

İnline Tip Kare Balya Makinesine Haşbay Sisteminin Eklenmesi ve Kesici Bıçakların Mukavemet Analizi

Addition of Hashbay (Haşbay) System to Inline Type Square Baler and Strength Analysis of Cutting Blades

Soner Duran^{1*}, Selim Çetin¹, Derya Kılıç¹, Ali Ergan², Sertaç Coşman², Ahmet Uyumaz²

¹Kayhan Ertuğrul Makine ARGE Bölümü, Burdur, Türkiye

²Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Burdur, Türkiye

ÖZ: Tarım sektöründe hasat aşamasında kullanılan balyalama, hava koşullarından en az etkilenecek düzeyde yem bitkileri ve hububat saplarının depolanmasını sağlayan bir işlemdir. Balya makineleri kare balya ve yuvarlak balya makineleri olarak iki tipe ayrılabilir. Bu çalışmada mevcut teknolojiye kare balya makinesine opsiyonel şekilde adapte edilebilen haşbay sistemi eklenerek Inline Tip Kare Balya Makinesi (KE520) geliştirilmiştir. Haşbay sistemi kullanılarak daha ince kıyılan mahsulleri hayvanlar daha rahat tüketmekte, verimlilik arttırılmaktadır. Haşbay sistemi ile mahsullerin ince kıyılması için ayrı bir makineye olan ihtiyaç ortadan kaldırılmaktadır. Üretilen makinenin saha denemeleri Burdur ve çevresinde, Konya ve Aydın'da başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiştir. Bununla birlikte haşbay sistemine sahip makinede en büyük problemlerden biri olan kesici bıçakların hasar görmesidir. Bu amaçla St37, St44, AISI 304 ve AISI 5630 kalite çelik malzemesine sahip kesici bıçaklar Ansys programında modellenmiş, farklı basınçlar ile statik mukavemet analizi gerçekleştirilmiştir. Haşbay sistemine makinede kullanılan kesici bıçakların mukavemet analizi Ansys Workbench programı ile yapılmıştır. Kesici bıçaklar üzerine uygulanan basınç arttıkça gerilme ve toplam deformasyon değerlerinin arttığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Balya, Kare Balya Makinesi, Haşbay Sistemi, Bıçak

ABSTRACT: Baling is a process that used during harvesting phase in agricultural sector, ensures the storage of forage crops and grain at the level that will be least affected by weather conditions. Balers can be divided into two types as square balers and round balers. In this study, an Inline Type Square Baler (KE520) was developed by adding the hashbay system to our existing technology square baler. Animals consume more finely chopped crops using the hashbay system, and productivity is increased. The need for a separate machine for finely chopping the crops is eliminated with the hashbay system. Field trials of the produced machine were carried out successfully in Burdur and its surroundings, Konya and Aydın. In addition, one of the biggest problems is the damage of cutting blades. Therefore, cutting blades having St37, St44, stainless steel and 5630 stell material were modelled using Ansys program and static strength analysis was carried out with different pressures. The static strength analysis of the cutting blades that are used in the machine having hashbay system was made with Ansys Workbench program. It was seen that stress and total deformation values increased with the increase of applied pressure on cutting blades.

Keywords: Bale, Square Baler, Hashbay System, Blade

1. Giriş

Türkiye'de tarım sektörünün %67'lik kısmını tarla bitkileri olan buğday, arpa, yulaf, şeker pancarı ekimi oluşturmaktadır. Bu tarla bitkileri hayvan yemleri için de önemli bir yer tutmaktadır (Tan ve Temel, 2017). Beslemede kullanılan mahsulün yetiştirilmesi kadar hasat edilmesi ve depolanması da önemli bir konu olarak öne çıkmaktadır. Üretim zincirinin makineleşmesi, manipülasyon ve nak-

liye kolaylığı, düşük depolama gereksinimleri ve esnekliği, düşük insan gücü gereksinimleri nedeniyle, balyalama tarım sektöründe büyük ilgi görmektedir [(Bautagung ve Pöllinger, 2003), (Shinners ve ark., 2009), Van Soest ve ark., 1991]]. Ayrıca hasat sonrası biokütle kayıplarının önemli ölçüde azaltabilmesi de elzemdir [(D'Amours ve Savoie, 2005),(Maguire ve ark., 2007)]. Balya makineleri, gevşek ot veya samanı toplayan, eşit boyut ve ağırlıktaki balyalar halinde sıkıştırılan ve bunları sicim vasıtasıyla

*İletişim Yazarı / Corresponding author. Eposta/Email : auyumaz@mehmetakif.edu.tr

Geliş Tarihi / Received Date: 29.03.2023

Kabul Tarihi / Accepted Date: 26.06.2023



la bağlayan, bu işlemleri operatörlerin güvenlik gereksinimlerine uygun olarak gerçekleştiren makinelerdir (Cerruto ve ark., 2018),(Pascuzzi ve ark., 2016), (Pascuzzi ve Santaro, 2015), (Pascuzzi ve ark., 2017)].

Ülkemizde yoğun olarak yetiştirilen buğday, arpa, yulaf, pirinç, tritikale, fiğ, mısır vb. tahılların başaklarından ayrılmasının ardından bitkinin geriye kalan kısımlarının balyalama makinesi aracılığıyla sıkıştırılmasıyla elde edilen saman balyaları çiftçiler/üreticiler tarafından aktif olarak kullanılmaktadır. Besleme yapılacak ürünün raf ömrünün uzun olması, istiflenecek alanı olabildiğince karlı kullanarak depolama masrafının en aza indirgenmesi, beslemede kolaylık sağlanması gibi avantajlara sahip balyalama işleminde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bunlar saman ağırlığı 35 kg'a kadar olan küçük dikdörtgen balyalar, sapta 245 ile 400 kg ve 300 ile 400 kg aralığında olan büyük yuvarlak balyalar ve sapta 120 ile 600 kg ve samanda 200 ile 900 kg aralığında olan büyük kare balyalardır (Guerrieri ve ark., 2019).

Köşeli balya veya daha sık kullanılan adıyla Kare balya makineleri sahadaki kullanıcılar tarafından büyük rağbet görmektedir. Özellikle kendi mahsulünü saklayan çiftçi veya küçük çaplı müteahhitlik yapan şirketlerce, kısmen de büyük işletmelerce kullanılmakta olup pek çok kesime hitap etmektedir. Çünkü küçük boyutlarda imalatı yapılan kare balya makinelerini çekmek için gerekli traktör motor gücü azalmakta, yakıt tasarrufu sağlanmaktadır. Küçük kare balyalar boyutları ve ağırlıkları sebebiyle insan gücüyle istiflenebilmektedir. Dolayısıyla istenilen bölgeye herhangi bir aparat veya makine gereksinimi olmadan istiflenebilirler. Kapladığı hacimsel alan sebebiyle büyük balyalara göre oldukça küçük yer kaplamaktadır [(Shinners ve ark., 2009), (Van Soest ve ark., 1991)]. Bunun yanında küçük kare balya makinelerinde bulunan mekanik sistemler ve parçalar büyük kare balya makinelerine göre daha az kompleks yapıda ve daha küçük boyutlardadır. Küçük kare balya makinelerinde bulunan bu aksamlara bir çiftçinin müdahalesi mesafe ve ağırlık bakımından oldukça kolaydır.

Balya makinelerinde kullanılan materyalin seçimi makinenin verimi ve işlevsellik açısından azami öneme sahiptir. Özellikle kesici, kıyıcı özelliği olan bıçaklar zamanla hasar görmekte ve revize edilme ihtiyacı doğmaktadır. Bu kapsamda uygun malzeme seçimi hem verimlilik hem de maliyet açısından önemlidir. Literatür çalışmaları incelendiğinde kulaklı pulluklara alternatif kullanılan çizelde sonlu elemanlar yöntemi ile gerilme analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapılan simülasyon ile aletin hasarsız şekilde çalıştığı görülmüştür (Çelik ve ark., 2007). St37 çeliği ile yapılan bir çalışmada 3 mm kalınlığındaki malzeme, Ansys paket programı kullanılarak üç boyutlu modeli oluşturulmuştur. Analiz sonuçlarında mekanik gerilimin ve mesnetlere uygulanan etkinin basınca göre arttığı görülmüştür (Taşkaya, 2017). Bir başka çalışmada balya makinesinde farklı boru kalınlıklarına sahip sarma koluna gelen kuvvet ve gerilme değerleri Ansys programı ile belirlenmiştir. Boru kalınlığı azaldıkça maksimum

gerilme değerlerinin arttığı görülmüştür (Duran ve ark., 2021). Toprak işleme ve tarım aletlerinde yaygın bir şekilde kullanılan 5630 kalite çeliği ile pulluk uç demirinin aşınma mekanizmaları incelenmiştir. Çelik dolgu kaynak metodu ile oluşturulan sert yüzeyde aşınma direncinde %50 oranında artış sağlandığı görülmüştür (Selçuk, 2014). Tarım aletlerinde kullanılan standart dışı çelik, St52 ve St37 çeliklerinin aşınma özellikleri araştırılmıştır. 10,20 ve 30 N yüklerde yapılan testlerde yük arttıkça aşınma iz derinliğinin ve genişliğinin arttığı görülmüştür (Lüle ve Koç, 2022).

Bu çalışmada Kayhan Ertuğrul Makina Ar-Ge Merkezi tarafından geliştirilen büyük kare ve rulo balyalarda kullanılan otomatik haşbay tekniği inline küçük kare balya makinelerine uyarlanmış, tasarlanmış ve imal edilmiştir. Büyük kare balya ve rulo balya makinelerinin haricinde inline tipi küçük balya makinelerinde kullanılan bu teknik ile kullanıcı iki farklı makineye ihtiyaç duymadan mahsulünü toplayabilmektedir. Bu noktada yerli pazarda ilk olma özelliği taşımaktadır. Aynı zamanda haşbay tekniğine sahip makinede kullanılan ve makinenin çalışması sırasında hasar görebilen farklı malzemelerdeki (St37, St44, AISI 304 ve AISI 5630 30MnB5 kalite çelik) kesici bıçaklar Ansys Workbench student versiyonu paket programı ile modellenmiş ve farklı basınçlarda mukavemet analizi gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Haşbay Sistemine Sahip Kare Balya Makinesi

Haşbay sistemleri balya makinelerinde, mahsulün parçalanarak balyalanmasını sağlayan sistemlerdir (Saman balyası, 2021). Haşbay sistemleri; bir adet rotor, farklı adetlerde bıçak dizilimleri ve bir adet kontra sistemi gibi mekanik aksamlardan oluşmaktadır. Tasarlanan haşbay sisteminin benzeri yalnız büyük kare balya makinelerinde ve rulo balya makinelerinde kullanılmasına rağmen daha önce inline tip küçük balya makinelerinde denenmediği görülmektedir. Geliştirilen teknikte haşbay sistemleri istenildiğinde devreye alınıp istenildiğinde devre dışı bırakılarak makinenin haşbaylı veya haşbaysız olarak çalışmasına olanak sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada ekonomik ve ergonomik ihtiyaçlar göz önüne alınarak geliştirilen inline tip kare balya makinesi (KE 520) Şekil 1-a'da görülmektedir. Az enerji ve maliyet ile mahsulün toplanabilmesi hedeflenmektedir. Makinenin temel bileşenleri olan haşbay sistemi, toplama sistemi, bağlama sistemi ve arka çeki okudur. Geliştirilen KE520 kare balya makinesinde 26 adet rotor laması, 13 adet değiştirilebilir ve hidrolik açılır kapanır haşbay bıçakları bulunmaktadır (Şekil 1-b).

KE 520 kare balya makinesinde bulunan toplama sistemi 5 tırmıklı olup, genişliği 1940 mm'dir (Şekil 2-a). Geliştirilen makinede opsiyonel olarak iki farklı tipte (cormick ve deering) bağlama grubu bulunmaktadır. Makinenin arka kısmında bulunan arka çeki oku ile toplama kolaylı-

ğı için balya istifleyici takılabilmektedir. Bu durum balyaların istiflenmek üzere taşınması sürecini hafifletir, iş verimini ve mahsulün kalitesini arttırır (Şekil 2-b).

Makinenin şanzıman devirlerinde yapılan iyileştirmeye birim zamanda toplanan mahsul miktarı artırılarak yakıttan tasarruf sağlanmaktadır. Engebeli arazide makinenin çeki oku sisteminde yapılan değişiklikle traktörü devirme durumu oluşturmamaktadır. Ayrıca dingilin sökülüp takılabilir yapılması ile arıza bakım masrafları azaltılmaktadır.

Çalışma Prensipleri

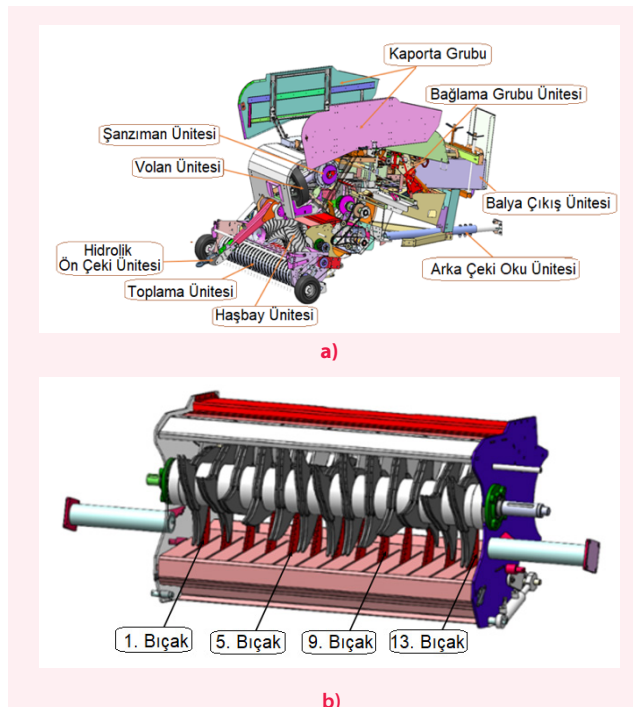
Klasik kare balyalar dikdörtgen prizması şeklinde köşeli tiptir. Köşeli balyalar yaygın olarak 914×355×457 mm (22,7–36 kg), 914×406×457 mm (32–41 kg), 1219×406×610 mm (57–68 kg), 2444×1220×1220 mm (908 kg) boyutlarındadır. İlk 2 boyutta olan balyalar 2 noktadan, üçüncü boyuttaki balyalar 3 noktadan ve son boyuttaki balyalar 6 noktadan bağlanır. Balyaların kütlesi balyalanan otun nemine, cinsine, balyanın boyutuna ve tipine bağlıdır.

Yerden toplama sistemi ile alınan ve tercihe göre haşbay bıçakları ile ince kıyılan mahsul piston hareketleri ile itilerek sıkıştırılır. Dügümlenme sistemi devreye girerek 2 veya 3 (tercihe göre) noktadan düğümler makine arka orta kısımdan kare balya haline gelen ürünü tarla zeminine bırakır. Ot, yonca, sap vb. yemlik bitkiler ve balyalanabilecek malzemeler traktör tarafından çekilen balya makinasının tırmık (pick-up) ünitesi tarafından toplanır. Daha sonra orijinal tasarım olan kıyıcı-kesici ünite- de 4-10 cm uzunluğundaki parçalara ayrılarak aktarma yabalarının olduğu bölüme gönderilir. Buradan yabalar yardımıyla yukarıdaki sıkılaştırma ünitesinin içinde hareket eden pistonun önüne atılır. Atılan mahsul kapalı

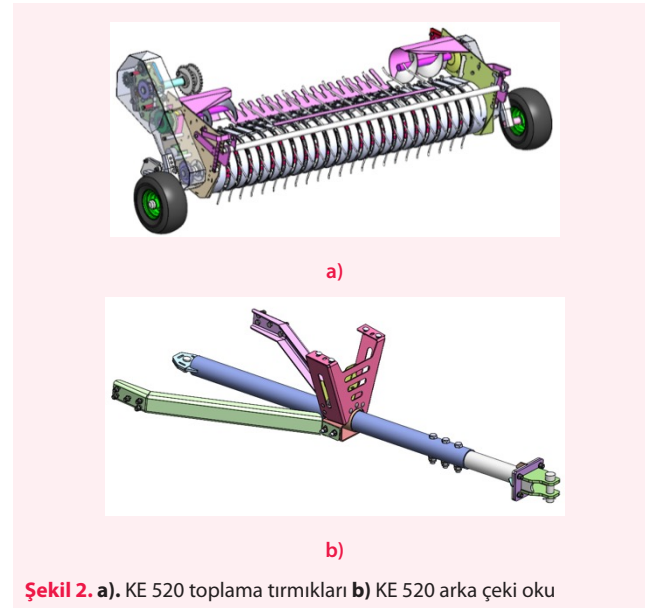
bir odada belirli engelleyiciler ile sıkışarak kuyruk ünitesi kısmına doğru itilir. Sıkıştırılarak kare balya haline gelen ürün 2 veya 3 yerden polimer ip ile bağlanarak tarla zeminine bırakılır.

Normalde ortadan sıkıştırma pistonlu in-line balya makineleri traktörün tekerlek izini ortalamak için çekilen tarladaki malzemeleri toplayıp balya haline getiren küçük kare balya makinalarıdır. Ancak bu makineler parçalayıcı kesici üniteleri olmadığı için söz konusu malzemeleri parçalayıcı kesememekte, küçük parçalar haline getirmekte zorlanmaktadır. Yapılan tasarımda in-line makineye Haşbay sistemi eklenmiş olup bu sistemle malzemeler parçalanmakta, küçük parçalar haline getirilmekte, bağlama düzeneği ile bağlanıp balya haline getirilmektedir. Makinenin işlevi açısından en önemli parçalardan biri kesici bıçaklardır. Bu çalışmanın diğer kısmında haşbay sistemine sahip makinede kıyıcı bıçaklar Ansys programı ile modellenmiş, statik mukavemet analizi gerçekleştirilmiştir. Bu noktada bıçaklarda kullanılan çelik malzemelerin bazı mekanik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

Malzemelere uygulanan gerilim, basınç ve uygulanan yüzey alanı arasında Eş.1’de belirtildiği gibi bir ilişki bulunmaktadır. gerilmeyi F uygulanan kuvveti, A0 ise kesit alanını göstermektedir. Bununla birlikte malzemeye uy-



Şekil 1. a). KE 520 kare balya makinesinin gösterimi b) KE 520 kare balya makinesinde uygulanan haşbay sistemi gösterimi



Şekil 2. a). KE 520 toplama tırmıkları b) KE 520 arka çeki oku

Tablo 1. Mukavemet analizinde kullanılan malzemelerin bazı mekanik özellikleri [(Selçuk, 2014), (Taşkaya, 2017), (Çelik ve ark., 2007), (AISI 304 1.4301, 2023), (Technical Data Sheet, 2023), (Aminzadeh ve ark., 2020), (Defence metal; AMS 5630, 2023), (St44 S275JR Çelik Özellikleri, 2023), (Steel Grades, 20239), (Material Data Sheet, 2023),(Data Table for:Carbon Steel:St44-2, 2023), (AMS 5630, 2023),(Tuğan ve ark.,2019), (Material Data Sheet Steel Grade, 2023)]

	St37	St44	AISI 304	AISI 5630
Yoğunluk [g/cm ³]	7,85	7,865	7,75	7,8
Young modülü [MPa]	2x10 ⁵	2,1x10 ⁵	1,93x10 ⁵	2,22x10 ⁵
Poisson oranı	0,3	0,285	0,31	0,3
Akma dayanımı [MPa]	235	275	210	363
Termal iletkenlik [W/mK]	42,7	40-45	17,2	24,2

gülenen gerilim ile şekil değişimleri meydana gelmektedir. Bu durum Hooke kanunu ile açıklanmaktadır (Eş.2). [(Gere ve Goodno, 2014), (Potter ve Nash, 2019), (Outokumpu Oyj., 2017)].

$$\sigma = \frac{F}{A_0} \quad (1)$$

$$\sigma = E \cdot \varepsilon \quad (2)$$

Burada sırasıyla malzemedeki elastisite modülünü ve şekil değişimini ifade etmektedir. Malzemedeki birim şekil değiştirme Eş.3'deki gibi ifade edilebilir.

$$e = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (3)$$

Bu eşitlikte e birim şekil değiştirme miktarını, L deformasyondan sonraki boyu, L₀ ise deformasyondan önceki boyu göstermektedir (Gere ve Goodno, 2014; Potter ve Nash, 2019; Outokumpu Oyj., 2017).

3. Bulgular ve Tartışma

Saha Testleri

KE 520 makinesinin çekilir tip olması avantajı kullanılarak arkasına balya baron veya balya istifleyici makineler takılması sayesinde kare balya makinesi, kombine bir makine haline de getirilebilmektedir. Bu durum iş, zaman ve yakıt tasarrufu sağlamaktadır. Ülkemizde üretilen ve sıklıkla kullanılan çekilir tip makinaların çoğu mahsulü traktörün sağ arkasından toplamaktadır. Operatörün makineyi otların hizasında tutmak için traktörün gidiş yönünü doğru bir şekilde ayarlamasını gerektirmektedir. Bu durum özellikle tecrübesi az operatörleri zor durumda bırakmaktadır. KE 520 ise mahsulü orta kısımdan alıp kare balya haline getirmektedir. Makine traktörün tekerlek izlerini takip edeceğinden operatörün ekstra çaba harcamadan mahsulün toplanması sağlanabilmektedir.

Tasarlanan ve imal edilen makinenin (KE520) saha çalışmaları günde 8 saat çalıştırılmak üzere Burdur, Konya ve Aydın çevrelerinde Tablo 2'de verildiği gibi yonca, yulaf ve tritikale mahsulleri ile yapılmıştır. Haşbay Sistemine sahip İnline Tip Kare Balya Makinesinin saha denemeleri 90 HP Erkunt traktör ile gerçekleştirilmiştir. Yapılan saha denemelerinde 9 litre yakıt ile 1000 adet balya yapıldığı görülmüştür. Kullanılan traktörün teknik özellikleri Tablo 3 de belirtilmiştir.

Tablo 2. Burdur, Konya ve Aydın çevrelerinde yapılan saha denemeleri

Yer	Burdur Askeriye Köyü		Konya ve çevresi	Aydın ve çevresi
	Cinsi	Yonca	Yonca	Tritikale ve Yulaf
Ürün	Yaş/Kuru	Kuru/Yaş	Kuru	Kuru

Saha çalışmalarında tritikale mahsulü yarı kuru iken deneme yapılmış olup rotorda sıkışmaların meydana geldiği

Tablo 3. Saha denemelerinde kullanılan traktörün teknik özellikleri

Model	Kıymet
Seri	Lüks
Çekiş	4 WD (Dört Çeker)
Beygir Gücü	92,5 HP @ 2200 dev/dk
Arazi Tipi	Tarla Tipi
Vites Sayısı	16 İleri / 16 Geri- Mekanik
Silindir Hacmi / Sayısı	4,4 Litre / 4
Motor Tipi	Perkins 1104 D- 44TA
Maksimum Tork	393 Nm @ 1400 dev/dk
Kaldırma Kapasitesi	3900 kg

görülmüş, rotor zincirinde kırılmalar meydana gelmiştir. Şanzıman zincir dişlisi üzerinde bulunan 3 adet civatanın kesildiği görülmüş, şanzıman mili ile sigorta flanşı arasına kama vazifesi görecekt M8 civata ile sorun çözülmüştür. Denemelerde tırmık takılı olmamasından kaynaklı belirli yoğunlukta mahsul rotora giremeyip sıkışmalar ve yığılmalar görülmüştür. Ayrıca 1 seri vites ileri yonca mahsulünde makinede herhangi bir sorun gözlemlenmemiş, sorunsuz biçimde 45 balya yapılmıştır. Yapılan saha çalışmaları incelendiğinde, karşılaşılan problemler neticesinde makine konstrüksiyonun da farklı tasarım denemeleri yapılmıştır. Özellikle mahsulün akış yolunda yaşanan problem, yabaların ve rotorun çalışmasında birbiri ile uyumsuz konumda ve açıda olması, sıkışma ve sigorta civatalarının çok sık kesilmesine sebep olduğu görülmüştür. Bu problem, krank açısı ve rotorun konumu değiştirilerek çözülmüştür. Yapılan revizyon ile ana şasi, yaba krankı ve kaynak aparatı yeniden üretilmiştir. Bununla birlikte rotor bıçaklarının ve rotorun yapısının çok sık olması sıkışmalara ve ürün akıcılığının yavaşlamasına neden olmuştur. Bu noktada rotor bıçak sayısı 19 adetten 13 âdete indirilmiştir. Rotor yaprakları da bu bıçak sayısına göre tekrar revize edilmiş ve haşbay ünitesi komple yeniden tasarlanarak üretilmiştir. Ayrıca makinenin bağlama grubunda mukavemeti arttırmak için sac kalınlığı 3 mm'den 4 mm'ye çıkarılmıştır. Burdur, Konya ve Aydın çevrelerinde günlük 8 saatlik kuru/yaş yonca, yulaf ve tritikale ile yapılan saha çalışmalarında makinenin çalışma performansının ürünün cinsine ve kuru ya da yaş olmasına bağlı olduğu görülmüştür. Kuru mahsullerin balyalanmasının yaş mahsullere oranla daha kolay olduğu yapılan saha çalışmalarında ortaya çıkmıştır. Haşbay ünitesi kullanımı ile ürün boyutu ürün cinsine göre değişiklik göstermektedir. Buğdayda haşbay ünitesi kullanılarak kıyılan buğday boyutu 8-17 cm aralığında olmaktadır. Arpada bu boyut 5-15 cm aralığındadır. İnline Tip Kare Balya makinelerinde yerden toplama sistemi ile alınan ve tercihe göre haşbay bıçakları ile ince kıyılan mahsul piston hareketleri ile itilerek, sıkıştırılarak balya yapılmaktadır. Haşbay sistemi toplama ünitesinden sonra gelmektedir. Tarladaki ürün toplama sistemi ile kaldırıldığından haşbay ve haşbaysız kullanımda tarlada kalan ürün miktarının aynı olduğu görülmektedir. Tarımsal mekanizasyonda balyalama işleminin yanında yükleme ve taşıma amaçlı araçların tasarımları göze çarpmaktadır. Bu amaçla farklı atıkları toplayabilen, taşıyabilen, römör-

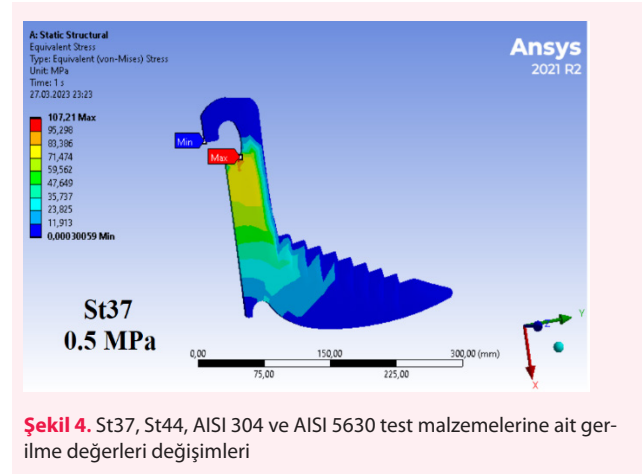
ka yüklemeye yapabilen hidrolik ünitelerle desteklenen araç tasarımları görülmektedir (Uzun ve Kayacan, 2019). Hasat işlemi için mekanizasyon kullanılmaya imkânlarının araştırıldığı bir çalışmada hasat ekiplerini ihtiva eden bir matematiksel model geliştirilmiş, ele alınan sebzelerden mekanizasyona en uyumlu olanların pırasa ve marul olduğu ifade edilmiştir. Yapılan çalışmada pırasa hasadı yapabilen bir makine tasarlanmış ve üretilmiştir (Uğurluay, 2008). Farklı bir çalışmada traktöre önden bağlanabilecek çatallı bir istiflecinin tasarımı ve yükleyici sisteminin özelliklerinin ortaya konması amaçlanmıştır. 5880 N kaldırma kapasitesine sahip bir çatallı yükleyicinin yapıldığı çalışmada 0° ve 10° zemin eğiminde test edilmiş, 10° eğime kadar sistemin dengesini kaybetmediği görülmüştür. Üretilen sistemde yükler farklı şekillerde taşınmış ve istiflenmiştir (Arslan ve Aydın, 2015).

Kesici Bıçakların Mukavemet Analizi

Haşbay sisteminde en önemli fonksiyonu üstlenen parçalardan biri kesici bıçaklardır. İşlem esnasında taş, sert madde vb. cisimlerin kesici bıçaklara çarpması kesici bıçakların ömrünü azaltmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın diğer aşamasında haşbay sistemi eklenen inline tipi kare balya makinesinde kıyıcı bıçakların mukavemet analizi gerçekleştirilmiştir. St37, St44, AISI 304 ve AISI 5630 malzemesine sahip kesici bıçakların kesici yüzeylerine 0,3, 0,5, 0,7 ve 0,9 MPa değerlerinde basınçlar uygulanarak statik mukavemet analizi gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan modelde 2382 düğüm noktası ve 994 eleman bulunmaktadır. Test edilen bıçağın ölçüleri ve

Ansys Workbench ile oluşturulan ağ yapısı Şekil 3'te görülmektedir. Maksimum gerilme ve toplam deformasyon değerleri incelenerek en uygun bıçak malzemesi belirlenmeye çalışılmıştır.

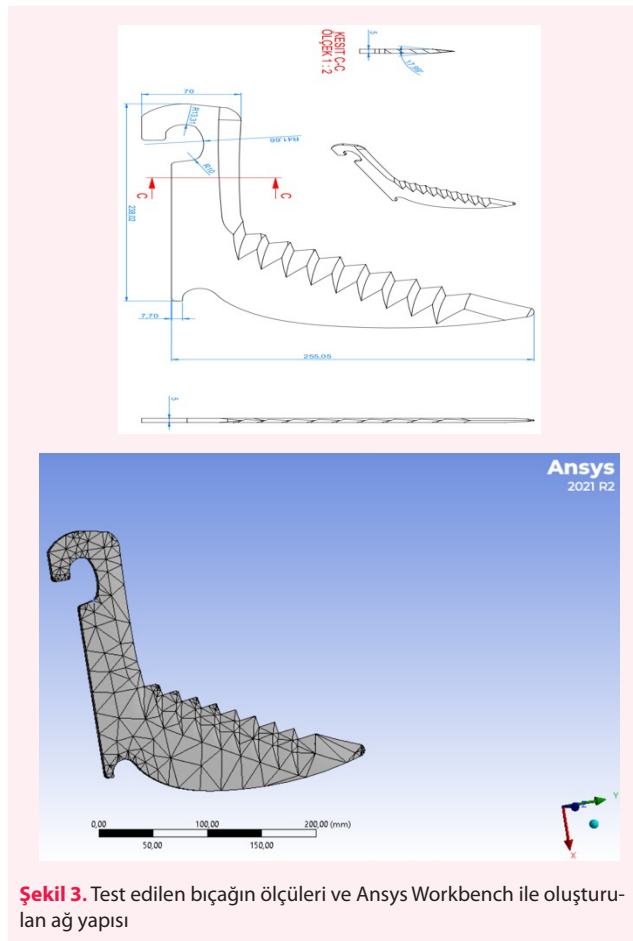
St37, St44, AISI 304 ve AISI 5630 test malzemelerine ait gerilme değerleri değişimleri Şekil 4'de görülmektedir.



Şekil 4. St37, St44, AISI 304 ve AISI 5630 test malzemelerine ait gerilme değerleri değişimleri

St37, St44, AISI 304 ve AISI 5630 test malzemelerine ait toplam deformasyon değerleri değişimleri Şekil 5'de görülmektedir.

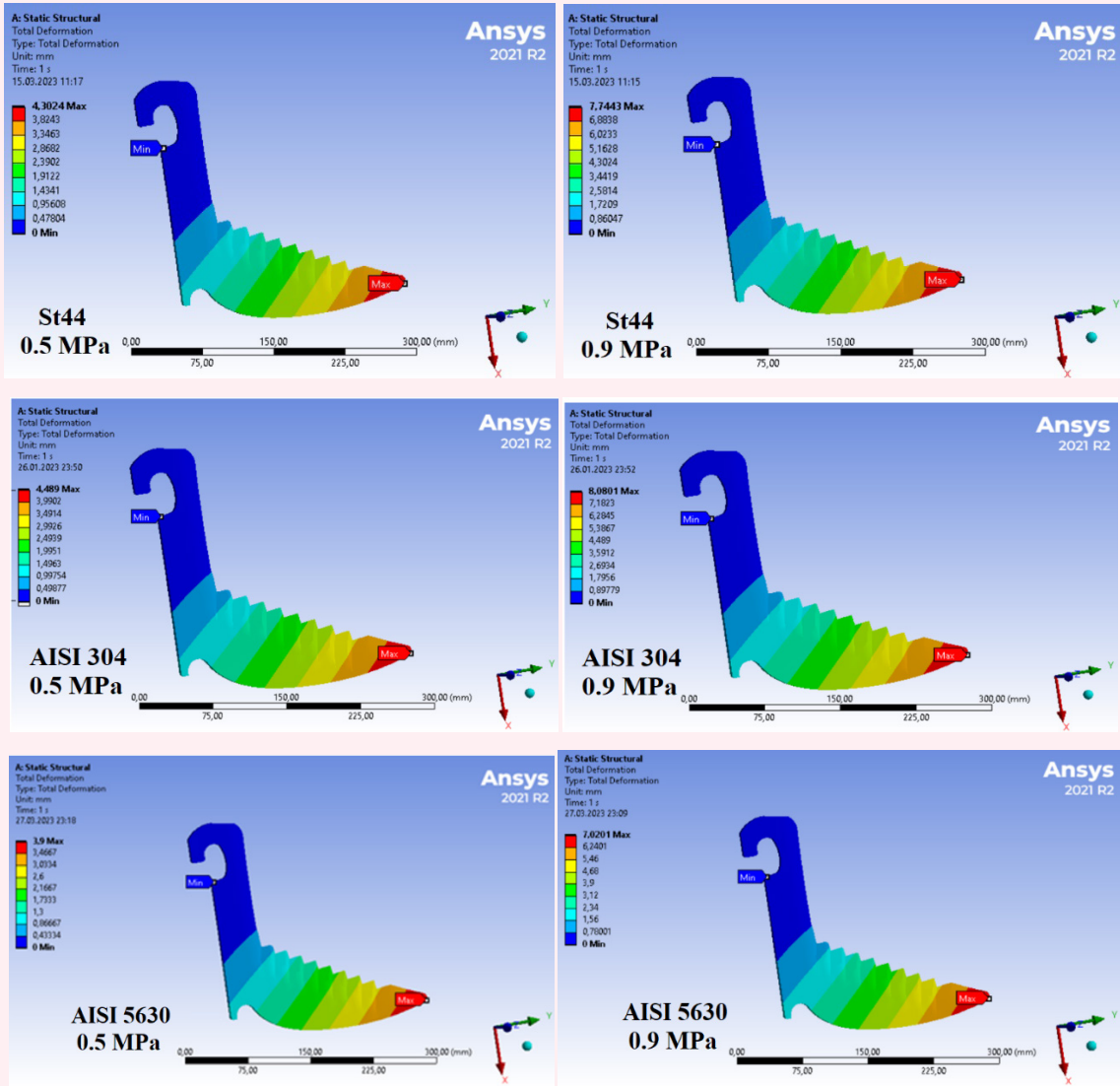
Analiz edilen malzemelere ait farklı basınçlardaki maksimum gerilme ve deformasyon değerleri sırasıyla Tablo 4 ve Tablo 5'te verilmektedir. Analiz malzemelerine ait fiziksel değerler Ansys programına girilmiş ve St37, St44, AISI 304 ve AISI 5630 malzemeleri oluşturulmuştur. Elde edilen malzemeler farklı basınçlarda yüke maruz bırakılarak gerilme ve deformasyon değerleri incelenmiştir. St37 çelik ile yapılan çalışmada malzemeye orta bölgeden 50 MPa basınç uygulanarak mekanik analiz gerçekleştirilmiştir. Basınca göre mekanik dağılımların mesnetlere uygulamış oldukları etkinin arttığı görülmüştür (Taşkaya, 2017). Bununla birlikte çelik konstrüksiyona sahip yapılarda meydana gelen deformasyon ve gerilmeler incelenmiştir. Ansys Workbench ile gerçekleştirilen bir çalışmada dikdörtgen ve T profil malzemelerin teorik ve sayısal hesabı yapılmıştır. Dikdörtgen profilin en düşük eğilme gerilmesinin 60 MPa ve sehim miktarının 0,201 mm, T profilin en fazla eğilme gerilmesinin 215,77 MPa ve sehim miktarının 0,539 mm olduğu belirtilmiştir (Korucu ve ark., 2019). Yem karma ve dağıtma makinesinin tasarlandığı bir çalışmada makinenin aksı, şa-



Şekil 3. Test edilen bıçağın ölçüleri ve Ansys Workbench ile oluşturulan ağ yapısı

Tablo 4. Analiz malzemeleri ile farklı basınçlarda elde edilen maksimum gerilme değerleri (Von-Mises)

Basınç (MPa)	0,3	0,5	0,7	0,9
St-37	64,326	107,21	150,09	192,98
St-44	65,772	109,62	153,47	197,32
AISI 304	63,325	105,54	147,76	189,97
AISI 5630	64,336	107,23	150,12	193,01



Şekil 5. St37, St44, AISI 304 ve AISI 5630 test malzemelerine ait toplam deformasyon değerleri değişimleri

Tablo 5. Analiz malzemeleri ile farklı basınçlarda elde edilen maksimum gerilme değerleri (Von-Mises)

Basınç (MPa)	0,3	0,5	0,7	0,9
St-37	2,5974	4,3291	6,0607	7,7923
St-44	2,5814	4,3024	6,0233	7,7443
AISI 304	2,6934	4,489	6,2845	8,0801
AISI 5630	2,3400	3,900	5,4600	7,0201

Tablo 6. Analiz malzemeleri ile farklı basınçlarda elde edilen emniyet katsayıları

Basınç (MPa)	0,3	0,5	0,7	0,9
St-37	3,8864	2,3319	1,6656	1,2955
St-44	4,1811	2,5087	1,7919	1,3937
AISI 304	3,2689	1,9613	1,4009	1,0896
AISI 5630	5,6422	3,3853	2,4181	1,8807

sisi ve karıştırıcı helezonu sonlu elemanlar metodu ile analiz edilmiştir. Analiz sonucunda aksın, şasinin ve karıştırıcı helezonun emniyet katsayılarının sırasıyla

17, 2,9 ve 1,9 olduğu görülmüştür (Şeflek, 2018). Tablo 6'da ise analiz malzemeleri ile elde edilen emniyet katsayıları görülmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada Kayhan Ertuğrul Makina Ar-Ge Merkezi tarafından geliştirilen İncine Tıp Kare Balya makinesine haşbay sistemi eklenmiştir. KE 520'de opsiyonel olarak kullanılabilen haşbay bıçakları istenilen durumlarda başka makinelere ihtiyaç kalmadan mahsulü gereken şekilde daha ince kıyarak balya haline getirebilmektedir. Normalde kıyılması gereken ürünlerde yem kırma/karma makineleri kullanılmaktadır. KE 520'de bulunan bu sistem başka bir makineye olan ihtiyacı ortadan kaldırarak kullanıcının maddi anlamda kar etmesini sağlamakta ve iş verimliliğini artırarak zamandan tasarruf sağlamaktadır. Saha denemelerinde 1000 adet balyanın yaklaşık 9 litre yakıt ile yapıldığı görülmüştür. Haşbay ünitesi kullanıldığında kıyılan buğday boyutunun 8-17 cm, arpada 5-15 cm aralığında olduğu görülmüştür. Bununla birlikte haşbay sisteminde kullanılan kesici bıçaklar farklı basınçlarda (0,3, 0,5, 0,7 ve 0,9 MPa) ve malzemelerde (St37,

St44, AISI 304 ve AISI 5630 kalite çelik) Ansys programı ile modellenmiş, statik mukavemet analizi gerçekleştirilmiştir. Bıçaklara uygulanan basınç arttıkça gerilme değerleri ve toplam deformasyon değerleri artmıştır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde genel olarak tarım makineleri ve tarım aletlerinde kullanılan AISI 5630 kalite çeliğin bıçak malzemesi olarak verimli bir şekilde kullanılabilceği görülmektedir. Ayrıca basıncın artışı ile birlikte emniyet katsayılarının azaldığı görülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma ve proje Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı tara-

findan Ar-Ge faaliyetleri 5746 sayılı kanun kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı'na teşekkür eder.

5. Orcid

Soner Duran <https://orcid.org/0000-0001-7531-909X>

Selim Çetin <https://orcid.org/0000-0002-6237-4986>

Derya Kılıç <https://orcid.org/0000-0002-2018-0657>

Ali Ergan <https://orcid.org/0009-0009-5552-1157>

Sertaç Coşman <https://orcid.org/0009-0005-9360-216X>

Ahmet Uyumaz <https://orcid.org/0000-0003-3519-0935>

Kaynaklar

- AISI 304 1.4301, Erişim Tarihi: 26 Mart 2023, <https://bircelik.com/tr/kategori/304-1-4301->
- Aminzadeha, A., Parvizi, A., Moradi M., (2020). Multi-objective topology optimization of deep drawing dissimilar tailor laser welded blanks; experimental and finite element investigation. *Optics and Laser Technology*, 125, 106029.
- AMS 5630 | Steel, Corrosion-Resistant, Bars, Wire, and Forgings, Erişim Tarihi: 26 Mart 2023, <https://titanium.com/ams-5630-specification/>
- Arslan, S., Aydın, İ., (2015). Küçük Tarım İşletmeleri İçin Basit Bir Önden Asılır Tip Çatallı Yükleyici. *KSÜ Doğa Bil. Derg.*, 18(2):40-51.
- Bautagung, G., & Pöllinger, A. (2003). 63 Stallbau-Stallklima-Tierhaltung in biologischen Betrieben-Genehmigungsverfahren Bundesanstalt für alpenländische Landwirtschaft Gumpenstein, A-8952 Irdning Vergleich unterschiedlicher Heutrocknungsverfahren.
- Cerruto, E., Manetto, G., Santoro, F., & Pascuzzi, S. (2018). Operator Dermal Exposure to Pesticides in Tomato and Strawberry Greenhouses from Hand-Held Sprayers. *Sustainability*, 10, 2273; doi:10.3390/su10072273.
- Çelik, H.K., Topakçı, M., Yılmaz, D., Akıncı, İ., (2007). Çizelin Yapısal ve İşlevsel Elemanlarında Sonlu Elemanlar Yöntemi İle Mukavemet Analizi. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi*, 3(2), 111-116.
- Data Table for:Carbon Steel:St44-2, Erişim Tarihi:26 Mart 2023, <https://www.steelss.com/Carbon-steel/st44-2.html>
- Defence metal, AISI 440C (1.4125),Erişim Tarihi: 26 Mart 2023, <https://www.defencemetal.com/aisi-440c-1-4125-2/>
- Duran, S., Coşkun, Y., Kılıç, D., Uyumaz, A., Zengin, B., (2021). Determination of the Load Applied to Bale Wrapping Machine Rotary Arm and Performing of Design Optimization, *Engineering Perspective*, 1(4):110-114.
- D'Amours, L., Savoie, P., S.(2005). Density profile of herbage silage in bunker silos. E library. Asabe.Org. Paper number 051051, 2005 ASAE Annual Meeting, doi: 10.13031/2013.19791.
- Gere, J.M., Goodno, B.J., (2014). Mukavemet. Nobel akademik Yayıncılık, Çevirmen: Okay, F., Sönmez, M., Kahraman, S., Özakça, M., Çuhadaroğlu, S.P., Özyazıcıoğlu, M., Ekmekyapar, T., Kahya, V., Cetişli, F., Özakça, M., Fırat, F.K.
- Guerrieri, A. S., Anifantis, A. S., Santoro, F., & Pascuzzi, S. (2019). Study of a large square baler with innovative technological systems that optimize the baling effectiveness. *Agriculture (Switzerland)*, 9(5), 86. doi:10.3390/agriculture9050086.
- Korucu, S., Gök, K., Tümsek, M., Soy, G., Gök, A., (2019). Farklı Profillere Sahip Kirişlerde Meydana Gelen Eğilme Gerilmesi ve Sehim Miktarının Teorik ve Nümerik Yöntemler ile Analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*. 21(62):469-482.
- Lüle, F., Koç, V., (2022). Tarım Makineleri İmalatında Kullanılan ST52 -ST37 ve Standart Dışı Çeliğinin Pin On Disk Aşınma Özelliklerinin Karşılaştırılması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 538, S. 191-197.
- Maguire, S., Godwin, R., O'Dogherty, M.J., Blackburn, K., (2007). A dynamic weighing system for determining individual square bale weights during harvesting. *Biosystem Engineering*, 98,2, 138-145.
- Material data sheet, S275JR, Erişim Tarihi: 26 Mart 2023, <https://steelnavigator.ovako.com/steel-grades/s275jr/>
- Material data sheet steel grade, 30MnB5, Erişim Tarihi: 27 Mart 2023, <https://steelnavigator.ovako.com/30mnb5/pdf>
- Outokumpu Oyj., (2017). Handbook of Stainless Steel. Outokumpu Oyj Salmisaarenranta 11 00180 Helsinki, Finland.
- Pascuzzi, S., Blanco, I., Anifantis, A.S., Scarascia-Mugnozza, G., (2016). Hazards assessment and technical actions due to the production of pressured hydrogen within a pilot photovoltaic-electrolyser-fuel cell power system for agricultural equipment. *Journal of Agricultural Engineering*. XLVII:507, 88-93.
- Pascuzzi S, Santoro F., (2015). Exposure of farm workers to electromagnetic radiation from cellular network radio base stations situated on rural agricultural land. *Int J Occup Saf Ergon*. 21(3):351-8. doi: 10.1080/10803548.2015.1081774.
- Pascuzzi, Simone, Cerruto, E., & Manetto, G. (2017). Foliar spray deposition in a "tendone" vineyard as affected by airflow rate, volume rate and vegetative development. *Crop Protection*, 91, 34-48. doi:10.1016/j.cropro.2016.09.009
- Potter, M., Nash, W., (2019). Schaum's Outline of Strength of Materials. Seventh Edition (Schaum's Outlines) 7th Edition, McGraw Hill.
- Saman balyası, Erişim Tarihi: 26 Mayıs 2021, https://tr.wikipedia.org/wiki/Saman_balyası
- Selçuk, N., (2014). Toprak İşleme Tarım Makinelerinde Kullanılan 5630 Kalite Çeliğinin Aşınma Direncinin Değişik Yüzey Prosesleri İle İyileştirilmesi. *Afyon Kocatepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi*, 27,28,56,57.
- Shinners, K. J., Huenink, B. M., Muck, R. E., & Albrecht, K. A. (2009). Storage Characteristics of Large Round And Square Alfalfa Bales: Low-Moisture Wrapped Bales. *Transactions of the ASABE*, 52(2), 401-407.
- St44 S275JR Çelik Özellikleri, Erişim Tarihi:26 Mart 2023, <https://>

- www.chncelik.com.tr/st-44-s275jr-celik-ozellikleri/
Steel Grades, Erişim Tarihi: 26 Mart 2023, <https://www.steel-grades.com/Steel-Grades/Carbon-Steel/St44-2.html>
- Şeflek, S., (2018). 1.5 m3 Hacimli Kendi Yürür Yem Karma ve Dağıtma Makinasının İmalatı ve İş Kalitesinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi. 1, 10-14, 38.
- Taşkaya, S., (2017). St 37 Çeliğinin Ansys Programında Basınca Bağlı Olarak Mekanik Gerilmelerinin İncelemesi. The Journal Of International Manufacturing and Production, Technologies. 39-46.
- Technical Data Sheet; Erişim Tarihi:26 Mart 2023 <https://www.spacematdb.com/spacemat/manudatasheets/440c.pdf>
- Tan, M., Temel, S., (2017). Doğu Anadolu Bölgesinin Farklı Ekolojilerinde Yetiştirilebilecek Ot ve Tohum Tipi Kinoa (Chenopodium quinoa Willd.) Genotiplerinin Belirlenmesi. Tübitak 1001 Projesi, Proje no:214O232.
- Tuğan, Ş., Ahlatçı, H., Türen, Y., Sun, Y., Özçelik, S., Gökalp, Y., Akkuş, A., Demirci, E., (2019). Effect of the Heat Treatment on the Severe Abrasive Wear Behavior of the 5630 Steel Anchor Used in Agricultural Area. UDCS'19 Fourth International Iron and Steel Symposium, 4-6 April, Karabük, 184-187p.
- Uğurluay, Ş., (2008). Çukurova Bölgesi'nde Bazı Sebzelerin Hasadında Teknik Başarıların Belirlenmesi ve Prototip Pırasa Hasat Makinası Geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 1,2,10,11,31,32, 135, 136.
- Uzun, O., Kayacan, R., (2019). Katı Atık Yükleme ve Taşıma Amaçlı Çok Fonksiyonlu Modüler Römorklu Araç Tasarımı. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 23,(3):687-700.
- Van Soest, P. J., Robertson, J. B., & Lewis, B. A. (1991). Methods for Dietary Fiber, Neutral Detergent Fiber, and Nonstarch Polysaccharides in Relation to Animal Nutrition. Journal of Dairy Science, 74(10), 3583–3597. doi:10.3168/jds.S0022-0302(91)78551-2.