16,2	61		2469	30,6	8,2
Maksimum güçte ölçülen değerler	14,5	60		2472	57,3	13,8
Minimum basınçta ölçülen değerler	1,5	60		2480	39,1	1,0

3.2.2 Hidrolik kaldırma kuvveti testi

Hidrolik kaldırma kuvveti (HK) testi, çatılı ve çatısız olmak üzere iki aşamada gerçekleştirilmektedir. Traktörün hidrolik kollarının ne kadar yükseklikte ne kadar kuvvet ürettiği ölçülerek hesaplanmaktadır (Yıldız vd. 2025). Şekil 3.17'de görseli verilen hidrolik kaldırma kuvveti testi şu şekilde yapılmaktadır:



Şekil 3.17 Hidrolik kaldırma kuvveti testi

- Traktör, hidrolik kaldırıcısının tepki kuvveti ne lastiklerde ne de süspansiyonda deformasyona neden olmayacak şekilde sabitlenmektedir. Bağlantı kolları aşağıdaki tipik düzenlemeleri elde etmek için hem test çatısına bağlıyken hem de test çatısına bağlı değilken aynı şekilde ayarlanmaktadır.
- Traktör alt bağlantı kolları standart yüksekliğe ayarlanmaktadır.
- Alt bağlantı kolu bağlantı noktası, alt bağlantı kolu oynak noktası ve test çatısı ağırlık merkezini paralel konuma getirmek için üst bağlantı kolu gerekli uzunluğa ayarlanmaktadır.

Çatılı deney tamamlandıktan sonra çatı bağlantıları çıkarılıp yerine bir metal lama konulmakta ve aynı test çatısız olarak tekrarlanmaktadır. HK testinde ölçülen ve hesaplanan veriler Şekil 3.18 ve Şekil 3.19'de gösterilmektedir.

Burada;

- FL : Ön dingile etki eden yukarı yönlü dikey kaldırma kuvveti (kN),
FFs : Ön dingil ağırlığı (kN),
WT : Traktörün toplam ağırlığı (kN),
WB : Dingiller arası uzaklığı (mm),
e : Alt bağlantı kolu oynak noktasının arka tekerlek ekseninden yatay uzaklığı (mm),
B : Alt bağlantı kollarının uzunluğu (mm),
zh : Alt bağlantı kolu bağlantı noktasının, alt bağlantı kolu oynak noktasına göre yüksekliği (mm)
 ϕ : zh kaldırma yüksekliğinde, hidrolik kaldırıcının alt bağlantı kollarının yataya göre açısı,
% W : Makul direksiyon kontrolünü sağlamak için, ön dingile yukarı doğru destek kuvveti olarak uygulanması gereken toplam traktör ağırlığının oransal değeri,
W : Alt bağlantı noktaları ile test çatısı üzerinde kaldırma kuvvetinin uygulama noktası arasındaki mesafe (610 mm),
 θ : Test çatısının yatay açısıdır.

Test sonuçları çizelgeler halinde Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4 gösterildiği gibi raporlandırılmaktadır:

Çizelge 3.3 HK örnek test verileri

		Bağlantı noktalarında	Çatıda
En düşük pozisyonda alt bağlantıların yerden yüksekliği	mm	200	155
Düşey hareket: Kaldırma kuvveti ile Kaldırma kuvvetsiz	mm	700	710
	mm	720	835
Kaldırma bölgesi boyunca ölçülen maksimum kuvvetin % 90' ı	kN	12,8	10,4
Emniyet valfi açma basıncının % 90' ı	Mpa	16,2	16,2
Arka teker eksenine göre moment	kNm	12,2	16,3
Çatının maksimum kaldırma yüksekliğinde düşey düzlemde yaptığı açı	Derece	-	7
FL: Ön aksa etki eden yukarı yönlü dikey kaldırma kuvveti	kN	15,5	8,8

Çizelge 3.4 HK örnek test verileri

Alt bağlantı kolları oynak noktalarından geçen yatay düzleme göre kaldırma yükseklikleri										
mm	-345	-300	-200	-100	0	100	200	300	365	400
Bağlantı noktalarında kaldırma kuvvetleri										
kN	-	13,5	14,2	14,4	14,4	14,2	13,7	13,7	-	12,8
“Test çatısında kaldırma kuvvetleri										
kN	12,4	12,3	12,6	12,4	12,1	11,8	11,2	10,8	10,4	-

3.2.3 Çeki gücü ve yakıt tüketimi testi

Çeki testinde traktör çeki kancasından çeki arabasına bağlanmakta, araya bir yük ölçer yerleştirilmektedir. OECD Kod2’de belirtilen talimatlara göre; % 15 patinajı geçmeyecek şekilde, belirli vites ve hız kademelerinde, çeki pisti boyunca traktör hareket ettirilirken; çeki kamyonundaki dinamometre vasıtasıyla frenleme yapılarak değer alınmaktadır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20 Çeki testi

OECD Kod 2 Traktör Performans Test Standardına göre çeki testi iki aşamada gerçekleştirilir. Testlere başlamadan önce traktörün teste hazırlanması gerekmektedir (Anonymous 2025d).

Test hazırlık aşamasında yapılan işlemler şu şekildedir:

- Traktörün motor/teker oranı imalatçı firma beyanı ile karşılaştırılarak kontrol edilmektedir.
- Traktörün ön ve arka lastik hava basınçları, ISO 4251-1: 2017/ ERTRO standardındaki lastik kodlarına göre belirlenmekte ve lastik tutunmasını artırmak için basıncı 1/3 oranında düşürülmektedir.
- Teker çevresi ölçülerek traktörün teorik hızı hesaplanmaktadır.
- Çeki demiri yerden yüksekliği ölçülmektedir.
- Lastik dış yüksekliği ölçülerek yeni lastik dış yüksekliğinin yüzde 65'inden daha az olmadığı kontrol edilmektedir.
- Deneyler sırasında çevre sıcaklığı 35 °C den fazla olmadığı kontrol edilmektedir. Yüksek sıcaklıklarda test yapılmamaktadır.

Gerekli ölçümler ve hesaplamalar yapıldıktan sonra ölçümler için sensörler, yük ölçer ve yakıt bağlantısı yapılmaktadır.

Test esnasında güvenli dümenleme yapılabilmesi için maksimum çeki kuvveti hesabı Eşitlik 9'a göre yapılmaktadır.

$$F_{\text{ç}} * H \leq 0,8 * W * Z \quad (9)$$

$F_{\text{ç}}$: En büyük çeki kuvveti;

H : Çeki çubuğunun yerden statik yüksekliği;

W : Ön tekerleklerin yere uyguladığı statik ağırlık

Z : Dingiller arası uzaklıktır.

1. Aşama maksimum güç testi:

- a. Test edilecek traktörün 2,5 km/h – 17,5 km/h hızı sağlayabilecek aralığa giren vites kademeleri belirlenmekte ve % 15 (± 1)'lik ortalama patinaj sınırını aşmayacak şekilde yükleme yapılarak her bir vites kademesinde değerler alınmaktadır.
- b. Test tam gaz konumunda ve dört çeker devredeyken yapılmaktadır.

2. Aşama Yakıt tüketimi testi:

- a. 7,5 km/h hızı sağlayabilen uygun vites kademesinde nominal motor devrinde teste başlanmaktadır. Bu noktada maksimum çeki kuvveti değeri belirlenmektedir.
- b. Ulaşılan hıza 3km/h eklenmekte ve bu hız kademesinde gaz kesilerek, (a)'da elde edilen çeki kuvvetinin % 75 ve 50'si kadar yükleme yapılarak değer alınmaktadır.
- c. 7-10 km/h aralığında hızı sağlayabilen uygun vites kademesinde nominal motor devrinde teste başlanmaktadır. Bu noktada maksimum çeki kuvveti değeri belirlenmektedir
- d. Ulaşılan hıza 3km/h eklenmekte ve bu hız kademesinde gaz kesilerek, (c)'da elde edilen çeki kuvvetinin % 75 ve 50'si kadar yükleme yapılarak değer alınmaktadır.

CVT şanzımanlı traktörler için vites kademesine göre hesaplama yapmak mümkün değildir bunun yerine; 2,5 km/h, 3,5 km/h, 5,0 km/h, 6,5 km/h, 8,0 km/h, 11,0 km/h, 17,5 km/h hız kademelerine göre hesaplama yapılmaktadır.

Aşağıdaki sonuçlar raporda bir tablo halinde sunulmaktadır:

Vites kademesi /hız ayarı tanımı,	Özgül yakıt tüketimi, g/kWh
Çeki gücü, kW,	Yakıt sıcaklığı, °C
Çeki kuvveti, kN,	Soğutucu akışkan sıcaklığı, °C
İlerleme hızı, km/h	Motor yağı sıcaklığı, °C
Motor devri, min ⁻¹	Atmosferik sıcaklık, °C
Vantilatör devri, min ⁻¹	Nispi nem, %
Patinaj, %	Atmosferik basınç, kPa.
Saatlik yakıt tüketimi, kg/h	Reaktif madde (addblue) tüketimi, g/kWh

3.2.4 Motor ve kuyruk mili performans testi

OECD Kod 2 traktör performans testlerine ilk olarak kuyruk mili ve motor performans testleri ile başlanır. Başlangıç testi olması sebebiyle ilk kontroller PTO performans laboratuvarında gerçekleştirilmektedir Şekil 3.21.



Şekil 3.21 Kuyruk mili performans testi

- a. Motor / PTO oranının kontrol edilmesi:** OECD Kod2 kuyruk mili performans testlerinde tüm ölçümler traktörlerin kuyruk milinden yapıldığından motor devrinin hesaplanabilmesi için kuyruk mili devri ile motor devri arasındaki oranın bilinmesi gerekmektedir. Üretici firmanın beyan ettiği bu oran bir takometre vasıtasıyla ölçülerek kontrol edilerek doğrulanmaktadır. Motor devri için krank kasnağından, PTO devri için kuyruk mili üzerinden ölçüm yapılmaktadır. Eğer ölçülen oran ile beyan edilen oran arasında fark olursa firma ile iletişime geçilerek düzeltilmesi istenmektedir. Motor -PTO oranı eşitlik 10'daki gibi hesaplanmaktadır.

$$R_N = \frac{N_M}{N_{PTO}} \quad (10)$$

R_N : Motor PTO oranı

N_M : Motor devri (min^{-1}),

N_{PTO} : PTO devri

Motor / PTO oranı teyit edildikten sonra genel kontroller yapılır Motor yağı, radyatör suyu, rodaj süresi kontrol edilir traktörün çalışmasında, güç aktarımında sorun yoksa ön hazırlık aşamasına geçilir.

- b. Deney öncesi hazırlık:** İlk olarak test edilecek traktör yatayla açılı yapmayacak şekilde, mafsallı mil vasıtasıyla dinamometreye bağlanmaktadır (Şekil 3.22).



Şekil 3.22 Traktör –dinamometre bağlantısı

Traktörün yakıt besleme sistemi yakıt ölçüm sistemine uygun şekilde bağlanmaktadır. Egzoz gazının tahliye bağlantısı. Şekil 3.23.a, b’de gösterildiği gibi yapılmaktadır.



Şekil 3.23 Yakıt ölçüm sistemi bağlantısı (a), egzoz tahliye sistemi bağlantısı (b)

Sıcaklık, nem ve basınç sensörleri, Şekil 3.24.a, b, c’de gösterildiği gibi uygun yerlere yerleştirilmektedir.



(a)



(b)



(c)

Şekil 3.24 Deneyde kullanılan sensörler

Sensör yerleşimi;

- Yakıt sıcaklığı sensörü: yakıt deposu ile motor arasında uygun bir yere yerleştirilmektedir.
- Yağ sıcaklığı sensörü: yağ devridaim hattında uygun bir yere yerleştirilmektedir.
- Motor sıcaklığı sensörü: motor bloğuna yakın uygun bir yere yerleştirilmektedir.

- Hava sıcaklığı sensörleri: biri traktörün 2 m önünde yerden 1,5 m yüksekliğe, diğeri motor hava giriş hattında uygun bir yere, yerleştirilmektedir.
 - Atmosferik basınç ve bağıl nem sensörü: ortamı temsil edecek uygun bir yere yerleştirilmektedir.
 - Traktörlerin uygun yerlerine yerleştirilen Sensörler, yazılım sistemine iletilmek üzere veri toplama ünitesine bağlanmaktadır (Şekil 3.5).
- c. Maksimum güç testi:** Maksimum güç testi, traktörün maksimum güç ürettiği devirde 1 saat kesintisiz olarak çalıştırılması esasına dayanmaktadır. Maksimum gücün elde edildiği devirde, 1 saat boyunca uygun aralıklarla değer alınmaktadır. Test süresince motorun kararlı veri üretmesi, Çizelge 3.5’da verilen toleransları sağlaması ayrıca; beyan edilen güç ve yakıt tüketim değerleriyle uyumlu olması beklenmektedir.

Çizelge 3.5 .İzin verilen tolerans değerleri (Anonymous 2025d)

Nominal devir (min^{-1})	$\pm \% 0,5$
Süre (sn)	$\pm \% 0,2 \text{ s}$
Mesafe (mm)	$\pm \% 0,5$
Güç (kW)	$\pm \% 1,0$
Kütle (kg)	$\pm \% 0,5$
Atmosferik basınç (kPa):	$\pm \% 0,2 \text{ kPa}$
Lastik basıncı (psi)	$\pm \% 5,0$
Hidrolik sistem basıncı	$\pm \% 2,0$
Sıcaklık verileri ($^{\circ}\text{C}$)	$\pm 2,0^{\circ}\text{C}$
Kuru ve ıslak termometre sıcaklığı	$\pm 0,5^{\circ}\text{C}$

- d. Normal yükleme testi:** Normal yükleme testlerinde; OECD Kod2 kurallarına göre, ya maksimum torkun elde edildiği motor devrinin $\% 85$ ’i ya da nominal devrin yarısı başlangıç devri olarak kabul edilir. Hangi değer daha düşükse o devirden teste başlanmaktadır. Maksimum tork devri, standart kuyruk mili devri, nominal motor devri, maksimum güç devirlerinde ve oluşturulacak grafikteki eğriyi tamamlayacak şekilde uygun görülen ara devirlerde yükleme yapılarak değerler alınmaktadır.

e. Kısmi yüklemeler:

I. Nominal devir kısmi yükleme testi : Nominal kısmi yükleme testinin başlangıç devri normal yükleme testinde elde edilen Nominal motor devrindeki tork değeri üzerinden hesaplanmaktadır. Motor nominal devire kadar yüklendikten sonra dinamometre tork yükleme moduna getirilmekte ve tork yüklemesi yapılmaktadır. Aşağıdaki maddelerde belirlenen değerler alınmaktadır.

- i. Nominal motor devrinde elde edilen maksimum PTO gücündeki tork
- ii. Madde a'daki torkun % 85'i
- iii. % 85 torkun % 75'i
- iv. % 85 torkun % 50'si
- v. % 85 torkun % 25' i
- vi. Yüksüz

II. 540 / 1000 min⁻¹ standart kuyruk mili devri (PTO std.) kısmi yükleme testi:

PTO std. Kısmi yükleme testi için motor 540 ya da 1000 min⁻¹ devire getirilmektedir. Gaz kısılararak PTO std. Tork değerini daha düşük devirde vermesi sağlanmakta ve bu devir başlangıç olarak kabul edilmektedir. Başlangıç devri belirlendikten sonra nominal kısmi yükleme testinde olduğu gibi; % 85, % 75, % 50, % 25 ve yüksüz değerler alınmaktadır. Standart kuyruk mili devri kısmi yüklemelerinde, traktör gaz kolu kısılararak belirlenen devirde, hesaplanan torku verecek şekilde yükleme yapılmaktadır.

f. İlave 5 Nokta testi: İlave 5 nokta testleri, tarla koşullarını simüle edecek biçimde aşağıdaki gibi tanımlanabilir:

1. Nokta: Nominal motor devri,
2. Nokta: Ağır çeki işi,
3. Nokta: Standart devirde ağır çeki ya da kuyruk mili işi,
4. Nokta: Hafif kuyruk mili ya da çeki işi,
5. Nokta: Motorun en ekonomik çalışma aralığına yakın, ekonomi kuyruk mili devirlerinde ya da otomatik motor devirlerinde ağır çeki ya da kuyruk mili işi,
6. Nokta: Düşük devirlerde hafif çeki ya da kuyruk mili işi

Testin başlangıç devri için traktör, tam gaz konumunda nominal devire kadar yüklenir ve aşağıdaki sıra ile değerler alınmaktadır:

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

OECD Kod2 kuyruk mili performans testlerinde elde edilen; PTO gücü, kuyruk mili devri, motor torku, motor devri, yakıt tüketimi (l/h ve kg/h), özgül yakıt tüketimi ve özgül enerji tüketimi veriler için aşağıda verilen eşitlikler kullanılmaktadır (Anonymous 2025d).

$$P_p = N_M * T_P * 0,000105 \quad (11)$$

$$Q_k = \frac{Q_y}{d_y} \quad (12)$$

$$Q_{\text{özg}} = \frac{Q_k \cdot 1000}{P_p} \quad (13)$$

$$E_{\text{özg}} = \frac{P_p}{Q_y} \quad (14)$$

Bu eşitliklerde;

P_p : Güç (kW),

N_M : Motor devri (min^{-1}),

T_P : PTO torku (Nm),

Q_y : Yakıt tüketimi (l/h),

Q_k : Yakıt tüketimi (kg/h),

d_y : Yakıt yoğunluğu (kg/l),

$Q_{\text{özg}}$: Özgül yakıt tüketimi (g/kWh),

$E_{\text{özg}}$: Özgül enerji (kWh /l).

Çizelge 3.6'da OECD Kod 2 traktör performans test raporlarında kullanılan PTO testi için hazırlanan örnek çizelge verilmiştir.

Çizelge 3.6 Örnek PTO test çizelgesi

Güç	Devir			Yakıt tüketimi			Özgül Enerji
	Motor	PTO	Fan	Saatlik		Özgül	
kW	min ⁻¹			kg/h	l/h	g/kWh	kWh/ l
3.1.1. MAKSİMUM GÜÇ-1 SAATLİK TEST DEĞERLERİ							
38,8	2100	576	2709	10,98	13,23	283	2,93
3.1.2. NOMİNAL MOTOR DEVRİ TEST DEĞERLERİ							
38,1	2200	604	2838	11,34	13,66	298	2,79
3.1.3 STANDARD KUYRUK MİLİ DEVRİ TEST DEĞERLERİ (540 □ 10 min ⁻¹)							
38,3	1967	540	2537	10,44	12,58	272	3,05
3.1.4. TAM YÜKTE NOMİNAL MOTOR DEVRİNDEKİ KISMİ YÜKLEMELER							
3.1.4.1.Nominal motor devri test değerleri							
38,1	2200	604	2838	11,34	13,66	298	2,79
3.1.4.2. 3.1.4.1. deki torkun % 85° i							
33.1	2251	618	2904	10.15	12.23	307	2.71
3.1.4.3. 3.1.4.2. deki torkun % 75° i							
25.5	2310	634	2980	8.32	10.02	327	2.54
3.1.4.4. 3.1.4.2. deki torkun % 50° si							
17.4	2368	650	3055	6.70	8.07	385	2.16
3.1.4.5. 3.1.4.2. deki torkun % 25° i							
8.8	2380	653	3070	5.05	6.08	577	1.44
3.1.4.6. Yüksüz							
0	2393	657	3087	3.41	4.11	-	-
3.1.5 STANDARD KUYRUK MİLİ DEVRİNDEKİ KISMİ YÜKLEMELER (540 □ 10 min ⁻¹)							
3.1.5.1. Standart kuyruk mili devri test değerleri							
38,3	1967	540	2537	10,44	12,58	272	3,05
3.1.5.2. 3.1.5.1. deki torkun % 85° i							
33,3	2011	552	2594	9,31	11,22	279	2,97
3.1.5.3. 3.1.5.2. deki torkun % 75° i							
25,8	2080	571	2683	7,78	9,37	301	2,76
3.1.5.4. 3.1.5.2. deki torkun % 50° si							
17,6	2120	582	2735	6,01	7,24	342	2,43
3.1.5.5. 3.1.5.2. deki torkun % 25° i							
8,9	2138	587	2758	4,27	5,14	482	1,72
3.1.5.6. Yüksüz							
0	2171	596	2801	2,91	3,51	-	-

3.2.5 PTO performans test laboratuvarı ESS sistemi

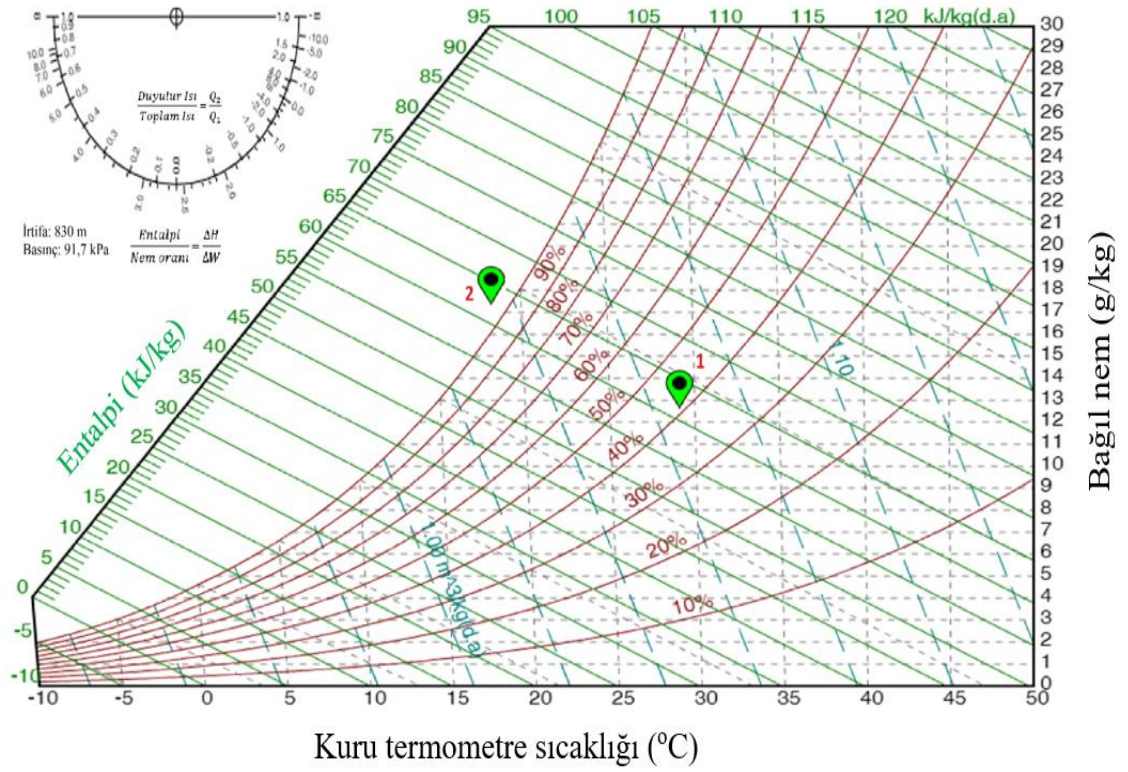
TAMTEST PTO performans test laboratuvarında bulunan evaporatif soğutma sisteminin kapasitesi aşağıdaki şekilde bulunabilmektedir

Test merkezi laboratuvarının Ankara’da olması sebebiyle Ankara iklim verileri kullanılmıştır (Anonim 2025d). 1927-2023 yılları arasında; Ankara’da haziran, temmuz, ağustos aylarında gerçekleşen ortalama en yüksek sıcaklık değerleri ortalaması 29,1 °C, üç aylık nem ortalaması ise % 41’dir (Çizelge 3.7).

Çizelge 3.7 Ankara için 1927-2023 yılları aralığına ait ortalama veriler (Anonim 2025d)

	Haziran	Temmuz	Ağustos	Ortalama
Ortalama sıcaklık (°C)	20,0	23,4	23,5	22,3
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	26,6	30,3	30,5	29,1
Ortalama en düşük sıcaklık (°C)	13,0	15,9	16,1	15,0
En yüksek sıcaklık (°C)	37,0	41,0	40,5	40,5
En düşük sıcaklık (°C)	3,8	4,5	5,5	5,0
Nem (%)	% 46	% 38	% 38	% 41

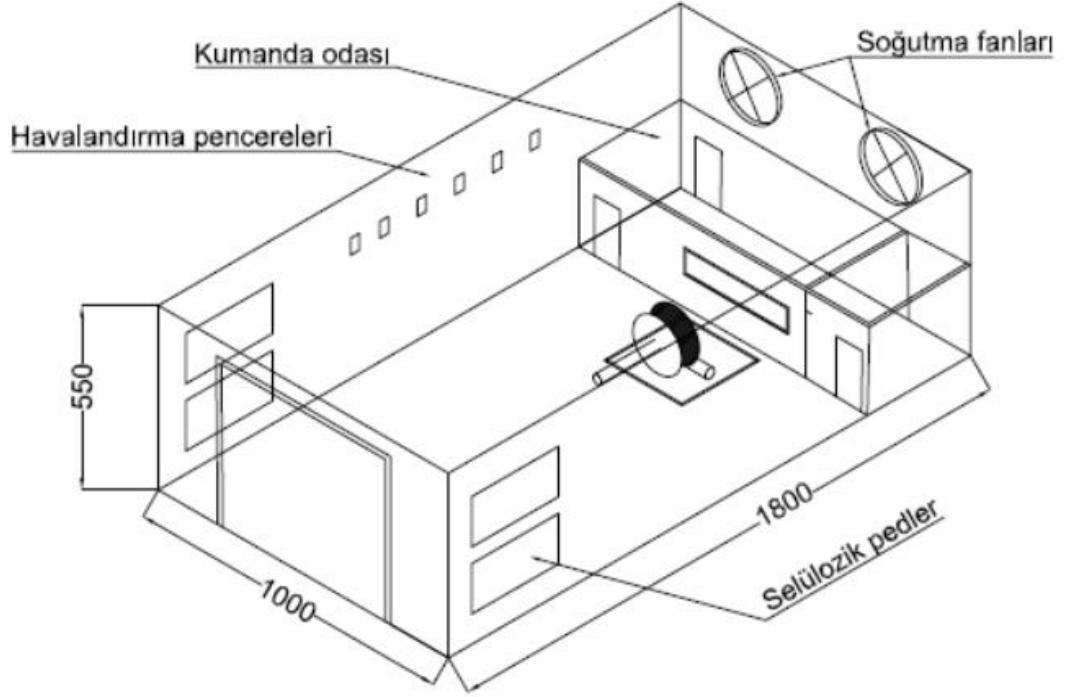
830 m yükseltide, hava basıncı, standart koşullar için, 91,7 kPa dır. 29,1 °C kuru termometre sıcaklığı ve % 41 bağıl nem şartlarındaki havanın psikrometrik diyagram üzerindeki yeri, Şekil 3.25’de 1 no ile gösterilmektedir.



Şekil 3.25 Psikrometrik diyagram (Anonymous 2025e)

Bu özelliklerdeki hava nemlendirilirse, durumu ıslak termometre çizgisi boyunca değişime uğrayarak nem almaya devam etmektedir ve % 100 bağıl nem noktasında doygunluğa ulaşmaktadır. Bu noktada söz konusu havanın kuru termometre sıcaklığı psikrometrik diyagramdan 19,2 °C olarak bulunur (2). Tüm süreç 58,5 kJ/kg sabit entalpi şartlarında gerçekleşmektedir.

TAMTEST PTO Performans Laboratuvar ölçüleri Şekil 3.26'da verilmiştir. Laboratuvarda 2 adet 22,000 m³/h kapasiteli fan ve nemlendirme için 4 adet selülozik ped bulunmaktadır.



Şekil 3.26 PTO Test laboratuvarı ölçüleri

ESS soğutma kapasitesi hesabı:

Toplam hacim: $18 \times 10 \times 55 = 990 \text{ m}^3$,

Toplam kurulum fan kapasitesi: $22000 \times 2 = 44000 \text{ m}^3/\text{h}$ olur.

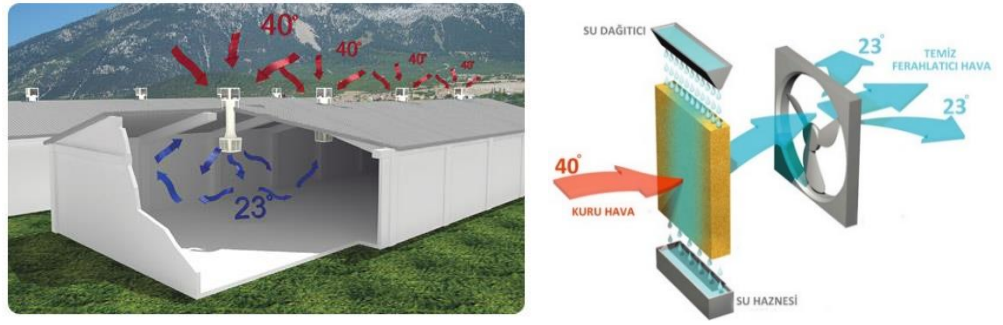
Hava değişim sayısı: $44000 \text{ m}^3/\text{h} / 990 \text{ m}^3 = 44,4 \text{ h}^{-1}$ olarak bulunmuş olur.

Bu değer atölyeler için gerekli hava değişim sayısı toleransı içerisinde kalmakta ve traktör test laboratuvarı için yeterli görülmektedir (Çizelge 3.8).

Çizelge 3.8 Hava değişim miktarları (Anonim 2025e)

Mahal cinsi	Saatlik hava değişim sayısı
Fırın atölyeleri (ergitme ve ısıtım işlem fırınları)	30 – 60
Boya atölyeleri	30 – 60
Çamaşırhaneler	20 – 30
Fırınlar	20 – 30
Dökümhaneler	20 – 30
Gemilerde meyve ambarları	20 – 30

ESS, temel olarak suyun petek yüzeyinde buharlaştırılması yoluyla havaya karıştırılmasına dayalı bir soğutma prensibiyle çalışmaktadır. Sistem, yapısal olarak yalnızca soğutucu petek, vantilatör (fan), su pompası ve su tankı bileşenlerinden oluşmaktadır. Fanların vakum etkisiyle petekten geçen havanın bağıl nem oranı artmakta ve duyulur sıcaklığı düşmektedir. Sonuç olarak, dış ortamdan alınan hava, buharlaşma yoluyla soğutulmuş olarak iç mekâna iletilmektedir böylece doğal ve enerji tasarruflu bir serinletme etkisi elde edilmektedir (Şekil 3.27). ESS özellikle sıcak ve kurak iklimlerde çok verimli çalışmaktadır.



Şekil 3.27 Evaporatif soğutma sistemi

TAMTEST traktör kuyruk mili performans test laboratuvarında ortam sıcaklığını kontrol edebilmek ve her mevsim deney yapabilmek amacıyla yukarıda bahsedilen avantajları da göz önünde bulundurularak ESS kullanılmaktadır.

ESS yalnızca OECD tarafından belirlenen sıcaklık aralığında (23 ± 7 °C) deney yapılmasına olanak sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda deneyin başından sonuna kadar 2-3 °C toleransta, sıcaklığın sabit kalmasını sağlayabilmektedir. Ayrıca traktörlerin termik motorlarından kaynaklanan ortamdaki nem azalmasını da engelleyerek sabit nem ve sıcaklıkta deney yapılabilmesine ve bu sayede de kararlı değerler alınabilmesine olanak sağlamaktadır.

3.2.6 Su analizi

ESS'de peteklerden geçen suyun bakteri üreme ihtimaline karşı dezenfekte edilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda selülozik peteklere gelen suyun bulunduğu depodan su

numunesi alınmış insani kullanım suları hakkındaki yönetmelikte belirtilen limitlere uygun olup olmadığının belirlenebilmesi için Tarım ve Orman Bakanlığı Gıda Laboratuvarında su analizi yaptırılmıştır. Analiz yöntemi olarak membran filtrasyon yöntemi ile Ecoli, koliform bakterileri araştırılmıştır.

Membran filtrasyon yöntemi; “Analizi yapılacak su, membran filtrasyona tabi tutularak m-CP agara ekimi yapılır ve 44 ± 1 °C’de 21 ± 3 saatlik anaerobik ortamda inkübasyona tabi tutulur. İnkübasyon sonrası 20-30 saniye süresince amonyum hidroksit buharına tutularak pembe ya da kırmızıya dönen opak sarı koloniler sayılır” (Taştemür ve Halkman 2014). Yapılan analiz neticesinde oldukça yüksek miktarda bakteri tespit edilmiştir (Çizelge 3.9).

Çizelge 3.9 İlk numune su analiz sonuçları

Analiz	Sonuç	Sınır değeri	Analiz metodu
Aerobik koloni sayısı 22 °C	$1,9 \times 10^6$	100/ml	TSE EN ISO 6222
Aerobik koloni sayısı 36 °C	$4,8 \times 10^5$	20/ml	TSE EN ISO 6222

ESS su deposunun bakterilerden arındırılması için klorlu dezenfeksiyon yöntemi belirlenmiştir. Dozaj hesabı için Dünya Sağlık Örgütü’nün yüzme havuzları için belirlediği maksimum 100 µg/l referans olarak alınmıştır (Harman vd. 2017, Oğur vd. 2004). 100 µg/l’lik sodyum hipoklorit uygulaması hazırlanmış ve ESS deposundaki suya karıştırılmıştır. Deponun şebeke hattından gelen su beslemesi kapatılmış bu sayede konsantrasyonun sabit kalması sağlanmıştır. Dezenfektan uygulamasından itibaren 10’ar gün arayla üç numune daha alınmış, analizi yaptırılarak bakteri üreme durumu gözlemlenmiştir. Söz konusu analiz sonuçları Çizelge 3.10’de verilmiştir.

Çizelge 3.10 Su analiz sonuçları

Numune	E.coli	Coliform
1	<1 kob/100ml	5 kob/100ml
2	12 kob/100ml	0
3	30 kob/100ml	0

Sağlık Bakanlığı insani kullanım amaçlı sular hakkında yönetmelik Ek-1'e göre içme-kullanım suları için sınır değerler Çizelge 3.11'te verilmiştir. Söz konusu sınır değerler izin verilen maksimum sınır değeri olmayıp rehber değerlerdir (Anonim 2025f).

Çizelge 3.11 İçme-kullanma suları için sınır değerler (Anonim 2025f)

Parametre	Parametrik değer
E. coli	0/100 ml
Enterokok	0/100 ml
Koliform bakteri	0/100 ml
22 °C'de koloni sayısı	100/ml
37 °C'de koloni sayısı	20/ml

Analiz sonuçlarından da anlaşılacağı üzere kullanım yoğunluğuna da bağlı olarak ESS'nin su deposundan numune alınarak belli periyotlarda su analizi yaptırılmalı, duruma göre dezenfekte edilmelidir.

3.2.7 Deneylerin uygulaması

Kuyruk mili performans test laboratuvarında 82 adet traktör iki farklı ortam koşulunda test edilmiştir. İlk test ESS çalıştırılmadan; ortalama 30 °C sıcaklıkta nispeten daha düşük bir nem ortamında gerçekleştirilmiştir. İkinci testte ise ESS çalıştırılmış ve ortalama 23 °C sıcaklıkta, dış hava nemine yakın bir nem oranında gerçekleştirilmiştir. Bu sayede ESS'nin traktörlerin performansı üzerindeki etkisi karşılaştırılabilmiştir.

Yapılan testlerde, traktörlerin nominal motor devirlerinde elde edilen PTO güçleri esas alınarak altı guruba ayrılmıştır. Her bir grup için güç aralığı oluşturulmuş ve bu aralığa kaç adet traktör girdiği Çizelge 3.12'de verilmiştir. Bu gruptaki traktörlerin; ortak yollu yakıt sistemi (OY), aşırı doldurma (AD) ve ara soğutucu (AS) bulundurma durumu Çizelge 3.13'te verilmiştir.

Çizelge 3.12 Traktör güç grupları

Grup	Güç aralığı (kW)	Traktör Adet
A	20 – 40 kW	18
B	41 – 54 kW	14
C	55 – 70 kW	18
D	70,5 – 89 kW	13
E	90 – 110 kW	10
F	111 kW ve üzeri	10

Çizelge 3.13 Güç gruplarına göre OY, AD ve AS kullanan traktörlerin dağılımı

Grup	OY	AD	AD+AS
A	% 31	% 77	% 54
B	% 40	% 100	% 100
C	% 75	% 100	% 94
D	% 100	% 100	% 100
E	% 100	% 100	% 100
F	% 100	% 100	% 100

Çalışmanın amacı ESS sistemi kullanılarak Kod 2 testlerinde; traktörlerin PTO gücünde, torkunda, yakıt tüketiminde, özgül yakıt tüketiminde ve özgül enerjilerindeki değişimi gözlemlemek, elde edilen verilerin istatistiki olarak anlamlılığını hesaplayarak, traktör performansının ortam koşulundan nasıl etkilendiğini, başka bir deyişle ESS'nin traktör performansı üzerindeki etkisini ortaya koymaktır.

Öncelikle numune traktörler PTO test laboratuvarında ESS açık ve ESS kapalı olarak, 4 farklı motor devrinde test edilerek değerler alınmıştır (Çizelge 3.14). Her motor devri için tek tek ve her dört motor devri için genel olarak istatistik analiz yapılarak ESS açık ve ESS kapalı arasındaki değişimin; PTO gücü (kW), motor torku (Nm), yakıt tüketimi (l/h), özgül yakıt tüketimi (g/kWh), özgül enerji (kWh/l), üzerindeki etkisi istatistiki açıdan anlamlı olup olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 3.14 Testlerde kullanılan traktör motor devirleri

Tüm devirler:	TD
Maksimum Torkun elde edildiği devir	MT
Maksimum gücün elde edildiği devir	MG
Standart PTO devri	PTO
Nominal devir	NOM

Ayrıca traktör gruplarında; çekiş tipi (2WD-4WD), AD veya AS kullanım durumu ve yakıt pompası kullanımına göre de istatistik analiz yapılmaya çalışılmış fakat C, D, E ve F grubu traktörlerin tamamı 4WD, OY yaktı sistemli, AD ve AS özellikte olması, sebebiyle gruplar arasında karşılaştırma yapmaya yetecek örnek traktör olmadığından yalnızca yakıt sistemi türü için analiz yapılabilmektedir.

3.2.8 İstatistik analizler

İstatistik analizlerde; regresyon modelindeki katsayıları hesaplayabilmek için en küçük kareler yöntemi, regresyon modelinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için Wald F testi, parametrelerin anlamlılığı için ise t testi uygulanmıştır.

En küçük kareler yöntemi (Ordinary Least Squares, OLS), regresyon analizinde kullanılan yaygın bir yöntemdir. Ancak, veri kümesinde kümelenmiş (clustered) yapıların varlığı, klasik OLS hata terimlerinin geçerliliğini zayıflatır. Bu tür durumlarda, kümelemeli standart hatalar kullanılarak daha doğru ve güvenilir sonuçlar elde edilebilmektedir (Cameron ve Miller 2015).

Veri setinin düzenlenmesi ve bağımlı değişkenler ile bağımsız değişkenlerin belirlenmesi gereklidir. Bu çalışma kapsamında bağımlı değişkenler:

1. PTO gücü (kW)
2. Motor Torku (Nm)
3. Yakıt Tüketimi (l/h)

4. Özgöl Yakıt Tüketimi (g/kWh)

5. Özgöl Enerji (kWh/l)

Bağımsız değişken ise evaporatif soğutma sisteminin açık veya kapalı olma durumu ile motor devir sayılarıdır. Klasik OLS yöntemine göre bağımsız değişkenler için regresyon katsayılarını eşitlik 18'deki gibi hesaplanmaktadır (Wooldridge 2010).

$$\beta = (X'X)^{-1} X'Y \quad (18)$$

Burada:

β : Regresyon katsayısı

X: Bağımsız değişkenler matrisi (evaporatif soğutma sistemi açık/kapalı)

Y: Bağımlı değişken vektörü (PTO gücü, motor torku vb.)

OLS tahminlerinin ardından hata terimleri (u) şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$u = Y - X \beta \quad (19)$$

Kümelemeli yapıların varlığı durumunda, standart hata tahminleri için kümelemeli yöntem kullanılmaktadır. Kümelemeli standart hatalar, heteroskedastisite ve otokorelasyonu dikkate alarak daha doğru standart hata tahminleri sağlamaktadır (Cameron ve Miller 2015).

Bu durumda, standart hatalar şu şekilde hesaplanmaktadır:

$$V_{CRI}\beta = (X'X)^{-1} \left(\sum_{c=1}^C X'_c u_c u'_c X_c \right) (X'X)^{-1} \quad (20)$$

Burada:

C: Toplam küme sayısı

X_c: c-kümesindeki bağımsız değişkenler matrisi

u_c-kümesindeki hata terimleri vektörü

Regresyon katsayılarının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını test etmek için t-testi kullanılmaktadır. Bu test, her bir bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki etkisinin sıfır olup olmadığını kontrol etmektedir (Huber 1967).

$$t = \frac{\beta_i}{SE(\beta_i)} \quad (21)$$

β_i : i'inci bağımsız değişkenin tahmin edilen katsayısı

$SE(\beta_i)$: i'inci bağımsız değişkenin tahmin edilen standart hatası

t-değerinin kritik değerden büyük olması durumunda, ilgili bağımsız değişkenin istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmektedir .

Modeldeki tüm regresyon katsayılarının birlikte anlamlı olup olmadığını test etmek için Wald F-testi kullanılmaktadır (Huber 1967). Bu test, genel olarak modelin istatistiksel anlamlılığını değerlendirmektedir.

$$F = \frac{(R\beta - r)'[R(X'X)^{-1}R' - q]}{\sigma^2} \quad (22)$$

$R\beta$: Katsayıları test etmek için kullanılan kısıtlama matrisi

r : Kısıtlamaların vektörü

q : Kısıtlama sayısı

σ^2 : Hata terimlerinin varyansı

F-değerinin kritik değerden büyük olması durumunda, modelin genel olarak istatistiksel olarak anlamlı olduğu kabul edilmektedir.

OECD Kod2 traktör performans testleri; PTO performans testi, hidrolik güç ve hidrolik kaldırma kuvveti testleri, çeki gücü testi olmak üzere 3 ana grupta icra edilmektedir. Numune olarak belirlenen 82 traktörün ESS açık-kapalı konumlarda yapılan testleri tamamlandıktan sonra, hidrolik testleri ve çeki testleri de tamamlanarak rapor haline

getirilmektedir. Yapılan çalışmaya ek olarak numune traktörlere ait PTO testleri çeki ve hidrolik test verileri ile karşılaştırılmıştır. Toplanan veriler Çizelge 3.15, Çizelge 3.16 ve Çizelge 3.17’de verilmiştir.

Çizelge 3.15 Hidrolik testlerden elde edilen veriler:

Hidrolik güç (kW)
Hidrolik kaldırma kuvveti (kN)

Çizelge 3.16 Çeki testlerinden elde edilen veriler

Çeki gücü (kW)
Çeki Kuvveti (N)
Yakıt tüketimi (l/h)
Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)
Özgül enerji (kWh/l)
Sıcaklık (°C)
Nem (%)
Basınç (kPa)

Çizelge 3.17 PTO testlerinden elde edilen veriler

PTO gücü (kW)
Tork (Nm)
Yakıt tüketimi (l/h)
Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)
Özgül enerji (kWh/l)
Sıcaklık (°C)
Nem (%)

Yukarıda bahsedilen veriler; Çizelge 3.12 ‘te belirlenen grupların ortalamasına karşılık gelecek şekilde düzenlenerek çizelgeler oluşturulmuştur.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

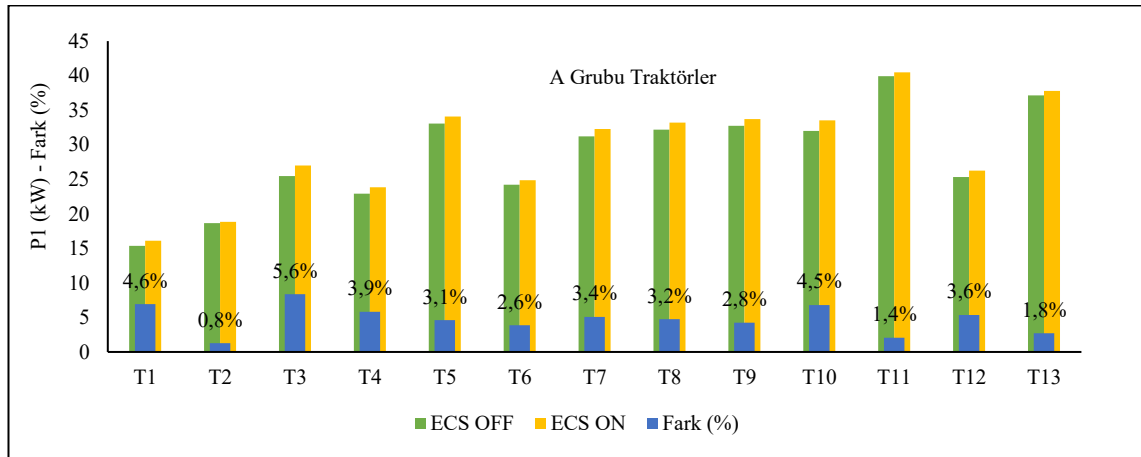
Çizelge 3.12’de verilen her bir güç gurubu traktörün Maksimum torkun elde edildiği motor devrinde (1), Maksimum gücün elde edildiği motor devrinde (2), Standart PTO devrinde (3) ve Nominal motor devrinde (4); ESS açık -kapalı durumundaki değişimleri incelenmiş ve grafik olarak aşağıda sunulmuştur.

4.1 Güçteki Değişim

Yapılan değerlendirmede ESS açık -kapalı durumlarından oluşan en büyük PTO gücü farkı A grubu traktörler ve F grubu traktörlerde olduğu görülmüştür. Devir bazında yapılan değerlendirmede ise güçteki farkın en yüksek olduğu devir Nominal motor devridir.

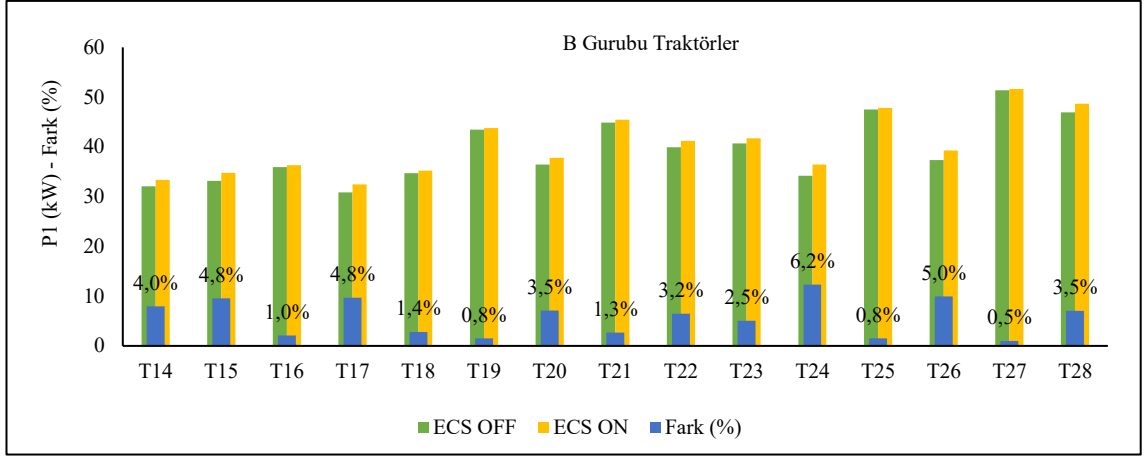
4.1.1 P1, maksimum tork devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde A grubu traktörler arasında en yüksek fark T3 traktöründe, % 5,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.1).



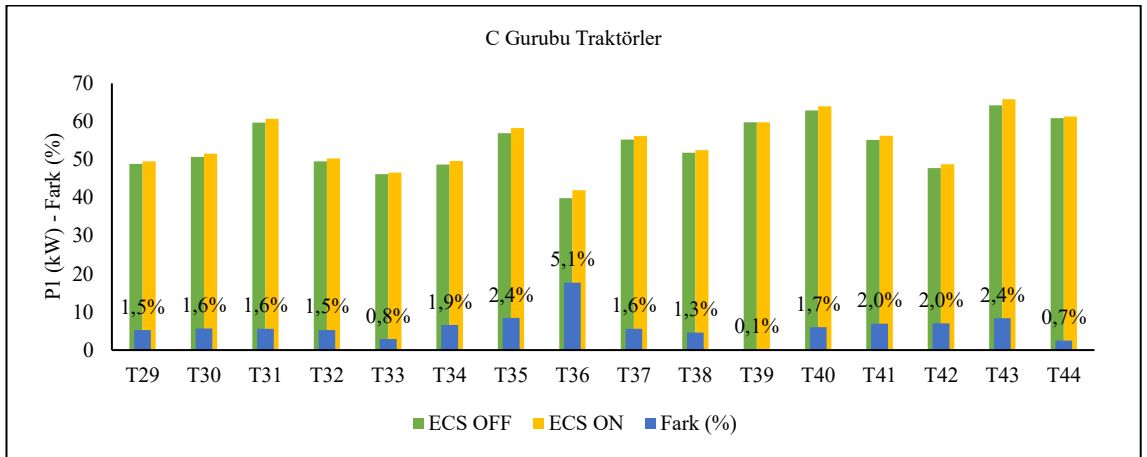
Şekil 4.1 A grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde B grubu traktörler arasında en yüksek fark T24 traktöründe, % 6,2 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.2).



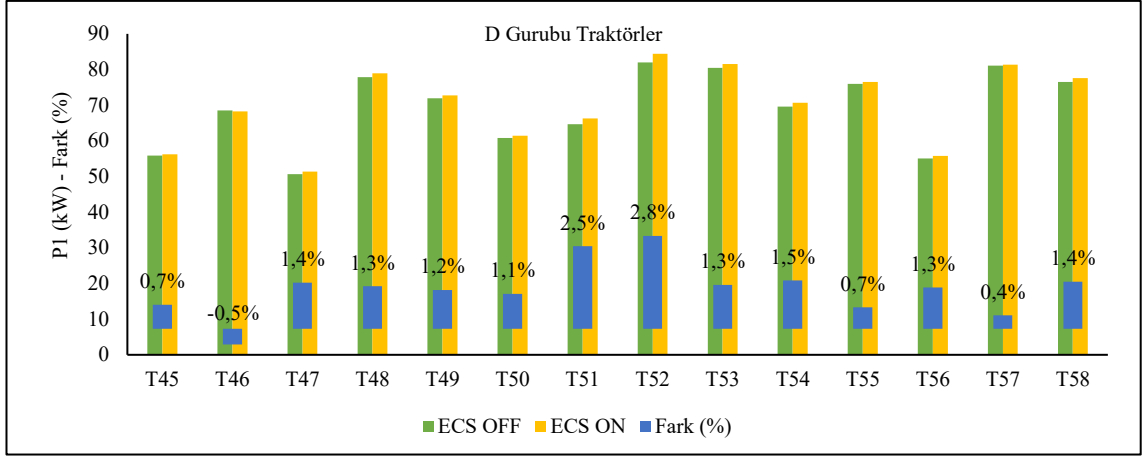
Şekil 4.2 B grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde C grubu traktörler arasında en yüksek fark T36 traktöründe, % 5,1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.3).



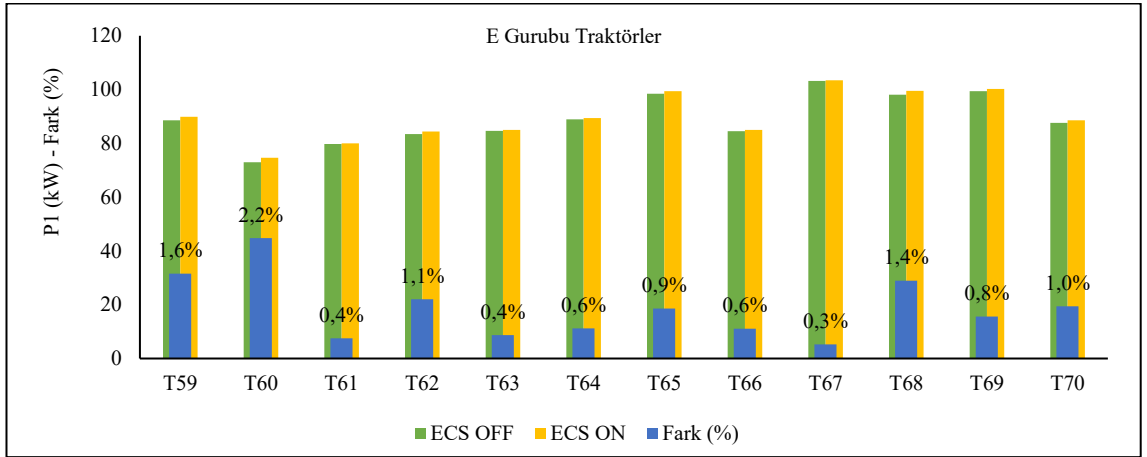
Şekil 4.3 C grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde D grubu traktörler arasında en yüksek fark T52 traktöründe, % 2,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.4).



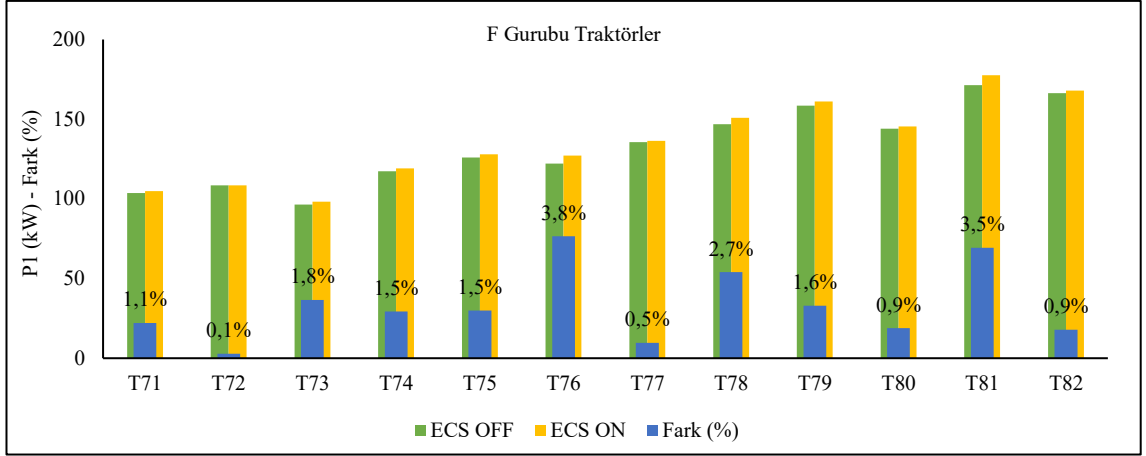
Şekil 4.4 D grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde E grubu traktörler arasında en yüksek fark T60 traktöründe, % 2,2 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5 E grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim

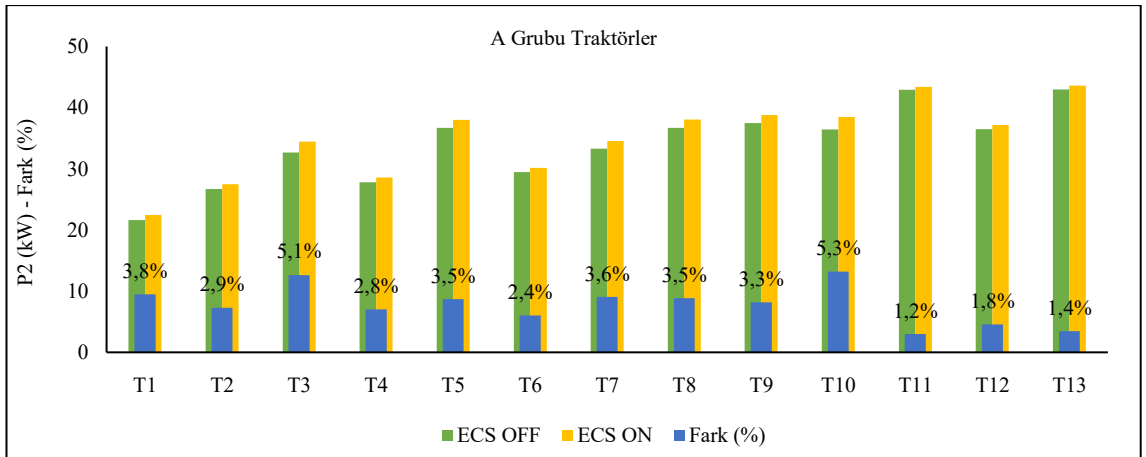
ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, % 3,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.6).



Şekil 4.6 F grubu traktörler için maksimum tork devrinde güçteki değişim

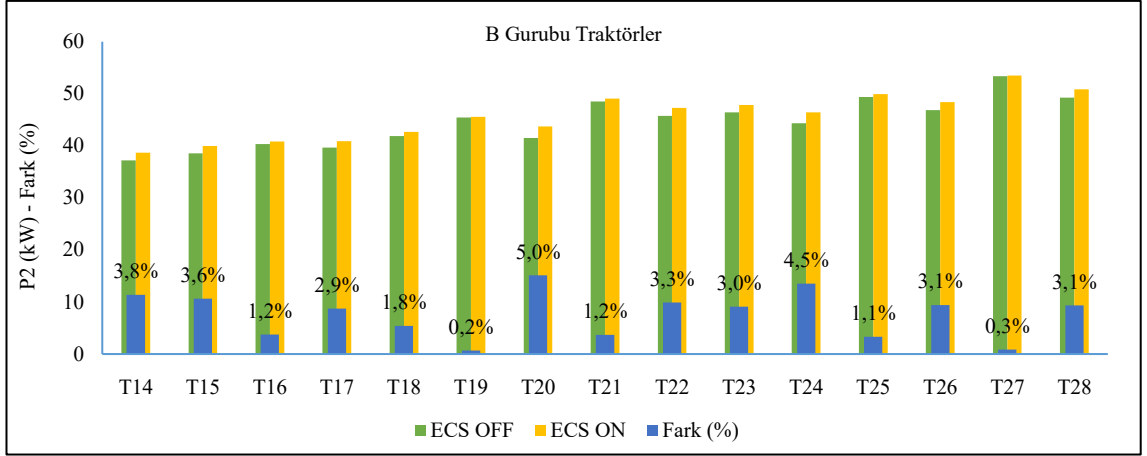
4.1.2 P2: maksimum güç devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde A grubu traktörler arasında en yüksek fark T10 traktöründe, % 5,3 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.7).



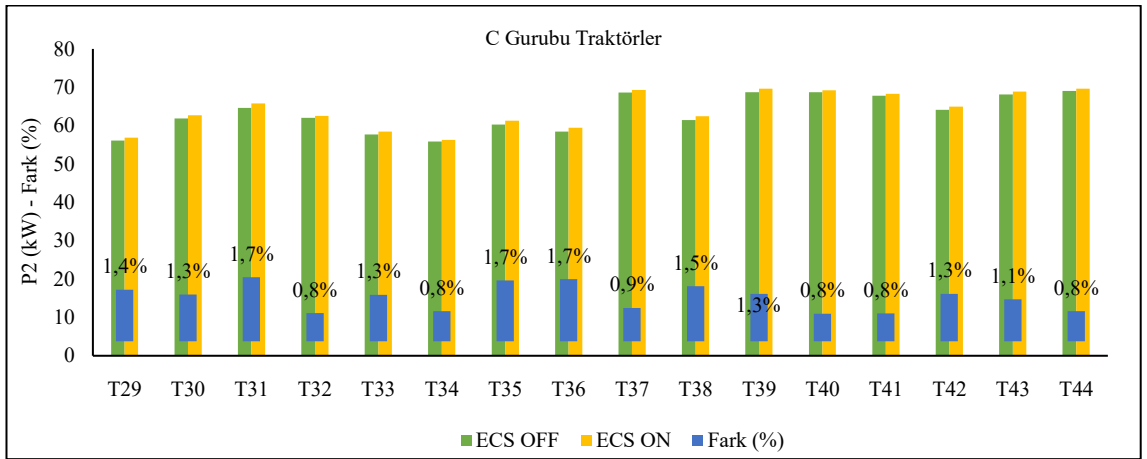
Şekil 4.7 A grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde B grubu traktörler arasında en yüksek fark T20 traktöründe, % 5,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.8).



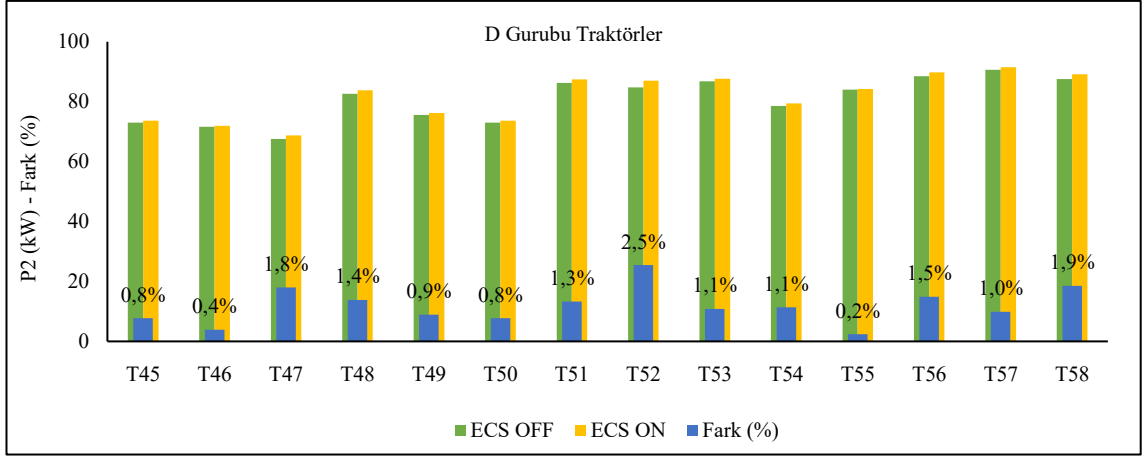
Şekil 4.8 B grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde C grubu traktörler arasında en yüksek fark T31, T35, T36 traktörlerinde, % 1,7 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.9).



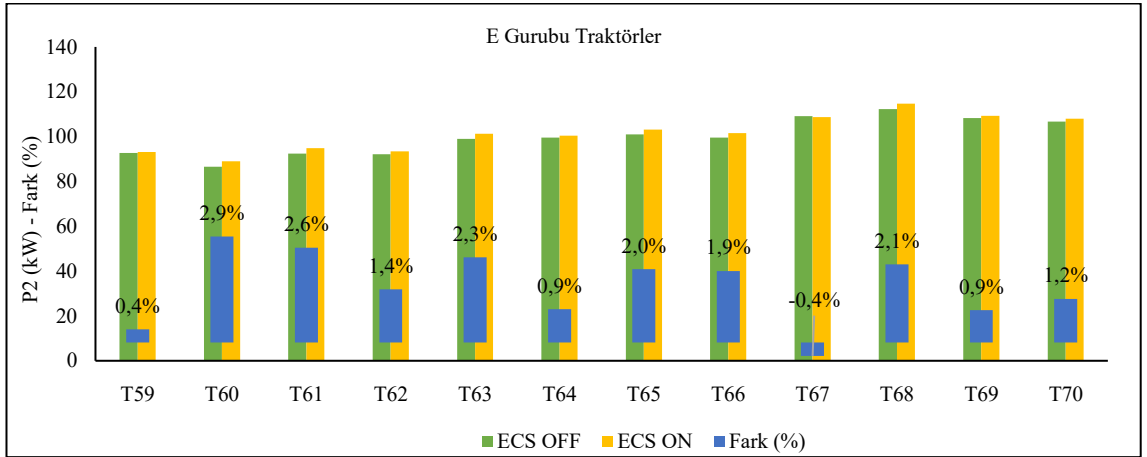
Şekil 4.9 C grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde D grubu traktörler arasında en yüksek fark T52 traktöründe, % 2,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.10).



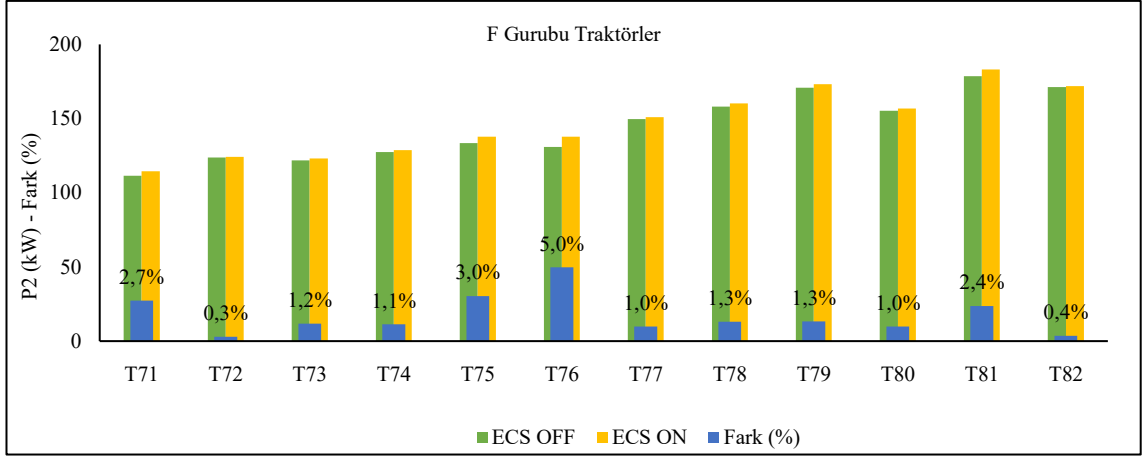
Şekil 4.10 D grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde E grubu traktörler arasında en yüksek fark T60 traktöründe, % 2,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 E grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim

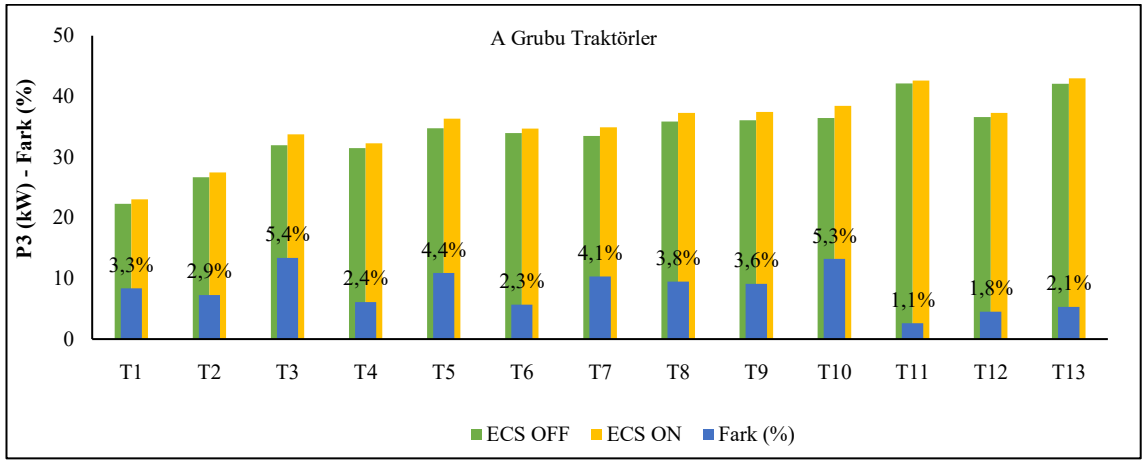
ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, % 5,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.12).



Şekil 4.12 F grubu traktörler için maksimum güç devrinde güçteki değişim

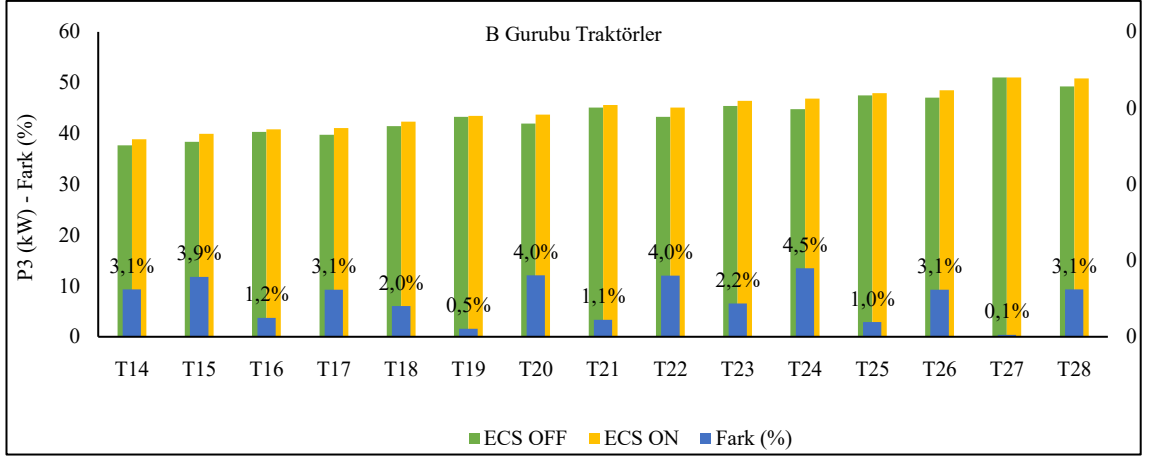
4.1.3 P3: standart PTO devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde A grubu traktörler arasında en yüksek fark T3 traktöründe, % 5,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.13).



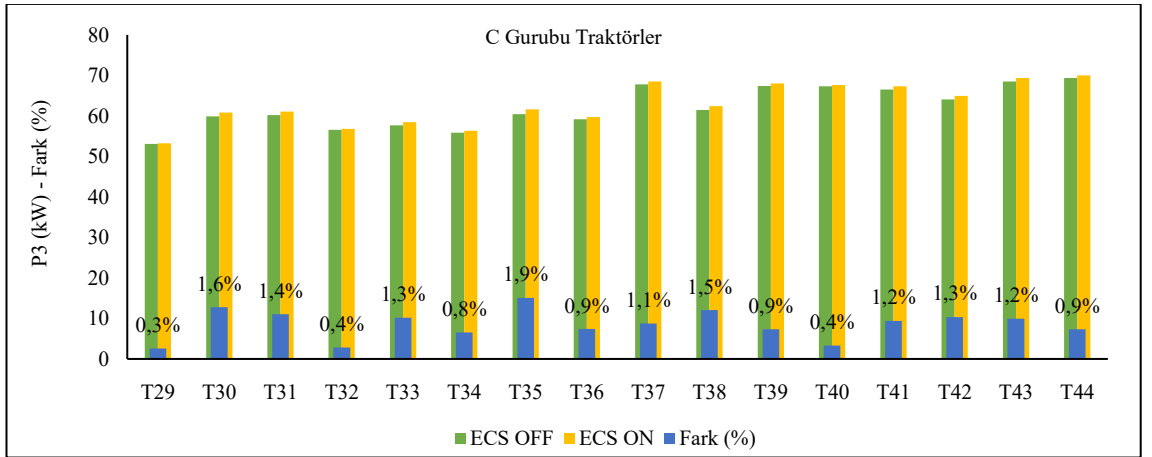
Şekil 4.13 A grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde B grubu traktörler arasında en yüksek fark T24 traktöründe, % 4,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.14Şekil 4.15).



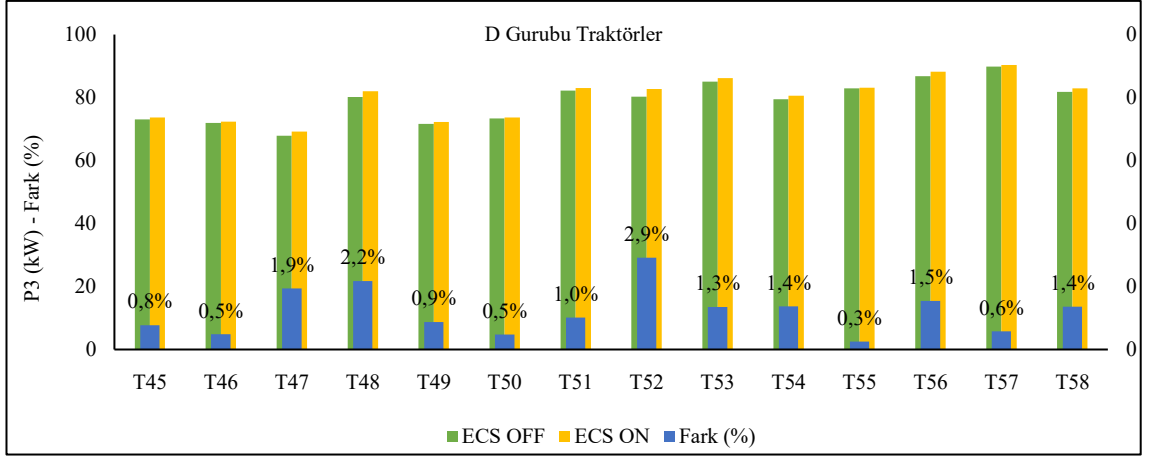
Şekil 4.14 B grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde C grubu traktörler arasında en yüksek fark T35 traktöründe, % 1,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.15).



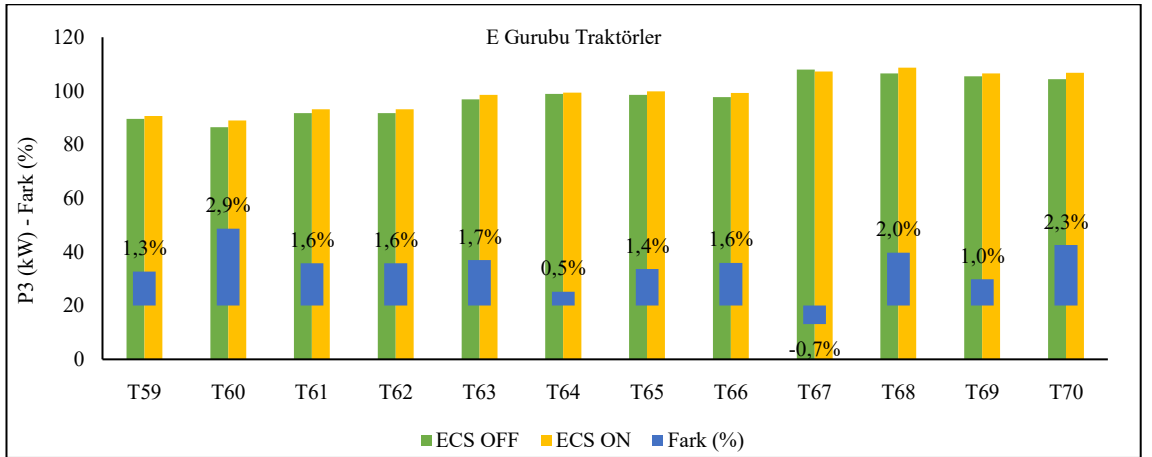
Şekil 4.15 C grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde D grubu traktörler arasında en yüksek fark T52 traktöründe, % 2,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.16).



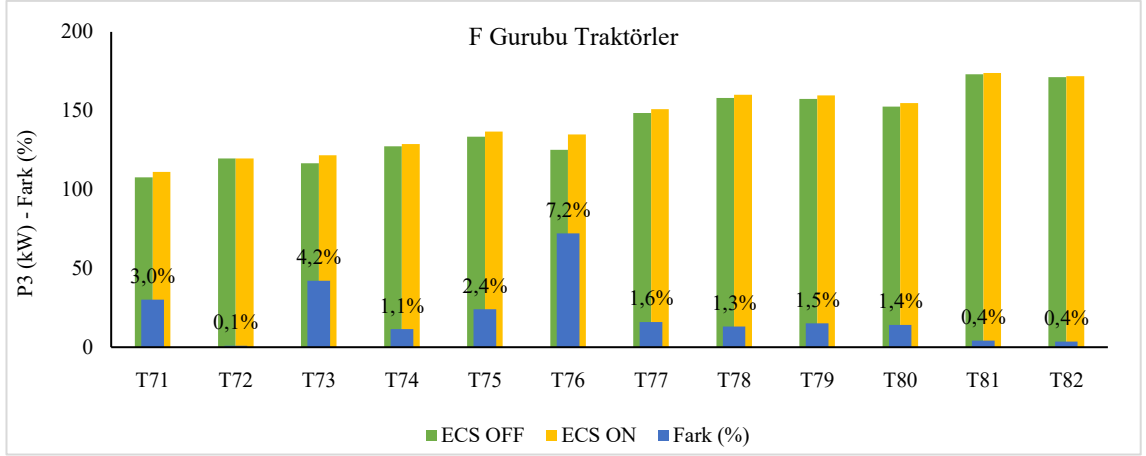
Şekil 4.16 D grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde E grubu traktörler arasında en yüksek fark T60 traktöründe, % 2,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.17).



Şekil 4.17 E grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim

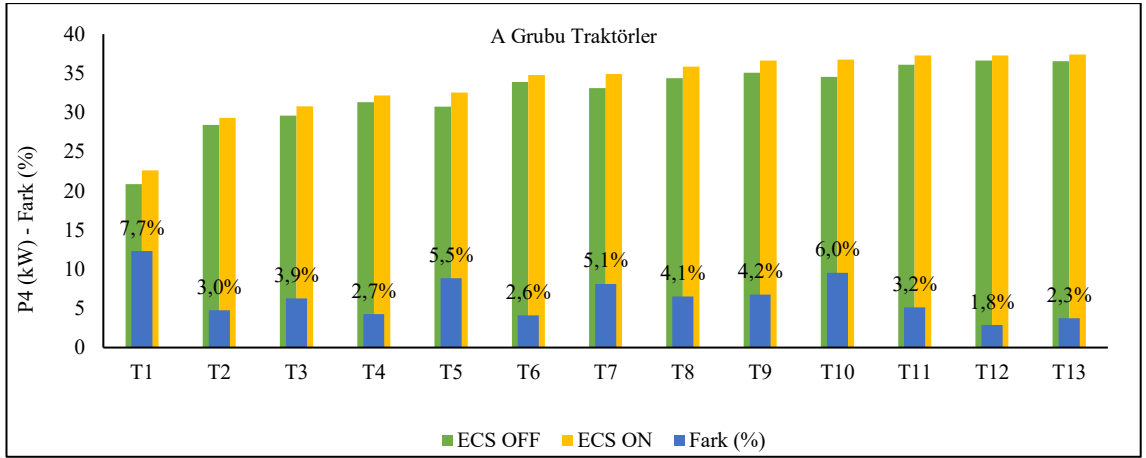
ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, % 7,2 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 F grubu traktörler için standart PTO devrinde güçteki değişim

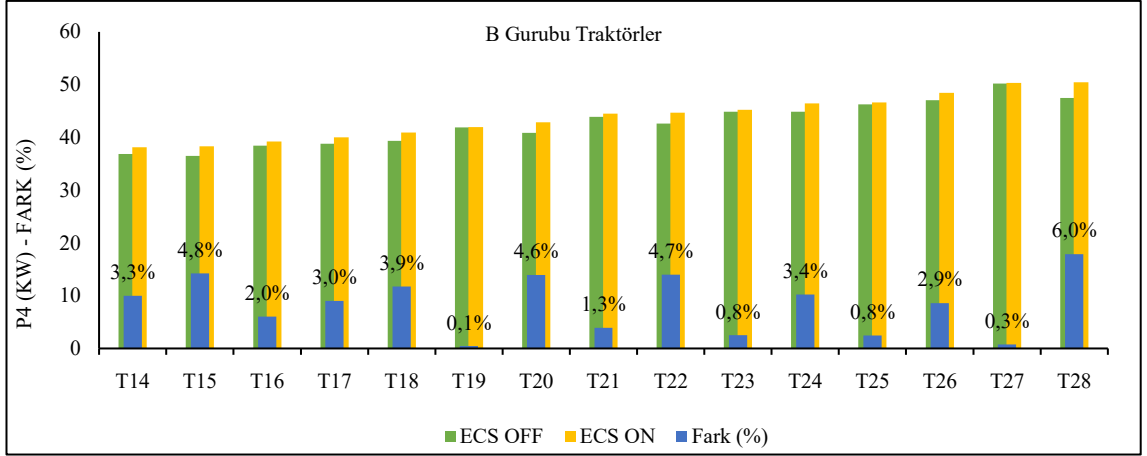
4.1.4 P4: nominal motor devrinde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal devirde A grubu traktörler arasında en yüksek fark T1 traktöründe, % 7,7 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.19).



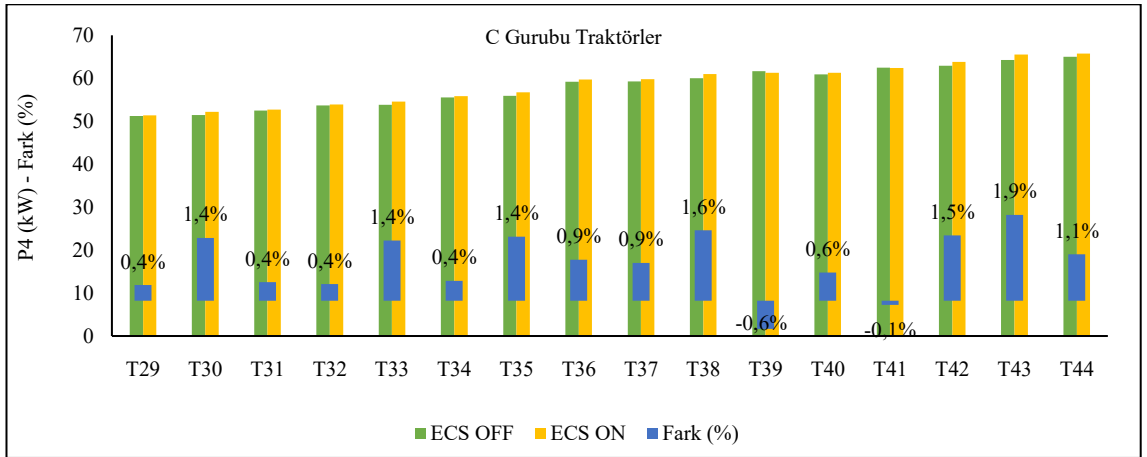
Şekil 4.19 A grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal devirde B grubu traktörler arasında en yüksek fark T28 traktöründe, % 6,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.20).



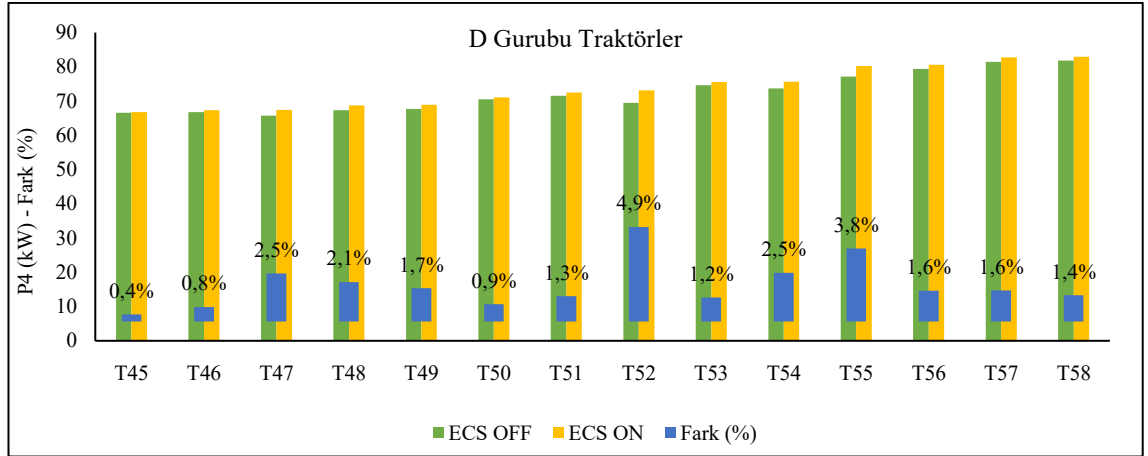
Şekil 4.20 B grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal devirde C grubu traktörler arasında en yüksek fark T43 traktöründe, % 1,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.21).



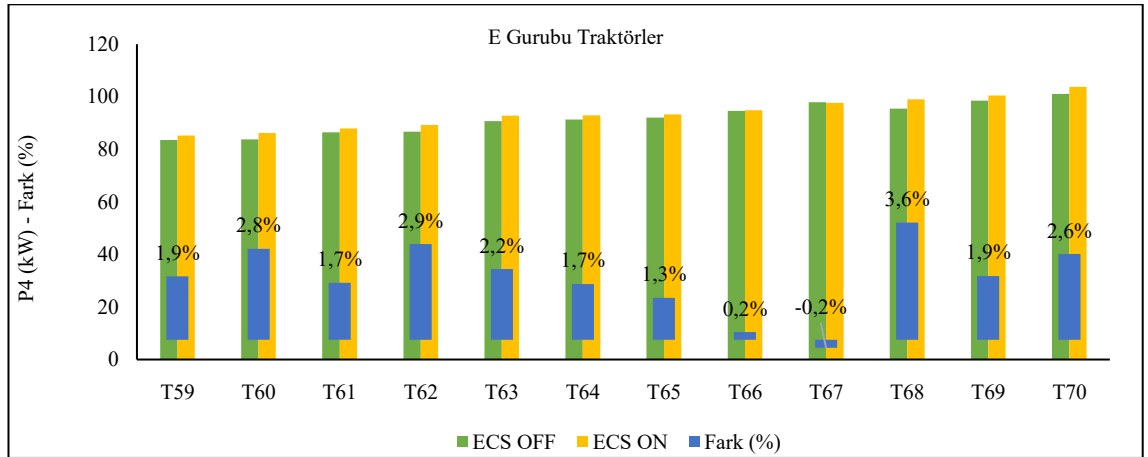
Şekil 4.21 C grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal devirde D grubu traktörler arasında en yüksek fark T52 traktöründe, % 4,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.22).



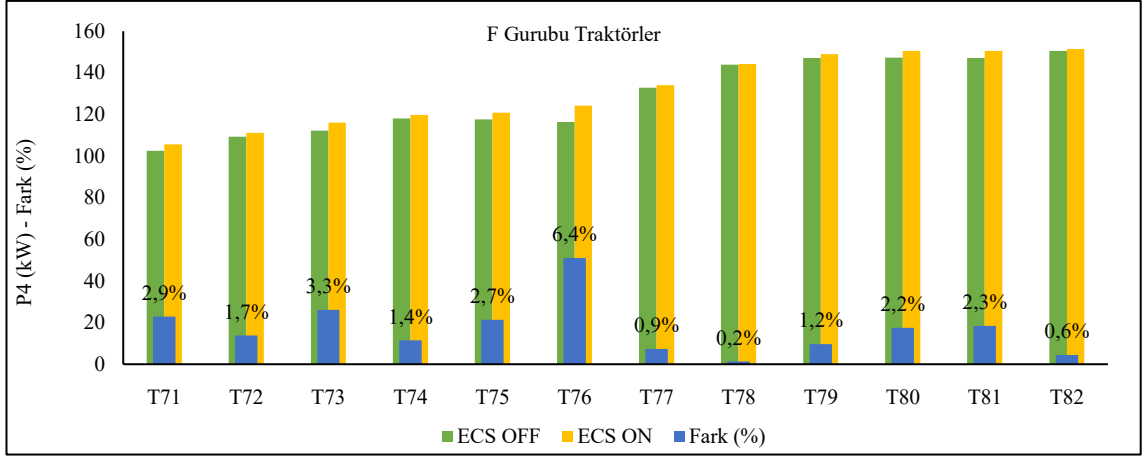
Şekil 4.22 D grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal devirde E grubu traktörler arasında en yüksek fark T68 traktöründe, % 3,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 E grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal devirde F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, % 6,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.24).



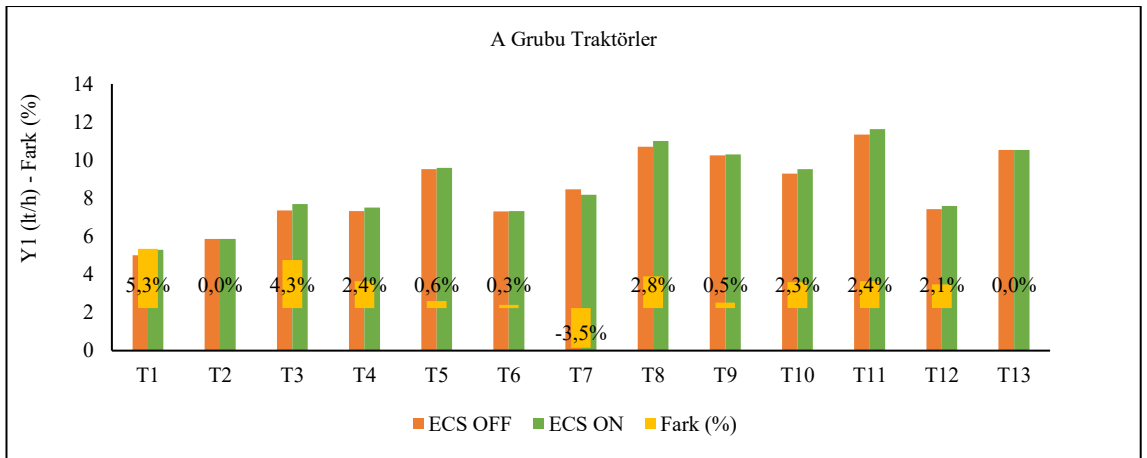
Şekil 4.24 F grubu traktörler için nominal devirde güçteki değişim

4.2 Yakıt Tüketimindeki Değişim

Yapılan değerlendirmede ESS açık -kapalı durumlarından oluşan en büyük yakıt tüketimi farkı F grubu traktörlerde olduğu görülmüştür. Devir bazında yapılan değerlendirmede ise güçteki farkın en yüksek olduğu devir Nominal motor devirdir.

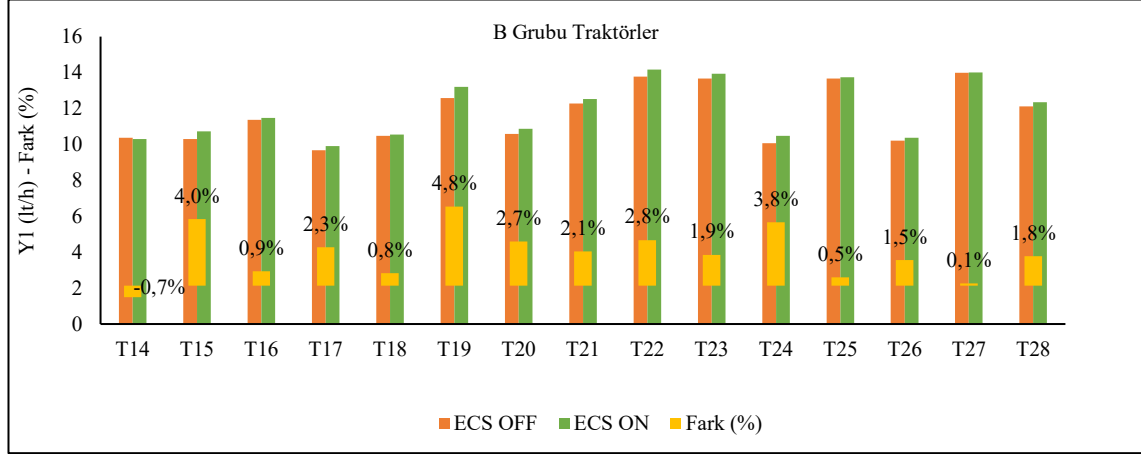
4.2.1 Y1, maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T1 traktöründe, % 5,3 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.25).



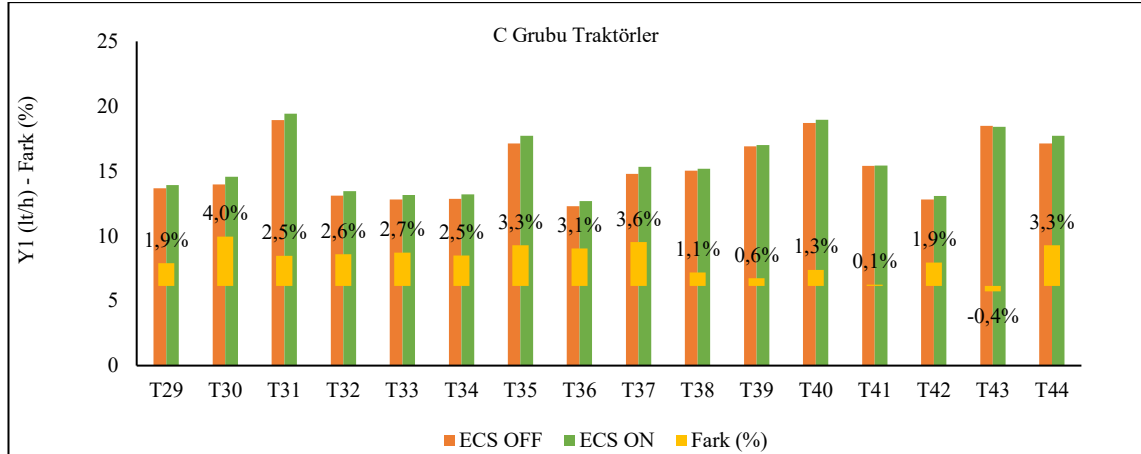
Şekil 4.25 A grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T19 traktöründe, % 4,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.26).



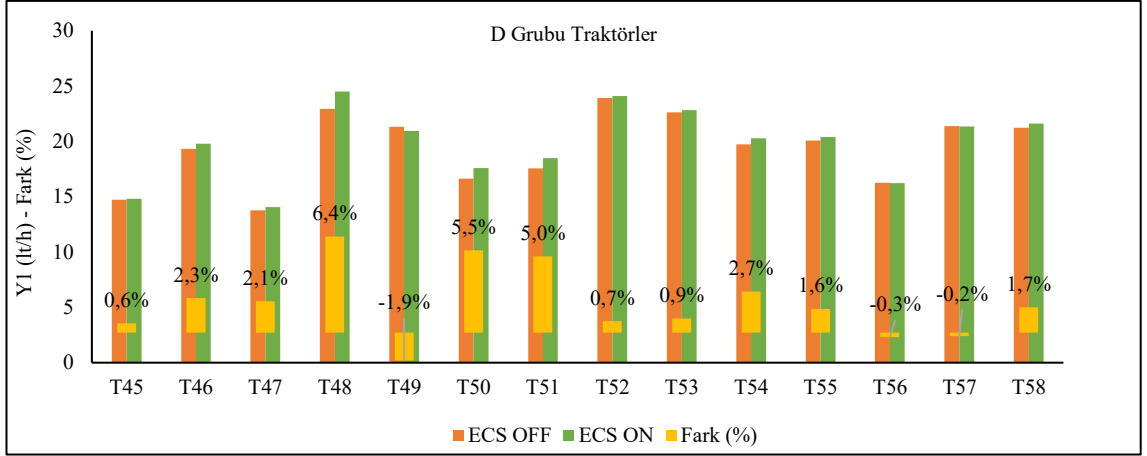
Şekil 4.26 B grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T30 traktöründe, % 4,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.27).,



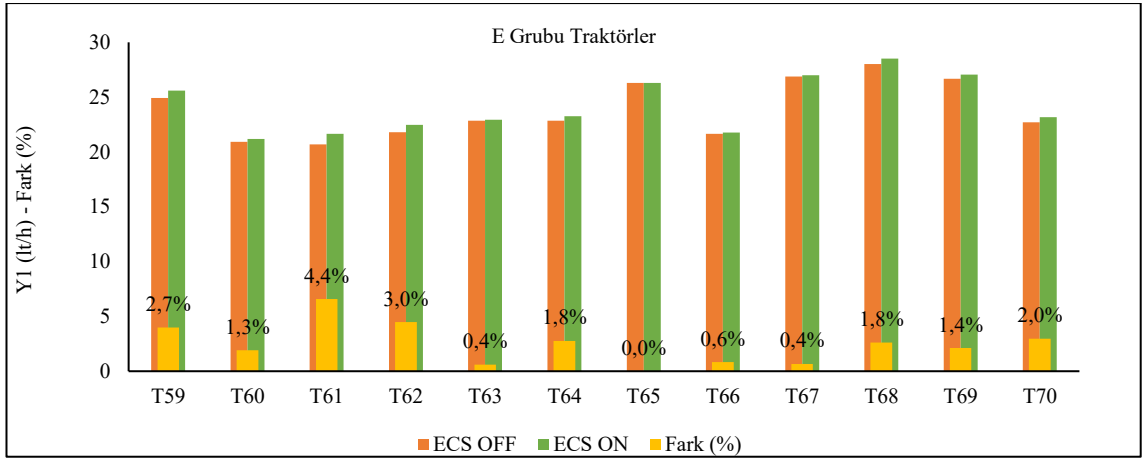
Şekil 4.27 C grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T48 traktöründe, % 6,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.28).



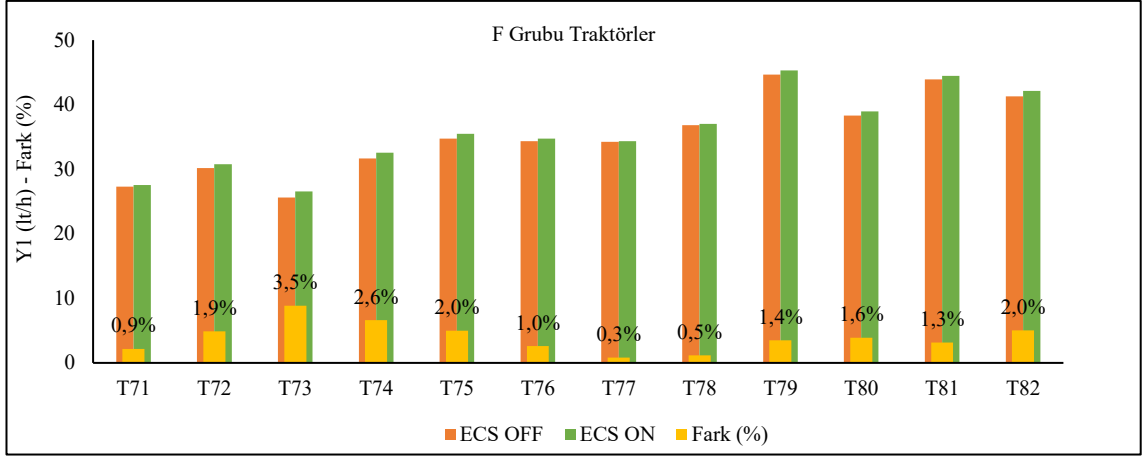
Şekil 4.28 D grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T61 traktöründe, % 4,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.29).



Şekil 4.29 E grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim

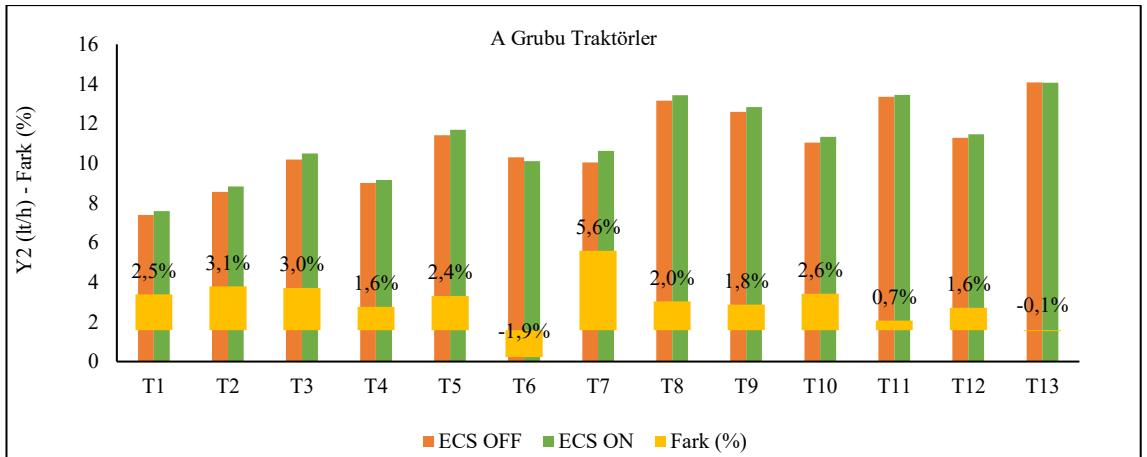
ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T73 traktöründe, % 3,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.30).



Şekil 4.30 F grubu için maksimum tork devrinde yakıt tüketimindeki değişim

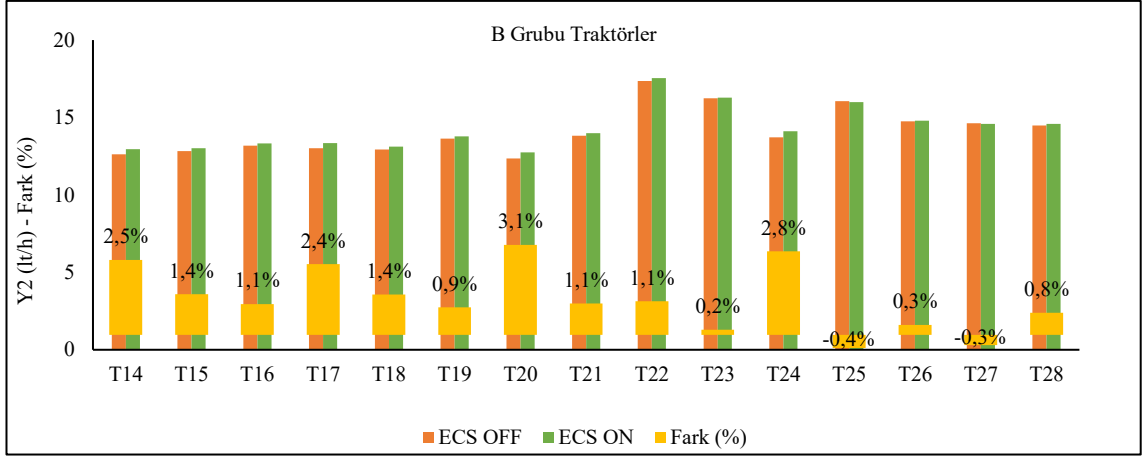
4.2.2 Y2, maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T7 traktöründe, % 5,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.31).



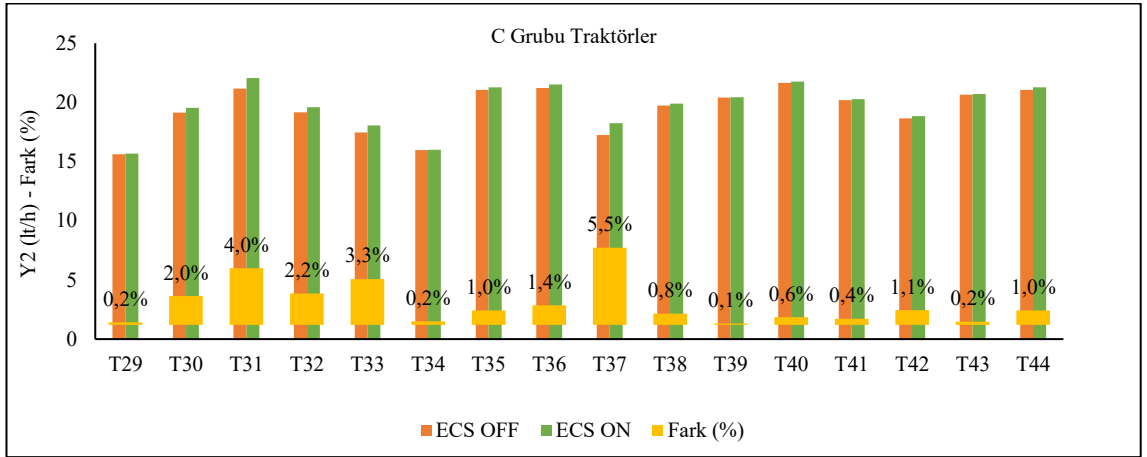
Şekil 4.31 A grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T20 traktöründe, % 3,1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.32).



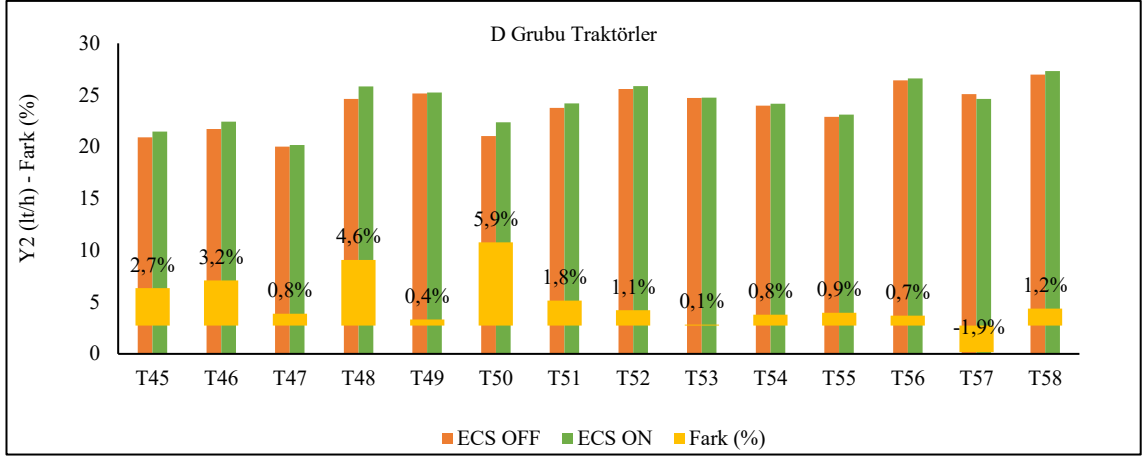
Şekil 4.32 B grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T37 traktöründe, % 5,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.33).



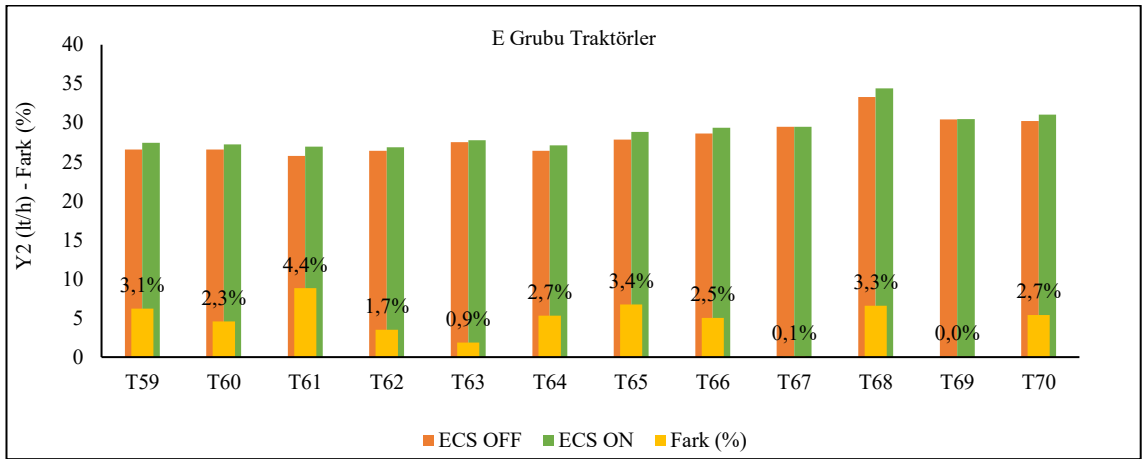
Şekil 4.33 C grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T50 traktöründe, % 5,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.34).



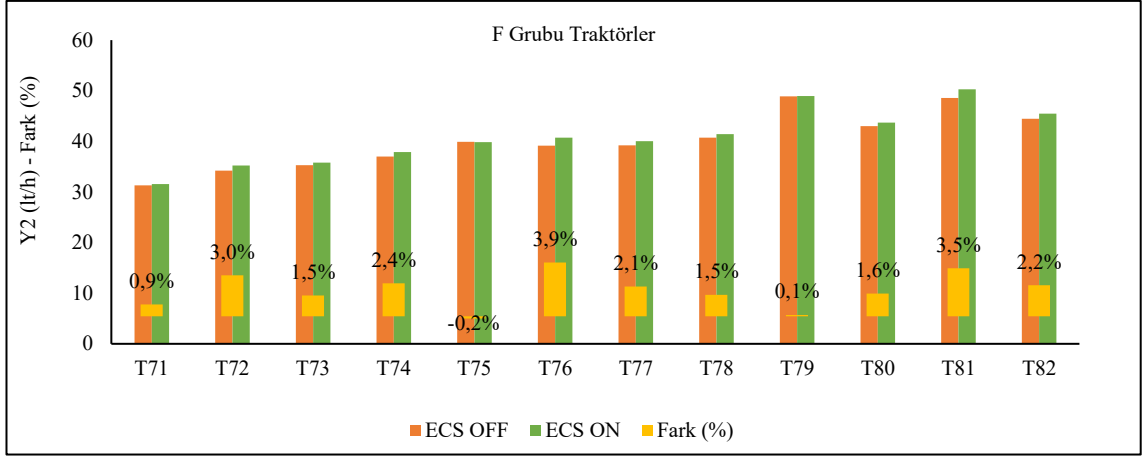
Şekil 4.34 D grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T61 traktöründe, % 4,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.35).



Şekil 4.35 E grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim

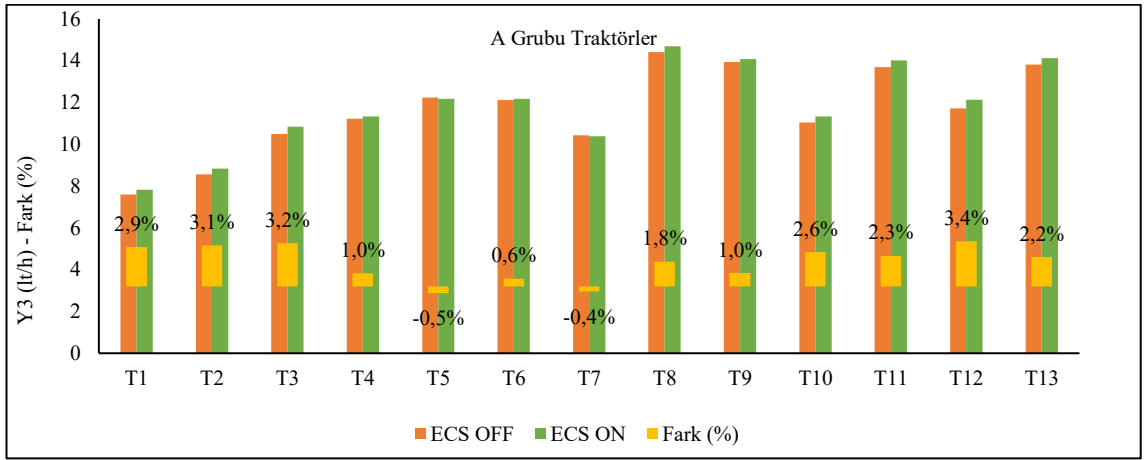
ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, % 3,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.36).



Şekil 4.36 F grubu için maksimum güç devrinde yakıt tüketimindeki değişim

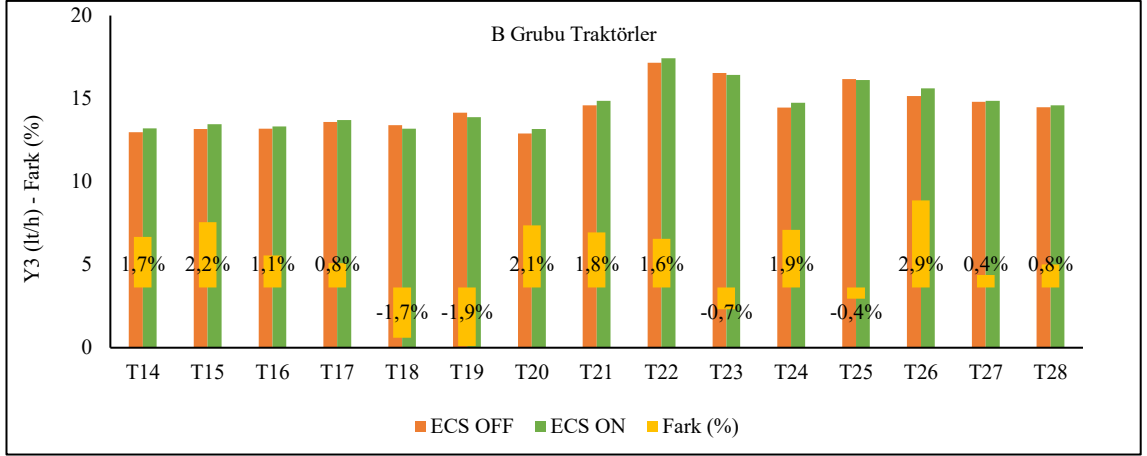
4.2.3 Y3, standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T12 traktöründe, % 3,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.37).



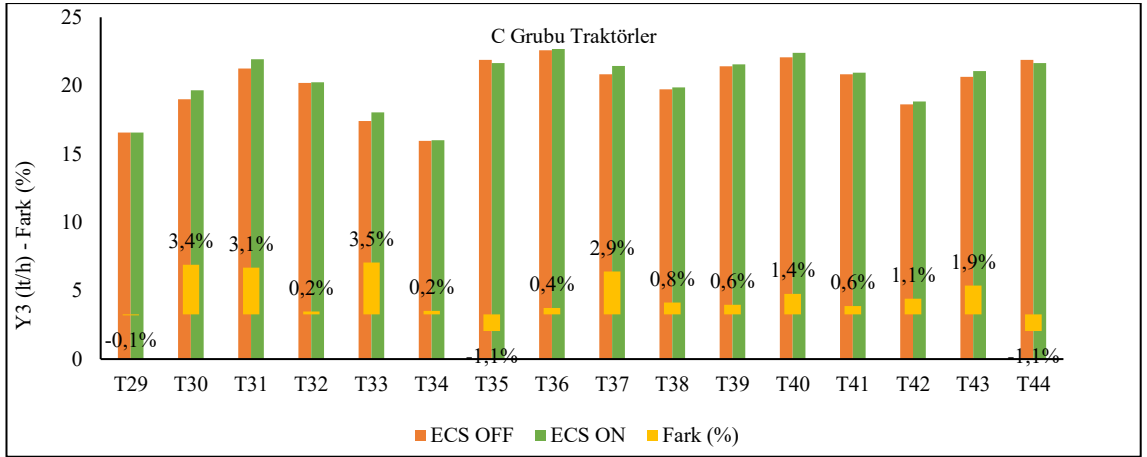
Şekil 4.37 A grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T26 traktöründe, % 2,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.38).



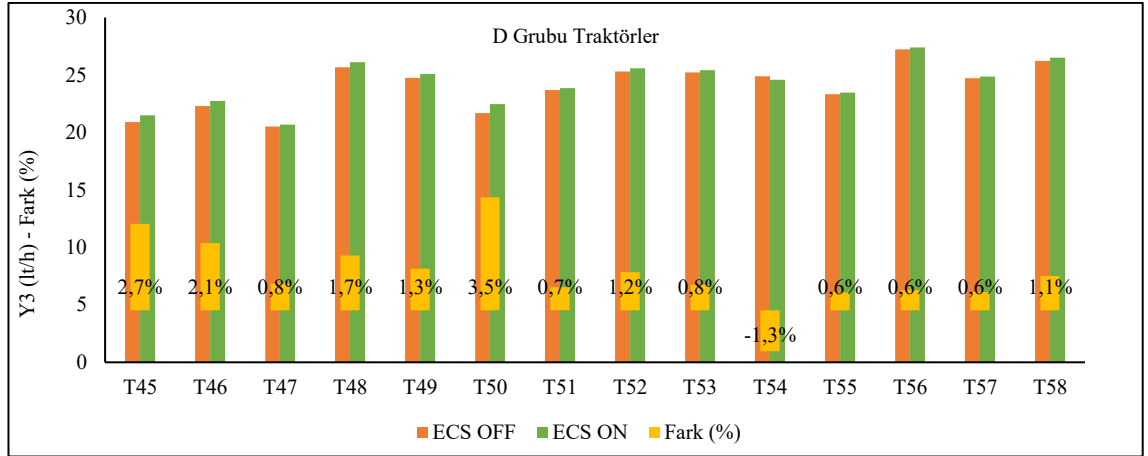
Şekil 4.38 B grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T33 traktöründe, % 3,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.39).



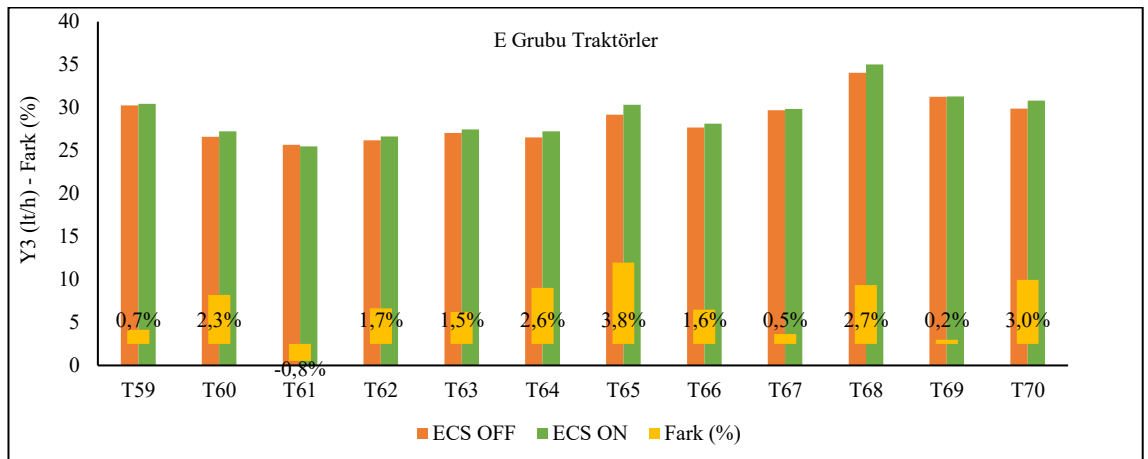
Şekil 4.39 C grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T50 traktöründe, % 3,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.40).



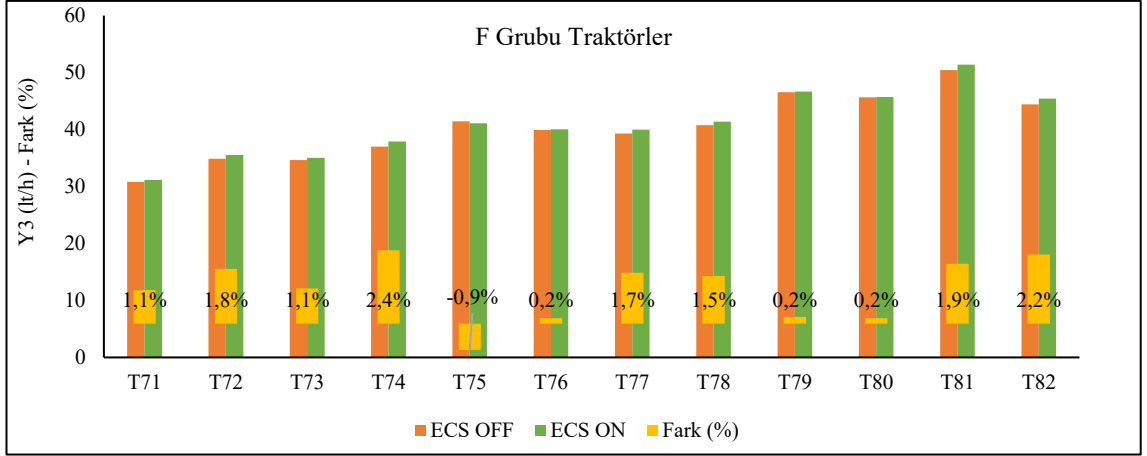
Şekil 4.40 D grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T65 traktöründe, % 3,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.41).



Şekil 4.41 E grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim

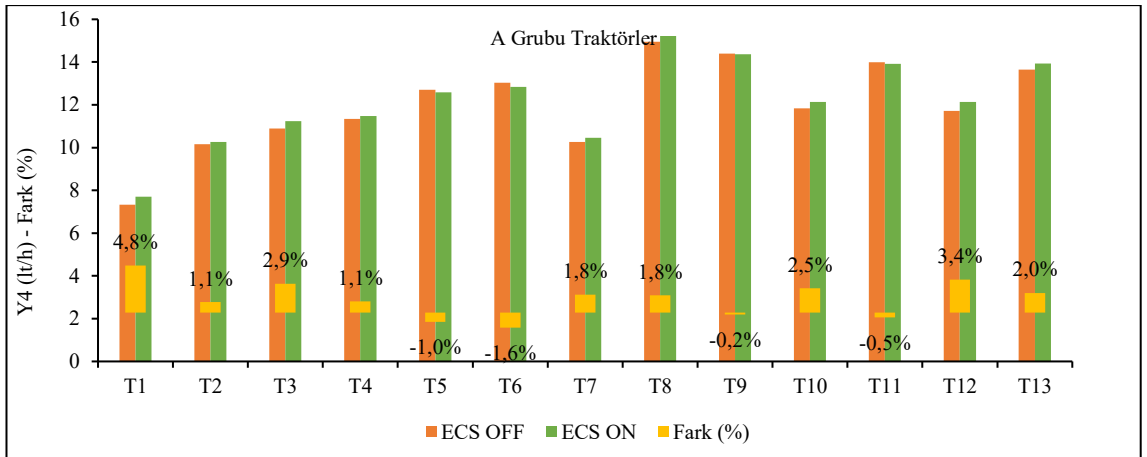
ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T74 traktöründe, % 2,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.42).



Şekil 4.42 F grubu için standart PTO devrinde yakıt tüketimindeki değişim

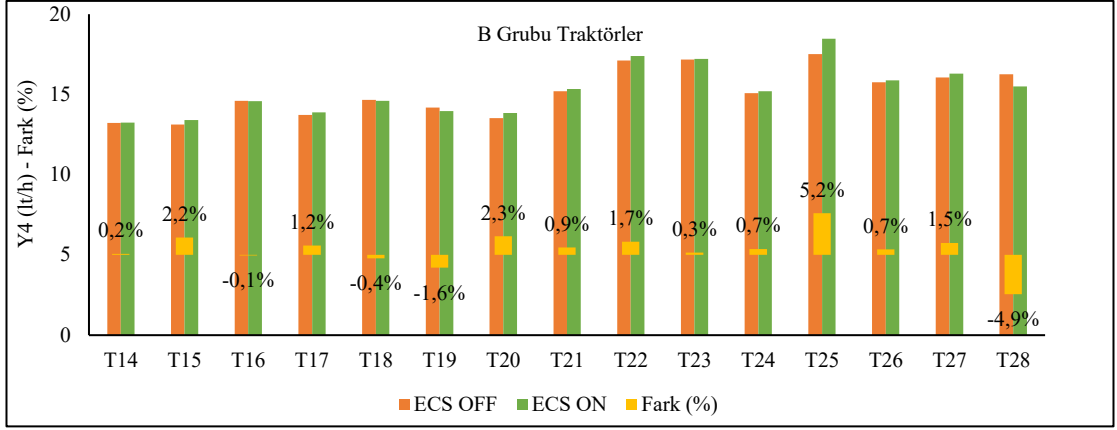
4.2.4 Y4, nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T1 traktöründe, % 4,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.43).



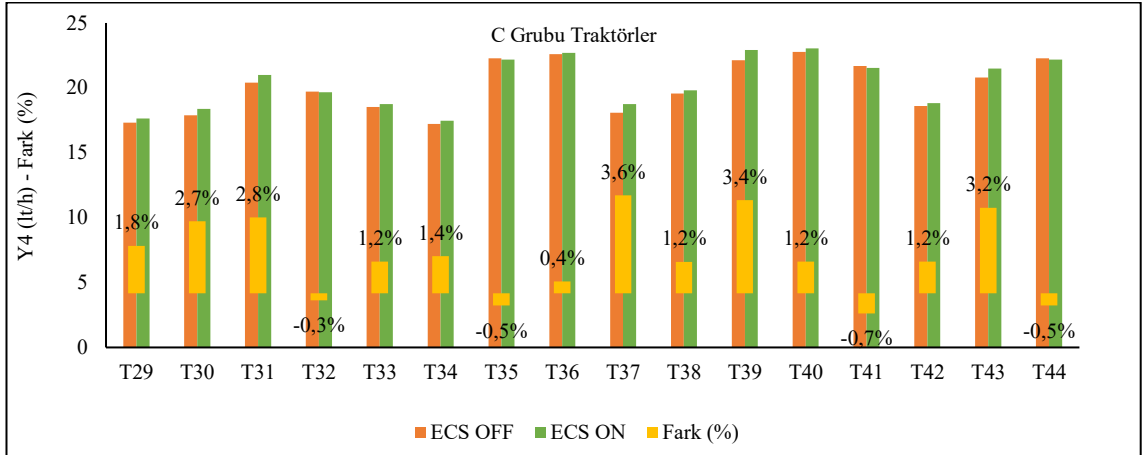
Şekil 4.43 A grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T25 traktöründe, % 5,2 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.44).



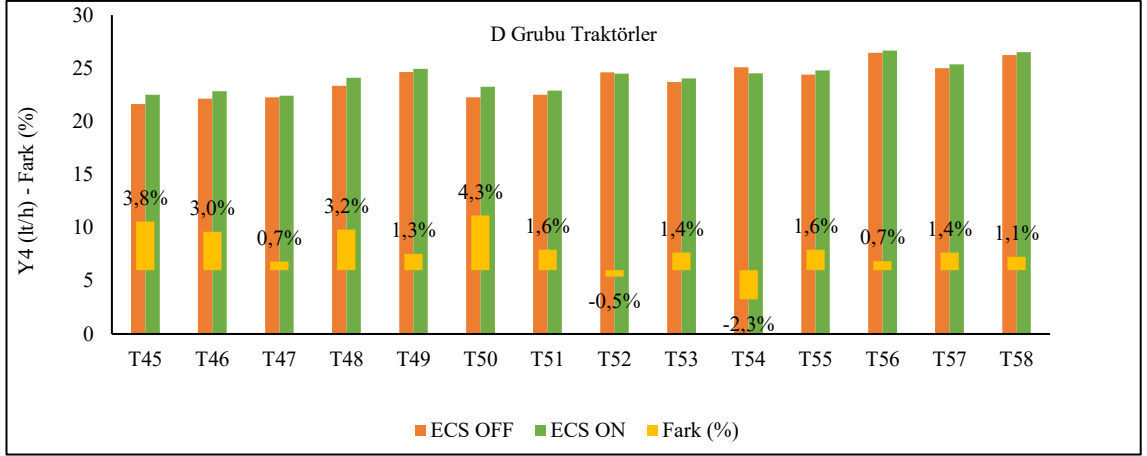
Şekil 4.44 B grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T37 traktöründe, % 3,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.45).



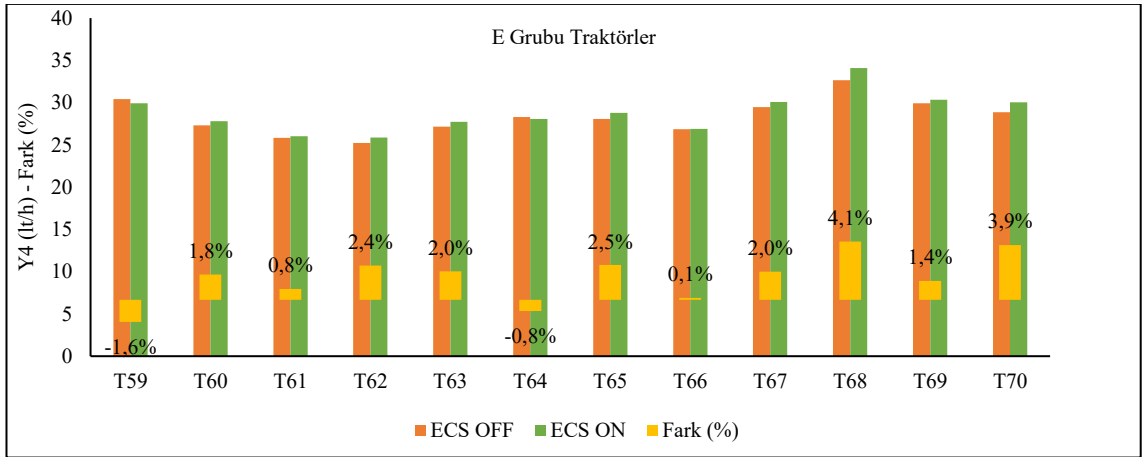
Şekil 4.45 C grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T50 traktöründe, % 4,3 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.46).



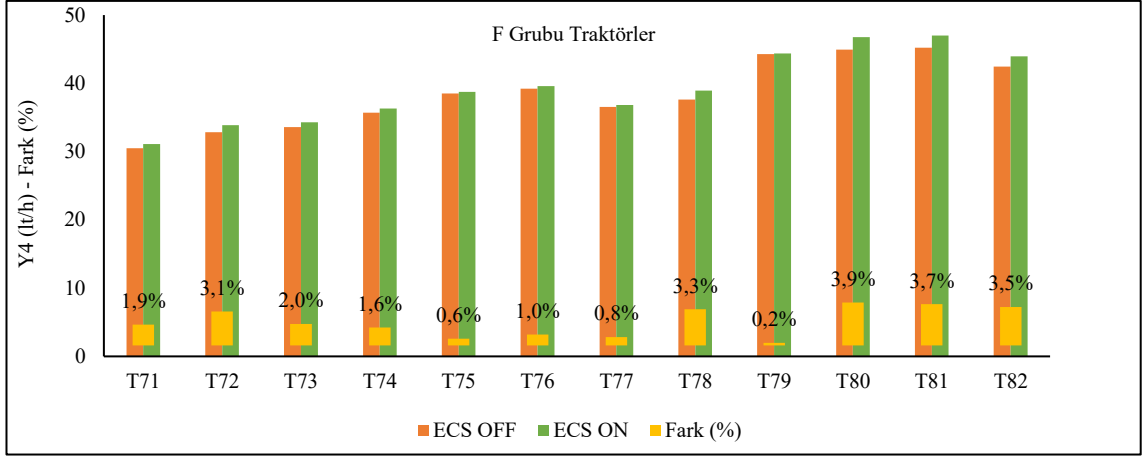
Şekil 4.46 D grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T68 traktöründe, % 4,1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.47).



Şekil 4.47 E grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T80 traktöründe, % 3,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.48).



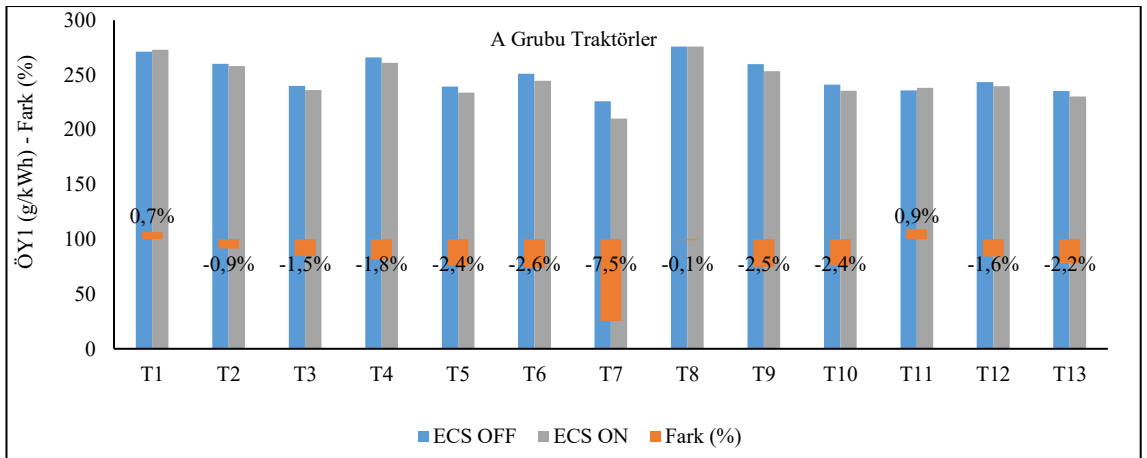
Şekil 4.48 F grubu için nominal motor devrinde yakıt tüketimindeki değişim

4.3 Özgül Yakıt Tüketimindeki Değişim

Yapılan değerlendirmede ESS açık -kapalı durumlarından oluşan en büyük özgül yakıt tüketimi farkı F grubu traktörlerde olduğu görülmüştür. Devir bazında yapılan değerlendirmede ise güçteki farkın en yüksek olduğu devir maksimum tork devridir.

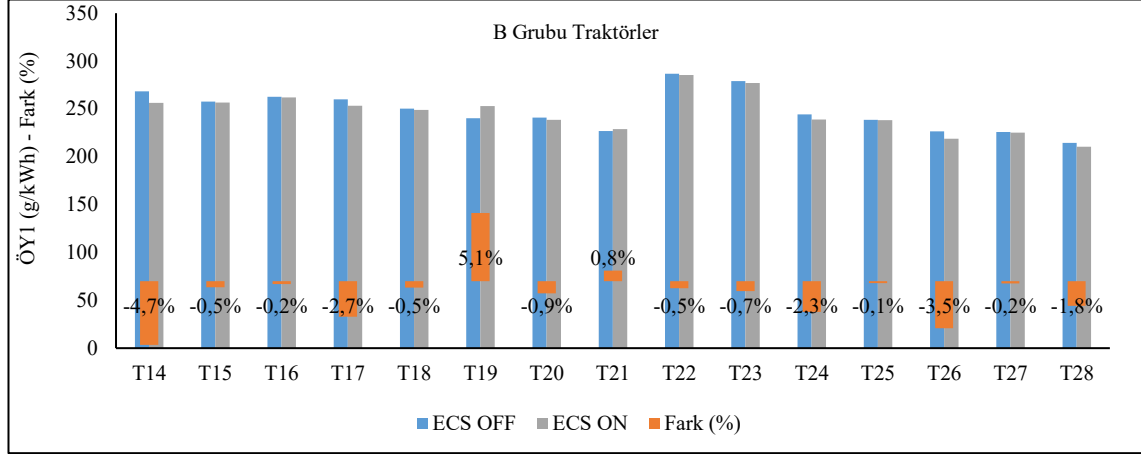
4.3.1 ÖY1, maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T7 traktöründe, (-) % 7,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.49).



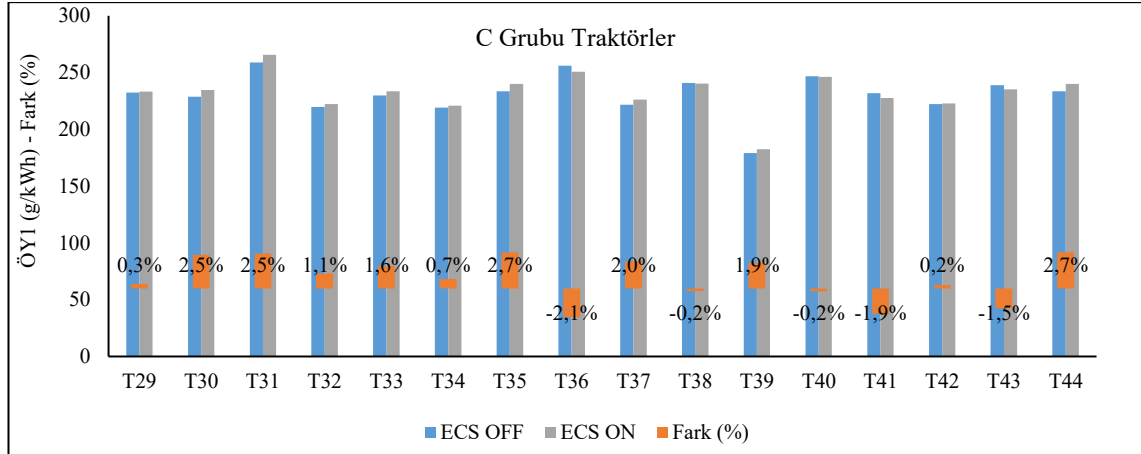
Şekil 4.49 A grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T19 traktöründe, % 5,1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.50).



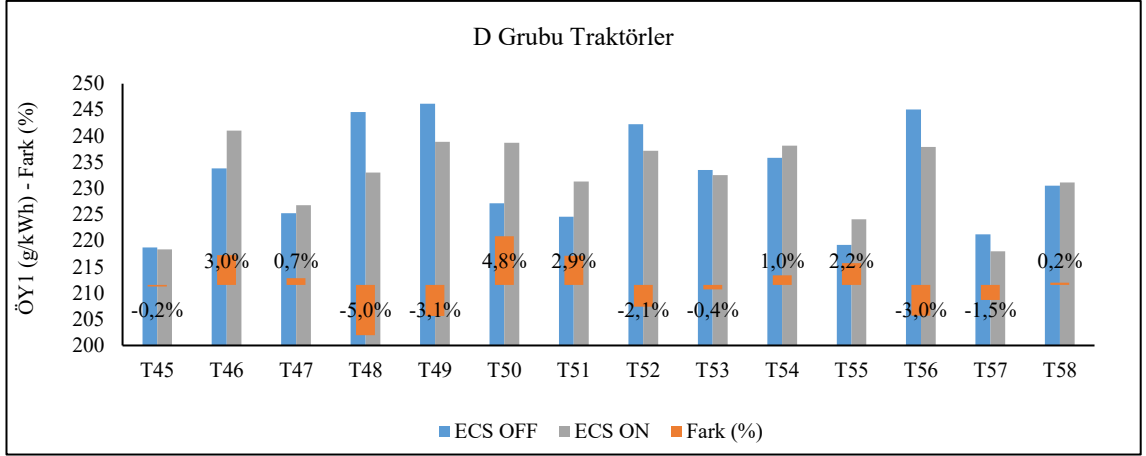
Şekil 4.50 B grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T35 ve T44 traktörlerinde, % 2,7 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.51).



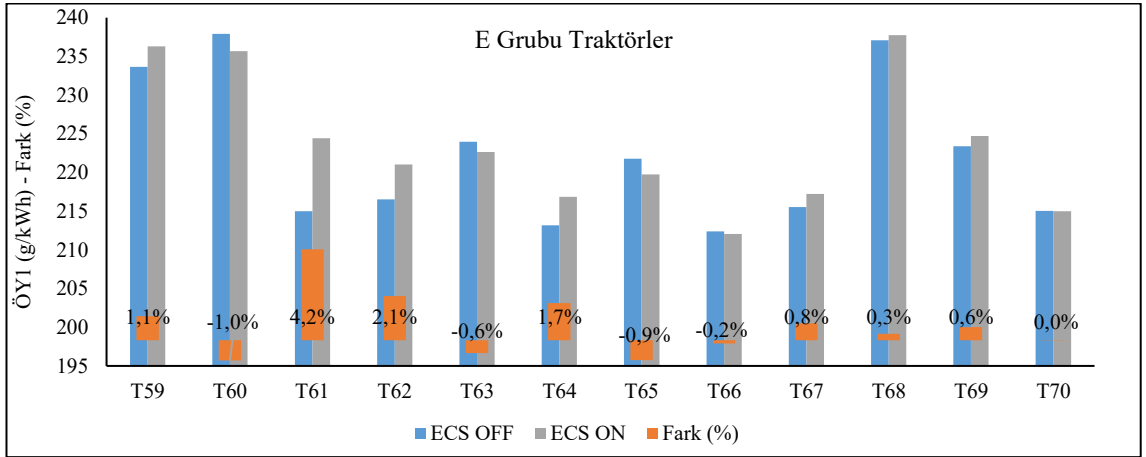
Şekil 4.51 C grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T50 traktöründe, % 4,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.52Şekil 4.53).



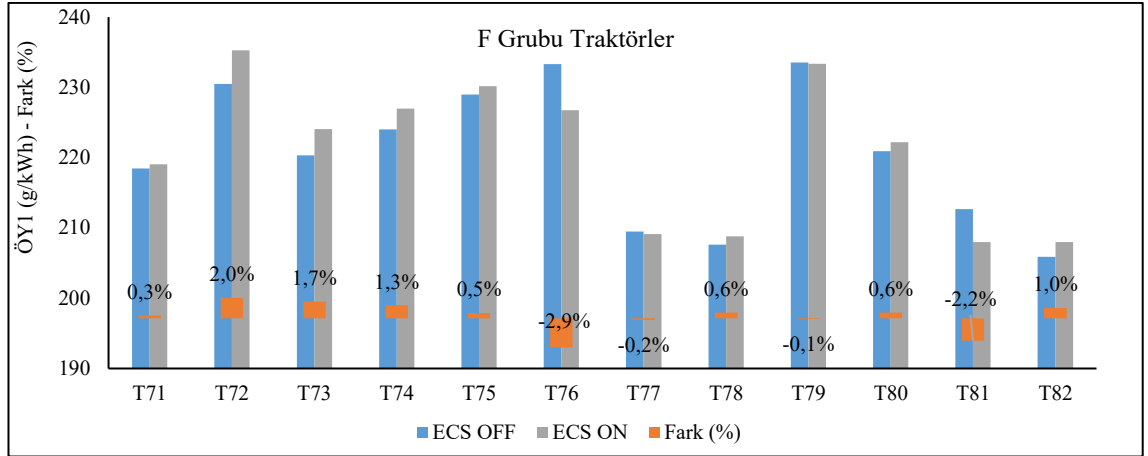
Şekil 4.52 D grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T61 traktöründe, % 4,2 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.53).



Şekil 4.53 E grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

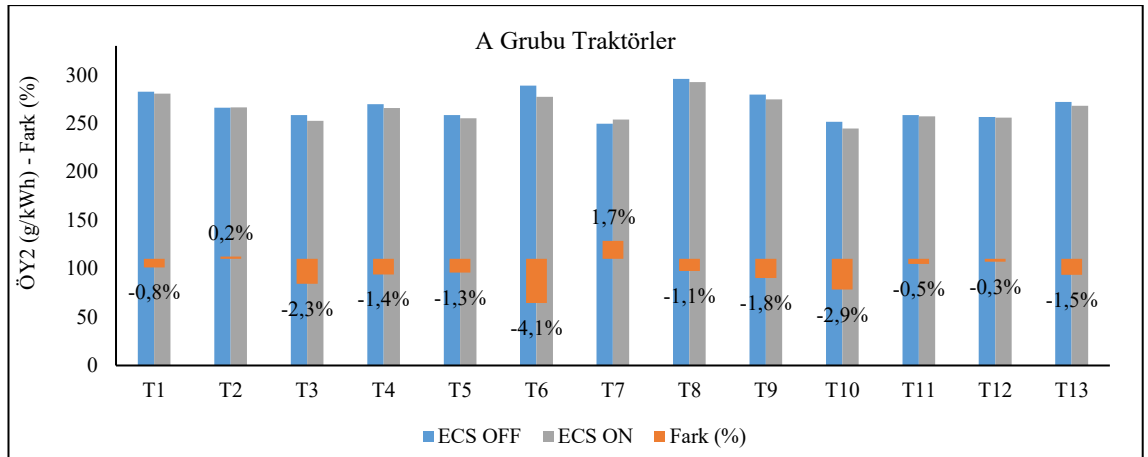
ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, (-) % 2,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.54).



Şekil 4.54 F grubu için maksimum tork devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

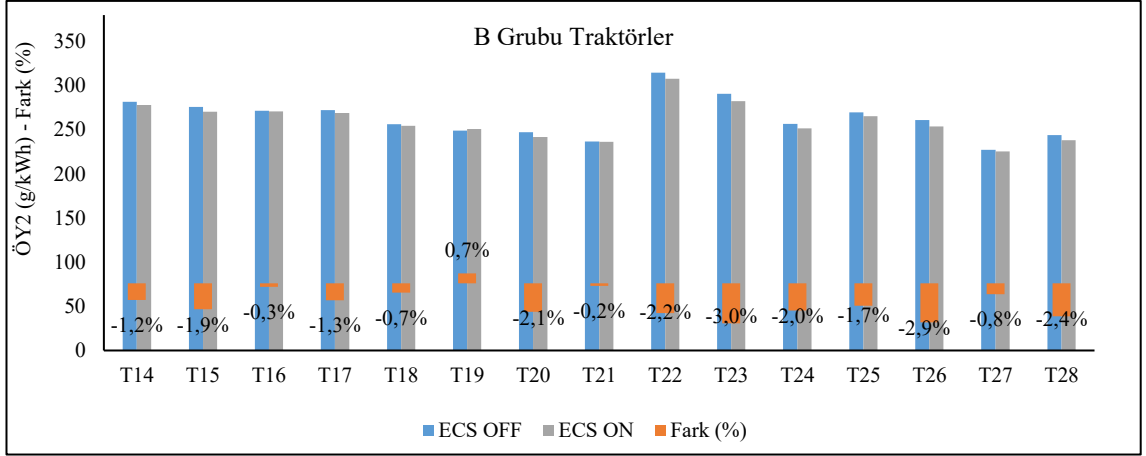
4.3.2 ÖY2, maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T6 traktöründe, (-) % 4,1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.55).



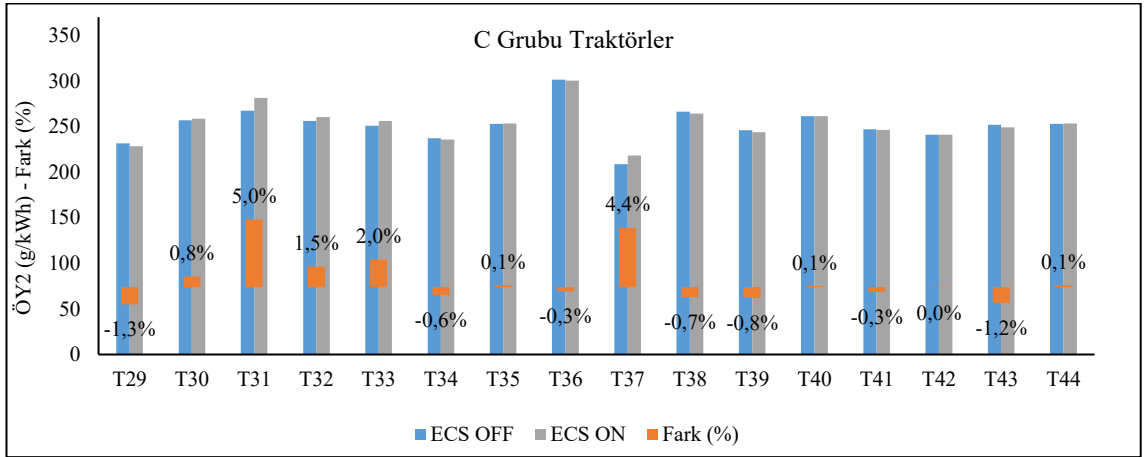
Şekil 4.55 A grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T23 traktöründe, (-) % 3,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.56).



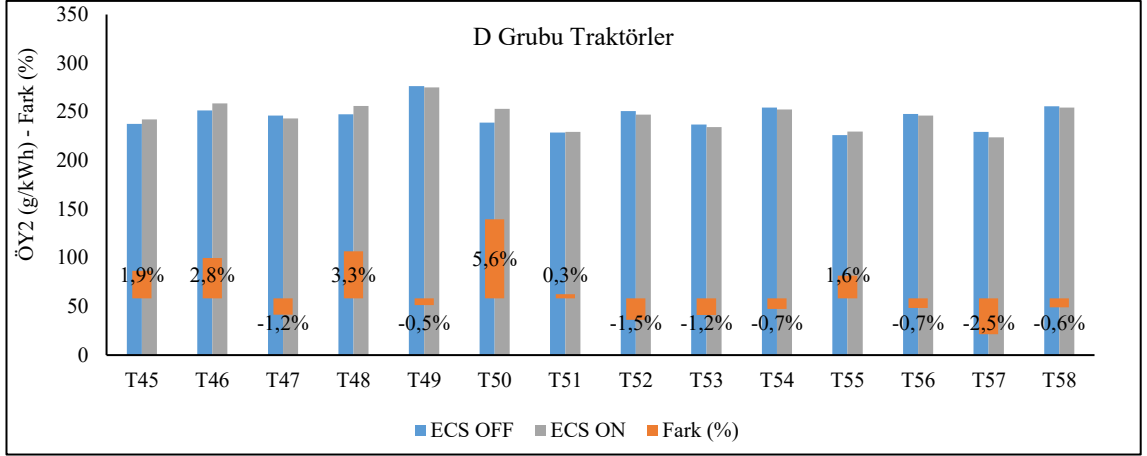
Şekil 4.56 B grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T31 traktöründe, % 5,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.57).



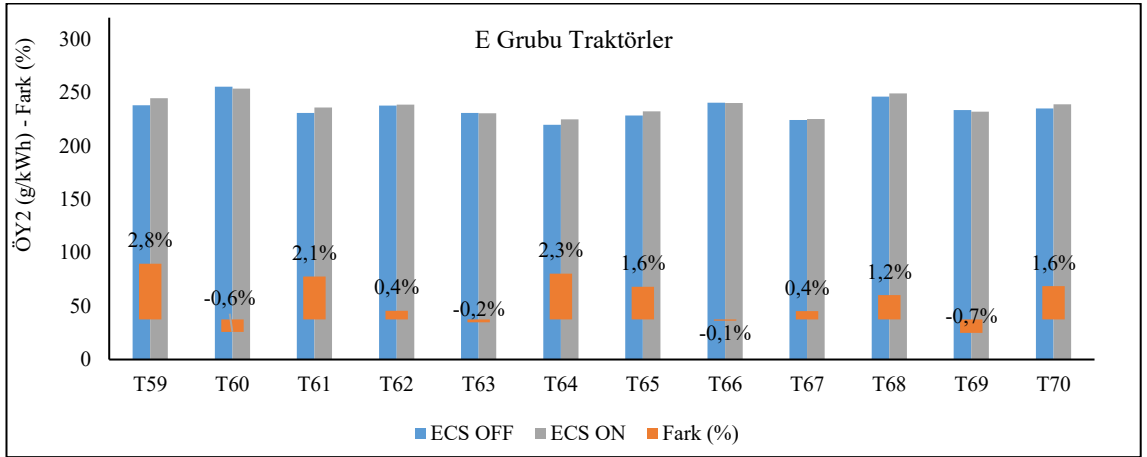
Şekil 4.57 C grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T50 traktöründe, % 5,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.58).



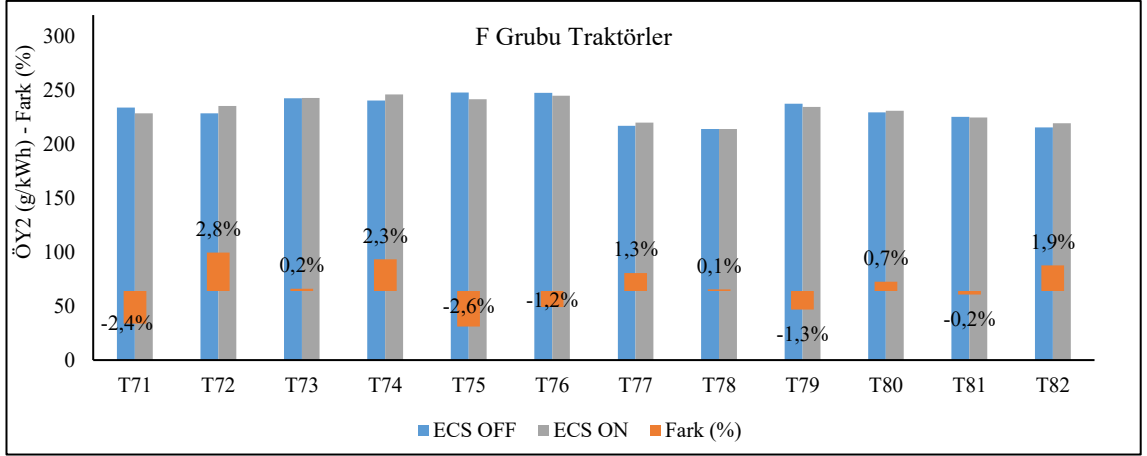
Şekil 4.58 D grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T59 traktöründe, % 2,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.59).



Şekil 4.59 E grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

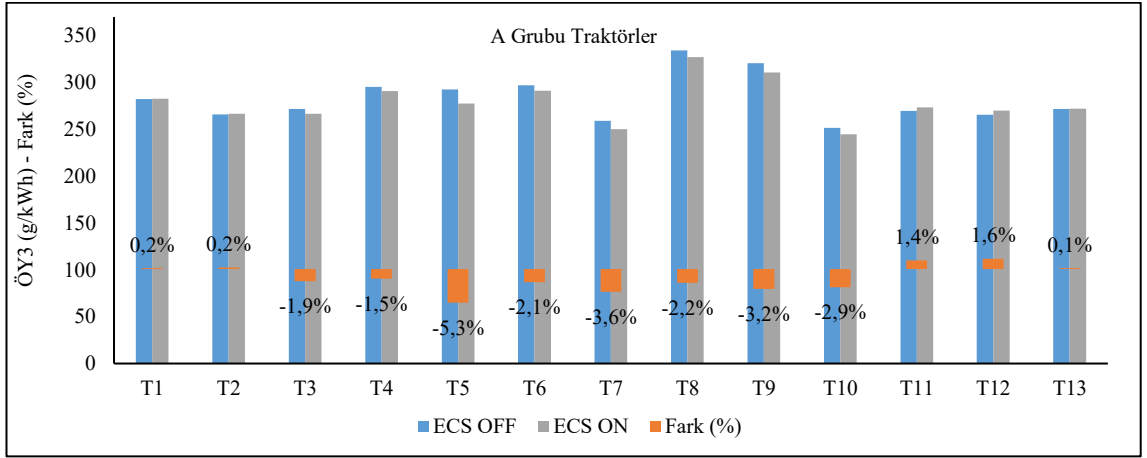
ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T72 traktöründe, % 2,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.60).



Şekil 4.60 F grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

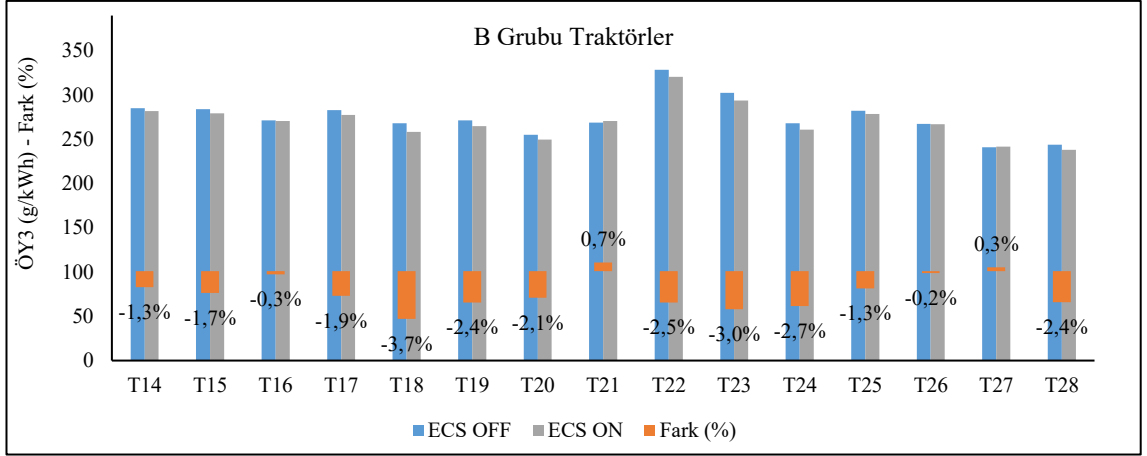
4.3.3 ÖY3, standart pto devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T5 traktöründe, (-) % 5,3 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.61).



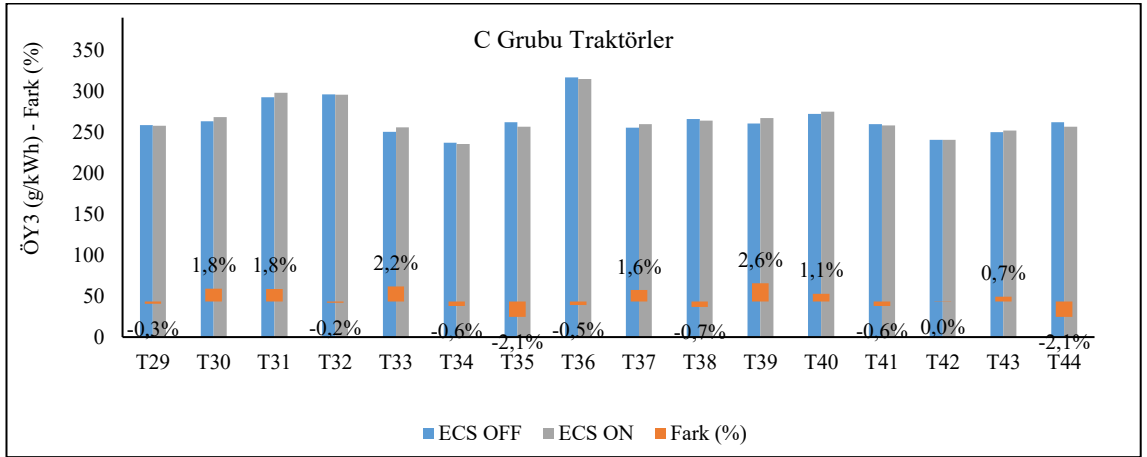
Şekil 4.61 A grubu için standart PTO devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T18 traktöründe, (-) % 3,7 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.62).



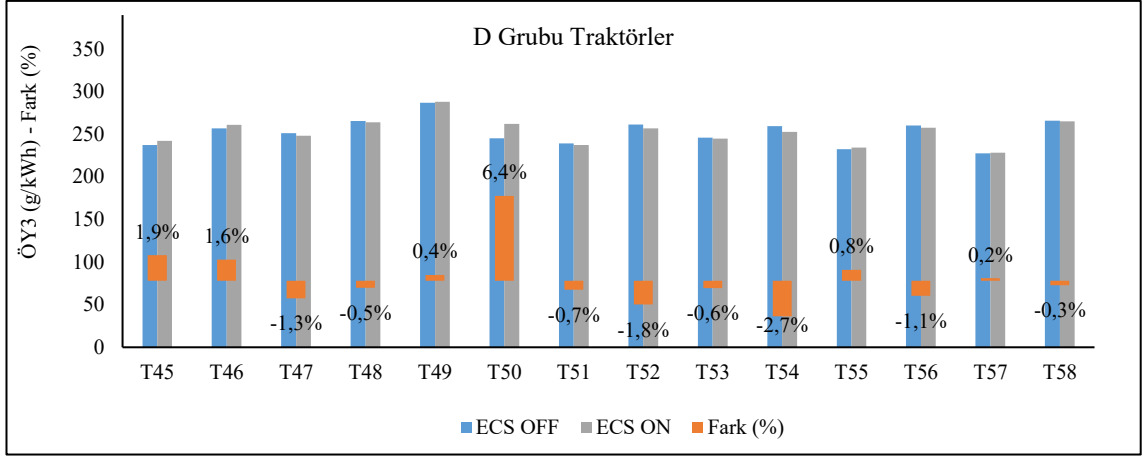
Şekil 4.62 B grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T39 traktöründe, % 2,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.63).



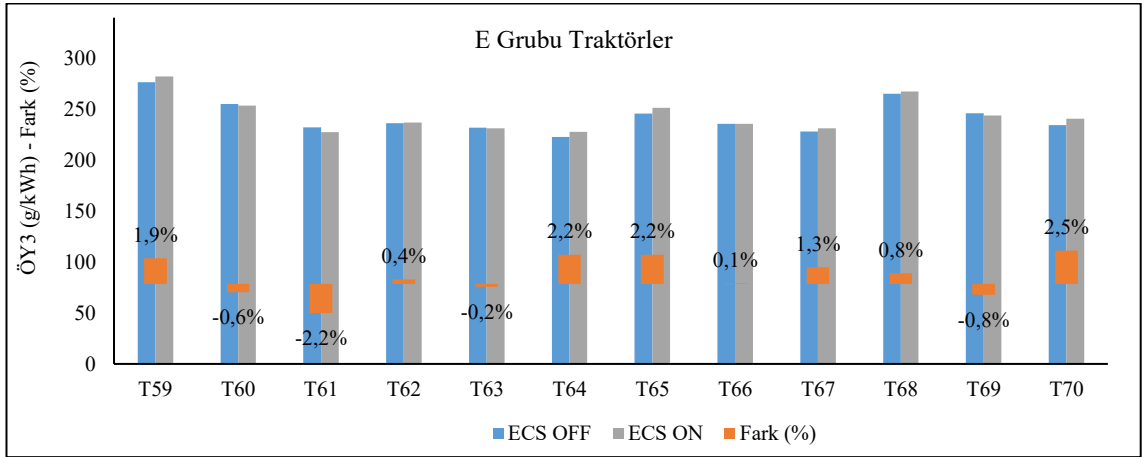
Şekil 4.63 C grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T50 traktöründe, % 6,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.64).



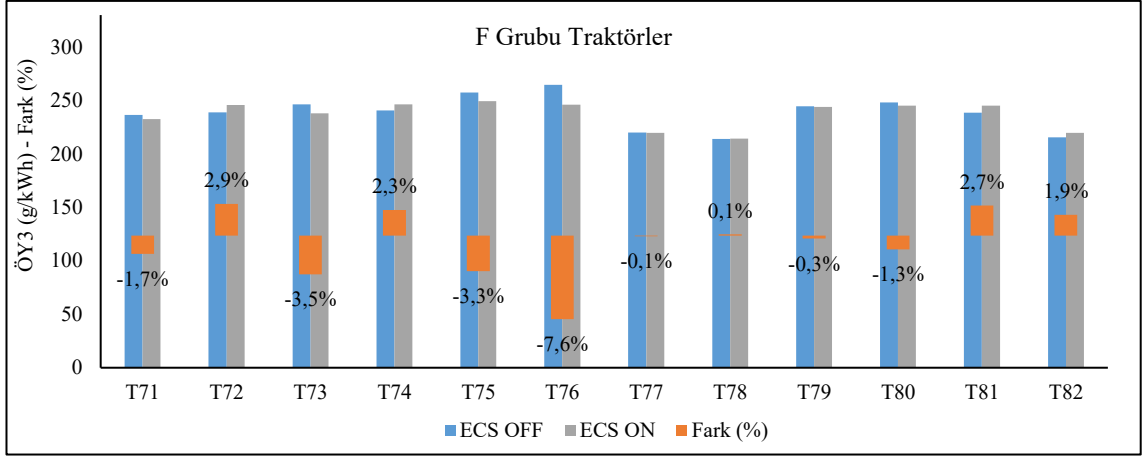
Şekil 4.64 D grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T70 traktöründe, % 2,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.65).



Şekil 4.65 E grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

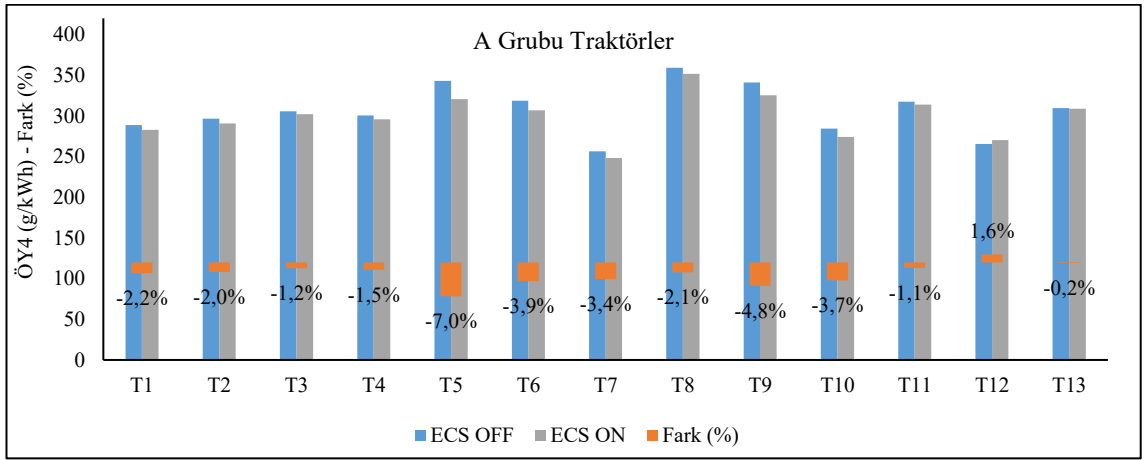
ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, (-) % 7,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.66).



Şekil 4.66 F grubu için maksimum güç devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

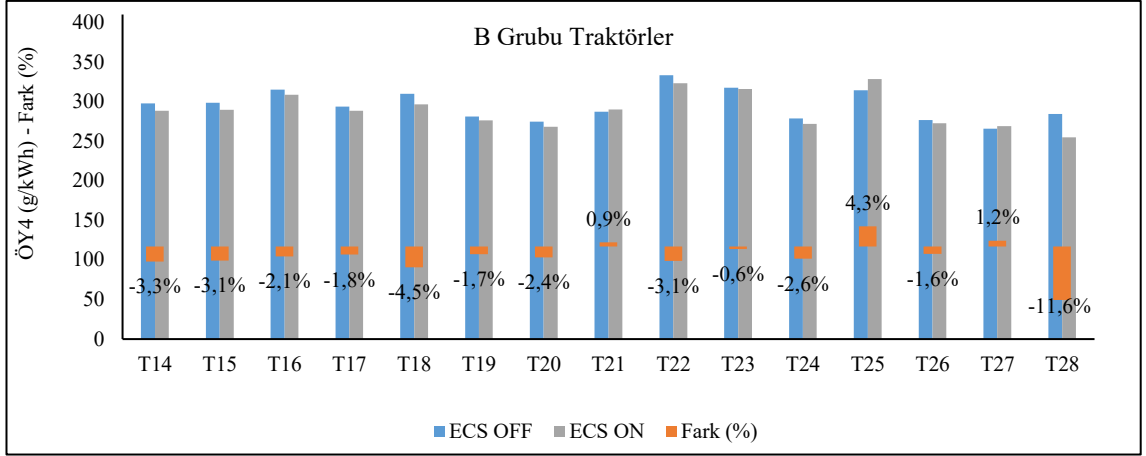
4.3.4 ÖY4, nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T5 traktöründe, (-)% 7,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.67).



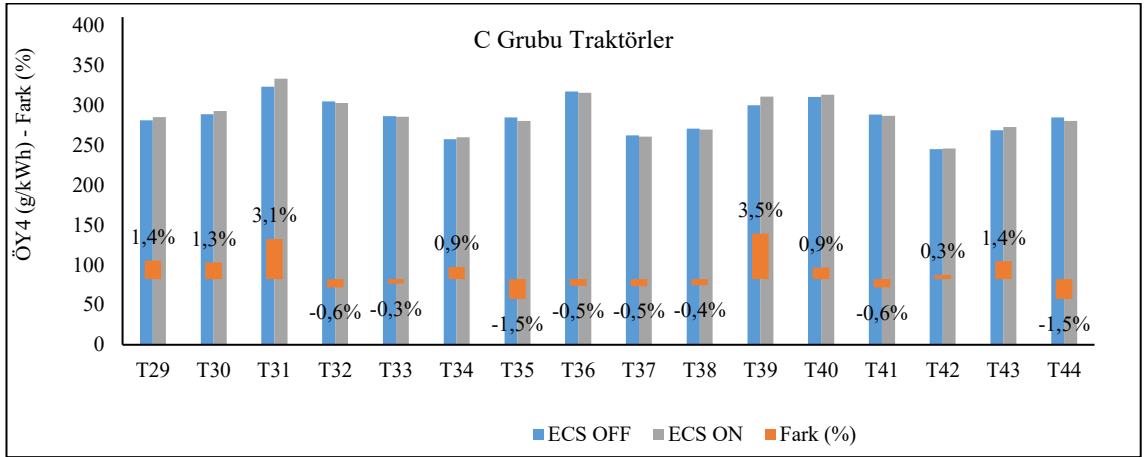
Şekil 4.67 A grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T28 traktöründe, (-) % 11,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.68).



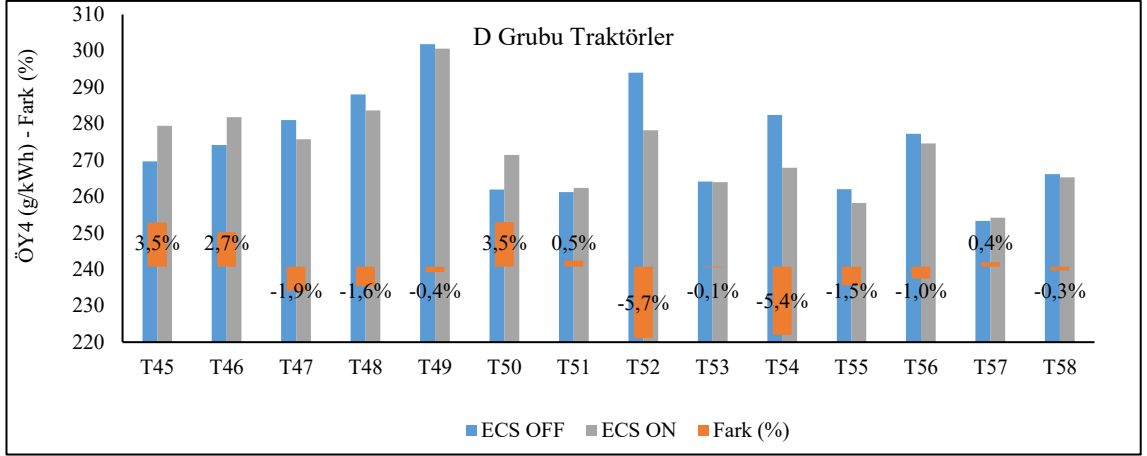
Şekil 4.68 B grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T39 traktöründe, % 3,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.69).



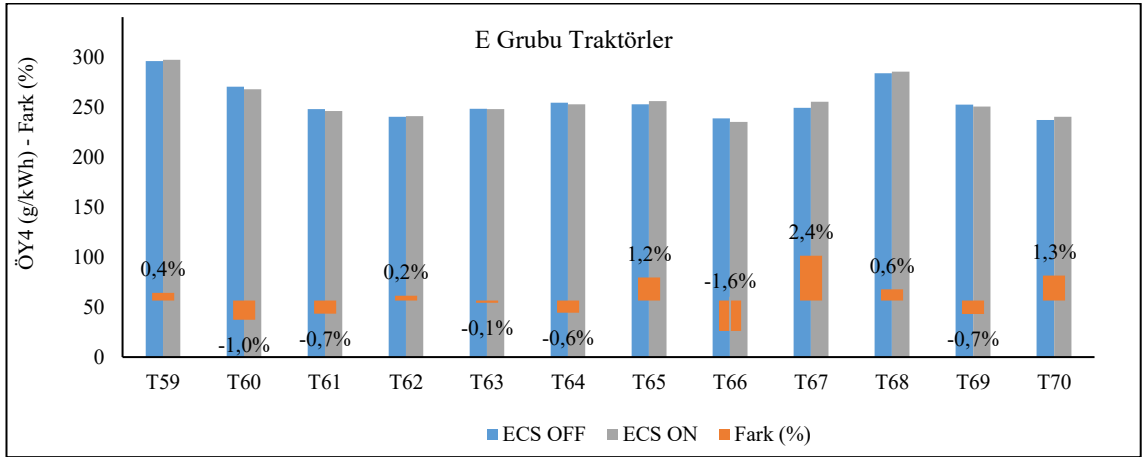
Şekil 4.69 C grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T52 traktöründe, (-) % 5,7 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.70).



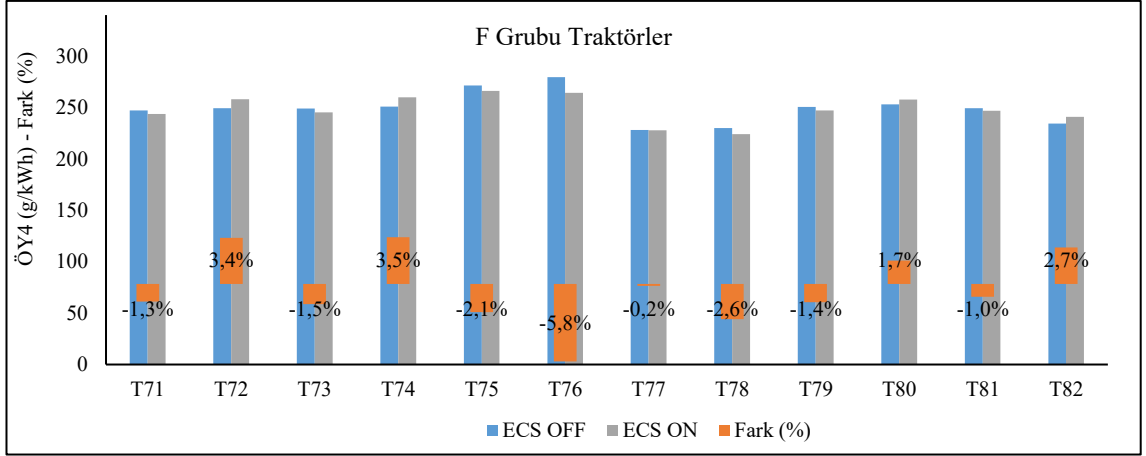
Şekil 4.70 D grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T67 traktöründe, % 2,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.71).



Şekil 4.71 E grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, (-) % 5,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.72).



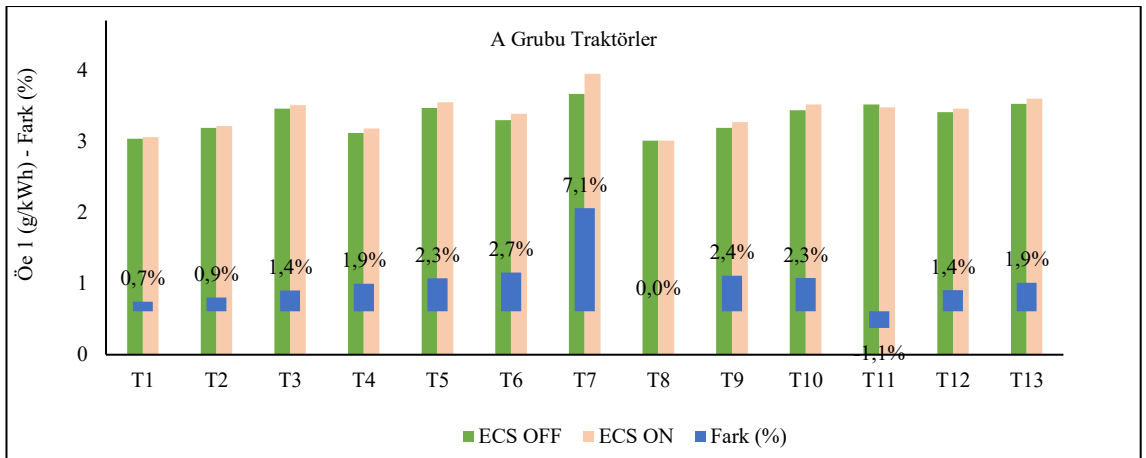
Şekil 4.72 F grubu için nominal motor devrinde özgül yakıt tüketimindeki değişim

4.4 Özgül Enerjideki Değişim

Yapılan değerlendirmede ESS açık -kapalı durumlarından oluşan en büyük özgül enerji farkı F grubu traktörlerde olduğu görülmüştür. Devir bazında yapılan değerlendirmede ise güçteki farkın en yüksek olduğu devir maksimum güç devridir.

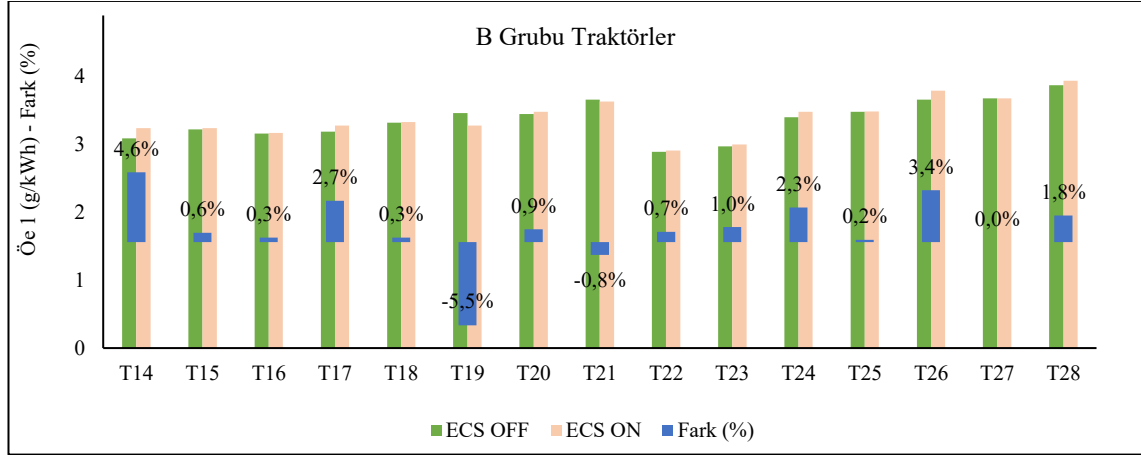
ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T7 traktöründe, % 7,1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.73).

4.4.1 ÖE1, maksimum tork devrinde özgül enerjideki değişim



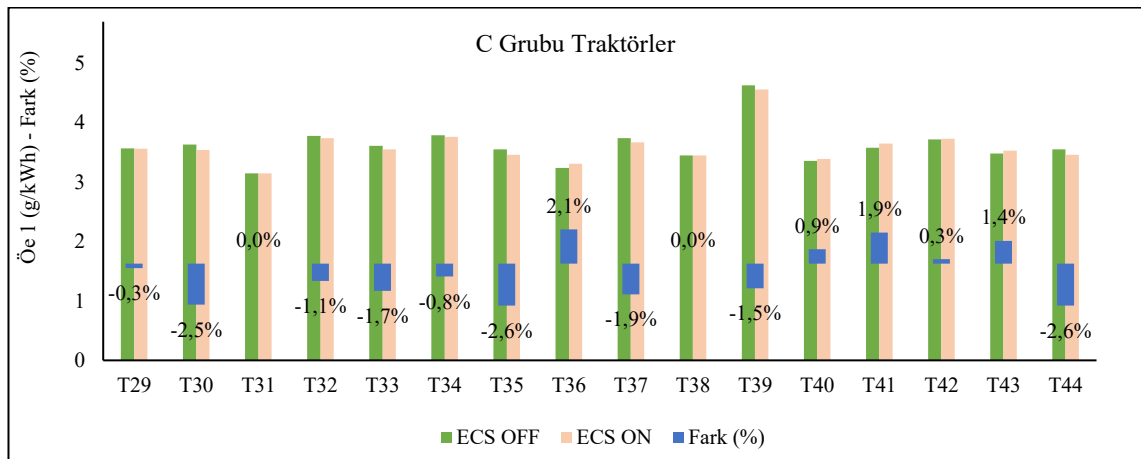
Şekil 4.73 A grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T19 traktöründe, (-) % 5,5 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.74).



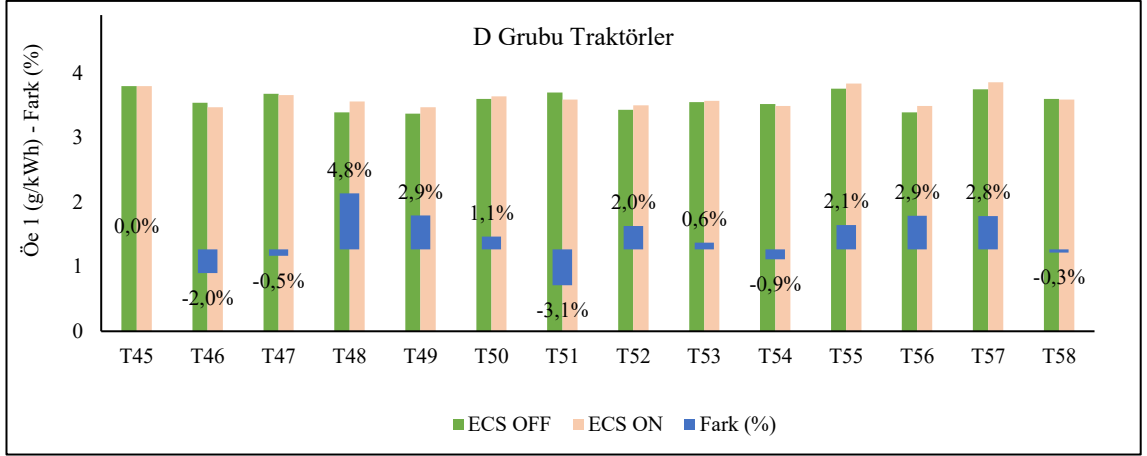
Şekil 4.74 B grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T35 ve T44 traktörlerinde, (-) % 2,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.75).



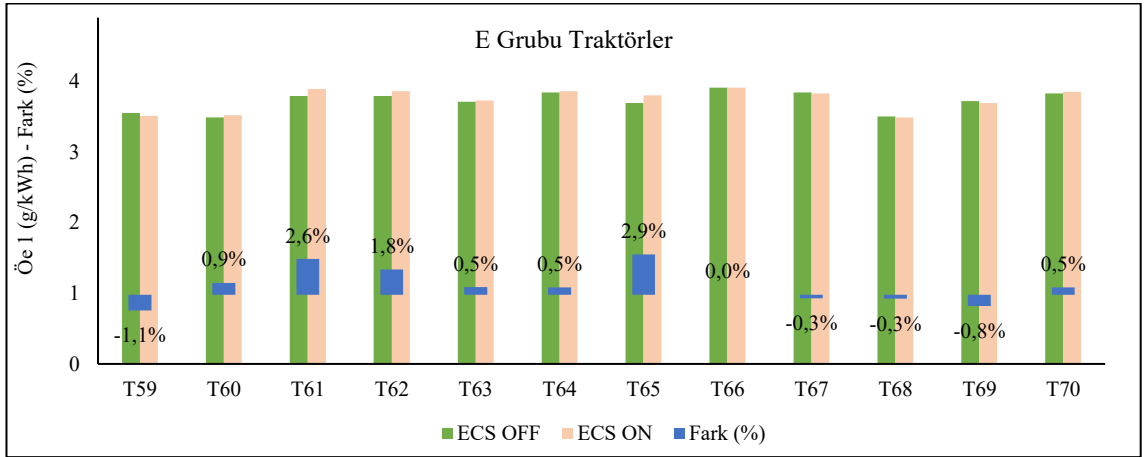
Şekil 4.75 C grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T48 traktöründe, % 4,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.76).



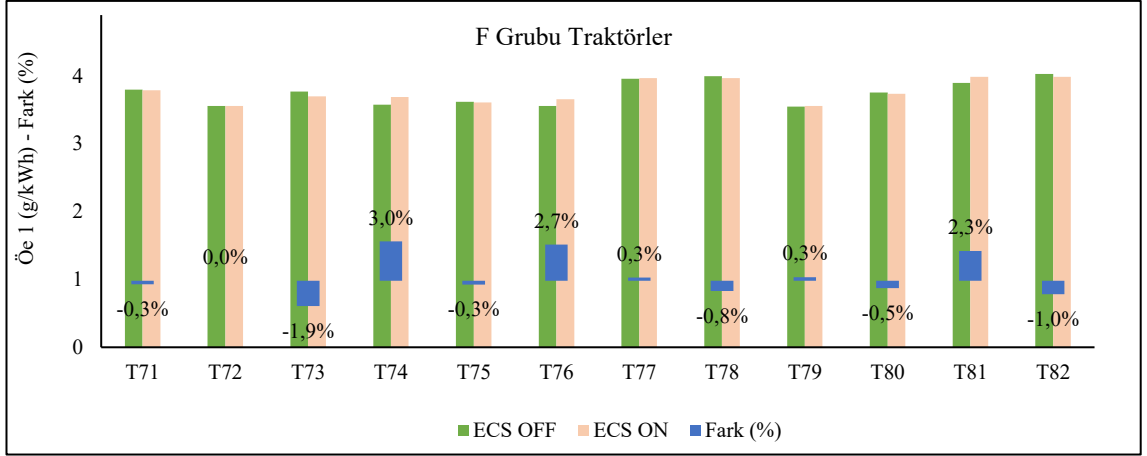
Şekil 4.76 D grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T65 traktöründe, % 2,9 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.77).



Şekil 4.77 E grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim

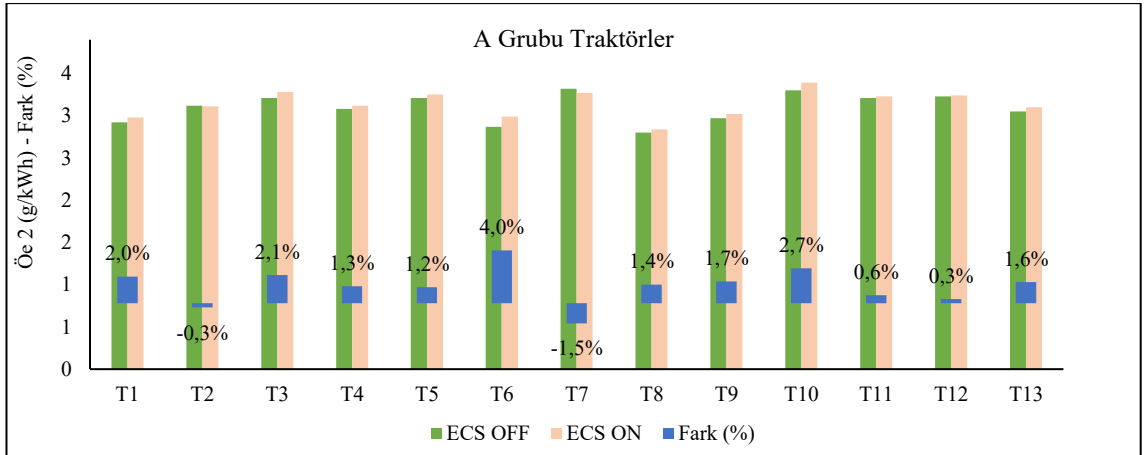
ESS açık -kapalı durumları için maksimum tork devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T74 traktöründe, % 3,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.78).



Şekil 4.78 F grubu için maksimum tork devrinde özgül enerjideki eğişim

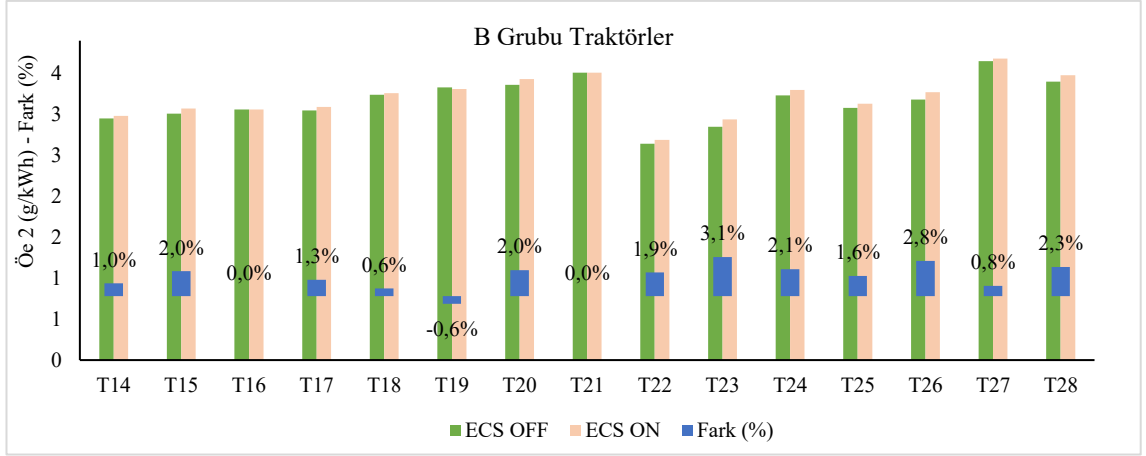
4.4.2 ÖE2, maksimum güç devrinde özgül enerjideki değişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T6 traktöründe, % 4,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.79).



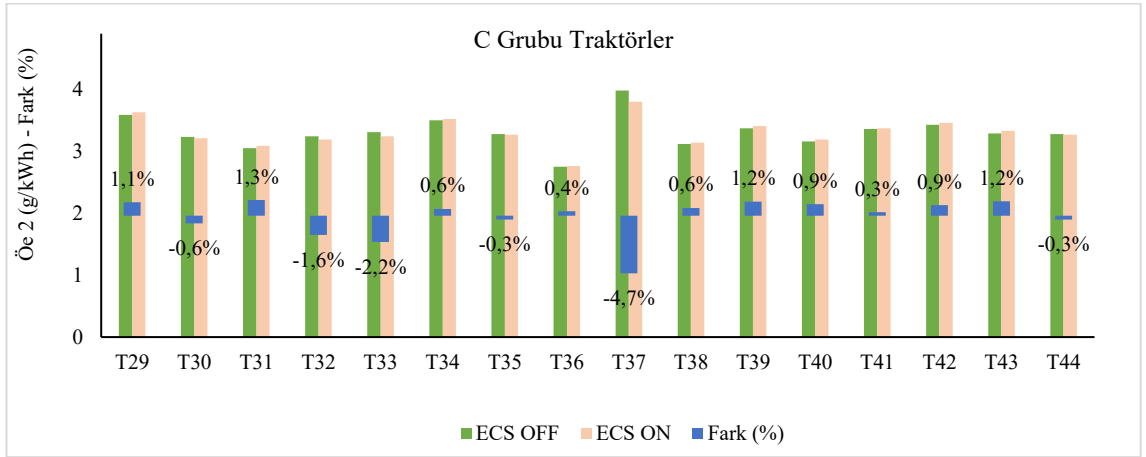
Şekil 4.79 A grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T23 traktöründe, % 3,1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.80).



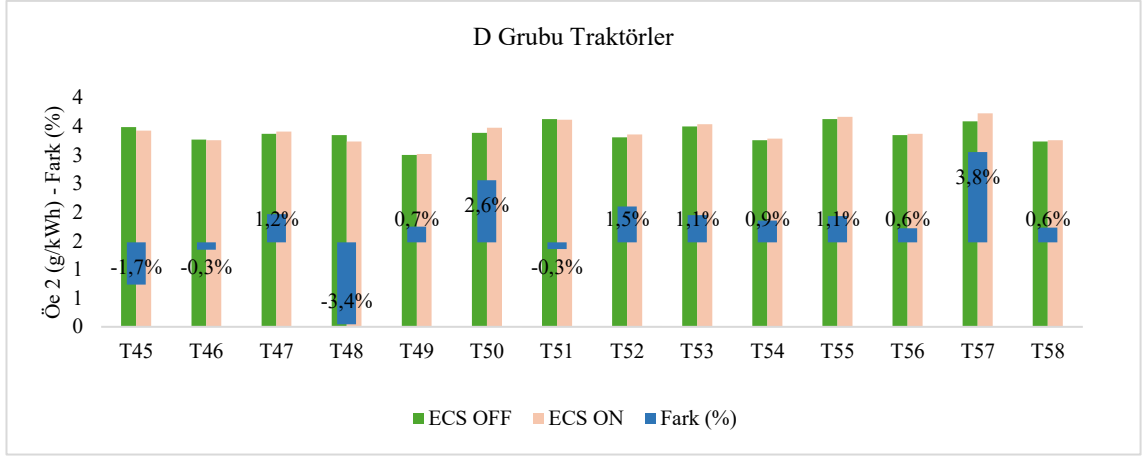
Şekil 4.80 B grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T37 traktöründe, (-) % 4,7 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.81).



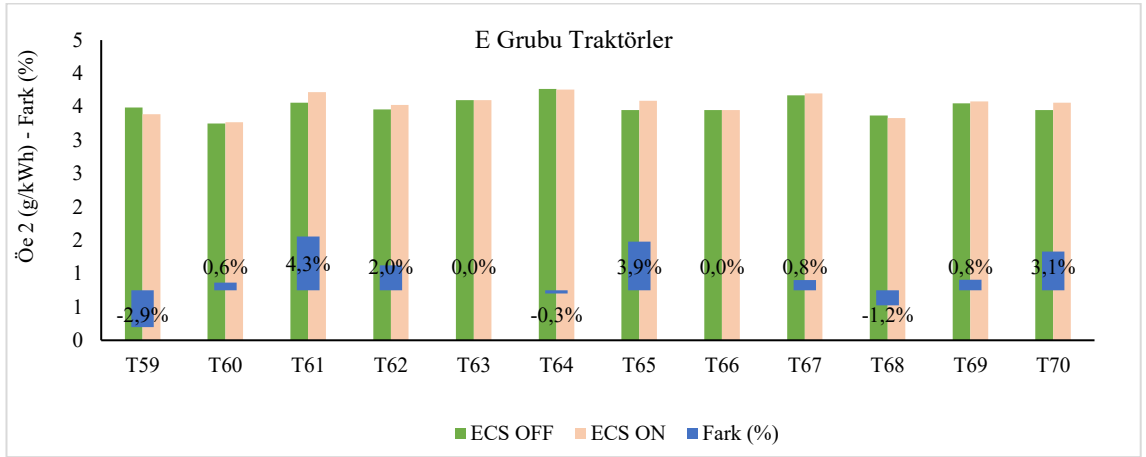
Şekil 4.81 C grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T58 traktöründe, % 3,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.82).



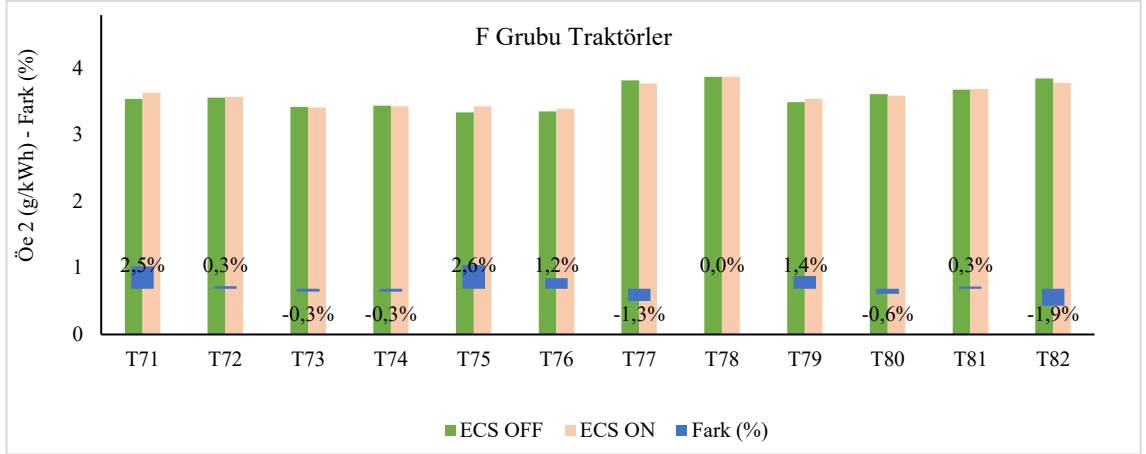
Şekil 4.82 D grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T61 traktöründe, % 4,3 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.83).



Şekil 4.83 E grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim

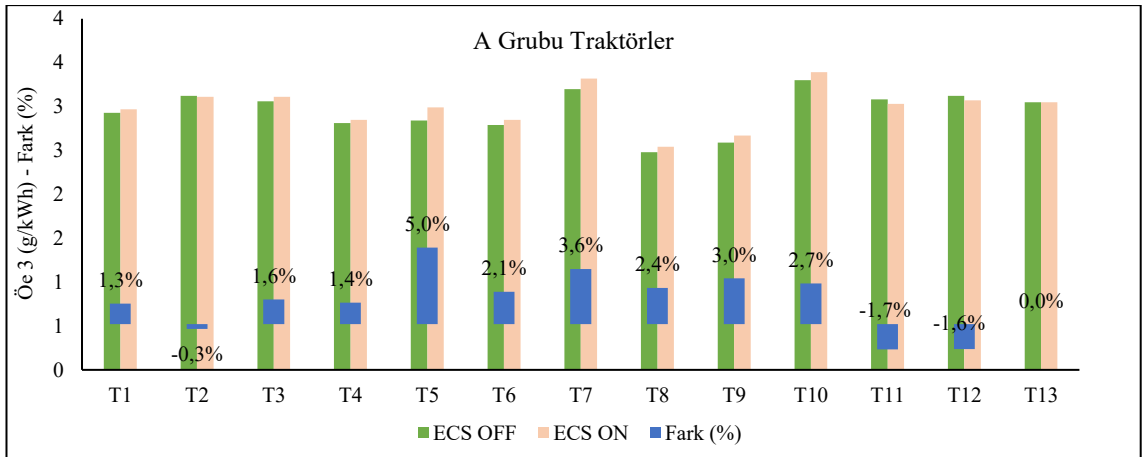
ESS açık -kapalı durumları için maksimum güç devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T75 traktöründe, % 2,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.84).



Şekil 4.84 F grubu için maksimum güç devrinde özgül enerjideki eğişim

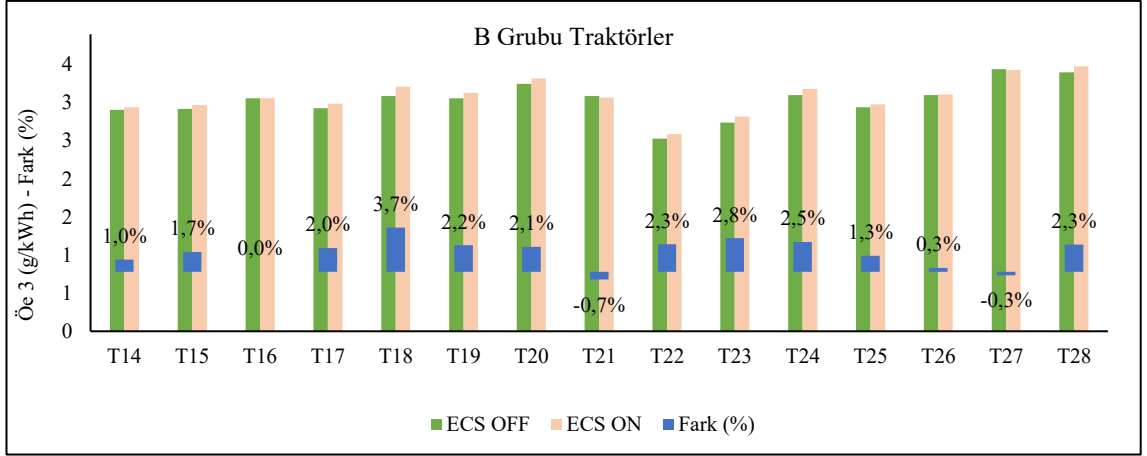
4.4.3 ÖE3: standart pto devrinde özgül enerjideki değışim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T5 traktöründe, % 5,0 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.85).



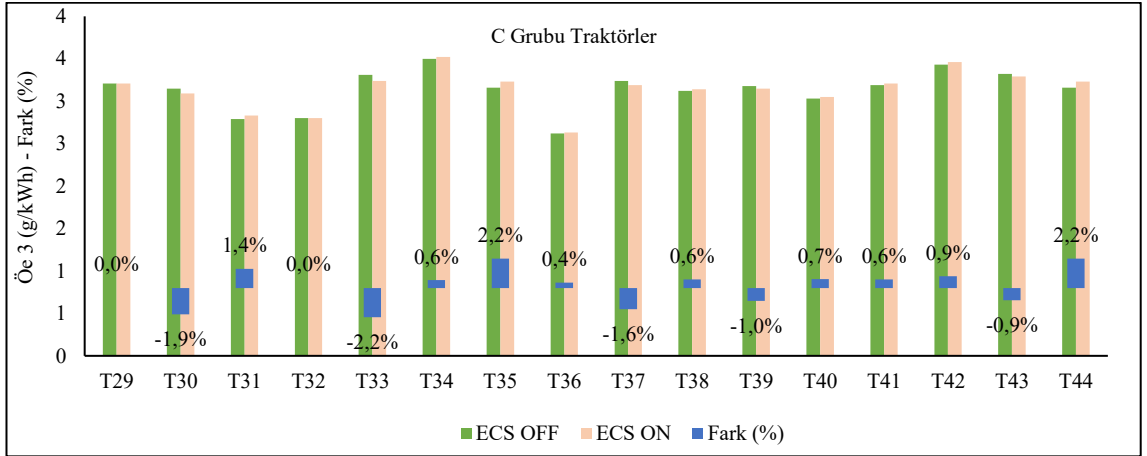
Şekil 4.85 A grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T18 traktöründe, % 3,7 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.86).



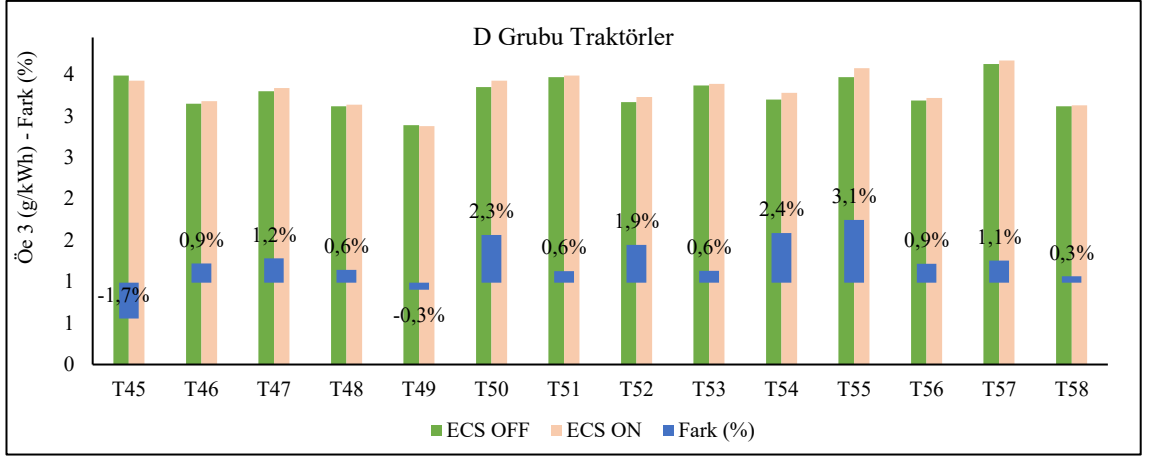
Şekil 4.86 B grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T35 ve T44 traktörlerinde (+) % 2,2; T33 traktöründe (-) % 2,2 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.87).



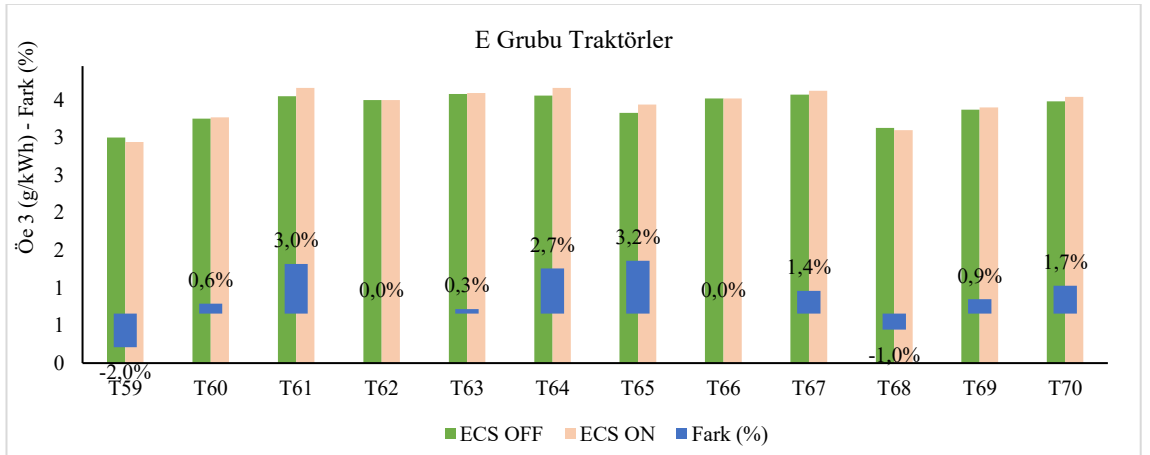
Şekil 4.87 C grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T55 traktöründe, % 3,1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.88).



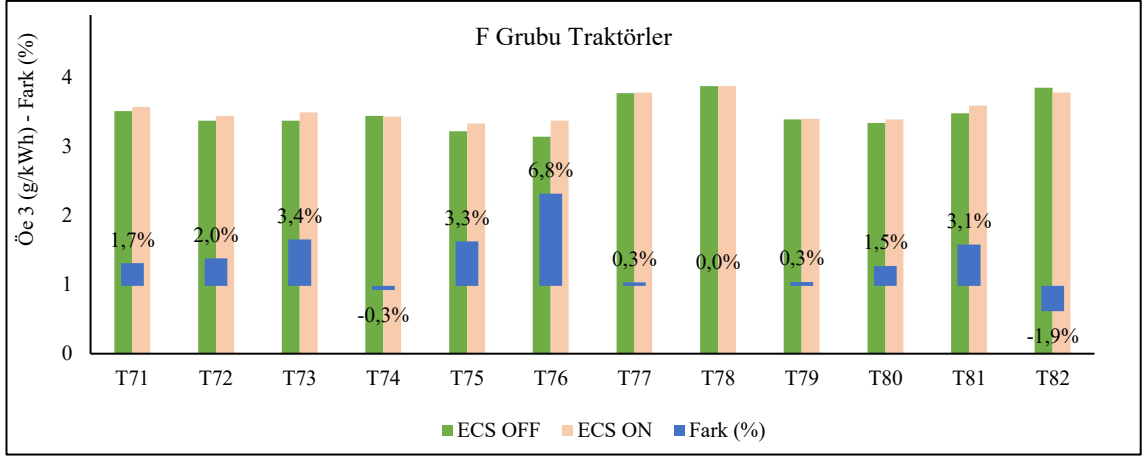
Şekil 4.88 D grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T65 traktöründe, % 3,2 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.89).



Şekil 4.89 E grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim

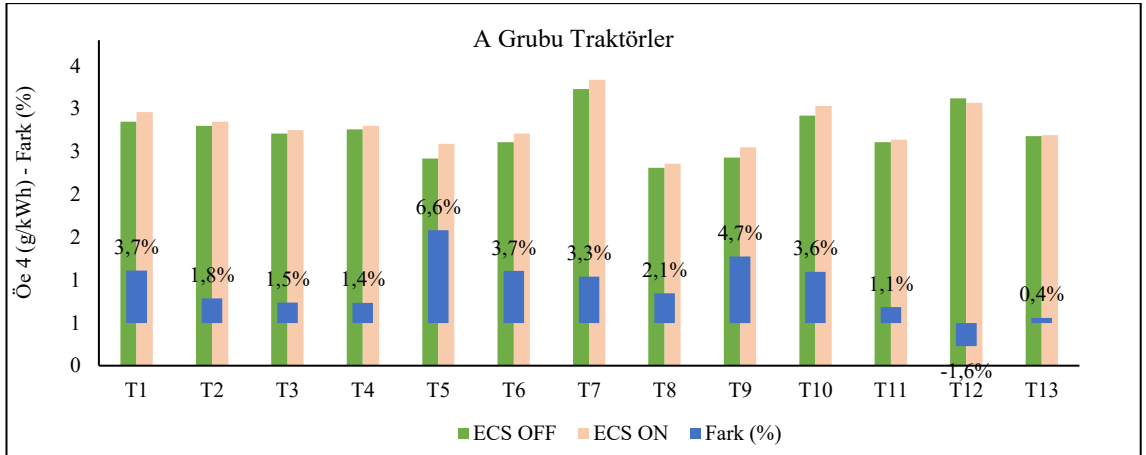
ESS açık -kapalı durumları için standart PTO devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, % 6,8 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.90).



Şekil 4.90 F grubu için standart PTO devrinde özgül enerjideki eğişim

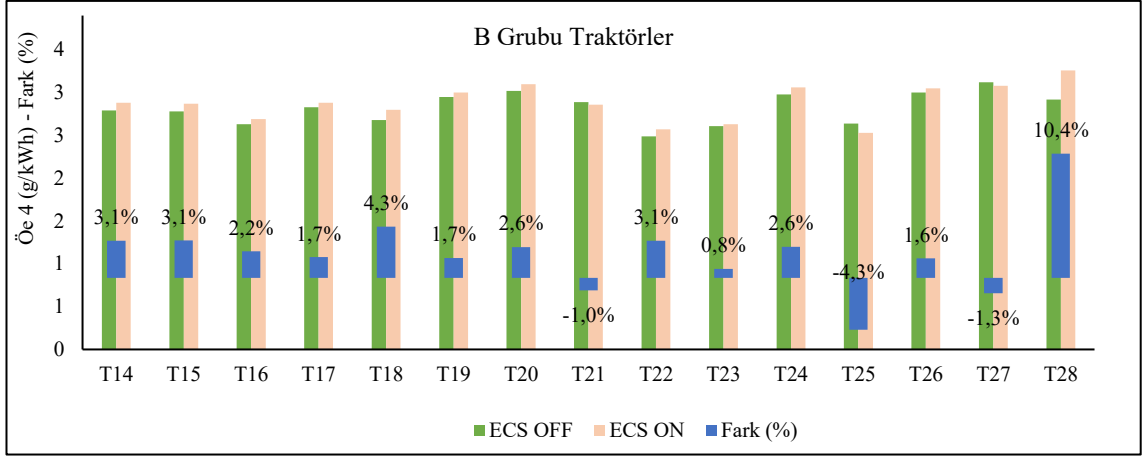
4.4.4 ÖE4: nominal motor devrinde özgül enerjideki değişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, A grubu traktörler arasında en yüksek fark T5 traktöründe, % 6,6 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.91).



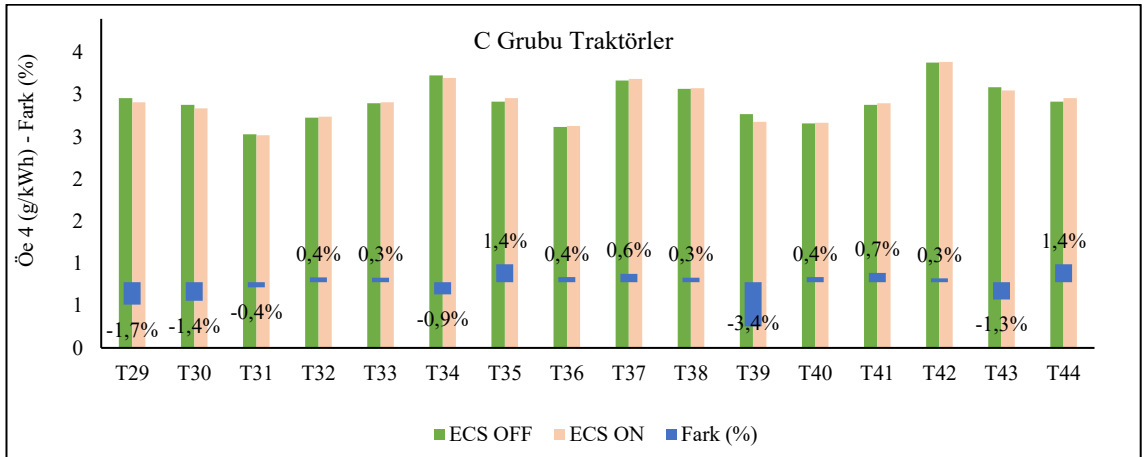
Şekil 4.91 A grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, B grubu traktörler arasında en yüksek fark T28 traktöründe, % 10,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.92).



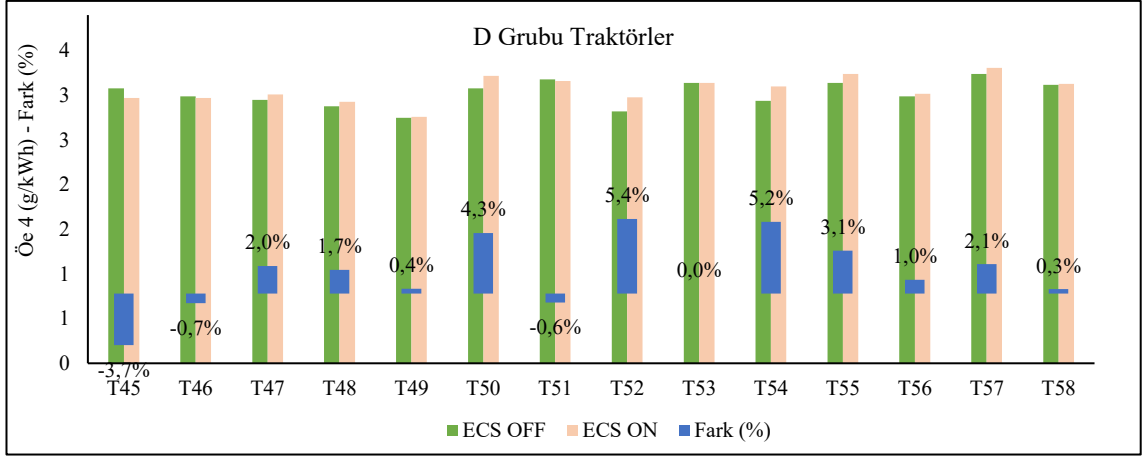
Şekil 4.92 B grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, C grubu traktörler arasında en yüksek fark T39 traktöründe, (-) % 3,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.93).



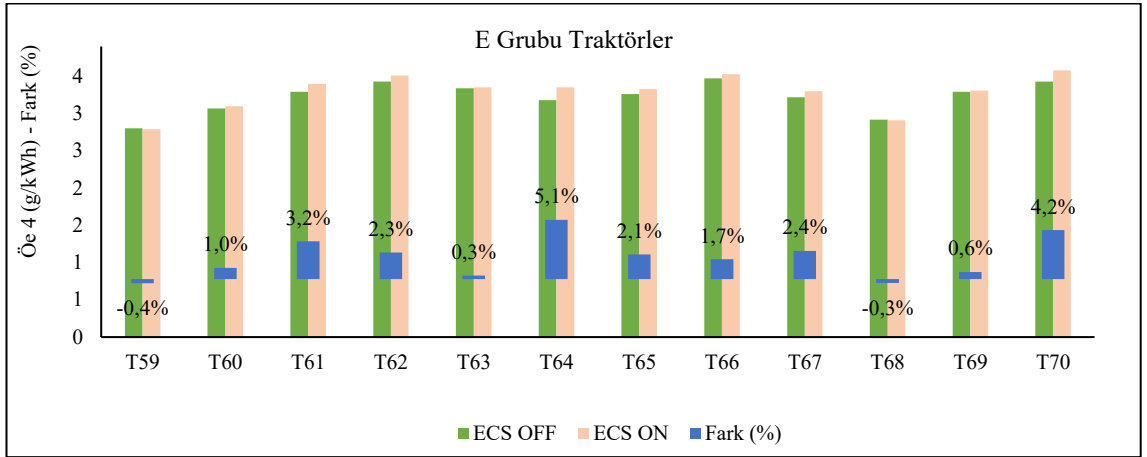
Şekil 4.93 C grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, D grubu traktörler arasında en yüksek fark T52 traktöründe, % 5,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.94).



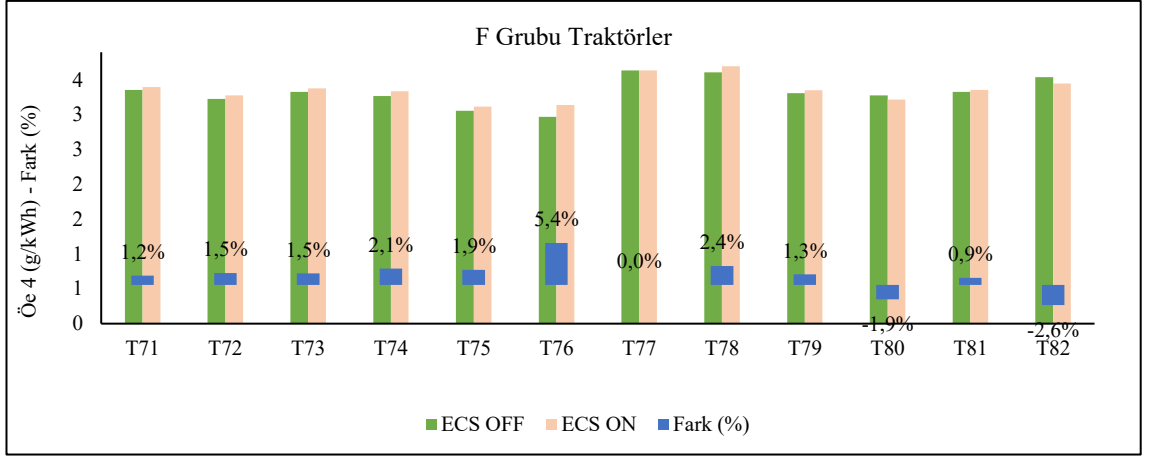
Şekil 4.94 D grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, E grubu traktörler arasında en yüksek fark T64 traktöründe, % 5,1 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.95).



Şekil 4.95 E grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim

ESS açık -kapalı durumları için nominal motor devrinde, F grubu traktörler arasında en yüksek fark T76 traktöründe, % 5,4 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4.96).



Şekil 4.96 F grubu için nominal motor devrinde özgül enerjideki eğişim

5. SONUÇ

5.1 İstatistik Analiz Sonuçları

Traktörler maksimum tork, maksimum güç, standart PTO ve nominal motor devirlerinde 23 °C ve 30 °C sıcaklıkta test edilerek veriler toplanmış ve doğrusal regresyon yöntemi ile F testi (Wald-F testi) yapılmıştır.

Wald F testi”, bir regresyon modelinin parametrelerinin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını belirlemek için kullanılan bir hipotez testidir. Bu test, özellikle doğrusal regresyon modellerinde kullanılmaktadır. Wald F testi, belirli bir parametrenin sıfır olup olmadığını değerlendirir ve bu parametrenin modeldeki önemini ölçmektedir.

F testinde, Wald testi istatistiğinin kritik değerler aralığı yani anlamlılık düzeyi (α): Hatalı reddetme olasılığıdır. Genellikle $\alpha = 0,1$ veya $\alpha = 0,01$ aralığında olmaktadır.

Uluslararası akreditasyona sahip bir test merkezi olmanın gerekliliğinden dolayı TAMTEST’te testler esnasında kullanılan cihazların ölçüm hassasiyetleri, oldukça yüksektir.

Testlerde kullanılan cihazlar için ayrı ayrı belirsizlik hesabı yapılmıştır. Ayrıca kullanılan cihazların ölçüm hassasiyeti göz önünde bulundurularak PTO gücü ölçümü için ölçüm belirsizliği hesaplanmıştır (Ek 5). Hesaplamalar sonunda bulunan, belirsizlik seviyesi $\pm \%0,06$ olup, verilerin doğruluğu konusunda yüksek güvenilirlik seviyesinde olduğunu doğrulamaktadır.

5.1.1 PTO gücü (kW) bağımlı değişkeni için yapılan analizler

PTO gücü analizi için kurulan hipotez Çizelge 5.1’de verilmiştir.

Çizelge 5.1 PTO gücü analizi için kurulan hipotez

H ₀ hipotezi:	Evaporatif soğutma sisteminin devrede olduğu durumda traktörlerin PTO gücü değişmez
H ₁ hipotezi:	Traktör PTO gücü artar

Değişkenlerin evaporatif soğutma sisteminin açık olmasının kapalı olma durumuna göre PTO gücü açısından istatistiki olarak pozitif yönde anlamlı olduğu anlaşılmıştır. Sistemin açık olması maksimum güç değerini arttırmaktadır (Parametre). Modelin genel uyumunun değerlendirilmesi açısından Wald F testi % 1’de anlamlı bulunmuştur Çizelge 5.2).

Çizelge 5.2 Belirlenen devirlerde, PTO gücüne bağlı istatistik analiz verileri

	TD	MT	MG	PTO	NOM
Parametre (kW)	1,246*	1,058*	1, 261*	1,269*	1,398*
Standart hata	0,217	0,142	0,233	0,270	0,256
T-istatistik	5,757	7,451	5,415	4,697	5,450
F-testi	33,140*	55,642*	29,320*	22,063*	29,700*

*% 1 ** % 5 ***% 10

5.1.2 Motor torku (Nm) bağımlı değişkeni için yapılan analizler

Motor torku analizi için kurulan hipotez Çizelge 5.3’te verilmiştir.

Çizelge 5.3 Motor torku analizi için kurulan hipotez

H ₀ hipotezi:	Evaporatif soğutma sisteminin devrede olduğu durumda traktörlerin maksimum motor torku değişmez
H ₁ hipotezi:	Traktör motorunun maksimum torku artar

Değişkenlerin evaporatif soğutma sisteminin açık olmasının kapalı olma durumuna göre motor torku açısından istatistiki olarak pozitif yönde anlamlı olduğu anlaşılmıştır. Sistemin açık olması maksimum tork değerini arttırmaktadır (Parametre). Modelin genel

uyumunun değeriendirilmesi açısından Wald F testi % 1’de anlamlı bulunmuştur (Çizelge 5.4).

Çizelge 5.4 Belirlenen devirlerde, motor torkuna bağıli istatistik analiz verileri

	TD	MT	MG	PTO	NOM
Parametre (Nm)	6.398*	7.142*	6.320*	5.996*	6.131*
Standart hata	1,069	0,820	1,201	1,313	1,187
T-istatistik	5,987	8,709	5,263	4,568	5,166
F-testi	35,848*	75,846*	27,704*	20,867*	26,689*

*% 1 ** % 5 ***% 10

5.1.3 Yakıt tüketimi (l/h) bağımlı değışkeni için yapılan analizler

Yakıt tüketimi analizi için kurulan hipotez Çizelge 5.5’te verilmiştir.

Çizelge 5.5 Yakıt tüketimi analizi için kurulan hipotez

H ₀ hipotezi:	Evaporatif soğutma sisteminin devrede olduğı durumda traktörlerin yakıt tüketimi (l/h) değışmez
H ₁ hipotezi:	Traktör yakıt tüketimi (l/h) artar

Değişkenlerin evaporatif soğutma sisteminin açık olmasının kapalı olma durumuna göre yakıt tüketimi (l/h) açısından istatistiki olarak pozitif yönde anlamlı olduğı anlaşılmıştır. Sistemin açık olması yakıt tüketimi (l/h) değeriini arttırmaktadır (Parametre). Modelin genel uyumunun değeriendirilmesi açısından Wald F testi % 1’de anlamlı bulunmuştur (Çizelge 5.5).

Çizelge 5.6 Belirlenen devirlerde, yakıt tüketimine bağıli istatistik analiz verileri

	TD	MT	MG	PTO	NOM
Parametre (l/h)	0.370*	0.346*	0.414*	0.305*	0.413*
Standart hata	0,100	0,089	0,113	0,059	0,157
T-istatistik	3,688	3,874	3,662	5,150	2,626
F-testi	13,600*	15,003*	13,404*	26,519*	6,896*

*% 1 ** % 5 ***% 10

5.1.4 Özgöl yakıt tüketimi (g/kWh) bağımlı değişkeni için yapılan analizler

Özgöl yakıt tüketimi analizi için kurulan hipotez Çizelge 5.7’de verilmiştir.

Çizelge 5.7 Özgöl yakıt tüketimi analizi için kurulan hipotez

H ₀ hipotezi:	Evaporatif soğutma sisteminin devrede olduğu durumda traktörlerin özgöl yakıt tüketimi değişmez
H ₁ hipotezi:	Traktör özgöl yakıt tüketimi artar

Değişkenlerin evaporatif soğutma sisteminin açık olmasının kapalı olma durumuna göre özgöl yakıt tüketimi (g/kWh) açısından incelenmiş ve yapılan Wald F testine göre istatistiki olarak model anlamsız bulunmuştur (Çizelge 5.8).

Çizelge 5.8 Özgöl yakıt tüketimine bağlı istatistik analiz verileri

	TD	MT	MG	PTO	NOM
Sayısal değ. (g/kWh)	-0,393	-0,333	-0,259	1,006	-1,984
Standart hata	0,662	1,223	0,836	1,135	1,536
T-istatistik	-0,594	-0,273	-0,310	0,887	-1,292
F-testi	Anlamsız	Anlamsız	Anlamsız	Anlamsız	Anlamsız

*% 1 ** % 5 ***% 10

5.1.5 Özgöl enerji (kWh/l) bağımlı değişkeni için yapılan analizler

Özgöl enerji analizi için kurulan hipotez Çizelge 5.9’da verilmiştir.

Çizelge 5.9 Özgöl enerji analizi için kurulan hipotez

H ₀ hipotezi:	Evaporatif soğutma sisteminin devrede olduğu durumda traktörlerin motorunun ürettiği özgöl enerji değişmez
H ₁ hipotezi:	Traktörlerin motorunun ürettiği özgöl artar

Değişkenlerin evaporatif soğutma sisteminin açık olmasının kapalı olma durumuna göre özgül enerji (kWh/l) açısından istatistiki olarak pozitif yönde anlamlı olduğu anlaşılmıştır. Sistemin açık olması özgül enerji değerini arttırmaktadır (Parametre). Modelin genel uyumunun değerlendirilmesi açısından Wald F testi % 1’de anlamlı bulunmuştur (Çizelge 5.10)

Çizelge 5.10 Belirlenen devirlerde, özgül enerjiye bağlı istatistik analiz verileri

	TD	MT	MG	PTO	NOM
Parametre (kWh/l)	0,036*	0,029**	0,024*	0,030**	0,063*
Standart hata	0,010	0,014	0,009	0,012	0,017
T-istatistik	3,637	2,139	2,812	2,537	3,745
F-testi	13,226*	4,574**	7,908*	6,434**	14,024*

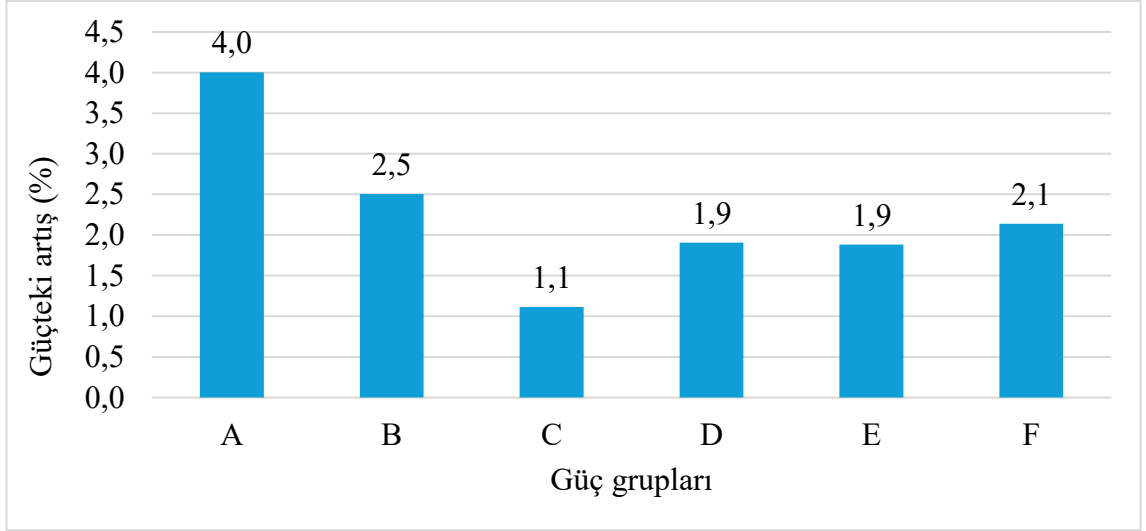
*% 1 ** % 5 ***% 10

5.1.6 Yakıt pompası tipi, çekiş türü ve aşırı doldurma için yapılan analizler

Ortak yollu yakıt sistemi yakıt pompası kullanımının; ESS’nin açık – kapalı olma durumlarında, traktör motor performansını etkileyip etkilemeyeceğinin anlaşılması için yapılan istatistik analiz neticesinde, veri yetersizliği nedeniyle anlamlı bir sonuca ulaşılamamıştır.

5.2 Genel Ortalama Sonuçlar

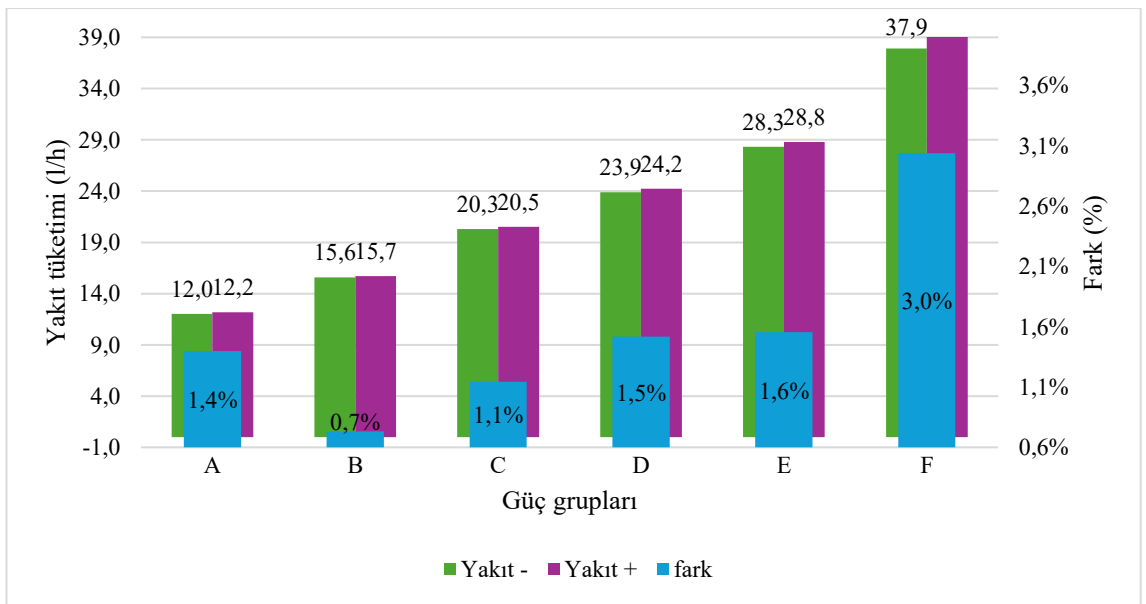
Genel değerlendirmede; ESS açık konumu kapalı konumuna göre, 82 traktörün tümü için, nominal motor devrinde, PTO gücünün, grup bazında % 1,1 – 4,0 oranında arttığı ve ortalama % 2,3 daha fazla PTO gücü ürettiği sonucuna ulaşılmıştır (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 ESS açık / ESS kapalı durumuna göre PTO gücündeki ortalama artış

ESS açık -kapalı olma durumunun oluşturduğu PTO gücündeki en yüksek fark; 22,6 kW (ESS açık) gücündeki, ortak yollu yakıt sistemli, atmosferik tip T1 traktöründe, nominal motor devrinde, % 7,7 olarak hesaplanmıştır.

Yakıt tüketimi açısından yapılan genel değerlendirmede; F grubu traktörlerin ESS açık konumunda daha yüksek oranda yakıt tükettiği, B grubundaki traktörlerde bu farkın çok daha düşük olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 5.2).

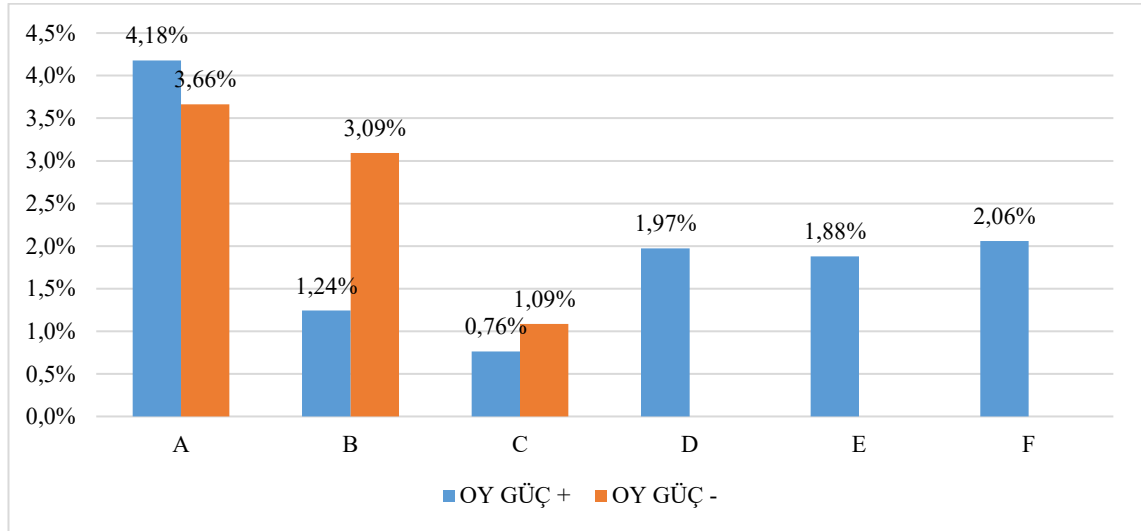


Şekil 5.2 ESS açık / ESS kapalı durumuna göre yakıt tüketimindeki ortalama artış

Özgül yakıt tüketimi ve özgül enerji açısından en yüksek fark; 50,5 kW (ESS açık) gücündeki, ortak yollu yakıt sistemli, Aşırı doldurma, ara soğutucu özellikteki, dört çeker, T28 traktöründe, nominal motor devrinde, özgül yakıt için: (-) % 11,6, özgül enerji için: % 10,4 olarak hesaplanmıştır.

5.2.1 ESS'nin ortak yollu yakıt sistemi bulunan traktörler üzerine etkisi

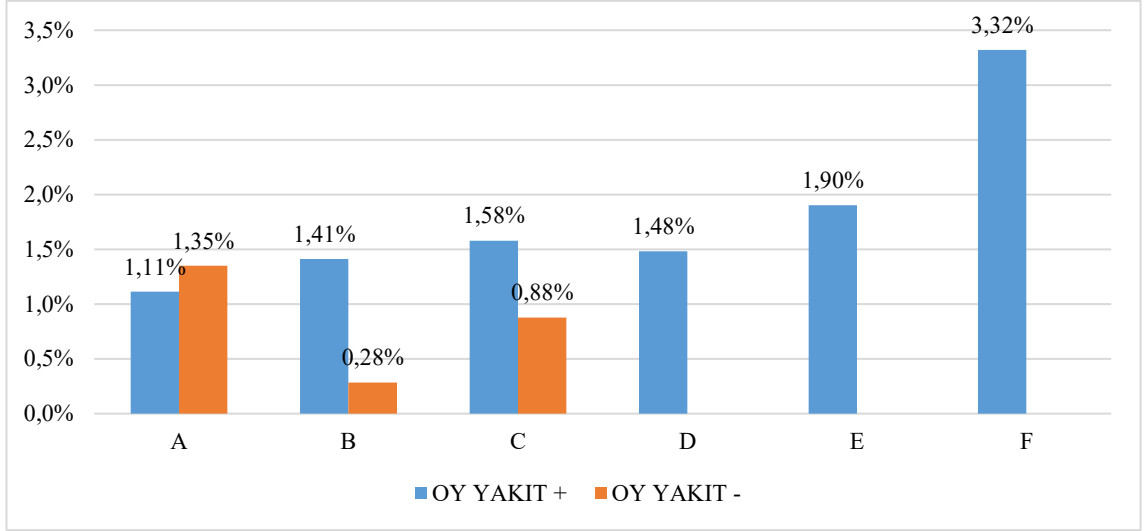
Ortak yollu yakıt sistemi bulunan traktörler arasında A grubunda ESS açık konumunda kapalı konumuna göre daha fazla güç farkı olduğu; B ve C grubu traktörlerde ise ESS açık konumunda kapalıya göre daha az güç farkı olduğu görülmektedir (Şekil 5.3).



Şekil 5.3 ESS etkisinin OY yakıt sistemine göre PTO gücü karşılaştırması

D, E ve F grubu traktörlerin tamamı OY yakıt sistemi kullandığından bir karşılaştırma yapılamamıştır.

OY yakıt sistemli traktörlerin yakıt tüketimi bazında yapılan karşılaştırmasında; A grubu traktörlerde, ESS kapalı konumunda açık konumuna göre daha yüksek saatlik yakıt tüketimi farkı oluşmuştur. B ve C grubunda tersi bir durum söz konusudur (Şekil 5.4).

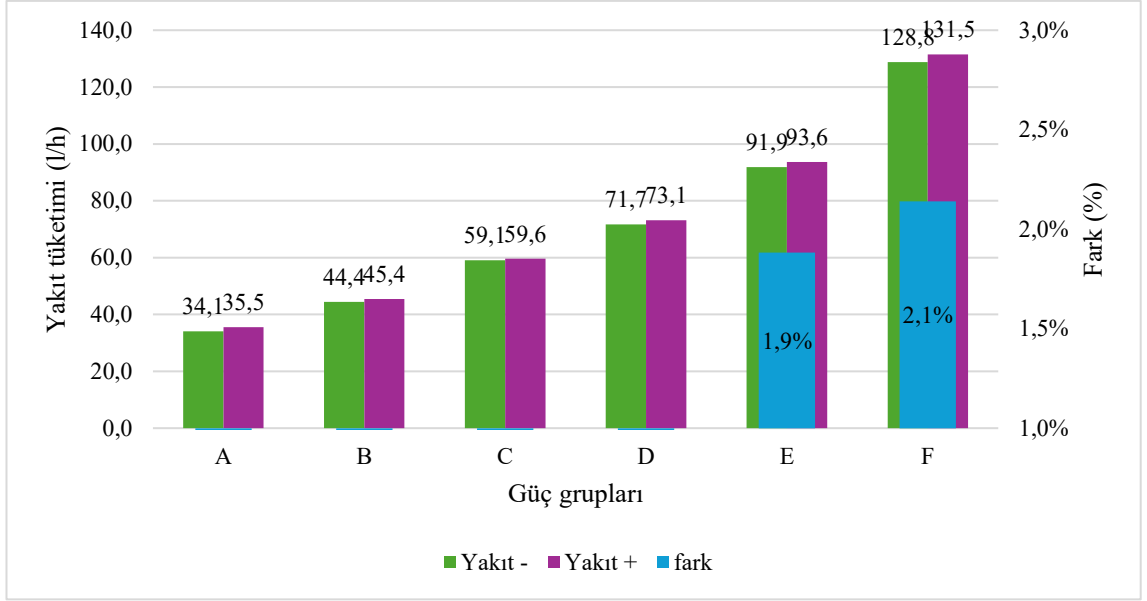


Şekil 5.4 ESS etkisinin OY yakıt sistemine göre yakıt tüketimi karşılaştırması

D, E ve F grubu traktörlerin tamamı OY yakıt sistemi kullandığından güçte olduğu gibi yakıt tüketimi açısından da bir karşılaştırma yapılamamıştır.

5.2.2 ESS'nin aşırı doldurma bulunan traktörler üzerine etkisi

Çalışma kapsamında test edilen 82 traktörün yalnızca 3'ünde AD bulunmamaktadır. Bu sebeple bir karşılaştırma yapılamamıştır. Ancak AD bulunduran traktörler arasında E ve F grubu yüksek güçlü traktörlerin ESS açık konumunda daha yüksek PTO gücü farkına ulaştığı görülmektedir (Şekil 5.5).



Şekil 5.5 ESS açık / ESS kapalı durumunun AD'li traktörlerin PTO gücüne etkisi

AD bulunan traktörlerin saatlik yakıt tüketimlerinde ESS açık kapalı arasında kayda değer bir fark gözlemlenmemiştir.

5.2.3 ESS'nin AD ve AS bulunan traktörler üzerine etkisi

Test edilen 82 traktörün 78'inde AD ve AS bulunmaktadır. Gruplar arasında dengesizlik olduğundan karşılaştırma yapılamamıştır.

5.2.4 Traktör performans testlerinde atmosferik basıncın etkisi

Çalışma kapsamında yapılan testler esnasında Ortam basıncındaki değişimin uzun sürede gerçekleşmesinden dolayı ESS'nin basınç üzerindeki etkisi gözlemlenememiştir. Her bir traktör testinin başlaması ve bitiş süresince ortam basıncında herhangi bir değişiklik olmamıştır. Farklı günlerde yapılan testlerde atmosferik basınç 91,1 – 92,7 kPa aralığında, ortalama 91,8 kPa ölçülmüştür. OECD Kod2 kuralları gereği 96,6 kPa dan düşük olduğu test raporlarında belirtilmiştir.

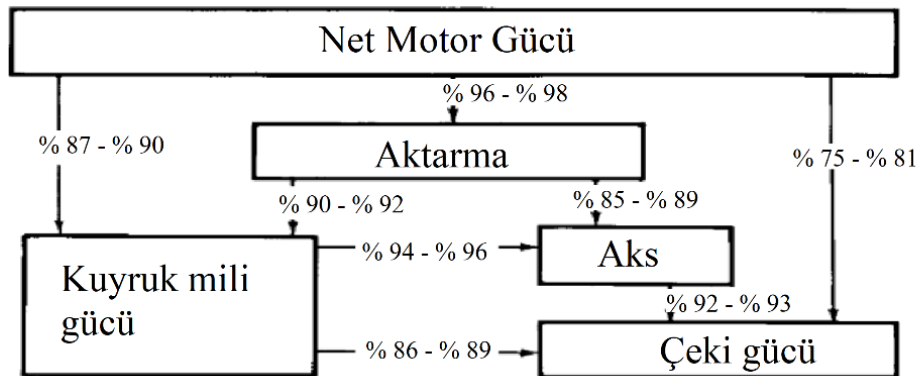
5.2.5 Traktör performans testlerinse bağıl nemin etkisi

ESS'nin ortamı nemlendirerek serinletme özelliğinden yararlanılan çalışma kapsamında; ESS kapalı konumda ortalama % 33 bağıl nem ölçülürken, ESS açık olduğunda ölçülen nem oranı ortalama % 48 olmaktadır. Tüm testlerde, ESS açık kapalı arasında ortalama % 14'lük nem farkı oluşmuştur.

5.3 Hidrolik Güç, Hidrolik Kaldırma Kuvveti ve Çeki Testi Sonuçları

PTO performans testleri yapılan traktörler OECD Kod2 kuralları gereği çeki ve hidrolik testlerine de girmesi gerekmektedir. Materyal olarak belirlenen 82 traktörün çeki ve hidrolik test verileri PTO verileri ile karşılaştırılmıştır. PTO testlerindeki güçlerine göre Çizelge 3.12'deki 6 grup referans alınarak; her bir grup için, ortalama güç, ortalama tork, ortalama yakıt tüketimi, ortalama özgül yakıt tüketimi, ortalama özgül enerji verilerinin yanı sıra ESS açık durumundaki nem verileri Çizelge 5.11'da verilmiştir. Değerlerin karşılaştırılabilir olabilmesi için; PTO testinde elde edilen, güç değerleri arasından maksimum gücün elde edildiği devir referans alınmıştır.

PTO- çeki testi karşılaştırması kapsamında, düz bir beton yüzey üzerinde iki lastik tekerlekli, arka aks tahrikli bir traktörden beklenen maksimum mekanik güç performansını Şekil 5.6'de görülmektedir (Anonymous 2025f)



Şekil 5.6 Güç aktarım oranları (Anonymous 2025f)

Çeki testi karşılaştırmalarında çeki testinde elde edilen maksimum güç ve o gücün elde edildiği devir referans alınarak PTO testindeki karşılık gelen veri alınmıştır.

Çizelge 5.11 Gruplar bazında ortalama PTO testi verileri

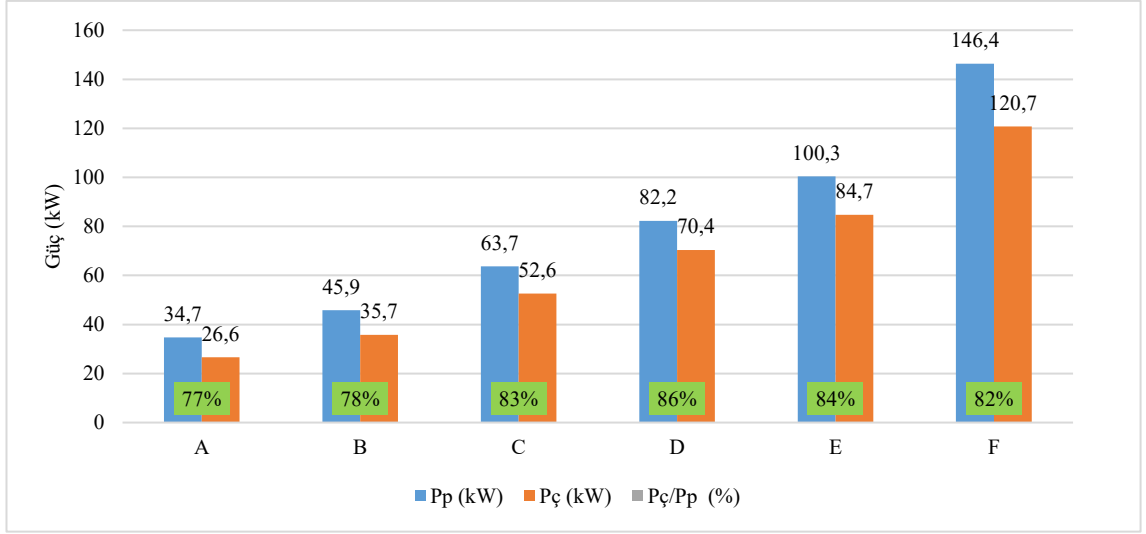
Grup	P _P (kW)	Tork (Nm)	Yakıt Tüketimi (l/h)	Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)	Özgül Enerji (kWh/l)	Nem (%)
A	34,7	156,2	11,7	293,2	3,0	50,0
B	45,9	224,9	14,7	266,9	3,1	43,0
C	63,7	315,0	20,0	258,4	3,2	45,5
D	82,2	414,1	24,7	250,4	3,3	40,9
E	100,3	514,3	28,7	237,7	3,5	47,8
F	146,4	747,4	41,4	235,8	3,6	38,9

Aynı traktörlerin çeki testindeki verilerin karşılaştırılabilir olabilmesi için; PTO testinde hangi motor devrinde değer alınmışsa o devirdeki çeki testi verileri hesaba katılarak çizelgeye işlenmiştir (Çizelge 5.12).

Çizelge 5.12 Gruplar bazında ortalama çeki testi verileri

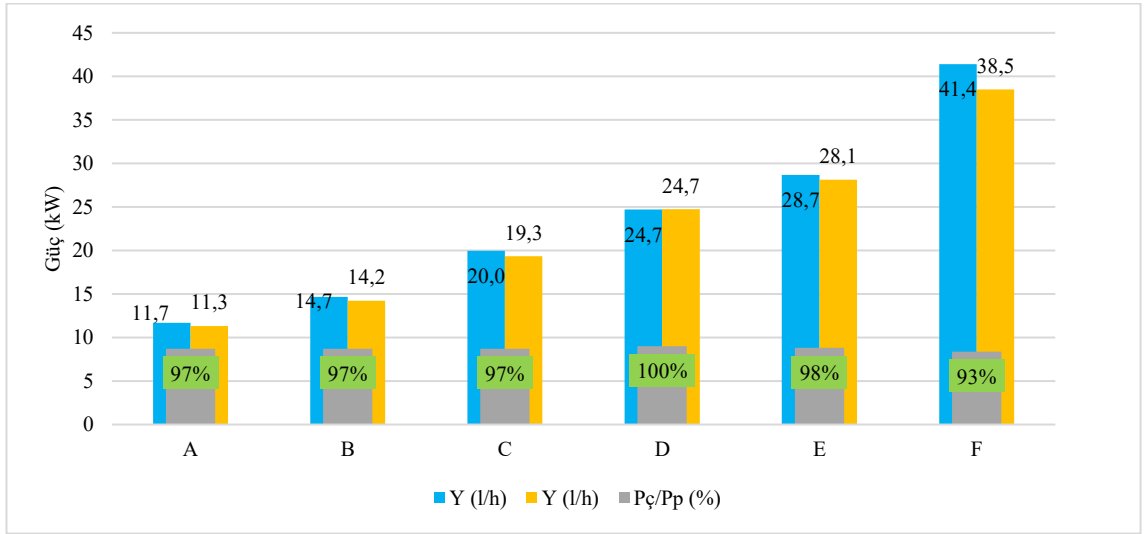
Grup	Çeki G (kW)	Çeki Kuvveti (N)	Yakıt Tüketimi (l/h)	Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)	Özgül Enerji (kWh/l)	Sıcaklık (°C)	Nem (%)
A	26,6	9676,2	11,3	355,6	2,4	21,5	55,8
B	35,7	13378,7	14,2	334,6	2,5	21,5	54,6
C	52,6	18208,1	19,3	309,4	2,7	22,8	52,7
D	70,4	20834,0	24,7	293,3	2,9	21,2	54,0
E	84,7	27284,2	28,1	276,6	3,0	20,5	54,5
F	120,7	38625,0	38,5	269,5	3,1	20,5	53,9

Karşılaştırma neticesinde PTO testinde elde edilen gücün % 77 -86'sı çeki testinde ölçülmüştür (Şekil 5.7) .



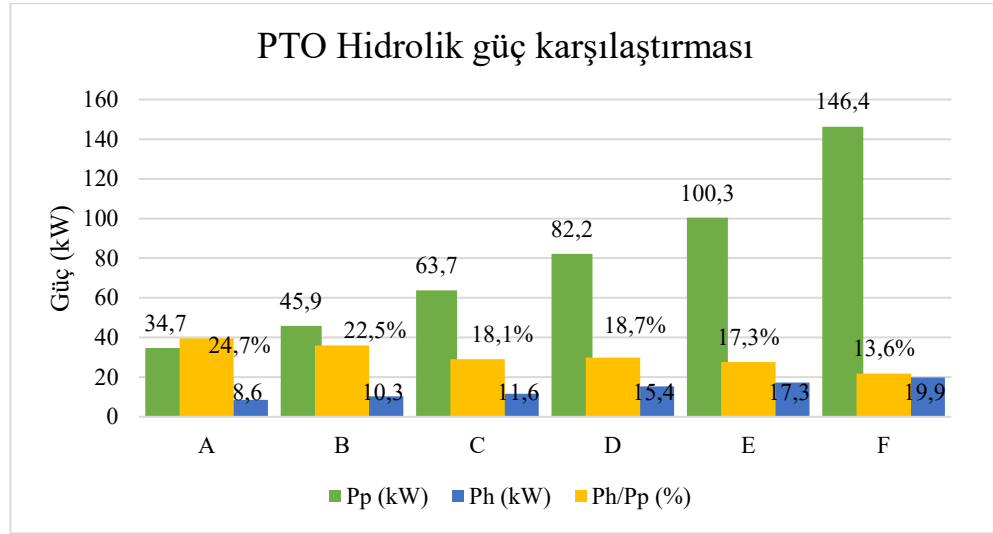
Şekil 5.7 PTO -Çeki gücü karşılaştırması

PTO testinde elde edilen yakıt tüketimi verisi ile çeki testi verilerinin karşılaştırması neticesinde, % 93 -100 aralığında bir oran tespit edilmiştir (Şekil 5.8).



Şekil 5.8 PTO -Çeki yakıt tüketimi karşılaştırması

PTO gücü -hidrolik güç karşılaştırması Şekil 5.9'da verilmiştir.



Yapılan değerlendirmede $P_p - P_h$ oranı, % 14-25 aralığında değişmektedir.

Şekil 5.9 PTO- Hidrolik güç karşılaştırması

5.4 Öneriler

OECD Kod 2'ye göre yapılan traktör motor ve kuyruk mili performans testlerinde, ortam sıcaklığı için izin verilen 23 ± 7 °C sıcaklık toleransı, farklı sıcaklıklarda test edilen traktörlerin test verilerinde önemli farkların ortaya çıkmasına neden olduğu yapılan çalışmayla ortaya konulmuştur.

23 °C'de Test edilen traktörler 30 °C'de test edilen traktörlere nazaran daha yüksek oranda güç ve tork ürettiği buna karşılık yakıt tüketiminin de arttığı istatistiki olarak hesaplanmıştır.

Nominal devirde motorların daha kararlı veri ürettiği, ortak yollu yakıt sistemi bulunan traktörlerin daha verimli çalışabildiği göz önünde bulundurulduğunda güç ve yakıt tüketimi oransal artış olması beklenen bir sonuçtur.

Çalışma kapsamında kullanılan PTO test laboratuvarı yakıt ölçüm sisteminin hassasiyeti göz önüne alındığında bazı traktörlerin yakıt sisteminin geri dönüş basıncının yüksek olması sonucu yakıtın yüksek basınçla geri gelmesi, motorun ve yakıt pompasının kararlı çalışmaması neticesinde kararlı veriler elde edilememiştir. Söz konusu traktörler çalışma kapsamından çıkarılmıştır. Çalışma kararlı veri üretebilen 82 traktör üzerinde yapılmıştır.

Özgül yakıt tüketimi açısından ise bazı traktör gruplarında artış olurken bazılarında azalma söz konusudur. Bu durumun; traktör motorunun ve yakıt pompasının kararlı çalışması, ürettiği güç, transmisyon kayıpları gibi etkenler sonucu değişkenlik gösterebileceği düşünülmektedir.

Özgül yakıt tüketiminin anlamsız çıkmasının ardında; ortam sıcaklığının yakıt hacmine ve yakıt ağırlığına etkisinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca özgül yakıt tüketimindeki verilerin sayısal değerinin yüksek olmasının kullanılan regresyon modelinde ESS açık kapalı konumlarında anlamlı farkının oluşmamasına neden olduğu düşünülmektedir.

Topgül ve Çınar (2001) yaptığı çalışmada soğutma suyu sıcaklığının düşürülmesinin motor gücünde ve torkunda azalmaya yol açacağını savunmaktadır. Bu yönüyle bu tez çalışmasıyla çelişiyor gibi gözükse de aslında burada dikkat edilmesi gereken nokta, içten yanmalı bir motorun optimum çalışma aralığının dışında çalışması yüksek sıcaklıkta olduğu gibi düşük sıcaklıkta da verimde düşüğe neden olmaktadır.

Soares ve Sodre (2002) yaptıkları çalışmada atmosferik basınç arttığında, ortam sıcaklığının da artmasıyla birlikte, aracın ivmelenme süresinin uzadığını bildirmektedirler. Yapılan tez çalışmasında atmosferik basınçla ilgili kayda değer bir değişiklik görülmediği için kıyaslama yapılamamıştır ancak ortam sıcaklığındaki değişimle ilgili bulgular tez çalışmasını desteklemektedir.

Sönmez (2006) yaptığı çalışmada emme havasına ilave oksijen verilmesinin motor gücünü ve torku artırdığı yönünde bulgular edinmiştir. Ortam sıcaklığındaki artışın

havadaki oksijenin moleküler konsantrasyonunun (mol/m^3) azalmasına neden olduğu göz önünde bulundurulduğunda düşük sıcaklıkta daha fazla oksijen molekülü motor içerisine girmiş olacaktır. Bu bağlamda Çınar vd. (2015) yaptıkları çalışmada emme hava sıcaklığının artışının silindir iç basıncı ve ısı salınım hızını artırdığını göstermiştir.

Akasyah vd. (2015) yaptıkları çalışmada ortam sıcaklığının artışının silindir içi basıncını düşürdüğünü bulmuştur. Çalışmalardan elde edilen bulgular, ortam sıcaklığının artmasında da benzer atmosferik şartlar olduğundan tez çalışmasını desteklemektedir.

Howard vd. (2013) yaptığı çalışmada CVT şanzımanın diğer şanzıman türlerine kıyasla daha verimli olduğunu ortaya koymuştur. Tez çalışmasının yapıldığı süreçte, şanzımanla ilgili karşılaştırma yapabilecek farklı şanzıman türlerine sahip numune traktör olmadığından böyle bir kıyaslama yapılamamıştır.

Silleli vd. (2013)'nin 21 traktör üzerinde yaptıkları çalışmada; ESS'nin ortam sıcaklığı üzerine etkisi araştırılmış ve ESS'nin traktör performans testlerinde etkin bir biçimde kullanılabileceğini göstermişlerdir. Ayrıca ESS sayesinde, test edilen traktörlerin ortamı kurutmasının da önüne geçilmesi, traktör egzozundan gelen kötü gazlarında dışarı atılabilmesi avantajlarının bulunduğundan bahsetmiştir. Çalışma sonunda ESS'nin traktör PTO gücünü %3,3 artırdığı bulgusuna ulaşılmıştır. Çalışma her yönüyle bu tez çalışmasına yakın veriler içermektedir. Tez çalışmasında ulaşılan PTO gücündeki 1,25 - % 3,83 oranındaki artış ve ortam neminin dengelenmesi konularında ulaşılan sonuçlar Silleli vd. (2013)'nin çalışmasıyla paralellik göstermektedir.

Gil (2008) bir simülatör yardımıyla farklı yükselti için motor performansını araştırdığı çalışmada yükselti arttıkça motor torkunda azalmaya neden olduğu sonucuna ulaşmıştır. Çalışma bu yönüyle tez çalışmasını destekler nitelikte gözükse de çalışmanın bir simülatör ile yapılması, verilerin 3000 m gibi çok yüksek bir yükselti için elde edilmiş olması ve torktaki düşüşün motorun kendini emniyete alması olarak yorumlanmasından dolayı tez çalışmasından ayrılmaktadır.

Motahari ve Chitsaz (2019), Ibraheem ve Abdullah (2019), Wang vd. (2023) ve Li (2023) yükseltinin ve ortam sıcaklığının artması ile motor torku arasında ters yönde bir ilişki tespit etmiştir. Çalışmalar bu yönüyle tez çalışmasıyla örtüşmektedir.

Anonymous (2025f)'e göre bir traktörün kuyruk mili gücü ile çeki gücü arasında aktarıma organlarından kaynaklanan güç kaybı neticesinde % 86 – 89 aralığında bir oran tespit etmiştir. Tez çalışmasında bu oran %77 -86 aralığında elde edilmiş olup Anonymous (2025f) ile uyumlu olduğu görülmektedir.

Soares ve Sodre 2002, hava içerisinde yüksek miktarda nem bulunması yanma esnasında alev hızını düşürdüğü için yanmayı olumsuz yönde etkilediğinden bahsetmektedir. Çalışma kapsamında test merkezinin bulunduğu Ankara ilinde bağıl nemin çok yüksek olmaması, PTO test laboratuvarında nemin kontrollü biçimde artırılması çalışmada bahsedilen durumun ortaya çıkmasını engellemiştir.

OECD Kod2 traktör performans test kurallarına göre ortam sıcaklığının 23 ± 7 °C aralığında olması, Türkiye gibi yaz aylarında sıcaklığın 30 °C'yi aştığı ülkelerde, özellikle yüksek güçlü traktörlerin ortam havasını çok hızlı bir şekilde ısıtmasının yanı sıra kararlı veri alabilmek için ortam sıcaklığının ve neminin testin başından sonuna kadar toleranslar dahilinde sabit kalması gerekliliği göz önüne alındığında test yapmak oldukça zor hale gelebilmektedir.

Yapılan çalışma neticesinde; sıcaklık, basınç ve nem gibi ortam şartlarındaki farklar traktör performansına ve verimine önemli ölçüde etki ettiği görülmektedir. Aynı test laboratuvarında yazın yapılan testlerle kışın yapılan testler arasında farklar olması muhtemeldir. Farklı iklim özelliklerine sahip test laboratuvarlarında yapılan testler arasında da farklar oluşacaktır. OECD Kod2 standartları referans alınarak yapılan testlerin tüm dünyada karşılaştırılabilir olması yani aynı traktörün dünyanın farklı yerlerinde aynı koşullarda test edilmesi ve aynı sonuçların alınması beklenmektedir.

Çalışmanın yapıldığı PTO test laboratuvarında bulunan ESS'nin havayı kurutmadan sıcaklığı düşürebilme, test boyunca sıcaklığı ve nemi sabit tutabilme, sıcak yaz aylarında da test yapılabilme ve düşük maliyetle çalışabilme avantajlarının, ESS'nin oldukça etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir. ESS imkânı bulunan bir laboratuvarında yapılan testlerin daha kararlı ve doğru sonuçlar vereceği, bu nedenle traktör test istasyonlarında kullanılmasının elde edilen verilerin uyumluluğu açısından fayda sağlayacağı kanaatine varılmıştır.

ESS selülozik peteklerindeki sudan numune alınarak yapılan bakteri analizinde elde edilen sonuçlar Çizelge 3.9'de verilmiştir. Dezenfeksiyon çalışması neticesinde elde edilen veriler ise Çizelge 3.10'de verilmiştir. Klorlu dezenfeksiyon yöntemi oldukça etkili bir yöntem olmakla beraber, sistemin şehir şebekesinde sürekli beslenmesi dozajın değişmesine yol açabilmektedir. Otomatik dozajlama üniteleri ile iş yüküne göre belirlenen periyotlarda dezenfeksiyon sağlanmasının daha uygun olacağı kanaatine varılmıştır.

KAYNAKLAR

- Akasyah, M. K. Mamat, R. Abdullah, A. Aziz, A. ve Yassin, H. M. 2015. Effect of ambient temperature on diesel-engine combustion characteristics operating with alcohol fuel. International Journal of Automotive and Mechanical Engineering, 11 (1), 2373-2382.
- Anonim. 2025a. Web Sitesi: <https://www.turktraktor.com.tr/hakkimizda/tarihce>, Erişim Tarihi: 08.04.2025.
- Anonim. 2025b. Web Sitesi: <https://subconturkey.com.tr/turkiyenin-ilk-yerli-traktoru-hsg>, Erişim Tarihi: 18.04.2025.
- Anonim. 2025c. Web Sitesi: <https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/tamtest/Menu/20/Tarihce>, Erişim Tarihi: 08.04.2025.
- Anonim. 2025d. Web Sitesi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A>, Erişim Tarihi: 08.04.2025.
- Anonim. 2025e. Web Sitesi: <https://fanbak.com/Havalandirma-Hava-Degisim-Katsayilari.php>, Erişim Tarihi: 08.04.2025.
- Anonim. 2025f. Web Sitesi: <https://hsgm.saglik.gov.tr/tr/mevzuat/y%C3%B6netmelikler/53-i%C3%87nsani>, Erişim Tarihi: 08.04.2025.
- Anonymous. 2013. OECD, 2013. Effects of Altitude and Temperature on OECD ROPS, FOPS and Performance Tests. Organisation for Economic Co-operation and Development, Paris 2013.
- Anonymous 2015. Water -Cooled Dyne Systems Eddy Current Dynamometers User Manual. Dynesystems, Inc. Midwest & Dynamatic Dynamometers, Controls, Dynamometers, System Integration And Test Cell Automation.
- Anonymous 2005. Fuel Balance Operating Manual, March 2005, AT0905E Rev.03. AVL List GmbH, Graz - Austria
- Anonymous. 2025a. Web Sitesi: <http://www.volocars.com>, Erişim Tarihi: 03.03.2025.
- Anonymous. 2025b. Web Sitesi: <https://www.britannica.com/technology/tractor-vehicle>, Erişim Tarihi: 18.04.2025.
- Anonymous. 2025c. Web Sitesi: <https://www.thehenryford.org/collections-and-research>, Erişim Tarihi: 08.04.2025.
- Anonymous. 2025d. Web Sitesi: <https://www.oecd.org/en/topics/tractors.html>, Erişim Tarihi: 08.04.2025.

- Anonymous. 2025e. Web Sitesi: <https://www.flycarpet.net/en/psyonline>, Erişim Tarihi: 09.04.2025.
- Anonymous. 2025f. Web Sitesi: [https://asabe.org/search-results?search= ASAE%20EP 496.2%20DEC99](https://asabe.org/search-results?search=ASAE%20EP496.2%20DEC99), Erişim Tarihi: 09.04.2025.
- Apazhev, A. K. Shekikhachev, Y. A. Batyrov, V. I. Bolotokov, A. L. ve Shekikhacheva, L. Z. 2021. Improving the performance of tractor diesel engines by optimizing the fuel supply characteristics, 240th Electrochemical Society (ECS) meeting, 10-14 .
- Aydemir, B. 2019, Çekme Deneyinde Belirsizlik Hesabı ve Sayısal Uygulaması. Kuvvet Laboratuvarı Teknik dokümanı, TÜBİTAK Ulusal Metroloji Enstitüsü, S.3, N.3, 2019 (21-33).
- Balsari, P. Biglia, A. Comba, L. Sacco, D. Alcatrao, E.L. Varani, M. Mattetti, M. Barge, P. Tortia, C. Manzone, M. Gay, P. Aimonino, D.R. 2021. Performance analysis of a tractor - power harrow system under different working conditions, Biosystems Engineering, 202(2021), 28-41.
- Bedir, O. T. 2016. Ev Tipi Evaporatif Soğutucu Performans Karakteristiklerinin İncelenmesi. Yüksek lisans tezi, Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Mühendisliği Anabilim Dalı, 81, Balıkesir.
- Bulut. H., ve Yenigün. B. 2013. Taşınabilir bir evaporatif soğutucunun performansanalizi. Tesisat Mühendisliği Dergisi, 135(1); 5-13.
- Cameron, A.C. ve Douglas, L. M. 2015 A Practitioner's Guide to Cluster-Robust Inference. Journal of Human Resources, 50 (2); 317-372.
- Canavate, O., Sierra, J.G., Kindelán, J.C. 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.
- Cankaya, M. 2013. Cumhuriyet Dönemi Teknoloji Tarihi (Tarım Alet ve Makineleri, Demir Çelik ve Demiryolu Teknolojileri). Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Felsefe (Bilim Tarihi) Anabilim Dalı, 420, Ankara.
- Çınar, C. Uyumaz, A. Solmaz, H. Sahin, F. Polat, S. ve Yilmaz, E. 2015. Effects of intake air temperature on combustion, performance and emission characteristics of a HCCI Technology 130 (C), 275-81.
- Ergül, İ. 2016. Türkiye'deki tarım traktörlerinin enerji verimliliği sınıflandırmasına yönelik bir sistem geliştirilmesi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalı, 157, Ankara.

- Faridi, H. Arabhosseini, A. ve Zarei, G. 2020. "The most commonly used greenhouse cooling Technologies: Conventional against modern methods, 7th national conference on applied research in agricultural science, 19 Şubat, Journal of Food.
- Gıl, D. J. G. 2018. Development of an altitude simulator and analysis of the performance and emissions of turbocharged Diesel engines at different altitudes. Doktora Tezi, Universitat Politècnica de Valencia Departamento de Maquinas Motores Térmicos, 256, Valencia.
- Gnanamoorthi, V. ve Devaradjane, G. 2015. Effect of Compression Ratio on the Performance, Combustion and Emission of Di Diesel Engine Fueled with Ethanol e Diesel Blend. Journal of the Energy Institute 88 (1), 19-26.
- Gritsenko, A. Vladimir S. Semen F. ve Tatyana B. 2023. Increase In The Fuel Efficiency of A Diesel Engine by Disconnecting Some of Its Cylinders. Facta Universitatis, Series: Mechanical Engineering, 21 (4), 657-670.
- Harman, B. İ. Tanaçan, E. Genişoğlu, M, Kaplan Bekaroğlu, Ş. Ş. Ateş, N. Yiğit N. Ö. Sardohan Köseoğlu, T. ve Kanan, A.A.S. 2017. Yüzme havuzlarında karbon bazlı dezenfeksiyon yan ürünlerinin oluşumu. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 19 (55), 63-78.
- Howard, C. N. Kocher, M.F. Hoy, R. M. Blankenship, E. E. 2013. Testing the fuel efficiency of tractors with continuously variable testing the fuel efficiency of tractors with continuously variable and standard geared transmissions and standard geared transmissions. Biological Systems Engineering, 56 (3), 869-879.
- Hoy, R.M. ve Kocher, M.F. 2020. The nebraska tractor test laboratory: 100 years of service.2020 Agricultural Equipment Technology Conference, 10-12 Şubat, American Society of Agricultural and Biological Engineers, 41, 1-14, Michigan, ABD.
- Huber, P.J. The behavior of maximum likelihood estimates under nonstandard conditions. Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability. 1(1967); 221-233.
- Ibraheem, R.R ve Abdullah.K.A.2019. Effect of ambient air temperature on the performance of petrol engine. Journal of Engineering Sciences 12 (01), 7-11.
- Jílek, L. Pražan, R. Podpěra, V. ve Gerndtová, I. 2008. The effect of the tractor engine rated power on diesel fuel consumption during material transport. Research in Agricultural Engineering 54 (1), 1-8.
- Kadhim, N.S. and Idhas, S.M. 2017. "The Effect of Diesel Fuel Temperature, Speed and Load on Some Performance Parameters of Tractor Engine". IX International Scientific Symposium, 22-24 November, University of Przyrodniczy, Farm Machinery and ProcECSES Management in Sustainable Agriculture, 148-53, Lublinie, Poland.

- Kapilan, N., Isloor, A.M. ve Karinka S. 2023. A comprehensive review on evaporative cooling systems. *Results in Engineering* 18 (Haziran), 1-14.
- Killedar, J.S., 2012. *Dynamometer theory and application to engine testing*. Xlibris Corporation, 607, United States of America.
- Kim, K.U., Bashford, L.L. and Sampson, B.T. 2005. Improvement of tractor performance. *Applied Engineering in Agriculture* 21(6); 949-954.
- Kocher, M. F. Smith, B. J. Hoy, R. M. Woldstad, J. C. ve Pitla, S. K. 2017. Fuel consumption models for tractor test reports. *Transactions of the ASABE*, 60 (3), 693-701.
- Koniuszy, A. Kostencki, P. Berger, A. ve Golimowski, W. 2017. Power Performance of Farm Tractor in Field Operations. *Maintenance and Reliability*, 19 (1), 43-47.
- Lanças, K. P. Filho, A. C. M. Moura, M. D. Damasceno, F. A. de Jesus ve Balestrin, D. R. 2020. Agricultural Tractor Test. *Revista Ciencia Agronomica* 51 (5).
- Niculae, A.L. Chiriac, R. Racovitza, A. ve Ungureanu, V. 2022. Effect of injection system characteristics on performance, efficiency and emissions of agricultural tractor diesel engines, 243. *Ecs Meeting With SOFC XVIII*, 28 Mayıs-2 Haziran, Materials Science and Engineering 1220 (1), Boston, ABD.
- Leviticus, L. I. 1980. Tractor Testing in the World. *Agricultural History Symposium, Science and Technology in Agriculture* ,54(1), 167-172.
- Li, Zhipeng, Zhang, Q. Zhang, F. Liang, H. ve Zhang, Yu. 2023. Numerical Investigation of the Effect of Altitude on Diesel Engine Combustion and Soot Emissions. *Advances in Mechanical Engineering* 15 (9), 1-11.
- Mishra, P. Singh, U. Chandra, M.P. Mishra, P. ve Pandey, G. 2019. Application of student's t-test, analysis of variance and covariance, *Annals of Cardiac Anaesthesia* 22 (4), 407-411.
- Mohiuddin, K. Kwon, H. Choi, M. ve Park S. 2021. Effect of engine compression ratio, injection timing, and exhaust gas recirculation on gaseous and particle number emissions in a light-duty diesel engine, *Fuel*, 294 (Haziran), 1-11.
- Motahari, S. and Chitsaz, I. 2019. Effects of altitude and temperature on the performance and efficiency of turbocharged direct injection gasoline engine. *Journal of Applied Fluid Mechanics* 12(6); 1825-1836.
- Olum, S. 2022. Türkiye’de OECD Testlerine tabi tutulan tarım traktörlerinde avrupa birliği enerji etiketinin oluşturulması. *Doktora Tezi*, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalı, 143, Ankara

- Olum, S. Dursun, E. Velioğlu, H. ve Kantaş, M. 2019. Yakıt sıcaklığının traktör performansına etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 15(2); 67-71.
- Ovtov, V.A. Orekhov, A.A. Polikanov, A.V. Polyvyany, Y.V. ve Shitov, E.P. 2021. Bench tests of the modernized tractor diesel. Volga Region Farmland 2(10), 93-97.
- Özbayer, M.M. 2019. Tarım traktörlerinin performans karakteristiklerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Anabilim Dalı, 141, Ankara.
- Parlak, A. Çevik, İ. ve Eldoğan, O. 2003. Bir dizel motorunda sıkıştırma oranı artışının performansa etkisi. Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Dergisi, 7 (1), 36-41.
- Porumb, B. Ungureşan, P. Tutunaru, L.F. Şerban, A. ve Balan, M. 2016. A review of indirect evaporative cooling technology, Sustainable Solutions for Energy and Environment, 18-20 Kasım, Energy Procedia, 85, 461-471 Bucharest, Romania.
- Raţiu, S. 2003. The History of The Internal Combustion Engine. 2003. The History of The Internal Combustion Engine. Annals of The Faculty of Engineering Hunedoara, 3(1),146-156.
- Roeber, J. B.W. Pitla, S. K. Hoy, R. M. Luck, J. D. Ve Kocher, M. F. 2017. Tractor Power Take-Off Torque Measurement and Data Acquisition System. Applied Engineering in Agriculture, 33 (5), 679-86.
- Sanders, Ralph W. 1996. Vintage Farm Tractors. Voyageur Press, Stillwater, Minnesota, 192, United States.
- Sapounas, A. A., Martzopoulou, C.N. Bartzanas, T. ve Kittas, C. 2008. Fan and pad evaporative cooling system for greenhouses: Evaluation of a numerical and analytical model, Acta Horticulturae, 797(Eylül),131-138.
- Saral A. ve Onurbaş Avcıoğlu, A, 2006. Termik Motorlar. Ankara Üniversitesi Z.F. Yayın, No: 1550, 294s., Ankara.
- Silleli, H., Karkin, H. ve Can, K. 2013. Traktör performans testlerinde evaporatif soğutma sisteminin ortam sıcaklığı üzerine etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9(2); 167-174.
- Sinaga, N. Yunianto, S. B ve Rifal, M. 2020. Experimental and Computational Study on Heat Transfer of A 150 Kw Air-Cooled Eddy Current Dynamometer. Journal Of Physics: Conference Series. C. 1373(1).
- Soares, S.M.C. and Sodre, J.R. 2002. Effects of atmospheric temperature and pressure on the performance of a vehicle. Journal of Automobile Engineering 216(6); 473-477.

- Sönmez, İ. 2006. Dizel Motorlarına ilave Oksijen Verilmesinin Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi. Bilim Uzmanlığı Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Eğitimi Anabilim Dalı, 66 Karabük.
- Sümer, S.K., Sabancı, A. ve Ülker, K. 1998. Tarım traktörlerinde güç ve yüklenme koşullarına bağlı olarak, özgül yakıt tüketimi ve egzoz gazı sıcaklığı arası ilişkilerin incelenmesi üzerine bir araştırma, 18. Ulusal Tarımsal Mekanizasyon Kongresi, 3-5 Eylül, Tekirdağ.
- Taştemür, S. ve Halkman, A.K. 2014. Membran filtrasyon tekniği ile koliform analizinde kullanılan besiyerlerinin kıyaslanması. Gıda, 39 (5), 267-273.
- Tepe, A.Ü. ve Sağıroğlu, S. 2016. Soğuk hava şartlarında motorun tükettiği havanın sıcaklığının elektrikli ısıtıcı ile artırılmasının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi, 8. Otomotiv Teknolojileri Kongresi, 23-24 Mayıs 2016, Bursa.
- Toksöz, S. 2010. Bir Dizel Motorunda Yanma Olayının Analizi, Yüksek lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 65, Sakarya.
- Topgül, T. ve Çınar, C. 2001. İçten yanmalı motorlarda soğutma suyu sıcaklığının motor performansına etkileri. Selçuk-Teknik Online Dergisi, 2(1); 04-18.
- Toslak, A.H. 2019. Tek Silindirli Bir Dizel Motorun Performans Karakteristiklerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv Mühendisliği Ana Bilim Dalı, 72, Ankara
- Türker, U. Ergül, İ. ve Eroğlu, M.C. 2012. Energy efficiency classification of agricultural tractors in Turkey based on OECD tests, Energy Education Science and Technology, 28(2), 917-924.
- Uyumaz, A. ve Solmaz, H. 2017. Emme havası giriş sıcaklığı ve ön karışımli yakıt oranının RCCI yanma karakteristiklerine ve motor performansına etkileri. Politeknik Dergisi, 20 (3); 689-698
- Vatandaş, M. 2003, Standart traktörlerde kuyruk mili gücünün tahmini için karşılaştırmalı bir model çalışması, Tarım Bilimleri Dergisi, 8 (4), 313-319.
- Wang, W. Fu, X. Wei, C. Wang, Y. ve Chen, S, 2023. Study on temperature field in common-rail diesel engine combustion chamber at different altitudes. 245. ECS meeting. 26-30 Mayıs, Journal of Physics, 2650(2023), San Francisco, ABD.
- Wooldridge, J.M. 2010. Econometric analysis of cross section and panel data. Second edition MIT Press, P. 123-137, London, England.
- Yağcıoğlu, A. 2017. Sera Mekanizasyonu. Ege Üniversitesi Z.F. Yayın, No: 562, 377s., İzmir.

Yıldız, S.O. Demir, İ. Olum, S. ve Polat, M.Y. 2023. Traktörlerde kuyruk mili gücündeki kayıp oranının belirlenmesi üzerine bir çalışma, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 19 (2), 119-32.

Yıldız, S.O. Olum, S. ve Velioğlu H. 2025. Tarım traktörlerinde hidrolik kaldırma kuvvetinin geriye devrilme (şahlanma) noktasına etkisi üzerine bir çalışma. Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 13 (1), 133-43.

EKLER

EK 1 PTO gücü (kW) verileri

Grup	Traktör	P1 ESS Kapalı	P1 ESS Açık	P1 (%) Fark	P2 ESS Kapalı	P2 ESS Açık	P2 Fark	P3 ESS Kapalı	P3 ESS Açık	P3 Fark	P4 ESS Kapalı	P4 ESS Açık	P4 Fark
A	T1	15,3	16,1	4,6%	21,6	22,5	3,8%	22,3	23,1	3,3%	20,9	22,6	7,7%
	T2	18,7	18,8	0,8%	26,7	27,5	2,9%	26,7	27,5	2,9%	28,4	29,3	3,0%
	T3	25,5	27,0	5,6%	32,7	34,4	5,1%	32,0	33,8	5,4%	29,6	30,8	3,9%
	T4	22,9	23,8	3,9%	27,8	28,6	2,8%	31,5	32,3	2,4%	31,3	32,2	2,7%
	T5	33,0	34,1	3,1%	36,7	38,0	3,5%	34,7	36,3	4,4%	30,8	32,6	5,5%
	T6	24,2	24,9	2,6%	29,5	30,2	2,4%	33,9	34,7	2,3%	33,9	34,8	2,6%
	T7	31,2	32,3	3,4%	33,3	34,6	3,6%	33,5	34,9	4,1%	33,1	34,9	5,1%
	T8	32,2	33,2	3,2%	36,7	38,1	3,5%	35,9	37,3	3,8%	34,4	35,8	4,1%
	T9	32,8	33,7	2,8%	37,5	38,8	3,3%	36,1	37,4	3,6%	35,1	36,6	4,2%
	T10	32,0	33,5	4,5%	36,4	38,5	5,3%	36,4	38,5	5,3%	34,6	36,7	6,0%
	T11	39,9	40,5	1,4%	42,9	43,4	1,2%	42,1	42,6	1,1%	36,1	37,3	3,2%
	T12	25,3	26,3	3,6%	36,5	37,2	1,8%	36,6	37,3	1,8%	36,6	37,3	1,8%
	T13	37,1	37,8	1,8%	43,0	43,6	1,4%	42,1	43,0	2,1%	36,5	37,4	2,3%
B	T14	32,0	33,4	4,0%	37,2	38,7	3,8%	37,7	38,9	3,1%	36,9	38,1	3,3%
	T15	33,1	34,8	4,8%	38,6	40,0	3,6%	38,4	40,0	3,9%	36,5	38,3	4,8%
	T16	35,9	36,3	1,0%	40,3	40,8	1,2%	40,3	40,8	1,2%	38,4	39,2	2,0%
	T17	30,9	32,4	4,8%	39,7	40,9	2,9%	39,8	41,1	3,1%	38,8	40,0	3,0%
	T18	34,7	35,2	1,4%	41,9	42,7	1,8%	41,5	42,3	2,0%	39,3	40,9	3,9%
	T19	43,4	43,8	0,8%	45,4	45,5	0,2%	43,3	43,5	0,5%	41,9	42,0	0,1%
	T20	36,5	37,8	3,5%	41,5	43,7	5,0%	42,0	43,7	4,0%	40,9	42,9	4,6%
	T21	44,9	45,5	1,3%	48,5	49,1	1,2%	45,1	45,6	1,1%	43,9	44,5	1,3%
	T22	39,9	41,2	3,2%	45,7	47,3	3,3%	43,3	45,1	4,0%	42,6	44,7	4,7%
	T23	40,7	41,7	2,5%	46,4	47,9	3,0%	45,4	46,4	2,2%	44,9	45,3	0,8%
	T24	34,2	36,4	6,2%	44,3	46,4	4,5%	44,8	46,9	4,5%	44,8	46,4	3,4%
	T25	47,5	47,8	0,8%	49,4	50,0	1,1%	47,5	48,0	1,0%	46,3	46,7	0,8%
	T26	37,3	39,3	5,0%	46,9	48,4	3,1%	47,0	48,5	3,1%	47,1	48,4	2,9%
	T27	51,4	51,6	0,5%	53,4	53,5	0,3%	51,0	51,1	0,1%	50,2	50,3	0,3%
	T28	46,9	48,7	3,5%	49,3	50,8	3,1%	49,3	50,8	3,1%	47,5	50,5	6,0%

EK 1 Devam													
Grup	Traktör	P1 ESS Kapalı	P1 ESS Açık	P1 (%) Fark	P2 ESS Kapalı	P2 ESS Açık	P2 Fark	P3 ESS Kapalı	P3 ESS Açık	P3 Fark	P4 ESS Kapalı	P4 ESS Açık	P4 Fark
C	T29	48,8	49,6	1,5%	56,1	56,9	1,4%	53,1	53,3	0,3%	51,2	51,4	0,4%
	T30	50,7	51,5	1,6%	61,9	62,7	1,3%	59,9	60,8	1,6%	51,4	52,2	1,4%
	T31	59,7	60,7	1,6%	64,7	65,8	1,7%	60,2	61,1	1,4%	52,5	52,7	0,4%
	T32	49,5	50,3	1,5%	62,0	62,5	0,8%	56,6	56,8	0,4%	53,7	53,9	0,4%
	T33	46,2	46,6	0,8%	57,7	58,4	1,3%	57,7	58,4	1,3%	53,8	54,6	1,4%
	T34	48,7	49,6	1,9%	55,9	56,3	0,8%	55,9	56,3	0,8%	55,6	55,8	0,4%
	T35	56,9	58,3	2,4%	60,2	61,3	1,7%	60,4	61,6	1,9%	55,9	56,8	1,4%
	T36	39,9	42,0	5,1%	58,4	59,4	1,7%	59,2	59,7	0,9%	59,2	59,7	0,9%
	T37	55,3	56,2	1,6%	68,6	69,3	0,9%	67,8	68,5	1,1%	59,3	59,8	0,9%
	T38	51,8	52,5	1,3%	61,5	62,4	1,5%	61,5	62,4	1,5%	60,0	61,0	1,6%
	T39	59,8	59,8	0,1%	68,7	69,6	1,3%	67,4	68,0	0,9%	61,6	61,2	-0,6%
	T40	62,9	64,0	1,7%	68,7	69,2	0,8%	67,3	67,6	0,4%	60,9	61,3	0,6%
	T41	55,1	56,3	2,0%	67,8	68,3	0,8%	66,5	67,3	1,2%	62,5	62,4	-0,1%
	T42	47,8	48,7	2,0%	64,1	64,9	1,3%	64,1	64,9	1,3%	62,9	63,8	1,5%
	T43	64,3	65,8	2,4%	68,1	68,9	1,1%	68,5	69,3	1,2%	64,3	65,5	1,9%
	T44	60,9	61,3	0,7%	69,1	69,6	0,8%	69,3	70,0	0,9%	65,0	65,7	1,1%
D	T45	55,8	56,2	0,7%	73,1	73,6	0,8%	73,1	73,6	0,8%	66,6	66,8	0,4%
	T46	68,6	68,2	-0,5%	71,7	72,0	0,4%	72,0	72,3	0,5%	66,8	67,3	0,8%
	T47	50,7	51,4	1,4%	67,5	68,8	1,8%	67,8	69,2	1,9%	65,7	67,4	2,5%
	T48	77,9	78,9	1,3%	82,6	83,8	1,4%	80,2	82,0	2,2%	67,4	68,8	2,1%
	T49	71,9	72,8	1,2%	75,5	76,2	0,9%	71,6	72,3	0,9%	67,7	68,9	1,7%
	T50	60,8	61,4	1,1%	73,1	73,6	0,8%	73,4	73,7	0,5%	70,5	71,1	0,9%
	T51	64,7	66,3	2,5%	86,2	87,4	1,3%	82,2	83,0	1,0%	71,5	72,5	1,3%
	T52	82,0	84,4	2,8%	84,7	87,0	2,5%	80,3	82,7	2,9%	69,5	73,1	4,9%
	T53	80,5	81,6	1,3%	86,7	87,7	1,1%	85,0	86,2	1,3%	74,6	75,6	1,2%
	T54	69,6	70,7	1,5%	78,6	79,5	1,1%	79,5	80,6	1,4%	73,7	75,6	2,5%
	T55	76,0	76,5	0,7%	84,0	84,2	0,2%	82,9	83,2	0,3%	77,2	80,2	3,8%
	T56	55,1	55,8	1,3%	88,5	89,8	1,5%	86,8	88,2	1,5%	79,3	80,6	1,6%
	T57	81,1	81,4	0,4%	90,6	91,5	1,0%	89,9	90,4	0,6%	81,4	82,8	1,6%
	T58	76,5	77,6	1,4%	87,5	89,2	1,9%	81,8	83,0	1,4%	81,8	83,0	1,4%

EK 1 Devam													
Grup	Traktör	P1 ESS Kapalı	P1 ESS Açık	P1 (%) Fark	P2 ESS Kapalı	P2 ESS Açık	P2 Fark	P3 ESS Kapalı	P3 ESS Açık	P3 Fark	P4 ESS Kapalı	P4 ESS Açık	P4 Fark
E	T59	88,5	89,9	1,6%	92,7	93,1	0,4%	89,5	90,7	1,3%	83,6	85,2	1,9%
	T60	73,0	74,7	2,2%	86,5	89,1	2,9%	86,5	89,1	2,9%	83,8	86,2	2,8%
	T61	79,7	80,0	0,4%	92,4	94,8	2,6%	91,7	93,2	1,6%	86,5	88,0	1,7%
	T62	83,5	84,4	1,1%	92,1	93,5	1,4%	91,7	93,2	1,6%	86,7	89,3	2,9%
	T63	84,7	85,0	0,4%	99,0	101,3	2,3%	96,9	98,5	1,7%	90,8	92,8	2,2%
	T64	89,0	89,5	0,6%	99,6	100,5	0,9%	98,9	99,4	0,5%	91,4	93,0	1,7%
	T65	98,4	99,4	0,9%	101,0	103,1	2,0%	98,5	99,9	1,4%	92,1	93,3	1,3%
	T66	84,6	85,0	0,6%	99,6	101,5	1,9%	97,7	99,3	1,6%	94,7	94,9	0,2%
	T67	103,2	103,5	0,3%	109,1	108,7	-0,4%	108,0	107,2	-0,7%	98,0	97,7	-0,2%
	T68	98,1	99,6	1,4%	112,3	114,7	2,1%	106,5	108,7	2,0%	95,5	99,0	3,6%
	T69	99,4	100,2	0,8%	108,3	109,3	0,9%	105,5	106,5	1,0%	98,5	100,4	1,9%
F	T70	87,7	88,5	1,0%	106,6	107,9	1,2%	104,4	106,8	2,3%	101,1	103,8	2,6%
	T71	103,7	104,9	1,1%	111,4	114,6	2,7%	107,8	111,1	3,0%	102,6	105,6	2,9%
	T72	108,4	108,6	0,1%	123,8	124,2	0,3%	119,7	119,8	0,1%	109,3	111,2	1,7%
	T73	96,5	98,3	1,8%	121,7	123,2	1,2%	116,7	121,8	4,2%	112,2	116,0	3,3%
	T74	117,3	119,1	1,5%	127,3	128,8	1,1%	127,3	128,8	1,1%	118,1	119,8	1,4%
	T75	126,0	127,9	1,5%	133,5	137,7	3,0%	133,5	136,8	2,4%	117,7	120,9	2,7%
	T76	122,2	127,1	3,8%	130,9	137,8	5,0%	125,2	135,0	7,2%	116,3	124,3	6,4%
	T77	135,7	136,3	0,5%	149,6	151,1	1,0%	148,5	150,9	1,6%	132,9	134,1	0,9%
	T78	146,8	150,8	2,7%	158,1	160,2	1,3%	158,1	160,2	1,3%	144,0	144,2	0,2%
	T79	158,5	161,1	1,6%	170,9	173,2	1,3%	157,4	159,8	1,5%	147,2	149,0	1,2%
	T80	144,1	145,5	0,9%	155,3	156,9	1,0%	152,6	154,8	1,4%	147,3	150,6	2,2%
	T81	171,4	177,5	3,5%	178,7	183,0	2,4%	173,2	173,9	0,4%	147,1	150,6	2,3%
	T82	166,4	167,9	0,9%	171,3	172,0	0,4%	171,3	172,0	0,4%	150,6	151,4	0,6%

EK 2 Yakıt tüketimi (lt/h) verileri

Grup	Traktör	Y1 ESS Kapalı	Y1 ESS Açık	Y1 Fark	Y2 ESS Kapalı	Y2 ESS Açık	Y2 Fark	Y3 ESS Kapalı	Y3 ESS Açık	Y3 Fark	Y4 ESS Kapalı	Y4 ESS Açık	Y4 Fark
A	T1	5,0	5,3	5,3%	7,4	7,6	2,5%	7,6	7,8	2,9%	7,3	7,7	4,8%
	T2	5,9	5,9	0,0%	8,6	8,8	3,1%	8,6	8,8	3,1%	10,2	10,3	1,1%
	T3	7,4	7,7	4,3%	10,2	10,5	3,0%	10,5	10,8	3,2%	10,9	11,2	2,9%
	T4	7,330	7,510	2,4%	9,0	9,2	1,6%	11,2	11,3	1,0%	11,3	11,5	1,1%
	T5	9,5	9,6	0,6%	11,4	11,7	2,4%	12,2	12,2	- 0,5%	12,7	12,6	- 1,0%
	T6	7,3	7,3	0,3%	10,3	10,1	- 1,9%	12,1	12,2	0,6%	13,0	12,8	- 1,6%
	T7	8,5	8,2	- 3,5%	10,0	10,6	5,6%	10,4	10,4	- 0,4%	10,3	10,5	1,8%
	T8	10,7	11,0	2,8%	13,2	13,4	2,0%	14,4	14,7	1,8%	15,0	15,2	1,8%
	T9	10,3	10,3	0,5%	12,6	12,8	1,8%	13,9	14,1	1,0%	14,4	14,4	- 0,2%
	T10	9,3	9,5	2,3%	11,1	11,3	2,6%	11,1	11,3	2,6%	11,8	12,1	2,5%
	T11	11,4	11,6	2,4%	13,4	13,5	0,7%	13,7	14,0	2,3%	14,0	13,9	- 0,5%
	T12	7,4	7,6	2,1%	11,3	11,5	1,6%	11,7	12,1	3,4%	11,7	12,1	3,4%
	T13	10,5	10,5	0,0%	14,1	14,1	- 0,1%	13,8	14,1	2,2%	13,7	13,9	2,0%
B	T14	10,4	10,3	- 0,7%	12,6	13,0	2,5%	13,0	13,2	1,7%	13,2	13,3	0,2%
	T15	10,3	10,7	4,0%	12,8	13,0	1,4%	13,2	13,5	2,2%	13,1	13,4	2,2%
	T16	11,4	11,5	0,9%	13,2	13,3	1,1%	13,2	13,3	1,1%	14,6	14,6	- 0,1%
	T17	9,7	9,9	2,3%	13,0	13,3	2,4%	13,6	13,7	0,8%	13,7	13,9	1,2%
	T18	10,5	10,6	0,8%	12,9	13,1	1,4%	13,4	13,2	- 1,7%	14,7	14,6	- 0,4%
	T19	12,6	13,2	4,8%	13,6	13,8	0,9%	14,2	13,9	- 1,9%	14,2	14,0	- 1,6%
	T20	10,6	10,9	2,7%	12,4	12,8	3,1%	12,9	13,2	2,1%	13,5	13,8	2,3%
	T21	12,3	12,5	2,1%	13,8	14,0	1,1%	14,6	14,9	1,8%	15,2	15,3	0,9%
	T22	13,8	14,2	2,8%	17,4	17,6	1,1%	17,2	17,4	1,6%	17,1	17,4	1,7%
	T23	13,7	13,9	1,9%	16,3	16,3	0,2%	16,6	16,4	- 0,7%	17,2	17,2	0,3%
	T24	10,1	10,5	3,8%	13,7	14,1	2,8%	14,5	14,8	1,9%	15,1	15,2	0,7%
	T25	13,7	13,7	0,5%	16,1	16,0	- 0,4%	16,2	16,1	- 0,4%	17,5	18,5	5,2%
	T26	10,2	10,4	1,5%	14,8	14,8	0,3%	15,2	15,6	2,9%	15,8	15,9	0,7%
	T27	14,0	14,0	0,1%	14,6	14,6	- 0,3%	14,8	14,9	0,4%	16,1	16,3	1,5%
	T28	12,1	12,3	1,8%	14,5	14,6	0,8%	14,5	14,6	0,8%	16,3	15,5	- 4,9%

EK 2 Devam													
Grup	Traktör	Y1 ESS Kapalı	Y1 ESS Açık	Y1 Fark	Y2 ESS Kapalı	Y2 ESS Açık	Y2 Fark	Y3 ESS Kapalı	Y3 ESS Açık	Y3 Fark	Y4 ESS Kapalı	Y4 ESS Açık	Y4 Fark
C	T29	13,7	13,9	1,9%	15,6	15,7	0,2%	16,6	16,6	- 0,1%	17,3	17,6	1,8%
	T30	14,0	14,6	4,0%	19,1	19,5	2,0%	19,0	19,7	3,4%	17,9	18,4	2,7%
	T31	18,9	19,4	2,5%	21,2	22,1	4,0%	21,3	21,9	3,1%	20,4	21,0	2,8%
	T32	13,1	13,5	2,6%	19,2	19,6	2,2%	20,2	20,2	0,2%	19,7	19,7	- 0,3%
	T33	12,8	13,2	2,7%	17,5	18,0	3,3%	17,4	18,0	3,5%	18,5	18,8	1,2%
	T34	12,9	13,2	2,5%	16,0	16,0	0,2%	16,0	16,0	0,2%	17,2	17,5	1,4%
	T35	17,1	17,7	3,3%	21,1	21,3	1,0%	21,9	21,7	- 1,1%	22,3	22,2	- 0,5%
	T36	12,3	12,7	3,1%	21,2	21,5	1,4%	22,6	22,7	0,4%	22,6	22,7	0,4%
	T37	14,8	15,3	3,6%	17,3	18,3	5,5%	20,8	21,4	2,9%	18,1	18,8	3,6%
	T38	15,0	15,2	1,1%	19,7	19,9	0,8%	19,7	19,9	0,8%	19,6	19,8	1,2%
	T39	16,9	17,0	0,6%	20,4	20,4	0,1%	21,4	21,6	0,6%	22,1	22,9	3,4%
	T40	18,7	19,0	1,3%	21,7	21,8	0,6%	22,1	22,4	1,4%	22,8	23,0	1,2%
	T41	15,4	15,4	0,1%	20,2	20,3	0,4%	20,8	21,0	0,6%	21,7	21,5	- 0,7%
	T42	12,8	13,1	1,9%	18,6	18,8	1,1%	18,6	18,8	1,1%	18,6	18,8	1,2%
	T43	18,5	18,4	- 0,4%	20,7	20,7	0,2%	20,7	21,1	1,9%	20,8	21,5	3,2%
	T44	17,1	17,7	3,3%	21,1	21,3	1,0%	21,9	21,7	- 1,1%	22,3	22,2	- 0,5%
D	T45	14,7	14,8	0,6%	20,9	21,5	2,7%	20,9	21,5	2,7%	21,6	22,5	3,8%
	T46	19,3	19,8	2,3%	21,7	22,4	3,2%	22,3	22,8	2,1%	22,1	22,8	3,0%
	T47	13,8	14,1	2,1%	20,0	20,2	0,8%	20,5	20,7	0,8%	22,3	22,4	0,7%
	T48	23,0	24,5	6,4%	24,6	25,8	4,6%	25,7	26,1	1,7%	23,3	24,1	3,2%
	T49	21,3	20,9	- 1,9%	25,1	25,3	0,4%	24,8	25,1	1,3%	24,6	25,0	1,3%
	T50	16,6	17,6	5,5%	21,0	22,4	5,9%	21,7	22,5	3,5%	22,3	23,3	4,3%
	T51	17,6	18,5	5,0%	23,8	24,2	1,8%	23,7	23,9	0,7%	22,5	22,9	1,6%
	T52	23,9	24,1	0,7%	25,6	25,9	1,1%	25,3	25,6	1,2%	24,6	24,5	- 0,5%
	T53	22,6	22,8	0,9%	24,7	24,8	0,1%	25,2	25,4	0,8%	23,7	24,0	1,4%
	T54	19,7	20,3	2,7%	24,0	24,2	0,8%	24,9	24,6	- 1,3%	25,1	24,5	- 2,3%
	T55	20,1	20,4	1,6%	22,9	23,1	0,9%	23,3	23,5	0,6%	24,4	24,8	1,6%
	T56	16,3	16,2	- 0,3%	26,4	26,6	0,7%	27,2	27,4	0,6%	26,5	26,7	0,7%
	T57	21,4	21,3	- 0,2%	25,1	24,6	- 1,9%	24,7	24,9	0,6%	25,0	25,4	1,4%
	T58	21,2	21,6	1,7%	27,0	27,3	1,2%	26,2	26,5	1,1%	26,2	26,5	1,1%

EK 2 Devam													
	Traktör	Y1 ESS Kapalı	Y1 ESS Açık	Y1 Fark	Y2 ESS Kapalı	Y2 ESS Açık	Y2 Fark	Y3 ESS Kapalı	Y3 ESS Açık	Y3 Fark	Y4 ESS Kapalı	Y4 ESS Açık	Y4 Fark
E	T59	24,9	25,6	2,7%	26,6	27,4	3,1%	30,2	30,4	0,7%	30,4	29,9	-1,6%
	T60	20,9	21,2	1,3%	26,6	27,2	2,3%	26,6	27,2	2,3%	27,3	27,8	1,8%
	T61	20,7	21,6	4,4%	25,8	27,0	4,4%	25,7	25,5	-0,8%	25,8	26,0	0,8%
	T62	21,8	22,5	3,0%	26,4	26,9	1,7%	26,2	26,6	1,7%	25,2	25,9	2,4%
	T63	22,8	22,9	0,4%	27,5	27,8	0,9%	27,1	27,5	1,5%	27,2	27,7	2,0%
	T64	22,8	23,3	1,8%	26,4	27,1	2,7%	26,5	27,3	2,6%	28,3	28,1	-0,8%
	T65	26,3	26,3	0,0%	27,9	28,8	3,4%	29,2	30,3	3,8%	28,1	28,8	2,5%
	T66	21,6	21,8	0,6%	28,6	29,4	2,5%	27,7	28,1	1,6%	26,8	26,9	0,1%
	T67	26,9	27,0	0,4%	29,5	29,5	0,1%	29,7	29,8	0,5%	29,5	30,1	2,0%
	T68	28,0	28,5	1,8%	33,3	34,4	3,3%	34,1	35,0	2,7%	32,7	34,1	4,1%
	T69	26,7	27,1	1,4%	30,5	30,5	0,0%	31,3	31,3	0,2%	29,9	30,3	1,4%
	T70	22,7	23,2	2,0%	30,2	31,1	2,7%	29,9	30,8	3,0%	28,9	30,1	3,9%
F	T71	27,3	27,5	0,9%	31,3	31,6	0,9%	30,8	31,1	1,1%	30,5	31,1	1,9%
	T72	30,2	30,8	1,9%	34,2	35,2	3,0%	34,9	35,5	1,8%	32,8	33,9	3,1%
	T73	25,6	26,6	3,5%	35,3	35,8	1,5%	34,7	35,1	1,1%	33,6	34,3	2,0%
	T74	31,7	32,6	2,6%	37,0	37,9	2,4%	37,0	37,9	2,4%	35,7	36,3	1,6%
	T75	34,8	35,5	2,0%	39,9	39,8	-0,2%	41,5	41,1	-0,9%	38,5	38,8	0,6%
	T76	34,4	34,7	1,0%	39,1	40,7	3,9%	39,9	40,0	0,2%	39,2	39,6	1,0%
	T77	34,2	34,4	0,3%	39,2	40,1	2,1%	39,3	40,0	1,7%	36,5	36,8	0,8%
	T78	36,8	37,0	0,5%	40,8	41,4	1,5%	40,8	41,4	1,5%	37,6	38,9	3,3%
	T79	44,7	45,3	1,4%	48,9	49,0	0,1%	46,5	46,6	0,2%	44,3	44,4	0,2%
	T80	38,3	38,9	1,6%	43,0	43,7	1,6%	45,6	45,7	0,2%	44,9	46,8	3,9%
	T81	43,9	44,5	1,3%	48,6	50,3	3,5%	50,4	51,4	1,9%	45,2	47,0	3,7%
	T82	41,3	42,1	2,0%	44,4	45,5	2,2%	44,4	45,5	2,2%	42,4	44,0	3,5%

EK 3 Özgöl yakıt tüketimi (g/kWh) verileri

Grup	Traktör	ÖY1 ESS Kapalı	ÖY1 ESS Açık	ÖY1 Fark	ÖY2 ESS Kapalı	ÖY2 ESS Açık	ÖY2 Fark	ÖY3 ESS Kapalı	ÖY3 ESS Açık	ÖY3 Fark	ÖY4 ESS Kapalı	ÖY4 ESS Açık	ÖY4 Fark
A	T1	271,2	273,0	0,7%	282,8	280,6	-0,8%	282,3	282,8	0,2%	289,0	282,7	-2,2%
	T2	260,3	258,1	-0,9%	266,0	266,6	0,2%	266,0	266,6	0,2%	296,5	290,8	-2,0%
	T3	239,9	236,3	-1,5%	258,6	252,7	-2,3%	271,7	266,6	-1,9%	305,9	302,3	-1,2%
	T4	266,0	261,2	-1,8%	269,8	265,9	-1,4%	295,6	291,1	-1,5%	300,5	295,9	-1,5%
	T5	239,4	233,8	-2,4%	258,5	255,2	-1,3%	292,5	277,7	-5,3%	343,0	320,6	-7,0%
	T6	251,2	244,8	-2,6%	289,1	277,5	-4,1%	297,3	291,2	-2,1%	318,6	306,7	-3,9%
	T7	226,0	210,3	-7,5%	249,6	254,0	1,7%	259,3	250,3	-3,6%	256,7	248,3	-3,4%
	T8	276,1	275,9	0,1%	295,9	292,7	-1,1%	334,4	327,2	-2,2%	359,1	351,8	-2,1%
	T9	259,9	253,5	-2,5%	279,6	274,7	-1,8%	320,7	310,8	-3,2%	341,1	325,6	-4,8%
	T10	241,3	235,8	-2,4%	251,7	244,7	-2,9%	251,7	244,7	-2,9%	284,5	274,4	-3,7%
	T11	236,0	238,2	0,9%	258,5	257,3	-0,5%	269,8	273,6	1,4%	317,7	314,2	-1,1%
	T12	243,6	239,8	-1,6%	256,6	255,9	-0,3%	265,8	270,1	1,6%	265,8	270,1	1,6%
	T13	235,4	230,4	-2,2%	272,0	268,0	-1,5%	272,0	272,3	0,1%	309,5	309,0	-0,2%
B	T14	268,4	256,2	-4,7%	281,6	278,2	-1,2%	285,5	281,9	-1,3%	297,8	288,4	-3,3%
	T15	257,7	256,5	-0,5%	275,8	270,5	-1,9%	284,3	279,5	-1,7%	298,4	289,6	-3,1%
	T16	262,7	262,1	-0,2%	271,6	270,9	-0,3%	271,6	270,9	-0,3%	315,3	308,7	-2,1%
	T17	260,1	253,4	-2,7%	272,4	269,0	-1,3%	283,1	277,8	-1,9%	293,6	288,5	-1,8%
	T18	250,1	248,9	-0,5%	256,5	254,7	-0,7%	268,2	258,6	-3,7%	309,7	296,4	-4,5%
	T19	240,1	253,0	5,1%	249,1	251,0	0,7%	271,6	265,1	-2,4%	281,0	276,3	-1,7%
	T20	240,8	238,6	-0,9%	247,1	242,0	-2,1%	255,1	249,9	-2,1%	274,5	268,1	-2,4%
	T21	227,0	228,8	0,8%	236,8	236,3	-0,2%	268,9	270,7	0,7%	287,3	289,9	0,9%
	T22	286,8	285,3	-0,5%	314,8	308,0	-2,2%	328,6	320,7	-2,5%	333,3	323,2	-3,1%
	T23	279,1	277,1	-0,7%	290,7	282,3	-3,0%	302,6	293,8	-3,0%	317,5	315,7	-0,6%
	T24	244,2	238,7	-2,3%	256,7	251,6	-2,0%	268,1	261,0	-2,7%	278,8	271,7	-2,6%
	T25	238,6	238,3	-0,1%	269,8	265,4	-1,7%	282,5	278,7	-1,3%	314,2	328,4	4,3%
	T26	226,7	218,9	-3,5%	261,1	253,7	-2,9%	267,5	267,1	-0,2%	276,9	272,6	-1,6%
	T27	225,7	225,3	-0,2%	227,5	225,7	-0,8%	241,0	241,7	0,3%	265,8	269,1	1,2%
	T28	214,4	210,5	-1,8%	244,0	238,2	-2,4%	244,0	238,2	-2,4%	284,3	254,9	-11,6%

EK 3 Devam													
Grup	Traktör	ÖY1 ESS Kapalı	ÖY1 ESS Açık	ÖY1 Fark	ÖY2 ESS Kapalı	ÖY2 ESS Açık	ÖY2 Fark	ÖY3 ESS Kapalı	ÖY3 ESS Açık	ÖY3 Fark	ÖY4 ESS Kapalı	ÖY4 ESS Açık	ÖY4 Fark
C	T29	232,4	233,2	0,3%	231,4	228,5	- 1,3%	258,9	258,2	- 0,3%	280,9	284,9	1,4%
	T30	228,8	234,6	2,5%	256,7	258,7	0,8%	263,6	268,4	1,8%	288,7	292,5	1,3%
	T31	258,8	265,6	2,5%	267,4	281,5	5,0%	293,0	298,3	1,8%	322,9	333,1	3,1%
	T32	219,7	222,1	1,1%	256,3	260,2	1,5%	296,5	296,0	- 0,2%	304,6	302,7	-0,6%
	T33	229,8	233,6	1,6%	251,0	256,2	2,0%	250,7	256,2	2,2%	286,2	285,3	-0,3%
	T34	219,3	220,8	0,7%	237,2	235,8	- 0,6%	237,2	235,8	- 0,6%	257,3	259,7	0,9%
	T35	233,6	239,9	2,7%	253,2	253,5	0,1%	262,3	256,8	- 2,1%	284,4	280,2	-1,5%
	T36	256,2	250,8	- 2,1%	301,4	300,5	- 0,3%	316,9	315,3	- 0,5%	316,9	315,3	-0,5%
	T37	221,7	226,2	2,0%	208,7	218,2	4,4%	255,8	260,0	1,6%	261,9	260,5	-0,5%
	T38	240,9	240,4	- 0,2%	266,3	264,4	- 0,7%	266,3	264,4	- 0,7%	270,5	269,3	-0,4%
	T39	179,2	182,6	1,9%	246,0	244,0	- 0,8%	260,7	267,6	2,6%	299,6	310,4	3,5%
	T40	246,8	246,3	- 0,2%	261,4	261,6	0,1%	272,3	275,3	1,1%	310,0	312,8	0,9%
	T41	231,8	227,5	- 1,9%	247,2	246,3	- 0,3%	259,9	258,4	- 0,6%	288,1	286,3	-0,6%
	T42	222,2	222,7	0,2%	241,0	240,9	0,0%	241,0	240,9	0,0%	245,0	245,8	0,3%
	T43	238,8	235,3	- 1,5%	252,1	249,2	- 1,2%	250,3	252,1	0,7%	268,6	272,4	1,4%
	T44	233,6	239,9	2,7%	253,2	253,5	0,1%	262,3	256,8	- 2,1%	284,4	280,2	-1,5%
D	T45	218,7	218,4	- 0,2%	237,6	242,3	1,9%	237,6	242,3	1,9%	269,7	279,5	3,5%
	T46	233,9	241,0	3,0%	251,4	258,8	2,8%	257,0	261,1	1,6%	274,1	281,8	2,7%
	T47	225,3	226,8	0,7%	246,2	243,3	- 1,2%	251,5	248,2	- 1,3%	281,0	275,7	-1,9%
	T48	244,6	233,0	- 5,0%	247,6	256,1	3,3%	265,6	264,3	- 0,5%	288,1	283,6	-1,6%
	T49	246,2	238,9	- 3,1%	276,4	275,1	- 0,5%	286,9	288,1	0,4%	301,9	300,6	-0,4%
	T50	227,1	238,7	4,8%	239,0	253,1	5,6%	245,5	262,2	6,4%	261,9	271,5	3,5%
	T51	224,6	231,3	2,9%	228,8	229,5	0,3%	239,2	237,6	- 0,7%	261,2	262,4	0,5%
	T52	242,3	237,2	- 2,1%	250,8	247,0	- 1,5%	261,5	256,9	- 1,8%	294,0	278,2	-5,7%
	T53	233,5	232,5	- 0,4%	237,0	234,2	- 1,2%	246,3	244,9	- 0,6%	264,1	264,0	-0,1%
	T54	235,8	238,2	1,0%	254,4	252,6	- 0,7%	259,7	252,9	- 2,7%	282,4	267,9	-5,4%
	T55	219,2	224,1	2,2%	226,2	229,9	1,6%	232,7	234,6	0,8%	262,0	258,2	-1,5%
	T56	245,1	237,9	- 3,0%	247,9	246,2	- 0,7%	260,5	257,6	- 1,1%	277,2	274,6	-1,0%
	T57	221,2	218,0	- 1,5%	229,4	223,7	- 2,5%	227,9	228,3	0,2%	253,3	254,2	0,4%
	T58	230,6	231,1	0,2%	255,9	254,3	- 0,6%	266,2	265,3	- 0,3%	266,2	265,3	-0,3%

EK 3 Devam													
Grup	Traktör	ÖY1 ESS Kapalı	ÖY1 ESS Açık	ÖY1 Fark	ÖY2 ESS Kapalı	ÖY2 ESS Açık	ÖY2 Fark	ÖY3 ESS Kapalı	ÖY3 ESS Açık	ÖY3 Fark	ÖY4 ESS Kapalı	ÖY4 ESS Açık	ÖY4 Fark
E	T59	233,7	236,3	1,1%	237,9	244,7	2,8%	276,8	282,2	1,9%	296,2	297,4	0,4%
	T60	237,9	235,7	- 1,0%	255,3	253,7	- 0,6%	255,3	253,7	- 0,6%	270,5	267,8	-1,0%
	T61	215,0	224,4	4,2%	230,9	235,9	2,1%	232,4	227,5	- 2,2%	247,9	246,2	-0,7%
	T62	216,5	221,0	2,1%	237,7	238,7	0,4%	236,3	237,1	0,4%	240,4	241,0	0,2%
	T63	224,0	222,7	- 0,6%	230,8	230,4	- 0,2%	231,9	231,4	- 0,2%	248,3	248,0	-0,1%
	T64	213,2	216,9	1,7%	219,8	224,9	2,3%	222,8	227,9	2,2%	254,4	252,8	-0,6%
	T65	221,8	219,7	- 0,9%	228,4	232,2	1,6%	245,9	251,4	2,2%	252,9	256,0	1,2%
	T66	212,4	212,1	- 0,2%	240,4	240,2	- 0,1%	235,7	235,9	0,1%	238,9	235,1	-1,6%
	T67	215,5	217,2	0,8%	224,3	225,2	0,4%	228,3	231,2	1,3%	249,4	255,4	2,4%
	T68	237,1	237,8	0,3%	246,1	249,1	1,2%	265,3	267,4	0,8%	283,9	285,6	0,6%
	T69	223,4	224,7	0,6%	233,5	232,0	- 0,7%	246,0	244,0	- 0,8%	252,4	250,7	-0,7%
F	T70	215,0	215,0	0,0%	235,1	239,0	1,6%	234,7	240,7	2,5%	237,2	240,3	1,3%
	T71	218,4	219,1	0,3%	234,3	228,8	- 2,4%	236,5	232,7	- 1,7%	247,1	243,9	-1,3%
	T72	230,5	235,3	2,0%	229,0	235,6	2,8%	238,9	246,0	2,9%	249,3	258,1	3,4%
	T73	220,3	224,1	1,7%	242,8	243,2	0,2%	246,3	238,0	- 3,5%	248,9	245,2	-1,5%
	T74	224,0	227,0	1,3%	240,6	246,3	2,3%	240,6	246,3	2,3%	251,0	260,0	3,5%
	T75	229,0	230,2	0,5%	248,3	242,1	- 2,6%	257,6	249,5	- 3,3%	271,7	266,1	-2,1%
	T76	233,3	226,8	- 2,9%	248,0	245,2	- 1,2%	264,7	246,0	- 7,6%	279,7	264,5	-5,8%
	T77	209,5	209,1	- 0,2%	217,3	220,1	1,3%	220,0	219,8	- 0,1%	228,2	227,9	-0,2%
	T78	207,6	208,8	0,6%	214,2	214,5	0,1%	214,2	214,5	0,1%	230,0	224,2	-2,6%
	T79	233,5	233,3	- 0,1%	237,8	234,7	- 1,3%	244,6	243,9	- 0,3%	250,7	247,3	-1,4%
	T80	220,9	222,2	0,6%	229,8	231,3	0,7%	248,3	245,2	- 1,3%	253,2	257,7	1,7%
	T81	212,7	208,0	- 2,2%	225,6	225,0	- 0,2%	238,6	245,3	2,7%	249,4	247,0	-1,0%
	T82	205,9	208,0	1,0%	215,7	219,8	1,9%	215,7	219,8	1,9%	234,3	240,8	2,7%

EK 4 Özgöl enerji (kWh/ltr) verileri

Grup	Traktör	ÖE1 ESS Kapalı	ÖE1 ESS Açık	ÖE1 Fark	ÖE2 ESS Kapalı	ÖE2 ESS Açık	ÖE2 Fark	ÖE3 ESS Kapalı	ÖE3 ESS Açık	ÖE3 Fark	ÖE4 ESS Kapalı	ÖE4 ESS Açık	ÖE4 Fark
A	T1	3,0	3,1	0,7%	2,9	3,0	2,0%	2,9	3,0	1,3%	2,9	3,0	3,7%
	T2	3,2	3,2	0,9%	3,1	3,1	- 0,3%	3,1	3,1	- 0,3%	2,8	2,9	1,8%
	T3	3,5	3,5	1,4%	3,2	3,3	2,1%	3,1	3,1	1,6%	2,7	2,8	1,5%
	T4	3,1	3,2	1,9%	3,1	3,1	1,3%	2,8	2,9	1,4%	2,8	2,8	1,4%
	T5	3,5	3,6	2,3%	3,2	3,3	1,2%	2,8	3,0	5,0%	2,4	2,6	6,6%
	T6	3,3	3,4	2,7%	2,9	3,0	4,0%	2,8	2,9	2,1%	2,6	2,7	3,7%
	T7	3,7	4,0	7,1%	3,3	3,3	- 1,5%	3,2	3,3	3,6%	3,2	3,3	3,3%
	T8	3,0	3,0	0,0%	2,8	2,8	1,4%	2,5	2,5	2,4%	2,3	2,4	2,1%
	T9	3,2	3,3	2,4%	3,0	3,0	1,7%	2,6	2,7	3,0%	2,4	2,6	4,7%
	T10	3,4	3,5	2,3%	3,3	3,4	2,7%	3,3	3,4	2,7%	2,9	3,0	3,6%
	T11	3,5	3,5	- 1,1%	3,2	3,2	0,6%	3,1	3,0	- 1,7%	2,6	2,6	1,1%
	T12	3,4	3,5	1,4%	3,2	3,2	0,3%	3,1	3,1	- 1,6%	3,1	3,1	-1,6%
	T13	3,5	3,6	1,9%	3,1	3,1	1,6%	3,1	3,1	0,0%	2,7	2,7	0,4%
B	T14	3,1	3,2	4,6%	3,0	3,0	1,0%	2,9	2,9	1,0%	2,8	2,9	3,1%
	T15	3,2	3,2	0,6%	3,0	3,1	2,0%	2,9	3,0	1,7%	2,8	2,9	3,1%
	T16	3,2	3,2	0,3%	3,1	3,1	0,0%	3,1	3,1	0,0%	2,6	2,7	2,2%
	T17	3,2	3,3	2,7%	3,1	3,1	1,3%	2,9	3,0	2,0%	2,8	2,9	1,7%
	T18	3,3	3,3	0,3%	3,2	3,3	0,6%	3,1	3,2	3,7%	2,7	2,8	4,3%
	T19	3,5	3,3	- 5,5%	3,3	3,3	- 0,6%	3,1	3,1	2,2%	3,0	3,0	1,7%
	T20	3,5	3,5	0,9%	3,4	3,4	2,0%	3,3	3,3	2,1%	3,0	3,1	2,6%
	T21	3,7	3,6	- 0,8%	3,5	3,5	0,0%	3,1	3,1	- 0,7%	2,9	2,9	-1,0%
	T22	2,9	2,9	0,7%	2,6	2,7	1,9%	2,5	2,6	2,3%	2,5	2,6	3,1%
	T23	3,0	3,0	1,0%	2,9	2,9	3,1%	2,7	2,8	2,8%	2,6	2,6	0,8%
	T24	3,4	3,5	2,3%	3,2	3,3	2,1%	3,1	3,2	2,5%	3,0	3,1	2,6%
	T25	3,5	3,5	0,2%	3,1	3,1	1,6%	2,9	3,0	1,3%	2,6	2,5	-4,3%
	T26	3,7	3,8	3,4%	3,2	3,3	2,8%	3,1	3,1	0,3%	3,0	3,1	1,6%
	T27	3,7	3,7	0,0%	3,7	3,7	0,8%	3,4	3,4	- 0,3%	3,1	3,1	-1,3%
	T28	3,9	3,9	1,8%	3,4	3,5	2,3%	3,4	3,5	2,3%	2,9	3,3	10,4%

EK 4 Devam													
Grup	Traktör	ÖE1 ESS Kapalı	ÖE1 ESS Açık	ÖE1 Fark	ÖE2 ESS Kapalı	ÖE2 ESS Açık	ÖE2 Fark	ÖE3 ESS Kapalı	ÖE3 ESS Açık	ÖE3 Fark	ÖE4 ESS Kapalı	ÖE4 ESS Açık	ÖE4 Fark
C	T29	3,6	3,6	- 0,3%	3,6	3,6	1,1%	3,2	3,2	0,0%	3,0	2,9	- 1,7%
	T30	3,6	3,5	- 2,5%	3,2	3,2	- 0,6%	3,2	3,1	- 1,9%	2,9	2,8	- 1,4%
	T31	3,2	3,2	0,0%	3,1	3,1	1,3%	2,8	2,8	1,4%	2,5	2,5	- 0,4%
	T32	3,8	3,7	- 1,1%	3,2	3,2	- 1,6%	2,8	2,8	0,0%	2,7	2,7	0,4%
	T33	3,6	3,6	- 1,7%	3,3	3,2	- 2,2%	3,3	3,2	- 2,2%	2,9	2,9	0,3%
	T34	3,8	3,8	- 0,8%	3,5	3,5	0,6%	3,5	3,5	0,6%	3,2	3,2	- 0,9%
	T35	3,6	3,5	- 2,6%	3,3	3,3	- 0,3%	3,2	3,2	2,2%	2,9	3,0	1,4%
	T36	3,2	3,3	2,1%	2,8	2,8	0,4%	2,6	2,6	0,4%	2,6	2,6	0,4%
	T37	3,7	3,7	- 1,9%	4,0	3,8	- 4,7%	3,2	3,2	- 1,6%	3,2	3,2	0,6%
	T38	3,5	3,5	0,0%	3,1	3,1	0,6%	3,1	3,1	0,6%	3,1	3,1	0,3%
	T39	4,6	4,6	- 1,5%	3,4	3,4	1,2%	3,2	3,2	- 1,0%	2,8	2,7	- 3,4%
	T40	3,4	3,4	0,9%	3,2	3,2	0,9%	3,0	3,1	0,7%	2,7	2,7	0,4%
	T41	3,6	3,7	1,9%	3,4	3,4	0,3%	3,2	3,2	0,6%	2,9	2,9	0,7%
	T42	3,7	3,7	0,3%	3,4	3,5	0,9%	3,4	3,5	0,9%	3,4	3,4	0,3%
	T43	3,5	3,5	1,4%	3,3	3,3	1,2%	3,3	3,3	- 0,9%	3,1	3,1	- 1,3%
	T44	3,6	3,5	- 2,6%	3,3	3,3	- 0,3%	3,2	3,2	2,2%	2,9	3,0	1,4%
D	T45	3,8	3,8	0,0%	3,5	3,4	- 1,7%	3,5	3,4	- 1,7%	3,1	3,0	- 3,7%
	T46	3,5	3,5	- 2,0%	3,3	3,3	- 0,3%	3,2	3,2	0,9%	3,0	3,0	- 0,7%
	T47	3,7	3,7	- 0,5%	3,4	3,4	1,2%	3,3	3,3	1,2%	3,0	3,0	2,0%
	T48	3,4	3,6	4,8%	3,4	3,2	- 3,4%	3,1	3,1	0,6%	2,9	2,9	1,7%
	T49	3,4	3,5	2,9%	3,0	3,0	0,7%	2,9	2,9	- 0,3%	2,8	2,8	0,4%
	T50	3,6	3,6	1,1%	3,4	3,5	2,6%	3,4	3,4	2,3%	3,1	3,2	4,3%
	T51	3,7	3,6	- 3,1%	3,6	3,6	- 0,3%	3,5	3,5	0,6%	3,2	3,2	- 0,6%
	T52	3,4	3,5	2,0%	3,3	3,4	1,5%	3,2	3,2	1,9%	2,8	3,0	5,4%
	T53	3,6	3,6	0,6%	3,5	3,5	1,1%	3,4	3,4	0,6%	3,1	3,1	0,0%
	T54	3,5	3,5	- 0,9%	3,3	3,3	0,9%	3,2	3,3	2,4%	2,9	3,1	5,2%
	T55	3,8	3,8	2,1%	3,6	3,7	1,1%	3,5	3,6	3,1%	3,1	3,2	3,1%
	T56	3,4	3,5	2,9%	3,4	3,4	0,6%	3,2	3,2	0,9%	3,0	3,0	1,0%
	T57	3,8	3,9	2,8%	3,6	3,7	3,8%	3,6	3,7	1,1%	3,2	3,3	2,1%
	T58	3,6	3,6	- 0,3%	3,2	3,3	0,6%	3,1	3,1	0,3%	3,1	3,1	0,3%

EK 4 Devam													
Grup	Traktör	ÖE1 ESS Kapalı	ÖE1 ESS Açık	ÖE1 Fark	ÖE2 ESS Kapalı	ÖE2 ESS Açık	ÖE2 Fark	ÖE3 ESS Kapalı	ÖE3 ESS Açık	ÖE3 Fark	ÖE4 ESS Kapalı	ÖE4 ESS Açık	ÖE4 Fark
E	T59	3,6	3,5	- 1,1%	3,5	3,4	- 2,9%	3,0	2,9	- 2,0%	2,8	2,8	- 0,4%
	T60	3,5	3,5	0,9%	3,3	3,3	0,6%	3,3	3,3	0,6%	3,1	3,1	1,0%
	T61	3,8	3,9	2,6%	3,6	3,7	4,3%	3,6	3,7	3,0%	3,3	3,4	3,2%
	T62	3,8	3,9	1,8%	3,5	3,5	2,0%	3,5	3,5	0,0%	3,4	3,5	2,3%
	T63	3,7	3,7	0,5%	3,6	3,6	0,0%	3,6	3,6	0,3%	3,3	3,4	0,3%
	T64	3,8	3,9	0,5%	3,8	3,8	- 0,3%	3,6	3,7	2,7%	3,2	3,4	5,1%
	T65	3,7	3,8	2,9%	3,5	3,6	3,9%	3,3	3,4	3,2%	3,3	3,3	2,1%
	T66	3,9	3,9	0,0%	3,5	3,5	0,0%	3,5	3,5	0,0%	3,5	3,5	1,7%
	T67	3,8	3,8	- 0,3%	3,7	3,7	0,8%	3,6	3,6	1,4%	3,2	3,3	2,4%
	T68	3,5	3,5	- 0,3%	3,4	3,3	- 1,2%	3,1	3,1	- 1,0%	2,9	2,9	- 0,3%
	T69	3,7	3,7	- 0,8%	3,6	3,6	0,8%	3,4	3,4	0,9%	3,3	3,3	0,6%
	T70	3,8	3,9	0,5%	3,5	3,6	3,1%	3,5	3,5	1,7%	3,4	3,6	4,2%
F	T71	3,8	3,8	- 0,3%	3,5	3,6	2,5%	3,5	3,6	1,7%	3,4	3,4	1,2%
	T72	3,6	3,6	0,0%	3,6	3,6	0,3%	3,4	3,4	2,0%	3,2	3,3	1,5%
	T73	3,8	3,7	- 1,9%	3,4	3,4	- 0,3%	3,4	3,5	3,4%	3,3	3,4	1,5%
	T74	3,6	3,7	3,0%	3,4	3,4	- 0,3%	3,4	3,4	- 0,3%	3,3	3,3	2,1%
	T75	3,6	3,6	- 0,3%	3,3	3,4	2,6%	3,2	3,3	3,3%	3,1	3,1	1,9%
	T76	3,6	3,7	2,7%	3,4	3,4	1,2%	3,1	3,4	6,8%	3,0	3,1	5,4%
	T77	4,0	4,0	0,3%	3,8	3,8	- 1,3%	3,8	3,8	0,3%	3,6	3,6	0,0%
	T78	4,0	4,0	- 0,8%	3,9	3,9	0,0%	3,9	3,9	0,0%	3,6	3,7	2,4%
	T79	3,6	3,6	0,3%	3,5	3,5	1,4%	3,4	3,4	0,3%	3,3	3,4	1,3%
	T80	3,8	3,7	- 0,5%	3,6	3,6	- 0,6%	3,3	3,4	1,5%	3,3	3,2	- 1,9%
	T81	3,9	4,0	2,3%	3,7	3,7	0,3%	3,5	3,6	3,1%	3,3	3,4	0,9%
	T82	4,0	4,0	- 1,0%	3,9	3,8	- 1,9%	3,9	3,8	- 1,9%	3,5	3,5	- 2,6%

EK 5 Belirsizlik analizi

Bileşik belirsizlik, bir ölçümün pek çok sayıda başka değerlerden elde edilmiş sonucunun standart belirsizliği olup, bu değerlerdeki değişimin ölçüm sonucunu nasıl etkilediği göz önüne alınarak hesaplanan varyans ifadeleri toplamının pozitif karekökü ile ifade etmektedir (Aydemir 2019).

Bu çalışma kapsamında yapılan testlerde kullanılan cihazlarla ilgili ölçüm belirsizliği hesabında 23 ve 24 nolu eşitlikler kullanılmıştır:

$$U_c(y) = \sqrt{(C_1 * U(X_1))^2 + (C_2 * U(X_2))^2 + \dots + (C_n * U(X_n))^2} \quad (23)$$

$$U = k * U_c(y) \quad (24)$$

Burada:

C1: Duyarlılık katsayısı Uc(y): Standart belirsizlik
U(X1): Belirsizlik bileşeni U: Genişletilmiş belirsizlik
k: Kapsam faktörü (% 95,45 güvenilirlik düzeyi için 2,0 alınmıştır).

Belirsizlik Analizi Sonuçları

a. Yağ sıcaklığı sensörü için belirsizlik hesabı

Yağ sıcaklığı ölçüm sensörü için kalibrasyon verileri

	Belirsizlik bileşeni (U(X1))	Duyarlılık katsayısı (C1)
Ucihaz	0,639	1
U çözünürlük	0,2523	1
U tekrar	0	1
U drift cihaz	0,241	1

Çizelgedeki kalibrasyon verileri eşitlik 23 ve 24'te yerine konulursa şu sonuç elde edilir:

$$U_c(y) = \sqrt{(1 * 0,639)^2 + (1 * 0,2523)^2 + (1 * 0,2401)^2} = 0,73,$$

$$U = 2 * 0,73 = 1,46, \text{ Genişletilmiş belirsizlik: } \pm \% 1,46 \text{ bulunur.}$$

b. Radyatör sıcaklığı sensörü için belirsizlik hesabı

Radyatör sıcaklığı ölçüm sensörü için kalibrasyon verileri

	Belirsizlik bileşeni (U(X1))	Duyarlılık katsayısı (C1)
Ucihaz	0,568	1
U çözünürlük	0,2523	1
U tekrar	0	1
U drift cihaz	0,3062	1

Çizelgedeki veriler kullanılarak şu hesap yapılır:

$$U_c(y) = \sqrt{(1 * 0,568)^2 + (1 * 0,2523)^2 + (1 * 0,3062)^2} = 0,69$$

$$U = 2 * 0,69 = 1,39, \text{ Genişletilmiş belirsizlik: } \pm \% 1,39 \text{ bulunmuş olur.}$$

c. Yük ölçer için belirsizlik hesabı

Yük ölçer için kalibrasyon verileri

	Belirsizlik bileşeni (U(X1))	Duyarlılık katsayısı (C1)
Ucihaz	1,5904	1
U çözünürlük	0,2523	1
U tekrar	0	1
U drift cihaz	0,8891	1

Çizelgedeki veriler kullanılarak şu hesap yapılır:

$$U_c(y) = \sqrt{(1 * 1,5904)^2 + (1 * 0,2523)^2 + (1 * 0,8891)^2} = 1,84$$

$$U = 2 * 1,84 = 3,68, \text{ Genişletilmiş belirsizlik: } \pm \% 3,68 \text{ bulunmuş olur.}$$

d. Yakıt ölçüm sistemi için belirsizlik hesabı

Yakıt ölçüm sistemi için kalibrasyon verileri

	Belirsizlik bileşeni (U(X1))	Duyarlılık katsayısı (C1)
Ucihaz	0,00142	1
U çözünürlük	0,02523	1
U tekrar	0	1
U drift cihaz	0	1

Çizelgedeki veriler kullanılarak şu hesap yapılır:

$$U_c(y) = \sqrt{(1 * 0,00142)^2 + (1 * 0,02523)^2 + 0} = 0,025$$

$U = 2 * 0,025 = 0,05$, Genişletilmiş belirsizlik: $\pm \% 0,05$ bulunur.

e. Basınç ölçüm sensörü için belirsizlik hesabı

Basınç ölçüm sensörü için kalibrasyon verileri

	Belirsizlik bileşeni (U(X1))	Duyarlılık katsayısı (C1)
Ucihaz	1,42	1
U çözünürlük	0,025	1
U tekrar	0	1
U drift cihaz	1,105	1

Çizelgedeki veriler eşitlikte yerine konulursa:

$$U_c(y) = \sqrt{(1 * 1,42)^2 + (1 * 0,025)^2 + (1 * 1,105)^2} = 1,80$$

$U = 2 * 1,80 = 3,60$, Genişletilmiş belirsizlik: $\pm \% 3,60$ bulunur.

f. Devir ölçer için belirsizlik hesabı

Devir ölçer için kalibrasyon verileri

	Belirsizlik bileşeni (U(X1))	Duyarlılık katsayısı (C1)
Ucihaz	0,1775	1
U çözünürlük	0,2523	1
U tekrar	0	1
U drift cihaz	0,01479	1

Çizelgedeki veriler eşitlikte yerine konulursa:

$$U_c(y) = \sqrt{(1 * 0,1775)^2 + (1 * 0,0252)^2 + (1 * 0,015)^2} = 0,31$$

$U = 2 * 0,31 = 0,62$, Geniştirilmiş belirsizlik: $\pm \% 0,62$ bulunur.

g. Güç ölçümü için belirsizlik hesabı

Güç hesaplamasında kullanılan eşitlik 11 üzerinden kısmi türev uygulanmaktadır.

$$P_p = Nm * Pt * 0,000105 \quad (11)$$

P_p : Güç (kW)

N_M : 2200 min⁻¹ kabul edilmiştir

T_P : 300 Nm kabul edilmiştir

$\%n_T$: Tork ölçüm hassasiyeti (% 0,1)

$\%n_N$: Devir ölçüm hassasiyeti (% 0,25)

Devire göre kısmi türev alınırsa:

$$\frac{\partial p}{\partial N_m} = T_p * 0,000105 = 0,0314$$

Torka göre kısmi türev alınırsa:

$$\frac{\partial p}{\partial T_p} = N_m * 0,000105 = 0,23$$

$$U_c(y) = \sqrt{(\partial N_m * \%n_N)^2 + (\partial T_p * \%n_T)^2}$$

$$U_c(y) = \sqrt{(0,0314 * 0,0025)^2 + (0,23 * 0,001)^2} = 0,00058$$

$U = \pm \%0,06$ bulunur.