

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİKLE TAHRİKLİ BİR TARIM TRAKTÖRÜNÜN
TASARIM VE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Belgütey SAVAŞIR

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Otomotiv Programı

Haziran 2013

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ELEKTRİKLE TAHRİKLİ BİR TARIM TRAKTÖRÜNÜN
TASARIM VE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Belgütey SAVAŞIR
(503081729)**

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Otomotiv Programı

**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Murat EREKE
Öğr. Gör. Dr. Orhan ATABAY**

Haziran 2013

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 503081729 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Belgütey SAVAŞIR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**ELEKTRİKLE TAHRİKLİ BİR TARIM TRAKTÖRÜNÜN TASARIM VE ANALİZİ**” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Murat EREKE**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Eş Danışman : **Öğr. Gör Dr. Orhan ATABAY**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Doç. Dr. Özgen AKALIN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Muammer ÖZKAN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Tarkan SANDALCI
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **02 Mayıs 2013**
Savunma Tarihi : **03 Haziran 2013**

ÖNSÖZ

Günümüzde petrol kaynaklarının azalmasından dolayı yaşanan enerji sorunlarının giderilmesi için sürekli çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmaların ana merkezinde yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı vardır. Özellikle son yıllarda otomotiv sanayinde yapılan bu çalışmalar, hibrit ve tam elektrikli araçların üretilmesi ve kullanılmasıyla gözle görülür şekilde arttığını göstermektedir.

Bu çalışmada hedeflenen dizel yakıt ile çalışan traktörlerde elektrikli motor uygulamasının fizibilitesinin çıkarılmasıdır. Çalışmada öncelikli olarak geniş bir literatür araştırması yapılmıştır. Bu araştırma sonucunda, elektrik motorlu traktör uygulamalarının binek araçlarda yapılan elektrik motoru uygulamalarına göre kıyaslanamayacak kadar az olduğu görülmüştür. Hatta var olan çalışmaların çoğu sadece küçük çaplı ve sıfırdan bir traktör dizaynı şeklinde olmaksızın var olan bir traktörün, içten yanmalı motorunun çıkarılarak yerine elektrik motoru yerleştirilmesi şeklindedir.

Bu çalışmada ise dizel motorlu bir traktörden yola çıkılarak, elektrik motorlu bir traktör yapılması için gerekli olan değişiklikler ve performans analizleri ortaya konulmuştur. Bu çalışma bundan sonra elektrikle tahrikli traktör dizaynı için yapılacak olan çalışmalar açısından da önemli bir yer tutacaktır.

Çalışmanın hazırlanmasında yardımcı olan danışmanlarım Prof. Dr. Murat EREKE ve Öğr. Gör. Dr. Orhan ATABAY'a, bana teknik anlamda destek veren ağabeyim Ahmet İrfan SAVAŞIR'a , tez yazımında yardımcı olan babam Hikmet Cemal SAVAŞIR'a , manevi desteğini bir an olsun azaltmayan annem Belgin SAVAŞIR'a ve sevgili arkadaşlarıma teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Haziran 2013

Belgüley SAVAŞIR
Makina Mühendisi

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	ixx
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xi
ŞEKİL LİSTESİ.....	xiii
ÖZET.....	xv
SUMMARY	xvii
1. TRAKTÖRLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ	1
1.1 Traktör Tanımı	1
1.2 Traktör ve Motorların Tarımda Kullanılmasındaki Gelişmeler	3
2. TRAKTÖRLERİN SINIFLANDIRILMASI.....	7
2.1 Arka Tekerlekten Tahrikli Traktörler	10
2.1.1 Standart traktörler	10
2.1.2 Alet taşıyıcı traktörler	11
2.1.3 Bayır traktörleri	12
2.1.4 Küçük ve mini traktörler	12
2.1.5 Üç izli traktörler	13
2.1.6 Yüksek çatılı traktörler.....	14
2.2 Dört Tekerlekten Tahrikli Traktörler	14
2.2.1 Standart traktörler	14
2.2.2 Sistem traktörleri.....	15
2.2.3 Dar izli belden bükme traktörler	16
2.3 El Traktörleri	16
2.3.1 Tek tekerlekli el traktörleri	16
2.3.2 Çift tekerlekli el traktörleri	17
2.3.3 Motorlu çapalar	17
3. TRAKTÖR ANA YAPI ELEMANLARI	19
3.1 Motor	19
3.2 Kavrama	21
3.3 Vites Kutusu	21
3.4 Diferansiyel	23
3.5 Son Redüksiyon Dişli Kutusu	24
3.6 Hareket Organları	24
3.7 Dümenleme (Direksiyon) Düzeni	25
3.8 Frenleme Düzeni	26
3.9 Kuyruk Mili.....	27
3.10 Hidrolik	28
3.11 Pulluk	28
3.11.1 Kulaklı pulluklar	29
3.11.2 Kulaklı pullukların yapısal özellikleri ve elemanları	30
4. TRAKTÖRLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ.....	33

4.1 Statik Durumda Traktör Üzerine Etki Eden Kuvvetler	33
4.2 Dinamik Durumda Traktör Üzerine Etki Eden Kuvvetler	34
4.3 Patinaj	38
4.4 Meyilli Arazide Traktör Üzerine Etki Eden Kuvvetler	39
4.5 Traktör Güç Analizi	40
5. TEMEL ELEKTRİKLİ TAŞITLARIN YAPI VE TEKNOLOJİLERİ	43
5.1 Akümülatör, E-Motor ve Diferansiyelden Oluşan Sistem	43
5.2 Akümülatör ve İki E-Motor Kullanılan Diferansiyelsiz Sistem	44
5.3 Akümülatör, E-Motor ve İçten Yanmalı Motordan Oluşan Hibrit Sistem	44
5.4 Akümülatör, E-Motor, Jeneratör ve İçten Yanmalı Motordan Oluşan Sistem	45
6. AKTÜEL ELEKTRİKLİ TRAKTÖR ÇALIŞMALARI	47
7. HESAPLAMALAR	51
7.1 İçten Yanmalı Motorlu Traktör Seçimi	51
7.1.1 İçten yanmalı motorlu traktörün genel özellikleri	51
7.1.2 İçten yanmalı motor özellikleri	52
7.1.3 Aktarma organlarının özellikleri	55
7.1.4 Motor ideal çeki kuvveti, tork ve güç eğrilerinin çıkarılması	62
7.1.5 Arz eğrilerinin çıkarılması	65
7.1.6 Seyir dirençlerinin çıkarılması	77
7.2 Elektrik Motoru Seçimi	97
7.3 Elektrikli Traktörün Geometrik Olarak Modellenmesi	109
8. SONUÇ VE ÖNERİLER	125
KAYNAKLAR	127
EKLER	129
ÖZGEÇMİŞ	131

KISALTMALAR

Dif	: Diferansiyel
EM	: Elektrik Motoru
İYM	: İçten Yanmalı Motor

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Türkiye karayolları yasal hız sınırları	2
Çizelge 7.1 : Motor tam yükte güç, tork ve devir değerleri.....	53
Çizelge 7.2 : Aktarma organları çevrim oranları ve verimleri.....	61
Çizelge 7.3 : İdeal kuvvet, tork ve güç değerleri.....	63
Çizelge 7.4 : 1. vites arz değerleri.....	66
Çizelge 7.5 : 2. vites arz değerleri.....	67
Çizelge 7.6 : 3. vites arz değerleri.....	68
Çizelge 7.7 : 4. vites arz değerleri.....	69
Çizelge 7.8 : 1. takviye vites arz değerleri.....	70
Çizelge 7.9 : 2. takviye vites arz değerleri.....	71
Çizelge 7.10 : 3. takviye vites arz değerleri.....	72
Çizelge 7.11 : 4. takviye vites arz değerleri.....	73
Çizelge 7.12 : Normal yolda seyir halinde yuvarlanma direnci.....	78
Çizelge 7.13 : Normal yolda şehir halinde yokuş direnci.....	78
Çizelge 7.14 : Normal yolda seyir halinde toplam seyir direnci.....	79
Çizelge 7.15 : Normal yolda seyir halinde gerekli güç miktarı.....	79
Çizelge 7.16 : Normal yolda seyir halinde gerekli tork miktarı.....	80
Çizelge 7.17 : Tarlada seyir halinde yuvarlanma direnci.....	84
Çizelge 7.18 : Tarlada seyir halinde yokuş direnci.....	85
Çizelge 7.19 : Tarlada seyir halinde toplam seyir direnci.....	85
Çizelge 7.20 : Tarlada seyir halinde toplam seyir gücü.....	86
Çizelge 7.21 : Tarlada seyir halinde toplam seyir torku.....	86
Çizelge 7.22 : Tarlada toprak işleme sırasındaki yuvarlanma direnci.....	90
Çizelge 7.23 : Tarlada toprak işleme sırasındaki yokuş direnci.....	91
Çizelge 7.24 : Toprak özellikleri.....	92
Çizelge 7.25 : Tarlada toprak işleme sırasındaki pulluk çeki direnci.....	92
Çizelge 7.26 : Tarlada toprak işleme sırasındaki toplam seyir direnci.....	93
Çizelge 7.27 : Tarlada toprak işleme sırasındaki toplam seyir gücü.....	93
Çizelge 7.28 : Tarlada toprak işleme sırasındaki toplam seyir torku.....	93
Çizelge 7.29 : Normal yolda diferansiyelde ihtiyaç duyulan moment değerleri.....	98
Çizelge 7.30 : Tarlada seyir için diferansiyelde ihtiyaç duyulan moment değerleri.....	98
Çizelge 7.31 : Toprak işlerken diferansiyelde ihtiyaç duyulan moment değerleri.....	99
Çizelge 7.32 : Diferansiyel girişinde ihtiyaç olan tork ve devir değerleri.....	103
Çizelge 7.33 : 2 kademeli mekanik vites tork devir değerleri.....	108
Çizelge 7.34 : İçten yanmalı motorlu traktörden çıkarılan sistemlerin ağırlık ve boyutları için yapılan varsayımlar.....	110
Çizelge 7.35 : Elektrik motorlu traktör için eklenen sistemlerin ağırlık ve boyutları için yapılan varsayım.....	111
Çizelge 7.36 : Normal yolda seyir halinde maksimum çalışma süresi.....	113
Çizelge 7.37 : Tarlada seyir halinde maksimum çalışma süresi.....	114
Çizelge 7.38 : Toprak işleme sırasındaki maksimum çalışma süresi.....	115

Çizelge 7.39 : Akü ve pil özellikleri.....	117
Çizelge 7.40 : Akü ve pil çeşitlerine göre e-motorlu traktör çalışma süresi ve fiyat analizi.....	120
Çizelge 7.41 : Elektrikli binek araçların batarya özellikleri	121
Çizelge 7.42 : İYM ve EM binek araç fiyatlarının karşılaştırılması.....	122

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 :Lastik tekerlekli traktörlerin sınıflandırılması.....	9
Şekil 2.2 :Standart traktörler.....	10
Şekil 2.3 :Alet taşıyıcı traktörler.....	11
Şekil 2.4 :Bayır traktörleri.....	12
Şekil 2.5 :Küçük ve mini traktörler.....	12
Şekil 2.6 :Üç izli traktörler.....	13
Şekil 2.7 :Yüksek çatılı traktörler.....	13
Şekil 2.8 :Standart traktörler.....	14
Şekil 2.9 :Sistem traktörleri.....	15
Şekil 2.10 :Dar izli belden bükme traktörler.....	16
Şekil 2.11 : Tek tekerlekli el traktörleri.....	16
Şekil 2.12 : Çift tekerlekli el traktörleri.....	17
Şekil 2.13 : Motorlu çapalar.....	18
Şekil 3.1 : Traktörlerde hareket iletimi ve ana yapı elemanları.....	19
Şekil 3.2 :Traktör motoru.....	20
Şekil 3.3 :Tek plakalı kavrama.....	21
Şekil 3.4 :Kavrama ve vites kutusunun şematik gösterimi.....	22
Şekil 3.5 :Diferansiyelin şematik gösterimi.....	23
Şekil 3.6 :Lastik tekerlek kesidi.....	24
Şekil 3.7 : Dümenleme düzeni.....	25
Şekil 3.8 :Traktör dümenleme mekanizması.....	26
Şekil 3.9 :Kampanalı fren örneği.....	26
Şekil 3.10 :Kuyruk mili hareket iletim mekanizması.....	28
Şekil 3.11 :Kulaklı pulluk tarafından kesilen toprağın enine kesiti.....	29
Şekil 3.12 :Kulaklı pulluğun elemanları.....	29
Şekil 3.13 :Asılır tip kulaklı pulluk.....	30
Şekil 4.1 :Statik durumda traktör üzerine etkiyen kuvvetler.....	33
Şekil 4.2 :Dinamik durumda traktör üzerine etkiyen kuvvetler.....	35
Şekil 4.3 :Meyil yönünde çalışma sırasında traktör üzerine etkiyen kuvvetler.....	39
Şekil 5.1 :Akümülatör, e-motor ve diferansiyelden oluşan sistem.....	43
Şekil 5.2 :Akümülatör ve iki e-motoru kullanılan diferansiyelsiz sistem.....	44
Şekil 5.3 :Akümülatör, e-motor ve içten yanmalı motordan oluşan hibrit sistem.....	45
Şekil 5.4 :Bir e-motor ve diferansiyel kullanılan seri karma sistem.....	46
Şekil 5.5 :Tekerlek başına bir e-motoru kullanılan seri karma sistem.....	46
Şekil 6.1 :İçten yanmalı motorlu G-tipi traktör.....	47
Şekil 6.2 :G tipi traktörde elektrik motoru uygulaması.....	48
Şekil 6.3 :Elektrikli traktör örneği.....	48
Şekil 6.4 :Yakıt pili ile çalışan traktör uygulaması.....	49
Şekil 6.5 :Danimarka üniversitesinde yapılan elektrikli traktör çalışması.....	49
Şekil 6.6 :Traktörlerde elektrikli motoru uygulaması.....	50
Şekil 7.1 : Seçilen 55Hp gücündeki traktör.....	51

Şekil 7.2 : Seçilen traktör motoru.	52
Şekil 7.3 : Motorun yaklaşık boyutları.	53
Şekil 7.4 : Motor tam yükte güç - devir eğrisi.	54
Şekil 7.5 : Motor tam yükte tork - devir eğrisi.	54
Şekil 7.6 : Aktarma organları ve dişli sayıları.	55
Şekil 7.7 : Şanzıman dişlilerinin şematik gösterimi.	55
Şekil 7.8 : Planet dişli mekanizması.	56
Şekil 7.9 : Planet dişli mekanizmasının detay gösterimi	56
Şekil 7.10 : Seçilen traktörün planet dişli mekanizması.	58
Şekil 7.11 : İdeal çeki kuvveti eğrisi.	63
Şekil 7.12 : İdeal tork eğrisi.	64
Şekil 7.13 : İdeal güç eğrisi.	64
Şekil 7.14 : Her vites kademesi için kuvvet arz eğrilerinin gösterimi.	74
Şekil 7.15 : Her vites kademesi için tork arz eğrilerinin gösterimi.	75
Şekil 7.16 : Her vites kademesi için güç arz eğrilerinin gösterimi.	76
Şekil 7.17 : Normal yolda seyir halinde kuvvet talep ve arz eğrileri.	81
Şekil 7.18 : Normal yolda seyir halinde güç talep ve arz eğrileri.	82
Şekil 7.19 : Normal yolda seyir halinde tork talep ve arz eğrileri	83
Şekil 7.20 : Tarlada seyir halinde kuvvet talep ve arz eğrileri.	87
Şekil 7.21 : Tarlada seyir halinde güç talep ve arz eğrileri.	88
Şekil 7.22 : Tarlada seyir halinde tork talep ve arz eğrileri.	89
Şekil 7.23 : Bahçe pulluklarının boyutları.	91
Şekil 7.24 : Toprak işleme sırasındaki kuvvet arz ve talep eğrileri.	94
Şekil 7.25 : Toprak işleme sırasındaki güç arz ve talep eğrileri.	95
Şekil 7.26 : Toprak işleme sırasındaki tork arz ve talep eğrileri.	96
Şekil 7.27 : Traktör aktarma organlarının şematik gösterimi.	97
Şekil 7.28 : Normal yolda seyir halindeyken diferansiyel girişinde gerekli olan tork değerleri.	100
Şekil 7.29 : Tarlada seyir halindeyken diferansiyel girişinde gerekli olan tork değerleri.	101
Şekil 7.30 : Toprak işlemek için diferansiyel girişinde gerekli olan tork değerleri.	102
Şekil 7.31 : E-Motor tork vs devir.	103
Şekil 7.32 : Elektrikli traktör yapısal elemanlarının şematik gösterimi.	104
Şekil 7.33 : Elektrik motoru boyutları.	105
Şekil 7.34 : Motor kontrol ünitesi boyutları.	106
Şekil 7.35 : Elektrik motoru tork devir eğrisi.	107
Şekil 7.36 : Elektrik motoru güç devir eğrisi.	107
Şekil 7.37 : Diferansiyel girişinde elde edilen tork devir eğrisi.	108
Şekil 7.38 : İçten yanmalı traktörün CAD modellemesi.	109
Şekil 7.39 : Bataryaların karşılaştırılması.	116
Şekil 7.40 : LiNiMnCo batarya CAD modeli.	122
Şekil 7.41 : Mekanik paketlemede dikkate alınan hususlar	123
Şekil 7.42 : İYM traktör mekanik pakedi.	124
Şekil 7.43 : EM traktör mekanik pakedi.	124

ELEKTRİKLE TAHRİKLİ BİR TARIM TRAKTÖRÜNÜN TASARIM VE ANALİZİ

ÖZET

Son yıllardaki petrol kaynaklarındaki azalma insanoğlunu yenilenebilir enerji kullanımına yönlendirmiştir. Özellikle otomotiv sanayindeki petrol ihtiyacı günden güne artmakta olduğu için yenilenebilir enerjilerin kullanımı için çalışmalar hızlandırılmıştır.

Yapılan literatür araştırmasında, traktörler için yenilenebilir enerji kullanımının binek veya ticari araçlara oranla çok az olduğu gözlemlenmiştir. Traktörlerde son 10 yıla kadar yapılan elektrik motoru uygulamaları genellikle mevcut bir traktörün içten yanmalı motorunun çıkarılıp yerine elektrik motoru ve bataryalar yerleştirilmesi şeklindedir. Önceleri 10-20 kW gücünde ve kısa çalışma süresine sahip olan elektrikli traktör uygulamaları son yıllarda ise birkaç üniversitenin yaptığı çalışmalarda motor gücü 40 kW lara kadar çıkmaktadır. Bazı traktör firmalarının gelecek elektrikli traktör çalışmaları ise 100 kW gücünde ve çok daha uzun süreli çalışmaya imkanı verecektir.

Bu çalışmada dizel motorlu bir traktörden yola çıkılarak, elektrik motorlu bir traktör yapılması için gerekli olan değişiklikler ve performans analizleri ortaya koyulmuştur.

Çalışmada baz olarak New Holland 55HP bahçe traktörü seçilmiştir. Bu traktörün tam yükte motor güç ve tork eğrilerinden yola çıkarak, ideal güç , ideal çeki ve ideal tork eğrileri çıkarılmıştır. Daha sonra aktarma organları çevrim oranlarına göre her bir vites kademesi için güç arz, kuvvet arz ve tork arz değerleri ve eğrileri çıkarılmıştır.

Traktörün seyir dirençleri hesabı için traktörün çalışma koşulları göz önünde bulundurularak 3 tip yol koşulu belirlenmiştir. Bu yol koşulları; normal yolda seyir, tarlada seyir ve toprak işleme koşullarıdır.

Traktörler düşük hızlarda çalıştığı için bu üç yol koşulunda da ivmelenme ve rüzgar dirençleri ihmal edilmiştir. Normal yolda seyir ve tarlada seyirde yuvarlanma direnci ve yokuş direnci dikkate alınırken, toprak işleme sırasında ise bu seyir dirençlerine ek olarak pulluk çeki kuvveti hesaba katılmıştır.

Belirlenen her üç yol seyir koşuluna göre seyir dirençleri hesaplanmıştır. Bu seyir dirençleri ile motor ideal eğrileri ve motor arz eğrileri karşılaştırılarak, belirlenen yol koşullarının baz olarak seçilen traktör için geçerli olup olmadığı incelenmiştir.

Arz eğrilerine göre belirlenen seyir dirençlerini karşılayabilecek elektrik sistemi belirlenmiştir. Bu sistem mevcut cer dişlisi ve diferansiyel sistemlerini sabit tutarak yeni ve daha küçük iki kademeli bir vites kutusu ile bir elektrik motoru ve bataryadan oluşmaktadır. Elektrik motoru ve vites kutusu seçiminde diferansiyel ve cer dişlisi sabit tutulduğu için belirlenen 3 yol koşulunda hesaplanmış diferansiyel girişinden ihtiyaç duyulan tork ve devir değerlerinin birleşim kümesi dikkate alınmıştır.

Daha sonra çıkarılan ve eklenen sistemlerin kütleleri karşılaştırılmış ve toplam traktör kütlesi ve ağırlık merkezini değiştirmeyecek şekilde maksimum batarya kütlesi hesaplanmıştır.

Belirlenen üç seyir koşulu için düşük güç , orta güç ve tam güçten oluşan sürüş döngüleri belirlenmiştir. Bu sürüş döngüleri normal yolda %60 düşük güç, %30 orta güç ve %10 yüksek güçte , tarlada seyirde %80 orta güç ve %20 yüksek güçte ve toprak işlemede ise %20 orta güç ve %80 yüksek güçte çalışıyormuş varsayımı yapılmıştır.

Hesaplamalara göre içten yanmalı motorlu traktörün normal yolda çalışma süresi, tarlada seyir çalışma süresi, toprak işleme çalışma süresi hesaplanmıştır. Aynı sürüş çevrimleri elektrik motorlu traktör için kullanılarak pil veya akü seçeneklerinin çalışma süreleri ve batarya fiyatları hesaplanmıştır. Bütün bu incelemeler ışığında çalışma süresi, fiyatı ve paketlenabilirlik açısından 7 farklı batarya tipi incelenmiştir.

Bu çalışmada hedeflenen içten yanmalı bir traktörün elektirkli traktöre dönüştürülmesi teknik olarak ve parasal olarak fizibilitesinin çıkarılmasıdır.

DESIGN AND ANALYSIS OF AGRICULTURAL TRACTOR DRIVEN WITH ELECTRIC MOTOR

SUMMARY

Nowadays, decrease in energy resources and its negative effect on fuel cost make mankind investigate and use less cost effective and green energy sources. Automotive industry has the most effective examples. Recently, the world's biggest automotive companies have observed that need and have come a long way to reduce the petroleum addiction and the exhaust emissions. However, in literature researches it was observed that very little renewable energy applications had been performed for agricultural tractors compared to passenger car and commercial vehicles.

Up until the last ten years, electric motor application studies for agricultural tractor were based on using an electric motor and battery pack instead of an internal combustion engine and fuel system.

In the first electric tractor studies, maximum 5-15 kW power was achieved with short range. Nowadays some universities have studied to increase electric tractor power and range. With those studies tractor power has been increased to 40 kW. Not only universities but several agricultural tractor manufacturers also has been studying for electric tractors. Latest and most important development has been performed by New Holland. New Holland declared that a new product's motor power and torq would be up to 100kW and 1200 N.m .

In the thesis, the main idea was to show required changes and performance analysis of electric garden tractor considering the working condition of the garden tractor with an internal combustion engine.

New Holland 55HP garden tractor has been selected as a reference vehicle. According to the reference vehicle's power - torq curves and values, ideal force , ideal torq and ideal power curves have been created. Afterwards, according to transmission, planet gear box, differential and traction gear drive ratio, engine torq and power supply curves have been created for each gear.

Three different road and process types have been determined to calculate road resistance considering garden tractor road conditions. Those road condition are called as normal road driving conditions, transport in the field driving road condition and soil cultivation process driving condition.

Normal road driving condition is composed of field road and mountain road. In addition, normal road driving condition has maximum 40% inclination angle and maximum allowable speed limit is 40 km/h which are specified by Repuclic of Turkey General Directorate for Highways.

Generally a driver uses this driving condition when he travels from village to field where he performs cultivation process. It has been assumed that a tractor is used without a trailer. In this study only rolling resistance and gradient resistance have been taken into account for normal road driving condition in order to calculate total road resistances.

Transport in field driving condition is composed of field road. It has been assumed that transport in field driving condition has maximum 100% inclination angle and maximum achievable speed limit is 25 km/h for garden tractor which was determined after various of surveys and calculations according to reference vehicle.

Drivers only transports in the field without using trailer. In this study only rolling resistance and gradient resistance have been taken into account for transport in field driving condition in order to calculate total road resistances which is same as normal road driving condition. Only difference is rolling resistance coefficient. Field rolling resistance coefficient has been selected bigger than normal road coefficient due to soil deflection and wheel skid.

Third and last determined driving condition in this thesis is soil cultivation process driving condition. According to reference vehicle, It has been calculated that maximum inclination angle is 100% and maximum speed is 10 km/h for soil cultivation process driving condition. In addition to rolling resistance and inclination resistance, plough draft force has been considered for this driving condition.

For all three determined driving conditions, acceleration resistance and drag resistance have been neglected due to the fact that tractors are used in low speed.

Road resistances for all three pre-defined road conditions have been calculated. Next, these resistance values have been compared to both engine ideal and engine supply curves in order to assess the validity of the road conditions for the selected reference tractor.

Following this assessment, an electrical system has been specified which is able to meet the road resistances that are determined via supply curves. This system; by keeping current traction gear and differential system, consists of a new and smaller two-stage gear box, an electric motor and battery.

Since the differential and traction gear have been kept constant for the selection of electric motor and gear box, the set of calculated torque and revolution values which are required by the differential inlet have been considered for three road conditions.

According to these information, internal combustion engine-driven tractor has been modelled in CAD stage. Dimensions of the internal combustion tractor parts, which have been used as a base, have been roughly estimated. While passing to electric motorized system, air induction system, engine cooling system, engine, transmission box and the fuel tank have been taken out and instead of them, electrical motor driver unit and electrical motor whose dimensions have been taken from a catalog and transmission box and cooling system but with the acceptance of half size and mass from the accurate system have been added. For the battery mass, the net mass has been calculated with the assumption of the tractor mass of added and taken out systems and the unchangable center of gravity.

Concerning the battery mass, it was decided to keep the center of gravity and the total mass of the vehicle same with original design. Therefore, change in the mass of the system prior to battery addition had to be approximately equal to the mass of the battery unit which was calculated as 700 kg.

According to the calculated battery mass, several battery alternatives have been evaluated. In order to make this evaluation, drive cycles have been determined for 3 different driving conditions.

First of all, the fuel consumption and maximum driving time with the full fuel tank were calculated for the internal combustion engine tractor. After that, each drive cycle was used for electric tractor and maximum driving time was calculated.

For each drive cycle the following assumptions were made regarding the the road conditions:

It has been assumed that during cruise on normal road driving condition, in the 60% of time to deplete the full fuel tank the engine runs at low power (6kW) , in 30% it runs at medium power (15kW) and in the remaining 10% it runs at high power (40,9 kW).

It has been assumed that during transport in field driving condition, in the 80% of time to deplete the full fuel tank the engine runs at medium power (15kW) and in the remaining 20% it runs at high power (40,9 kW).

It has been assumed that during soil cultivation process driving condition, in the 20% of time to deplete the full fuel tank the engine runs at medium power (15kW) and in the remaining 80% it runs at high power (40,9 kW).

A tractor working with internal combustion engine which is driven on the normal road driving condition, transport in field driving condition and soil cultivation process driving condition are estimated in accordance with calculations. The same drive cycles are used for electric tractor to find out working time of accumulators and batteries. In line with those examinations, time of driving on the normal road, driving on the field and soil cultivation on the field; besides, with regard to price of batteries and capable of packing are chosen the most feasible battery option.

LiNiMnCo battery pack has been selected and 230 LiNiMnCo battery has been packaged to the tractor. Both electric tractor's working time and tractor driven with internal combustion engine's working time for each driving condition have been compared and it has been calculated that electric tractor's working time is approximately half of reference vehicle's working time.

Result of the thesis is that even it is technically possible to design a tractor driven with electric vehicle, according to add on battery pack cost and working time for each determined driving condition, electric tractor cannot fulfill customer's expectation. However, battery pack technology has been developed year by year. Maybe with future battery packs working time will increase and cost will decrease. It is believed that this thesis will be milestone for future electric tractor studies.

1. TRAKTÖRLERİN TARİHSEL GELİŞİMİ

1.1 Traktör Tanımı

Dilimize Fransızca TRACTEUR kelimesinden giren traktörün sözlükteki anlamı; arkasına römork takılabilen, çift sürmek, yük taşımak vb. işlerde kullanılan motorlu bir iş makinesidir. Başlangıçta traktörler sadece çekme işleri için düşünülmüş ve dizayn edilmiştir. Daha sonra ise tarımda ve tarım makinaları tekniğinde ortaya çıkan gelişmelere bağlı olarak traktörün yapısında önemli değişiklikler yapılmıştır.

Modern traktörler, diferansiyel kilidi, sağ- sol ayrılabilir fren pedalı, kuyruk mili, hidrolik kaldırma düzeni, kayış - kasnak mekanizması, ön yükleyici gibi donanımlar ve bu donanımlarda yapılan iyileştirmeler sayesinde kullanılabilir.

Yapılan iyileştirmelerden sonra günümüz traktörlerini tanımlamak gerekirse; traktör, tarımsal, işlerin yapılmasında kullanılan tırtıllı, tekerlekli veya her ikisine de sahip, kendi yürür bir kuvvet makinasıdır. (Sara A. ,(1997) Tarım Traktörleri II. Baskı)

Traktör, kendisinin ve tarım makinalarının çalıştırılabilmesi için genellikle bir içten yanmalı motora sahiptir. Hız,tarım traktörlerini diğer kara taşıtlarından ayıran en önemli özelliktir. Traktörlerin hızları, ülkelere göre değişiklik göstermektedir. Ülkemizde karayollarındaki traktörler için yasal hız sınırı yerleşim yeri içinde 20km/h, şehirler arası çift yönlü karayollarında 30km/h, bölünmüş yollarda ise 40 km/h tir. Karayolları hız sınırı yönetmeliğine göre traktörlerin otoyollara girmesi yasaktır. Çizelge karayolları hız sınırı yönetmeliğine göre bütün araç tiplerinin hız sınırlarını göstermektedir.

Çizelge 1.1: Türkiye karayolları yasal hız sınırları.(Karayolları Genel Müdürlüğü)

TÜRKİYE'DE ARAÇLARIN UYMASI GEREKEN YASAL HIZ SINIRLARI				
Araç Tipi	Yerleşim Yeri İçinde	Yerleşim Yeri Dışında		Otoyollarda
		Şehirlerarası Çift yönlü Karayollarında	Bölünmüş Yollarda	
Otomobil (M1), (M1G),	50	90	110	120
Minibüs (M2),	50	80	90	100
Otobüs (M2-M3),	50	80	90	100
Kamyonet (N1), (N1G),	50	80	85	95
Panelvan (N1)	50	85	100	110
Kamyon (N2-N3),	50	80	85	90
Çekici (N2-N3),				
Motosiklet (L3),	50	80	90	100
Motosiklet (L4, L5, L7),	50	70	80	80
Motorlu Bisiklet (L1, L2, L6),	30	45	45	Giremez
Motorsuz Bisiklet				
Lastik tekerlekli traktörler	20	30	40	Giremez
Arızalı bir aracı çeken araçlar	20	20	30	40
İş makineleri	20	20	20	İzin alınmadan giremez

Tarım işletmelerinin özelliklerindeki çeşitlilik tarımsal işlerin de çeşidini o kadar çok artırmıştır ki, bu işlerin yapılmasında farklı farklı bir çok tarım makinasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Tarım makinalarının bir çoğu sabit bir yerde durarak iş yapmaktadır. Bunlara örnek olarak sapdöver, su pompası, değirmen, süt sağım tesisleri gösterilebilir. Bu tip makinalara hareket, traktör kayış kasnağı, ya da kuyruk miliyle verilebilmektedir.(Saral A. ,(1997) Tarım Traktörleri II. Baskı)

Traktörün, başlangıçtan günümüze kadar yaptığı işlerin en büyük kısmını çeki işleri oluşturmaktadır. Bu işlerin başında da taşımacılık yer almaktadır. Traktör, iki ya da bir dingilli tarım arabasıyla, çiftlik içi taşımacılığın tümünü yapmaktadır. Çiftlikten pazara olan taşımada da en büyük pay traktör-tarım arabası ikilisinin olmaktadır. Taşıma işlerinde hız 40 km/h değerlerine ulaşabilmektedir.

Pulluk sürme, ikileme, çapalama, ekme gibi tarımsal işlerde genellikle traktör, sadece çekme işini yapar. İş makinasına çalışması için güç aktarmaz. Ancak, bu gibi işlerde gereksinmeduyulan kuvvet artmakta ve çalışma hızı düşmektedir. Değişen toprak koşullarında bu özellikleri en iyi biçimde ancak traktörler sağlayabilmektedir. (Saral A. ,(1997) Tarım Traktörleri II. Baskı)

Çayır biçme, orak, hasat, biçer/bağlar, balya makinalarıyla, çekilir tip biçer-döver traktörler, hem çeki hem de tarım makinasına güç aktarma işini birarada yapmaktadır.

1.2 Traktör ve Motorların Tarımda Kullanılmasındaki Gelişmeler

Geniş tarım alanlarındaki tarımsal işlerin yapılmasında kullanılan canlı güç olan insan ve hayvan gücü yetersiz kalmakta ve tarımın yapılmasını sınırlandırmaktadır. Müşterek koşumla hayvan sayısını artırarak çeki gücünü artırma yönteminde ise, çeki kuvvetinde yaklaşık % 50 ye kadar düşmeler meydana gelmektedir. Bu durum, geçtiğimiz yüzyılda, tarımsal işlerde termik kuvvet kaynaklarının kullanımının başlamasına ön ayak olmuştur.

Bu amaçla, ilk önce buhar makinasıyla çekilen kablolu çeki makinaları geliştirilmiştir. Bu makinaların ortalama güçleri 65kW civarında ve en düşük güçleri de 50 kW olmuştur. Daha küçük güçlüler, yaptıkları işe göre, daha pahalı oldukları için tutunamamışlardır.(Saral A. ,(1997) Tarım Traktörleri II. Baskı)

Kablolu çeki makinaları, genellikle pullukla sürüm işlerinde kullanılmak üzere dizayn edilmiştir. Bu sistemde, buhar makinası tarlanın kenarında durmakta ve bir kablo aracılığıyla güç tarım makinasına aktarılmakta ve buna bağlanan terazili pulluk

çekilerek toprak sürülmektedir. Bu sistem güç kaynağı olarak iki buhar makinası veya bir buhar makinası kullanılmaktadır.

Kablolu çeki makinalarında daha sonraları buhar makinaları yerine güç kaynağı olarak, elektrik motoru ve içten yanmalı motorlar da kullanılmıştır.

Günümüzde kablolu olarak dizayn edilen çeki makinaları, özel kablo-kasnak sistemleri olarak, meyilli küçük bağ ve bahçe işletmelerinde kullanılmaktadır.

Kablolu çeki makinalarından istenilen verimin alınamaması üzerine bu sistemlerde yapılan iyileştirmelerden en önemlisi motorlu pulluklar olmuştur. Motorlu pulluklarda, güç kaynağı olarak termik motor kullanılmıştır ve pulluk üç tekerli bir çatı üzerine oturtulmuştur. Önde bulunan iki tekerlek motorlar bağlantılı olup, tahriklidir. Arkada ise, dümenleme ve destek görevlerini yapan bir tekerlek bulunmaktadır. Bu sistemlerle, artık traktöre doğru çok önemli bir adım atılmıştır. Fakat bu makinalar sadece sürüm işinde kullanılmış diğer tarım işlerinde kullanılmamıştır.

Motorlu pullukların tarımda kullanılmaya başlamasıyla birlikte ortaya çıkmış olan sakıncalı yönler giderecek, yeni bir çeki makinası, yani traktör düşüncesi ortaya çıkmıştır. Traktörün çok değişik olan tarımsal amaçlı çeki işlerinin tümünü yapabilmesi ve bu işlerin yapılmasında kullanılan gerekli makinaların traktöre bağlanıp ayrılabilmesinin kolay olması amaçlanmıştır. Bu amaçla, makinaların traktörün arkasına bağlanması uygun görülmüştür. (Saral A. , (1997) Tarım Traktörleri II. Baskı)

Başlangıçta sadece çeki işlerinde kullanılması amaçlanan tarım traktörlerinin bugünkü çok yönlü kullanılma seviyelerine gelmelerinde;

- a) Makina yapım tekniği ve özellikle termik motorların gelişmesinin,
- b) Tarımsal işlemlerin çok çeşitli olmasına bağlı olarak, kullanıcıların traktörlerden daha fazla teknik isteklerde bulunmalarının,
- c) Zaman içinde traktörlerin kullanılmaları sonucunda ortaya çıkan olumlu ve olumsuz sonuçlarının iyi değerlendirilmesinin önemli etkileri olmuştur.

Günümüzün modern traktörleri, tarım işletmelerinde kuvvet makinasıyla yapılacak işlerin büyük bir çoğunluğunu yapabilecek durumdadırlar. Traktörün tarım işletmelerinde kullanılmalarına bağlı olarak işletmelerin de kısa süre içinde çok yönlü gelişme kaydetmesini sağlamıştır.

Traktörlerde görülen teknik gelişmeler genel hatlarıyla şu şekilde sıralabilir;

- a) Traktörlerin fazla olan ağırlıklarında zaman içinde sürekli bir azalma olmuştur. Buna karşılık güç yönünden ise, başlangıçta bir azalma olmuş, ancak yaklaşık son yirmi yıldır sürekli artma gözlenmektedir.
- b) İlk traktörler ile yalnızca kasnak ve çeki işleri yapılabilirken, modern traktörler ile bu işlerin yanında tohum yatağı hazırlama, ekim, dikim, çapalama, hasat gibi tüm tarımsal işler yapılabilir. Traktörlerin kaldırma mekanizmaları, önceleri elle çalıştırılırken daha sonra mekanik kaldırma sistemleriyle çalıştırılmıştır. Günümüzde ise değişik yetenek ve özelliklere sahip hidrolik sistemlerden yararlanılarak çalıştırılmaktadırlar. Hidrolik ve komuta sistemlerindeki değişikliklerle pulluk iş derinliğinin, çeki kuvvetinin ya da patinajın sabit kalması sağlanabilmektedir.
- d) Zaman içinde kullanımlar sonucunda ilk hareket ve elektrik donanımlarında yapılan iyileştirmelerin uygulanmasıyla sürücülerin rahatlığı ve iş emniyetleri sağlanmıştır.
- e) Traktörlerin toprağa daha iyi tutunmaları ve yüksek hızlarda çalışmalarının sağlanması amacıyla, başlangıçta demir tekerlekli olarak imal edilen tarım traktörlerinde, 1930 yıllarından itibaren lastik tekerlekler kullanılmaya başlanmıştır.
- f) Eskiden traktörden iş makinasına güç iletilmesi sadece kasnak yardımıyla yapılırken, günümüz traktörlerinde bu görevi çoğunlukla, standart yapı ve devir sayısına sahip kuyruk mili üstlenmiş durumdadır. Kuyruk milinin yanında hidrolik sistemden de güç çıkışı yapılabilir. Traktörlerin kaldırma mekanizmaları, önceleri elle çalıştırılırken daha sonra mekanik kaldırma sistemleriyle çalıştırılmıştır. Günümüzde ise değişik yetenek ve özelliklere sahip hidrolik sistemlerden yararlanılarak çalıştırılmaktadırlar. Hidrolik ve komuta sistemlerindeki değişikliklerle pulluk iş derinliğinin, çeki kuvvetinin ya da patinajın sabit kalması sağlanabilmektedir.

Yine zaman içinde yapılan iyileştirmeler ile traktörlerin vites sayıları giderek artırılmıştır. İlk traktörlerde 3 ileri vites uygulanırken günümüz tarım traktörlerinde genellikle sekiz üzerinde vites bulunmakta, bazı traktörlerde ise ileri vites sayısı 16 ve daha yukarı sayılarda olabilmektedir. Vites sayısına bağlı olarak, traktörlerin hız bölgesi de iyice genişlemiştir. Vites kutularında senkronizasyona gidilerek kullanma kolaylıkları da sağlanmıştır. (Saral A. ,(1997) Tarım Traktörleri II. Baskı)

2. TRAKTÖRLERİN SINIFLANDIRILMASI

Başlangıçta büyük çeki kuvvetine ve gereksinim olduğu için sadece toprak işleme makinalarının çekilmesi amacıyla geliştirilen traktörler, günümüzde bir tarım işletmesinde bulunan makinaların çoğunun çalıştırılmasında kullanılmaktadır. Bu özelliğiyle tarım işletmelerinin makine parkı içerisinde en önemli makine konumunda bulunmaktadır. Traktörler genel olarak :

- Tarım traktörleri
- Endüstri traktörleri
- Diğer traktörler

olmak üzere 3 ana gruba ayrılırlar.

Endüstri ve diğer traktörler tarım dışı alanlarda kullanılmaktadır. Tarım traktörleri ise adından da anlaşılacağı üzere tarım alanında kullanılır. Lastik tekerli ve paletli olmak üzere 2 ana gruba ayrılırlar. Ülkemizde paletli tarım traktörleri, sınırlı sayıda kullanılmaktadır. Lastik tekerli tarım traktörleri sınıflandırılması aşağıda verilmiştir. (Erdoğan M. , (2005) Tarım Makinaları)

I. Arka tekerlekten tahrikli traktörler

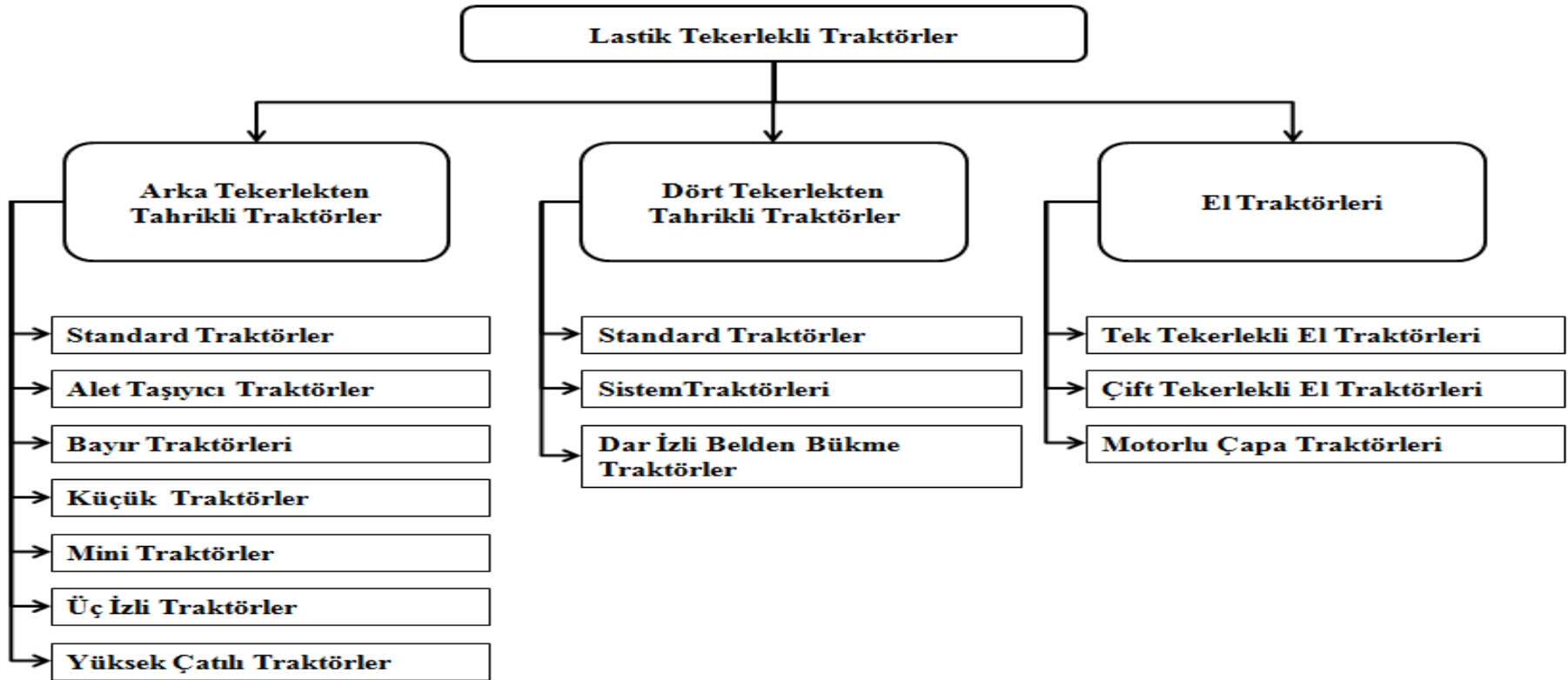
- Standard traktörler
- Alet taşıyıcı traktörler
- Bayır traktörleri
- Küçük traktörler
- Mini traktörler
- Üç izli traktörler
- Yüksek çatılı traktörler

II. Dört tekerlekten tahrikli traktörler

- Standard traktörler
- Sistem traktörleri
- Dar izli belden bükme traktörler

III. El traktörleri

- Tek tekerlekli el traktörleri
- İki tekerlekli el traktörleri
- Motorlu çapalar



Şekil 2.1: Lastik tekerlekli traktörlerin sınıflandırılması.

2.1 Arka Tekerlekten Tahrikli Traktörler

2.1.1 Standart traktörler

Başlangıçlarda traktörler sadece, pullukla sürüm, biçerbağlarla hasat gibi ağır çeki işlerinde kullanılmışlardır. Bu amaçla yönelik, ağırlık merkezi yere yakın, dingiller arası uzaklığı az ve dört tekerleği bulunan traktörler, standard traktör olarak adlandırılmıştır.

Günümüzde standart tarla traktörlerinde, dingiller arası uzaklık artarak 2000mm nin üzerine kadar yükselmiştir. Böylece ön yükleyici ile çalışırken arkaya bağlanan karşı ağırlığın, üç nokta askı sistemine bağlı aletlerle çalışırken de öne bağlanan ek ağırlıkların etkinlikleri artırılmıştır. Bu sayede patinaj ve şahlanma gibi durumlar azaltılmıştır.

Dingiller arası uzaklığın artırılması sonucu, dönme yarıçapının da buna bağlı olarak artmaması için, modern traktörlerde dümenleme etkinliği artırılmıştır. Ülkemizde üretilen traktörlerin çok büyük kısmı standard traktörler grubuna girmektedir. (Saral A. ,(1997) Tarım Traktörleri II. Baskı)



Şekil 2.2: Standart traktörler.

2.1.2 Alet taşıyıcı traktörler

Dingiller arası uzaklığı artırılarak, araya tarım aletlerinin bağlanılmasına olanak veren traktörlere taşıyıcı traktör denilmektedir. Çapalama, seyreltme, boğaz doldurma gibi bakım çalışmalarında, aletin sürücünün görebileceği bir bölge olan dingiller arasına bağlanabilmesi, taşıyıcı traktörlerin, en önemli ve yararlı özellikleridir. Bu traktörler, dingiller arası uzaklık, yükseklik ve diğer önemli ölçüler yönünden standartlaştırılarak, aletlerin değişik traktörlere uyumu sağlanmıştır. Aynı aletler, gerektiğinde, arkadaki üç nokta askı sistemine de bağlanabilmektedir.

Zamanla taşıyıcı traktörler devreden çıkarak, yerini alet taşıyıcılarına bırakmıştır. Alet taşıyıcılarında birden fazla alet traktörün değişik yerlerine bağlanabilir ve bu aletler bir kişi tarafından kullanılması sağlanmıştır. Bu yüzden, motor, aktarma organları ve sürücü koltuğu arka dingile çok yakındır. Ayrıca, dingiller arası uzaklığın da fazla olması dingiller arasına değişik aletlerin bağlanmasını ve kontrol edilmesine imkan vermektedir. Araya ve öne bağlanan aletler özel yapıdadır. Arkada ise standart bir üç nokta askı sistemi bulunmaktadır.

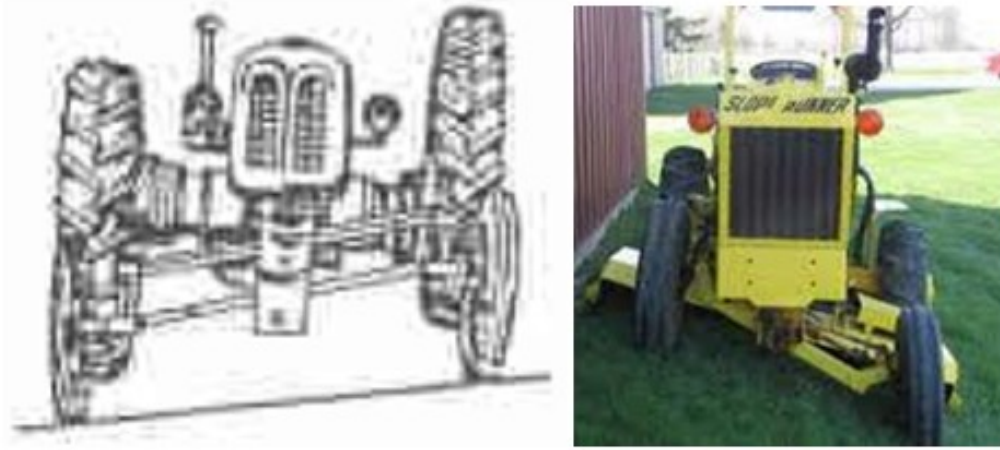
Çok sayıda tarım iş makinasının bir kişi tarafından, tek bir traktörle çalıştırılması, hem çalışma zamanından sağlanan tutum, hem de toprağın daha az basılması nedeniyle önemli olmaktadır. Alet taşıyıcılar, hasat makinaları ile birleştirilerek, kendi yürür hasat makinaları durumuna da getirilebilmektedir. Birkaç iş makinasını bir arada çalıştırabildikleri için, arka, ön ya da yanda olmak üzere 2 veya 3 kuyruk miline sahiptirler. (Saral A. ,(1997) Tarım Traktörleri II. Baskı)



Şekil 2.3: Alet taşıyıcı traktörler.

2.1.3 Bayır traktörleri

Eğimli alanlarda kullanılan, elle ya da otomatik olarak yolun meyiline uyum sağlayan özel traktörlerdir. Devrilme riski düşük olduğu için eğimli arazilerde yetişen ürünler için gerekli olan toprak işleme veya hasat işlerinde kullanılırlar.



Şekil 2.4: Bayır traktörleri

2.1.4 Küçük ve mini traktörler

Standard traktörlerden en büyük farkları boyutsal olarak küçük olmalarıdır. Boyutlarındaki küçülme oranına göre küçük ya da mini traktör olarak adlandırılmaktadırlar. Küçük traktörler bağ ve bahçe tarımında, mini traktörler ise çim bakımı gibi işlerde kullanılmaktadır.



Şekil 2.5: Küçük ve mini traktörler.

Bağ ve bahçe tarımında kullanılan bu traktörlerde olması gereken başlıca özellikleri;

- a) İz genişliği ayar olanaklarının fazla,
- b) Sıra aralarına girebilmek için toplam genişlikleri az,
- c) Meyve altlarına girebilmek için alçak yapılı,
- d) En küçük dönme yarıçapları küçük
- e) Eksoz boruları, ağaçlara zarar vermemek için, aşağıya alınmış
- f) Sürücünün dallardan zarar görmemesi için de, oturma yerleri özel örtü altına alınmış olmasıdır.

Çapa bitkileri boylandıktan sonra yapılan ilaçlama ve çapa işlerinde ise yüksek çatılı traktörler kullanılmaktadır.

2.1.5 Üç izli traktörler

Çapa bitkileri tarımında kullanabilecek özelliklere sahiptirler. Tahrik arka akstan sağlanır. İkiz olan ön tekerlekler dümenleme görevi yaparlar. Bu traktörlerde devrilme riski 4 tekerlekli traktörlere oranla çok yüksek olduğu için ülkemizde görülmemektedir. G tipi traktörler olarakta adlandırılırlar.



Şekil 2.6: Üç izli traktörler.

2.1.6 Yüksek çatılı traktörler

Bu traktörlerde akslar arasına iş makinası bağlama olanağı vardır. Özellikle bağlarda ve benzeri yüksek bitki sırasına sahip tarla ve bahçelerde kullanılırlar. 2 m'ye kadar bitki sırasının üstünden geçme olanağına sahiptirler. Bu traktörler için ağırlık merkezi yüksekliği denge için olumsuzluk oluşturmaktadır. İş sırasında ani manevralarda devrilme riski yüksektir. Bu makinalar yüksek olmalarına karşılık ağırlıklarının az olması bir diğer özelliğidir. (Erdoğan M. , (2005) Tarım Makinaları)



Şekil 2.7: Yüksek çatılı traktörler.

2.2 Dört Tekerlekten Tahrikli Traktörler

2.2.1 Standart traktörler

Dört tekerleği eşit ölçüde veya arka tekerlekleri büyük olmak üzere 2 tiptirler. Normal olarak bu traktörlerin arkasında 3 noktalı askı sistemi mevcuttur. Standart traktörler büyük ve orta güçte üretilmektedir.



Şekil 2.8: Standart traktörler.

2.2.2 Sistem traktörleri

Sistem traktörleri Ünimog traktörler olarak adlandırılırlar. Bu traktörlerin ön ve arkasında 3 noktalı askı sistemi bulunmaktadır. Çok düşük ve yüksek hızlarda çalışabilirler. Oturma yeri önde olanlarda çalışma hızı 80 km/h 'ye kadar çıkmaktadır. Oturma bölümü genelde önde olduğu için arka bölüm depolama amacıyla kullanılmaktadır.

Kaza güvenliği ve konfora sahip olup, kolay iş makinası bağlanabilmektedir. Tarla sebzeçiliğinde, meyve bahçesi ve bağlarda çalıştırılabilmektedirler. Ülkemizde belediye hizmetlerinde de kullanılmaktadırlar. (Erdoğdu M. ,(2005) Tarım Makinaları)



Şekil 2.9: Sistem traktörleri.

2.2.3 Dar izli belden bükme traktörler

Bağ, bahçe ve fidanlıklarda kullanılırlar. En önemli yapısal özelliği belden bükme dümenlemesine sahip olmasıdır. Aşağıdaki resimden anlaşılabacağı üzere, dümenleme sırasında sadece ön tekerlekler dönmekle kalmamakta, traktörün ön kısmında tekerleklerle belirtilen ok yönünde dönmektedir. Ağırlık merkezi yere yakın olup, dallara takılmasını önleyecek biçimde tasarlanmıştır. Yüksek çeki gücüne sahiptirler.

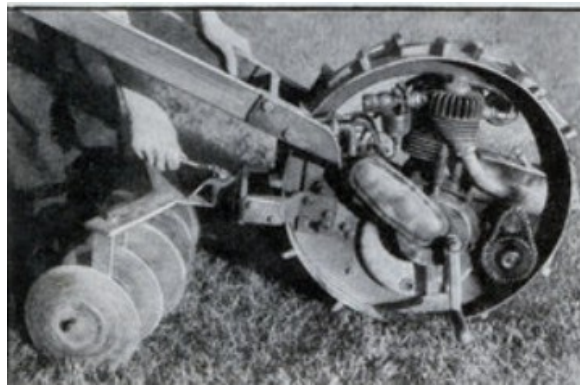


Şekil 2.10: Dar izli belden bükme traktörler.

2.3 El Traktörleri

2.3.1 Tek tekerlekli el traktörleri

Tek tahrikli tekerle dar tarlalardaki bitki sıraları aralarına kolaylıkla girebilme özelliğine sahiptirler. Küçük motorlu, basit traktörlerdir. Dümenleme arkadan yürüyen sürücünün tutamakları sağa sola hareket ettirmesiyle sağlanır. Denge sağlama problemleri vardır. Çapa ve benzeri iş makinalarıyla kullanılırlar.



Şekil 2.11: Tek tekerlekli el traktörleri.

2.3.2 Çift tekerlekli el traktörleri

İki tekerleği de tahrikli olan bu traktörler bahçe tarımda yaygın olarak kullanılırlar. Arkada ve önde iş makinası bağlama olanağı vardır. Arkasına römork bağlanarak 20 km/h hıza kadar dört tekerli traktörler gibi hareket edebilmektedir. Tekerlekleri yerine çapa bağlanarak motorlu çapası konumuna da getirilebilir. Dümenleme arkadan yürüyen sürücünün tutamakları sağa-sola hareket ettirmesiyle sağlanır. Kuyruk mili çift tekerlekli el traktörlerinde iş makinalarınagüç iletimi de yapılır. Pulluk, apa, kültüvatör, biçme makinası ve ilaçlama makinası bağlanabilir. (Erdoğdu M. , (2005) Tarım Makinaları)



Şekil 2.12: Çift tekerlekli el traktörleri.

2.3.3 Motorlu apalar

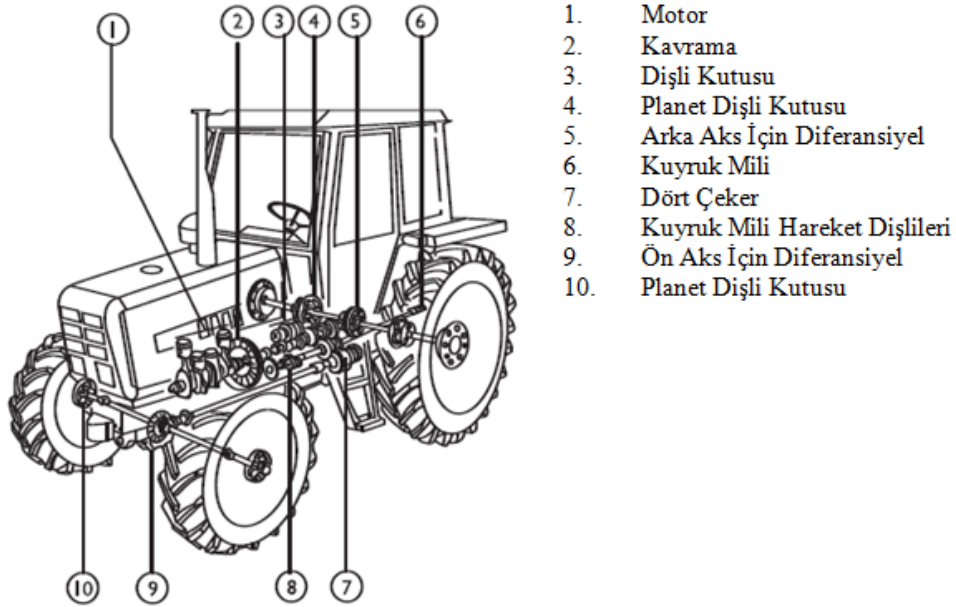
Tahrik tekerleğinin yerini döner çapa almıştır. Dümenleme arkadan yürüyen sürücünün tutamakları sağa-sola hareket ettirmesiyle sağlanır. Derinlik kontrolü için arkada bir çubuk ya da toprak içinde çekilen çapa ayağı bulunur. Yabancı ot kontrolü ve bitki sıraları arasına yüzelsel işleme amacıyla kullanılmaktadır. Küçük ve hafif olup bahçe tarımında çok kullanılmaktadır. Küçük ve haif olup bahçe tarımında çok kullanılmaktadır. İki tekerlekli traktörlerin tekerlekleri ile döner çapa yer değiştirebilmektedir. Derinlik ve hız kontrolü için bazı tiplerde ayrıca tahrik tekerleri de bulunur. (Erdoğdu M. , (2005) Tarım Makinaları)



Şekil 2.13: Motorlu çapalar.

3. TRAKTÖR ANA YAPI ELEMANLARI

Traktörlerin ana yapı elemanları; motor, kavrama, vites kutusu, diferansiyel, son redüksiyon, kuvvet ileten ve dümenleme tekerlekleri, dümenleme düzeni, frenleme düzeni ve kuyruk milinden oluşur. Bu bölümdeki detaylı bilgilendirme (Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları) kitabından alıntılar ile yapılmıştır.



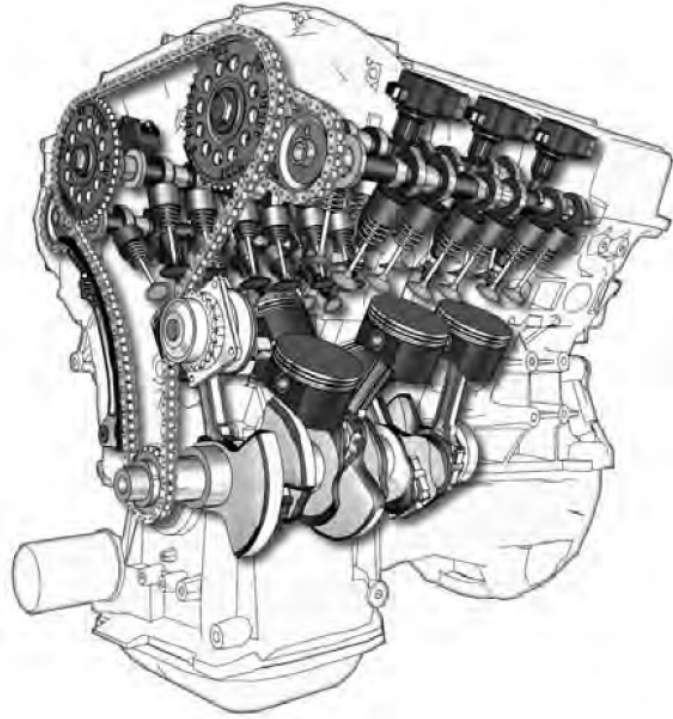
Şekil 3.1: Traktörlerde hareket iletimi ve ana yapı elemanları.

3.1 Motor

Motor, traktörün güç kaynağı olduğu için en önemli elemanıdır. Motorun birçok özelliği, traktörün verimli, uygun ve kaliteli iş yapmasını etkiler. Örneğin; özgül yakıt tüketimi yüksek bir motora sahip traktörle yapılan işler daha pahalı olmaktadır.

Traktörlerde iki zamanlı ve dört zamanlı içten yanmalı motorların tüm tiplerine rastlanmaktadır. Fakat en yaygın kullanımı olan motor tipi, dört zamanlı içten yanmalı motorlardır.

Bir dingilli traktörlerde genellikle iki ve dört zamanlı içten patlamalı motorlar kullanılmakta, standart tarla traktörlerinde ve büyük palletli traktörlerde ise dört zamanlı içten yanmalı motorlar kullanılmaktadır.



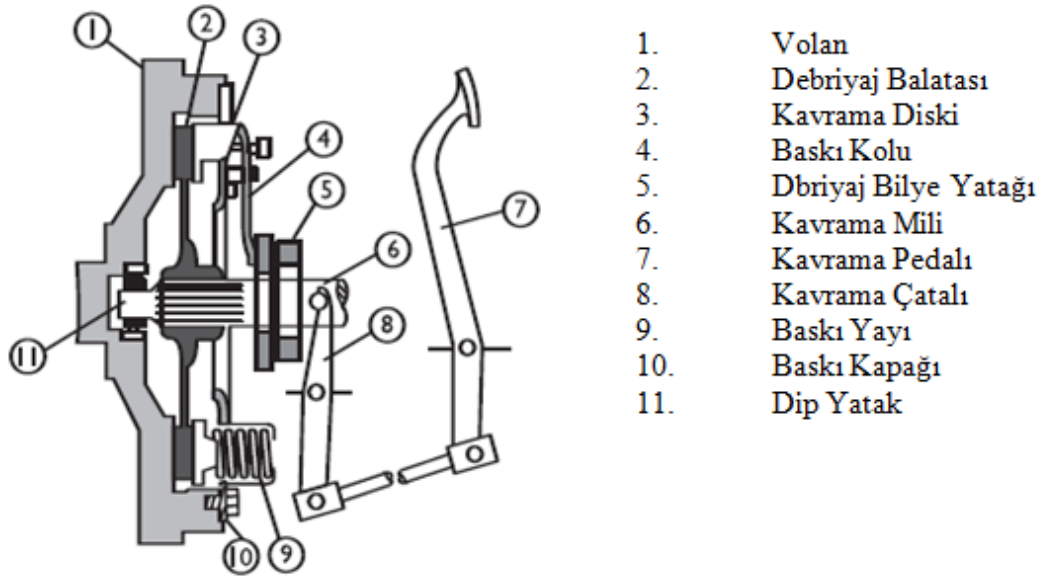
Şekil 3.2: Traktör motoru.

Traktör motorunun gövdeye bağlanmasında monoblok sistem çok yaygın olarak uygulanmaktadır. Motoru gövdeye bağlayan flanşlarda bir normlaştırmaya gidilmiş bulunmaktadır.

Yakıt tüketiminin azaltılması, birim silindir hacmine düşen gücün artırılması ve traktör özgül ağırlığının (birim güce düşen ağırlığın) azaltılabilmesi için yapılan çalışmalar, traktör motor devir sayılarının ve silindir sayılarının artarak motor ağırlığının azalmasını sağlamıştır. Kuyruk mili devir sayısının standart olması nedeniyle de, traktör motor devir sayıları ve buna bağlı olarak da motor yapıları arasındaki farklılık fazla değildir. Tüm konstrüktif çalışmalar, hafif fakat sağlam bir yapı ile her an işletmeye hazır olan, işletme emniyeti bulunan, uzun ömürlü ve işletme masrafları az olan motorun geliştirilmesi için olmaktadır. Kullanılacak yakıt ve yağın kolay bulunur ve ucuz olması da önemli konulardandır. (Saral A. , (1997) Tarım Traktörleri II. Baskı)

3.2 Kavrama

Motor ile aktarma organları arasında hareket iletimini sağlayan ve kesen kavrama; traktörün ilk hareketini sağlamak, vites değiştirerek uygun motor devir sayısını sağlamak ve motor ile vites kutusunun devirlerini eşitlemek amacıyla kullanılır. Sürücünün ayağıyla kumanda ettiği bir pedal ile motor ve vites kutusu arasındaki hareket iletimini sağlar ya da keser. Yaygın olarak mekanik sürtünmeli tek plakalı (diskli) kavramalar kullanılır.



Şekil 3.3: Tek plakalı kavrama.

Çift plakalı mekanik kavramalar çok amaçlı kullanılabildiğinden özellikle traktörlerde yaygındır. Ayırma sırasında kavramaya bir miktar basıldığında önce vites değiştirmek için güç iletimi kesilir, kavramaya tam basıldığında ise kuyruk milinin hareketi kesilir.

Mekanik kavramalar yanında hidrolik kavramalar da kullanılmaktadır. Bunların yapısında bir pompa ve bir türbin bulunur. (Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları)

3.3 Vites Kutusu

Vites kutuları kademeli vites değiştiriciler olarak da adlandırılır. Tarımsal faaliyetlerde 1 - 25 km/h arasındaki hemen hemen bütün hız kademelerine gerek

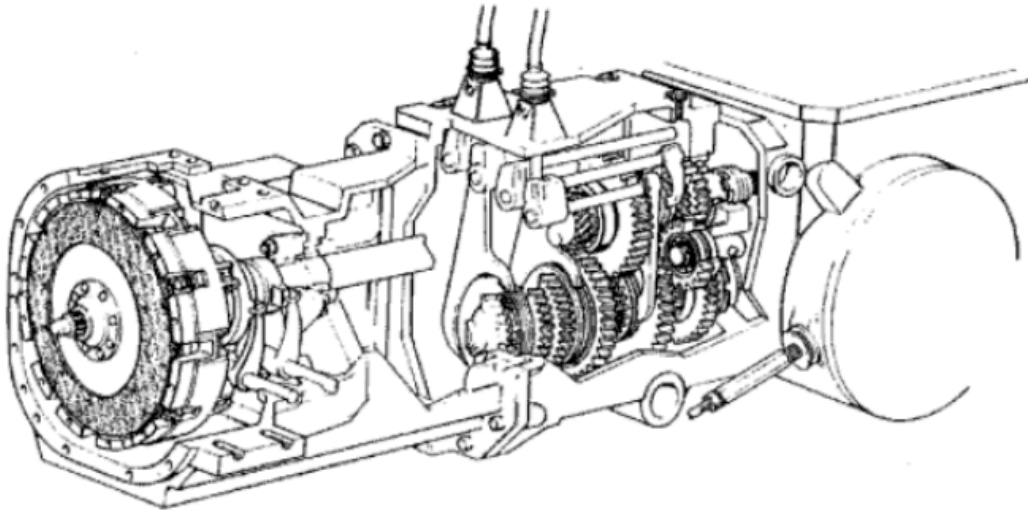
duyulur. Bu nedenle traktörler otomobillerden farklı olarak çok sayıda vites sahiptir. Vites kutuları, motor devir sayısı ve hareket hızları arasında uyum sağlarken moment de değişir. Vites değiştirme işlemi yapılmadan önce kavrama pedalına basılarak kavrama mutlaka ayrılmalıdır.

Vites kutuları; güç iletimine göre mekanik ve hidrolik vites kutuları; vites değiştirme durumuna göre kademeli, kademesiz ve yük altında değiştirilebilen vites kutuları olarak gruplandırılabilirler. Kademeli vites kutuları, çapları ve diş sayıları farklı çok sayıda dişlilerden oluşur.

Sürekli temaslı tip vites kutularının olumlu yanları, kolay değiştirilebilmesi, uzun ömürlü olması; olumsuz yanları, tüm dişler sürekli temasta olduğundan verimi düşük ve pahalı olmasıdır. Sürekli temaslı vites kutularının geliştirilmiş tipi senkronize vites kutuları ve senkromeç yapılarıdır.

Grup vites kutularının kullanıldığı kademeli vites kutularında daha çok vites kademesi bulunur. Kademeli vites kutularının olumlu yanı, verimin %90'ın üzerinde yüksek bir değerde olması ve fiyatlarının uygunluğu iken yük altında değiştirilmemesi en olumsuz yanıdır.

Yük altında değiştirilebilen vites kutularında kavramanın çalışmasına gerek olmadan vites değiştirilebilir. Bu tip vites kutularına en ilginç örnek, yaygın olarak da kullanılan planet (güneş) dişli kutularıdır.



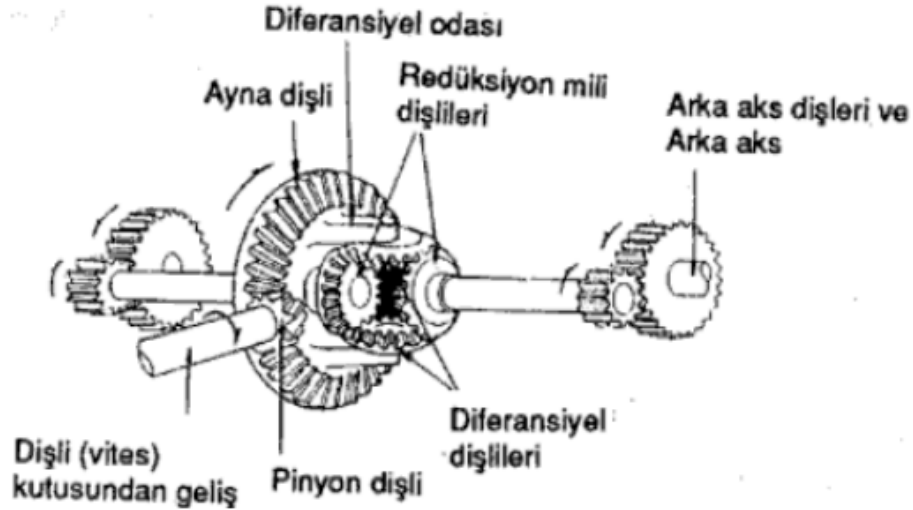
Şekil 3.4: Kavrama ve vites kutusunun şematik gösterimi.

Traktörlerde diğer bir yaygın vites kutusu tipi de hidrostatik kademsiz vites kutularıdır. Bunlar, pistonlu bir pompa ile pistonlu bir hidrolik motorun karşılıklı

olarak yerleştirilmesinden oluşur. Hidrostatik vites kutuları yük altında vites değiştirilmesine olanak verir, kademesiz olarak hız değiştirilebilir ve motor iyice yüklenebilir. (Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları)

3.4 Diferansiyel

Traktörlerin sağa veya sola dönüşlerinde aynı aksa bağlı sağdaki ve soldaki tekerlekler aynı mesafeyi katetmeyeceklerinden dönme sırasında iki tekerleğin devir sayıları da aynı olmayacaktır. Tekerleklerin temas ettikleri zeminin olası farklılığından dolayı (bir tekerlek kuru yerden, diğeri çamurlu yerden geçebilir) muharrik akslarda bu devir farkını giderebilmek için diferansiyel sistemi geliştirilmiştir.



Şekil 3.5: Diferansiyelin şematik gösterimi.

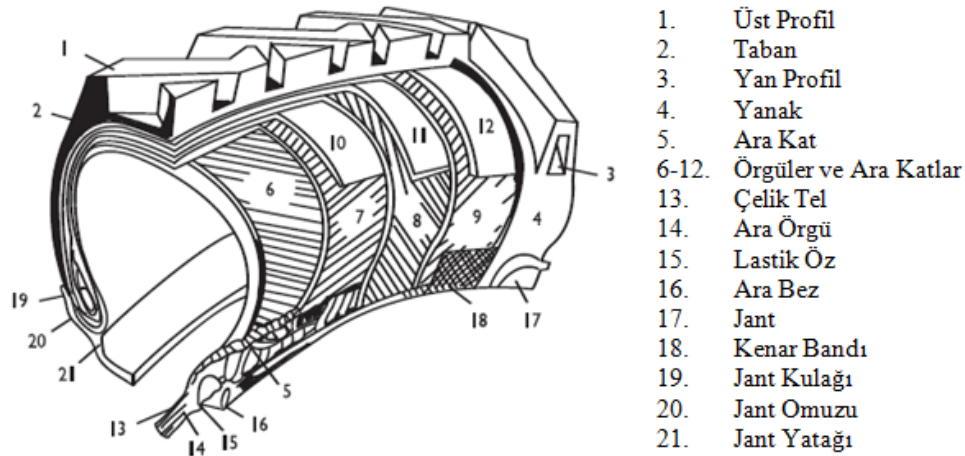
Özel dişlilerden oluşan diferansiyel ile dönüşlerde dönüş tarafındaki tekerleğin devri azaltılır, bu azalan kısım dıştaki tekerleğin devrine eklenir. Traktörün karayolunda ilerlemesinde dönüşlerde çok uygun olan bu sistem, arazide çalışılırken özellikle toprak işleme sırasında sorun yaratır. Çünkü bu durumda tekerlek gevşek zeminde çalışacağından daha hızlı dönerek patinaja neden olur ve çeki gücü azalır. Bunun önlenmesi için diferansiyel kilidi denilen mekanizma geliştirilmiştir. Diferansiyel kilidi sistemi bloke etmekte ve her iki tekerleğin aynı devirle dönmesi sağlamaktadır. Diferansiyel kilidi kilitli iken asla traktörle dönmeye çalışmamalıdır. (Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları)

3.5 Son Redüksiyon Dişli Kutusu

Motordan alınan yüksek devirli dönme hareketi tekerleklere iletilene kadar vites kutusu ve diferansiyelde belirli oranda düşürülür. Ancak yine de bu düşüşler yeterli olmaz. Bu nedenle devir ya da momenti biraz daha azaltmak için, diferansiyelden sonra, tekerlek merkezine yakın bir yere devir sayısını azaltan bir dişli kutusu daha yerleştirilir. Bu son redüksiyon sisteminde düz dişililer kullanıldığında tekerlek mili ile aks mili arasında seviye farkı oluşur. Planet dişli sistemi kullanılarak bu yükseklik farkı giderilebilir. (Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları)

3.6 Hareket Organları

Traktörlerin motordan aldıkları gücü ekipmanlara iletmesi ve onları arazi koşullarında çekebilmeleri için en önemli elemanların başında tekerlekler gelmektedir. Bu nedenle tekerleklerin seçiminde; kullanma koşulları, iletilen muharrik tutunma kuvveti, taşıma yeteneği ve toprak basıncı değerleri dikkate alınmalıdır.



Şekil 3.6: Lastik tekerlek kesidi.

Arazide kullanma koşullarını bitkilerin boyutları ve birbirine olan uzaklıkları sınırlar. Traktörün iz genişliği ve minimum bitki aralığı çok önemlidir. Muharrik kuvvetin aktarılması söz konusu olduğunda tutunma özelliği yüksek tırnaklı tekerlekler, dümenleme ve taşıma söz konusu olduğunda iz tutucu tekerlekler önem kazanır. Radyal lastik tekerlekler, aynı ölçülerdeki diyagonal lastik tekerleklere göre toprakla

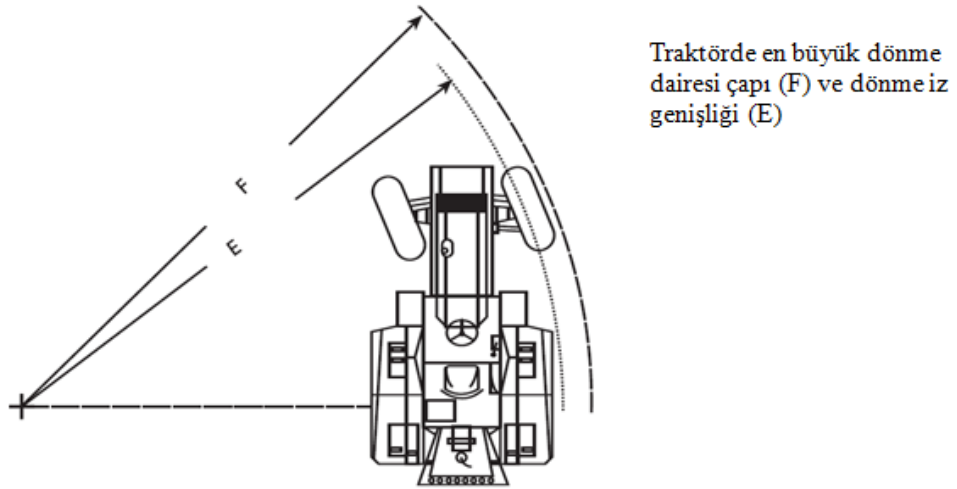
% 20 -25 daha fazla temas yüzeyi sağlayıp daha az battıklarından traktörlerde daha çok tercih edilirler. Bir lastik tekerleğin kesiti aşağıdaki şekilde gibidir.

Bir lastik tekerleğin yük taşıma yeteneği; büyüklüğüne, iç basıncına, kat sayısına ve çalışma hızına bağlıdır. Lastiklerin üzerinde yazan bilgilendirme gösterilişleri standart olup, lastik ölçülerini yapı tarzını ve tipini içerir.

Tarımsal üretim sürecinde yoğun tarla trafiği nedeniyle traktörlerin tekerlekleri bir bitkinin yetiştirme döneminde toprakta sıkışmalara neden olmaktadır. Bu sıkışmanın azaltılması için lastik tekerleklerin tabanının toprakla temas eden yüzeyinin genişletilmesi amaçlanır. Bunun için geliştirilmiş olan geniş lastik tekerleklerle birim alana daha az basınç yapılabilir. Lastik tekerleklerin neden olduğu toprak sıkışması; ikiz tekerlek, lastik basıncının uygun değerlere düşürülmesi, kafes tekerlek ve tutunma paleti kullanılarak azaltılabilir. (Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları)

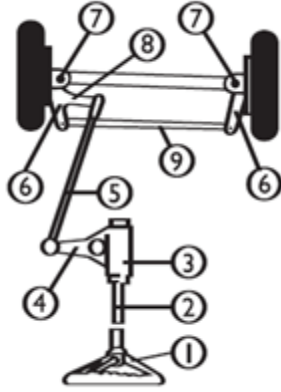
3.7 Dümenleme (Direksiyon) Düzeni

Dümenleme düzeni, traktörün tekerlekleri üzerinde yön değiştirmesini sağlayan mekanizmalardan oluşur. Dümenleme düzeninin başarısı, traktörü küçük dönme dairesi çapında döndürülmesiyle ölçülür.



Şekil 3.7: Dümenleme düzeni.

En yaygın olarak akstan dönmeli dümenleme kullanılır. Traktörlerin dümenleme yeteneği dümenleme sistemi yanında aks yapısı ve tekerlek dümenleme geometrisine de bağlıdır. (Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları)



1. Direksiyon Simidi
2. Direksiyon Mili
3. Direksiyon Dişli Kutusu
4. Çolak Rot (Pitman Kolu)
5. Direksiyon Çekme Kolu
6. Kısa Rot
7. Direksiyon Füze Kovanı
8. Deve Boynu (Çevirme Kolu)
9. Uzun Rot

Şekil 3.8: Traktör dümenleme mekanizması.

3.8 Frenleme Düzeni

Traktörlerin güvenli kullanımı için hareket freni ve park freni mutlaka bulunmalıdır. Hareket frenine ayakla, park frenine ise elle komuta edilir. Genellikle kampanalı, diskli ya da bandlı sürtünmeli frenler kullanılır.



Şekil 3.9: Kampanalı fren örneği.

Standart traktörlerde sadece arka tekerlekler içinde ya da diferansiyel çıkışında frenlenir. Büyük güçlü traktörlerde ve büyük kuvvetlerin frenlenecek olması durumunda hidrostatik kuvvetlendiriciye, hidrolik fren düzenine gereksinim vardır.

özellikle römorklarla karayollunda yük taşınırken mutlaka traktörden römorka fren, sinyal, elektrik bağlantıları yapılmalıdır.

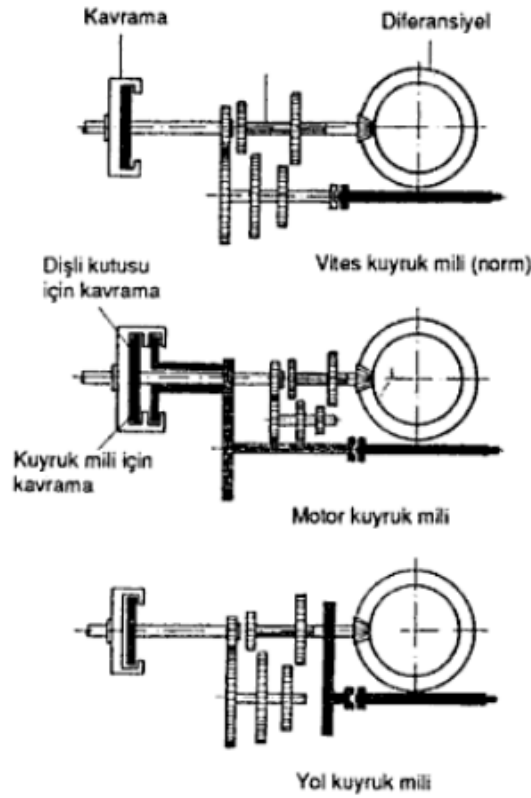
Traktörlerde fren pedalı iki parçalı olarak yapılır. Bunlar sağ ve sol tekerleklerin ayrı ayrı frenlenebilmesine olanak sağlar. Traktörlerde çalışmada, özellikle parsel başlarında kısa dönüşler yaparak boşa geçen zamanı azaltmak için dönüş tarafındaki tekerlek frenlenir. Ancak traktörle karayoluna ya da köy yoluna çıkıldığında bu iki parça bir pimle birleştirilmelidir. Aksi takdirde frenleme etkisi bir tekerleğe daha fazla verileceğinden traktör savrulur. (Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları)

3.9 Kuyruk Mili

Tarla pülverizatörleri, yapay gübre dağıtıcıları ve rotovatörlerde olduğu gibi bazı tarım iş makinaları dönme hareketiyle çalışır. Bu tür iş makinalarına gerekli olan dönme hareketi, traktörün kuyruk mili adı verilen organından sağlanır. Hareketin alınmasına bağlı olarak üç tür kuyruk mili vardır. Üç kuyruk mili aşağıda açıklanmıştır.

- Vites Kuyruk Mili (Norm Kuyruk Mili): Kuyruk mili hareketini vites kutusundan önce, kavrama milinden alır. Kavrama , hem kuyruk miline hem de vites kutusuna kumanda eder. Kuyruk milinin devir sayısına ve dönüş yönüne vites kutusunun etkisi yoktur. Kuyruk milinin devir sayısı doğrudan motorun devir sayısı ile ilgilidir. Kuyruk mili, traktörün geri gidişlerinde de motor yönünde döner. Bu kuyruk mili traktör hareket ettiği zaman döner, durduğu zaman durur.
- Motor Kuyruk Mili: Kuyruk mili hareketini ayrı bir kavrama ile motordan alır. Dönem yönü ve devir sayısı vites kuyruk milinde olduğu gibidir. Bu kuyruk milinde traktör hareket etmediği zamanda da kuyruk mili çalışır.
- Harekete Bağlı Kuyruk Mili (Yol Kuyruk Mili): Bu kuyruk milinde hareket vites kutusundan sonra alınır. Bu nedenle kuyruk milinin devir sayısı ve dönüş yönü, vites kademesine göre değişir. Burada her metre alınan yol için kuyruk milinin devir sayısı sabittir. Bu nedenle bu kuyruk miline yol kuyruk mili de denilmektedir.

Bu üç kuyruk milinin hareket iletim mekanizması aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.



Şekil 3.10: Kuyruk mili hareket iletim mekanizması.

3.10 Hidrolik

Traktörler, hidrolik sistemlerle donatılmışlardır. Tarım iş makinalarının büyük bir kısmı, traktörün hidrolik sisteminde yer alan asma kollarına asılarak çalıştırılır ve taşınır. Ayrıca hidrolik sistemden, kepçe kullanılarak taşıma, kürüme ve yükleme işlerinde, kaldırma çatalları kullanılarak da yükleme işlerinde yararlanılır. Hidrolik sistemde hidrolik yağlar kullanılır. Yağ basıncı dişli pompalarla sağlanır. Standart traktörlerde yağ basıncı 160 bar'a kadar çıkar.

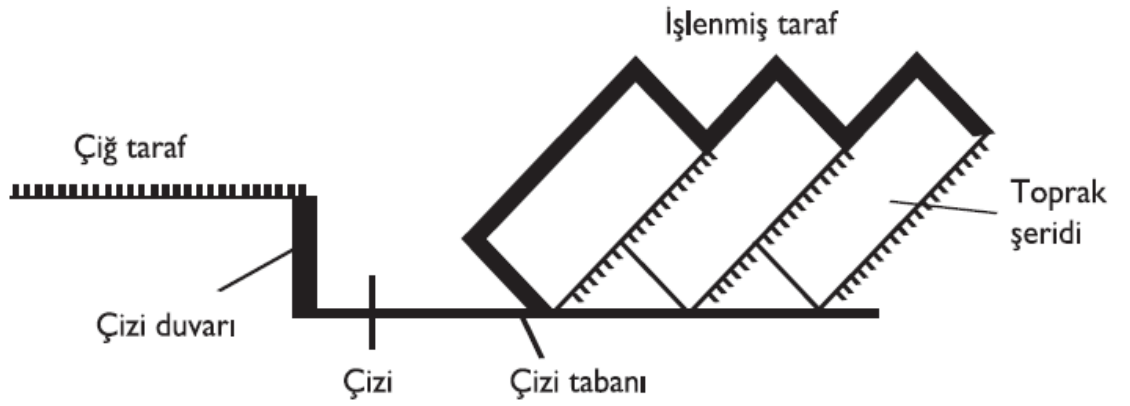
3.11 Pulluk

Pulluklar toprağın bitkisel üretim için yeterli olan 20-25 cm'lik üst katmanını kabartıp kısmen veya tamamen devirerek işleyen aletlerdir. Pullukla işlenen toprak, yağmur ve kar sularını kolay geçirir, nemi iyi tutar, havalanma durumu iyileşir ve bitki köklerinin uzamasına fazla direnç göstermez. Toprak işlemenin tarım tekniğinin gerektirdiği şekilde yapılabilmesi için çeşitli tip ve özelliklere sahip pulluklar geliştirilmiştir. Pulluklar, işleyici gövde biçimleri, kullanma şekilleri, işleyici gövde

sayıları gibi özelliklere göre sınıflandırılabilir. Fakat ülkemizde en çok kullanılan pulluk tipi kulaklı pulluklardır.

3.11.1 Kulaklı pulluklar

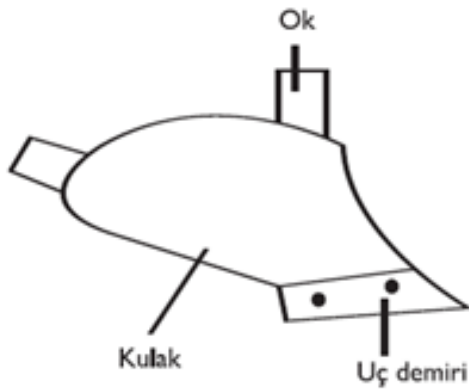
Kulaklı pulluklar toprağı devirerek, alt-üst ederek işlerler. Kulaklı pullukla işlemede toprak, bir dikdörtgen prizma şeklinde şeritler halinde kesilir, alt-üst edilir, gevşetilir, kabartılır, kısmen parçalanır ve daha önce açılmış olan çizinin (Pullukla işlenen toprak parçası, pulluk izi) üzerine yana devrilir.



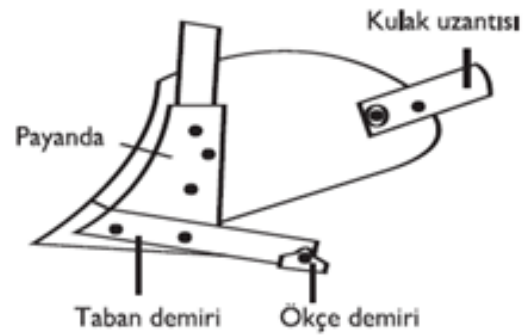
Şekil 3.11: Kulaklı pulluk tarafından kesilen toprağın enine kesiti.

Kulaklı bir pulluk; kulak, uç demiri, ok, payanda, taban demir, ökçe demiri ve kulak uzantısında oluşur. Pulluk elemanları detaylı bir şekilde aşağıdaki şekilde gösterilmektedir.

Önden Görünüş



Arkadan Görünüş



Şekil 3.12: Kulaklı pulluğun elemanları.

3.11.2 Kulaklı pullukların yapısal özellikleri ve elemanları

Kulaklı pulluklar; uç demiri, kulak, taban demiri ve varsa ökçe demiri, kulak uzantısı, keski demiri, öngövdecik gibi işleyici elemanlar ile payanda, çatı, traktöre bağlantı yerleri, ayar düzenleri ve tekerlekler gibi yardımcı elemanlardan oluşmuştur. Aktif elemanlar toprağı hareket ettirirler ve onunla doğrudan temas halindedirler. Yardımcı elemanlar ise pulluğun aktif elemanlarını bir arada tutarlar, ayar yapılmasını sağlarlar, taşınmasına ve dengeli çalışmasına yardımcı olurlar. Aşağıdaki şekilde dört gövdeli asılır tip bir kulaklı traktör pulluğu görülmektedir.



Şekil 3.13: Asılır tip kulaklı pulluk.

Uç Demiri

Kulak ile birlikte pulluğun aktif yüzeyini meydana getirir. Toprağı yatay olarak keserek sürülmemiş tarla toprağından ayırır, toprağı yatay ve düşey yönde hareket ettirerek kulak üzerinde doğru iter.

Kulak

Kulak, uç demiri tarafından hareketlendirilen toprak şeridinin hareketini devam ettirir. Kulaklı pulluklar genel olarak kulaklarının toprağına etki şekiline göre dik kulaklı, orta dik kulaklı, yarı bükük kaluklı ve tam bükük kulaklı olmak üzere 4 grupta toplanırlar. Bunlardan dik kulaklı pulluklar, toprağı ince olarak parçalayarak düz bir arazi yüzeyi oluşturduğundan daha çok kumlu topraklarda kullanılır. Devirme özellikleri yoktur ve düşük çeki gücü gerektirirler, yüksek hızlarda kullanılmazlar. Uygulamada en yaygın olarak orta dik kulaklı pulluklar kullanılır. Toprağı parçalama

ve devirme etkileri iyi olan bu pulluklar k lt rform kulaklı pulluk olarak da adlandırılır. Sonbahar sürümleri için çok uygun olan ve daha çok devirme tekisi söz konusu olan yarı bükük kulaklı pulluklar, killi, bitki örtüsü fazla olan arazilerde kullanılırlar.  ayırıla kaplı arazilerde bitki artıklarını tamamen toprağa g men tam bükük kulaklı pulluklar, düşük çeki gücü gerektirirler ve toprağı çok az parçalarlar.

Taban Demiri

Toprak işleme sırasında uç demiri ve kulak tarafından kesilen devrilen toprak şeridinin oluşturduğu direnç, pulluk aktif yüzeyini  izi tabanına ve  izi duvarına itmeye çalışır. Pullu un bu kuvvetleri dengeleyebilmesi için  izi duvarına doğru yerleştirilmiş taban demirinden yararlanır. Tban demiri,  izi tabanı ile temas halinde olan uç demiri keskin kenarı ile birlikte bir düzlem oluşturarak pullu un sa a sola kaçmasını ve derine batmasını engelleyerek dengeli çalışmasını sa lar. Gövde sayısı fazla olan kulaklı pulluklarda bu görevi avare tekerlek yapar, sürüm sırasında topraktan gelen ve pullu u yana doğru itmeye çalışan kuvvetleri yalpalayarak dengeler, pullu un devrilmesini önler.

Payanda

Kulak ve uç demiri gibi aktif elemanlar bir yanından kulaklı pullu un çatısına ba lanan payandanın diğer tarafında hav a ba lı civatalarla tutturulur.

Emniyet Düzeni

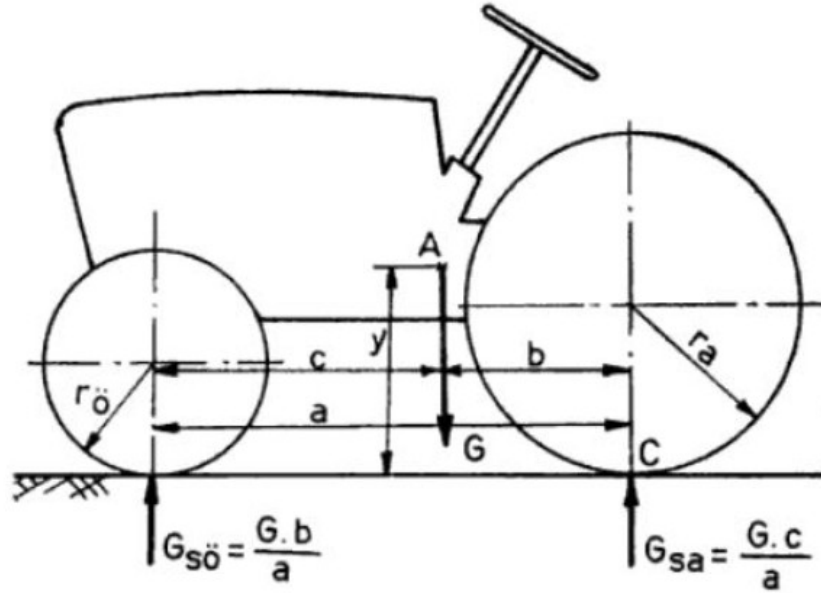
Sürüm sırasında, toprağın çok sertle mi  kısımlarından ya da ta , a a  kökü gibi maddelerden kaynaklanan normalin üzerindeki kuvvetlerden pulluk elemanlarının ve bağlantılarının korunması için kesilme pimli, civatalı ya da yaylı emniyet düzenlerinden yararlanır.(Acar A., Güner M.,  zt rk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları)

4. TRAKTÖRLERİN MEKANİK ÖZELLİKLERİ

Bu bölümde traktörlere mekaniği anlatılırken referans olarak (Saral A. , (1997) Tarım Traktörleri II. Baskı) kitabı kullanılmıştır ve en yaygın olan arkadan tahrikli traktörler göz önüne alınmıştır. Ayrıca, çeki kuvvetinin yatay olduğu ve traktörün orta eksenine etki ettiği, düşey toprak reaksiyonlarının yönlerinin aks eksenlerinden geçtiği varsayılmıştır. Traktör üzerine etki eden kuvvetler statik, dinamik ve meyilli koşullarda ayrı ayrı değerlendirilmiştir.

4.1 Statik Durumda Traktör Üzerine Etki Eden Kuvvetler

Statik durum traktörün hareket etmediği durumdur. Bu nedenle hız ve traktörün geliştirdiği kuvvet sıfırdır. Statik durumda bir traktörün üzerine etki eden kuvvetler aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Statik durumda traktör üzerine etkiyen kuvvetler.

Şekilden görüldüğü gibi;

$$G = G_{sö} + G_{sa} \quad (4.1)$$

dir. Kuvvetlerin C noktasına göre momentleri alınır,

$$G \cdot b = G_{s\ddot{o}} \cdot a \quad (4.2)$$

ifadesi bulunur. Buradan

$$G_{s\ddot{o}} = \frac{G \cdot b}{a} \quad (4.3)$$

Kuvvetlerin B noktasına göre momentleri alınır,

$$G \cdot c = G_{sa} \cdot a \quad (4.4)$$

ifadesi bulunur. Buradan;

$$G_{sa} = \frac{G \cdot c}{a} \quad (4.5)$$

yazılabilir.

G: Traktörün ağırlığı (N)

$G_{s\ddot{o}}$: Ön tekerlere karşı statik düşey toprak reaksiyonu (N)

G_{sa} : Arka tekerlere karşı statik düşey toprak reaksiyonu (N)

a: Ön ve arka aks arası mesafe (m)

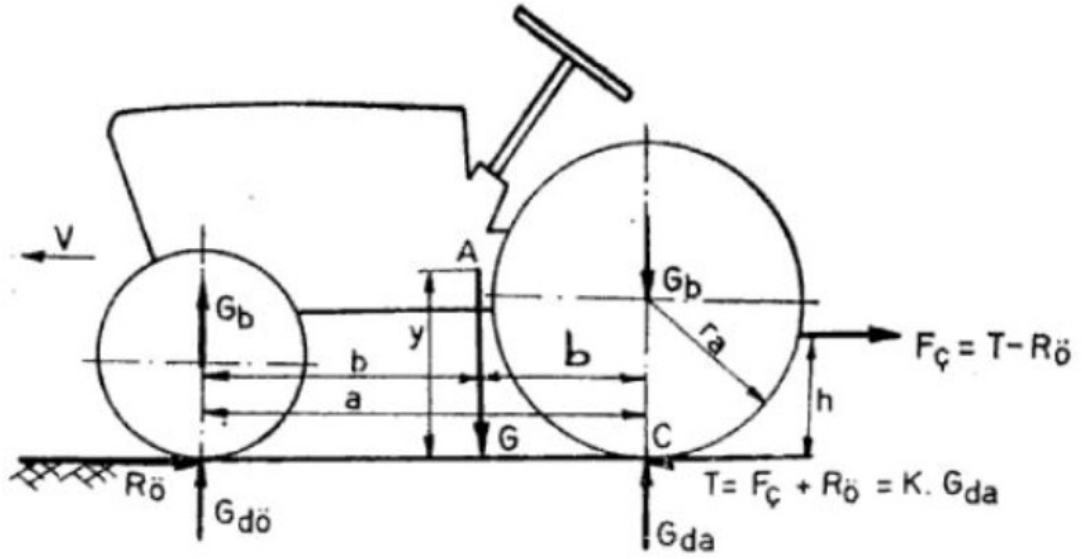
b: Ağırlık merkezinin ön aksa olan yatay uzaklığı (m)

c: Ağırlık merkezinin arka aksa olan yatay uzaklığı (m)

y: Ağırlık merkezinin toprak seviyesine olan düşey mesafesi (m)

4.2 Dinamik Durumda Traktör Üzerine Etki Eden Kuvvetler

Dinamik durum traktörün hareket halindeki durumudur. Bu durumda traktörün belirli bir v hızı ve traktör tarafından geliştirilen işletici ve çeki kuvveti söz konusudur. Aşağıdaki şekil dinamik durumda etki eden kuvvetleri göstermektedir. Normalde dinamik durumda araçlara etki eden ivmelenme ve rüzgar kuvvetleri vardır. Fakat traktörler işletim şartlarında düşük hızlarda çalıştıkları için rüzgar kuvveti ve ivmelenme kuvveti göz ardı edilebilir.



Şekil 4.2 : Dinamik durumda traktör üzerine etkiyen kuvvetler

Çalışan bir motordan elde edilen moment, transmisyon sistemi üzerinden muharrik tekerleklere ulaştığında tekerlek çevresinde bir çevre kuvveti oluşturur. Çevre kuvvetinin, traktörün hareketini sağlayan topraktaki tepki kuvvetine işletici kuvveti adı verilir. Arka muharrik aksa gelen yük, tekerlekleri toprağa bastırırken, sürtünme ile tekerleklerin toprağa tutunması sonucunda oluşan tutunma kuvveti, hem traktörü ileri hareket ettirir ve hem de makinaların çekilmesini sağlar.

Dinamik durumda traktör üzerine etki eden kuvvetleri gösteren şekilden yararlanarak aşağıdaki eşitlikler yazılabilir;

$$T = F_ç + R_ö \quad (4.6)$$

$$G = G_{da} + G_{dö} \quad (4.7)$$

Kuvvetlerin şekildeki C noktasına göre momenti alınırsa;

$$G \cdot b = F_ç + G_{dö} \cdot a \quad (4.8)$$

$$G_{dö} = \frac{G \cdot b}{a} - \frac{F_ç \cdot h}{a} = G_{sö} - \frac{F_ç \cdot h}{a} \quad (4.9)$$

$$\begin{aligned} G_{da} &= G - G_{dö} = G - G_{sö} + \frac{F_ç \cdot h}{a} \\ &= G_{sa} + \frac{F_ç \cdot h}{a} \end{aligned} \quad (4.10)$$

bulunur. Bu eşitliklerde ve şekilde yer alan;

T: İşletici kuvvet (N)

$F_{\text{ç}}$: Traktörün çeki kuvveti (N)

$R_{\text{ö}}$: Ön tekerleklerin yuvarlanma direnci (N)

G_{da} : Arka tekerleklere karşı dinamik toprak reaksiyonu (N)

$G_{\text{dö}}$: Ön tekerleklere karşı dinamik toprak reaksiyonu (N)

h: Çeki noktasının yerden yüksekliği (m)

a: Akslar arasındaki uzaklık (m)

b: Ağırlık merkezinin arka aksa olan uzaklığı (m)

c: Ağırlık merkezinin ön aksa olan uzaklığı (m)

A: Traktörün ağırlık merkezi

Eşitliklerde yer alan;

$$\frac{F_{\text{ç}} \cdot h}{a} = G_b \quad (4.11)$$

ifadesinde G_b ye boyuna transfer kayması (yük transferi) adı verilir. Traktörün çalışması sırasında ön akstan arka aksa taşınan ağırlık miktarını gösterir. Birimi newton (N)'dur.

Dinamik durumda ayrıca aşağıdaki eşitlikler yazılır;

$$U = F_{\text{ç}} + R = T + R_a = G_{\text{da}} \cdot k + f \quad (4.12)$$

$$T = G_{\text{da}} \cdot k \quad (4.13)$$

Bu eşitliklerde;

U: Tekerleklere taşınan çevre kuvveti (N)

R: Traktörün hareketi için gerekli kuvvettir (N)

Bu kuvvetin değeri aşağıdaki eşitlikle bulunur;

$$R = R_{\delta} + R_a = G \cdot f \quad (4.14)$$

R_{δ} : Ön tekerleklerin hareketi için gerekli kuvvetler (N)

R_a : Arka tekerleklerin hareketi için gerekli kuvvetler (N)

G : Traktör ağırlığı (N)

k : Tutunma katsayısı

f : Traktörün yuvarlanma direnci katsayısıdır.

Ön aksa binen yük sıfır olursa, traktörün ön kısmı şahlanır. Bu durumda, ön tekerlere karşı statik düşey toprak reaksiyonunun değeri;

$$G_{d\delta} = G_{s\delta} - \frac{F_{\phi} \cdot h}{a} = 0 \quad (4.15)$$

eşitliğinden yararlanarak bulunur. Şahlanmanın olmaması için;

$$G_{s\delta} = \frac{F_{\phi} \cdot h}{a} \quad (4.16)$$

$$F_{\phi} \leq \frac{G_{s\delta} \cdot a}{h} \quad (4.17)$$

olmalıdır.

Traktörlerde çeki kuvveti gelende römork çekmek için veya pulluk çekmek için kullanılır. Ülkemizde en yaygın kullanılan kulaklı pullukların teknik özellikleri ve kuvvet gereksinimi aşağıdaki gibidir;

Kulaklı pulluklar traktörlerle çekildiğinden toprak işleme sırasında ne kadar güç gereksinimi olduğu ve ne kadar sürede ne kadar alan işledikleri bilimelidir. Güç gereksinimini belirleyen toprağın kesilme direnci kuvveti; pulluğun iş genişliği, iş derinliği, gövde sayısı, gövde şekli, toprak cinsi, ilerleme hızı gibi faktörlere göre değişmektedir.

$$F_p = a_p \cdot b_p \cdot n_p \cdot k_o \cdot \bar{V} \quad (4.18)$$

Bu formülde;

- F_p : Pulluk çeki kuvveti (daN),
 V : Pulluğun ilerleme hızı (km/h),
 b_p : Bir gövdenin iş genişliği (dm),
 a_p : İş derinliği (dm),
 n_p : Pulluk gövde sayısı
 k_o : Özgül toprak direnci (N/dm²)

4.3 Patinaj

Bir traktörün muharrik tekerleklerinin 1 devirde aldıkları yolun, alınması gereken yoldan çok daha az olmasına patinaj denir. Traktörlerde patinajsız çalışma nerdeyse imkansızdır. Çalışma koşullarına ve yüke göre değişen patinaj değeri arazide % 15 - 25 kadar olur. Patinajın artması yükün fazla olduğuna, azalması yeterince yüklenmediğini gösterir.

Tutunma kuvvetinin artırılması için muharrik aks yükü artırılmalıdır. Bunun için,

- Ek ağırlıklar takılması
- Lastiklerin su ile doldurulması,
- Asma aletler,
- Dayanma yükleri (örneğin bir dingilli tarım arabası),
- Hidrolik yardım sağlanabilir.

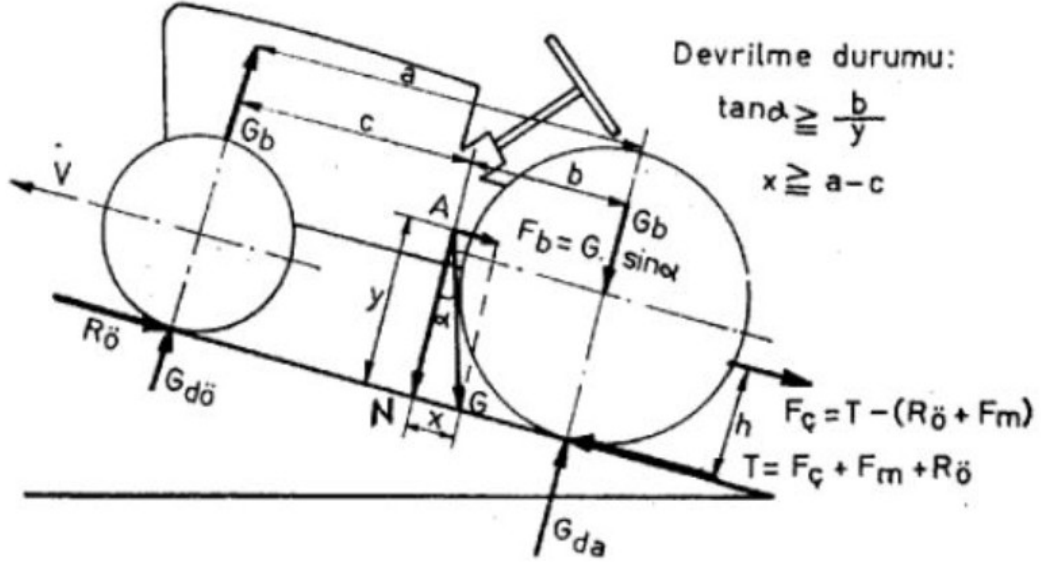
Tutunma katsayısının artırılması için ise şunlar yapılmalıdır;

- Uygun yürüme organı seçimi (yarım tırtıl, tutunma zinciri, paletli zincir vb.),
- Lastik seçimi (ölçü, profil, diagonal ya da radyal yapı),
- Tüm tekerleklerin tahriki.

Uygun olmayan zemin koşullarında tutunma kuvvetinin 4 tekerleği muharrik traktörler kullanılarak artırılması daha uygundur. (Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları)

4.4 Meyilli Arazide Traktör Üzerine Etki Eden Kuvvetler

Meyil yönünde yukarı doğru çıkışta traktörün arkaya doğru şahlanarak devrilmesi söz konusudur. Bu çalışma şekli aşağıda verilmiştir.



Şekil 4.3: Meyil yönünde çalışma sırasında traktör üzerine etkiyen kuvvetler.

Yukardaki şekilde G ile gösterilen traktörün ağırlığı iki bileşene ayrılmıştır. Burada, F_b ile gösterilen yatay bileşen traktörü arkaya doğru devirmeye çalışır. Değeri aşağıdaki eşitlikle bulunur;

$$F_b = G \cdot \sin \alpha \quad (4.19)$$

N ile gösterilen toprak yüzeyine dik olan bileşen, traktörü toprağa bastırmaya çalışır. Değeri, aşağıdaki eşitlikle bulunur;

$$N = G \cdot \cos \alpha \quad (4.20)$$

Bu eşitliklerdeki α açısına meyil açısı adı verilir.

Aşağıda verilen eşitsizliğin gerçekleşmesi durumunda, traktör şahlanarak devrilir.

$$\tan \alpha \geq \frac{b}{y} \quad (4.21)$$

Eşitlikteki ; b, y ve a uzaklıkları şekilde

- a: Traktörün ön ve aks aralığı
b: Traktör ağırlık merkezinin arka aksa olan mesafesi
y: Traktör ağırlık merkezinin yerden yüksekliği
olarak belirtilmiştir.

Traktörün şahlanarak devrilmemesi için ağırlık merkezinin yerden yüksekliği olan y' nin küçük b' nin büyük olması gerekir.

4.5 Traktör Güç Analizi

Bir traktörün hareket edebilmesi için yuvarlanma (hareket) direncini, patinaj kayıp gücünü, varsa meyil çıkma direncini, motor, şanzıman, dişli kutuları ve diferansiyel kayıp güçlerini yenmesi gerekir.

Yuvarlanma (Hareket) direnci gücü

Traktörün hareket etmesi sırasında ortaya çıkan direnç kuvvetlerinden oluşur. Traktör ağırlığına, tekerlek ile zemin arasındaki yuvarlanma direnci katsayısına ve traktörün ilerleme hızına bağlı olarak aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$N_h = \frac{R_a + R_{\delta} \cdot V}{3600} = \frac{R \cdot V}{3600} = \frac{G \cdot f \cdot V}{3600} \quad (4.22)$$

Burada;

- N_h : Yuvarlanma direnci gücü (kW)
 R_{δ} : Ön tekerleklerin yuvarlanma hareketi için gerekli kuvvetler (N)
 R_a : Arka tekerleklerin yuvarlanma hareketi için gerekli kuvvetler (N)
R: Traktörün eğimsiz arazide hareketi için gerekli kuvvettir (N)
V: Traktörün ilerleme hızı (km/h)
G: Traktör ağırlığı (N)
f: Traktörün yuvarlanma direnci katsayısıdır.

Yuvarlanma direnci, traktör lastik tekerleğinin esneyerek şekil değiştirmesi (deformasyon) ve toprağa batması ile ilgilidir. Lastik tekerleğin toprağa batma miktarı arttıkça yuvarlanma direnci artar, toprakla temas yüzeyi artarsa direnç azalır.

Çeki gücü

Traktörün çeki kancasında yaralanılan güçtür ve şöyle hesaplanır.

$$N_{\text{ç}} = \frac{F_{\text{ç}} \cdot V}{3600} \quad (4.23)$$

Burada;

$N_{\text{ç}}$: Traktörün çeki gücü (kW)

$F_{\text{ç}}$: Traktörün çeki kancasındaki kuvvet (N)

V : Traktörün ilerleme hızıdır. (km/h)

Pulluğun çeki gücü, pulluğu çekmek için traktör bağlantı kollarında gereken güçtür. Bu güç, çalışma hızının bir fonksiyonudur. Traktörler motor güçlerinin yaklaşık olarak % 40-60'ını çeki gücü olarak geliştirirler. Bu durumda pulluğun tarlada çalışması sırasında belirlenen çeki kuvveti ve çalışma hızına bağlı olarak gereken gücü aşağıdaki bağıntıdan bulunabilir;

$$N_p = \frac{F_p \cdot V}{3600} \quad (4.24)$$

Burada;

N_p : Pulluk çeki gücü (kW)

F_p : Pulluk çeki kuvveti (N)

V : Traktörün ilerleme hızıdır. (km/h)

Efektif motor gücü

Traktör motorunun ana milinden elde edilen güçtür. Bu gücün değeri aşağıdaki eşitlikle bulunur.

$$N_e = \frac{V_0 \cdot U}{3600 \cdot \eta_m} \quad (4.25)$$

Burada;

N_e : Traktör motorunun efektif gücü (kW)

U: Çevre kuvveti (N)

V_0 : Traktör tekerleğinin çevre hızı (km/h)

η_m : Mekanik verim (%) değeri 0.85 alınabilir.

Dişlilerde meydana gelen kayıp güç

Motorun hareketinin tekerleklerle iletilmesi, dişliler aracılığıyla olur. Gerek dişli kutusunda, gerekse diferansiyeldeki dişliler arasında meydana gelen dişli kayıplarının değeri, aşağıdaki eşitlikle bulunur;

$$N_{dk} = N_e - N_t = N_e (1 - \eta_m) \quad (4.26)$$

Burada;

N_{dk} : Dişlilerdeki güç kaybı (kW)

N_e : Traktör motorunun efektif gücü (kW)

N_t : Tekerleklerle ulaşan güç (kW)

η_m : Mekanik verim (%) değeri 0.85 alınabilir.

Meyil çıkma gücü

Meyilli arazide, meyilden dolayı oluşan güçtür. Değeri aşağıdaki eşitlikle bulunur;

$$N_m = \frac{G \cdot \sin \alpha \cdot V}{3600} \quad (4.27)$$

Burada;

N_m : Meyil çıkma gücü (kW)

G: Traktörün ağırlığı (N)

a: Meyil açısı (°)

V: Traktörün ilerleme hızıdır. (km/h)

Toplam olarak traktör işletim sırasında güç

$$N_T = N_h + N_\zeta + N_e + N_{dk} + N_m \quad (4.28)$$

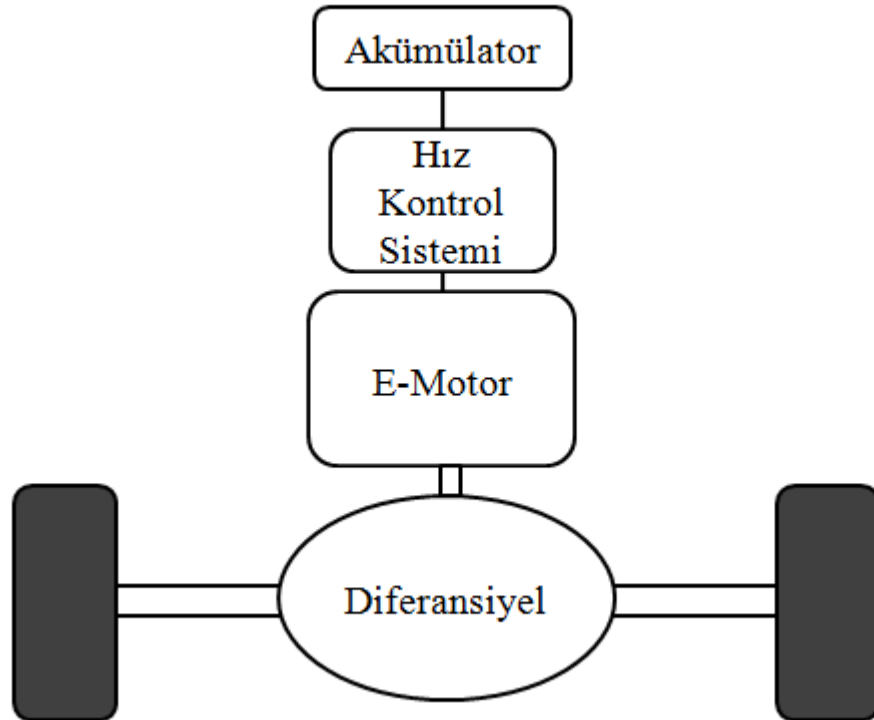
gibi gösterilir;

5. TEMEL ELEKTRİKLİ TAŞITLARIN YAPI VE TEKNOLOJİLERİ

Elektrikli taşıtların güç kaynakları bakımından, sadece elektrik motorlu ve elektrik ile içten yanmalı motorların birlikte kullanıldığı hibrit sistemler olmak üzere iki çeşittirler. Bu iki ana sistemde kendi içinde güç kaynaklarının ve çevirim oranı sağlayan dişli kutularının sayısı ve lokasyonuna göre farklılık göstermektedirler. Aşağıda bu sistemlerden belli başlıları kısaca açıklanmıştır.

5.1 Akümülatör, E-Motor ve Diferansiyelden Oluşan Sistem

Bu sistem içten yanmalı motorlu taşıtlar için kullanılan en bilinen ve en çok tercih edilen sistemdir. İçten yanmalı motor ve yakıt deposunun yerini elektrik motoru ve akümülatör almıştır. Aşağıdaki şekilde sistemin blok şeması gösterilmiştir.



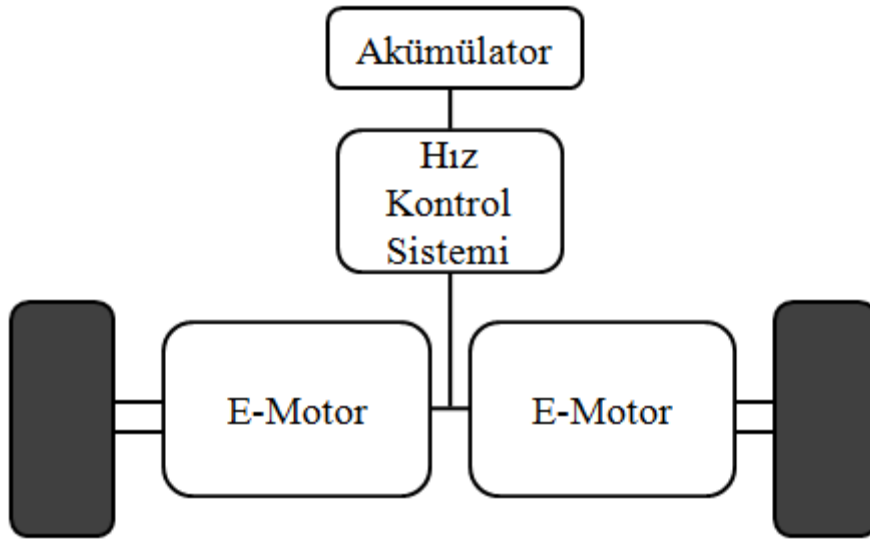
Şekil 5.1: Akümülatör, e-motor ve diferansiyelden oluşan sistem.

Ayrıca hız kontrol sistemi sayesinde şanzıman kaldırılmıştır. Bu durum araçta paket alanının artmasını ve ağırlıkta da ciddi bir azalma sağlamıştır. Ancak elektrik

motorundan önüş hareketini çekiş yapan tekerleklere iletmek ve bu tekerlekler arasındaki güç dağılımını düzenlemek için diferansiyel kutusu kullanmak gerekmektedir.

5.2 Akümülatör ve İki E-Motor Kullanılan Diferansiyelsiz Sistem

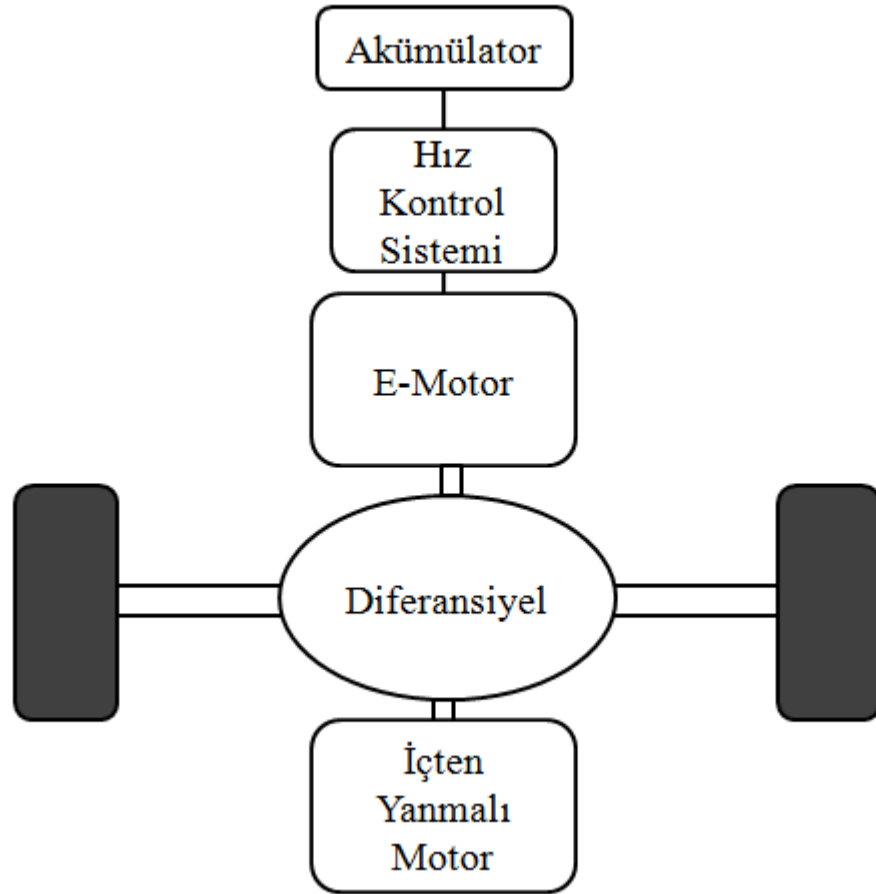
Bu sistemlerde çekiş yapması istenilen iki tekerlek bağımsız birer e-motorile doğrudan tahrik edilmektedir. Motorlariçin uygun kontrol kuralları belirlenerek aracın farklı yol şartlarında optimum çekiş sağlamasına ek olarak mekanik aktarma organlarının kullanılmayışı verimi arttırırken bakım ihtiyacını da azaltmaktadır. Buna ek olarak akümülatör, e-Motor ve diferansiyelden oluşan sistemlerdeki gibiaracıta paket alanı artmış ve ağırlıkta da ciddi bir azalma sağlanmış olur. Sistemin blok şeması aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.



Şekil 5.2: Akümülatör ve iki e-motoru kullanılan diferansiyelsiz sistem.

5.3 Akümülatör, E-Motor ve İçten Yanmalı Motordan Oluşan Hibrit Sistem

Elektrik motoru ve içten yanmalı motor aynı anda ve paralel bağı bir şekilde çalışmaktadır. Duruma göre yaelektrik motor ya da içten yanmalı motor araca güç aktarımı sağlamaktadır. Güç kaynağı seçimi yol şartlarının değişmesi, akümülatörlerin tamamen boşalması veyayakıtın tükenmesi gibi hallerde optimal çalışmayı sağlamak amacıyla veya zorunluluklar sonucu yapılabilir. Blok şeması şekilde gösterilen bu tahrik sistemi "paralel karma sistem" olarak da adlandırılmaktadır.

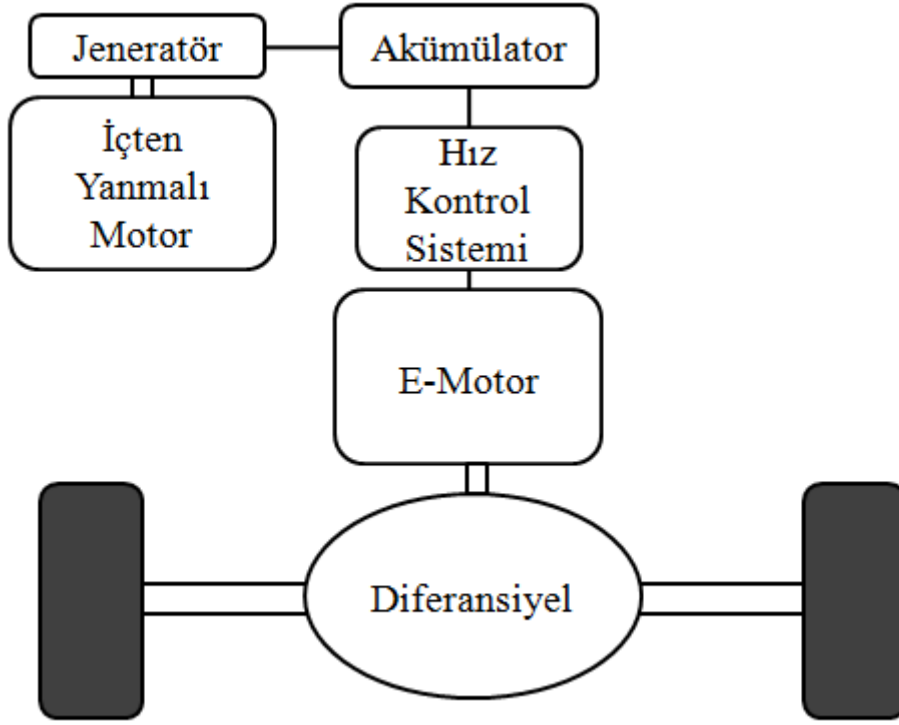


Şekil 5.3: Akümülatör, e-motor ve içten yanmalı motordan oluşan hibrit sistem.

5.4 Akümülatör, E-Motor, Jeneratör ve İçten Yanmalı Motordan Oluşan Sistem

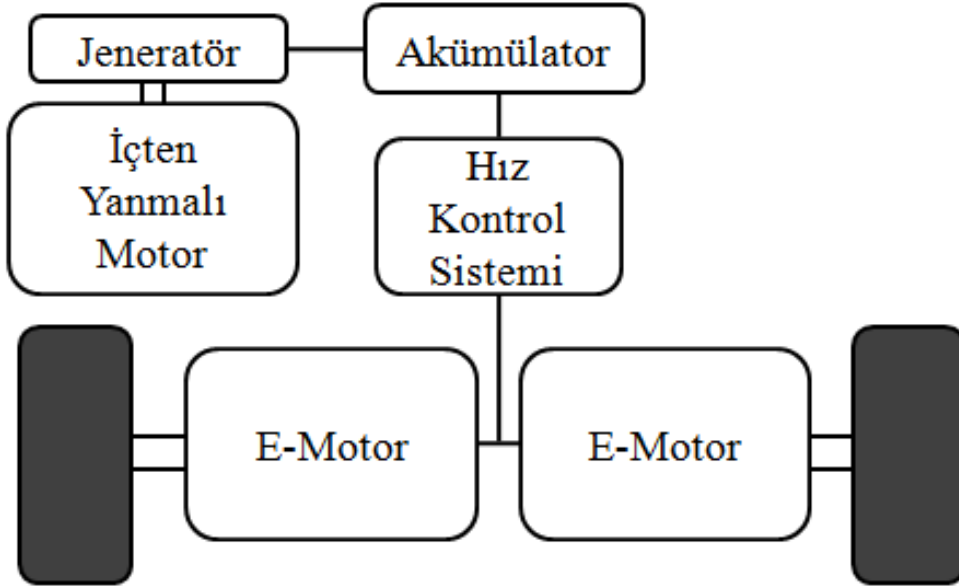
Bu sistemde araca daimi güç aktarımını elektrik motoru tarafından sağlanmaktadır . İçtenyanmalı motorve jeneratörün amacıysa akümülatörün doldurulması ve elektrik güç hattının beslenmesi görevlerini üstlenmiştir. Bu tip sistem ise "seri karma sistem" adını da alır.

Hibrit sistemler sadece elektrik enerjisi kullanan tahrik sistemlerine göre daha pahalıdırlar. Fakat bunun yanında daha geniş bir uygulama alanına sahiptirler. Genel olarak araçlarda kullanılan içten yanmalı motorlar farklı devir sayılarında çalışmak zorunda olduğundan verim ve gaz emisyon miktarları büyük değişimler göstermektedir. Seri karma sistemlerde içten yanmalı motor, verim ve gaz emisyonu açısından en uygun hızındave sabit hızlıla çalıştırılmaktadır. Aşağıdaki resimde sistemin tek bir elektrik motoru ve bir mekanik diferansiyel kutusu kullanılarak gerçekleştirilmesi durumundaki blok şeması verilmiştir.



Şekil 5.4: Bir e-motor ve diferansiyel kullanılan seri karma sistem.

Aşağıdaki şekilde ise tekerlek başına birer elektrik motoru kullanılan seri karma sistemin blok şeması gösterilmiştir.



Şekil 5.5: Tekerlek başına bir e-motoru kullanılan seri karma sistem.

6. AKTÜEL ELEKTRİKLİ TRAKTÖR ÇALIŞMALARI

Giderek azalan petrol ve doğal gaz kaynaklarından dolayı, alternatif yakıt arayışı her geçen gün artmaktadır. Tarım sektöründe de bu alanda çalışmalar yapılmaktadır. Fakat elle tutulur bir seviyeye gelememiştir. Bu denemeler daha çok kısa süreli ve düşük motor gücü gerektiren işler için yapılmıştır. Fakat günümüzde tarım sektöründe yapılan işler ve ihtiyaç duyulan iş gücü göz önünde bulundurulduğunda, bu çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir.

21. yy başlarına kadar lider traktör üreticileri elektrikli traktör çalışmalarına fazla önem vermemesi, traktör kullanıcılarını var olan içten yanmalı traktörleri, kendi imkanları doğrultusunda elektrik motorlu traktörleri dönüştürmesine yönlendirmiştir.

20.yy'ın sonlarına doğru Amerika ve Kanada'da yapılan bu çalışmalara bakıldığında bu net bir şekilde gözükmemektedir.

Amerika'daki uygulamalardan en yaygın olanı G-traktör tiplerinin içten yanmalı motorunun çıkarılması ve yerine elektrik motoru ve akülerin yerleştirilmesi prensibine dayanan sistemlerdir. Bu traktörlerde motor normal bahçe traktörlerin aksine arka aksın arkasında olup ayrıca bir şanzıman ihtiyacına gerek olmadan güç aktarımı sağlanır. Bu yüzden bu tip traktörlerde elektrik motoru uygulaması daha rahattır.



Şekil 6.1: İçten yanmalı motorlu G-tipi traktör.



Şekil 6.2: G tipi traktörde elektrik motoru uygulaması.

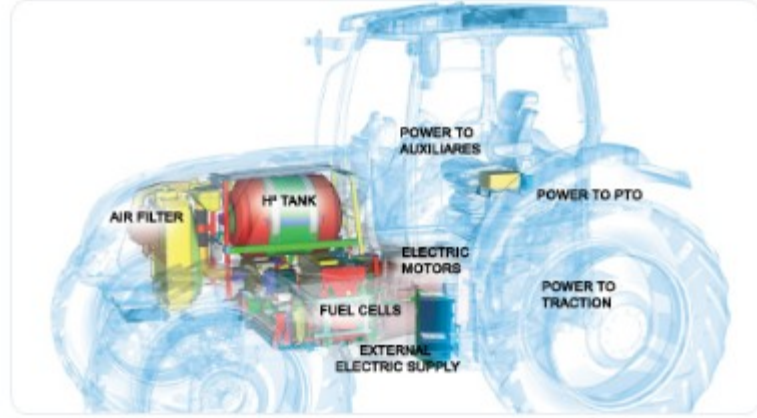


Şekil 6.3: Elektrikli traktör örneği.

Kanada da yapılan bu traktör, Massey 135 traktörünün içten yanmalı motoru çıkarılarak, forklift elektrik motorları yerleştirilmesiyle yapılmıştır. Fakat bu traktörün motor gücü ve kullanım süresi çok düşüktür.

21. yy ile birlikte gerek üniversitelerde gerekse de büyük traktör üretici firmaları elektrikli traktör çalışmalarına önem vermeye başlamıştır.

New Holland traktör firması yakıt pilli traktör üzerinde çalıştığını ve bu traktörün maksimum motor gücünün 100kW, maksimum motor torkunun 1200Nm olacağını açıklaması, tarım sektöründeki yenilenebilir enerji uygulamalarının olgunlaştığını göstermektedir.



Şekil 6.4: Yakıt pili ile çalışan traktör uygulaması.

2011 yılında Southern Denmark üniversitesinde öğrencilerinin yapmış olduğu çalışma üniversitelerde de elektrikli traktör çalışmaları yapıldığının en belirgin örneğidir.



Şekil 6.5: Danimarka üniversitesinde yapılan elektrikli traktör çalışması.

Bu çalışmada, dizel motorlu bir traktör elektrik motorlu bir traktöre çevrilmiş ve yapılan testlerde 20,6 kW maksimum motor gücüne ve 164 Nm maksimum torka ulaşılmıştır. Bu çalışmada mevcut aktarma organları sabit tutulmuş sadece motor

değişikliğine gidilmiştir. Motordan şanzımana güç aktarımı da kayış kasnak mekanizmasıyla sağlanmıştır.

Yurtdışındaki bir başka elektrikli traktör örneği de Rusya da MOBEL grubunun 2011 yılında geliştirmiş olduğu elektrikli traktör çalışmasıdır. Bu çalışmada 59,6 kW lık 4x4 dizel motorlu bir traktör, güç kaynağı olarak lityum iyon battaryalar kullanılarak 53kW motor gücünde ve yaklaşık 4 saat çalışma süreli bir elektrikli traktöre dönüştürülmüştür. Ayrıca kabin üzerine bağlanmış olan güneş panelleri sayesinde battaryaların şarjı, güneş enerjisinden sağlanmaktadır.



Şekil 6.6: Traktörlerde elektrikli motoru uygulaması.

Ülkemizde ise Uzel, Hattat ve Temsa gibi büyük firmalar bu alanda çalışmalar yaptıklarını ve yakın gelecekte elektrikli traktör ile piyasaya gireceklerini bildirmiş olsalar da, bu konu da henüz bir gelişme yoktur.

7. HESAPLAMALAR

Bu çalışmada bahçe işleme için kullanılan içten yanmalı motorlu 55 Hp bir traktör baz araç olarak seçilmiştir. Belirlenen yol koşullarında hesaplanan seyir dirençleri ile baz olarak seçilen traktörün karşılaştırılması sonucu elektrik motorlu traktör için ihtiyaç duyulan elektrik motor özellikleri belirlenmiştir. Baz olarak seçilen traktör bilgisayar ortamında modellenmiştir. Bu modelde içten yanmalı motor, şanzıman ve yakıt tankı yerine elektrik motoru, moment dönüştürücü ve aküler yerleştirilmiştir. Elektrik motoru ve ilgili ekipmanların yerleştirilmesi yapılırken, traktörün toplam ağırlığı değiştirilmeden maksimum akü yerleştirilerek uzun süreli kullanım amaçlanmıştır.

Belirlenen günlük traktör kullanım senaryolarına göre içten yanmalı motorlu traktör ile elektrik motorlu traktör kullanım süreleri ve yakıt tüketimleri karşılaştırılmıştır.

7.1 İçten Yanmalı Motorlu Traktör Seçimi

7.1.1 İçten yanmalı motorlu traktörün genel özellikleri

Bahçe işlemede kullanılan traktörünün genel özellikleri;



Şekil 7.1: Seçilen 55Hp gücündeki traktör.

Traktör Toplam Kütle (m)	2110 kg
Dingil Açıklığı (L)	2,04 m
Ağırlık Merkezinin Ön Dingile Olan Mesafesi (L_o)	0,64 m
Ağırlık Merkezinin Arka Dingile Olan Mesafesi (L_a)	1,224 m
Yakıt Deporu Hacmi (V_{depo})	64 L
Ön Lastikler	260/70R28
Arka Lastikler	380/70R28
Dinamik Teker Yarıçapı ($r_{dinamik}$)	0,63 m
Çekiş Türü	2WD (Arkadan Çekişli)

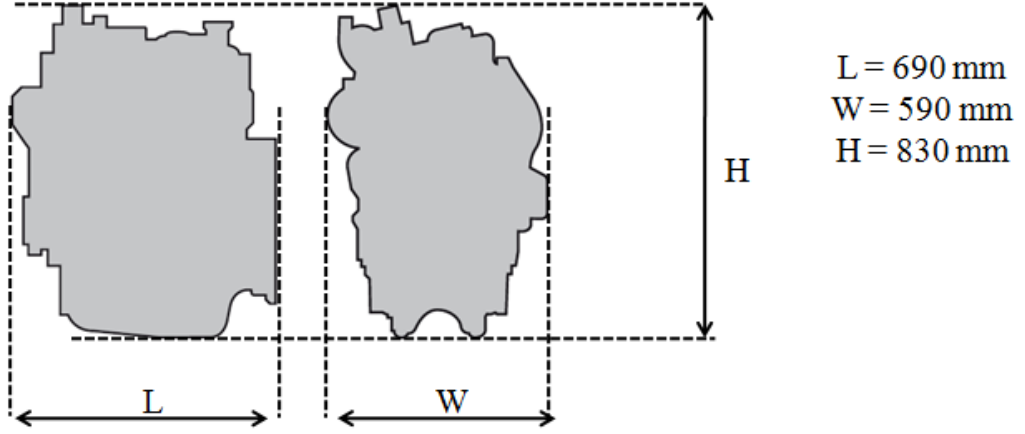
7.1.2 İçten yanmalı motor özellikleri

Seçilen traktörün motor özellikleri;



Şekil 7.2: Seçilen traktör motoru.

*Maksimum Güç (P_{max})	55HP
**Maksimum Gücün Elde Edildiği Devir (n_{Pmax})	2505 devir/dak
Silindir Sayısı	3
Silindir Hacmi	2,9 L
***Maksimum Tork (T_{max})	202 N.m
****Maksimum Torkun Elde Edildiği Devir (n_{Tmax})	1303 devir/dak



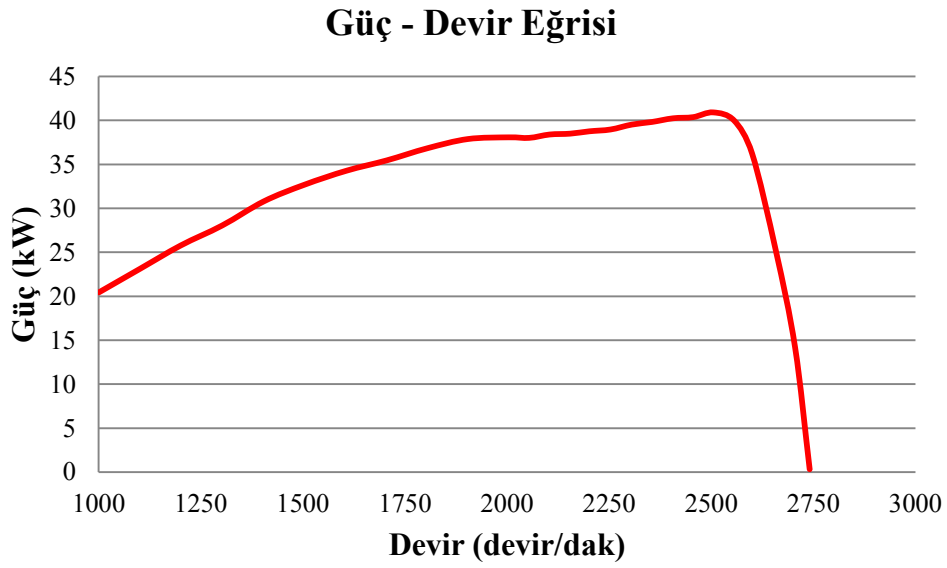
Şekil 7.3: Motorun yaklaşık boyutları

Motor güç ve tork değerleri aşağıdaki gibidir.

Çizelge 7.1: Motor tam yükte güç, tork ve devir değerleri.

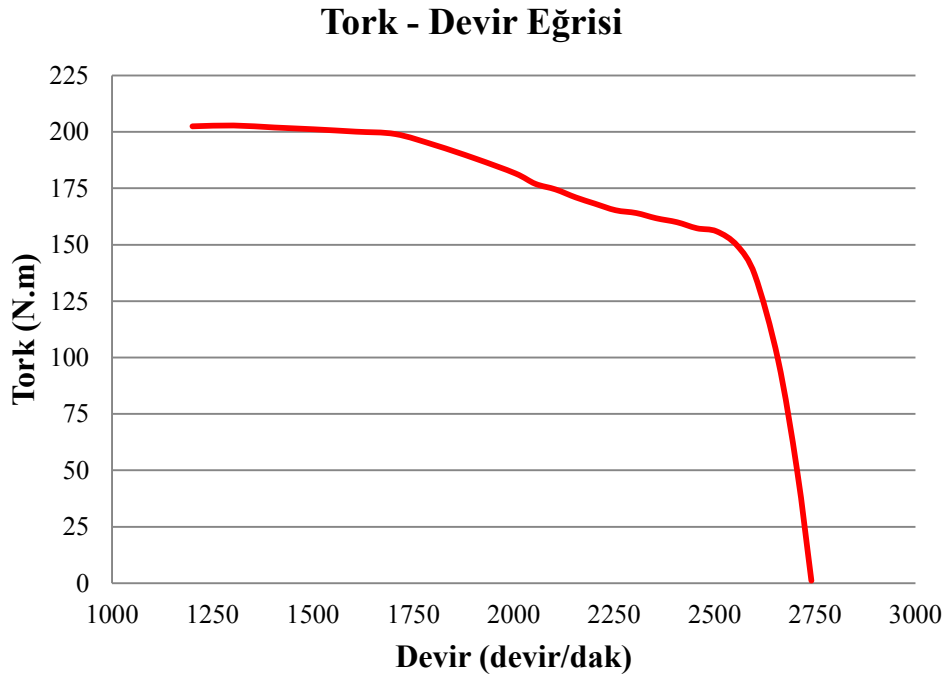
Devir (devir/dak)	Güç (kW)	Tork (Nm)	Güç (HP)
2741	0,3	1,1	0,4
2705	14,1	50,0	19,0
2658	25,2	98,8	33,8
2600	36,2	136,7	48,6
2556	40,0	149,6	53,6
**2505	40,9	155,9	*54,9
2456	40,4	157,3	54,1
2406	40,2	160,0	54,0
2355	39,8	161,7	53,4
2305	39,5	164,0	53,0
2253	39,0	165,3	52,2
2201	38,8	168,2	52,0
2155	38,5	170,9	51,6
2104	38,4	174,5	51,5
2054	38,0	177,0	51,0
2004	38,1	181,6	51,1
1904	37,9	188,2	50,8
1805	36,8	194,1	49,4
1705	35,5	199,0	47,5
1607	34,3	200,1	46,0
1503	32,7	201,1	43,8
1404	30,8	201,9	41,3
***1303	28,0	***202,8	37,6
1200	25,8	202,5	34,5
1100	23,1	198,3	31,0
1000	20,4	190,2	27,4

Motor tam yükte Güç - Devir eğrisi aşağıdaki gibidir.



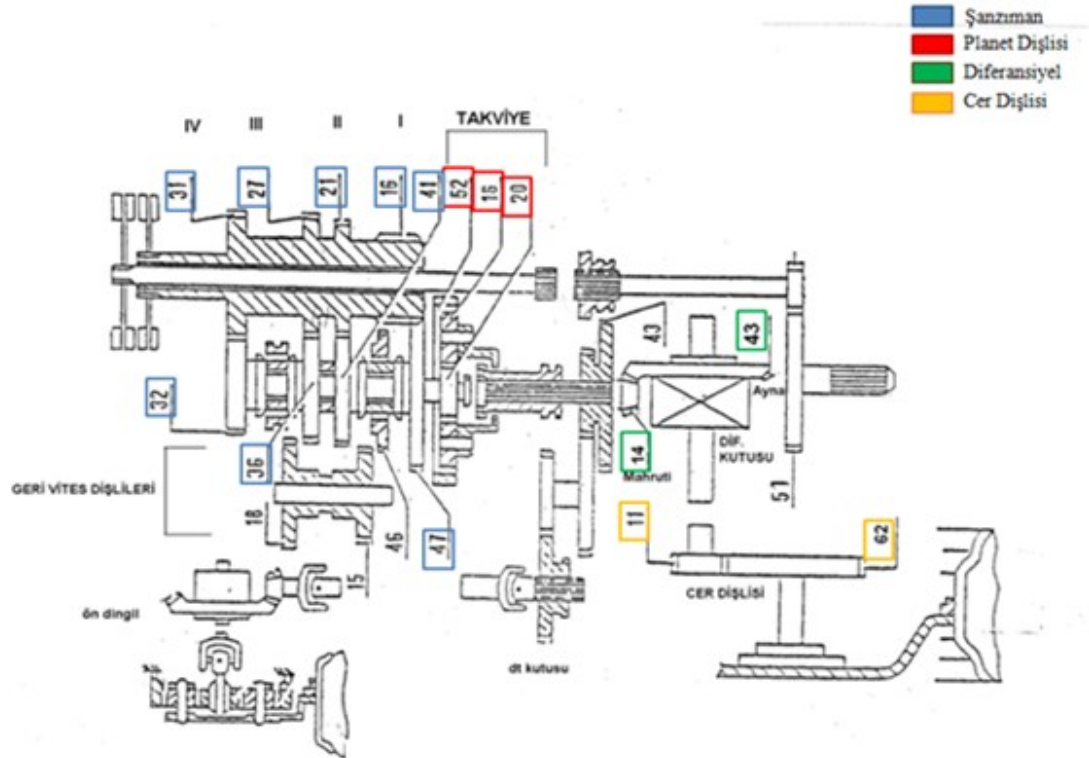
Şekil 7.4: Motor tam yükte güç - devir eğrisi.

Motor tam yükte Tork vs Devir eğrisi aşağıdaki gibidir.



Şekil 7.5: Motor tam yükte tork - devir eğrisi.

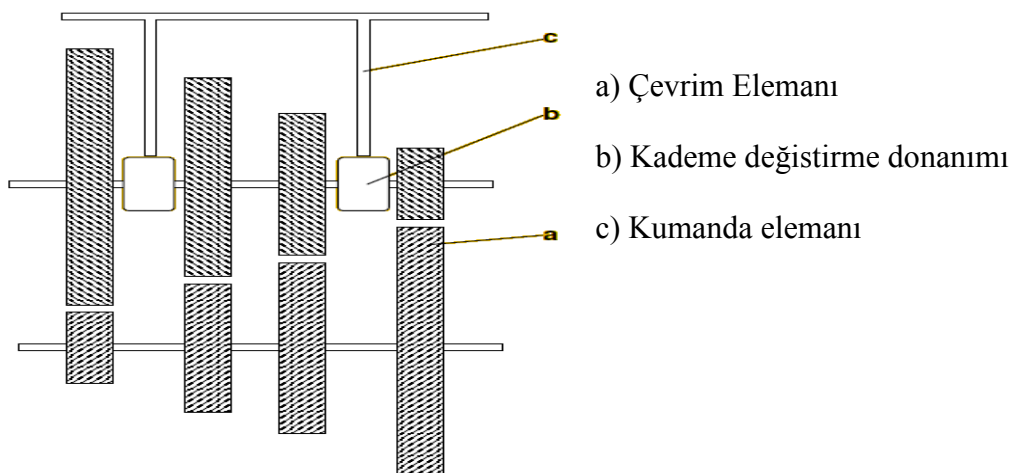
Seçilen traktör şanzıman, planet dişli grubu, diferansiyel ve cer dişlisin oluşmaktadır. Aşağıdaki şekilde aktarma organlarının dişli sayıları gösterilmektedir.



Şekil 7.6: Aktarma organları ve dişli sayıları.

Şanzıman çevrim oranlarının hesaplanması:

Şanzıman genel olarak aşağıdaki elemanlardan oluşur;



Şekil 7.7: Şanzıman dişlilerinin şematik gösterimi.

$$i_g = \frac{N_{\text{büyük}}}{N_{\text{küçük}}} \quad (7.1)$$

Burada;

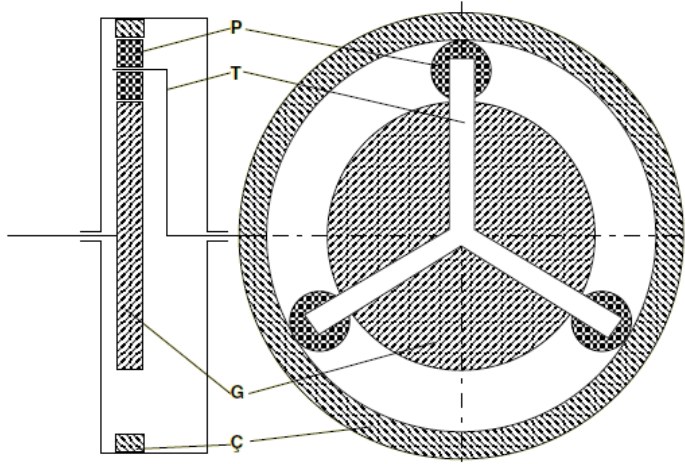
i_g : Şanzıman Çevrim Oranı

$N_{\text{büyük}}$: Büyük Dişli Sayısı

$N_{\text{küçük}}$: Küçük Dişli Sayısı

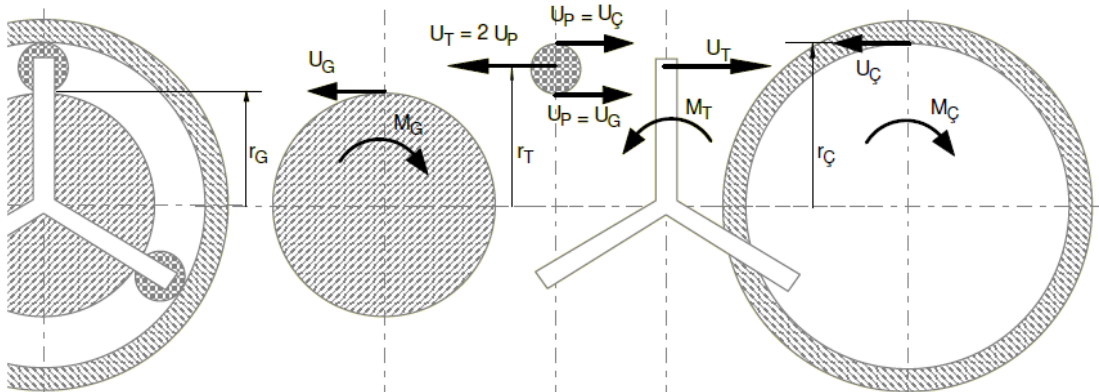
Planet dişli çevrim oranlarının hesaplanması:

Basit bir planet mekanizması, bir güneş dişlisi (G), bir çember dişlisi (Ç), planet dişlileri (P) ve planet taşıyıcısından (T) oluşmaktadır. Aşağıdaki şekilde basit bir planet dişli mekanizması gösterilmektedir.



Şekil 7.8: Planet dişli mekanizması.

Planet dişli mekanizmasının çevrim oranı hesabı aşağıdaki şekilde gösterildiği üzere kuvvet ve moment dengelerinden yapılır.



Şekil 7.9: Planet dişli mekanizmasının detay gösterimi.

$$M_G - M_T + M_Ç = 0 \quad (7.2)$$

Planet dişlisindeki çevresel kuvvet için aşağıdaki eşitlik kullanılır;

$$U_G = U_P = U_Ç \quad (7.3)$$

$$U_G = \frac{M_G}{r_G} ; U_Ç = \frac{M_Ç}{r_Ç} \Rightarrow \frac{M_Ç}{M_G} = \frac{r_Ç}{r_G} \quad (7.4)$$

Kuvvet dengelerine göre aşağıdaki eşitlikler çıkarılır

$$M_T = M_G + M_Ç = 1 + \frac{M_Ç}{M_G} M_G \quad (7.5)$$

$$M_T = 1 + \frac{r_G}{r_Ç} M_Ç \quad (7.6)$$

$$M_T = 1 + \frac{r_Ç}{r_G} M_G \quad (7.7)$$

$$z \cdot t = 2 \cdot \pi \cdot r \quad (7.8)$$

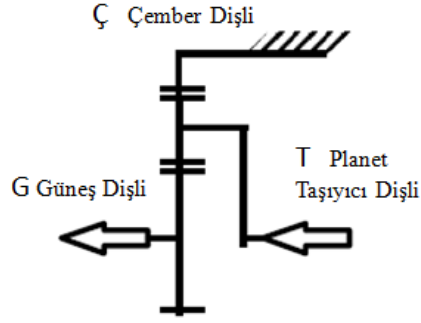
$$z \cong r$$

$$\frac{r_Ç}{r_G} = \frac{z_Ç}{z_G} \quad (7.9)$$

Burada;

U_G :	Güneş dişlisi çevresel kuvvet
U_P :	Planet dişlisi çevresel kuvvet
$U_Ç$:	Çember dişlisi çevresel kuvvet
M_T :	Planet taşıyıcı dişlisi momenti
$M_Ç$:	Çember dişlisi momenti
M_G :	Güneş dişlisi momenti
$r_Ç$:	Çember dişlisi yarıçapı
r_G :	Güneş dişlisi yarıçapı
z :	Diş sayısı
t :	Diş adımı

Seçilen traktördeki planet dişli (T) planet taşıyıcı girişli, (G) güneş dişli çıkışlı ve sabit (Ç) çember dişliden oluşmaktadır.



Şekil 7.10: Seçilen traktörün planet dişli mekanizması.

$$i = \frac{M_A}{M_E} \quad (7.10)$$

$$\frac{M_E}{M_A} = \frac{n_G}{n_T} = \frac{M_T}{M_G} = \frac{1}{1 + \frac{r_C}{r_G}} \quad (7.11)$$

Burada;

i: Çevrim Oranı

n_G : Güneş Dişlisi Dönme Sayısı

n_T : Planet Taşıyıcı Dişlisi Dönme Sayısı

M_T : Planet Taşıyıcı Dişlisi Momenti

M_G : Güneş Dişlisi Momenti

M_A : Giriş Momenti

M_E : Çıkış Momenti

r_C : Çember Dişlisi Yarıçapı

r_G : Güneş Dişlisi Yarıçapı

Planet dişli çevrim oranı:

Planet Dişli Diş Sayısı: 16

Çember Dişli Diş Sayısı: 52

Güneş Dişlisi Diş Sayısı: 20

$$i = 1 + \frac{r_C}{r_G} = 1 + \frac{52}{20} = 3,599 \quad (7.12)$$

1. Vites çevrim oranı:

$$i_{g1} = \frac{N_{büyük}}{N_{küçük}} = \frac{47}{16} = 2,937 \quad (7.13)$$
$$\eta_{g1} = 0,90$$

2. Vites çevrim oranı:

$$i_{g2} = \frac{N_{büyük}}{N_{küçük}} = \frac{41}{21} = 1,952 \quad (7.14)$$
$$\eta_{g2} = 0,91$$

3. Vites çevrim oranı:

$$i_{g3} = \frac{N_{büyük}}{N_{küçük}} = \frac{36}{27} = 1,333 \quad (7.15)$$
$$\eta_{g3} = 0,92$$

4. Vites çevrim oranı:

$$i_{g4} = \frac{N_{büyük}}{N_{küçük}} = \frac{32}{31} = 1,032 \quad (7.16)$$
$$\eta_{g4} = 0,93$$

1. Takviye çevrim oranı:

$$i_{gt1} = i_{g1} \cdot i = 10,58 \quad (7.17)$$
$$\eta_{gt1} = 0,90$$

2. Takviye çevrim oranı:

$$i_{gt2} = i_{g2} \cdot i = 7,03 \quad (7.18)$$
$$\eta_{gt2} = 0,91$$

3. Takviye çevrim oranı:

$$i_{gt3} = i_{g3} \cdot i = 4,80 \quad (7.19)$$
$$\eta_{gt3} = 0,92$$

4. Takviye çevrim oranı:

$$\begin{aligned}i_{g4} &= i_{g4} \cdot i = 3,72 \\ \eta_{g4} &= 0,93\end{aligned}\tag{7.20}$$

Diferansiyel çevrim oranı:

$$\begin{aligned}i_a &= \frac{43}{14} = 3,07 \\ \eta_a &= 0,95\end{aligned}\tag{7.21}$$

Cer dişlisi çevrim oranı:

$$\begin{aligned}i_c &= \frac{62}{11} = 5,636 \\ \eta_c &= 0,95\end{aligned}\tag{7.22}$$

Çizelge 7.2: Aktarma organları çevrim oranları ve verimleri.

Vites	Şanzıman Çevrim Oranı	Şanzıman Verim	Diferansiyel Çevrim Oranı	Diferansiyel Verim	Cer Dışlısı Çevrim Oranı	Cer Dışlısı Verim	Toplam Çevrim Oranı	Toplam Verim
1. vites	2,94	0,90	3,07	0,95	5,64	0,95	50,85	0,81
1. takviye	10,58	0,90					183,07	0,81
2.vites	1,95	0,91					33,80	0,82
2. takivye	7,03	0,91					121,68	0,82
3. vites	1,33	0,92					23,08	0,83
3. takviye	4,80	0,92					83,10	0,83
4.vites	1,03	0,93					17,87	0,84
4. takivye	3,72	0,93					64,33	0,84

7.1.4 Motor ideal çeki kuvveti, tork ve güç eğrilerinin çıkarılması

İdeal eğrileri maksimum gücün (P_{max}) 0 km/h den maksimum hız olan 40 km/h'e kadar değişen hız verilerine bölmesiyle elde edilir. Ancak aracın ulaşabileceği maksimum tahrik F_{Tahrik} ve bu tahrikte patinaj çekmeden ulaşabileceği maksimum hızın da etkisi vardır.

F_{Tahrik} ve bu tahrikteki patinajsız maksimum hız aşağıdaki eşitliklerden hesaplanır.

$$F_{Tahrik} = i_{toplamlam} \frac{\frac{M_{max}(Nm)}{\frac{R_0}{1000}}}{1000} = 183,07 \frac{\frac{202,8}{630}}{1000} = 58,94 \text{ kN} \quad (7.23)$$

$$v = \frac{P_{max}}{F_{Tahrik}} \times 3,6 = \frac{40,9}{58,94} \times 3,6 = 2,50 \text{ km/h} \quad (7.24)$$

Burada;

F_{Tahrik} : Maksimum tahrik

$i_{toplamlam}$: Toplam çevirim oranı

T_{max} : Maksimum motor torku

P_{max} : Maksimum motor gücü

R_0 : Dinamik teker yarıçapı

Bu yukarıda belirtildiği gibi sadece 0 km/h den 2,50 km/h e kadar F_{Tahrik} değeri geçerlidir ondan sonra maksimum hız olan 40km/h hıza kadar ise;

$$F = \frac{P_{max}}{v} \quad (7.25)$$

denkleminde çıkan değerler geçerlidir. Güç ideal çeki hiperbolünde ise ;

$$P = Fv \quad (7.26)$$

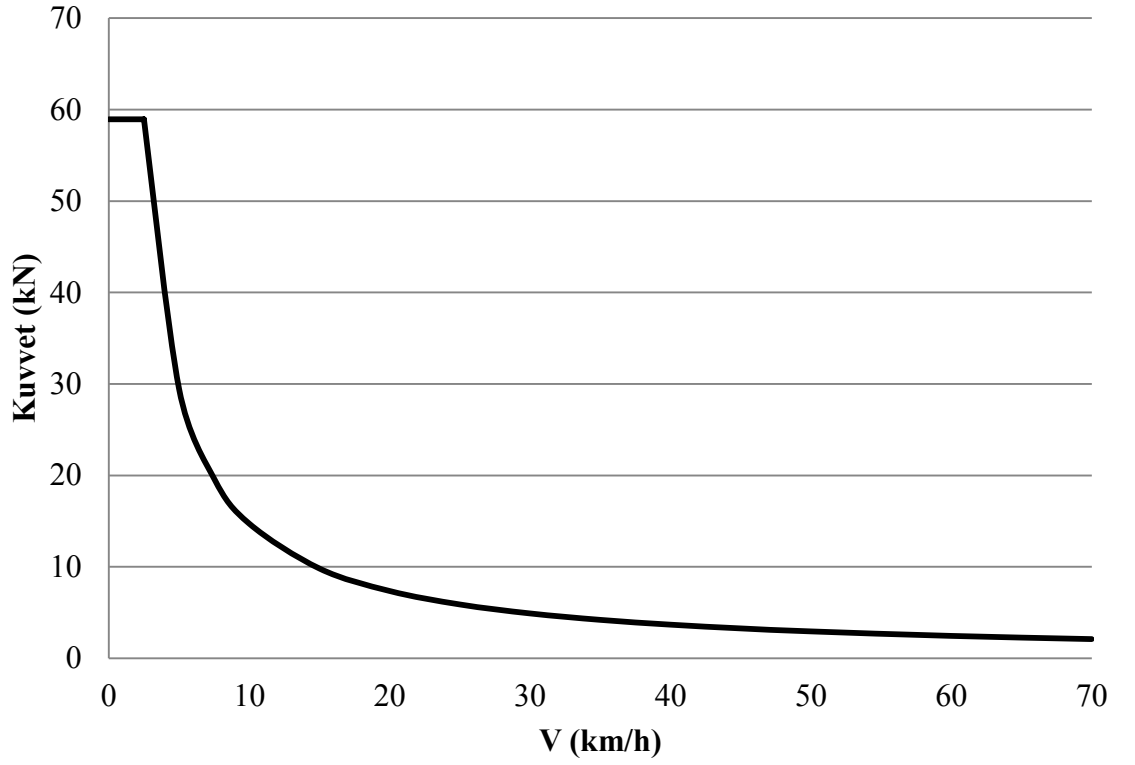
yukarıda her hız değeri için hesaplanan F değerleri kullanılmıştır. Hız içinde yine 0 km/h dan başlayıp maksimum hız 40 km/h kadar değerler ve bir de patinaj çekmeden ulaşılacak max hız değeri 2,50 km/h kullanılmıştır.

İdeal çeki kuvveti, tork ve güç eğri değerleri ve grafikleri aşağıda verilmiştir.

Çizelge 2.3: İdeal kuvvet, tork ve güç değerleri.

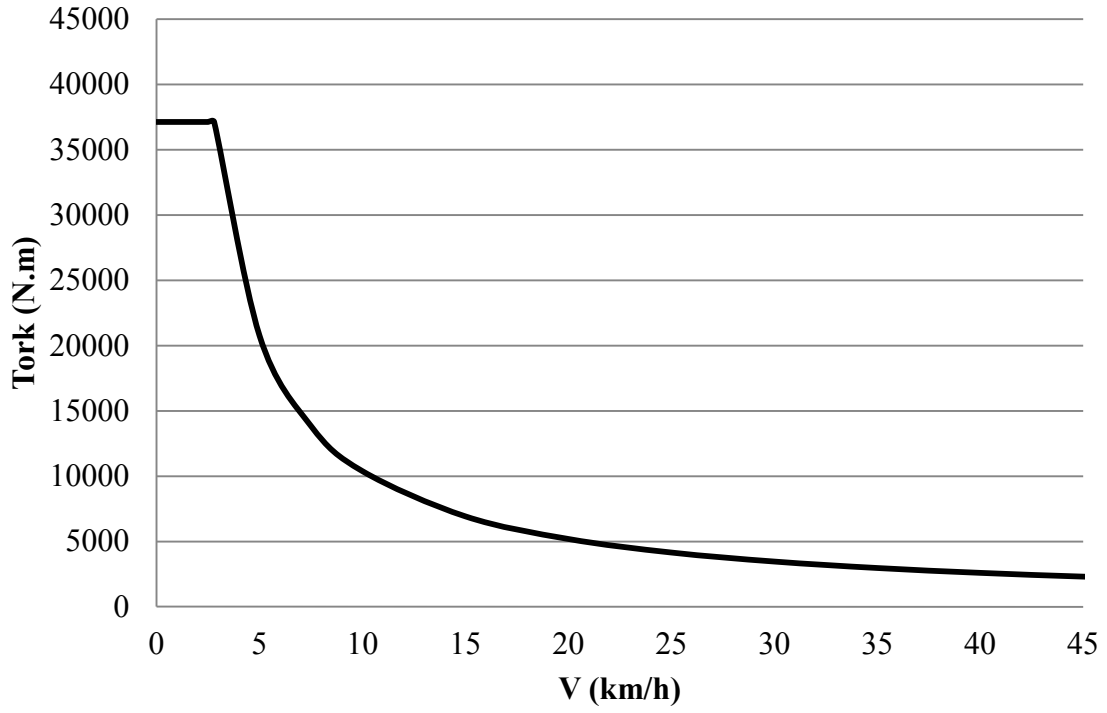
Aracın Hızı	Kuvvet	Güç	Tork
km/h	Fz (kN)	Pz (kW)	T (N.m)
0,00	58,94	0,00	37130,07
2,50	58,94	40,93	37130,07
5,00	29,45	40,90	18554,09
7,50	19,63	40,90	12369,39
10,00	14,73	40,90	9277,04
15,00	9,82	40,90	6184,70
20,00	7,36	40,90	4638,52
25,00	5,89	40,90	3710,82
30,00	4,91	40,90	3092,35
35,00	4,21	40,90	2650,58
40,00	3,68	40,90	2319,26

İdeal Kuvvet Eğrisi



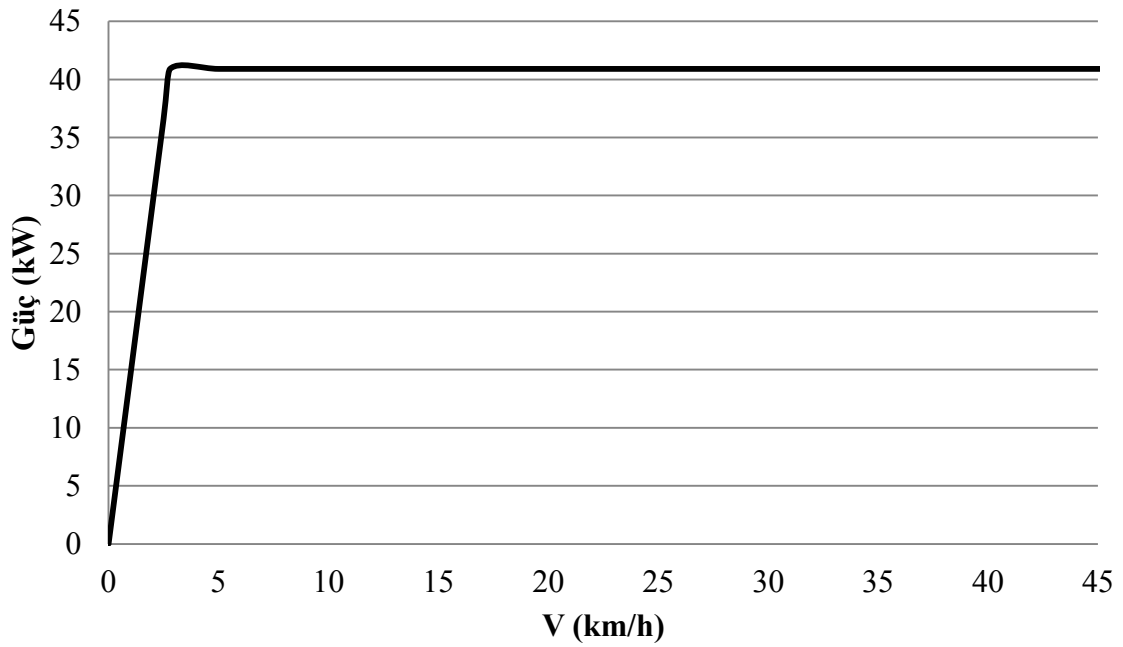
Şekil 7.11: İdeal çeki kuvveti eğrisi.

İdeal Tork Eğrisi



Şekil 7.12: İdeal tork eğrisi.

İdeal Güç Eğrisi



Şekil 7.13: İdeal güç eğrisi.

7.1.5 Arz eğrilerinin çıkarılması

Arz eğrilerini oluşturmak için ;

$$F = \frac{M}{R_0} F_R = F_{i_K} \quad (7.27)$$

Denklemleri kullanılır buradaki M motorun belli devir sayılarındaki moment değerleridir.

i_K ise her vites için toplam çeviri oranıdır.

Güç için ise;

$$P = \frac{M2\pi n}{60 \times 1000} \eta \quad (7.28)$$

Denklemini kullanılır. Burada M yukarıda anlatıldığı gibi motorun belli devir sayılarındaki moment değerleridir. n ise motorun belli devir sayılarıdır.

η ise;

$$\eta = \eta_A \eta_G \eta_C \quad (7.29)$$

her vites kademesi için toplam verimdir.

η_A : Diferansiyel verimi

η_G : Vites verimi

η_C : Cer dişli verimi

Aşağıda her vites kademesi için arz eğrilerinin değerlerinin tabloda ve grafik üstünde gösterilmiştir.

1. Vites arz değerleri:

Traktör 1. viteste çalışırken motorun üretmiş olduğu torkun ve gücün tekerleklerdeki etkisi ve bu viteste ulaşılabilir araç hızını aşağıdaki çizelge detaylı bir şekilde göstermektedir.

Çizelge 7.4: 1. vites arz değerleri.

Motor		Tekerlek			
Devir (devir/dak)	Tork (N.m)	Hız (km/h)	Tork (N.m)	Kuvvet (kN)	Güç (kW)
2741	1,12	12,79	46,32	0,07	0,26
2705	49,99	12,63	2064,92	3,28	11,50
2658	98,79	12,41	4080,62	6,48	22,33
2600	136,67	12,14	5645,05	8,96	30,21
2556	149,63	11,93	6180,41	9,81	32,52
2505	155,93	11,69	6440,84	10,22	33,21
2456	157,28	11,46	6496,43	10,31	32,84
2406	159,96	11,23	6607,05	10,49	32,72
2355	161,73	10,99	6680,13	10,60	32,37
2305	164,01	10,76	6774,44	10,75	32,14
2253	165,28	10,52	6827,09	10,84	31,66
2201	168,21	10,28	6948,07	11,03	31,48
2155	170,94	10,06	7060,83	11,21	31,31
2104	174,48	9,82	7207,07	11,44	31,21
2054	176,96	9,59	7309,30	11,60	30,90
2004	181,58	9,36	7500,30	11,91	30,94
1904	188,19	8,89	7773,27	12,34	30,46
1805	194,07	8,42	8016,16	12,72	29,77
1705	199,02	7,96	8220,51	13,05	28,86
1607	200,09	7,50	8264,86	13,12	27,34
1503	201,13	7,02	8307,64	13,19	25,70
1404	201,93	6,56	8340,85	13,24	24,11
1303	202,82	6,08	8377,47	13,30	22,46
1200	202,46	5,60	8362,68	13,27	20,66
1100	198,30	5,14	8190,88	13,00	18,55
1000	190,16	4,67	7854,77	12,47	16,17

Çizelgedeki değerlere bakıldığında 1. viteste tekerlekte ulaşılan maksimum tork 8377,47 N.m , maksimum hız 12,79 km/h tir.

2. Vites arz değerleri:

Traktör 2. viteste çalışırken motorun üretmiş olduğu torkun ve gücün tekerleklerdeki etkisi ve bu viteste ulaşılabilecek araç hızını aşağıdaki çizelge detaylı bir şekilde göstermektedir.

Çizelge 7.5: 2. vites arz değerleri.

Motor		Tekerlek			
Devir (devir/dak)	Tork (N.m)	Hız (km/h)	Tork (N.m)	Kuvvet (kN)	Güç (kW)
2741	1,12	19,25	31,13	0,05	0,26
2705	49,99	19,00	1387,68	2,20	11,63
2658	98,79	18,67	2742,28	4,35	22,57
2600	136,67	18,26	3793,61	6,02	30,54
2556	149,63	17,95	4153,39	6,59	32,88
2505	155,93	17,59	4328,40	6,87	33,57
2456	157,28	17,25	4365,76	6,93	33,20
2406	159,96	16,90	4440,10	7,05	33,09
2355	161,73	16,54	4489,22	7,13	32,73
2305	164,01	16,19	4552,59	7,23	32,50
2253	165,28	15,83	4587,98	7,28	32,01
2201	168,21	15,46	4669,28	7,41	31,83
2155	170,94	15,13	4745,06	7,53	31,66
2104	174,48	14,78	4843,34	7,69	31,56
2054	176,96	14,43	4912,03	7,80	31,24
2004	181,58	14,08	5040,39	8,00	31,28
1904	188,19	13,37	5223,83	8,29	30,80
1805	194,07	12,67	5387,06	8,55	30,11
1705	199,02	11,98	5524,39	8,77	29,18
1607	200,09	11,29	5554,20	8,82	27,64
1503	201,13	10,56	5582,94	8,86	25,99
1404	201,93	9,86	5605,26	8,90	24,38
1303	202,82	9,15	5629,87	8,94	22,71
1200	202,46	8,43	5619,93	8,92	20,89
1100	198,30	7,73	5504,48	8,74	18,76
1000	190,16	7,03	5278,60	8,38	16,35

Çizelgedeki değerlere bakıldığında 2. viteste tekerlekte ulaşılan maksimum tork 5629,87 N.m , maksimum hız 19,25 km/h tir.

3. Vites arz değerleri:

Traktör 3. viteste çalışırken motorun üretmiş olduğu torkun ve gücün tekerleklerdeki etkisi ve bu viteste ulaşılabilir araç hızını aşağıdaki çizelge detaylı bir şekilde göstermektedir.

Çizelge 7.6: 3. vites arz değerleri.

Motor		Tekerlek			
Devir (devir/dak)	Tork (N.m)	Hız (km/h)	Tork (N.m)	Kuvvet (kN)	Güç (kW)
2741	1,12	28,19	21,49	0,03	0,27
2705	49,99	27,82	958,10	1,52	11,75
2658	98,79	27,34	1893,35	3,01	22,82
2600	136,67	26,74	2619,23	4,16	30,88
2556	149,63	26,29	2867,63	4,55	33,24
2505	155,93	25,76	2988,47	4,74	33,94
2456	157,28	25,26	3014,26	4,78	33,57
2406	159,96	24,75	3065,59	4,87	33,45
2355	161,73	24,22	3099,50	4,92	33,09
2305	164,01	23,71	3143,25	4,99	32,86
2253	165,28	23,17	3167,68	5,03	32,37
2201	168,21	22,64	3223,82	5,12	32,18
2155	170,94	22,16	3276,14	5,20	32,01
2104	174,48	21,64	3343,99	5,31	31,90
2054	176,96	21,12	3391,42	5,38	31,59
2004	181,58	20,61	3480,04	5,52	31,63
1904	188,19	19,58	3606,70	5,72	31,14
1805	194,07	18,56	3719,40	5,90	30,44
1705	199,02	17,54	3814,21	6,05	29,50
1607	200,09	16,53	3834,79	6,09	27,94
1503	201,13	15,46	3854,64	6,12	26,27
1404	201,93	14,44	3870,05	6,14	24,64
1303	202,82	13,40	3887,04	6,17	22,96
1200	202,46	12,34	3880,18	6,16	21,12
1100	198,30	11,32	3800,46	6,03	18,97
1000	190,16	10,29	3644,51	5,78	16,53

Çizelgedeki değerlere bakıldığında 3. viteste tekerlekte ulaşılan maksimum tork 3887,04 N.m , maksimum hız 28,19 km/h tir.

4. Vites arz değerleri:

Traktör 4. viteste çalışırken motorun üretmiş olduğu torkun ve gücün tekerleklerdeki etkisi ve bu viteste ulaşılabilcek araç hızını aşığıdaki çizelge detaylı bir şekilde göstermektedir.

Çizelge 7.7: 4. vites arz değerleri.

Motor		Tekerlek			
Devir (devir/dak)	Tork (N.m)	Hız (km/h)	Tork (N.m)	Kuvvet (kN)	Güç (kW)
2741	1,12	36,41	16,82	0,03	0,27
2705	49,99	35,94	749,81	1,19	11,88
2658	98,79	35,31	1481,76	2,35	23,07
2600	136,67	34,54	2049,83	3,25	31,22
2556	149,63	33,96	2244,23	3,56	33,60
2505	155,93	33,27	2338,80	3,71	34,31
2456	157,28	32,62	2358,99	3,74	33,93
2406	159,96	31,97	2399,15	3,81	33,81
2355	161,73	31,28	2425,69	3,85	33,45
2305	164,01	30,62	2459,94	3,90	33,22
2253	165,28	29,93	2479,06	3,94	32,72
2201	168,21	29,24	2522,99	4,00	32,53
2155	170,94	28,62	2563,93	4,07	32,35
2104	174,48	27,95	2617,04	4,15	32,25
2054	176,96	27,28	2654,16	4,21	31,93
2004	181,58	26,62	2723,51	4,32	31,97
1904	188,19	25,29	2822,63	4,48	31,48
1805	194,07	23,97	2910,83	4,62	30,77
1705	199,02	22,66	2985,04	4,74	29,82
1607	200,09	21,35	3001,14	4,76	28,25
1503	201,13	19,97	3016,67	4,79	26,56
1404	201,93	18,65	3028,73	4,81	24,91
1303	202,82	17,30	3042,03	4,83	23,21
1200	202,46	15,94	3036,66	4,82	21,35
1100	198,30	14,62	2974,28	4,72	19,17
1000	190,16	13,29	2852,23	4,53	16,71

Çizelgedeki değerlere bakıldığında 4. viteste tekerlekte ulaşılın maksimum tork 3042,03 N.m , maksimum hız 36,41 km/h tir.

1. Takviye vites arz değerleri:

Traktör 1. takviye viteste çalışırken motorun üretmiş olduğu torkun ve gücün tekerleklerdeki etkisi ve bu viteste ulaşılabilecek araç hızını aşağıdaki çizelge detaylı bir şekilde göstermektedir

Çizelge 7.8: 1. takviye vites arz değerleri.

Motor		Tekerlek			
Devir (devir/dak)	Tork (N.m)	Hız (km/h)	Tork (N.m)	Kuvvet (kN)	Güç (kW)
2741	1,12	3,55	166,75	0,26	0,26
2705	49,99	3,51	7433,70	11,80	11,50
2658	98,79	3,45	14690,22	23,32	22,33
2600	136,67	3,37	20322,17	32,26	30,21
2556	149,63	3,31	22249,48	35,32	32,52
2505	155,93	3,25	23187,01	36,80	33,21
2456	157,28	3,18	23387,13	37,12	32,84
2406	159,96	3,12	23785,37	37,75	32,72
2355	161,73	3,05	24048,48	38,17	32,37
2305	164,01	2,99	24387,98	38,71	32,14
2253	165,28	2,92	24577,52	39,01	31,66
2201	168,21	2,85	25013,04	39,70	31,48
2155	170,94	2,79	25419,00	40,35	31,31
2104	174,48	2,73	25945,47	41,18	31,21
2054	176,96	2,66	26313,47	41,77	30,90
2004	181,58	2,60	27001,07	42,86	30,94
1904	188,19	2,47	27983,78	44,42	30,46
1805	194,07	2,34	28858,17	45,81	29,77
1705	199,02	2,21	29593,85	46,97	28,86
1607	200,09	2,08	29753,50	47,23	27,34
1503	201,13	1,95	29907,49	47,47	25,70
1404	201,93	1,82	30027,06	47,66	24,11
1303	202,82	1,69	30158,90	47,87	22,46
1200	202,46	1,56	30105,65	47,79	20,66
1100	198,30	1,43	29487,16	46,81	18,55
1000	190,16	1,30	28277,16	44,88	16,17

Çizelgedeki değerlere bakıldığında 1. takviye vitesinde tekerlekte ulaşılan maksimum tork 30158,90 N.m , maksimum hız 3,55 km/h tir.

2. Takviye vites arz değerleri:

Traktör 2. takviye viteste çalışırken motorun üretmiş olduğu torkun ve gücün tekerleklerdeki etkisi ve bu viteste ulaşılabilecek araç hızını aşağıdaki çizelge detaylı bir şekilde göstermektedir.

Çizelge 7.9: 2. takviye vites arz değerleri.

Motor		Tekerlek			
Devir (devir/dak)	Tork (N.m)	Hız (km/h)	Tork (N.m)	Kuvvet (kN)	Güç (kW)
2741	1,12	5,35	112,06	0,18	0,26
2705	49,99	5,28	4995,64	7,93	11,63
2658	98,79	5,19	9872,20	15,67	22,57
2600	136,67	5,07	13657,01	21,68	30,54
2556	149,63	4,99	14952,21	23,73	32,88
2505	155,93	4,89	15582,26	24,73	33,57
2456	157,28	4,79	15716,74	24,95	33,20
2406	159,96	4,69	15984,37	25,37	33,09
2355	161,73	4,59	16161,19	25,65	32,73
2305	164,01	4,50	16389,34	26,01	32,50
2253	165,28	4,40	16516,71	26,22	32,01
2201	168,21	4,29	16809,39	26,68	31,83
2155	170,94	4,20	17082,21	27,11	31,66
2104	174,48	4,10	17436,01	27,68	31,56
2054	176,96	4,01	17683,31	28,07	31,24
2004	181,58	3,91	18145,40	28,80	31,28
1904	188,19	3,71	18805,80	29,85	30,80
1805	194,07	3,52	19393,42	30,78	30,11
1705	199,02	3,33	19887,81	31,57	29,18
1607	200,09	3,14	19995,10	31,74	27,64
1503	201,13	2,93	20098,59	31,90	25,99
1404	201,93	2,74	20178,94	32,03	24,38
1303	202,82	2,54	20267,54	32,17	22,71
1200	202,46	2,34	20231,76	32,11	20,89
1100	198,30	2,15	19816,11	31,45	18,76
1000	190,16	1,95	19002,96	30,16	16,35

Çizelgedeki değerlere bakıldığında 2. takviye vitesinde tekerlekte ulaşılan maksimum tork 20267,54N.m , maksimum hız 5,35 km/h tir.

3. Takviye vites arz değerleri:

Traktör 3. takviye viteste çalışırken motorun üretmiş olduğu torkun ve gücün tekerleklerdeki etkisi ve bu viteste ulaşılabilecek araç hızını aşağıdaki çizelge detaylı bir şekilde göstermektedir.

Çizelge 7.10: 3. takviye vites arz değerleri.

Motor		Tekerlek			
Devir (devir/dak)	Tork (N.m)	Hız (km/h)	Tork (N.m)	Kuvvet (kN)	Güç (kW)
2741	1,12	7,83	77,37	0,12	0,27
2705	49,99	7,73	3449,14	5,47	11,75
2658	98,79	7,59	6816,08	10,82	22,82
2600	136,67	7,43	9429,23	14,97	30,88
2556	149,63	7,30	10323,48	16,39	33,24
2505	155,93	7,16	10758,48	17,08	33,94
2456	157,28	7,02	10851,33	17,22	33,57
2406	159,96	6,87	11036,11	17,52	33,45
2355	161,73	6,73	11158,19	17,71	33,09
2305	164,01	6,59	11315,72	17,96	32,86
2253	165,28	6,44	11403,66	18,10	32,37
2201	168,21	6,29	11605,73	18,42	32,18
2155	170,94	6,15	11794,09	18,72	32,01
2104	174,48	6,01	12038,37	19,11	31,90
2054	176,96	5,87	12209,12	19,38	31,59
2004	181,58	5,73	12528,16	19,89	31,63
1904	188,19	5,44	12984,12	20,61	31,14
1805	194,07	5,16	13389,83	21,25	30,44
1705	199,02	4,87	13731,17	21,80	29,50
1607	200,09	4,59	13805,25	21,91	27,94
1503	201,13	4,29	13876,70	22,03	26,27
1404	201,93	4,01	13932,18	22,11	24,64
1303	202,82	3,72	13993,35	22,21	22,96
1200	202,46	3,43	13968,64	22,17	21,12
1100	198,30	3,14	13681,67	21,72	18,97
1000	190,16	2,86	13120,25	20,83	16,53

Çizelgedeki değerlere bakıldığında 3. takviye vitesinde tekerlekte ulaşılan maksimum tork 13993,35 N.m , maksimum hız 7,83km/h tir.

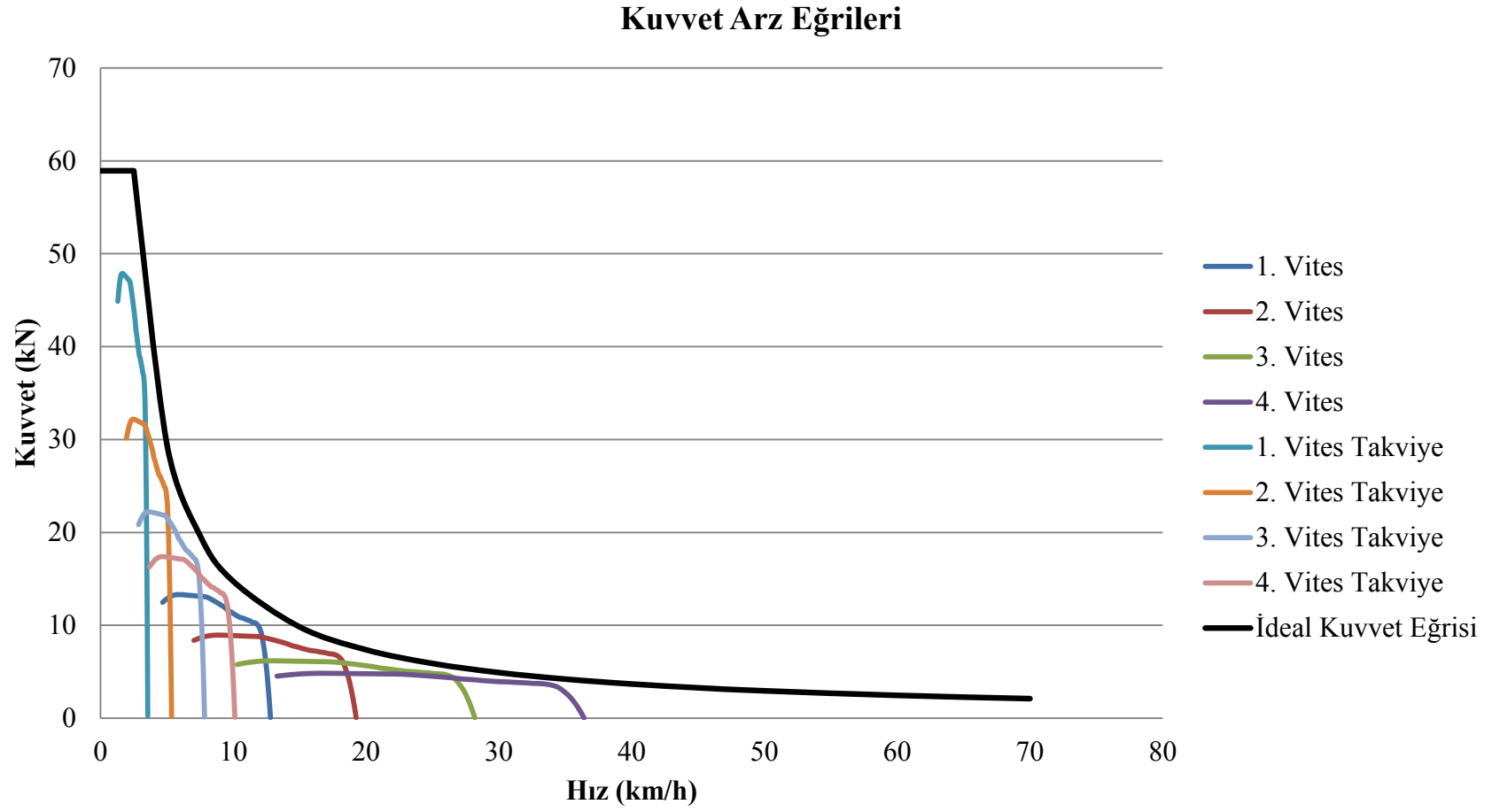
4. Takviye vites arz değerleri:

Traktör 4. takviye viteste çalışırken motorun üretmiş olduğu torkun ve gücün tekerleklerdeki etkisi ve bu viteste ulaşılabilecek araç hızını aşağıdaki çizelge detaylı bir şekilde göstermektedir.

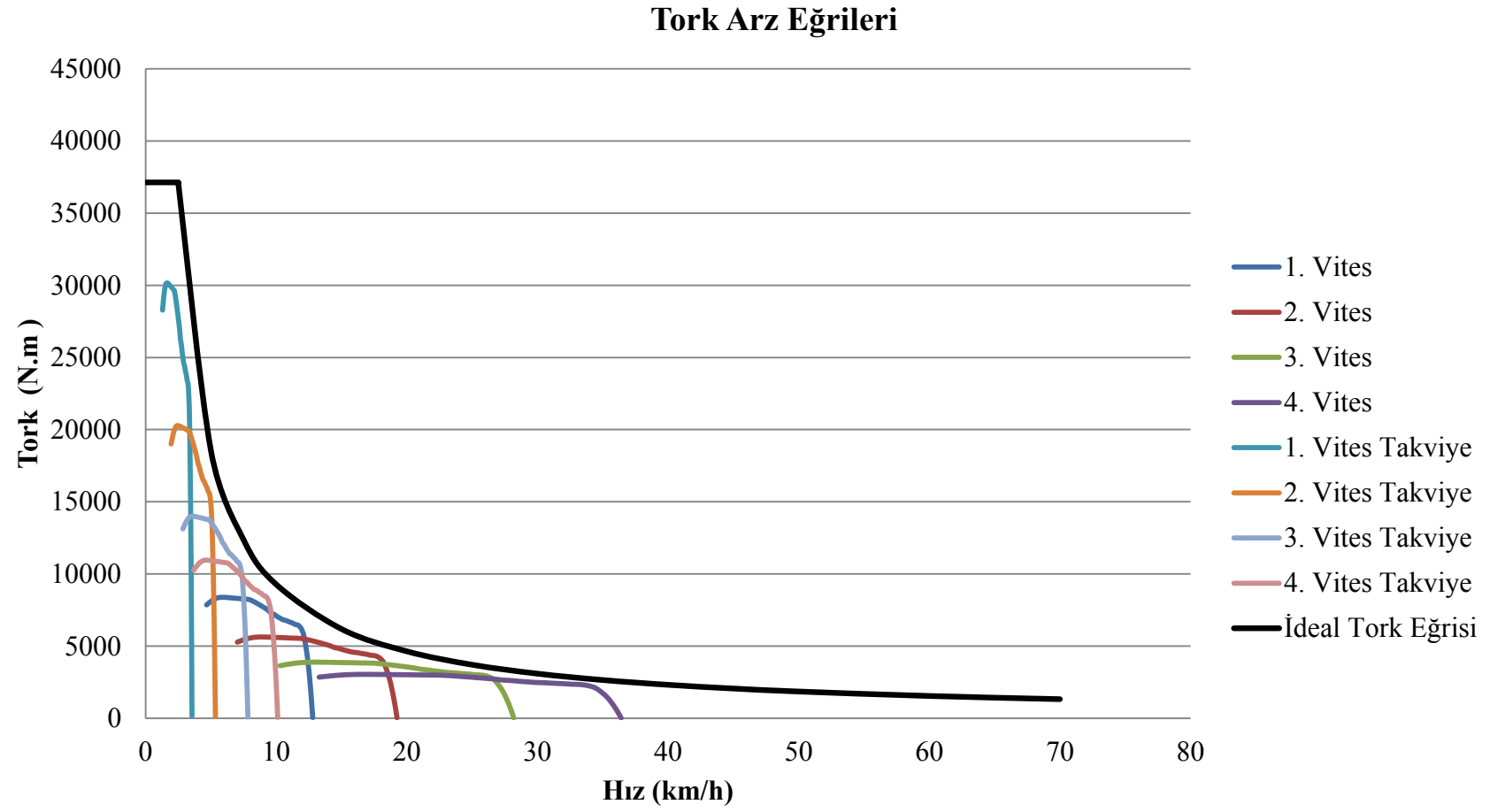
Çizelge 7.11: 4. takviye vites arz değerleri.

Motor		Tekerlek			
Devir (devir/dak)	Tork (N.m)	Hız (km/h)	Tork (N.m)	Kuvvet (kN)	Güç (kW)
2741	1,12	10,11	60,55	0,10	0,27
2705	49,99	9,98	2699,33	4,28	11,88
2658	98,79	9,81	5334,32	8,47	23,07
2600	136,67	9,59	7379,40	11,71	31,22
2556	149,63	9,43	8079,24	12,82	33,60
2505	155,93	9,24	8419,68	13,36	34,31
2456	157,28	9,06	8492,35	13,48	33,93
2406	159,96	8,88	8636,96	13,71	33,81
2355	161,73	8,69	8732,50	13,86	33,45
2305	164,01	8,51	8855,78	14,06	33,22
2253	165,28	8,31	8924,60	14,17	32,72
2201	168,21	8,12	9082,75	14,42	32,53
2155	170,94	7,95	9230,16	14,65	32,35
2104	174,48	7,76	9421,33	14,95	32,25
2054	176,96	7,58	9554,96	15,17	31,93
2004	181,58	7,40	9804,64	15,56	31,97
1904	188,19	7,03	10161,49	16,13	31,48
1805	194,07	6,66	10479,00	16,63	30,77
1705	199,02	6,29	10746,13	17,06	29,82
1607	200,09	5,93	10804,11	17,15	28,25
1503	201,13	5,55	10860,02	17,24	26,56
1404	201,93	5,18	10903,44	17,31	24,91
1303	202,82	4,81	10951,32	17,38	23,21
1200	202,46	4,43	10931,98	17,35	21,35
1100	198,30	4,06	10707,39	17,00	19,17
1000	190,16	3,69	10268,02	16,30	16,71

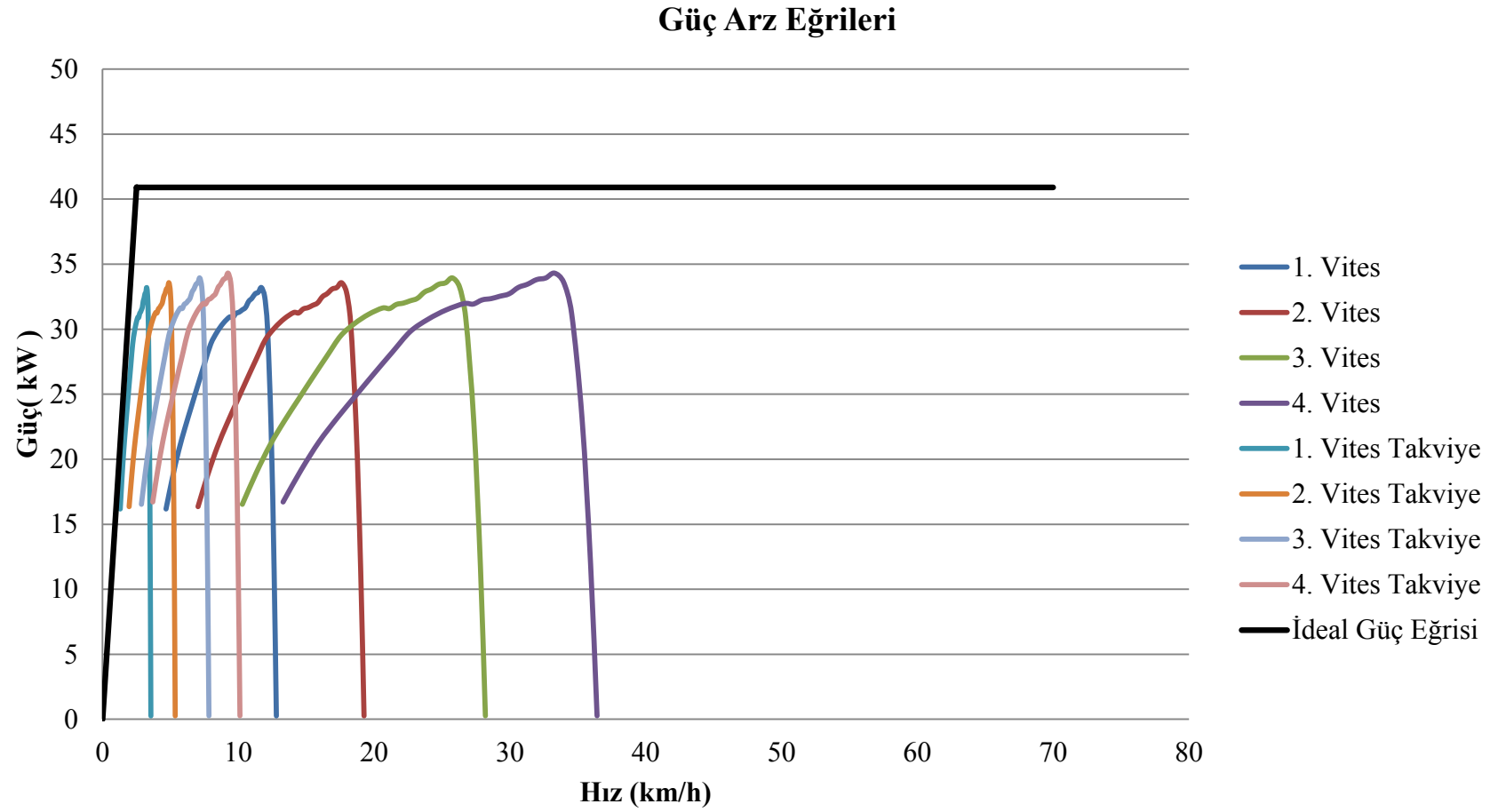
Tablodaki değerlere bakıldığında 4. takviye vitesinde tekerlekte ulaşılan maksimum tork 10951,32 N.m , maksimum hız 10,11 km/h tir.



Şekil 7.14: Her vites kademesi için kuvvet arz eğrilerinin gösterimi.



Şekil 7.15: Her vites kademesi için tork arz eğrilerinin gösterimi.



Şekil 7.16: Her vites kademesi için güç arz eğrilerinin gösterimi.

7.1.6 Seyir dirençlerinin çıkarılması

Traktörler günlük kullanımlarında asfalt yolda seyir, tarlada seyir ve tarlada toprak işleme olmak üzere 3 yol koşulunda çalışır. Bu üç yol koşulunda traktöre etkiyen seyir dirençleri farklıdır. Bu çalışmada seyir dirençleri belirlenirken bu 3 yol koşulu için seyir dirençleri hesaplanmıştır.

Baz olarak seçilen traktörün tekerlekdeki maksimum güç değeri motor arz eğrilerinin çıkarılması bölümünde hesaplandığı gibi 34.31 kW' tır. Her yol koşuluna göre hesaplamalar yapılırken , bu yol koşullarında yol eğimi ve hıza göre tekerlekte ihtiyaç duyulan maksimum güç değerleri 34.31kW değerinden küçük veya eşit olan değerler dikkate alınmıştır.

Buradaki amaç baz olarak seçilen traktörün tekerleklerle ilettiği güç değerine göre, baz traktörün seyir esnasında maruz kaldı dirençler ile belirlenmiş olan yol koşullarının kesişim kümesini kullanmak ve elektrikli traktör için seyir dirençlerini belirlemektir.

Normal Yolda Seyir Dirençleri:

Normal yolda seyir genelde traktör ile tarlaya giderken veya tarladan dönerken seyredilen yol koşuludur ve köy yolu olarakta bilinir. Bu yollarda yasal olan azami hız 40 km/h ve maksimum eğim %40 olarak kabul edilmiştir.

Traktörler düşük hızlarda seyir ettikleri için hava ve ivmelenme dirençlerinin etkisi çok azdır. Bu yüzden bu çalışmada bu dirençler göz ardı edilmiştir.

a. Yuvarlanma direnci:

Hareket halindeki bir taşıtın bütün tekerleklerine,yuvarlanmaya karşı koyan bir direnç gelir.Bunun nedeni yolun ve tekerleğin bir miktar ezilmiş olmasıdır. Ezilmeden dolayı tekerlekler sürekli olarak bu tümseği aşmak durumuyla karşı karşıya kalır. Bu çalışmada yuvarlanma katsayısı olarak 0,01 kabul edilmiştir.

$$F_R = G \cdot f \quad (7.30)$$

Çizelge 7.12: Normal yolda seyir halinde yuvarlanma direnci.

Aracın Hızı	Yuvarlanma Direnci (kN)				
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim
0	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
2,5	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
5	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
7,5	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
10	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
15	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
20	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
25	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
30	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
35	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19
40	0,21	0,21	0,20	0,20	0,19

b. Yokuş direnci:

Yokuş direnci, taşıtın eğimli yolda seyirinde taşıtın ağırlığının yola paralel bileşeninden kaynaklanır.

$$F_{st} = G \cdot \sin\alpha \quad (7.31)$$

Şehir dışı tarla ve dağ yollarında maksimum yol eğimi %40 olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 7.13: Normal yolda şehir halinde yokuş direnci.

Aracın Hızı	Yokuş Direnci (kN)				
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim
0	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
2,5	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
5	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
7,5	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
10	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
15	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
20	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
25	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
30	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
35	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69
40	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69

Toplam seyir direnci:**Çizelge 7.14:** Normal yolda seyir halinde toplam seyir direnci

Aracın Hızı	Toplam Seyir Direnci (kN)				
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim
0	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
2,5	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
5	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
7,5	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
10	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
15	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
20	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
25	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
30	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
35	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88
40	0,21	2,27	4,26	6,15	7,88

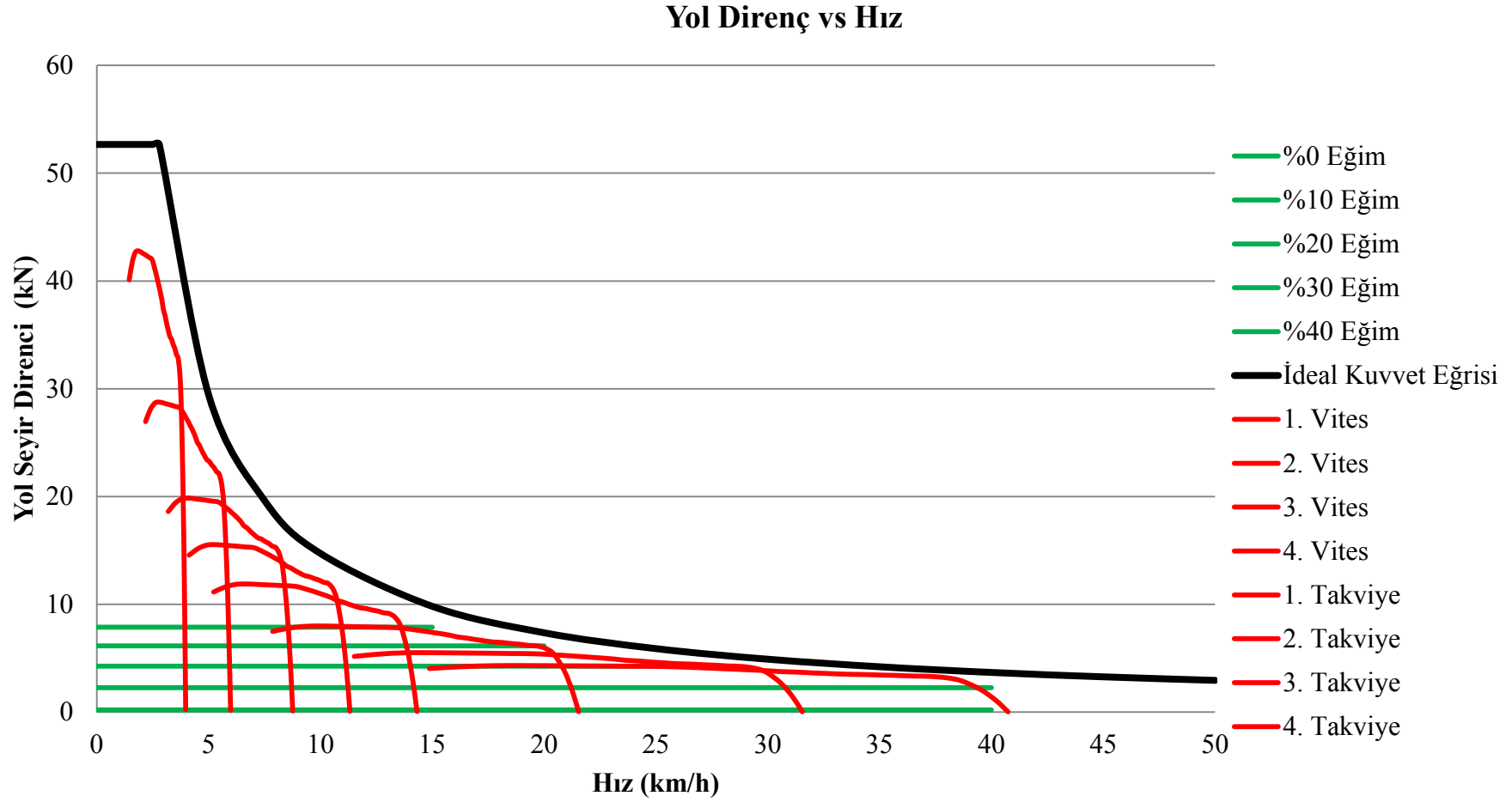
Toplam seyir gücü:**Çizelge 7.15:** Normal yolda seyir halinde gerekli güç miktarı.

Aracın Hızı	Toplam Seyir Gücü (kW)				
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,5	0,14	1,57	2,96	4,27	5,47
5	0,29	3,15	5,92	8,54	10,94
7,5	0,43	4,72	8,88	12,80	16,42
10	0,57	6,29	11,84	17,07	21,89
15	0,86	9,44	17,76	25,61	32,83
20	1,15	12,59	23,68	34,15	43,78
25	1,44	15,73	29,60	42,68	54,72
30	1,72	18,88	35,52	51,22	65,66
35	2,01	22,03	41,44	59,75	76,61
40	2,30	25,17	47,36	68,29	87,55

Toplam seyir torku:

Çizelge 7.16: Normal yolda seyir halinde gerekli tork miktarı.

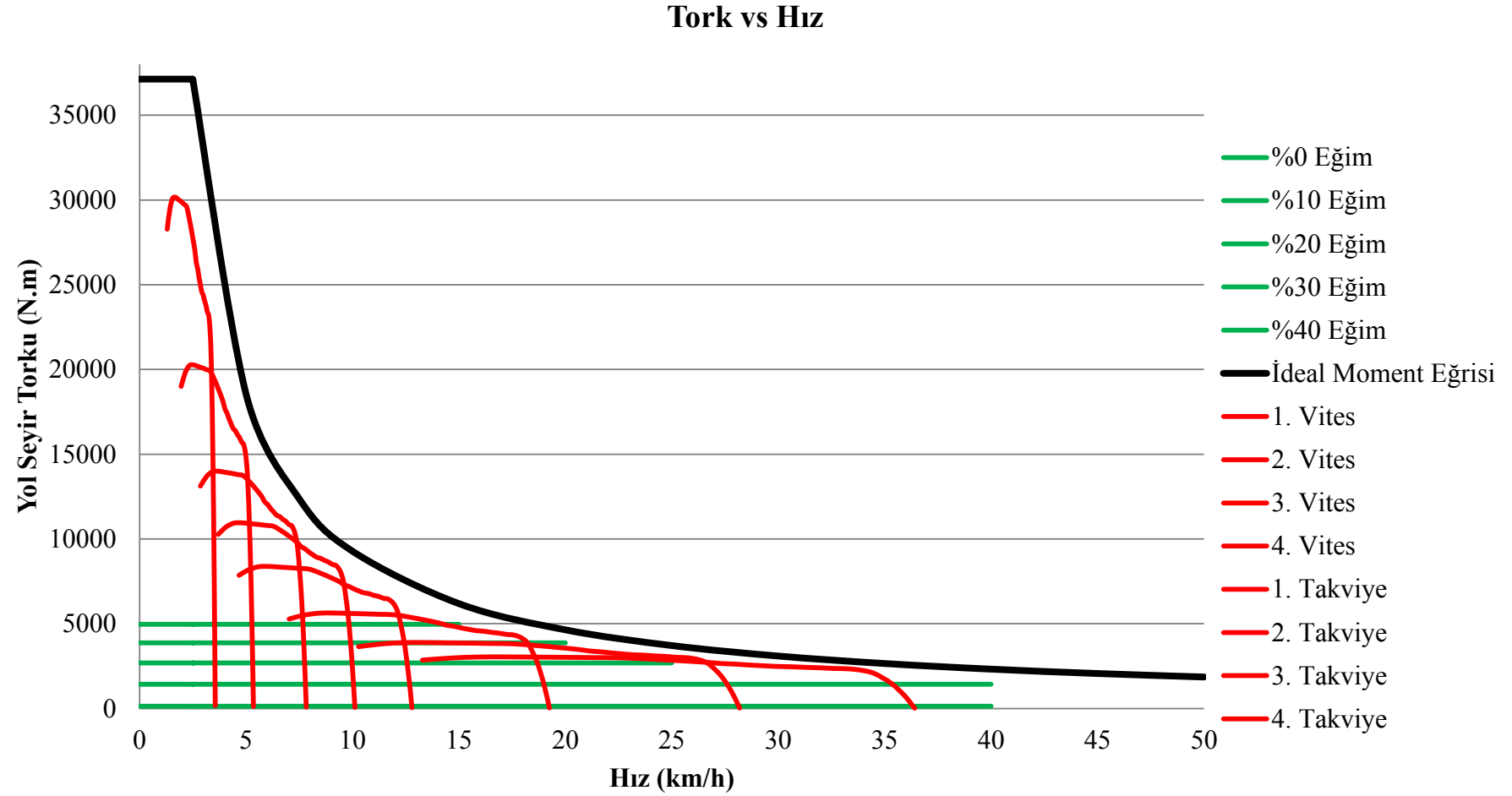
Aracın Hızı	Toplam Seyir Torku (N.m)				
	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim
0	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
2,5	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
5	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
7,5	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
10	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
15	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
20	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
25	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
30	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
35	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17
40	130,40	1427,33	2685,31	3872,05	4964,17



Şekil 7.17: Normal yolda seyir halinde kuvvet talep ve arz eğrileri.



Şekil 7.18: Normal yolda seyir halinde güç talep ve arz eğrileri.



Şekil 7.19: Normal yolda seyir halinde tork talep ve arz eğrileri.

Tarlada Seyir Dirençleri:

Tarlada seyir genelde traktörün tarla içinde gezinirken kullanıldığı koşuldur. Bu yol koşulunda toprak işleme dahil değildir. Maksimum eğim olarak %100 lük kabulü yapılmıştır. Bu yol koşulunda baz traktör tekerlek gücüne yani 34.31kW a maksimum 25km/h te ulaşılmaktadır.

Traktörler düşük hızlarda seyir ettikleri için hava ve ivmelenme dirençlerinin etkisi çok azdır. Bu yüzden bu çalışmada bu dirençler göz ardı edilmiştir.

a. Yuvarlanma direnci:

Hareket halindeki bir taşıtın bütün tekerleklerine, yuvarlanmaya karşı koyan bir direnç gelir. Bunun nedeni yolun ve tekerleğin bir miktar ezilmiş olmasıdır. Ezilmeden dolayı tekerlekler sürekli olarak bu tümseği aşmak durumuyla karşı karşıya kalır. Bu çalışmada yuvarlanma katsayısı patinaj kaybıda dikkate alınarak 0,2 kabul edilmiştir.

$$F_R = G \cdot f \quad (7.32)$$

Çizelge 7.17: Tarlada seyir halinde yuvarlanma direnci.

Aracın Hızı	Yuvarlanma Direnci (kN)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
2,5	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
5	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
7,5	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
10	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
15	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
20	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
25	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93

b. Yokuş direnci:

Yokuş direnci, taşıtın eğimli yolda seyirinde taşıtın ağırlığının yola paralel bileşeninden kaynaklanır.

$$F_{st} = G \cdot \sin\alpha \quad (7.32)$$

Tarlada maksimum eğim %100 olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 7.18: Tarlada seyir halinde yokuş direnci.

Aracın Hızı	Yokuş Direnci (kN)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69	9,26	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
2,5	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69	9,26	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
5	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69	9,26	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
7,5	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69	9,26	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
10	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69	9,26	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
15	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69	9,26	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
20	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69	9,26	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
25	0,00	2,06	4,06	5,95	7,69	9,26	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64

Toplam seyir direnci:

Çizelge 7.19: Tarlada seyir halinde toplam seyir direnci

Aracın Hızı	Toplam Seyir Direnci (kN)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	4,14	6,179	8,119	9,913	11,53	12,96	14,2	15,26	16,16	16,92	17,56
2,5	4,14	6,179	8,119	9,913	11,53	12,96	14,2	15,26	16,16	16,92	17,56
5	4,14	6,179	8,119	9,913	11,53	12,96	14,2	15,26	16,16	16,92	17,56
7,5	4,14	6,179	8,119	9,913	11,53	12,96	14,2	15,26	16,16	16,92	17,56
10	4,14	6,179	8,119	9,913	11,53	12,96	14,2	15,26	16,16	16,92	17,56
15	4,14	6,179	8,119	9,913	11,53	12,96	14,2	15,26	16,16	16,92	17,56
20	4,14	6,179	8,119	9,913	11,53	12,96	14,2	15,26	16,16	16,92	17,56
25	4,14	6,179	8,119	9,913	11,53	12,96	14,2	15,26	16,16	16,92	17,56

Toplam Seyir Gücü:

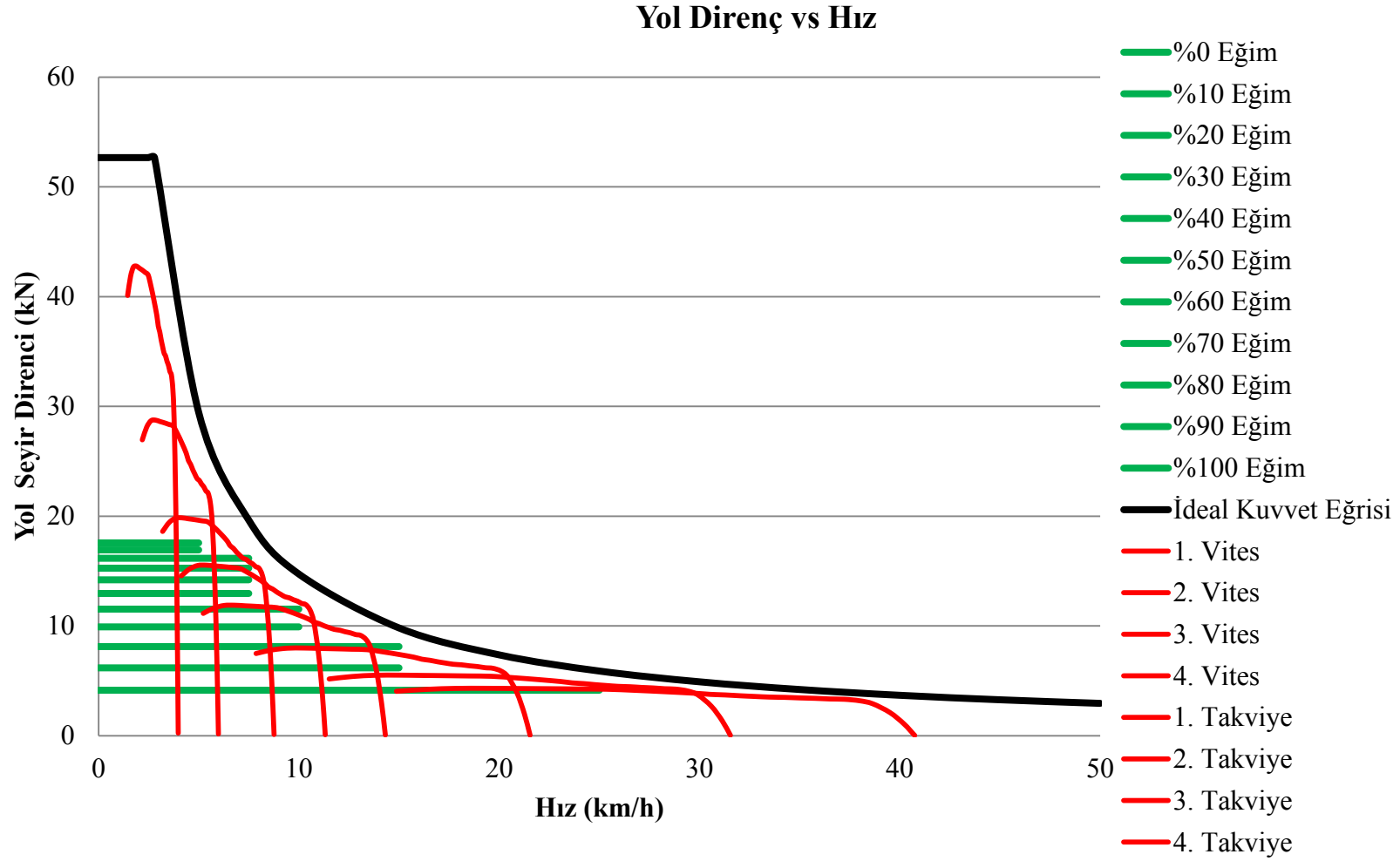
Çizelge 7.20: Tarlada seyir halinde toplam seyir gücü.

Aracın Hızı	Toplam Seyir Gücü (kW)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,5	2,9	4,3	5,6	6,9	8,0	9,0	9,9	10,6	11,2	11,8	12,2
5	5,7	8,6	11,3	13,8	16,0	18,0	19,7	21,2	22,4	23,5	24,4
7,5	8,6	12,9	16,9	20,7	24,0	27,0	29,6	31,8	33,7	35,3	36,6
10	11,5	17,2	22,6	27,5	32,0	36,0	39,4	42,4	44,9	47,0	48,8
15	17,2	25,7	33,8	41,3	48,0	54,0	59,2	63,6	67,3	70,5	73,2
20	23,0	34,3	45,1	55,1	64,1	72,0	78,9	84,8	89,8	94,0	97,6
25	28,7	42,9	56,4	68,8	80,1	90,0	98,6	106,0	112,2	117,5	122,0

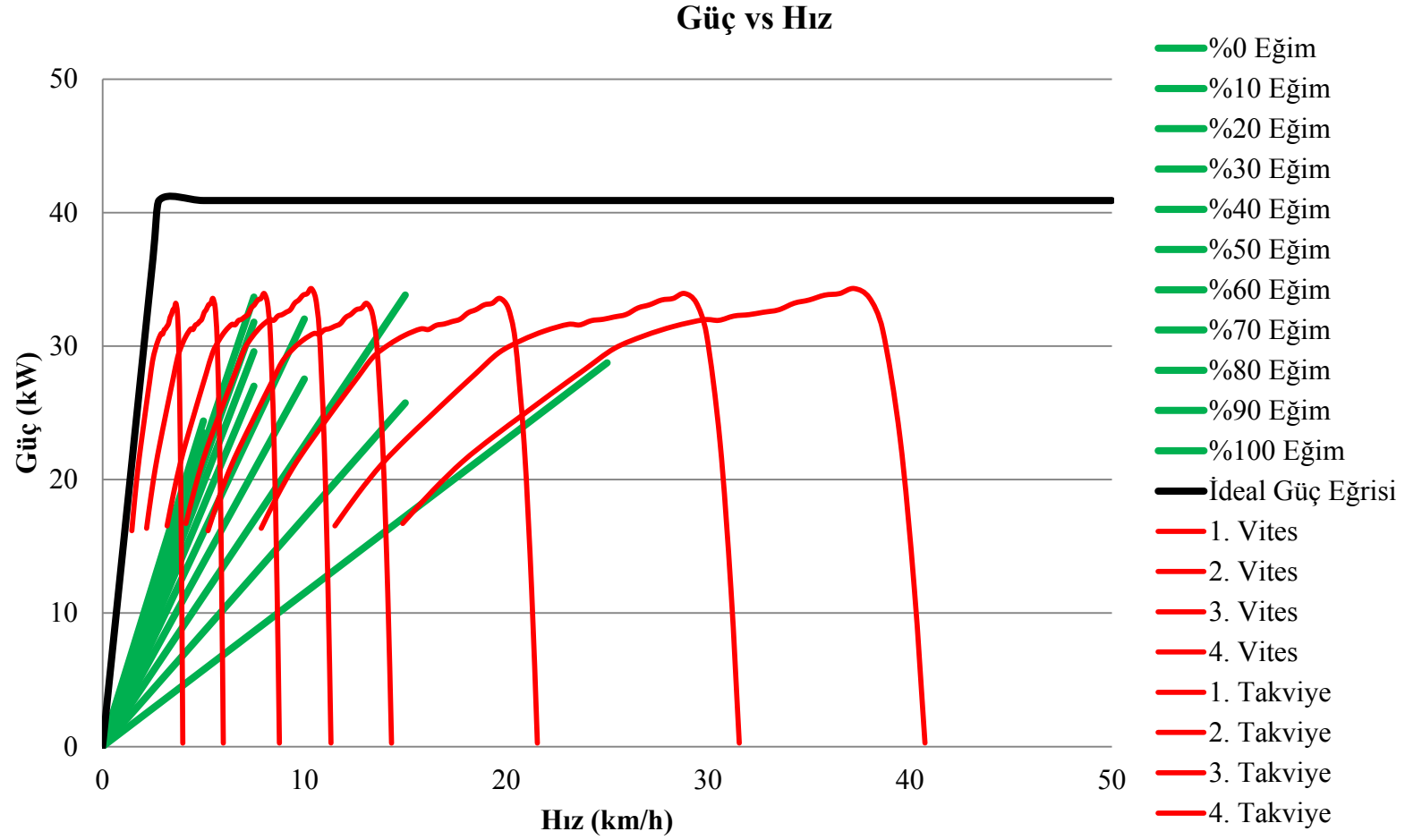
Toplam Seyir Torku:

Çizelge 7.21: Tarlada seyir halinde toplam seyir torku.

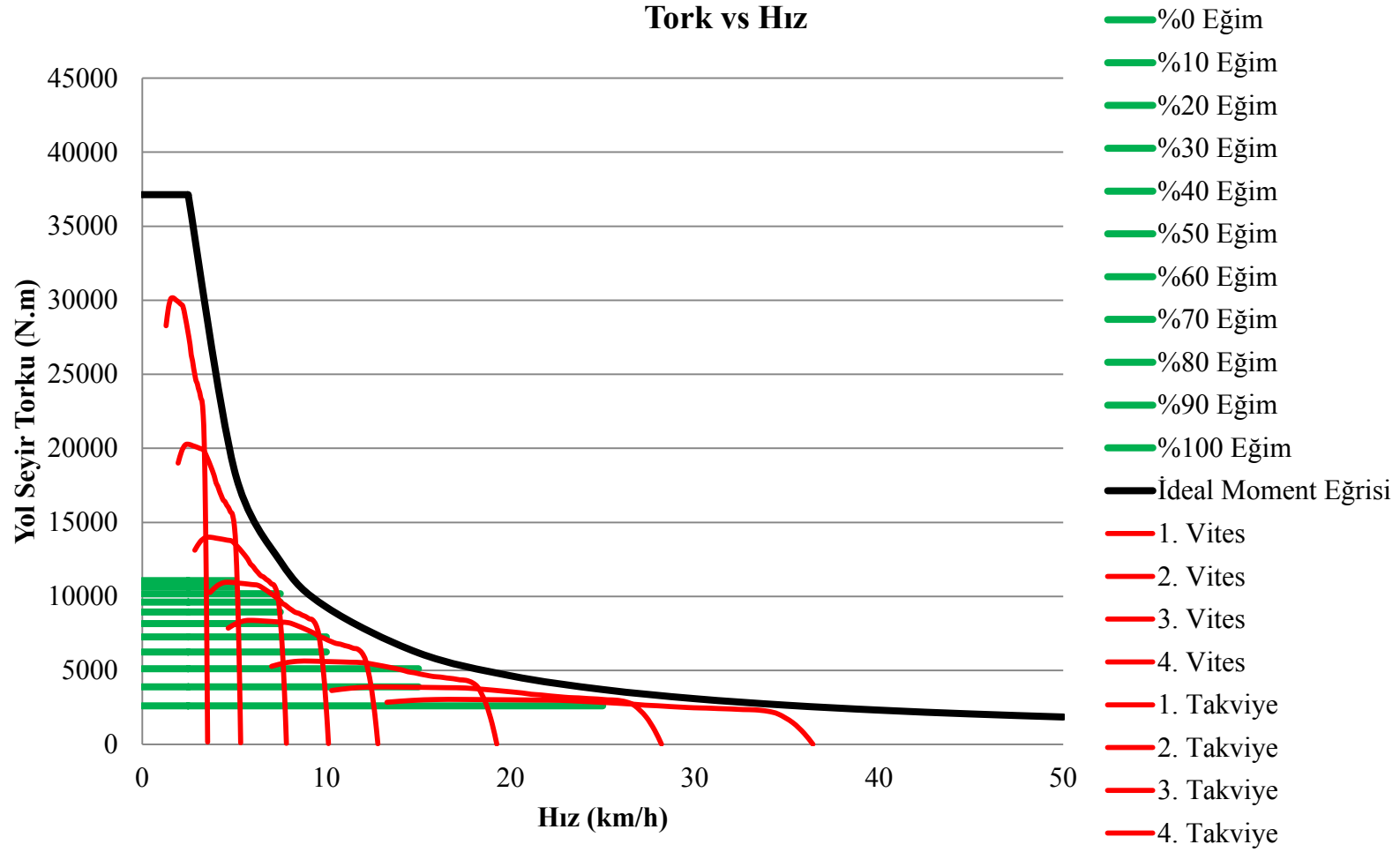
Aracın Hızı	Toplam Seyir Torku (N.m)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	2608	3893	5115	6245	7265	8165	8946	9615	10183	10662	11065
2,5	2608	3893	5115	6245	7265	8165	8946	9615	10183	10662	11065
5	2608	3893	5115	6245	7265	8165	8946	9615	10183	10662	11065
7,5	2608	3893	5115	6245	7265	8165	8946	9615	10183	10662	11065
10	2608	3893	5115	6245	7265	8165	8946	9615	10183	10662	11065
15	2608	3893	5115	6245	7265	8165	8946	9615	10183	10662	11065
20	2608	3893	5115	6245	7265	8165	8946	9615	10183	10662	11065
25	2608	3893	5115	6245	7265	8165	8946	9615	10183	10662	11065



Şekil 7.20: Tarlada seyir halinde kuvvet talep ve arz eğrileri.



Şekil 7.21: Tarlada seyir halinde güç talep ve arz eğrileri.



Şekil 7.22: Tarlada seyir halinde tork talep ve arz eğrileri

Tarlada Toprak İşleme Sırasındaki Dirençler:

Bu yol koşulu toprak işleme durumudur. Maksimum eğim olarak %100 lük kabulü yapılmıştır. Bu yol koşulunda baz traktör tekerlek gücüne yani 34.31kW a maksimum 10 km/h te ulaşılmaktadır. Bu yol koşulunda diğer yol koşullarına ek olarak pulluk çeki direnci devreye girmektedir.

Traktörler düşük hızlarda seyir ettikleri için hava ve ivmelenme dirençlerinin etkisi çok azdır. Bu yüzden bu çalışmada bu dirençler göz ardı edilmiştir.

a. Yuvarlanma direnci:

Hareket halindeki bir taşıtın bütün tekerleklerine, yuvarlanmaya karşı koyan bir direnç gelir. Bunun nedeni yolun ve tekerleğin bir miktar ezilmiş olmasıdır. Ezilmeden dolayı tekerlekler sürekli olarak bu tümseği aşmak durumuyla karşı karşıya kalır. Bu çalışmada yuvarlanma katsayısı patinaj kaybıda dikkate alınarak 0,2 kabul edilmiştir.

$$F_R = G \cdot f \quad (7.34)$$

Çizelge 7.22: Tarlada toprak işleme sırasındaki yuvarlanma direnci.

Aracın Hızı	Yuvarlanma Direnci (kN)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
2,5	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
5	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
7,5	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
10	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93
15	4,14	4,12	4,06	3,97	3,84	3,70	3,55	3,39	3,23	3,08	2,93

b. Yokuş direnci:

Yokuş direnci, taşıtın eğimli yolda seyirinde taşıtın ağırlığının yola paralel bileşeninden kaynaklanır.

$$F_{st} = G \cdot \sin \alpha \quad (7.35)$$

Tarlada maksimum eğim %100 olarak kabul edilmiştir.

Çizelge 7.23: Tarlada toprak işleme sırasındaki yokuş direnci.

Aracın Hızı	Yokuş Direnci (kN)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	0	2,06	4,059	5,948	7,687	9,257	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
2,5	0	2,06	4,059	5,948	7,687	9,257	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
5	0	2,06	4,059	5,948	7,687	9,257	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
7,5	0	2,06	4,059	5,948	7,687	9,257	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
10	0	2,06	4,059	5,948	7,687	9,257	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64
15	0	2,06	4,059	5,948	7,687	9,257	10,65	11,87	12,93	13,85	14,64

c. Pulluk çeki direnci:

Toprağın kesilme direnci kuvvetidir. Pulluğun iş genişliği, iş derinliği, gövde sayısı, gövde şekli, toprak cinsi, ilerleme hızı gibi faktörlere göre değişmektedir.

$$F_p = a_p \cdot b_p \cdot n_p \cdot k_o \cdot \bar{V} \quad (7.35)$$

Bu çalışmada seçilen pulluk aşağıdaki özelliklere sahiptir;

a_p : İş derinliği 0,22 m

b_p : İş genişliği 0,225 m

n_p : Gövde sayısı 3

Model	Şasi Yüksekliği (CM)	Gövde Arası (CM)	İş Genişliği (CM)	İş Derinliği (CM)	Ağırlık (KG)				Güç (HP)			
					2	3	4	5	2	3	4	5
DPH08*	70	75	18-20-22,5	20	577	707	872	1002	45-50	50-55	70-80	80-90
DPH09*	70	75	20-22,5-25	22	583	716	884	1017	45-50	50-55	70-80	80-90
DPH10*	70	75	22,5-25-27,5	24	589	725	896	1032	50-55	55-60	80-85	90-100
DPH12*	70	75	27,5-30-32,5	26	595	734	908	1047	50-55	60-70	80-90	90-110
DP12*	70	80	25-30-35	26	700	830	1110	1245	50-55	60-70	80-90	90-110
DP14*	70	80	30-35-40	28	704	840	1120	1260	55-60	60-70	85-90	90-110
DP16*	70	80	35-40-45	30	710	850	1132	1275	65-70	80-85	85-90	100-120
DP18*	70	80	40-45-50	32	716	860	1144	1290	70-80	80-90	90-110	120-130

Şekil 7.23: Bahçe pulluklarının boyutları (Alperler Pulluk Katalog, 2013)

Ülkemizde bahçe traktörleri genelde hafif- orta ağır toprak grupları için kullanılmaktadır. Bahçe traktörü için seçilen toprak özgül direnci k_o 30 kp/dm²dir

Çizelge 7.24: Toprak özellikleri. [Acar A., Güner M., Öztürk R., (2011) Tarım Alet ve Makinaları]

Toprak Grubu	Yapısı	Özgül Ağırlığı (kp/dm ³)	Doğal Yığılma Açısı (°)	Özgül Direnci (kp/dm ²)
Hafif Topraklar	Kum	1,40 - 2,20	35	20 - 32
	Humuslu Kum			
	Killi Kum			
	Kireçli Kum			
Hafif - Orta Ağır Topraklar	Humus	1,50 - 1,60	38	23 - 35
	Kumlu Humus			
	Tınlı Humus			
	Killi Humus			
Orta Ağır Topraklar	Kireçli Marn	1,60 - 1,75	42	25 - 40
	Kumlu Marn			
	Tınlı Marn			
	Killi Marn			
Orta Ağır- Ağır Topraklar	Tın	1,70 - 1,80	46	30 - 50
	Kumlu Tın			
	Humuslu Tın			
	Kireçli Tın			
Ağır Topraklar	Killi	1,85 - 2,30	50	35 - 100
	Humusku Killi			
	Ağır Tınlı			
	Kireçli Killi			

Çizelge 7.25: Tarlada toprak işleme sırasındaki pulluk çeki direnci.

Aracın Hızı	Pulluk Çeki Direnci (kN)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2,5	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64	3,64
5	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15	5,15
7,5	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30	6,30
10	7,28	7,28	7,28	7,28	7,28	7,28	7,28	7,28	7,28	7,28	7,28

Toplam seyir direnci:**Çizelge 7.26:** Tarlada toprak işleme sırasındaki toplam seyir direnci.

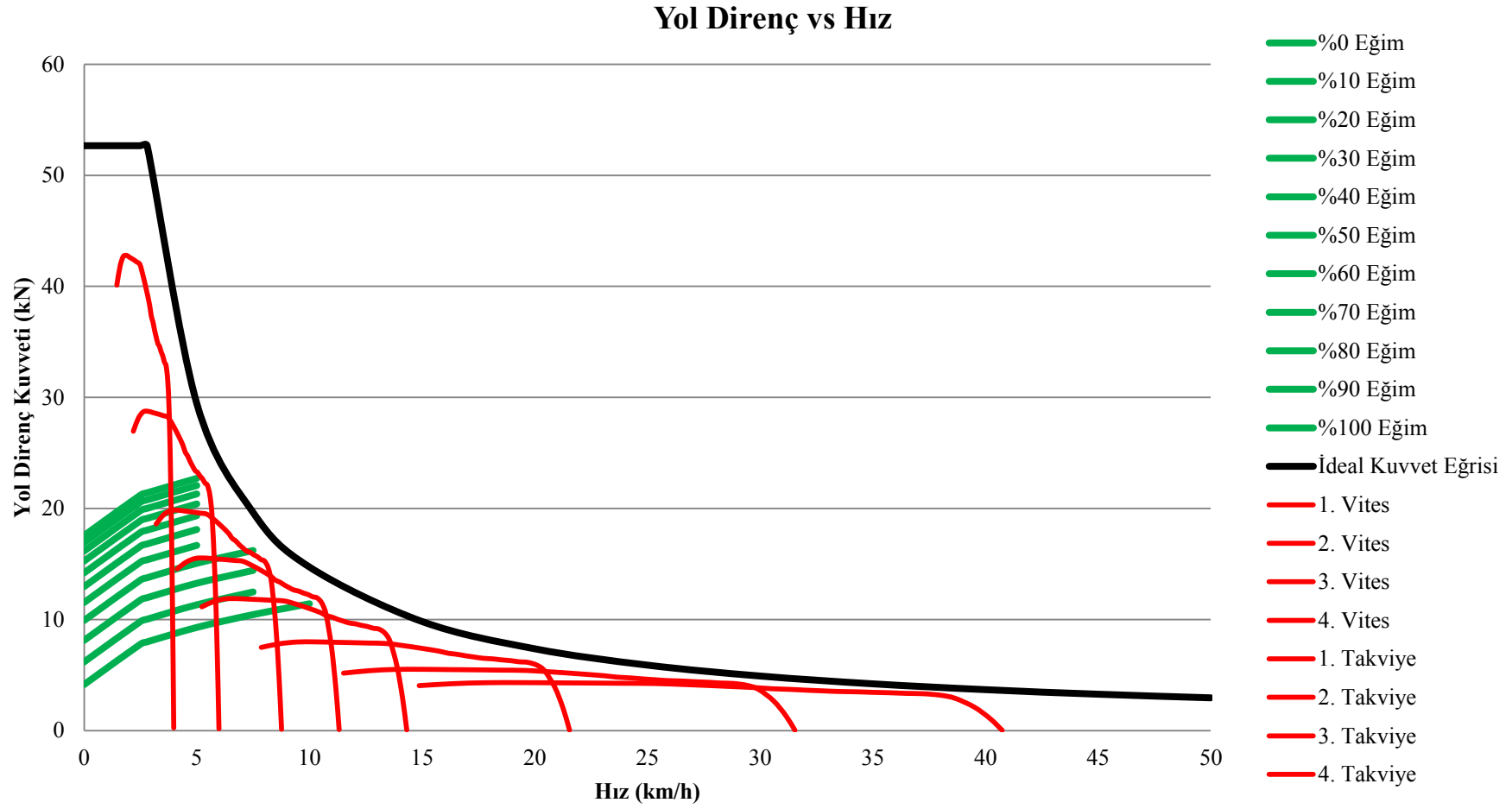
Aracın Hızı	Toplam Seyir Direnci (kN)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	4,14	6,18	8,12	9,91	11,53	12,96	14,20	15,26	16,16	16,92	17,56
2,5	7,78	9,82	11,76	13,55	15,17	16,60	17,84	18,90	19,80	20,56	21,20
5	9,29	11,32	13,26	15,06	16,68	18,10	19,34	20,41	21,31	22,07	22,71
7,5	10,44	12,48	14,42	16,21	17,83	19,26	20,50	21,56	22,46	23,23	23,87
10	11,42	13,46	15,40	17,19	18,81	20,24	21,48	22,54	23,44	24,20	24,84

Toplam seyir gücü:**Çizelge 7.27:** Tarlada toprak işleme sırasındaki toplam seyir gücü.

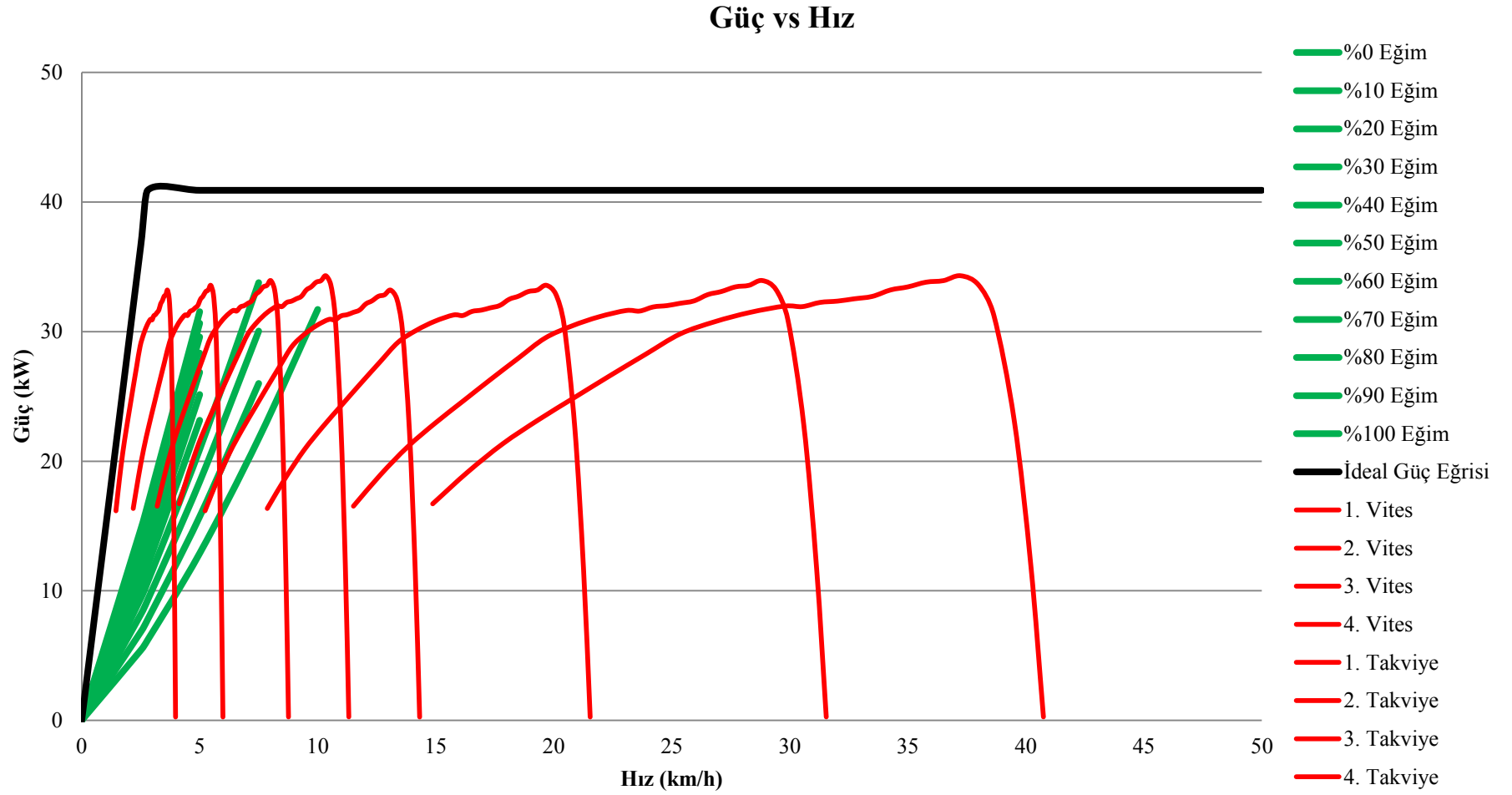
Aracın Hızı	Toplam Seyir Gücü (kW)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
2,5	5,4	6,8	8,2	9,4	10,5	11,5	12,4	13,1	13,8	14,3	14,7
5	12,9	15,7	18,4	20,9	23,2	25,1	26,9	28,3	29,6	30,7	31,5
7,5	21,8	26,0	30,0	33,8	37,2	40,1	42,7	44,9	46,8	48,4	49,7
10	31,7	37,4	42,8	47,7	52,2	56,2	59,7	62,6	65,1	67,2	69,0

Toplam seyir torku:**Çizelge 7.28:** Tarlada toprak işleme sırasındaki toplam seyir torku.

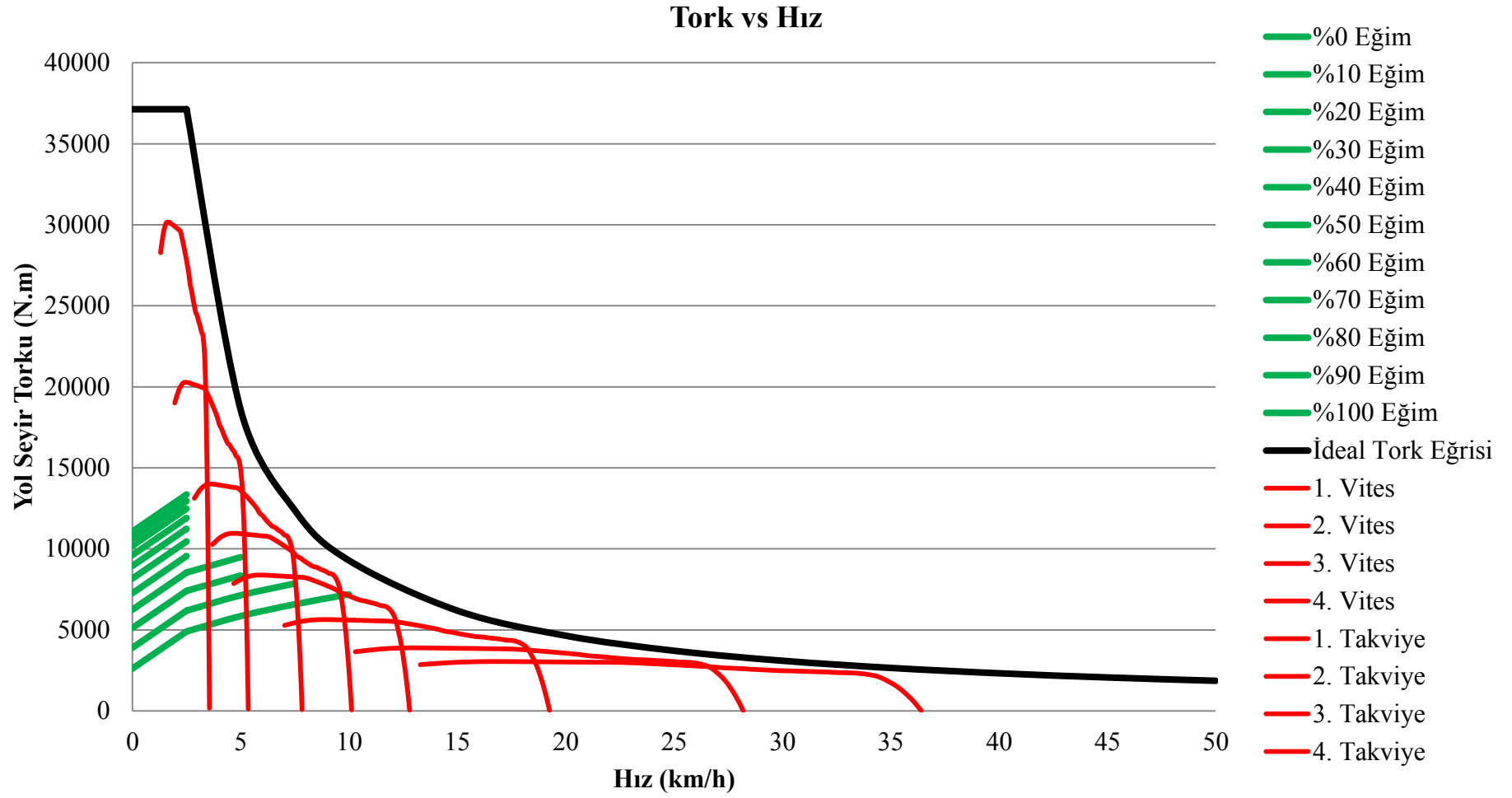
Aracın Hızı	Toplam Seyir Torku (N.m)										
km/h	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	2608	3893	5115	6245	7265	8165	8946	9615	10183	10662	11065
2,5	4900	6185	7407	8537	9557	10457	11238	11907	12475	12954	13357
5	5850	7134	8356	9487	10506	11406	12187	12856	13424	13904	14307
7,5	6578	7863	9085	10215	11235	12135	12916	13585	14153	14632	15035
10	7192	8477	9699	10829	11849	12749	13530	14199	14767	15246	15649



Şekil 7.24: Toprak işleme sırasındaki kuvvet arz ve talep eğrileri.



Şekil 7.25: Toprak işleme sırasındaki güç arz ve talep eğrileri.

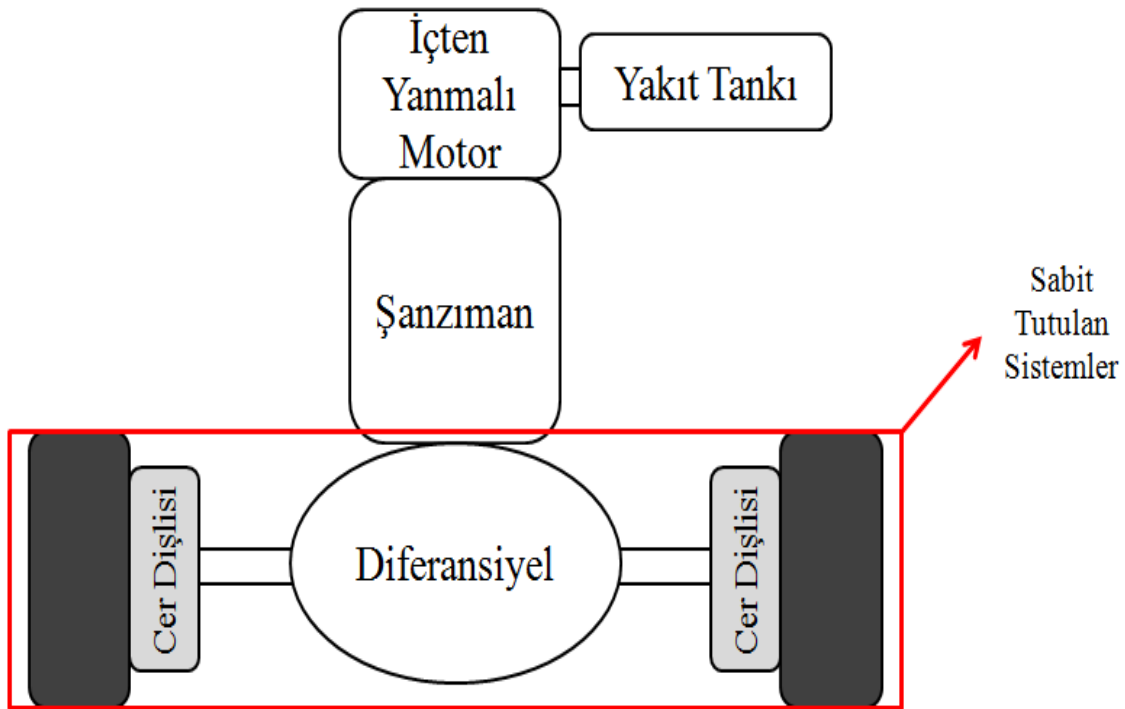


Şekil 7.26: Toprak işleme sırasındaki tork arz ve talep eğrileri.

7.2 Elektrik Motoru Seçimi

Önceki bölümlerde anlatıldığı gibi traktörler genel yapı itibarıyla şasisizdirler. Motor ve aktarma organları aynı zamanda şasi görevi görmektedirler. Bu çalışmada traktör ana yapısına sadık kalarak 5. bölümde anlatıldığı gibi en çok tercih edilen diferansiyelli elektrikli araç sistemi üzerinden çalışılmıştır. Böylelikle traktörün ana yapısını ve ağırlığının büyük bir kısmını taşıyan diferansiyel ve diferansiyel ile tekerlekler arasında bulunan cer dişlileri sabit tutulmuştur.

Aşağıdaki şematik gösterim sabit tutulan sistemleri göstermektedir.



Şekil 7.27: Traktör aktarma organlarının şematik gösterimi.

Bu durumda her yol koşulu için diferansiyel girişinde ihtiyaç duyulan moment devir değerlerine, eğrilerine ve motorda istenilen maksimum güç değerine göre elektrik motoru ile diferansiyel arasında ek bir moment dönüştürücüye ihtiyaç olup olmadığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 7.29: Normal yolda diferansiyelde ihtiyaç duyulan moment değerleri.

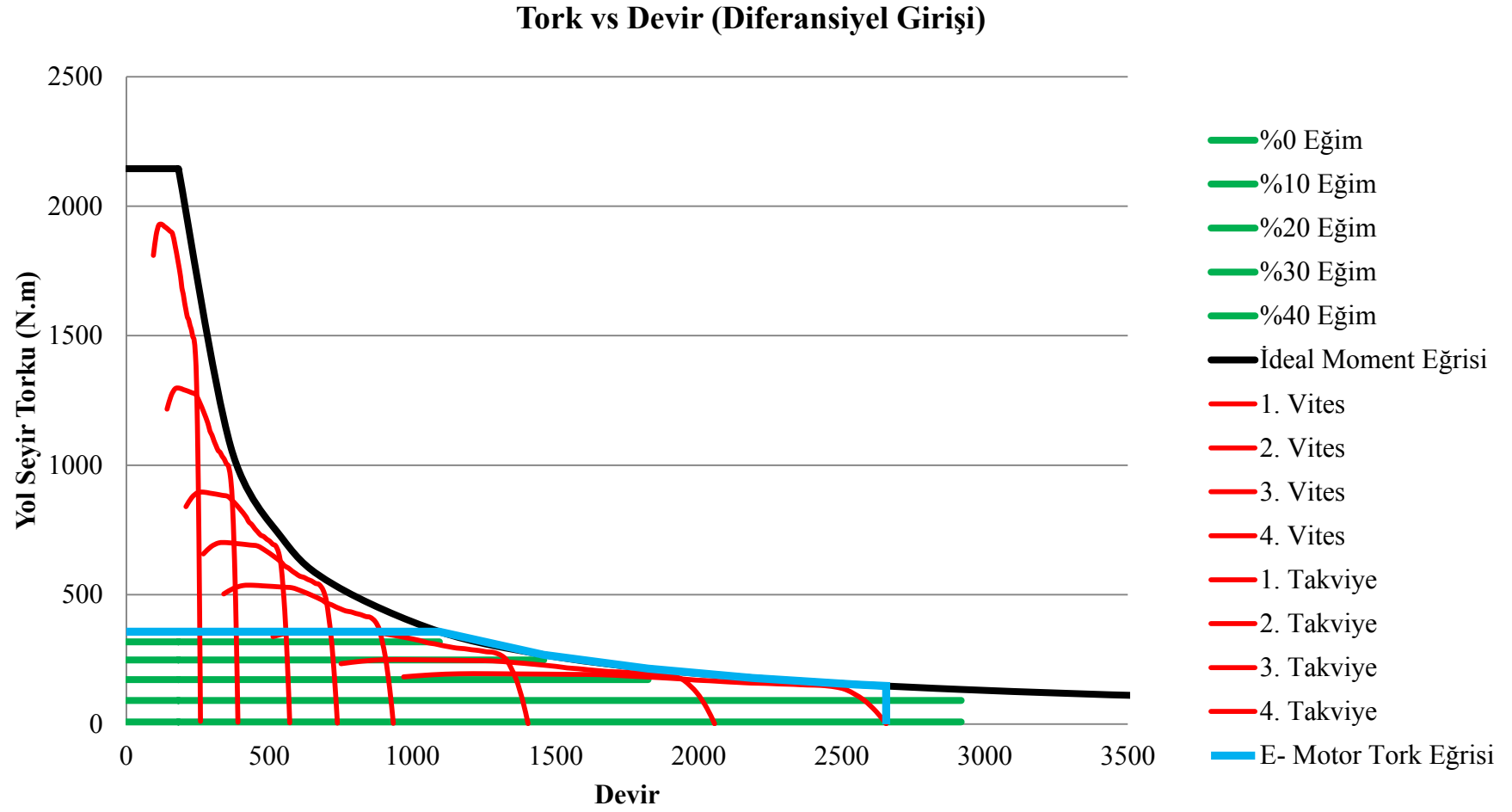
Aracın Hızı	Dif. Giriş Devri	Toplam Seyir Momenti (N.m) (Diferansiyel Girişi)				
km/h	rpm	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim
0	0,00	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
2,5	182,35	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
5	364,70	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
7,5	547,05	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
10	729,40	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
15	1094,10	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
20	1458,80	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
25	1823,50	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
30	2188,20	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
35	2552,90	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67
40	2917,60	8,35	91,34	171,84	247,79	317,67

Çizelge 7.30: Tarlada seyir için diferansiyelde ihtiyaç duyulan moment değerleri.

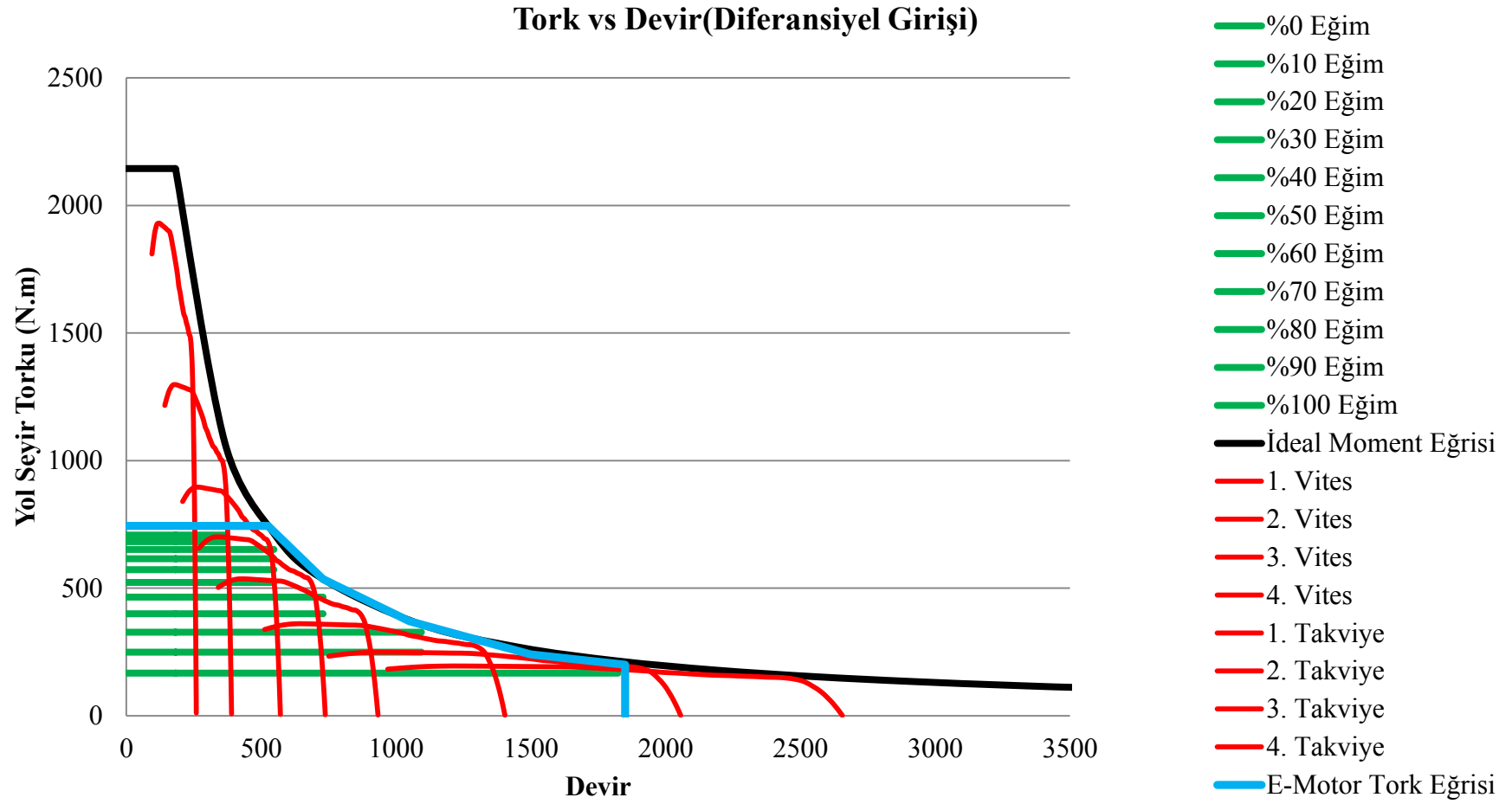
Araç Hızı	Dif. Giriş Devri	Toplam Seyir Momenti (N.m) (Diferansiyel Girişi)										
km/h	rpm	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	0,0	166,9	249,1	327,3	399,7	464,9	522,5	572,5	615,3	651,6	682,3	708,1
2,5	182,4	166,9	249,1	327,3	399,7	464,9	522,5	572,5	615,3	651,6	682,3	708,1
5	364,7	166,9	249,1	327,3	399,7	464,9	522,5	572,5	615,3	651,6	682,3	708,1
7,5	547,1	166,9	249,1	327,3	399,7	464,9	522,5	572,5	615,3	651,6	682,3	708,1
10	729,4	166,9	249,1	327,3	399,7	464,9	522,5	572,5	615,3	651,6	682,3	708,1
15	1094,1	166,9	249,1	327,3	399,7	464,9	522,5	572,5	615,3	651,6	682,3	708,1
20	1458,8	166,9	249,1	327,3	399,7	464,9	522,5	572,5	615,3	651,6	682,3	708,1
25	1823,5	166,9	249,1	327,3	399,7	464,9	522,5	572,5	615,3	651,6	682,3	708,1

Çizelge 7.31: Toprak işlerken diferansiyelde ihtiyaç duyulan moment değerleri

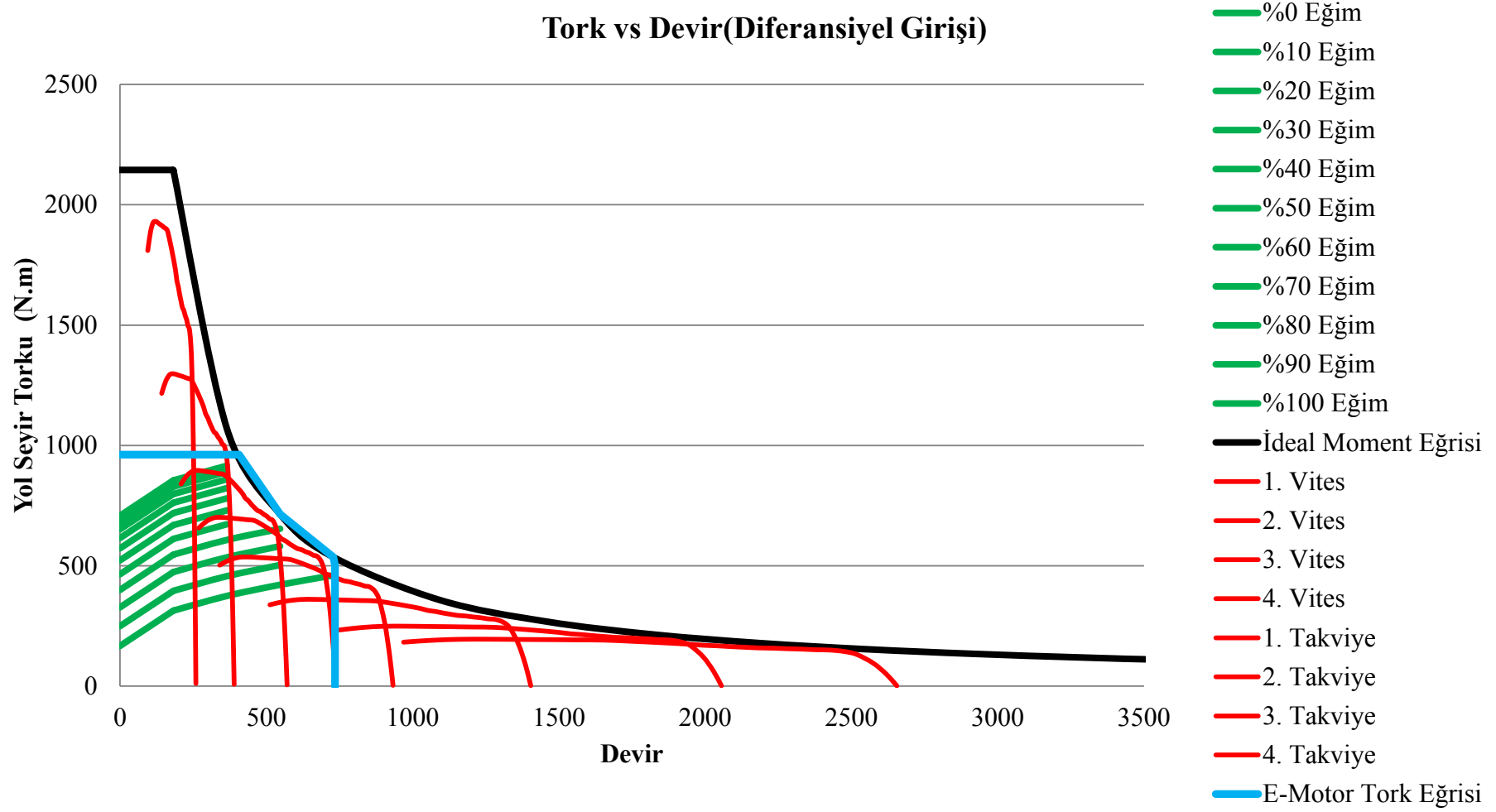
Araç Hızı	Dif. Giriş Devri	Toplam Seyir Momenti (N.m) (Diferansiyel Girişi)										
km/h	rpm	%0 Eğim	%10 Eğim	%20 Eğim	%30 Eğim	%40 Eğim	%50 Eğim	%60 Eğim	%70 Eğim	%80 Eğim	%90 Eğim	%100 Eğim
0	0,0	166,9	249,1	327,3	399,7	464,9	522,5	572,5	615,3	651,6	682,3	708,1
2,5	182,4	313,6	395,8	474,0	546,3	611,6	669,2	719,1	762,0	798,3	829,0	854,8
5	364,7	374,3	456,5	534,8	607,1	672,3	729,9	779,9	822,7	859,1	889,7	915,5
7,5	547,1	421,0	503,2	581,4	653,7	718,9	776,5	826,5	869,3	905,7	936,4	962,2
10	729,4	460,3	542,5	620,7	693,0	758,2	815,8	865,8	908,6	945,0	975,7	1001,5



Şekil 7.28: Normal yolda seyir halindeyken diferansiyel girişinde gerekli olan tork değerleri.



Şekil 7.29: Tarlada seyir halindeyken diferansiyel girişinde gerekli olan tork değerleri.



Şekil 7.30: Toprak işlemek için diferansiyel girişinde gerekli olan tork değerleri.

Üç yol koşuluna göre çıkarılmış tork ve devir değerleri tek bir eğride toplandığında diferansiyel girişinde ihtiyaç olan tork ve devir değerleri bulunmuş olunur. Bu değerlere göre diferansiyel girişinde ihtiyaç olan maksimum devir 2655,3 maksimum tork değeri ise 961.3 N.m olarak hesaplanmıştır.

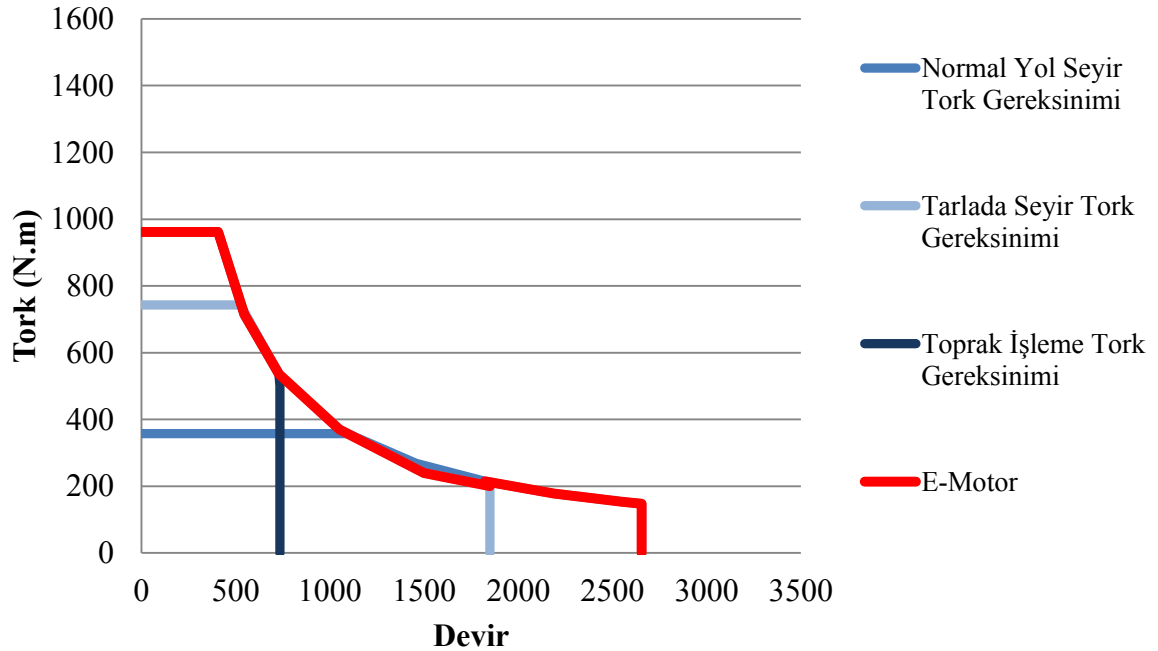
Çizelge 7.32: Diferansiyel girişinde ihtiyaç olan tork ve devir değerleri.

Normal Yol Seyir Tork Gereksinimi	
RPM	Tork
0,0	357,3
1093,9	357,3
1458,5	267,9
1823,2	214,4
2187,8	178,6
2552,4	153,1
2655,3	147,2
2655,3	0,0

Tarlada Seyir Tork Gereksinimi	
RPM	Tork
0,0	743,5
525,6	743,5
729,3	535,9
1050,0	370,0
1500,0	240,0
1850,0	200,0
1850,0	0,0

Toprak İşleme Tork Gereksinimi	
RPM	Tork
0,0	961,3
406,5	961,3
547,0	714,5
729,3	535,9
735,0	500,0
735,0	0,0

Tork vs Devir

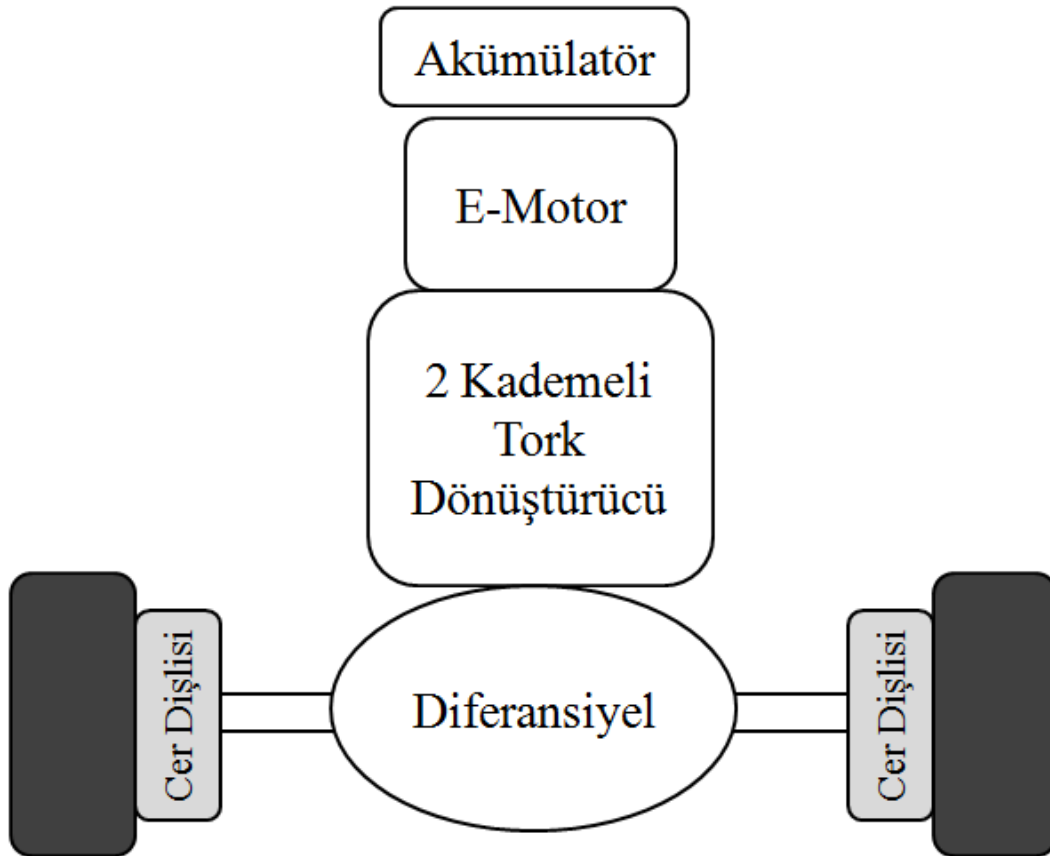


Şekil 7.31: E-Motor tork vs devir.

Diferansiyel ile elektrik motor arasında maksimum tork ve maksimum devir değerlerine ulaşabilmek için 2 alternatif belirlenmiştir.

- I. 2 Kademeli mekanik vites kutusu (boyutu ve ağırlığı mevcut şanzımana oranla çok daha küçük)
- II. Motorsikletlerde kullanılan motor hızına göre otomatik olarak devir sayısını ve tork değerlerini ayarlayan bir varyatör kullanmasıdır.

Verim ve kullanım koşulları açısından 2 kademeli mekanik vites kutusu tercih edilmiştir. Aşağıdaki şematik gösterim elektrikli traktörün yapısal elemanlarını göstermektedir.



Şekil 7.32: Elektrikli traktör yapısal elemanlarının şematik gösterimi.

Elektrik motoru olarak hibrit ve tam elektrikli araçlar için dizayn edilmiş UQM Powerphase 75 elektrik motoru seçilmiştir. Bu motorun teknik özellikleri aşağıdaki gibidir.

Anlık en yüksek tork değeri 240 N.m

Anlık en yüksek güç değeri 75 kW

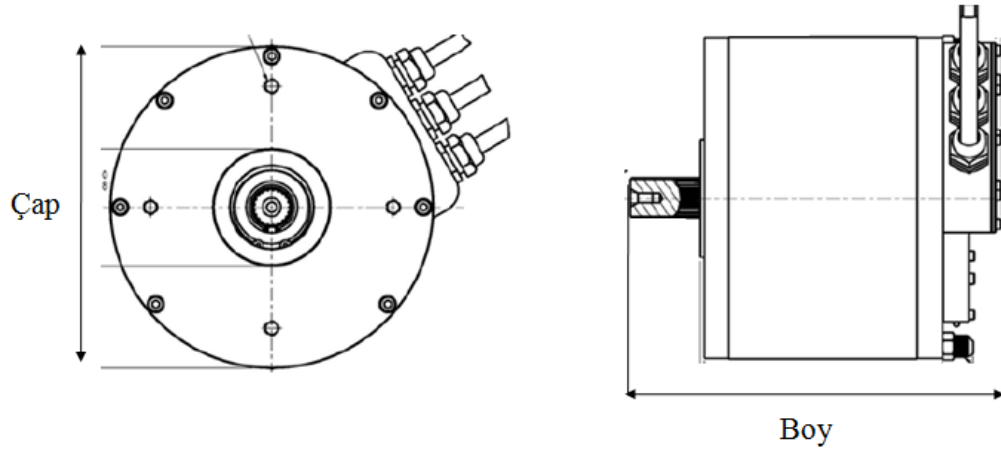
Devamlı en yüksek tork değeri 150 N.m

Devamlı en yüksek güç değeri 45 kW

Maksimum devir sayısı 8000 rpm

Maksimum verim 94 %

Motor Boyutları ve Ağırlığı:



Şekil 7.33: Elektrik motoru boyutları.

Çap: 280 mm

Boy: 250 mm

Ağırlık: 41 kg

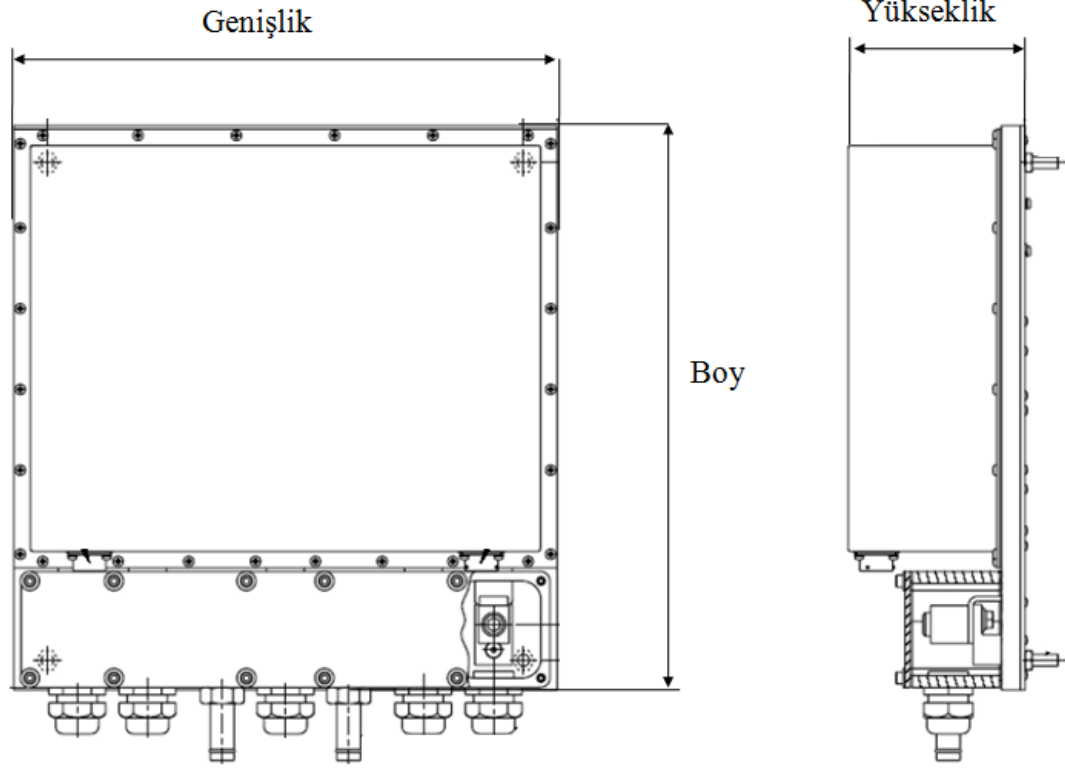
Motor Kontrol Ünitesinin Boyutları ve Ağırlığı:

Genişlik : 365 mm

Boy: 380 mm

Yükseklik: 119 mm

Ağırlık: 15.9 kg



Şekil 7.34: Motor kontrol ünitesi boyutları.

Ortalama batarya giriş voltaj aralığı 270 - 336 VDC

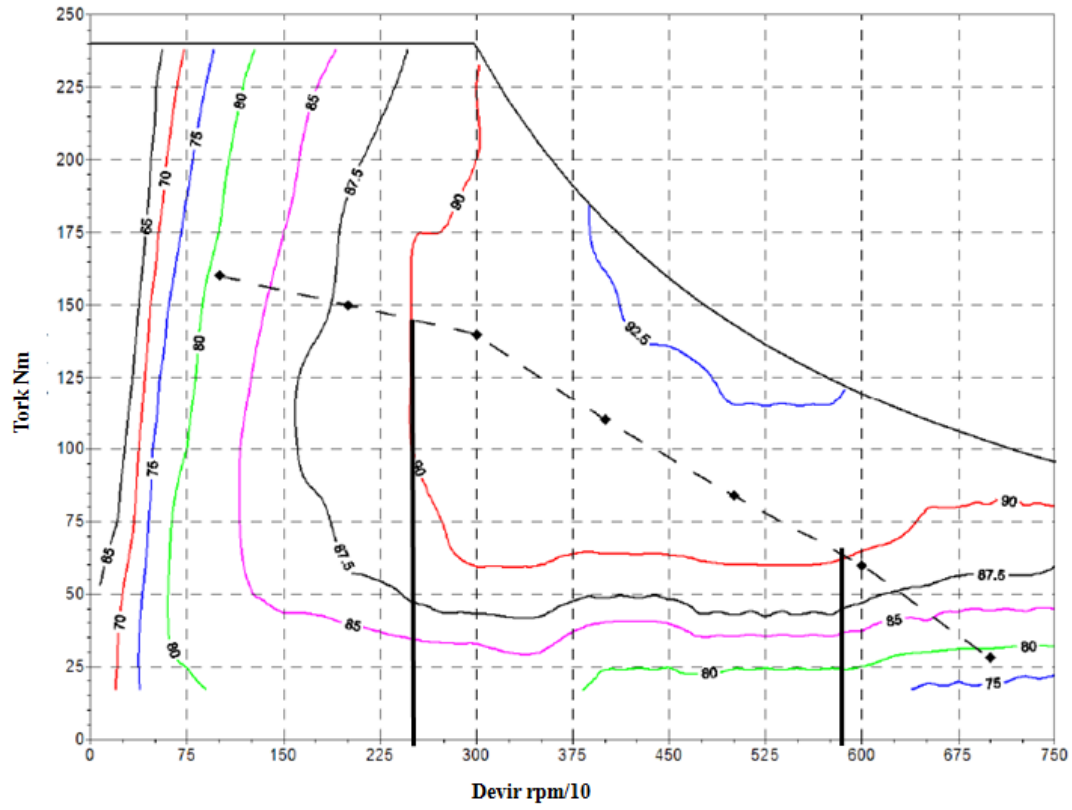
Çalışma voltaj aralığı 250- 400 VDC

Minimum voltaj değeri 180 VDC

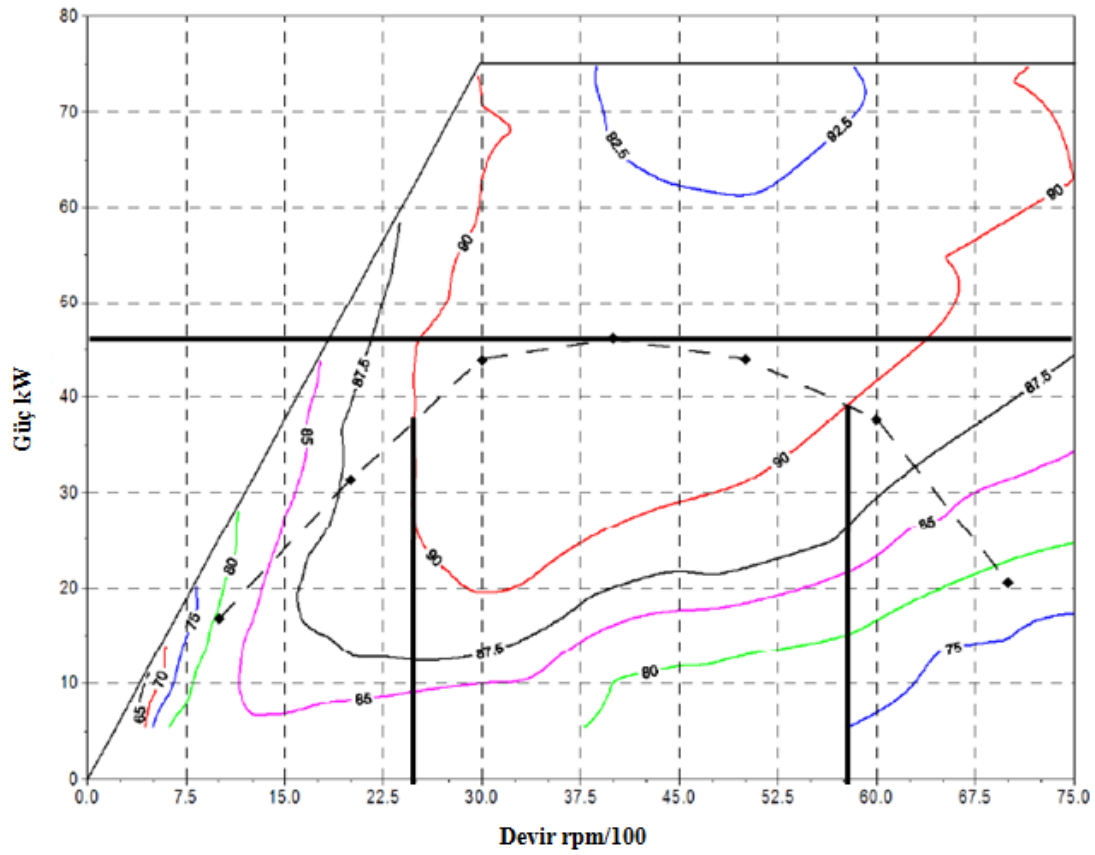
Akm giriş değeri 400A

Seçilen 45 kW lık elektrik motoru % 90 lık verim eğrisi içinde çalıştırılacaktır. Böylelikle motor 2500 ile 5750 rpm devir aralığı ve 145 ile 65 N.m tork aralığında çalışmış olacaktır.

Aşağıdaki grafikler seçilen elektrik motorun verim eğrilerine göre tork /devir ve güç /devir değerlerini göstermektedir. Bunlara ek olarak motorun çalıştırılması hedeflenen devir, güç ve tork aralıkları da gösterilmektedir.



Şekil 7.35: Elektrik motoru tork devir eğrisi.

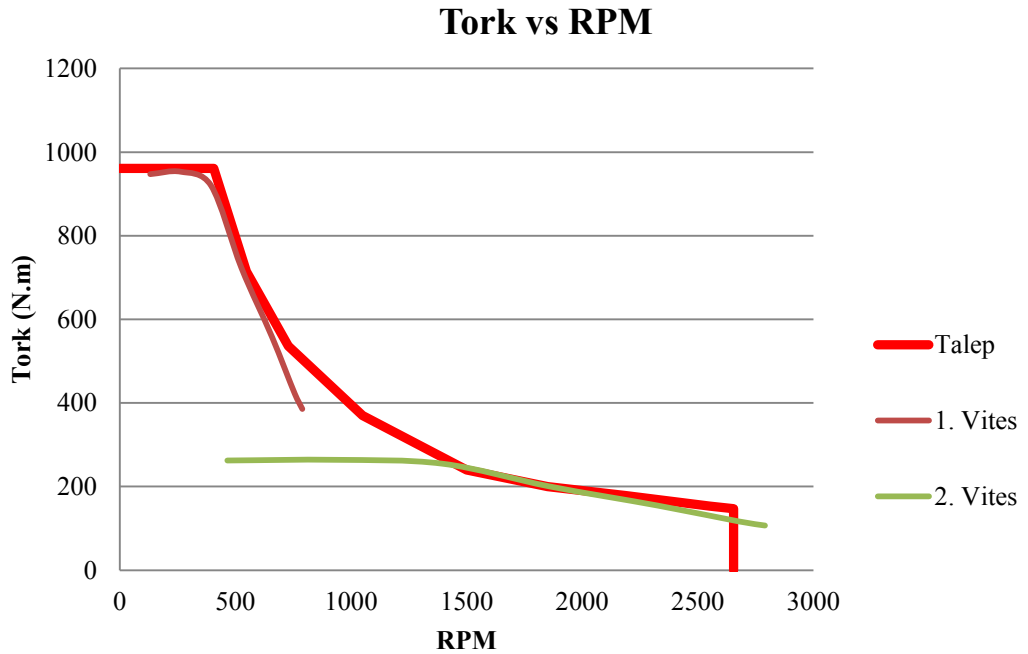


Şekil 2.1: Elektrik motoru güç devir eğrisi.

Traktör için belirlenen 3 yol koşulu için diferansiyel girişinde ihtiyaç duyulan maksimum tork ve devir değerlerine, baz olarak seçilen dizel motorlu traktördeki gibi 45 kw motor gücünde bir elektrik motoruyla ulaşabilmek için 2 kademeli mekanik vites kutusunun çevrim oranları ve bu çevrim oranlarındaki tork & devir değerleri ve elektrik motoru eğrileri üzerinde gösterimi aşağıdaki gibidir.

Çizelge 7.33: 2 kademeli mekanik vites tork devir değerleri.

E Motor			2 Kademeli Mekanik Vites Kutusu							
			1. Vites				2. Vites			
RPM	Tork Nm	Verim	Çevrim Oranı	Verim	RPM	Tork Nm	Çevrim Oranı	Verim	RPM	Tork Nm
1000	160	0,82	7,6	0,95	131	947	2,15	0,93	465	262
2000	150	0,88			263	953			930	263
3000	140	0,91			394	919			1395	254
4000	110	0,91			526	722			1860	200
5000	85	0,91			657	558			2325	154
5750	65	0,9			756	422			2674	117
6000	60	0,89			789	385			2790	106



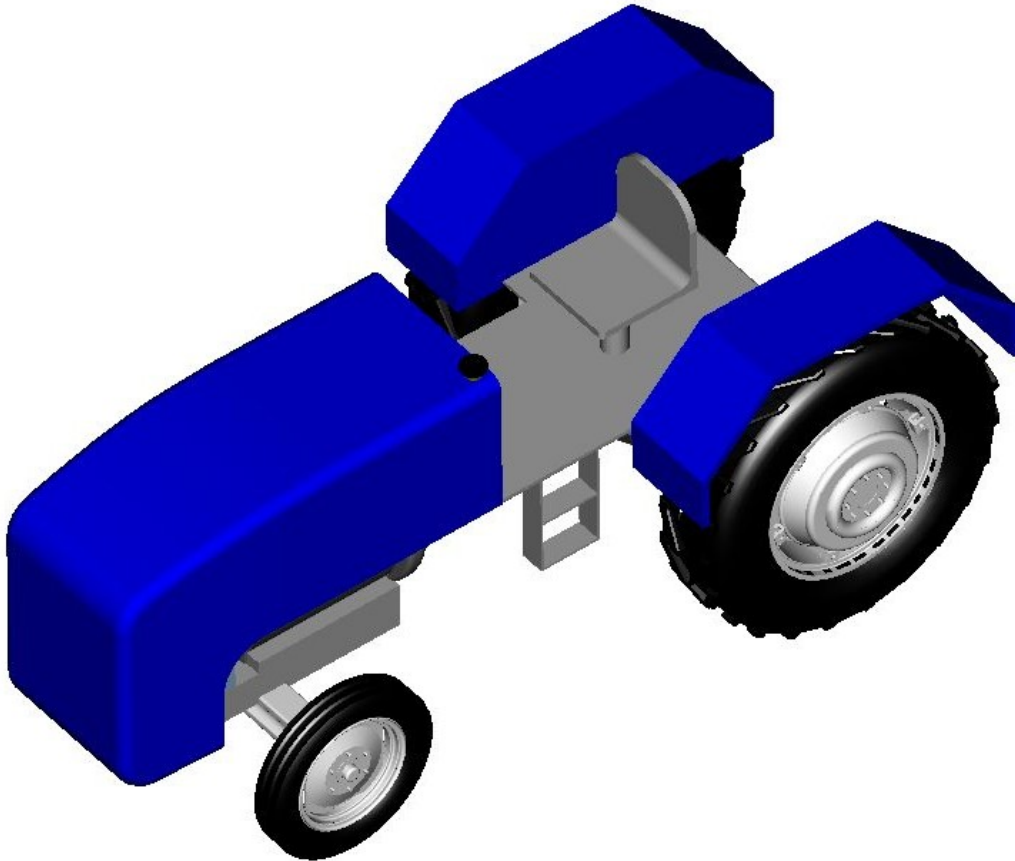
Şekil 7.37: Diferansiyel girişinde elde edilen tork devir eğrisi.

2 vites kademesi içinde belirlenen eğrilere bakıldığında ihtiyaç duyulan moment devir değerlerini bir bölgesi kapsamamaktadır. Bu bölgedeki kayıp elektrik kontrolcüsü kullanılarak minimuma indirilmesi varsayımı yapılmıştır.

7.3 Elektrikli Traktörün Geometrik Olarak Modellenmesi

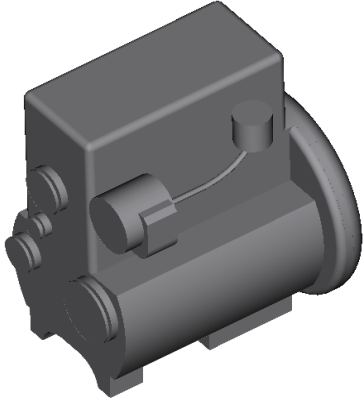
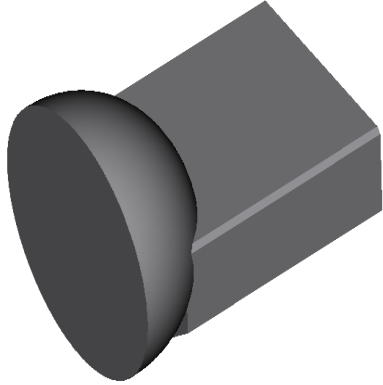
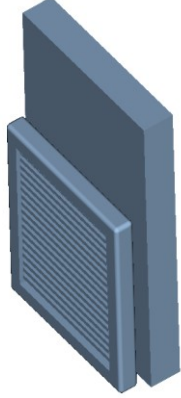
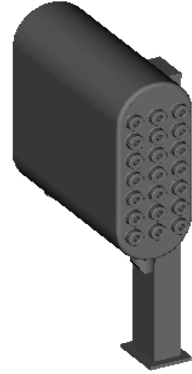
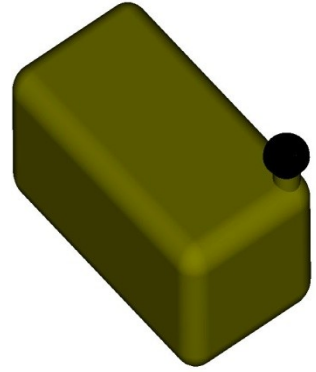
Elektrikli traktörün mekanik paketlenmesi çalışması yapılırken, toplam traktör kütlesi , ön ve arka aksa gelen yük miktarı ve sabit tutulmuştur.

Baz olarak seçilen içten yanmalı traktör parça boyutları yaklaşık olarak alınmıştır. E-motorlu sisteme geçilirken ise hava emiş sistemi , motor soğutma sistemi, motor , şanzıman ve yakıt deposu çıkarılmış bu sistemler yerine ise boyutları katalogtan alınmış elektrik motoru, elektrik motoru sürücü ünitesi , akü ve boyutları bilinmeyen fakat mevcut sistemlerin yarı boyutu ve kütlesi kabulüyle soğutma sistemi ve şanzıman eklenmiştir.



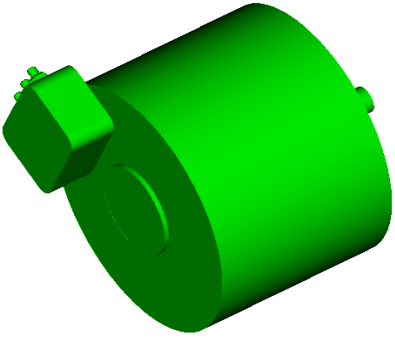
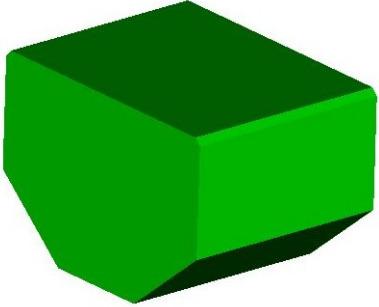
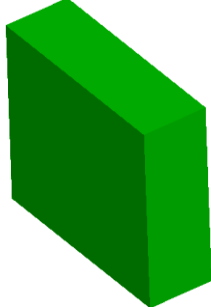
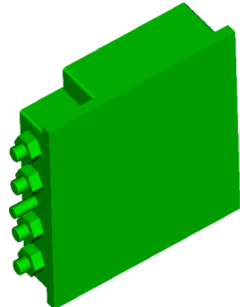
Şekil 7.38: İçten yanmalı traktörün CAD modellemesi.

Çizelge 7.34: İçten yanmalı motorlu traktörden çıkarılan sistemlerin ağırlık ve boyutları için yapılan varsayımlar

Motor	Şanzıman	Soğutma Sistemi	Hava Emiş Sistemi	Yakıt Deposu
				
Boy: 690 mm En: 590 mm Yükseklik: 830 mm Kütle: 500 kg	Boy: 625 mm En: 490 mm Yükseklik: 490 mm Kütle: 300 kg	Boy: 250 mm En: 460 mm Yükseklik: 720 mm Kütle: 100 kg	Boy: 300 mm En: 300 mm Yükseklik: 480 mm Kütle: 15 kg	Boy: 350 mm En: 650 mm Yükseklik: 300 mm Kütle: 100 kg

Yukarıdaki çizelgede içten yanmalı motorlu traktör için modellenen sistemlerin boyutları ve kütleleri için yapılan varsayımlar gösterilmektedir. Boyutlar belirlenirken fiziksel ölçümler yapılmıştır. Parçaların kütleleri için ise benzer ürünlere göre bir değerlendirme yapılarak belirlenmiştir.

Çizelge 7.35: Elektrik motorlu traktör için eklenen sistemlerin ağırlık ve boyutları için yapılan varsayım.

E-Motor	Şanzıman	Soğutma Sistemi	Motor Sürücü Ünitesi
			
Boy: 280 mm Çap: 280 mm Kütle: 41 kg	Boy: 312,5 mm En: 490 mm Yükseklik: 490 mm Kütle: 150 kg	Boy: 250 mm En: 460 mm Yükseklik: 360 mm Kütle: 50 kg	Boy: 380 mm En: 365 mm Yükseklik: 119 mm Kütle: 15 kg

Yukarıdaki çizelgede elektrikli traktör için modellenen sistemlerin boyutları ve kütleleri için yapılan varsayımlar gösterilmektedir. Elektrik motoru ve motor sürücü ünitesi boyut ve kütleleri katalog değerlerinden alınmıştır. 2 kademeli şanzıman ve elektrikli motor soğutma sistemi için ise mevcut sistemlerin boyutları ve kütlelerinin yarısı alınmıştır.

Bu durumda baz olarak seçilen traktörden içten yanmalı motor, şanzıman, soğutma sistemi, hava emiş sistemi ve yakıt deposu çıkarıldığında traktör yaklaşık olarak 1015 kg hafifliyor. Bu 1015 kg elektrik motoru, motor sürücü ünitesi, 2 kademeli küçük bir şanzıman, küçük bir soğutma sistemi ve akü için kullanılabilir maksimum kütledir.

Elektrik motorlu traktör için eklenen sistemlerin kütle ve boyut bilgilerinin gösterildiği tablodan görüldüğü gibi elektrik motorunun kütlesi 41 kg, şanzımanın kütlesi 150 kg, soğutma sisteminin kütlesi 50 kg, motor sürücü ünitesini kütlesi 15 kg olarak hesaplandığında, akü ve akülerin bir arada tutacak olan profilden şasinin kütlesi 760 kg olabilmektedir. Aküleri bir arada tutacak olan profilden şasinin kütlesi 60 kg olacağı varsayımıyla akü için kullanılabilir net kütle 700 kg olarak hesaplanmıştır.

Akü seçimi için ise öncelikli olarak içten yanmalı motorlu traktörün belirlenmiş olan 3 yol koşuluna göre yakıt tüketimi ve bu yol koşullarındaki maksimum çalışma süresi hesabı yapılmıştır. Bu süreler en yakın, motor gücünü, voltajını ve akımını karşılayabilecekve maksimum 700 kg olabilecek akü mekanik olarak araca paketlenmiştir.

İçten Yanmalı Traktördeki Yakıt Tüketimi

İçten yanmalı motorlu traktörün özgül yakıt tüketimi düşük güçte 450 g/kWh, orta güçte 280 g/kWh ve yüksek güçte ise 235 g/kWh olarak kabul edilmiştir. Toplam yakıt tankı kapasitesi 64 L dir. Dizel yakıt öz kütlesi de 840 kg/m³ olarak kabul edilmiştir ve aşağıdaki içten yanmalı motor yakıt tüketim değerleri bulunmuştur.

$$BE = \frac{P \times b_e}{d_{Dizel}} \quad (7.36)$$

Eşitlikteki ;

BE: İçten yanmalı traktörün yakıt tüketimi (L/h)

P: Her devirdeki motor gücü

b_e : İçten yanmalı traktörünözgül yakıt tüketimi (g/kW.h)

d_{Dizel} : Dizel yakıt öz kütlesidir. (kg/m³)

İçten yanmalı motorlu traktörlerde yakıt tüketimi hesaplanması için 3 yol şartı için belirlenen farklı orandaki düşük güç olarak 6 kW, orta güç olarak 15 kW ve yüksek güç olarak da 40.9 kW kabulü yapılmıştır. 3 yol koşulu için çalışma süreleri aşağıdaki gibi hesaplanmıştır.

Normal Yolda Seyir:

Normal yolda seyir sırasında motor, 64 L yakıt deposunun tamamının boşalması için geçen sürenin %60 ında düşük güçte yani 6 kW ta , %30 unda ise orta güçte yani 15 kW ta, %10 unda ise yüksek güçte 40,9 kW ta çalışıyor varsayımı yapılmıştır. Bu yol koşulunda 64lt lik deponun boşalma süresi aşağıdaki çizelge ayrıntılı olarak verilmiştir.

$$t_{normal} = \frac{V_{Depo}}{0,6 \times BE_{n.düşük\ güç} + 0,3 \times BE_{n.orta\ güç} + 0,1 \times BE_{n.yüksek\ güç}} \quad (7.37)$$

V_{Depo} : Yakıt Tank Kapasitesi

$BE_{n.düşük\ güç}$: Normal yolda seyirde ulaşılan düşük güçteki yakıt tüketimi

$BE_{n.orta\ güç}$: Normal yolda seyirde orta güçteki yakıt tüketimi

$BE_{n.yüksek\ güç}$: Normal yolda seyirde ulaşılan yüksek güçteki yakıt tüketimi

t_{normal} : Normal yolda seyirde depo boşalma süresi

Çizelge 7.36: Normal yolda seyir halinde maksimum çalışma süresi.

Normal Yolda Seyir	%	kW	kW Ağırlıklı Ortalama	be (g/kWh)	BE (L/h) Ağırlıklı Ortalama	BE (L/h)
	60	6	3,60	450	1,93	3,21
	30	15	4,50	280	1,50	5,00
	10	41	4,09	235	1,14	11,44
	Ortalama Güç (kW)		12,19	Ortalama Yakıt Tüketimi (L/h)	4,57	
	Çalışma Süresi (h)			14,00		

Tarlada Seyir:

Tarlada seyir sırasında motor, 64 L yakıt deposunun tamamının boşalması için geçen sürenin %80 inde orta güçte yani 15 kW ta, %20 sinde ise yüksek güçte 40,9 kW ta çalışıyor varsayımı yapılmıştır. Bu yol koşulunda 64lt lik deponun boşalma süresi aşağıdaki çizelge ayrıntılı olarak verilmiştir.

$$t_{tarlada} = \frac{V_{Depo}}{0,8 \times BE_{tarlada \text{ orta güç}} + 0,2 \times BE_{tarlada \text{ yüksek güç}}} \quad (7.38)$$

$BE_{tarlada \text{ yüksek güç}}$: Tarlada seyirde yüksek güçteki yakıt tüketimi

$BE_{tarlada \text{ orta güç}}$: Tarlada seyirde orta güçteki yakıt tüketimi

$t_{tarlada}$: Tarlada seyirde depo boşalma süresi

Çizelge 7.37: Tarlada seyir halinde maksimum çalışma süresi.

Tarlada Seyir	%	kW	kW Ağırlıklı Ortalama	be (g/kWh)	BE (L/h) Ağırlıklı Ortalama	BE (L/h)
	0	6	0	450	0,00	0,00
	80	15	12	280	4,00	5,00
	20	40,9	8,18	235	2,29	11,44
	Ortalama Güç (kW)		20,18	Ortalama Yakıt Tüketimi (L/h)	6,29	
	Çalışma Süresi (h)			10,18		

Toprak İşleme:

Toprak işleme sırasında motor, 64 L yakıt deposunun tamamının boşalması için geçen sürenin %20 sinde orta güçte yani 15 kW ta, %80 inde ise yüksek güçte 40,9 kW ta çalışıyor varsayımı yapılmıştır. Bu yol koşulunda 64lt lik deponun boşalma süresi aşağıdaki çizelgede ayrıntılı olarak verilmiştir.

$$t_{t.işleme} = \frac{V_{Depo}}{0,2 \times BE_{t.işleme \text{ orta güç}} + 0,8 \times BE_{t.işleme \text{ yüksek güç}}} \quad (7.38)$$

$BE_{t.işleme \text{ yüksek güç}}$: Toprak işleme sırasındaki yüksek güçteki yakıt tüketimi

$BE_{t.işleme \text{ orta güç}}$: Toprak işleme sırasındaki orta güçteki yakıt tüketimi

$t_{t.işleme}$: Toprak işleme sırasındaki depo boşalma süresi

Çizelge 7.38: Toprak işleme sırasındaki maksimum çalışma süresi.

Toprak İşleme	%	kW	kW Ağırlıklı Ortalama	be (g/kWh)	BE (L/h) Ağırlıklı Ortalama	BE (L/h)
	0	0	0	450	0,00	0,00
	20	15	3	280	1,00	5,00
	80	40,9	32,72	235	9,15	11,44
	Ortalama Güç (kW)		35,72	Ortalama Yakıt Tüketimi (L/h)	10,15	
	Çalışma Süresi (h)			6,30		

Elektrikli Traktördeki Enerji Tüketimi

Elektrikli traktör için seçilen elektrik motoru ve motor kontrol ünitesinin özelliklerine, kullanılabilir akü kütlesine, traktörün geometrik olarak pakedine ve içten yanmalı motor yakıt tüketimi hesaplanmasında yapılan varsayımlara göre de enerji tüketimi ve belirlenen 3 yol koşulundaki maksimum çalışma sürelerine göre akü seçimi yapılmıştır.

Motor

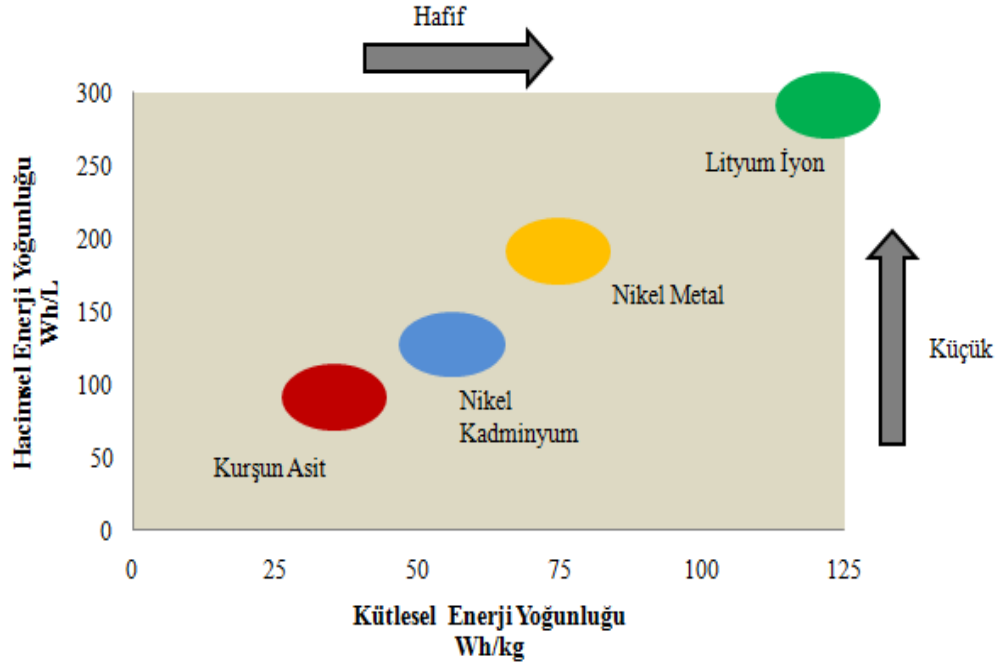
Devamlı en yüksek güç değeri 45 kW

Motor Kontrol Ünitesi

Ortalama batarya giriş voltaj aralığı 270 - 336 VDC

Çalışma voltaj aralığı 250- 400 VDC

Bu özellikleri karşılayabilecek farklı enerji kaynakları (akü ya da pil) değerlendirilmiştir. Değerlendirilen aküler ve piller arasında lityum iyon pil, nikel-kadmiyum pil, elektrikli bisikletlerde kullanılan lityum iyon batarya grubu, sulu akü ve forklift aküsü olarak kullanılan traksiyoner akü vardır. Buradaki amaç her tip akü ve pil grubuyla elektrikli traktörün maksimum çalışma süresinin gösterilmesi ve en ideal seçimin yapılabilmesidir.



Şekil 7.39: Bataryaların karşılaştırılması.

Aşağıdaki çizelgede akü ve pillerin çalışma voltajları, akımları, birim kütleleri, enerji yoğunluğu, toplam kaç adet kullanılabileceği, (kullanılabilir maksimum kütleye göre) kullanılabilecek toplam adetegöre seri ve paralel bağlanması gereken akü veya pil sayısı ve sistemin toplam gerilimi ve akım değerleri gösterilmektedir. Batarya birim kütlelerine kablo ve elektrik ekipmanları dahildir.

Tek pil birim kütlesine ise elektrik ekipmanları ve kablolar dahil değildir. Bu ekipmanların kütlesi 100kg olarak kabul edilmiştir ve net batarya kütlesi için 600kg kabulü yapılmıştır.

Çizelge 7.39: Akü ve pil özellikleri.

	Kurşun Asit Akü	NiCD Batarya	NiMH Batarya	LiNiMn Co Batarya	Kokam SLPB 75106205 Batarya	Polimer Lityum İyon Batarya	Panasonic NCR 18650A Lityum İyon Pil
Birim kütle (kg)	21	0,44	1,4	3	1,32	5,3	0,05
Akım (Ah)	80	1	4,5	10,8	16	21	3,1
Gerilim (V)	12	22,8	28,8	37	14,4	51,8	3,6
Enerji Yoğunluğu (Wh/kg)	45,71	51,82	92,57	133,20	174,55	205,25	248,00
Seri Kol Sayısı	33	17	13	10	27	7	111
Paralel Kol Sayısı	1	93	38	23	19	18	120
Toplam Batarya Sayısı	33	1581	494	230	513	126	13320
Toplam Sistemin Akımı (Ah)	80	93	171	248,4	304	378	372
Toplam Sistemin Gerilimi(V)	396	387,6	374,4	370	388,8	362,6	399,6
Toplam Sistemin Enerjisi(kW h)	31,68	36,05	64,02	91,91	118,20	137,06	148,65

İçten yanmalı motorlu traktör için kullanılan sürüş döngüsü kullanılarak elektrik motorlu traktör sürüş döngüsü çıkarılmıştır.

Normal Yolda Seyir:

Normal yolda seyir sırasında motor, seçilen akünün veya pillerin tamamının boşalması için geçen sürenin %60 ında düşük güçte yani 6 kW ta , %30 unda ise orta güçte yani 15 kW ta, %10 unda ise yüksek güçte 40,9 kW ta çalışıyor varsayımı yapılmıştır.

$$t_{E.normal} = 0,6 \frac{I}{\frac{P_{düşük\ güç} \times 1000}{V_{motor}}} + 0,3 \frac{I}{\frac{P_{orta\ güç} \times 1000}{V_{motor}}} + 0,1 \frac{I}{\frac{P_{yüksek\ güç} \times 1000}{V_{motor}}} \quad (7.39)$$

I: Sistemin saat başına çektiği akım (Ah)

V_{motor} : Motorun çalışma gerilimi (V)

$P_{düşük\ güç}$: Normal yolda seyirde düşük güç (kW)

$P_{orta\ güç}$: Normal yolda seyirde orta güç (kW)

$P_{yüksek\ güç}$: Normal yolda seyirde yüksek güç (kW)

$t_{E.normal}$: Normal yolda seyirde akü ya da pil boşalma süresi

Tarlada Seyir:

Tarlada seyir sırasında motor, seçilen akünün veya pillerin tamamının boşalması için geçen sürenin %80 inde orta güçte yani 15 kW ta, %20 sinde ise yüksek güçte 40,9 kW ta çalışıyor varsayımı yapılmıştır.

$$t_{E.tarla} = 0,8 \frac{I}{\frac{P_{orta\ güç} \times 1000}{V_{motor}}} + 0,2 \frac{I}{\frac{P_{yüksek\ güç} \times 1000}{V_{motor}}} \quad (7.40)$$

$P_{orta\ güç}$: Normal yolda seyirde orta güç (kW)

$P_{yüksek\ güç}$: Normal yolda seyirde yüksek güç (kW)

$t_{E.tarla}$: Tarlada seyirde akü ya da pil boşalma süresi

Toprak İşleme:

Tarlada toprak işleme sırasında motor, seçilen akünün veya pillerin tamamının boşalması için geçen sürenin sürenin %20 sinde orta güçte yani 15 kW ta, %80 inde ise yüksek güçte 40,9 kW ta çalışıyor varsayımı yapılmıştır.

$$t_{E.t.işleme} = 0,2 \frac{I}{\frac{P_{orta\ güç} \times 1000}{V_{motor}}} + 0,8 \frac{I}{\frac{P_{yüksek\ güç} \times 1000}{V_{motor}}} \quad (7.40)$$

$P_{orta\ güç}$: Normal yolda seyirde orta güç (kW)

$P_{yüksek\ güç}$: Normal yolda seyirde yüksek güç (kW)

$t_{E.t.işleme}$: Tarlada seyirde akü ya da pil boşalma süresi

Çizelge 7.40: Akü ve pil çeşitlerine göre e-motorlu traktör çalışma süresi ve fiyat analizi.

	Kurşun Asit Akü	NiCD Batarya	NiMH Batarya	LiNiMnCo Batarya	Kokam SLPB 75106205 Batarya	Lityum Polimer Batarya	PanasonicNCR 18650A Lityum İyon Pil
Birim kütle (kg)	21,00	0,44	1,40	3,00	1,32	5,30	0,05
Toplam Batarya Sayısı	33,00	1590,00	500,00	233,00	530,00	132,00	13333,00
Toplam Sistemin Enerjisi(kW.h)	31,68	36,05	64,02	91,91	118,20	137,06	148,65
Normal Yolda Çalışma Süresi (h)	2,60	2,96	5,25	7,54	9,70	11,24	12,19
Tarlada Seyir Çalışma Süresi (h)	1,57	1,79	3,17	4,55	5,86	6,79	7,37
Toprak İşleme Çalışma Süresi (h)	0,89	1,01	1,79	2,57	3,31	3,84	4,16
Yükseklik x Boy x Genişlik	190x315x175	52x117x44	114x117x51	85x162x135	98x11x65	74x280x154	65x18x18
Toplam Batarya Hacmi (L)	345,63	425,64	340,12	433,14	86,38	421,20	280,79
Birim Fiyat (TL)	350,00	29,16	304,20	667,80	632,50	1980	19,26
Toplam Batarya Fiyatı (TL)	11550,00	46364,40	152100,00	155597,40	335225,00	261360,00	256793,58

Çalışma sürelerine göre en uzun süre çalışma sağlayan enerji kaynağı Panasonic 18650A lityum iyon pil olduğu hesaplanmıştır. En ucuz çözüm olan kurşun asit aküler ise yaklaşık 1 saat çalışmaktadır. Batarya seçimi yapılırken çalışma süresine ve batarya fiyatı göz önünde bulundurulmalıdır. Traktörler için uzun süre çalışma istenmesine karşılık traktör fiyatının da çok fazla olmaması gerekmektedir.

Bu yüzden elektrikli traktör çalışma süresi ve batarya fiyatını daha net bir şekilde anlayabilmek için son mevcut elektrikli binek araçlarında kullanılan batarya çeşitleri, batarya özellikleri ve bu araçların çalışma menzillerinin karşılaştırması incelenmiştir.

Aşağıdaki çizelgede elektrikli binek araçlarda kullanılan bataryaların kütlesi, enerjisi, araç menzili ve şarj süresi gösterilmektedir.

Çizelge 7.41: Elektrikli binek araçların batarya özellikleri.

Elektrikli Araç	Batarya	Menzil	Şarj Süresi
BMW Mini E	35kWh, 18650 pil; NMC 355V, 96s53p	250km	26h 115VAC; 4.5h 230V, 32A
Chevy Volt	16kWh, Li-Mn, 181kg	64km	10h 115VAC; 4h 230VAC
Mitsubishi iMiEV	16kWh; 88 Li-iyon pil, 4-modül; 109Wh/kg, 330V	128km	13h 115VAC; 7h 230VAC
Nissan LEAF	24kWh; Li-Mn, 192 pil; 80Wh/kg, 272kg	160km	8h 230VAC
Tesla Roadster	56kWh, 6,831 Li-Co pil	352km	3.5h 230VAC
Think City	24.5kW, Li-iyon pil	160km	8h 115VAC
Smart Fortwo ED	16.5kWh; Li- İyon pil	136km	8h 115VAC 3.5h 30VAC

Çizelgede gösterildiği gibi araçların ortalama 90km/h ile çalıştığı varsayımı yapıldığında, tam dolu bir batarya ile çalışma süresi ortalama olarak 2-2.5 saate denk gelmektedir. Bu da elektrikli traktör için yapılan batarya seçiminde etkili olmuştur.

Binek araçların içten yanmalı motorlu fiyatı ve elektrik motorlu fiyat karşılaştırmasında elektrik motorlu araçların fiyatındaki artışın batarya fiyatından kaynaklandığı görülmektedir.

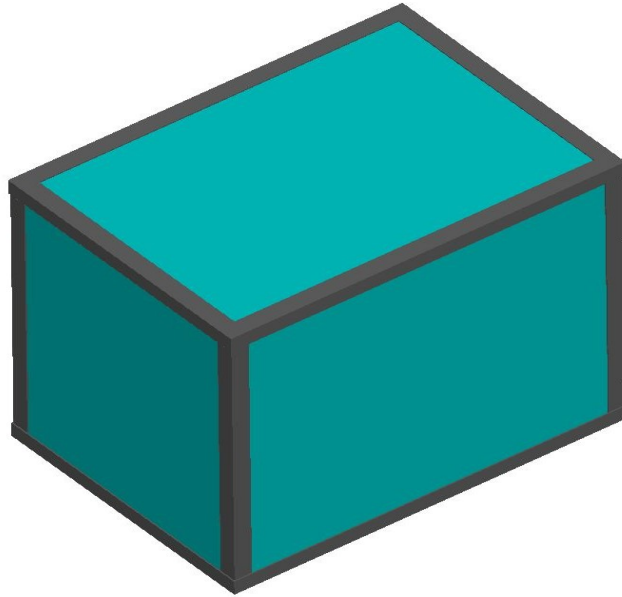
Çizelge 7.42: İYM ve EM binek araç fiyatlarının karşılaştırılması.

Marka	Ülke	Segment	Model	Fiyat \$
Fiat	İtalya	500 EM	2012	45000
Fiat	İtalya	500 İYM	2012	16000
Toyota	Japonya	Rav4 EM	2012	50000
Toyota	Japonya	Rav4 İYM	2012	22600
Ford	Amerika	Focus EM	2012	40000
Ford	Amerika	Focus İYM	2012	17000
Range Rover	İngiltere	Liberty EM	2012	160000
Range Rover	İngiltere	Liberty İYM	2012	42357

Yukardaki çizelgede de görüldüğü gibi elektrik motorlu binek araçlarının fiyatları yaklaşık olarak içten yanmalı motorlu binek araçlara oranla 3-4 kat fazladır.

Bütün bu incelemeler ışığında normal yolda 7,54 saatlik toprak işleme sırasında ise 2,57 saatlik çalışma sağlayan, fiyat olarakta 155597 TL değerinde olan LiNiMnCo bataryalar seçilmiştir. Bu batarya ile traktör içten yanmalı motorlu haline göre yarı süresinde çalışmaktadır.

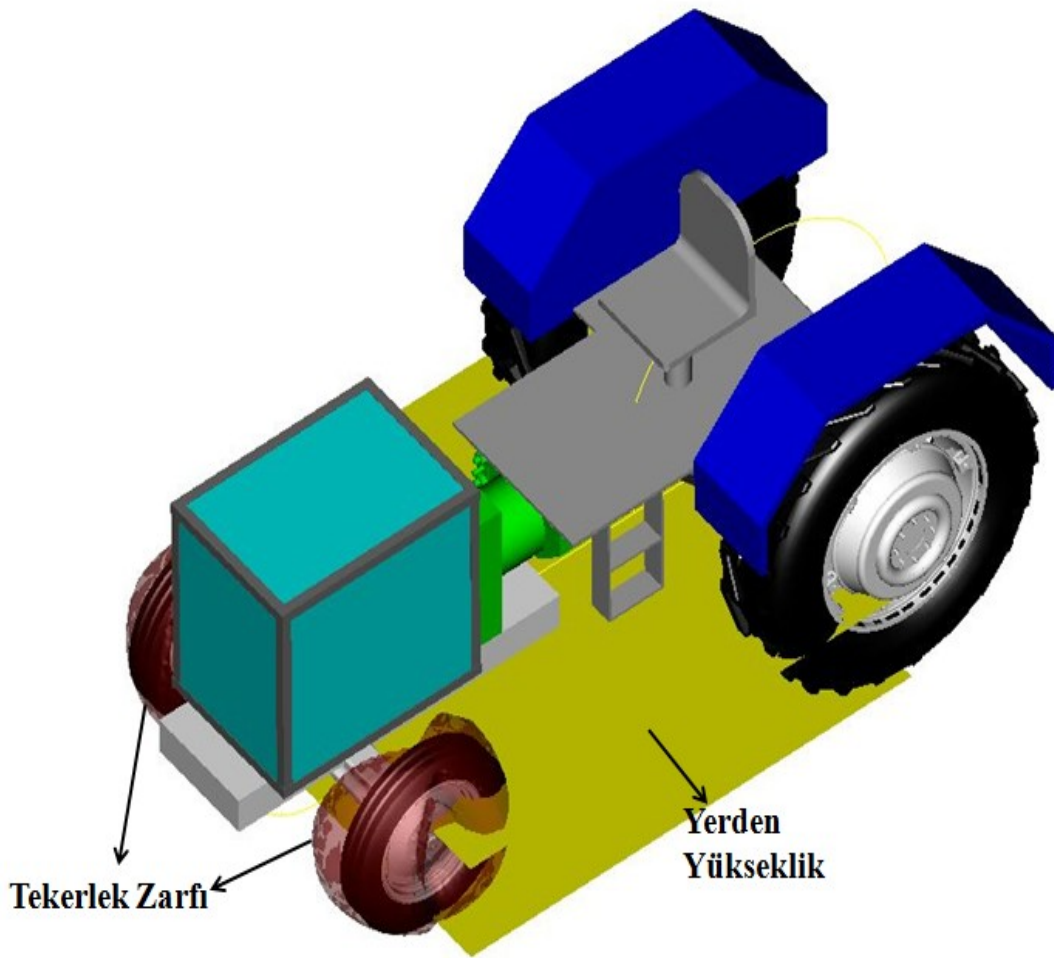
85x162x135mm boyutunda 230 adet LiNiMnCo batarya geometrik olarak araca paketlenmiştir. Paketlenen batarya ve bataryaların etrafını çevreleyen şasinin CAD ortamında modellenmiş hali aşağıdaki gibidir.



Şekil 7.40: LiNiMnCo batarya CAD modeli.

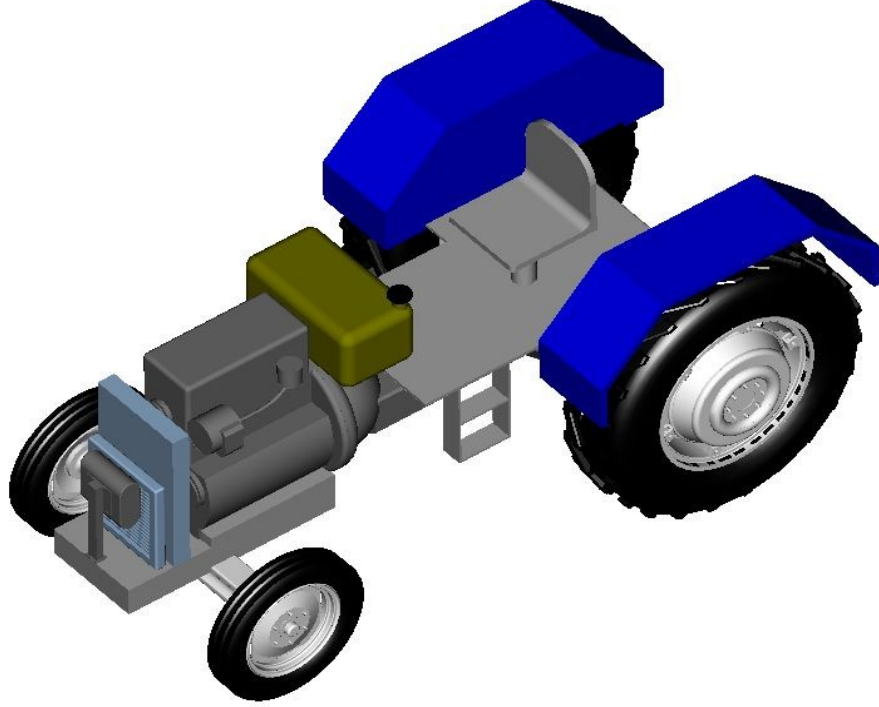
Elektrikli traktörün CAD te modellenmiş hali aşağıdaki gibidir. Mekanik batarya pakedinde dikkate alınan maddeler aşağıdaki gibidir;

- Traktörler engebeli arazilerde çalıştığı için bataryalara zarar gelmemesi için bataryalar mevcut traktörün minimum yerden yükseklik mesafesinin altına düşmeyecek şekilde paketlenmiştir.
- Bataryalar içten yanmalı motorun bulunduğu bölgeye paketleniği için tekerlek dönüş zarfalarına göre manevrayı kısıtlamayacak şekilde paketlenmiştir.

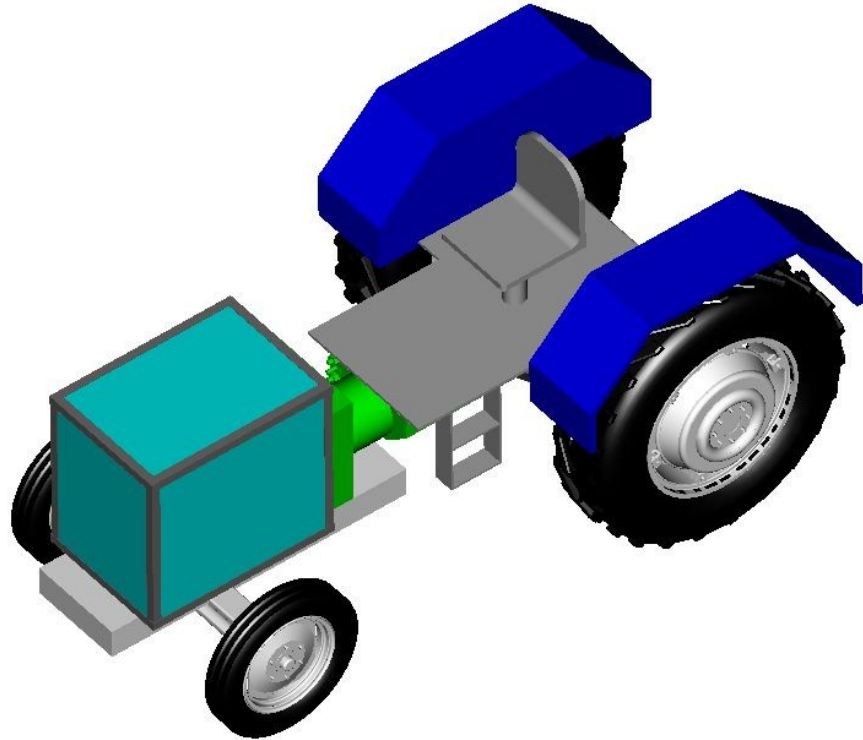


Şekil 7.41: Mekanik paketlemede dikkate alınan hususlar.

İçten yanmalı traktör ve elektrik motorlu traktörün mekanik pakedini gösteren aşağıdaki şekiller, içten yanmalı traktörün bu çalışmadan nasıl bir strateji izlendiğini netbir şekilde göstermektedir.



Şekil 7.42: İYM traktör mekanik pakedi.



Şekil 7.43: EM traktör mekanik pakedi.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada baz olarak 55HP gücünde içten yanmalı motorlu bir traktör seçilmiştir. Motor tork ve güç eğrilerine göre ideal çeki eğrisi, ideal tork ve güç eğrileri, şanzıman, diferansiyel ve cer dişlisinden oluşan traktörün çevirim oranlarına göre ise detork ve güç arz eğrileri çıkarılmıştır.

Seyir direçleri hesabında, baz olarak seçilen traktör arz eğrilerine göre normal yolda seyir, tarlada seyir ve toprak işleme seyir koşulu olmak üzere 3 yol koşulu belirlenmiştir.

Traktörler için ivmelenme ve yüksek hız söz konusu olmadığı için ivmelenme ve rüzgar direnci ihmal edilmiştir. Bu yüzden normal yolda seyir ve tarlada seyir sırasında karşılaşılan seyir dirençleri; yuvarlanma ve yokuş dirençleridir. Toprak işleme yol koşulu için ise ek olarak pulluk çeki kuvveti dikkate alınmıştır.

Arz eğrilerine göre belirlenen seyir dirençlerini karşılayabilecek elektrik sistemi belirlenmiştir. Bu sistem mevcut cer dişlisi ve diferansiyel sistemlerini sabit tutarak yeni ve daha küçük iki kademeli bir vites kutusu ile bir elektrik motoru ve bataryadan oluşmaktadır. Elektrik motoru ve vites kutusu seçiminde belirlenen 3 yol koşulunda hesaplanmış tork ve devir değerlerinin birleşim kümesi dikkate alınmıştır.

Öncelikli olarak içten yanmalı motorlu traktör CAD ortamında modellenmiştir. Baz olarak seçilen içten yanmalı traktör parça boyutları yaklaşık olarak alınmıştır. E-motorlu sisteme geçilirken ise hava emiş sistemi , motor soğutma sistemi, motor , şanzıman ve yakıt deposu çıkarılmış bu sistemler yerine ise boyutları katalogtan alınmış elektrik motoru, elektrik motoru sürücü ünitesi ve boyutları bilinmeyen fakat mevcut sistemlerin yarı boyutu ve kütlesi kabulüyle soğutma sistemi ve şanzıman eklenmiştir. Batarya kütlesi için ise eklenen ve çıkarılan sistemlerin toplam traktör kütlesini değiştirmeyecek varsayımıyla net kütlesi 700 kg olarak hesaplanmıştır.

Hesaplanan net batarya kütlesine göre alternatif pil ya da akü seçenekleri çıkarılmıştır. Bu akü ve pil seçenekleri için 3 yol koşulu için sürüş çevrimleri belirlenmiştir. Normal yolda seyir sırasında motor, seçilen akünün veya pillerin

tamamının boşalması için geçen sürenin %60 ında düşük güçte yani 6 kW ta , %30 unda ise orta güçte yani 15 kW ta, %10 unda ise yüksek güçte 40,9 kW ta çalışıyor varsayımı yapılmıştır. Tarlada seyir sırasında motor, seçilen akünün veya pillerin tamamının boşalması için geçen sürenin %80 inde orta güçte yani 15 kW ta, %20 sinde ise yüksek güçte 40,9 kW ta çalışıyor varsayımı yapılmıştır. Tarlada toprak işleme sırasında motor, seçilen akünün veya pillerin tamamının boşalması için geçen sürenin sürenin %20 sinde orta güçte yani 15 kW ta, %80 inde ise yüksek güçte 40,9 kW ta çalışıyor varsayımı yapılmıştır.

Hesaplamalara göre içten yanmalı motorlu traktörün normal yolda çalışma süresi olarak 14,00 saat, tarlada seyir çalışma süresi olarak 10,18 saat, toprak işleme çalışma süresi olarak 6,30 saat hesaplanmıştır. Aynı sürüş çevrimleri elektrik motorlu traktör için kullanılarak pil veya akü seçeneklerinin çalışma süreleri ve batarya fiyatları hesaplanmıştır. Bütün bu incelemeler ışığında normal yolda 7,54 saatlik toprak işleme sırasında ise 2,57 saatlik çalışma sağlayan, fiyat olarakta 155597 TL değerinde olan 85x162x135mm boyutunda 230 adet LiNiMnCo batarya enerji kaynağı olarak seçilmiştir. Bu batarya ile traktör içten yanmalı motorlu haline göre % 50 daha kısa süre çalışmaktadır.

Bu çalışmada varılan temel sonuç içten yanmalı bir traktörün elektirkli traktöre dönüştürülmesi teknik olarak mümkün olsa da mevcut traktörlerin fiyatları göz önünde bulundurulduğunda batarya fiyatı ve çalışma süresine göre müşteri isteklerinin çok altında kalacağı yönündedir.

KAYNAKLAR

- Acar, A., Güner, M., Öztürk R., (2011). Tarım Alet ve Makinaları.
- Atabay, O. (2011). Taşıtlarda Aktarma Organları Ders Notları, ITU Makina Fakültesi.
- Brant, B. (1994). Built Your Own Electric Vehicle, USA.
- Box, G. E. P. ve Jenkins, J. M. (1976). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Holden-Day, San Francisco, CA.
- Eckhard, A. B., (2010). Electric drives in agricultural machinery approach from the tractor side.
- Ehsani, M., Gao Y., E. Gay S., Emadi A., (2005). Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles Fundamentals, Theory, and Design.
- Erdoğan, M., (2005). Tarım Makinaları.
- Fitzgerald, D., (t.y.). Beyond Tractors: The History of Technology in Agriculture.
- Ghaffari, S. M. R., (t.y.). Electric Vehicles On Their Way To Mainstrom Use.
- Güney, A., (1989). Taşıtlarda Güç İletimi Yüksek Lisans Ders Notları, ITU Makina Fakültesi.
- Günel, Ç., (2006). Küçük Tip Biodizel Yakıt Reaktörlerinin Ekonomikliğinin Araştırılması.
- Huner, E., Ekren N., Akinci, T. C., (2008). Teker Motorlar ve Teker Motorların Elektrikli Araçlarda Kullanımına İlişkin Bir İnceleme, e-Journal of New World Sciences Academy, A0071, Vol. 3, No. 2.
- Larminie, J., Lowry J., (2003). Electric Vehicle Technology Explained.
- Maggetto, G., Mierlo J. V., (2000). Modern Electric, Hybrid Electric, and Fuel Cell Vehicles Fundamentals, Theory, and Design.
- Saral, A., (1997). Tarım Traktörleri, II. Baskı.
- Zoz, F. M., Grisso, R. D., (2003). Traction and Tractor Performance, Tractor Design No.27 , ASAE lecture series .
- Url-1 < <http://www.fptpowertrain.com/>>, alındığı tarih: 20.11.2012.
- Url-2 < <http://www.zf.com/>>, alındığı tarih: 20.11.2012.
- Url-3 < <http://www.orbtronic.com/>>, alındığı tarih: 10.03.2013.
- Url-4 < <http://www.e-transportation.eu/>>, alındığı tarih: 10.03.2013.
- Url-5 < <http://uqm.com/>>, alındığı tarih: 10.03.2013.
- Url-6 < <http://www.batteryspace.com/>>, alındığı tarih: 10.04.2013.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Belgütey SAVAŞIR
Doğum Yeri ve Tarihi: ANKARA, 04/01/1986
Adres: Yuvam Mah. Çepni Sitesi A- Blok
E-Posta: bsavasir@gmail.com
Lisans: Marmara Üniversitesi - Makina Mühendisliği
Mesleki Deneyim: Ford Otosan A.Ş.