

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(DOKTORA TEZİ)

**PULLUK TASARIMINDA YENİ BİR YAKLAŞIM:
ÇİFT YÖNLÜ KULAKLI PULLUK**

GHOLAMREZA GHAHRAMANIAN

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Engin Çakır

Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 04.12.2015

Bornova-İzmir

2015

GholamReza Ghahramanian tarafından Doktora tezi olarak sunulan “PULLUK TASARIMINDA YENİ BİR YAKLAŞIM: ÇİFT YÖNLÜ KULAKLI PULLUK” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 04.12.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Engin Çakır

Raportör Üye : Prof. Dr. Tuna Doğan

Üye :Prof.Dr. Erdem Aykas

Üye : Doç.Dr. Deniz Yılmaz

Üye :Yrd.Doç.Dr. Ercan Gülsoylu.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi / Doktora Tezi olarak sunduğum “PULLUK TASARIMINDA YENİ BİR YAKLAŞIM: ÇİFT YÖNLÜ PULLUK” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

04 Aralık 2015

GholamReza Ghahramanian

ÖZET
PULLUK TASARIMINDA YENİ BİR YAKLAŞIM:
ÇİFT YÖNLÜ KULAKLI PULLUK

GHAHRAMANIAN GHOLAMREZA

Doktora Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Engin ÇAKIR

Aralık 2015, 71 Sayfa

Çiftçinin yaygın olarak kullandığı geleneksel toprak işleme yönteminde tek yöne deviren sabit kulaklı pulluk (SP) vazgeçemediği birincil toprak işleme aleti olarak öne çıkmaktadır. SP’de parsel ortadan ya da yandan girilerek ve parsel sonunda sürekli aynı yöne dönülerek parsel ortasında açık çizi veya balıksırtı oluşturulur. Ayrıca SP’de traktörün tarlada efektif olmayan boşuna dolanma nedeniyle traktörün iş başarısı düşmekte ve yakıt tüketimi gereksiz yere artmaktadır. SP’nin dezavantajlarını gidermek için Döner Kulaklı Pulluk (DKP) kullanılmaktadır. DKP aynı çiziden gidip gelerek düz sürüm yapar. DKP ağır yapıya sahip olduğu için güçlü traktöre ihtiyaç duyar ve satın alma maliyeti SP’ye göre pahalı olduğu için çiftçi kolayca DKP satın alamaz.

Bilim Sanayi ve Ticaret Bakanlığı’nın desteklediği SANTEZ projesi yardımıyla yapılan bu doktora tezinde SP ve DKP’ye alternatif olarak yeni bir tasarımla düz sürüm yapan pulluk, Çift Yönlü Kulaklı Pulluk (ÇYP) geliştirilmiştir. ÇYP’de kulak sayısı sabit kulaklı pulluğun kulak sayısına eşit olmak üzere güçlü traktör kullanımına ihtiyaç göstermez, daha hafif olduğu için DKP’nin dezavantajlarını ortadan kaldırmakta ve SP’ye göre düz sürüm yaptığı için iş başarısı yönünden daha avantajlı olup tarla tesviyesini korumaktadır. Döner Kulaklı Pulluğun dezavantajlarını gidermek ve aynı anda SP ve DKP’nin avantajlarını sağlamak için yeni tasarım ÇYP’nin fonksiyonel olup olmadığı % 50 ölçekli ilk modelle yapılan ön denemelerde denenmiş ve başarılı bulunmuştur.

ÇYP tasarımında düz sürmede kullanılan mevcut döner kulaklı pullukların istenmeyen özellikleri göz önünde bulundurularak düz sürüm yapabilecek işleyici gövdeleri çift kulak şeklinde olan, hafif yapılı 1:1 ölçekli 3 farklı kulak tipinde ÇYP prototipi tasarlanmış ve imal edilmiştir. Pulluk prototiplerinden en uygun olan model seçilmiş ve bu pulluğun performansını belirlemek için tarla şartlarında işletme parametreleri SP ve DKP ile kıyaslanarak ölçülmüştür. Pullukların tarladaki işletme parametrelerinin

ölçümü için, denemeler kumlu-tınlı toprak bünyesindeki Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliği'nde, üç ilerleme hızında (2,8, 4,0 ve 4,9 km/h) kumlu-tınlı toprakta, 25 cm iş derinliğinde yapılmıştır.

Araştırma iki aşamalı olarak yapılmıştır. Birinci aşamada, traktörün arkasında çeki kuvveti ölçer pimlerin bağlı olduğu özel üç nokta asma sisteminde tüm pulluklar denenmiştir. Pulluklarla üç farklı 25 cm derinlikte sürüm esnasında özgül yakıt tüketimleri, patinaj ve özgül çeki kuvveti değerleri ölçülmüştür. İkinci aşamada ise çeki kuvveti pimlerinin bağlı olduğu özel 3 nokta asma sistemi sökülmüş ve pulluklar direk olarak traktöre kendi üç nokta asma sistemleriyle bağlanarak her bir pulluğun iş başarıları ortalama hız olan 3.6 km/h hızında ölçülmüştür. İş başarısı için parsel boyutları boy/en oranı 2 olarak alınmıştır.

Araştırma sonuçlarına göre; pullukların özgül çeki kuvveti gereksinimleri hıza da bağlı olarak istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Özgül çeki kuvveti değerleri ÇYP 53,59 kN/m² ile en yüksek değere sahipken SP 32,71 kN/m² ile en düşük özgül çeki kuvveti ihtiyacı göstermiştir. DKP nin özgül çeki kuvveti ihtiyacı 43,27 kN/m² olarak bulunmuştur. Pullukların yakıt tüketim değerleri, çeki kuvvetinde olduğu gibi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. ÇYP her üç ilerleme hızında da ortalama 31,44 l/ha ile en yüksek yakıt tüketimine sahiptir. SP 24,5 l/ha ile en düşük yakıt tüketimini gösterirken DKP de yakıt tüketimi 27,27 l/ha olmuştur. En yüksek iş başarısı 0,43 ha/h ile DKP da bulunurken SP de ise en yüksek ilerleme hızına sahip olmasına rağmen 0,28 ha/h ile en düşük iş başarısına sahiptir. ÇYP'de iş başarısı 0,33 ha/h olarak DKP'nin altında bulunmuştur.

ÇYP'nin işletme parametre sonuçlarını incelediğimizde, bazı iyileştirmelerin yapılması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Belirlenen imalattan kaynaklanan sorunların çözülmesi ile fiyat ve malzemeden kaynaklanan avantajlara sahip ÇYP, DKP'ye alternatif olarak kullanılabilir.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel Toprak İşleme, Düz Sürüm, Kulaklı Pulluk, Döner Kulaklı Pulluk, Çift Yönlü Kulaklı Pulluk

ABSTRACT
NEW DESIGN FOR MOLDBOARD PLOUGH:
DOUBLE SIDED MOLDBOARD PLOUGH

GHAHRAMANIAN GHAHRAMANIAN

Ph.D. in Department of Agricultural Machinery and Technology
Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Engin ÇAKIR

December 2015, 71 Pages

Moldboard plough is quite widely used as a tillage tool in the conventional tillage system by farmers in the world. Farmer needs to get in the field either in the middle of the field or at the end of the field to till the soil with right-handed moldboard plough (RHP) since this plough only inverts the soil to the right side, this makes open or ridge furrow in the middle of the land. Beside this, working efficiency of the RHP and fuel consumption efficiency due to this unnecessary travel in the field decrease. To eliminate the disadvantages of the RHP, reversible plough (RP) is used. RP inverts the soil on both sides to get the right surface land. RP needs powerful tractor comparing to RHP due to its weight and farmer can not afford buying RP since its price is quite higher than the RHP.

In this PhD thesis which was supported by Ministry of Science, Industry and Technology, new design of moldboard plough named Double Sided Moldboard Plough (DSP) was developed alternative to the RHP and RP. DSP does not require a powerful tractor due to its lighter weight than RP and its working efficiency is as same as RP since it inverts the soil on both sides, by that way, it keeps the land leveled. In order to avoid the disadvantages of the RHP and at the same time to use the advantages of the RP, new design of moldboard plough was developed. To examine if the new design is functioning well, new model plough with 50% scale was taken to the preliminary tests and was found successful.

In this project, double sided 3 new 1:1 scale prototype moldboard plough which substitutes the RP and avoids its disadvantages, with light weight was designed and made in the shop. Then the most suitable model was selected and its working parameters were measured in field conditions to determine its

performance according to the RHP and RP. To determine the working parameters of the ploughs, soil was ploughed at 25 cm depth with three different working speeds (2.8, 4.0 and 4.9 km/h) in sandy loam soil in research field of Menemen Research, Application and Production Farm, Faculty of Agriculture, Ege University.

Field experiments were conducted in two stages. In the first stage, ploughs were tested by mounting on the frame of tractor's three point hitch on which load cells are mounted for measuring draft. Ploughs were tested with three different speeds and during the experiment specific fuel consumptions, slip and draft of the ploughs were measured. In the second stage, working efficiencies of ploughs mounted directly to the tractor's three point hitch were measured at optimum speed of 3.6 km/h by detaching the frame of tractor's three point hitch on which load cells are mounted for measuring draft. Parcel size was taken according to the ratio of 2 which is length by width.

According to the results; draft requirements of the ploughs were found statistically significant according to the plough types and tillage speeds. The highest specific draft was measured on DSP as 53.59 kN/m^2 , whereas RHP had the lowest specific draft of 32.71 kN/m^2 . The specific draft of RP was measured as 43.27 kN/m^2 . Fuel consumption values of ploughs were also found statistically important. The average fuel consumption of DSP for all three speeds were the highest as 31.44 l/ha while fuel consumptions of RHP was the lowest as 24.5 l/ha and RP required 27.27 l/ha fuel consumption. The highest working efficiency was found on RP as 0.43 ha/h, RHP had the lowest value as 0.28 ha/h although it had the highest tillage speed. Working efficiency of DSP was measured as 0.33 ha/h which was lower than RP.

When we look at closely to the results of the working parameters; it seems obvious that some improvements should be made on DSP. With careful manufacturing and improvements, DSP will be an alternative to the RP because of its price and material advantage.

Keywords: Conventional Tillage, Moldboard Plough, Reversible Plough, Double Sided Moldboard Plough

TEŞEKKÜR

Doktora öğrenimime başladığım günden bu yana çalışma konumun seçimi, yürütülmesi, değerlendirilmesi ve yazım aşamalarında her zaman destek ve katkılarını yanımda gördüğüm, danışman hocam Sayın Prof. Dr. Engin Çakır' a en içten saygı ve teşekkürlerimi sunarım. Çok emeği geçen ve beni yönlendiren tez jüri hocalarıma Prof. Dr. Tuna Doğan ve Yrd. Doç. Dr. Ercan Gülsoylu'ya, ayrıca santez projesinde çalışmalarımı titizlikle takip eden ve değerli önerilerini benden esirgemeyen Doç. Dr. Deniz Yılmaz hocama en içten teşekkürlerimi sunmak isterim. Bu çalışma süresince tasarım ve imalat'ta Sayın hocalarım Prof. Dr. İsmet Önal, Prof. Dr. Erdem Aykas, Doç. Dr. Bülent Çakmak, Doç.Dr. Tuncay Günhan, Doç. Dr. Behiç Tekin, uzman Elektrik Elektronik Mühendisi Nebahat Kuldemir ve arkadaşlarım Sina Hahighat, Yiğit Karabulut, İkbal Aygün, Mahfuz Yahya, Mukhtar Alamin Albushra'ya teşekkürü borç bilirim. SANTEZ projesi boyunca beraber çalıştığımız Kemal Aksezgin Tarım Makine San. Tic. Ltd. Şti firmasında büyük yardımlarını gördüğüm Yusuf Aksezgin'e ve makinelerin prototip üretimlerinde verdiği emeklerden dolayı Yıldıray Avcı'ya teşekkürlerimi sunmak isterim.

Bu tez Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tarafından SANTEZ **0020.STZ.2013-1**no'lu projesi olarak desteklenmiştir. Bu vesile ile ayrıca bakanlığa bana ve bu projenin yapılmasında verdiği desteklerden dolayı teşekkürü bir borç bilirim. Bu tezdeki hiçbir görüş, tespit ve kanaat bakanlığın resmi görüşü değildir.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxiii
1 GİRİŞ.....	1
1.1 Genel.....	1
1.2 Pulluğun Görevi.....	2
1.3 Kulaklı Bir Pulluğun Parçaları.....	2
1.4 Pulluğun Toprak İşleme Şekli	3
1.5 Pulluğa Etki Eden Açılar	5
2 LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ	6
2.1 Çalışmanın Önemi ve Amacı.....	9
2.2 Ön Laboratuvar Denemesi.....	10
3 ÇYP %50 MODELİNİN TASARIMI VE TOPRAK KANALI DENEMESİ	11
3.1 ÇYP %50 Modelin Tasarımı	11
3.2 ÇYP %50 Model Pulluğun Toprak Kanalı Denemesi	12
3.2.1 Toprak kanalı	13
3.2.2 Toprak kanalının hazırlanması	13
3.2.3 Kuvvet ölçer kolların kalibrasyonu	15

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
3.2.4 ÇYP %50 modelinin toprak kanalında denemesi ve sonuçları	16
4 ÇYP PROTOTİPİ TASARIMI	18
4.1 Pulluğa Etki Eden Kuvvetler	18
4.2 Teorik Pulluk Çeki Kuvvetinin V-Basic Programında Hesaplanması	19
4.3 ÇYP kuvvet Analizi.....	21
4.4 ÇYP Gövde Elemanlarının Analizi	22
4.5 ÇYP Gövdesinin Modellenmesi ve Analizi	23
4.6 ÇYP Kulağın İlk Kalıp İmalatı.....	25
4.7 ÇYP Pulluk Uç Demirinin Modellenmesi ve Analizi	27
4.8 Pulluk Okunun Modellenmesi ve Analizi	29
4.9 ÇYP Ana Çatının Tasarımı.....	30
4.9.1 ÇYP ana çatının modellenmesi ve analizi	31
4.10 ÇYP Çatı Döndürme Mekanizması Tasarımı-1	33
4.11 ÇYP Çatı Döndürme Mekanizması Tasarımı-2	35
4.11.1 Çatının tasarımı	35
4.11.2 Döndürme mekanizmasının (2) tasarımı	37
4.11.3 ÇYP gövde döndürme mekanizmasının %20 modeli.....	39
4.11.4 ÇYP çatı döndürme mekanizmasının imalatı ve tarla denemesi	39
4.11.5 ÇYP otomatik çizi ayar mekanizmasının tasarımı	40

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
4.12 ÇYP Çatı Döndürme Mekanizması Tasarımı-3	42
4.13 ÇYP'nin İkinci Kalıp İmalatı.....	44
5 ÇYP TARLA PERFORMANSININ BELİRLENMESİ.....	46
5.1 Materyal	46
5.1.1 Prototip pulluk.....	46
5.1.2 Kıyaslanan pulluklar	46
5.1.3 Traktör.....	48
5.1.4 Tarla denemelerinin yapıldığı parsel.....	48
5.1.5 Tarla toprağın fiziksel özellikleri	49
5.2 Yöntem.....	50
5.2.1 Pulluk çeki kuvveti ölçümü.....	50
5.2.2 Yakıt ölçüm sistemi	52
5.2.3 Traktörün hız ve patinaj ölçümü	54
5.2.4 Pulluk iş başarısının ölçümü	55
5.2.5 Toprak penetrasyon direncinin belirlenmesi	56
5.2.6 Toprak hacim ağırlığının belirlenmesi	56
5.3 ÇYP TARLA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRMESİ.....	57
5.3.1 Pullukların çeki kuvveti gereksinimi	57
5.3.2 Pullukların toprak işlemede iş derinliği	61
5.3.3 Pullukların yakıt tüketimleri	62

İÇİNDEKİLER (Devamı)

	<u>Sayfa</u>
5.3.4 Pullukların hız ve patinaj değ�erlendirmesi	63
5.3.5 Pullukların tarla denemesinde iş başarıları.....	64
6 TARTIşMA VE ÖNERİLER	65
KAYNAKLAR DİZİNİ	67
�ZGE�Mİş.....	71
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
1.1 Sabit Kulaklı Pullukla Sürüm (L: Tarlanın Uzunluğu, T: Tarlanın Genişliği)	1
1.2 Sabit Kulaklı Pullukta Traktörün Tarla Boyutlarına Göre Sürüm Yapmadan Dolanma Oranı.....	1
1.3 Kulaklı Pulluğu Oluşturan Parçalar	3
1.4 Sürme Derinliği İle Genişliği Arasındaki İlişki.....	3
1.5 Pulluğun Çalışma Tarzı	4
1.6 Pulluk Gövdesinin Üç Esas Açısı (δ , β , φ)	5
2.1 ÇYP'nin %20 Ölçekli Modeli	10
3.1 ÇYP'nin %50 Model Tasarımı.....	11
3.2 Çift Yönlü Kulaklı Pulluğun %50 Ölçekli Modeli	12
3.3 Çift Yönlü Kulaklı Pulluğun %50 Modeli.....	12
3.4 ÇYP'nin Toprak Kanal Denemesi (Warsawa-Polonya -SGGW).....	13
3.5 Toprak Profil Ölçümü Lazer Ölçüm Cihazı (Polonya -SGGW)	13
3.6 Toprak Kanalı Denemelerinde Kıyaslanan Kulaklı Pulluk Modelleri	14
3.7 Kuvvet Ölçer Kola Monte Edilmiş ÇYP %50 Modeli (Polonya -SGGW)	15
3.8 Kuvvet Ölçme Cihazını Bilgisayara Bağlayan Analog Kart (Polonya -SGGW)	15
3.9 Çeki Kuvveti Ölçer Kolların Kalibrasyonu 0-4000 (N) Yüklemede.....	16

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.10 X Ekseninde Yükleme, Kuvvet Arasındaki İlişki ve Regresyon Fonksiyonu.....	16
3.11 Model Pullukların Toprak Kanalında Özgül Çeki Kuvvetleri (Warsawa Üniversitesi).....	17
3.12 ÇYP %50 Model Pulluğun Toprak Kanalında Çeki Kuvveti Değerleri ...	17
4.1 Teorik Pulluk Çeki Kuvveti V-Basic Programında	20
4.2 “SolidWorks 2014” ile Oluşturulan ÇYP Modeli.....	23
4.3 ÇYP Kulak Elemanının Ağ Bölümleme Uygulanmış Modeli	25
4.4 ÇYP Kulak Malzemenin Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri	25
4.5 ÇYP Kulak Elemanının Yükleme Durumundaki Deformasyonu	25
4.6 ÇYP Yüzey Şekli ve Kalıp Yapımı İçin 5 Kesit’te Yüzey Eğrileri	26
4.7 Pulluk Kalp Yapımı ve 1:1Prototip Gövde.....	26
4.8 Uç Demirine Gelen Basınç Hesaplaması	27
4.9 a) ÇYP Uç Demirinin Burun Kısımında Malzemenin Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri b) ÇYP Uç Demirinin Burun Elemanının Yükleme Durumundaki Deformasyonu	28
4.10 a) ÇYP Bıçak Malzemenin Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri b) ÇYP Bıçak Elemanının Yükleme Durumundaki Deformasyonu	28
4.11 a) Ok Elemanının Üzerine Yük Uygulaması b) Ok Elemanının Ağ Bölümleme Modeli	29
4.12 a) Ok Elemanının Yükleme Durumundaki Deformasyonu b) Ok Malzemenin Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri	30

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.13 ÇYP Gövde ve Çatısında, Açısı ve Boyutlar Tanıtımı	31
4.14 ÇYP Ana Çatı Analizinde Üç Yönde Kuvvet Yüklemesi	32
4.15 Ana Çatı Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri.....	32
4.16 Ana Çatı Yükleme Durumundaki Deformasyonu	32
4.17 ÇYP'nin 5 Gövdeli Gövde Tasarımında Kuvvetlerin Birleşimleri	33
4.18 ÇYP'nin Çalışırken Toprağa Batma Durumu	34
4.19 ÇYP'nin Traktör Üzerinde Kuvvet Analizi.....	34
4.20 Dizayn Parametrelerini Gösteren Teknik Resimler	35
4.21 ÇYP'nin Döndürme Mekanizması Yeni Dizaynı	37
4.22 ÇYP'nin Gövde Döndürme Mekanizması.....	38
4.23 ÇYP'nin Döndürme Mekanizma Tasarımı	38
4.24 ÇYP'de İki İş Genişliğini Sağlayan Ayarlı Mekanizma.....	39
4.25 ÇYP'nin İkinci Çatı Tasarımında ÇYP %20 Modeli	39
4.26 Ayarlanabilir Çizi Mekanizması.....	40
4.27 ÇYP Pulluğun İkinci Prototip Çatısında Yapılan Başarılı Tarla Denemesi	40
4.28 Otomatik Çizi Ayar Mekanizması	41
4.29 Otomatik Çizi Ayar Mekanizmasının İmalatı.....	41
4.30 Otomatik Çizi Ayar Mekanizmasının Tarlada Denemesi.....	42
4.31 Yeni Üç Nokta Askı Sistemi ve Çizi Ayar Mekanizması.....	43

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.32 Üç Nokta Askı Sistemi ve Hidrolik Silindirli Çizi Ayar Mekanizması....	43
4.33 ÇYP'nin 3. Çatı Döndürme Mekanizması ile Başarılı Ön Tarla Denemesi	43
4.34 ÇYP Kalıbın Solid Works Programında Tasarımı.....	44
4.35 ÇYP'nin Yüzeyinin Eğrileri	45
4.36 Yeni Yapılan ÇYP Kalıp ve Gövde Yüzeyi	45
5.1 ÇYP Prototipi.....	46
5.2 Tarla Denemesinde Kullanılan Sabit Kulaklı Pulluk.....	47
5.3 Tarla Denemesinde Kullanılan Döner Kulaklı Pulluk	47
5.4 Denemelerde Kullanılan TF 80-66 DT Traktörü	48
5.5 Denemelerin Yapıldığı Tarla	49
5.6 Ortalama Toprak Penetrasyon Direnci (CI).....	50
5.7 Ortalama Toprak Penetrasyon Direnci (CI) 10 cm Derinlik Aralığında.....	50
5.8 Kuvvet Ölçüm Pimi	51
5.9 Traktörün Üç Nokta Askı Sistemine Bağlı Çeki Kuvveti Ölçüm Sistemi..	52
5.10 Yakıt Sisteminin Kalibrasyonu	53
5.11 ÇYP ile Toprak İşlemede Yakıt Tüketimi	53
5.12 ÇYP'de Anlık Yakıt Tüketim (l/ha) ve Hız Değerleri (km/h).....	54
5.13 Radar ve Patinaj Cihazların Traktör Üzeri Montajı.....	55
5.14 Pullukların Alt Kol Yatay (Alt Kol-X) ve Düşey Yönde (Alt Kol-Y) Kuvvetleri	57

ŞEKİLLER DİZİNİ (Devamı)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
5.15 Pullukların Üst Kol Çeki Kuvveti (Üst KolX) ve Düşey Kuvveti (Üst KolY)	58
5.16 Pullukların Üst ve Alt Bileşke Kuvvetleri, Çeki Kuvveti (F_x) ve Düşey Kuvveti (F_y).....	58
5.17 Farklı Hızlarda Pullukların Çeki Kuvvet Gereksinimi	59
5.18 Farklı Hızlarda Pullukların Düşey Kuvveti	59
5.19 Pullukların Farklı Hızlarda Bileşke Çeki Kuvveti Gereksinimleri.....	60
5.20 Pullukların Farklı Hızlarda Özgül Çeki Kuvveti Gereksinimleri	61
5.21 ÇYP İle Toprak İşlemede İşleme Derinliğinin CI Değerlerine Bakılarak Belirlenmesi.....	61
5.22 Pullukların Toprak İşlemede Üç Deneme Hızında İş Derinliği.....	62
5.23 Pulluklarda Farklı Hızlarda Yakıt Tüketim Değerleri	62
5.24 Traktörün Toprak İşlemede Anlık İlerleme Hızı, Tekerlek Çevre Hızı ve Patinaj	63
5.25 Traktörün Üç Pulluk Tipi ve Üç İlerleme Hızında Patinaj Değerleri	63
5.26 Pullukların (ÇYP ve DKP) Anlık İş Başarısı Değerleri	64
5.27 Pullukların İş Başarısı ve İlerleme Hız Değerleri.....	64

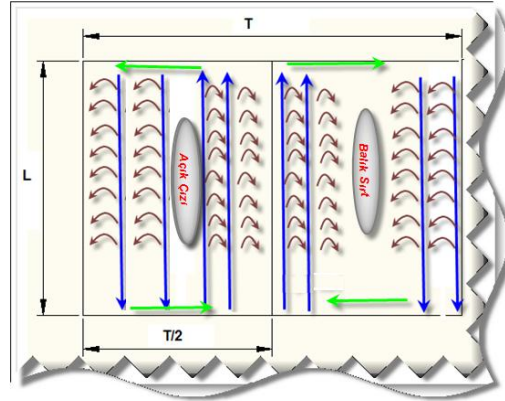
ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
3.1 Toprak Kanalında Denemede Kullanılan Pullukların Teknik Özellikleri ..	14
3.2 Toprak Kanalıının Kuvvet Ölçme Pimlerinin Kalibrasyon Değerleri	16
4.1 Topraklardaki Özgül Toprak Dirençleri (Mutaf, 1953).....	19
4.2 Programda Teorik Olarak Hesaplanan Farklı Topraklarda 3 Gövdeli Pulluk Çeki Kuvveti Değerleri.....	20
4.3 ÇYP'nin Dizayn Parametreleri	22
4.4 ÇYP'de Gövde Açılarına Bağlı Çatı Mekanizma Açıları.....	30
4.5 ÇYP'nin Dizayn Parametreleri	36
4.6 ÇYP'nin Yeni Kalıp Tasarımında Gövde Dizayn Parametreleri.....	44
5.1 Tarla Denemelerinde Kullanılan Pullukların Teknik Özellikleri	47
5.2 TF 80-66 DT Traktörüne İlişkin Bazı Teknik Özellikler	48
5.3 Kuvvet Algılama Pimine Ait Bazı Teknik Özellikler.....	51
5.4 Kuvvet Ölçer Pimlerin Kalibrasyon Fonksiyonları	52
5.5 DICKEY-John Radarın Teknik Özellikleri	55
5.6 Farklı Hızlarda, Pullukların Ortalama Çeki Kuvvet Değerleri.....	59
5.7 Pulluklarda Ortalama Yakıt Tüketimlerinin Danken Yöntemine Göre Gruplaması.....	63

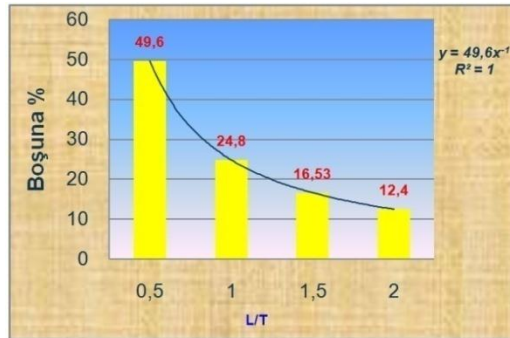
1 GİRİŞ

1.1 Genel

Geleneksel toprak işlemede yaygın olarak sadece toprağı sağa deviren sabit kulaklı pulluklar (SP) ve çok seyrek olmak üzere diskli pulluklar (DP) kullanılmaktadır. Kulaklı pullukla sürümde, parselle ortadan ya da yandan girilerek, parsel sonunda sürekli aynı yöne dönülerek toprak işlenmekte bunun sonucunda kaçınılmaz olarak parsel ortasında açık çizi veya balıksırtı oluşmaktadır (Şekil 1.1). Bu nedenle, her 2 ya da 3 yılda bir tarla tesviyesi pulluk ile işlenen tarlada yapılmak zorundadır. Ayrıca SP’de traktörün tarlada boşuna dolanması nedeniyle traktörün iş başarısı düşmekte, dolayısıyla yakıt tüketimide artmaktadır. Tarla uzunluğu (L) ve genişliği (T) oranına (L/T) göre traktörün tarlada sürüm yapmadan çizi sonunda boşuna serf ettiği mesafeye göre traktörün tarlada boşta yürüme yüzdesi iş genişliği 90 cm olan pulluk için hesaplanmış ve Şekil 1.2’de verilmiştir.



Şekil 1.1 Sabit Kulaklı Pullukla Sürüm (L: Tarlanın Uzunluğu, T: Tarlanın Genişliği)



Şekil 1.2 Sabit Kulaklı Pullukta Traktörün Tarla Boyutlarına Göre Sürüm Yapmadan Dolanma Oranı

SP'nin dezavantajlarını gidermek için döner kulaklı pulluk (DKP) kullanılmaktadır. DKP, aynı çiziden gidip gelerek toprağı hep aynı yöne devirir ve parsel ortasında açık çizi veya balık sırtı oluşturmaz. Bu tip toprak işlemeye düz sürüm adı verilmektedir. DKP ile sürümde dönüşlerde kısılıktan dolayı yakıt ve zaman tasarrufu sağlanır ayrıca düz sürüm yaptıklarından dolayı tarla tesviyesi bozulmaz. Ancak DKP ağır yapıya sahip olduğı için güçlü traktöre ihtiyaç göstermekte bu nedenle de çiftçi kolayca DKP satın alamamaktadır.

DKP ve SP dezavantajlarını gidermek ve aynı anda SP ve DKP'nin avantajlarını sağlamak için yeni bir kulaklı pulluk tasarlanmış ve imalatı yapılmıştır. Yeni kulaklı pulluk yüzeyi simetrik bir kulak olup ve yüzeyin simetrik özelliğı sayesinde toprağı çift yönde sağ ve sola devirebilmektedir. Yeni kulaklı pulluğun toprağı çift yönde devirme yeteneğinden dolayı pulluk Çift Yönlü Kulaklı Pulluk (ÇYP) olarak adlandırılmıştır.

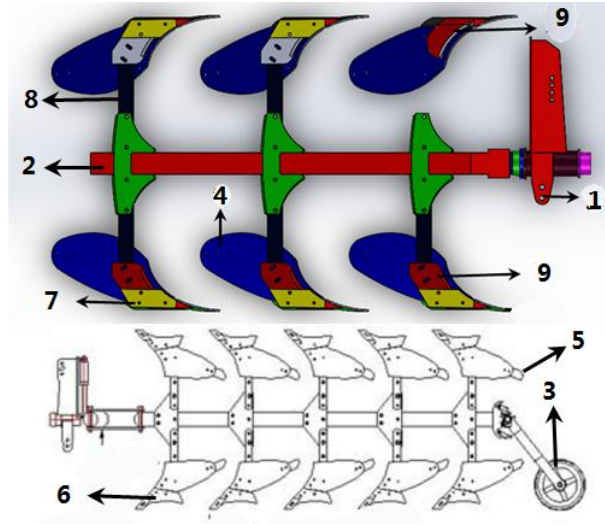
1.2 Pulluğun Görevi

Pulluklar, toprağı devirip parçalayarak fiziksel yapısını kültür bitkileri için uygun hale getiren aletlerdir. Pulluklar işleyici gövdelerin şekillerine göre, kulaklı pulluklar ve diskli pulluklar olmak üzere ikiye ayrılır. Kulaklı pulluklar en çok kullanılan pulluk tipidir.

1.3 Kulaklı Bir Pulluğun Parçaları

Pulluk genel olarak toprağın kesilip parçalanması ve devrilmesini sağlayan keski demiri, uç demiri ve kulak gibi aktif parçalardan ve pulluğun dik durabilmesi, ayarlanması ve çeşitli parçaların birbirine bağlanmasını sağlayan yardımcı parçalardan oluşmaktadır (Keçecioğlu ve Gülsoylu, 2002). Genel olarak bir kulaklı pulluğu oluşturan parçalar şunlardır: (Şekil 1.3)

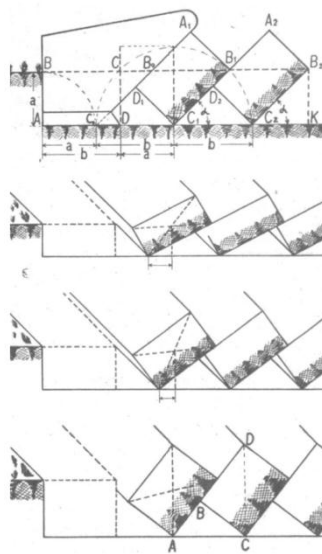
- | | |
|----------------------------------|-----------------|
| 1 - Üç Nokta Askı Sistemi | 6 - Uç demiri |
| 2 - Pulluk çatısı | 7 -Taban demiri |
| 3 - Mesnet tekerleğı (gerekirse) | 8 -Ok |
| 4 - Kulak | 9- Payanda |
| 5 - Kulak uzantısı | |



Şekil 1.3 Kulaklı Pulluğu Oluşturan Parçalar

1.4 Pulluğun Toprak İşleme Şekli

Kulaklı pullukların toprağı işleme şekli genel olarak toprağın keski ve uç demiri tarafından, önce yandan ve alttan olmak üzere, bir şerit halinde kesilmesi ve bu şeridin kulak vasıtasıyla alt üst edilerek aynı zamanda yan tarafa itilmesi ve açık olan evvelki çizinin içine yatırılmasından ibarettir. Böylelikle, bir dikdörtgen biçiminde olduğunu kabul edebileceğimiz ve önce uç demiri tarafından yukarıya kaldırılan toprak şeridi, kulağın üzerinde kayarak yükselir ve sonra devrilerek ABCD durumundan $A_1B_1C_1D_1$ durumuna gelir (Şekil 1.4). Toprağın parçalanması pulluğun ilerlemesiyle beraber başlar (Mutaf, 1953).

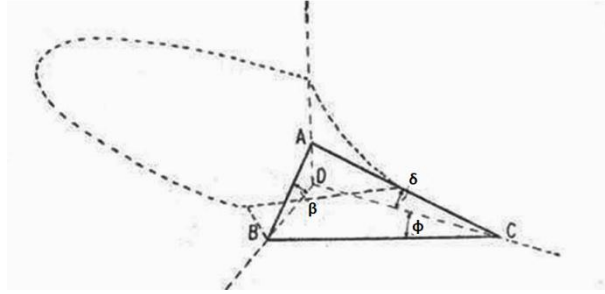


Şekil 1.4 Sürme Derinliği İle Genişliği Arasındaki İlişki

Şeklen bir bıçağa benzediklerinden, keski ve uç demiri toprağı belirli bir yerinden düz olarak keser ve uzun şeritler halinde ayrılmasına hizmet ederler. Kulak ise, toprağın iç dokusuna tesir ettiği için, onun zayıf yerlerinden kopmasını ve ufalanmasını sağlamaktadır. Bir payandaya bağlanan kulak ve uç demiri, taban demiri ile birlikte pulluğun işleyici gövdesini oluştururlar. Taban demiri, pulluğun aktif parçalarından sayılmamakla beraber, iş esnasında pulluk gövdesinin çizinin yan duvarına ve tabanına dayanmasını sağlaması ve toprağın kulak üzerine yaptığı büyük baskı tesirini karşılaması gibi önemli görevleri vardır (Mutaf, 1953).

1.5 Pulluğu Etki Eden Açılar

Pulluğun işleyici gövdesini üç yüzeyli karışık bir kamaya benzeterek incelemiştir. Böyle bir kamayı (Şekil 1.6) andıran pulluk toprağın içinde hareket ettiği zaman her üç yüzeyi ayrı ayrı tesir göstererek toprakta çok taraflı ve karışık bir iş yapar. Üç koordinatın ABC üçgeni tarafından yan olarak kesilmesiyle meydana gelen bu üç yüzeyli kama her tipteki aktif yüzey teşekkülünün çıkış noktasını teşkil etmektedir. Burada δ pulluğun kesme açısı, β toprağı devirme açısı ve ϕ yan tarafa atma açısıdır (Mutaf, 1953).



Şekil 1.6 Pulluk Gövdesinin Üç Esas Açısı (δ , β , ϕ)

2 LİTERATÜR BİLDİRİŞLERİ

Tarımsal üretimin en önemli faaliyetlerinden birisi olan toprak işlemenin esas amacı, ürün yetiştirilmesine uygun koşulları sağlamak için toprağın fiziksel durumunu değiştirmektir. Toprak işlemede çeşitli yöntemler ile bu yöntemlere uygun alet ve makineler kullanılmaktadır. Birincil toprak işlemede özellikle kulaklı pulluk kullanımı oldukça yaygındır. Standart toprağı sadece sağa deviren pulluklarla toprak işlemede düz sürüm sağlanamadığı için son zamanlarda düz sürüme olanak veren döner kulaklı pulluklar kullanılmaktadır.

Düz sürüm, özellikle sulu tarım sisteminde ve meyilli alanlarda uygulanan bir toprak işleme yöntemidir. Döner kulaklı pulluklarla sağlanan düz sürüm ile tarlada birçok avantaj elde edilmektedir. Bunlar; sırtların ve açık çizilerin bulunmadığı düzgün bir tarla yüzeyinin elde edilmesi, meyilli arazilerde toprak erozyonunu önlenmesi, döner kulaklı pulluklar ile parsel başlarında kısa dönüş yapıldığı için zaman ve yakıttan tasarruf sağlanması, düzgün bir tarla yüzeyi oluşturduğu için diğer alet ve makinelerin çalışmasını kolaylaştırması gibi üstünlüklerdir (Dilmaç, 1984).

Düz sürümün bu üstünlüklerine karşın, düz sürümde kullanılan döner kulaklı pullukların ağırlıklarının fazla olması ve maliyetlerinin yüksekliği gibi olumsuz yanları da vardır (Culpin, 1981).

Dört gövdeli kültürform tipi bir pulluğun 18 cm derinlikte çalışmada pulluğun çeki kuvveti ve yakıt tüketim değerlerinin incelendiği bir çalışmada (Bastaban, 1994); en yüksek çeki kuvveti 13,3 kN'la 7,5 km/h'lık ilerleme hızında, en düşük çeki kuvveti ise 9,4 kN'la 3,5 km/h'lık ilerleme hızında elde edilmiştir. En yüksek yakıt tüketimi 35,3 l/ha'la 3,5 km/h hızda ve en düşük yakıt tüketimi ise 26,0 l/ha'la 5 km/h'lık ilerleme hızında ölçülmüştür.

Yapılan araştırmalar pulluğun çeki kuvvetinin ilerleme hızının karesiyle ilişkisini göstermektedir (Gill ve Vanden Berg, 1967; Kermis, 1978; Kepner et al., 1982; Gorjachkin, 1968).

Kulaklı pullukla toprak işlemede hızın çeki kuvveti ile kuvvetli bir ilişkisi vardır. Nitekim, birçok araştırmacının bu konuda yaptığı araştırmalarda, matematik modelleme yöntemine göre pulluğun çeki kuvveti ile ilerleme hızı ve toprak işleme derinliği arasında kuadratik bir ilişki

bulmuşlardır (Godwin, 2007; Söhne, 1959; Söhne ve Möller, 1962; Gee Clough et al., 1977; Krastin,1973; Larsen et al., 1968).

Pullukla toprak işleme, maliyetli ve enerji tüketen bir yöntemdir. Bu nedenle araştırmacılar pulluğun yüzeyini optimize edilmesinde hayli çaba harcamışlardır (Natsis et al., 1999; Formato ve Roncioni, 2001; Shrestha et al., 2001).

Yapılan araştırmalar sonucunda, pulluk yüzeyinin optimum şekli ortaya koyulmuş ve kulağın çizimleri belirlenmiştir, (Suministrado,1990; Araya, 1996; Desbiolles, 1997).

Toprak işleme aletlerinde aşınması üzerinde yapılan araştırmalara göre, aşınma toprak tipine, toprak nemine, zamana bağlı olarak toprak işleme derinliğine, toprağın sıkışıklığına ve toprakta işleyen aktif aletin malzeme sertliğine bağlı olarak değişmektedir (Natsis, 1999; Kushwaha, 1990).

Guul ve ark. (2002), pulluğun aşınmasını etkileyen faktörleri sistematik olarak şöyle sıralamışlardır; a) Pulluk parçalarının aşınmaya dayanıklılığı parçaların formu ve ısıl işlemi toprak işleme alanı, b) ilerleme hızı ve iş derinliği gibi toprak işleme koşulları, c) toprak ile alet yüzeyinin arasındaki güç atraksiyonu, d) toprak partikülleri sertliği, keskinliği ve diziliş şekli, e) toprağın nem içeriği, toprak yoğunluğu ve toprağın mekanik özellikleri ve f) çevre etkisi ve hava durumunda değişimler. Tüm bu sıralanan faktörler, toprak koşullarına ve pulluk dizaynına bağlı olduğunu söyleyen araştırmacılar, pulluk parçalarının aşınmaya dayanıklılığının pulluk yüzeyinin sertliğine bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Malzeme sertliğinde artış, aşınma oranının azalması olarak bilinmektedir. Kesinlikle, aletin aşınmaya dayanıklı olması için alet malzeme sertliğinin toprak sertliği ile orantılı olmalıdır. Ancak, malzemedeki gereğinden fazla sertliğin kırılma meydanına getirdiği bir gerçektir. Buna ek olarak yüzey sertliği, aşınmaya dayanıklılık, aktif aletin şekline bağlıdır ki bu da toprak tipi ve keskin kenar kalınlığı ile ilgilidir (Bayhan, 2006).

Pullukta uç demirinin aşınmasını etkileyen önemli bir faktör de toprağın nem içeriğidir. Toprağın kesilme direnci toprak neminin % 12 den fazla olduğu durumlarda belirgin şekilde azalmaktadır. Toprak nem içeriği arttıkça toprak

sertliği azalır ve sonuç olarak aşınma azalır. Uç demiri üzerinde etkili basınç, aşınma yoğunluğunu etkileyen en önemli faktörlerden birisidir. İlgili deneysel bulgular, belirli bir yükün uç demir kesme kenarı yönünde arttığını göstermektedir (Gorjachkin, 1968).

Bernacki ve ark (1972) yaptığı araştırmaya göre; pulluğu etkileyen K_x yatay ve K_y düşey kuvvetleri her toprak koşullarında, 25 cm'e kadar toprak işleme derinliği ile orantılıdır. Ancak, K_z değeri durum açısına ve uç demiri keskinliğine göre değişmektedir. Eğer uç demiri keskin ise K_z değeri iş derinliğine orantılı olarak artar.

ASAE (1992) standartlarına göre; pulluğun çeki kuvvetinin pulluğun iş derinliğinin ve iş genişliğine orantılı olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, gövdenin iş genişliği, toprağın pulverize derecesini etki etmekte ve kesek boyutunu değiştirmektedir (Gill ve Vanden Berg, 1967).

Silindirik formda bir kulaklı pulluğun model ve tasarımı için yapılan bir teorik çalışmada (Saad AL-deen, 2008) elde edilen yeni tasarım kulaklı pulluğun tüm dizayn göstergelerinde çeki kuvveti, Von Misses stresi ve eğilme momenti bakımından 13 tip pulluğa göre daha iyi sonuçlar verdiği bulunmuştur. Sonuçlar, ilerleme hızı arttıkça çeki kuvveti, Von Misses stresi ve eğilme momentinin arttığını göstermektedir. Aynı şekilde artan toprak işleme derinliklerinde çeki kuvveti, Von Misses stresi ve eğilme momentinin de arttığını görölmüştür. En iyi performans ise 15-20 cm toprak derinliğinde 9 km/h ilerleme hızında elde edilmiştir.

Pulluk yüzeylerinin tasarımı, uzun zaman alan zahmetli bir iştir. Tasarımı daha hızlı ve rasyonel hale getirmek amacıyla Tuna Doğan bilgisayar programı hazırlamıştır (Tuna Doğan, 1994). Bu amaçla, pulluk tasarımı için AutoCad-10 çizim programında kullanmak üzere Autolisp dilinde silindirik ve kültürform yarı bükük ve bükük kulaklar için iki ayrı tasarım programı hazırlanmıştır. Buradan elde edilen verileri kontrol noktası olarak kullanan Doğan, QBASIV dilinde hazırlanan programlar ile BEZIER yüzeyleri şeklinde pulluk tasarımı yapmıştır. Buradan elde ettiği koordinat noktalarını model yapımı için CNC freze tezgahında kullanılmak üzere GM kodlarında dönüştüren Doğan, tasarımını yaptığı pulluğun tahta ve plastik modellerini elde etmiştir.

Kulaklı pulluk, döner kulaklı pulluk ve döner kulaklı pulluğa alternatif olan kare gövdeli pulluk bazı işletme karakteristikleri (güç gereksimi, yakıt tüketimi, iş verimliği ve güç gereksinimi) belirlenmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Sonuçlara olarak tasarlanan kare gövdeli döner kulaklı prototip pulluğun klasik döner kulaklı pulluğa göre daha hafif yapılı olduğu aynı zamanda güç gereksinimi, yakıt tüketimi, iş verimliği gibi işletme karakteristikleri açısından daha iyi sonuç verdiği söylenebilir (Göknur, 1995).

2.1 Çalışmanın Önemi ve Amacı

Geleneksel toprak işlemede birincil toprak işleme aleti olarak kulaklı pulluk ve diskli pulluk kullanılmaktadır. Diskli pulluğa göre oldukça yaygın olarak kullanılan kulaklı pullukla (SP) sürümde, uç demiri tarafından kesilen toprak traktörün ilerleme yönüne göre daima sağ tarafa devrilmektedir. Kulaklı pullukla sürümde parsel ortadan veya yandan girilerek parsel sonunda sürekli aynı yöne dönerek yapılan sürüm sonucunda, kaçınılmaz olarak parsel ortasında açık çizi veya balıksırtı oluşmaktadır. Bu nedenle, tarlada her iki ya da üç yılda bir tarla tesviyesine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, SP ile sürümde traktörün dönüşlerde boşuna geçen zaman nedeniyle, traktörün iş başarısı düşmekte ve yakıt tüketimi de artmaktadır. SP'nin dezavantajlarını gidermek için döner kulaklı pulluk (DKP) kullanılmaktadır. DKP, aynı çiziden gidip gelerek düz sürüm yapmakta böylece tarla tesviyesi bozulmamaktadır. DKP ile sürümde dönüşlerde kısılıktan dolayı yakıt ve zaman tasarrufu da sağlanır. Ancak, DKP'nin ağır yapıya sahip olması SP'ye göre daha güçlü traktöre ihtiyaç duymaktadır, dolayısıyla DKP ve ona uygun traktör fiyatının yüksek olması nedenleriyle çiftçi kolayca DKP satın alamaz.

Bu projenin amacı, SP ve DKP'nin dezavantajlarını gidermek ve aynı zamanda SP ve DKP'nin avantajlarını sağlamak için yeni kulaklı pulluk tasarımı ve imalatını yapmaktır. Yeni tasarım pulluk simetrik bir yüzeye sahip olup toprağı çift yönde; giderken sağa ve dönüşte de sola devirme yeteneğine sahiptir ve çalışma tarzına göre çift yönlü kulaklı pulluk (ÇYP) olarak adlandırılmıştır. Yeni tasarım pulluk olan ÇYP'nin ayrıca tarladaki performansı ölçülmüş ve diğer tip pulluklara göre zayıf ve üstün yanları tarla şartlarında belirlenmiştir. Projenin hedefi, yeni tasarım ÇYP'nin imal edilmesi, ağır ve hantal olan döner kulaklı pulluk yerine alternatif olarak kullanılmasıdır. Nihai amaç, çiftçinin ÇYP kullanması ile malzeme, yakıt ve zamandan tasarruf etmesini sağlamaktır. Bir SANTEZ projesi olan bu tezin diğer bir amacı ise,

ÇYP'yi yurt dışına satarak Türkiye'de tarım makinaları sektörünün ihracat potansiyelini artırmaktır.

2.2 Ön Laboratuvar Denemesi

Araştırmaya başlamadan önce, tasarımı düşünülen pulluğun %20 ölçekli modeli yapılmıştır. Tasarımın bir döner kulaklı pulluk prensibinde gidişte toprağı sağa ve sıra sonunda dönüşte sola devirme olanağı incelenmiştir (Şekil 2.1). Laboratuvarında model küçük boyutta (70×90 cm) toprak kabında iki yönde sürülerek pulluğun aynı döner kulaklı pulluk gibi düz sürüm yapabileceği gözlenmiştir. Böylece, çift yönlü bir kulaklı pulluğun 90° döndürülmesi ile toprağın iki yönde devrilebileceği belirlenmiştir.



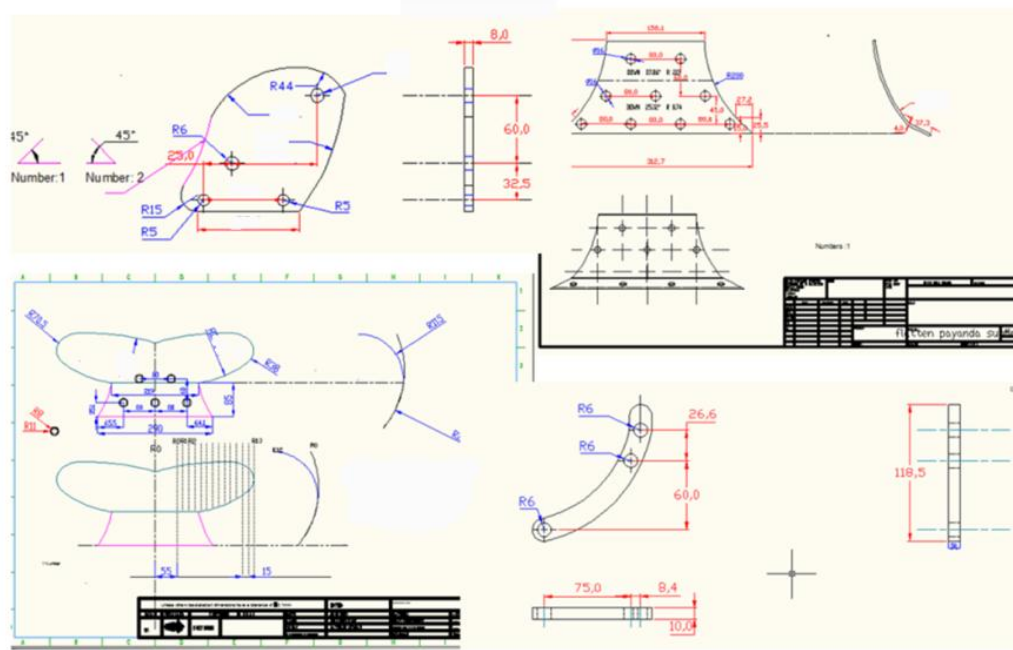
Şekil 2.1 ÇYP'nin %20 Ölçekli Modeli

3 ÇYP %50 MODELİNİN TASARIMI VE TOPRAK KANALI DENEMESİ

3.1 ÇYP %50 Modelin Tasarımı

Ön laboratuvar denemelerinden yol olarak, bilgisayarda SolidWorks® programında ÇYP'nin %50 modeli tasarlanmıştır. Bu tasarım normal kulaklı pulluk prensibine göre tasarlanmıştır. Pulluk gövdesinin toprağı iki yönde devirmesi için kulak yüzeyinde değişiklikler yapılmıştır.

Tasarlanan model ÇYP'nin imalatı Polonya-Warsawa Üniversitesinde yapılmıştır. ÇYP %50 modelin kulak yüzey çizimleri ve gövde modelinin imalat çizimleri AutoCAD programında® DWG formatında yapılmış ve parçalar lazer kesimde hazırlanmıştır (Şekil 3.1).

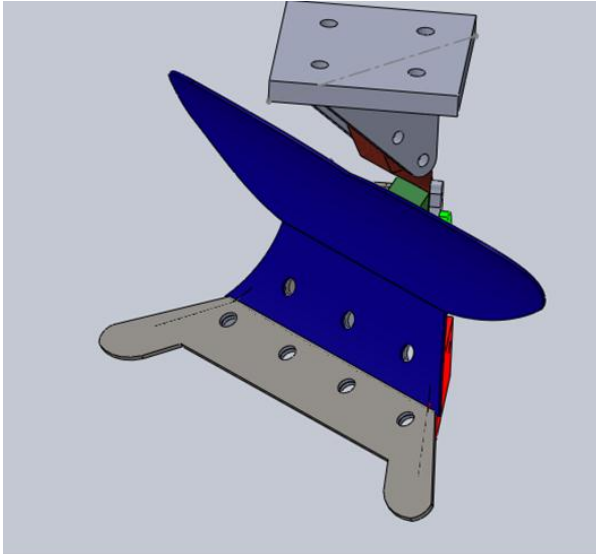


Şekil 3.1 ÇYP'nin %50 Model Tasarımı

ÇYP'nin yüzeyi için kalıp yapma imkânı bulunmadığından pulluk yüzey eğrisi, firmada bulunan merdane ile yapıлып diğer parçalar cıvatalar ve kaynakla birleştirilmiştir (Şekil 3.2). Tasarımla son şekli verilen, toprağı iki yönde devirebilecek şekilde tasarlanmış, kültürform tipi kulaklı pulluk yüzeyine sahip %50 ölçekli ÇYP modelin son hali Şekil3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.2 Çift Yönlü Kulaklı Pulluğun %50 Ölçekli Modeli



Şekil 3.3 Çift Yönlü Kulaklı Pulluğun %50 Modeli

3.2 ÇYP %50 Model Pulluğun Toprak Kanalı Denemesi

Tasarımı yapılan %50 ölçekli ÇYP modelinin gerçek tarla şartlarında çalışabilirliğini ve performansını test etmek amacıyla model pulluk toprak kanalında denenmiştir.

3.2.1 Toprak Kanalı

ÇYP %50 modeli Polonya Warsawa Üniversitesi'nde Tarım Makinaları Bölümü'nde (SGGW) bulunan toprak kanalında test edilmiştir (Şekil 3.4). Toprak kanalının boyutları 9×1,6×0,5 m ve içindeki toprağın yapısı killi-kumlu (%50 kum, %40 kil, ve %10 mil) topraktır.



Şekil 3.4 ÇYP'nin Toprak Kanal Denemesi (Warsawa-Polonya -SGGW)

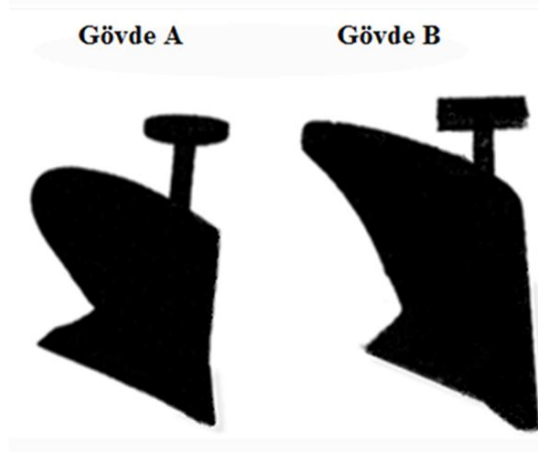
3.2.2 Toprak Kanalının Hazırlanması

Toprak kanalının hazırlanması için önce toprak 50 cm derinliğinde çizel ile işlenmiş ve daha sonra bir merdane vasıtasıyla üç kez toprağın üzerinden geçerek toprak sıkıştırılmıştır. Model ÇYP'nin toprak kanalında denemesi için toprak nemi %10 ve toprak sıkışıklığı da 0,5 MPa olarak ayarlanmıştır. Toprak sıkışıklığının belirlenmesi için penetrometre (ASAE Standard R 313.3) kullanılmıştır. Pulluğun toprak işleme kalitesinin belirlenmesi için toprak profili, lazer ölçüm cihazı vasıtasıyla ölçülmüştür (Şekil 3.5).



Şekil 3.5 Toprak Profil Ölçümü Lazer Ölçüm Cihazı (Polonya -SGGW)

ÇYP modelinin toprak kanalı denemelerinde toprak işleme şeklinin diğer standart pulluklara göre kıyaslamak amacıyla, ÇYP model ile yapılan deneme sonuçları daha önce aynı toprak kanalında yapılmış çalışmayla karşılaştırılmıştır. Kıyaslamayı sağlamak amacıyla denemeler, daha önceki denemede kullanılan 0,5 ve 0,1 m/s ilerleme hızlarında, 20 cm iş genişliği ve 15 cm iş derinliğinde yapılmıştır. Daha önce aynı toprak kanalında yapılan çalışmada kullanılan kulaklı pulluk modelleri Şekil 3.6’da verilmiştir. Daha önceki denemeler 1998 yılında Yavuzcan ve arkadaşları tarafından, toprak nemi %14 ve toprak sıkışıklığı 0,4 MPa olan toprak kanalı şartlarında yapılmıştır (Yavuzcan, 1998). Denemeler farklı zamanda yapıldığı için veriler istatistik olarak değerlendirilmemiştir.



Şekil 3.6 Toprak Kanalı Denemelerinde Kıyaslanan Kulaklı Pulluk Modelleri

Araştırılan kulaklı pullukların yüzeyleri silindroid sınıfında yer almaktadır. Modellerin teknik özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Toprak Kanalı Denemede Kullanılan Pullukların Teknik Özellikleri

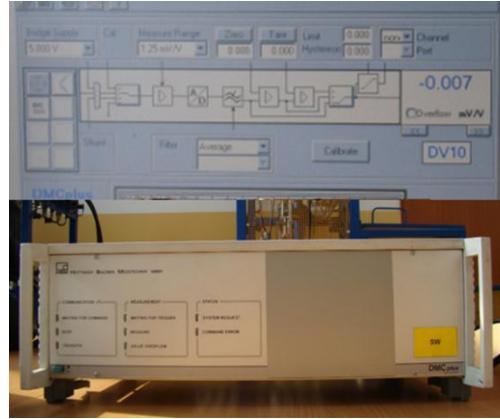
Index	Gövde A	Gövde B	ÇYP Model
Bıçak Uzunluğu	217 mm	287 mm	440 mm
Batma Açısı (δ)	39°	25°	34°
Uç Demir Açısı (ϕ)	48°	44°	45°
Kanat Uzunluğu	310	430	480
Gövde Yüksekliği	238	260	250

3.2.3 Kuvvet Ölçer Kolların Kalibrasyonu

ÇYP %50 modeli bir kuvvet ölçer kol üzeri monte edilmiştir. Böylece pulluk modelinin çeki kuvvetinin ölçümleri deneme esnasında sürekli olarak yapılabilmiştir (Şekil 3.7). Ölçümden elde edilen datalar bilgisayara bağlanan bir analog kart vasıtasıyla toplanıp bilgisayara kaydedilmiştir (Şekil 3.8).

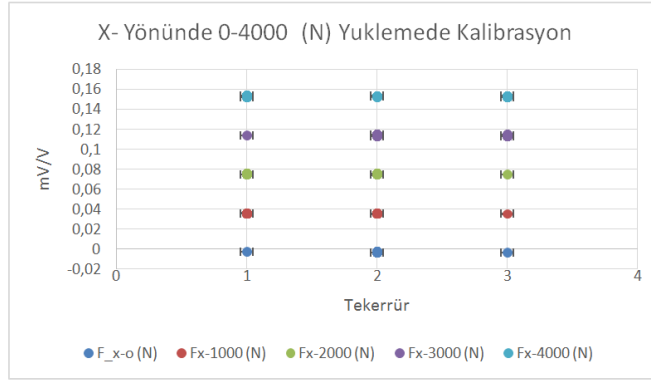


Şekil 3.7 Kuvvet Ölçer Kola Monte Edilmiş ÇYP %50 Modeli (Polonya -SGGW)

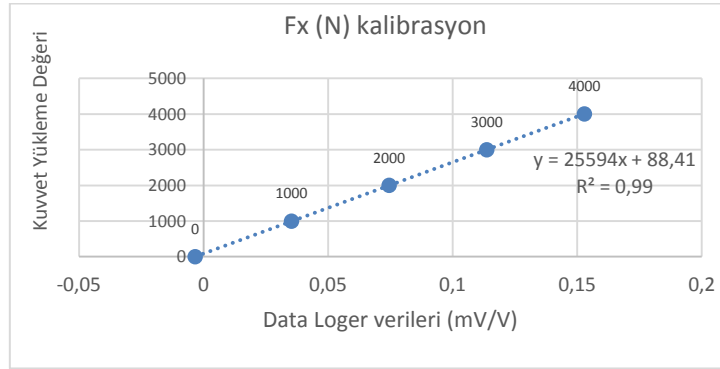


Şekil 3.8 Kuvvet Ölçme Cihazını Bilgisayara Bağlayan Analog Kart (Polonya -SGGW)

ÇYP'nin toprak'ta çeki kuvvetini ölçmek için kuvvet ölçer kolun kalibrasyonu yapılmıştır. Kuvvet ölçer kolların kalibrasyonu için Laboratuvar'da 1000 ile 4000 N yüklerde kol üzerindeki kuvvet değişikliği (mV/V) cinsinden üç tekerrürde ölçülmüştür (Şekil 3.9). Elde edilen kuvvet değerleri ve yükleme miktarına göre kuvvet ve gerilim arasında eğri çıkarılarak (Şekil 3.10) eğrinin regresyon denklemi x, y ve z yönlerinde hesaplanmıştır (Çizelge 3.2).



Şekil 3.9 Çeki Kuvveti Ölçer Kolların Kalibrasyonu 0-4000 (N) Yüklemede



Şekil 3.10 X Ekseninde Yükleme, Kuvvet Arasındaki İlişki ve Regresyon Fonksiyonu

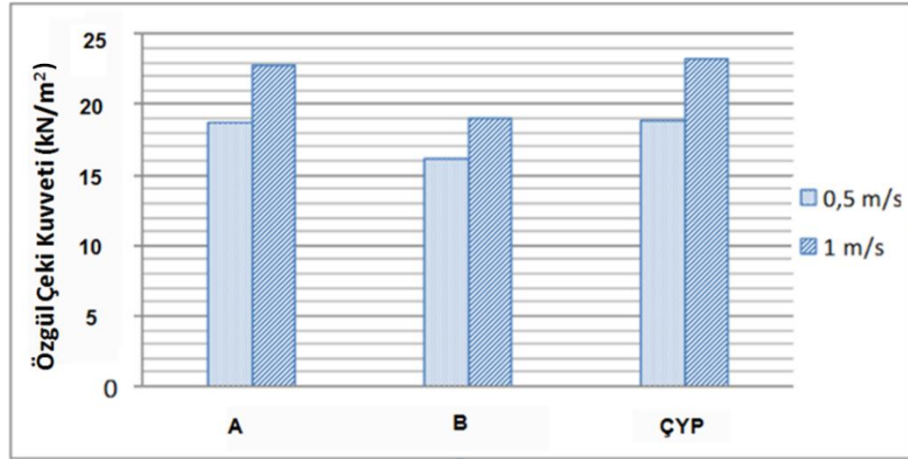
Çizelge 3.2 Toprak Kanalının Kuvvet Ölçme Pimlerinin Kalibrasyon Değerleri

Yön	Formül	R ²
X (N)	25594× mV + 88,41	R ² =0,99
Y (N)	50172× mV – 113,5	R ² =0,99
Z (N)	24685× mV + 163,38	R ² =0,99
Derinlik (mm)	0,0004× mV - 0,12 × mV + 255,99	R ² =0,99
Pozisyon (mm)	3,18× mV + 1482	R ² =0,99

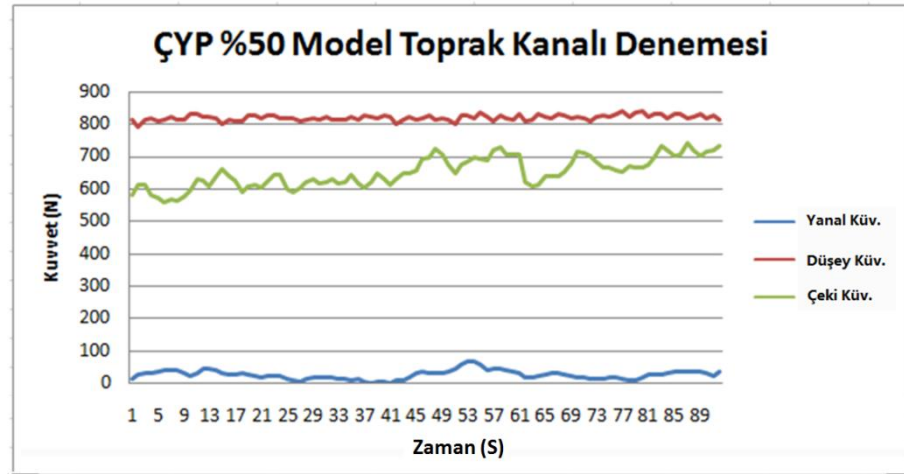
3.2.4 ÇYP %50 Modelinin Toprak Kanalında Denemesi ve Sonuçları

ÇYP'nin %50 modelinin toprak kanalındaki deneme sonuçları daha önce yapılmış araştırma sonuçları ile kıyaslandığında ÇYP özgül çeki kuvveti diğer model pulluklarla benzer bulunmuştur (Şekil 3.11). Model B pullukta, 0,5 ve 1 m/s ilerleme hızlarında sırasıyla 16,2 ve 19 kN/m² özgül çeki kuvveti

ile en düşük değere sahiptir. Her üç gövde modellerinde özgül çeki kuvveti gereksinimleri yüksek hızda daha fazla olmaktadır. ÇYP %50 modelin toprak kanalında topraktan gövdeye gelen kuvvetler yatay yönde (çeki kuvvet olarak) ve düşey yönde hesaplanmıştır (Şekil 3.12). Yanal, çeki ve düşey yönde ölçülen kuvvetlerin ortalaması sırasıyla 28 N, 653 N ve 820 N olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.11 Model Pullukların Toprak Kanalında Özgül Çeki Kuvvetleri (Warsawa Üniversitesi)



Şekil 3.12 ÇYP %50 Model Pulluğun Toprak Kanalında Çeki Kuvveti Değerleri

Toprak kanalı sonuçlarına göre; model ÇYP'nin diğer pulluklar gibi toprağı uygun işlediğı ve özgül çeki kuvveti gereksiniminin ise diğer pulluklara benzer değerlerde olduğı saptanmıştır. Bu sonuçlara göre; model pulluk gerçek tarla şartlarında kullanılabilir olduğı ve toprağı standart pulluklar gibi kesip uygun bir toprak işleme profili oluşturduğı gözlenmiştir.

4 ÇYP PROTOTİPİ TASARIMI

Model pulluğun gerçek tarla şartlarında kullanılabilirliği toprak kanalında yapılan çalışmalar sonucunda belirlendikten sonra, ÇYP'nin 1:1 pulluk gövde prototip tasarımı pulluk çatısı ve dönme mekanizması tasarımı ile birlikte yapılmıştır.

4.1 Pulluğa Etki Eden Kuvvetler

Pullukların üzerinde oluşan kuvvetler, toprak özelliklerinin yanında pulluk tasarım parametrelerine bağlıdır, bunlar:

- İş Genişliğinin Etkisi: Pulluk iş genişliği değiştirilecek olursa, yanal kuvvetlerin iş genişliğiyle orantılı olarak değiştiği görülür.
- İş Derinliğinin Etkisi: İş derinliğine bağlı olarak yatay kuvvetler üstel artış gösterirken, yanal kuvvetler lineer olarak değişmektedir.
- Çalışma Hızının Etkisi: Sabit bir iş derinliği ile sürmede, çalışma hızına bağlı olarak yatay, yanal ve düşey kuvvetlerde yaklaşık olarak kuadratik bir artış saptanmaktadır.
- Pulluğun ağırlığı: pulluk ağırlığı ve toprak- pulluk sürtünme katsayısı pulluk çeki kuvvetini lineer etkileyen faktörlerdendir. Pulluk direnci Gorjachakin tarafından aşağıdaki formülde verilmiştir (Bernacki, 1972):

Pulluk çeki kuvvetini etki eden parametreler denklem (4-1) verilmiştir. Farklı topraklarda özgül toprak dirençleri Çizelge 4.1'de verilmiştir.

$$F_x = n(9,81 \cdot M \cdot \mu + 1000 \cdot k \cdot t \cdot b(cd + 1) + 1000 \cdot \epsilon \cdot t \cdot b \cdot V^2) \quad (4-1)$$

n:	Pulluk Gövde Sayısı
M:	Pulluk Ağırlığı (kg)
cd:	Dinamik Katsayı
k:	Toprak Özgül Direnci (kN/m ²)
t:	İş Genişliği(m)
b:	İş Derinliği (m)
ε:	Toprak Katsayısı
V:	İlerleme Hızı (m/s)
F _x	Pulluk Çeki Kuvveti(N)
μ:	Sürtünme Katsayısı

Çizelge 4.1 Topraklardaki Özgül Toprak Dirençleri (Mutaf,1953)

Çeşitli Topraklardaki	Özgül Toprak Dirençleri (kN/m ²)
Hafif Topraklar	20-30
Orta Topraklar	40-50
Ağır Topraklar	60-80
Çok Ağır Topraklar	90-150

4.2 Teorik Pulluk Çeki Kuvvetinin V-Basic Programında Hesaplanması

Teorik Pulluk Çeki Kuvvetini hesaplamak için V-Basic'te bir program yazılmıştır (Şekil 4.1). Bu programda teorik ÇYP'nin çeki kuvvetini hesaplamak için denklem 4-1'den yararlanılmıştır. Aşağıdaki değerler kullanılarak, analizde kullanılmak üzere 3 gövdeli bir kulaklı pulluk için $F_z = 12,93$ kN çeki kuvveti olarak hesaplanmıştır.

Örnek olarak, özgül toprak direnci olarak, “Orta topraklar” için geçerli olan $k = 40$ kN/m² gibi bir değer seçilmiştir, hız ise 4 (km/h) ve toprak kat sayısı orta toprak için 2,1 kN.s²/m² olarak F_z değeri formül 4-1'den yararlanarak hesaplanmıştır;

n: 3..... Gövde Sayı
M: 650..... kg
cd: 1..... Katsayı
k: 40..... kN/m²
t: 0,2..... m
b: 0,3..... m
ε: 2,1..... kN.s²/m²
V: 4..... km/h
μ: 0,3..... Kat Sayı

Farklı toprak koşulları için de aynı yöntem kullanılarak çeki kuvveti değerleri hesaplanmıştır. V-Basic programı yardımıyla 3 gövdeli kulaklı pulluk için hesaplanan pulluk çeki kuvveti değerleri farklı topraklar için Çizelge 4.2’de verilmiştir.

****Aşağıdaki bilgileri girdikten sonra HESAPLA tuşuna basınız:**

puLLUK Gövde sayısı (2_20)

Pulluk Ağırlığı (Kg)

Sürtünme Katsayısı (μ)

Gövde İş Genişliği (cm)

İlerleme Hızı (Km/h)

Toprak Katsayısı (ε) : (KNS)

Toprak Özgül Direnci (K) : (Kl)

İş Derinliği (cm)

Dinamik Katsayısı (1-2.5)

****Fz (kN)**

****Güç (hp)**

****Güç (kW)**

HESAPLA

ε (KNS2/m²)			
	Kültür Form	Üniversal	Yarı Büyük
Hafif	3	2	1.5
Orta	3.2	2.1	1.6
Ağır	3.6	2.4	2
Çok Ağır		4	2.5

k (KN/m²)			
Hafif	20-30		
Orta	40-50		
Ağır	60-80		
Çok Ağır	90		

$Fz = n * (m * 9.81 * myo + (cd + 1) * k * 1000 * t * b + sigma * 1000 * t * b * v * v)$
 $Güç(hp) = fz * v / 746$
 $Güç(kwat) = fz * v / 1000$

Şekil 4.1 Teorik Pulluk Çeki Kuvveti V-Basic Programında

Çizelge 4.2 Programda Teorik Olarak Hesaplanan Farklı Topraklarda 3 Gövdeli Pulluk Çeki Kuvveti Değerleri

Çeşitli Topraklardaki	Özgül Toprak Dirençleri K (kN/m²)	Toprak Katsayı ε (kN/m²)	Çeki Kuvveti F _z (kN)
Hafif Topraklar	20	2	12,56
Orta Topraklar	40	2,1	20,13
Ağır Topraklar	60	2,4	27
Çok Ağır Topraklar	100	4	41

Topraktan Pulluğa gelen kuvvetler hesaplanmış ve bu kuvvetlere bağlı olarak prototip çatı ve gövde parçalarının tasarımı yapılmıştır. Prototip pulluk parçalarının mukavemet değerlendirmesi SolidWorks® programının ‘Simulation Xpress Analiz’ hesaplama kısmında yapılmıştır. ÇYP model ve

prototip imalatı için SolidWorks'ta tasarlanan parçaların teknik resimleri AutoCad® programında hazırlanmış ve lazer kesime verilmiştir.

4.3 ÇYP kuvvet Analizi

ÇYP üzerinde oluşan çeki kuvveti V-Basic programında üç gövdeli pulluk için değişik topraklarda tahminlenmiştir (Çizelge 4.2). ÇYP'de gövde ve çatı tasarımı için çeki kuvveti için 12,56 kN (4-1) seçilmiştir. Bölüm 4.2'de hesaplanan çeki kuvveti değeri 12,56 kN gövde ve çatı tasarımı için hesaplamada kullanılmasına karşın, tasarımda tek çeki kuvveti yeterli olmayacağı için ÇYP gövdesi üzerindeki düşey yöndeki kuvvetin de belirlenmesi gerekmektedir.

Bu amaçla; gerekli yanal ve düşey kuvvetler, daha önce ÇYP %50 modelin toprak kanalı deneyinde ölçülen değerlerden alınmıştır. Bunlar sırasıyla $Z = 28$ N, $X = 653$ N ve $Y = 820$ N'dur. Prototip ÇYP tasarımında, ÇYP %50 model pulluğun 'Çeki Kuvveti/Düşey Kuvvet' ve 'Yanal Kuvvet/Çeki kuvvet oranları' kullanılmıştır:

$$F_X = 12,56 \text{ kN}$$

F_X : Prototip Pulluk Çeki Kuvveti

$$n_1 = \frac{X}{Y} = \frac{653 \text{ N}}{820 \text{ N}} = 0,796$$

n_1 : Çek ve Düşey kuvvet Oranı

$$n_1 = \frac{F_X}{F_Y} = 0,796$$

X : Model Pulluk Çeki Kuvveti

$$\Rightarrow \frac{12,56 \text{ kN}}{F_Y} = 0,796$$

Y : Model Pulluk Düşey Kuvveti

$$\Rightarrow F_Y = 15,780 \text{ kN}$$

F_Y : Prototip Pulluk Düşey Kuvvet

$$n_2 = \frac{F_Z}{F_X} = \frac{28}{653} = 0,048$$

n_2 : Yanal ve Çeki kuvvet Oranı

$$n_1 = \frac{F_Z}{12,56} = 0,048$$

F_Z : Yanal Kuvvet

$$\Rightarrow F_Z = 0,538 \text{ kN}$$

Tahminlenen F_X ve F_Y kuvvetlerin bileşke kuvveti R olarak ÇYP gövde ve çatı parçaların tasarımı ve analizinde kullanmak üzere hesaplanmıştır.

$$R = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} \rightarrow R = \sqrt{12,56^2 + 15,78^2}$$

$$\rightarrow R = 20,17 \text{ kN}$$

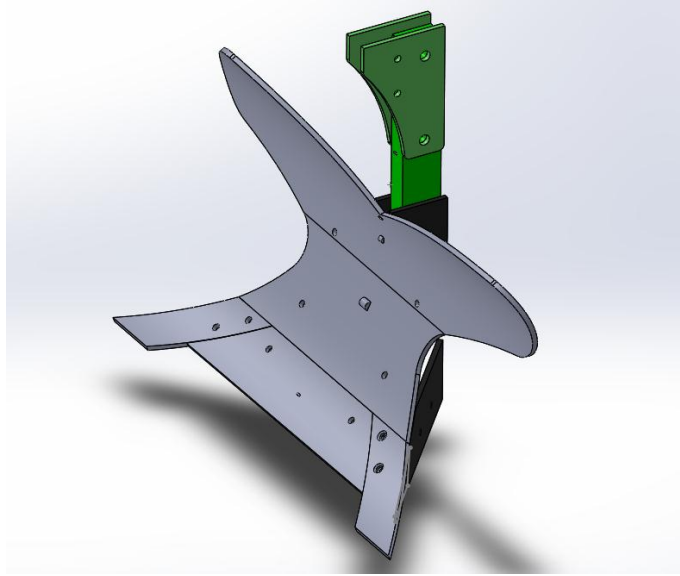
4.4 ÇYP Gövde Elemanlarının Analizi

Hesaplanan bileşke kuvveti R kullanarak analizin yapılabilmesi için simetrik olarak tasarlanan ÇYP gövdesi, ok, uç demiri ve ana çatının katı modelleri “SolidWorks 2014” yazılımı ile oluşturularak montajları yapılmıştır (Şekil 4.2). Gövde tasarımında uç demir açısı (φ) 56° ve (δ) 21° olarak hesaplamaya alınmıştır. ÇYP gövde tasarımında φ ve δ ‘ya bağlı pulluğun diğer karakteristik değerleri Çizelge 4.4’te verilmiştir. Montajı yapılan ÇYP programda R bileşke kuvveti kullanılarak analiz edilmiştir. ÇYP her bir parçası analiz sonucunda değerlendirilmiş ve program vasıtasıyla pulluğun, topraktan gelen kuvvetlere karşı güvenli bir şekilde dayanabileceği test edilmiştir.

Çizelge 4.3 ÇYP’nin Dizayn Parametreleri

Pulluk Karakteristik Değerleri	İlk Model Dizayn Parametreleri
1. Batma Açısı (δ)	21°
2. Uç Demir Açısı (φ)	56°
3. Kulağın Eğim Açısı (θ)	31°
4. Alt Kavrama Payı (V_s)	24 mm
5. Yan Kavrama Payı (H_s)	13 mm
6. İş Genişliği (b)	344 mm
7. Gövde Genişliği (B)	504 mm
8. Gövde Yüksekliği (h)	454 mm
9. ÇYP Yüzey Eğrisinin Yarı Çapı (R1)	450 mm
10. ÇYP Yüzey Eğrisinin Yarı Çapı (R2)	240 mm
11. Uzunluk (L)	430 mm
12. Gövde Derinliği (l)	236 mm
13. Gövde Ağırlığı	27,5 Kg

ÇYP modeli simetrik payanda, iki uç demiri, iki taban demiri olarak standart pulluktan farklı olarak tasarlanmıştır. ÇYP modelinde kullanılan ok standart pullukta kullanılan ok ile benzer şekilde seçilmiştir. Aynı şekilde, gövdenin ok parçası da standart pullukta kullanılan okla aynı olarak seçilmiştir. Program sonuçlarına göre, ÇYP de gerekli güçlendirmeler ve parça boyutları uygun olacak şekilde değiştirilmiştir.



Şekil 4-2- “SolidWorks 2014” ile Oluşturulan ÇYP Modeli

4.5 ÇYP Gövdesinin Modellenmesi ve Analizi

ÇYP kulak elemanında kullanılan malzeme **AISI 1020 Çelik** kullanılmaktadır ve özellikleri $E = 2,05 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, $\nu = 0,29$ olarak kabul edilmiştir. Bu malzeme ısı işlemlere uygundur ve $850^\circ\text{C} - 900^\circ\text{C}$ 'ye ısıtılarak hidrolik pres makinesinde şekillendirilmiştir. Daha sonra sertlik işlemi yapılmıştır.

Topraktan tek bir gövde üzerine gelen bileşke kuvvetin (R) kulak aktif alanına yaptığı basınç $44,53 \text{ kN/m}^2$ olarak hesaplanmıştır. Ancak bu hesaplanan değer hafif toprak özelliklerine göre yapılmıştır. Dolayısıyla gövdelerin ağır toprak koşullarında çalışabilmesi için kulak üzerinde oluşan basınç 100 kN/m^2 olarak tasarım ve analizlerde kullanılmıştır.

Kulak parçasının mukavemet analizi için, SolidWorks® programında modelleme yapılmış ve ardından hacimsel olarak “mesh” işlemi

gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3). Daha sonra, eleman üzerine kuvvet uygulanarak çözüme gidilmiştir. Bu elemanın üzerine uygulanan 100 kN/m^2 'lik basınç ile oluşan Von-Misés gerilmeleri Şekil 4.4'de, deformasyon ise Şekil 4.5'de verilmiştir. Tek bir gövdenin karşılaştığı kuvvet değeri (R_i), toplam bileşke kuvvet (R) değerinin üç'te biridir. Gövdeler üzeri basıncının hesaplamasında, tek bir gövde üzeri oluşan kuvvet değeri, tek bir gövdenin yüzey alanına (Aa) göre hesaplanır:

$$R = 20,17 \text{ kN}$$

$$\rightarrow R_i = R/3 = 20,17/3$$

$$\rightarrow R_i = 6,72 \text{ kN}$$

$$Aa = 150900 \text{ mm}^2$$

$$P_i = R_i/Aa = 5,23/(150900 \times 10^{-6})$$

$$\rightarrow P_i = 44,53 \text{ kN/m}^2$$

$$\rightarrow P_{(\max)} = 100 \text{ (kN/m}^2\text{)}$$

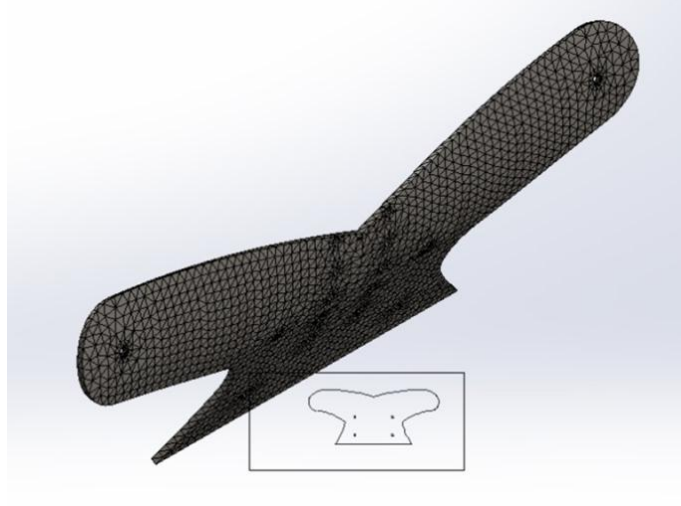
R_i : Yatay ve düşey yönde kuvvetlerin tek bir gövde üzerinde bileşkesi (kN)

Aa : Aktif alan; kulak yüzey alanının toprağı yükselten ve deviren alan (mm^2)

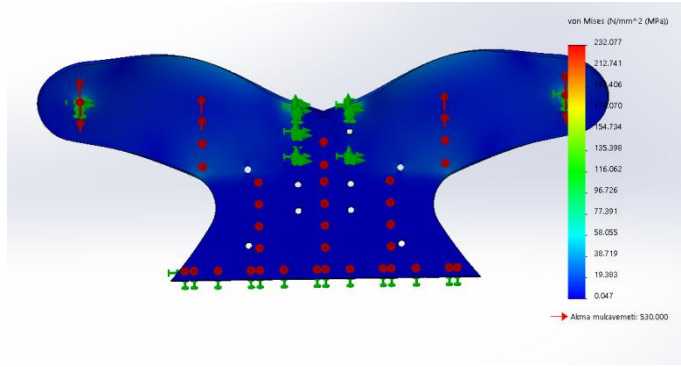
P_i : Gövde üzerinde oluşan basınç (kN/m^2)

$P_{(\max)}$: Kulak üzerinde oluşan maximum basınç değeri

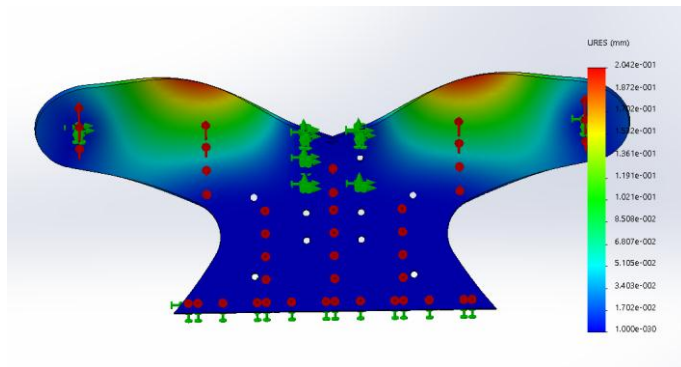
Elde edilen gerilme değerleri $\sigma_{\max} = 232 \text{ MPa}$ ve en düşük emniyet katsayısı (E.K) 2,32 olarak saptanmıştır. Bu değerin malzeme için yeterli ve uygun değerlerde olduğu kabul edilmiştir.



Şekil 4.3 ÇYP Kulak Elemanının Ağ Bölümleme Uygulanmış Modeli



Şekil 4.4 ÇYP Kulak Malzemenin Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri

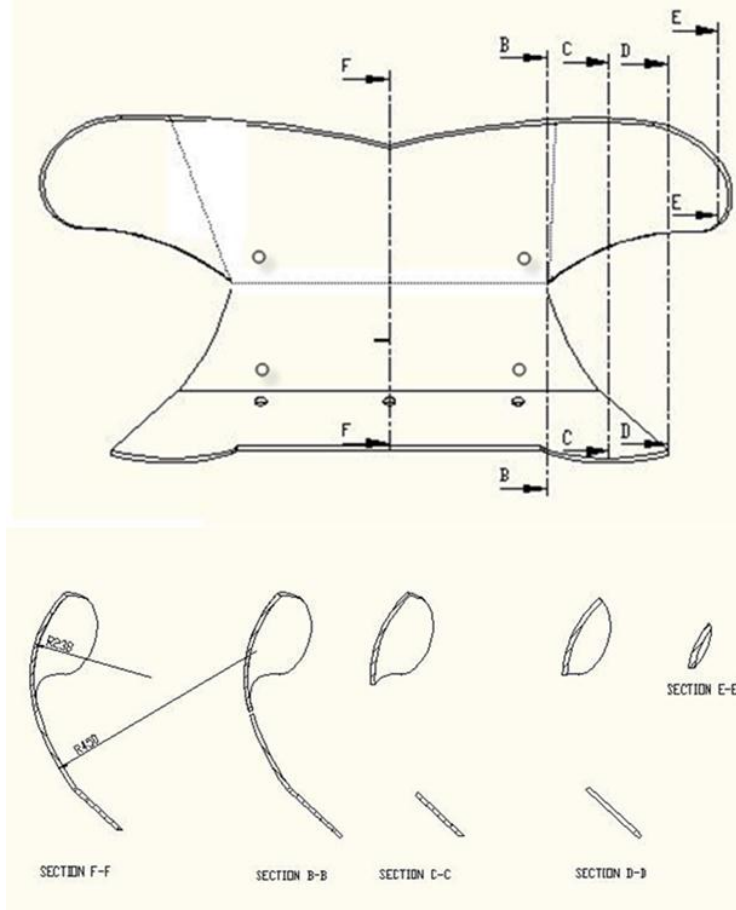


Şekil 4.5 ÇYP Kulak Elemanının Yükleme Durumundaki Deformasyonu

4.6 ÇYP Kulağın İlk Kalıp İmalatı

Birebir gövde imalatı için önce kalıp yapılması gerekmektedir.

ÇYP yüzey kalıbın yapılabilmesi için, yüzey şekli ve eğrileri 5 ayrı bölgeden SolidWorks® programında çıkarılmıştır (Şekil 4.6). Kalıp imalatı, yüzey şekli ve eğrilerine göre yapılmış ve ÇYP yüzeyi kalıpta şekillendirilmiştir (Şekil 4.7).



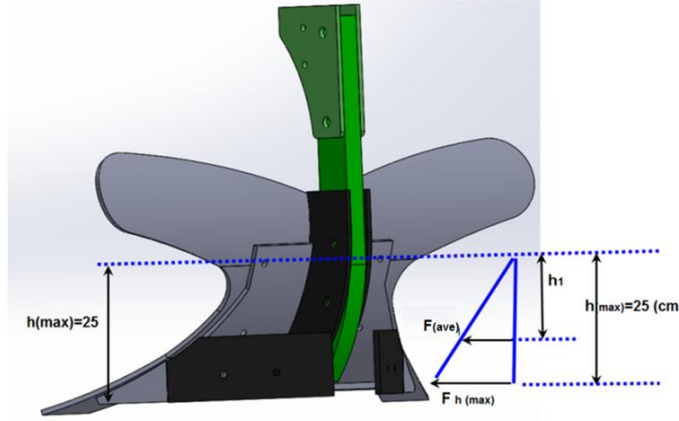
Şekil 4.6 ÇYP Yüzey Şekli ve Kalıp Yapımı İçin 5 Kesit'te Yüzey Eğrileri



Şekil 4.7 Pulluk Kalp Yapımı ve 1:1 Prototip Gövde

4.7 ÇYP Pulluk Uç Demirinin Modellenmesi ve Analizi

Pulluk gövdesinin en önemli ve en çok aşınan parçası pulluk uç demir elemanıdır. Bu parça, 10mm kalınlığa sahip olup malzemesi **AISI 1020 Çelik** olarak seçilmiştir. ÇYP uç demiri iki burun ve burunlar arası bir bıçak'tan oluşmaktadır. Uç demirinin model tasarımı da SolidWorks® programında gerçekleştirilmiştir. Topraktan gövdeye gelen kuvvet daha önce basınç cinsinden ortalama $P_{(max)} = 100 \text{ kN/m}^2$ olarak uygulanmıştır. Uç demirine gelen basınç 25 cm derinlikte $F_{h(max)} = 150 \text{ kN/m}^2$ hesaplanmıştır (Şekil 4.8). Analizde malzeme özellikleri $E = 2,05e+11 \text{ N/m}^2$, $\nu = 0,29$ olarak alınmıştır.



Şekil 4.8 Uç demirine Gelen Basınç Hesaplaması

Kulak üzerinde oluşan maximum basınç değeri $P_{(max)}$, toprak derinliğinde ortalama basınç olarak ferz edilmiştir. Uç demirinde oluşan basınç değeri ise Şekil 4.8’de gösterilen üçgen ilişkisine göre hesaplanmıştır.

$$F_{(ave)} = P_{(max)} = 100 \text{ kN/m}^2$$

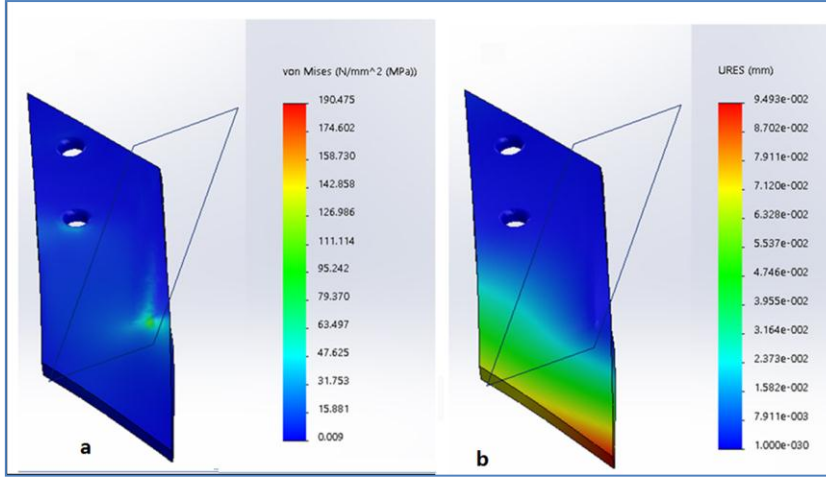
$$h_{max} = 25 \text{ cm}$$

$$h_1 = 0,75 \times h_{max} = 2/3 \times 25 \quad \rightarrow h_1 = 16,66 \text{ cm}$$

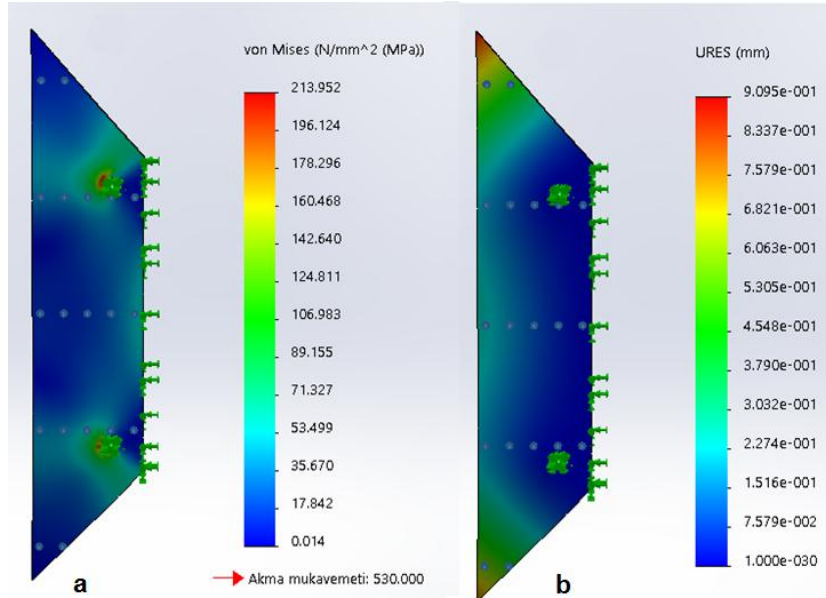
$$F_{h(max)} = F_{(ave)} \times h_{(max)} / h_1 \quad \rightarrow F_{h(max)} = 100 \times 25 / 16,66$$

$$\rightarrow F_{h(max)} = 150 \text{ kN/m}^2$$

ÇYP uç demirinde analiz sonucunda elde edilen gerilme değerleri ($\sigma_{max} = 190,47 \text{ MPa}$) ve deformasyonlar sırasıyla Şekil 4.9-a ve Şekil 4.9-b’de verilmiştir.



Şekil 4.9 a)ÇYP Uç Demirinin Burun Kısımında Malzemenin Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri b)ÇYP Üç demirinin Burun elemanın Yükleme Durumundaki Deformasyonu



Şekil 4.10 a)ÇYP Bıçak Malzemenin Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri b)ÇYP Bıçak Elemanın Yükleme Durumundaki Deformasyonu

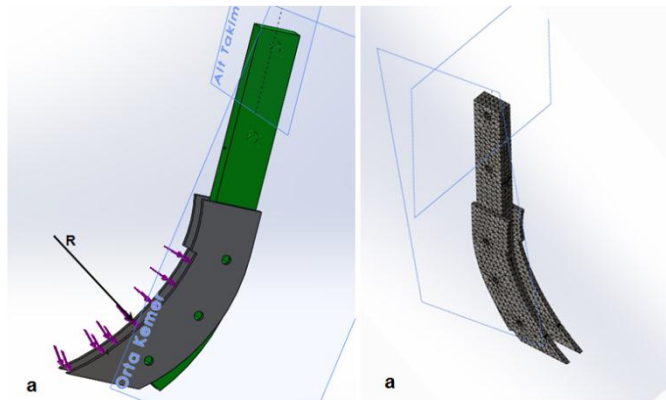
Bu analiz sonuçlarına göre; malzemenin burun kısmında elde edilen gerilme değerleri kabul edilir değerlerdedir (en düşük E.K. 2,78). Sert ve kuru topraklarda uç demirinin burun kısmı daha fazla yükler ile karşılaşabileceği düşünülerek, burun kısmına ek bir parça eklenerek bölgesel olarak mukavemeti artırılmıştır. Uç demirinin burun kısmında oluşan yüksek oranda aşınma nedeniyle kolay değişim için pulluk uç demiri üç parçadan yapılmıştır (Şekil 4.2). Böylelikle, zamanla parça aşındığında, tüm uç demirinin değiştirilmesine gerek kalmadan kolaylıkla ek parça değiştirilebilir.

Uç demirinin orta parçasında aynı malzeme kullanılmış ve mukavemet analizleri yine 150 kN/m^2 basınç uygulanarak yapılmıştır. Uç demiri orta parçasına ait gerilme değerleri ($\sigma_{\max} = 213,95 \text{ MPa}$) ve deformasyonlar sırasıyla Şekil 4.10-a ve Şekil 4.10-b’de verilmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre; uç demiri kısmındaki gerilme değerleri tasarıma uygun olarak bulunmuştur (en düşük E.K. 2,47).

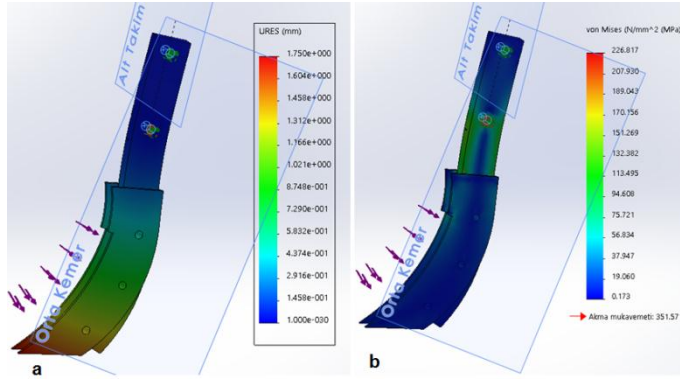
4.8 Pulluk Okunun Modellenmesi ve Analizi

Yapılan analizlerde, aynı geometriye sahip, $80 \times 40 \text{ mm}$ kesitli ve 10 mm kalınlıkta iki yan parçalara (ÇYP yüzeyini tutan parçalar) sahip ok modelinin en fazla karşılayacağı yük $R = 20,17 \text{ kN}$ ’luk pulluk yüzeyinin oturduğu yere eşit olarak dağıtılarak uygulanmıştır (Şekil 4.11-a). Malzeme özellikleri; **Çelik ANSI 1020** olup Analizde malzeme özellikleri $E = 2,05 \times 10^{11} \text{ N/m}^2$, $\nu = 0,29$ olarak alınmıştır.

Şekil 4.11-b’de görüldüğü gibi ağ bölümlmesi (mesh) işlemi gerçekleştirilerek analizler yapılmıştır (Köftecioglu, 2004). Şekil 4.12-b’de elde edilen değerler, malzeme E.K. en düşük noktada 1,55 olarak saptandığı için elemanlar güvenlidir. Kesit ölçüleri $80 \times 40 \text{ mm}$ olan ok elemanındaki deformasyon Şekil 4.12-a’da benzer nitelikte, $DMX = 1,75 \text{ mm}$ olarak saptanmıştır.



Şekil 4.11 a) Ok Elemanının Üzerine Yük Uygulaması b) Ok Elemanının Ağ Bölümleme Modeli



Şekil 4.12 a) Ok Elemanının Yükleme Durumundaki Deformasyonu b) Ok Malzemenin Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri

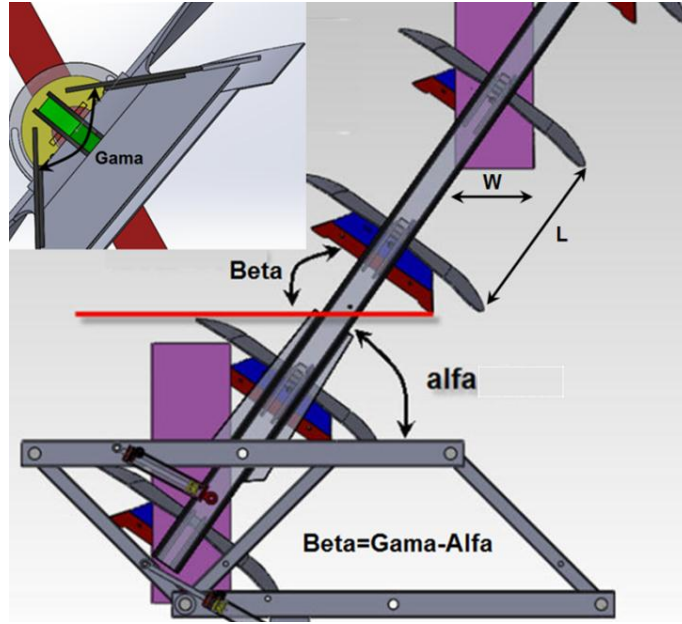
4.9 ÇYP Ana Çatının Tasarımı

Daha önce hesaplanmış F_x , F_y ve F_z kuvvetleri (12,56 kN, 15,78 kN ve 0,538 kN) kullanılarak gövde ana çatısının tasarımı yapılmıştır. Gövde aralıkları (L), ana çatı üzerindeki gövdede iki taban demirlerinin birbirine olan Gama açısı ve gövde iş genişliğine (W) bağlı olarak hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Çizelge 4.4 ÇYP’de Gövde Açılarına Bağlı Çatı Mekanizma Açıları

Gama (°)	ALFA (Çatı) (°)	BETA (°)	L: Aralık (mm)	W (mm)	Traktör iz Genişliği (cm)
98	38	60	800	261	140
98	45	53	800	307	160
98	52	46	800	352	180
98	42	56	750	269	140
98	48	50	750	306	160
98	52	46	750	330	180
98	35	63	950	286	140
98	40	58	950	326	160
98	46	52	950	372	180
90	35	55	950	286	140
90	40	50	950	326	160
90	46	44	950	372	180
90	42	48	750	269	140
90	48	42	750	306	160
90	55	35	750	347	180

Tasarım hesaplamalarında kullanılan gövde, çatı açıları ve ilgili boyutlar Şekil 4.13’de verilmiştir.

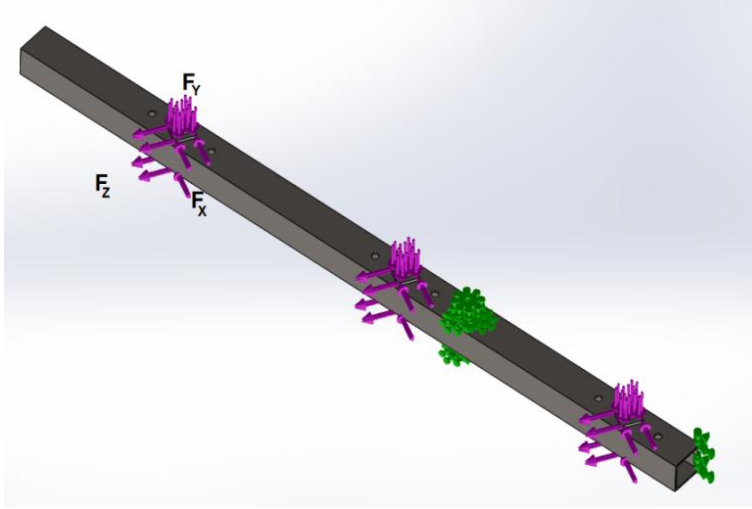


Şekil 4.13 ÇYP Gövde ve Çatısında, Açısı ve Boyutlar Tanıtımı

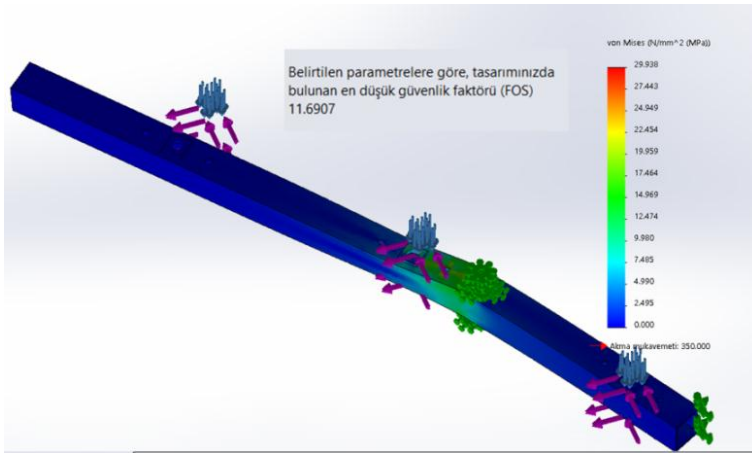
Çizelge 4.4'te verilen teknik bilgilere göre değişik tasarım ve imalatlar yapılmıştır. En son yapılan imalat'ta Gama açısı 98° ve gövde aralıkları 75 cm olarak seçilmiştir. Gövdenin diğer tasarım Çizelge 4.4'te koyu renkli olarak belirlenmiştir.

4.9.1 ÇYP Ana Çatının Modellenmesi ve Analizi

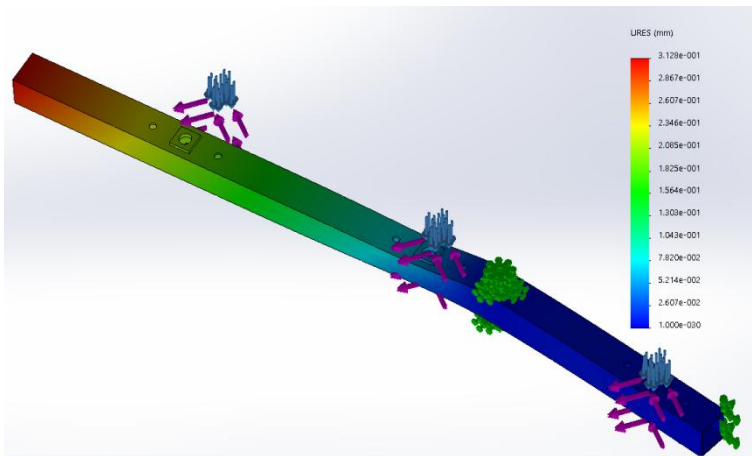
Ana çatının modellenmesi tasarlanan boyutlarına göre SolidWorks® programında yapılmıştır. Ana çatının mukavemet değerlendirmesi için programda simülasyon hesaplama kısmında üç boyutlu yükleme ve sabitleme yapılmıştır (Şekil 4.14). Yapılan mukavemet analiz sonuçlarına göre; ana çatının güvenli bir şekilde gövdelerden gelen kuvvetlere karşı dayanıklı olduğu belirlenmiştir. Ana çatının üzerinde oluşan gerilme ve deformasyon değerleri sırasıyla Şekil 4.15 ve Şekil 4.16'da görülmektedir.



Şekil 4.14 ÇYP Ana Çatı Analizinde Üç Yönde Kuvvet Yükleme



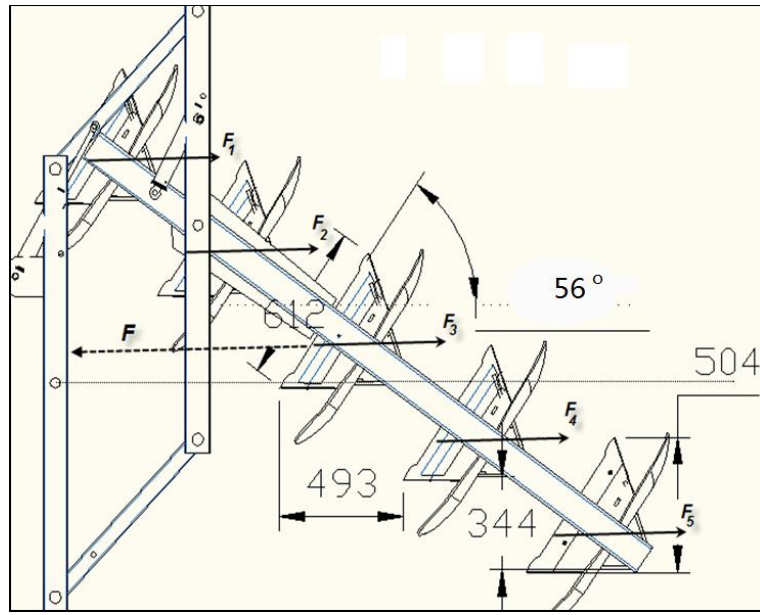
Şekil 4.15 Ana Çatı Yükleme Durumundaki Von-Mises Gerilmeleri



Şekil 4.16 Ana Çatı Yükleme Durumundaki Deformasyonu

4.10 ÇYP Çatı Döndürme Mekanizması Tasarımı-1

Tasarımda ilk olarak ÇYP'nin çizi dışında sürüm yapması düşünülmüş ve buna uygun çatı tasarımı planlanmıştır. Çiziye giren ön tekerleğin toprakta sıkışıklığını önlemek ve her seferinde pulluk çatısının ayarına gerek kalmadan sürüm yapabilmesini sağlamak amacıyla, ÇYP gövde sayısı 5 adet olarak ele alınmış ve çatı ve döndürme mekanizması buna uygun olarak tasarlanmıştır. ÇYP pulluğun 5 gövdeli yapılmasının nedeni, Şekil 4.17'de görüldüğü gibi bileşke kuvvetinin F (F_1, F_2, F_3, F_4, F_5) üç nokta askı sisteminin ortasından geçmesini sağlamaktır.



Şekil 4.17 ÇYP'nin 5 Gövdeli Gövde Tasarımında Kuvvetlerin Birleşimleri

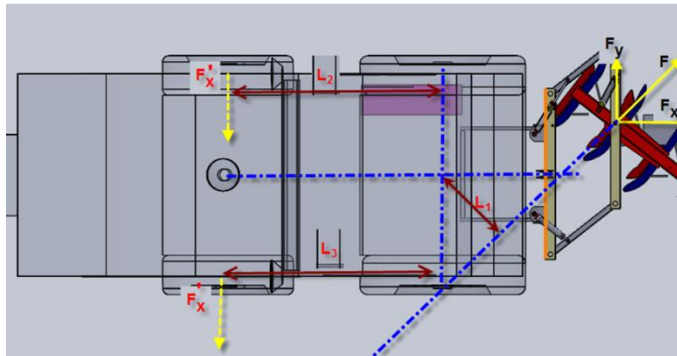
Çatı imalatında pulluğun geliştirilmesinde yardım alınan firmanın, gerek 5 gövdeli pulluğu satmasındaki karşılaşacağı zorluklar ve gerekse de pulluğun satış fiyatının yüksek olacağı nedenleriyle, tasarımı 5 gövdeli olarak yapılan ÇYP'nin imalatı 3 gövdeli olarak yapılmıştır. Bu sisteme uygun olarak döndürme mekanizması Şekil 4.18'de görüldüğü gibi bir hidrolik silindirin hareket verdiği paralelogram çatı tasarlanmıştır.



Şekil 4.18 ÇYP'nin Çalışırken Toprağa Batma Durumu

İlk tasarımı yapılan 3 gövdeli ÇYP çatı mekanizmasının imalatı yapıldıktan sonra tarla denemesine alınmıştır. Yapılan tarla denemesinde pulluk çalışırken çatı ve gövdelerin durumu ve sürüm tarzı incelenmiştir. Pulluğun ön gövdelerinin fazla derinliğe batması, arka gövdelerin toprağa girmediği ve traktörün oluşan yanal kuvvetlerden dolayı düz bir hatta sürüm yapamadığı gözlenmiştir. Alt bağlantı noktalarının yüksek olmasının buna sebep olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.18).

Karşılaşılan sorunların çözülmesi için yapılan kuvvet analizi sonucunda, pulluk tarafından oluşan momentin ($F.L_1$) traktörü sağa doğru döndürdüğü belirlenmiştir (Şekil 4.19). Karşılaşılan hata nedeni ÇYP'nin gövde sayısı 5'ten 3'e düşürülmesi nedeniyle ÇYP'nin çatısı üzerinde kuvvet dengesinin bozulması ve neticede çatı ağırlığı ön gövde üzerinde yükselmesine ve ön gövdenin fazla derinliğe batmasına ve traktörü pulluğu çekmede zorlanmasına neden olmuştur. ÇYP çatısının döndürme mekanizması ile birlikte yeniden tasarlanmasına karar verilmiştir.

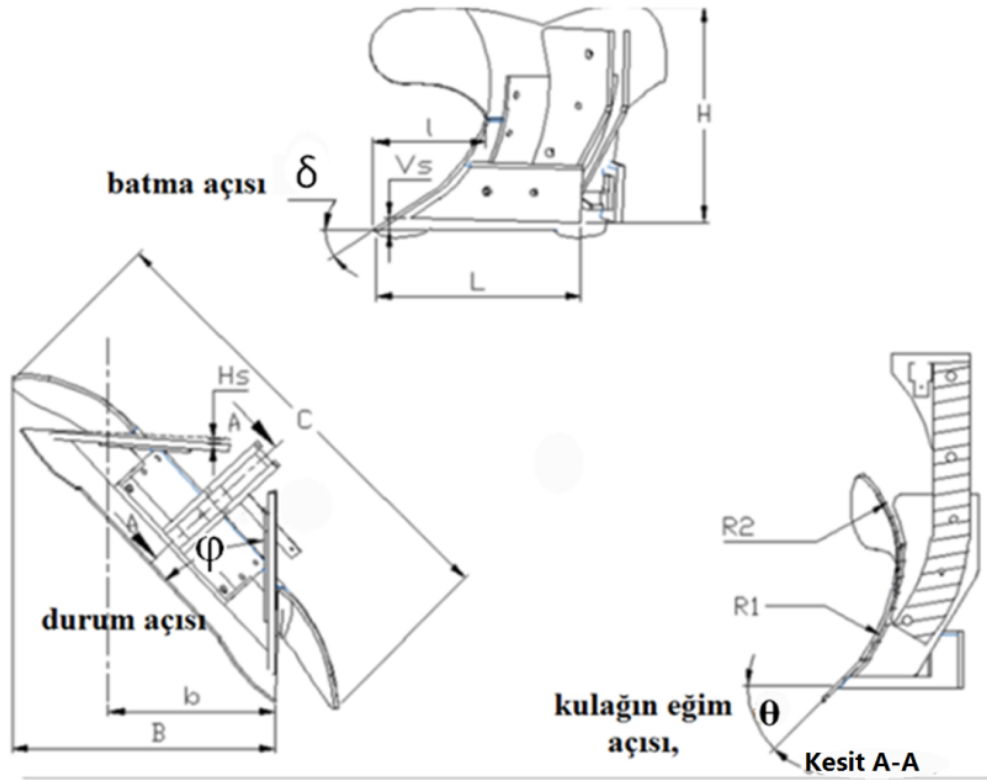


Şekil 4.19 ÇYP'nin Traktör Üzerinde Kuvvet Analizi

4.11 ÇYP Çatı Döndürme Mekanizması Tasarımı-2

4.11.1 Çatının Tasarımı

ÇYP'nin çatı döndürme mekanizmasını değiştirmek için önce gövde tasarım parametrelerinin değiştirilmesi gerekmektedir. ÇYP'nin dizayn parametreleri Şekil 4.20'deki tanıtlara göre, Çizelge 4.5'de verilmiştir. ÇYP çatı tasarımı-2'de, ÇYP'nin toprakta kolayca çalışması ve gerekli çeki kuvvetini daha da azaltmak amacıyla uç demirinin ϕ açısı 56° 'den (çatı tasarımı-1), 41° 'ye düşürülmüştür. Böylece toprak ÇYP'nin yüzeyinde fazla direnç göstermeden kayacak ve traktörün ilerlemesini engellemeden pulluk gövdelerinin aynı derinliğe batmasını sağlayacaktır. ÇYP'nin toprağa batmasını en kısa zamanda sağlamak için Batma açısı (δ) 21° 'den (çatı tasarımı-1) 33° 'ye, kulağın eğim açısını (θ) ve uç demir açısını (ϕ) ise gövdenin batma açısına göre değiştirilmiştir (Çizelge 4.5).



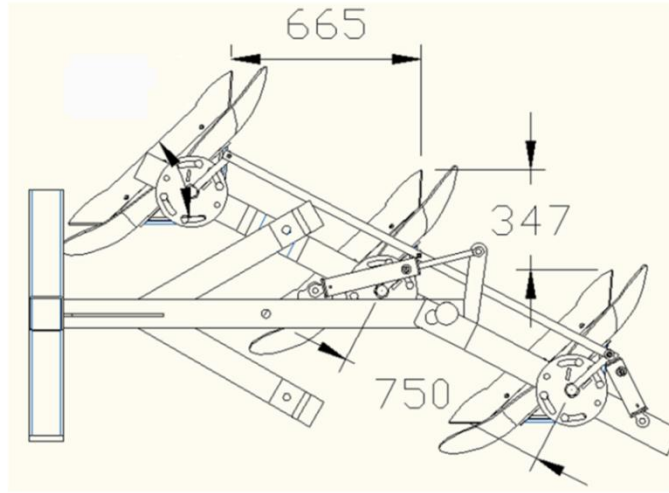
Şekil 4-20 Dizayn Parametrelerini Gösteren Teknik Resimler

Çizelge 4.5 ÇYP'nin Dizayn Parametreleri

Pulluk Karakteristik Değerleri	Yeni Dizayn Parametreleri
1. Batma Açısı (δ)	33°
2. Uç Demir Açısı (ϕ)	41°
3. Kulağın Eğim Açısı (θ)	45°
4. Alt Kavrama Payı (V_s)	26 mm
5. Yan Kavrama Payı (H_s)	5 mm
6. İş Genişliği (b)	350 mm
7. Gövde Genişliği (B)	550 mm
8. Gövde Yüksekliği (h)	454 mm
9. ÇYP Yüzeyin Yarı Çapı (R1)	450 mm
10. ÇYP Yüzeyin Yarı Çapı (R2)	240 mm
11. Uzunluk (L)	430 mm
12. Gövde Derinliği (l)	236 mm
13. Gövde Ağırlığı	27,5 Kg

Uç demirin ϕ açısını 55°'den 41°'ye indirmek için pulluk çatısı döndürme mekanizmasında köklü değişiklikler yapılmıştır (Şekil 4.21).

Uç demirinin ϕ açısını 41° olarak sağlanması ancak ikinci bir hidrolik silindirin döndürme mekanizmasında kullanılmasıyla mümkün olmuştur. Birinci hidrolik silindiri ÇYP'nin ana çatısını sağ ve sol sürüm pozisyona gelmesini sağlamak için kullanılmakta ve ikinci hidrolik silindiri ise gövdelerin uç demir açısını 41° gelmesini sağlamaktadır.

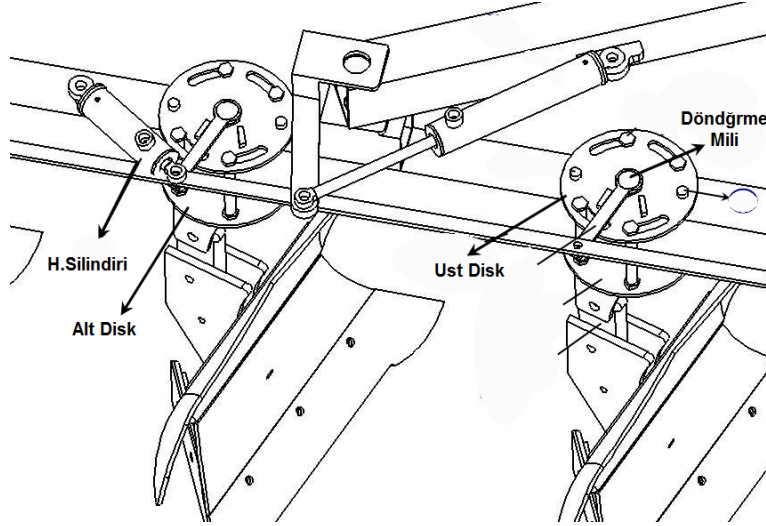


Şekil 4.21 ÇYP'nin Döndürme Mekanizması Yeni Dizaynı

4.11.2 Döndürme mekanizmasının (2) Tasarımı

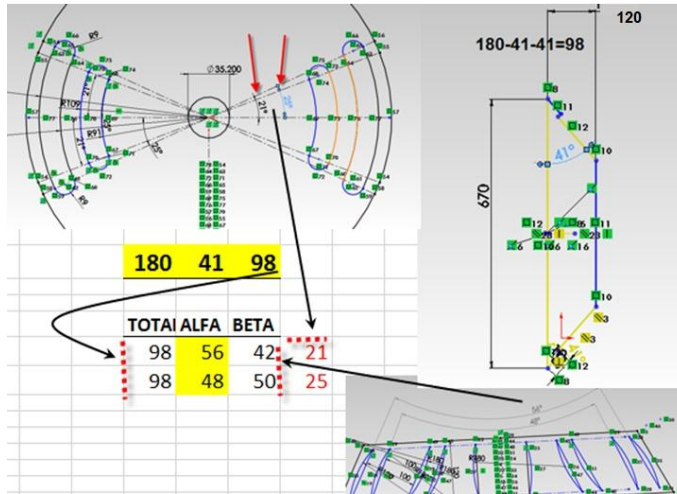
ÇYP gövdelerin uç demir açısını (ϕ) 41° 'e ve gövde aralıkları 75 cm olarak sağlamak için sadece ana çatının döndürülmesi yetmemektedir. Gövdelerin ana çatı üzerinde dönmesi ile ancak gövdelerin taban demiri toprakta çizi duvarına paralel olması sağlanmaktadır. Gövdelerin ana çatı üzeri dönmesini sağlamak için her bir gövde üzerine iki adet, alt ve üst diskler monte edilmiştir (Şekil 4.22).

Yeni tasarımı yapılan pulluk gövdesi döndürme mekanizması 4 ana parçadan oluşmaktadır: Pulluk okuna sabitlenmiş alt döndürme diski, pulluk çatısına sabitlenmiş üst döndürme diski, dönmeyi sağlayan mil ve 1 adet hidrolik silindir. Alt disk kaynakla tutturulmuş olup, serbest dönen üst diske 4 adet civatayla oblong deliklerine monte edilmiştir. Hidrolik silindirden gelen hareket mil ile her bir gövdenin diskine dönü hareketini serbest dönen disk ile vermekte, böylece her bir gövde çatıdan bağımsız bir şekilde kendi ekseninde dönebilmektedir (Şekil 4.22).



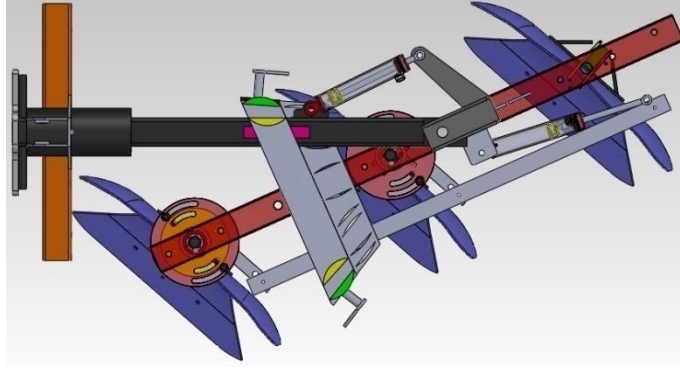
Şekil 4.22 ÇYP'nin Gövde Döndürme Mekanizması

Ana çatı üzerindeki gövdeler arası mesafe 75 cm ve iki iş genişliğine (30 ve 35 cm) göre ayarlanacak şekilde gövde döndürme mekanizması tasarlanmıştır (Şekil 4.23).



Şekil 4.23 ÇYP'nin Döndürme Mekanizma Tasarımı

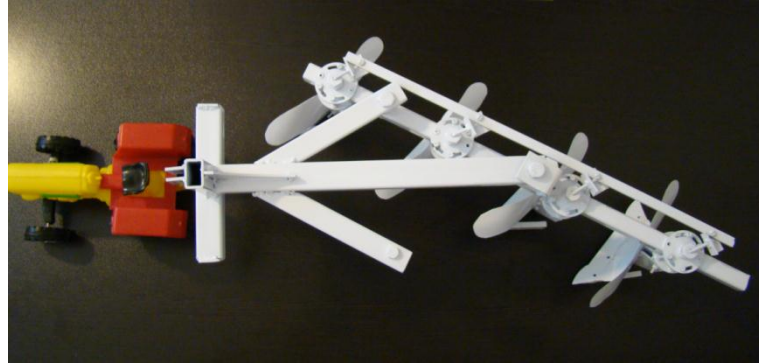
Taban demirinin çizi duvarına tam paralel olmasını sağlamak için yeni bir ayarlı mekanizma tasarlanmıştır. Yeni mekanizmada her iki iş genişliğinde taban demirinin çizi duvarına paralel olması için pulluk ana çatısı üzerinde iki ayar cıvatası eklenmiştir. Ayar cıvataları vasıtasıyla gövdeler 30 ve 35 cm iş genişliğine göre ayarlanabilmektedir (Şekil 4.24).



Şekil 4.24 ÇYP’de İki İş Genişliğini Sağlayan Ayarlı Mekanizma

4.11.3 ÇYP Gövde Döndürme mekanizmasının %20 Modeli

Yapılan tasarım parametrelerine göre prototip imalatına geçmeden önce, ikinci çatı mekanizmasında karşılaşılabilecek sorunları önceden görmek için ÇYP’nin küçültülmüş %20 modeli yapılmıştır (Şekil 4.25).



Şekil 4.25 ÇYP’nin İkinci Çatı Tasarımında ÇYP %20 Modeli

4.11.4 ÇYP Çatı Döndürme Mekanizmasının İmalatı ve Tarla denemesi

ÇYP %20 Modelin imalatından elde edilen bilgilere göre ÇYP ikinci çatı imalatı gerçekleştirilmiştir. Yapılan ÇYP prototipinde traktörün çizi içinde sürüm yapması için ÇYP üzerinde elle çizi ayar mekanizması yapılmıştır. (Şekil 4.26). Yeni Yapılan ÇYP döndürme mekanizmasının prototip tarla denemesinde başarılı bulunmuştur (Şekil 4.27).Yapılan tarla denemesinde tasarlanan üç nokta askı sisteminde yapılan elle çizi ayar mekanizması başarıyla test edilmiştir.

ÇYP çizi mekanizması iki adet cıvata ile toprak işleme derinliğine göre ayarlanır ve gövdeleri taşıyan profili her zaman paralelliği elle ayarlanabilir. Çizi mekanizmasını otomatik ayarlanabilmesi için, otomatik çizi ayar mekanizmasının tasarlanmasına karar verilmiştir.



Şekil 4.26 Ayarlanabilir Çizi Mekanizması

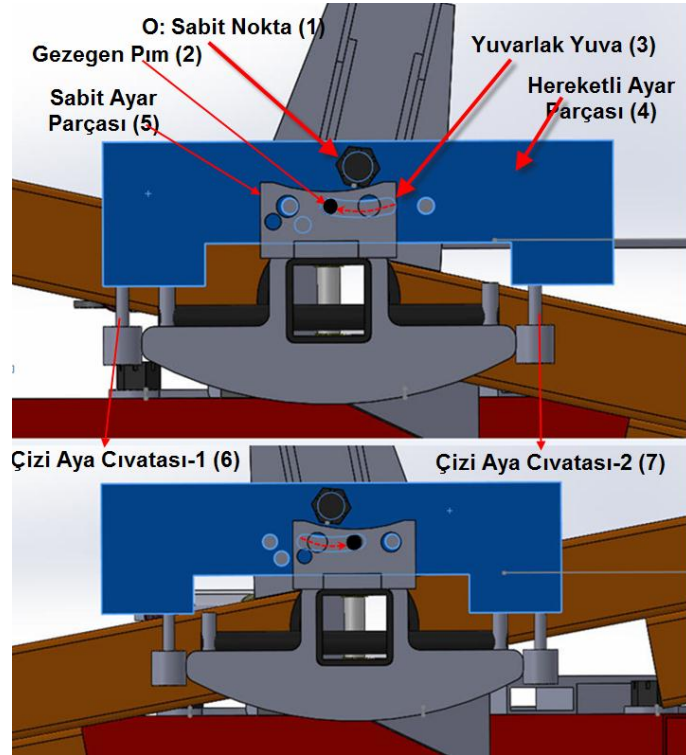


Şekil 4.27 ÇYP Pulluğun İkinci Prototip Çatısında Yapılan Başarılı Tarla Denemesi

4.11.5 ÇYP Otomatik Çizi Ayar Mekanizmasının Tasarımı

Otomatik çizi ayar mekanizması Şekil 4.28’de görüldüğü gibi, gezegen Pimin (2) bir Yuvarlak Yuva (3) içinde sağ ve sola kayması ile hareketli ayar parçasını (4) Sabit ‘O’ Noktası etrafında döndürerek üç nokta askı sistemini gövde çatısına göre döndürmekte ve traktör çizideyken gövdelerin zemine paralel kalmasını sağlamaktadır. ÇYP’nin değişik derinliklerde toprak

işlemesini sağlamak için iki ayar cıvatası (6 ve 7) bulunmaktadır. Şekil 4.29'da otomatik çizgi ayar mekanizmasının imalatından sonraki durumu görülmektedir.



Şekil 4.28 Otomatik Çizi Ayar Mekanizması



Şekil 4.29 Otomatik Çizi Ayar Mekanizmasının İmalatı

Otomatik Çizi Ayar mekanizmasının kullanma nedeni, çizgi ayarı için hidrolik silindirin kullanılmasını önlemektir. Otomatik çizgi ayar mekanizması tarlada denemesi yapılmış ve ağırlık merkezinin bağlantı noktasından önde

olması nedeniyle çatı sistemi dönmesi gerekli yönün tersine dönmüştür (Şekil 4.30). Karşılaşan sorunun çözümünde, ÇYP gövdelerinin en az dörtlü yapılması veya başka bir hidrolik silindirin kullanılmasının zorunlu olduğu düşünülmüştür. İlk çözüm, kolay olmasına rağmen pratik değildir, çünkü genellikle çiftçiler traktörlerinin güç kapasitesine göre üç gövdeli pulluk tercih etmektedir, dolayısıyla üçüncü hidrolik silindir kullanımı kaçınılmaz olmuştur.

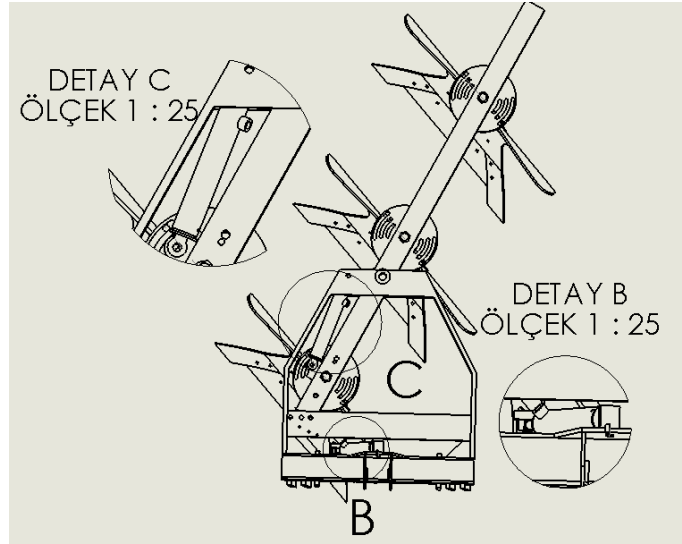


Şekil 4.30 Otomatik Çizi Ayar Mekanizmasının Tarlada Denemesi

4.12 ÇYP Çatı Döndürme Mekanizması Tasarımı-3

İkinci tarla denemelerinde yapılan incelemeler sonucunda, sert topraklarda pulluğun çok zorlandığı koşullarda ana çatıyı, üç nokta askı sisteminde sabitleyen bağlantı mekanizmasında boşluklar görülmüştür. Bu nedenle daha sağlam bir mekanizmanın yapılmasına karar verilmiştir.

Daha önceki tasarımdan yola çıkarak, üçüncü bir çatı döndürme mekanizması geliştirilmiştir. Geliştirilen 3. çatı döndürme mekanizmasında, üç nokta askı sisteminde, çizi ayar mekanizması için, üçüncü bir hidrolik silindir kullanılmıştır (Şekil 4.31). Geliştirilen 3. çatı döndürme mekanizmasına göre ÇYP imalatı yapılmıştır (Şekil 4.32). ÇYP'nin son çatı imalatında üç adet hidrolik silindiri kullanılmıştır. Birinci hidrolik silindiri gövdeleri ana çatı üzerinde döndürmekte, ikinci hidrolik silindiri ana çatıyı döndürmekte ve üçüncü hidrolik silindiri ise çizi ayar mekanizması olarak ana çatının her zaman zemine paralel olmasını sağlamaktadır. ÇYP 'nin 3. çatı döndürme mekanizması yapılan tarla denemesinde başarılı bulunmuştur (Şekil 4.33).



Şekil 4.31 Yeni Üç Nokta Askı Sistemi ve Çizi Ayar Mekanizması



Şekil 4.32 Üç Nokta Askı Sistemi ve Hidrolik Silindirli Çizi Ayar Mekanizması



Şekil 4.33 ÇYP'nin 3. Çatı Döndürme Mekanizması ile Başarılı Ön Tarla Denemesi

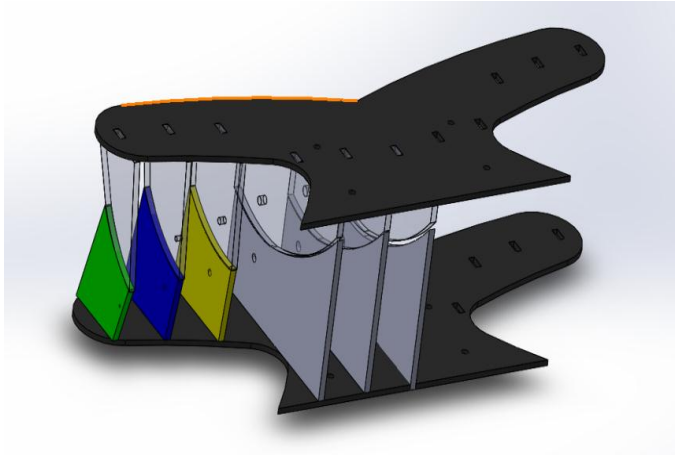
4.13 ÇYP'nin İkinci Kalıp İmalatı

Tarlada yapılan ön denemelerde, ÇYP kulak yüzeyinde hatalar tespit edilmiştir. Daha iyi bir sürüm için ikinci bir kulak kalıbı tasarımı yapılmıştır. İlk yapılan kalıp imalatında yüzey şekli ve eğrilerinde uç demir açısı 56° ve kulağın eğim (θ) açısı 31° sağlayacak şekilde tasarlanmıştır. Yeni kalıp tasarımı yüzey şekli ve eğrileri uç demir açısı (ϕ) 41° ve kulağın eğim açısı ise (θ) 45° olarak değiştirilmiştir. Yeni kalıp tasarımında ÇYP gövdesinin diğer dizayn parametreleri Çizelge 4.6'da verilmiştir.

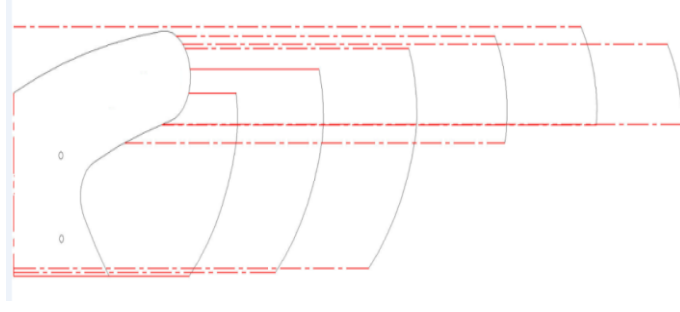
Çizelge 4.6 ÇYP'nin Yeni Kalıp Tasarımında Gövde Dizayn Parametreleri

Pulluk Karakteristik	İlk Model Dizayn	Yeni Dizayn
1. Batma Açısı (δ)	21°	33°
2. Uç Demir Açısı (ϕ)	56°	41°
3. Kulağın Eğim Açısı (θ)	31°	45°

ÇYP prototip kulak yüzey eğrileri SolidWorks® programında tasarlanmış ve sanal ortamda montajı gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.34). Tasarlanan kulak kalıbın imalat çizimleri AutoCAD® programında çıkarılmıştır (Şekil 4.35). Kalıp imalatı için AutoCAD® Programında yapılan çizimlere göre lazerde kalıp parçaları, ÇYP yüzey eğrilerini sağlayacak şekilde, hazırlanarak imalatı yapılmıştır. Yeni kalıba göre ÇYP gövde yüzeyi yapılmıştır (Şekil 4.36).



Şekil 4.34 ÇYP Kalıbın Solid Works Programında Tasarımı



Şekil 4.35 ÇYP'nin Yüzeyinin Eğrileri



Şekil 4.36 Yeni Yapılan ÇYP Kalıp ve Gövde Yüzeyi

5 ÇYP TARLA PERFORMANSININ BELİRLENMESİ

5.1 Materyal

5.1.1 Prototip Pulluk

ÇYP'nin tasarım sonucunda elde edilen gelişmiş en son prototipinin tarla performansını belirlemek ve diğer SP ve DKP ile kıyaslamak amacıyla tarla denemelerine alınmıştır. ÇYP'nin son gelişmiş prototipi, çift yönlü kulağa sahip üç gövdeli kulaklı bir pulluktur. Gövdeler ana çatı üzerinde bir hidrolik silindir vasıtasıyla döndürebilecek şekilde monte edilmiştir. Gövdelerin bağlı olduğu ana çatı, pulluğun toprağı sağa ve sola devirmesini sağlamak için iki adet hidrolik silindirle 94° döndürülmektedir (Şekil 5.1).



Şekil 5.1 ÇYP Prototipi

5.1.2 Kıyaslanan Pulluklar

ÇYP performansını karşılaştırmak için kültürform kulağa sahip 3 gövdeli asma tip standart pulluk (SP) (Şekil 5.2) ve döner kulaklı pulluk (DKP) (Şekil 5.3) kullanılmıştır. Pullukların teknik özellikleri Çizelge 5.1'de verilmiştir.



Şekil 5.2 Tarla Denemesinde Kullanılan Sabit Kulaklı Pulluk



Şekil 5.3 Tarla Denemesinde Kullanılan Döner Kulaklı Pulluk

Çizelge 5.1 Tarla Denemelerinde Kullanılan Pullukların Teknik Özellikleri

Pulluk	Gövde Sayısı	İş Genişliği (cm)	Çatı Yüksekliği (cm)	Pulluk Ağırlığı (Kg)
Standart Pulluk (SP)	3	105	70	300
Döner Kulaklı Pulluk (DKP)	3	105	75	750
Çift Yönlü Pulluk (ÇYP)	3	90	70	617

5.1.3 Traktör

Denemelerde güç kaynağı olarak Türk Fiat 80-66 DT marka dört tekerleği tahrikli standart tip bir traktör kullanılmıştır. Traktöre çeki kuvveti ölçüm çantası ve yakıt ölçme düzeni yerleştirilmiştir (Şekil 5.4). Traktöre ilişkin bazı teknik özellikleri Çizelge 5.2’de verilmiştir.



Şekil 5.4 Denemelerde Kullanılan TF 80-66 DT Traktörü

Çizelge 5.2 TF 80-66 DT Traktörüne İlişkin Bazı Teknik Özellikler

Teknik Özellikler	Değerler
Motor tipi	4 zamanlı, dizel
Silindir sayısı	4 adet
Silindir hacmi	3908 cm ³
Motor gücü	62,6 kW
Toplam kütlesi (ek ağırlıklar dahil)	4050 kg
Ön – arka aks merkezleri arası mesafe	2255 mm
Ön lastik ölçüsü	12,4 - 24
Arka lastik ölçüsü	18,4 - 30
Ön lastik basıncı	1,2 bar
Arka lastik basıncı	0,8 bar
Üç-nokta askı düzeni sınıfı	Kategori-2

5.1.4 Tarla Denemelerinin Yapıldığı Parsel

Tarla denemeleri, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Menemen Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliği’nde (Bornova/İzmir) kumlu-tınlı

bünyeye sahip (%44,96 kum, %23,28 mil ve %31,76 kil) yüzeyi buğday anızıyla kaplı tarlada yapılmıştır (Şekil 5.5).

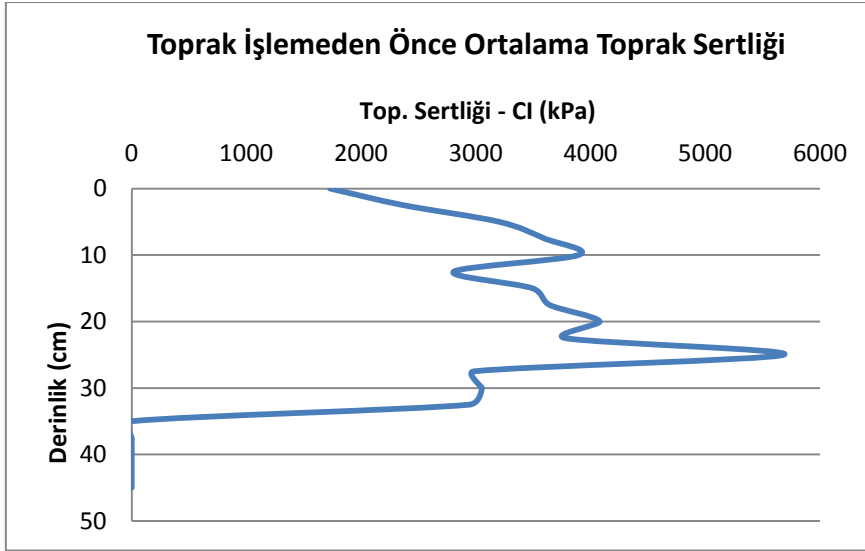


Şekil 5.5 Denemelerin Yapıldığı Tarla

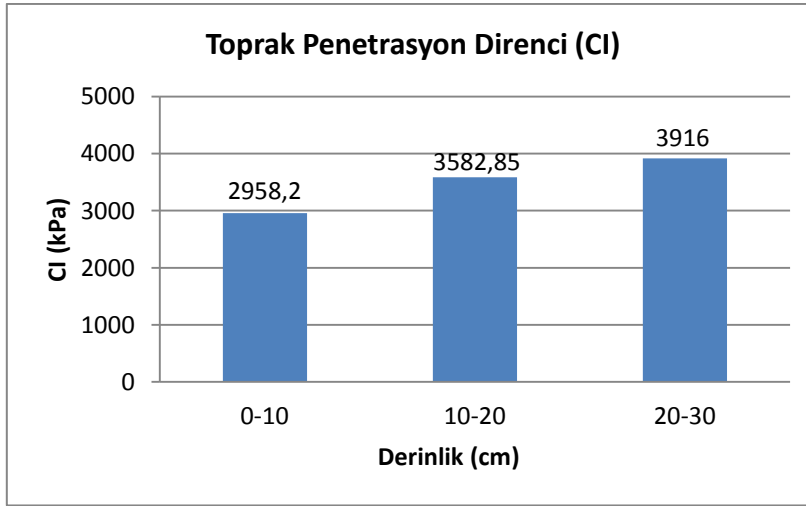
5.1.5 Tarla Toprağın Fiziksel Özellikleri

Toprak işlemeden önce toprak fiziksel özelliklerini belirlemek için tarlanın değişik yerlerinden tasadüf olarak toprağın 0-30 cm derinliğinden toprak örnekleri alınmıştır. Ortalama toprak nemi 0-30 cm derinlikte % 11,51 (yaş bazda) ve toprak hacim ağırlığı % 1,48 hesaplanmıştır. Diğer toprak fiziksel özellikleri toprağın üç katmanında (0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinliklerde) Ek-8’de verilmiştir.

Diğer toprak fiziksel özelliği, toprak sertliği veya toprak penetrasyon direncidir. Tarlada toprak örnekleri alınan yerlerde toprak sertliği de ölçülmüştür. Toprak sertliği 6000 kPa’dan fazla olduğu için ancak penetrometre cihazı 25 cm civarında toprağa batmış ve toprak sertliğini ölçülebilmıştır. Ortalama toprak penetrasyon direnci (CI) derinlik 0-30 cm ve ölçüm aralığı 2,5 cm olarak Şekil 5.6’da görülmektedir. Ortalama toprak sertliği 25 cm derinlikte 5684 kPa ölçülmüş ve 25 cm derinliği altında ölçüm yapılmamıştır. Penetrasyon ölçüm değerleri Ek-9’da verilmiştir. Ortalama toprak sertliği 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinliklerde Şekil 5.7’de görülmektedir.



Şekil 5.6 Ortalama Toprak Penetrasyon Direnci (CI)

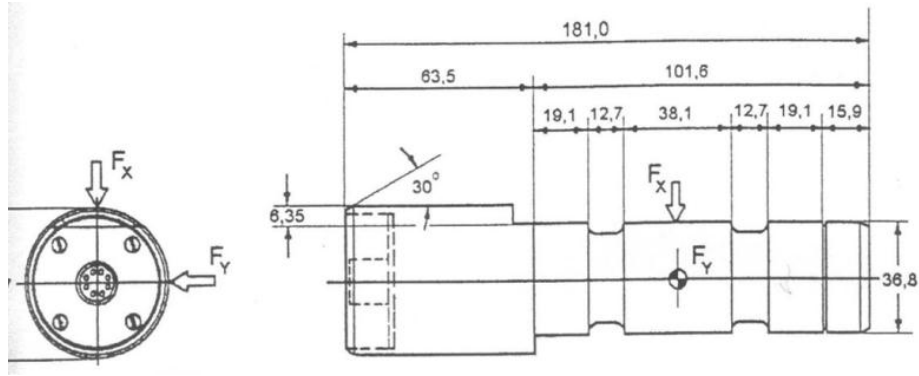


Şekil 5.7 Ortalama Toprak Penetrasyon Direnci (CI) 10 cm Derinlik Aralığında

5.2 Yöntem

5.2.1 Pulluk Çeki Kuvveti Ölçümü

Araştırmada pullukların çeki kuvveti gereksinimini ölçmek amacıyla daha önce Ege Üniversitesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde oluşturulan özel bir çatıya monte edilmiş çeki kuvveti ölçme pimleri kullanılmıştır. Özel çatı traktörün üç nokta asma sistemine bağlanmış olup üst kol ayrıca alt kollarda olmak üzere toplam üç adet yük algılama pimi kullanılmıştır (Şekil 5.8 ve Şekil 4.32). Özel çatı, ekipmanların kolayca bağlanması için ayarlı olup kare kesitli kutu profil malzemeden oluşturulmuştur (Gülsoylu ve Günhan, 2007).



Şekil 5.8 Kuvvet Ölçüm Pimi

Çeki kuvveti ölçmelerinde STRAININSERT (ABD) firması tarafından hazırlanmış kuvvet algılama pimleri (Biaxial clevis pin) kullanılmıştır. Bu pimler özel çelik malzemeden imal edilmiş, silindirik bir yapıya sahip olup, iç kısmına uzama telleri (strain gages) yapıştırılmıştır. Uzama telleri ile oluşturulan iki adet tam köprüden biri yatay yöndeki (X), diğeri ise düşey yöndeki (Y) kuvvetleri ölçmektedir. X ve Y eksenleri üretici firma tarafından pimlerin üzerinde işaretlenmiştir. Traktör ve alet arasına bağlanacak olan ölçme çatısına bu pimlerden üç adet takılmıştır. Kuvvet algılama pimlerine ait teknik özellikleri Çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3 Kuvvet Algılama Pimine Ait Bazı Teknik Özellikler

Özellikler	Birim	Kuvvet Algılama Pimi
Adı		Straininsert Biaxial Clevis Pin
Model		CP-BAF Q9449
ölçme kapasitesi	kN	33,36
ölçme yönü		İki yönde (Biaxial)
Köprü direnci	Q	350 $\pm$ 3,5
Uyarma kuvveti (Excitation)	V	10 AC veya DC
Çıktı kuvveti (Output Signal)	mV/V	0,75
Aşırı yüklenme	%	150
Ağırlık	kg	1,5

Kuvvet algılama pimlerindeki köprü besleme voltajını ve sinyalini kuvvetlendirerek bir android veri toplama ve kaydetme sistemi ile verilerin hepsi anlık olarak otomatik kayıt edilebilmektedir. Toplanan veriler bir kart okuyucu ile bilgisayara aktarılmakta ve Excel programında kullanılabilmektedir. Daha sonra bu değerler kalibrasyon eşitlikleri yardımıyla kuvvet değerlerine dönüştürülmektedir. Traktöre bağlanan çeki kuvveti ölçüm sistemi Şekil 5.9'da görülmektedir.



Şekil 5.9 Traktörün Üç Nokta Askı Sistemine Bağlı Çeki Kuvveti Ölçüm Sistemi

Kuvvet ölçer pimlerinin denemelerden önce laboratuvarında kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon denklemleri Çizelge 5.4’te verilmiştir.

Çizelge 5.4 Kuvvet Ölçer Pimlerin Kalibrasyon Fonksiyonları

Pim	Formül	R ²
Siyah-X	$y = -1,889x + 201,4$	$R^2 = 0,999$
Siyah-Y	$y = -1,908x + 603,2$	$R^2 = 0,999$
Kırmızı-X	$y = -1,824x + 20,78$	$R^2 = 0,999$
Kırmızı-Y	$y = -1,768x - 101,6$	$R^2 = 0,999$
Sarı-X	$y = -1,896x + 8,693$	$R^2 = 0,997$
Sarı-Y	$y = -1,881x + 101,0$	$R^2 = 0,995$

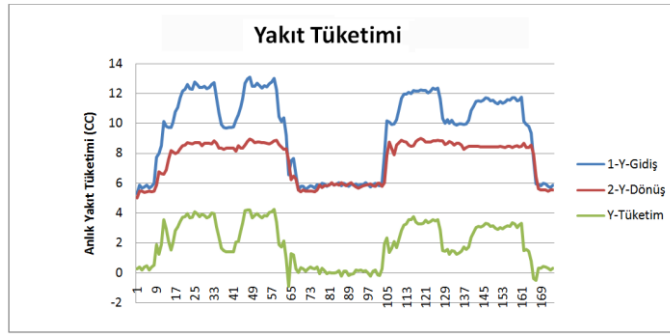
5.2.2 Yakıt ölçüm sistemi

Traktörün yakıt tüketimini ölçmek için “Kraht” marka yakıt ölçer kullanılmıştır. Yakıt ölçer, gidiş ve dönüş hatlarında bağlanarak kullanılan yakıt depoya geri dönen yakıttan çıkarılarak net yakıt tüketimi hesaplanmıştır. Bu amaçla, yakıt tüketim cihazının önce kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyon için yakıt deposu yerine bir bidon kullanılmış ve belirli miktarda yakıt bidon içerisinde doldurulmuştur (Şekil 5.10 - kırmızı borular). Yakıt geri dönüş hattı, enjektörlerden ve yakıt pompasından dönen yakıt başka bir ölçüm kabında toplanarak (Şekil 5.10 - mavi borular) gidiş ve dönüş hatlarından geçen yakıt ve motorda tüketilen yakıt miktarı hesaplanmıştır (Şekil 5.11). Toplanan yakıt

miktarları ölçülerek 39 Pals/cm³ yakıt gidişi için ve 40 Pals/cm³ ise yakıt dönüş için ölçülmüştür. Dönüş hattındaki yakıtın havalı olduğu için yakıt birimi için sayılan pals miktarı dönüş hattından fazladır.



Şekil 5.10 Yakıt Sisteminin Kalibrasyonu



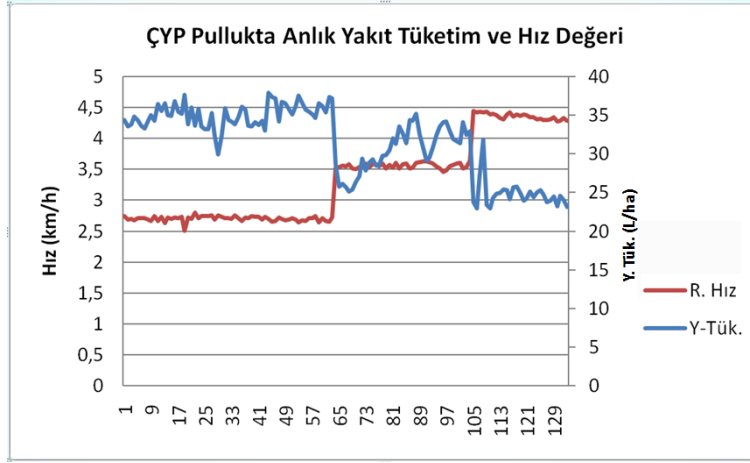
Şekil 5.11 ÇYP ile Toprak İşlemede Yakıt Tüketimi

Pullukların yakıt tüketimi anlık olarak saniyede ölçülmüştür. Aletlerin yakıt tüketimini anlık hesaplamak için traktörün anlık hızından yararlanılmıştır. Yakıt tüketimini l/ha cinsinden hesaplamak için pullukların iş genişliği, anlık ilerleme hızı ve saniyede traktörün yakıt tüketimi denklem (5-1) göre hesaplanmıştır.

$$Y. T = \frac{YTs \times 36}{Hız \times İşGen} \quad (5-1)$$

Y.T: Anlık Yakıt Tüketimi Hektarda (l/ha)
 YTs: Anlık Yakıt Tüketimi Saniyede (cm³/s)
 Hız: Anlık İlerleme Hızı (km/h)
 İş Gen: Pullukların İş Genişliği (m)

Örnek olarak ÇYP’de ön yakıt sistemi ölçümünde yakıt tüketim ve hız değeri üç hız değerinde (Vites 2/1, 2/2, 2/3) ve motorun 2000 (d/dak) devrinde ölçülmüştür (Şekil 5.12).



Şekil 5.12 ÇYP’de Anlık Yakıt Tüketim (l/ha) ve Hız Değerleri (km/h)

5.2.3 Traktörün Hız ve Patinaj Ölçümü

Traktörün ilerleme hızını (V_R) ölçmek için Radar (DICKY-john) kullanılmıştır. Radar 70 cm yükseklikte ve yataya göre 30° açı ile traktöre monte edilmiştir. Radar cihazının teknik özellikleri Çizelge 5.5’te verilmiştir. Patinaj ölçümü için traktör tekerlek çevre hızı ölçülmüş bu amaçla Şekil 5.13’da görülen aparat, traktörün arka tekerleğine bağlanmıştır (Gülsoylu ve Günhan, 2007). Bu aparat üzerinde manyetik algılayıcı sabit konumda yerleştirilmiştir. Tekerleğin bir devrinde 8 adet bijondan alınan sinyaller elektronik cihaz üzerinde okunmaktadır. Okunan değerle, tekerleğinin devir sayısı denklem 5-2 ve 5-3 ile hesaplanmıştır.

$$V_T = \frac{S_{gp} \times 2 \times 3,14 \times R}{n} \quad (5-2)$$

$$P = \frac{V_T - V_R}{V_R} \times 100 \quad (5-3)$$

- S_{gp} : Bir saniyede sayılan cıvata sayısı
 R : Traktör arka tekerlek yarı çapı
 n : Arka tekerlek jantındaki cıvata sayısı
 V_T : Arka tekerleğin çevre hızı (m/s)
 V_R : Traktörün ilerleme hızı (m/s)
 P : Patinaj yüzdesi (%)

Çizelge 5.5 DICKY-John Radarın Teknik Özellikleri

Hız Aralığı	0,53 – 96,6 km/hr
Radarın Mont Açısı	35 ±5°
Radarın Mont Yüksekliği	457 - 1219 mm
DC Güç İhtiyacı	+9 - +16 VDC
Radar Boyutu	10 × 10 × 31,1 mm
Radar Ağırlığı	205 kg

Radardan gelen pals değeri Radar Katsayısına çarpılırsa traktörün hızı km/h olarak elde edilir (Radar Katsayısı = 0,03).



Şekil 5.13 Radar ve Patinaj Cihazların Traktör Üzeri Montajı

5.2.4 Pulluk İş Başarısının Ölçümü

Pullukların iş başarısını ölçmek için 60×20 m² alan belirlenmiştir. Traktör çeki kuvveti ölçme çatısı çıkarılmış ve her bir pulluk kendi çatısı ile direk olarak traktöre bağlanarak iş başarıları ölçülmüştür. İş başarısını ölçmek için 3 pulluğun da rahat çekilmesini sağlamak amacıyla traktör vitesi 2/2 ve motor devir sayısı 2000 (d/dak) ayarlanıp ve anlık ilerleme hızı ölçülerek anlık iş başarısı ÇYP ve DKP pulluklarda ölçülmüştür. Standart pullukta ise belirlenen alanın (ha) işlendiği süre (h) bölünerek iş başarısı hesaplanmıştır.

5.2.5 Toprak Penetrasyon Direncinin Belirlenmesi

Toprağın penetrasyon direncini belirlemek amacıyla Spectrum Technologies firmasının ürettiği FIELDSCOUT SC-900 marka standart tip penetrometre kullanılmıştır. Penetrometrenin ölçüm aralığı 0-7000 kPa, maksimum ölçüm derinliği ise 45 cm'dir. Penetrometre üzerine sabit bir baskı hızı uygulayarak toprağa batırılmış ve her 2,5 cm derinlik için penetrometre direnci değerleri elektronik veri depolama ünitesine kaydedilmiştir. Daha sonra bu verilerden yararlanarak derinliğe bağlı toprağın batma direnci koni indeksi olarak hesaplanmıştır. Koni indeks değeri denklem 5-4'te göre topraktan koni taban alanına gelen dirence göre hesaplanmaktadır.

$$CI = \frac{F}{A} \quad (5-4)$$

- CI** : Koni indeksi (kN/m²)
F : Toprak batma direnci (kN)
A : Koni taban alanı (m²)

5.2.6 Toprak Hacim Ağırlığının Belirlenmesi

Toprak hacim ağırlığının belirlenmesi için işlem öncesi ve işlem sonrası 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlikten 100 cm³ lük bozulmamış örnek alma silindirleriyle örnekler alınmış ve tartılmıştır. Bu örnekler 105 °C'de 24 saat kurutulduktan sonra tekrar tartılmış ve toprağın nem ve hacim ağırlığı aşağıdaki eşitlikler (5-5 ve 5-6) yardımıyla belirlenmiştir.

$$W_T = \left(\frac{m_y - m_k}{m_y} \right) \cdot 100 \quad (5-5)$$

$$\gamma = \frac{m_k}{V} \quad (5-6)$$

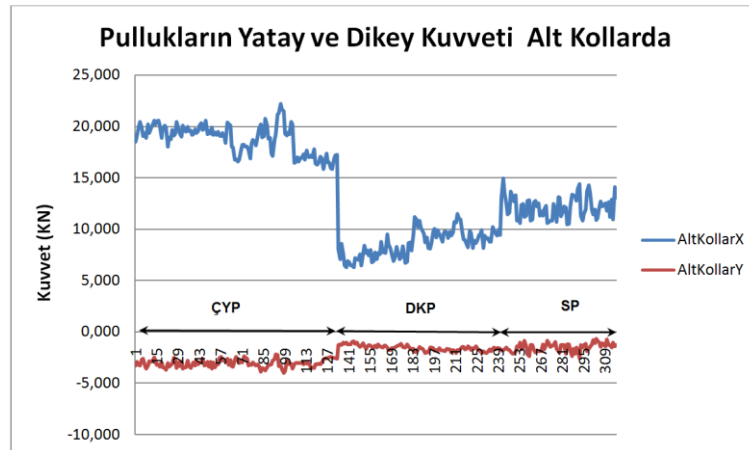
- W_T** Toprak örneğinin yaş baza göre nem içeriği (%)
γ Toprak örneğinin yaş hacim ağırlığı (g/cm³)
V Toprak numunesi hacmi (cm³)
m_k Toprak örneğinin kuru ağırlığı (g)
m_y Toprak örneğinin yaş ağırlığı (g)

5.3 ÇYP TARLA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRMESİ

5.3.1 Pullukların Çeki Kuvveti Gereksinimi

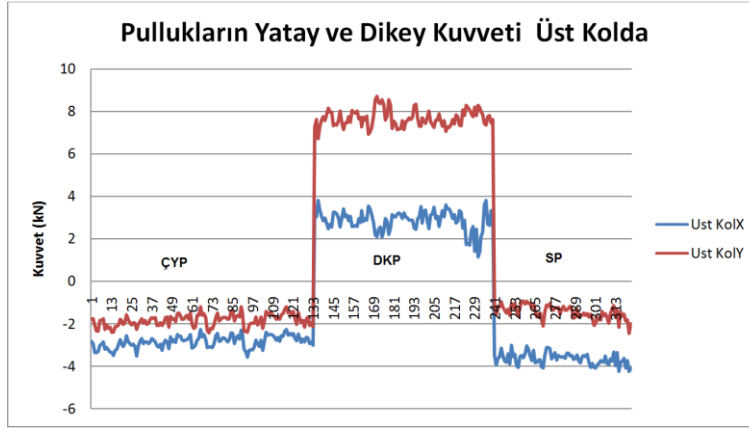
Tarla denemelerinde, 105 cm iş genişliği ve 25 iş derinliğine ayarlanan pulluklarla sürümde ÇYP çekilememiştir. Traktörün üç farklı hızda da ÇYP çekemediği gözlenmiş bu nedenle, ÇYP iş genişliği 105 cm'den 90 cm iş genişliğine alınarak denemeler yürütülmüştür. DKP ve SP ayar imkanı olmadığı için SP ve DKP 105 cm iş genişliğinde denemeleri yapılmış, deneme sonuçları özgül çeki kuvvetinden yararlanılarak değerlendirilmiştir.

Pullukların tarla denemelerinde traktörün alt ve üst kollarından (Şekil 5.14 ve Şekil 5.15) pulluklara gelen çeki kuvvetleri ve düşey kuvvetler ölçülmüştür (Şekil 5.16). Çeki kuvvetin pozitif olması pulluğun hareket yönünde çekilmesi anlamını taşımaktadır. Her üç pullukta alt kollarda yatay yönde pulluklar üzerinde pozitif çeki kuvveti ve alt kollarda ise düşey yönde küçükte olsa negatif kuvveti bulunmuştur (Şekil 5.14). Alt kollarda düşey yönde kuvvetin negatif olmasının anlamı pulluğun topraktan yukarı doğru kaldırılmasıdır. Şekil 5.14'te görüldüğü gibi traktörün alt kollarında ÇYP en yüksek çeki kuvveti ve DKP'te en düşük çeki kuvvetine ihtiyaç duymaktadır. Aslında en düşük çeki kuvvetinin SP'te olması beklenmektedir, dolayısıyla üst kolun etkisi ve kuvvetlerin bileşkesine göre değerlendirmek gerekmektedir.



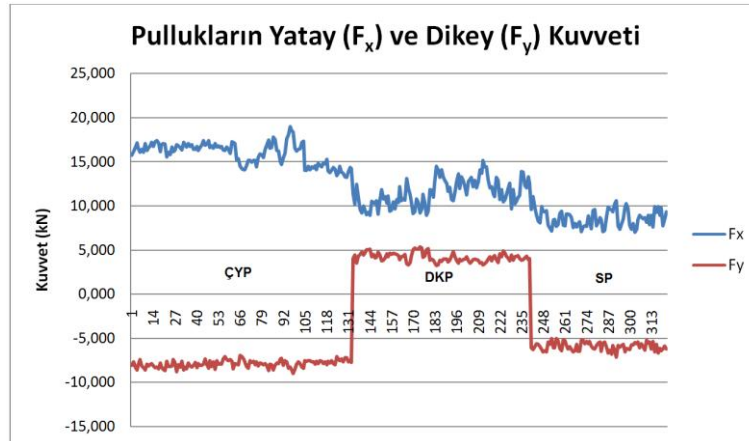
Şekil 5.14 Pullukların Alt Kol Yatay (Alt Kol-X) ve Düşey Yönde (Alt Kol-Y) Kuvvetleri

Şekil 5.15'te üst kolun üzerindeki düşey ve yatay yönde olan kuvvetler görülmektedir. Alt kollarda en düşük çeki kuvveti DKP (Şekil 5.14) olmasına rağmen, üst kolda DKP en yüksek değere sahiptir. Çeki kuvveti ve düşey kuvvetlerinin bileşke kuvvetleri Şekil 5.16'da görülmektedir.



Şekil 5.15 Pullukların Üst Kol Çeki Kuvveti (Üst KolX) ve Düşey Kuvveti (Üst KolY)

Alt ve üst kolların bileşke kuvvetlerin grafiksel görünümünde ÇYP en yüksek çeki kuvvetine ve SP ise en düşük çeki kuvvetine sahiptir (Şekil 5.16). Pullukların çeki kuvvetlerini değerlendirmek için çeki kuvveti, düşey kuvveti ve ayrıca onların bileşke kuvveti (R) istatistik olarak değerlendirilmiştir (Ek 1 ve Ek 3).

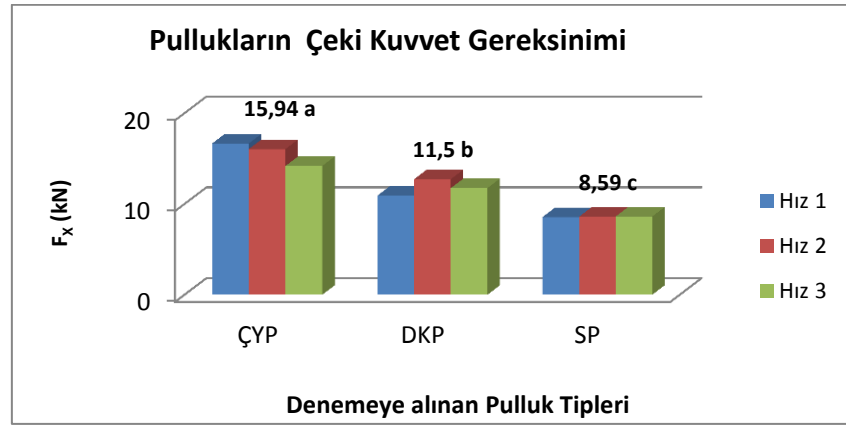


Şekil 5.16 Pullukların Üst ve Alt Bileşke Kuvvetleri, Çeki Kuvveti (F_x) ve Düşey Kuvveti (F_y)

Çeki Kuvveti (F_x), Düşey Kuvvet (F_y), Bileşke Çeki Kuvveti (R) ve Özgül çeki Kuvveti pulluk tipinden ve ilerleme hızından $p \leq 0.01$ önem seviyesinde etkilenmiştir (Çizelge 5.6). Çeki Kuvveti (F_x), Bileşke Çeki Kuvveti (R) ve Özgül Çeki Kuvvetinin varyasyonunun pulluk tipinden etkilemekte olduğu sırasıyla Şekil 5.17, Şekil 5.19, ve Şekil 5.20'de görülmektedir. Model pulluk (ÇYP) her üç ilerleme hızında ortalama 15,94 kN ile en yüksek çeki kuvvetine ve Standart Pulluk (SP) ortalama 8,59 kN ile en düşük çeki kuvvetine sahiptir (Çizelge 5.6).

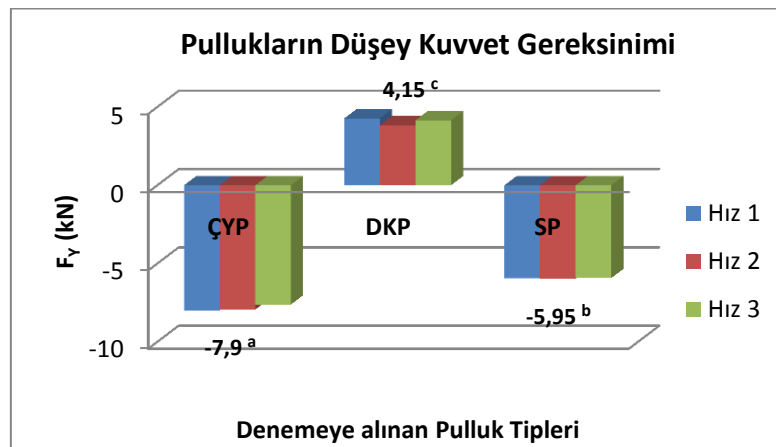
Çizelge 5.6 Farklı Hızlarda Pullukların Ortalama Çeki Kuvvet Değerleri

Pulluk Tipi	Çeki K. (F_x)	Düşey K. (F_y)	Bileşke Ç. K. (R)	Özgül çeki Kuvveti
Vites	(kN)			(kN/m ²)
ÇYP	15,94 ^c	-7,9 ^b	17,79 ^c	53,59 ^c
DKP	11,50 ^b	4,15 ^c	12,26 ^b	43,27 ^b
SP	8,59 ^a	-5,95 ^a	10,45 ^a	32,71 ^a
Vites 2/1	12,75 ^b	-2,267 ^b	14,2 ^c	53,59 ^c
Vites 2/2	13,04 ^a	-4,0 ^a	14,54 ^b	43,27 ^b
Vites 2/3	11,63 ^a	-4,21 ^a	13,24 ^a	32,71 ^a



Şekil 5.17 Farklı Hızlarda Pullukların Çeki Kuvvet Gereksinimi

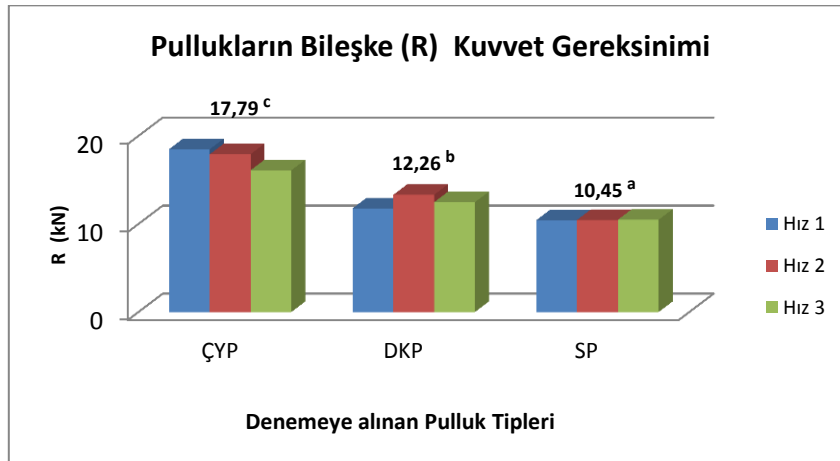
Çeki kuvvetinden ilave başka bir kuvvet, bileşke kuvvetini (R) ve traktör performansını etkilemektedir; bu kuvvet, düşey yönde üç nokta askı sistemi üzerinde olan F_y kuvvetidir (Şekil 5.18).



Şekil 5.18 Farklı Hızlarda Pullukların Düşey Kuvveti

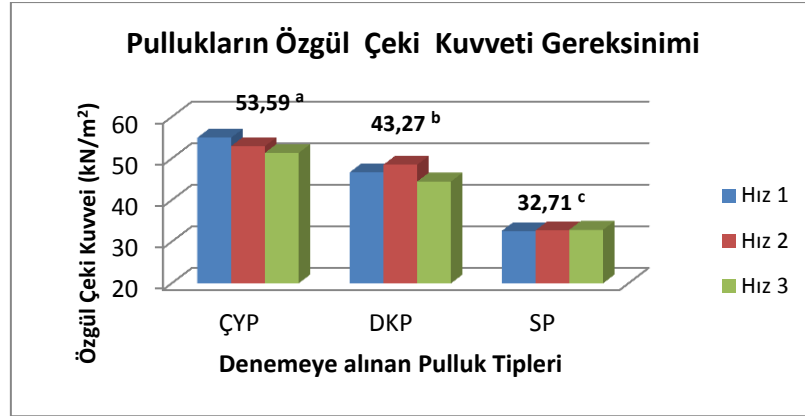
DKP’te F_Y en yüksek ve ÇYP en düşük değere sahip olmakta ve pullukların bileşke kuvvetlerini etkilemektedir. Düşey kuvvet pulluğu toprağa basan ya topraktan yukarı doğru kaldıran kuvvettir. Düşey kuvvet (Y aksisi yönünde) ÇYP’de ortalama -7,9 kN değere sahip olup ve pulluğu yukarı doğru kaldırmaktadır. DKP’de düşey kuvvet tam ters yönde olup ve üç nokta askı sistemi pulluğu toprağa bastırmaktadır ve Danken sıralamasında pullukların F_Y değerleri üç ayrı grupta yer almaktadırlar (Şekil 5.18 ve EK 1). Standart pullukta (SP) ise -5,95 kN kuvvet değerindedir.

Pullukların çeki performans değerleri üç pim vasıtası ve altı kuvvet algılayıcısı ile ölçülmektedir. Altı kuvvet etkisi pulluk üzerinde bileşke çeki kuvveti olarak adlandırılmış ve ‘R’ ile gösterilmiştir. ÇYP en yüksek ve SP en düşük bileşke kuvvet (R) değerini her üç ilerleme hızında Şekil 5.19’da görülmektedir.



Şekil 5.19 Pullukların Farklı Hızlarda Bileşke Çeki Kuvveti Gereksinimleri

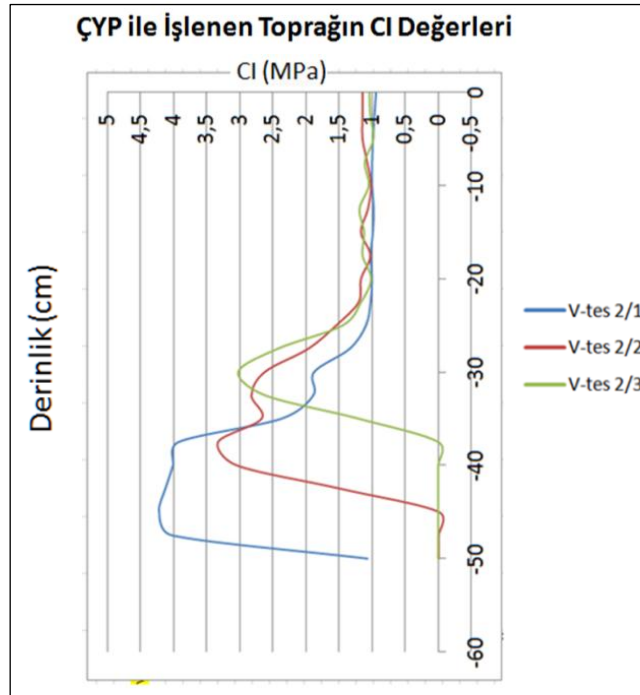
ÇYP iş genişliği diğer pulluklardan farklı olmasından dolayı pullukların özgül çeki kuvvet değerlendirmesine bakılacak olursa, çeki kuvveti değerleri ÇYP 53,59 kN/m² ile en yüksek değere sahipken SP 32,71 kN/m² ile en düşük Özgül çeki kuvveti ihtiyacı göstermiştir (Şekil 5.20).



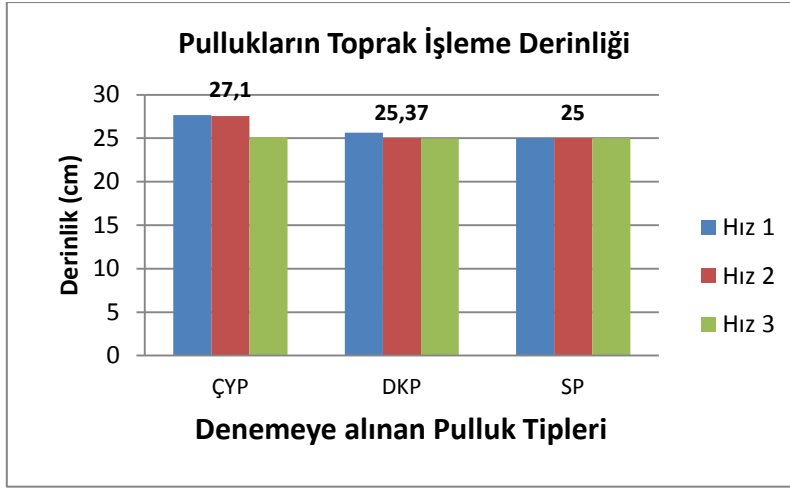
Şekil 5.20 Pullukların Farklı Hızlarda Özgül Çeki Kuvveti Gereksinimleri

5.3.2 Pullukların Toprak İşlemede İş derinliği

Denemelerde pullukların toprak işlemede iş derinliğini belirlemek için toprak işlemeden sonra penetrometre cihazı ile toprak sertliği ölçülmüştür. Toprak sertliğinin ani yükseldiği derinlik, toprak işleme derinliğidir. Bu yöntemle ölçülen toprak işleme derinlikleri üç ilerleme hızında Şekil 5.21’de verilmiştir. Pullukların toprak işleme derinliği her bir vites kademesinde Şekil 5.22’de verilmiştir. İstatistik değerlendirmeye göre toprak işleme derinliğinde pulluklar arasında fark görülmemektedir (Ek 10). ÇYP 27,1 cm ile en yüksek ve DKP ve SP sırasıyla ortalama 25,37 ve 25 cm iş derinliğine sahiptir.



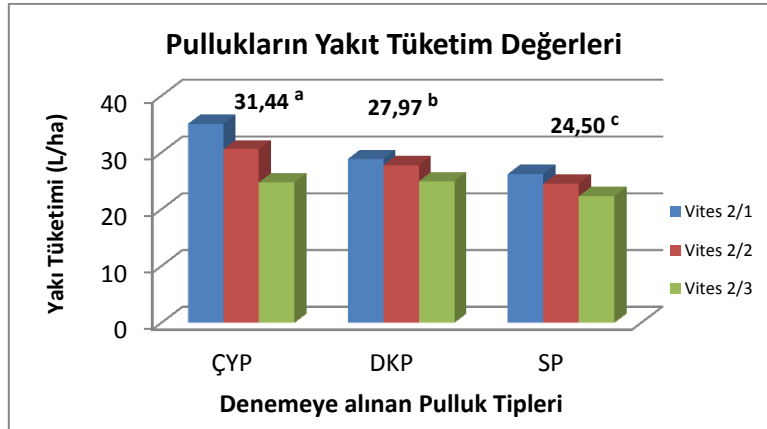
Şekil 5.21 ÇYP İle Toprak İşlemede işleme Derinliğinin CI Değerlerine Bakılarak Belirlenmesi



Şekil 5.22 Pullukların Toprak İşlemede Üç Deneme Hızında İş Derinliği

5.3.3 Pullukların Yakıt Tüketimleri

Pullukların yakıt tüketim değerleri Şekil 5.23’de verilmiştir. Yakıt tüketimi değerleri üzerinde istatistik analizi SPSS programında yapılmıştır (Ek-2). Yakıt tüketiminde istatistik sonuçlara göre; pulluklar arası yakıt tüketiminde $p \leq \%1$ önem seviyesinde fark görülmektedir (Şekil 5.23). Ortalama yakıt tüketim değerlerine göre pullukların yakıt tüketimleri ÇYP de 31,44 DKP de 27,97 ve SP de 24,50 l/ha’dır. ÇYP en yüksek ve SP en düşük yakıt tüketim değerlerine sahiptir. İstatistik değerlendirmeye göre yakıt tüketiminde vitesler arasında $p \leq \%1$ önem seviyede fark görülmektedir. En düşük hızda (Vites-2/1) 30,48l/ha yakıt tüketimi olurken en yüksek hızda (Vites-2/3) bu değer 23,96 l/ha olarak ölçülmüştür. Hıza bağlı yakıt tüketimi Danken sıralamaya göre üç guruba ayrılmıştır (Çizelge 5.7).



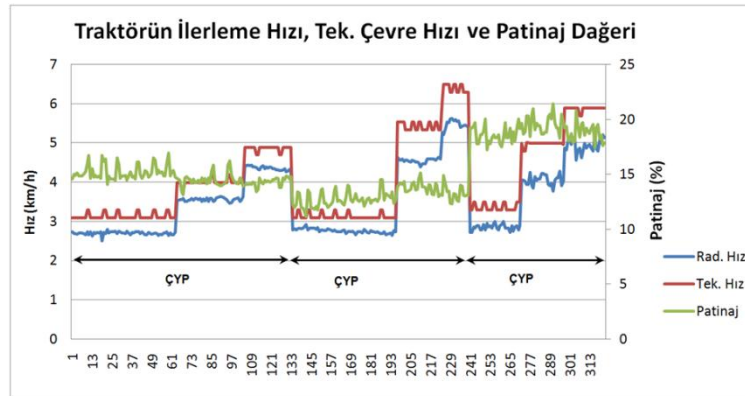
Şekil 5.23 Pulluklarda Farklı Hızlarda Yakıt Tüketim Değerleri

Çizelge 5.7 Pulluklarda Ortalama Yakıt Tüketimlerinin Danken Yöntemine Göre Gruplaması

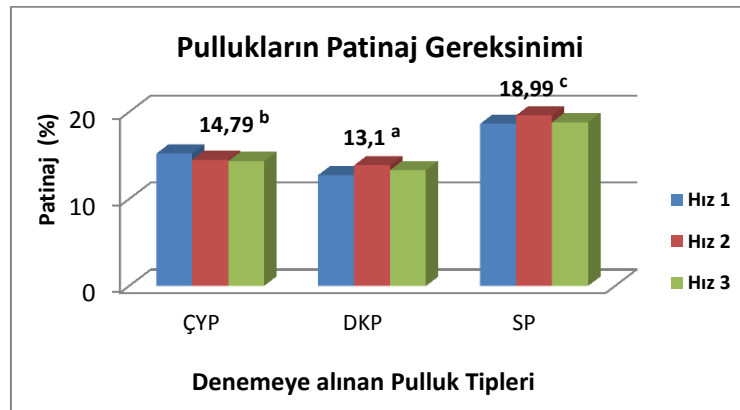
Vites	Yakıt Tüketimi (l/ha)		
2/3	23,96 ^c	28,09 ^b	30,84 ^a
2/2			
2/1			

5.3.4 Pullukların Hız ve Patinaj Değerlendirmesi

Pullukla sürümde her bir pulluğun 3 ilerleme hızında (1,25, 1,50 ve 1,75 m/s), traktörün ilerleme hızı, tekerlek çevre hızı ve patinaj değerleri anlık olarak Şekil 5.24'te verilmiştir. İstatistik değerlendirmeye göre pulluklar arası patinaj değerleri $p \leq \%1$ önem seviyesinde fark bulunmuştur (Ek4). SP %18,99 ile en yüksek ortalama patinaj değerine sahiptir (Şekil 5.25). En düşük ortalama patinaj DKP'te %13,1 olarak bulunurken ÇYP'te ortalama patinaj %14,79 olarak ölçülmüştür.



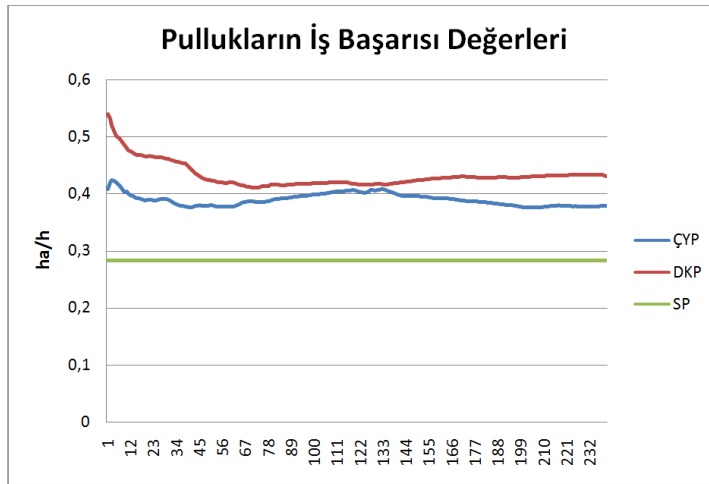
Şekil 5.24 Traktörün Toprak İşlemede Anlık İlerleme Hızı, Tekerlek Çevre Hızı ve Patinaj



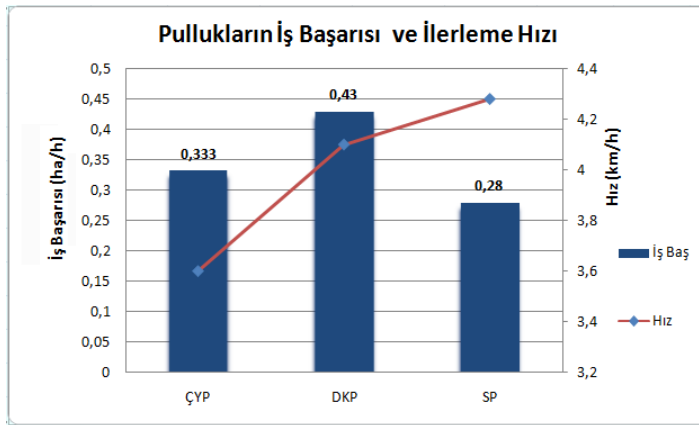
Şekil 5.25 Traktörün Üç Pulluk Tipi ve Üç İlerleme Hızında Patinaj Değeleri

5.3.5 Pullukların Tarla Denemesinde İş Başarıları

Düz sürüm yapan pulluklarda (ÇYP ve DKP) iş başarısı anlık olarak ölçülmüştür. SP’de ise pulluğun gidişte ve dönüşte aynı çiziden toprak işlemesi mümkün olmadığından dolayı, iş başarısı sadece belirlenen alanda tükettiği zamana göre, ortalama olarak hesaplanmıştır (Şekil 5.26). Pullukların ortalama iş başarıları ve iş başarısı ölçümünde kullanılan ortalama hız değerleri Şekil 5.27’de görülmektedir. En yüksek iş başarısı 0,43 ha/h ile DKP bulunurken SP de ise en yüksek ilerleme hızına sahip olmasına rağmen, traktörün tarlada boşuna dönüşlerde zaman kaybetmesinden dolayı 0,28 ha/h ile en düşük iş başarısına sahiptir. ÇYP de iş başarısı 0,33 ha/h olarak DKP’nin altında bulunmuştur.



Şekil 5.26 Pullukların (ÇYP ve DKP) Anlık İş Başarısı Değerleri



Şekil 5.27 Pullukların İş Başarısı ve İlerleme Hız Değerleri

6 TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Yeni tasarım pulluk ÇYP, önceden tahminlenen amaca uygun bir şekilde DKP gibi toprak işleyebilecek özellikte tasarımı başarıyla yapılmıştır. ÇYP aynı döner kulaklı pulluk gibi toprağı daima sağa döndürmekte ve düz sürüm sağlamaktadır. ÇYP'nin imalatında % 18 malzemedan tasarruf da sağlanmıştır. Ancak, işlevsel olarak başarılı sonuç alınan ÇYP'nin halen tasarım ve imalatından kaynaklanan bazı sorunları vardır. Öncelikle, diğer pulluklarla eşit şartlarda, 25 cm derinlik ve 105 cm iş genişliğinde yapılan tarla denemelerinde farklı hız kademelerinde ÇYP çekilememiştir. ÇYP iş genişliği 105 cm'den 90 cm iş genişliğine alınarak ancak denemeler yürütölmüş, diğer pulluklarla doğru bir kıyaslama için özgül çeki kuvvetinden yararlanılmıştır.

ÇYP'de daha az iş genişliğinde sürüm yapılmasına rağmen çeki kuvveti ÇYP'de diğer pulluklara göre 15,94 kN ile en yüksek değerde bulunmuştur. DKP $p \leq 1$ önem seviyesinde çeki kuvveti olarak 11,50 kN ile SP'den fazla (8,59 kN) ve ÇYP'ten az çeki kuvvetine ihtiyacı göstermektedir. Elde edilen çeki kuvvet değeri Bastabanın (1994) elde ettiğı değerlere yakın bulunmuştur. Çeki kuvvetin teorik hesaplamasında aynen benzer çeki kuvvet değeri hesaplanmıştır. Özgül çeki kuvvetleri de benzer şekilde ÇYP de en fazla, DKP'de daha düşük ve SP da en az olarak sırasıyla 53,59 kN/m², 43,27 kN/m², ve 32,71 kN/m² bulunmuştur.

ÇYP'nin çeki kuvveti ihtiyacının DKP'den düşük olması için ÇYP'nin tasarım ve imalat üzerinde geliştirmesi gerekmektedir. ÇYP prototipte imalat hataları olduğı daha sonra yapılan detaylı incelemede ortaya çıkmıştır. Seri üretime geçildiğinde gövdelerin hepsi aynı açılara (gövde üzerinde olan açılar ve çatı üzerinde üç hidrolik silindir vasıtasıyla sağlanan açılar) ve boyutlarda olması durumunda, kesinlikle ÇYP'nin çeki kuvveti ihtiyacının düşeceğı beklenmektedir.

Pullukların performans değerlendirmesinde başka bir faktör de traktörün yakıt tüketimidir. Pullukların yakıt tüketimleri ÇYP de 31.44 l/ha, DKP de 27.97 l/ha ve SP de 24.50 l/ha olarak ölçölmüştür ve yakıt tüketimi hektar biriminde ÇYP'de aynen özgül çeki kuvvetinde ölçöldüğü gibi en fazla olmuştur. ÇYP'de birinci vitesdeki yakıt tüketimi diğer hızlara göre en fazla olmuştur. Bunun nedeni ise ilerleme hızının düşöklüğüdür. Üçüncü viteste ÇYP düzgün bir sürüm sağlayabildiğı için yakıt tüketimi en az bulunmuştur.

Pullukların performans değerlendirmesinde diğer önemli faktör iş başarısıdır. En yüksek iş başarısı 0,43 ha/h ile DKP de bulunurken SP de ise en yüksek ilerleme hızına sahip olmasına rağmen, traktörün tarlada boşuna dönüşlerde zaman kaybetmesinden dolayı 0,28 ha/h ile en düşük iş başarısına sahiptir. ÇYP de iş başarısı 0,333 ha/h olarak DKP'nin altında bulunmuştur. ÇYP de iş başarısının düşük olması toprak işlemede ÇYP iş genişliğinin diğer pulluklardan az olması ve hız değerinin düşük olmasıdır.

ÇYP'de özgül çeki kuvvetinin düşürülmesi için ÇYP'nin imalat hatalarını gidermek gerekmektedir. Ayrıca ÇYP'nin doğru çalışabilmesi için tasarımda ön görülen açıların sağlanabilmesi için bunu sağlayan çatı üzerindeki üç hidrolik silindirin hatasız olarak ÇYP'nin çatı üzerinde konumlandırılması gerekmektedir.

Prototip ÇYP'de gövdelerin yükseklik ve yön açıları farklı olduğu için (imalattan doğan hatalar) tarla denemelerinde ÇYP tam randımanlı sonuç vermemiştir. Yapılan tarla denemesinde bitki artıklarının yoğun olduğu bölgelerde pulluğun çalışması bitki artıklarının pulluğun önünde toplanması nedeniyle etkilenmektedir. Bitki artıkların ÇYP gövdesinin önünde toplanmasını çözmek için pulluk yüzey şeklinin ve boyutlarının yeniden tasarlanması gereklidir.

Fonksiyonel olarak DKP ile aynı işi yapabilen yeni tasarım ÇYP tüm hatalarına rağmen DKP gibi düz sürümü başarıyla yapabilmekte ve malzemedan %18 tasarruf sağlamaktadır. Belirlenen imalattan kaynaklanan sorunların çözülmesi ile ÇYP, DKP'ye alternatif olarak kullanılabilecektir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

ASAE (American Society Agricultural Engineers). D497. 1992. Agricultural Machinery Data-Draft and Power Requirements. In ASAE standards. 293-299. St. Joseph.

Araya, K., M. Kudoh, D. Zhao, F. Liu, and H. Jia. 1996. Improvement of Planosol Solum, Part 1: Experimental Equipment, Methods, and Preliminary Soil Bin Experiments With Ploughs. Journal of Agricultural Engineering Research, 63, 251-260.

Bastaban, A.1994. Toprak işlemede farklı ilerleme hızlarının pulluk çeki kuvvetine ve yakıt tüketimine etkileri üzerine bir araştırma. Atatürk Ü. Zir.Fak.Der. 25 (2), 202- 209,1994.

Bayhan, Y. 2006. Reduction of wear via hardfacing of chisel ploughshare. Tribol Int 39: 570-574.

Bernacki, H., J.Haman, and Cz. Kanafojski. 1972. Agricultural Machines, theory and Construction. Vol,1, Warsaw, Poland.

Culpin, C. 1981. Farm Machinery. 10th Ed, Granda, London, U.K.

Desbiolles, JMA., RJ. Godwin, J. Kilgour, and BS. Blackmore. 1997. A Novel Approach to The Prediction of Tillage Tool Draught Using A Standard Tine. Journal of Agricultural Engineering Research. 66: 295-309.

Dilmaç, M. 1984. Toprak İşleme Aletlerinin Teori, Hesap ve Konstrüksiyonu, Türkiye Donatım Kurumu Mesleki Yayınları, Yayın No: 36, Zonguldak.

Doğan, T. 1994. Bilgisayar Destekli Kulaklı Pulluk Aktif Yüzey Tasarımı Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi. E.U.Araştırma Fon Fonu (Proje Yöneticisi: T.Doğan, Danışman: Prof.Dr. G.Keceçioğlu)

Formato, A., and P. Roncioni. 2001. Study of Soil Plough Moldboard Interaction With The Computational Methods. Rivista di Ingegneria Agraria. 4: 193-200. 8.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Gülsoylu, E., and T. Günhan. 2007. Traktör ve Tarım Makinaları Tarla Performansının Belirlenmesinde Kullanılan Bir Veri Toplama Sistemi, Tarım Makinaları Bilim Dergisi. 3(4), 225-231.

Gee Clough D., M. McAllister, G. Pearson, and DW. Evernden. 1977. Theempirical Prediction of Tractor-Implement Field Performance. Journal Of Terramechanics, 15, 81–94.

Gill, W.R., and G.E. Vanden Berg. 1967. Soil dynamics in Tillage and Traction. U.S. Gorenment printing office, Washington, DC.

Gorjachkin V.P. 1968. Collected Work: Vol 1. (Ed. Luchinskii, N.D.) Moskova. (Isreali Programme For Scientific Translation). Us Department of Agriculture and National Science Foundation, Washington, DC, USA.

Godwin, R.J. 2007. A Force Prediction Model For Moldboard Ploughs Incorporating The Effects of Soil Characteristic Properties, Plough Geometric Factors and Ploughing Speed, Scince Direct. Biosystems Engineering 97, 117– 129.

Göknur, İ., E. Dursun, and M. Arif Erol. 1995. Kare Gövdeli Döner Kulaklı ve Mevcut Kulaklı Pullukların Bazı İşletme Karakteristiklerinin Karşılaştırılması. Tarım Mekanizasyon 16. Ulusal Kongresi, 5-7 Eylül. Bursa.

Guul-Simonsen, F.,M. Heide Jørgensen, H. Have, and I. Håkansson. 2002. "Studies of Plough Design and Ploughing Relevant To Conditions In Northern Europe," Acta Agricultural Scandinavia, Section B, Soil and Plant Science 52, 57-77.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Kepner, R.A., R. Bainer, and E.L. Barger. 1982. Principles of Farm Machinery, Third Edition. The AVI Publishing Company Inc., Westport, Connecticut.

Keçecioğlu, G.,E. Gülsoylu. 2002. “Toprak İşleme Makinaları”, E.Ü. Ziraat Fak. Ofset Atelyesi, İzmir.

Kermis, L.H. 1978. A theoretical approach to high speed plough design. Journal of Agricultural Engineering Research 23: 343-368.

Krastin, E. N. 1973. The Use of Methods of Theory of Dimensional Analysis For The Evaluation of The Draft Characteristics of The Plow During Operations In Different Conditions. Trans. No. 333, National Tillage Laboratory, Auburn, AL, USA

Köftecioğlu, E.Y. 2004. “Toprak İşlemede Kullanılan Pulluğun Yapısal Analizi”, E.Ü. Makina Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi.

Kushwaha, R.L. 1990. A non-linear 3-Dimensional "Niteelement Analysis of Soil Failure With Tillage Tools. Journal of Terramechanics, 27(4), 243-266.

Larsen, L.W., W.G. Lovely, and C.W. Bockup. 1968. Predicting Draught Forces Using Model Moldboard Ploughs In Agricultural Soils. Transactions of the American Society of Agricultural Engineers, 11, 665-668.

Mutaf, E., 1953. Türkiye Ziraatında Hayvan Pulluğunun Bugünkü Durumu ve Yurdumuzun Belirli Yerli Pulluk Yapım Evlerinde Yapılan Pulluklar Üzerinde Teknik, Zirai ve Ekonomi Bakımlardan Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 49, Ankara.

Natsis, A.,G. Papadakis, and J. Pitsilis. 1999. The Influence of Soil Type, Soil Water and Share Sharpness of a Moldboard Plough on Energy Consumption, Rate of Work and Tillage Quality, J. Agric. Engng Res. 72, 171-176.

KAYNAKLAR DİZİNİ (Devamı)

Saad AL-deen, M., A. ERGECH, and Th. Hussein. 2008. Comparative Analyses of the 4WD Tractor Performance with Two Different Moldboard Plow Bottoms by Using FEM. Tarım Bilimleri Dergisi 2008, 14 (2) 183-192 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi.

Shrestha, D.S.,G. Singh, and G. Gebresenbet. 2001. Optimizing Design Parameters of A Moldboard Plough. Journal of Agricultural Engineering Research. 4: 377-389.

Söhne, W., 1959. Investigation on The Shape of Plough Bodies for Higher Speed. Grundlagen der Landtechnik, 11, 22 (NIAE Translation 87).

Söhne, W., and R. Möller. 1962. The Design of Moldboards With Particular Reference to High-Speed Ploughing. Grundlagen der Landtechnik, 15, 15-27 (NIAE Translation 146)

Suministrado, D.C., 1990. A Model to Determine the Trajectory of Soil Motion on a Moldboard Plough Surface. Journal of Terramechanics, 27(3).

Yavuzcan, G., and J. Klonowski. 1998. Investigations On Working Resistance Of Model Plough Bodies In The Soil Bin. Annals of Warsaw University SGGW, Agricul. Nr 33, str. 3-8.

ÖZGEÇMİŞ

24 Ekim 1972 senesinde İranın Doğu Azerbaycan Bölgesinin Bonab Şehrinde doğmuştur. 1992 senesinde doğduğu şehirde, Bagheri Lisesinden mezun olduktan sonra 1992 yıl Shiraz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünü kazanmış ve 1996 yılında oradan mezun olmuştur ardından 1996 yılında yüksek lisansı Tahran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümünü kazanıp ve 1998 yılında oradan mezun olmuştur.

1999 yılında Urumiyeh Tarım Araştırma merkezinde işe başlamış ve 2001 yılında üretim üyesi olmuştur. Tarım Araştırma merkezinde, 10 sene çalıştıktan sonra 2009 senesinde Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri Anabilim dalında doktora öğrenimine başlamıştır.

EKLER

EK 1 Pullukların Çeki Kuvveti Gereksinimlerinin Varyans Analiz Sonuçları

EK 2 Pullukların Yakıt Tüketimlerinin Varyans Analiz Sonuçları

EK 3 Pullukların Bileşke Kuvvet Varyans Analiz Sonuçları

EK 4 Pullukların Patinaj Varyans Analiz Sonuçları

EK 5 Pimler Kalibrasyon Eğrileri

EK 6 Toprak Analiz Sonuçları

EK 7 Pullukların Tarla Denemesinde Toprağın Fiziksel Özellikleri

EK 8 Pentrasyon Ölçüm Değerleri

EK 9 Pulluklarda Toprak İşleme Derinliği Varyans Analiz Sonuçları

EK 1 Pullukların Çeki Kuvveti Gereksinimlerinin Varyans Analiz Sonuçları

		df	Çeki K. (FX)	Düşey K. (FY)	Özgül çeki Kuvveti
			Mean Square		
Intercept	Hypothesis	1	39274,694	2854,858	515186,523
	Error	2,063	7,518 ^a	,316 ^a	309,024 ^a
Block	Hypothesis	2	8,404	,334	349,014
	Error	4,061	2,577 ^b	,498 ^b	109,926 ^b
PullukTipi	Hypothesis	2	1231,912 ^{**}	3680,795 ^{**}	39274,694 ^{**}
	Error	4,432	2,408 ^c	,464 ^c	7,518 ^a
PullukTipi * Block	Hypothesis	4	2,610	,504	8,404
	Error	307	,973 ^d	,180 ^d	2,577 ^b
ViTes	Hypothesis	2	16,943 ^{**}	,987 [*]	1231,912 ^{**}
	Error	307	,973 ^d	,180 ^d	2,408 ^c
PullukTipi * ViTes	Hypothesis	4	34,996	1,127 ^{**}	2,610
	Error	307	,973 ^d	,180 ^d	,973 ^d

a. ,881 MS(Block) + ,119 MS(Error)

c. ,876 MS(PullukTipi * Block) + ,124 MS(Error)

b. ,980 MS(PullukTipi * Block) + ,020 MS(Error)

d. MS(Error)

EK 2 Pullukların Yakıt Tüketimlerinin Varyans Analiz Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: YakTuketimi

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	202018,934	1	202018,934	21560,558	,000
	Error	20,514	2,189	9,370 ^a		
Block	Hypothesis	20,337	2	10,169	,452	,665
	Error	90,610	4,025	22,514 ^b		
PullukTipi	Hypothesis	1641,724	2	820,862	40,045	,002
	Error	85,539	4,173	20,498 ^c		
PullukTipi * Block	Hypothesis	91,596	4	22,899	6,591	,000
	Error	1066,602	307	3,474 ^d		
ViTes	Hypothesis	1673,272	2	836,636	240,809	,000
	Error	1066,602	307	3,474 ^d		
PullukTipi * ViTes	Hypothesis	496,991	4	124,248	35,762	,000
	Error	1066,602	307	3,474 ^d		

a. ,881 MS(Block) + ,119 MS(Error)

c. ,876 MS(PullukTipi * Block) + ,124 MS(Error)

b. ,980 MS(PullukTipi * Block) + ,020 MS(Error)

d. MS(Error)

EK 3 Pullukların Bileşke Kuvvet Varyans Analiz Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: R (FX ve FY'nin Bileşke Kuvveti)

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	49579,615	1	49579,615	7681,188	,000
	Error	13,329	2,065	6,455 ^a		
Block	Hypothesis	14,426	2	7,213	3,930	,112
	Error	7,480	4,075	1,835 ^b		
PullukTipi	Hypothesis	2674,188	2	1337,094	771,961	,000
	Error	7,862	4,539	1,732 ^c		
PullukTipi * Block	Hypothesis	7,421	4	1,855	2,160	,073
	Error	263,623	307	,859 ^d		
ViTes	Hypothesis	29,923	2	14,962	17,423	,000
	Error	263,623	307	,859 ^d		
PullukTipi * ViTes	Hypothesis	118,313	4	29,578	34,445	,000
	Error	263,623	307	,859 ^d		

a. ,881 MS(Block) + ,119 MS(Error)

b. ,980 MS(PullukTipi * Block) + ,020 MS(Error)

c. ,876 MS(PullukTipi * Block) + ,124 MS(Error)

d. MS(Error)

EK 4 Pullukların Patinaj Varyans Analiz Sonuçları

Tests of Between-Subjects Effects

Dependent Variable: Patinaj

Source		Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	Hypothesis	75350,016	1	75350,016	5408,257	,000
	Error	33,747	2,422	13,932 ^a		
Block	Hypothesis	28,750	2	14,375	1,015	,438
	Error	58,384	4,122	14,164 ^b		
PullukTipi	Hypothesis	2164,282	2	1082,141	78,453	,000
	Error	67,442	4,889	13,793 ^c		
PullukTipi * Block	Hypothesis	56,937	4	14,234	1,334	,257
	Error	3274,907	307	10,667 ^d		
ViTes	Hypothesis	363,689	2	181,844	17,047	,000
	Error	3274,907	307	10,667 ^d		
PullukTipi * ViTes	Hypothesis	1255,447	4	313,862	29,422	,000
	Error	3274,907	307	10,667 ^d		

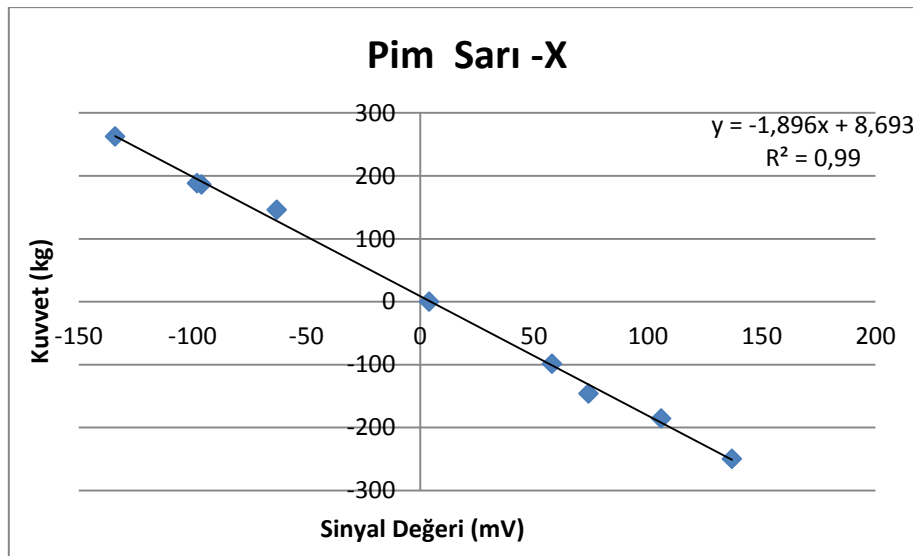
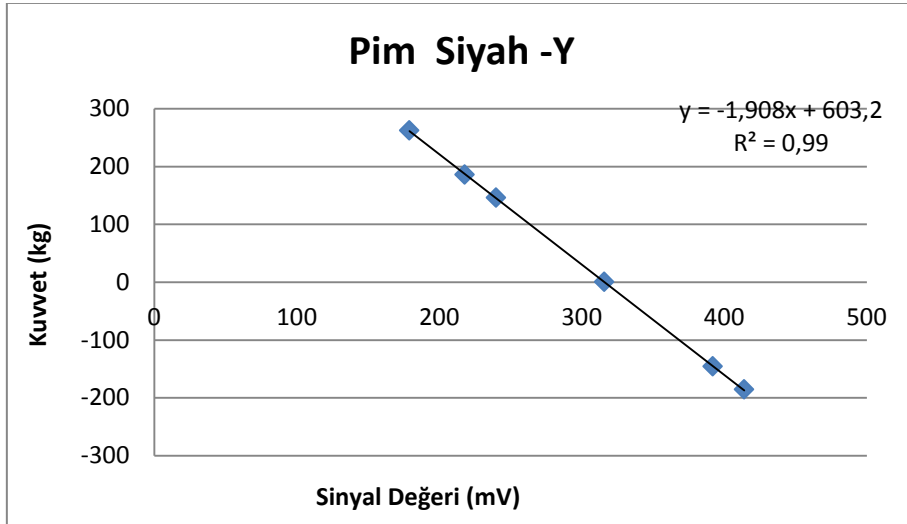
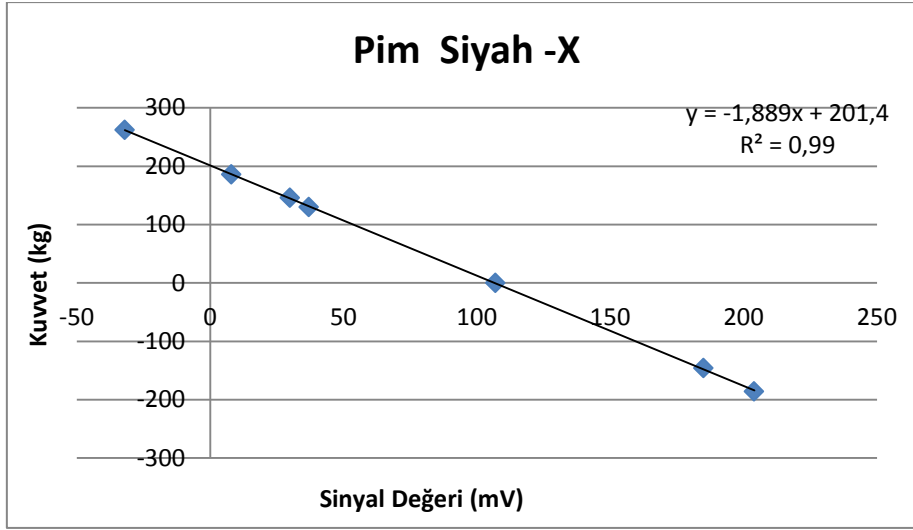
a. ,881 MS(Block) + ,119 MS(Error)

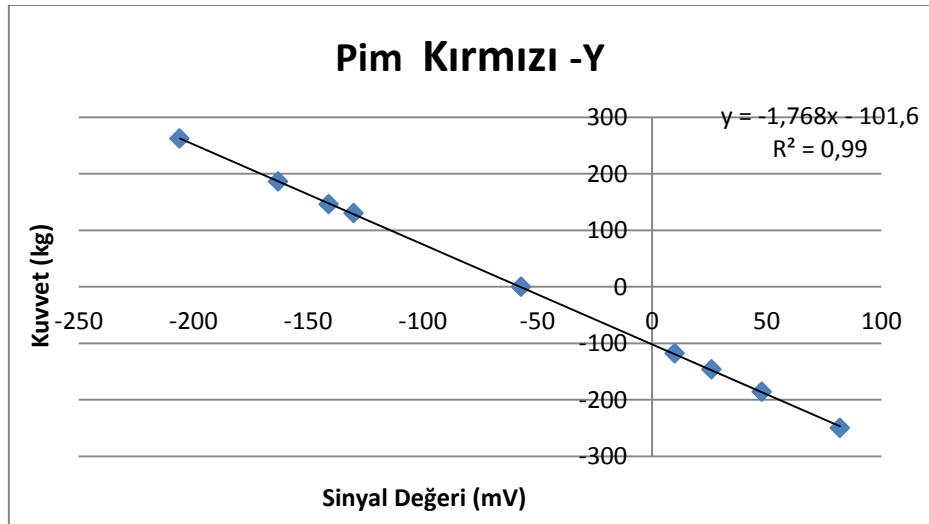
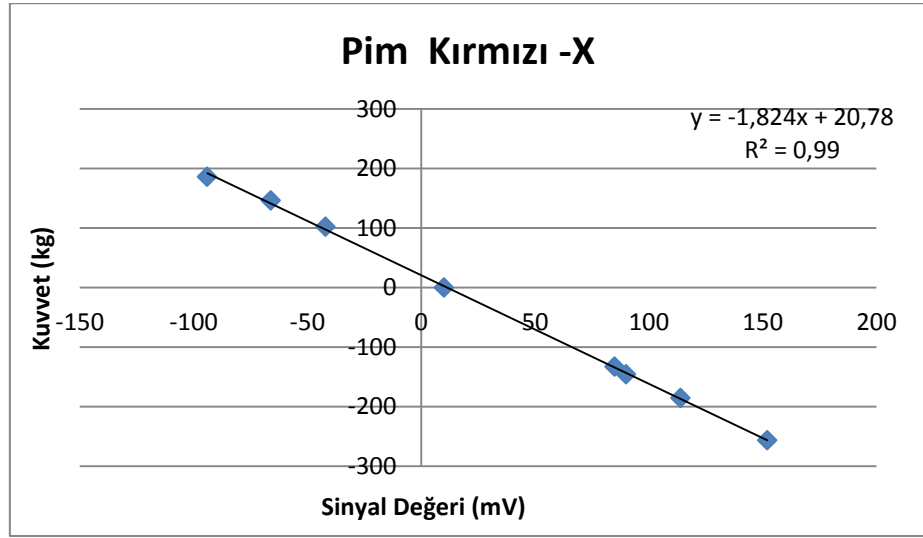
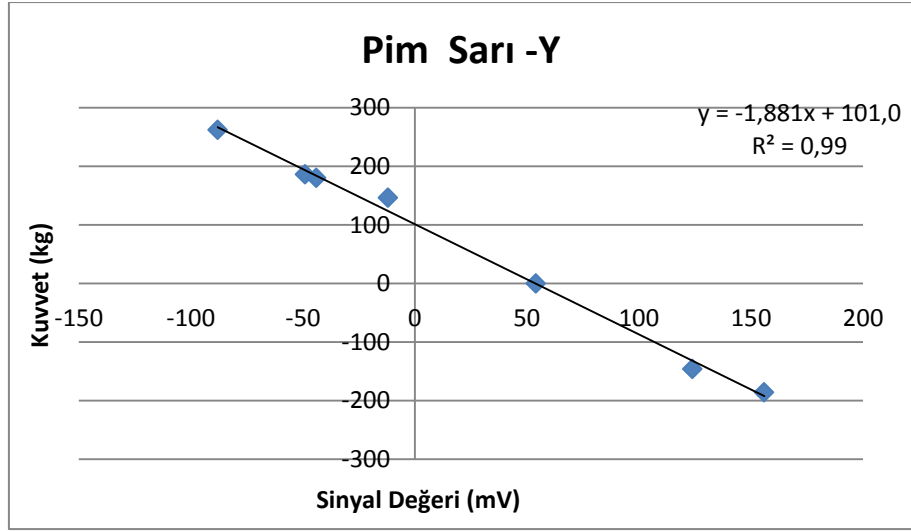
b. ,980 MS(PullukTipi * Block) + ,020 MS(Error)

c. ,876 MS(PullukTipi * Block) + ,124 MS(Error)

d. MS(Error)

EK 5 Pimlerin Kalibrasyon Eğrileri





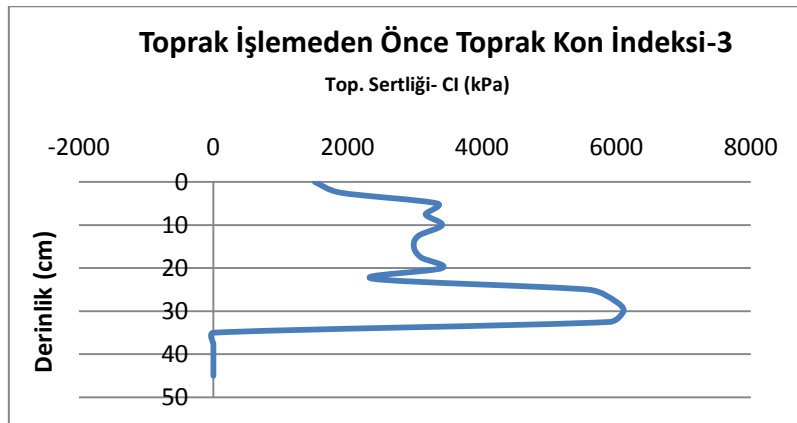
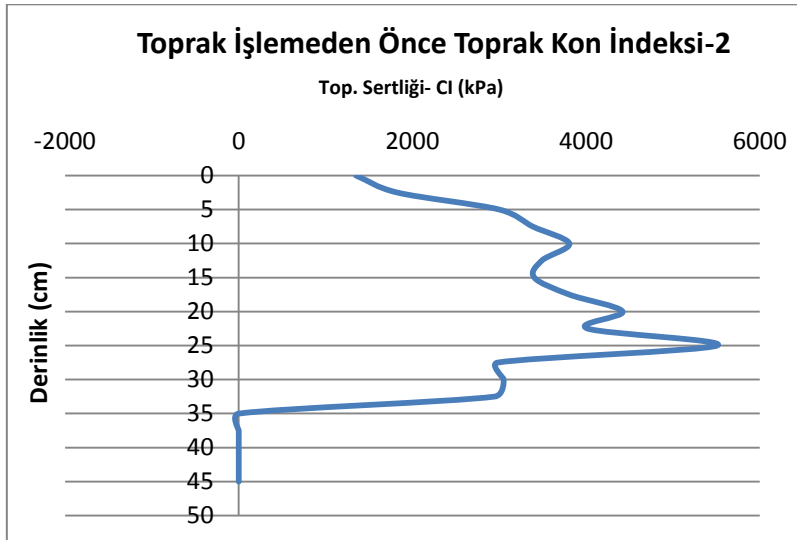
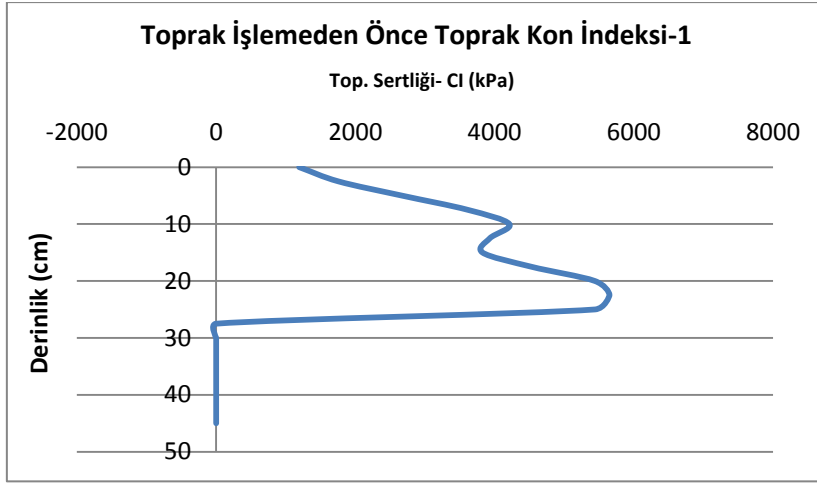
EK 6 Toprak Analiz sonuçları

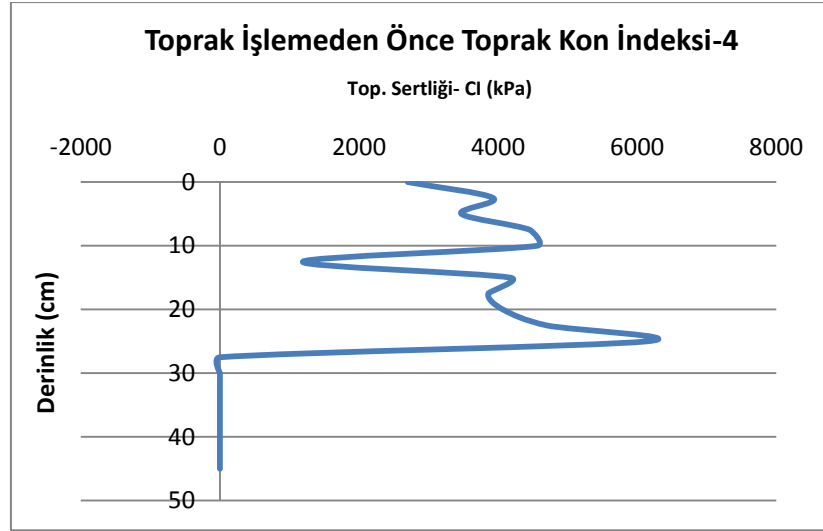
Yapılan Analizler		
pH		7,52
Toplam Tuz	(%)	0,020
Kireç	(%)	1,75
Kum	(%)	45,12
Mil	(%)	42,00
Kil	(%)	12,88
Bünye		Tınlı
Organik Madde	(%)	4,98
Toplam Azot	(%)	0,095
Alınabilir Fosfor	(ppm)	4,22
Alınabilir Potasyum	(ppm)	300,7
Alınabilir Kalsiyum	(ppm)	2376
Alınabilir Magnezyum	(ppm)	267
Alınabilir Sodyum	(ppm)	47,2
Alınabilir Demir	(ppm)	17,84
Alınabilir Bakır	(ppm)	1,60
Alınabilir Çinko	(ppm)	1,58
Alınabilir Mangan	(ppm)	14,90

EK 7 Pullukların Tarla Denemesinde Toprağın Fiziksel Özellikleri

		Top Nemi	BD	Boşluk Oranı	Prositle	Doygunluk
		(Yaş Baz)	(Mt/Vt)	(e=Vv/VS)	(Vv/Vt)	Derecesi
Rep	Delinlik					(Vw/Vv)
1	0-10	9,29	1,45	101,52	50,38	26,74
1	.10-20	9,91	1,45	102,32	50,57	28,49
1	20-30	11,36	1,46	104,27	51,05	32,56
Ortalama		10,19	1,46	102,70	50,67	29,26
Rep	Delinlik					
2	0-10	11,09	1,43	108,28	51,99	30,53
2	.10-20	13,05	1,52	100,64	50,16	39,53
2	20-30	14,97	1,76	76,69	43,40	60,85
Ortalama		13,04	1,57	95,20	48,52	43,64
Rep	Delinlik					
3	0-10	11,57	1,32	127,31	56,01	27,25
3	.10-20	9,67	1,47	98,93	49,73	28,67
3	20-30	12,64	1,46	108,20	51,97	35,42
Ortalama		11,29	1,42	111,48	52,57	30,45
Toplam Ortalam		11,51	1,48	103,13	50,58	34,45

EK 8 Pentasyon Ölçüm Değerleri





EK 9 Pulluklarda Toprak İşleme Derinliği Varyans Analiz Sonuçları

Dependent Variable: Toprak İşleme Derinliği

Source	Type III Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Intercept	179385,756	1	179385,756	11075,909	,000
	32,621	2,014	16,196 ^a		
Block	36,651	2	18,326	,822	,502
	89,238	4,003	22,291 ^b		
PullukTipi	196,510	2	98,255	4,917	,083
	80,398	4,024	19,981 ^c		
PullukTipi * Block	90,926	4	22,731	47,668	,000
	146,401	307	,477 ^d		
ViTes	52,688	2	26,344	55,243	,000
	146,401	307	,477 ^d		
PullukTipi * ViTes	75,416	4	18,854	39,536	,000
	146,401	307	,477 ^d		

a. ,881 MS(Block) + ,119 MS(Error)

c. ,876 MS(PullukTipi * Block) + ,124 MS(Error)

b. ,980 MS(PullukTipi * Block) + ,020 MS(Error)

d. MS(Error)