

## Bağımsız Hareketli Bir Ağaç Budama Aparatı Tasarımı ve İmalatı

### Design and Manufacturing of an Independent Moving Tree Pruning Apparatus

Hüseyin Güçüm<sup>1,\*</sup>, Ahmet İnce<sup>2</sup>, Laleh Ghanizadeh Hesar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Adana Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Seyhan/Adana, Türkiye.

<sup>2</sup> Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Adana, Türkiye.

\* Corresponding author (Sorumlu Yazar): H. Güçüm, e-mail (e-posta): huseyingucum@gmail.com

#### Makale Bilgisi

Alınış tarihi : 25.06.2024  
Düzeltilme tarihi : 19.07.2024  
Kabul tarihi : 25.07.2024

#### Anahtar Kelimeler:

Budama  
Otomasyon  
İş ve İşçi Güvenliği  
Tasarım  
İmalat

#### Atf için:

Güçüm, H., İnce, A., Hesar, L.G., (2024). "Bağımsız Hareketli Bir Ağaç Budama Aparatı Tasarımı ve İmalatı", *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 20(2): 96-111.

#### ÖZET

Bu çalışmada, özellikle belirli bir yüksekliğe sahip ağaçlarda kademeli kesim işleminin veya sert budama tekniği ile budama işlemlerinin daha kısa sürede gerçekleştirilebilmesi hedeflenmiştir. Öncelikli olarak kesim personeli ve diğer çalışanlar açısından iş güvenliği riskleri, sosyo-teknik sistem güvenilirliği ve çevresel faktörler de göz önüne alınmıştır. Çalışanların ve diğer bireylerin hem can hem mal güvenliklerinin sağlanabilmesi için mobil vinçlerde kullanılacak hidrolik çeneli, bağımsız hareketli bir ağaç budama aparatı tasarımı ve imalatı yapılmış, fonksiyonellik denemeleri gerçekleştirilmiştir.

Bağımsız hareketli budama aparatı; hareketli iki kol (çene), kesim için bir zincirli testere, zincirli testerenin tahriki için bir hidromotor, testerenin ileri geri hareketi ve platformun aşağı yukarı 90°'lik hareketini sağlayan hidrolik pistonlardan, aparatın kendi eksenini etrafında dönmesini sağlayan hidrolik rotatordan ve hidrolik güç ünitesinden oluşmuştur. Aparat, kesilecek ağaç dalının dikey ve yatay pozisyonu bilinmediği için kendi ekseninde 360°, dikeyde ise 90° dönebilmektedir. Bütün platformdaki hidrolik donanımlar Elektro Manyetik Valf merkezi ile kumanda edilmektedir. Elektro manyetik valfler Radio Frekans (RF) ile uzaktan kumanda ile kontrol edilmektedir. Aparat üzerine monte edilen hidrolik güç ünitesi sayesinde ihtiyaç duyulan güç ve hareket kumadası açısından mobil vinçten bağımsız olarak çalışması sağlanmıştır. Mobil vinç sadece aparatı istenilen yüksekliğe çıkarmak için kullanılmıştır.

Aparatın tasarım parametrelerine bağlı olarak imalatı tamamlanmış, mukavemet analizleri yapılmıştır. Fonksiyonellik denemelerinde, 3 farklı boyda ağaç ile 3 farklı çapta dalları kesebildiği kesilen dal güvenli bir şekilde istenilen bölgede yere indirebildiği belirlenmiştir.

#### Article Info

Received date : 25.06.2024  
Revised date : 19.07.2024  
Accepted date : 25.07.2024

#### Keywords:

Pruning  
Automation  
Work and Safety  
Design  
Production

Güçüm, H., İnce, A., Hesar, L.G., (2024). "Design and Manufacturing of an Independent Moving Tree Pruning Apparatus", *Journal of Agricultural Machinery Science*, 20(2): 96-111.

#### ABSTRACT

This research presents the design and manufacture of an independent, mobile prototype tree pruning apparatus featuring a hydraulic jaw, aimed to bolster safety during tree maintenance operations. The apparatus can be used with mobile cranes to ensure the safety of workers and third parties and to perform pruning in a shorter time by taking into account occupational safety and health risks, socio-technical system reliability and environmental risks.

Independently Moving Pruning Apparatus; including a hydraulic rotator and a remote-control system, ensuring precise and secure branch pruning. It comprises of a jaw consisting of two moving arms, a chain saw that will perform the cutting, a hydromotor that enables the movement of the saw, hydraulic pistons that provide the back-and-forth movement of the saw and 90° movement of the jaw, a hydraulic rotator that allows the apparatus to rotate around its own axis, and a hydraulic power unit. The apparatus integrates advanced functional rotate 360° on its own axis and 90° on the vertical, ensuring precise and secure branch pruning. The hydraulic equipment on the entire platform is controlled by the Electro Magnetic Valve center. The control system is controlled remotely via RF (Radio Frequency). The hydraulic power unit mounted on the apparatus, supplemented to operate independently of the mobile crane in terms of the required power and control. The mobile crane was used only to raise the apparatus to the desired height.

The manufacturing of the apparatus was completed in accordance with the specified design parameters of the apparatus, after which the requisite strength analyses were conducted. The efficacy of the device was demonstrated in functional trials, which validated its performance across a range of tree sizes and branches of varying thicknesses. It was also shown to lower the cut branch safely to the ground in the desired area.

## 1. GİRİŞ

Yaşam kalitesi, bireylerin içinde buldukları çevre ve diğer yaşam koşullarından duydukları refah ve memnuniyet düzeylerini ifade eden bir terimdir. Yeşil alanlar da yaşam kalitesini doğrudan etkileyen önemli unsurlardan birisidir. Bu nedenle, parklarda, yerleşim alanlarında ve yollar boyunca bulunan yeşil alanları oluşturan ağaçların bakımları daha önemli hale gelmektedir. Kentsel yeşil alanların doğru bakımı için temel önlemlerden biri de sert ağaç budamasıdır. Bu aşamada dikkat edilmesi gerekli konu, budama sırasında iş güvenliği ve sağlığı kurallarına uyularak insanlara, hayvanlara ve çevreye zarar vermeden işlemi gerçekleştirmektir (Ermokhin ve ark., 2015).

Budama işlemini gerçekleştiren personelin iş güvenliğinin sağlanması, kesilen dalların farklı noktalara düşmesinin önüne geçilerek can ve mal güvenliğinin sağlanması, kesim işlemi esnasında istenmeyen tehlikeli olayların önüne geçilmesi için kesilen ağaç dalının güvenli bir şekilde yere indirilmesi önemlidir. Bu işlem, iş güvenliği tekniklerine uygun şekilde yapılmadığı takdirde can ve mal güvenliği açısından istenmeyen ve telafisi mümkün olmayan durumlar ortaya çıkabilmektedir. İş ve işçi kazalarının önlenmesi için iş güvenliği kurallarına azami derecede uyulmalıdır. İş kazalarını en az düzeye indirecek alet, ekipman ve makinelerin kullanılması gerekliliği birçok çalışmada bildirilmektedir (Fadier ve De la Garza, 2006; Güranlı, 2011). Siebert ve ark., (2015) çalışmalarında, enerji dağıtım hatlarının yakınında yapılan budama işlerinde kullanılan çeşitli robotik araçları incelemişler ve özellikle kentsel bölgelerde risklerin azaltılması için özel aparatlar gerektiğini vurgulamışlardır.

Uygulamada sert budama işlemi için birçok makine ve yardımcı aparat kullanılmaktadır. Budama işlemi genel olarak bir vince bağlı sepet içerisindeki işçi tarafından dairesel veya zincirli testereler ile gerçekleştirilmektedir. Bu işlem sırasındaki en büyük sorun kesilen dal parçasının serbest olarak yere düşmesi olup daha çok uygun genişliğe sahip boş alanların bulunduğu bölgelerde kullanılmaktadır. Bu soruna çözüm olarak son yıllarda tutucu mekanizmalı testereler uygulamada yer bulmaya başlamıştır (Mokhirev ve ark., 2022).

Ülkemizde çok uzun ağaçlarda yapılan budama işlemleri genellikle iki adet mobil vinç kullanılarak yapılmaktadır. Birinci vincin ucundaki sepetin içerisine giren iki personel zincirli testere ve halatlar ile yüksek irtifaya çıkarılmaktadır. Personelin biri elindeki halatı kesilmek istenen ağaç dalına bağlamakta ve halatı diğer mobil vincin kancasına takmaktadır. İkinci personel elindeki motorlu testereyi sepet içinde çalıştırmak sureti ile kesme işlemini tamamlamaktadır. Kesim bittiğinde ikinci vinç kesilmiş dalı yere indirme işlemini sağlamaktadır. Bu yöntem hem yüksek maliyetli hem de zaman alıcıdır. En önemlisi iş güvenliğini tehlikeye atmaktadır. Kesilen dalın indirilmesi esnasında halat kopabilmekte, kesilen dalın kütle merkezi yanlış tahmin edilerek istenmeyen bir yönde istenmeyen bir konuma düşebilmektedir. Ayrıca sepet içerisindeki kesim yapan personelin dengesini kaybederek motorlu testere ile temas etme olasılığı da yüksektir.

Ormancılık alanında daha önceki yapılan çalışmalar, her 1.000 işçinin ortalama 300 tanesinin yılda en az bir iş kazasına uğradığını ve ortalama kazaya uğrayan işçilerin üç iş günü kaybettiğini bunun da maliyetleri çok yükselttiğini göstermektedir (Anonim, 1997; Acar ve Eroğlu, 2016). Motorlu testere kullanırken oluşan iş kazalarında işçiler; %34 el, %4 dirsek, %14 göz, %11 baş, %7 kol ve %30 bacak bölgelerinde yaralanmalara uğramaktadırlar (Gümüş ve Türk, 2011).

Yukarıda bahsedilen olumsuz vakalar göz önünde bulundurularak, bu çalışmada ağaç budama işlemlerinin kısa sürede ve daha güvenli bir şekilde gerçekleştirilebilmesi, başta kesim personeli olmak üzere tüm çalışanların iş sağlığı ve güvenliği riskleri ile sosyo-teknik sistem güvenilirliği ve çevresel

riskler de göz önüne alınarak çalışanların ve üçüncü şahısların can ve mal güvenliğinin sağlanması için mobil vinçlerde kullanılabilecek, hidrolik çeneli, bağımsız hareketli ve uzaktan kumandalı bir ağaç budama aparatı tasarımı ve imatları gerçekleştirilmiş, fonksiyonellik denemeleri yapılmıştır.

## 2. TASARIM PARAMETRELERİ VE KABULLENMELER

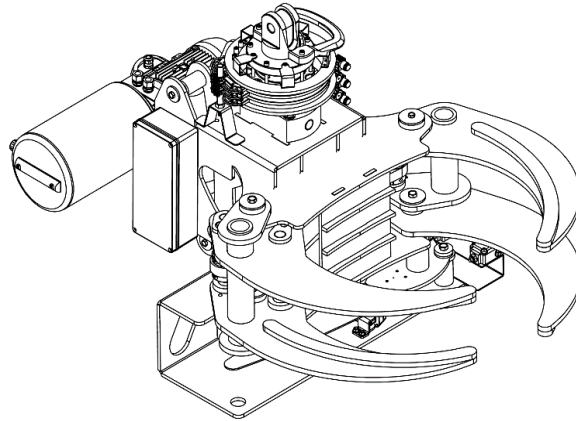
Bu aparatın temel tasarımı bir yüksek lisans tezi çalışmasının (Güçüm, 2020) devamı olarak, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde yapılmıştır. Önceki çalışmada aparatın prototip örneğinin tasarım ve imalatı gerçek ölçü üzerinden 1/4 ölçeklendirilerek gerçekleştirilmiş, kapasite ve aparatın ölçüleri milimetre cinsinden verilmiştir. Prototip aparat da küçültülmüş model olmasından dolayı hidrolik aktüatörler yerine pnömatik aktüatörler kullanılmıştır. Çene açma kapama hareketi, aparatın dikey yönde 90° hareketi ve dairesel 360° dönerek kesim işlemi temsili ağaç dalı kullanılarak başarı ile test edilmiştir. Bu çalışmada aparat gerçek boyutlarda, hareketli iki kol (çene), kesim için bir zincirli testere, zincirli testerenin tahriki için bir hidromotor, testerenin ileri geri hareketi, çenenin 90° hareketini sağlayan hidrolik pistonlar ve budama aparatının kendi ekseninde 360° dönüş hareketini sağlayan bir hidrolik rotatordan oluşmuştur. Aparattaki hidrolik aktüatörleri kumanda eden valf merkezinde elektro manyetik valfler kullanılmıştır. Elektro manyetik valfler ise Radio Frekansı (RF) ile uzaktan kumanda ile kontrol edilmektedir.

Tasarımda şu temel kabullenmeler dikkate alınmıştır:

- 1- Budama aparatı bir döndürme mekanizmasına sahip olmalı (Rotator).
- 2- Çeneler açılıp kapanabilmeli ve dikeyde 90° hareket edebilmeli.
- 3- Testere ünitesi için bir güvenli bölge olmalı, kesim işlemi sonrası testere güvenli bölgeye tekrar geri dönmesi sağlanmalıdır.
- 4- Budama aparatının hareketleri hidrolik aktüatörler ile sağlanmalı.
- 5- Bağımsız hareketin sağlanabilmesi için aparatın ihtiyaç duyduğu hidrolik gücü kendi üzerindeki hidrolik güç ünitesinden alabilmeli.
- 6- Hidrolik güç ünitesinin ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisini yerde bulunan jeneratörden aparata aktarmak için bir Slip-Ring (haberleşme halkası) olmalı.

## 3. TASARIM METODOLOJİSİ

Aparatın tasarım çizimleri ve mukavemet analizleri SolidWorks 3D katı modelleme programında yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Aparat perspektif görünümü





$$A_{\text{ç}} = \pi * \left( \left( \frac{D_p}{2} \right)^2 - \left( \frac{D_m}{2} \right)^2 \right) \quad (5)$$

Eşitliklerde;

$F_i$ : Piston itme kuvveti, (kg)

$F_{\text{ç}}$ : Piston çekme kuvveti, (kg)

$P$ : Hidrolik pompa basıncı, (bar)

$A_i$ : Piston silindir alanı, (cm<sup>2</sup>)

$A_{\text{ç}}$ : Piston çekme etki alanı, (cm<sup>2</sup>)

$D_p$ : Piston borusu iç çapı, (cm)

$D_m$ : Piston mili çapı, (cm)'ni ifade etmektedir.

Yapılan hesaplama sonucunda 90°'lik hareketi için bir pistonun kuvveti  $F_i$ : 1,962.50 kg ve  $F_{\text{ç}}$ : 1,256.00 kg hesaplanmıştır. Çene pistonu kuvveti  $F_i$ : 3,115.67 kg ve  $F_{\text{ç}}$ : 1,526.04 kg hesaplanmıştır.

Aparat üzerindeki hidrolik aktüatörlerin ihtiyaç duyduğu güç hesabı için hidrolik rotator döndürme momenti üzerinden yapılmıştır.

### Döndürme Momenti ve Güç

$$M_D = \frac{1}{2} * F * D \quad (6)$$

$$P = \frac{T * n}{9550} \quad (7)$$

Eşitliklerde;

$M_D$ : Döndürme momenti, (Nm)

$F$ : Kuvvet, (N)

$D$ : Çap, (m)

$P$ : Motor gücü, (kW)

$T$ : Tork, (Nm)

$n$ : Devir sayısı, (d/d)'ni ifade etmektedir.

### Açısal Hız

$$\omega = \frac{2 * \pi * n}{60} \quad (8)$$

Eşitlikte;

$\omega$ : Açısal hız, (rad/s)

$n$ : Devir sayısı, (d/d)'ni ifade etmektedir.

### Çevresel Hız ve Açısal İvme

$$V = \omega * r \quad (9)$$

$$\alpha = \omega * V \quad (10)$$

$$\alpha = \omega^2 * r \quad (11)$$

Eşitliklerde;

$V$ : Hız, (m/s)

$r$ : Yarı çap, (m)

$\omega$ : Açısal hız, (rad/s)

$\alpha$ : Açısal ivme, (rad/s<sup>2</sup>)'yi ifade etmektedir.

## Tork

$$T = J_m * \alpha \quad (12)$$

$$J_m = \frac{M}{2} * r^2 \quad (13)$$

Eşitlikte;

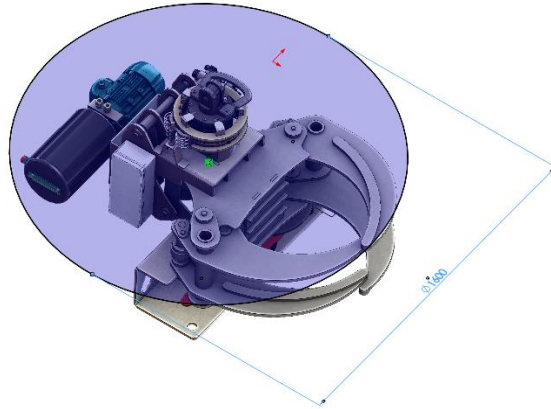
$T$ : Tork, (Nm)

$M$ : Döner cismin kütlesi, (kg)

$J_m$ : Dönme atalet kuvveti, (kgm<sup>2</sup>)

$\alpha$ : Döner cismin açısal ivmesi, (rad/sn<sup>2</sup>)

$r$ : Döner cismin yarıçapı, (m)'ni ifade etmektedir.



Şekil 4. Aparat dönüş çapı

Budama aparatı kesme işleminden önce kendi ekseninde dönerken veya kesim işleminden sonra kendi ekseninde dönüş esnasındaki ivme ile üzerindeki ağaç yükü ve kütle merkezine bağlı olarak bir atalet momenti oluşacaktır. Oluşan bu atalet momentinin bir anda sıfırlanması mümkün olmayacağından dolayı açısal hızı ve buna bağlı ivmeyi minimum seviyede tutmak için aparatın kendi eksenindeki 360°'lik dönüşü hızı maksimum 10 d/d olarak kabullenilmiştir. Dönme çapı 1.6 m olarak alındığında eşitlik 8'e göre açısal hız 1.05 rad/s olarak hesaplanmıştır.

Açısal hıza bağlı olarak çizgisel hız, Eşitlik 9'dan 0.84 m/s olarak hesaplanmıştır.

Açısal hız ile çizgisel hıza bağlı olarak da açısal ivme eşitlik 10'dan 0.882 rad/s<sup>2</sup> olarak hesaplanmıştır. Açısal ivmeye bağlı olarak dönme atalet kuvveti eşitlik 13'den 112.00 kg.m<sup>2</sup> olarak ve döndürme momenti eşitlik 12'den 98.784 Nm olarak hesaplanmıştır. Seçilen hidrolik rotatorun teknik özellikleri ile karşılaştırıldığında (100 bar basınçta 700 Nm) döndürme momenti 98.784 Nm < 700 Nm olduğundan ihtiyacı duyulan gücü karşılayacaktır.

Hidrolik rotator, testere tahrik motoru, çene pistonu ve platformun 90° aşağı-yukarı hareket pistonunun ihtiyaç duyduğu hidrolik güç için aparat üzerine monte edilen bir hidrolik güç ünitesi tasarlanmıştır. Bu hidrolik güç ünitesinin çalışabilmesi için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi bu çalışmada tasarlanan ve imal edilen Slip-Ring vasıtası ile aparat üzerindeki kumanda devrelerini muhafaza eden elektrik panosuna aktarılması sağlanmıştır.



Şekil 5. Slip-Ring tasarım ve imalatı

Zincirli testere tahrik motoru 2,500 d/d üzerinde olması planlanmış ve 8 cc/devir deplasmana sahip bir hidro motor seçilmiştir. Powerpack ünitesindeki hidrolik pompa da 8 cc/devir deplasmana sahip olması gerektiğinden hidrolik pompa elektrik motoru 2,760 d/d olarak seçilmiştir.

$$P = \frac{T \cdot n}{9550} \quad (14)$$

Eşitlikte;

$T$ : Tork, (Nm)

$P$ : Güç, (kW)

$n$ : Devir Sayısı, (d/d)'ni ifade etmektedir.

Seçilen hidro motorun teknik özelliklerine göre maksimum dönme momenti 11 Nm olarak belirtildiğinden hareketle pompa elektrik motoru gücü eşitlik 14'e göre  $P= 2.88$  kW hesaplanmış, Powerpack ünitesindeki elektrik motoru 3 kW olarak seçilmiştir. 8 cc/devir deplasmana sahip hidrolik pompa 2,760 d/d ile döndüğünden pompa debisi  $Q = 22$  l/d olacaktır.

Hidrolik rotator teknik özelliklerinde debi 20 l/d verilmiş ve devir sayısı 10 d/d kabullenildiğinden rotator devir sayısını ayarlamak için debi kontrol valfi kullanılmıştır.

Çene pistonu kuvveti  $F_i$ : 3,115.67 kg, 90°'lik hareketi için bir pistonun kuvveti  $F_i$ : 1,962.50 kg hesaplanmıştır.



### Çene ve 90°lik hareketi için piston hızı;

$$Q = \frac{A \cdot V \cdot 3}{50} \quad (15)$$

Eşitlikte;

$Q$ : Pompa debisi, (l/d)

$V$ : Piston hızı, (cm/s)

$A$ : Piston silindir alanı, (cm<sup>2</sup>)'nı ifade etmektedir.

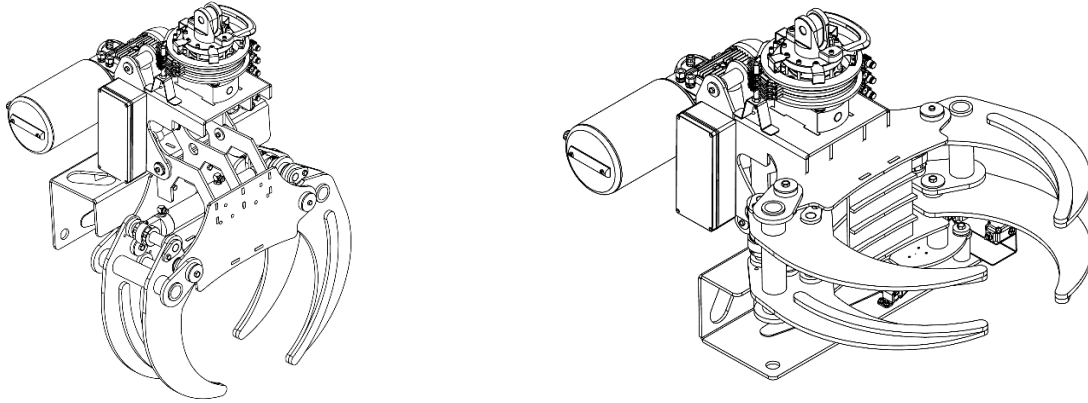
Seçilen pompa debisi 22 l/d ise bu durumda eşitlik 15'ten çene piston hızı 11.77 cm/s ve 90°lik hareket piston hızı 18.68 cm/s olarak hesaplanmış hızların yüksek olmasından dolayı piston hızlarını ayarlamak için debi kontrol valfleri kullanılmıştır.

### Hidrolik Kumanda Sistemleri

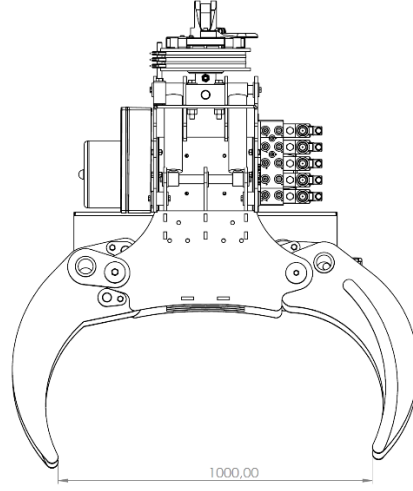
Hidrolik aktüatörlerin akış şeması "Festo FluidSIM v4" programında tasarlanmış ve simüle edilmiştir. Hidrolik basınç giriş (besleme) hattında aparat üzerinde kullanılan hidrolik devre elemanlarının çalışması için ihtiyaç duyduğu akışkan miktarını ve basıncını kontrol altında tutmak için bir hidrolik basınç regülatörü ile hidrolik basınç emniyet valfi kullanılmıştır. Pistonların itme ve çekme hızlarını ayarlamak için itme ve çekme hatlarına Tek Yönlü Akış Kontrol Valfleri kullanılmıştır. Çenenin kesilecek ağaç dalını tuttuğu pozisyon bilgisini almak için CKV (Çene Kapanma Valfi) hattında BS (Hidrolik Basınç Sensörü) kullanılmıştır.

### Çene Tasarımı

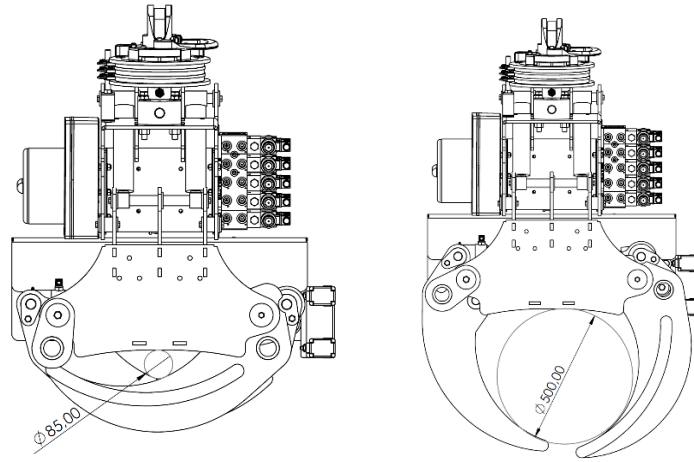
Aparatın tasarım çizimlerinde SolidWorks 3D katı modelleme programı kullanılmıştır. Şekil 6, Şekil 7 ve Şekil 8'de aparata ait çizimler verilmiştir.



Şekil 6. Platform 90° Aşağı-Yukarı hareketi



Şekil 7. Aparatın tam açık pozisyonu

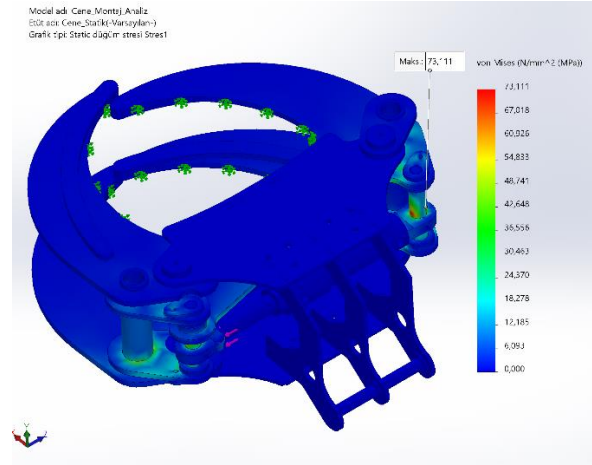


Şekil 8. Aparatın minimum ve maksimum tutma çapları

### Aparat Statik Kuvvet Analizleri

Yapılan hesaplama sonucunda çene pistonu için  $F_i$ : 3,115.67 kg ve  $F_c$ : 1,526.04 kg hesaplanmıştır. En yüksek kuvvet alındığında yukarı yuvarlanarak 3,200 kg üzerinden SolidWorks programında mukavemet analizleri yapılmıştır (Şekil 9).

Çeneyi hareket ettiren pistonun bağlandığı mil 40 mm çapa sahip 4140 (AISI) kalite kullanılmıştır. Milin mekanik özellikleri (DIN EN 10083-3:2007-01) SolidWorks üzerinde 1.7225 (42CrMo4) Materyal kodu ile  $R_m$  (Gerilme Direnci) 1,000 N/mm<sup>2</sup>,  $R_e$  (Akma Mukavemeti) 750 N/mm<sup>2</sup>, olarak tespit edilmiştir.



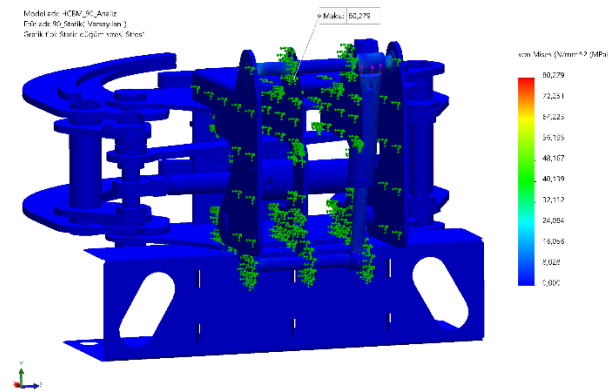
Şekil 9. Çene mukavemet analizi

Yapılan analiz sonucunda hesaplanan piston kuvvetine maruz kalacak bileşenlerde oluşacak maksimum Rm (Gerilme Direnci) 73.11 N/mm<sup>2</sup> olarak hesaplanmış olup 40mm çapa sahip 4140 (AISI) kalite (1.7225, 42CrMo4) çene milinin mekanik özellikleri (DIN EN 10083-3:2007-01) ile karşılaştırıldığında 73.11 < 1,000 N/mm<sup>2</sup> olduğundan kullanılan milde herhangi bir deformasyon olmayacağı tespit edilmiştir.

90° Hareket Pistonunun itme kuvvetine (Fi) ve çekme kuvvetine (Fç) bağlı olarak piston kuvvet hesapları daha önceki eşitlikte uygulanan formüller ile hesaplandığında

Yapılan hesaplama sonucunda Fi: 1,962.50 kg ve Fç: 1,256.00 kg hesaplanmıştır. En yüksek kuvvet alındığında yukarı yuvarlanarak 2,000 kg üzerinden iki piston için toplam 4,000 kg olarak SolidWorks programında mukavemet analizleri yapılmıştır (Şekil 12.-14.).

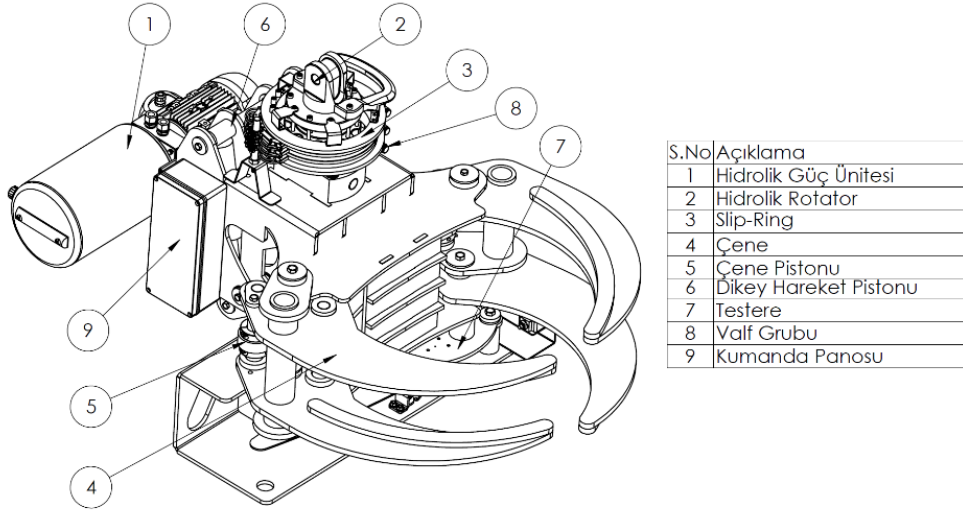
Aparatı 90° hareket ettiren mil 30 mm çapa sahip 4140 (AISI) kalite kullanılmıştır. Milin mekanik özellikleri (DIN EN 10083-3:2007-01) SolidWorks üzerinde 1.7225 (42CrMo4) Materyal kodu ile Rm (Gerilme Direnci) 1,000 N/mm<sup>2</sup>, Re (Akma Mukavemeti) 750 N/mm<sup>2</sup>, olarak tespit edilmiştir.



Şekil 10. 90° Hareket mukavemet analizi

Yapılan analiz sonucunda hesaplanan piston kuvvetine maruz kalacak bileşenlerde oluşacak maksimum Rm (Gerilme Direnci) 80.28 N/mm<sup>2</sup> olarak hesaplanmış olup 30 mm çapa sahip 4140 (AISI) kalite (1.7225, 42CrMo4) 90° hareket milinin mekanik özellikleri (DIN EN 10083-3:2007-01) ile karşılaştırıldığında 80.28 < 1,000 N/mm<sup>2</sup> olduğundan kullanılan milde herhangi bir deformasyon

olmayacağı tespit edilmiştir. Bağımsız hareketli budama aparatının tasarım şematik görünümü Şekil 11’de verilmiştir.



Şekil 11. Bağımsız hareketli budama aparatı tasarım şematik görünümü

#### 4. FONKSİYONELLİK DENEMELERİ

Denemeler Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Atölyesi bahçesinde bulunan 8, 10 ve 12 m boyunda ağaçlar üzerinde yapılmıştır. Aparatın ihtiyaç duyduğu elektrik enerjisi zeminde bulunan 380 volt 5.5 kW güçte bir jeneratör ile sağlanmıştır. Aparat üzerindeki hidrolik güç ünitesine elektrik enerjisinin aktarımı Slip-Ring (Haberleşme halkası) ile sağlanmıştır. Bu şekilde aparatın çalışması için gerekli olan hidrolik güç ve elektrik enerjisi mobil vinçten bağımsız olarak sağlanmıştır. Mobil vinç sadece aparatın istenilen yüksekliğe kaldırılması için kullanılmış olup aparat mobil vinçten enerji ve kumanda açısından bağımsız olarak çalışmıştır. Bağımsız hareketli budama aparatının denemeleri için 15 ton kaldırma kapasitesine sahip 15 m bom uzunluğu bulunan bir yüksek irtifa mobil vinç kullanılmıştır. Yapılan denemeler sonucunda aparatın kendi ekseninde 360° dönebildiği dikeyde 90° hareket edebildiği, kesilmek istenen 100, 250 ve 400 mm çapa sahip ağaç dallarını istenilen şekilde tutabildiği, kesim işleminden sonra kesilen dalları istenilen konumda yere güvenli bir şekilde indirebildiği tespit edilmiştir.





Şekil 12. Bağımsız hareketli budama aparatı fonksiyonellik denemeleri

## 5. SONUÇ

Tasarımı, imalatı ve denemeleri tamamlanan Bağımsız Hareketli Budama Aparatı'nın kendisinden beklenen fonksiyonel hareketleri gerçekleştirebildiği, kesilecek ağaç dallarını tutma ve kesme işlemlerini başarılı ve güvenli bir şekilde gerçekleştirdiği belirlenmiştir.

Çalışma sonunda bu tip bir ağaç budama aparatının uzaktan kumanda ile kontrol edilerek insansız şekilde yüksek irtifalarda çalışabileceği, tasarım boyutları ile kullanılan vinç bomunun uzunluğuna bağlı olarak istenilen yüksekteki ve kalınlıktaki ağaç dallarını çenesi ile yakalayabileceği, kesim işlemini gerçekleştirebileceği, kesilen ağaç dallarını kontrollü bir şekilde istenilen bir bölgeye indirerek çalışanların ve üçüncü şahısların can ve mal kaybının önüne geçilerek güvenli bir şekilde kullanılabilmesi sonucuna varılmıştır.

Ülkemizde Büyükşehir ve İl belediyesi ile bunlara bağlı ilçe belediyelerinin Park ve Bahçeler Müdürlükleri ile Orman Genel Müdürlüğüne bağlı birimlerinde budama ve kesim işlerinin hızlı, ekonomik ve en önemlisi güvenli bir şekilde gerçekleştirilmesinde büyük bir katkı sağlayacaktır.

Bağımsız Hareketli Budama Aparatı'nın sanayileşmeye aktarılması ile seri üretime geçilerek makine üretim sektöründe istihdam sağlayacak ilerleyen süreçte ihracatı yapılarak ülkemize önemli ölçüde katma değer sağlayacağı düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Acar, H.H., Eroğlu, H. (2016). *Ormancılık İş Bilgisi ve İş Güvenliği*, K.T.Ü. Orman Fakültesi, Genel Yayın No: 235, Fakülte Yayın No: 41, Trabzon.
- Anonim, 1997. *Health and Safety Executive*, (1997). The costs of accidents at work, HSG96, Great Britain.
- Ermokhin M V, Sudnik A V, Yakovlev A P and Voznyachuk I P 2015 Methodology for determining the emergency hazard of trees in the composition of green spaces on the lands of settlements. *Materials of the III International conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of Academician N V Smolsky* "Problems of conservation of biological diversity and use of biological resources" Minsk 68
- Fadier, E., & De La Garza, C. (2006). *Safety design: Towards a new philosophy*. *Safety Science*, 44(1). <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.09.008>
- Güçüm, H. (2020). Hidrolik Çeneli Ağaç Budama Aparatı Prototipi Tasarımı ve İmalatı. Yl. Tez. *Çukurova Üniversitesi*.
- Gümüş, S., Türk. Y., (2011). Orman Yangın İşçilerinde İşçi Sağlığı ve Güvenlik Verilerinin Tespitine Yönelik Araştırma, *Düzce Üniversitesi Ormancılık Dergisi*, cilt.7, ss.1-9.
- Gürcanlı, G. E. (2011). Yeni ve Zorunlu Bir Kavram Olarak "İş Güvenliği İçin Tasarım". *3. İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 133-142.
- Mokhirev, A. P., Rukomojnikov, K. P., Ye Ariko, S., Iliushenko, D. A., Kalyashov, V. A., Tikhonov, E. A. (2022). Devices for trimming trees in urban areas. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1010(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1010/1/012089>
- Siebert, L. C., Toledo, L. F. R. B., Block, P. A. B., Bahlke, D. B., Roncolato, R. A., & Cerqueira, D. P. (2015). A survey of applied robotics for tree pruning near overhead power lines. *Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Robotics for the Power Industry, CARPI 2014*, 1-5. <https://doi.org/10.1109/CARPI.2014.7030070>

## **EXTENDED ABSTRACT**

### **Introduction and Research Questions & Purpose**

Urban trees provide a wide range of ecosystem services for city residents. The hardships of urban conditions must be identified and precautions must be taken regarding urban tree care. Specifically, in roadside planting, pruning of trees is the most important maintenance practice that are carried out by municipalities. Carrying out these activities in public areas may result in the exposure of both workers and the general public to a range of potential dangers and risks. In tree pruning services, work is usually done at heights. Equipment such as ladders and elevatable mobile work platforms are used for working at heights. On the other hand, the act of tree pruning on the urban trees is usually associated with safety and reliability of the power systems and people. These hazards include falling from height, the cut branch hitting the worker, the cut branch falling on people or vehicles passing through the work area, as well as pruning around overhead power lines is a hazardous task due to the possibility of contact with the energized.

This paper, discusses some requirements to enable technology in urban areas and focuses on the design and manufacturing of an innovative tree pruning apparatus to enhance safety for workers and environments. For this goal the independent moving pruning apparatus was designed and manufactured, and functionality tests were carried out.

### **Methodology**

The pruning apparatus was meticulously designed to feature two circularly moving metal jaws capable of securely grasping tree branches. This design was created using SolidWorks 3D CAD software.

The apparatus incorporates a 0.404-inch chain saw, operated via a hydromotor, to execute cuts. With a 360° rotational capability and 90° vertical movement, the device ensures adaptability to various tree branch positions, enhancing operator safety. A dedicated hydraulic power unit, supplemented by a Slip-Ring for electrical energy transfer, enables independent functionality. Functional trials were conducted to assess the performance of the apparatus on trees of different heights and branches diameters.

Results demonstrated the apparatus's ability to rotate 360° horizontally and move 90° vertically, effectively grasp branches of varying thicknesses, execute cuts precisely, and safely lower severed branches.

### **Results and Conclusions**

The study concludes that the developed tree pruning apparatus can operate unmanned, remotely controlled, at considerable heights, and effectively cutting branches of diverse dimensions. Its implementation promises enhanced safety for workers and bystanders, particularly within municipal and forestry settings.

With the industrialization of this innovation, it will create employment opportunities in the machinery production sector and there will be a significant economic growth potential by facilitating exports.

## Yazarların Biyografisi



### Hüseyin GÜCÜM

Lisans eğitimini Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları Bölümü'nde tamamladı (1993-1997). 2001-2002 yıllarında Bilge Adam Eğitim Kurumlarında Microsoft Certified Professional, Microsoft Certified System Engineer ve Microsoft Certified Trainer eğitimlerini tamamladı (MCP, MCSE, MCT), Çukurova Üniversitesi Ceyhan MYO Ön Lisans Elektrik Programını tamamladı (2005) Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimini tamamladı (2018-2020). 2001-2014 Yılları arası Ceyhan Belediye Başkanlığı'nda değişik birimlerde yöneticilik yaptı, 2014-2019 yılları arası Adana Büyükşehir Belediye Başkanlığı'nda değişik birimlerde şube müdürlüğü yaptı. 2019 yılından bu zamana kadar Adana Büyükşehir Belediye Başkanlığı, Tarımsal Hizmetler Daire Başkanlığı, Tarımsal Hizmetler Şube Müdürlüğü'nde Mühendis olarak çalışma hayatına devam etmektedir. Yapmış olduğu araştırmalardan 4 adet Patent/FM'i vardır.

#### İletişim

huseyingucum@gmail.com

#### ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-9914-771X>



### Ahmet İNCE

Lisans eğitimini Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü'nde tamamladı (1988-1992). Yüksek Lisans eğitimini Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı'nda tamamladı (1993-1995). Doktora eğitimini Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Ana Bilim Dalı'nda tamamladı (1995-2002). 1994 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Araştırma görevlisi olarak başladığı akademik hayatına Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Ana Bilim Dalı'nda Profesör Dr. ünvanı ile öğretim görevlisi olarak devam etmektedir. Yapmış olduğu araştırmalardan 4 adet Patent/FM'i vardır.

#### İletişim

aincetr@gmail.com

#### ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0002-5722-0552>



### Laleh GHANIZADEH HESAR

Lisans eğitimini Urmiye Üniversitesi Ziraat Fakültesi Hayvancılık Bölümü'nde tamamladı (1995-2000). 2000-2011 yılları arasında özel bir tavuk yetiştirme merkezinde Ziraat Mühendisi olarak çalıştı. 2014 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitimini tamamladı. 2024 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Ana Bilim Dalı'nda Doktora eğitimini tamamladı. Yapmış olduğu araştırmalardan 1 adet Patent/FM'i vardır.

#### İletişim

lale.ghanizadeh@yahoo.com

#### ORCID Adresi

<https://orcid.org/0000-0003-0683-8798>