

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

Sarp Korkut SÜMER

**DEĞİŞİK LASTİK VE TEKERLEK DÜZENLEMELERİNİN TRAKTÖR
ÇEKİ VERİMİNE ETKİLERİ ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA**

TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

ADANA, 2005

ÖNSÖZ

Günümüzde tarımsal üretimle uğraşanlar, küreselleşmeye paralel olarak daha rekabetçi koşulların olduğu ekonomik ortamda yeni üretim ve pazarlama stratejileri geliştirmek zorundadırlar. Bir işletme için rekabet edebilme yeteneği, işletme özelliklerini esas alarak üretim unsurlarının, dinamik bir yapı içerisinde optimum yönetimiyle ilişkilidir. Tarımsal üretim teknolojileri içerisinde önemli bir yer tutan tarımsal mekanizasyon bileşenlerinin seçimi ve işletilmesinin oluşan gider yükü nedeniyle karlılığı doğrudan etkilediği bilinmektedir. Özellikle tarımsal mekanizasyon uygulamaları için en önemli araçlardan biri olan traktörün, ülkede tarımsal mekanizasyon gelişimi ve buna bağlı üretim artışı açısından, işletmelerde etkin bir şekilde kullanılması gerekmektedir. Günümüzde verim artışı sağlayacak faktörlerin ele alındığı bir çok çalışma yürütülmekte ve elde edilen olumlu gelişmeler uygulamaya aktarılmaktadır.

Çukurova Üniversitesi Araştırma Fonu, Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu, Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü, New Holland Trakmak A.Ş ve Uzel Makina Sanayi A.Ş tarafından desteklenen bu projede, Türkiye’de tarım traktörlerinde kullanılan diagonal lastik tekerlekler ile gelişmiş ülkelerde kullanılan radyal lastik tekerleklerin ve farklı düzenlemelerinin traktör verimi üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonunda elde edilen sonuçların, tarım işletmeleri ile yakın ilişki içinde bulunan traktör üreticileri ile ilgili diğer kuruluşlara iletilmesi ve uygulamaya aktarılması amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın planlaması, yürütülmesi ve değerlendirilmesi aşamalarında her zaman yakın ilgi ve desteklerini gördüğüm değerli danışman hocam Prof. Dr. Alaettin SABANCI’ya, tez izleme komitemde ve jürimde görev alan değerli hocalarım Prof. Dr. Ö. Faruk ÖZGÜVEN ve Doç. Dr. Rızvan EROL’a, tez jürimde görev alan değerli hocalarım Prof. Dr. İ. Kurtuluş TUNÇER ve Prof. Dr. Alim IŞIK’a teşekkür ederim.

Çalışmada tarla ve beton zemin denemelerinin yürütülmesi ve elde edilen verilerin değerlendirilmesi aşamalarında her türlü desteğini gördüğüm değerli arkadaşım Yrd. Doç. Dr. Sait M. SAY’a teşekkür ederim.

Bu araştırmanın tarla denemeleri aşamaları için destek sağlanan TÜBİTAK’a ve bu aşamada proje yürütücülüğü görevini üstlenen değerli meslektaşım Yrd. Doç. Dr. Ali AYBEK’e, Beton zemin denemelerinin yürütülmesi için Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü olanaklarından yararlanmamızı sağlayan kurum müdürü Dr. Hamdi TAŞBAŞ’a, müdür yardımcısı Hüseyin YAŞAR’a, atölye şefi Zır.Yük.Müh. Ahmet AYGÜL’e ve denemeler sırasında gösterdiği yakın ilgi ve yardımlarından dolayı Mak. Müh. Ömer DEVECİOĞLU’na teşekkür ederim.

Planlanan çalışmada denemelerin yürütülmesi için gerekli özelliklere sahip traktörleri kullanımımıza sunan New Holland Trakmak A.Ş ve Uzel Makina Sanayi A.Ş yetkililerine teşekkür ederim.

Tarla denemelerinde bölüm imkanlarından yararlanmamı sağlayan Tarım Makinaları Anabilim Dalı Başkanlığı’na, tarla ve atölye çalışmalarında özverili yardımlarından dolayı bölümümüz ustalarından Cumali BUYRUK ve Fevzi ŞAHBAZ’a teşekkür ederim.

Ayrıca, oldukça yoğun bir çalışma temposu içerisinde gerçekleştirilen doktora çalışmam sırasında büyük özverilerde bulunarak, çalışmalarımı destekleyen ve her zaman yanımda olan sevgili eşime teşekkür ederim.

Sarp Korkut SÜMER

İÇİNDEKİLER	SAYFA
ÖZ.....	I
ABSTRACT.....	II
ÖNSÖZ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	X
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	XIV
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Genel.....	1
1.2. Traktör Yürüme Organları.....	4
1.2.1. Paletler.....	4
1.2.2. Çelik Tekerlekler.....	5
1.2.3. Lastik Tekerlekler.....	6
1.3. Lastik Ölçüleri ve Standart Kodlar.....	9
1.4. Lastik Basıncı.....	13
1.5. Patinaj.....	13
1.6. Lastik Tekerlekli Traktörlerde Kullanılan Yardımcı Çeki Organları ve Ağırlıklar.....	15
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	17
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	41
3.1. Materyal.....	41
3.1.1. Tarla Denemeleri.....	41
3.1.1.1. Deneme Alanı Özellikleri.....	41
3.1.1.2. Meteorolojik Veriler.....	44
3.1.1.3. Deneme Traktörü ve Ekipmanı.....	44
3.1.1.4. Denemelerde Kullanılan Lastiklerin Tip ve Ölçüleri.....	46
3.1.1.5. Ek Lastik Tekerlek Bağlantı Elemanları.....	46
3.1.2. Beton Zemin denemeleri.....	47
3.1.2.1. Deneme Alanı Özellikleri.....	48

3.1.2.2. Meteorolojik Veriler.....	48
3.1.2.3. Deneme Traktörü.....	49
3.1.2.4. Deneme Lastikleri ve Ek lastik Tekerlek Bağlantı Elemanı.....	49
3.1.2.5. Traktör Test Aracı.....	49
3.2. Yöntem.....	50
3.2.1. Tarla Denemeleri.....	50
3.2.1.1. Toprak Penetrasyon Direnci, Nem İçeriği ve Hacimsel Kütle.....	50
3.2.1.2. Deneme Deseni.....	53
3.2.1.3. Çeki Kuvveti Ölçümü.....	54
3.2.1.4. Tarla Çalışma Hızı ve Patinaj Ölçümleri.....	58
3.2.1.5. Çeki Gücünün Belirlenmesi.....	59
3.2.1.6. Yakıt Tüketimi Ölçümü.....	60
3.2.1.7. Özgül Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi.....	61
3.2.1.8. Traktör Genel Veriminin Belirlenmesi.....	61
3.2.1.9. Tarla Kapasitesinin Belirlenmesi.....	62
3.2.1.10. Tarla Denemeleri İçin İstatistiksel Analiz.....	63
3.2.2. Beton Zemin Denemeleri.....	63
3.2.2.1. Çeki Kuvveti Ölçümü.....	65
3.2.2.2. İlerleme Hızı ve Patinaj Ölçümleri.....	66
3.2.2.3. Çeki Gücünün Belirlenmesi.....	68
3.2.2.4. Yakıt Tüketimi Ölçümü.....	68
3.2.2.5. Özgül Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi.....	69
3.2.2.6. Traktör Genel Veriminin Belirlenmesi.....	69
3.2.2.7. Beton Zemin Denemeleri İçin İstatistiksel Analiz.....	69
3.2.3. Radyal ve Ek lastik Maliyetinin Geri Kazanım Periyodunun Belirlenmesi.....	70
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	75
4.1. Tarla Denemeleri.....	75
4.1.1. Traktör İlerleme Hızı ve Tarla Kapasitesi.....	75
4.1.2. Çeki Kuvveti.....	77

4.1.3. Çeki Gücü.....	80
4.1.4. Yakıt Tüketimi.....	81
4.1.5. Deneme Faktörleri ve Traktör Verimi.....	82
4.1.5.1. Deneme Faktörlerinin Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri	83
4.1.5.2. Deneme Faktörlerinin Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkileri	88
4.1.5.3. Deneme Faktörlerinin Patinaj Üzerindeki Etkileri.....	93
4.1.6. Genel Değerlendirme.....	97
4.2. Beton Zemin Denemeleri.....	102
4.2.1. Deneme Faktörleri ve Traktör Çeki Verimi.....	102
4.2.1.1. Deneme Faktörlerinin Maks. Çeki Kuvveti Üzerindeki Etkileri...	103
4.2.1.2. Deneme Faktörlerinin Maksimum Çeki Gücü Üzerindeki Etkileri.....	106
4.2.1.3. Deneme Faktörlerinin Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri	110
4.2.1.4. Deneme Faktörlerinin Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkileri	114
4.2.2. Genel Değerlendirme.....	117
4.3. Ek Maliyet Geri-Kazanım Analizi Sonuçları.....	120
5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER.....	125
KAYNAKLAR.....	131
ÖZGEÇMİŞ.....	139
EKLER.....	140

ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 1.1.	Traktör motor gücü kayıp oranları ve çeki gücü dönüşüm oranı.....	2
Şekil 1.2.	Traktör tarafından tüketilen yakıtın dağılım oranları.....	2
Şekil 1.3.	Paletli traktör.....	5
Şekil 1.4.	Çelik tekerlekli traktör.....	6
Şekil 1.5.	Lastik tekerlek ve bölümleri.....	7
Şekil 1.6.	Radyal ve Diagonal lastik yapıları.....	8
Şekil 1.7.	Aynı boyutlardaki radyal ve diagonal lastiklerin toprak ile temas alanları.....	9
Şekil 1.8.	Radyal lastik üzerinde bulunan ölçü ve işaretler.....	11
Şekil 1.9.	Traktör çeki tekerlekleri için lastik tırnak tipleri.....	13
Şekil 1.10.	Çeki etkinliğinin patinaja bağlı değişimi.....	14
Şekil 1.11.	Çeki etkinliği artırıcı yardımcı organlar.....	15
Şekil 1.12.	Traktörlerde ağırlık kullanımı.....	16
Şekil 3.1.	Deneme arazileri.....	41
Şekil 3.2.	Toprak penetrasyon direnci değerlerinin toprak profil derinliği ile değişimi.....	42
Şekil 3.3.	Ek lastikli New Holland 80-66 Traktörü.....	44
Şekil 3.4.	Üç gövdeli döner kulaklı pulluk.....	45
Şekil 3.5.	Ek lastik tekerlek bağlantı elemanları.....	47
Şekil 3.6.	Ek lastik tekerlek bağlantı elemanına ait boyutlar (mm).....	47
Şekil 3.7.	Beton Zemin deneme alanı.....	48
Şekil 3.8.	Traktöre bağlı test aracı.....	50
Şekil 3.9.	Toprak penetrometresi.....	51

Şekil 3.10.	Tarla denemelerinde bir parsel üzerindeki 3 faktörlü deneme deseni	53
Şekil 3.11.	Kuvvet ölçme pimi boyutları, mm.....	55
Şekil 3.12.	Kuvvet ölçme pimi.....	55
Şekil 3.13.	Kuvvet ölçüm pimleri ve bağlantı çatısı üzerindeki yerleşimleri.....	56
Şekil 3.14.	Bilgisayar.....	57
Şekil 3.15.	Manyetik algılayıcı.....	58
Şekil 3.16.	Traktör yakıt tüketimi ölçümlerinde (tarla koşullarında) kullanılan akışmetre.....	60
Şekil 3.17.	Beton zemin deneme pisti.....	64
Şekil 3.18.	Çeki dinamometresi.....	65
Şekil 3.19.	Ölçümlerle ilgili tüm kontrollerin ve değer okumalarının yapıldığı ön bölüm.....	66
Şekil 3.20.	Kuyruk mili devri ölçüm sistemi.....	67
Şekil 3.21.	Yakıt deposu ve optik algılayıcılı akışmetre.....	68
Şekil 3.22.	Traktör yakıt sistemine bağlantı sağlayan yakıt iletim boruları	68
Şekil 4.1.	Traktör ilerleme hızının faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi	75
Şekil 4.2.	Çeki kuvvetinin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi.....	77
Şekil 4.3.	Nem içeriğine bağlı özgül toprak direnci değişim eğrileri.....	78
Şekil 4.4.	Çeki gücünün faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi.....	80
Şekil 4.5.	Traktör yakıt tüketiminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi	82
Şekil 4.6.	Kili deneme alanında ölçülen özgül yakıt tüketimi değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	85
Şekil 4.7.	Kumlu-tınlı deneme alanında ölçülen özgül yakıt tüketimi değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	86

Şekil 4.8.	Özgöl yakıt tüketiminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi.....	88
Şekil 4.9.	Killi deneme alanında ölçülen genel verim değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	90
Şekil 4.10.	Kumlu-tınlı deneme alanında ölçülen genel verim değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	91
Şekil 4.11.	Traktör genel veriminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi.....	92
Şekil 4.12.	Killi deneme alanında ölçülen patinaj değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	95
Şekil 4.13.	Kumlu-tınlı deneme alanında ölçülen patinaj değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	95
Şekil 4.14.	Patinaj değerlerinin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi.....	97
Şekil 4.15.	Killi tekstüre sahip anızlı deneme alanında, faktör kombinasyonlarına bağlı traktör genel verimi, patinaj ve özgöl yakıt tüketimi arasındaki değişimler.....	98
Şekil 4.16.	Kumlu-tınlı tekstüre sahip anızlı deneme alanında, faktör kombinasyonlarına bağlı traktör genel verimi, patinaj ve özgöl yakıt tüketimi arasındaki değişimler.....	98
Şekil 4.17.	Beton zeminde ölçülen maksimum çeki kuvveti değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	104
Şekil 4.18.	Maksimum çeki kuvvetinin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi	105
Şekil 4.19.	Beton zeminde ölçülen maksimum çeki gücü değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	107
Şekil 4.20.	Maksimum çeki gücünün faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi.....	109
Şekil 4.21.	Beton zeminde ölçülen özgöl yakıt tüketimi değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	111

Şekil 4.22.	Traktör yakıt tüketiminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi.....	112
Şekil 4.23.	Özgül yakıt tüketiminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi.....	113
Şekil 4.24.	Beton zeminde ölçülen genel verim değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.....	115
Şekil 4.25.	Traktör genel veriminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi.....	117
Şekil 4.26.	Beton zeminde, faktör kombinasyonlarına bağlı traktör genel verimi, maks. çeki kuvveti, maks. çeki gücü ve özgül yakıt tüketimi değişim eğrileri.....	118
Şekil 4.27.	Traktör yıllık kullanım süresine bağlı geri kazanım periyodu değişimi.....	121
Şekil 4.28.	Traktör yıllık kullanım süresine bağlı ilk yıl net tasarruf değişimi.....	122

ÇİZELGELER DİZİNİ	SAYFA
Çizelge 1.1. Lastik Tipleri İçin Standart Kodlar.....	12
Çizelge 3.1. Deneme Alanlarına Ait hacimsel Kütle ve Nem İçeriği Değerleri.....	42
Çizelge 3.2. Ortalama Günlük Sıcaklık ve Bağlı Nem Değerleri.....	44
Çizelge 3.3. Tarla Denemelerinde Kullanılan New Holland 80-66 Traktörüne Ait Bazı Teknik Özellikler.....	45
Çizelge 3.4. Döner Kulaklı Pulluğa Ait Bazı Teknik Özellikler.....	46
Çizelge 3.5. Denemelerde Kullanılan Lastiklerin Tip ve Ölçüleri.....	46
Çizelge 3.6. Ortalama Günlük Sıcaklık ve Bağlı Nem Değerleri.....	48
Çizelge 3.7. Beton Zemin Denemelerinde Kullanılan New Holland 80-66 Traktörüne Ait Bazı Teknik Özellikler.....	49
Çizelge 3.8. Kuvvet Ölçüm Pimine Ait Bazı Teknik Özellikler.....	55
Çizelge 3.9. A/D – D/I Dönüştürücüye Ait Bazı Teknik Özellikler.....	57
Çizelge 3.10. Manyetik Algılayıcıya Ait Bazı Teknik Özellikler.....	58
Çizelge 4.1. Seçilen Vites Kademeleri İçin İlerleme Hızı, patinaj ve Tarla Kapasitesi Değerleri.....	76
Çizelge 4.2. Özgül Toprak Direnci ve Çeki Direnci Katsayıları.....	79
Çizelge 4.3. İşaret ve Kısaltmalar.....	83
Çizelge 4.4. İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri	84
Çizelge 4.5. Faktörler ve Etkileşimlerinin Killi Deneme Alanında Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.....	84
Çizelge 4.6. Faktörler ve Etkileşimlerinin Kumlu-tınlı Deneme Alanında Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.....	85

Çizelge 4.7.	İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkileri.....	89
Çizelge 4.8.	Faktörler ve Etkileşimlerinin Killi Deneme Alanında Genel Verim Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.....	89
Çizelge 4.9.	Faktörler ve Etkileşimlerinin Kumlu-tınlı Deneme Alanında Genel Verim Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.....	90
Çizelge 4.10.	Çizelge 4.7. İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Patinaj Üzerindeki Etkileri.....	93
Çizelge 4.11.	Faktörler ve Etkileşimlerinin Killi Deneme Alanında Patinaj Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.....	94
Çizelge 4.12.	Faktörler ve Etkileşimlerinin Kumlu-tınlı Deneme Alanında Patinaj Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.....	94
Çizelge 4.13.	İşaret ve Kısaltmalar.....	103
Çizelge 4.14.	İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Maksimum Çeki Kuvveti Üzerindeki Etkileri.....	103
Çizelge 4.15.	Faktörler ve Etkileşimlerinin Beton Zeminde Maksimum Çeki Kuvveti Üzerindeki Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.....	104
Çizelge 4.16.	İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Maksimum Çeki Gücü Üzerindeki Etkileri.....	106
Çizelge 4.17.	Faktörler ve Etkileşimlerinin Beton Zeminde Maksimum Çeki Gücü Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.....	107
Çizelge 4.18.	İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri.....	110
Çizelge 4.19.	Faktörler ve Etkileşimlerinin Beton Zeminde Özgül Yakıt Tüketimi Üzerind. Etkilerini Göst. Varyans Analizi Tablosu..	110

Çizelge 4.20. İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkileri.....	114
Çizelge 4.21. Faktörler ve Etkileşimlerinin Beton Zeminde Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.....	115
Çizelge 4.22. 4R ve 6R Lastik Kullanımı için geri-kazanım periyotları ve ilk yıl oluşan net tasarruf miktarları.....	121

ÖZ

DOKTORA TEZİ

DEĞİŞİK LASTİK VE TEKERLEK DÜZENLEMELERİNİN TRAKTÖR ÇEKİ VERİMİNE ETKİLERİ ÜZERİNDE BİR ARAŞTIRMA

Sarp Korkut SÜMER

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Alaettin SABANCI
Yıl: 2004, Sayfa: 162
Jüri : Prof. Dr. Alaettin SABANCI
: Prof. Dr. İ. Kurtuluş TUNÇER
: Prof. Dr. Faruk ÖZGÜVEN
: Prof. Dr. Alim IŞIK
: Doç. Dr. Rızvan EROL

Bu çalışmada, iki farklı yapıda (diagonal ve radyal) lastik tekerlek ve farklı düzenlemelerinin (ek ağırlıklı-ek lastik tekerlekli), traktör verimi üzerindeki etkileri, deneysel yöntemlerle elde edilen veriler yardımıyla incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Denemeler, Buğday anızı ile örtülü farklı tekstürlerde (killi, Kumlu-tınlı) iki tarla ve beton zemin üzerinde yürütülmüştür. Tarla denemeleri, traktörün özgül yakıt tüketimi, genel verimi ve patinaj değerleri üzerinde etkili olacağı düşünülen 3 faktör (vites kademesi, lastik yapısı, lastik tekerlek düzenlemeleri) dikkate alınarak yürütülmüştür. Beton zemin denemelerinde ise, bu üç faktörün, sabit patinaj değerinde (%15), traktör özgül yakıt tüketimi, maksimum çeki kuvveti, maksimum çeki gücü ve traktör genel verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Denemelerde çift çeker New Holland 80-66 traktörü kullanılmıştır. Traktör, tarla denemelerinde üç gövdeli döner kulaklı pulluk ile yüklenmiştir. Beton zemin üzerindeki denemelerde ise, traktörün yüklenmesinde, traktör çeki test aracı kullanılmıştır. Denemelerde ele alınan faktörlerin gerek ayrı gerekse oluşturdukları etkileşimlerle; traktör performansı üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemini ortaya koyan varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi, çalışmaların yürütüldüğü deneme alanları için ayrı ayrı yapılmış ve sonuçlar değerlendirilmiştir. Ayrıca, deneysel çalışmalarda en iyi sonucu veren radyal ve ek lastik tekerlek uygulamalarının sağladıkları avantajların oluşturdukları ek maliyetleri dengelemesinin bir ifadesi olan geri kazanım periyotları (baş baş noktası), farklı traktör yıllık kullanım süreleri için belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre; en yüksek çalışma verimi, beton ve anızlı zeminler için, *radyal lastik-ek lastik tekerlek*-çalışmada seçilen en yüksek vites kademesi (yaklaşık 6 km/h) kombinasyonu için elde edilmiştir. Çalışmada incelenen faktörlerin etkileri birbirlerinden bağımsız olarak değerlendirildiğinde, yakıt ve zaman tasarrufları açısından en iyi sonuçlar ek lastik tekerlek uygulamalarında elde edilmiştir. Bu nedenle, ek lastik uygulamasının oluşturduğu ek maliyetlerin diagonal lastik yerine radyal lastik kullanımı ile oluşan ek maliyetlere kıyasla daha fazla olmasına rağmen, geri kazanımlarının daha kısa sürelerde gerçekleştiği saptanmıştır.

Anahtar kelimeler: Lastik tekerlek düzenlemeleri, radyal ve diagonal lastik, Traktör verimi.

ABSTRACT

PhD THESIS

A RESEARCH ON DETERMINING OF THE EFFECTS OF THE TIRE TYPES AND THEIR DIFFERENT ARRANGEMENTS ON TRACTOR TRACTION PERFORMANCE

Sarp Korkut SÜMER

DEPARTMENT OF AGRICULTURAL MACHINERY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
UNIVERSITY OF CUKUROVA

Supervisor : Prof. Dr. Alaettin SABANCI
Yıl: 2004, Sayfa: 162
Jury : Prof. Dr. Alaettin SABANCI
: Prof. Dr. İ. Kurtuluş TUNÇER
: Prof. Dr. Faruk ÖZGÜVEN
: Prof. Dr. Alim IŞIK
: Assoc. Prof. Dr. Rızvan EROL

In this study, the effects of radial-ply, diagonal-ply tires and singles-duals applications on the rear axle on tractor's performance were examined and evaluated by experimental data. The experiments were conducted on two field types, namely clay, sandy-loam, covered with stubble and concrete surface. In the field experiments, effects of three factors (Gear levels, bias-radial ply tire and singles-duals tire arrangements on the rear axle) on the specific fuel consumption, overall efficiency and slip were examined, while in the concrete experiments, effects of these factors on max drawbar pull max tractive power, specific fuel consumption and overall efficiency at 15 percent slip were examined. The tractor (New Holland 80-66 FWA), which was used on experiments, was loaded with a three-furrow half-turn plough in the field experiments. For loading of tractor on concrete surface, the test vehicle was used. Variance analysis and Duncan tests were performed and evaluated to determine statistical importance of effects on performance of the factors and their interactions. Besides, the payback periods, those are an expression of whether the advantages of best applications in terms of tractor's performance will offset the additions in cost, were determined for different annual hours of tractor use.

In summary, the best results in this study were obtained in the interaction of *radial-duals-highest ground speed (approximately 6 km/h) chosen in study* on the wheat stubble and concrete surfaces. The best results in terms of fuel and time savings were obtained in duals applications. Therefore, although the additional costs of duals were more than those of radial-ply tire use instead of bias-ply tire, it was found that the payback periods for duals arrangements were shorter than those of radial-ply use.

Keywords: Tire configuration, Radial and bias-ply tires, tractor performance.

1. GİRİŞ

1.1. Genel

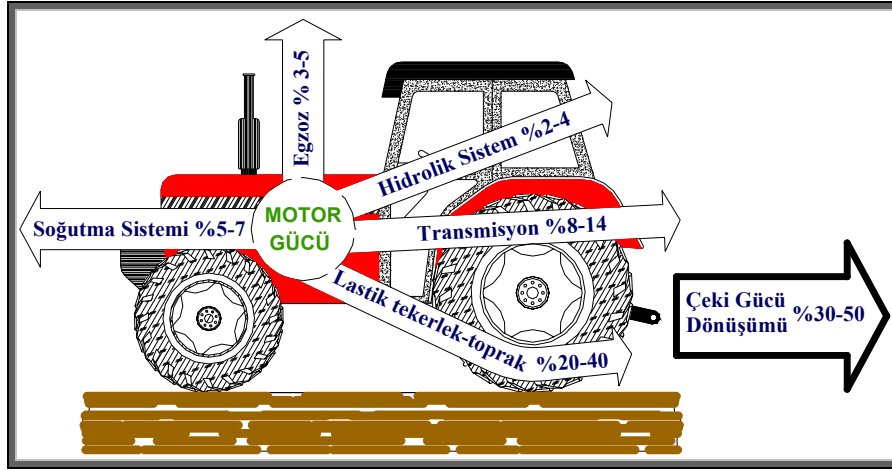
Tarımsal mekanizasyon araçları, kuvvet ve iş makineleri olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Kuvvet makinesi olarak traktör, tarımsal mekanizasyon araçları arasında en önemli konuma sahiptir. Çünkü teknik gelişime bağlı olarak günümüzde traktör, sadece bir çeki aracı olmaktan çıkmış, pek çok işe uyum sağlayabilen bir makine haline gelmiştir (Sabancı, 1997).

Traktör motorunda geliştirilen güç; tarım makinelerine kuyruk mili, hidrolik sistem ya da çeki elemanları ile iletebilmektedir. Bir kuvvet makinesi olarak traktörden iş makinelerine hareketin çeki kuvveti şeklinde iletimi, üç nokta bağlantı düzeni ve çeki demiri ile yapılmaktadır. Motor gücü bu organlarda, tekerlek ve diğer yürüme organları tarafından çeki kuvvetine dönüştürülür. Yürüme organları bunun dışında, traktörün ve traktöre bağlı makinelerin ağırlığını taşımak, traktörle yol arasında sönümlemeyi sağlamak, toprakta iyi bir tutunma ile etkin dümenleme sağlamak gibi işlevleri de yerine getirmektedir (Barger ve ark., 1963; Hassan ve ark., 1987).

Tarım işletmelerinde traktör, çoğunlukla çeki kuvveti gerektiren makineler için kuvvet kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu nedenle, traktör motorunda geliştirilen gücün, iş makinelerine çeki kuvveti olarak aktarılmasında iletim veriminin yüksek olması gereklidir (Erickson ve Larsen, 1983; Witney, 1988).

Traktör gücünün yeterli oranda çeki kuvvetine dönüştürülememesi durumunda; traktör ile birlikte kullanılan tarım makinelerine yeterli çeki kuvvetinin sağlanabilmesi için daha fazla güç ve enerjiye ihtiyaç duyulacaktır. Bu ise, traktörün yapılan işlerde ekonomik olarak kullanılamamasına neden olacaktır (Srivastava ve ark., 1993, Burt ve ark, 1980b).

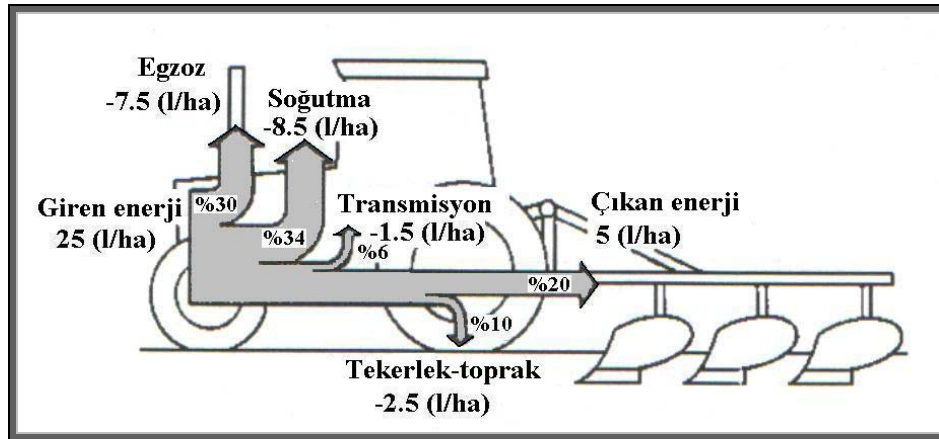
Traktör motorunda geliştirilen gücün tamamının çeki gücüne dönüşümü mümkün değildir. Bu güç, traktör tarafından çekilen tarım-iş makineleri için gerekli olan çeki gücüne dönüşüm sürecinde çeşitli kayıplara uğramaktadır. Şekil 1.1’de bir traktör üzerinde motor gücü kayıpları ve çeki gücüne dönüşüm oranı verilmiştir.



Şekil 1.1. Traktör motor gücü kayıp oranları ve çeki gücü dönüşüm oranı (Mowitz ve Finck, 1987)

Şekilde görüldüğü gibi, tek çeker traktörün motorunda geliştirilen güçteki en fazla kayıp, %20-40 arasında değişen oranlarda tekerlek ile toprak arasında oluşmaktadır. Diğer bir ifade ile, motor gücünün çeki gücüne dönüşümü büyük ölçüde, tekerlek ile toprak arasındaki ilişkilere ve özelliklerine bağlı olarak değişmektedir.

Bir traktörün birim alanda çalıştırılması durumunda, motorunda tüketilen yakıtın (enerjinin), sistem içerisinde kayıp oranları ve miktarları, farklı bir yaklaşımla Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.2. Traktör tarafından tüketilen yakıtın dağılım oranları (Keçecioglu ve Gülsoylu, 2003)

İki şekil üzerinde verilen dağılım oranlarındaki farklılık yanıltıcı olabilir. Fakat, ilk şekilde yakıtın yakılması sonrasında motor volanında elde edilen gücün dağılımı, ikinci şekilde ise yakıt enerjisinin dağılımı ifade edilmektedir.

Şekil 1.2'ye göre, 1 ha alan için tüketilen 25 L yakıt miktarının 5 L'si traktöre bağlı makine için kullanılabilir. Yakıt tüketimi ve motor gücü dağılımlarını özetleyen her iki şekilde de, yaklaşımlar farklı olsa da, kullanılabilir enerji miktarı önemli oranlarda azalmaktadır. Çeki gücü ya da çıkış enerjisindeki azalmaların, özellikle tekerlek-çalışma zemini arası ilişkilere bağlı olarak değiştiği açıktır. Bu nedenle, farklı işletme koşullarında, gerekli traktör çeki veriminin sağlanabilmesi için, bu ilişki ve özelliklerin bilinmesi ve çalışma koşullarına uygun yürüme organı seçiminde kullanıcıyı yönlendirici bilgilerin, yapılacak çalışmalarla artırılması ve kullanıcıya ulaştırılması gerekmektedir.

Bir tarım traktörünün, toprak özelliklerine (kesme, gerilme vb) dayalı, tarla çeki veriminin tahmini, araştırmacılar tarafından ilgi gören bir yöntemdir. Bu ilgi, traktör boyutları ve gücünün geçen on yılı aşkın süredir sürekli olarak artışı ile büyümektedir. Analitik, yarı deneysel, deneysel vb. bir kaç yöntem ya da yaklaşım, toprak özellikleri ve çeki verimi ilişkilerinin belirlenmesi için önerilmektedir. Buna karşın en çok kullanılan yöntem, deneysel yöntemdir (Taylor ve ark., 1995).

Türkiye'de 70 kW ve üzerinde güce sahip traktörlerin ekonomik park içindeki payı yaklaşık %1, 60-69 kW arasında güçlere sahip traktörlerin ise payı yaklaşık %3'dür (Sümer ve ark., 2003). Türkiye'de büyük arazilere sahip tarım işletmelerinin az sayıda olması (Sabancı, 1997) ve özellikle işletme sahiplerinin alım güçlerinin zayıf olması, büyük güçlü traktörlerin bu denli az olmasının en önemli nedenleri olarak gösterilebilir. Son yıllarda yaygınlaşan büyük iş genişliğine sahip anıza ekim ve kombine toprak işleme vb. makinaların kullanımı için mevcut traktörler yeterli çeki performansını sağlayamayabilmektedir. Bu durum, genellikle yanlış mekanizasyon uygulamalarına neden olmaktadır. Diğer bir yanlış uygulama ise, gelişmiş ülkelerde traktör ve diğer tarım araçlarında kullanılan radyal lastiklerin ülkemizde üretilen traktörlerde kullanımının sadece 1 ya da 2 model ile sınırlı kalmasıdır. Sayılan olumsuzluklar dikkate alınarak, bu çalışmada;

Türkiye’de büyük güçlü traktör olarak en yaygın kullanılan 63 kW gücündeki traktörlerde arka aks üzerinde çift lastik uygulamasının ve bu güçteki traktörlerde kullanılan diagonal lastikler yerine radyal lastik tekerleklerin kullanımının, buğday anızı ile örtülü zemin ve homojen bir kıyaslama yüzeyi olan beton zemin üzerinde, traktör çeki verimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Bu amaçla; belirtilen çalışma zeminlerinde farklı lastik tekerlek ve düzenlemelerinin traktör çeki verimi üzerindeki etkileri, deneysel yöntemler uygulanarak elde edilen veriler yardımıyla incelenmiştir.

Benzer amaçlar üzerine çalışmalar yapan diğer araştırmacılar, yürüme organı ile ilgili farklı uygulamalar için traktör verimini, genellikle çeki etkinliği (çeki gücü/aks gücü) ve dinamik çeki oranı (çeki kuvveti/dinamik aks yükü) ile değerlendirmektedirler. Bu çalışmada farklı olarak, traktör çalışma veriminin değerlendirilmesinde, motorda elde edilen gücün çeki gücüne dönüşüm oranının temel alındığı traktör genel verimi, özgül yakıt tüketimi, maksimum çeki gücü, maksimum çeki kuvveti ve patinaj değerleri dikkate alınmıştır.

1.2. Traktör Yürüme Organları

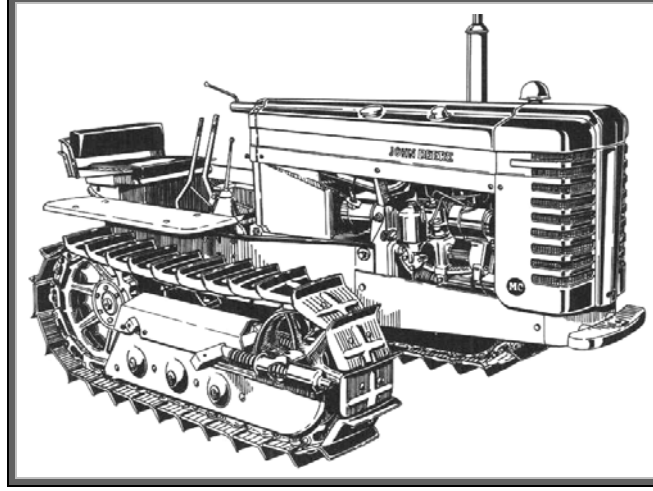
Traktörlerde yürüme organı olarak, çelik tekerlekler, paletler ve lastik tekerlekler kullanılmaktadır. Bu üç farklı yürüme organı geçmişte birbirlerine alternatif olarak kullanılmış fakat günümüzde, çelik tekerlekler ve paletlerin kullanımı minimuma inmiş, bu yürüme organlarının kullanıldığı alanlarda da lastik tekerlek kullanımı yaygınlaşmıştır (Musonda ve ark, 1989; Monroe ve ark., 1990).

1.2.1. Paletler

Paletli traktörler, lastik tekerlekli traktörlerin yetersiz çeki kuvveti, patinaj ve toprak sıkışması gibi olumsuz özelliklerinin giderilmesi amacıyla tekerlekli traktörlere bir alternatif olarak değil, onların kullanılmadığı (çamurlu, taşlı ve gevşek yapılı topraklar) yerlerde kullanılmak üzere geliştirilmiş traktörlerdir (Kurtay, 1981).

Paletli traktörlerin (Şekil 1.3) toprakta tutunma yüzeyleri büyük ve özgül toprak basınçları düşüktür ($3-5 \text{ N/cm}^2$, bu değer lastik tekerleklerde $10-15$

N/cm²'dir). Dengeli çalışma ve kısa dönüş olanaklarının yanında satın alma bedelleri ve tamir bakım masrafları yüksektir.



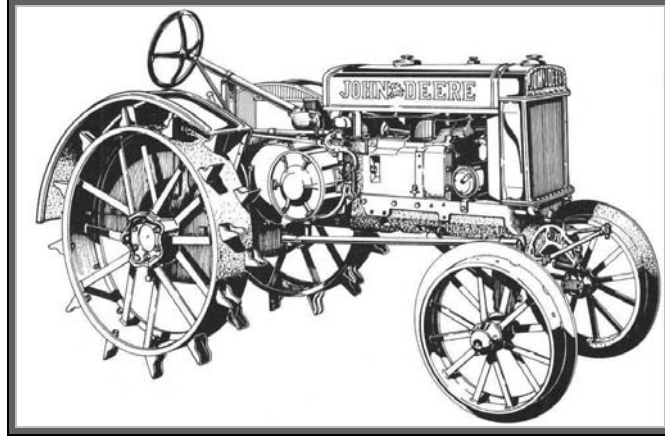
Şekil 1.3. Paletli traktör (Anonymous, 1994a)

Lastik tekerlekli traktörler, ağırlıklarının %30-40'ını çeki kuvvetine dönüştürürken, paletli traktörler ağırlıkları kadar çeki kuvveti geliştirebilmektedirler.

Paletli traktörlerde güç ve boyut büyüdükçe, traktörün geliştirebileceği kuvvet artmaktadır. Ancak, tarımsal işletmelerde toprak işleme dışında bu tip traktörlerin kullanımının; karın altı yüksekliğinin düşük olması ve iz genişliğinin ayarlanamaması gibi, özellikle sıra bitkileri için uygun olmayan özellikleri nedeniyle, başarılı olmayacağı ortadadır. Bunun yerine, orta güçlü, lastik tekerlekli traktörlerin kullanımı tercih edilmektedir (Sabancı ve Akıncı, 1990). Paletli traktörler, satın alma ve tamir bakım maliyetlerinin yüksek olmasına rağmen lastik tekerleklerin kullanılmadığı yüksek nem içeriğine sahip taşlı arazilerde tercih edilebilmektedir (Fred ve ark., 1980; Esch ve ark., 1990).

1.2.2. Çelik Tekerlekler

Çelik tekerlekler, traktörlerde uzun yıllar çeki organı olarak kullanılmıştır. Daha sonra bu tekerleklerin yerini, düşük basınçlı lastik tekerlekler almıştır (Fred ve ark., 1980). Şekil 1.4'de çelik tekerlekli bir traktör görülmektedir.



Şekil 1.4. Çelik tekerlekli traktör (Anonymous, 1994a).

Şekilde görüldüğü gibi, kuvvet tekerleği üzerinde çeki kuvveti artışı için çelik tırnaklar, yönlendirme tekerleği üzerinde ise etkin bir yönlendirme için bir çelik bant vardır. Bir lastik tekerlekli ile çelik tekerlekli traktör arasındaki farklar aşağıda verilmiştir;

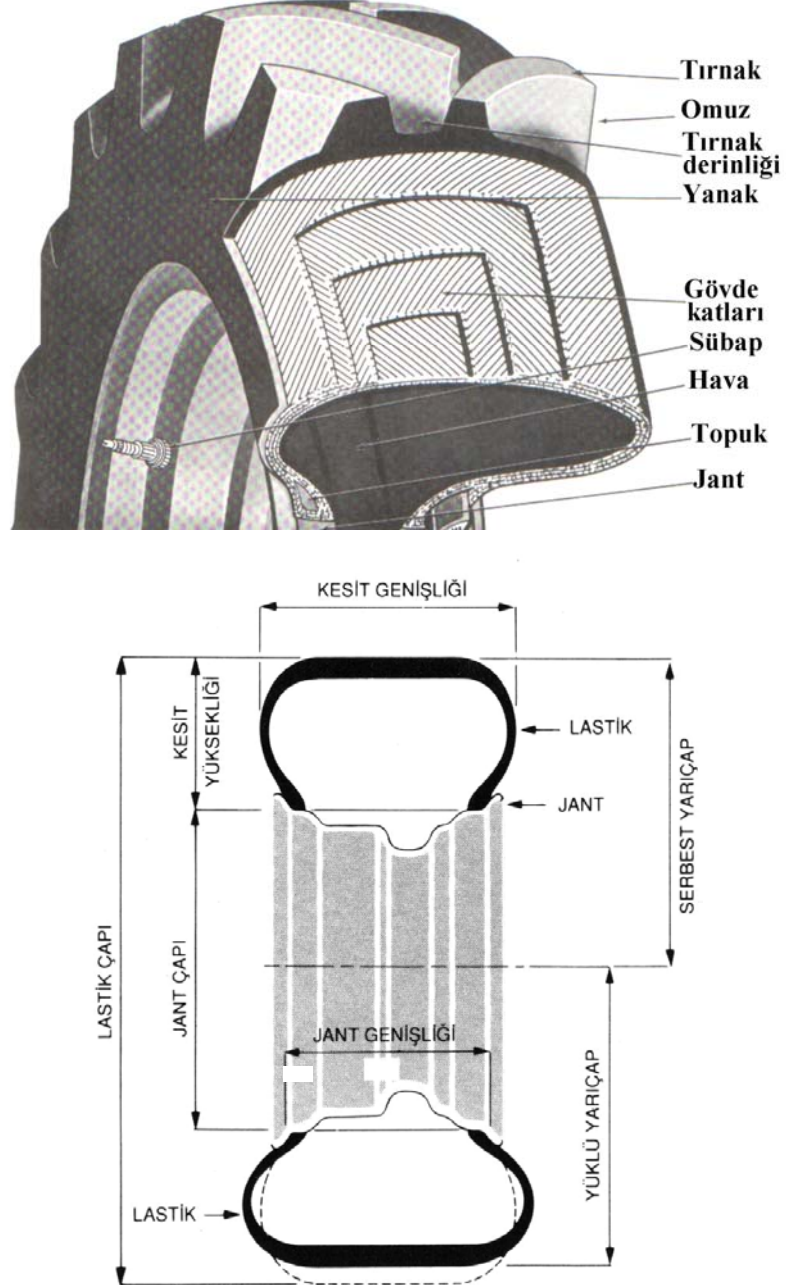
- Lastik tekerlekli bir traktör, çelik tekerlekli traktöre göre daha düşük yuvarlanma direnci ile karşılaşmaktadır.
- Uygun koşullar altında lastik tekerlekli traktörler, çelik tekerleklerle kıyasla motor gücünü çeki gücüne dönüştürmede daha başarılıdır.
- Çelik tekerlekler düşük viteslerde ve düşük hızlarda, lastik tekerleklerle göre daha büyük çeki kuvveti geliştirebilirler.

Görüldüğü gibi, lastik tekerlekli traktörler çelik tekerlekli traktörlere kıyasla daha iyi çeki özelliklerine sahiptir. Ancak, çeltik alanlarında sık olarak karşılaşılan yüksek patinaj nedeniyle, bazı üreticiler tarafından hala çelik tekerlekli traktörler kullanılabilmektedir (Fred ve ark., 1980; Bashford ve Kocher, 1999).

1.2.3. Lastik Tekerlekler

Traktör yürüme organları arasında lastik tekerlekler, paletler ve çelik tekerleklerle kıyasla daha fazla olumlu özelliklere sahiptir. Bu nedenle, dünyada ve ülkemiz tarım koşullarında lastik tekerlekli traktörler tercih edilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

Lastik tekerlekler; iç lastikli ve iç lastiksiz (tubeless) olmak üzere iki farklı yapıda üretilmektedir. İç lastik hava ile doludur ve belirli bir hava basıncına dayanıklıdır (Okello ve ark., 1994). Traktörlerde iç lastikli lastik tekerlekler kullanılmaktadır. Bir dış lastiğin bölümleri Şekil 1.5’de görülmektedir.

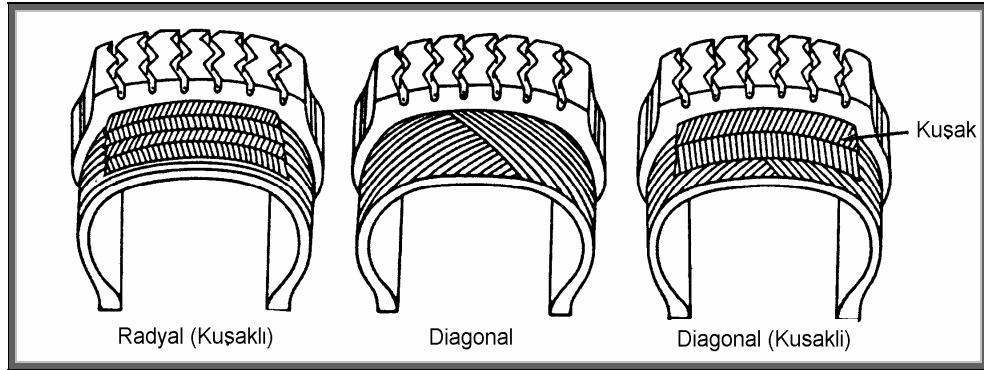


Şekil 1.5. Lastik tekerlek ve bölümleri (Goering, 1989; Anonymous, 2001)

Lastiğin dayanımı, lastik içindeki kat sayısına ve malzemesine bağlıdır. Tarım traktörleri lastiklerinde kat sayısı, 4-8 arasında değişirken, bu sayı diğer yol dışı makinalarda 20'ye kadar çıkabilmektedir (Sabancı, 1997; Mcdonald ve ark., 1993).

Lastik dayanım katları; ilk lastiklerin tümünde, lastik topukları arasında çapraz (diagonal) olarak düzenlenmiştir. 1957 yılında Pirelli lastik fabrikası tarafından, diagonal lastik tekerlek yapısından farklı olarak, dayanım katlarının düzenlenmesi ile ilgili değişimler yapılarak yeni bir lastik tipi geliştirilmiştir. Geliştirildiği ilk yıllarda, taban ve lastik dayanım katları arasına yerleştirilen kuşaklar nedeniyle, kuşaklı lastik olarak ifade edilmiş, fakat bu ifade, dayanım katlarının yapısı gereği kısa sürede “radyal” lastik (eksenel katlı) olarak değişmiştir.

Kuşaklar, lastik tabanının sertliğini artırarak özellikle yol dışı çalışmalarda darbelere karşı lastik katlarını korumaktadır. İlk olarak radyal lastiklerde uygulanan kuşaklı yapı, daha sonra diagonal lastiklerde de uygulanmıştır (Goering, 1989). Diagonal ve radyal katlı lastik yapıları Şekil 1.6’da verilmiştir.

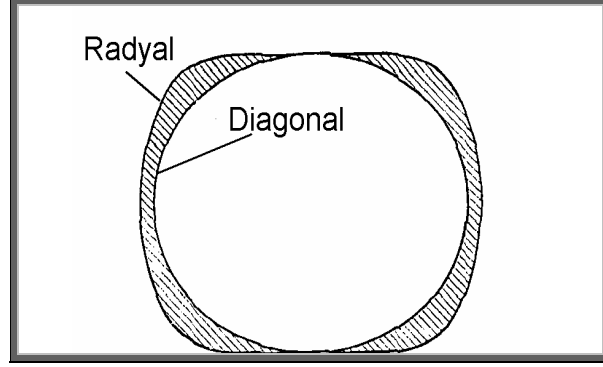


Şekil 1.6. Radyal ve Diagonal lastik yapıları (Goering, 1989).

Radyal (eksenel) katlı lastiklerin yapısı, diagonal (çapraz) kemerli lastiklerin yapısına benzemekle birlikte, lastik dayanım katları lastik topuklarına dik olarak düzenlenmiştir (Goering, 1989; Burt ve ark, 1979).

Radyal lastikler, çapraz katlı lastiklerin çalıştığı lastik basıncından daha düşük basınçlarda çalışabilirler ve lastik kenarlarında çapraz katlı lastiklere kıyasla daha fazla şişkinlik oluşur. Bu durumda, radyal lastikler ile daha büyük toprak temas yüzeyi sağlanabilir (Şekil 1.7). Ayrıca radyal lastikler diagonal lastiklere kıyasla,

aynı çalışma koşulları altında %25-40 arasında değişen oranlarda daha uzun ömürlüdür (Firisby, 1999).



Şekil 1.7. Aynı boyutlardaki radyal ve diagonal lastiklerin toprak ile temas alanları (Goering, 1989)

Radyal lastiklerin sözü edilen bu üstün özelliklerine karşılık, satın alma bedeli, diagonal lastiklere göre %10-25 arasında değişen oranlarda daha yüksektir (Mowitz ve Finck, 1987). Satın alma bedelindeki bu farklılık, ülkemizde %70-100 oranları arasında değişim göstermektedir (Sümer ve ark., 2004).

İlk lastiklerin tümünde çapraz kat kullanılmasına karşın, günümüzde gelişmiş ülkelerde radyal katlı lastiklerin traktörler ve diğer tarım araçları üzerindeki kullanımı daha yaygındır (Anonymous, 1991, Burt ve ark., 1983).

1.3. Lastik Ölçüleri ve Standart Kodlar

Lastik üzerindeki semboller, lastiğin sahip olduğu avantaj ve dezavantajları tanıtmaya yardımcı olduğu gibi lastikler arasında kıyaslamaların yapılabilmesini de sağlamaktadır.

Tarım lastikleri boyut ölçüleri, geçmiş yıllarda, sadece inç olarak ifade edilmekteydi. Fakat son yıllarda, radyal lastiklerde daha yaygın olmak üzere metrik ölçü birimleri de kullanılmaktadır. Günümüzde pek çok lastik tanımlama sembolleri kullanılmakta ve bu durum lastiklerin karşılaştırılmasını zorlaştırmaktadır. En yaygın olarak kullanılan dört form, aşağıda verilen örnek ve açıklamaları ile görülmektedir (Keçecioglu ve Gülsoylu, 2003);

18.4 / 15 - 34 AS TL 6 PR

Taşıma kabiliyeti sınırı
 İç lastiksiz (Tubless)
 Lastik tipi (AS=Tarım traktörü)
 jant çapı (inç)
 Diagonal lastik işareti
 Jant genişliği (inç)
 Lastik genişliği (inç)

II. Form

700 / 65 - 38

Jant çapı (inç)
 Diagonal lastik işareti
 Yanak yüksekliği/Lastik genişliği (%)
 Lastik genişliği (mm)

III. Form

480 / 70 R 38 - 145 A8

Hız sembolü (40 km/h)
Yük indeksi (2900 kg)
Şişirme basıncı işareti
jant çapı (inç)
Radyal lastik işareti
Yanak yüksekliği/Lastik genişliği (%)
Lastik genişliği (mm)

IV. Form

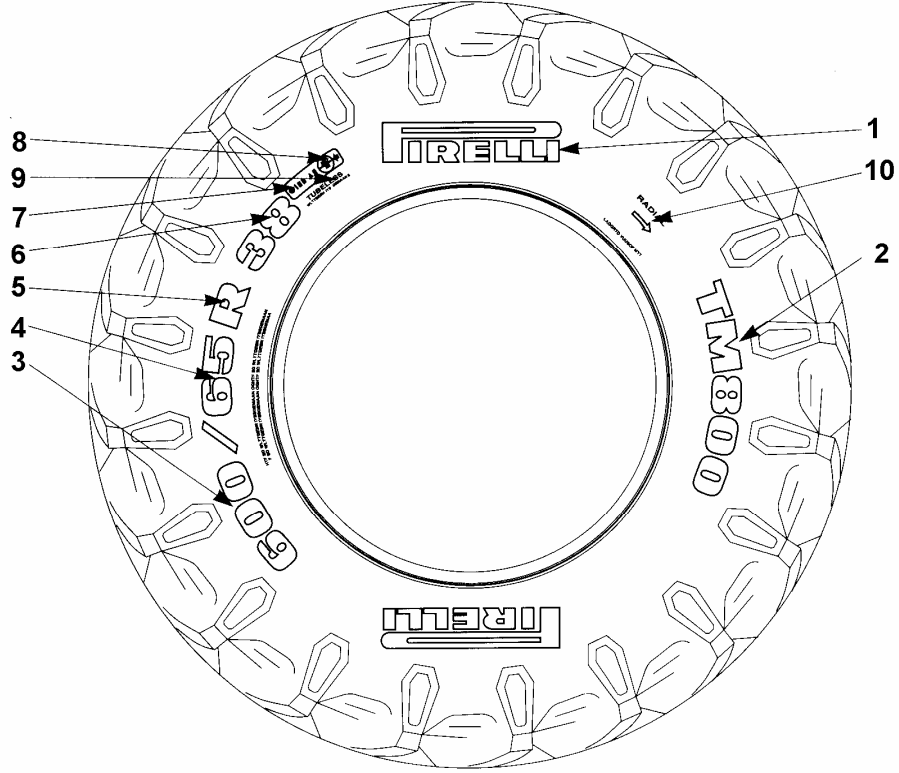
67 x 34 - 34

Jant çapı (inç)
 Diagonal lastik işareti
 Lastik genişliği (inç)
 Lastiğin dış çapı (inç)

Görüldüğü gibi, yaygın kullanılan formlarda genel olarak, benzer tanımlamalar farklı düzenlemeler ile ifade edilmektedir. Her bir formda, radyal ve diagonal tanımlama şekli aynıdır. Diğer bir ifade ile, herhangi bir formda, aynı ölçülere sahip bir radyal lastik tekerleğine ait gösterimde kısa çizgi (-) yerine (R) harfi kullanılmaktadır. (Srivastava ve ark., 1993).

Herhangi bir lastik, genel olarak iki önemli boyut ile ifade edilmektedir. Bunlar lastik genişliği ve jant çapıdır. Bazı lastiklerde ek olarak lastik yanak (kesit) yüksekliğinin taban genişliğine oranı da % olarak verilmektedir (Form II ve Form III). Bu oran normal kesitli lastiklerde %80-90, alçak kesitli lastiklerde ise %70 ve daha azdır (Keçecioğlu ve Gülsoylu, 2003).

Şekil 1.8’de, metrik olarak ölçülendirilmiş bir radyal lastiğin üzerinde bulunan rakam ve semboller görülmektedir.



**Şekil 1.8. Radyal lastik üzerinde bulunan ölçü ve işaretler
(Anonymous., 1999a)**

- 1- Üretici adı,
- 2- Ürün adı,
- 3- Lastik tabanı genişliği (mm),
- 4- Lastik yanak yüksekliğinin taban genişliğine oranı (%),
- 5- Radyal kat işareti (çapraz kat için, tire (-) işareti kullanılır),
- 6- Jant çapı (inç),
- 7- Yük kapasitesi numarası (157 için 4125 kg),
- 8- Hız sembolü, izin verilen yük kapasitesindeki maks. hız (A8 için 40 km/h),
- 9- Lastiğin iç lastiksiz olduğunu belirtir (tubeless),
- 10- Normal çalışma koşullarında, lastik dönüş yönünü gösteren işaret.

Traktör; pek çok farklı yapıdaki zemin üzerinde (anız, sert toprak, yumuşak toprak, beton vb.) çalıştırılabilen bir kuvvet kaynağı olduğundan, bir lastik üzerindeki tırnak açısı, yüksekliği, şekli ve sayısının, geliştirilen çeki kuvveti

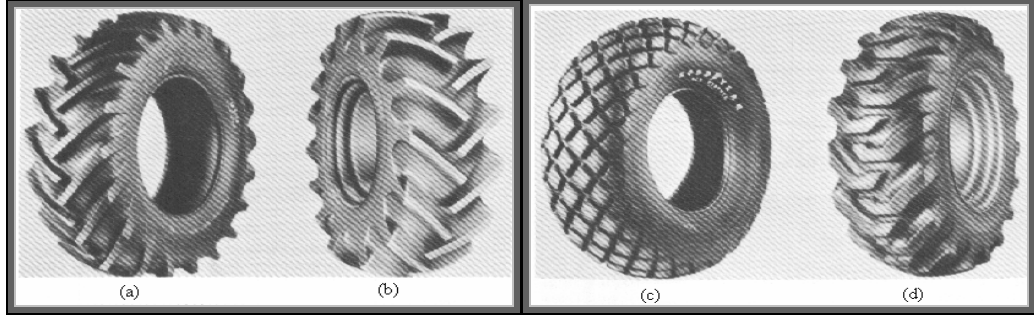
üzerindeki etkilerinin incelenmesi ve farklı çalışma koşulları için, farklı yapıda tırnak özelliklerine sahip lastik tekerleklerin üretilmesi gerekliliği, bu konu üzerine çok sayıda çalışma yapılmasına sebep olmuştur (Upadyaya, 1988). Yapılan çalışmalar sonunda, tüm dünyada kabul gören standart kodlar oluşturulmuştur. Lastik tipleri için sayılan özellikler ile ilgili standartlaştırılmış kodlar Çizelge 1.1’de verilmiştir.

Çizelge 1.1. Lastik Tipleri İçin Standart Kodlar (Goering, 1989).

Lastik tipi	Kod
YÖNLENDİRME LASTİKLERİ	
Özel çeltik tabanlı	F-1
Tek şeritli taban	F-2
Çift şeritli taban	F-2D
Üç şeritli taban	F-2T
Endüstriyel taban	F-3
ÇEKİ LASTİKLERİ	
Normal taban (Standart tip)	R-1
Şeker kamışı ve çeltik için derin taban	R-2
Dar, yönlendirilmez taban	R-3
Endüstriyel, orta taban	R-4
MAKİNA LASTİKLERİ	
Tırnaklı taban	I-1
Çeki tabanı	I-3
Pulluk sarhoş tekerleği	I-4
Düz taban	I-6
YOL DIŞI LASTİKLER	
Şeritli taban	E-1
Çeki tabanı	E-2
Sert taban	E-3
Sert derin taban	E-4
Orta sert taban	E-5
Maksimum sert taban	E-6
Palet	E-7

R-1 taban deseni, bazı özel koşullar dışındaki, tüm çalışma koşullarında en iyi tutunma ve bu sayede en iyi çeki gücü dönüşümünü sağlayan lastik taban desendir. Bu nedenle, standart tip olarak da adlandırılan R-1 kodlu çeki lastiği, özel amaçlı traktörler dışındaki lastik tekerlekli tarım traktörlerinin tümünde kullanılmaktadır (Ali ve Mckyes, 1978; Tan ve ark., 1994).

Şekil 1.9’da kodları verilmiş olan farklı tırnak şekline sahip çeki lastikleri görülmektedir (Fred ve ark., 1980).



Şekil 1.9. Traktör çeki tekerlekleri için lastik tırnak tipleri. a) *Standart tip çeki tabanı, R-1*; b) *Şeker kamışı ve çeltik tabanı, R-2*; c) *Endüstriyel dar taban, R-3*; d) *Endüstriyel orta taban, R-4* (Fred ve ark., 1980).

1.4. Lastik Basıncı

Uygun lastik basıncının seçimi, traktör lastikleri için oldukça önemlidir. Aşırı basınç, lastiğin dış etkilere karşı dayanımını azaltır ve lastik dayanım katlarının kırılmasına neden olabilir. Düşük basınç ise lastiğin aşırı ısınmasına ve ömrünün kışalmasına neden olur (Burt ve Bailey, 1982). Ayrıca, uygun olmayan lastik basıncında çalışılması, traktörün çeki verimini olumsuz yönde etkilemektedir. Tarımsal işletmelerde traktör üzerindeki lastik tekerlekler, genellikle lastiğe ait kullanım el kitabında önerilen basınç değerlerinde şişirilmelidir. Bu basınç değerleri, lastik boyutu, lastik üzerinde oluşabilecek maksimum yük, lastik dayanım katı sayısı ve çift lastik kullanımına bağlı olarak değişim göstermektedir. Fakat, bazı özel durumlarda (çalışma zemini özelliklerine bağlı olarak), lastik ömrünün azalması göz ardı edilerek çeki kuvveti artışı sağlanabilmesi amacıyla, katalog değerlerinin dışında basınç değerleri de uygulanmaktadır (Wood ve Mangione, 1994; Anonymous, 1994b; Abu-Hamdeh and Al-Widyan, 2000).

1.5. Patinaj

Patinaj, traktörün çeki demirine bir yük bağlı iken hareketi sırasında çeki tekerleklerinde oluşan kaymalar nedeniyle ilerleme hızındaki azalma olarak tanımlanır. Diğer bir ifade ile patinaj, tekerleğin çevre uzunluğuna kıyasla, bir devirde alınan eksik yol uzunluğudur ve (1.1) nolu eşitlik kullanılarak hesaplanabilir:

$$TR = \left(1 - \frac{L}{L_0}\right) 100 \dots\dots\dots [1.1]$$

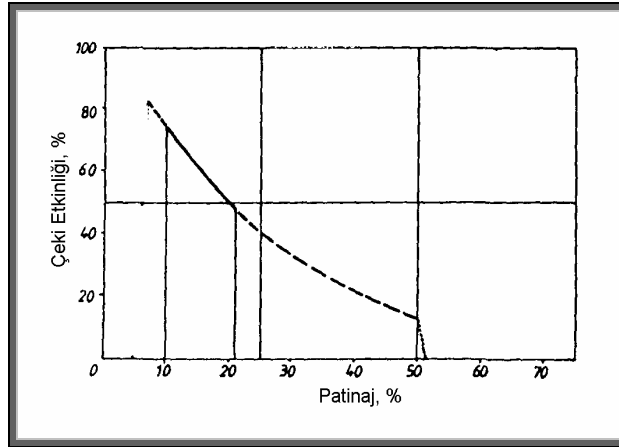
Burada;

TR = Patinaj (%)

L = Traktör çeki lastiği tarafından alınan gerçek yol uzunluğu (m),

L₀ = Traktörün çeki lastiği tarafından alınan teorik yol uzunluğu (m) dur.

Kuvvet tekerleğinin çeki kuvveti geliştirebilmesi için patinajın oluşması gereklidir. Ancak, bunun değeri toprak yüzeyinin özelliklerine göre belirli sınırlar içinde tutulmalıdır. Şekil 1.10'da görüldüğü gibi, traktörün geliştireceği maksimum çeki etkinliği (traktör aks gücü/traktör çek gücü, %) için optimum patinaj %10-20 arasında yer almaktadır.



Şekil 1.10. Çeki etkinliğinin patinaja bağlı değişimi (Fekete, 1990)

Çalışma zemini koşulu ne olursa olsun %20'den fazla patinaj; lastik tekerleklerde aşırı aşınma, yakıt tüketiminde artış ve çeki etkinliğinde azalma gibi olumsuz olaylara neden olduğu için istenmez (Taylor ve ark., 1976; Sabancı, 1997; akıncı ve Sabancı, 1991).

Toprak ve çeki mekaniği ile ilgili bilgiler incelendiğinde, bir traktörün farklı zemin koşullarında yeterli çeki kuvveti geliştirebilmesi için, traktör üzerinde bazı düzenlemelerin yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Lastik tekerlekli traktörler ile yapılan tarla çalışmalarında yeterli çeki kuvvetinin sağlanması ya da mevcut motor

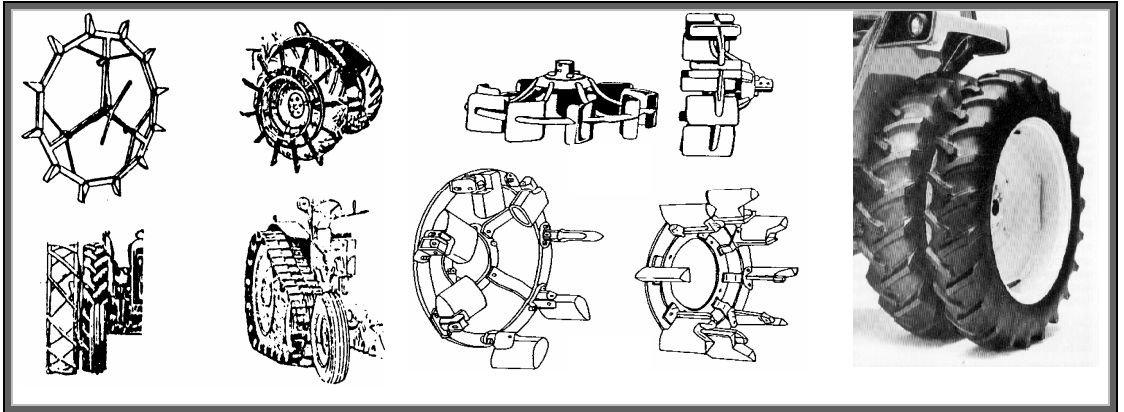
gücünden yararlanılma olanaklarının artırılması, traktör tekerlekleri ile birlikte kullanılan yardımcı çeki elemanları ve ağırlıklar ile mümkün olmaktadır (Burt ve ark., 1980a; Matthes ve ark., 1988).

1.6. Lastik Tekerlekli Traktörlerde Kullanılan Yardımcı Çeki Organları ve Ağırlıklar

Lastik tekerlekli traktörlerde çeki veriminin artırılması için kullanılan yardımcı organlar aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir;

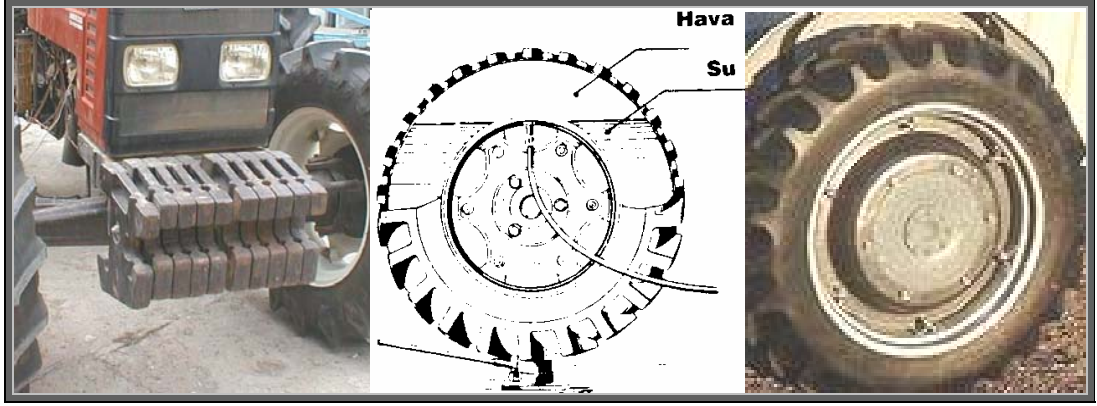
- Tekerlek uzantıları
 - a) Tekerlek çemberi
 - b) Kafesli tekerlek uzantıları
 - c) Ek lastik tekerlek
- Tekerlek kaplamaları
 - a) Yarı palet düzeni
 - b) Tekerlek zincir ve kuşakları

Çeki etkinliği artırıcı yardımcı organlar Şekil 1.11’de görülmektedir (Sabancı, 1997)



Şekil 1.11. Çeki etkinliği artırıcı yardımcı organlar (Liljedahl ve ark., 1989; Anonymous, 1991; Sabancı, 1997)

Farklı çalışma koşullarında traktörün çeki veriminde artış sağlanabilmesi için, şekilde görülen yardımcı organlar ile birlikte ya da alternatif olarak ağırlıklar kullanılmaktadır (Şekil 1.12).



Şekil 1.12. Traktörlerde ağırlık kullanımı (Alcock, 1986; Anonymous, 1994a)

Traktörlerde ağırlık, Şekil 1.12’de görüldüğü gibi; traktörün ön tarafında denge amaçlı, tekerlek jantları üzerinde ve lastiklere su doldurma şeklinde uygulanmaktadır.

Özetle bu çalışmada, uygulamaya önemli katkılar sağlayacağı düşünülen traktör motor gücünün çeki gücüne dönüşümüne etkili olan tekerlek lastikleri ile tekerlek düzenlemelerinin etkileri incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

Bu çalışmanın ikinci bölümünde, araştırmada ele alınan konular ile ilişkili olarak daha önce farklı araştırmacılar tarafından yapılmış olan çalışmalar özetlenmiş, üçüncü bölümünde kullanılan materyal ve yöntem açıklanmış, dördüncü bölümde araştırma bulgularına yer verilmiş ve sonuçlar tartışılmış, beşinci bölümde ise sonuç ve öneriler açıklanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Gorjatschkin (1925), farklı toprak yapıları için teorik olarak pulluk çeki kuvveti değerlerinin hesaplanabildiği bir eşitlik elde edilmiştir. Çok sayıda tarla denemeleri sonucunda oluşturulan eşitlik, statik ve dinamik toprak dirençlerini içermektedir. Eşitlik ile, özgül toprak direnci (N/cm^2), iş genişliği (cm), iş derinliği (cm), pulluğun çekilme hızı (km/h) ve çeki direnci katsayısı ($N.h^2/cm^2.km^2$) parametreleri kullanılarak, çeki kuvveti değeri belirlenmektedir.

Adams (1962), farklı tekstürlerdeki toprakların nem içeriğine bağlı olarak özgül toprak direnci (N/cm^2) değerlerini belirlemiştir. Killi, killi-tınlı, kumlu ve kumlu-tınlı toprak zeminlerde yürütülen çalışmada, farklı nem içeriği değişimlerine bağlı olarak, toprağın toprak işleme aletlerine gösterdiği direnç kuvvetleri, grafiksel olarak incelenmiştir. Sonuç olarak, en yüksek özgül direnç değerlerinin, killi-tınlı, en düşük değerlerin ise kumlu toprakta olduğu saptanmıştır. Kumlu-tınlı ve killi toprak arasında ise genel olarak önemli farklılıkların olmadığı belirlenmemiştir. Seçilen dört toprak tekstüründe de, %14 nem içeriğine kadar özgül direnç değerlerinde azalma olurken, nem değerinde oluşan artışlara bağlı olarak direnç değerleride artmıştır.

Barger ve ark. (1963), “Traktörler ve Güç Üniteleri” isimli bir yayın hazırlamışlardır. Yayın, traktörün gelişim, içten yanmalı motorların termodinamik prensipleri, içten yanmalı motor çevrimleri, yakıtlar ve yanma, motor tasarımı, yakıt ve emme sistemleri, elektrik sistemleri, ergonomi ve traktör tasarımı, traktör teorisi, traktör şasi mekaniği, üç nokta bağlantı düzeni ve hidrolik kontroller, hareket iletim sistemleri, traktör deneyleri, traktör maliyet tahminleri konularını içermektedir. Konu başlıklarının herbiri, çok sayıda araştırmaya sonuçlarını içermekte ve önemli temel bilgiler verilmektedir.

Keçecioğlu (1971), pullukların toprakla karşılaştıkları direnç kuvvetleri üzerinde yaptığı bir araştırmada, öncelikle kullanılan ölçme sistemine ait teknik özellikleri vermiş ve bu sistem kullanılarak, üç farklı toprak özelliğinde ve 11 farklı kulak tipinde pullukların karşılaştığı toprak dirençlerini, farklı iş derinliği ve ilerleme hızları için belirlemiştir. Sonuçlar şekil ve çizelgeler ile açıklanmıştır. Pulluk çeki dirençlerine kulak tipi, toprak yapısı, iş derinliği ve ilerlem hızlarının oldukça etkili olduğu belirtilmiştir. Kulaklı pulluk tasarımında ve kullanımında bu değişkenlerin dikkate alınması gerektiği vurgulanmıştır.

Taylor (1973), lastik tekerlek tasarımında önemli bir değişim parametresi olan tırnak açısının çeki lastiklerinin çeki verimleri üzerinde etkilerinin belirlenmesi

üzerine deneysel çalışmalar yürütmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; tırnak açısının dinamik çeki oranı üzerindeki etkisinin çok küçük ve çelişkili olduğu saptanmıştır. Örneğin, 70 derecelik açının 50 dereceye göre daha iyi olduğu fakat, 40 derecenin genellikle 50 dereceye göre daha iyi olduğu görülmüştür. Tüm tırnak açılarında belirlenen dinamik çeki oranı değerleri, tırnaksız düz lastik tekerleğin dinamik çeki oranı değerinden yüksek olmuştur. Diğer bir parametre olan çeki etkinliği değerleri ise dinamik çeki oranına göre, tırnak açısındaki değişimlere göre daha fazla değişim göstermiştir. Düz lastiğin çeki etkinliğinin, 3 toprak tipinde (tınlı-kumlu, killi ve kumlu-tınlı) birkaç tırnak açısına kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Tırnak açısının, özellikle sert topraklarda lastik aşınmaları üzerinde etkili olacağı da belirtilmiştir. Yapılan çalışmalar ve değerlendirmelerin genel bir sonucu olarak, tırnak açısının çeki verimi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı vurgulanmıştır.

Dwyer ve Pearson (1976), aynı kuyruk mili gücüne (63 kW) sahip tek çeker bir traktör, ön tekerlekleri arka tekerleklerinden daha küçük olan çift çeker bir traktör ve ön ile arka tekerlek boyutları eşit çift çeker traktörün farklı çalışma zeminlerinde çeki etkinliği değerlerini belirlemeye yönelik denemeler yapmışlardır. Denemelerde elde edilen veriler kullanılarak çeki etkinliği, hareketlilik sayısı, çeki katsayısı değerleri belirlenerek oluşturulan farklı koşul ve düzenlemelerin çeki verimleri değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; maksimum çeki gücü değerinin, genellikle %10 patinaj koşulunda ve çeki katsayısının 0.4 olduğu durumlarda geliştirildiği, tek çeker traktörde ise maksimum çeki gücünün daha yüksek patinaj ve çeki katsayısı değerlerinde sağlanabildiği belirtilmiştir. Ön ve arka lastik boyutları eşit çift çeker traktörün tüm zemin koşullarında ort. maks. çeki gücü değeri, ön tekerlekleri arka tekerleklerden küçük olan çift çeker traktöre göre %14, tek çeker traktöre göre %7 daha fazla bulunmuştur.

Taylor ve ark. (1976), radyal ve diagonal lastiklerin sert ve yumuşak topraklarda çeki verimlerini karşılaştırmaya yönelik deneysel çalışmalar yürütmüşlerdir. Denemeler, yedi farklı toprak zemin üzerinde yapılmış ve 18.4R34 (6 kat) ile 18.4-34 (6 kat) lastikleri kullanılmıştır. Lastiklerin basınç ve statik yükleri ile ilgili önerilen katalog değerleri 16 psi basınç için 21.1 kN olmasına rağmen,

kullanılan test sisteminin sınırlı kapasitesi nedeniyle 16 psi lastik basıncı için 19.7 kN statik yük uygulanmıştır. Tek tekerlek test sistemi ile lastiklerle ilgili olarak; çeki kuvveti, tork, çizgisel hız, açısal hız ve dinamik yük değerleri ölçülmüş ve sürekli olarak kaydedilmiştir. Bu veriler yardımı ile lastiklerin çeki verimlerinin değerlendirilebilmesi için gerekli olan patinaj, net çeki katsayısı ve çeki etkinliği değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; yedi toprak koşulundan beşinde net çeki katsayısı değerinin, %15 patinaj değerinde radyal lastik için diagonal lastiğe göre %6 ile %18 arasında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yedi toprak koşulundan beşinde radyal lastiğe ait çeki etkinliği değeri, maksimum patinaj için diagonal lastiğin çeki etkinliği değerinden az da olsa yüksek bulunmuştur. Ayrıca, radyal lastiğin, sert yapılı topraklarda lastiklerde toprak-lastik ilişkisi ile oluşan deformasyonlara karşı dayanıklılık bakımından daha avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Gee-Clough ve ark. (1977a), 0-75 mm arasında beş farklı tırnak yüksekliğinde 13.6-38 lastik tekerleklerinin, tarla koşullarında üç yıllık periyotta, çeki verimlerinin belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Denemelerde elde edilen verilere göre; %20 patinajda düz lastiğin (tırnaksız) çeki katsayısının diğer lastiklere kıyasla daha düşük olduğu, 20 mm'den sonra tırnak yüksekliğindeki artış ile çeki katsayısının azaldığı, %80 patinajda çeki katsayısının 35, 50 ve 75 mm tırnak yüksekliği için aynı olduğu, yuvarlanma direnci katsayısının düz lastikte en düşük olduğu, diğerlerinde ise tırnak yüksekliğine bağlı olarak arttığı, maksimum çeki etkinliği değerinin, düz lastik için daha yüksek ve tırnak yüksekliğinin azalmasına bağlı olarak artış gösterdiği belirtilmiştir.

Gee-Clough ve ark. (1977b), iki 13.6R38 (6 ve 8 radyal katlı) ve bir 13.6-38 (6 diagonal katlı) lastik tekerleklerinin çeki verimlerini, değişik zemin koşullarında üç yıllık periyotta çalışmalar yürüterek karşılaştırmaya çalışmışlardır. Denemeler, üç lastik tekerlek için üç farklı lastik basıncında (80, 120 ve 160 kPa) ve 13.6 kN yük koşulunda yürütülmüştür. Farklı kat yapılarındaki bu lastiklerin çeki verimlerinin karşılaştırılmasında 3 parametre değerlendirilmiştir. Bunlar; yuvarlanma direnci katsayısı, maksimum çeki etkinliği ve %20 patinaj değerindeki çeki katsayısıdır. Denemelerde elde edilen verilere göre; %20 patinajda çeki katsayısı değerinin, lastik

basıncının 80 ve 120 kPa olduğu koşullarda iki radyal lastik için diagonal lastiğe kıyasla daha yüksek olduğu, 160 kPa lastik basıncında 8 katlı radyal lastik için diğer 2 lastik tekerleğe kıyasla daha yüksek olduğu ve lastik basıncının 120 kPa'dan 160 kPa'a artırılması durumunda ise üç lastik için azaldığı belirtilmiştir. Yuvarlanma direnci katsayısı ve maksimum çeki etkinliği değerlerinin, verilen bir lastik basıncında üç lastik tekerlek için de aynı, lastik basıncındaki artışla birlikte arttığı belirlenmiştir. Sonuç olarak, çalışılan tarla koşullarında, radyal lastiklerin diagonal lastiklere göre ortalama %5-8 arasında çeki avantajı sağladığı vurgulanmıştır.

Gee-Clough ve ark. (1977c), 13.6-38 (6 katlı) ve 16.9-34 (6 katlı) lastik tekerleklerinin çeki verimlerini, 24 farklı zemin koşullarında tekerleğin birisinin 356 mm derinliğinde çizi tabanında çalıştırıldığı ve her iki tekerleğin aynı zemin üzerinde çizi bulunmayan düzlemde çalıştırıldığı koşullarda iki yıllık periyotta çalışmalar yürüterek belirlemeye çalışmışlardır. Denemelerde elde edilen verilere göre; normal çeki koşullarında (toprak koni indeksi değerinin 1000 kPa'ın altında olduğu koşullar), çizi üzerinde çalışılması durumunda %20 patinaj değerindeki çeki katsayısında %25, maksimum çeki katsayısında %14 oranında artış olduğu, maksimum çeki etkinliği değerinin ise iki koşul için de aynı olduğu belirtilmiştir. İyi çeki koşullarında ise (toprak koni indeksi değerinin 1000 kPa'ın üzerinde olduğu koşullar), çizi üzerinde çalışılması durumunda maksimum çeki katsayısında %23 oranında arttığı, %20 patinaj değerindeki çeki katsayısı değerinin iki koşul için de aynı olduğu, maksimum çeki etkinliği değerinin ise çizi içinde çalışılması durumunda 13.6-38 lastiği için %10, 16.9-34 lastiği için %15 oranında artış gösterdiği belirlenmiştir.

Ali ve McKyes (1978), çeki lastiklerinin çeki kuvvetini etkileyen tırnak tasarım faktörlerinin özelliklerinin belirlenmesi üzerine kumlu-tınlı toprakta denemeler yürütmüşlerdir. Çalışmada; tek tırnak için tırnak uzunluğu, tırnak açısı, tırnak kalınlığı ve tırnaklar arası mesafe faktörleri, bir toprak kanalı üzerinde konumlandırılmış farklı hız, yük ve batma miktarının kontrol edilebildiği bir ölçüm sistemi ile en yüksek çeki kuvvetinin sağlanabilmesi için en iyi tırnak tasarımının belirlenmesine yönelik olarak farklı ilerleme hızlarında yapılan ölçümler ile değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; 25 cm'den daha küçük uzunluktaki

tırnakların 5 cm derinliğinde her birim genişlikte en iyi çeki kuvvetinin sağlandığı belirtilmiştir. Her bir tekerlek genişliğinde maksimum toprak direnci değeri, sabit genişlikte bir tekerleğin çeki çekisi için en iyi tırnak açısını tanımlamaktadır. Bu nedenle, tekerlek üzerinde kullanılan en uygun tırnak açısının en küçük tırnak açısı olduğu ve toprak çalışmalarında bu açı değerinin daha büyük uzunluktaki tırnak ve daha yüksek çeki kuvveti sağladığı vurgulanmıştır. Fakat, kullanılabilecek en küçük tırnak açısı tırnak kalınlığı ile sınırlandırılmıştır ($\alpha = \tan^{-1}b/w \Rightarrow b = \text{tekerlek-toprak temas uzunluğu, } w = \text{tekerlek genişliği}$). Bu açı, tırnak kalınlığına uyan minimum tırnak açısıdır. Buna karşın, tırnakların arasında sıkışan toprak parçalarının lastiğin hareketi sırasında kendiliğinden temizlenebilmesini sağlayan geniş tırnak boşluğunun olması için daha geniş tırnak açıları gerekli olabilmektedir. Tırnak genişliğindeki artışın ise, toprak üzerinde daha düzenli bir penetrasyon sağladığı aynı zamanda, çeki kuvvetini de artırdığı belirtilmiştir.

Burt ve ark. (1979), traktör lastik tekerleklerinin çeki verimleri üzerinde patinaj ve dinamik yükün birlikte etkilerini incelemek amacıyla Ulusal Toprak İşleme Makinaları Laboratuvarında (NTML) bulunan tek tekerlek test sisteminde deneysel çalışmalar yürütmüşlerdir. Araştırmada, her ikisi de R-1 taban desenine sahip 12.4-28 (4 kat) ve 12.4-38 (6 kat) çeki lastikleri kullanılmıştır. Denemelerde lastikler 16 psi basınç değerinde çalıştırılmış ve uygulanan yük değerleri 12.4-28 lastiği için 5, 10, 15 kN, 12.4-38 lastiği için 5, 12, 20 kN olarak seçilmiştir. Denemelerin tümü tek bir hız değerinde ve 3 farklı yapıda toprak (killi-tınlı, siltli-tınlı, kumlu-tınlı) zeminde yürütülmüştür. Bu uygulama koşullarında lastik tekerlekler tarafından geliştirilen net çeki kuvveti ve çeki gücü değerleri belirlenmiştir. Çalışmada elde edilen verilere göre; lastik tekerleklerin çeki veriminin patinaj ve dinamik yükün bir fonksiyonu olduğu, verilen bir lastik tekerlek-toprak koşulu için yuvarlanma yarı çapının dinamik yükün doğrusal bir fonksiyonu olduğu, sabit patinaj değerinde sıkışmış toprak yüzeyde dinamik yükteki artışın çeki etkinliğini artırdığı, sıkışmamış toprak zeminde ise dinamik yükteki artışın çeki etkinliğini azalttığı belirtilmiştir. Ayrıca, giriş gücü değerinin dinamik yük ile doğrusal patinaj ile ters orantılı bir ilişki içinde olduğu, çıkış gücü değerinin ise hem patinaj hem de dinamik yük ile ters orantılı bir ilişkide olduğu vurgulanmıştır.

Fred ve ark. (1980), “Tarımda Güç Kaynağı ve Traktör” isimli bir yayın hazırlamışlardır. Yayında, tarımda güç kaynakları, tarımda güç kaynağı kullanımı, içten yanmalı motorların ve traktörlerin tarihsel gelişimi, traktör tipleri, güç ölçümleri, termodinamik prensipleri ve uygulamalar, motor konstrüksiyonu ve tasarımı, yakıtlar ve yanma, traktör çeki elemanları, yönlendirme sistemleri, hareket iletim sistemleri, traktör üç nokta bağlantı düzeni, hidrolik sistem, ekonomik traktör kullanımı konuları incelenmiştir.

Burt ve ark. (1980a), dinamik yük dağılımının tandem düzenlemeli lastik tekerlekli traktörün çeki verimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, optimum çeki verimi için farklı toprak koşullarının dinamik yük dağılımı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi ve farklı patinaj değerlerinde bir tandem düzenlemenin tek lastiğin verimi üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla tarla çalışmaları yürütmüşlerdir. Denemeler, Ulusal Toprak İşleme Makinaları Laboratuvarında (NTML) toprak kanalı üzerinde çalıştırılan ve aracın ilerleme hızı, tekerleğin açısız hızı ve tekerlek üzerindeki düşey yüklerin kontrol edilebildiği bir tek tekerlek test aracı kullanılmıştır. Bu değişkenler; düzenlemelerin çeki verimlerinin değerlendirilmesinde gerekli olan parametrelerin (net çeki, dinamik yük, patinaj ve çeki etkinliği) belirlenmesinde kullanılmıştır. Çalışma, killi tınlı ve kumlu-tınlı olmak üzere iki toprak tipinde gerçekleşmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; tandem düzenlemenin çeki verimi açısından önemli bir avantaj sağladığı belirtilmiştir. Bu avantajın, tek çeker traktörlerde tandem düzenlemenin yararlılığını kanıtlayıcı olması bakımından yeterli olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, iyi çeki koşulları altında, 0.9-1.3 arasında sabit dinamik yük oranı (ilk ve ikinci geçişlerdeki dinamik yüklerin oranı) ve 0.9-1.1 arasında sabit hız oranı (ilk ve ikinci geçişlerdeki ilerleme hızlarının oranı) değerlerinin uygun olduğu belirtilmiştir.

Burt ve ark. (1980b), lastik tekerlek boyut özelliklerinin çeki verimi ile ilgili kapasitenin artırılması ve lastik tekerlek üzerindeki düşey yük, tekerleğin çizgisel ve açısız hızının elektro-hidrolik kontrolünün sağlanabilmesi için, Ulusal Toprak İşleme Makinaları Laboratuvarında (NTML) yeniden tasarımı yapılan tek tekerlek test düzeneğinin çalışma özelliklerinin incelenmesi ve tanıtılması üzerine bir çalışma yapmışlardır. Denemelerde yürütülen uygulamalar sonunda lastik çeki özellikleri,

elde edilen veriler yardımı ile hesaplanan net çeki kuvveti, çeki oranı ve çeki etkinliği parametreleri kullanılarak değerlendirilmektedir. Çalışmada, daha önce tasarımı yapılmış olan test düzeneği ile 22 kN'nun üzerindeki aks yüklerinin uygulanamaması ve büyük boyutlardaki çeki lastiklerinin çeki verimlerinin değerlendirilememesi nedeniyle, düzeneğin yeniden tasarımı yapıldığını belirtilmektedir. Yeni test düzeneğinde, 12.4-28 ve 30.5L-32 boyutları arasındaki lastik tekerleklerin 44 kN'a kadar dinamik yüklerde çeki verimleri değerlendirilebilmektedir. Lastik tekerlek çeki veriminin belirlenmesinde önemli parametrelerin belirlenmesi için gerekli olan tekerlek üzerindeki kuvvetler, lastiğin bağlı olduğu çatı ile test aracı arasında bulunan 3 nokta üzerindeki yük hücreleri ile, lastik tekerlek torku ise aks üzerindeki torkmetre ile belirlenmiştir.

Kurtay (1981), yol dışı araç mekaniğinde toprak davranışının matematiksel modelini oluşturmaya yönelik bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada yol dışı araç mekaniğinin amacı açıklanmış ve mevcut teoriler kısaca tanıtılmıştır. Toprağı, elastik, tam plastik bir malzeme varsayan elastisite ve plastik denge teorilerinin, yol dışı araç mekaniğinde sınırlı sayıda probleme çözüm getirebildiği vurgulanmıştır. Baker tarafından geliştirilen ampirik-analitik yaklaşımın sağlam bir temelden yoksun olduğu belirtilmiştir. Çalışmada, yol dışı araçlar için oldukça önemli olan toprağın plastik davranışı dikkate alınarak uygun bir matematik modeli geliştirilmiştir. Bu modelin, Baker'in ampirik-analitik yaklaşımını tamamlayacağı ve araç-toprak ilişkilerinin daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacağı bildirilmiştir.

Burt ve Bailey (1982), 20.8 R 38 (8 kat) radyal traktör çeki lastiğinin optimal çeki etkinliğini belirleyebilmek için Ulusal Toprak İşleme Makinaları Laboratuvarında (NTML) bulunan tek tekerlek test aracı ile deneysel bir çalışma yürütmüşlerdir. Denemeler, killi-tınlı toprak zemin üzerinde (toprak kanalı içinde), gevşek ve sıkışmış olmak üzere iki farklı toprak koşulunda yapılmıştır. Çalışmada, lastik tekerleğin çalışma verimine ilişkin değerlendirmelerin yapılabilmesi için, farklı dinamik aks yükleri ve lastik basınçlarında çeki kuvveti, ilerleme hızı, patinaj çeki kuvveti ve çeki etkinliği değerleri belirlenmiştir. Ayrıca elde edilen veriler, dinamik yük ve lastik basıncının bir fonksiyonu olan dönme yarıçapının tanımlanmasında kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; uygun lastik basıncı ve dinamik yük seçimi

ile, sabit net çeki kuvvetindeki çeki etkinliği değerin artırılabilceğı, çeki etkinliği artışının toprak koşullarına da bağı olduğı, elde edilen en kötü ve en iyi çeki etkinliği arındaki farkın 0.06 ile 0.1 arasında olduğı, maksimum çeki etkinliğinin normal tarla koşullarına kıyasla genellikle daha yüksek dinamik yüklerde oluştğı belirtilmiştir.

Burt ve ark. (1983), tarla koşullarında denge ağırlığı kullanımı ve lastik basıncının, traktör çeki etkinliği üzerindeki etkilerinin belirlenmesi üzerine çalışmalar yürütmüşlerdir. Çalışmada, Massey Ferguson 188 traktörü (53 kW) ve çeki kancasının yüklenmesinde John Deere 4640 yükleme aracı kullanılmıştır. Bu çeki aracı ile denemeler sırasında, çeki kuvveti ve patinaj değeri ölçülebilmekte ve kontrol edilebilmektedir. Ölçümler, bilgisayar destekli bir ölçüm sistemi ile yapılmış ve veriler sistem üzerinde kaydedilmiştir. Bu sistem kullanılarak; her bir çeki tekerleğinde geliştirilen tork, açısal hız, çeki kuvveti, ilerleme hızı, motor devri, yakıt tüketimi ve çalışma süresi değeri belirlenmiştir. Bu veriler arasından tork, çeki kuvveti ve ilerleme hızı değeri, farklı koşullarda yapılan çalışmaların çeki verimlerinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Tüm denemelerde traktörün diferansiyel kilidi aktif durumda tutulmuştur. Denemelerde, yürüme organı aynı boyutlarda fakat iki farklı yapıda (Diagonal, radyal) lastik tekerlekler kullanılmış ve lastik basınçları; 62, 90, 124, 159 kPa olarak seçilmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; verilen bir çeki kuvveti için her iki lastik tipinin çeki etkinliği, uygun dinamik yük ve lastik basıncının seçimi ile maksimize edilebileceğı belirtilmiştir. Test edilen en az ve en büyük etkili koşullar arasında bulunan çeki etkinliği farklılıkları (0.10-0.21) toprak koşulları ve lastik yapısındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. En yüksek çeki etkinliği değerin elde edilmesi için, verilen bir çeki kuvvetinin geliştirilmesinde gerekli olan minimum patinaj değerin sağlanması gerekmemektedir. Bu nedenle, sistem en yüksek çeki etkinliği geliştirilecek şekilde tasarılacaksa, minimum patinajın sağlanması yerine uygun lastik basıncı ve dinamik yük değeri seçilmesinin doğru olacağı vurgulanmıştır.

Erickson ve Larsen (1983), kuru arazi koşullarında, çift çeker traktörlerin anlık çeki kuvveti ile ön ve arka aks gücünü değerlendirmek için tarla denemeleri yürütmüşler, elde edilen sonuçları, model çalışmasında elde edilen sonuçlar ile

karşılaştırmışlardır. Tarla verileri; anlık aks gücü, çeki etkinliği değerleri, yük altında oluşan dinamik ağırlık transferi, sistem frekans dağılımı ve tepkilerini belirlemek için değerlendirilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre; çeki etkinliği ve traktör mevcut gücünden yararlanma oranının çeki kancası yükünün artışı ile artırılabilceği belirtilmiştir. Traktörün mevcut çeki kapasitesinin yüksek düzeyde kullanımı ile, traktör ömründe azalma veya herhangi bir zarar oluşmadan daha yüksek çeki etkinliği değerlerinin sağlanabileceği belirtilmiştir. Ayrıca, traktör aksı üzerindeki çeki ve bası etkilerinin tarla koşullarında yapılan denemelerde gözlemlenemeyeceği dikkate alınarak model çalışmalarının traktör tarla veriminin tahmininde kullanılma gerekliliği de vurgulanmıştır.

Hoffman (1983), farklı çalışma koşullarında radyal ve diagonal lastik tekerleklerin çeki verimleri arasındaki farklılıkların belirlenmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma sonuçlarına göre, çeşitli tarla koşullarında, radyal lastiklerin çeki etkinliği, diagonal lastiklere kıyasla %8-9.5 oranında daha fazla olduğu saptanmıştır.

Hunt (1983), Tarım Makinaları İşletmeciliği ve Güç Seçimi isimli yayınında, tarım mainaları verim ve iş başarıları, makine maliyetleri, traktör ve makine teknik özelliklerini incelemiş, işletmeye uygun makine ve güç seçimi yöntemlerini açıklamıştır. Yayında, bazı toprak işleme makinalarına ait kuvvet gereksinimleri verilmiştir. Aynı toprak işleme derinliği ve çalışma hızlarında makine çeki kuvvetinin toprak tipine göre değişim gösterdiği ve hafif bünyeli topraklardan ağır bünyeli topraklara doğru bünye değişiminde, makine çeki gereksinimlerinin arttığı belirtilmiştir.

Alcock (1986), Traktör-Alet Sistemleri isimli yayınında, termodinamik,güç ölçümleri, çeki, tarım traktörlerinde lastikler ve ağırlık kullanımı, makine işletmeciliği, traktör verimi, traktör-alet ilişkileri, traktör teknolojisinde gelişmeler konularını açıklamıştır. Yayında her bir ana başlık altında, farklı araştırmacılar tarafından yürütülmüş çalışma sonuçlarına yer verilmiş ve önemli genel bilgiler ile birlikte ilgili eşitlikler açıklanmıştır.

Demirci (1986), “Büyük Güçlü Traktör ve Büyük iş Kapasiteli Makinaların Kullanılma Olanakları” nın araştırıldığı bir çalışma yürütmüştür. Çalışma sonunda,

traktörün daha verimli olarak kullanılabilmesi için bazı öneriler sunmuştur. Bunların arasında, radyal lastik tekerlek kullanımının diagonal lastik tekerleklerle göre daha uygun olacağı, çift çeker traktörlerde ön tekerleklerin aktif hale getirme işlevinin kolay ve hızlı olduğu traktörlerin tercih edilmesi, patinajın azaltılmasını sağlayan diferansiyel kilit sisteminin otomatik olmasına dikkat edilmesi gibi öneriler bulunmaktadır. Ayrıca çalışma kapsamında, ekonomik bir kullanım için traktör kullanım süresinin en az 650 h/yıl olması gerektiğini ve 850-1000 h/yıl arasındaki kullanımların ise traktörün efektif kullanıldığı aralık olduğunu bildirmiştir.

Sabancı ve Özgüven (1986), Çukurova Bölgesi'nde ekonomik traktör kullanımına etkili faktörlerin belirlenmesi üzerinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırma, Adana Merkez, Osmaniye, Kadirli, Ceyhan ve Tarsus (İçel) ilçelerinde tesadüfen seçilen 210 işletmede yürütülmüştür. Veriler anket ile, tesadüfen seçilmiş, traktörü olan işletmelerden elde edilmiştir. Çalışma kapsamında birkaç faktör ile birlikte, traktörün ekonomik kullanımına etkili faktörlerden birisi olan yıllık kullanım süreleri de incelenmiştir. Yapılan anket sonuçlarına göre, tüm işletmeler ortalaması olarak yıllık traktör kullanım süresinin 727.46 saat, tek traktörlü işletmelerde ise 547.50 saat olduğu bildirilmiştir.

Bashford ve ark. (1987), çift çeker bir traktörün arka aksında tek ve çift lastik tekerlek düzenlemeleriyle çeki verimlerini değerlendirmeye çalışmışlardır. Bu amaçla; yürüme organlarının her iki düzenlemesi ile dört farklı çalışma zemininde (beton, diskli pulluk ile işlenmiş kumlu toprak, diskli pulluk ile işlenmiş buğday anızlı alan, kulaklı pulluk ile işlenmiş buğday anızlı alan) denemeler yaparak, çeki etkinliği ve dinamik çeki oranı parametrelerini belirlemişlerdir. Çalışmada elde edilen verilere göre; beton zemin üzerinde yapılan denemelerde dinamik çeki oranı değerinin, tek lastik tekerlek düzenlemesine kıyasla çift lastik tekerlek düzenlemesinde daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Bunun tersine, çeki etkinliği değeri tek lastik tekerlek düzenlemesinde daha yüksek olmuştur. Kulaklı yada diskli pulluk ile sürülmüş buğday anızlı alan ya da diskli pulluk ile sürülmüş kumlu toprak zeminde çalışılması durumunda tek ve çift lastik tekerlek düzenlemelerin çeki verimi üzerinde önemli bir farklılık yaratmadığı saptanmıştır. Fakat, %15'in altındaki

patinaj değerlerinde çift lastik tekerlek uygulamasının çeki veriminde çok küçük avantaj sağladığı vurgulanmıştır.

Busscher ve Sojka (1987), korumalı ve geleneksel toprak işleme uygulamaları arasındaki farklılıkların, oluşan toprak sıkışıklığı açısından incelenmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, her iki uygulama için, toprak penetrasyon direnci değerleri ölçülmüştür. Özellikle, toprağın işlenmesi öncesi ve sonrasında yapılan ölçümler kıyaslanmıştır. Sonuç olarak, geleneksel toprak işleme uygulamalarının diğer uygulamaya kıyasla daha fazla toprak sıkışıklıklarına neden olduğu saptanmıştır. 3000 kPa penetrasyon direnci değeri, bitki gelişimini engelleyici sınır olarak kabul edilmiştir.

Hassan ve ark. (1987), yaklaşık olarak aynı boyutlarda orman iş makinalarında (67x34-26, 10 kat) ve tarım araçlarında kullanılan bir lastik tekerlek (67x34-25, 10 kat) ile Ulusal Tarım Mühendisliği Enstitüsünde (NIAE-Silsoe) bulunan tek tekerlek test sistemini kullanarak çeki verimlerini belirlemeye yönelik denemeler yapmışlar ve elde edilen veriler yardımı ile her iki lastik arasındaki farklılıkları değerlendirmişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; aynı koşullar altında iki lastik tekerlek kıyaslandığında, çeki verimlerinin killi toprak zeminde hemen hemen aynı, diğer iki toprak zeminde ise çok az farklılıkların olduğu (özellikle 31.3 kN dinamik yükünün uygulandığı çalışma koşulları için) belirtilmiştir. %20 patinaj değerinde, orman lastiğinin çeki etkinliği tarım lastiğinin çeki etkinliğinden %6 daha düşüktür. %10 ve %13 patinaj değerlerinde ise, maksimum çeki etkinliğindeki çeki katsayısı değerlerinin her iki lastik tekerlek için hemen hemen aynı olduğu saptanmıştır. Denemelerin tarım alanlarında yapılması nedeniyle tarım lastiğine ait verimlilik değerlerinin daha yüksek olduğu ve orman lastiklerinin daha sert koşullar için tasarmlandığı belirtilmiş ve iki lastik arasındaki kıyaslamaların orman çalışma zeminlerinde de yapılması gerektiği vurgulanmıştır.

Mowitz ve Finck (1987), traktörün daha verimli kullanılmasına yönelik yürütülen bir çok çalışmada elde edilen önemli bilgileri içeren bir makale yayınlamışlardır. Makalede, traktörün motorunda üretilen gücün dağılımı ve oluşan kayıplar hakkında bilgiler verilmiş ve en fazla kaybın tekerlek ve çalışma zemini arasında olduğu vurgulanmıştır (%20-40). Doğru lastik tekerlek seçiminin traktör

verimini %8-10 arasındaki oranlarda artırabileceği belirtilmiştir. Radyal ve diagonal lastik tekerlekler hakkında bazı genel bilgiler verilmiştir. Radyal lastiklerin diagonal lastiklere kıyasla daha fazla temas yüzeyi sağladığı (yaklaşık %28), kullanım ömürlerinin en az %30 daha fazla olduğu ve bu olumlu özelliklerinin yanında satın alma bedellerinin %10-25 daha yüksek olduğu bildirilmiştir.

Işık (1988), sulu tarımda kullanılan mekanizasyon araçlarının optimum makine ve güç seçimine yönelik işletme değerlerinin belirlenmesi ve uygun seçim modellerinin oluşturulması üzerinde bir araştırma konulu doktora tezinde, optimum makine ve güç seçimine etkili işletmecilik verileri, sabit gider faktörleri, traktör ve makine birim satınalma bedelleri, çalışma hızı ve çeki etkinliği değerleri, satlık iş gücü ve traktör sabit giderleri, zamanlılık giderleri, enerji gereksinimi değerleri, traktör yüklenme oranı vb. değerleri belirlemiştir. Araştırmada; literatüre dayalı olarak verilen bazı işletmecilik verileri, ülkemiz koşullarında elde edilmiş, farklı işletmeler için optimum makine ve güç büyüklükleri bulunmuş ve geliştirilen model sonuçları ile mevcut veriler kıyaslanmıştır.

Matthes ve ark. (1988), hız ve yükün lastik tekerlekli kütük çekicinin yakıt tüketimi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla denemeler yürütmüşlerdir. Deneylerde, üzerinde 3-53 Detroit diesel motor ve 18000 Clark transmisyon sistemi bulunan Clark 664 kütük çekici kullanılmıştır. Denemeler, 213 m uzunluğunda zemin üzerinde yapılmıştır. Aracı yüklemek için kullanılan kütüklerin hacimleri, 0.5664 m³ ve 4.1046 m³ arasında seçilmiş ve hacim-ağırlık arasında saptanan dönüşüm oranı ile kütüklerin ağırlıkları da hesaplanmıştır. Kütük çekici, güvenli çalışma sınırları arasında bulunan iki hız değerinde (1.5 m/s ve 3 m/s) ve farklı yüklerde (1000-4000 kg) çalıştırılmış ve her 100 m mesafede yakıt tüketimi (aracın yakıt sistemi üzerine bağlı bir akışmetre ile) miktarı ölçülmüştür. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre, her iki ilerleme hızında da yük artışı ile birlikte yakıt tüketimi de artmıştır. 1 saniye zaman aralığı ile yapılan yakıt tüketimi ölçümlerine göre 3 m/s hız değerinde tüketilen yakıtın 1.5 m/s hız değerine kıyasla daha yüksek olduğu 100'er metrelik mesafeler sonunda yapılan yakıt tüketimi ölçümlerine göre ise 3 m/s hız değerinde tüketilen yakıtın 1.5 m/s hız değerine kıyasla daha düşük olduğu

belirlenmiştir. Ayrıca, üretilen güç miktarı ile yakıt tüketimi arasında doğrusal bir ilişki olduğu vurgulanmıştır.

Upadyaya (1988), tırnak tasarımının diagonal lastiklerin çeki özellikleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, farklı taban deseni tasarımlarında 18.4-38 boyutunda 5 adet lastik tekerlek ile tek tekerlek test aracı kullanarak denemeler yürütmüştür. Çalışmada, denenen farklı tırnak tasarımlarına sahip lastik tekerleklerin çeki verimlerinin değerlendirilmesi ve birbirleri ile kıyaslanabilmesi için, her bir lastiğe ait net çeki oranı, büyük (gross) çeki oranı ve çeki etkinliği parametreleri belirlenmiştir. Bu parametreler, tekerlek ve toprak özelliklerinin (tekerlek torku, çeki kuvveti, dönme dairesi yarıçapı, dinamik aks yükü, toprak koni indeksi, lastik basıncı, patinaj, lastik kesit genişliği, lastik dış çapı) kullanıldığı eşitlikler ile hesaplanmıştır. Çalışma sonunda yapılan değerlendirmelere göre, T-4 tabanlı çeki lastiğinin işlenmemiş toprak zeminde diğer tasarımlara kıyasla daha yüksek çeki etkinliğine sahip olduğu, T-2 tabanlı çeki lastiğinin diğer tasarımlara kıyasla daha iyi çeki özelliklerine sahip olduğu fakat, işlenmemiş toprak zeminde çeki etkinliği değerinin düşük olduğu belirtilmiştir. Ayrıca, işlenmiş toprak zemin üzerinde test edilen taban tasarımlarının, çeki özellikleri açısından birbirlerine göre önemli farklılıklar göstermediği vurgulanmıştır.

Witney (1988), Tarım Makinaları Seçimi ve Kullanımı isimli yayınında, makine iş yetenekleri, makine işletme giderleri, çalışılabilir gün sayıları, traktör çeki yetenekleri ve güç seçimi, sabit ve değişken işletme giderleri gibi konuları incelemiştir. Traktör çeki yetenekleri ve güç seçimi bölümünde, traktörün çeki yeteneğinin artırılmasına yönelik bazı genel bilgiler verilmiş ve konu ile ilgili eşitlikler açıklanmıştır. Ayrıca makine güç gereksiniminin toprak özellikleri, makine tipi, toprak bitki direnci, çalışma hızı ve iş genişliği parametrelerine göre grafik metot ile tahmin yöntemi açıklanmıştır.

Wulfsohn ve ark. (1988), radyal ve diagonal lastik tekerleklerin çalışma özelliklerinin belirlenmesine yönelik bir çalışma yürütmüşlerdir. Denemelerde dört farklı boyutta lastik tekerlek kullanılmıştır (18.4-38, 18.4R 38, 14.9-28, 14.9R 28). Her bir lastik, iki farklı şişme basıncında üç farklı düşey yükün uygulandığı bir tek tekerlek çeki test aracında denenmiştir. Tüm denemeler işlenmiş tınlı toprak zeminde yürütülmüştür. Denemelerin tasarımı ve analizi için bir boyutsal analiz prosedürü kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, aynı çalışma koşullarında radyal lastik

tekerlek kullanımının diagonal lastik tekerlek kullanımına göre %0-30 arasındaki patinaj değerleri için traktör çeki etkinliğinde %6.8 oranında bir artış olduğu belirtilmiştir.

Goering (1989), “Motor ve Traktör Gücü” isimli yayınında, motorların temel termodinamik prensipleri, motor çevrimleri,güç etkinlikleri ve ölçümleri, motor bileşenleri, yakıtlar ve yanma, traktörlerde hidrolik sistemler ve üç nokta bağlantı düzeni, hareket iletim sistemleri, ağırlık transferi, çeki ve güvenlik konularını incelemiştir. Konu başlıkları kapsamında, farklı araştırmacılar tarafından yapılmış çok sayıda çalışma sonuçları, eşitlikler ve önemli temel bilgiler sunulmuştur.

Liljedahl ve ark. (1989), “Traktör ve Güç Üniteleri” isimli yayınlarında, traktörün gelişimi, termodinamik prensipleri ve içten yanmalı motorlar, yakıtlar ve yanma,motor tasarımı, elektrik sistemleri, yağlama,traktör tasarımında ergonomi, çeki özellikleri, traktör şasi mekaniği, hidrolik sistemler ve kontrolü, transmisyon sistemi, traktör performans testleri konularını incelemişlerdir. Konu başlıkları kapsamında, farklı araştırmacılar tarafından yapılmış çok sayıda çalışma sonuçları, eşitlikler ve önemli temel bilgiler sunulmuştur.

Musonda ve ark. (1989), farklı denge ağırlıkları ve lastik tekerlek düzenlemelerinin çift çeker ve tek çeker traktörlerin çeki etkinliği üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, işlenmiş toprakta tarla denemeleri yürütmüşlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; arka aks üzerinde bulunan çeki lastikleri ön çeki lastiklerine kıyasla daha verimli bulunmuş fakat, iki aks yükleri arasındaki farklılıklar nedeniyle arka aks tarafından geliştirilen güç miktarı ön aksa göre daha düşük değerlerde olmuştur. Ön ve arka aks üzerinde çift lastik uygulaması, toprakla temas alanının artışı ve arka lastiklerin ön aks üzerindeki tekerleklerin oluşturduğu sıkıştırılmış izler üzerinde çalışması diğer uygulamalara kıyasla daha verimli olmuştur. Çeki verimi açısından denge ağırlığı dağılımı ile lastik düzenlemeleri arasında yapılan karşılaştırmalara göre, denge ağırlığı dağılımının daha az etkiye sahip olduğu belirtilmiştir.

Esch ve ark., (1990), lastik kuşaklı paletli traktör ile 4 tekerleği kuvvet geliştiren (4 çeker) lastik tekerlekli traktörün çeki verimlerinin kıyaslanması ve değerlendirilmesi amacıyla tarla denemeleri yürütmüşlerdir. Geliştirilen maksimum

çeki etkinliği ve dinamik çeki oranı değerleri, dört zemin koşulunda yapılan çalışmalarda, paletli traktörde daha yüksek olmuştur. Çeki etkinliğindeki en önemli farklılık, kulaklı pulluk ile işlenmiş yulaf anızlı zeminde görülmüştür. Çalışmada genel olarak, paletli traktörün lastik tekerlekli traktöre göre, sert zeminlerde küçük çeki verimi avantajları sağladığı, yumuşak zeminlerde ise daha önemli avantajlara sahip olduğu vurgulanmıştır.

Fekete (1990), Traktörün farklı koşullarda en iyi çeki etkinliğinde çalıştırılabilmesi için gerekli olan optimum tekerlek patinaj sınırlarının belirlenmesi üzerine çalışmalar yürütmüştür. Çalışmada, traktörün geliştireceği maksimum çeki etkinliği (traktör aks gücü/traktör çek gücü, %) için optimum patinajın %10-20 arasında yer aldığı saptanmıştır.

Monroe ve ark. (1990), nemli iki toprak tipinde, farklı taban deseni özelliklerine sahip traktör lastik tekerleklerinin verimlerinin değerlendirilmesi için denemeler yürütmüşlerdir. Çalışma sonuçlarına göre; sabit patinaj değerinde belirlenen çeki etkinliği değerlerinin denemede kullanılan 4 farklı taban desenine sahip lastikler arasında çok küçük değişimler gösterdiği fakat, 4 lastik için belirlenen %5 patinaj değerindeki çeki etkinliği değerinin (%87) %20 patinaj değerindeki çeki etkinliği değerinden (%73) daha yüksek olduğu belirtilmiştir. R-12 lastik tekerleği ile çalışmada R-1 lastik tekerleğine kıyasla, toprak üzerinde oluşan bozulmalar önemli düzeyde azalmakla birlikte, net çeki oranında artış sağlanmaktadır. Düz tabanlı ve R-3 lastik tekerlekleri ile çalışılması sırasında toprak üzerinde oluşan bozulmaların her iki patinaj değeri için de R-1 ve R-12 lastik tekerlekleri tarafından oluşturulan bozulmaların yarısından daha az olduğu saptanmıştır. Ayrıca, net çeki oranı değerleri de, düz tabanlı ve R-1 lastikleri için diğer lastik tiplerine göre daha yüksek bulunmuştur. 4 lastik tekerlek arasında tüm değerlendirme parametreleri dikkate alındığında, nemli toprak zemin koşulları için en uygun olanının %54 tırnak boşluğuna sahip R-3 lastiği olduğu vurgulanmıştır.

Özgüven ve Aydınbelge (1990), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yürütülen bir araştırmada, ikinci ürün için tohum yatağı hazırlığında kullanılan rototiller, dikey freze ve geleneksel yöntemin (goble diskaro+tapan) toprak sıkışmasına etkisini belirlemişlerdir. Araştırmada aletlerin;

toprak sıkışıklığının ölçüsü olan penetrasyon direnci, hacimsel kütlesi, porozite ve hidroik iletkenliğe etkileri incelenmiştir. Denemeler “Menzilet tını” olarak adlandırılan orta tekstürlü topraklarda gerçekleştirilmiştir. Sonuç olarak aletlerin toprağa yaptığı sıkıştırma etkisinin, bitki büyümesini engelleyen sınırların altında olduğu saptanmıştır. 50 cm profil derinliğine kadar yapılan ölçüm sonuçlarına göre, penetrasyon direnci değerleri 2000 kPa’ı aşmamıştır.

Sabancı ve Akıncı (1990), tek ve çift çeker traktörlerin çeki etkinliklerinin karşılaştırılması üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Denemelerde Fiat 65-46 ve Ford 6610 çift çeker traktörleri kullanılmış ve traktörlerin çeki verimlerinin değerlendirilmesinde kullanılan çeki kuvveti, ilerleme hızı, patinaj, ve yakıt tüketimi ölçümlerinde çift traktör ile ölçüm yöntemi uygulanmıştır. Araştırmada elde edilen verilere göre; optimum çalışma koşullarında yapılan denemelerde, çift çeker traktörlerin daha yüksek çeki yeteneğine sahip olduğu, traktör motor gücünden en yüksek düzeyde yararlanabilmek için uygun patinaj ve hız değerleri ile toprak nem içeriğinin uygun olduğu durumlarda tarımsal işlemlerin yapılması gerektiği belirtilmiştir. Çift çeker traktörlerin daha yüksek çeki yeteneği yanında, tek çeker traktörlere kıyasla daha düşük özgül yakıt tüketimine sahip olduğu belirlenmiştir. Çift çeker traktörlerin satın alma bedellerinin yüksek olmasına karşın, çeki gücü açısından yapılan değerlendirmelerde birim satın alma bedellerinin daha düşük ve anılan traktörlerin teknik ve ekonomik yönden daha yararlı olduğu saptanmıştır. Çalışmada sonuç olarak; Mekanizasyon olanaklarından daha iyi yararlanılabilmesi için büyük işletmelerde büyük güçlü traktörlerin yaygınlaştırılması, çift çeker traktörlere uygun, iş genişliği daha büyük tarım makinalarının üretiminin yapılması, traktörlerin optimum çalışma koşullarında ve uygun ilerleme hızında çalıştırılması ve toprak işleminin zamanında yapılması gereklilikleri vurgulanmıştır.

Akıncı ve Sabancı (1991), değişik aks yükleri ve lastik basıncı değerlerinin patinaj ve traktör çeki verimliliği üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla, beton, anız ve nadasa bırakılmış alanlarda denemeler yürütmüşlerdir. Denemelerde, çift traktör ile ölçüm yöntemi uygulanmış ve deneme traktörünün belirtilen koşullarda çeki kuvveti, ilerleme hızı ve patinaj değerleri ölçülmüştür. Bu değerlere göre patinaj ve etkili değişkenler arası ilişkiler incelenmiş, traktör çeki yeteneği artışı ve optimum

Çalışma koşulları için patinaj değerlerinin istenilen sınırlarda tutulma olanakları belirlenmiştir. Çalışmada sonuç olarak; zemin özelliklerine göre uygun patinaj değerinin betonda %7-8, anız ve nadasta %12-17 olduğu, buna göre en fazla çeki gücünün sırasıyla betonda (29.1 kW), anızda (20.1 kW) ve nadasta (18.0 kW) sağlanabildiği saptanmıştır. Ayrıca, ek ağırlık ilavesinin çeki gücünde artış sağlanmasına karşın beton zeminde patinaj değerlerini etkilediği, anız ve nadasta ise patinajın azaltılması ve çeki yeteneğinin beklenen düzeydeki artışında önemli oranlarda etkili olduğu belirtilmiştir.

Souza ve Milanez (1991), beton zemin üzerinde iki vites kademesi için, motor verimi, toplam transmisyon oranı, boyutsal parametreler ve çeki kancası veriminin fonksiyonu olarak traktörün teorik çeki özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir yöntem önermişlerdir. Yapılan alışmalar sonunda, bu yöntem ile elde edilen çeki kancası gücü ve çeki özellikleri ile ilgili veriler ile gerçek deney verileri arasında %2'den daha küçük sapmaların olduğu ve deneyler yerine bu yöntemin kullanılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca bu yöntemin farklı yakıt valfi ayarları için de kullanılabilceği ve sadece bir vites kademesinde çalışılması durumunda doğruluğun etkilenmeyeceği vurgulanmıştır.

Grisso ve ark. (1992), mekanik kontrollü çift çeker ve tek çeker traktörler üzerinde 18.4R42 ve 18.4R46 eki lastiklerinin çeki verimlerini, üç farklı sert toprak tipinde değerlendirmişlerdir. Tarla denemelerinde elde edilen veriler kullanılarak, tek çeker traktör için toplam çeki oranı, dinamik çeki oranı ve çeki etkinliği değerlerinin belirlenmesinde kullanılan tahmin eşitlikleri ile çift çeker traktörler için dinamik çeki oranı tahmin eşitlikleri geliştirilmiştir. Tek çeker traktörün soya fasulyesi anızı ile kaplı zeminde diskli pulluk ile çalıştırılması durumunda 18.4R42 lastiklerinin çeki etkinliği değerinin 18.4R46 lastiklerinden küçük oranlarda daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ek lastik bağlanmadan çalıştırılan çift çeker traktörün çeki etkinliğinin, ek lastik bağlı durumda aynı patinaj değerinde çalıştırılan traktöre göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Çalışma sonuçları, 18.4R46 lastiklerinin 18.4R42 lastiklerine göre çeki avantajı olmadığını göstermiştir. Çalışma sonuçları üzerinde etkili olan yüksek lastik basıncı ve sert zemin özellikleri radyal lastiklerin avantajlarını azaltmıştır. Sonuç olarak, optimum traktör veriminin elde edilebilmesi için, uygun

lastik basıncında ve uygun denge ağırlığı kullanılarak çalışılması gerektiği belirtilmiştir.

McDonald ve ark., (1993), orman koşullarında bir kütük çekici üzerinde kullanılan farklı boyutlardaki diagonal lastiklerin 7 kombinasyonu ve 1 radyal lastik düzenlemelerinin çeki verimlerini değerlendirmişlerdir. 3 diagonal lastik tekerlek kombinasyonu çift (dual) olacak şekilde düzenlenmiştir. İki farklı lastik basıncında denenilen 28L-26s ve 68x43-25s lastiklerinin, en düşük maksimum çeki kapasitesine sahip olduğu saptanmıştır. Çalışmada, net çeki-patinaj modeli sunulmuş ve regresyon kullanılarak parametreler tahmin edilmiştir. Sonuçlar, modelin net çeki-patinaj verilerinin geniş bir değişkenlik oranını dikkate aldığı fakat, net çeki oranı değerlerinin düşük ve yüksek patinajlarda yüksek orta değerdeki patinajlarda düşük olarak tahmin etme eğiliminde olduğunu göstermiştir. Lastik genişliği, patinajın bir fonksiyonu olarak model parametreleri üzerinde etkili görülmemiştir. Test zemininin ise, yol koşullarından daha çok çeki veriminin azalma eğiliminde olduğu tarla koşullarında etkili olduğu saptanmıştır. Tarla koşullarında çeki veriminin azalma eğilimi radyal lastik tekerlekle yapılan denemelerde değil Diagonal lastik tekerlek kombinasyonlarında olduğu vurgulanmıştır.

Srivastava ve ark. (1993) “Tarım Makinalarının Mühendislik Prensipleri” isimli bir yayın hazırlamışlardır. Tarım makinalarında güç kaynakları, hareket iletim sistemleri, traktör üç nokta bağlantı düzeni, traktör çeki teorisi, traktör deneyleri, toprak işleme, hasat mekanizasyonu, kimyasal uygulamalar, taşıma ve iletim tekniği gibi temel konuların incelendiği yayında, traktör ve tarım makinaları ile ilgili genel prensipler ve eşitlikler açıklanmıştır.

Akıncı (1994), çeki kuvveti, ilerleme hızı, patinaj, çeki gücü ve yakıt tüketimi gibi temel verilerin ölçülmesini sağlayan bir bilgisayar destekli ölçme sistemi geliştirmiştir. Bu çalışmada, ülke ve işletme koşullarına uygun verilerin oluşturulması için bilgisayar destekli ölçme sisteminin kurulması, geliştirilmesi ve bu sistem ile farklı uygulama koşullarında; çeki kuvveti, patinaj, çalışma hızı, yakıt tüketimi ve çeki gücü gibi temel işletmecilik verilerinin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bilgisayar destekli ölçme sistemi ile, ağır bünyeli (killi) ve hafif bünyeli (kumlu) iki farklı toprak özelliklerine sahip arazilerde, ülkemizde yaygın olarak kullanılan kulaklı pulluk, dipkazan, çizel, kültivatör ve tırmık gibi toprak işleme makinaları ile farklı iş derinlikleri ve çalışma hızı koşullarında temel işletmecilik verileri ölçülmüştür. Elde edilen verilere ilişkin regresyon analizleri yapılmış ve mekanizasyon

planlaması için farklı uygulama koşullarında kullanılabilecek eşitlikler ve veri tabanları oluşturulmuştur.

Okello ve ark. (1994), lastik tırnaklı bir palet düzeni ile 16.9 R34 (R1 taban deseni) çeki lastiğini arasında çeki verimi farkının belirlenmesi üzerine, tek tekerlek test aracı ile 14 farklı tarla koşulunda iki farklı periyotta denemeler yapmışlardır. Çalışmada elde edilen verilere göre; paletle ait yuvarlanma direnci değerinin lastik tekerleğe kıyasla daha yüksek olduğu, bunun palet yapısındaki iç güç kayıplarından kaynaklandığı, yuvarlanma direncinin toprak sıkışması ve tekerlek izine bağlı olarak değiştiği, bu değişimin paletler için daha az olduğu, çeki katsayısı değerinin palet için daha yüksek olduğu, paletin çeki etkinliğinin daha yüksek yuvarlanma direnci nedeniyle lastik tekerleğe göre daha düşük olduğu, palet için maksimum çeki etkinliğinde çeki katsayısının sürekli olarak daha yüksek, maksimum çeki etkinliğindeki patinajın ise sürekli olarak daha düşük olduğu belirtilmiştir. Sonuç olarak, lastik tabanlı palet ve lastik tekerlek arasında çeki verimi açısından istatistiksel olarak öneli bir farklılığın olmadığı vurgulanmıştır.

Souza ve ark. (1994), beton zemin üzerinde traktör genel verimi için daha önce önerilmiş olan bir yöntemin tarla deneylerinde uygulanabilirliğini kanıtlamaya çalışmışlardır. Verimin değerlendirilmesinde iki değişkeni dikkate almışlardır; birisi, 0.954 ve 0.978 arasında çoklu belirleme katsayılarını oluşturan motor hızı ve torkunun bir fonksiyonu, diğeri ise, 0.965 ve 0.985 arasında çoklu belirleme katsayıları ile, ilerleme hızı ve çeki kuvvetinin bir fonksiyonudur. Çalışmalar, traktörün 4 farklı vites kademesinde ve özel bir toprak zeminde çalıştırılması ile yürütülmüştür. Her iki değişkenin, traktör genel veriminin değerlendirilmesi için uygun olduğu saptanmıştır.

Tan ve ark. (1994), tek çeker bir traktörde, patinajı kontrol etmek için dinamik bir denge ağırlığı sistemi kullanarak traktörün çeki etkinliğini artırmaya çalışmışlardır. Traktörün önünde ve arkasında bağlı olan su tanklarındaki suyun bir bilgisayar komut sistemi kullanılarak, arka aks yada ön aksa doğru transferi ile traktör üzerinde, patinajın kontrolünü sağlayan ağırlık transferi kontrol edilebilmiştir. Çalışmada, denge ağırlığı dağılımındaki değişimlerin patinaj değeri üzerindeki etkilerini belirlemek ve düzenlemek amacıyla bilgisayar kontrollü bir sistem

geliştirilmiştir. Tarla çalışmalarında dinamik yüklenmeler sırasında güvenli çalışmanın sağlanabilmesi için, zeminin eğim durumu ve ön aks üzerindeki ağırlık, sürekli olarak monitörde izlenebilmektedir. Çalışmada sonuç olarak, oluşturulan sistem ile tekerlek patinajındaki değişimlerin önemli oranda azaltıldığı belirtilmektedir. Ayrıca, en yüksek çeki etkinliğinin sağlandığı patinaj değerinde çalışılması sağlanarak, daha iyi yakıt ekonomisi ve iş başarısı ile çalışma verimi önemli düzeyde artırılmıştır.

Wood ve Mangione (1994), traktörlerde doğru lastik basıncında çalışılmasının işletme üzerindeki etkilerinin gösterilebilmesi için, bir tarla demonstrasyonu düzenlemişlerdir. Kooperatif çiftçileri, kıyaslamalarda kullanılmak üzere birbirine benzer özelliklerde ekipman temin etmişlerdir. Çalışmada, farklı boyutlarda 3 traktör ve uygun boyutlarda radyal lastikler (JD8960 / arka-ön:20.8R42; JD8640 / arka-ön:18.4R38, JD4955 / arka:18.4R46,ön:14.9R30) kullanılmıştır. Kullanılan her bir lastik, 7 farklı şişme basıncında (6, 8, 10, 12, 14, 18, 24 psi), tek ve çift düzenlemelerde (çift düzenlemelerde dıştaki lastikler içtekilere göre 2 psi daha düşük basınçlarda şişirilmiştir), farklı ayak sayısı ve boyutlardaki toprak işleme aletleri (7-11 ayaklı çizel) ile aynı koşullardaki zeminde (buğday anızı) çalıştırılmıştır. Yapılan çalışmalarda, her bir lastik tekerlek ve şişme basıncı düzenlemesinde oluşan yakıt tüketimi (L/ha) ve tarla kapasitesi (ha/h) değerlerini belirlemişlerdir. Elde edilen değerler kullanılarak, farklı lastik tekerlek düzenlemelerinin (çift, tek, şişme basıncı) işletme verimliliği üzerindeki etkileri belirlenmiş ve çiftçilerin kullandığı mevcut düzenlemeler değerlendirilmiştir.

Say (1995), Çukurova Bölgesi'nde, killi ve killi-tınlı topraklarda yürütülen "Toprak Penetrasyon Direncinin Toprak Koşulları İle Değişimi ve Matematiksel Modellerin Geliştirilmesi" isimli çalışmada, 30 cm profil derinliğine kadar toprak penetrasyon direnci değerlerini ölçmüştür. Çalışmada belirlenen penetrasyon direnci değerlerinin, 511-2157 kPa arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir.

Sabancı (1997), "Tarım Traktörleri" başlıklı ders kitabında, traktörlerin tanımı ve mekanizasyon içindeki işlevleri, sınıflandırılması, hareket iletim sistemleri, yürütme ve yönlendirme sistemleri ve yardımcı organlar konularını açıklamıştır. Yayın içeriğinde, traktör çeki teorisi, traktörve tekerlek mekaniği, traktörlerde güç ve verim ilişkilerine ait eşitlikler verilmiştir. Traktör deneylerinde kullanılan ölçme alet ve makinalarının özellikleri, deney yöntemleri ve traktör uygunluğu açıklanmıştır.

Bashford ve Kocher (1999), İki farklı zemin koşulunda, iki farklı genişlikte lastik kuşaklı palet (46 cm ve 81 cm) ve iki farklı ölçülerde traktör arka çeki

lastiklerinin (710/70R38 ve 18.4R46) çeki verimleri arasında karşılaştırmalar yapmışlardır. Yapılan karşılaştırmalarda elde edilen sonuçlara göre; maksimum çeki etkinliği değerlerinin, paletler için lastik tekerleklerle kıyasla daha yüksek olduğu ve aradaki farklılığın yüksek dinamik çeki oranında ve daha yumuşak olan işlenmiş toprak zeminde arttığı belirtilmiştir. Verilen bir patinajda dinamik çeki oranı değeri paletlerde lastiklere kıyasla daha yüksek bulunmuştur. Genel olarak paletler, sert toprak zeminde lastik tekerleklerle kıyasla küçük çeki verimi avantajları sağlarken, bu avantajların yumuşak topraklarda daha yüksek olduğu saptanmıştır. İki farklı genişlikteki paletler arasındaki çeki verimi arasında çok küçük farklılıklar olurken, İki farklı ölçüde lastik tekerleklerden daha dar ölçülerde olanının çeki veriminin daha yüksek olduğu vurgulanmıştır.

Frisby (1999), radyal lastik kullanımının diagonal lastik kullanımına kıyasla oluşturduğu maliyet farklılıklarının belirlenmesine yönelik bir araştırma yürütmüştür. Radyal lastik ek maliyetinin geri kazanımıyla ilgili bu çalışmada, diagonal lastiğin hizmet ömrünün ortalama 2500 h olduğunu ve geliştirdiği analiz yönteminde bu değer kullanılması gerektiğini bildirmiştir.

Abu-Hamdeh ve Al-Widyan (2000), sonbahar aylarında, işlenen toprak üzerinde; toprağın işlenme şekli, lastik basıncı ve aks yükünün etkilerini, toprağın fiziksel özelliklerindeki değişimleri (hacimsel kütle, porozite, geçirgenlik) ve denemelerin yapıldığı parsellerdeki ürün verimindeki değişimleri ölçerek değerlendirmişlerdir. Denemelerde elde edilen veriler, geçirgenlik oranının, 0-20 cm arasındaki toprak işleme uygulamalarından önemli düzeyde etkilendiğini göstermiştir. Kuru baza göre belirlenen hacimsel kütle değerleri ve porozite, 0-20 cm arasındaki derinliklerde toprak işleme uygulamalarından, 20-40 cm arasındaki derinliklerde aks yükü ve lastik basıncı değerlerinden etkilenmişlerdir. Çalışma döneminde üretilen ürünlerin verimlerinin, toprağın işlenme özelliklerinden, lastik basıncından ve lastik basıncı ile aks yükleri arasındaki etkileşimlerden etkilendiği belirtilmiştir.

Grisso (2000), traktörlerde yürüme organı olarak diagonal lastik tekerlek yerine radyal lastik tekerlek kullanımı ile oluşacak ek maliyetlerin geri-kazanım periyodunun kolaylıkla belirlenebildiği bir hesaplama yöntemi geliştirmiştir.

Çalışmada, radyal lastik geri-kazanım periyodunun, işletmeden işletmeye değişim gösterebileceğine dikkat çekilerek, zamanda %10 ve yakıt tüketiminde %8’lik tasarruf katsayılarının, işletmenin potansiyel tasarrufları için güvenli bir yaklaşım sağladığı belirtilmiştir. Bu saptaması, arazi ve kullandığı traktörün özellikleri hakkında bazı işletme verilerini bilmeyen çiftçiler için bir yaklaşım sağlamaktadır. Bu katsayıların işletme verilerine bağlı olarak belirlenmesi, geri kazanım sürelerinin hesaplanmasında daha güvenilir bir yaklaşım sağlayacaktır. Geri-kazanım süresi, traktörün yıllık kullanım süresi, İşçi ücreti, yakıt maliyeti, traktör gücü, özgül yakıt tüketimi, alan kapasitesi (ha/h), traktör-alet bağlantısı, denge ağırlığı miktarı ve dağılımı ve bakım uygulamalarına bağlı olarak değişim göstermekte ve lastik ömrü ile ilgili bir değerlendirme koşulu içermemektedir.

Sümer ve ark. (2000), **ek lastik tekerlek ve ek ağırlık kullanımının, traktör çeki verimi üzerindeki etkilerini, Taylor ve ark. (1995) tarafından önerilen çeki veriminin bir göstergesi olan araç sayısı (V_n) ile belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; ek lastik kullanımının ek ağırlık kullanımına kıyasla, tekerlek toprak arasındaki temas alanının traktör araç sayısının artışında daha etkili olduğu belirtilmiştir. Ağır ve orta ağır toprak özellikleri gösteren Çukurova Bölgesi topraklarında yapılan tarımsal işlemlerde, çeki verimi artışı için, tekerlek-toprak temas alanı artışı sağlayan, ek lastik tekerlek kullanımı önerilmiştir.**

Sağlam ve Akdemir (2002), Türkiye’nin kuzey batısı için yıllık traktör kullanım sürelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Sadece kuru tarım ve kuru ve sulu tarım yapılan araziler için traktör yıllık kullanım sürelerinin belirlendiği çalışma sonuçlarına göre, ortalama yıllık kullanım süresi 479.32 h olarak belirlenmiştir. Araştırma tüm koşullar için elde edilen yıllık kullanım süreleri, 107 h/yıl ile 1040 h/yıl arasında değişmektedir.

Keçecioğlu ve Gülsoylu (2002), “Toprak İşleme Makinaları” isimli yayınlarında, toprak teknolojisi, toprak işleme,kulaklı pulluklar, diskli aletler, kuyruk milinden tahrikli toprak işleme makinaları, kùltivatörler,dişli tırmıklar, tohum yatağı

hazırlama kombinasyonları, özel aletler, toprağın bastırılması, traktör-alet eşleşmesinin güç gereksinimi ve iş başarısı, otomatik ayar fonksiyonlu kaldırma mekanizmaları ana başlıkları altında, genel bilgiler vermişler ve konu ile ilgili eşitlikleri açıklamışlardır.

Sümer ve ark. (2003), Türkiye’de, 15 yıllık ekonomik ömür dikkate alınarak, 1987-2001 yıllarını kapsayan döneme ait traktör parkı ve bu parkın temel özelliklerini incelenmişlerdir. Bu inceleme sonucunda elde edilen bilgilerin, tarımsal mekanizasyon düzeyinin etki ve sonuçları konusunda çalışmalar yapan araştırmacılar ve traktör üretimi yapan kuruluşlar için geleceğe yönelik tahminlerin yapılmasında kullanılabilecek bir veri tabanını oluşturacağı düşünülmüştür. Sonuç olarak; 2001 yılı ekonomik traktör parkında 523 169 adet traktör bulunduğu, bu sayının yaklaşık %6’sının farklı marka ve model ithal traktörlerden oluştuğu, ortalama motor gücünün 43.3 kW olduğu, parkta en fazla 40-49.9 kW güç grubunda yer alan traktörlerin (%43) bulunduğu saptanmıştır. Ülkenin tarımsal mekanizasyon düzeyinin değerlendirilmesinde en önemli göstergelerden biri olarak kabul edilen birim alana düşen traktör motor gücü değeri, ekonomik traktör parkı dikkate alınarak 1.24 kW/ha olarak hesaplanmıştır.

Keçecioğlu ve Gülsoylu (2003) tarafından hazırlanan, “Tarım Traktörleri” başlıklı yayında, traktör yapı şekli, traktör yapı elemanları, tekerlek mekaniği, traktör mekaniği, traktör güç aktarma sistemleri, traktör frenleri, traktör hidroliği, traktör dümenleme sistemi, traktör lastikleri, jantlar, traktörlerde devrilme, insan-makine-çevre, çeki ve bağlama elemanları, traktör testleri konuları açıklanmıştır. Traktör lastikleri bölümünde, lastik yapıları, lastik boyutları, lastik özelliklerini belirleyen parametreler incelenmiş ve uygulamalara yönelik önemli bilgiler verilmiştir.

Sümer ve ark. (2004), Türkiye’de üretimi yapılan tarım traktörlerine ait teknik özelliklerin belirlenmesi üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada, Massey Ferguson, New Holland, Universal, Tümosan traktörlerine ve alt modellerine ait teknik özellikler, kullanıcıların genel bir karşılaştırma yapabilmeleri amacıyla, motor, aktarma organları, hidrolik sistemler, yürüme-yönlendirme sistemleri ve

genel boyutlar başlıkları altında sınıflandırılarak sunulmuştur. Oluşturulan her bir sınıflandırma içerisinde yer alan traktör teknik özellikleri ile ilgili genel bilgiler verilmiş ve önemli görülen teknolojik değişimler açıklanmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

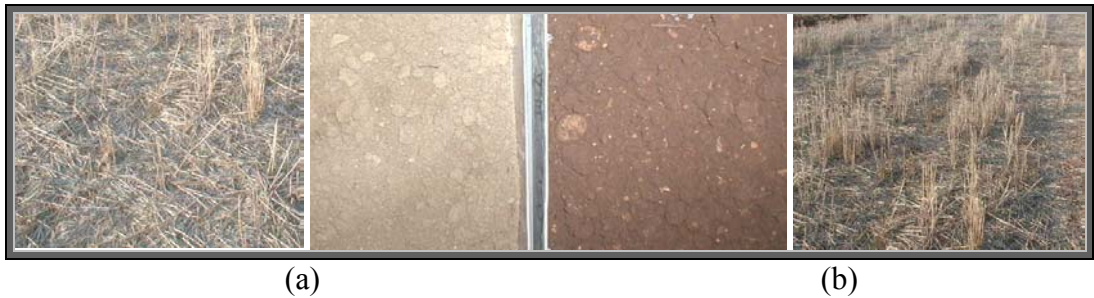
Çalışmada denemeler, buğday anızı ile örtülü farklı tekstüre sahip iki toprak zemin ve beton zemin üzerinde yürütülmüştür. Anızlı ve beton zemin üzerinde yürütülen çalışmalarda farklı ölçme sistemlerinin kullanılması nedeniyle, materyal ile ilgili bilgiler, her bir deneme alanına ait alt başlıklar halinde sunulmuştur.

3.1.1. Tarla Denemeleri

3.1.1.1. Deneme Alanı Özellikleri

Tarla denemeleri, Çukurova Bölgesi toprak yapısını temsil eden farklı bünyede anız ile örtülü 2 deneme alanı üzerinde yürütülmüştür. Deneme alanlarından birisi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde killi bünyeye sahip buğday anızı ile örtülü araziden, diğeri ise Ç.Ü. yakınlarında bulunan Çatalan bölgesinde kumlu-tınlı bünyeye sahip buğday anızı ile örtülü arazi üzerinden seçilmiştir.

Her bir yürüme organı ve farklı düzenlemelerin, traktör verimi üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla, çalışma alanı ve traktör ile ilişkili bazı parametreler seçilmiş ve ölçülmüştür. Çalışma alanı ile ilgili olarak; *toprak hacimsel kütle değerleri, toprak nem içeriği, toprak koni indeksi parametreleri*, traktör ile ilgili olarak; *patinaj, tarla çalışma hızı, net çeki kuvveti, yakıt tüketimi parametreleri* belirlenmiştir. Denemelerin yapıldığı anızlı yapıdaki arazilere ve analizler için alınan toprak örneklerine ait fotoğraflar Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme arazileri, a) Anız ile örtülü kumlu-tınlı deneme alanı ve analiz için alınmış toprak örneği, b) Anız ile örtülü killi deneme alanı ve analiz için alınmış toprak örneği

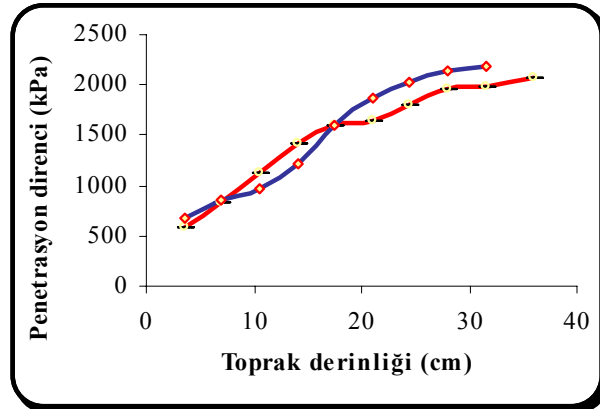
Tarla denemelerinin yapıldığı her iki deneme alanından 3 farklı derinlikten alınan toprak örneklerine göre belirlenen toprak hacimsel kütle ve nem içeriği değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme Alanlarına Ait hacimsel Kütle ve Nem İçeriği Değerleri

Killi (%34.11 Kum; %23.73 Silt; %42.15 Kil)			Kumlu-tınlı (%70.50 Kum; %17.15 Silt; %12.35 Kil)		
Profil (cm)	Nem İçeriği (k.b.), %	Hacimsel Kütle (g/cm ³)	Profil (cm)	Nem İçeriği (k.b.), %	Hacimsel Kütle (g/cm ³)
0-10	8.027	1.2543	0-10	9.6903	1.6454
10-20	10.7783	1.2957	10-20	8.8251	1.6509
20-30	14.0934	1.3450	20-30	6.1136	1.6141

Görüldüğü gibi, killi toprakta nem içeriği değerleri, kumlu-tınlı toprağa kıyasla daha yüksektir ve bu değerler, killi toprakta profil derinliği arttıkça yükselmiş, kumlu toprakta ise azalma göstermiştir. Hacimsel kütle değeri ise, kumlu-tınlı toprakta killi toprağa kıyasla daha yüksektir.

Toprak penetrasyon direnci ölçümleri, denemelerin yürütüldüğü her iki deneme alanında, hacimsel kütle ve nem içeriği değerlerinin belirlenmesi amacıyla toprak örneği alınması işlemi ile eş zamanlı olarak yapılmıştır. Bu ölçümlerde elde edilen verilerin toprak profil derinliğine bağlı değişimleri Şekil 3.2’de verilmiştir.



Şekil 3.2. Toprak penetrasyon direnci değerlerinin toprak profil derinliği ile değişimi.
— Killi, — Kumlu-tınlı

Her iki deneme alanında da toprak penetrasyon direnci, profil derinliğine bağlı olarak artmaktadır. Bu artış 30-40 cm profil derinlikleri arasında, killi toprakta 2077 kPa, kumlu-tınlı toprakta ise yaklaşık 2180 kPa değerine kadar devam etmiştir. Çalışmada seçilen pulluk işleme derinliğindeki (23 cm) penetrasyon direnci değerleri yaklaşık olarak, killi parselde 1800 kPa, kumlu-tınlı deneme alanında ise 2000 kPa değerindedir. Yaklaşık 40 cm toprak profili boyunca ölçülen penetrasyon direnci değerleri, Busscher ve Sojka (1987) tarafından bitki gelişimini engelleyici sınır olarak belirlenen 3000 kPa değerine ulaşmamıştır.

Görüldüğü gibi, kumlu-tınlı deneme alanında ölçülen penetrasyon direnci, killi deneme alanında ölçülen değerlere kıyasla az da olsa daha yüksektir. Kumlu-tınlı deneme alanının nem içeriği değerlerinin, killi deneme alanına göre daha düşük olması ve profil derinliği ile birlikte azalmasının, kumlu-tınlı deneme alanında ölçülen penetrasyon direnci değerlerinin beklendiği gibi düşük olmamasının nedenlerinden olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, belirlenen hacimsel kütle değerlerinin kumlu-tınlı deneme alanı için daha yüksek olması, penetrasyon direnci değerlerindeki bu farklılığın bir göstergesidir.

Say (1995) tarafından, Çukurova Bölgesi'nde, killi ve killi-tınlı topraklarda, 30 cm profil derinliğine kadar toprak penetrasyon direnci değerleri ölçülmüş ve penetrasyon direnci değerlerinin, 511-2157 kPa arasında değişim gösterdiği belirtilmiştir. Bu çalışmada ölçülen penetrasyon direnci değerleri de, Say tarafından belirlenen sınır değerler arasındadır.

Özgüven ve Aydınbelge (1990) tarafından Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yürütülen bir araştırmada da, ağır ve orta ağır topraklarda yaklaşık 50 cm profil derinliğine kadar yapılan ölçüm sonuçlarına göre, penetrasyon direnci değerleri 2000 kPa'ı aşmamıştır.

3.1.1.2. Meteorolojik Veriler

Tarla denemelerinin yürütüldüğü günlerde, çalışma ortamına ait hava sıcaklığı ve bağıl nem farklılıklarının traktör çeki verimi üzerindeki etkisinin gözlenmesi amacıyla, bu değerler, denemeler süresince belirli aralıklarla ölçülmüştür. Ölçülen değerlerin ortalamaları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Ortalama Günlük Sıcaklık ve Bağıl Nem Değerleri

Ölçülen Değerler	Tarla çalışma günleri			
	24.09.2000	25.09.2000	26.09.2000	27.09.2000
Hava sıcaklığı (°C)	29.1	28.2	26.7	27.1
Hava bağıl nemi (%)	57.1	60.0	55.3	56.9

Çizelge incelendiğinde, tarla denemeleri süresince ölçülen ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin önemli oranda değişmediği ve denemelerin aynı ortam koşullarında yapıldığı görülmektedir. Diğer bir ifade ile, ortam koşullarının değişimi, tarla denemelerinde parametreler üzerinde etkili olabilecek düzeylerde değildir.

3.1.1.3. Deneme Traktörü ve Ekipmanı

Denemelerde, 4 tekerleği kuvvet geliştirebilen New Holland 80-66 traktörü (Şekil 3.3) kullanılmıştır. Bu traktöre ait teknik özellikler Çizelge 3.3’de özetlenmiştir.



Şekil 3.3. Ek lastikli New Holland 80-66 Traktörü.

Çizelge 3.3. Tarla Denemelerinde Kullanılan New Holland 80-66 Traktörüne Ait Bazı Teknik Özellikler

Yapım Yılı	1998
Traktör Tipi	Çift Çeker, Lastik tekerlekli, Standart
Motor Özellikleri ⋄ Motor tipi ⋄ Silindir sayısı, adet ⋄ Silindir hacmi, dm³ ⋄ Motor gücü, kW, ⋄ Motor anma devri, d/dak	4 zamanlı, direkt püskürtmeli Diesel 4 3.9 62,6 2500
Hareket İletim Sistemi ⋄ Kavrama ⋄ Hız kutusu ⋄ Diferansiyel ⋄ Son hız azaltma ünitesi	Kuru, diskli Hidrolik, 12 ileri - 12 geri Mekanik kumandalı kilitleme sistemli Pinyon ve cer dişli
Lastik ölçüleri ⋄ Arka ⋄ Ön	18.4/15x30 8 kat 12.4/11x24 8 kat
Toplam kütle (Ek ağırlıklı, Ek lastikli), kg	4290, 4255
Statik yük dağılımı (Ön, Arka)	%40, %60

Toprak yapısı ve yürüme organlarına bağlı olarak traktör çeki veriminin belirlenmesinde traktörün yüklenmesini sağlamada yardımcı olabilecek toprak işleme makinası olarak 3 gövdeli döner kulaklı pulluk (Şekil 3.4) kullanılmıştır. Döner kulaklı pulluğa ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.4’de verilmiştir.



Şekil 3.4. Üç gövdeli döner kulaklı pulluk ve deneme traktörü

Çizelge 3.4. Döner Kulaklı Pulluğa Ait Bazı Teknik Özellikler

İş genişliği, m	0.91
Gövde sayısı, adet	3
Ağırlık, kN	6.83
Uç demiri boyutu, m	0.54
Gövde boyu, m	0.70
Uç demiri tipi	Trapez
Uç demiri kesme açısı, °	35
Çatı yüksekliği, m	1.30

3.1.1.4. Denemelerde Kullanılan Lastiklerin Tip ve Ölçüleri

Çeki özelliklerinin belirlenmesi ve karşılaştırılması amaçlanan Radyal ve Diagonal lastik ölçüleri ve şişme basınçları Çizelge 3.5’de verilmiştir. Kullanılan her iki lastik tipi, standart çeki tabanı desenlidir (R-1).

Çizelge 3.5. Denemelerde Kullanılan Lastiklerin Tip ve Ölçüleri

Lastik Tipi	Lastik Ölçüleri	Lastik Basınçları
Diagonal ▲ Arka çeki	18.4/15x30 8 kat	16 psi

lastiği ▲ Ön çeki lastiği	12.4/11x24 8 kat	20 psi
Radyal ▲ Arka çeki lastiği ▲ Ön çeki lastiği	18.4 R 15x30 8 kat 12.4 R 11x24 8 kat	14 psi 18 psi

Araştırmada kullanılan radyal lastikler Türkiye’de üretimi olmayan ithal lastiklerdir. Tarla denemelerinde lastik şişme basınçları, kullanılan lastik boyut özellikleri ve statik yüklenme miktarlarına bağlı olarak ilgili kataloglar ve yaygın uygulamalar dikkate alınarak belirlenmiştir. Radyal lastik tekerleklerin, yapısal özelliklerindeki farklılıklar nedeniyle, aynı koşullarda diagonal lastiklere göre daha düşük basınçlarda çalıştırılması önerilmektedir. Bu öneri uygulamada kabul görmüştür (Anonymous, 1999a; Anonymous, 1999b).

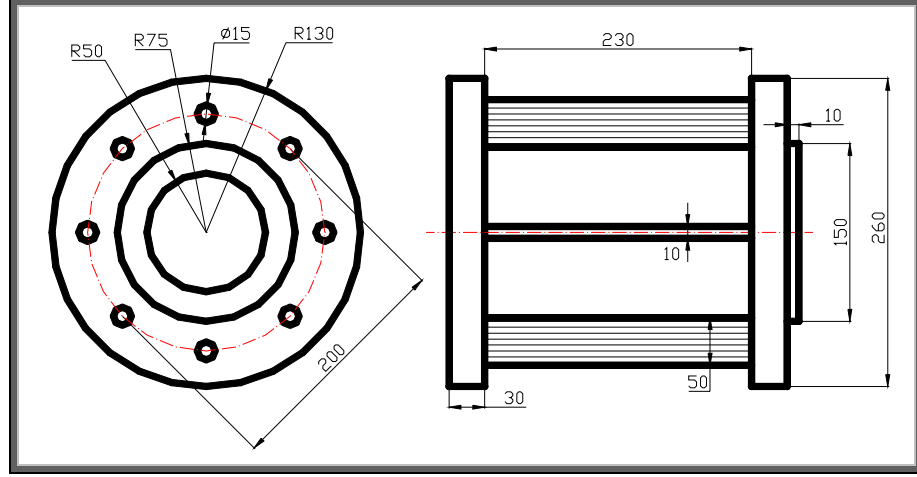
3.1.1.5. Ek Lastik Tekerlek Bağlantı Elemanları

Çalışmada çeki özellikleri belirlenmek üzere, arka aks üzerinde 4 adet lastik tekerlek uygulaması için, her bir arka lastik tekerlek üzerine ek bir lastik tekerlek bağlantısı sağlayan flanşlar kullanılmıştır. Bu bağlantı elemanları, farklı araştırmacılar tarafından daha önce yapılan benzer çalışmalarda öneriler dikkate alınarak, iki lastik yanağı arasında 10 cm mesafe kalacak boyutlarda, Tarım Makinaları Bölümü atölyesinde tasarlanmış ve imal edilmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Ek lastik tekerlek bağlantı elemanları

Ek lastik bağlantı elemanlarının birisine ait boyutlar, Şekil 3.6’da verilen çizim üzerinde belirtilmiştir. Bu bağlantı elemanlarının her birinin kütlesi 45 kg’dır.



Şekil 3.6. Ek lastik tekerlek bağlantı elemanına ait boyutlar (mm)

3.1.2. Beton Zemin denemeleri

Çalışmada, Beton zemin üzerindeki denemeler, Ankara’da Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü’nün deneme alanlarında yürütülmüştür.

3.1.2.1. Deneme Alanı Özellikleri

Denemelerin yapıldığı zemin, temiz, düz ve kuru beton özelliklerini taşımaktadır (Souza ve Milanez, 1991; OECD, 1995). Denemelerin yürütüldüğü beton zeminin bir bölümü Şekil 3.7’de görülmektedir.



Şekil 3.7. Beton Zemin deneme alanı

3.1.2.2. Meteorolojik Veriler

Beton zemin denemelerinin yürütüldüğü günlerde, çalışma ortamına ait hava sıcaklığı ve bağıl nem farklılıklarının traktör çeki verimi üzerindeki etkisinin gözlenmesi amacıyla, bu değerler, denemeler süresince belirli aralıklarla ölçülmüştür. Ölçülen değerlerin ortalamaları Çizelge 3.6’da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Ortalama Günlük Sıcaklık ve Bağıl Nem Değerleri

Ölçülen Değerler	Beton zemin çalışma günleri			
	19.06.2001	20.06.2001	21.06.2001	22.06.2001
Hava sıcaklığı (°C)	28.7	27.9	28.3	27.6
Hava bağıl nemi (%)	37.9	38.4	38.7	39.1

Çizelge incelendiğinde, beton zemin denemeleri süresince ölçülen ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin önemli oranda değişmediği ve denemelerin aynı ortam koşullarında yapıldığı görülmektedir. Diğer bir ifade ile, ortam koşullarındaki değişim, denemelerde ölçülen parametreler üzerinde etkili olabilecek düzeylerde değildir.

3.1.2.3. Deneme Traktörü

Beton zemin denemelerinde de, 4 tekerleği kuvvet geliştirebilen New Holland 80-66 traktörü kullanılmıştır. Bu traktöre ait teknik özellikler Çizelge 3.7.’de özetlenmiştir.

Çizelge 3.7. Beton Zemin Denemelerinde Kullanılan New Holland 80-66 Traktörüne Ait Bazı Teknik Özellikler

Yapım Yılı	2001
Traktör Tipi	Çift Çeker, Lastik tekerlekli, Standart
Motor Özellikleri	4 zamanlı, direkt püskürtmeli Diesel
↗ Motor tipi	4
↗ Silindir sayısı, adet	
↗ Silindir hacmi, dm ³	

^ Motor gücü, kW ^ Motor devri, d/dak	3.9 62,6 2500
Hareket İletim Sistemi ^ Kavrama ^ Hız kutusu ^ Diferansiyel ^ Son hız azaltma ünitesi	Kuru, diskli Hidrolik, 12 ileri - 12 geri Mekanik kumandalı kilitleme sistemli Pinyon ve cer dişli
Lastik ölçüleri ^ Arka ^ Ön	18.4/15x30 8 kat 12.4/11x24 8 kat
Toplam kütle (Ek ağırlıklı, Ek lastikli), kg	4290, 4255
Statik yük dağılımı (Ön, Arka)	%40, %60

3.1.2.4. Deneme Lastikleri ve Ek Lastik Tekerlek Bağlantı Elemanı

Beton zeminde yapılan denemelerde, tarla denemelerinde kullanılan lastik tekerlekler ve bağlantı elemanı kullanılmıştır. Uygulanan lastik basınçları da, tarla denemelerinde uygulanan basınçlar ile aynıdır.

3.1.2.5. Traktör Test Aracı

Denemelerde, beton zeminde traktöre farklı yükler uygulanabilmesini, yakıt tüketimi, hız ve patinaj değerleri ölçümelerini sağlayan, Ankara’da Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü’ne ait bir test aracı kullanılmıştır. Bu test aracı deney traktörüne bağlanmış olarak Şekil 3.8’de görülmektedir.



Şekil 3.8. Traktöre bağlı test aracı

Bu test aracı üzerinde bulunan ölçüm cihazları ve çalışma prensipleri, yöntem bölümünde açıklanmıştır.

3.2. Yöntem

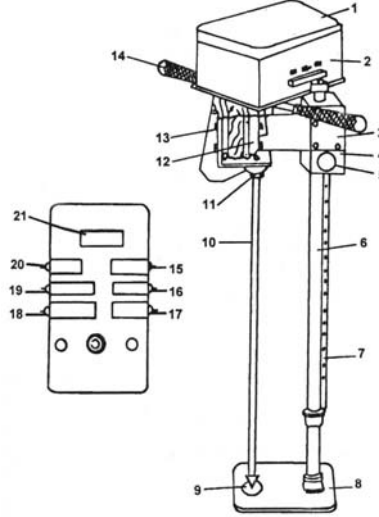
Daha önce de belirtildiği gibi denemeler, buğday anızı ile örtülü farklı bünyede iki toprak zemin ve beton zemin üzerinde yürütülmüştür. Anızlı ve beton zemin üzerinde yürütülen çalışmalarda uygulanan ölçüm yöntemleri arasındaki farklılıklar nedeniyle, yöntem ile ilgili bilgiler, her bir deneme alanına ait alt başlıklar halinde sunulmuştur.

3.2.1. Tarla Denemeleri

3.2.1.1. Toprak Penetrasyon Direnci, Nem İçeriği ve Hacimsel Kütle

Seçilen deneme alanlarının öncelikle toprak özellikleri (toprak penetrasyon direnci, nem içeriği, hacimsel kütle değerleri ve toprak bünye sınıfı) belirlenmiştir.

Toprak penetrasyon direnci ölçümlerinde, 0-525 mm profil derinliği boyunca her 35 mm’de bir okuma yapılabilen bellekli, sayısal göstergeli, 1.283 cm çaplı ve 30° koni açılı uca sahip, Bush marka, hafızalı toprak penetrometresi kullanılmıştır (Anonymous, ...b). Toprak penetrometresine ait açıklamalı bir çizim Şekil 3.9’da verilmiştir.



Şekil 3.9. Toprak penetrometresi. 1-Kontrol paneli, 2- Elektronik kutu, 3- Işık detektörü kapağı, 4- Kılavuz blok, 5- Sabitleme vidası kulu, 6- Ana mil, 7- Aralık ayarlayıcısı, 8- Destek plakası, 9- Konik uç, 10- Konik uç mili, 11- Konik uç mili sabitleme somunu, 12- Veri depolama ünitesi, 13- Piezo elektrik yük hücresi, 14- Kulplar, 15- Peni penetrasyon anahtarı, 16- Kuvvet hesaplayıcısı anahtarı, 17- Aralık sayıcısı anahtarı, 18- Hafızadaki kuvvetleri sıfırlama anahtarı, 19- Aralıkları sıfırlama anahtarı, 20- Açma-kapama anahtarı, 21- Derinlik ve kuvvet okuma ekranı (Say, 1995)

Toprak penetrometresi göstergesinden okunan toprak direnç kuvveti ve koni izdüşüm alanına bağlı olarak, toprak penetrasyon direnci değerleri eşitlik [3.1] kullanılarak hesaplanmıştır (Özgüven ve Aydınbelge, 1990).

$$PD = (F/A) 9.81 \cdot 10^{-2} \dots\dots\dots [3.1]$$

Eşitlikte;

PD =Penetrasyon direnci (MPa),

F = Göstergeden okunan kuvvet değeri (kgf),

A = Konik uç taban alanıdır (1.292 cm²).

Deneme alanlarından üç farklı derinlikten (10, 20 ve 30 cm) 100 cm³ hacimli standart silindirlere alınan bozulmamış toprak örneklerinin kütlesi, kurutma dolabına yerleştirilmeden önce tartılmıştır. Tartılan örnekler, daha sonra 105 °C sıcaklıkta 24 saat süre ile bir kurutma dolabında kurutulmuştur. Bu süre sonunda kurutma dolabından çıkarılan bozulmamış toprak örnekleri tekrar tartılmış, kontrol amaçlı olarak 1-2 saat daha kurutulmuştur. Bir önceki kütle ölçümü ile farklılık görülmediğinde son tartım, toprağın kuru kütlesi olarak değerlendirilmiştir. Kuru baza göre hacimsel kütlenin belirlenmesinde eşitlik [3.2] kullanılmıştır (ASAE, 1987).

$$\rho_b = \frac{M_s}{V_c} 100 \dots\dots\dots [3.2]$$

Eşitlikte;

ρ_b = Kuru baza göre hacimsel kütle (g/cm³)

M_s = Fırından çıkarılan net toprak kütlesi (g)

V_c = Örnek silindirlerin hacmi (100 cm³)

Nem içeriği değerleri ise, bozulmamış toprak örnekleri ile gravimetrik yöntemle göre aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenebilir.

$$P_w = \frac{M_w}{M_s} \dots\dots\dots [3.3]$$

Eşitlikte;

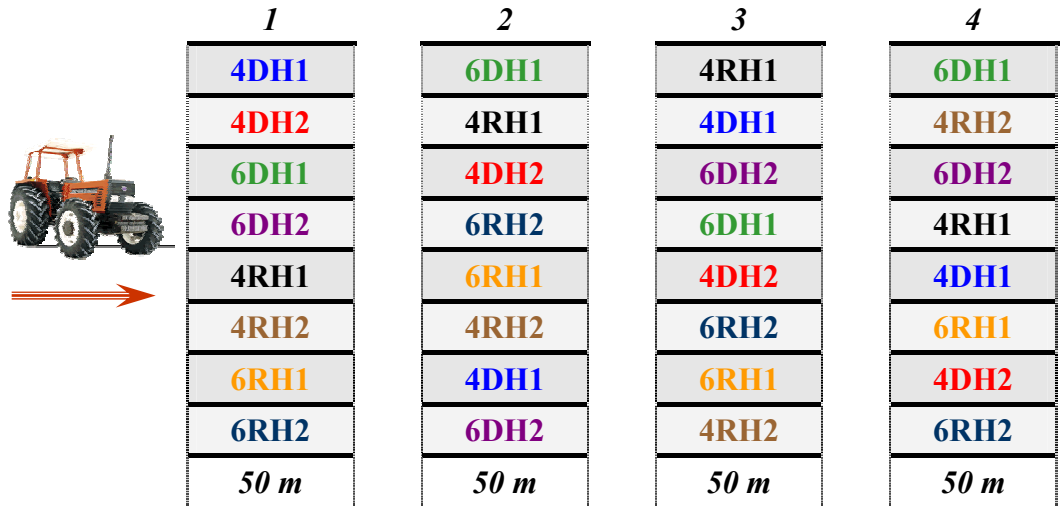
P_w = Toprak nem içeriği (kuru baza göre), %

M_w = Topraktan uzaklaştırılan nem, g

M_s = Nemi uzaklaştırılmış toprak örneği kütlesi, g

3.2.1.2. Deneme Deseni

Tarla denemeleri, Şekil 3.10'da verilen tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür.



Şekil 3.10. Tarla denemelerinde bir deneme alanı üzerindeki 3 faktörlü deneme deseni. [4–6] traktör üzerinde bulunan lastik tekerlek sayısı, [D] Diagonal lastik, [R] Radyal lastik, [H1] Traktörün 1. ilerleme hızı, [H2] Traktörün 2. ilerleme hızı, [1-2-3-4] parselin 4 tekerrür için düzenlenen tesadüf bloklar, [50 m] her bir parsel uzunluğu..

Şekilde görülen deneme deseni, kumlu-tınlı ve killi deneme alanlarında düzenlenerek, traktörün özgül yakıt tüketimi, genel verimi, ilerleme hızı ve patinaj değerleri üzerinde etkili olacağı düşünülen 3 faktörlü denemeler yapılmıştır. Bu faktörler aşağıda kısaca açıklanmıştır.

- Lastik yapısı : Diagonal ve Radyal lastik tekerlek kullanımı,
- Lastik tekerlek sayısı : Ek ağırlık ve ek lastik tekerlek kullanımı,
- Vites kademesi : I-4. ve II-2. vites kademelerinde çalışma.

Çalışmada öncelikle New Holland 80-66 çift çeker traktörü üzerinde bulunan diagonal lastikler, arka kuvvet tekerlekleri üzerinde bağlı bulunan toplam 300 kg ek ağırlık çıkarılmasızın, iki farklı (I-4 ve II-2) vites kademesinde ve traktörü yüklemek

amacıyla kullanılan döner kulaklı pulluğun önceden belirlenmiş 23 cm işleme derinliğinde her iki deneme alanında denenmiştir. Daha sonra, arka kuvvet tekerlekleri üzerinde bulunan ek ağırlıklar çıkarılarak ve her bir arka kuvvet tekerleği yanına aynı ölçülerde birer adet ek diagonal lastik bağlanarak (bağlantı flanşları kullanılarak) aynı denemeler yapılmıştır. Ek lastik tekerlek uygulamalarında, farklı araştırmacılar tarafından daha önce yapılan benzer çalışmalarda önerildiği gibi, dıştaki arka çeki lastikleri, içtekilere göre 4 psi daha düşük basınçta şişirilmiştir (Grisso, 2000). Tüm denemeler, traktörün ön denge ağırlıkları (300 kg) çıkarılmaksızın yürütülmüştür. Bu işlemler, traktör üzerinde bulunan diagonal lastiklerin yerlerine radyal lastikler bağlanarak tekrarlanmıştır.

Denemelerde kullanılan 2 vites kademesi, yapılan ön denemeler ile belirlenmiştir. Ön denemelerde, döner kulaklı pulluğun seçilen 23 cm'lik çalışma derinliğinde, tüm lastik tekerlek düzenlemeleri için, traktörün çeki işlemini kararlı olarak yerine getirebildiği ve uygulamada yaygın kullanılan ilerleme hızları dikkate alınarak, vites kademeleri belirlenmeye çalışılmıştır. Seçilen vites kademelerinde yapılan tüm denemelerde gaz kolu, maksimum ayar konumunda tutulmuştur. Anızlı zemin özelliklerinin homojen yapıda olmasına rağmen, tekerlekler arasında olası devir sayısı farklılıklarını engellemek amacıyla, diferansiyel kilidi denemeler sırasında aktif konumda tutulmuştur.

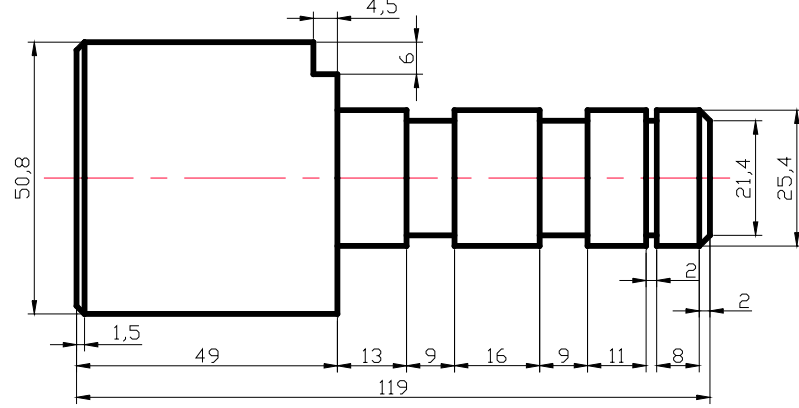
Tarla çalışma hızı, patinaj ve net çeki kuvveti değerlerinin belirlenmesinde, Akıncı (1994) tarafından geliştirilen, 3 kuvvet ölçüm pimi, manyetik algılayıcı, A/D-D/I dönüştürücü ve portatif bilgisayardan oluşan bilgisayar destekli ölçme sistemi kullanılmıştır.

3.2.1.3. Çeki Kuvveti Ölçümü

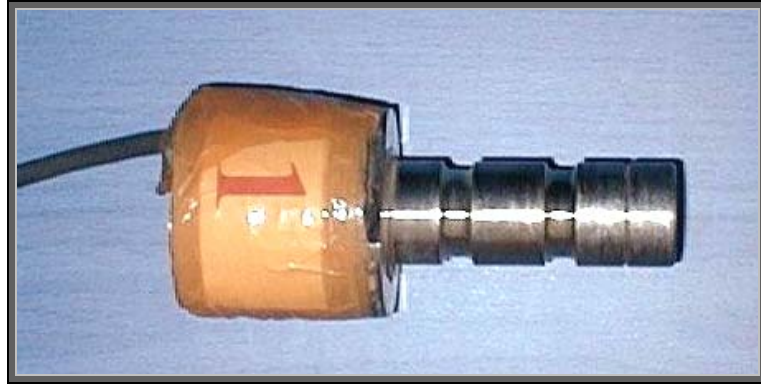
Bir tarım makinası ile çalışmada çeki kuvveti, makinanın çekilmesi için gereksinim duyulan toprak-bitki ile traktör ve tarım makinası ağırlığının yenilmesi için gerekli yuvarlanma direncinden oluşan yatay yönlü kuvvettir (ASAE, 1987).

Araştırmada, çeki kuvveti değerleri, bilgisayar destekli ölçme sisteminde; traktör üç nokta bağlantı düzenine, bağlantı çatısı aracılığıyla yerleştirilen kuvvet ölçerler (kuvvet ölçüm pimleri) ile elde edilmiştir. Çeki kuvveti ölçümünü sağlayan

aynı boyut ve özelliklere sahip 3 adet kuvvet ölçüm pimine ait özellikler Çizelge 3.8’de, fotoğraf ve pime ait ölçüler Şekil 3.11 ve Şekil 3.12’de verilmiştir.



Şekil 3.11. Kuvvet ölçme pimi boyutları, mm (Akıncı, 1994)

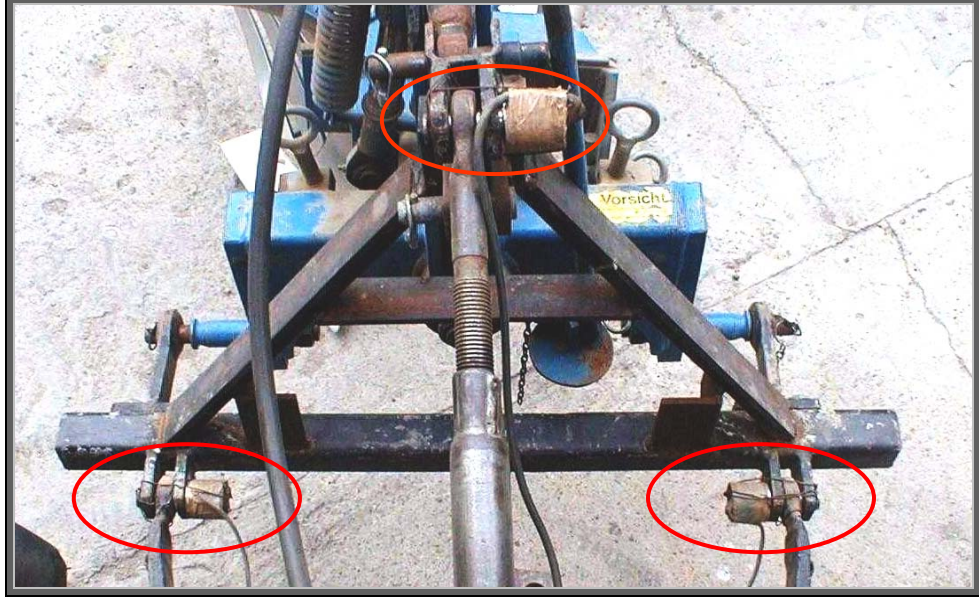


Şekil 3.12. Kuvvet ölçme pimi (Akıncı, 1994)

Çizelge 3.8. Kuvvet Ölçüm Pimine Ait Bazı Teknik Özellikler
(Anonymous,.....c)

Özellikler	
Anma adı	Strainsert Clevis Pin
Model No	CPA-1
Ölçme kapasitesi, kN	55.55
Ölçme duyarlılığı, kN	0.020
Ölçme yönü	Yatay
Köprü direnci, Ω	350 ± 3.5
Uyarma gerilimi, V	6.9 AC
Çıktı gerilimi, mV/V	2
Ağırlık, N	6.20

Kuvvet ölçme pimlerinden alınan veriler, belirli ölçme aralıklarında kaydedilebilmektedir. Ölçme pimleri ve bağlantı çatısı üzerindeki yerleşimleri, Şekil 3.13’de görülmektedir.



Şekil 3.13. Kuvvet ölçüm pimleri ve bağlantı çatısı üzerindeki yerleşimleri

Tarla denemelerinde, traktörün arkasına bağlanan döner kulaklı pulluğun traktöre uyguladığı yük, başka bir ifade ile pulluğun çekilmesi için gerekli çeki kuvveti, pulluğun bağlandığı üç nokta askı düzenindeki kuvvet pimleri ile ölçülen yatay kuvvetlerin vektörel toplamaları ile belirlenmiştir. Buna göre çeki kuvvetinin belirlenmesinde, aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır;

$$[P_{\text{ç}}=P_1+P_2+P_3].....[3.4]$$

Eşitlikte;

$P_{\text{ç}}$ = Çeki kuvveti (kN),

P_1 = Sağ alt bağlantı kolu kuvveti (kN),

P_2 = Sol alt bağlantı kolu kuvveti (kN),

P_3 = Üst bağlantı kolu kuvveti (kN)’dir.

Aktif tarla çalışma süresince ölçme sistemi ile bir saniyelik ölçme aralığında kaydedilen P_1 , P_2 ve P_3 kuvvet değerlerinin aritmetik toplamı alınmıştır.

Bilgisayar destekli ölçme sisteminde, kuvvet ölçme pimlerinden alınan analog sinyaller ve manyetik algılayıcıdan alınan dijital sinyaller, Analog/Dijital-Dijital/Input dönüştürücü ve yükseltici (Amplifikatör) ile bilgisayara aktarılmaktadır. A/D – D/I Dönüştürücüye ait bazı teknik özellikler, Çizelge 3.9’da verilmiştir.

Çizelge 3.9. A/D – D/I Dönüştürücüye Ait Bazı Teknik Özellikler (Anonymous, 1990)

Özellikler	A/D – D/I Dönüştürü	
	Analog Kart	Dijital Kart
Anma adı	PCLD 770 A/D Kart	PCLD 782 D/I Kart
Kanal sayısı, adet	8	16
Güç tüketimi, V; mA	12; 80 maks.	12; 80 maks
Boyut, mm	205 x 11.4	205 x 11.4

Çizelgede görüldüğü gibi, analog kartta 8 kanal, dijital kartta ise 16 kanal bulunmaktadır. Kuvvet ölçme pimleri, analog kart üzerinde 3 kanal bağlantılı, manyetik algılayıcı dijital kart üzerinde 1 kanal bağlantılıdır. Dönüştürücü ve bilgisayarın güç kaynağı, traktör aküsüdür ve 12 volt besleme gerilimine sahiptir (Akıncı, 1994).

Ölçme sisteminde yer alan bilgisayar (Amstrad PPC); taşınabilir, 512 KB RAM ve 2 sürücü özelliklerine sahiptir. Her bir sürücü 720 KB kapasitededir. Bilgisayarda birer adet seri ve paralel çıkış bulunmaktadır. Ölçülen veriler, Turbo Pascal 6.0 programlama dilinde hazırlanmış “Bilgisayar destekli ölçme sistemi kullanım programı” ile derlenmiştir. Portatif bilgisayar, Şekil 3.14’de görülmektedir.



Şekil 3.14. Bilgisayar

3.2.1.4. Tarla Çalışma Hızı ve Patinaj Ölçümleri

Denemelerde seçilen her bir vites kademesindeki traktör ilerleme hızları, deneme parsellerine giriş ve çıkış arasında geçen süre ölçülerek belirlenmiştir. Bu süre bir kronometre ile ölçülmüş ve bilgisayar destekli ölçüm sisteminde verilerin saniyede bir kaydedilmesinden de yararlanılarak, her bir 50 m’lik ölçüm mesafesinde kaydedilen veri sayısı ile kronometre ölçüm değerleri sürekli olarak karşılaştırılmış ve yapılan ölçümlerin doğruluğunun kontrolü sağlanmıştır.

Patinaj değerleri ise, sağ arka tekerleğe sabit olarak yerleştirilen manyetik algılayıcıdan alınan sinyaller yardımıyla hesaplanmıştır. Manyetik algılayıcıya ait bazı teknik özellikler Çizelge 3.10’da verilmiştir.

**Çizelge 3.10. Manyetik Algılayıcıya Ait Bazı Teknik Özellikler
(Anonymous,.....a)**

Özellikler	
Anma adı	Magnetic Transducer
Ölçme hızı, d/d	4800
Maks. Algılama uzaklığı, mm	10
Boyut, mm	11 x 57

Manyetik algılayıcının, sağ arka tekerlek ile aks bağlantısını sağlayan bağlantı noktası üzerindeki yerleşimi, Şekil 3.15’de verilmiştir.



Şekil 3.15. Manyetik algılayıcı

Arka tekerleklerin 1 devrinde, 8 adet algı noktasından alınan sinyaller ile aktif çalışma süresi içindeki tekerlek devir sayısı belirlenmiştir.

Traktörün belirli parsel (50 m) uzunluğu boyunca ilerlemesi sonunda, belirlenen tekerlek devir sayısı kullanılarak, traktörün yüksüz olarak ilerlemesi gereken yol hesaplanmıştır. Bu yol uzunluğu ve parsel uzunluğu arasındaki oran, traktör patinaj değerini vermektedir. Eşitlik (3.5)’de tekerlek patinajının hesaplanma yöntemi daha açık bir şekilde görülmektedir (Akıncı, 1994).

$$P = \left(1 - \frac{L}{L_o} \right) 100 = \left(1 - \frac{L}{\left(\frac{TAS}{ANS} \right) L_a} \right) 100 \dots\dots\dots [3.5]$$

Eşitlikte;

P = Patinaj (%),

L = Traktör arka çeki lastiği tarafından alınan gerçek yol uzunluğu (50 m),

L_o = Traktör arka çeki lastiği tarafından alınan teorik yol uzunluğu (m),

L_a = Arka çeki lastiğinin yüksüz olarak bir devrinde aldığı yol uzunluğu (m),

TAS = Aktif çalışma süresinde arka tekerlek toplam algı sayısı (adet),

ANS = Arka tekerlek algı noktası sayısıdır (8 adet).

3.2.1.5. Çeki Gücünün belirlenmesi

Çeki gücü, traktör çeki kancası veya üç nokta bağlantı düzeni ile çekilir veya asılır tip makinaların çekilmesi için gereksinim duyulan güçtür (Sabancı ve Akıncı, 1990). Diğer bir tanımlamayla çeki gücü, makine ile çalışmada gereksinim duyulan, traktör ve/veya tarım makinasının bitki-toprak içinde veya üzerinde hareket ettirilip taşınması için traktörün kuvvet tekerlekleri tarafından geliştirilen güçtür (Işık, 1988).

Her bir düzenleme için ölçülen net çeki kuvveti ve ilerleme hızı değerleri kullanılarak çeki gücü değerleri eşitlik (3.6) ile hesaplanmıştır (Sabancı, 1997).

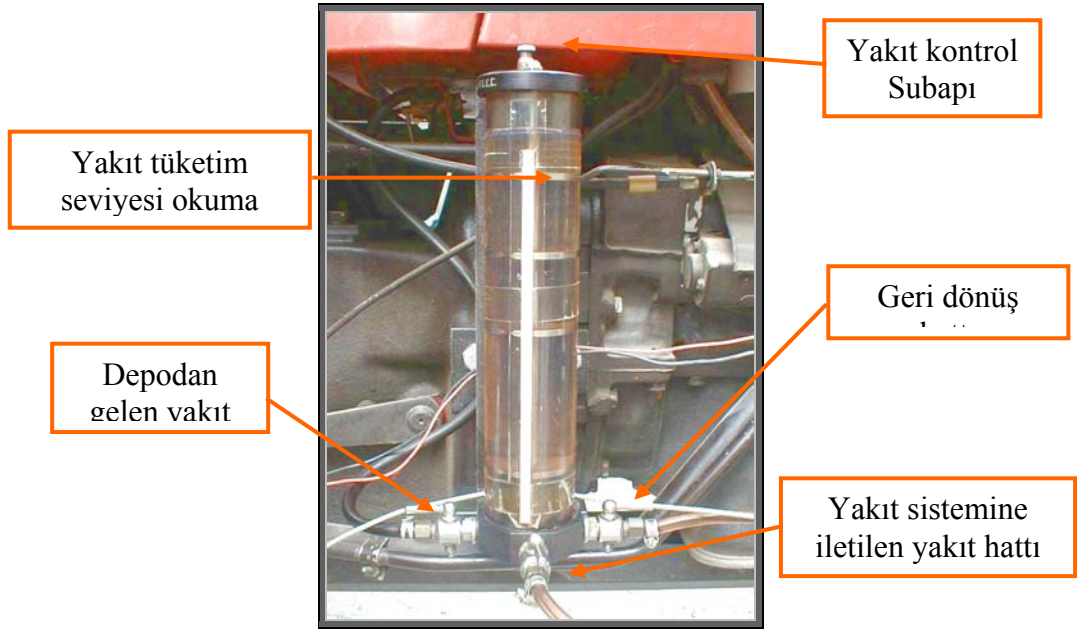
$$N_{\text{ç}} = \frac{P_{\text{ç}} * V}{1000} \dots\dots\dots [3.6]$$

Eşitlikte;

- $N_{\text{ç}}$ = Çeki gücü (kW),
- $P_{\text{ç}}$ = Çeki kuvveti (N),
- V = Traktör ilerleme hızıdır (m/s).

3.2.1.6. Yakıt Tüketimi Ölçümü

Yakıt tüketimi, çalışmada kullanılan traktörün birim zamanda tükettiği yakıt miktarıdır. Tarla denemeleri sırasında yakıt tüketimi ölçümlerinde, traktör yakıt sistemine bağlanan 600 cc hacimli ve üzerinde, depodan gelen yakıt, yakıt pompasına iletilen yakıt ve traktör yakıt sisteminden geri dönen fazla yakıt hatlarının bağlanabildiği üç adet vanalı bağlantı noktası bulunan bir akışmetre kullanılmıştır (Şekil 3.16). Akışmetre üzerinde, tüketilen yakıt miktarının okuma yapılarak belirlendiği bir cetvel (cc) ve akışmetrenin doldurulması, depo ile bağlantının kesilmesi durumunda akışmetre içindeki yakıtın yakıt sistemine iletilmesi gibi işlevleri yerine getiren bir yakıt kontrol subapı da bulunmaktadır.



Şekil 3.16. Traktör yakıt tüketimi ölçümlerinde (tarla koşullarında) kullanılan akışmetre

Her bir tekerrür sonunda akışmetrede okunan yakıt miktarı (L) ve çalışma süresi değerleri ile çalışma koşulları için saatlik yakıt tüketimi değerleri hesaplanmıştır (L/h).

3.2.1.7. Özgül Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi

Özgül yakıt tüketimi, traktörlerin geliştirebildiği birim güce karşılık tükettiği yakıt miktarının ölçüsüdür (OECD, 1995). Hesaplanan çeki gücü değerleri ve birim zamanda tüketilen yakıt tüketim değerleri kullanılarak, her bir çalışma koşulu için özgül yakıt tüketimi değerleri belirlenmiştir. Bunun için Eşitlik (3.7)'den yararlanılmıştır (Sabancı, 1997).

$$\text{ÖYT} = \frac{B_e}{N_\phi} \dots\dots\dots [3.7]$$

Eşitlikte;

ÖYT = Özgül yakıt tüketimi (kg/kW-h),

B_e = Traktör motorunun birim zamanda tükettiği yakıt miktarıdır (kg/h).

Eşitlik (3.7)'de yer alan B_e değerleri, tarla denemelerinde daha önce de belirtildiği gibi L/h olarak belirlenmiştir. Daha sonra bu değerler, Diesel yakıtının özgül yoğunluk değeri (0.827 kg/L) ile kg/h birimine dönüştürülerek kullanılmıştır.

3.2.1.8. Traktör Genel Veriminin Belirlenmesi

Traktör lastik tekerlekleri ile ilgili yapılan düzenlemelerin verimlilik açısından değerlendirilmesinde kullanılan diğer önemli bir parametre olan traktör genel verimi (η) değerleri de eşitlik (3.8) ile hesaplanmıştır (Sabancı, 1997, Souza ve ark., 1994).

$$\eta = \frac{N_e}{N_y} \dots\dots\dots [3.8]$$

Burada; traktör genel veriminin belirlenmesinde yararlanılan yakıt gücü (N_y) değeri, Eşitlik (3.9) ile hesaplanmıştır (Sabancı, 1997).

$$N_y = \frac{B_e H}{3600} \dots\dots\dots [3.9]$$

Eşitlikte;

H = Diesel yakıtının enerji değeridir (41 870 kJ/kg).

Her bir deneme parseli için traktör özgül yakıt tüketimi, traktör genel verimi ve patinaj değerleri üzerinde etkili olacağı düşünülen faktörler 3 faktörlü ve 4 tekerrürlü tesadüf blokları deneme desenine göre analiz edilmiş, ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testiyle karşılaştırılmıştır. Ayrıca, tarla denemelerinde, faktörler arası etkileşimlerin traktör çalışma parametreleri üzerindeki etkileri, oluşturulan çizelge ve grafikler kullanılarak incelenmiştir.

3.2.1.9. Tarla Kapasitesinin Belirlenmesi

Çalışmada, denenen lastik yapıları ve düzenlemelerinin ekonomik analizlerinin yapılması; diğer bir ifade ile, sağlanan avantajların, oluşan ek maliyetlerin geri kazanım süreleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi için Grisso (2000) tarafından geliştirilen bir yöntem kullanılmıştır. Yöntem, birkaç parametre ile birlikte, her bir düzenlemede *tarla kapasitesini* (ha/h) de kullanmaktadır. Bu nedenle, oluşturulan düzenlemeler için, aşağıdaki eşitlik kullanılarak tarla kapasiteleri hesaplanmıştır (Hunt, 1983).

$$TK = \frac{B \cdot V}{10} \dots\dots\dots[3.10]$$

Eşitlikte;

B = İş genişliği (m),

V = Traktör ilerleme hızı (km/h)'dır.

3.2.1.10. Tarla Denemeleri İçin İstatistiksel Analiz

Denemelerden elde edilen veriler aşağıda belirtilen tesadüf parselleri deneme planında faktöriyel deneme tertibine göre SPSS istatistik paket programında analiz edilmiştir.

$$Y_{ijkl} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \gamma_k + (\alpha\beta)_{ij} + (\alpha\gamma)_{ik} + (\beta\gamma)_{jk} + (\alpha\beta\gamma)_{ijk} + e_{ijkl} \dots\dots\dots[3.11]$$

Burada;

Y_{ijkl} = Gözlem değeri (Genel verim, özgül yakıt tüketimi, patinaj)

μ = Populasyon ortalaması,

α_i = i'nci lastik tipinin etki payı,

β_j = j'inci lastik düzenlemesinin etki payı,

γ_k = k'ıncı hızın etki payı,

$(\alpha\beta)_{ij}$ = lastik tipi ve lastik düzenlemesi etkileşiminin etki payı,

$(\alpha\gamma)_{ik}$ = lastik tipi ve hız etkileşiminin etki payı,

$(\beta\gamma)_{jk}$ = Lastik düzenlemesi ve hız etkileşiminin etki payı,

$(\alpha\beta\gamma)_{ijk}$ = Lastik tipi, lastik düzenlemesi ve hız etkileşiminin etki payı,

$$e_{ijk} = \text{Hata.}$$

3.2.2. Beton Zemin Denemeleri

Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü'nde yürütülen çalışmalarda, tarla koşullarındaki uygulamalar bazı değişiklikler ile beton zeminde uygulanmıştır. Bu denemelerde de New Holland 80-66 traktörü ile diagonal ve radyal lastikler kullanılmıştır.

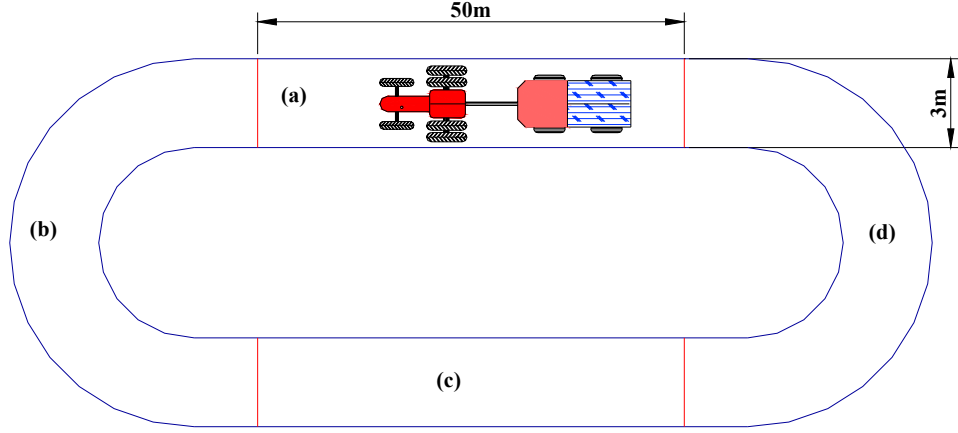
Beton zemin denemelerinde; farklı yürüme organları ve düzenlemelerinde sabit patinaj değerinde (%15), seçilen üç vites kademesinde (II-1, I-4, II-2) traktör genel verimi, yakıt tüketimi, maksimum çeki kuvveti ve maksimum çeki gücü değerleri belirlenmiştir.

Sabit bir tekerlek patinajında beton zeminde yapılan ölçümlerin tarla koşullarında uygulanması, toprak zeminlerin homojen bir yapıda olmaması ve tarla denemelerinde traktörün hız, yük ve patinaj kontrolünü sağlayan bir ölçüm sisteminin oluşturulamaması nedeniyle mümkün olmamıştır.

Bu nedenle, tarla denemelerinde patinaj sabit tutulamamış, fakat farklı çalışma koşullarındaki patinaj değişimi değerlendirilmiştir. Beton zeminde yapılan çalışmalar, tarla çalışmalarında elde edilen veriler ile yapılan değerlendirmeleri tamamlayıcı olması düşünülerek yürütülmüştür.

Denemelerde sabit patinaj koşulunda faktörler arası etkileşimlerin traktör maksimum çeki kuvveti ve maksimum çeki gücü üzerindeki etkileri incelenebilmiştir. Seçilen vites kademelerinde yapılan tüm denemelerde gaz kolu, maksimum ayar konumunda tutulmuştur.

Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü'nde bulunan beton zemine sahip deneme pistinin bir çizimi Şekil 3.17'de görülmektedir.



Şekil 3.17. Beton zemin deneme pisti.

Şekilde görülen deneme pistinde, denemeler, toprak zemine kıyasla oldukça homojen olmasına rağmen, tarla denemelerinde olduğu gibi 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ölçümler, her biri 50 m uzunluğunda olan (a) ve (b) bölümlerinde alınmış ve hazırlanan her bir düzenleme için (Örneğin 4DH1), (a) ve (b) bölümlerinde toplam 4 ölçüm yapılmıştır.

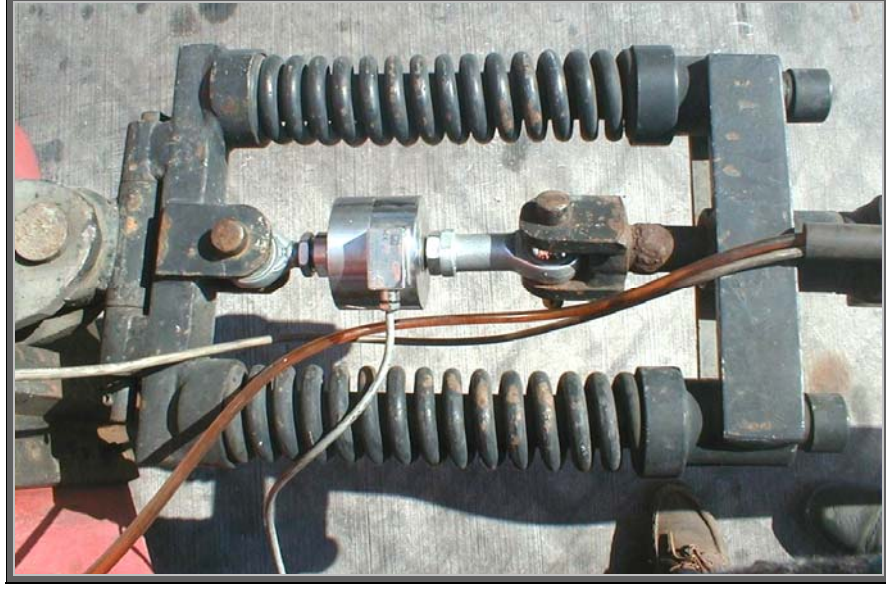
Bir çalışma düzeni ile pistin (d) bölümünden hareket eden traktör ve test aracının, ölçümlerin alındığı (a) ve (b) bölümlerinden çıkış sonrası 4 tekerrür tamamlanıncaya kadar (pist üzerinde 2 tur) (c) ve (d) bölümlerinde de kararlı çalışmanın bozulmaması için vites kademesi ve hızı değiştirilmeden ilerlemesi sağlanmıştır.

Pistin (a) ve (b) bölümlerinin giriş ve çıkışı arasındaki 50 m'lik mesafede; traktör yakıt tüketimi, tekerlek patinajı, maksimum çeki kuvveti, ilerleme hızı değerleri test aracı üzerinde bulunan ölçüm sistemleri ile sürekli olarak ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

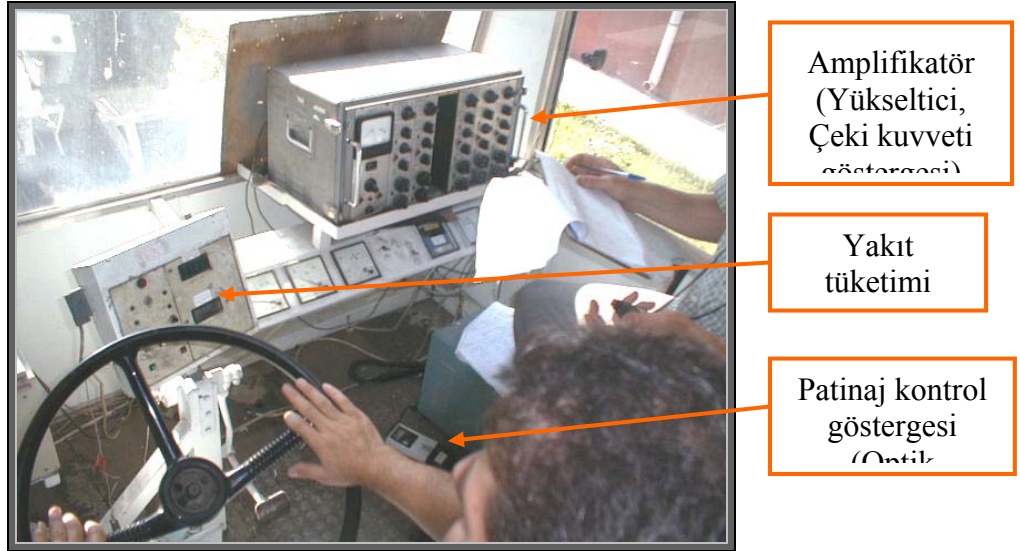
3.2.2.1. Çeki Kuvveti Ölçümü

Çalışmada, çeki kuvveti, diğer bir ifadeyle araç tarafından traktör çeki kancasına uygulanan kuvvet ölçümlerinde, 50 kN ölçme kapasitesinde Hottinger Baldwin Messtechnik HBM-U2B dinamometresi (Şekil 3.18) ve dinamometrede

oluşan yüklerin yükseltilerek okunmasını sağlayan 6 kanallı Hottinger Baldwin Messtechnik KWS/6T-5 amplifikatör (yükseltici) (Şekil 3.19) kullanılmıştır.



Şekil 3.18. Çeki dinamometresi



Şekil 3.19. Ölçümlerle ilgili tüm kontrollerin ve değer okumalarının yapıldığı ön bölüm

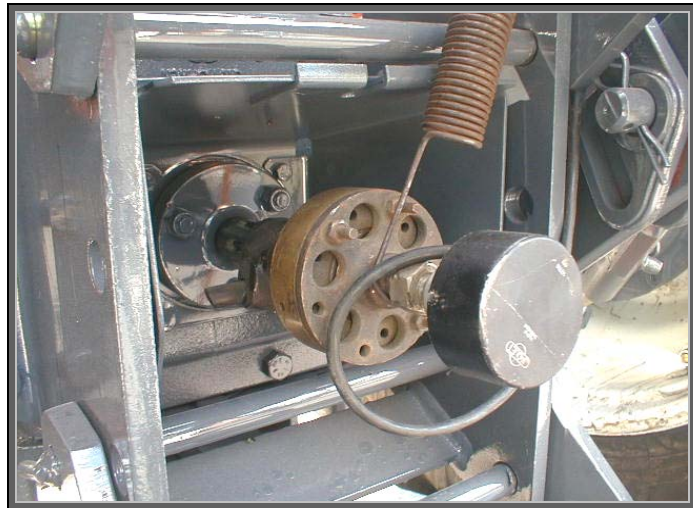
Çalışmada her bir düzenleme için % 15 patinaj koşulunda, test aracı üzerindeki frenleme sistemi kullanılarak, traktör tarafından geliştirilebilen maksimum çeki

kuvveti değerleri belirlenmiştir. Kuvvet ölçümlerinde elde edilen kuvvet değerleri, amplifikatör (yükseltici) göstergesinde (kp) olarak okunmuş ve kaydedilmiştir. Daha sonra bu birimler, kN birimine dönüştürülmüştür.

3.2.2.2. İlerleme Hızı ve Patinaj Ölçümleri

Denemelerde seçilen her bir vites kademesindeki traktör ilerleme hızları, ölçümlerin yapıldığı 50 m'lik beton zemin mesafesine giriş ve çıkış arasında geçen süre ölçülerek belirlenmiştir. Bu süre, bir kronometre ile ölçülmüş ve kaydedilmiştir.

Beton zemin denemelerinde tüm ölçümler, daha önce de belirtildiğı gibi %15 patinaj koşulunda gerçekleştirilmiştir. Patinaj ölçümlerinde, traktörün motor, tekerlek ve kuyruk mili devirleri ve birbirleri arasındaki oranlar kullanılmıştır. Kuyruk mili devri, çalışma anında sürekli olarak ölçülerek patinaj değeri anlık olarak hesaplanmıştır. Kuyruk mili devrinin belirlenmesinde, kuyruk mili üzerine bağı tek kademeli devre kesiciye (Şekil 20) seri bağı, kuyruk milinin her devrinde yanıp sönen bir lamba ve bu lambanın yanıp sönmesini algılayan Testo 4800 optik takometre (Şekil 3.19) kullanılmıştır. Bu ölçüm sisteminde ölçülen anlık kuyruk mili devirleri, çalışma sırasında araç içerisindeki takometre göstergesinden izlenmiştir.



Şekil 3.20. Kuyruk mili devri ölçüm sistemi

Patinaj değerleri, kuyruk mili devrinin temel alındığı aşığıda açıklanan yöntem ile, ölçümler sırasında sürekli olarak kontrol edilmiştir (OECD, 1995).

- (1) Motor/Tekerlek devri oranı (Traktörün üretildiğı fabrikanın Ar-Ge Müdürlüğünden alınmıştır),
- (2) Motor/Kuyruk mili devri oranı (traktörün üretildiğı fabrikanın Ar-Ge Müdürlüğünden alınmıştır),
- (3) Kuyruk mili/Tekerlek devri oranı (1)/(2),
- (4) Tekerlek çevresi,
- (5) Patinaj katsayısı (4)/(3)
- (6) $58.8/(5)$ (%15 patinajın sağlandığı kuyruk mili devri).

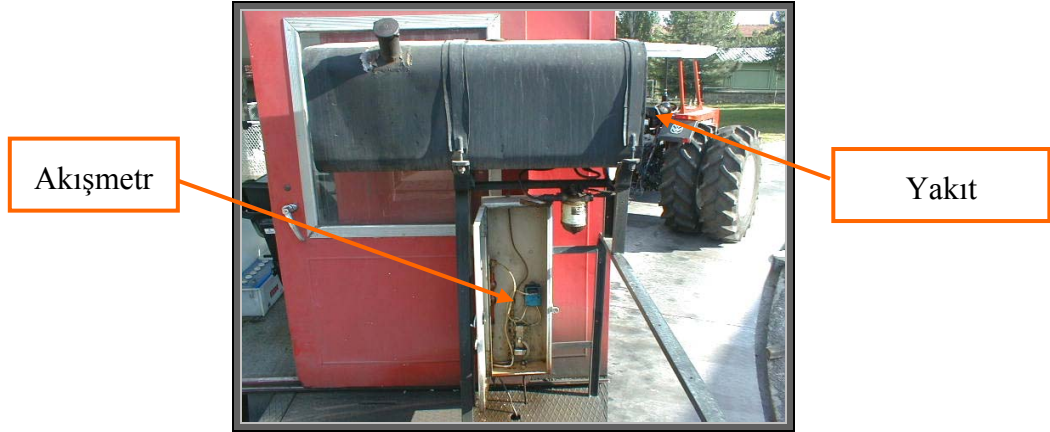
Patinaj katsayısı ile bölünen 58.8 değeri, 50 m’lik bir mesafede tekerleğin %15 patinaj ile çalışması için kat etmesi gereken teorik yol uzunluğudur. Yukarıda açıklanan yöntem ile elde edilen değer, %15 patinajın sağlanması için gerekli olan kuyruk mili devridir. Çalışmada her bir düzenleme ve vites kademesi için ölçümler, önceden hesaplanan %15 patinaj koşulunu sağlayan kuyruk mili devrinde yapılmıştır.

3.2.2.3. Çeki Gücünün Belirlenmesi

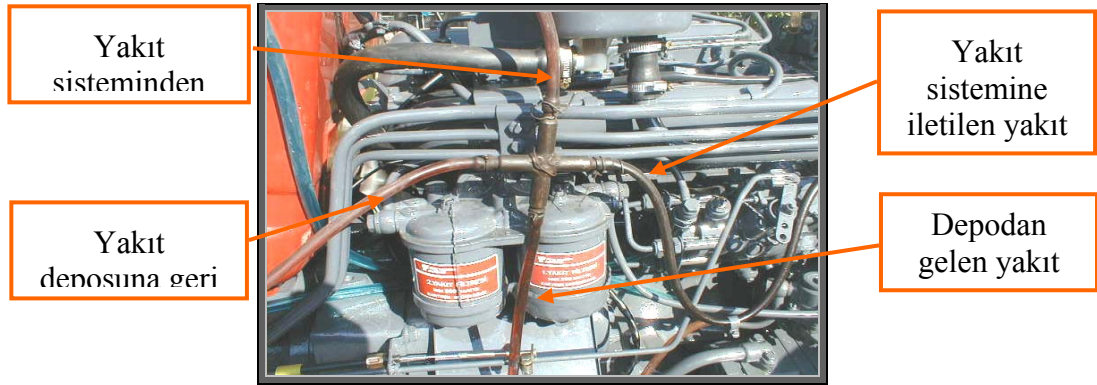
Çeki gücü değerleri, her bir düzenleme için ölçülen net çeki kuvveti ve ilerleme hızı değerleri kullanılarak, tarla denemelerinde çeki gücünün belirlenmesinde kullanılan eşitlik (3.6) ile hesaplanmıştır. Denemelerde kp olarak ölçülen çeki kuvveti değerleri, kN birimine dönüştürülmüş ve eşitlik içinde bu birim ile kullanılmıştır.

3.2.2.4. Yakıt Tüketimi Ölçümü

Yakıt tüketimi, çalışmada kullanılan traktörün birim zamanda tükettiğı yakıt miktarıdır. Yakıt tüketimi ölçümlerinde, test aracının arka bölümünde bulunan bir yakıt deposu, optik algılayıcılı bir akışmetre (Şekil 3.21) ve traktör yakıt sistemine bağlantı sağlayan yakıt iletim boruları (Şekil 3.22) kullanılmıştır.



Şekil 3.21. Yakıt deposu ve optik algılayıcılı akışmetre



Şekil 3.22. Traktör yakıt sistemine bağlantı sağlayan yakıt iletim boruları

Her bir düzenleme için yakıt tüketimi değerleri, 50 m'lik deneme mesafesinde çalışılması sırasında 25 cc'lik yakıtın tüketilme süresi belirlenerek hesaplanmıştır. Bu süreler kullanılarak, her bir çalışma koşulundaki saatlik yakıt tüketimi değerleri (l/h olarak) belirlenmiştir. Elde edilen bu değerler, yakıt yoğunluğunun 0.827 g/cm^3 olduğu dikkate alınarak kg/h birimine dönüştürülmüştür.

3.2.2.5. Özgül Yakıt Tüketiminin Belirlenmesi

Yapılan denemelerde elde edilen çeki gücü ve yakıt tüketimi değerleri kullanılarak, her bir çalışma koşulu için özgül yakıt tüketimi değerleri belirlenmiştir.

Bunun için tarla denemelerinde özgül yakıt tüketimi değerlerinin belirlenmesinde kullanılan eEşitlik (3.7)'den yararlanılmıştır.

3.2.2.6. Traktör Genel Veriminin Belirlenmesi

Traktör lastik tekerlekleri ile ilgili yapılan her bir düzenleme için traktör genel verimi (η) değerleri, tarla denemelerinde traktör genel verimi değerlerinin belirlenmesinde kullanılan Eşitlik (3.8) ve (3.9) kullanılarak hesaplanmıştır.

3.2.2.7. Beton Zemin Denemeleri İçin İstatistiksel Analiz

Denemelerden elde edilen veriler Eşitlik (3.11)'de belirtilen tesadüf parselleri deneme planında faktöriyel deneme tertibine göre SPSS istatistik paket programında analiz edilmiş, ortalamalar arası farklılığı görebilmek için Duncan çoklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur. Bu modelde, tarla deemelerinden farklı olarak, beton zemin denemelerinde gözlem değerleri; maks. çeki kuvveti, maks. çeki gücü, genel verim ve özgül yakıt tüketimi parametreleridir.

3.2.3. Radyal ve Ek lastik Maliyetinin Geri Kazanım Periyotlarının Belirlemesi

Radyal ya da diagonal lastik seçiminde, maliyet-kazanım analizinin de dikkate alınması gereklidir. Bilindiği gibi radyal lastiklerin sağladığı bir çok avantajın yanında satın alma bedeli diagonal lastiklere kıyasla daha yüksektir. Radyal lastik tekerleğin avantajlarının ek maliyetini dengelemesi, traktörün kullanım şekline bağlıdır. Özellikle, radyal lastikler için geri-kazanım, birincil ve ikincil toprak işleme aletleri gibi

traktör üzerinde tam yüklenmeler oluşturan makinalar ile yapılan tarımsal işlemler ile sağlanabilmektedir.

Herhangi bir traktör için geri-kazanım periyodu, Grisso (2000) tarafından geliştirilen bir hesaplama yöntemi ile kolaylıkla belirlenebilmektedir.

Radyal lastik geri-kazanım periyodu, işletmeden işletmeye değişim gösterebilmektedir. Fakat Grisso (2000), zamanda %10 ve yakıt tüketiminde %8'lik tasarruf katsayılarının, işletmenin potansiyel tasarrufları için güvenli bir yaklaşım sağladığını belirtmiştir. Grisso'nun bu saptaması, arazi ve kullandığı traktörün özellikleri hakkında bazı işletme verilerini bilmeyen çiftçiler için bir yaklaşım sağlamaktadır. Bu katsayıların işletme verilerine bağlı olarak belirlenmesi, geri kazanım sürelerinin hesaplanmasında daha güvenilir bir yaklaşım sağlayacaktır. Geri-kazanım süresi, traktörün yıllık kullanım süresi, işçi ücreti, yakıt maliyeti, traktör gücü, özgül yakıt tüketimi, alan kapasitesi (ha/h), traktör-alet bağlantısı, denge ağırlığı miktarı ve dağılımı ve bakım uygulamalarına bağlı olarak değişim göstermekte ve lastik ömrü ile ilgili bir değerlendirme koşulu içermemektedir. Grisso tarafından geliştirilen bu yönteme ait adımlar aşağıda verilmiştir.

Karşılaştırma Yöntemi Adımları

A-Temel Bilgiler

- 1) Traktör Gücü (pto), kW
- 2) Ağır koşullar için yıllık kullanım süresi, h
- 3) İşçi ücreti, €/h
- 4) Yakıt : $L/kW-h * pto-kW * €/L = \text{yakıt maliyeti} = €/h$

Burada, traktör gücü olarak traktörün yıl boyunca ortalama %75 oranında yüklendiği varsayılarak maksimum kuyruk mili (pto) gücünün %75'i alınmıştır. Bu gücün özgül yakıt tüketimi ve yakıtın birim fiyatının çarpılması ile, birim zamanda tüketilen yakıt maliyeti bulunmaktadır. Yıllık kullanım süresi, traktörün ağır

koşullarda (yaklaşık %75 yüklenme koşullarında) çalıştırıldığı süreyi ifade etmektedir.

B- Radyal Lastikler İçin Ek Maliyet

1) Radyal Lastikler:

a) Arka lastik boyutları: lastik sayısı * €/adet = €

b) Ön lastik boyutları : lastik sayısı * €/adet = €

Toplam ön ve arka radyal lastik maliyeti (B1a)+(B1b) = €

2) Diagonal Lastikler:

a) Arka lastik boyutları: lastik sayısı * €/adet = €

b) Ön lastik boyutları : lastik sayısı * €/adet = €

Toplam ön ve arka diagonal lastik maliyeti (B2a)+(B2b), €

3) Radyal Lastik Kullanımı İçin Ek Maliyet:

Toplam radyal lastik maliyeti, € - Toplam diagonal lastik maliyeti, € = €

Bu bölümde, traktörün ön ve arka aksında 2'şer adet lastik tekerlek bağlı olması durumunda radyal lastikler için ek maliyet belirlenebilmektedir.

Ek maliyetin hesaplanmasında kullanılan satın alma bedelleri, piyasada diagonal ve radyal lastik satışının birlikte yapıldığı 3 farklı firmadan elde edilen değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Buna göre, 18.4-15/30 8 boyutlarında arka çeki lastiğinin diagonal ve radyal yapı için satın alma bedelleri sırasıyla 315 € ve 540 € olarak belirlenmiştir. 12.4-11/24 8 ön çeki lastiğinin satın alma bedelleri ise diagonal ve radyal yapı için sırasıyla 120 € ve 225 €'dur.

Traktörün arka aksında ek lastik tekerlek uygulamasının yapıldığı durumlarda, oluşan ek maliyetler ise aşağıda verilmiştir.

4) Arka Aks Üzerinde Ek (Çift) Lastik Kullanım Maliyeti (€)

Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı, € * 2 = Çift lastik kullanım maliyeti, €

Traktörün arka aksına ek lastik tekerlek bağlantısı için, ikişer adet jant, iç lastik ve bağlantı elemanının kullanılması gerekmektedir. Bu durumda, belirlenen ek lastik uygulama maliyeti, radyal ILastik Kullanımı için belirlenen ek maliyete eklenmektedir.

Jant ve iç lastiğin satın alma bedelleri, bu ürünlerin satışını yapan 4 ayrı firmadan elde edilmiş ve ortalamaları dikkate alınmıştır. Bağlantı elemanı ise Türkiye’de uygulamasının olmaması nedeniyle, tasarımı ve imalatı aşamasında oluşan giderler dikkate alınarak tahmini bir bedel belirlenmiştir. Bu durumda, ek lastik uygulamasının maliyeti, aksın sadece bir tarafı için (çeki lastiği hariç) 250 € olarak bulunmuştur.

C- Zaman ve Yakıt Tasarrufları

1) Zaman tasarrufu:

a) Ağır koşullar için yıllık kullanım süresi (A2): $h * \text{Katsayı} = h/\text{yıl}$

b) Zaman tasarrufu, $h/\text{yıl} * (A3)$, $\text{€}/h = \text{€}$

2) Yakıt Tasarrufu:

a) Ağır koşullar için yıllık kullanım süresi (A2), $h * \text{Katsayı} = h/\text{yıl}$

b) Zaman tasarrufu, $h/\text{yıl} * (A4)$, $\text{€}/h = \text{€}$

3) Toplam Tasarruf:

$(C1b) + (C2b) = \text{€}$

Zaman tasarrufu ve yakıt tasarrufunun belirlenmesi için, tarla denemelerinde elde edilen veriler kullanılarak bazı katsayılar hesaplanmıştır. Diagonal lastik yerine radyal lastik kullanılması durumunda, zaman tasarrufu ve yakıt tasarrufu için belirlenen katsayı 0.03’dür. Yakıt tasarrufu katsayısı, tüm koşullar için radyal ve diagonal lastik tekerlekler ile çalışılması durumunda belirlenen özgül yakıt tüketimlerinin ortalamaları arasındaki oransal farkı ifade etmektedir. Zaman tasarrufu katsayısı ise, traktörün radyal ve diagonal lastik tekerlekli olarak çalıştırılması durumunda belirlenen alan kapasiteleri (ha/h) arasındaki oransal farktır. Diagonal lastik yerine radyal lastik kullanımının yanında, arka aks üzerinde ek ağırlığa alternatif olarak ek lastik tekerlek kullanılması durumunda ise, zaman ve yakıt tasarrufları için belirlenen katsayılar sırasıyla, 0.07 ve 0.12’dir.

Bu değerler, istatistiksel analizler sonunda belirlenmiştir ve killi ve kumlu-tınlı toprak için elde edilen değerlerin ortalamasıdır. Her iki çalışma alanında elde edilen verilerin benzer olması nedeniyle bu değerlerin ortalaması, anızlı araziye temsil eden oranlar olarak kabul edilmiştir.

D- Geri kazanım periyodu:

İlk yıl net tasarruf: $(C3)-(B3) = \text{€}$,

Ek maliyet (B3), € / Yakıt ve zaman tasarrufları (C3), € = €

İlk yıl net tasarruf sonucu pozitif ise, bu durum, ilk yıl sonunda ek maliyetin geri kazanıldığını ve elde edilen pozitif değerin tasarruf miktarı olduğunu ifade etmektedir. Sonucun negatif olması durumunda ise, ilk yıl geri kazanımın sağlanamadığını ve kazanım miktarının negatif değer kadar eksik olduğu anlaşılmaktadır.

Negatif değerin bulunması durumunda, geri kazanımın kaçınıcı yılda gerçekleştiği ya da başa baş noktası, ek maliyetin 1 yıl için elde edilen toplam tasarruf miktarına bölünmesi ile belirlenmektedir. Sonucun 1 değerinin altında olması, geri kazanımın (baş baş noktasının) ilk yıl içinde gerçekleştiğini göstermektedir.

Adımlar halinde açıklanan bu yöntemle göre, radyal 4 lastikli (Ek ağırlıklı) ve 6 lastikli düzenlemeler için geri kazanım periyotları belirlenmiştir.

Hesaplamalarda; traktör gücü 47 kW, işçilik ücreti olarak traktör sürücüsünün saatlik ücretine karşılık gelen 1.1 € ve birim yakıt fiyatı 0.8 € değerleri kullanılmıştır. Özgül yakıt tüketimi değerleri ise, tarla denemelerinde elde edilen değerlerdir. Hesaplamalarda kullanılan işçilik ücreti, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde, traktör sürücüleri için uygulanan saatlik ücrettir.

Geri kazanım periyodu, traktörün bu koşullarda yıllık 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 800, 900, 1000 saat kullanıldığı varsayılarak ayrı ayrı hesaplanmıştır. Türkiye’de traktör yıllık kullanım saatinin belirlenmesine yönelik ülke genelini kapsayan bir çalışma yapılmamıştır. Fakat, bölge bazında bazı küçük araştırmalar ve anket çalışmaları yürütülmüştür.

Sabancı ve Özgüven (1986), Çukurova Bölgesi’nde ekonomik traktör kullanımına etkili faktörlerin belirlenmesi üzerinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışma kapsamında birkaç faktör ile birlikte, traktörün ekonomik kullanımına etkili faktörlerden birisi olan yıllık kullanım süreleri de incelenmiştir. Yapılan anket

sonuçlarına göre, tüm işletmeler ortalaması olarak yıllık traktör kullanım süresinin 727.46 saat, tek traktörlü işletmelerde ise 547.50 saat olduğu bildirilmiştir.

Sağlam ve Akdemir (2002), Türkiye'nin kuzey batısı için yıllık traktör kullanım sürelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma yürütmüşlerdir. Sadece kuru tarım ve kuru ve sulu tarım yapılan araziler için traktör yıllık kullanım sürelerinin belirlendiği çalışma sonuçlarına göre, ortalama yıllık kullanım süresi 479.32 h olarak belirlenmiştir. Araştırmada, tüm koşullar için elde edilen yıllık kullanım süreleri, 107 h/yıl ile 1040 h/yıl arasında değişmektedir.

Demirci (1986), ekonomik bir kullanım için traktör kullanım süresinin en az 650 h/yıl olması gerektiğini ve 850-1000 h/yıl arasındaki kullanımların ise traktörün efektif kullanıldığı aralık olduğunu bildirmiştir.

Bu nedenlerle geri kazanım periyodu hesaplamalarında traktör yıllık kullanım süreleri 100 ile 1000 h/yıl arasında seçilmiştir. Bu çalışmada, anızlı arazilerde yapılan denemeler, çiftçiler tarafından benzer koşullarda yapılan uygulamaları temsil eder bir niteliktedir. Beton zemin ise, bir kıyaslama zemini olarak kullanılmıştır ve benzer özelliklere sahip bir tarım arazisi yoktur. Bu nedenlerle, geri kazanım periyotları, sadece anızlı arazi uygulamaları için hesaplanmıştır.

Bu durumda, anızlı zemin için; Diagonal 4 ve 6 lastik yerine Radyal 4 ve 6 lastik kullanımları için geri kazanım periyotları belirlenmiştir. Bu amaçla, Microsoft Excel programında ilgili hesaplamaların yapıldığı bir çizelge oluşturulmuş ve bu çizelge üzerinde veriler değiştirilerek, kolay ve hızlı bir şekilde istenilen koşul için geri kazanım periyotları belirlenmiştir. Sonuç olarak, yıllık kullanım saatlerine bağlı olarak değişim gösteren geri kazanım periyotları incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

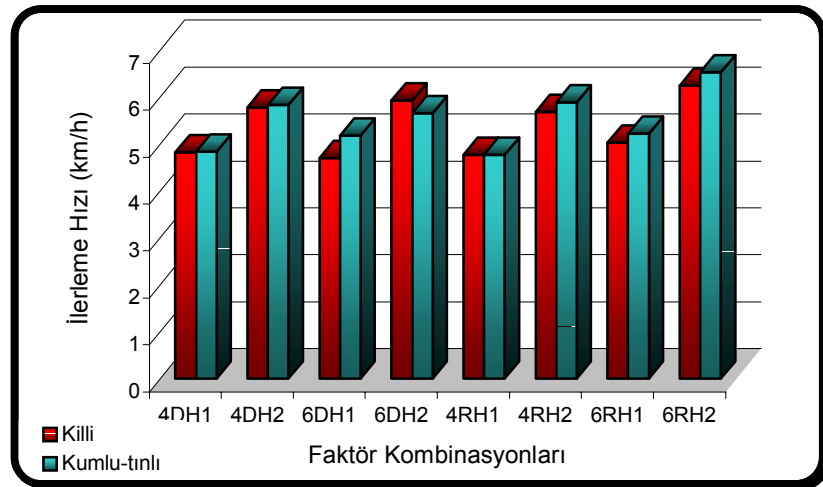
Tarla ve beton zemin üzerinde yürütülen denemelerde elde edilen veriler, tarla denemeleri ve beton zemin denemeleri başlıkları altında incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

4.1. Tarla Denemeleri

Tarla denemelerinde, radyal-diagonal lastik yapıları, lastik tekerlek düzenlemeleri ve iki farklı vites kademesi arasında oluşturulan kombinasyonların, patinaj, özgül yakıt tüketimi ve traktör genel verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

4.1.1. Traktör İlerleme Hızı ve Tarla Kapasitesi

Denemeler, daha önce de belirtildiği gibi, yapılan ön denemelerde belirlenen I-4 ve II-2 vites kademelerinde yürütülmüştür. Bu vitesler ile yapılan denemelerde, ele alınan 3 faktörün kombinasyonları, ilerleme hızı değerleri üzerinde etkili olmuştur. İlerleme hızlarında oluşan değişimler, faktör kombinasyonlarının patinaj üzerinde oluşturduğu etkiler ve patinaj değerinin tüm kombinasyonlarda değişim göstermesi ile açıklanabilir. Faktör kombinasyonlarına bağlı her iki deneme alanındaki ilerleme hızı değişimleri, Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1. Traktör ilerleme hızının faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Şekil 4.1'e göre, iki deneme alanı arasında önemli bir farklılık görülmemekle birlikte, II-2 (H2) vites kademesindeki ilerleme hızı değerleri, I-4 (H1) vites kademesindeki hız değerine göre daha yüksektir.

Ayrıca, ek lastik tekerlek kullanımının patinaj üzerindeki azaltıcı etkisi nedeniyle (bu etki, patinaj verilerinin incelendiği bölümde açıklanmıştır), ilerleme hızında da artış sağlandığı gözlenmiştir.

Çalışmada denenen lastik tekerlek düzenlemelerinin ilerleme hızı ve patinaj üzerinde oluşturdıkları etki dikkate alınarak, her bir düzenleme için tarla kapasiteleri de belirlenmiştir. Çalışmada seçilen vites kademelerinde, elde edilen ilerleme hızı, patinaj ve tarla kapasitesi değerleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Seçilen Vites Kademeleri İçin İlerleme Hızı, Patinaj ve Tarla Kapasitesi Değerleri

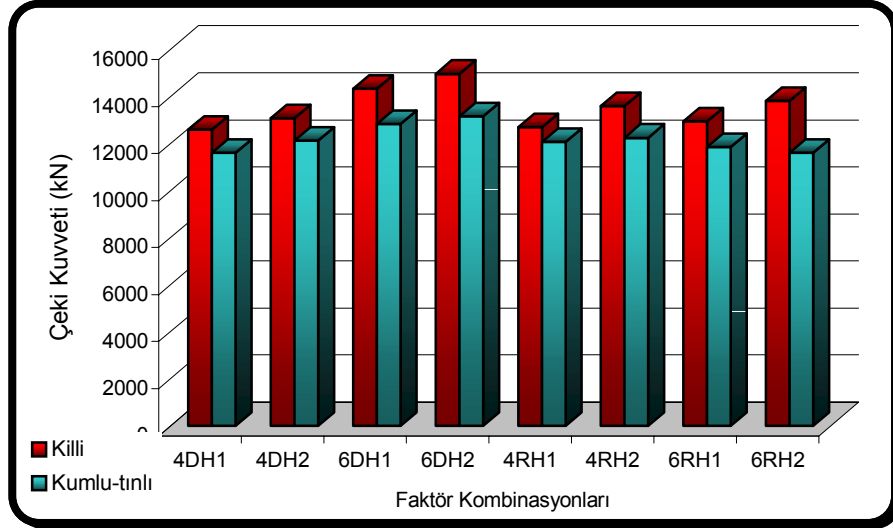
Vites Kademeleri	Etkileşimler	Killi			Kumlu-tınlı		
		İlerleme Hızı (km/h)	Patinaj (%)	Tarla Kapasitesi (ha/h)	İlerleme Hızı (km/h)	Patinaj (%)	Tarla Kapasitesi (ha/h)
I-4. Vites	4DH1	4,66	15.85	0.42	4,70	17.31	0.43
	4RH1	4,83	14.11	0.44	4,84	15.20	0.44
	6DH1	4,70	11.68	0.43	5,18	13.01	0.47
	6RH1	5,04	9.96	0.46	5,22	9.94	0.48
II-2. Vites	4DH2	5,62	20.10	0.51	5,65	19.37	0.51
	4RH2	5,79	20.80	0.53	5,78	20.49	0.53
	6DH2	5,94	13.08	0.54	5,77	12.61	0.53
	6RH2	6,24	12.21	0.57	6,54	12.05	0.60

Her iki deneme alanında elde edilen tüm hız değerleri dikkate alındığında, diagonal ve radyal lastik kullanımının ilerleme hızı ve tarla kapasitesi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı anlaşılmaktadır (%3). Her iki vites kademesinde, arka tekerleklere ek ağırlık bağlanarak çalışılmasına bir alternatif olan ek lastik tekerlek uygulamasında ise, ilerleme hızında ve tarla kapasitesinde ortalama %7 oranında bir artış belirlenmiştir. Tarla denemelerinin tümünde iş genişliği 0.91 m olan bir pulluk kullanılması ve traktör ilerleme hızı ile iş genişliğinin tarla kapasitesinin birer fonksiyonu olması nedeniyle, hesaplanan tarla kapasitesi değerleri, faktör kombinasyonlarına bağlı hız değişimleri ile aynı oranlarda değişim göstermiştir.

Patinaj değeriindeki değışimler, “Deneme Faktörleri ve Traktör Verimi” başlığı altında görüleceğı gibi, sadece ilerleme hızında değil, traktör çeki gücü, genel verimi ile özgül yakıt tüketimi değeri üzerinde de etkili olmuştur. Örneğın, ek lastik kullanımı ile ilerleme hızında oluşan artış, traktör çeki gücü değeri de artırmaktadır. Traktör çeki gücündeki artış, traktör genel verimini artırırken, özgül yakıt tüketimini azaltmıştır.

4.1.2. Çeki Kuvveti

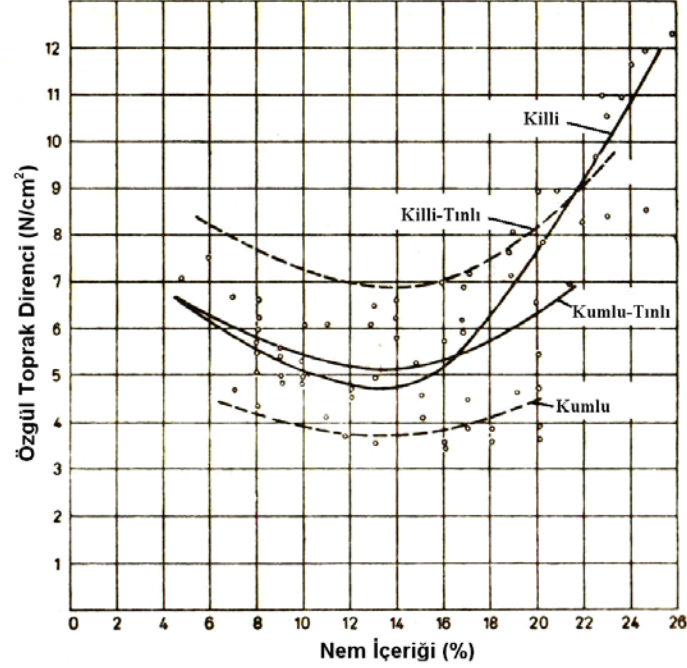
Tarla denemelerinde ölçülen çeki kuvveti değeriinin faktör kombinasyonlarına bağı değışimleri, Şekil 4.2’de verilmiştir.



Şekil 4.2. Çeki kuvvetinin faktör kombinasyonlarına bağı değışimi

Şekil 4.2 incelendiğinde, net çeki kuvveti değeriinin, killi deneme alanında kumlu-tınlı deneme alanına göre küçük değışimlerle daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, killi ve kumlu-tınlı deneme alanlarında ölçülen penetrasyon direnci değeri birbine benzer olmasına rağmen, iki toprak yapısı arasındaki farklılıklar (tekstür, nem içeriğı, hacimsel kütle vb.) nedeniyle, killi deneme alanı üzerinde yapılan çalışmalarda kumlu-tınlı deneme alanı üzerinde yapılan çalışmalara kıyasla daha fazla özgül toprak direnci ile karşılaştığını göstermektedir.

Adams, 1962 yılında yaptığı bir çalışmada farklı tekstürlerdeki toprakların nem içeriğine bağlı olarak özgül toprak direnci değerlerini belirlemiştir. Bu ilişkiler Şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3. Nem içeriğine bağlı özgül toprak direnci değişim eğrileri (Adams, 1962)

Denemelerin yürütüldüğü killi ve kumlu tınlı toprakların nem içeriği değerleri dikkate alınarak (sırasıyla ortalama %10 ve %8), Adams tarafından belirlenen ilişkiler incelendiğinde, iki farklı toprak yapısının özgül toprak direnci değerlerinin (5-6 N/cm² arasında) birbirine çok yakın olduğu görülmektedir. İki farklı tekstürdeki toprağın özgül toprak dirençlerindeki bu yakınlık, özellikle killi toprağın nem içeriğinin optimal değerlerde olmasından kaynaklanmaktadır (Keçecioğlu, 1971).

Toprakla ilgili diğer faktörlerin yanı sıra özgül toprak direnci üzerinde kulak şekli ve ilerleme hızının da önemli etkileri vardır (Keçecioğlu, 1971). Anılan bu etmenler, killi parselde pulluğun çekilmesi için gerekli çeki kuvvetinin %11 oranında (Kumlu-tınlı ve killi parsellerde sırasıyla ortalama çeki kuvveti değerleri; 12 100 N, 13 500 N) artışına neden olmuştur. Özetle, tarla çalışmalarının yürütüldüğü kumlu-tınlı ve killi parsellerde birbirine yakın çeki kuvveti ölçüm değerleri, Adams tarafından yürütülen çalışma sonucunda oluşturulan nem içeriğine bağlı özgül toprak direnci eğrileri ile bir bakıma doğrulanmaktadır.

Ayrıca, denemelerin yürütüldüğü alanların, tüm tarım topraklarında olduğu gibi, homojen bir yapıda olmaması, ölçülen değerler üzerinde etkili olmuştur. Bu olumsuz etki, denemelerin, her bir kombinasyon için 4 tekerrürlü olarak yapılması ile en aza indirilmiştir.

Gorjatschkin (1925) tarafından yürütülmüş olan bir çalışmada, farklı toprak yapıları için teorik olarak pulluk çeki kuvveti değerlerinin hesaplanabildiği bir eşitlik elde edilmiştir. Çok sayıda tarla denemeleri sonucunda oluşturulan Eşitlik [4.1], statik ve dinamik toprak dirençlerini içermektedir.

$$P_{\text{ç}} = (W_o \cdot m \cdot n) + (C \cdot m \cdot n \cdot V_{\text{ç}}^2) \dots \dots \dots [4.1]$$

Eşitlikte:

$P_{\text{ç}}$ = Çeki kuvveti (N),

W_o = Özgül toprak direnci (N/cm²),

m = İş genişliği (cm),

n = İş derinliği (cm),

$V_{\text{ç}}$ = Pulluğun çekilme hızı (km/h),

C = Çeki direnci katsayısı ($\frac{N \cdot h^2}{cm^2 \cdot km^2}$).

Bir dizi denemeler sonucu elde edilen ve kendi ismi ile literatürde yer alan (Gorjatschkin) bu rasyonel formül, 1925 yılında ortaya konulmasına rağmen, bugün toprak işleme ve toprak mekaniği araştırmacıları tarafından halen kabul görmekte ve kullanılmaktadır (Keçecioğlu ve Gülsoylu, 2002; Tunçer, 1999).

Gorjatschkin tarafından belirlenmiş olan eşitlik içinde kullanılan özgül toprak direnci ve çeki direnci katsayısı değerleri, toprak yapılarına göre Çizelge 4.2’de verilmiştir.

**Çizelge 4.2. Özgül Toprak Direnci ve Çeki Direnci Katsayıları
(Gorjatschkin, 1925)**

Toprak Yapısı	Özgül Toprak Direnci W_o (N/cm ²),	Çeki Direnci Katsayısı C ($\frac{N \cdot h^2}{cm^2 \cdot km^2}$)		
		Dik Kulak	Yarı Bükük K.	Tam Bükük K.
Hafif	2 – 3.5	0.023	0.015	0.012
Orta Ağır	3 – 5	0.025	0.016	0.013
Ağır	5 – 8	0.030	0.019	0.015

Çok Ağır	8 – 14	–	0.023	0.019
----------	--------	---	-------	-------

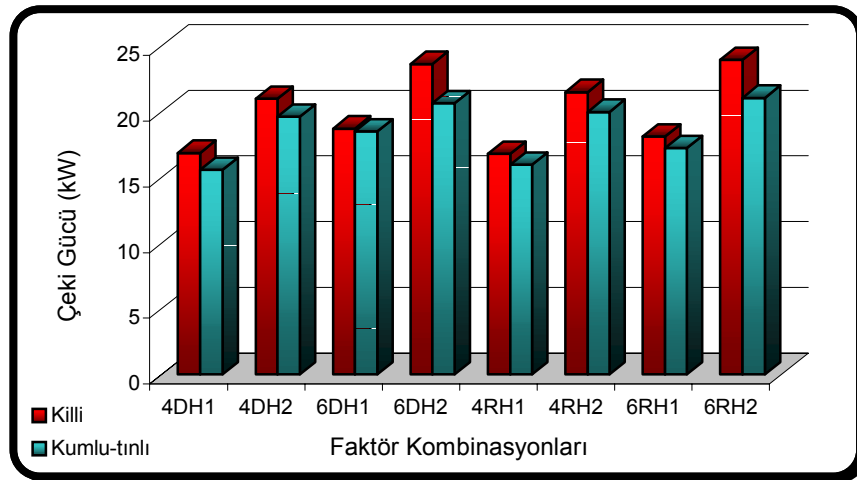
Denemelerin yürütüldüğü anız ile örtülü killi (ağır) ve kumlu-tınlı (orta ağır) deneme alanlarında, 91 cm iş genişliğinde 3 gövdeli yarı bükük kulaklı pulluk ile 23 cm işleme derinliğinde killi deneme alanı için ortalama 5.38 km/h, kumlu-tınlı deneme alanı için ortalama 5.48 km/h ilerleme hızlarında çalışılması ve Çizelge 4.2’de verilen özgül toprak direnci ile çeki direnci katsayıları dikkate alınarak, Gorjatschkin eşitliği ile hesaplanan çeki kuvveti değerleri killi ve kumlu-tınlı parseller için sırasıyla 13 558 N ve 11 470 N’dur.

Denemelerde her bir düzenleme için ölçülen çeki kuvveti değerlerinin ortalamaları ise, killi ve kumlu-tınlı parsellerde sırasıyla 13 500 ve 12 100 N’dur.

Görüldüğü gibi, denemelerin yürütüldüğü toprak ve kullanılan pulluk özellikleri kullanılarak teorik olarak hesaplanan çeki kuvveti değerleri ile denemelerde ölçülen çeki kuvveti değerleri bir birlerine oldukça yakın bulunmuştur. Değerler arasındaki bu benzerlik, yapılan ölçümlerin doğruluğunun yanında geliştirilen eşitliğin de uygulanmaya yakın değerler verdiğinin bir göstergesidir.

4.1.3. Çeki Gücü

Denemelerde her bir faktör kombinasyonu için belirlenen net çeki kuvveti ve traktör ilerleme hızı değerleri kullanılarak, etkileşimlere ait çeki gücü değerleri hesaplanmıştır. Faktör kombinasyonlarına bağlı traktör çeki gücü değerindeki değişimler, Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.4. Çeki gücünün faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

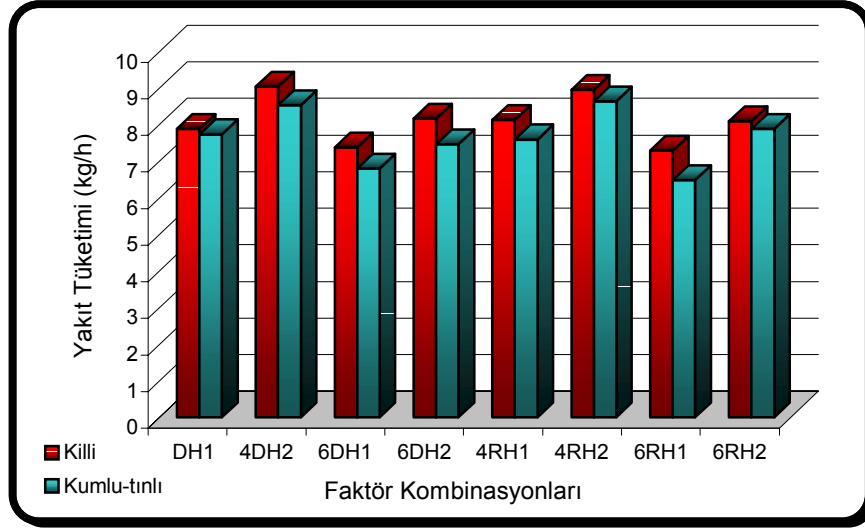
Çeki gücünün bir fonksiyonu olan çeki kuvveti değerlerinin, kumlu-tınlı deneme alanında ölçülenlere kıyasla killi deneme alanında daha yüksek olması nedeniyle (Şekil 4.2), hesaplanan çeki gücü değerleri de Şekil 4.4’de görüldüğü gibi, killi deneme alanında daha yüksektir.

Daha önce de belirtildiği gibi, her bir kombinasyondaki ilerleme hızı değerleri, aynı vites kademesinde bile değişim göstermektedir (Çizelge 4.1). Özellikle ek lastik kullanımında patinaj değerindeki azalma, ilerleme hızına artış olarak yansımaktadır. Çeki gücünün diğer bir fonksiyonu olan ilerleme hızı değerlerinde sayılan değişimlerin de, çeki gücü değerleri üzerinde etkili olduğu açıktır. Bu saptamaya göre, traktör ilerleme hızı artışı ile, özgül yakıt tüketimi azalırken, traktör genel verimi değerleri artmaktadır.

Faktör kombinasyonlarına bağlı çeki gücü değişim grafiği incelendiğinde, II-2 vites kademesi ve ek lastik tekerlek uygulamasının bulunduğu etkileşimlerde çeki gücü değerinin her iki deneme alanında da diğer etkileşimlere kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir.

4.1.4. Yakıt Tüketimi

Denemelerde her bir kombinasyonun 50 m’lik mesafede çalışma süresi ve bu sürede tüketilen yakıt miktarları 4 tekerrürlü olarak ölçülmüştür. Ölçülen çalışma süresi ve tüketilen yakıt miktarları kullanılarak birim zamanda tüketilen yakıt miktarları belirlenmiştir. Faktör kombinasyonlarına bağlı traktör yakıt tüketimi değerindeki değişimler, Şekil 4.5’de verilmiştir.



Şekil 4.5. Traktör yakıt tüketiminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Killi deneme alanında yapılan denemelerde, kumlu-tınlı deneme alanında yapılan denemelere kıyasla birim zamanda tüketilen yakıt miktarının ortalama %6 oranında daha yüksek olduğu saptanmıştır. Şekil incelendiğinde ek lastik tekerlek uygulamalarının bulunduğu kombinasyonlarda birim zamanda tüketilen yakıt miktarının aynı koşullarda ek ağırlık uygulamasının bulunduğu kombinasyonlara kıyasla daha düşük olduğu görülmektedir. İki uygulamadaki yakıt tüketimleri arasındaki bu farklılığın nedeni, ek lastik tekerlek uygulamasının aynı koşullarda, tekerlek patinajındaki azalmalar ile ilerleme hızında sağladığı %7 oranındaki artışa ve bu sayede aynı işlemin daha kısa sürede bitirilmesine bağlanmaktadır.

Vites kademesi değişimi de yakıt tüketimi üzerinde etkili olmuştur. II-2 vites kademesi ile yapılan çalışmalarda, I-4 vites kademesinde yapılan çalışmalara kıyasla daha fazla yakıt tüketiminin olduğu görülmektedir. Bu farklılık ise, ilerleme hızının çeki gücünün önemli bir fonksiyonu olması ve hız artışının çeki gücünde de artış sağlamasından kaynaklanmaktadır. Diagonal ve radyal lastik kullanımına bağlı olarak yakıt tüketiminde belirgin bir değişim gözlenmemiştir.

4.1.5. Deneme Faktörleri ve Traktör Verimi

Denemede ele alınan faktörlerin (Faktör A, Faktör B, Faktör C) gerek ayrı gerekse oluşturdukları etileşimlerle; *özellik yakıt tüketimi*, *traktör genel verimi* ve

patinaj üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemini ortaya koyan varyans analizleri, tesadüf parselleri deneme desenine göre, çalışmaların yürütüldüğü killi ve kumlu-tınlı deneme alanları için ayrı ayrı yapılmıştır. Analizlerde elde edilen sonuçların bazıları, incelenen faktörler ve etkileşimlerinin traktör verimi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği parametreler ile ilgili olarak bu bölüm içerisinde yer almaktadır. Analizlerle ilgili verilerin tümü ise Ekler bölümünde sunulmuştur.

Denemelerde ele alınan faktörler ve bu faktörler arasındaki etkileşimlerin ölçüm parametreleri üzerindeki etkilerinin açık ve anlaşılır bir şekilde ifade edilebilmesi için, analizler ile elde edilen bazı ortalama değerleri de içeren çizelgeler hazırlanmıştır. Bu çizelgelerin daha sade ve anlaşılır olması için bazı işaretler ve kısaltmalar kullanılmıştır. Bu işaret ve kısaltmalar ile anlamları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. İşaret ve Kısaltmalar

A	Faktör A (Diagonal ve Radyal lastik kullanımı)
B	Faktör B [4 lastik (ek ağırlıklı) ve 6 lastik kullanımı (ek lastikli)],
C	Faktör C [I-4. (1. hız) ve II-2. (2. hız) vites kademelerinde çalışma],
A x B	İki faktör arasındaki etkileşim,
D, R	Diagonal, Radyal,
4, 6	4 lastik tekerlek, 6 lastik tekerlek
H1, H2	1. Hız (I-4. vites kademesi), 2. Hız (II-2. vites kademesi)

4.1.5.1. Deneme Faktörlerinin Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri

Her bir faktör ve etkileşimi için ölçülen ortalama en büyük ve en küçük özgül yakıt tüketimi değerleri ve aralarındaki değişim % azalma olarak Çizelge 4. 4’de verilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, ele alınan faktörler ve etkileşimlerinin, traktör özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkileri, killi ve kumlu-tınlı araziler için ayrı varyans analiz tablolarında görülmektedir (Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6).

Çizelge 4.4. Faktörler ve Etkileşimlerinin Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri

Faktörler ve Etkileşimler	Özgül Yakıt Tüketimi (g/kW-h)			
	Toprak tipi	En küçük	En büyük	% Azalma
A	Killi	R 422.88	D 432.78	2.28
	Kumlu-tınlı	R 431.16	D 448.62	3.89
B	Killi	$6L$ 395.24	$4L$ 460.42	14.15
	Kumlu-tınlı	$6L$ 413.32	$4L$ 466.47	11.39
C	Killi	$H2$ 406.04	$H1$ 449.62	9.69
	Kumlu-tınlı	$H2$ 423.32	$H1$ 456.46	7.26
A x B	Killi	$R \times 6L$ 382.12	$R \times 4L$ 463.63	17.58
	Kumlu-tınlı	$R \times 6L$ 400.53	$D \times 4L$ 471.15	14.98
A x C	Killi	$R \times H2$ 402.45	$D \times H1$ 455.92	11.72
	Kumlu-tınlı	$R \times H2$ 417.77	$D \times H1$ 468.37	10.79
B x C	Killi	$6L \times H2$ 369.47	$4L \times H1$ 478.22	22.74
	Kumlu-tınlı	$6L \times H2$ 395.75	$4L \times H1$ 482.04	17.90
A x B x C	Killi	$R \times 6L \times H2$ 356.90	$R \times 4L \times H1$ 479.27	25.08
	Kumlu-tınlı	$R \times 6L \times H2$ 388.30	$D \times 4L \times H1$ 487.75	20.38

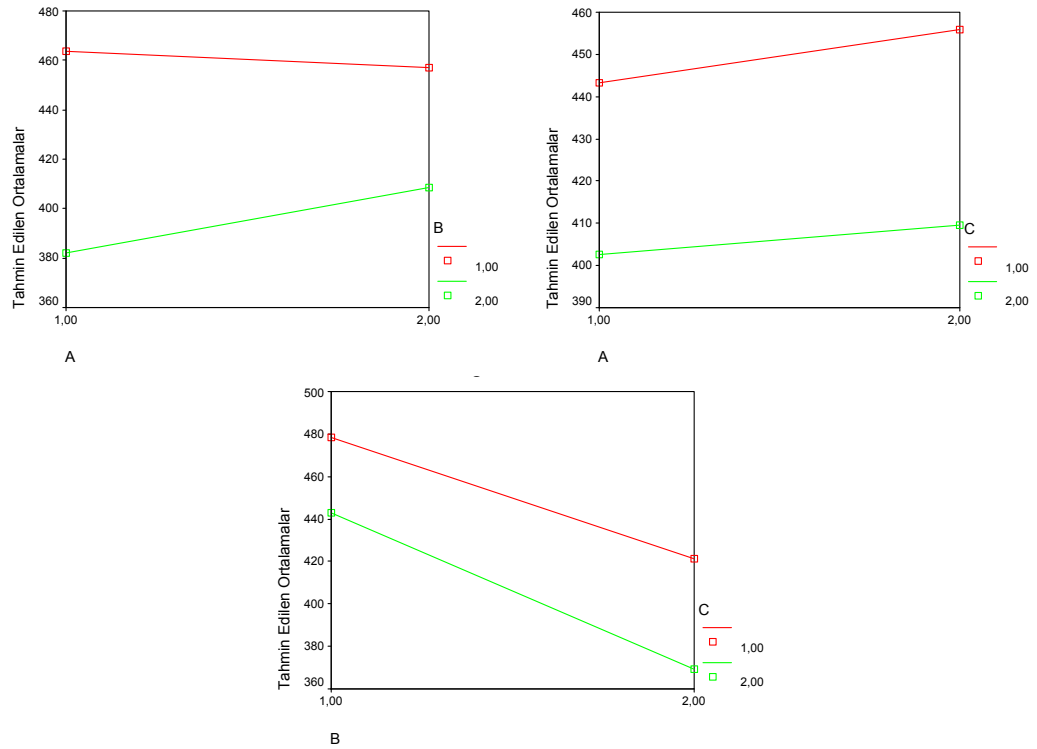
Çizelge 4.5. Faktörler ve Etkileşimlerinin Killi Deneme Alanında Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	782,695	1	782,695	1,906	,180
B	33961,392	1	33961,392	82,689	,000
C	15185,016	1	15185,016	36,972	,000
A * B	2138,580	1	2138,580	5,207	,032
A * C	59,187	1	59,187	,144	,708
B * C	507,371	1	507,371	1,235	,277
A * B * C	21,550	1	21,550	,052	,821
Hata	9857,146	24	410,714		
Genel	62512,936	31			

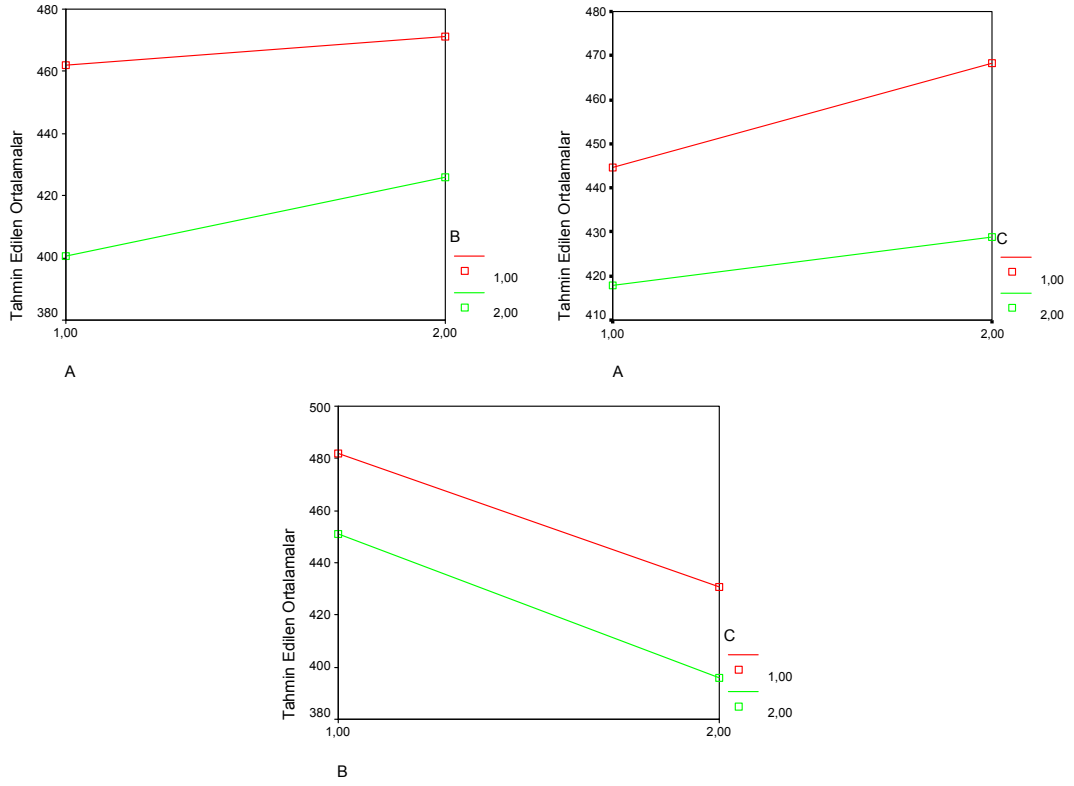
Çizelge 4.6. Faktörler ve Etkileşimlerinin Kumlu-tınlı Deneme Alanında Özgöl Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	2439,511	1	2439,511	1,594	,219
B	22603,632	1	22603,632	14,766	,001
C	8782,100	1	8782,100	5,737	,025
A * B	524,880	1	524,880	,343	,564
A * C	326,401	1	326,401	,213	,648
B * C	32,160	1	32,160	,021	,886
A * B * C	149,645	1	149,645	,098	,757
Hata	36739,869	24	1530,828		
Genel	71598,199	31			

Faktör ve etkileşimlerinin özgöl yakıt tüketimi değerleri üzerindeki etkilerinin incelendiği varyans analizlerinde elde edilen iki faktör arasındaki ilişkileri gösteren grafikler, Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de verilmiştir.



Şekil 4.6. Kili deneme alanında ölçülen özgöl yakıt tüketimi değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.



Şekil 4.7. Kumlu-tınlı deneme alanında ölçülen özgül yakıt tüketimi değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.

Çizelgeler incelendiğinde, diagonal ve radyal lastik tekerlek kullanımının her iki deneme alanında da özgül yakıt tüketimi üzerinde istatistiksel anlamda etkili olmadığı, lastik sayısı ve vites kademesinin ise etkili olduğu görülmektedir.

Lastik yapısı, traktör özgül yakıt tüketimi üzerinde istatistiksel anlamda önemsiz bulunmakla beraber, elde edilen sonuçlara göre, aynı koşullarda radyal lastik kullanımı diagonal lastik kullanımına kıyasla, özgül yakıt tüketimini killi deneme alanında %2.28, kumlu-tınlı deneme alanında %3.89 oranında azaltmıştır.

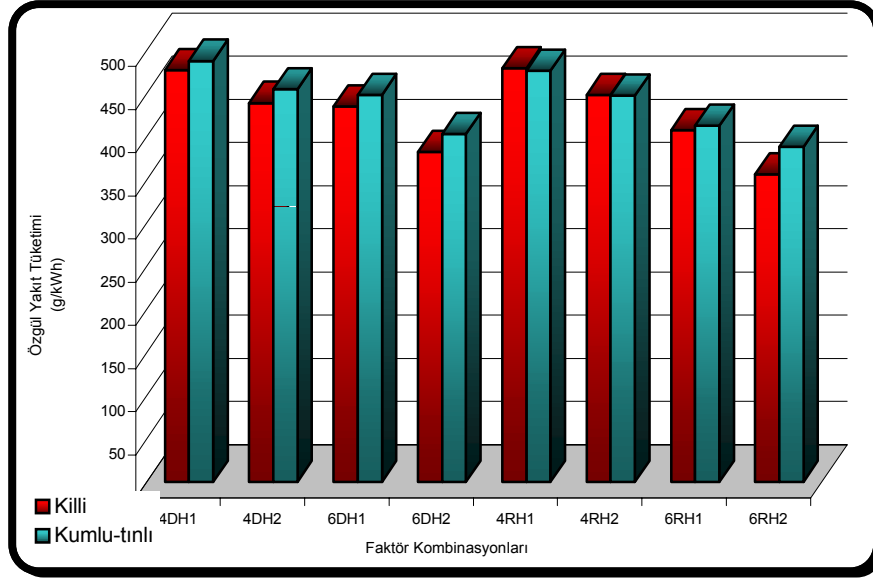
Faktör B olarak değerlendirmeye alınan lastik sayısındaki değişim, diğer bir ifadeyle arka aks üzerinde ek lastik kullanımı, aynı koşullar altında çalışılması durumunda özgül yakıt tüketimini, ek ağırlıklı düzenlemeye kıyasla killi deneme alanında %14.15, kumlu-tınlı deneme alanında %11.39 oranında azaltmıştır.

Denemelerde seçilen iki hız kademesinden aynı koşullar altında II-2 vites kademesinde çalışılması, I-4 vites kademesindeki çalışmalara kıyasla, özgül yakıt tüketimini killi deneme alanında %9.69, kumlu-tınlı deneme alanında %7.26 oranında azaltmıştır.

İncelenen deneme faktörleri arasında oluşturulan 2 ve 3 faktörlü etkileşimler (kombinasyonlar) traktör özgül yakıt tüketimi üzerinde %10.79–25.08 arasında değişen azalmalar sağlamaktadır. Fakat, özgül yakıt tüketiminde oluşan bu azalmalar, killi parsel için AxB arasındaki etkileşim dışında, istatistiksel anlamda önemsiz bulunmuştur. Bu sonuç, üç faktörün traktör özgül yakıt tüketimi üzerinde birlikte etkisinin önemsiz olduğunu göstermektedir. Diğer bir ifade ile her bir faktörün esas etkisi birbirinden bağımsızdır.

Faktörler arası etkileşimler dikkate alındığında, en küçük özgül yakıt tüketimi değeri her iki deneme alanında da “*Radyal x 6 Lastik x 2. Hız*” etkileşiminde elde edilirken, en büyük özgül yakıt tüketimi değeri killi deneme alanında “*Radyal x 4 Lastik x 1. Hız*” etkileşiminde, kumlu-tınlı deneme alanında “*Diagonal x 4 Lastik x 1. Hız*” etkileşiminde elde edilmiştir. Bu durumda, lastik yapısının özgül yakıt tüketimi üzerinde istatistiksel olarak önemli olmadığı dikkate alındığında, 1. Hız yerine 2. Hız kademesinde ek lastik tekerlek kullanımı ile çalışılması durumunda, özgül yakıt tüketimi killi deneme alanında %25.08, kumlu-tınlı deneme alanında %20.38 oranında azalmaktadır. Bu farklılığın oluşmasında, killi deneme alanı için belirlenen çeki gücü değerlerinin daha yüksek olması önemli bir etkindir.

Killi ve kumlu-tınlı deneme alanları için ayrı olarak yapılan değerlendirmeler ve bu değerlendirmelerde deneme alanları arası farklılıkların daha iyi algılanmasında, faktör kombinasyonlarının çalışma parametreleri üzerindeki etkilerinin incelendiği grafiklerden yararlanılabilir. Bu amaçla, çalışmada incelenen 3 faktör ile oluşturulan kombinasyonların, denemelerin yürütüldüğü her iki deneme alanında, özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkileri, Şekil 4.86’de gösterilmektedir.



Şekil 4.8. Özgül yakıt tüketiminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Şekil 4.8'e göre, diagonal ve radyal lastik tekerlek uygulamalarında her iki deneme alanında da belirgin bir değişim görülmemekle beraber, 6 lastik tekerlek ve 2. hız kombinasyonu, diğer kombinasyonlara (özellikle 4 lastik ve 1. hız kombinasyonları) kıyasla özgül yakıt tüketiminin belirgin şekilde azaltılmasını sağlamıştır. Ayrıca, killi ve kumlu-tınlı deneme alanları üzerinde yapılan denemelerde tüm kombinasyonlar için elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri arasında önemli farklılıkların olmadığı görülmektedir. İki deneme alanında elde edilen verilerdeki bu yakınlık, her iki deneme alanının anız ile örtülü olması ve penetrasyon direnci özelliklerinin benzer olmasından kaynaklanmaktadır.

4.1.5.2. Deneme Faktörlerinin Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkileri

Her bir faktör ve etkileşimi için ölçülen ortalama en büyük ve en küçük genel verimi değerleri ve aralarındaki değişim % artış olarak Çizelge 4. 7'de verilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, ele alınan faktörler ve etkileşimlerinin, traktör genel verimi üzerindeki etkileri, killi ve kumlu-tınlı araziler için ayrı varyans analiz tablolarında görülmektedir (Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9).

Çizelge 4.7. İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkileri

Faktörler ve Etkileşimler	Genel Verim (%)			
	Toprak tipi	En küçük	En büyük	% Artış
A	Killi	<i>D</i> 19.98	<i>R</i> 20.59	3.05
	Kumlu-tınlı	<i>D</i> 19.37	<i>R</i> 20.11	3.82
B	Killi	<i>4L</i> 18.85	<i>6L</i> 21.88	16.07
	Kumlu-tınlı	<i>4L</i> 18.50	<i>6L</i> 20.98	13.40
C	Killi	<i>H1</i> 19.20	<i>H2</i> 21.38	11.35
	Kumlu-tınlı	<i>H1</i> 18.98	<i>H2</i> 20.50	8.00
A x B	Killi	<i>R x 4L</i> 18.56	<i>R x 6L</i> 22.62	21.87
	Kumlu-tınlı	<i>D x 4L</i> 18.28	<i>R x 6L</i> 21.51	17.66
A x C	Killi	<i>D x H1</i> 18.87	<i>R x H2</i> 21.66	14.78
	Kumlu-tınlı	<i>D x H1</i> 18.51	<i>R x H2</i> 20.77	12.20
B x C	Killi	<i>4L x H1</i> 17.96	<i>6L x H2</i> 23.12	28.73
	Kumlu-tınlı	<i>4L x H1</i> 17.83	<i>6L x H2</i> 21.85	22.54
A x B x C	Killi	<i>R x 4L x H1</i> 17.95	<i>R x 6L x H2</i> 23.50	30.91
	Kumlu-tınlı	<i>D x 4L x H1</i> 17.60	<i>R x 6L x H2</i> 22.20	26.13

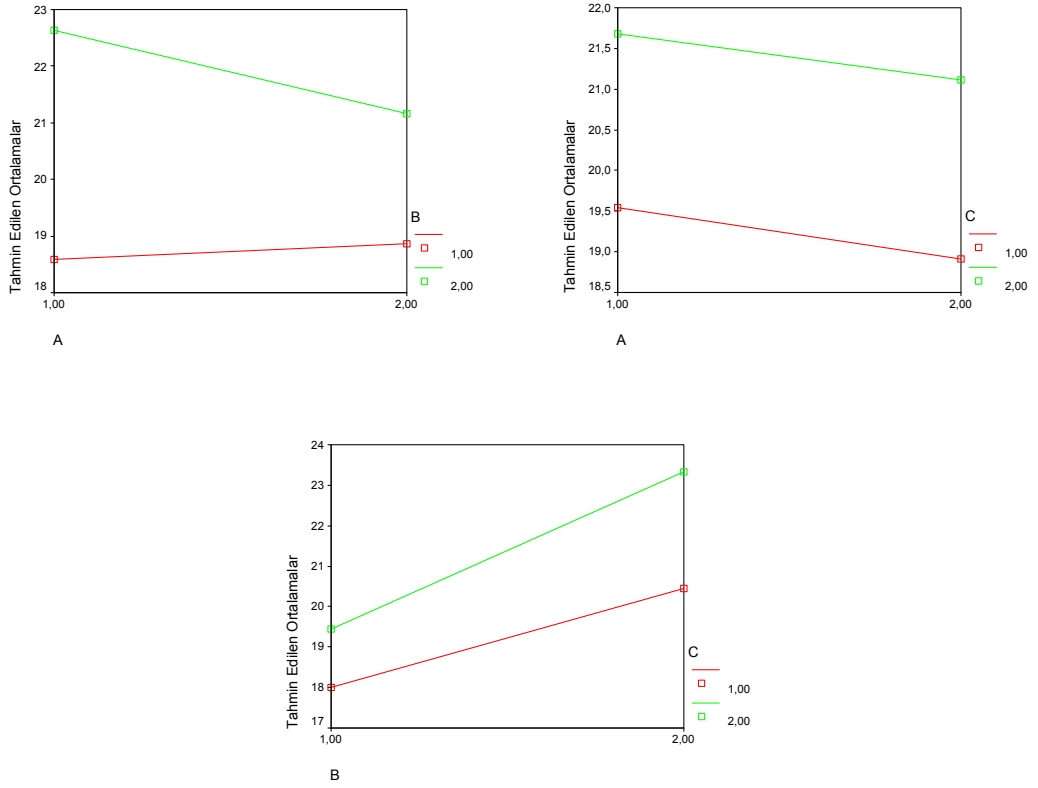
Çizelge 4.8. Faktörler ve Etkileşimlerinin Killi Deneme Alanında Genel Verim Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	2,832	1	2,832	3,082	,092
B	80,138	1	80,138	87,192	,000
C	37,455	1	37,455	40,752	,000
A * B	6,090	1	6,090	6,626	,017
A * C	9,113E-03	1	9,113E-03	,010	,922
B * C	4,076	1	4,076	4,434	,046
A * B * C	,278	1	,278	,302	,588
Hata	22,058	24	,919		
Genel	152,935	31			

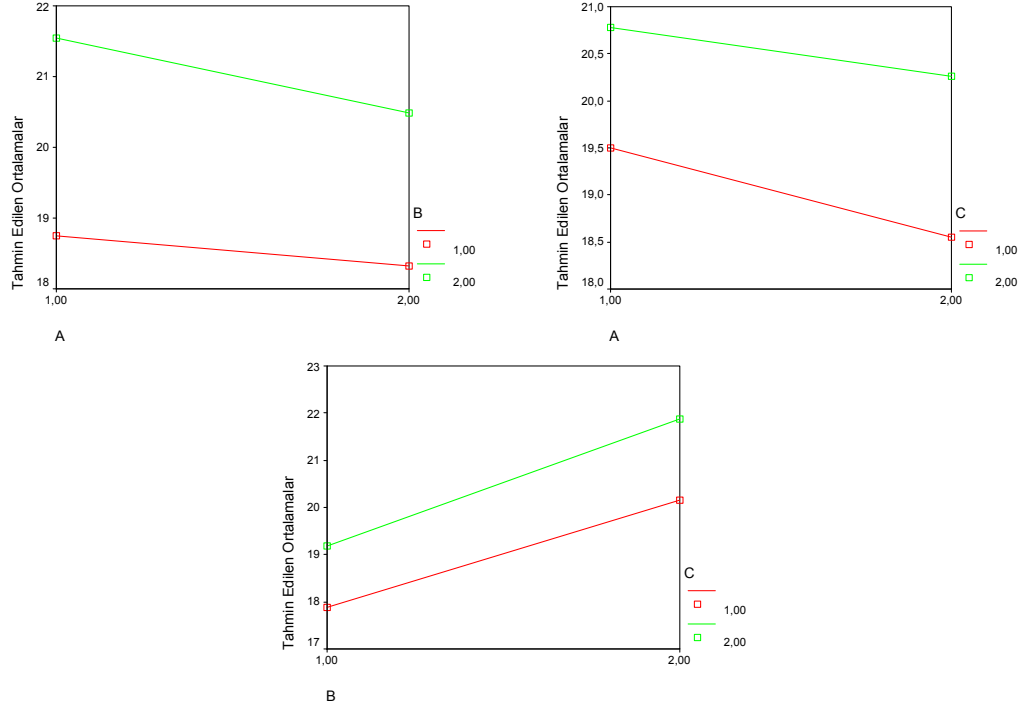
Çizelge 4.9. Faktörler ve Etkileşimlerinin Kumlu-tınlı Deneme Alanında Genel Verim Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	4,344	1	4,344	1,343	,258
B	49,427	1	49,427	15,282	,001
C	17,985	1	17,985	5,561	,027
A * B	,766	1	,766	,237	,631
A * C	,368	1	,368	,114	,739
B * C	,326	1	,326	,101	,754
A * B * C	,179	1	,179	,055	,816
Hata	77,624	24	3,234		
Genel	151,017	31			

Faktör ve etkileşimlerinin genel verim değerleri üzerindeki etkilerinin incelendiği varyans analizlerinde elde edilen iki faktör arasındaki ilişkileri gösteren grafikler, Şekil 4.9 ve Şekil 4.10'da verilmiştir.



Şekil 4.9. Killi deneme alanında ölçülen genel verim değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.



Şekil 4.10. Kumlu-tınlı deneme alanında ölçülen genel verim değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.

Çizelgeler incelendiğinde, diagonal ve radyal lastik tekerlek kullanımının her iki deneme alanında da traktör genel verimi üzerinde istatistiksel anlamda etkili olmadığı, lastik sayısı ve Hız kademesinin etkili olduğu görülmektedir.

Lastik yapısı, traktör genel verimi üzerinde istatistiksel anlamda önemsiz bulunmakla beraber, elde edilen sonuçlara göre, aynı koşullarda radyal lastik kullanımı diagonal lastik kullanımına kıyasla, Traktör genel verimini killi deneme alanında %3.05, kumlu-tınlı deneme alanında %3.82 oranında artırmıştır.

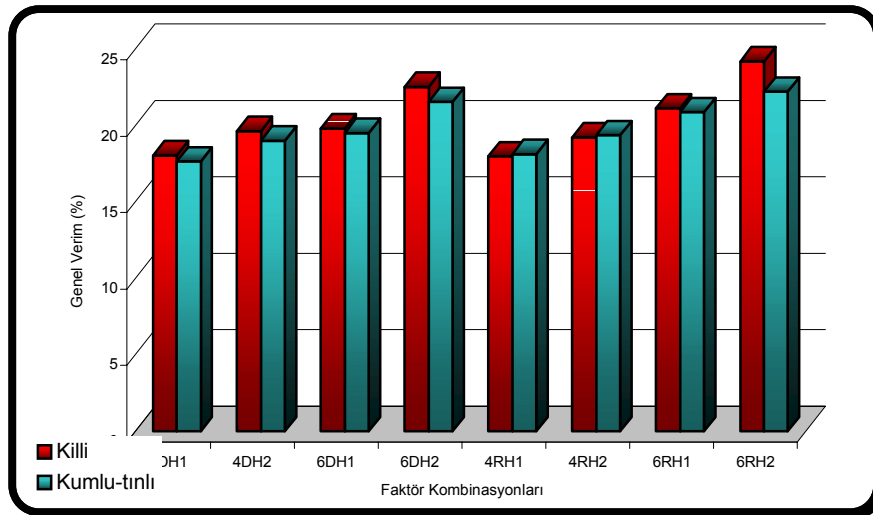
Ek lastik tekerlek kullanımı, aynı koşullar altında çalışılması durumunda traktör genel verimini, ek ağırlıklı düzenlemeye kıyasla killi deneme alanında %16.07, kumlu-tınlı deneme alanında %13.40 oranında artırmıştır. Görüldüğü gibi, ek ağırlık kullanımı yerine ek lastik tekerlek kullanımı traktör genel verimi üzerinde önemli artışlar sağlamaktadır ve belirlenen bu artışlar, killi arazide kumlu-tınlı araziye kıyasla azda olsa daha yüksektir. Denemelerde seçilen iki ilerleme hızından, aynı koşullar altında II-2 vites kademesinde (2. hız) çalışılması, I-4 vites

kademesindeki (1. hız) çalışmalara kıyasla, traktör genel verimini killi deneme alanında %11.35 kumlu-tınlı deneme alanında %8 oranında artırmıştır.

İncelenen faktörler arasında AxB (killi) ve BxC (killi) etkileşimleri dışında oluşturulan 2 ve 3 faktörlü etkileşimlerin her iki deneme alanı için traktör genel verimi üzerinde %12.20-30.91 oranında değişen artışlar sağlamasına rağmen, istatistiksel analiz sonuçlarına göre önemsiz görülmüştür. Diğer bir ifade ile, üç deneme faktörünün traktör genel verimi üzerindeki etkileri bakımından birbirleri arasında önemli bir ilişki yoktur.

Faktörler arası etkileşimler dikkate alındığında, en küçük genel verim değeri killi deneme alanında, “*Radyal x 4 Lastik x 1. Hız*” kumlu-tınlı deneme alanında “*Diagonal x 4 Lastik x 1. Hız*” etkileşiminde elde edilirken, en büyük genel verim değeri her iki deneme alanında da “*Radyal x 6 Lastik x 2. Hız*” etkileşiminde elde edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, lastik yapısının önemli olmadığı dikkate alındığında, 1. ilerleme hızı yerine 2. ilerleme hızında ek lastik tekerlek kullanımı ile çalışılması durumunda, traktör genel verimi, killi deneme alanında %30.91, kumlu-tınlı deneme alanında % 26.13 oranında artmaktadır.

Çalışmada incelenen 3 faktör ile oluşturulan kombinasyonlarının, denemelerin yürütüldüğü her iki deneme alanında, traktör genel verimi üzerindeki etkileri, Şekil 4.11’de gösterilmektedir.



Şekil 4.11. Traktör genel veriminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Şekil 4.10 incelendiğinde, traktör genel verimi değerlerinin, her iki deneme alanında da ek lastik tekerlek kullanımı ve 2. ilerleme hızı kombinasyonunda, diğer kombinasyonlara kıyasla daha yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca, killi arazi üzerinde yapılan denemelerde elde edilen genel verim değerleri, kumlu-tınlı arazi denemelerine kıyasla küçük mikarlarda daha yüksektir.

4.1.5.3. Deneme Faktörlerinin Patinaj Üzerindeki Etkileri

Her bir faktör ve etkileşimi için ölçülen ortalama en büyük ve en küçük patinaj değerleri ve aralarındaki değişim % azalma olarak Çizelge 4.10’da verilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, ele alınan faktörler ve etkileşimlerinin, tekerlek patinajı üzerindeki etkileri, killi ve kumlu-tınlı araziler için ayrı varyans analiz tablolarında görülmektedir (Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12).

Çizelge 4.10. İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Patinaj Üzerindeki Etkileri

Faktörler ve Etkileşimler	Patinaj (%)			
	Toprak tipi	En küçük	En büyük	% Azalma
A	Killi	R 14.25	D 15.15	5.94
	Kumlu-tınlı	R 14.40	D 15.55	7.39
B	Killi	$6L$ 11.71	$4L$ 17.68	33.76
	Kumlu-tınlı	$6L$ 11.88	$4L$ 18.07	34.25
C	Killi	$H1$ 12.88	$H2$ 16.51	21.98
	Kumlu-tınlı	$H1$ 13.85	$H2$ 16.10	13.97
A x B	Killi	$R \times 6L$ 11.07	$D \times 4L$ 17.95	38.32
	Kumlu-tınlı	$R \times 6L$ 10.97	$D \times 4L$ 18.31	40.08
A x C	Killi	$R \times H1$ 12.01	$D \times H2$ 16.55	27.43
	Kumlu-tınlı	$D \times H1$ 12.56	$R \times H2$ 16.25	22.70
B x C	Killi	$6L \times H1$ 10.80	$4L \times H2$ 20.41	47.08
	Kumlu-tınlı	$6L \times H1$ 11.46	$4L \times H2$ 19.90	42.41
A x B x C	Killi	$R \times 6L \times H1$ 9.95	$R \times 4L \times H2$ 20.77	52.09
	Kumlu-tınlı	$R \times 6L \times H1$ 9.92	$D \times 4L \times H1$ 20.47	51.53

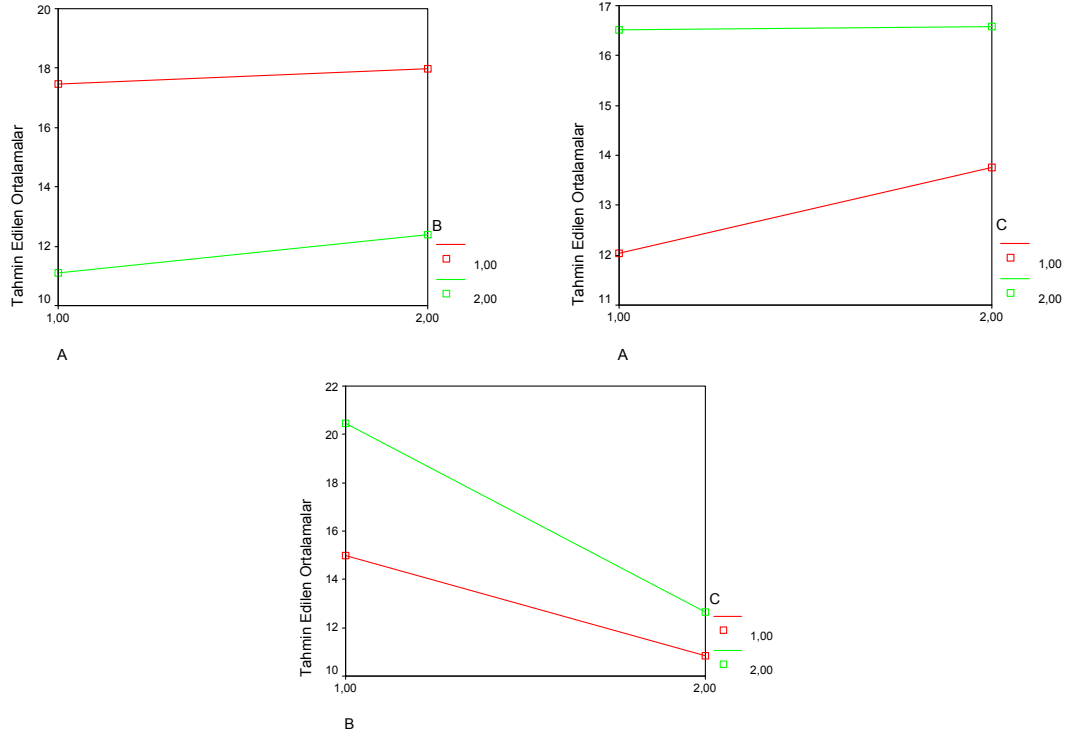
Çizelge 4.11. Faktörler ve Etkileşimlerinin Killi Deneme Alanında Patinaj Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	6,570	1	6,570	1,668	,209
B	285,964	1	285,964	72,619	,000
C	106,288	1	106,288	26,991	,000
A * B	1,217	1	1,217	,309	,583
A * C	5,429	1	5,429	1,379	,252
B * C	26,536	1	26,536	6,739	,016
A * B * C	1,264	1	1,264	,321	,576
Hata	94,509	24	3,938		
Genel	527,776	31			

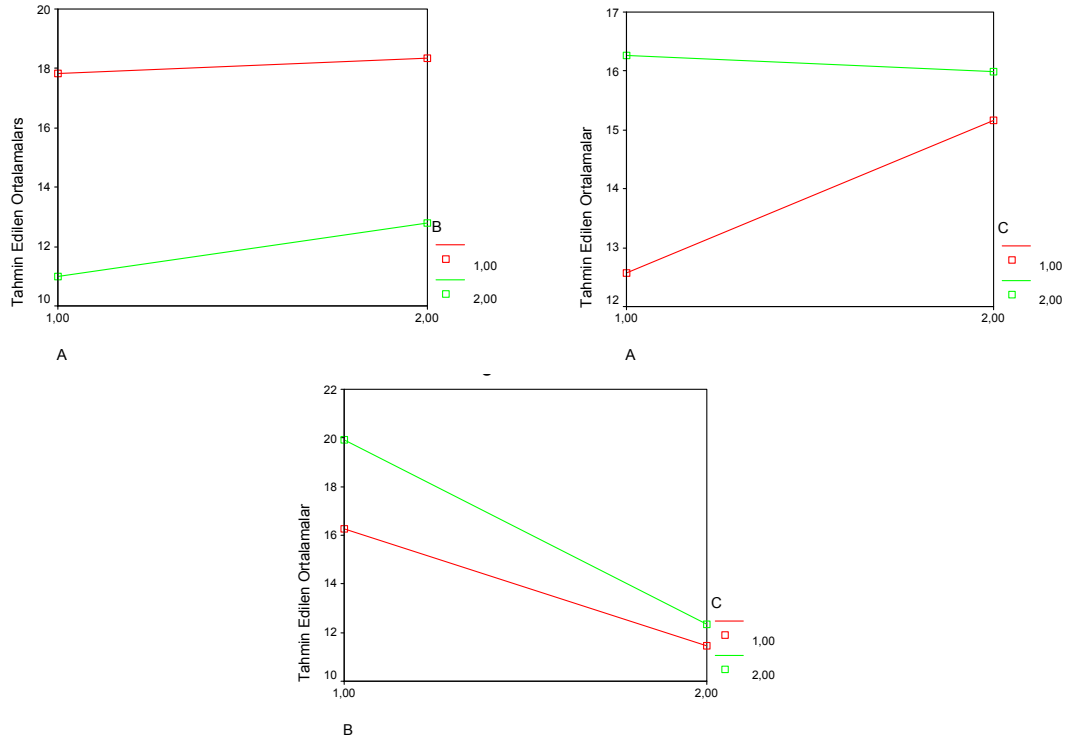
Çizelge 4.12. Faktörler ve Etkileşimlerinin Kumlu-tınlı Deneme Alanında Patinaj Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	10,684	1	10,684	3,353	,080
B	306,467	1	306,467	96,174	,000
C	41,155	1	41,155	12,915	,001
A * B	3,478	1	3,478	1,092	,307
A * C	16,488	1	16,488	5,174	,032
B * C	15,919	1	15,919	4,996	,035
A * B * C	,247	1	,247	,077	,783
Hata	76,478	24	3,187		
Genel	470,916	31			

Faktör ve etkileşimlerinin patinaj değerleri üzerindeki etkilerinin incelendiği varyans analizlerinde elde edilen iki faktör arasındaki ilişkileri gösteren grafikler, Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de verilmiştir.



Şekil 4.12. Killi deneme alanında ölçülen patinaj değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.



Şekil 4.13. Kumlu-tınlı deneme alanında ölçülen patinaj değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.

Çizelgeler incelendiğinde, diagonal ve radyal lastik tekerlek kullanımının her iki deneme alanında da patinaj değerleri üzerinde istatistiksel anlamda etkili olmadığı, lastik sayısı ve vites kademesinin ise 0.01 önem düzeyinde etkili olduğu görülmektedir.

Lastik yapısının patinaj üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemsiz bulunmakla beraber, elde edilen sonuçlara göre, aynı koşullarda radyal lastik kullanımı diagonal lastik kullanımına kıyasla, patinaj değerini killi deneme alanında %5.94, kumlu-tınlı deneme alanında %7.39 oranında azaltmıştır.

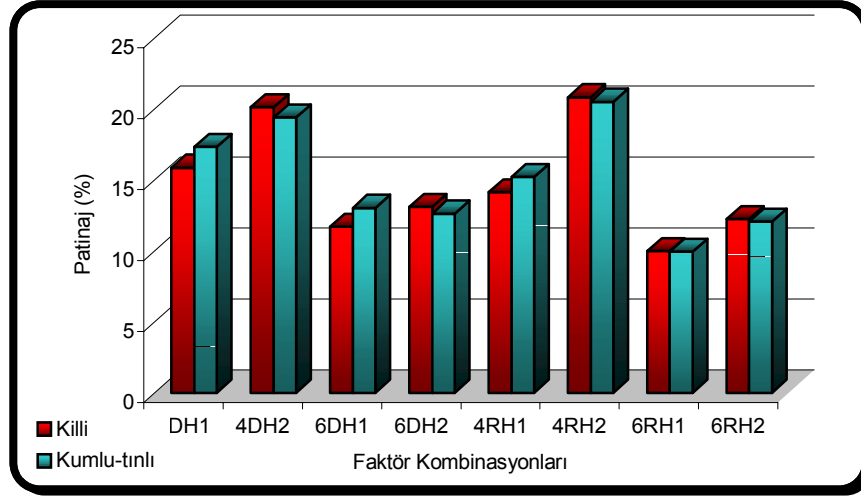
Ek lastik kullanımı, aynı koşullar altında çalışılması durumunda patinaj değerini, ek ağırlıklı düzenlemeye kıyasla killi deneme alanında %33.76, kumlu-tınlı deneme alanında %34.25 oranında azaltmıştır.

Denenen faktörler arasında oluşturulan 2 ve 3 faktörlü etkileşimlerden BxC etkileşimi her iki deneme alanı üzerinde, BxC etkileşimi ise kumlu-tınlı deneme alanında, tekerlek patinajı üzerinde etkili bulunmuştur.

Denemelerde seçilen iki ilerleme hızından, aynı koşullar altında II-2 vites kademesinde çalışılması, I-4 vites kademesindeki çalışmalara kıyasla, patinaj değerini killi deneme alanında %21.98, kumlu-tınlı deneme alanında %13.97 oranında azaltmıştır.

Faktörler arası etkileşimler dikkate alındığında, en küçük patinaj değeri her iki deneme alanında da “*Radyal x 6 Lastik x 1. Hız*” etkileşiminde elde edilirken, en büyük patinaj değeri killi deneme alanında “*Radyal x 4 Lastik x 2. Hız*” etkileşiminde, kumlu-tınlı deneme alanında “*Diagonal x 4. Lastik x 1. Hız*” etkileşiminde elde edilmiştir. Diğer bir ifadeyle, lastik yapısının önemli olmadığı dikkate alındığında, 2. ilerleme hızı yerine 1. ilerleme hızında ve ek lastik tekerlek kullanımı ile, patinaj değeri, killi deneme alanında %52.09, kumlu-tınlı deneme alanında % 51.53 oranında azalmaktadır.

Killi ve kumlu-tınlı deneme alanları için ayrı olarak yapılan değerlendirmeler ve bu değerlendirmelerde deneme alanları arası farklılıkların daha iyi algılanabilmesi için, çalışmada incelenen 3 faktör ile oluşturulan kombinasyonların, denemelerin yürütüldüğü her iki deneme parselinde, patinaj değeri üzerindeki etkileri, Şekil 4.14’de verilen grafik ile gösterilmektedir.



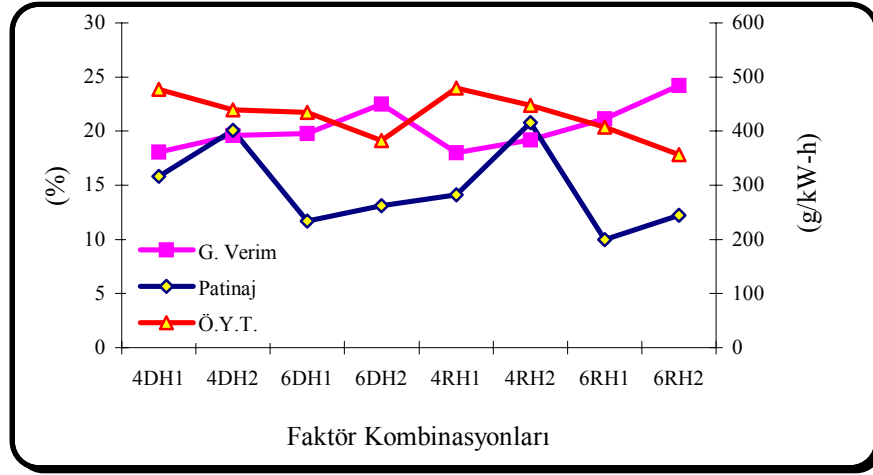
Şekil 4.14. Patinaaj değerlerinin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Şekil 4.14’de verilen grafik incelendiğinde, traktör patinaaj değerlerinin, hıza bağlı olarak arttığı görülmektedir. Diagonal ve radyal lastik tekerlek kullanımı, patinaaj değerinde bir değişime neden olmazken, 6 lastik tekerlek uygulaması 4 lastik tekerlek uygulamasına kıyasla traktör patinaajını azaltmaktadır. Patinaaj değerleri, deneme alanlarının zemin özelliklerinin birbirine benzerliğinden dolayı (buğday anızlı) birbirine çok yakındır.

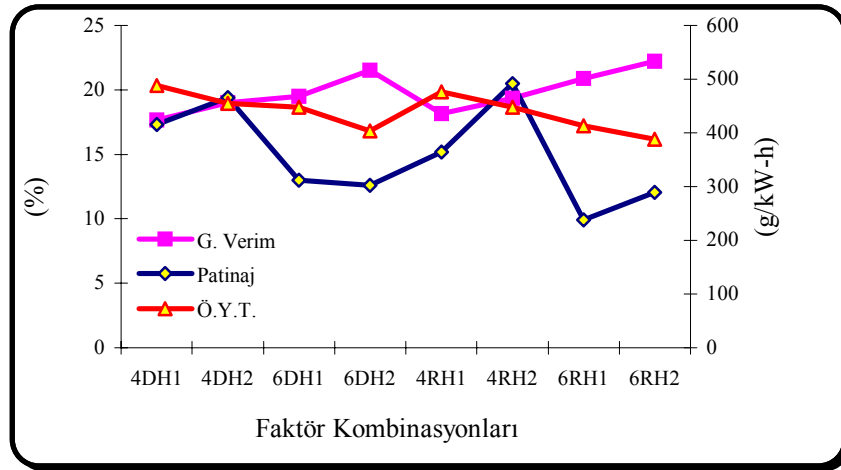
4.1.6. Genel Değerlendirme

Bu çalışmada, traktör verimi üzerinde etkili olacağı düşünülen uygulamalarda elde edilen sonuçlar incelenmiş ve değerlendirilmiştir. Tarla denemelerinde elde edilen veriler, bu bölüm kapsamında çizelge ve grafikler halinde sunulmuş ve yorumlanmıştır.

İncelenen faktörler ve kombinasyonlarının, traktör veriminin değerlendirilmesinde yararlanılan parametreler üzerindeki etkilerinin ve parametrelerin birbirlerine göre değişimlerinin daha açık gösterilebilmesi için, bu parametrelere ait değişim eğrileri her bir parsel için ayrı bir grafikte gösterilmiştir (Şekil 4.15, Şekil 4.16).



Şekil 4.15. Killi tekstüre sahip anızlı deneme alanında, faktör kombinasyonlarına bağlı traktör genel verimi, patinaj ve özgül yakıt tüketimi arasındaki değişimler



Şekil 4.16. Kumlu-tınlı tekstüre sahip anızlı deneme alanında, faktör kombinasyonlarına bağlı traktör genel verimi, patinaj ve özgül yakıt tüketimi arasındaki değişimler

Şekiller incelendiğinde, özgül yakıt tüketimi ve genel verim değerlerinin ters orantılı bir ilişki içinde olduğu görülmektedir. Diğer bir ifadeyle, özgül yakıt tüketiminin azalması durumunda, traktör genel verimi artmaktadır. Traktör genel verimindeki bu artışlar, özellikle ek ağırlık kullanımına alternatif olan, arka kuvvet tekerleklerine ek lastik tekerlek bağlanarak çalışılması durumunda oluşmuştur.

Yapılan istatistiksel analizlere göre, diagonal ve radyal lastik tekerlek kullanımı çalışma parametreleri üzerinde önemli bir değişim oluşturmamaktadır. Bu

sonuç, şekillerdeki faktör kombinasyonlarına bağlı değişim eğrilerinde de görülmektedir.

Gee-Clough ve ark. (1977a), yaptıkları bir çalışmada, aynı boyutlarda radyal ve diagonal lastik tekerlekler ile 17 farklı zemin koşulunda çeki deneyleri yapmışlar ve sonuç olarak radyal lastiklerin diagonal lastiklere kıyasla %5-8 arasında çeki avantajı sağladığını belirlemişlerdir.

Taylor ve ark. (1976), radyal ve diagonal lastiklerin sert ve yumuşak topraklarda çeki verimlerini karşılaştırmaya yönelik deneysel çalışmalar yürütmüşler ve traktör veriminin göstergeleri olan net çeki katsayısı ve çeki etkinliği değerlerini belirlemişlerdir. Çalışmada elde edilen sonuçlara göre; 7 toprak koşulundan 5'inde, net çeki katsayısı değerinin, %15 patinaj değerinde radyal lastik için diagonal lastiğe göre %6 ile %18 arasında daha yüksek olduğu belirlenmiştir. 7 toprak koşulundan 5'inde radyal lastiğe ait çeki etkinliği değeri, maksimum patinaj için diagonal lastiğin çeki etkinliği değerinden azda olsa yüksek bulunmuştur. Ayrıca, radyal lastiğin, sert yapılı topraklarda lastiklerde toprak-lastik tekerlek ilişkisi ile oluşan deformasyonlara karşı dayanıklılık bakımından daha avantajlı olduğu belirtilmiştir.

Hoffman (1983) tarafından yürütülen bir çalışmaya göre, çeşitli tarla koşullarında, radyal lastiklerin çeki etkinliği, diagonal lastiklere kıyasla %8-9.5 oranında daha fazladır.

Wulfsohn ve ark. (1988) tarafından yürütülen bir çalışmada ise, işlenmiş tınlı toprak zeminde radyal ve diagonal lastik tekerleklerin çeki özellikleri incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, aynı çalışma koşullarında radyal lastik tekerlek kullanımının diagonal lastik tekerlek kullanımına göre %0-30 arasındaki patinaj değerleri için traktör çeki etkinliğinde %6.8 oranında bir artış olduğu belirtilmiştir.

Bu çalışmada, iki lastik yapısının traktör verimi üzerindeki etkileri, traktör genel verimi, patinajı ve özgül yakıt tüketimi parametreleri ile değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmede, genel verim ve özgül yakıt tüketimi değerlerine göre radyal lastiklerin diagonal lastiklere kıyasla %2-4 arasında bir avantaj sağladığı, bu avantajın tekerlek patinajının azaltılması açısından %6-7.5 arasında olduğu belirlenmiştir.

Görüldüğü gibi bu çalışmada belirlenen, radyal ve diagonal lastik tekerleklerin traktör verimi üzerindeki etkileri, konu ile ilgili yapılan diğer çalışma sonuçları ile benzer eğilimler içindedir. Oranlar arasındaki farklılıkların ise, her bir çalışmanın farklı özelliklerdeki zeminlerde yürütülmesinden ve traktör veriminin değerlendirilmesinde farklı parametrelerin kullanılmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Sümer ve ark. (2000), ek lastik tekerlek ve ek ağırlık kullanımının, traktör çeki verimi üzerindeki etkilerini, Taylor ve ark. tarafından önerilen traktör çeki veriminin bir göstergesi olan “araç sayısı” ile belirlenmesi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışma sonuçlarına göre; ek lastik kullanımının ek ağırlık kullanımına kıyasla, tekerlek toprak arasındaki temas alanının traktör araç sayısının artışında daha etkili olduğu belirtilmiştir. Ağır ve orta ağır toprak özellikleri gösteren Çukurova Bölgesi topraklarında yapılan tarımsal işlemlerde, verim artışı için, tekerlek-toprak temas alanı artışı sağlayan, ek lastik tekerlek kullanımı önerilmiştir.

Bashford ve ark. (1987) yürüttükleri bir araştırmada, tek lastik tekerlek düzenlemesine kıyasla çift lastik tekerlek düzenlemesinin, buğday anızı ile örtülü tarla koşullarında, %15 ve altındaki patinaj değerleri için, traktör verimi üzerinde küçük avantajlar sağladığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmada da benzer şekilde, Şekil 4.10 ve Şekil 4.11’de görüldüğü gibi, ek lastik tekerlek kullanımı ek ağırlık kullanımına kıyasla traktör verimi üzerinde önemli avantajlar sağlamaktadır.

Patinaj değerleri, her iki deneme alanında da genel verim ve özgül yakıt tüketimi değerleri ile doğrusal yada ters bir orantı şeklinde düzenli bir değişim göstermemektedir. Fakat, ek lastik tekerlek uygulamalarında patinaj değerlerindeki azalma, ilgili eğri incelendiğinde belirgin bir şekilde görülmektedir.

Özgül yakıt tüketimi değerleri, yakıt ekonomisi ve işletmenin karlılığı açısından değerlendirilmesi gereken en önemli parametredir. Şekil 4.15 ve 4.16’da verilen grafiklere göre, en düşük traktör özgül yakıt tüketimi değerleri ek lastik tekerlek uygulamalarında elde edilmiştir.

Çalışmalarda elde edilen verilerin ortalamaları dikkate alındığında, ek ağırlık kullanımında özgül yakıt tüketimi değerleri killi ve kumlu-tınlı deneme alanları için

sırasıyla 460.42 ve 466.47 g/kW-h olurken bu değerler ek lastik tekerlek kullanımında 395.24 ve 413.32 g/kW-h olmuştur. Ek ağırlık kullanımında 1. ve 2. vites kademelerinde ortalama veriler dikkate alınarak killi deneme alanı için ilerleme hızı değerleri sırasıyla, 4.7 ve 5.7 km/h, ek lastik tekerlek kullanımında ise bu değerler 5.0 ve 6.1 km/h olarak belirlenmiştir. Kumlu-tınlı deneme alanında bu değerler ek ağırlık ve ek lastik tekerlek düzenlemesi için sırasıyla 4.8; 5.8 km/h ve 5.2; 6.1 km/h olarak belirlenmiştir.

Bu değerler dikkate alındığında, 10 ha'lık killi bünye sınıfında ve bu araştırmadaki deneme alanlarına benzer özellikteki bir arazide üç gövdeli ve iş genişliği 1 m olan bir pulluk ile (pulluk için gerekli net çeki kuvveti olarak killi ve kumlu-tınlı deneme alanları için sırasıyla çalışmada elde edilen değerlerin ortalaması olan 13 500 N ve 12 100 N değerleri alınmıştır, tarla etkinliği değeri de 0.85 olarak kabul edilmiştir) ek ağırlıklı düzenlemede 2. vites kademesinde çalışıldığı düşünüldüğünde işlemin 15 saatte, aynı vites kademesinde ek lastik tekerlekli düzenlemede çalışılmasında ise 14 saatte tamamlanacağı hesaplanmıştır.

İşlemin 2. vites kademesinde ek ağırlıklı ve ek lastik tekerlekli düzenlemelerle tamamlanması durumunda sırasıyla 147 litre ve 126 litrelik yakıt tüketimleri söz konusu olacaktır.

Bu hesaplamaların, kumlu-tınlı parsel üzerindeki denemelerde elde edilen veriler kullanılarak yapılması durumunda sırasıyla 133 litre ve 118 litre yakıt tüketilmiş olacaktır.

Çalışmada tüm etkileşimler arasında her iki deneme alanı için en küçük özgül yakıt tüketiminin (*Radyal x 6 Lastik x 2. Hız etkileşimi*) ve en büyük özgül yakıt tüketiminin (killi deneme alanı için "*Radyal x 4 Lastik x 1. Hız*" etkileşimi; kumlu-tınlı deneme alanı için "*Diagonal x 4 Lastik x 1. Hız*" etkileşimi) belirlendiği etkileşimler dikkate alındığında, 10 ha'lık killi ve kumlu-tınlı deneme alanlarında çalışılması durumunda yakıt tüketimleri arasındaki fark killi deneme alanı için 39 L (153-114 L) ve kumlu-tınlı deneme alanı için 29 L (140-111) olarak hesaplanmıştır.

Verilen örnekte elde edilen yakıt tasarrufu, işletmede tüm yıla yayılan ve çoğu traktör ile gerçekleştirilen tarımsal işlemler dikkate alındığında, azımsanmayacak miktarlarda olacaktır. Ayrıca, işletmeler için en az yakıt ekonomisi kadar, işlemlerin

zamanlılığı da önem taşımaktadır ve önerilen uygulamalar ile işlemlerin zamanında bitirilmesinin işletme için oluşabilecek önemli kayıpları önleyebileceği de düşünülmelidir.

4.2. Beton Zemin Denemeleri

Anızlı tarla çalışma zeminine göre daha homojen bir özellik gösteren beton zemin denemelerinde, radyal-diagonal lastik yapıları, ek ağırlık-ek lastik tekerlek uygulamaları ve üç farklı vites kademesi arasında oluşturulan kombinasyonların, tarla denemelerinden farklı olarak, %15 sabit tekerlek patinajı koşulunda, maksimum çeki kuvveti, maksimum çeki gücü, özgül yakıt tüketimi ve traktör genel verimi üzerindeki etkileri incelenmiştir.

4.2.1. Deneme Faktörleri ve Traktör Verimi

Denemede ele alınan faktörlerin (Faktör A, Faktör B, Faktör C) gerek ayrı gerekse oluşturdukları etkileşimlerle; %15 sabit tekerlek patinajı koşulunda, maksimum *çeki kuvveti*, maksimum *çeki gücü*, *özgül yakıt tüketimi* ve *traktör genel verimi* üzerindeki etkilerinin istatistiksel olarak önemini ortaya koyan varyans analizi, tesadüf parselleri deneme desenine göre yapılmıştır. Varyans analizi sonunda istatistiksel anlamda önemli bulunan etkileşimler için Duncan çoklu karşılaştırma testi de yapılmıştır.

İstatistiksel analizlerde elde edilen sonuçların bazıları, incelenen faktörler ve etkileşimlerinin traktör verimi üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği parametreler ile ilgili olarak bu bölüm içerisinde yer almaktadır. Analizlerle ilgili verilerin tümü ve Duncan testi sonuçları ise Ekler bölümünde sunulmuştur.

Denemelerde ele alınan faktörler ve bu faktörler arasındaki etkileşimlerin ölçüm parametreleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çizelgelerin daha sade ve anlaşılır olması için bazı işaretler ve kısaltmalar kullanılmıştır. Bu işaret ve kısaltmalar ile anlamları Çizelge 4.13’de verilmiştir;

Çizelge 4.13. İşaret ve Kısaltmalar

A	Faktör A (Diagonal ve Radyal lastik kullanımı)
B	Faktör B [4 lastik(ek ağırlık) ve 6 lastik (Ek lastik tekerlek) kullanımı],
C	Faktör C (II-1 (1. Hız), I-4 (2. Hız) ve II-2 (3. Hız) vites kademelerinde çalışma),
A x B	İki faktör arasındaki etkileşim,
D, R	Diagonal, Radyal,
4, 6	4 lastik tekerlek, 6 lastik tekerlek
H1, H2, H3	1. Hız (II-1. vites kademesi), 2. Hız (II-2 vites kademesi), 3. Hız (II-2. vites kademesi)

4.2.1.1. Deneme Faktörlerinin Maksimum Çeki Kuvveti Üzerindeki Etkileri

Faktör ve etkileşimleri için ölçülen ortalama en büyük ve en küçük patinaj değerleri ve aralarındaki değişim % azalma olarak Çizelge 4.14’de verilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, ele alınan faktörler ve etkileşimlerinin, traktör maksimum çeki kuvveti üzerindeki etkileri, varyans analiz tablosunda görülmektedir (Çizelge 4.15).

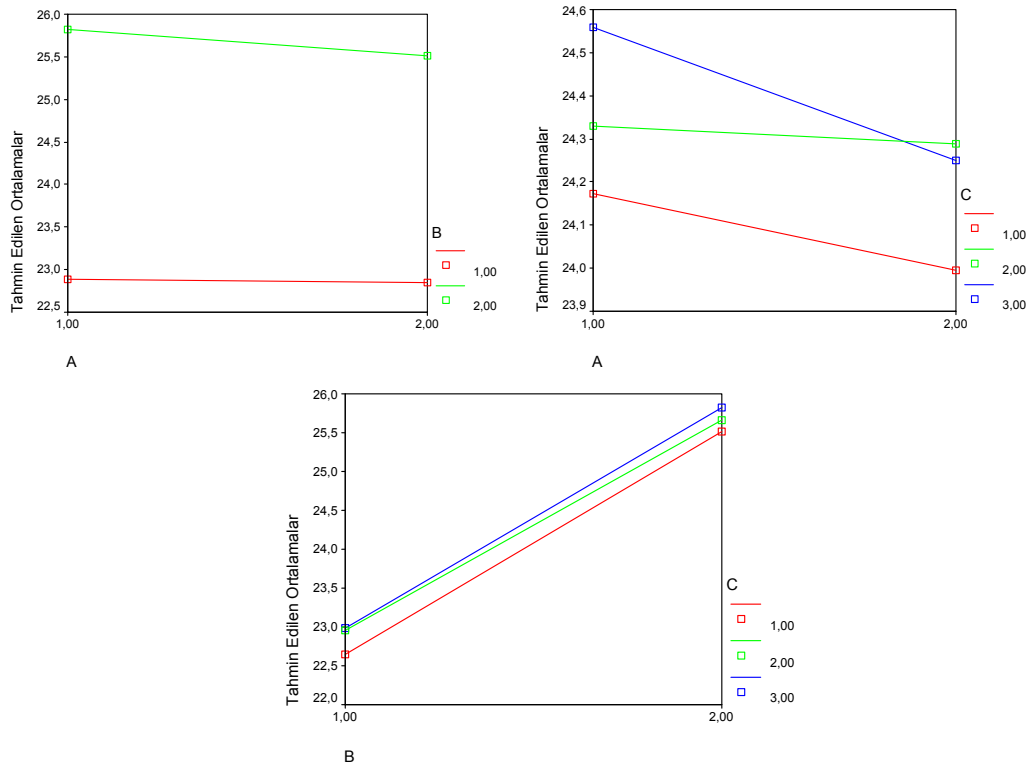
Çizelge 4.14. İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Maksimum Çeki Kuvveti Üzerindeki Etkileri

Faktörler ve Etkileşimler	Maksimum Çeki Kuvveti (kN)		
	En küçük	En büyük	% Artış
A	<i>D</i> 24.18	<i>R</i> 24.35	%0.7
B	<i>4L</i> 22.87	<i>6L</i> 25.66	%12.2
C	<i>H1</i> 24.08	<i>H2</i> 24.40	%1.3
A x B	<i>D x 4L</i> 22.84	<i>R x 6L</i> 25.82	%13.0
A x C	<i>D x H1</i> 23.99	<i>R x H3</i> 24.56	%2.4
B x C	<i>4L x H1</i> 22.65	<i>6L x H3</i> 25.82	%13.9
A x B x C	<i>D x 4L x H1</i> 22.66	<i>R x 6L x H3</i> 26.07	%15.0

Çizelge 4.15. Faktörler ve Etkileşimlerinin Beton Zeminde Maksimum Çeki Kuvveti Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	,369	1	,369	36,729	,000
B	94,052	1	94,052	9355,176	,000
C	,867	2	,434	43,121	,000
A * B	,199	1	,199	19,786	,000
A * C	,144	2	7,224E-02	7,186	,002
B * C	5,315E-02	2	2,658E-02	2,644	,085
A * B * C	8,801E-02	2	4,401E-02	4,377	,020
Hata	,362	36	1,005E-02		
Genel	96,135	47			

Faktör ve etkileşimlerinin maksimum çeki kuvveti değerleri üzerindeki etkilerinin incelendiği varyans analizlerinde elde edilen iki faktör arasındaki ilişkileri gösteren grafikler, Şekil 4.17’de verilmiştir.



Şekil 4.17. Beton zeminde ölçülen maksimum çeki kuvveti değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.

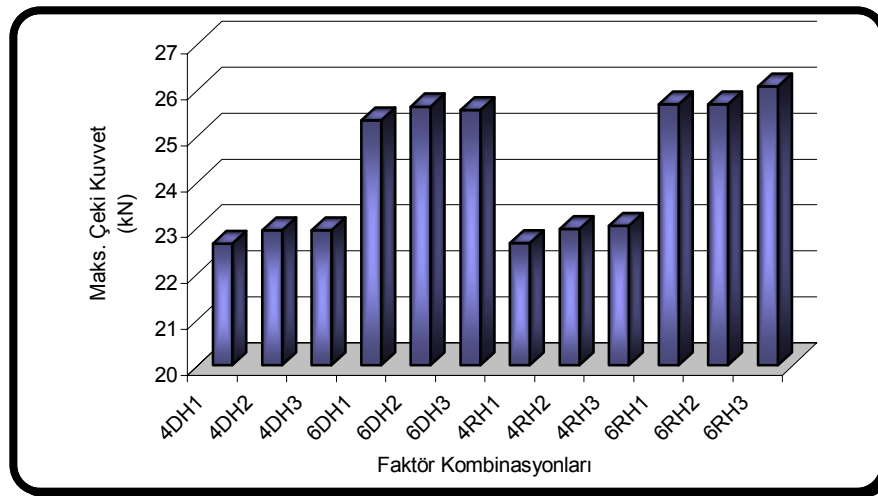
Çizelgeler incelendiğinde, üç faktörün (A, B, C) traktörün geliştirdiği maksimum çeki kuvveti üzerinde 0.01 önem düzeyinde etkili olduğu görülmektedir.

B faktörü olarak ifade edilen ek ağırlık yerine ek lastik tekerlek kullanımı %12.2 oranında sağladığı artış ile çeki kuvveti üzerinde üç faktör arasında en önemli etkiye sahiptir.

Bu faktörlerin, BxC etkileşimi dışında, birbirleri ile oluşturdukları etkileşimlerin de, maksimum çeki kuvveti üzerinde etkili olduğu görülmektedir. B ve C faktörlerinin her birinin, maksimum çeki kuvveti üzerindeki etkilerinin istatistiksel anlamda önemli bulunmasına rağmen, oluşturdukları etkileşimlerin etkisinin önemsiz olduğu görülmüştür. Diğer bir ifade ile, iki faktörün esas etkileri birbirinden bağımsızdır.

BxC etkileşimleri ile çalışılması durumunda elde edilen en küçük ($4L \times H1$) ve en büyük ($6L \times H3$) maksimum çeki kuvvetleri arasında %13.9 oranında bir artış görülmektedir. Bu artışın, tek başına çeki kuvveti üzerinde %12.2 oranında bir artış sağlayan B faktörüne bağlı olması, iki faktör arasında oluşturulan etkileşimlerin sağladığı artışın istatistiksel anlamda önemli bulunmamasını açıklamaktadır.

Faktörler arası etkileşimlerin tümü dikkate alındığında, en küçük maksimum çeki kuvveti değeri “*Diagonal x 4 Lastik x 1. Hız*” etkileşiminde elde edilirken, en büyük maksimum çeki kuvveti değeri “*Radyal x 6 Lastik x 3. Hız*” etkileşiminde elde edilmiştir. Bu iki farklı uygulama için ölçülen maksimum çeki kuvveti değerleri arasında %15 oranında bir farklılık olduğu belirlenmiştir. Faktör kombinasyonlarına bağlı maksimum çeki kuvveti değişim grafiği Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.18. Maksimum çeki kuvvetinin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Şekil 4.18’de verilen grafiğe göre, diagonal-radyal lastik tekerlek uygulamalarında ve farklı vites kademelerinde, küçük değişimler görülmekle beraber, 6 lastik tekerlek uygulamasının yer aldığı kombinasyonlar, diğer kombinasyonlara kıyasla, maksimum çeki kuvveti değerlerinde belirgin şekilde artış sağlamıştır.

4.2.1.2. Deneme Faktörlerinin Maksimum Çeki Gücü Üzerindeki Etkileri

Yapılan analiz sonuçlarına göre, ele alınan faktörler ve etkileşimlerinin, traktör maksimum çeki gücü üzerindeki etkileri, varyans analiz tablosunda görülmektedir (Çizelge 4.17). Her bir faktör ve etkileşimi için ölçülen ortalama en büyük ve en küçük değerler aralarındaki değişim % artış olarak Çizelge 4.16’da verilmiştir.

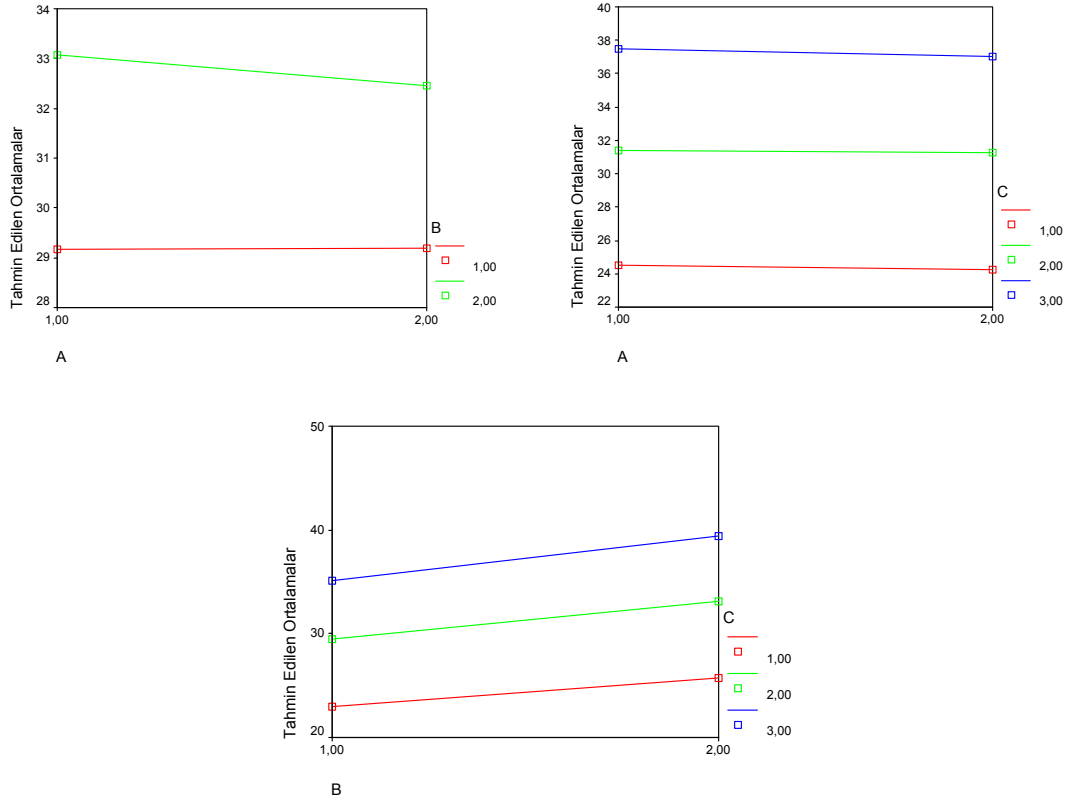
Çizelge 4.16. İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Maksimum Çeki Gücü Üzerindeki Etkileri

Faktörler ve Etkileşimler	Maksimum Çeki Gücü (kW)		
	En küçük	En büyük	% Artış
A	<i>D</i> 30.83	<i>R</i> 31.13	%1.0
B	<i>4L</i> 29.18	<i>6L</i> 32.8	%12.4
C	<i>H1</i> 24.38	<i>H3</i> 36.23	%48.6
A x B	<i>D x 4L</i> 29.17	<i>R x 6L</i> 33.08	%13.4
A x C	<i>R x H1</i> 24.23	<i>D x H3</i> 36.46	%50.5
B x C	<i>4L x H1</i> 23.0	<i>6L x H3</i> 38.10	%65.6
A x B x C	<i>R x 4L x H1</i> 22.88	<i>R x 6L x H3</i> 38.55	%68.5

Çizelge 4.17. Faktörler ve Etkileşimlerinin Beton Zeminde Maksimum Çeki Gücü Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	1,098	1	1,098	21,265	,000
B	154,514	1	154,514	2992,276	,000
C	1324,262	2	662,131	12822,674	,000
A * B	1,178	1	1,178	22,815	,000
A * C	,167	2	8,361E-02	1,619	,212
B * C	4,930	2	2,465	47,738	,000
A * B * C	,451	2	,226	4,367	,020
Hata	1,859	36	5,164E-02		
Genel	1488,459	47			

Faktör ve etkileşimlerinin maksimum çeki gücü değerleri üzerindeki etkilerinin incelendiği varyans analizlerinde elde edilen iki faktör arasındaki ilişkileri gösteren grafikler, Şekil 4.19’da verilmiştir.



Şekil 4.19. Beton zeminde ölçülen maksimum çeki gücü değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.

Çizelgeler incelendiğinde, üç faktörün geliştirdiği maksimum çeki gücü üzerinde 0.01 önem düzeyinde etkili olduğu görülmektedir. İncelenen faktörler arasında C faktörü, traktörün maksimum çeki gücü üzerinde en önemli etkiye sahiptir. Aynı koşullar altında 1. vites kademesi (II-1, 3.65 km/h) yerine 3. vites kademesinde (II-2, 5.50 km/h) çalışılması durumunda %48.6 oranında bir güç artışı belirlenmiştir. Hız faktörünün çeki gücünün doğrudan bir fonksiyonu olması, diğer faktörlere göre sağladığı bu farklı artışı açıklamaktadır.

Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü tarafından yapılan traktör deneyleri sonuçlarına göre ilerleme hızının, çift çeker bir New Holland 80-66 traktörünün beton zemin üzerinde %15 sabit patinaj değerinde geliştirebileceği maksimum çeki kuvveti değerleri üzerinde, bu çalışma sonuçlarına benzer şekilde oldukça önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Örneğin, %15 patinaj değerinde I-3 (2.93 km/h) vites kademesi yerine I-4 (4.62 km/h) vites kademesinde çalışılması durumunda, maksimum çeki gücü değeri %51.0 oranında bir artış göstermiştir. I-2 (2.45 km/h) ve II-1 (3.61 km/h) vites kademeleri arasındaki çeki gücü artış oranı ise %58.0'dır (Anonymous, 1997).

Test merkezi tarafından yürütülen deneylerde ve bu çalışmada traktör ilerleme hızı artışına bağlı geliştirilen maksimum çeki gücü değerlerinin benzer oranlarda artması, bu çalışmada hıza bağlı %48.6 oranındaki çeki gücü artışının doğruluğunu göstermektedir.

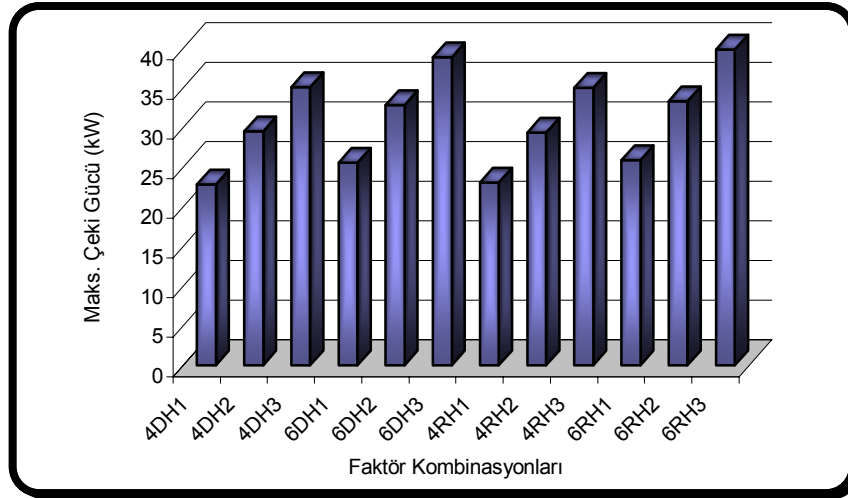
Faktörlerin, AxC etkileşimi dışında, birbirleri ile oluşturdukları iki faktörlü etkileşimler de, maksimum çeki gücü üzerinde 0.01 önem düzeyinde etkili olmuştur. A ve C faktörlerinin her birinin, maksimum çeki gücü üzerindeki etkilerinin istatistiksel anlamda önemli bulunmasına rağmen, oluşturdukları etkileşimlerin etkisinin önemsiz olduğu görülmüştür. Diğer bir ifade ile, diagonal-radyal lastik kullanımı ve seçilen vites kademeleri arasında istatistiksel anlamda bir ilişki görülmemiştir.

AxC etkileşimleri ile çalışılması durumunda elde edilen en küçük ($R \times H1$) ve en büyük ($D \times H3$) maksimum çeki gücü değerleri arasında %50.5 oranında bir artış görülmektedir. Bu artışın, tek başına çeki gücü üzerinde %48.6 oranında bir artış

sağlayan C faktörüne bağlı olması, iki faktör arasında oluşturulan etkileşimlerin sağladığı artışın istatistiksel anlamda önemli bulunmamasını açıklamaktadır.

Faktörler arası etkileşimlerin tümü dikkate alındığında, %15 patinaj koşulunda en küçük maksimum çeki gücü değeri “*Radyal x 4 Lastik x 1. Hız*” etkileşiminde elde edilirken, en büyük maksimum çeki gücü değeri “*Radyal x 6 Lastik x 3. Hız*” etkileşiminde elde edilmiştir. Bu saptamaya göre, ek ağırlık yerine ek lastik tekerlek kullanımı ve 1. ilerleme hızı (3.64 km/h) yerine 3. ilerleme hızında (5.48 km/h) çalışılması ile, traktör tarafından geliştirilebilen maksimum çeki gücü değeri, % 68.5 oranında artmaktadır. Çizelgede görüldüğü gibi, üç faktörlü etkileşimler maksimum çeki gücü üzerinde istatistiksel anlamda 0.05 önem düzeyinde etkilidir.

Çalışmada incelenen 3 faktör ile oluşturulan kombinasyonların, denemelerin yürütüldüğü beton zeminde, maksimum çeki gücü üzerindeki etkisi Şekil 4.20’de görülmektedir.



Şekil 4.20. Maksimum çeki gücünün faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Şekil 4.20 incelendiğinde, maksimum çeki gücü üzerinde; diagonal-radyal lastik tekerlek uygulamalarına bağlı belirgin bir değişimin olmadığı, 4 lastik ve 6 lastik tekerlek kullanımının küçük değişimlere neden olduğu ve traktör ilerleme hızı artışına bağlı olarak belirgin artışlar sağlandığı görülmektedir.

4.2.1.3. Deneme Faktörlerinin Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri

Her bir faktör ve etkileşimi için ölçülen ortalama en büyük ve en küçük değerler aralarındaki değişim % azalma olarak Çizelge 4.18’de verilmiştir. Yapılan analiz sonuçlarına göre, ele alınan faktörler ve etkileşimlerinin, özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkileri, varyans analiz tablosunda görülmektedir (Çizelge 4.19).

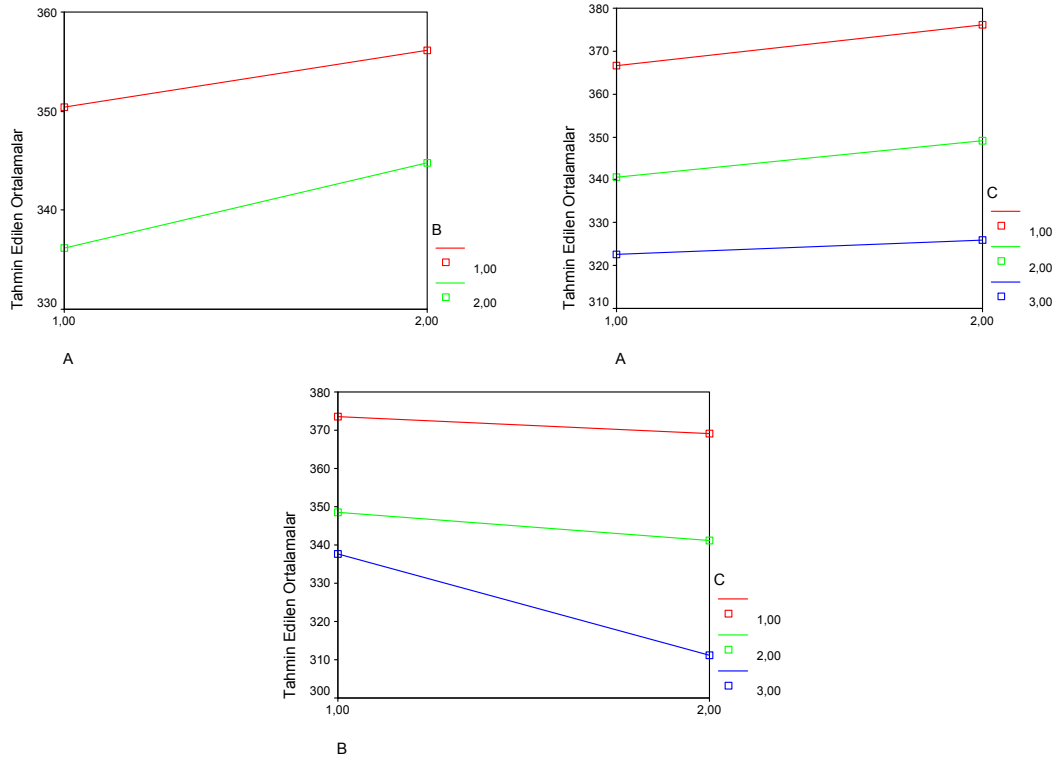
Çizelge 4.18. İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkileri

Faktörler ve Etkileşimler	Özgül Yakıt Tüketimi (g/kW-h)		
	En küçük	En büyük	% Azalma
A	<i>R</i> 343.30	<i>D</i> 350.43	%2.0
B	<i>6L</i> 340.47	<i>4L</i> 353.26	%3.6
C	<i>H3</i> 324.34	<i>H1</i> 371.38	%12.6
A x B	<i>R x 6L</i> 336.18	<i>D x 4L</i> 356.09	%5.6
A x C	<i>R x H3</i> 322.68	<i>D x H1</i> 376.20	%14.2
B x C	<i>6L x H3</i> 311.13	<i>4L x H1</i> 373.58	%16.7
A x B x C	<i>R x 6L x H3</i> 308.38	<i>D x 4L x H1</i> 378.55	%18.5

Çizelge 4.19. Faktörler ve Etkileşimlerinin Beton Zeminde Özgül Yakıt Tüketimi Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	610,185	1	610,185	66,130	,000
B	1960,963	1	1960,963	212,524	,000
C	17794,632	2	8897,316	964,269	,000
A * B	25,901	1	25,901	2,807	,103
A * C	89,711	2	44,856	4,861	,014
B * C	1136,132	2	568,066	61,566	,000
A * B * C	19,509	2	9,755	1,057	,358
Hata	332,172	36	9,227		
Genel	21969,206	47			

Faktör ve etkileşimlerinin özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkilerinin incelendiği varyans analizlerinde elde edilen iki faktör arasındaki ilişkileri gösteren grafikler, Şekil 4.21’de verilmiştir.



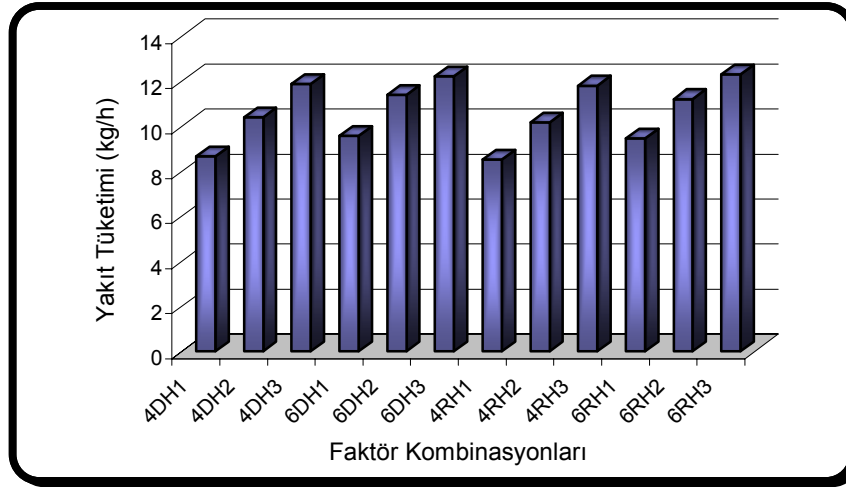
Şekil 4.21. Beton zeminde ölçülen özgül yakıt tüketimi değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri.

Çizelgeler incelendiğinde, üç faktörün traktörün özgül yakıt tüketimi üzerinde 0.01 önem düzeyinde etkili olduğu görülmektedir. Traktör ilerleme hızının çeki gücünün bir fonksiyonu ve çeki gücünün de özgül yakıt tüketiminin önemli bir fonksiyonu olması nedeniyle, incelenen faktörler arasında C faktörü, diğer faktörlere kıyasla traktörün özgül yakıt tüketimi üzerinde daha önemli bir etkiye sahiptir. Aynı koşullar altında 1. vites kademesi (II-1, 3.65 km/h) yerine 3. vites kademesinde (II-2, 5.50 km/h) çalışılması durumunda özgül yakıt tüketiminde %12.6 oranında bir azalma belirlenmiştir.

Bu faktörlerin, AxB etkileşimi dışında, birbirleri ile oluşturdukları iki faktörlü etkileşimler de, özgül yakıt tüketimi üzerinde 0.01 önem düzeyinde etkilidir. A ve B

faktörlerinin her birinin, özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkilerinin istatistiksel anlamda önemli bulunmasına rağmen, oluşturdıkları etkileşimlerin etkisinin önemsiz olması, iki faktörün esas etkisinin birbirinden bağımsız olduğunu göstermektedir. Faktörler arası etkileşimlerin tümü dikkate alındığında, %15 patinaj koşulunda en küçük özgül yakıt tüketimi değeri “*Radyal x 6 Lastik x 3. Hız*” etkileşiminde elde edilirken, en büyük özgül yakıt tüketimi değeri “*Diagonal x 4 Lastik x 1. Hız*” etkileşiminde elde edilmiştir. Diagonal yerine radyal lastik kullanımı, ek ağırlık yerine ek lastik tekerlek kullanımı ve 1. ilerleme hızı (3.64 km/h) yerine 3. ilerleme hızında (5.51 km/h) çalışılması ile, traktör özgül yakıt tüketiminde %18.5 oranında bir azalma sağlanabilmektedir. Diğer yandan, AxBxC etkileşiminin özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkisi, istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Deneme faktörlerinin oluşturdıkları kombinasyonlara bağlı, traktörün birim zamanda tükettiği yakıt miktarları Şekil 4.22’de verilmiştir.

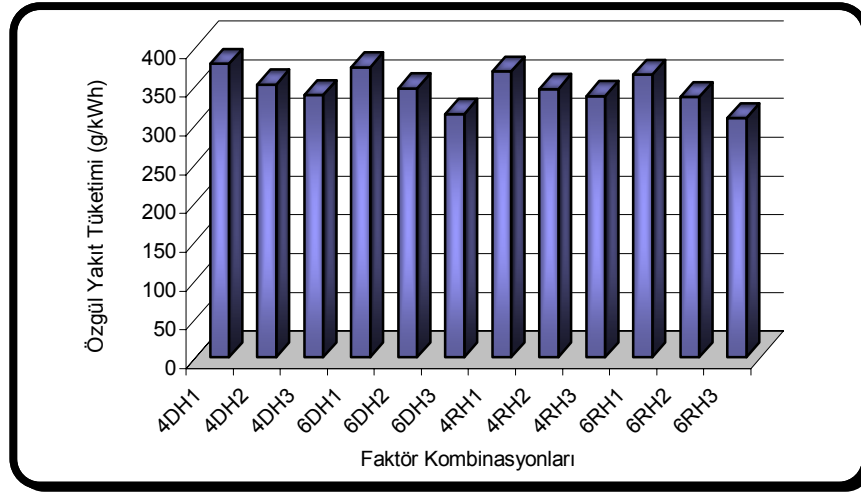


Şekil 4.22. Traktör yakıt tüketiminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Traktörün birim zamanda tükettiği yakıt miktarı, aynı lastik yapısı ve düzenlemesi koşulunda ilerleme hızına bağlı olarak belirgin bir artış göstermektedir. Aynı ilerleme hızı ve lastik yapısı koşullarında ek lastik tekerlek kullanımı da traktör yakıt tüketimini artırmaktadır. Diagonal yada radyal lastik tekerlek kullanımları ise Şekil 4.22’de de görüldüğü gibi traktör yakıt tüketimi üzerinde belirgin bir etki oluşturmamıştır.

Tarla denemelerinde ek lastik kullanımının traktörün birim zamanda tükettiği yakıt miktarını azaltıcı bir etkisi olduğu daha önce belirtilmişti. Denemelerde tüm faktör kombinasyonlarının seçilmiş tek bir pulluk yükü için karşılaştırılmış olması ve azalan patinaj ile ilerleme hızındaki artışlar (ortalama %7), yakıt tüketimindeki azalmaların nedeni olarak gösterilmiştir. Bu durumun tersine, beton zeminde yapılan denemelerde ek lastik tekerlek kullanımı, yakıt tüketimini artırmıştır. İki deneme arasındaki bu farklılık, beton zemin denemelerinin maksimum çeki kuvveti ve çeki gücü değerlerinin belirlenmesine yönelik olmasından kaynaklanmaktadır. Diğer bir ifade ile, ek lastik tekerlek kullanımı, traktörün maksimum çeki kuvveti ve çeki gücünü artırmakta ve bu durumda tüketilen yakıt miktarı da artış göstermektedir.

Çalışmada incelenen 3 faktör ile oluşturulan kombinasyonların, denemelerin yürütüldüğü beton zeminde, özgül yakıt tüketimi üzerindeki etkisi Şekil 4.23’de verilen grafik ile gösterilmektedir.



Şekil 4.23. Özgül yakıt tüketiminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Şekil 4.23 incelendiğinde, özgül yakıt tüketimi üzerinde; diagonal-radyal lastik tekerlek uygulamalarına bağlı belirgin bir değişimin olmadığı, 4 lastik ve 6 lastik tekerlek kullanımının küçük değişimlere neden olduğu ve traktör ilerleme hızı artışına bağlı olarak belirgin bir azalma sağlandığı görülmektedir.

Faktör kombinasyonlarına bağlı özgül yakıt tüketimi değişimleri, daha önce incelenen maksimum çeki gücü değişimlerine göre tamamen ters bir eğilim içindedir. Maksimum çeki gücünde oluşan herhangi bir artış, çalışmada sağlanan aynı koşullar

altında, traktör özgül yakıt tüketiminde yaklaşık olarak aynı oranda azalmaya neden olmaktadır. Bu iki parametre arasındaki ters orantılı ilişki, faktör kombinasyonlarına bağlı değişim grafiğine de yansımıştır.

Ayrıca, traktörün ilerleme hızına bağlı olarak birim zamanda tüketilen yakıt miktarının arttığı, özgül yakıt tüketiminin ise azaldığı ilgili şekillerde görülmektedir. Bu iki parametre arasındaki ters orantılı ilişki, özgül yakıt tüketiminin önemli bir fonksiyonu olan maksimum çeki gücünün ilerleme hızı ile doğru orantılı olarak değişim göstermesinden kaynaklanmaktadır.

4.2.1.4. Deneme Faktörlerinin Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkileri

Her bir faktör ve etkileşimi için ölçülen ortalama en büyük ve en küçük değerler aralarındaki değişim % artış olarak Çizelge 4.20’de verilmiştir. Çalışmada ele alınan faktörler ve etkileşimlerinin, traktör genel verimi üzerindeki etkileri, varyans analiz tablosunda görülmektedir (Çizelge 4.21).

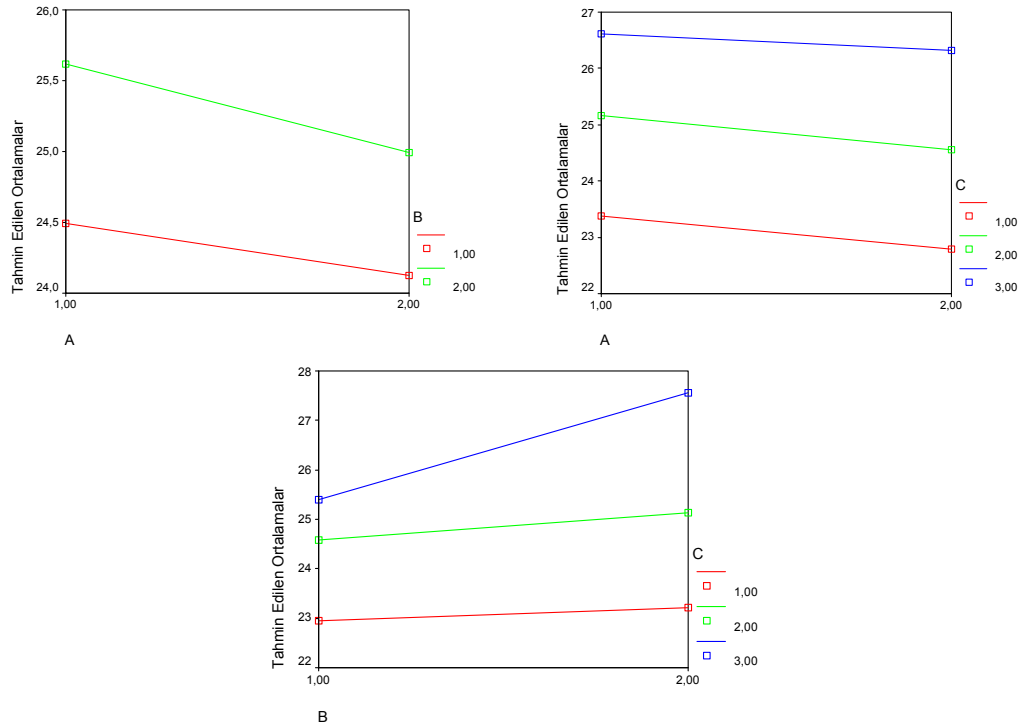
Çizelge 4.20. İncelenen Faktörler ve Etkileşimlerinin Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkileri

Faktörler ve Etkileşimler	Traktör Genel Verimi (%)		
	En küçük	En büyük	% Artış
A	<i>D</i> 24.56	<i>R</i> 25.05	%2.0
B	<i>4L</i> 24.31	<i>6L</i> 25.31	%4.1
C	<i>H1</i> 23.08	<i>H3</i> 26.47	%14.7
A x B	<i>D x 4L</i> 24.12	<i>R x 6L</i> 25.62	%6.2
A x C	<i>D x H1</i> 22.79	<i>R x H3</i> 26.61	%16.7
B x C	<i>4L x H1</i> 22.95	<i>6L x H3</i> 27.56	%20.1
A x B x C	<i>D x 4L x H1</i> 22.64	<i>R x 6L x H3</i> 27.79	%22.75

Çizelge 4.21. Faktörler ve Etkileşimlerinin Beton Zeminde Traktör Genel Verimi Üzerindeki Etkilerini Gösteren Varyans Analizi Tablosu.

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
A	3,000	1	3,000	63,926	,000
B	11,880	1	11,880	253,154	,000
C	91,740	2	45,870	977,425	,000
A * B	,200	1	,200	4,266	,046
A * C	,268	2	,134	2,857	,071
B * C	8,281	2	4,141	88,232	,000
A * B * C	,127	2	6,345E-02	1,352	,272
Hata	1,689	36	4,693E-02		
Genel	117,186	47			

Faktör ve etkileşimlerinin traktör genel verimi üzerindeki etkilerinin incelendiği varyans analizlerinde elde edilen iki faktör arasındaki ilişkileri gösteren grafikler, Şekil 4.24’de verilmiştir.



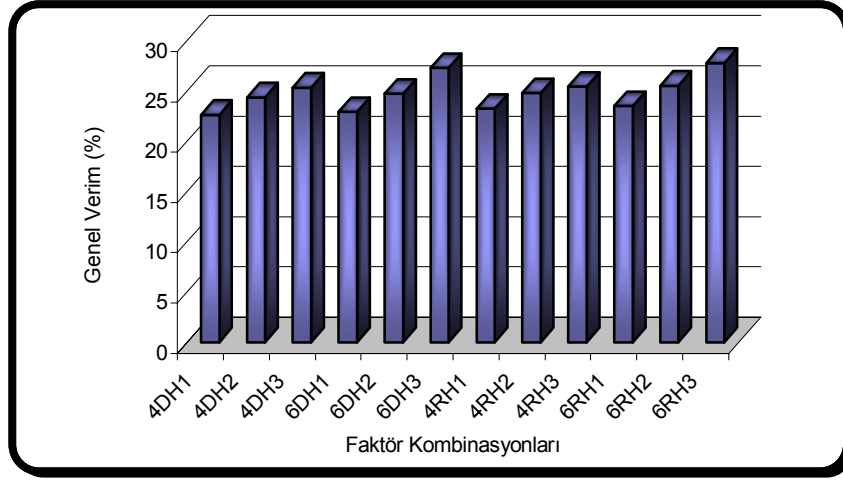
Şekil 4.24. Beton zeminde ölçülen genel verim değerleri için tahmin edilen etkileşim grafikleri

Çizelgeler incelendiğinde, üç faktörün traktörün genel verimi üzerinde 0.01 önem düzeyinde etkili olduğu görülmektedir. Traktör ilerleme hızının çeki gücünün bir fonksiyonu ve çeki gücünün de traktör genel veriminin belirlenmesinde önemli bir parametre olması nedeniyle, incelenen faktörler arasında C faktörü, diğer faktörlere kıyasla traktörün genel verimi üzerinde daha önemli bir etkiye sahiptir. Aynı koşullar altında 1. vites kademesi (II-1, 3.65 km/h) yerine 3. vites kademesinde (II-2, 5.50 km/h) çalışılması durumunda traktör genel veriminde %14.7 oranında bir artış belirlenmiştir.

Bu faktörler arasında oluşturulan iki faktörlü etkileşimlerden, BxC etkileşimi 0.01 önem düzeyinde, AxB etkileşimi ise 0.05 önem düzeyinde etkilidir. İki faktörlü etkileşimlerden C faktörünün yer aldığı etkileşimler, AxB etkileşimine göre genel verim üzerinde daha farklı artışlar sağlamaktadır.

Faktörler arası etkileşimlerin tümü dikkate alındığında, %15 patinaj koşulunda en küçük traktör genel verimi değeri “*Diagonal x 4 Lastik x 1. Hız*” etkileşiminde elde edilirken, en büyük traktör genel verimi değeri ise “*Radyal x 6 Lastik x 3. Hız*” etkileşiminde elde edilmiştir. Diagonal yerine radyal lastik kullanımı, ek ağırlık yerine ek lastik tekerlek kullanımı ve 1. ilerleme hızı (3.64 km/h) yerine 3. ilerleme hızında (5.51 km/h) çalışılması ile, traktör genel veriminde % 22.75 oranında bir artış sağlanmıştır. Diğer yandan, AxBxC etkileşiminin traktör genel verimi üzerindeki etkisi, istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır. Bu durum, üç faktörün birbirlerinden bağımsız etkilere sahip olduğunu göstermektedir.

Çalışmada incelenen 3 faktör ile oluşturulan kombinasyonların, denemelerin yürütüldüğü beton zeminde, traktör genel verimi üzerindeki etkisi Şekil 4.25’de görülmektedir.



Şekil 4.25. Traktör genel veriminin faktör kombinasyonlarına bağlı değişimi

Şekil 4.25'e göre, traktör genel verimi; diagonal-radyal lastik tekerlek uygulamalarına bağlı belirgin bir değişim görülmezken ek ağırlık yerine ek lastik tekerlek kullanımına ve traktör ilerleme hızı artışına bağlı olarak traktör genel verimi değerlerinde belirgin artışlar görülmektedir.

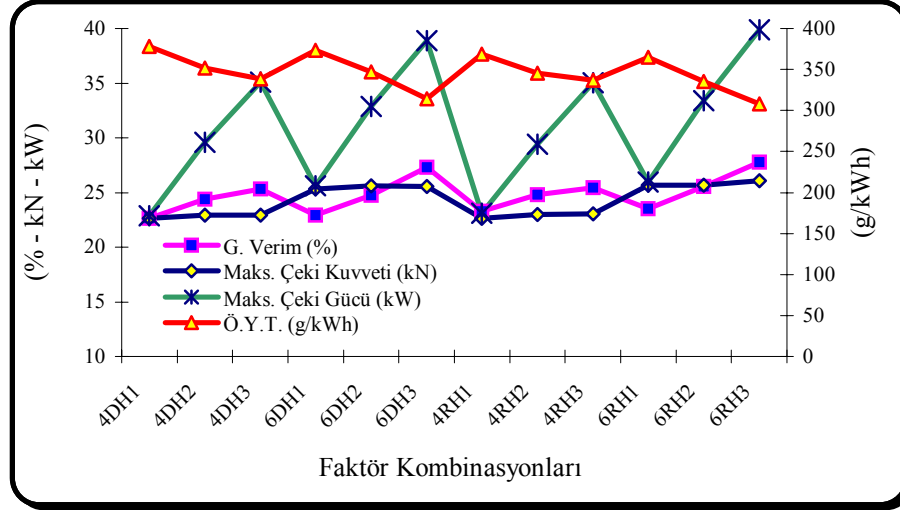
4.2.2. Genel Değerlendirme

Daha önce de belirtildiği gibi, tarla koşullarında, anız ile örtülü zeminlerde yürütülen denemelerde, sabit patinaj koşulunun sağlanması ve traktör maksimum çeki kuvveti ile maksimum çeki gücü değerlerinin belirlenebilmesi için gerekli ölçüm sistemlerinin mevcut olmaması ve oluşturulması için yeterli kaynağın sağlanamaması nedeniyle, Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü'nde bulunan, sayılan koşulların ve ölçümlerin sağlanabildiği sistemler kullanılarak, beton gibi homojen bir kıyaslama zemininde de denemeler yürütülmüştür.

Bu denemelerde, traktör performansı üzerinde etkili olacağı düşünülen uygulamaların, tarla denemelerinden farklı olarak, sabit patinaj değerinde (%15) maksimum çeki kuvveti ve maksimum çeki gücü üzerindeki etkileri de belirlenmiştir.

Beton zemin denemelerinde incelenen faktörler ve kombinasyonlarının, traktör veriminin değerlendirilmesinde yararlanılan parametreler üzerindeki etkilerinin ve

parametrelerin birbirlerine göre değişimlerinin daha açık görülebilmesi için, bu parametrelere ait değişim eğrileri Şekil 4.26’da gösterilmiştir.



Şekil 4.26. Beton zeminde, faktör kombinasyonlarına bağlı traktör genel verimi, maks. çeki kuvveti, maks. çeki gücü ve özgül yakıt tüketimi değişim eğrileri

Şekil 4.26’da görüldüğü gibi, maks. çeki gücü ile genel verim değerleri doğru orantılı olarak değişirken, özgül yakıt tüketimi değerleri bu parametreler ile ters orantılı bir ilişki içindedir. Diğer bir ifadeyle, çeki gücü artışı ile, özgül yakıt tüketimi azalırken, traktör genel verimi artmaktadır.

Maksimum çeki gücü, genel verim ve özgül yakıt tüketimi değerleri üzerinde sırasıyla en fazla, ilerleme hızı, ek lastik tekerlek kullanımı ve lastik yapılarındaki değişim etkili olmuştur. Özellikle II-2 vites kademesi (H3) ve ek lastik kullanımının bulunduğu etkileşimlerde değişimler oldukça belirgin olarak görülmektedir.

Bashford ve ark. (1987) tarafından yürütülen bir çalışmada elde edilen verilere göre de, traktör veriminin bir göstergesi olan ve çeki kuvvetinin arka aks üzerindeki dinamik yüke oranı olarak ifade edilen dinamik çeki oranı değerinin, beton zemin koşullarında, çift lastik tekerlek düzenlemesinde tek lastikli düzenlemeye kıyasla daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Maksimum çeki kuvveti değerleri ise, bu üç parametre ile orantılı bir değişim göstermemektedir. Örneğin, vites kademelerindeki değişimler çeki kuvveti değerlerinde, diğer parametrelerde olduğu gibi belirgin bir etki oluşturmamıştır. Çeki

kuvveti üzerinde en önemli etki, ek lastik tekerlek uygulaması ile oluşmuştur. Lastik yapılarındaki değişimin (diagonal-radyal) parametreler üzerinde %2 oranını aşmayan etkisi, eğriler üzerinde görülememektedir.

Grisso'nun bildirdiğine göre (2000), eşit boyutlardaki radyal lastikler diagonal lastiklere kıyasla daha ağırdır ve aynı taban deseninde tırnak yüksekliğinin bir dereceye kadar daha fazla olması nedeniyle, aynı çalışma koşullarında diagonal lastiklere kıyasla %30 oranında daha fazla kullanım ömrüne sahiptir. Ayrıca, çalışma sırasında zeminden kaynaklanan titreşimler, yapısı gereği radyal lastikler tarafından, diagonal lastiklere kıyasla daha iyi sönümlenebilmektedir.

Maksimum çeki kuvvetinin belirlenmesi amacıyla test aracı tarafından traktöre, %15 patinaj koşulunda, yüklerin uygulandığı beton zemin denemelerinde, maksimum çeki kuvveti sınırında, diagonal lastik tekerleklerde gözle de görülebilen titreşimler, radyal lastik tekerleklerde oluşmamıştır.

Tarla ve beton zemin denemelerinde elde edilen sonuçlar genel olarak incelendiğinde, özellikle radyal lastik tekerlek kullanımı ve ek lastik tekerlek uygulamasının, anızlı deneme alanlarında traktör verimi üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu görülmektedir. Çalışmada incelenen lastik yapısı ve düzenlemelerinin traktör genel verimi üzerinde sağladığı artışların, beton zemin koşulunda, tarla koşullarına kıyasla daha düşük oranlarda olması; gerek radyal lastiklerin yapısındaki farklılıklardan kaynaklanan zemine daha iyi tutunma sağlama özelliğinin gerekse ek lastik uygulamasında tekerlek-zemin arasındaki temas yüzeyinin artışı ile daha iyi bir tutunma sağlama özelliğinin, beton zemin üzerinde tarla zeminine kıyasla daha az olması ile açıklanabilir.

Grisso ve ark. (1992), yürüttükleri bir araştırma sonuçlarına göre, sert zemin özelliklerinin radyal lastik tekerleklerin diagonal lastik tekerleklere göre sağladığı avantajları azalttığını bildirmişlerdir.

Ayrıca, tarla çalışmalarında farklı uygulamalar, traktör patinajı üzerinde oluşturduğu değişimler ile traktör genel verimi üzerinde de etkili olurken, sabit patinaj değerinde yürütülen beton zemin denemelerinde bu etki söz konusu değildir. Bu nedenle, farklı lastik yapı ve düzenlemelerinin tarla koşullarında, traktör verimi üzerinde sağladığı avantajlar, beton zemin üzerinde daha düşük oranlarda kalmıştır.

4.3. Ek Maliyet Geri-Kazanım Analizi Sonuçları

Bilindiği gibi radyal lastiklerin satın alma bedeli diagonal lastiklere kıyasla daha yüksektir. İki lastik tipinin satın alma bedelleri arasındaki bu farklılık, her iki lastik tipinin de üretildiği ülkelerde %10-25 arasındadır (Mowitz ve Finck, 1987). Türkiye’de bu oran %70-100 arasında değişmektedir. Ülkemizde radyal traktör lastiği üretiminin yapılmaması ve kullanıcılara ancak ithal edilerek sunulması, bu fiyat farkının en önemli nedeni olarak kabul edilebilir (Sümer, 2004).

Bu fiyat farklarının yanında, bu çalışmada ve farklı araştırmacılar tarafından yapılan benzer çalışmalarda, radyal lastik tekerleklerin diagonal lastiklere kıyasla belirli oranlarda avantajlar sağladığı saptanmıştır.

Tarımsal işletme sahipleri genellikle, yapılan çalışmalarla belirlenen avantajların, oluşan ek maliyetleri ne kadar süre içerisinde karşılayacağı düşüncesi ile hareket etmekte ve kararlarını bu doğrultuda vermektedirler. Bu nedenle, radyal lastik kullanımının getirdiği avantajların, lastik seçiminde önemli bir gösterge olan ek maliyet geri-kazanım periyotları ile birlikte sunulması gerekmektedir.

Radyal lastik tekerleğin avantajlarının ek maliyetini dengelemesi, traktörün kullanım şekline bağlıdır. Özellikle, radyal lastikler için geri-kazanım, birincil ve ikincil toprak işleme aletleri gibi traktör üzerinde yüksek oranlarda yüklenmeler oluşturan makinalar ile yapılan tarımsal işlemler ile sağlanabilmektedir. Bu çalışmada kullanılan traktör, oluşturulan tüm etkileşimlerde, üç gövdeli bir pulluk ile anızlı zemin üzerinde yaklaşık %75 oranında yüklenmiştir.

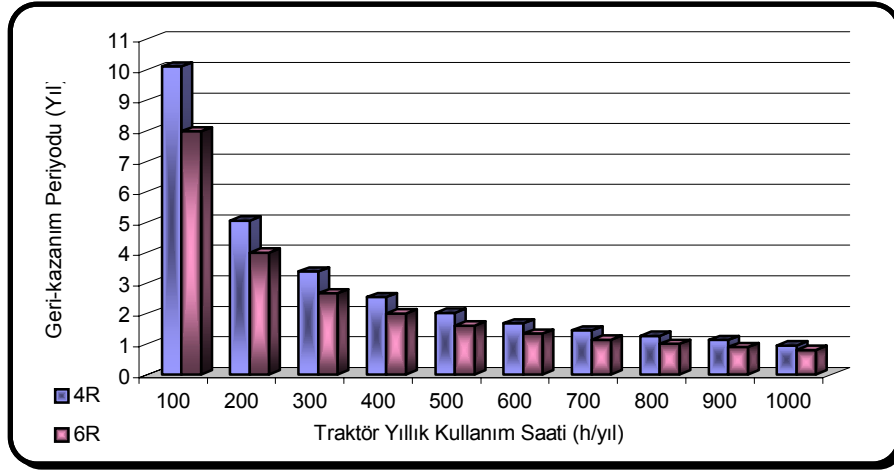
Diagonal 4 ve 6 lastik yerine Radyal 4 ve 6 lastik kullanımları için oluşan ek maliyetlerin geri kazanım periyotları, anızlı zeminde çalışılması durumunda, bu yüklenme oranı ve diğer çalışma koşulları dikkate alınarak, Grisso (2000) tarafından geliştirilen yöntem ile farklı yıllık kullanım süreleri için belirlenmiştir. 10 farklı traktör kullanım süreleri için belirlenen geri-kazanım periyotları ve ilk yıl oluşan net tasarruf miktarları Çizelge 4.22’de verilmiştir. Çizelgede verilen her bir değerinde elde edildiği hesap çizelgeleri, Ekler bölümünde sunulmuştur (Ek-4).

Çizelge 4.22. 4R ve 6R Lastik Kullanımı için geri-kazanım periyotları ve ilk yıl oluşan net tasarruf miktarları

Uygulama	Traktör Yıllık Kullanım Saati (h/yıl)									
	100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
	Geri Kazanım Periyodu (Başa baş Noktası) (Yıl)									
4R	10.10	5.05	3.37	2.53	2.02	1.68	1.44	1.26	1.12	0.95
6R	7.98	4.00	2.66	2.00	1.60	1.33	1.14	1.00	0.89	0.80
	İlk Yıl Net Tasarruf (€/yıl)									
4R	-594.7	-529.3	-464.0	-398.6	-333.3	-268.0	-202.6	-137.3	-71.9	37.4
6R	-1408.3	-1206.6	-1004.8	-803.1	-601.4	-399.7	-197.9	-3.7	205.4	407.2

Çizelgede başa baş noktası olarak da ifade edilen geri kazanım periyotları incelendiğinde, traktörün 4R ve 6R uygulaması ile 100 h/yıl kullanımında, oluşan avantajların ek maliyet ile dengelenmesi sırasıyla 11. ve 8. yılda gerçekleşirken, 1000 h/yıl kullanımında bu, her iki koşul için ilk yıl da gerçekleştiği görülmektedir. Bu iki uç nokta arasında, yıllık kullanım süresi artışına bağlı olarak başa baş noktasındaki azalma oldukça belirgindir. Ayrıca, 6R uygulamasında 4R uygulamasına kıyasla, ek maliyetler daha erken kazanılmıştır.

4R ve 6R için belirlenen ilk yıl net tasarruflar, (-) ve (+) olarak değişen değerlere sahiptir. Herhangi bir koşul için net tasarrufun (-) değerinde olması, ilk yıl geri kazanımın o değer kadar eksik olduğunu ifade etmektedir. (+) değer ise, ilk yıl içinde ek maliyetlerin geri kazanıldığı ve yıl sonunda o değer kadar ek maliyetin üzerinde kazanç sağlandığını göstermektedir. Geri kazanım periyodu ve ilk yıl net tasarruf değerlerinin traktör yıllık kullanım süresine bağlı olarak değişimleri Şekil 4.27 ve Şekil 4.28’de verilmiştir.

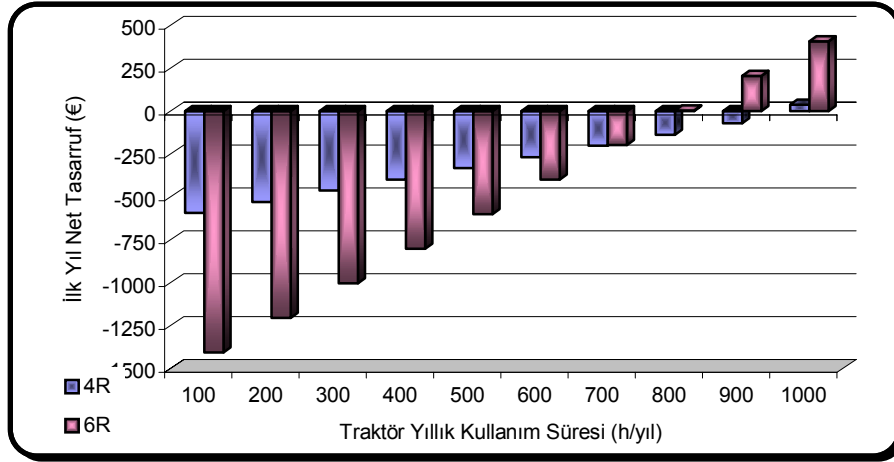


Şekil 4.27. Traktör yıllık kullanım süresine bağlı geri kazanım periyodu değişimi

Şekil 4.27 incelendiğinde, yıllık kullanım süresi ile geri kazanım periyodu arasındaki ters orantılı ilişki belirgin olarak görülmektedir. Özellikle 500 h/yıl kullanımına kadar, geri kazanım periyodu hızlı bir şekilde azalmış, bu noktadan sonra daha düşük oranlarda azalma göstermiştir.

Daha önce de belirtildiği gibi, Demirci (1986), ekonomik bir kullanım için traktör kullanım saatinin en az 650 h/yıl olması gerektiğini ve 850-1000 h/yıl arasındaki kullanımların ise traktörün efektif kullanıldığı aralık olduğunu bildirmiştir.

Yapılan ekonomik analizlerde elde edilen sonuçlar, bu bilgileri doğrulamaktadır. Uygulamanın sağladığı avantajların yapılan ek maliyetleri dengelediği nokta olarak kabul edilen başa baş noktası, 4R uygulamasında traktörün 600-900 h/yıl arasındaki kullanımlarında ikinci yıl içerisinde, 1000 h/yıl kullanımında ise ilk yıl içerisinde, 6R uygulamasında ise, traktörün 400-700 h/yıl kullanım için ikinci yıl, 800-1000 h/yıl kullanımları için ilk yıl içerisinde ek maliyetler geri kazanılmıştır. İki uygulama arasındaki bu farklılıklar Şekil 4.18’de belirgin olarak görülmektedir. 6R uygulamasının oluşturduğu ek maliyetlerin 4R uygulamasına kıyasla %144 daha fazla olmasına rağmen, geri kazanımları daha kısa sürelerde gerçekleşmiştir. Bu durumun nedeni, ek lastik tekerlek kullanımının özgül yakıt tüketimi ve alan kapasitesi açısından, diğer uygulamaya göre daha önemli avantajlar sağlamasıdır. Bu avantajlar, traktör yıllık kullanım süresine bağlı olarak değişen ilk yıl net tasarruf değerlerine de yansımıştır (Şekil 4.28).



Şekil 4.28. Traktör yıllık kullanım süresine bağlı ilk yıl net tasarruf değişimi

İlk yıl net tasarruf değerleri, yıllık kullanım sürelerine bağlı olarak (-) değerlerden (+) değerlere doğru bir değişim göstermiştir. Ek maliyetlerin ilk yıl içinde geri kazanıldığını ifade eden pozitif değerler, 4R uygulaması için traktörün 1000 h/yıl kullanımında gerçekleşirken, bu durum 6R uygulaması için traktörün 800 h/yıl kullanımında gerçekleşmiştir.

4R ve 6R uygulamaları için 100-1000 h arasındaki traktör yıllık kullanım sürelerine bağlı olarak belirlenen geri kazanım periyotları, daha öncede belirtildiği gibi radyal lastiklerin daha uzun hizmet ömrüne sahip olma avantajını içermemektedir. Diğer bir ifade ile, geri kazanım periyotları, 4R ve 6R uygulamalarının sağladığı yakıt ve zaman tasarrufları dikkate alınarak belirlenmiştir. Radyal lastiklerin hizmet ömrünün diagonal lastiklere kıyasla daha fazla olması da dikkate alınması gereken önemli bir avantajdır. Bu avantaj ile ilgili bir değerlendirmenin yapılabilmesi için, lastik tekerleğin ortalama hizmet ömrünün bilinmesi gereklidir.

Frisby (1999), radyal lastik kullanımının maliyet analizi ile ilgili yapmış olduğu bir çalışmada, diagonal lastiğin hizmet ömrünün ortalama 2500 h olduğunu ve geliştirdiği analiz yönteminde bu değer kullanılması gerektiğini bildirmiştir. Radyal lastiğin diagonal lastiğe kıyasla %25-40 arasındaki oranlarda daha uzun hizmet ömrüne sahip olduğu dikkate alındığında, bir radyal lastiğin hizmet ömrü, ortalama 3250 h olarak kabul edilebilir.

Bu çalışmada elde edilen veriler kullanılarak belirlenen ek maliyet geri kazanım periyotlarına göre, diagonal lastik yerine radyal lastik kullanımının (4R) ve traktörün arka aksı üzerinde ek ağırlık yerine ek lastik tekerlek (radyal) kullanımının (6R) ekonomik ve işletmeciler tarafından tercih edilebilir olması üzerine, kullanıcılar tarafından yapılacak değerlendirmelerde, lastik hizmet ömrünün 3250 h olduğu dikkate alınabilir. Bu duruma göre radyal lastik kullanımı, sağladığı yakıt tasarrufu ve çeki kuvveti artışı gibi avantajlar bilinmese ya da göz ardı edilse bile, daha uzun süre kullanılabilmesi açısından dikkate alınması ve değerlendirilmesi gereken önemli bir seçenektir. Örneğin bir işletmede, bu çalışmanın yapıldığı koşullara benzer koşullarda çalıştırılan ve yıllık ortalama kullanım süresi 500 h olan bir traktör ile kullanılan diagonal lastik, 5 yıl hizmet ömrüne, radyal lastik ise 6.5 yıl hizmet ömrüne sahip olacaktır.

Bu saptamalar, anızlı zemin üzerinde 63 kW güce sahip bir traktör ile daha önce ayrıntılı olarak açıklanmış olan belirli çalışma koşulları için güvenilir bilgiler olarak değerlendirilebilir. Farklı boyutlarda lastik tekerleklere sahip farklı güçlerdeki traktörler ile benzer yada farklılık gösteren çalışma koşulları için de bu saptamalar, kullanıcıların bilgilendirilmesi ve yönlendirilmesi açısından bir yaklaşım ve örnek niteliğindedir.

5. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Araştırma, özellikle son yıllarda ülkemizde yaygınlaştırmaya çalışılan doğrudan anıza ekim vb. anız üzerinde gerçekleştirilen tarımsal işlemler dikkate alınarak, Çukurova Bölgesi toprak tekstürünü temsil eden anızla örtülü killi ve kumlu-tınlı tekstürde iki zemin koşulunda ve uygulamalar arasındaki farklılıkların daha küçük hatalar ile belirlenebileceği düşünülen, homojen bir kıyaslama zemini olan beton zemin üzerinde yürütülmüştür.

Tarla koşullarında yapılan denemelerde, farklı lastik yapısı, düzenlemeleri ve ilerleme hızları ile oluşturulan etkileşimler, traktörün bir pulluk ile hemen hemen aynı oranlarda yüklenmesi ile incelenmiştir. Çalışmada belirlenen özgül yakıt tüketimi, patinaj ve traktör genel verimi değerleri incelenerek, traktör verimi değerlendirilmiştir. Beton zemin denemelerinde ise, sabit patinaj değerinde, tüm etkileşimler için maksimum çeki kuvveti, maksimum çeki gücü, özgül yakıt tüketimi ve genel verim değişimleri incelenerek, traktör verimi değerlendirilmiştir.

Ayrıca, Grisso (2000) tarafından geliştirilen bir yöntem kullanılarak, radyal lastik ve ek lastik tekerlek kullanımı ile ilgili uygulamaların oluşturduğu ek maliyetlerin geri-kazanım periyotları, anızlı zemin koşulları için farklı traktör yıllık kullanım sürelerine bağlı olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, ilgili uygulamaların ekonomik olması ve tercih edilme durumu koşulları hakkında önemli bilgiler içermektedir.

Araştırmada elde edilen veriler, mevcut traktörün işletmede yürütülen tarımsal faaliyetler için uygun olması ya da seçilmesi durumuna bağlı olarak değerlendirilebilir. Buna göre işletmedeki mevcut traktörlerin yürüme organı özellikleri, yürütülen tarımsal işlemler ve işlemlerin yürütüldüğü tarım alanları dikkate alınmalıdır. Mevcut traktör yürüme organı düzenlemeleri ve işletmenin verimliliği üzerindeki olumsuz etkileri, gerek yürüme organı gerekse çalışma hızı ile ilgili yanlış uygulamaların düzeltilmesiyle giderilebilir.

Her iki çalışma koşulunda elde edilen veriler, ayrı başlıklar altında, çizelge ve grafikler ile anlatılmış ve tartışılmıştır. Bu bölümde de, çalışmalarda elde edilen sonuçlar, her iki çalışma koşulu için ayrı olarak, özet şekliyle sunulmuştur.

Tarla denemelerinde elde edilen verilerin varyans analizi sonuçlarına göre;

- ✚ Diagonal ve radyal lastik tekerlek kullanımının, çalışma parametreleri üzerinde istatistiksel anlamda etkili olmadığı saptanmıştır. Çalışmada elde edilen verilere göre radyal lastik kullanımı; buğday anızı ile örtülü killi ve kumlu-tınlı arazilerde sırasıyla; özgül yakıt tüketiminin ortalama %2.53-%4.09 oranlarında azaltılmasına, traktör patinaj değerlerinin ortalama %6.0-%7.39 oranlarında azaltılmasına ve traktör genel veriminin ortalama %3.52-%4.90 oranlarında artırılmasına neden olmaktadır.
- ✚ Traktör arka kuvvet tekerleklerine ek ağırlık bağlanarak çalışılmasına alternatif olarak, ek ağırlıklar yerine ek lastik tekerlek bağlanarak çalışılması, traktör veriminin değerlendirilmesinde kullanılan parametreler üzerinde her iki arazide de etkili bulunmuştur. Çalışmada elde edilen verilere göre ek lastik tekerlek kullanımı; buğday anızı ile örtülü killi ve kumlu-tınlı arazilerde sırasıyla; özgül yakıt tüketiminin ortalama %14.15-%11.39 oranlarında azaltılmasını, traktör patinaj değerlerinin ortalama %33.82-%34.25 oranlarında azaltılmasını ve traktör genel veriminin ortalama %16.95-%13.40 oranlarında artırılmasını sağlamıştır. Ayrıca, ek lastik tekerlek kullanımının patinaj üzerindeki azaltıcı etkisi nedeniyle, her iki vites kademesinde de çalışılması durumunda, traktör ilerleme hızında ortalama %7 oranında bir artış belirlenmiştir.
- ✚ I-4 (H1) ve II-2 (H2) vites kademelerinde çalışılması, traktör veriminin değerlendirilmesinde kullanılan parametreler üzerinde her iki arazide de 0.01 önem düzeyinde etkili bulunmuştur. Çalışmada elde edilen verilere göre I-4 (ortalama 4.9 km/h) yerine II-2 (ortalama 5.9 km/h) vites kademesinde çalışılması; buğday anızı ile örtülü killi ve kumlu-tınlı arazilerde sırasıyla; özgül yakıt tüketiminin ortalama %11.39-%9.69 oranlarında azaltılmasını, traktör patinaj değerlerinin ortalama %21.98-%13.97 oranlarında azaltılmasını ve traktör genel veriminin ortalama %11.30-%8.0 oranlarında artırılmasını sağlamıştır.

Beton zemin denemelerinde elde edilen verilerin varyans analizi sonuçlarına göre;

- ✚ İncelenen üç faktörün de, traktör veriminin değerlendirilmesinde kullanılan parametreler üzerinde istatistiksel anlamda 0.01 önem düzeyinde etkili olduğu saptanmıştır.
- ✚ Çalışmada elde edilen verilere göre diagonal lastiğe alternatif olarak radyal lastik kullanımı; traktör maksimum çeki kuvvetinin %0.7 oranında, maksimum çeki gücünün %1.0 oranında, traktör genel veriminin %2.0 oranında artırılmasını, özgül yakıt tüketiminin ise %2.0 oranında azaltılmasını sağlamıştır.
- ✚ Ek ağırlık yerine ek lastik tekerlek kullanımı; traktör maksimum çeki kuvvetinin %12.2 oranında, maksimum çeki gücünün %12.4 oranında, traktör genel veriminin %4.1 oranında artırılmasını, özgül yakıt tüketiminin ise %3.6 oranında azaltılmasını sağlamıştır.
- ✚ Beton zemin denemelerinde, tarla denemelerinden farklı olarak I-4 (H2, ortalama 4.6 km/h), II-2 (H3, ortalama 5.5 km/h) ile birlikte, daha düşük bir ilerleme hızında çalışılmasını sağlayan II-1 (H1, ortalama 3.65 km/h) vites kademesinde de çalışılmıştır. Yapılan varyans analizi sonucuna göre, seçilen en düşük ilerleme hızı (II-1) yerine en yüksek ilerleme hızında (II-2) çalışılması durumunda; traktör maksimum çeki kuvvetinin %1.3 oranında, maksimum çeki gücünün %52.0 oranında, traktör genel veriminin %14.7 oranında artırılması, özgül yakıt tüketiminin ise %12.6 oranında azaltılması sağlanmıştır.

Çalışmada incelenen üç faktörün aralarında oluşturdukları etkileşimler dikkate alındığında;

- ✚ Tarla denemelerinde elde edilen verilerin değerlendirildiği varyans analizi sonuçlarına göre, ek lastik tekerlek kullanımı ve 2. ilerleme hızı (II-2), traktör verimi üzerinde en olumlu etkinin belirlendiği üç faktörlü etkileşimler içinde yer alırken, ek ağırlık kullanımı ve 1. ilerleme hızı (I-4), traktör verimi üzerinde belirlenen en az etkiyi oluşturan üç faktörlü etkileşim içinde yer almaktadır. Diagonal ve radyal lastik kullanımları ise, faktörler arasında oluşturulan üçlü

etkileşimler içerisinde, traktör verimi üzerinde en düşük yada en yüksek etkide olma durumuna bağlı belirli bir eğilim göstermemektedir.

✚ Beton zemin denemelerinde ise, elde edilen verilerin değerlendirildiği varyans analizi sonuçlarına göre, üç faktörün aralarında oluşturduğu üçlü etkileşimler incelendiğinde, traktör veriminin değerlendirildiği dört çalışma parametresi üzerinde de, en iyi sonucun “*radyal lastik x ek lastik tekerlek kullanımı x 3. ilerleme hızı (5.5 km/h)*” etkileşiminde sağlandığı görülmüştür. Parametreler üzerinde verim artışı üzerinde en az etki ise, “*diagonal lastik x ek ağırlık kullanımı x 1. ilerleme hızı (3.65 km/h)*” etkileşiminde sağlanmıştır.

Bu araştırmada ve konu ile ilgili olarak farklı araştırmacılar tarafından yürütülen önceki çalışmalarda elde edilen sonuçlara göre, tarım traktörlerinde radyal lastik tekerlek kullanımı, diagonal lastik tekerlek kullanımına kıyasla, traktör verimi üzerinde daha olumlu etkilere sahiptir.

Ayrıca, çalışma sırasında zeminden kaynaklanan titreşimler, yapısı gereği radyal lastikler tarafından, diagonal lastiklere kıyasla daha iyi sönümlenebilmektedir. Radyal lastiklerin, aynı koşullarda kullanılan diagonal lastiklere kıyasla çalışma ömürlerinin %25-40 arasındaki oranlarda daha uzun olması da, diğer önemli bir avantajdır.

Radyal lastiklerin satın alma bedelleri, gelişmiş ülkelerde diagonal lastiklere kıyasla %10-25 arasındaki oranlarda daha yüksektir. Ülkemizde ise bu oran %70-100 arasında değişmektedir. Örneğin, bu araştırmada kullanılan 18.4-15/30 diagonal lastiğin ortalama satın alma bedeli 315 €, aynı boyutlardaki radyal lastiğin ortalama satın alma bedeli ise 540 €’dur. Ülkemizde sadece diagonal traktör lastiği üretiminin olması ve radyal lastiklerin ancak yurt dışından ithal edilerek kullanılabilmesi, aradaki fiyat farkını artıran önemli bir olumsuzluktur.

Radyal lastik tekerlek ve arka aks üzerinde ek lastik kullanımının sağladığı yakıt ve zaman tasarrufları avantajları ile farklı traktör yıllık kullanım süreleri dikkate alınarak, bu uygulamaların oluşturduğu ek maliyetlerin geri kazanım periyotları (başa baş noktası) belirlenmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, uygulamanın sağladığı avantajların yapılan ek maliyetleri dengelediği nokta olarak kabul edilen başa baş noktası, 4R uygulamasında traktörün 600-900 h/yıl arasındaki kullanımlarında ikinci yıl içerisinde, 1000 h/yıl kullanımında ise ilk yıl içerisinde. 6R uygulamasında ise, traktörün 400-700 h/yıl kullanım için ikinci yıl, 800-1000 h/yıl kullanımları için ilk yıl içerisinde ek maliyetler geri kazanılmıştır. Bu saptamalar, anızlı zemin üzerinde 63 kW güce sahip bir traktör ile daha önce ayrıntılı olarak açıklanmış olan belirli çalışma koşulları için güvenilir bilgiler olarak değerlendirilebilir. Farklı boyutlarda lastik tekerleklerle sahip farklı güçlerdeki traktörler ile benzer yada farklılık gösteren çalışılma koşulları için de bu saptamalar, kullanıcıların bilgilendirilmesi ve yönlendirilmesi açısından bir yaklaşım ve örnek niteliğindedir.

Tarla çalışma koşulları için daha uygun olan ve gelişmiş ülkelerde tüm traktör ve diğer tarım araçlarında kullanılan radyal lastiklerin ülkemizde üretilen ve montajı yapılan traktörlerde kullanımı 1 yada 2 model ile sınırlı kalmaktadır. Traktör satın alma bedeline doğrudan yansıyan ve üreticiler arasındaki rekabeti olumsuz yönde etkileyen, lastik satın alma bedellerindeki farklılık ve traktör kullanıcılarının yetersiz teknik bilgiye sahip olması, ülkemiz tarımında halen diagonal lastik kullanımının sürdürülmesinin en önemli nedenlerindendir. Son 20 yılda ithal edilmiş traktörlerin büyük çoğunluğunda radyal lastiklerin bulunması, bu konuda ne kadar geç kalındığının bir göstergesidir. Ülkemizde üretilen traktörlerde de radyal lastik kullanımının yaygınlaşması, öncelikle traktör kullanıcılarının bilgilendirilmesi ve lastik üreticilerinin bu konuda yönlendirilmesi ile sağlanabilir.

Araştırmada, traktör arka kuvvet tekerleklerine ek ağırlık bağlanarak çalışılmasına alternatif olarak, ek ağırlıklar yerine ek lastik tekerlek bağlanarak çalışılması; traktör özgül yakıt tüketimi, patinaj ve traktör genel verimi üzerinde önemli avantajlar sağladığı belirtilmiştir. Özellikle anızlı arazilerde yürütülen tarımsal işlemlerde (Anıza ekim, toprak işleme, vb.), ek lastik tekerlek kullanımı, ilerleme hızında neden olduğu %7'lik artış, daha büyük iş genişliği ile çalışılabilme ve kıyaslama olarak alınan 10 ha'lık bir arazide yaklaşık 30 L'lik yakıt tasarrufu ile zamanlılık ve yakıt ekonomisi açısından işletme karlılığına katkı sağlamaktadır.

İşlenmiş ve ekime hazırlanmış tarım alanlarında yapılan geleneksel ekim işlemlerinin yerini almaya başlayan ve bir çok ülkede yaygın olarak uygulanan anıza ekim işlemleri için büyük iş genişliğine sahip, daha fazla çeki kuvveti gerektiren ekim makinalarının çalıştırılmasında traktörün daha etkin bir şekilde kullanılması zorunludur. Anızlı arazilerdeki benzeri uygulamalarda çeki gücü gereksiniminin karşılanması için daha büyük güçlü traktörlerin kullanımı yerine, traktör motorunda geliştirilen gücün çeki gücüne dönüşüm oranının artırılmasını sağlayan ek lastik tekerlek kullanımı vb. uygulamalar ile işletmede bulunan mevcut traktörler daha verimli kullanılabilir.

Traktörlerde ek lastik tekerlek kullanımı, özellikle büyük tarım alanına sahip tarım işletmelerinde önemli yararlar sağlayabilecek bir uygulamadır. Bu uygulama, tarım teknolojileri gelişmiş olan ülkelerde yaygınlaşmaktadır. Bu ülkelerde, büyük güçlü traktörlerin çoğunluğu, ek lastik kullanımına olanak sağlayacak şekilde uzun akslı olarak üretilmektedir. Uzun akslı olarak üretilmeyen fakat ek lastik kullanımı için uygun olan traktörlerde ek lastik bağlantısının yapılabilmesi için çeşitli bağlantı aparatları, traktör üreticilerinden temin edilebilmektedir. Traktör kullanıcılarının satın aldıkları traktörü daha etkin bir biçimde kullanmalarını sağlayacak bu uygulama hakkındaki bilgiler ve ilgili aparatlarının sağlanması konusunda, ülkemizdeki traktör üreticileri gerekli girişimlerde bulunmalıdırlar. Örneğin, bu proje kapsamında tasarımılanan ve imal edilen ek lastik bağlantı elemanı, ek lastik tekerlek uygulaması için uygun traktörlerin çoğunda kullanılabilecek şekilde geliştirilerek imalatı yapılabilir. Ayrıca, ilgili firmalar tarafından bu uygulamaların tanıtıldığı tarla günlerinin düzenlenmesi, traktör sahiplerinin bu konuda bilgilendirilmesi ve yönlendirilmesi bakımından önemli yararlar sağlayacaktır.

Sonraki Çalışmalar

Bu doktora tezinde, ülkede tarım traktörlerinin daha etkin kullanılabilmesine yönelik bir dizi denemeler yürütülmüş ve değerlendirmeler ile birlikte sunulmaya çalışılmıştır. Yürütülen çalışmada ilgili konular, anlamlı sonuç ve önerilerin oluşturulması düşünülerek geniş kapsamlı olarak ele alınmıştır. Fakat, bir proje kapsamında konuyu tüm yönleri ile ele almak genellikle mümkün olmamaktadır. Sonuçlanan bir çalışma, elde edilen bulgulara devam niteliğinde olacak yeni çalışma konularını ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca, çalışmanın materyal, yöntem ve değerlendirme kapsamında, farklı nedenlerle gözardı edilmiş ya da gözden kaçırılmış, geriye dönüşü mümkün olmayan bazı uygulamaların farkına varılabilmektedir.

Bu çalışmada, farklı yapıdaki lastik tekerlekler ve düzenlemelerinin traktör verimi üzerindeki etkileri incelenirken, arka aks üzerinde çift lastik kullanımının traktör diferansiyeli ve tekerlek jantları üzerindeki etkileri dikkate alınmamıştır. Çalışma verimliliği ön planda tutulmuş ve dayanım ile ilgili herhangi bir öneri getirilememiştir. Bu, ayrı bir çalışma konusu olabilir. Çalışmalar, tarla koşullarından buğday anızlı arazi dikkate alınarak yürütülmüştür. Benzer çalışmaların farklı yapı ve yüzey özelliklerine sahip araziler için de uygulanması yararlı olacaktır. Lastik tekerlek ile ilgili traktör verimliliğine yönelik yapılacak çalışmalarda, bu çalışmada dikkate alınan değerlendirme kriterleri ile birlikte çeki etkinliğinin de (Çeki Gücü/Aks Gücü) belirlenmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir. Bu kriter, farklı lastik tekerlekler arasındaki farklılıkların belirlenmesinde önemli kıyaslama bilgileri sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- ABU-HAMDEH, N.H., and AL-WIDYAN, M.I., 2000.** Effect of Axle Load, Tire Inflation Pressure, and Tillage System on Soil Physical Properties and Crop Yield of a Jordanian Soil. Transactions of the ASAE 43(1):13-21.
- ADAMS, R, 1962.** Zugkraft-und Drehmomentmessungen an Schleppernhaengemaschinen. Archiv für Landtechnik, 3. Band, Heft 3., S.117/225, Akademie-Verlag.
- AKINCI, İ., 1994.** Traktör Tarım Makinası Enerji İlişkilerinin Saptanması İçin Bilgisayar Destekli ölçme Sisteminin Geliştirilmesi ve Mekanizasyon Planlamasında Temel İşletmecilik Verilerinin Belirlenmesi Üzerinde Bir Araştırma. (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Takinaları Anabilim dalı, s:123, Adana.
- AKINCI, İ., ve SABANCI, A., 1991.** Tarım Traktörlerinde Patinaj ve Etkili Değişkenler Üzerinde bir Araştırma. 5. Ulusal Makine Sempozyumu, s:157-166. Uludağ, Bursa.
- ALCOCK, R., 1986.** Tractor-Implement System. AVI Publishing Co., Inc. USA. Chapter 4-5, s(44-72).
- ALI, O.S., ve MCKYES, E., 1978.** Traction Characteristic of Lugs for Tires. Transactions of the ASAE 21(2):239-243.
- ANONYMOUS, ... a.** Proximity Switch Manyetik Algılayıcı Tanıtım Katoloğu.
- _____, ...b BUSH Marka, Hafızalı Toprak Penetrometresi Tanıtım Kitapçığı.
- _____, ...c. Strainert Custom Internally Gaged Load Sensing Clevis Pins and Bolts. AJB Associates Electronics Ltd. 54 High St., Somerset, G.B. Bulletin No. 366-4.
- ANONYMOUS, 1990.** Signal Conditioning Board. Model PCLD-770. The PC-LabCards User's Manual. Taiwan. S:32.
- ANONYMOUS, 1991.** Deere & Company John Deere Tractor and Equipment, Volume two 190-1990, s(392).

- ANONYMOUS, 1994a. Tractors, Fundamental of Machine Operation. Deere & Company, John Deere Publishing. s:271.
- _____, 1994b. Goodyear Tire & Company, Optimum Tractor Tire Performance Handbook. s(21).
- ANONYMOUS, 1997. New Holland 80-66 S/DT Tarım Traktörü (Çift Çeker) Test Raporu. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Tarım Alet ve Makinaları Test Merkezi Müdürlüğü. Test No: 30/1290 TG.11, s:26, Ankara.
- ANONYMOUS, 1999a. Pirelli Co., Agricultural Tyres Technical Manual, s(104).
- ANONYMOUS, 1999b. Radial Tractor Tires, A Guide to Selecting the Correct Inflation Pressure. University of California, California Energy Comission. s(36). California.
- ANONYMOUS, 2001. Brisa Bridgestone Sabancı Lastik Sanayi Ve Ticaret A.Ş., Yol Dışı Lastikleri Bakım Tanıtım ve Kullanım Kitabı. s(70).
- ASAE, 1987. Standard S296.3: Uniform Terminology for Traction of Agricultural Tractors, Self Propelled Implements and Other Traction and Transport Devices, Standarts. 34th Ed. American Society of Agricultural Engineer. St. Joseph, MI-49085-9659.
- BARGER, E.L., LILJEDAH, J.B., CARLETON, W.M., and MCKIBBEN, E.G., 1963.** Tractor and Their Power Units. John & Wiley and Sons, Inc., New York, Chapter 13. s(272-299).
- BASHFORD, L.L. and KOCHER, M.F., 1999.** Belts vs Tires, Belts vs Belts, Tires vs Tires. Applied Engineering in Agriculture, 15(3):175-181.
- BASHFORD, L.L., BARGEN, K.V., WAY, T.R., and XIAOXIAN, L., 1987.** Performance Comparision Between Duals and Single on the Rear Axle of A Front Wheel Assist Tractor. Transactions of the ASAE 30(3):641-645.
- BURT, E.C., and BAILEY, A.C., 1982.** Load and Inflation Pressure Effect on Tires. Transactions of the ASAE 25(4):881-884.
- BURT, E.C., BAILEY, A.C., PATTERSON, R.M. and TAYLOR, J.H., 1979.** Combined Effects of Dynamic Load and Travel Reduction Reduction on Tire Performance. Transactions of the ASAE 22(1):40-45.

- BURT, E.C., BAILEY, A.C., and TAYLOR, J.H., 1980a.** Effect of Dynamics Load Distribution on the Tractive Performance of Tires Operated in Tandem. Transactions of the ASAE 23(6):1395-1400.
- BURT, E.C., LYNE, P.W., MEIRING, P., and KEEN, J.F., 1983.** Ballast and Inflation Effects on Tire Efficiency. Transactions of the ASAE 26(5):1352-1354.
- BURT, E.C., REAVES, C.A., BAILEY, A.C., and PICKERING, W.D., 1980b.** A Machine for Testing Tractor Tires in Soil Bins. Transactions of the ASAE 23(3):546-548.
- BUSSCHER, W.J., SOJKA, R.E., 1987.** Enhancement of Subsoiling Effect on Soil Strength by Conservation Tillage. Transactions of the ASAE 30(4):888-892.
- DEMİRCİ, K., 1986.** Büyük Güçlü traktör ve Büyük İş Kapasiteli Makinaların Kullanılma Olanakları. Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi, 5-7 Mayıs. 23-33, Adana.
- DWYER, M.J., and PEARSON, G., 1976.** A Field Comparison of the Tractive Performance of Two-and Four-Wheel Drive Tractors. Journal of Agricultural Engineering Research, 21:77-85.
- ERICKSON, L.R., and LARSEN, W.E., 1983.** Four Wheel Drive Tractor Field Performance. Transactions of the ASAE 26(5):1346-1351.
- ESCH, J.H., BASHFORD, L.L., VON BARGEN, K., and EKSTROM, R.E., 1990.** Tractive Performance Comparisons Between A Rubber Belt track and A Four-Wheel-Drive Tractor. Soil. Transactions of the ASAE 33(4):1109-1115.
- FEKETE, A., 1990.** The Optimum Slip of the Tyre. International Conference on Agricultural Engineering, 24-26 October, Berlin.
- FRED, R., JONES, M.S., WILLIAM, H., and ALDRED, M.S., 1980.** Farm Power and Tractors. McGraw Hill Book Company. New York. Chapter 19, s(365-391).
- FRISBY, J.C., 1999.** Are Radial Tractor Tires Cost Effective. Published by Extension, University of Missouri-Columbia.

- GEE-CLOUGH, D., MCALLISTER, M., and EVERNDEN, D.W., 1977a.**
Tractive Performance of Tractor Drive Tyres, I. The Effect of Lug Height. Journal of Agricultural Engineering Research, 22:373-384.
- GEE-CLOUGH, D., MCALLISTER, M., and EVERNDEN, D.W., 1977b.**
Tractive Performance of Tractor Drive Tyres, II. A Comparision of Radial and Cross-ply Carcass Construction. Journal of Agricultural Engineering Research, 22:373-384.
- GEE-CLOUGH, D., MCALLISTER, M., and EVERNDEN, D.W., 1977c.**
Tractive Performance of Tractor Drive Tyres, III. Running in the Furrow Bottom. Journal of Agricultural Engineering Research, 22:373-384.
- GOERING, C.E., 1989.** Engine and Tractor Power. The American Society of Agricultural Engineers, USA. Chapter 16, s(366-391).
- GORJATSCHKIN, W.P., 1925.** Theorie Des Pfluges. Moskau
- GRISSE, R.D., 2000.** Radial Tractor Tires-Performance That Counts!
(<http://www.ianr.unl.edu/pubs/farmpower/91273.htm>).
- GRISSE, R.D., TAYLOR, R.K., WAY, T.R., and BASHFORD, L.L., 1992.**
Tractive Performance of 18.4R46 and 18.4R42 Radial Tractor Tires. Applied Engineering in Agriculture, 8(6):739-745.
- HASSAN, A.E., OAKLEY, R., CULSHAW, D., and DAWSON, J.R., 1987.**
Comparision Test of A Forestry and Agriculture Tire. Transactions of the ASAE 30(6):1562-1568.
- HOFFMAN, R., 1983.** Return of The Traction Tests. Farm Journal, 107(11):18-21.
- HUNT, D., 1983.** Farm Power and Machinery Management. Iowa State University Press, Ames. Eighth edition. ISBN:0-8138-0580-5.
- IŞIK, A., 1988.** Sulu Tarımda Kullanılan mekanizasyon Araçlarının Optimum Makine ne Güç Seçimine Yönelik İşletme Değerlerinin Belirlenmesi ve Uygun Seçim Modellerinin Oluşturulması Üzerinde Bir Araştırma (Yayınlanmamış Doktora Tezi). Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yayın No:108. s:352, Adana.
- KEÇECİOĞLU, G. 1971.** Traktör Pulluklarının Toprakta Karşılaştığı Direnç Kuvvetleri Üzerinde Bir Araştırma. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No:185, Ege Üniversitesi Matbaası. S:99, İzmir.

- KEÇECİOĞLU, G. ve GÜLSOYLU, E., 2002.** Toprak İşleme Makinaları. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Ders Kitabı, Yayın No: 545. Ege Üniversitesi Matbaası. S:265, İzmir.
- KEÇECİOĞLU, G. ve GÜLSOYLU, E., 2003.** Tarım Traktörleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Ders Kitabı, 545. Ege Üniversitesi Basımevi. S:323, İzmir.
- KURTAY, T., 1981.** Yol Dışı Araç Mekaniğinde Toprak Davranışının Uygun Bir Matematik Modeli. İTÜ Makine Fakültesi Ofset Atölyesi, s:68, İstanbul.
- LILJEDAHN, J.B., TURNQUIST, P.K., SMITH, D.W., and HOKI, M., 1989.** Tractors and Their Power Units. Published by Van Nostrand Reinhold, New York. Chapter 10, s(240-265).
- MATTHES, R.K., WATSON, W.F., SAVELLE, I.W., and SIROIS, D.L., 1988.** Effects of Load and Speed on Fuel Consumption of a Rubber-Tired Skidder. Transactions of the ASAE 31(1):37-39.
- MCDONALD, T.P., STOKES, B.J., and WILHOIT, J., 1993.** Field Evaluation of Skidder Tire Tractive Performance. Transactions of the ASAE 9(6):571-576.
- MONROE, G.E., BURT, E.C., and BAILEY, A.C., 1990.** Tire Performance Using Different Treads on Traffic Lanes. Transaction in Agriculture, 33(1):51-55.
- MOWITZ, D., FINCK, C., 1987.** Performance, Successful Farming, Machinery Management, February. s:10
- MUSONDA, N.G., KUSHWAHA, R.L., and FORD, R.J., 1989.** Effect of Tire Combinations and Ballasting on 4WD and 2WD Tractive Efficiency. Applied Engineering in Agriculture, 5(4):517-521.
- OECD, 1995.** OECD Standart Codes for The Official Testing of Agricultural and Forestry Tractors. Codes 1to 8. Organization for Economic Co-Operation and Development, Paris.
- OKELLO, A.J., DWYER, M.J., and COTTRELL, F.B., 1994.** The Tractive of Rubber Tracks and A Tractor Driving Wheels Tyre as Influenced by Design Parameters. Journal of Agricultural Engineering Research, 59:33-43.
- ÖZGÜVEN, F., AYDINBELGE, M., 1990.** İkinci Ürün İçin Tohum Yatağı Hazırlığında Kullanılan Toprak İşleme Aletlerinin Toprak Sıkışıklığına Etkisi

- Üzerinde Bir Araştırma. 4. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi Bildiri Kitabı. S:166-173. 1-4 Ekim, Adana.
- SABANCI, A., ÖZGÜVEN, F., 1986.** Çukurova Bölgesinde Traktör Kullanımına Etkili Faktörler Üzerinde Bir Araştırma. Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi, 5-7 Mayıs. s: 46-58. Adana.
- SABANCI, A., 1997.** Tarım Traktörleri. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Genel Yayın No: 46. Adana. Bölüm 6-7, s(113-167).
- SABANCI, A., ve AKINCI, İ., 1990.** Tek ve Çift Çeker Tarım Traktörlerinin Çeki Etkinlikleri Üzerinde Bir Araştırma. 4. Ulusal Makine Sempozyumu, s:565-572. Yalova, İstanbul.
- SAGLAM, C., AKDEMİR, B., 2002.** Annual Usage of Tractors in North-West Turkey. Biosystems Engineering, 82(1), 39-44.
- SAY, S.M., 1995.** Toprak Penetrasyon Direncinin Toprak Koşulları İle Değişiminin Belirlenmesi ve Matematiksel Modellerin Geliştirilmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Eylül.
- SOUZA, E.G., LIMA, J.S.S., and MILANEZ, L.F., 1994.** Overall Efficiency of Tractor Operating in the Field. Applied Engineering in Agriculture, 10(6):771-775.
- SOUZA, E.G., and MILANEZ, L.F., 1991.** Prediction of Tractor Performance on Concrete. Transactions of the ASAE 34(3):727-732.
- SRIVASTAVA, A.K., GEORING, C.E., and ROHRBACH, R.P., 1993.** Engineering Principles of Agricultural Machines. The American Society of Agricultural Engineers, USA. Chapter 4, s(117-145).
- SÜMER, S.K., SAY, S.M., ve SABANCI, A., 2000.** Çukurova Bölgesi Toprak Koşullarında Lastik Boyutları Ve Düzenlemelerinin Traktör Çeki Verimi Üzerindeki Etkilerinin Hareketlilik Sayısı İle Belirlenmesi. Tarımsal Mekanizasyon 19. Ulusal Kongresi, Bildiri Kitabı. S(382-387), 1-2 Haziran, Erzurum.
- SÜMER S.K., SAY, S.M., HAS, M., SABANCI, A., 2003.** Türkiye’de Ekonomik Traktör Parkı ve Gelişimi. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 18(4), Adana.

- SÜMER S.K., HAS, M., SABANCI, A., 2004.** Türkiye’de Üretilen Tarım Traktörlerine Ait Teknik Özellikler. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi. 19(1) Adana.
- TAN, J., SCHUMACHER, L.G., HIRES, W.G., and SHIPLEY, B.C., 1994.** Dynamic Tractor Ballasting. Applied Engineering in Agriculture, 10(3):363-367.
- TAYLOR, J.H., 1973.** Lug Angle on Traction Performance of Pneumatic Tractor Tires. Transactions of the ASAE 16(1):16-18.
- TAYLOR, J.H., BURT, E.C., and BAILEY, A.C., 1976.** Radial Tire Performance in Firm and Soft Soil. Transactions of the ASAE 19(6):1062-1064.
- TAYLOR, R.K., SCHROCK, M.D., and GRISSO, R.D., 1995.** A Vehicle Number to Predict Tractive Performance. Applied Engineering in Agriculture 11(4):495-498.
- TUNÇER, İ.K., 1999.** Toprak İşleme Ders Notları (Yayınlanmamış). Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü, Adana.
- UPADYAYA, S.K., 1988.** Effect of Tread Design on Bias Ply Tire Tractive Characteristic. Transactions of the ASAE 31(5):1338-1344.
- WITNEY, B., 1988.** Choosing and Using Farm Machines. Longman Scientific and Technical Published. John & Wiley and Sons, Inc., New York, Chapter 7. s(246-297).
- WOOD, R.K., and MANGIONE, D.A., 1994.** Tractive Benefits of properly Adjusted Inflation Pressures: Farmer Experiences. Transactions of the ASAE 10(1):13-16.
- WULFSOHN, D., UPADHYAYA, S.K., CHANCELLOR, W.J., 1988,** Tractive characteristics of Radial Ply and Bias Ply Tyres in A California. Journal of Terramechanics, Vol.25:111-134.

ÖZGEÇMİŞ

11.01.1972 tarihinde Adana ili Ceyhan ilçesinde doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi Ceyhan ilçesinde tamamladım. 1990 yılında Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde başladığım lisans öğrenimimi, 1994 yılında tamamladım. 1995 yılında, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tarım makinaları Ana Bilim Dalında Yüksek lisans öğrenimime başladım. “Tarım traktörlerinde Atölye Tipi Bir Dinamometre İle Güç Ölçümleri ve Ölçümlere Etkili Faktörler Arası İlişkilerin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma” başlıklı yüksek lisans tezimi 1997 yılında tamamladım. Aynı yıl , Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Prof. Dr. Alaettin SABANCI’nın danışmanlığında Doktora öğrenimine başladım ve Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Arştırma Görevlisi kadrosuna atandım. Helen Aynı bölümde Arş. Gör. olarak çalışmaktayım. Evliyim ve bir çocuk babasıyım.

EKLER

EK-1

Anızla Örtülü Kumlu-tınlı Tekstürdeki çalışma alanı için Tanımlayıcı istatistikler

Bağımlı Değişken: Özgül Yakıt Tüketimi

A	B	C	Ortalama	Std.Sapma	N
1,00	1,00	1,00	479,2925	27,3548	4
		2,00	448,0500	18,3861	4
		Genel	463,6713	27,2847	8
	2,00	1,00	407,3925	13,4160	4
		2,00	356,9400	21,2338	4
		Genel	382,1663	31,5855	8
	Genel	1,00	443,3425	43,2997	8
		2,00	402,4950	52,0561	8
		Genel	422,9188	50,8376	16
2,00	1,00	1,00	477,1950	19,3247	4
		2,00	437,2300	24,6062	4
		Genel	457,2125	29,5952	8
	2,00	1,00	434,7125	19,1088	4
		2,00	382,1025	14,9823	4
		Genel	408,4075	32,3032	8
	Genel	1,00	455,9538	28,8476	8
		2,00	409,6663	34,9855	8
		Genel	432,8100	39,1266	16
Genel	1,00	1,00	478,2438	21,9544	8
		2,00	442,6400	20,9240	8
		Genel	460,4419	27,6998	16
	2,00	1,00	421,0525	21,1395	8
		2,00	369,5213	21,6872	8
		Genel	395,2869	33,7069	16
	Genel	1,00	449,6481	36,1345	16
		2,00	406,0806	43,0058	16
		Genel	427,8644	44,9060	32

Bağımlı Değişken: Genel Verim

A	B	C	Ortalama	Std. Sapma	N
1,00	1,00	1,00	17,9775	1,0392	4
		2,00	19,2075	,7892	4
		Genel	18,5925	1,0780	8
	2,00	1,00	21,1150	,6779	4
		2,00	24,1450	1,3813	4
		Genel	22,6300	1,9073	8
	Genel	1,00	19,5463	1,8634	8
		2,00	21,6763	2,8373	8
		Genel	20,6112	2,5665	16
2,00	1,00	1,00	18,0350	,7283	4
		2,00	19,7050	1,1115	4
		Genel	18,8700	1,2465	8
	2,00	1,00	19,8000	,8659	4
		2,00	22,5250	,8755	4
		Genel	21,1625	1,6648	8
	Genel	1,00	18,9175	1,1995	8
		2,00	21,1150	1,7692	8
		Genel	20,0163	1,8493	16
Genel	1,00	1,00	18,0062	,8313	8
		2,00	19,4563	,9312	8
		Genel	18,7313	1,1348	16
	2,00	1,00	20,4575	1,0062	8
		2,00	23,3350	1,3770	8
		Genel	21,8962	1,8882	16
	Genel	1,00	19,2319	1,5483	16
		2,00	21,3956	2,3025	16
		Genel	20,3138	2,2211	32

Bağımlı Değişken: Patinaj

A	B	C	Ortalama	Std. Sapma	N
1,00	1,00	1,00	14,1125	2,4438	4
		2,00	20,8000	1,7945	4
		Genel	17,4562	4,0887	8
	2,00	1,00	9,9625	1,2119	4
		2,00	12,2125	2,5627	4
		Genel	11,0875	2,2114	8
	Genel	1,00	12,0375	2,8477	8
		2,00	16,5063	5,0264	8
		Genel	14,2719	4,5716	16
2,00	1,00	1,00	15,8500	,7506	4
		2,00	20,0950	2,5683	4
		Genel	17,9725	2,8665	8
	2,00	1,00	11,6850	2,4226	4
		2,00	13,0825	1,1162	4
		Genel	12,3837	1,8993	8
	Genel	1,00	13,7675	2,7773	8
		2,00	16,5887	4,1726	8
		Genel	15,1781	3,7212	16
Genel	1,00	1,00	14,9813	1,9140	8
		2,00	20,4475	2,0854	8
		Genel	17,7144	3,4216	16
	2,00	1,00	10,8238	1,9981	8
		2,00	12,6475	1,8881	8
		Genel	11,7356	2,1009	16
	Genel	1,00	12,9025	2,8604	16
		2,00	16,5475	4,4629	16
		Genel	14,7250	4,1261	32

EK-2

Anızla Örtülü Killi Tekstürdeki Çalışma Alanı İçin Tanımlayıcı İstatistikler

Bağımlı Değişken: Özgül Yakıt Tüketimi

A	B	C	Ortalama	Std. Sapma	N
1,00	1,00	1,00	476,3425	35,9872	4
		2,00	447,2775	44,2121	4
		Total	461,8100	40,4244	8
	2,00	1,00	412,7675	21,8982	4
		2,00	388,3425	25,4404	4
		Total	400,5550	25,5605	8
	Genel	1,00	444,5550	43,7646	8
		2,00	417,8100	45,9074	8
		Total	431,1825	45,4760	16
2,00	1,00	1,00	487,7675	13,7367	4
		2,00	454,5775	36,2707	4
		Total	471,1725	30,9745	8
	2,00	1,00	449,0425	65,8725	4
		2,00	403,1925	45,0183	4
		Total	426,1175	57,6962	8
	Genel	1,00	468,4050	48,6722	8
		2,00	428,8850	46,7630	8
		Total	448,6450	50,4233	16
Genel	1,00	1,00	482,0550	25,9461	8
		2,00	450,9275	37,6400	8
		Total	466,4912	35,1240	16
	2,00	1,00	430,9050	49,4077	8
		2,00	395,7675	34,7699	8
		Total	413,3363	45,0844	16
	Genel	1,00	456,4800	46,3793	16
		2,00	423,3475	45,1298	16
		Total	439,9138	48,0585	32

Bağımlı Değişken: Genel Verim

A	B	C	Ortalama	Std. Sapma	N
1,00	1,00	1,00	18,1275	1,4499	4
		2,00	19,3600	1,8842	4
		Total	18,7437	1,6901	8
	2,00	1,00	20,8700	1,1485	4
		2,00	22,2075	1,4398	4
		Total	21,5388	1,4017	8
	Genel	1,00	19,4988	1,9014	8
		2,00	20,7838	2,1741	8
		Total	20,1413	2,0816	16
2,00	1,00	1,00	17,6350	,4960	4
		2,00	18,9975	1,4867	4
		Total	18,3163	1,2582	8
	2,00	1,00	19,4600	2,8773	4
		2,00	21,5250	2,4688	4
		Total	20,4925	2,7163	8
	Genel	1,00	18,5475	2,1460	8
		2,00	20,2612	2,3205	8
		Total	19,4044	2,3335	16
Genel	1,00	1,00	17,8812	1,0371	8
		2,00	19,1788	1,5832	8
		Total	18,5300	1,4562	16
	2,00	1,00	20,1650	2,1637	8
		2,00	21,8663	1,9062	8
		Total	21,0156	2,1569	16
	Genel	1,00	19,0231	2,0193	16
		2,00	20,5225	2,1889	16
		Total	19,7728	2,2072	32

Bağımlı Değişken: Patinaj

A	B	C	Ortalama	Std. Sapma	N
1,00	1,00	1,00	15,2000	2,1147	4
		2,00	20,4900	2,0195	4
		Total	17,8450	3,4147	8
	2,00	1,00	9,9375	1,1520	4
		2,00	12,0550	1,4172	4
		Total	10,9963	1,6464	8
	Genel	1,00	12,5688	3,2246	8
		2,00	16,2725	4,7893	8
		Total	14,4206	4,3834	16
	2,00	1,00	17,3075	2,2228	4
		2,00	19,3750	1,4679	4
		Total	18,3412	2,0645	8
2,00	1,00	1,00	13,0125	2,3990	4
		2,00	12,6100	,8696	4
		Total	12,8113	1,6843	8
	Genel	1,00	15,1600	3,1392	8
		2,00	15,9925	3,7846	8
		Total	15,5763	3,3864	16
	2,00	1,00	16,2537	2,3028	8
		2,00	19,9325	1,7397	8
		Total	18,0931	2,7379	16
	Genel	1,00	11,4750	2,3952	8
		2,00	12,3325	1,1282	8
		Total	11,9038	1,8621	16
	Genel	1,00	13,8644	3,3529	16
		2,00	16,1325	4,1724	16
		Total	14,9984	3,8975	32

EK-3

Beton Zemin için Tanımlayıcı istatistikler

Bağımlı Değişken: Maksimum Çeki Kuvveti

A	B	C	Ortalama	Std. Sapma	N
1,00	1,00	1,00	22,6575	8,139E-02	4
		2,00	22,9700	,1086	4
		3,00	23,0400	8,756E-02	4
		Genel	22,8892	,1931	12
	2,00	1,00	25,6875	,1001	4
		2,00	25,6875	,1323	4
		3,00	26,0775	7,932E-02	4
		Genel	25,8175	,2147	12
	Genel	1,00	24,1725	1,6218	8
		2,00	24,3288	1,4569	8
		3,00	24,5588	1,6255	8
		Genel	24,3533	1,5089	24
	2,00	1,00	22,6475	,1597	4
		2,00	22,9400	8,287E-02	4
		3,00	22,9400	8,287E-02	4
		Genel	22,8425	,1773	12
	2,00	1,00	25,3425	6,994E-02	4
		2,00	25,6375	,1190	4
		3,00	25,5600	4,967E-02	4
		Genel	25,5133	,1513	12
	Genel	1,00	23,9950	1,4451	8
		2,00	24,2888	1,4450	8
		3,00	24,2500	1,4019	8
		Genel	24,1779	1,3736	24
Genel	1,00	1,00	22,6525	,1174	8
		2,00	22,9550	9,087E-02	8
		3,00	22,9900	9,532E-02	8
		Genel	22,8658	,1828	24
	2,00	1,00	25,5150	,2010	8
		2,00	25,6625	,1195	8
		3,00	25,8187	,2833	8
		Genel	25,6654	,2390	24
	Genel	1,00	24,0838	1,4867	16
		2,00	24,3088	1,4019	16
		3,00	24,4044	1,4750	16
		Genel	24,2656	1,4302	48

Bağımlı Değişken: Maksimum Çeki Gücü

A	B	C	Ortalama	Std. Sapma	N
1,00	1,00	1,00	23,1100	,2093	4
		2,00	29,4025	,1167	4
		3,00	35,0225	,1648	4
		Genel	29,1783	5,0845	12
	2,00	1,00	25,9475	,2659	4
		2,00	33,3950	,4957	4
		3,00	39,8975	,1771	4
		Genel	33,0800	5,9608	12
	Genel	1,00	24,5287	1,5328	8
		2,00	31,3988	2,1600	8
		3,00	37,4600	2,6106	8
		Genel	31,1292	5,7731	24
2,00	1,00	1,00	22,8750	,1277	4
		2,00	29,5925	,2632	4
		3,00	35,1000	,2005	4
		Genel	29,1892	5,2245	12
	2,00	1,00	25,5950	,2317	4
		2,00	32,8800	3,162E-02	4
		3,00	38,9175	8,261E-02	4
		Genel	32,4642	5,6905	12
	Genel	1,00	24,2350	1,4642	8
		2,00	31,2363	1,7658	8
		3,00	37,0088	2,0455	8
		Genel	30,8267	5,5982	24
Genel	1,00	1,00	22,9925	,2038	8
		2,00	29,4975	,2141	8
		3,00	35,0613	,1749	8
		Genel	29,1837	5,0417	24
	2,00	1,00	25,7713	,2980	8
		2,00	33,1375	,4260	8
		3,00	39,4075	,5392	8
		Genel	32,7721	5,7078	24
	Genel	1,00	24,3819	1,4560	16
		2,00	31,3175	1,9077	16
		3,00	37,2344	2,2776	16
		Genel	30,9779	5,6276	48

Bağımlı Değişken: Özgül Yakıt Tüketimi

A	B	C	Ortalama	Std. Sapma	N
1,00	1,00	1,00	368,6025	3,1917	4
		2,00	345,7000	1,1381	4
		3,00	336,9850	1,4453	4
		Genel	350,4292	14,0591	12
	2,00	1,00	364,5325	4,9707	4
		2,00	335,6150	4,9368	4
		3,00	308,3825	2,9467	4
		Genel	336,1767	24,2727	12
	Genel	1,00	366,5675	4,4371	8
		2,00	340,6575	6,3293	8
		3,00	322,6838	15,4389	8
		Genel	343,3029	20,7195	24
2,00	1,00	1,00	378,5550	,7136	4
		2,00	351,5850	4,4277	4
		3,00	338,1325	2,2463	4
		Genel	356,0908	17,7489	12
	2,00	1,00	373,8425	3,2657	4
		2,00	346,6000	1,1624	4
		3,00	313,8875	1,4883	4
		Genel	344,7767	25,6760	12
	Genel	1,00	376,1988	3,3367	8
		2,00	349,0925	4,0101	8
		3,00	326,0100	13,0790	8
		Genel	350,4338	22,3462	24
Genel	1,00	1,00	373,5788	5,7345	8
		2,00	348,6425	4,3419	8
		3,00	337,5587	1,8531	8
		Genel	353,2600	15,9235	24
	2,00	1,00	369,1875	6,3185	8
		2,00	341,1075	6,7455	8
		3,00	311,1350	3,6509	8
		Genel	340,4767	24,8267	24
	Genel	1,00	371,3831	6,2546	16
		2,00	344,8750	6,7210	16
		3,00	324,3469	13,9289	16
		Genel	346,8683	21,6201	48

Bağımlı Değişken: Genel Verim

A	B	C	Ortalama	Std. Sapma	N
1,00	1,00	1,00	23,2575	,2025	4
		2,00	24,7925	8,016E-02	4
		3,00	25,4350	,1079	4
		Genel	24,4950	,9625	12
	2,00	1,00	23,5150	,3192	4
		2,00	25,5450	,3783	4
		3,00	27,7975	,2665	4
		Genel	25,6192	1,8503	12
	Genel	1,00	23,3863	,2832	8
		2,00	25,1688	,4753	8
		3,00	26,6163	1,2768	8
		Genel	25,0571	1,5525	24
	2,00	1,00	22,6425	4,349E-02	4
		2,00	24,3800	,3065	4
		3,00	25,3500	,1687	4
		Genel	24,1242	1,1842	12
	2,00	1,00	22,9325	,1992	4
		2,00	24,7325	8,098E-02	4
		3,00	27,3050	,1323	4
		Genel	24,9900	1,8787	12
	Genel	1,00	22,7875	,2046	8
		2,00	24,5563	,2803	8
		3,00	26,3275	1,0544	8
		Genel	24,5571	1,5983	24
Genel	1,00	1,00	22,9500	,3556	8
		2,00	24,5863	,3027	8
		3,00	25,3925	,1387	8
		Genel	24,3096	1,0722	24
	2,00	1,00	23,2238	,3970	8
		2,00	25,1388	,5027	8
		3,00	27,5513	,3275	8
		Genel	25,3046	1,8517	24
	Genel	1,00	23,0869	,3906	16
		2,00	24,8625	,4921	16
		3,00	26,4719	1,1409	16
		Genel	24,8071	1,5790	48

EK-4

Beton Zemin için Duncan Testi Sonuçları (C faktörü)

Maksimum Çeki Kuvveti

C	N	Subset		
		1	2	3
1,00	16	24,0838		
2,00	16		24,3088	
3,00	16			24,4044
Sig.		1,000	1,000	1,000

Maksimum Çeki Gücü

C	N	Subset		
		1	2	3
1,00	16	24,3819		
2,00	16		31,3175	
3,00	16			37,2344
Sig.		1,000	1,000	1,000

Özgül Yakıt Tüketimi

C	N	Subset		
		1	2	3
3,00	16	324,3469		
2,00	16		344,8750	
1,00	16			371,3831
Sig.		1,000	1,000	1,000

Genel Verim

C	N	Subset		
		1	2	3
1,00	16	23,0869		
2,00	16		24,8625	
3,00	16			26,4719
Sig.		1,000	1,000	1,000

EK-5

**Anızla Örtülü Çalışma Alanları İçin Radyal Lastik Tekerlek (4R) ve Arka Aks
Üzerinde Çift Lastik (6R) Kullanımının Oluşturduğu Ek Maliyetin
Geri-Kazanım Periyodu Hesaplama Çizelgeleri**

4R - 100 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	100
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	100
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	3
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	3,3
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	100
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	3
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	62,04
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	65,34
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-594,66
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	10,10

4R - 200 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	200
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	200
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	6
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	6,6
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	200
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	6
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	124,08
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	130,68
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-529,32
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	5,05

4R - 300 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	300
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	300
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	9
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	9,9
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	300
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	9
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	186,12
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	196,02
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-463,98
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	3,37

4R - 400 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	400
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	400
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	12
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	13,2
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	400
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	12
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	248,16
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	261,36
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-398,64
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	2,53

4R - 500 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	500
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	500
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	15
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	16,5
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	500
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	15
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	310,20
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	326,70
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-333,30
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	2,02

4R - 600 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	600
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	600
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	18
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	19,8
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	600
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	18
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	372,24
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	392,04
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-267,96
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	1,68

4R - 700 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	700
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	700
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	21
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	23,1
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	700
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	21
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	434,28
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	457,38
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-202,62
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	1,44

4R - 800 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	800
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	800
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	24
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	26,4
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	800
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	24
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	496,32
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	522,72
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-137,28
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	1,26

4R - 900 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	900
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	900
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	27
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	29,7
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	900
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	27
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	558,36
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	588,06
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-71,94
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	1,12

4R - 1000 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47,0
2- Kullanım saati	1000
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,55
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	20,68
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1080
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	1530
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	630
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	870
3. Toplam Ek Maliyet (B1c)-(B2c) (€)	660
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	1000
Tasarruf oranı	0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	70
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	77
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	1000
Tasarruf oranı	0,03
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	30
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	620,40
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	697,40
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	37,40
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	0,95

6R	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	100
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,43
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	16,17
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	2160
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	2610
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1260
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	1500
3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı	2
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı	250
a) Jant+İç lastik+Bağl. elemanı maliyeti	500
4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)	1610
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	100
Tasarruf oranı	0,07

a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	7
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	7,7
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	100
Tasarruf oranı	0,12
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	12
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	194,02
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	201,72
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-1408,28
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	7,98

6R	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	
2- Kullanım saati	
3- İşçi ücreti (€/h)	
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	
Yakıt birim fiyatı (€/L)	
4- Yakıt maliyeti (€/h)	
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	
lastik sayısı	
Lastik birim fiyatı (€/adet)	
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	
Ön lastik boyutu	
lastik sayısı	
Lastik birim fiyatı (€/adet)	
b) Toplam Ön lastik maliyeti	
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	
lastik sayısı	
Lastik birim fiyatı (€/adet)	
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	
Ön lastik boyutu	
lastik sayısı	
Lastik birim fiyatı (€/adet)	
b) Toplam Ön lastik maliyeti	
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	
3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı	
a) Jant+İç lastik+Bağl. elemanı maliyeti	
4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)	
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	
Tasarruf oranı	
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	
İşçi ücreti (A3) (€/h)	
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	

2- Yakıt Tasarrufları	<i>Lastik birim fiyatı (€/adet)</i>		120
<i>Yıllık kullanım saati (h/yıl)</i>	b) Toplam Ön lastik maliyeti		240
<i>Tasarruf oranı</i>	c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)		1500
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)		
<i>Yakıt maliyeti (A4) (€/L)</i>	Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı		2
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı		250
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	a) Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı maliyeti		500
D. GERİ KAZANIM PERİYODU			
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)		1610
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI		

		6R	
A. TEMEL BİLGİ			
1- Traktör Gücü (kW)	47		
2- Kullanım saati	300		
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1		
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,43		
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8		
4- Yakıt maliyeti (€/h)	16,17		
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET			
1- Radyal Lastikler			
Arka lastik boyutu	18.4R30		
lastik sayısı	4		
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540		
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	2160		
Ön lastik boyutu	12.4R24		
lastik sayısı	2		
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225		
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450		
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	2610		
2- Diagonal Lastikler			
Arka lastik boyutu	18,4-30		
lastik sayısı	4		
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315		
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1260		
Ön lastik boyutu	12,4-24		
lastik sayısı	2		

1- Zaman Tasarrufları		
<i>Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)</i>		300
<i>Tasarruf oranı</i>		0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)		21
<i>İşçi ücreti (A3) (€/h)</i>		1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)		23,1
2- Yakıt Tasarrufları		
<i>Yıllık kullanım saati (h/yıl)</i>		300
<i>Tasarruf oranı</i>		0,12
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)		36
<i>Yakıt maliyeti (A4) (€/L)</i>		0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)		582,05
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)		605,15
D. GERİ KAZANIM PERİYODU		
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)		-1004,85
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)		2,66

6R - 400 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	400
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,43
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	16,17
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	2160
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	2610
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1260
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	1500
3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı	2

Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı	250
a) Jant+İç lastik+Bağl. elemanı maliyeti	500
4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)	1610
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	400
Tasarruf oranı	0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	28
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	30,8
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	400
Tasarruf oranı	0,12
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	48
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	776,06
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	806,86
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-803,14
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	2,00

6R - 500 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	500
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,43
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	16,17
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	2160
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	2610
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1260
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	1500
3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı	2
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı	250
a) Jant+İç lastik+Bağl. elemanı maliyeti	500
4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)	1610
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	600
Tasarruf oranı	0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	42
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	46,2

Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	500
Tasarruf oranı	0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	35
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	38,5
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	500
Tasarruf oranı	0,12
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	60
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	970,08
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	1008,58
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-601,42
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	1,60

6R - 600 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	600
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,43
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	16,17
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	2160
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	2610
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1260
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	1500
3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı	2
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı	250
a) Jant+İç lastik+Bağl. elemanı maliyeti	500
4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)	1610
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	600
Tasarruf oranı	0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	42
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	46,2

2- Yakıt Tasarrufları	
<i>Yıllık kullanım saati (h/yıl)</i>	600
<i>Tasarruf oranı</i>	0,12
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	72
<i>Yakıt maliyeti (A4) (€/L)</i>	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	1164,10
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	1210,30
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-399,70
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	1,33

6R - 700 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	700
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
<i>Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)</i>	0,43
<i>Yakıt birim fiyatı (€/L)</i>	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	16,17
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
<i>Arka lastik boyutu</i>	18.4R30
<i>lastik sayısı</i>	4
<i>Lastik birim fiyatı (€/adet)</i>	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	2160
<i>Ön lastik boyutu</i>	12.4R24
<i>lastik sayısı</i>	2
<i>Lastik birim fiyatı (€/adet)</i>	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	2610
2- Diagonal Lastikler	
<i>Arka lastik boyutu</i>	18,4-30
<i>lastik sayısı</i>	4
<i>Lastik birim fiyatı (€/adet)</i>	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1260
<i>Ön lastik boyutu</i>	12,4-24
<i>lastik sayısı</i>	2
<i>Lastik birim fiyatı (€/adet)</i>	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	1500
3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı	2
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı	250
a) Jant+İç lastik+Bağl. elemanı maliyeti	500
4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)	1610
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
<i>Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)</i>	700
<i>Tasarruf oranı</i>	0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	49
<i>İşçi ücreti (A3) (€/h)</i>	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	53,9
2- Yakıt Tasarrufları	
<i>Yıllık kullanım saati (h/yıl)</i>	700
<i>Tasarruf oranı</i>	0,12
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	84
<i>Yakıt maliyeti (A4) (€/L)</i>	0,8

b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	1358,11
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	1412,01
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	-197,99
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	1,14

6R - 800 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	800
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
<i>Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)</i>	0,43
<i>Yakıt birim fiyatı (€/L)</i>	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	16,17
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
<i>Arka lastik boyutu</i>	18.4R30
<i>lastik sayısı</i>	4
<i>Lastik birim fiyatı (€/adet)</i>	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	2160
<i>Ön lastik boyutu</i>	12.4R24
<i>lastik sayısı</i>	2
<i>Lastik birim fiyatı (€/adet)</i>	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	2610
2- Diagonal Lastikler	
<i>Arka lastik boyutu</i>	18,4-30
<i>lastik sayısı</i>	4
<i>Lastik birim fiyatı (€/adet)</i>	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1260
<i>Ön lastik boyutu</i>	12,4-24
<i>lastik sayısı</i>	2
<i>Lastik birim fiyatı (€/adet)</i>	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	1500
3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı	2
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı	250
a) Jant+İç lastik+Bağl. elemanı maliyeti	500
4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)	1610
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
<i>Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)</i>	800
<i>Tasarruf oranı</i>	0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	56
<i>İşçi ücreti (A3) (€/h)</i>	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	61,6
2- Yakıt Tasarrufları	
<i>Yıllık kullanım saati (h/yıl)</i>	800
<i>Tasarruf oranı</i>	0,12
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	96
<i>Yakıt maliyeti (A4) (€/L)</i>	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	1552,13
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	1613,73
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	3,73
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	1,00

6R - 900 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	900
3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,43
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	16,17
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	2160
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	2610
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1260
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	1500
3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı	2
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı	250
a) Jant+İç lastik+Bağl. elemanı maliyeti	500
4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)	1610
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	900
Tasarruf oranı	0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	63
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	69,3
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	900
Tasarruf oranı	0,12
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	108
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	1746,14
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	1815,44
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	205,44
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	0,89

6R - 1000 h/yıl	
A. TEMEL BİLGİ	
1- Traktör Gücü (kW)	47
2- Kullanım saati	1000

3- İşçi ücreti (€/h)	1,1
Özg. Yakıt tüketimi (L/kW-h)	0,43
Yakıt birim fiyatı (€/L)	0,8
4- Yakıt maliyeti (€/h)	16,17
B. RADYAL LASTİKLER İÇİN EK MALİYET	
1- Radyal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18.4R30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	540
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	2160
Ön lastik boyutu	12.4R24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	225
b) Toplam Ön lastik maliyeti	450
c) Top. Lastik mali. (B1a)+(B1b) (€)	2610
2- Diagonal Lastikler	
Arka lastik boyutu	18,4-30
lastik sayısı	4
Lastik birim fiyatı (€/adet)	315
a) Toplam arka lastik maliyeti (€)	1260
Ön lastik boyutu	12,4-24
lastik sayısı	2
Lastik birim fiyatı (€/adet)	120
b) Toplam Ön lastik maliyeti	240
c) Top. Lastik mali. (B2a)+(B2b) (€)	1500
3- Çift Lastik Kullanım Maliyeti (€)	
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı sayısı	2
Jant+İç lastik+Bağlantı elemanı fiyatı	250
a) Jant+İç lastik+Bağl. elemanı maliyeti	500
4. T. Ek Maliyet [(B1c)-(B2c)]+B3a (€)	1610
C. ZAMAN VE YAKIT TASARRUFLARI	
1- Zaman Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl) (A2)	1000
Tasarruf oranı	0,07
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	70
İşçi ücreti (A3) (€/h)	1,1
b) Zaman tasarrufu (A3*C1a) (€)	77
2- Yakıt Tasarrufları	
Yıllık kullanım saati (h/yıl)	1000
Tasarruf oranı	0,12
a) Yıllık tasarruf miktarı (h/yıl)	120
Yakıt maliyeti (A4) (€/L)	0,8
b) Yakıt tasarrufu (A4*C2a) (€)	1940,16
3- Toplam Tasarruf (C1b)+(C2b) (€)	2017,16
D. GERİ KAZANIM PERİYODU	
1- İlk yıl net tasarruf (C3)-(B3) (€)	407,16
2- Geri Kazanım (B3)/C3) (Yıl)	0,80

