



## Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences

### Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi

## Kültivatör Kazayağı Uç Demirlerinin Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) İle Mukavemet Özelliklerinin Belirlenmesi

Aslan ŞAHİN<sup>1</sup>, Ebubekir ALTUNTAŞ<sup>1,\*</sup>, Umut GÜLEÇ<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat, Türkiye

### MAKALE BİLGİSİ

Makale Geçmişi:

Geliş tarihi: 30.01.2018

Kabul tarihi: 25.04.2018

Anahtar Kelimeler:

Toprak İşleme

Bilgisayar destekli analiz

Yer değiştirme

### ÖZET

Bu çalışmada, farklı firmaların (A, B, C ve D) imal ettikleri kültivatör kazayağı uç demiri tipleri üzerine uygulanan 6 farklı yük altında gerilme ve deformasyonlar (yer değiştirme) sonlu elemanlar metodu (SEM) ile SolidWorks programı kullanılarak incelenmiştir. Farklı kültivatör kazayağı uç demirleri sabit ayağa iki civatayla sabitlenirken, kesme yapan tek bir uç demiri yüzeyine 6 farklı statik yükleme senaryosu (S1, S2, S3, S4, S5 ve S6) uygulanmış ve sırasıyla 500 N, 1000 N, 1500 N, 2000 N, 2500 N ve 3000 N olarak dikkate alınmıştır. Bu çalışmanın sonucunda, S6 yükleme kuvveti altında kültivatör kazayağı uç demirleri için S6 yükleme kuvveti altında maksimum eşdeğer gerilme değerleri 76.135 MPa'dan 169.996 MPa'a kadar, deformasyonlar (yer değiştirmeler) ise 0.126 mm'den 0.232 mm'e kadar değişmiştir. En yüksek maksimum eşdeğer gerilme değeri B kazayağı uç demirinde bulunurken, en düşük deformasyon (yer değiştirme) ise diğer kazayağı uç demirleri arasında A kazayağı uç demirinde bulunmuştur. Maksimum eşdeğer gerilme değerleri kazayağı uç demirleri için, uç demiri malzemelerinin akma gerilme değerinden daha düşük olarak belirlenmiştir.

## Determination of the Strength Analysis of the Cultivator Duckfoot Shares with Finite Element Methods

### ARTICLE INFO

Article history:

Received date: 30.01.2018

Accepted date: 25.04.2018

Keywords:

Soil tillage

Computer aided design

Deformation

### ABSTRACT

In this study, the cultivator duckfoot types manufactured by different firms (A, B, C, and D) were examined. The stresses and deformations (displacements) of these cultivator shares applied under 6 different loads were investigated using the SolidWorks program with the finite element method (SEM). The different cultivator duckfoot shares were fixed from two holes with to the fixed leg and the six different static loading scenarios and forces (S1, S2, S3, S4, S5 and S6; S1=500 N, S2=1000 N, S3=1500 N, S4=2000 N, S5=2500 N, S6=3000 N) were applied to the cutter blade of cultivator shares, respectively. According to the results of this study, the maximum equivalent stress and the deformations (displacements) occurring on the cultivator duckfoot shares under S6 loading force were found from 76.135 to 169.996 MPa and from 0.126 to 0.232 mm, respectively. The highest maximum equivalent stress result was found in B duckfoot share, while the lowest deformation (displacement) result was found in A share among the duckfoot shares. The maximum equivalent stress values are less than the yield stress of share materials for duckfoot types of the cultivator.

\* Sorumlu yazar email: [ebubekir.altuntas@gop.edu.tr](mailto:ebubekir.altuntas@gop.edu.tr)

## 1. Giriş

Teknolojideki büyük ve hızlı değişimler, bilgiye ulaşmayı ve bilgiyi kullanmayı kolaylaştırmış, tarım makineleri imalat sektörü de bu durumdan olumlu şekilde etkilenmiştir. Ülkemizde tarım makineleri imalatçıların büyük bir bölümünün teknolojiyi kullanmada yetersiz kaldığı ve Araştırma Geliştirme (Ar-Ge) biriminin mevcudiyeti de gelişmiş ülkelere göre oldukça düşük düzeyde olduğu görülmektedir. İşletmelerin önemli bir bölümünde pazarlama sorunları olduğu ve geleceğe yönelik üretim planlarının olmadığı görülmektedir (Arın ve ark., 2010).

Toprak işleme aletlerinin çalıştığı toprak koşulunda işleyici organ olan uç demiri ile toprak arasında oluşan sürtünmeye; malzeme özellikleri, yüklenme durumu, ilerleme hızı, yüzey özelliği, toprak tipi ve toprak nem içeriği gibi çok sayıda faktör etkili olmaktadır (Metinoğlu ve ark., 2006). Kültivatör uç demirleri, TS 2384 standartlarına göre sertlik, yapılış, boyut-toleranslar ve malzeme yönünden standartlara göre yapılmalıdır (Babacan, 1995). Kültivatör uç demirlerinin işlevlerini yerine getirebilmesi için malzeme özellikleri ve mukavemet özelliklerinin bilinmesi, toprak işleme etkinliği ve performansı açısından büyük önem arz etmektedir. Kültivatörlerin en kritik organlarından birisi olan uç demirlerinin dar, kazayağı, üçgen vb. farklı geometrilerdeki imalatlarında; eski kamyon makasları, hurda gemi sacları ve imalat çeliği dışında imalatçılar ıslah ve sementasyon çeliğini de kullanabilmektedir (Güleç, 2012). Uç demirleri, bası, çeki, kesme, eğilme, burulma ve darbelene gibi kuvvetlere maruz kaldığı gibi aşımalara karşı da dirençli olmalıdır. Bilgi teknolojisi ve ilgili yazılım programlarının kullanımları ile imalatı yapılan farklı geometri ve malzemedeki tarımsal alet-makinalarının mukavemet ve deformasyon davranışları hesaplanabilmekte ve yorumlanabilmektedir.

Tarım makineleri imalatçıları ve tasarımcılar, toprak işleme aletleri ve özellikle kültivatör parçalarının (çatı, ayak, uç demiri vb.) toprak işleme sırasında üzerine gelebilecek kuvvet, gerilme (stress) ve deformasyonların (yer değiştirme) çalışma şartlarını simüle edebilmektedir. Bu simulasyonla tahmini hesaplamaların yapılması, imalatçıların bu bulguları kullanarak ekipman üzerinde imalat optimizasyonu yapması mümkündür. Sonlu Elemanlar Metodu (SEM), bir matematiksel model olup, karmaşık geometrik şekilli cisimler ve bu tür cisimlerin gerilme (stress) analizlerini, statik ve dinamik yükler altında değerlendirmesini yapabilmektedir (Makange ve ark., 2015). SEM yardımıyla, imalatta olabilecek yanlış konstrüksiyon ve malzeme kullanımının önüne geçilmesi mümkün olabilmekte, daha uzun ve verimli çalışan makina - parçaların tasarlanması mümkün olabilmektedir. İmalatta sağlanan tasarım optimizasyonu, ülke ekonomisine önemli katkılar sağlanabilmekte ve imalatta kayıpların

önüne geçilebilmesi mümkün olmaktadır. Sonlu Elemanlar Metodu (SEM)'nin bir çok tarım alet-makinasında mukavemet analizi için kullanıldığı görülmektedir. Örneğin; pulluk deve boynu (Zeytinoğlu, 2002; Gürsel ve ark., 2005), dipkazan (Çelik ve ark. 2008), rotovatörde kullanılan grup dişlileri (Topakcı ve ark., 2008), yaylı tip toprak işleme aleti ayakları (Polat, 2012), çapa makinası bıçağı (Gök ve ark., 2012) ve rotovatör bıçakları (Mandal ve ark., 2013) gibi bir çok toprak işleme alet ve makinalarının yapısal ve işlevsel elemanlarında sonlu elemanlar metodu ile mukavemet analizleri yapılarak tasarım değerlendirmesinde bulunulmuştur.

Kültivatör konusunda SEM ile dayanım analizlerinin yapıldığı çalışmalar (Makange ve ark., 2015), (Çelik ve ark. 2007), (Polat, 2012), (Polat ve ark. 2012) da bulunmaktadır. Kültivatörlerin yapısal özellikleri ve uç demirlerinin SEM ile dayanım (gerilme) ve deformasyon (yer değiştirme) analizlerine yönelik kısmi çalışmalar olsa da, farklı malzemelerden yapılmış, farklı geometri ve ölçüdeki kültivatör uç demirlerinin SEM ile mukavemet analizlerinin birlikte incelendiği çalışmalar literatürlerde bulunamamıştır. Bu çalışmada, yöresel olarak Tokat çevresinde yer alan Amasya ve Çorum illerindeki tarım makineleri imalatçıları tarafından yapılan ve yöre çiftçileri tarafından kullanılan kazayağı uç demirli kültivatörlerin SolidWorks programı ile katı modelleri çizilerek, mukavemet analizleri Sonlu Elemanlar Metodu (SEM) ile farklı yüklenme (senaryo) koşullarında belirlenmiştir.

## 2. Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, Güleç (2012) tarafından yapılan tezde yer alan Amasya ve Çorum yöresinde kültivatör imalatı yapan 4 farklı imalatçının imal ettikleri kazayağı uç demirleri araştırma materyali olarak kullanılmıştır. Bu çalışmada, araştırma materyali olarak kullanılan 4 adet kültivatör kazayağı uç demirlerine ait teknik ölçüler ve malzeme özellikleri sırasıyla Şekil 1 ve Çizelge 1'de verilmiştir (Güleç, 2012). Kültivatör kazayağı uç demirlerinin mukavemet analizleri için sonlu elemanlar metodu uygulamasındaki yapılan işlem aşamaları; üç boyutlu modellemesi (Şekil 2) ve malzeme tanımlaması, uç demirlerinin mukavemet analizi ve analiz sonuçlarının değerlendirilmesi olarak yapılmıştır (Solidworks, 2016).

Katı modellemesi yapılan kültivatör kazayağı uç demirlerinin SolidWorks programı ile simülasyon ortamında SEM (Sonlu Elemanlar Metodu) farklı çalışma koşulu ve yüklenme durumları literatür çalışmaları da incelenerek belirlenmiş, 6 farklı yüklenme senaryosu oluşturulmuştur. Bu amaçla, simülasyonda sırasıyla malzeme seçimi, bağlantı elemanları, yüklenme koşulları, sonlu elemanlara ayırma işlemleri statik analiz ortamında tanımlanmıştır.

## Çizelge 1

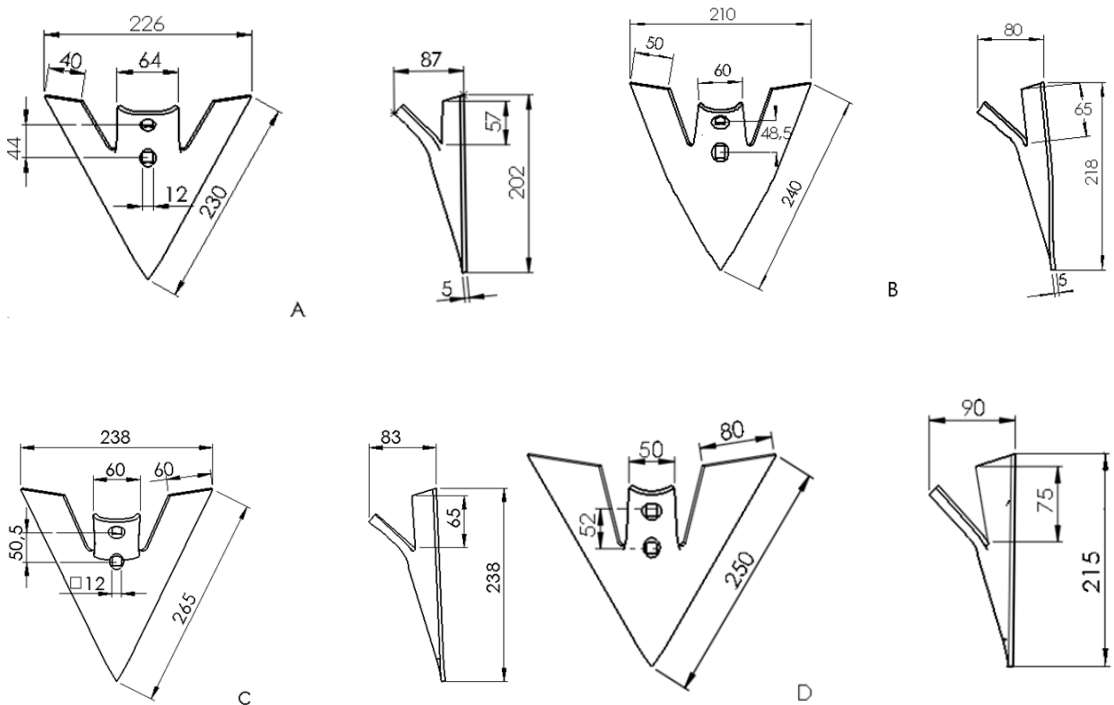
Araştırmada kullanılan kültivatör uç demiri ve kazayağı uç demirlerinin malzeme kodları ve malzeme özellikleri

Firma	Malzeme No ve tipi (DIN)	Malzeme Özellikleri				
		Akma Mukavemeti (MPa)	Çekme Mukavemeti (MPa)	Elastisite Modülü (GPa)	Yoğunluk (kg/m <sup>3</sup> )	Poisson oranı
A	1.0528 * C30(*) Islah Ç.	350.0	625.0	214	7850	0.28
B	1.0601 C60 Islah Ç.	673.0	866.7	214	7850	0.28
C	1.0528 C30 Islah Ç.	350.0	625.0	214	7850	0.28
D	1.0301 C10 Semantasyon Ç.	367.0	509.8	214	7850	0.28

(\*) Malzeme kodu ve malzeme özelliklerine ait değer katalogtan alınmıştır. Diğer malzemeler, SolidWorks program kütüphanesinden alınmıştır.

## Şekil 1

4 farklı firmanın imal ettiği kültivatör kazayağı uç demirlerinin konstrüktif özellikleri

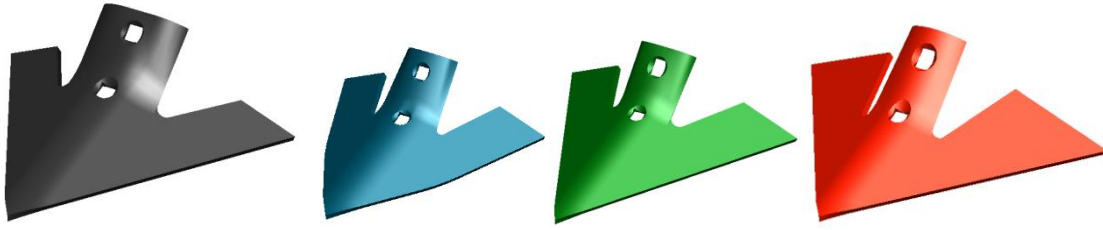


Kazayağı uç demirlerinin statik analiz işleminde, kültivatör ayağına bağlantısı için uç demirlerinin delik ölçülerine uygun olan 7/16 inç (11 mm) ölçüsünde havşa başlı özel bıçak civatası (DIN 605) için 30 N m döndürme moment değeri kullanılmıştır. Literatürler incelenerek ve kültivatörde bir uç demiri için uygulanan yük (çeki kuvveti), toprak yapısına ve çeki hızına göre değişkenlik gösterecek şekilde farklı yüklenme senaryosu koşulları sırasıyla; S1=500 N, S2=1000 N, S3=1500 N, S4=2000 N, S5=2500 N, S6=3000 N olarak çalışmada dikkate alınmıştır (Alkan ve Bayhan, 2003; Gürsel ve Köftecioglu, 2006; Çelik ve ark. 2007; Çelik ve ark. 2008; Topakcı ve ark. 2010; Shinde ve ark. 2011; Gök ve ark. 2012; Polat ve ark. 2012; Shin-

de ve Kajale, 2012; Mandal ve ark. 2013; Makange ve ark., 2015). Çalışmada, kültivatör kazayağı uç demirleri modellerinin sonlu elemanlara (küçük elemanlara bölünmesi; meshlemesi), yani modelin en uygun olan küçük parçalara ayrılma tarzı tespit edilmiştir. Bu işlemden kazayağı uç demirleri için orta seviye eğrilik tabanlı mesh uygulaması yapılmıştır (Şekil 3a).

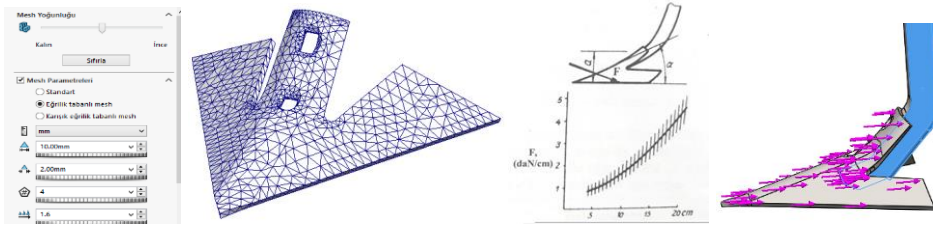
Şekil 2

Kültivatör kazayağı uç demirlerinin katı model çizimleri ve aralarındaki şekilsel ve açısal farklar



Şekil 3

Kültivatör kazayağı uç demirlerinde Meshleme çalışması, kuvvet dağılımları



a)

b)

c)

Yükleme senaryo koşullarında gerilme analizlerinde, kültivatör sabit ayağı için 30x30x200 mm ölçülerinde bir parça kullanılmış, bu parça analiz çalışmalarının dışında tutulmuş, değişmez şekil olarak tanımlanmıştır. Analiz sonuç resimlerinde, bağlantı deliklerinde oluşan gerilmelerin görülebilmesi ve değerlendirilebilmesi için civata gösterimleri gizlenmiştir.

Kültivatörle çalışmada bileşke toprak direncinin düşey bileşeni ( $F_y$ ), ayağı toprağa doğru batmaya zorlayarak iş derinliğini arttırmaya çalışır. Yatay bileşeni ( $F_x$ ) ise uç demirinin ilerlemesini güçleştirir. Bileşke toprak direncinin yatay bileşeni, çeki kuvveti tarafından karşılanır (Gökçebay, 1986) (Şekil 3 b). Her bir kültivatör kazayağı uç demiri için 6 farklı yüklenme senaryosu (S1, S2, S3, S4, S5, S6) ilerleme yönüne ters yönde ve ayak uç demirlerinden uygulanmıştır. Kültivatörlerin çalışması sırasında uç demiri göğüs açısından kaynaklanan yatay yöndeki kuvvetlere oranla düşey yöndeki kuvvetlerin çok küçük olmasından dolayı gerilme ve yer değiştirme analizinde düşey yöndeki kuvvetler ihmal edilmiş, yatay yöndeki kuvvet bileşeni çeki kuvveti olarak dikkate alınmıştır (Şekil 3c).

### 3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

#### 3.1. Gerilme analiz sonuçları

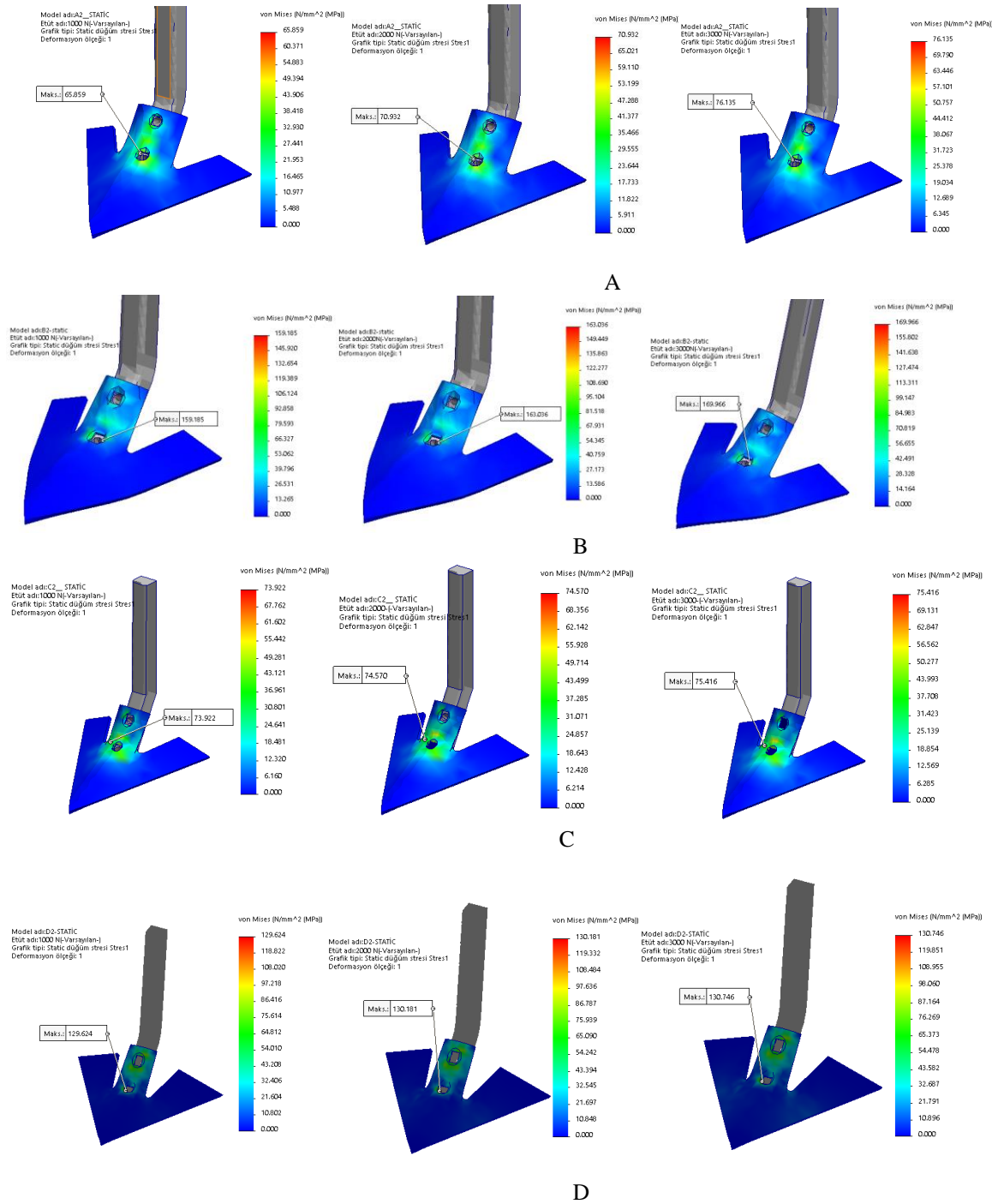
A, B, C ve D firmalarının kültivatör kazayağı uç demirlerinin çalışma koşullarının simüle edildiği 6 farklı yüklenme senaryosu durumu için analizler ayrı ayrı yapılmış olup, A, B, C ve D firmalarına ait kaza-

yağı uç demiri için tüm yüklenme durumları analiz edilmiş, şekilsel gösterimler S2, S4 ve S6 yüklenme durumlarındaki gerilmeler, Şekil 4'de verilmiştir. S2, S4 ve S6 yüklenme koşullarında kazayağı uç demirinin statik gerilme analiz sonucu maksimum değerleri A uç demiri için sırasıyla 65.859 MPa, 70.932 MPa ve 76.135 MPa, B uç demiri için sırasıyla 159.185 MPa, 163.036 MPa ve 169.966 MPa, C uç demiri için sırasıyla 73.922 MPa, 74.570 MPa ve 75.416 MPa, D uç demiri için sırasıyla 129.624 MPa, 130.181 MPa ve 130.746 MPa olarak belirlenmiştir (Şekil 4). Yüklenme artışlarına bağlı olarak A, B, C ve D kazayağı uç demirlerinde gerilme değerlerinde bir artış söz konusu olmuştur. Her bir firmaya ait kazayağı uç demiri için yüklemelerde maksimum gerilmelerin olduğu bölgeler her üç yüklenme senaryo koşulları için uç demirinin alt bağlantı civata bölgesinde olduğu görülmüştür. Alt civata bağlantı bölgesi, kazayağının en fazla gerilmeye maruz kaldığı yer olup, uygulanan kuvvetlerin karşılandığı ve kültivatör gövdesini oluşturan sabit taşıyıcı ayağa aktarıldığı bölümün içerisinde yer almıştır.

Çalışmada farklı malzeme ve farklı şekil ve geometrisi olan A, B, C ve D kazayağı uç demirlerinin 6 farklı yüklenme senaryosundaki eşdeğer gerilme değerleri ile emniyet katsayıları Çizelge 2'de verilmiştir.

## Şekil 4

A, B, C ve D firmalarına ait kazayağı uç demiri için tüm yüklenme durumlarındaki gerilme analiz sonuçları



Tüm çalışmada incelenen kazayağı uç demirlerinin eşdeğer gerilme değerleri, akma mukavemeti değerleri açısından incelendiğinde, Çizelge 1’de verilen kazayağı uç demirleri malzemelerinin akma mukavemeti değerlerinden daha düşük değerler verdiği, farklı yüklenme çalışma koşullarında kazayağı uç demirlerinin hasara uğramadan çalışabileceği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, kazayağı uç demirlerine farklı yüklemeler sonrası mey-

dana gelen eşdeğer gerilme (stress) arasındaki ilişkiler regresyon analizleriyle incelenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 2

Kazayağı uç demirlerinin 6 farklı statik yüklenme senaryosundaki maksimum gerilme analiz sonuçları

YÜK (Kuvvet) (N)	GERİLME (Stress, Von Mises) (MPa)			
	A	B	C	D
S1	63.397	155.327	73.665	129.344
S2	65.859	159.185	73.922	129.624
S3	68.381	162.1740	74.224	129.913
S4	70.932	163.036	74.570	130.181
S5	70.513	166.311	74.964	130.465
S6	76.135	169.996	75.416	130.746
$\sigma_{akma}$	350.0	673.0	350.0	367.0
$K_{em}$ (S6 için)	4.60	3.96	4.64	2.80

Çizelge 3

Kazayağı uç demirlerinin uygulanan kuvvet ile maksimum eşdeğer gerilme sonuçları arasındaki lineer regresyon eşitlikleri

Kazayağı uç demiri	Regresyon denklemi	Regresyon katsayısı ( $R^2$ )
A	$\sigma_{eşdeğer} = 61.183 + 2.2915 F^*$	93.46
B	$\sigma_{eşdeğer} = 153.11 + 2.731 F$	97.86
C	$\sigma_{eşdeğer} = 73.237 + 0.3493 F$	99.00
D	$\sigma_{eşdeğer} = 129.07 + 0.280 F$	99.99

\* F: uygulanan kuvvet (yük)

İlişkiler lineer olarak tanımlanmış ve istatistiksel olarak oldukça önemli çıkmıştır. Uygulanan yük (kuvvet) ve eşdeğer gerilmeler arasında regresyon katsayısı  $R^2=93.46-99.99$  aralığında bulunmuştur. A, B, C ve D kazayağı uç demirlerinin yük (kuvvet) değerlerine göre gerilme değerlerinde artışlar gözlenmiştir (Çizelge 2). En düşük gerilme değerlerinin A kazayağı uç demirinde olduğu, en yüksek gerilme değerinin ise B kazayağı uç demirinde olduğu gözlenmiştir. Gerilme değerlerinin her bir kazayağı uç demirinde farklı sonuçlar vermesi, kazayağı uç demirlerinin D haricindekilerin ıslah çeliği olarak belirlenmiş olmasına rağmen, uç demirlerinin farklı şekil ve geometriden kaynaklandığı düşünülebilir.

Bir araştırmada, 7 ayaklı bir çizelin çalışma koşullarının simüle edildiği ve 3450 N'luk bir yük altında gerilme değerlerinin kullanılan malzemenin akma mukavemeti alt sınırında olduğu ve en yüksek gerilme değerinin tüm çizel konstrüksiyon yapısı için ayak bölgesinde ve ön bağlantı civatasında 167.17 MPa olarak bulunduğu, Çelik ve ark. (2007) tarafından açıklanmıştır. Dipkazanların optimum geometri parametrelerini belirlemek amacıyla gerilme analizleri için yapılan simülasyon çalışmaları sonucu, maksimum eşdeğer

gerilme değerinin 432.49 MPa olarak bulunduğu, Topakçı ve ark. (2010) tarafından açıklanmıştır. AnsysWorkbench programıyla çapa makinası bıçağı üzerine uygulanan 5 farklı yük (300-400-500-600-700 N) altında oluşan gerilme ve deformasyonların incelendiği çalışmada, 700 N kuvvet uygulanmasında eşdeğer gerilme değerinin 555 MPa olduğunu ve bu değer kullanılarak malzemenin akma dayanım sınırını aştığı, Gök ve ark. (2012) tarafından açıklanmıştır. Bu çalışmada, kazayağı uç demirlerinin S2, S4 ve S6 yüklenme senaryolarındaki maksimum eşdeğer gerilme değerleri (76.135 MPa-169.966 MPa), Çelik ve ark. (2007) tarafından belirtilen değerler arasında bulunmuştur.

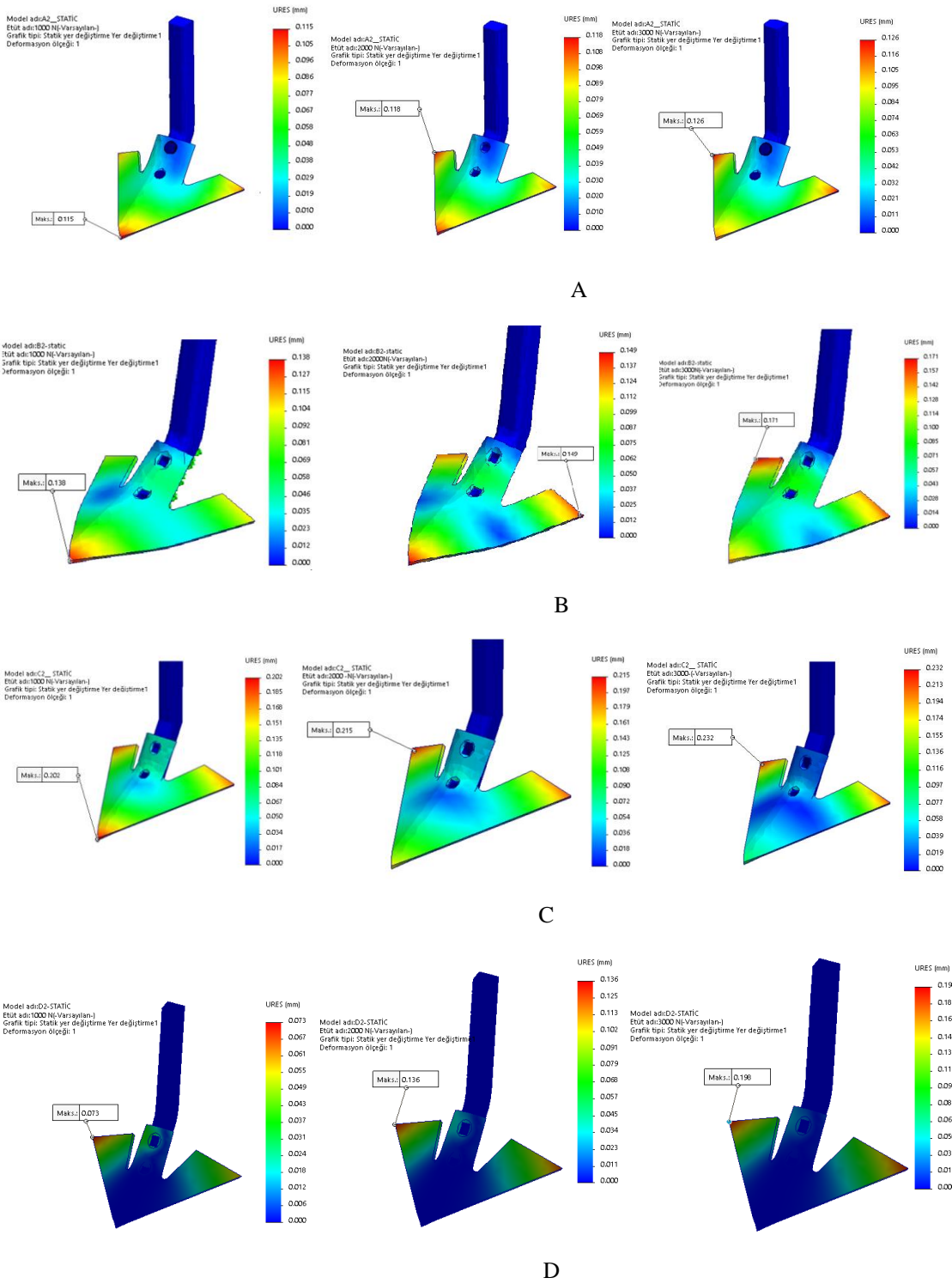
### 3.2. Yer değiştirme (deformasyon) analizi sonuçları

A, B, C ve D imalatçı firmalarının kültürör dar uç demirlerinin çalışma koşullarının simüle edildiği durumlardaki her bir yüklenme (S1, S2, S3, S4, S5, S6) durumu için yer değiştirmeler analizler edilmiş ve sonuçlar S2, S4 ve S6 yüklenme durumlarındaki Şekil 5'de verilmiştir. S2, S4 ve S6 yüklenme koşullarında A kazayağı uç demirinin statik yer değiştirme analiz sonucu maksimum yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.115 mm, 0.118 mm, 0.126 mm olarak belirlenirken, B kazayağı uç demirinin statik analiz sonucu yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.138 mm, 0.149 mm ve 0.171 mm; C kazayağı uç demirinin statik analiz sonucu yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.202 mm, 0.215 mm ve 0.232 mm olarak ve D kazayağı uç demirinin statik analiz sonucu yer değiştirme değerleri sırasıyla 0.073 mm, 0.136 mm ve 0.198 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 5). 4 farklı firmanın imal ettikleri kazayağı uç demirlerinde yüklenme senaryosunda kuvvet artışına bağlı olarak uç demirlerinin herbirinde yer değiştirme değerlerinde bir artış görülmüştür. Her bir kazayağı uç demiri tipi için, yüklenme koşulları değişiminde en düşük yük ile en yüksek yük sonucu oluşan yer değiştirme durumu bölgesel olarak farklılık gösterdiği maksimum yer değiştirmelerin uç demiri burun kısmında veya kanat uçlarında meydana geldiği görülmüştür. Kazayağı uç demirlerinin farklı kanat yapısına sahip olmalarından dolayı, uygulanan kuvvetlere karşı tepkisi, kanat yapısının veya uç yapısının bağlantı noktasına olan uzaklığıyla değişmektedir. A, B, C ve D kazayağı uç demiri tiplerine sahip farklı geometri, açı ve şekildeki kültürörlerde uç demirine maksimum düzeyde uygulanan S6 statik yüklenme sonucu oluşan ortalama yer değiştirme (URES) değerleri sırasıyla 0.126 mm, 0.171 mm, 0.232 mm ve 0.198 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 5). C uç demiri, diğer uç demirlerine göre maksimum S6 yük koşulunda en fazla yer değiştirme değerine sahip olurken, D uç demiri 0.198 mm değeriyle bu değere yakın değer vermiştir. A2 dar uç demiri ise, en düşük yer değiştirme değerine sahip olan uç demiridir.



## Şekil 5

Farklı firmaların kazayağı uç demirlerine gelen maksimum yüklerdeki statik yer değiştirme analiz sonuçları



## Çizelge 4

Kültivatör kazayağı uç demirlerinin 6 farklı yüklemeye senaryosundaki maksimum yer değiştirme analiz sonuçları

YÜK (Kuvvet) (N)	YER DEĞİŞTİRME (Ortalama yer değiştirme, URES) mm			
	A	B	C	D
S1	0.115	0.115	0.197	0.042
S2	0.115	0.138	0.202	0.073
S3	0.116	0.142	0.208	0.105
S4	0.118	0.149	0.215	0.136
S5	0.122	0.159	0.223	0.167
S6	0.126	0.171	0.232	0.198

## Çizelge 5

Kazayağı uç demirlerinin uygulanan kuvvet ile maksimum yer değiştirme sonuçları arasındaki lineer regresyon eşitlikleri

Kazayağı uç demiri	Regresyon denklemi	Regresyon katsayısı (R <sup>2</sup> ), (%)
A	$D_f = 0.1109 + 0.0022 F^*$	87.50
B	$D_f = 0.1107 + 0.010 F$	94.94
C	$D_f = 0.1883 + 0.0070 F$	98.92
D	$D_f = 0.0043 + 0.0248 F$	96.53

\* F : uygulanan kuvvet (yük)

4 farklı firmaya ait kazayağı uç demirlerinin 6 farklı yüklemeye (S1, S2, S3, S4, S5, S6) koşullarındaki yer değiştirme (deformasyon) değerlerine ait analiz sonuçları, Çizelge 5'te verilirken, farklı yüklemeler ile meydana gelen yer değiştirmeler (deformasyon) arasındaki ilişkilere ait regresyon analizleri Çizelge 6'da verilmiş olup, sonuçlar istatistiksel olarak oldukça önemli çıkmıştır. Kuvvet ve deformasyon arasında regresyon katsayısı  $R^2=87.50-98.92$  aralığında bulunmuştur. A, B, C ve D kazayağı uç demirlerinin yük (kuvvet) değerlerine göre yer değiştirme (deformasyon) değerlerinde genel olarak artışlar gözlenmiştir (Çizelge 4). En düşük yer değiştirme değerlerinin S6 yüklemeye sonucu A kazayağı uç demirinde olduğu, en yüksek yer değiştirme C kazayağı uç demirinde olduğu gözlenmiştir. Yer değiştirme (deformasyon) değerlerinin her bir kazayağı uç demirinde gerilme değerlerindeki benzer şekilde farklı sonuçlar vermesi, kazayağı uç demirlerinin D hariç diğerlerinin ıslah çeliği olarak belirlenmiş olmasına rağmen, uç demirlerinin farklı şekil ve geometrisinden kaynaklandığı düşünülebilir.

Topakci ve ark. (2010), dipkazanların sonlu elemanlar analizinde maksimum eşdeğer yer değiştirme değerini 18.116 mm olarak elde etmişlerdir. Maksimum gerilmenin malzeme akma noktasının üzerinde olduğundan dolayı uç demiri üzerinde plastik defor-

masyon olduğu ve yer değiştirmenin de uç demiri uç kısmında olduğunu açıklamışlardır. Dipkazan için optimizasyon çalışmasında uç demiri son tasarımında 346.61 MPa maksimum global gerilme ve 12.116 mm maksimum yer değiştirme değeri olacak şekilde dipkazan toplam kütlelerinin %2.01 oranına eşdeğer olarak 0.367 kg azalmanın sağlandığını açıklamışlardır. Shinde ve ark. (2011), rototillerin genel yapısal ve özel olarak bıçaklar için değerlendirmesinde; maksimum deformasyon Vektör Sum değerinin bıçak ağzında maksimum olduğunu, 35 BG traktör için sırasıyla 6.757 mm ve 45 BG traktör gücü için 7.893 mm olduğunu açıklamışlardır.

## 4. Sonuç ve Öneriler

Kültivatör kazayağı uç demirlerinin farklı geometri, açı ve şekilde olan A, B, C ve D kazayağı uç demirlerine maksimum düzeyde uygulanan S6 statik yüklemeye sonucu oluşan eşdeğer gerilme değerleri 75.416 MPa - 169.966 MPa aralığında bulunmuştur. Kazayağı uç demirlerinde maksimum eşdeğer gerilmelerinin genelde bağlantı bölgelerinde olduğu gözlenmiştir. Çalışmada analiz edilen kazayağı uç demirlerinin S6 maksimum yüklemeye koşulundaki, maksimum gerilme sonuçları dar uç demirlerinde olduğu gibi uç demirleri malzemelerinin akma gerilme sınır değerlerinin altında olduğu gözlenmiştir. A, B, C ve D kazayağı uç demiri tiplerine S6 yüklemeye sonrası oluşan yer değiştirme değerleri ise dar uç demirlerine göre daha düşük değerde ve 0.126 mm - 0.232 mm aralığında bulunmuştur. Kazayağı uç demirlerindeki eşdeğer gerilme sonuçları dikkate alındığında, projeksiyon alanı az olan malzeme gerilme fazla olabilmekte, ayrıca malzemenin diğer özellikleri (akma gerilmesi, poisson oranı vb.) bu genellemeye aykırı sonuçların oluşmasına neden olabileceği söylenebilir. Kültivatörler, değişik toprak koşullarında ve değişik çalışma hızlarında çeki kuvvetine bağlı olarak farklı yükler ile yüklenmekte olup, imalatlarında farklı malzemeler ve farklı geometrilerinden dolayı kullanılmaları için malzeme etüdü ve seçiminin yapılması gereklidir. İmalatçıların tasarımında sonlu elemanlar metodu ile elde ettikleri bu statik gerilme ve yer değiştirme analiz sonuçlarını kullanarak, tüketici durumunda olan çiftçilerin daha uygun özellikte makina kullanmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda optimal bir malzeme seçimiyle imalatçıların imal ettikleri kültüratörde imalat maliyetini azaltmaya, ağırlık azalmasına yönelik tedbirlerin alınmasına, daha az çeki gücü ile enerjinin daha etkin kullanımına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

## 5. Kaynaklar

Alkan V, Bayhan Y (2003). Çekilir tip tarım alet ve makinaların çeki kuvvetinin belirlenmesinde bilgisayar destekli ölçme sisteminin kullanılması. Trakya Üniversitesi. J Sci, 4(2): 195-202.



- Arın S, Coşkun M.B, Durgut M.R, Yalçın İ, Kılıç E, Okur E (2010). Tarım makinaları imalat sektörü ve AB içinde geleceği, Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11–15 Ocak, 1029-1035, Ankara.
- Babacan, A. (1995). Trakya bölgesinde imal edilen kulaklı pulluk uç demirlerinde malzeme özelliklerinin saptanması ve standartları ile karşılaştırılması üzerine bir araştırma. (Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi), Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Çelik H K, Topakçı M, Yılmaz D, Akıncı İ (2007). Çizelin yapısal ve işlevsel elemanlarında sonlu elemanlar yöntemi ile mukavemet analizi, Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 3(2): 111-116.
- Celik H.K, Topakci M, Canakci M, Akinci I (2008). Structural strength analysis of a subsoiler with finite element method. 5<sup>th</sup>. Interantional Soil Conference ISTRO Czech Branch-Brno, p. 15-21.
- Gök K, Aydın M, Gök A (2012). Sonlu elemanlar yöntemi kullanılarak çapa makinesi bıçağının statik analizi. Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi, 9 (4): 45-51.
- Gökçebay B (1986). Tarım Makinaları I. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 979, Ders Kitabı: 289, Ankara.
- Güleç U (2012). Farklı Tip Kültivatör Uç Demirlerinin Malzeme Özelliklerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Tezi, Tokat.
- Gürsel K.T, Köftecioglu E.Y (2006). İki soklu kulaklı pulluk elemanlarının yapısal analizi. Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 2006/3: 46-55.
- Makange N.R, Parmar R.P, Tivari V K (2015). Stress analysis on tine of cultivator using finite element method, Trends in Biosciences 8(15): 3919-3923.
- Mandal S.K, Bhattacharya B, Mukherjee S (2006). Optimization of Design Parameters for Rotary tiller's Blade. Proceedings of the 1st International and 16th National Conference on Machines and Mechanisms (iNaCoMM2013), IIT Roorkee, India, Dec 18-20 2013.
- Metinoğlu F, Çakmak B, Balcı Y, Ulusoy M.E (2006). Toprak işleme alet ve makinelerinde iş organlarının aşınmasının yakıt, güç ve zaman gereksinimi üzerindeki etkisi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2 (2): 173-179.
- Polat O (2012). Yaprak yayların bilgisayar destekli yorulma analizi. (Yüksek Lisans tezi), Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı, 82 s. Balıkesir.
- Polat O, Balıkoğlu F, Arslan N (2012). Tiller tipi külvi-tatör ayaklarının bilgisayar destekli yorulma analizi, 3. Ulusal Tasarım İmalat ve Analiz Kongresi, 29-30 Kasım 2012, 321-329. Balıkesir.
- Shinde G.U, Potekar J.M, Shinde R.V, Kajale S.R (2011). Design Analysis of Rotary Tillage Tool Components by CAD-tool: Rotavator. 2011 International Conference on Environmental and Agriculture Engineering, IPCBEE, Vol.15, Singapore.
- Shinde G.U, Kajale S R (2012). Design optimization in rotary tillage tool system components by computer aided engineering analysis. International Journal of Environmental Science and Development, 3(3): June 2012.
- Solidworks (2016).  
<http://help.solidworks.com/2016/Turkish>
- Topakci M, Celik H K, Yılmaz D, Akıncı I (2008). Strees analysis on transmission gears of a rotary tiller using finite element method. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2): 155-160.
- Topakci M, Celik H K, Canakci M, Rennie A E W, Akinci I, Karayel D (2010). Deep tillage tool optimization by means of finite element method: Case study for a subsoiler tine. Journal of Food, Agriculture & Environment, 8(2): 531-536.
- Zeytinoğlu M (2002). Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Pulluk Deve Boynunun Mukavemet Analizi Üzerine Bir Araştırma. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(2): 169-176.