

## Çizelin Yapısal ve İşlevsel Elemanlarında Sonlu Elemanlar Yöntemi ile Mukavemet Analizi

**H.Kürşat ÇELİK, Mehmet TOPAKCI, Deniz YILMAZ, İbrahim AKINCI**  
Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü, ANTALYA  
iakinci@akdeniz.edu.tr

**Özet:** Kulaklı pulluklara alternatif olarak kullanılan çizel, kısmen derin toprak işleme için kullanılan dar uç demirli bir alettir. Birincil toprak işleme aletlerinden olan çizeller toprağı keskin kenarları boyunca keserek ve toprağı devirmeden işleyen alet grubunda yer alır. Bu çalışmada 7 ayaklı bir çizel aletinin yapısal ve işlevsel elemanlarının toprak işleme sırasındaki çalışma koşulları 3 boyutlu simüle edilmiştir. Modelleme sonrası bir sonlu elemanlar yöntemi paket yazılımı ile çizelin çalışması sırasında yapısında meydana gelen gerilme dağılımları incelenmiştir. Simülasyon sonrası çizel aleti, kullanılan malzemenin akma mukavemeti değeri baz alınarak değerlendirilmiş ve hasara uğramadan çalışabildiği gösterilmiştir. Kısmi bölgelerde ve civata-somun bağlantılarında gerilme yığılmalarına rastlanmıştır. Bu bölgeler gerçekleştirilen simülasyon ile ayrı ayrı gösterilmiş ve özellikle gövde ve diğer bağlantı-destek elemanlarının çalışma emniyet katsayıları hesaplanmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Çizel aleti, Parametrik tasarım, Sonlu elemanlar, Gerilme analizi

### Strength Analysis on the Constructional and Operational Components of a Chisel Using Finite Element Method

**Abstract:** A chisel with narrow shares is used for primary tillage as alternative to a plough. Chisels shatter, mix and aerate the soil without inverting or with little inversion. In this study, a chisel equipped with seven shanks as soil engaging tools with replaceable points was modeled and simulated under load. The simulation based study was conducted in 3D using Finite Element Method. For this purpose, a commercial Finite Element Code was used and the stresses on constructional and operational components of the chisel were obtained. Based on the results from the simulation, the chisel was evaluated according to the yield strength of the materials and it was concluded that the chisel can operate without failure under the defined loading conditions. The distribution of stresses was found to intensify on some sections of chisel construction and bolt connections and these sections were identified in the study.

**Keywords:** Chisel, Parametric design, Finite element method, Stress, Strength

### GİRİŞ

Toprak sıkışmasının oluşturduğu bazı olumsuzluklar, dipkazan ile toprağın gevşetilerek havalanması ve pulluk taban taşının kırılması ile giderilmektedir. Diğer yandan, toprakta oluşan sert katmanın kısmen bozulması, çizel aletiyle sağlanmaktadır. Böylece, yetiştirilen kültür bitkilerinin kökleri daha derinlere kadar yayılarak ve kök bölgesi havalandırılarak, bitki gelişimi iyileştirilmekte ve ürün verimi artırılmaktadır (Topakçı, 2004).

Toprak işleme aşamalarından olan tohum yatağı hazırlığında, toprağın alt üst edilmesinde ve toprağın havalandırılmasında genellikle kulaklı pulluk kullanılmaktadır. Son yıllarda, daha az enerji ihtiyacı ve işlem sayısı nedeniyle I. ürün, II. ürün ve örtü altı

yetiştiriciliğinde kulaklı pulluk yerine, çizel aleti tercih edilmektedir. Ayrıca çizel, 30-40 cm iş derinliği ile toprak sıkışıklığının sorun olduğu yerlerde, alternatif bir çözüm olarak kullanılmaktadır (Yalçın ve ark., 1997; Topakçı, 1998).

Çizel aleti dar uç demirli olup, toprağı derin ve devirmeden işleyen birincil toprak işleme aletlerinden biridir (Özmerzi, 2001). Çizel, toprağı keskin kenarları boyunca keser ve toprağı devirmeden işler. Toprak işleme sırasında ayaklar, gövde ve diğer bağlantı-destek elemanları üzerinde yüksek kuvvet dağılımları ortaya çıkmaktadır. Bu kuvvetlerin etkisi ile makina elemanları kırılmakta veya aşırı deformasyona uğrayarak kullanılmaz hale gelmektedir.

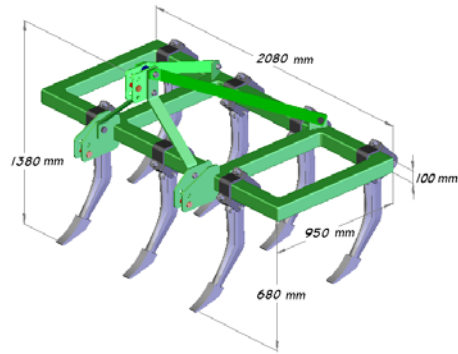
Makina imalatçıları, uygulama koşullarında meydana gelebilecek olası hasarları önlemek için, makina tasarımlarında güvenlik katsayıları yüksek malzemeler kullanmakta veya kullanılan malzemenin kalınlıklarını artırmaktadırlar. Bu önlemler, makina elemanlarının hasara uğramadan çalışmasını sağlamakla birlikte, ağırlık ve maliyet artışlarına neden olmaktadır.

Sorunsuz olarak çalışan birçok tasarım ürünü olabilir. Ancak, bu konuda temel amaç, en iyi olarak tarif edilen değerlerin karşılandığı tasarımı elde etmektir. Burada "en iyi" kavramı tasarlanan bir sistemin çalışma şartlarına göre en az masrafla, en çok iş görebilirliği olarak tanımlanabilir (Çelik, 2006). Bu amaç doğrultusunda yapılan denemeler ve prototip çalışmalar, makina imalatçıları için aşırı maliyet ve çok fazla zaman almaktadır. Teknolojinin ve buna entegre edilen tasarım yazılımlarının geliştirilmesi ile birlikte, ilgili tasarımlar ve ar-ge çalışmaları sanal ortamlarda yapılır hale gelmiştir. Tasarımcı artık sanal ortamda alet-makina tasarımlarını gerçekleştirebilmekte ve çalışma koşullarını gerçeğine uygun şekilde simüle edebilmektedir. Yapılan bu simülasyonlarla tasarımın eksik görülen yönleri, imalata geçilmeden önce değerlendirilmektedir. Böylece, önceden kolayca gözlenemeyen tasarım ve imalat hataları da önlenebilmektedir. Alet-makina tasarımları için sanal ortamda kullanılan yöntemlerin başında, üç boyutlu katı modelleme uygulamaları ve sonlu elemanlar yöntemi gelmektedir. Ülkemizde ve dünyada bu yöntemlerin kullanımı, özellikle imalat sanayinde oldukça yaygınlaşmıştır.

Değirmencioğlu ve ark. (1998), pulluklar üzerinde yaptığı modelleme ve simülasyon çalışmasında 3 soklu bir pulluğu modellemiş, sonlu elemanlar yöntemi ile aletin yük altındaki davranışını incelemiş ve malzemedeki tasarruf yönünde analizler yapmıştır. Benzer şekilde Gürsel ve ark. (2005), 3 soklu pulluklar üzerine yaptığı mukavemet analizinde, sonlu elemanlar yöntemi ile gerçekleştirilen simülasyon sonuçlarını, deneysel çalışma sonuçlarıyla kıyaslamıştır.

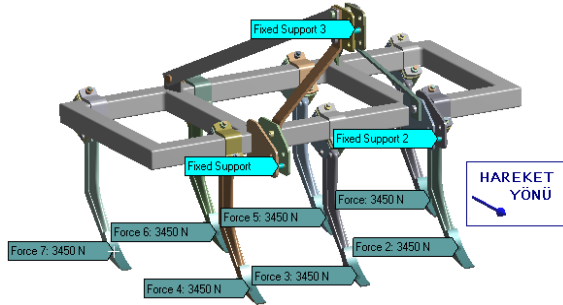
## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada, yerli bir firma tarafından tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen ve gövde profil boyutu 100x100x10 mm olan 7 ayaklı bir çizel aleti, Solidworks parametrik katı model yazılımı kullanılarak 3 boyutlu olarak modellenmiştir (Şekil 1). Modelleme sonrası çizel aletinin çalışma şartları simüle edilmiş ve çizel üzerinde meydana gelen gerilme dağılımları, bir sonlu elemanlar paket yazılımı olan Ansys Workbench kullanılarak incelenmiştir. Gerçek çalışma koşullarını olabildiğince elde etmek için, tüm çizel elemanları modellenmiş ve gerilme analizleri yapılmıştır. Analizler, 3 boyutlu lineer statik olarak gerçekleştirilmiştir. Gerilme analizlerine ilişkin şekiller, Ansys Workbench paket yazılımının orijinal çıktıları olarak verilmiştir.

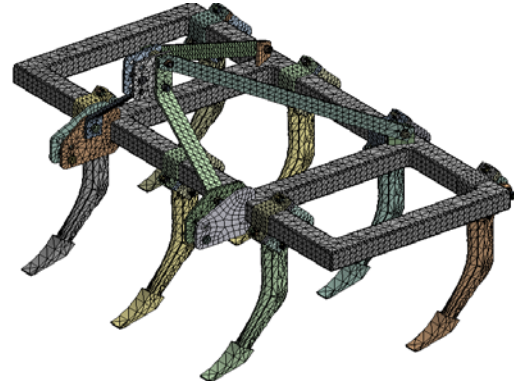


Şekil 1. Çizel aleti 3 boyutlu katı modeli

Çizel aletinin çalışması, uygulama koşulları için değerlendirilmiş ve simüle edilmiştir. Çizel aletinin traktöre bağlandığı 3 nokta askı sistemindeki bağlantı millerinden sabitlenmiştir. Çizelin her bir ayağına gelen kuvvet, firma katalog değerlerinden elde edilmiştir. Her bir ayak için 3450 N'luk kuvvet, ilerleme yönüne ters yönde ve ayak uç demirlerinden uygulanmıştır (Şekil 2). Uç demiri göğüs açısı 20°'dir. Çizelin çalışması sırasında uç demiri göğüs açısından kaynaklanan düşey yöndeki kuvvetler yatay yöndeki kuvvetlere kıyasla çok küçük olması nedeni ile simülasyonda düşey kuvvetler göz önüne alınmamıştır. Çizel aleti ve diğer yapı elemanları için kabullenilen malzeme özellikleri (Kutay, 2003) Çizelge 1'de verilmiştir.



Şekil 2. Sınır şartları ve yüklerin tanımlanması



Şekil 3. Çizel aleti sonlu eleman yapısı

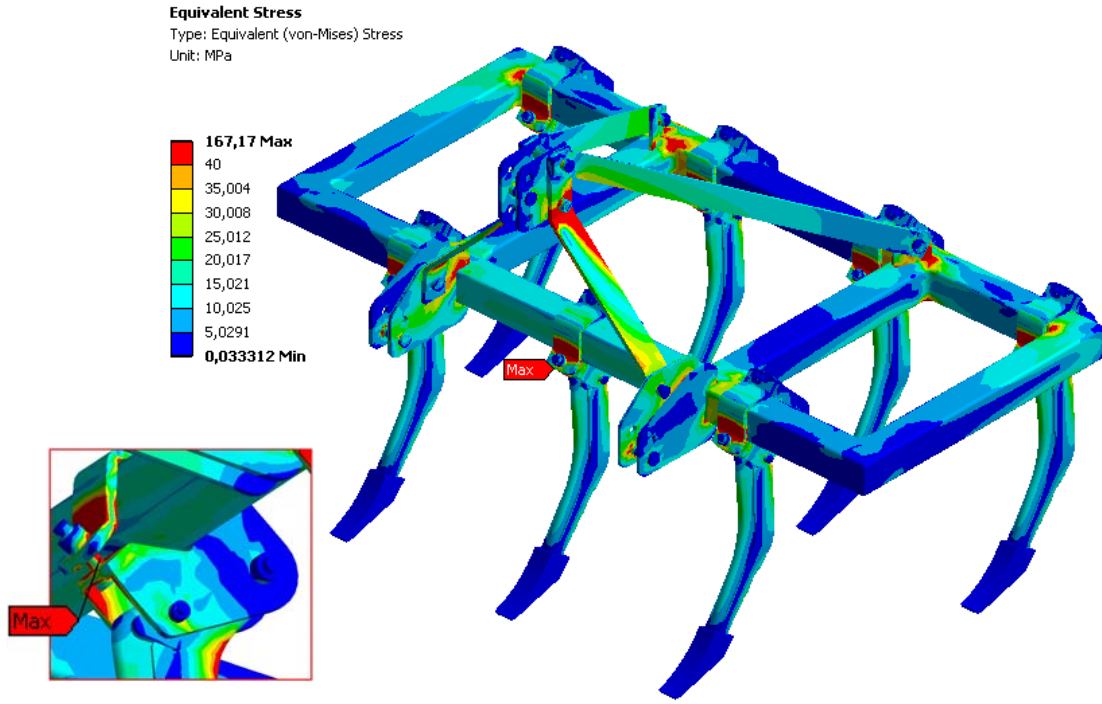
Çizelge 1. Çizel aleti malzeme özellikleri

AYAKLAR (Çelik Döküm GS 45)	
Elastik Modül (GPa)	205
Kopma Mukavemeti (MPa)	450
Akma Mukavemeti (MPa)	230
Poisson Oranı	0,3
YAPI ELEMANLARI (İmalat Çeliği St 50-2)	
Elastik Modül (GPa)	211
Kopma Mukavemeti (MPa)	470
Akma Mukavemeti (MPa)	295
Poisson Oranı	0,3
Tüm Civatalar	8.8

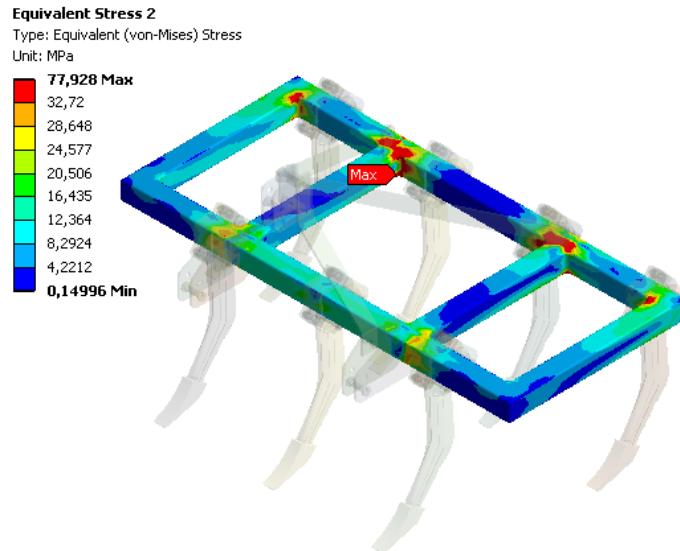
Çizel aletinin sonlu eleman yapısının oluşturulmasında (Şekil 3), Ansys Workbench yazılımının "meshing" fonksiyonlarından yararlanılmış, tüm yapı için 146059 toplam eleman sayısı ve 160519 toplam düğüm sayısı elde edilmiştir. Eleman tipleri Ansys WB tarafından, yapıya uygun ve otomatik olarak seçilmektedir. Mesh yapısında 10-Node Tetrahedral Structural Solid (Solid 187), 20-Node Hexahedral Structural Solid (Solid 186), Hi-Order Surface To Surface Contact (Conta174), Surface Contact Target (Targe170) eleman tipleri kullanılmıştır (Ansys help, 2005).

## BULGULAR ve TARTIŞMA

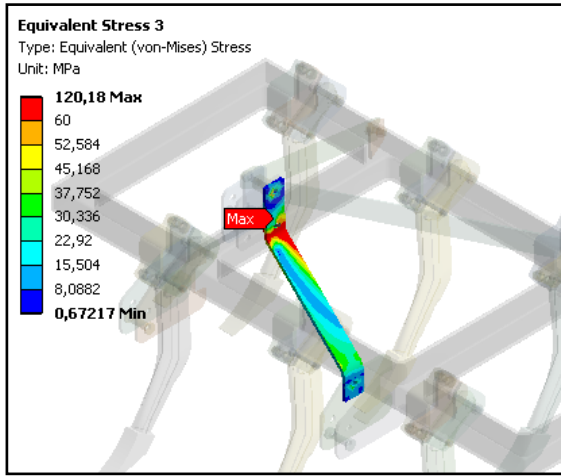
Gerilme analizi çözüm işleminden sonra, çizel üzerinde meydana gelen gerilme dağılımları Şekil 4'de verilmiştir. Çizel aletinin yapısı incelendiğinde, maksimum eşdeğer gerilme büyüklüğünün, çizel ön orta ayağı bağlantı kelepçelerindeki civatada (M20 8.8) olduğu saptanmıştır. Maksimum gerilme değeri 167.17 MPa'dır. Bu değer özellikle civata malzemesi açısından değerlendirildiğinde, civata akma mukavemetinin çok altında bir değerdir. Diğer yapı elemanları üzerinde oluşan gerilmeler incelendiğinde (Şekil 5-11), uygulanan 3450 N'luk yük altındaki gerilme dağılımının malzemenin akma mukavemeti sınırları içerisinde kaldığı belirlenmiştir. Şekil 5-11 için maksimum eşdeğer gerilme ve malzemenin akma mukavemetine göre elde edilen emniyet katsayıları Çizelge 2'de verilmiştir. Tüm yapı elemanlarının eşdeğer gerilme değerleri incelendiğinde, çizel aletinin uygulama koşulları altında hasara uğramadan emniyetle çalıştığı görülmektedir.



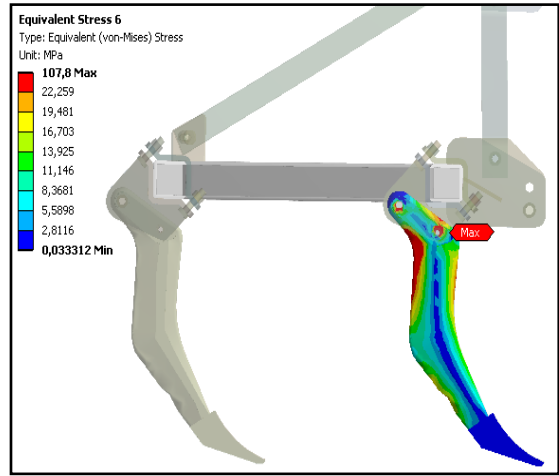
Şekil 4. Tüm yapı için eşdeğer gerilmelerin dağılımı, (Maksimum eşdeğer gerilme bölgesi; civata M20 8.8)



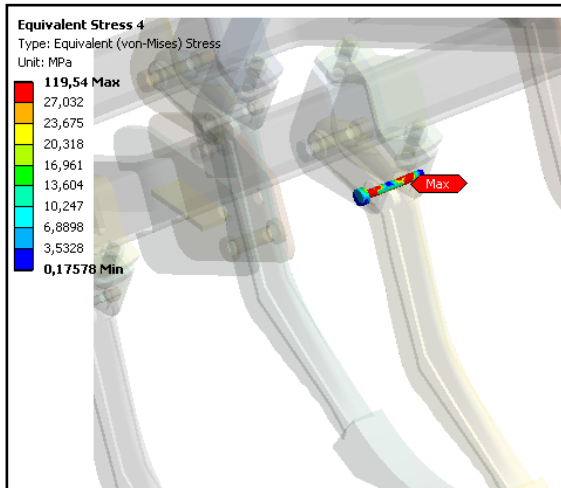
Şekil 5. Gövde için eşdeğer gerilme dağılımları



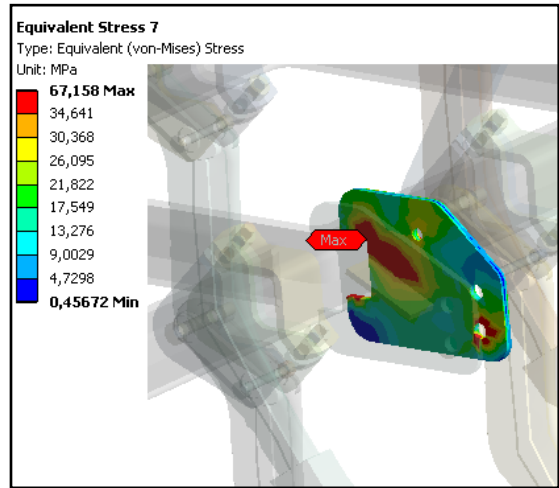
Şekil 6. Bağlantı elemanı



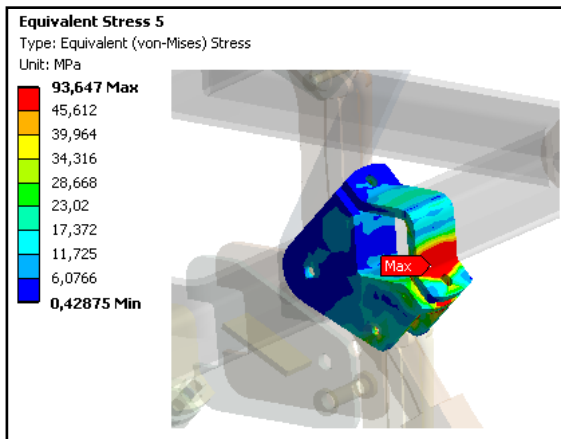
Şekil 9. Çizel ayağı



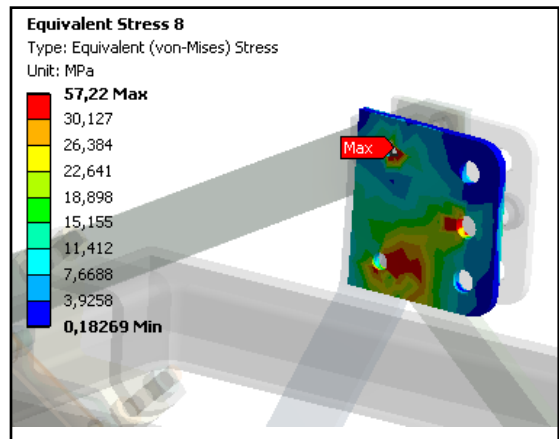
Şekil 7. Ayak ön bağlantı civatası (M14 8.8)



Şekil 10. Üç nokta askı bağlantı elemanı (Sağ)



Şekil 8. Ayak bağlantı kelepçesi



Şekil 11. Üç nokta askı bağlantı elemanı (Üst)

**Çizelge 2. Çizel elemanları için hesaplanan çalışma emniyet katsayıları**

ÇİZEL ELEMANLARI	MALZEME AKMA MUKAVEMETİ [ $\sigma_{ak}$ ] [MPa]	MAKS. EŞDEĞER GERİLME [ $\sigma_{eş}$ ] [MPa]	EMNİYET KATSAYISI [ $K_{em}$ ] = [ $\sigma_{ak} / \sigma_{eş}$ ]
Çizel Ayağı Kelepçe Civatası (M20 8.8)	640	167,170	3,828
Gövde	295	77,928	3,785
Bağlantı Elemanı	295	120,180	2,454
Çizel Ayağı Ön Bağlantı Civatası (M14 8.8)	640	119,540	5,353
Çizel Ayağı Bağlantı Kelepçesi	295	93,647	3,150
Çizel Ayağı	230	107,800	2,133
Üç Nokta Askı Bağlantı Elemanı (Sağ)	295	67,158	4,392
Üç Nokta Askı Bağlantı Elemanı (Üst)	295	57,220	5,155

### SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, yerli bir firma tarafından tasarımı ve imalatı gerçekleştirilen bir çizel aletin üç boyutlu parametrik katı modellenmesi yapılmış ve modellenen aletin, normal çalışma koşullarındaki gerilme analizleri gerçekleştirilmiştir. Buna göre elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

1. Tüm çizel konstrüksiyonu için, maksimum eşdeğer gerilme değeri, çizel ayağı kelepçe civatasında 167,17 MPa olarak saptanmıştır.
2. Maksimum eşdeğer gerilme değeri, çizel ayağı ön bağlantı civatasında 119,540 MPa, bağlantı kelepçesinde 93,647 MPa ve çizel ayağında 107,800 MPa'dır.
3. Maksimum eşdeğer gerilme değeri, gövde üzerinde 77,928 MPa, bağlantı elemanında 120,180 MPa, üç nokta askı sağ bağlantı

elemanında 67,158 MPa ve üç nokta askı üst bağlantı elemanında 57,220 MPa olarak belirlenmiştir.

4. Gerçekleştirilen simülasyonda, çizel konstrüksiyonunda her hangi bir hasara rastlanmamıştır. Çizel ayağı ve yapı elemanlarının, kullanılan malzemelerin elastik deformasyon sınırları içerisinde uygulanan kuvveti taşıdığı belirlenmiştir.

Tarım alet ve makina tasarımlarında 3 boyutlu katı modelleme teknikleri ve sonlu elemanlar yöntemi kullanılması, tasarımcılara büyük ölçüde yardımcı olan bir uygulamadır. Bu bağlamda, sanal ortamda elde edilen veriler imalat öncesi çok iyi değerlendirilmeli ve gerekli görüldüğü durumlarda deneysel çalışmalara yön verilmelidir.

### LİTERATÜR LİSTESİ

ANSYS Workbench, 2005, "Products Release Notes For V.10.0".

Celik H.K., 2006, "Dişli Pompalarda Dişli Çark ve Gövdenin Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Gerilme Analizi", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü Kocaeli.

Değirmencioğlu, E., A., Çakır, ark., 1998, "Pulluk çatılarında sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizi", Tarımsal Mekanizasyon 18. Ulusal Kongresi, Tekirdağ.

Gürsel, K.,T., A. Kılıç, A., Değirmencioğlu, 2005, "Strength Analysis of Three-Bottom Moldboard Plough Using Finite Element Method", International Congress on Mechanization and Energy in Agriculture & 27th International Conferences of CIGR Section IV, İzmir, TURKEY.

Kutay, M.G., 2003, "Makinecinin Rehberi", Birsen Yayınevi, ISBN:975-511-342, ss 459.

Özmerzi, A., 2001, "Bahçe Bitkilerinin Mekanizasyonu", Akdeniz Üniversitesi, Yayın no:76, Antalya, ss 146.

Topakcı, M., 1998, "Çizel Ayağı İle Çalışmada Penetrasyon Direnci Değerlerinden Yararlanarak Bozulma Kesit Alanının Belirlenebilirliği Üzerine Bir Araştırma", Yüksek lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Topakcı, M., 2004, "Çizel Ayağı İle Çalışmada Toprak Bozulma Alanının İyileştirilmesi Üzerine Bir Çalışma", Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.

Yalçın, H., Demir, V., UÇUCU, R., 1997, "Çizel Aktif Organlarının Farklı Diziliş Konumlarında ve Farklı Çalışma Hızlarında İşlevsel Etkinliğinin ve İşletme Karakteristiklerinin Belirlenmesi", Tarımsal Mekanizasyon 17. Kongresi Bildiri Kitabı, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Tokat.