

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**HAŞHAŞ BİTKİSİ İÇİN BİÇME DÜZENİ PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ VE ELEKTRONİK KONTROLLÜ PROTOTİPİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Orhan GÜNGÖR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

HAZİRAN 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**HAŞHAŞ BİTKİSİ İÇİN BİÇME DÜZENİ PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ VE ELEKTRONİK KONTROLLÜ PROTOTİPİNİN
GELİŞTİRİLMESİ**

Orhan GÜNGÖR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

DOKTORA TEZİ

HAZİRAN 2023

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

HAŞHAŞ BİTKİSİ İÇİN BİÇME DÜZENİ PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ VE ELEKTRONİK KONTROLLÜ PROTOTİPİNİN
GELİŞTİRİLMESİ

Orhan GÜNGÖR

TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
DOKTORA TEZİ

Bu tez 22/06/2023 tarihinde jüri tarafından Oybirliği ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. İbrahim AKINCI (Danışman)	:
Prof. Dr. Deniz YILMAZ	:
Doç. Dr. Hüseyin Kürşat ÇELİK	:
Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN	:
Prof. Dr. Can ERTEKİN	:

ÖZET

HAŞHAŞ BİTKİSİ İÇİN BİÇME DÜZENİ PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ VE ELEKTRONİK KONTROLLÜ PROTOTİPİNİN GELİŞTİRİLMESİ

Orhan GÜNGÖR

Doktora Tezi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. İbrahim AKINCI

Haziran 2023; 97 sayfa

Haşhaş bitkisi yetiştiriciliği ülkemizde her geçen yıl artmaktadır. Bunun en önemli nedeni haşhaş tohumu ve haşhaş kapsülünün ekonomik değerinin artmasıdır. Ayrıca ülkemiz dünyada haşhaş üretiminin de ilk sıralardadır. Önceden küçük alanlarda yapılan haşhaş bitkisi yetiştiriciliği, artık büyük alanlarda yapılmaya başlanmıştır. Bundan dolayı da haşhaş bitkisi için tarımsal mekanizasyon ihtiyacı artmıştır.

Haşhaş bitkisi farklı boylarda ve farklı dallanma yapısına sahiptir. Bu sebepten dolayı bitkinin makine ile hasat işlemi zordur. Bu çalışmada haşhaş bitkisi için biçme düzeni parametreleri araştırılmış ve elektronik kontrollü bir prototip tasarlanmıştır. Tasarlanan prototip, kademeli olarak sapın kesilmesi prensibi ile çalışmaktadır. Prototipte haşhaş bitkisi topraktan ayrıldıktan sonra prototipin sonuna kadar taşınabilmesi için taşıyıcı fırça, farklı boydaki haşhaş bitkilerinin aynı boya kalibre edilebilmesi için çekici fırça ve haşhaş kapsüllerinin depoya taşınabilmesi için taşıyıcı bant sistemleri tasarlanmıştır. Hasat işlemleri için üç farklı noktada dairesel kesme işlemi yapılmıştır. Dairesel kesme bıçakları haşhaş bitkisini topraktan ayırma, uzun bitkileri kısaltma ve kapsülü sapından ayırma işlemi yapmaktadır. Prototipteki mekanizmaların hareketi için AC ve DC motorlar kullanılmıştır ve kontrolleri için hız kontrol devreleri tasarlanmıştır. Prototipte hasat başarısını arttırmak için önünde yönlendirici kollar ve arka kısmında ayırıcı saç plakalar yapılmıştır. Prototipin ilerlemesini insan gücü ile yapmaktadır.

Çalışma kapsamında, hasat zamanı gelmiş haşhaş bitkisinin fiziko-mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bunlar haşhaş kapsülü iz düşüm alanı, kapsül hacmi, haşhaş bitkisinin sapı ve kapsülünün nem içerikleri, haşhaş kapsülü yığılma açısı, haşhaş tohumu bin dane ağırlığı, haşhaş kapsülü kritik hızı değerleridir. Ayrıca haşhaş sapı ve haşhaş kapsülünün kesme ve basma testleri yapılmıştır. Yapılan testler sonucuna göre dik kesme ile dairesel kesme arasında matematiksel bağıntı kurulmuştur. Prototip biçme düzeni deneme deseni için tarla koşullarında haşhaş bitkisinin yetiştirme şartları araştırılmıştır. Birim alandaki bitki sayıları, dallanma sayıları ve bitki boyları ölçülmüştür.

Haşhaş bitkisinin birim alanda dal sayısı 1.71 adet, bitki boyu ise 115.83 cm olarak belirlenmiştir. Haşhaş bitkisinin sapı ve kapsülün nem içerikleri sırasıyla %11.69 ve %8.05 olarak belirlenmiştir. Haşhaş bitki sapının en kalın noktası için dik kesme kuvveti

129.00 N, dairesel kesme kuvveti 6.48 N değerleri bulunmuştur. Dairesel kesme hızı 7700 d/d olarak belirlenmiştir. Laboratuvar denemelerinde ilerleme hızı 0.25 km/h dikkate alınmıştır. Tarla denemelerinde ilerleme hızı göz ardı edilmiştir. Tüm denemelerde haşhaş kapsülü boğum noktasından itibaren sap uzunluğu 0-25 mm de en çok olduğu tespit edilmiştir, bu istenen bir durumdur.

Sonuç olarak bu çalışmada haşhaş bitkisi için biçme parametreleri araştırılmış ve elektronik kontrollü bir biçme düzeni prototipi tasarlanmıştır. Tasarlanan bu prototip ile laboratuvar ve tarla denemeleri başarıyla yürütölmüştür.

ANAHTAR KELİMELEER: Dairesel kesme, biçme düzeni, haşhaş, hasat, kapsöl

JÖRİ: Prof. Dr. İbrahim AKINCI

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Doç. Dr. Hüseyin Kürşat ÇELİK

Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN

Prof. Dr. Can ERTEKİN

ABSTRACT

DETERMINATION OF MOWING PATTERN PARAMETERS AND DEVELOPMENT OF ELECTRONIC CONTROLLED PROTOTYPE FOR POPPY PLANT

Orhan GÜNGÖR

PhD Thesis in Department of Agricultural Machinery and Technology

Engineering

Supervisor: Prof. Dr. İbrahim AKINCI

June 2023; 97 pages

Poppy cultivation is increasing every year in our country. The most important reason for this is the increase in the economic value of poppy seed and poppy capsule. In addition, our country ranks first in poppy production in the world. Poppy plant cultivation, which was previously carried out in small areas, has now started to be carried out in large areas. Therefore, the need for agricultural mechanization for poppy plant has increased.

Poppy plant has different lengths and different branching structure. For this reason, it is difficult to harvest the plant by machine. In this study, the parameters of the harvesting system for poppy plant were investigated and an electronically controlled prototype was designed. The designed prototype works on the principle of cutting the stem gradually. In the prototype, a carrier brush is designed to carry the poppy plant to the end of the prototype after it is separated from the soil, a pulling brush is designed to calibrate poppy plants of different sizes to the same size and a conveyor belt system is designed to transport the poppy capsules to the warehouse. Circular cutting was performed at three different points for harvesting operations. Circular cutting knives are used to separate the poppy plant from the soil, shorten the long plants and separate the capsule from the stem. AC and DC motors were used for the movement of the mechanisms in the prototype and speed control circuits were designed for their control. In order to increase the harvesting success in the prototype, guiding arms were made in front and separator sheet plates were made at the back. The progress of the prototype is made by human power. The study also examined the physico-mechanical properties of harvested poppy plants, including the poppy capsule projection area, capsule volume, moisture content of the stalk and capsule, poppy capsule accumulation angle, poppy seed thousand grain weight, and poppy capsule critical velocity values. Shear and compression tests were conducted on poppy stalks and capsules, establishing a mathematical relationship between vertical shear and circular shear based on the test results.

Within the scope of the study, physico-mechanical properties of harvested poppy plants were investigated. These are the values of poppy capsule projection area, capsule volume, moisture contents of poppy plant stem and capsule, poppy capsule accumulation angle, poppy seed thousand grain weight, critical velocity of poppy capsule. In addition,

shear and compression tests of poppy stalk and poppy capsule were carried out. According to the results of the tests, a mathematical relation was established between vertical cutting and circular cutting. The growing conditions of poppy plant under field conditions were investigated for the prototype mowing pattern experimental design. The number of plants per unit area, number of branches and plant height were measured. In conclusion, this study investigated the mowing parameters for poppy cultivation and designed an electronically controlled mower prototype. Successful laboratory and field trials were conducted using this prototype.

The average number of branches per unit area of the poppy plant was determined to be 1.71, and the plant height was measured as 115.83 cm. The moisture content of the poppy plant stem and capsule were determined to be 11.69% and 8.05%, respectively. The cutting force for the thickest point of the poppy plant stem was found to be 129.00 N for vertical cutting and 6.48 N for circular cutting. The circular cutting speed was determined as 7700 rpm. The advancement speed of 0.25 km/h was considered in laboratory tests, while the advancement speed was disregarded in field trials. It was observed in all experiments that the maximum stem length from the node of the poppy capsule was in the range of 0-25 mm, which is a desired condition.

In conclusion, in this study, mowing parameters for poppy crops were investigated and an electronically controlled mowing system prototype was designed. Laboratory and field trials were successfully carried out with this prototype.

KEYWORDS: Circular cutting, mowing pattern, poppy, harvest, capsule

COMMITTEE: Prof. Dr. İbrahim AKINCI

Prof. Dr. Deniz YILMAZ

Assoc. Dr. Hüseyin Kürşat ÇELİK

Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN

Prof. Dr. Can ERTEKİN

ÖNSÖZ

Son yüzyıldaki mekanik, elektronik ve bilgisayar teknolojilerindeki gelişmeler, tarım makinaları ve teknolojileri alanında önemli etkilere neden olmuştur. Tüm dünyada nüfus artışı ve özellikle pandemi etkisi, tarımsal üretimin önemini daha da artırmıştır. Tarımsal üretimin daha verimli ve başarılı yapılabilmesi için tarım makinelerinin elektronik kontrollü optimizasyonu zorunlu hale gelmiştir. Hasat işleminin etkin bir şekilde yapılabilmesi, hasat başarısı açısından oldukça önemlidir. Hasat makineleri tasarlanırken fiziko-mekanik özellikler göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda yapılan bu çalışmada, haşhaş bitkisinin fiziko-mekanik özellikleri araştırılarak biçme düzeni parametreleri belirlenmiştir. Geliştirilen elektronik kontrollü prototip ile haşhaş kapsülünün başarılı şekilde hasat işleminin yapılabilmesi amaçlanmıştır.

Doktora eğitimimin her sürecinde bilgisini, yardımını ve emeğini esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. İbrahim AKINCI'ya, tez izleme komitesindeki kıymetli hocalarım Doç. Dr. Hüseyin Kürşat ÇELİK, Prof. Dr. Deniz YILMAZ ile doktora eğitimime başladığım günden bu zamana kadar her türlü konuda yardımlarını ve tecrübeleri esirgemeyen Sayın hocalarım Prof. Dr. Davut KARAYEL, Prof. Dr. Mehmet TOPAKÇI, Prof. Dr. Can ERTEKİN, Prof. Dr. Murad ÇANAKÇI ve Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN'a teşekkür ederim.

Ek olarak denemeleri tarlasında yapmama izin veren arkadaşım Engin ERKARA'ya, bana daima destek veren ve denemeler sırasında benimle beraber sürekli çalışan eşim Hatice GÜNGÖR, çocuklarım Alperen ve Selim GÜNGÖR ile abim Süleyman GÜNGÖR'e sonsuz teşekkürler ederim.

Yapılan bu tez çalışmasının ilgili makine tasarım ve imalat sektöründe çalışanlara ve ilgili alanda yer alan araştırmacılara faydalı olmasını temenni ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ	v
AKADEMİK BEYAN	ix
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvi
1. GİRİŞ.....	1
1.1. Haşhaş Bitkisinin Özellikleri ve Yetiştirilmesi	1
1.2. Haşhaş Bitkisinin Hasat Yöntemleri	3
2. KAYNAK TARAMASI.....	6
2.1. Haşhaş Çeşitleri ve Üretim Verileri	6
2.1.1. Haşhaş bitkisi çeşitleri	9
2.1.2. Haşhaş bitkisi üretim değerleri	10
2.2. Haşhaş Hasat Makinesi Çalışması ve Üniteleri.....	13
2.2.1. Haşhaş biçerdöveri çalışması.....	15
2.2.2. Haşhaş biçerdöveri çalışma üniteleri	15
3. MATERYAL VE METOT.....	19
3.1. Materyal	19
3.1.1. Haşhaş bitkisi özellikleri.....	19
3.1.2. Elektronik kontrol üniteleri.....	22
3.1.2.1. Kesici bıçak motorları ve hız kontrol devresi	23
3.1.2.2. Taşıyıcı fırça motorları.....	25
3.1.2.3. Çekici fırça, taşıyıcı bant motorları ve güç kaynakları	28
3.1.2.4. Tarla denemelerinde kullanılan jeneratör cihazı	29
3.1.3. Haşhaş hasat makinesi biçme ünitesi tasarım algoritması	30
3.2. Metot	31
3.2.1. Haşhaş bitkisi teknik, fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi.....	31
3.2.1.1. Haşhaş bitkisi boyut ve biçim ölçüm yöntemi	31
3.2.1.2. Haşhaş bitkisi iz düşüm alanı ölçüm yöntemi	32
3.2.1.3. Haşhaş bitkisi hacim ölçüm yöntemi	33

3.2.1.4. Haşhaş bitkisi nem içeriğinin ölçülmesi yöntemi	33
3.2.1.5. Haşhaş kapsülü yığılma açısı	34
3.2.1.6. Bin dane ağırlığı	35
3.2.1.7. Kritik hızın belirlenmesi.....	35
3.2.1.8. Taşıyıcı fırça motor redüktörü.....	36
3.2.1.9. Taşıyıcı fırça motor rulman bağlantısı	37
3.2.1.10. Haşhaş bitkisi sap kesme dirençleri ölçüm yöntemi	37
3.2.1.11. Kesme gücü ve k sabiti hesaplama yöntemleri	42
3.2.2. Haşhaş hasat makinesi prototip biçme ünitesi tasarımı	43
3.2.3. Haşhaş hasat makinesi biçme ünitesi laboratuvar ve tarla denemeleri	44
3.2.3.1. Haşhaş hasat makinası biçme ünitesi laboratuvar denemeleri	45
3.2.3.2. Haşhaş hasat makinası biçme ünitesi tarla denemeleri	47
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	48
4.1. Haşhaş Bitkisi Teknik, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri.....	48
4.1.1. Tarlada birim alandaki haşhaş bitkisiyle ilgili veriler	48
4.1.2. Haşhaş kapsülü iz düşüm alanı	51
4.1.3. Haşhaş kapsül hacmi.....	52
4.1.4. Haşhaş bitkisi sapı ve haşhaş kapsülü nem içeriği	52
4.1.5. Haşhaş kapsülü yığılma açısı	53
4.1.6. Haşhaş tohumu bin dane ağırlığı	53
4.1.7. Haşhaş kapsülü kritik hızı.....	54
4.1.8. Haşhaş sapı kesme sonuçları.....	54
4.2. Hasat Makinesi Biçme Düzeni Prototip Tasarımı.....	58
4.2.1. Yönlendirici kollar	62
4.2.2. Taşıyıcı fırçalar	63
4.2.3. Çekici fırçalar	66
4.2.4. Kesici bıçaklar	68
4.2.5. Ayırıcı sac plakalar	73
4.2.6. Taşıyıcı bant.....	74
4.3. Hasat Makinesi Prototip Biçme Ünitesi Laboratuvar ve Tarla Denemeleri	76
4.3.1. Prototip biçme düzeni laboratuvar denemeleri	78

4.3.2. Prototip biçme düzeni tarla denemeleri	86
5. SONUÇLAR	90
6. KAYNAKLAR.....	92
ÖZGEÇMİŞ	



AKADEMİK BEYAN

Doktora Tezi olarak sunduğum “Haşhaş Bitkisi İçin Biçme Düzeni Parametrelerinin Belirlenmesi ve Elektronik Kontrollü Prototipinin Geliştirilmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

22.06.2023

Orhan GÜNGÖR

imza

(Faint signature watermark)

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

A	:Amper
AC	:Alternatif akım
A_{iz}	:İz düşüm alanı
BG	:Beygir gücü
cm	:Santimetre
°C	:Santigrat
da	:Dekar
D_0	:Ortalama geometrik çap
DC	:Doğru akım
E	:Esneklik modülü
g	:Gram
h	:Saat
kg	:Kilogram
l	:Deformasyon
L	:Cismin özgül uzunluğu
m	:Metre
Md_R	:Redüktör torku
m_k	:Saplı boş kapsül ağırlığı
mm	:Milimetre
m_{sk}	:Sapsız boş kapsül ağırlığı
MPa	:Mega Pascal
n	:Devir
N	:Motor gücü
P	:Harcanan güç

V	:Volt
y.b.	: Yaş baz
W	:Watt
σ	:Gerilme
ε	:Gerinme
%	:Yüzde

Kısaltmalar

BM	: Birleşmiş Milletler
TMO	: Toprak Mahsulleri Ofisi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
UNODC	: Birleşmiş Milletler Uluslararası Narkotik Kontrol Kurulu
YMO	: Yabancı Madde Oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1. 2019 Yılına göre dünyada haşhaş üretim oranları (TMO 2019).....	11
Şekil 2.2. Macaristan'da geliştirilen modifiye haşhaş hasat makinası	13
Şekil 2.3. Kapsüllü şekilde hasat yapan haşhaş hasat makinesi (Ertuğrul 2017)	14
Şekil 2.4. Kapsül ve tohum ayıran haşhaş harman makinesi (Ertuğrul 2018).....	14
Şekil 2.5. Kombine haşhaş hasat makinesi prototipi (Özarslan vd. 2018)	15
Şekil 2.6. Rulo fırça	16
Şekil 2.7. Yaprak bıçaklı biçme düzeni	16
Şekil 2.8. Harmanlama ünitesi	17
Şekil 2.9. Haşhaş kırma makinesi	18
Şekil 3.1. Prototip biçme düzeninde kullanılan materyaller	19
Şekil 3.2. Haşhaş bitkisinin gelişimi.....	20
Şekil 3.3. Haşhaş bitkisi.....	20
Şekil 3.4. Hasat işlemi yapılan kapsül	21
Şekil 3.5. Haşhaş tohumu	21
Şekil 3.6. 3. kesici bıçak motoru teknik çizimi.....	23
Şekil 3.7. AC motor hız kontrol devresi	24
Şekil 3.8. Hız kontrol devresi çalışma grafiği.....	24
Şekil 3.9. Dijital hız kontrol ölçüm cihazı	25
Şekil 3.10. Taşıyıcı fırça motoru arkadan görünüş	26
Şekil 3.11. Taşıyıcı fırça motoru soldan görünüşü	26
Şekil 3.12. Taşıyıcı fırça motorunun kondansatör ile farklı yönlerde sürülmesi.....	27
Şekil 3.13. Taşıyıcı fırça motoru teknik çizimi	27
Şekil 3.14. 12 V DC motor	28
Şekil 3.15. 0-40 V 5 A Güç kaynağı devresi	28
Şekil 3.16. Tarla denemelerinde kullanılan jeneratör cihazı.....	29

Şekil 3.17. Prototip geliştirilmesinde takip edilen algoritma.....	30
Şekil 3.18. Dijital kumpas ile haşhaş kapsülü boyut ölçümleri	31
Şekil 3.19. Haşhaş sapı kalınlık ölçümleri.....	32
Şekil 3.20. Kapsülün dik ve yatay iz düşüm alanı	32
Şekil 3.21. Tohumlu ve tohumsuz kapsül nem içeriği belirlenmesi	34
Şekil 3.22. Haşhaş sapı nem içeriği belirlenmesi	34
Şekil 3.23. Haşhaş kapsülü yığılma açısı.....	35
Şekil 3.24. Kritik hız ölçüm düzeneği (Saraçoğlu ve Özarslan 2012).....	36
Şekil 3.25. Haşhaş kapsülü kritik hız belirlenmesi	36
Şekil 3.26. Çift rulmanlı motor mili bağlantısı	37
Şekil 3.27. Haşhaş sapı kuvvet-deformasyon eğrisi	39
Şekil 3.28. Haşhaş sapı gerilme-gerinme eğrisi.....	40
Şekil 3.29. Haşhaş sapı kesme deneyleri	41
Şekil 3.30. Haşhaş kapsülü basma deneyleri	41
Şekil 3.31. TST Mares ekran görüntüsü	42
Şekil 3.32. Biçme ünitesi yandan görünüşü.....	43
Şekil 3.33. Biçme ünitesi önden görünüşü	44
Şekil 3.34. Biçme ünitesi arkadan görünüşü.....	44
Şekil 3.35. Laboratuvar çalışmaları sırasında kullanılan haşhaş bitkileri.....	45
Şekil 3.36. Hasat edilen haşhaş kapsüllerinin sınıflandırılması.....	46
Şekil 3.37. Tarla denemelerinden bir görünüm	47
Şekil 4.1. Haşhaş bitkisinin kesim noktaları	55
Şekil 4.2. Prototip biçme düzeni yan görünüşü	59
Şekil 4.3. Prototip biçme düzeni katı model görünüşü	59
Şekil 4.4. Prototip biçme düzeni katı model üstten görünüşü.....	60
Şekil 4.5. Prototip biçme düzeni arkadan görünüşü	60

Şekil 4.6. Prototip biçme düzeni üstten görünüşü	61
Şekil 4.7. Prototip biçme düzeni sağdan görünüşü	61
Şekil 4.8. Prototip biçme düzeni soldan görünüşü	62
Şekil 4.9. Prototip biçme düzeni önden görünüşü	62
Şekil 4.10. Prototip biçme düzeninin önden görünüşü	63
Şekil 4.11. Taşıyıcı fırçanın önden görünüşü	64
Şekil 4.12. Taşıyıcı fırçanın teknik çizimi	64
Şekil 4.13. Taşıyıcı fırçanın üstten görünüşü	65
Şekil 4.14. Taşıyıcı fırçaların katı model görünüşü	65
Şekil 4.15. Çekici fırçalar	66
Şekil 4.16. Çekici fırça dişli sistemi	67
Şekil 4.17. Çekici fırça teknik çizimi	67
Şekil 4.18. Çekici fırça dişlisinin teknik çizimi	68
Şekil 4.19. Çekici fırçaların katı model görünüşü	68
Şekil 4.20. Kesici bıçaklar	69
Şekil 4.21. 1. kesici bıçak yandan görünüşü	69
Şekil 4.22. 1. kesici bıçak önden görünüşü	70
Şekil 4.23. 2. kesici bıçak yandan görünüşü	70
Şekil 4.24. 2. kesici bıçak önden görünüşü	71
Şekil 4.25. 3. kesici bıçak yandan görünüşü	72
Şekil 4.26. 3. kesici bıçak üstten görünüşü	72
Şekil 4.27. 3. kesici bıçak katı model görünüşü	73
Şekil 4.28. Kesici bıçak	73
Şekil 4.29. Kapsül ayırıcı sac plakalar	74
Şekil 4.30. Taşıyıcı bant	75
Şekil 4.31. Taşıyıcı bant katı model görünüşü	75

Şekil 4.32. Kapsül sayılarına göre haşhaş bitkileri	76
Şekil 4.33. Tek kapsüllü haşhaş bitkisi hasadı laboratuvar çalışması katı model görünüşü.....	79
Şekil 4.34. İki kapsüllü haşhaş hasadı laboratuvar denemesi	79
Şekil 4.35. 86-105 cm prototip biçme düzeni laboratuvar deneme sonuçları.....	83
Şekil 4.36. 106-125 cm prototip biçme düzeni laboratuvar deneme sonuçları.....	84
Şekil 4.37. 126-145 cm prototip biçme düzeni laboratuvar deneme sonuçları.....	85
Şekil 4.38. 86-105 cm prototip biçme düzeni tarla deneme sonuçları.....	86
Şekil 4.39. 106-125 cm prototip biçme düzeni tarla deneme sonuçları.....	87
Şekil 4.40. 126-145 cm prototip biçme düzeni tarla deneme sonuçları.....	88

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Türkiye'de haşhaş bitkisi çeşitleri(TMO 2018)	10
Çizelge 2.2. Yıllara göre dünyada haşhaş ekim alanları (da) (TMO 2019)	11
Çizelge 2.3. TÜİK verilerine göre haşhaş üretimi (TÜİK 2020)	12
Çizelge 2.4. TÜİK verilerine göre 2020 yılı bölgesel haşhaş üretim verileri (TÜİK 2020)	12
Çizelge 3.1. Kesici bıçak motoru özellikleri.....	23
Çizelge 3.2. Taşıyıcı fırça motoru teknik verileri	27
Çizelge 3.3. Jeneratörün özellikleri	29
Çizelge 4.1. Haşhaşın birim alandaki sap ve kapsül sayıları	48
Çizelge 4.2. Haşhaşın birim alandaki bitki boyu ve dal sayıları.....	48
Çizelge 4.3. Haşhaşın birim alandaki kapsül grupları	49
Çizelge 4.4. Haşhaşın birim alandaki boy uzunlukları	50
Çizelge 4.5. Haşhaş kapsülü, kabuğu ve tohumlarına ait bazı teknik özellikler.....	51
Çizelge 4.6. Haşhaş kapsülü iz düşüm alanı	51
Çizelge 4.7. Haşhaş kapsül hacmi.....	52
Çizelge 4.8. Haşhaş sapı nem içeriği (y.b. %)	52
Çizelge 4.9. Haşhaş kapsülü nem içeriği (y.b. %)	53
Çizelge 4.10. Haşhaş kapsüllerine ait yığılma açısı değerleri	53
Çizelge 4.11. Haşhaş tohumu bin dane ağırlığı	53
Çizelge 4.12. Haşhaş kapsülü kritik hızı.....	54
Çizelge 4.13. Haşhaş sapı dik kesme kuvveti sonuçları	55
Çizelge 4.14. Kapsül dik basma kuvveti değerleri	57
Çizelge 4.15. Kapsül yan basma kuvveti değerleri.....	58
Çizelge 4.16. Dairesel motorda harcanan güç	76
Çizelge 4.17. Laboratuvar testleri dik kesme kuvveti.....	77

Çizelge 4.18. Dairesel kesme gücü	77
Çizelge 4.19. Laboratuvar dik kesme harcanan güç değerleri	77
Çizelge 4.20. Dairesel kesme kuvveti değerleri.....	78
Çizelge 4.21. Dairesel ve dik kesme verileri	78
Çizelge 4.22. 5500 d/d kesme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet).....	80
Çizelge 4.23. 7700 d/d kesme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet).....	80
Çizelge 4.24. 9900 d/d kesme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet).....	80
Çizelge 4.25. 0.10 km/h ilerleme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet)	81
Çizelge 4.26. 0.25 km/h ilerleme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet)	81
Çizelge 4.27. 0.40 km/h ilerleme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet)	82
Çizelge 4.28. 86-105 cm prototip biçme düzeni laboratuvar deneme sonuçları.....	83
Çizelge 4.29. 106-125 cm prototip biçme ünitesi laboratuvar deneme sonuçları.....	84
Çizelge 4.30. 126-145 cm prototip biçme ünitesi laboratuvar deneme sonuçları.....	85
Çizelge 4.31. 86-105 cm prototip biçme ünitesi tarla deneme sonuçları.....	86
Çizelge 4.32. 106-125 cm prototip biçme ünitesi tarla deneme sonuçları.....	87
Çizelge 4.33. 126-145 cm prototip biçme ünitesi tarla deneme sonuçları.....	88

1. GİRİŞ

Tarımsal mekanizasyon tarımsal üretim faaliyetlerinin güç kaynakları, tarım makineleri ve teknolojileri kullanımı ile mekanize edilmesidir (Akıncı 2020). Mekanizasyon işlemleri, tarımsal üretimde teknolojik uygulamaların etkinliğini artırmakta ve çalışma koşullarını iyileştirmektedir. Tarımın modernleşmesiyle birlikte uygun tarım aletlerinin kullanımını işletme giderlerini olumlu yönde etkilemektedir. Bundan dolayı üretimin her aşamasında, tarımsal üretime ve işletmelere uygun tarım aletlerinin kullanımı üretim etkinliğini iyileştirmekte ve işletme karını artırmaktadır (Akıncı 2003).

Tarımsal üretim, bitkisel üretim ve hayvansal üretim olmak üzere iki ana sistemde gerçekleştirilmektedir. Bitkisel üretimde genel olarak tarla bitkileri, bahçe bitkileri, örtü altı yetiştiricilik ve süs bitkileri yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bitkisel yetiştiricilikte toprak işleme, ekim/dikim, sulama, gübreleme, ilaçlama ve hasat işlemleri en önemli aşamalardır. Bu aşamalardan hasat harman işlemi tarla, bahçe ve seralarda yetiştirilen ürünlerin, olgunlaşma aşamasında bulundukları yerden toplanması ve kısmen işlenmesi olarak tanımlanmaktadır (Güzel 1998; Akıncı 2020).

Bitkilerden elde edilen ürünler; tahıllarda dane (buğday, arpa), endüstri bitkilerinde dane ve lif (mısır, pamuk, susam, haşhaş), yem bitkilerinde sap ve yaprak (mısır, yonca, fiğ), yumrulu bitkilerde yumru (patates, pancar, havuç), meyve ağaçlarında meyve (elma, portakal, zeytin), sebzelerde yaprak ve meyve (marul, domates, çilek), üzüm sü meyveler (üzüm, böğürtlen, dut) vb. şeklinde olabilirler. Bu nedenle, bitkiler kendi özelliklerine göre hasat edilmek zorundadırlar. Örneğin başaklı veya daneli bitkiler (tahıllar, baklagiller, mısır, soya, kolza vb.) harmanlama düzenlerinde (dövücü-karşı dövücü) harmanlanarak danenin başak, kapsül, koçan gibi içinde bağlı bulundukları kısımlardan ovalanarak, dövülerek veya sıyrılarak ayrılırlar (Güzel 1998).

1.1. Haşhaş Bitkisinin Özellikleri ve Yetiştirilmesi

Tek yıllık bir kültür bitkisi olan ve ülkemizde geleneksel olarak tarımı yapılan haşhaş (*Papaver somniferum* L.) bilimsel sınıflandırmaya göre Papaveraceae familyası içinde yer almaktadır (Seçmen vd. 2000, Erol ve Yanık 2019). Haşhaş, tek yıllık, otsu yapıda, dik gelişen ve toprak üstü aksamı koyu yeşil renkte olan bitkidir. Bitki kazık kök yapısına ve zayıf yan köklere sahiptir. Bitkide genel olarak 2-3 yan dal bulunmakta olup, bazı haşhaş çeşitlerinde bu sayı 8-10'a kadar çıkabilmektedir. Haşhaşın meyvesine kapsül denilmektedir. Kapsül oval, yuvarlak, koni veya küresimsi şekillerde olabilmektedir. Kapsülde bin dane tohum ağırlığı 0.2-0.7 gr arasında değişen 1000-5000 arası tohum oluşmakta olup, tohumlar beyaz, pembe, mavi, gri, kahverengi ve sarı renkte olabilmektedirler. (Arslan vd. 2000; Başer ve Arslan 2014)

Kadıoğlu (2007) "Uşak'ta Haşhaş Tarımının Coğrafi Özellikleri" adlı çalışmada, haşhaş bitkisinin kökünün, 30 ile 100 cm kadar derine salınabildiğini belirtmektedir. Bitkinin kökleri pek sağlam değildir, kuvvetli rüzgârlarda devrilebilmektedir. Toprağın nemli veya ıslak olduğu durumlarda zayıf yan köklerin de etkisi ile kolaylıkla devrilebilmektedir. Haşhaşın dalları ve sap kısmı düzdür, mumsu bir tabaka ile örtülüdür ve tüysüzdür. Olgunlaştığı dönemlerde haşhaş bitkisinin sap kısmı

kahverengiye dönüşmektedir. Yetiştirme döneminde gri ve yeşil arasında bir renge sahiptir. Kadioğlu (2007)'na göre, haşhaş bitkisinin uzunluğu yetiştirildiği yere ve iklime bağlı olarak 30 ile 175 cm aralığında değişkenlik göstermektedir. Bitkinin yetiştirme süresi ise 110 ile 280 gün arasında değişkenlik gösterebilmektedir.

Haşhaş yaprakları, gövdesinin yetiştirme dönemindeki gibi gri ve yeşil renklere sahiptir. Aynı şekilde yapısı tüysüz ve mumsudur. Genişliği 20 cm ile 35 cm arasında değişkenlik göstermektedir. Gümüşçü ve Gümüşçü (1997)'ye göre üst, orta ve dip olmak üzere yapraklar ayrılmaktadır ve üstte bulunan yapraklar tomurcukları koruma görevine sahiptirler. Uçkun (2022)'na göre her dalın ucunda birer tomurcuk bulunmakta ve bu da ana gövdeye bağlıdır. Kalender (2014)'in yapmış olduğu çalışmada, yeşil renkte bulunan çanak yapraklar tomurcuktan çıkmaktadır ve gelişim sürecinde çiçeklenmektedir. Filizlenme başladıktan yaklaşık 90 gün içinde ana çiçek ortaya çıkmaktadır.

Gümüşçü ve Gümüşçü (1997), yapmış oldukları çalışmaya göre kozanın alt kısmında bulunan sivri uçlu yapraklar, yıldızı anımsatmaktadır ve bunun üzerinde bulunan kısma stigma veya tepcecik denilmektedir. Kapsül dışında yer alan stigmada sivri uçların sayısı kadar bölme bulunmakta ve tohumlar bu bölmeleri birbirinden ayıran zarlar içerisinde oluşmaktadır. Uçkun (2022)'un çalışmasında her bir kapsülün içinde bin ilâ beş bin arasında tohum olduğunu belirlemiştir. Özgen vd. (2017) çalışmalarında, haşhaş tohumlarının beyaz, pembe, mavi, gri, kahverengi ve sarı renk olabildiklerini ve şekil olarak da oldukça küçük ve böbrek şeklinde olduklarını belirtmiştir.

Yağlı tohumlar kategorisinde ele alınan haşhaş bitkisi, yüzyıllar boyunca kullanımı çeşitli yöntemlerle gerçekleşen tıbbi ürünler elde edilen bir türdür. Haşhaştan elde edilen afyon, uyuşturucu etkisine sahiptir ve günümüzde de ilaç imalatında sıkça kullanılmaktadır. Haşhaş bitkisinin ekimi kontrol altında tutulmaktadır ve belirli bölgelerde yetiştirilmesine izin verilmektedir. 1938 yılında kurulan Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO) haşhaş üretimine ilişkin denetimi sağlamaktadır. Hindistan, Türkiye, Avustralya, Fransa, Macaristan ve İspanya gibi ülkelerin belirli bölgelerinde haşhaş yetiştiriciliği yapılmaktadır. Haşhaş cinsine göre kapsülünden elde edilen morfinler ilaç yapımında, tohumları ise gıda sektöründe kullanılmaktadır.

Haşhaş üretiminde hasat zamanında iki çeşit toplama yöntemi bulunmaktadır. Bunlardan biri makineler ile diğeri ise kas gücüne dayalı elle toplamadır. Büyük alanlarda üretimi gerçekleştirilen haşhaş bitkisi makineler ile toplanarak yine geliştirilmiş mekanik düzenler ile ayrıştırılarak kullanıma hazır hâle getirilmektedir. Ancak ülkemizde küçük alanlarda tarımı gerçekleştirilen haşhaşın hasat işlemi genellikle elle yapılmaktadır. Sap ve tohumlarının ayrıştırılması da kas gücüne ya da bu iş için tasarlanmış makineler ile yapılmaktadır.

Haşhaşın bakımı, hasat zamanına ilişkin birçok prosedür bulunmaktadır. Haşhaş kapsülünde bulunan alkaloid, uyuşturucunun elde edilmesi hususunda büyük önem arz etmektedir. Bir kapsülün içerisinde 30 civarında alkaloid bulunmaktadır (Valizadeh vd. 2014). Ayrıca tıpta haşhaşın çeşitli alanlarda kullanımı gerçekleştirilmektedir.

Haşhaş bitkisi geçmişten günümüze tıbbi alanda fayda sağlayacak şekilde işlemlere tabi tutulmuştur. Uyuşturucu elde edilen ve ilaç yapımında kullanılan haşhaş, yetiştirilme şekli, hasat biçimi ve sonucunda kaliteli ürünlerin elde edilmesi hususu önem

taşımaktadır. Haşhaş bitkisinin hasadına ilişkin makineler geliştirilmektedir. Bu makinelerin kullanım alanlarını bilmek, gelişimine ilişkin çalışmalar gerçekleştirilmesine fayda sağlayacaktır.

Sürekli olarak geliştirilen harman makinelerinin üzerinde çalışmalar sürmektedir. Kullanılan makineler, haşhaş kapsülü ile tohumların en iyi şekilde ayrışmasını ve bunun yanı sıra sap ve yabancı maddelerden de ayrışmasını sağlamakta, bu durum ise daha kaliteli ürünler elde edilme olanağı sunmaktadır. Çalışma doğrultusunda tarımsal mekanizmaların geliştirilmesi ve başarılı hasat işlemlerinin artırılmasını sağlamak adına destekleyici bilgiler içermektedir. Haşhaş tarımına ilişkin kaliteli ürün elde edilmesi için hasat mekanizmalarının işleyişleri incelenmiştir. Haşhaş bitkisinin ülkemizde yetiştiği yerler, kontrolü ve hasadı çalışma kapsamında ele alınmıştır. Haşhaş bitkisinin hasat parametreleri olarak hasat etkinliği, iş kalitesi, güç ihtiyacı, dairesel kesme değerleri ile haşhaş bitkisinin fiziko-mekanik değerleri incelenmiştir. Kaliteli haşhaş tohumları ve alkaloidlerin elde edilmesi için ayırma parametrelerinin bilinmesi gelişimi için önem arz etmektedir.

1.2. Haşhaş Bitkisinin Hasat Yöntemleri

Ülkeden ülkeye değişiklik gösteren hasat işlemi; Afganistan, Hindistan, Pakistan gibi bazı ülkelerde haşhaş kapsülleri çizilerek (afyon sakızı çıkartılarak) yapılmaktadır. Özarslan vd. (2018)'ne göre haşhaş hasadı Avustralya, Romanya, Macaristan ve Avusturya gibi ülkelerde ise makine ile yapılmaktadır. Macaristan'da küçük arazilerde haşhaş bitkisinin sapı 10 ile 20 cm uzunlukta kesebilen bir adaptör geliştirilmiştir ve bu adaptör biçme makinelerine monte edilebilmektedir. Kesim gerçekleştikten sonra tohum ve kapsülün ayırma işlemi gerçekleşmektedir. Bu işlem çiftlik merkezlerinde uygulanmaktadır. Haşhaş tohumları işleme alınıncaya kadar çiftlikte bekletilmektedir.

Hacıyusufoğlu (2013)'na göre biçerdöver ile büyük arazilerde haşhaşlar hasat edilmektedir. Kapsüller 10 ile 20 cm arasında sap uzunluğuna sahip olup kesimi gerçekleşmektedir. Başarılı kesme işlemi için arazinin yabancı otlardan arındırılmış olması gerekmektedir. Ayrıca biçerdöverle hasatta tek tip bitki yüksekliği gerekmektedir. Haşhaş bitkisi boyunun aynı seviyelerde olması sayesinde bu durum gerçekleştirilmektedir. Ilıman iklimlerde optimum bitki yoğunluğu 450.000 bitki/ha olmakta ve bitki başına 1-2 kapsül düşmektedir. Türkiye şartlarında bu değerler sırası ile 25.000 bitki/ha ve 5-8 kapsüldür.

Németh (1998) çalışmasında hasadın makineler ile gerçekleştirilmesini incelemiştir. Çalışma sonucunda işgücü ve maliyetin azaltılması husunda faydalarının söz konusu olduğunu, ancak işlemlerin makineler yardımı ile gerçekleşmesinin çok sayıda kapsül ve tohum kaybına yol açacağı üzerinde durulmuştur. Bu durum ise makinelerin dezavantajlı özellikleri arasında yer almaktadır. Földesi (1992)'ye göre hasat makinesinin başka bir olumsuz özelliği de kapsüller arasına çok sayıda sapın da karıştırmasıdır. Bu dezavantajlı durum, haşhaş bitkisinden elde edilecek alkaloidlerin oranını düşürmektedir.

Büyük hasat makineleri Avusturalya gibi haşhaş ekimi yapan ülkelerdeki arazilerde fotoperiyodizm bitkilerinin yayılım alanlarını etkilemektedir. Işıklanma süresi olarak adlandırılan bu durum; bitkilerin büyüme, gelişme ve çiçeklenmeyi, yaprakların dökülmesi ve durgunluk döneminin başlamasını etkilemektedir. Eriş (2007), Akcal

(2007) ve Bulut vd. (2016)'un araştırmalarına dayanarak geniş alanda yetiştiricilik yapanlar için bu durum avantajlıdır.

Erdemoğlu vd. (2002)'ne göre ışıktan süresindeki yüksek değerler haşhaş bitkisinin boylarının aynı oranda olmasını sağlamaktadır. Bu etken ise haşhaş hasat makinelerinin kullanımını yaygınlaştırmaktadır. Fakat Kadioğlu (2007) Türkiye'de haşhaş üretim oranı ve alanı daha dar alanlarda gerçekleştiği için ve sapların uzunluğundaki eşitsizlik ve hatta hasat sonrasındaki kapsüller arasındaki yabancı maddelerin ve sapların karışımının makine kullanımının faydalı olmayacağı belirtmektedir.

Uçkun (2022)'a göre kapsül henüz sararmaya başlamadan yeşil renkteyken Hindistan, Afganistan ve Çin gibi ülkelerde özel aletler ile çizimi gerçekleştirilerek baz morfin elde edilmektedir. Kapsüller sonraki süreçte elle toplanarak çuvallanmaktadır. Türkiye'de haşhaş hasadı el ile toplama yoluyla gerçekleşmektedir. Kapsüller direkt olarak, sap ile birleşim noktasında bulunan boğumdan kırılarak elde edilmektedir. Daha sonra bu kapsülleri çuvallara konularak depolanmamaktadır.

Hasattan elde edilen kapsüllerin, kapsül kırma makinaları ile ya da tahta tokaçlar yardımı ile kırılması gerçekleşmektedir. Türkiye'de kapsül kırma işlemi elle hasadın gerçekleşmesinin ardından, kapsül kırma makinesi olarak traktörlerin arkasına takılan bir makine ile uygulanmaktadır. Bu makinenin yaklaşık 2 ton/h iş kapasitesi bulunmaktadır.

Kapsül kırma makinelerinde bulunan besleme haznesine kapsüller elle doldurulmaktadır. Daha sonra parçalama işlemi gerçekleşmektedir ve kapsül kırıkları eleklerle düşmekte, buradan da tohumlar elde edilmektedir. Haşhaş tohumları ve kapsüller burada ayrıştırılarak çuvallara doldurulmaktadır. İki elek vardır ve bunlardan birinin çapı diğerinden daha küçüktür. Alt elek haşhaş tohumlarını ve kapsülü ayırtmaktadır. Bu işlemin gerçekleştirilmesi yemeklik haşhaşın acı olmaması ve kalitesiz olmaması içindir. Çünkü tohuma karışan kapsül ve yabancı maddeler acılık vermektedir.

Haşhaş kapsüllerinin kırılma ve ayırma işlemine ilişkin çalışmalar yürütülmektedir. Bu maksatla kırıcı ünite devri, elek stroku ve besleme ağzı kesit alanının özgül enerji tüketimi, iş kapasitesi ve temizleme etkinliği üzerine etkilerini tespit edilmiştir. Sonuç olarak Karaca (1996)'ya göre 270 d/d kırıcı ünite devri, 58 mm elek strokuna karşılık 361 cm²'lik besleme ağzı kesit alanının en uygun çalışma durumu olduğunu saptamıştır.

Hacıyusufoğlu (2013)'nin tespitine göre haşhaş üretiminde tarladan toplanan ve sonrasında parçalanan örneklerin ayrıştırılma işlemleri çok fazla emek ve zaman gerektirmekte, bu durum ise maliyeti oldukça artırmaktadır.

Özarslan vd. (2018)'ne göre haşhaş hasadında karşılaşılan sorunlar, ülkemizdeki haşhaş üretimi yapılan ve çoğu küçük alanlardaki işletmelerde kullanılabilecek özgün makinelerin gereksinim olduğu görülmektedir. Türkiye koşullarına uygun haşhaş kapsüllerini hasat edip kapsüllerini parçalayabilecek ve parçalanmış materyal içinden sap, tohum ve kapsül parçalarını ayırabilecek bir haşhaş hasat makinesi prototipinin geliştirilmesi önemli bir gereksinim olarak görülmektedir.

Bu çalışmada, ülkemiz koşulları, mevcut uygulamalar ve sorunlar dikkate alınarak haşhaş bitkisinin hasadına yönelik biçme parametrelerinin belirlenmesi, haşhaş hasat makinesi biçme ünitesinin elektronik kontrollü tasarımı ve prototip imalatının gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır.



2. KAYNAK TARAMASI

2.1. Haşhaş Çeşitleri ve Üretim Verileri

1909 yılında Ulusal Afyon Komisyonu, afyon yetiştiriciliğini kontrol altında tutmak maksadıyla kurulmuştur (Altan 2019). Afyon üretimi ülkeler bazında değerlendirildiğinde oldukça fazladır. 1914'te afyon yetiştiriciliğini 34 ülke aktif şekilde gerçekleştirmekteydi. Ancak bu üretim oldukça fazladır ve bu hususta ithalata ilişkin düzenlemeler yapılmıştır (Gümüşçü ve Gümüşçü 1997). Dış ülkelere afyon almanın yolu kapanmıştır (Çıtır 2015). Uluslararası Afyon Komisyonu 1. Dünya Savaşı'ndan sonra 1924 yılında toplanmış ve bu toplanma sonucunda komisyona 62 ülke katılmıştır (Schiff 2002).

Uluslararası Afyon Komisyonu'nun görevlerini ilerleyen süreçlerde Milletler Cemiyeti üstlenmiştir. Karar alınmasına ilişkin imza yetkisi bulunan ülkeler, afyondan üretilen narkotik ilaçların yurtdışından alım, ihracatı, dağıtımı, satışı ve kullanımı doğrultusunda amaçlarını tedaviye yönelik olarak geliştirmişlerdir (Akgül ve Şahinli 2014). Tıbbi ve bilimsel çalışmalara hizmet eden afyon kullanımı kapsamında kanunlar ve yönetmelikler çıkarılmıştır ve bunu burada yer alan ülkeler kabul etmiştir (Uzun 2009).

Günümüzde haşhaş yetiştiriciliği hususunda, uluslararası olarak, Birleşmiş Milletler Uluslararası Narkotik Kontrol Kurulu (UNODC) düzenlemeler gerçekleştirmektedir. Hindistan, Dünya'nın haşhaş ihtiyacını karşılamada önemli bir yere sahiptir (Schiff 2002).

Birleşmiş Milletler Teşkilatı'nın denetimi altında yasal olarak üretim hakkına sahip ana üretici ülkeler başta Türkiye olmak üzere, Hindistan, Avusturalya, Fransa, Macaristan ve İspanya olarak kabul edilmektedir (Taşlıgil ve Şahin 2018). Bu ülkelerin yanı sıra Çekya, Almanya, Hırvatistan, Bulgaristan, Hollanda, Romanya ve Makedonya'da da afyon üretimi gerçekleştirilmektedir (Özgen vd. 2017). Bu sıraladığımız ülkelere bazıları gıda ve süs bitkisi olarak haşhaş yetiştiriciliği yapmaktadır. Bunlar Avusturya, Almanya, Polonya, Hollanda, Ukrayna ve Çekya'dır.

Haşhaş yetiştiriciliğine ilişkin, Türkiye'de 1933 yılına kadarki süreçte haşhaşın ve afyonun ekimi, ticareti serbest bir şekilde gerçekleştirilmekteydi. Ancak ilerleyen süreçlerde ekimi gerçekleştirilen afyon ve türevlerinin üretimi 1933 yılından sonra Uyuşturucu Maddeler İnhisar İdaresinin kurulması ile ekimlerin kontrolü sağlanmaya başlanmıştır (Altan 2019; Çelen 2021). Uyuşturucu Maddeler İnhisar İdaresi ile haşhaş ve afyon ekimi ve üretimi hatta aynı zamanda ticareti sağlanmıştır. 1938 yılından sonra ise bu görev Toprak Mahsulleri Ofisine (TMO) devredilmiştir. Türkiye'de 1971 ile 1974 yılları arasında haşhaş üretimine ilişkin yasaklar getirilmiştir (Bingöl 2019). Daha sonra 1974 yılının sonlarına doğru haşhaş üretiminin yasakları kalkmıştır, üretim kontrollü bir şekilde serbest bırakılmıştır (Hacıyusufoğlu 2013). Haşhaş kapsüllerine ilişkin de yeni bir düzenleme ile uyuşturucunun bilinçsiz şekilde elde edilmesi konusunda önlemler alınmıştır. Haşhaş kapsüllerinin çizilmeden teslim edilmesi uyuşturucuyu açığa çıkaran afyonun üretimini engellemiştir (Arslan vd. 2000; İnan ve Kaynak 2016).

Bakanlar Kurulunun 13/04/1987 tarihli, 87/11703 sayılı kararı ile; haşhaş ekiminin kontrolü, haşhaş kapsülü, ham afyon ve tıbbi afyon üretimi, satın alınması,

uyuşturucu madde imalatı, yurt içinde satışı ve ihracı konularında TMO Genel Müdürlüğü görev almaktadır (TMO 2019).

2013 ile 2017 yılları arasında ana üretici ülkeler kategorisinde olan Türkiye, yasalara uygun olacak biçimde dünyaya oranla %48’lik alanda haşhaş üretimi gerçekleştirilmektedir ve bu oran ülkeler arasında en fazla orana sahip olma özelliğini Türkiye’ye kazandırmaktadır (TMO 2017). Haşhaştan elde edilen morfinlere ilişkin olarak en fazla hammadde üretimi %32 oran ile Avusturalya’ya, %20 oranda Fransa, %16 oranında ise Türkiye’ye aittir (Süzgeç ve Eyisan 2012). Haşhaşın elde edilme oranı Türkiye’de oldukça geniş olsa da morfin üretimi bakımından pay oranı daha azdır (Kahraman 2011). Ülkemizde morfin üretiminin az olması, morfin ve haşhaşın kapsülünden elde edilen verimin diğer ülkelere nazaran daha düşük olması ile ilişkilendirilebilir (Arslan vd. 2008; İnan 2013).

Birleşmiş Milletler Teşkilatının denetimi ve TMO Genel Müdürlüğü tarafından yapılan planlamalar doğrultusunda haşhaş ekimi idari izin yolu ile belirli alanlarda ve şehirlerde gerçekleştirilmektedir. Bu şehirler; Amasya, Afyonkarahisar, Burdur, Denizli, Isparta, Tokat, Uşak ve Kütahya illerinin tüm ilçelerinde ve Eskişehir, Balıkesir, Manisa, Konya gibi illerin ise bazı bölgelerinde üretimi gerçekleştirilmektedir (Taşlıgil ve Şahin 2018; Yılmaz ve Yazıcı 2022).

Kodein, tebain ve morfin türevleri, Papaver türlerinde yer alan alkaloidleri oluşturmaktadır (Lal ve Sharma 1991). %25 oranında alkaloid barındıran opium yani afyonun bu oranı olgunlaşmamış kapsüllerden elde edilmektedir (Shukla ve Singh 2001; Tanker vd. 2007). Afyonun içerisinde kodein, morfin ve narkotin bulunmaktadır (Acar 2006; Kahraman 2011; Yaylalı 2022). Haşhaşın içinde bulunma oranları sırası ile; %1-5, %7-10, %5-7 şeklindedir. Bunun yanı sıra haşhaşın yapısında organik asit, reçine, kauçuk, yağ, mum, şeker, protein, sülfat ve amonyum tuzları bulunmaktadır (Dunncliff 1937; Önmez 2007). Bu alkaloidlerden morfin; ağrı kesici, papaverin; spazm çözücü, kodein; öksürüğü kesici özellikleri hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Tanker vd. 2007; Arslan vd. 2008; Karuncula 2013; Alaca 2015; Akdoğan 2020).

Morfin

Haşhaşın gelişimi altı aşamada gerçekleşmektedir. Bu aşamalar; tohum-filiz-dal oluşumu, çiçeklenme, tohumun gelişimi, kapsülün oluşumu, tohum ve olgunlaşma şeklindedir (Sarkany ve Danos 1957). Morfin, primer köklerin oluşumunda da bulunmaktadır ve primer kökte morfin bulunma oranı %0.016 ile 0.018 oranları arasında değişkenlik göstermektedir. Filiz yapraklarında %0.087 oranında morfin bulunmaktadır, en fazla morfine rastlanılan bölge rozet devresindeki köklerdir ve aynı zamanda dal oluşumu esnasında da morfinin bitkinin tüm bölgelerinin yayılımı görülmektedir. Tomurcuk döneminde kökte yer alan morfinin dallarda azaldığı ve bu sırada tomurcuk oluşum evresine girdiği gözlemlenmektedir (İpek 2016). Tüm bölgelerdeki morfin oranının en fazla olduğu dönem çiçeklenme dönemidir ve haşhaş bitkisinin yarı olgunluk dönemine denk gelen bu durum çizim için bitkinin hazır olduğunu göstermektedir. Kökün rozet döneminde, çiçeklenme dönemindeki yapraklarda, çizim dönemi esnasında sapta ve son olarak kapsülde morfin oranının en fazla olduğu tespit edilmiştir. Kapsülün alt kısmının her dönemde en yüksek morfin, boğumun ise yüzde morfin olarak en yüksek morfin oranına sahip olduğu ifade edilmektedir (Arslan vd. 2008).

Önmez (2007)'e göre iki hidroksil grubundan oluşan (alkol ve fenolik) morfin, bu özelliği bakımından da diğer alkaloidlerden ayrılmaktadır. Alkaloid uyuşturucu tesiri bulunan morfinin, beyin korteksinde bulunan ağrı merkezini uyuşturmaktadır ve ağrıyı hafifletmektedir. Bu uyuşturucunun kullanımı halinde keyif verme ve bağımlılık oluşturma özelliği vardır. Bağımlılık ve uyuşturucu etkisinden dolayı morfin, doktor denetiminde belirli ölçülerde kullanılmaktadır. İçeriğinde morfin barındıran cerrahi operasyonlar ve ameliyat sonrası tedavi amacıyla kullanılan uzun bir ilaç listesi bulunmaktadır (Önmez 2007; Tanker vd. 2007).

Kodein

Tanker vd. (2007)'ne göre monometil eteri olan kodein morfini, morfinden sentetik olarak elde edilen bir türdür. Öksürüğe iyi gelen ve ağrı kesici etkisi az olan bir yapıya sahiptir. Ağrı kesici etkisinin fazla olmamasına karşı diğer ağrı kesiciler ile kullanımı halinde etkisi büyük oranda artmakta. Fenasetin ve aspirin ile birlikte kullanılmaktadır. Kodeinin bağımlılık etkisi morfinin bağımlılık yapma oranına göre daha azdır.

Tebain

Küçük (1996) tebaini, bir diğer ismi paramorfin olarak da anmaktadır. Kodeinin bir çeşidi olan tebain, sentezlenecek olan kodeinde kullanımı gerçekleştirilmektedir. Tebain ilaç olarak kullanılmamaktadır. Merkezi sinir sistemine karşı tebainin uyarıcı tesiri bulunmaktadır.

Noskapin

Önmez (2007) göre alkaloidin içinde bulunan toplam noskapin kapsülü %2 ile %10 oranı arasındadır. Benzilizokinolinlerin üyesidir. Afyon içerisinde alkaloidlerden en fazla morfin bulunmaktadır ve bunu takip eden ise narkotindir. Narkotinin öksürüğü kesmede tesirinin belirlenmesinin ardından ismi naskopin olarak değiştirilmiştir.

Küçük (1996) ve Önmez (2007)'in araştırmaları sonucunda öksürüğü kesmedeki etkisi ile kodeinle benzerlik gösteren noskapinin, uyuşturucu ve analjezik özelliği olmayanlarının bağımlılık yapmadığı tespit edilmiştir. Noskapinin kan basıncı ile ilişkisi bulunmamaktadır. Bronşit ve astım gibi alerjik hastalıklarda kullanılması histamin salınmasına neden olabileceğinden pek fazla tavsiye edilmemektedir.

Papaverin

Kapsülün özellikle iç duvarlarını çevreleyen papaverin, kapsülün tamamından elde edilen alkaloide göre oldukça düşük orandadır. Uyuşturucu ve analjezik özelliği pek fazla değildir. Ağrıların spazm boyutunda kullanımı gerçekleştirilmektedir. Kodeinin ve papaverinin etkinliği merkezi sinir sistemi üzerinden değildir. Etkisi perifinal düz kaslar üzerindedir (Rahimi vd. 2015). Kas gevşetme özelliği ile kas spazmlarına fayda sağlamaktadır (Küçük 1996; Önmez 2007; Tanker vd., 2007). Papaverin sinir sistemi hastalıklarının tedavisinde, peptik ülser, adet ağrılarında, sindirim sistemindeki komplikasyonlar ve spazmlar gibi rahatsızlıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Brisman vd. 2006; Facchini vd. 2007, Pathak vd. 2013).

2.1.1. Haşhaş bitkisi çeşitleri

Papaveraceae ailesinden ve Papaver cinsi olan haşhaş, Türkiye’de de türleri bakımından çokça bulunmakta ve çeşitli bölgelerde yetiştirilmektedir. Toplam 39 alt türü bulunmaktadır. 10 tür, 2 alt tür ve 4 varyete, Türkiye’de endemik olarak bulunmaktadır (Davis vd.1988; Kapoor 1997).

Haşhaş belirli bölgelerde yetişmektedir. Afrika, Asya ve Avrupa kıtalarında yetiştiği gözlemlenmektedir. En sık rastlanılan yerler; Batı ve Güney Asya, Güney Avrupa ve Doğu Afrika olmak üzere belli bölgelerde yetişmektedir. Doğu Akdeniz’de yabani türden haşhaş yetiştiği hususunda iddialar bulunmaktadır. Valizadeh vd. (2014) tarafından belirtildiğine göre; Karaefe (1992) haşhaş tarımının ilk defa, Hindistan ve Çin’de milattan sonra 7. Asırda yapıldığı bilinmektedir.

Haşhaş iki alt türden oluşmaktadır; spontaneum ve anatolicum olmak üzeredir. Alt türlerden birinin kapsülleri olgunlaştığında, üstten delikler açılmakta ve tohumlar elde edilmektedir. Türkiye de bu alt türler açık haşhaş olarak adlandırılmaktadır. İkinci alt türün kapsüllerinin olgunlaşması hâlinde kapsülleri açılmaz ve Türkiye’de bu alt türün adlandırılması da kör haşhaş şeklindedir. Beyaz ve mor çiçekli olmak üzere anatolicum alt türlerinin birçok çeşidi tarımsal üretimde kullanılmaktadır (Tanker ve Tanker 2003).

Bir kültür bitkisi olan haşhaş, alkaloid elde etmek için üretilmektedir. Haşhaş bitkisinin kapsüllerinden alkaloidler elde edilmektedir. Her kapsülden 1 mm civarında ya da daha küçük olmak üzere çok sayıda tohum olarak elde edilmektedir (Arslan vd. 2008).

Haşhaş bitkisinin çiçeğinin rengi ile bağlantılı olmak üzere, tohumların da renkleri çeşitlilik göstermektedir. Beyaz veya sarı renk tohumlar, çiçeği beyaz renk olan varyetelerden, pembe ve kahve renklerine sahip tohumlar, varyetesi mor çiçeğe sahip olan kapsüllerden elde edilmektedir. Hatta mor çiçekli kapsüllerin tohumlarının mavi renge yakın renkleri olduğu da tespit edilmiştir (Gevenkiriş 2011).

Haşhaş bitkisinin kozasından çıkan tohumların renginin altın sarısı veya soluk sarı olması hâlinde, oleik ve linoleik asitlerinin bu tohumlarda zengin olması halinde yemeklik yağ üretimi yapılmaktadır. Yağ yapısı bakımından çift bağ içeriğine sahip olduğu için boya sanayisinde sıkça kullanılmaktadır. Çift bağa sahip bu yağ hızlı kuruma özelliğine sahiptir (Arslan vd. 2008).

Yağ alımı gerçekleştirilen tohumların arta kalan ve küspe olarak adlandırılan kısımları, yağlarının alınmasına rağmen protein, yağ ve azotsuz öz maddelerce zengin olmakta ve bu besi hayvanlarına yem olarak verilmektedir (Özer 2004). Haşhaşın elde edilen tohumları pastalarda ve çeşitli yiyeceklerde kullanılmaktadır. Haşhaşın tohumu, kavrulur ve ezilir ve daha sonrasında da pekmez, bal veya şeker gibi karışımlarla tatlı olarak tüketilmektedir (Küçük 1996). Aynı zamanda haşhaş bitkisinin sapı da birçok amaçla kullanılmaktadır. Hasır yapımında kullanım alanına sahip olan haşhaş sapı, gerekirse yakacak olarak da kullanılmaktadır (Arslan vd. 2000).

Türkiye şartlarında haşhaş hasadı insan gücü ile yapılmaktadır. Burada tarımı yapılan haşhaş bitkisinin uyuşturucu maddesi olarak kullanımından ve zararlı salınımlarından dolayı köylere uzak yerlere ekimi gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle bu

tarlalara ulaşım hayli zor olabilmektedir. Ekonomik koşullar göz önüne alındığında haşhaş bitkisi ortalama 7 dekar gibi küçük alanda yetiştirilmesi yapılmaktadır.

Haşhaş hasadı belirli dönemlerde yapılmakta ve özellikle Temmuz ve Ağustos ayları içerisinde yapıldığı tespit edilmiştir. Kurutulan haşhaş kapsüllerinin zarlarının üzerinde bulunan tohumlar kapsülün dibine çökmektedir. Tarlada yetiştirilen haşhaş bitkisinin aynı zamanda ekilmiş olmasına rağmen yetişmeleri aynı anda gerçekleşmemektedir. Olgunlaşmaları arasında birkaç gün oynayabilir ve bu nedenle hasadının gerçekleşmesi için haşhaş bitkisinin kapsüllerden en son oluşanların ve olgunlaşanların durumuna göre en alt kapsüllerine bakmak gerekmektedir. Hasat zamanı geciktirildiği takdirde olgunlaşan kapsüllerdeki tohumlar dökülmekte ve bu durumda büyük bir kayba neden olmaktadır.

TMO verilerine göre Türkiye’de üretilen haşhaş bitkisi çeşitleri Çizelge 2.1’de verilmiştir. 2022 üretim istatistikleri verilerine göre, üretim oranları sırasıyla %69’luk oranıyla beyaz, %17 ile mavi, %14 ile sarı tohumlu haşhaş bitkisidir. Kendi tohumuyla ekim yapan çiftçilerin oranı %81, TMO’dan alınan tohum ile ekim yapan çiftçilerin oranı %19’dur (TMO 2021).

Çizelge 2.1. Türkiye’de haşhaş bitkisi çeşitleri (TMO 2018)

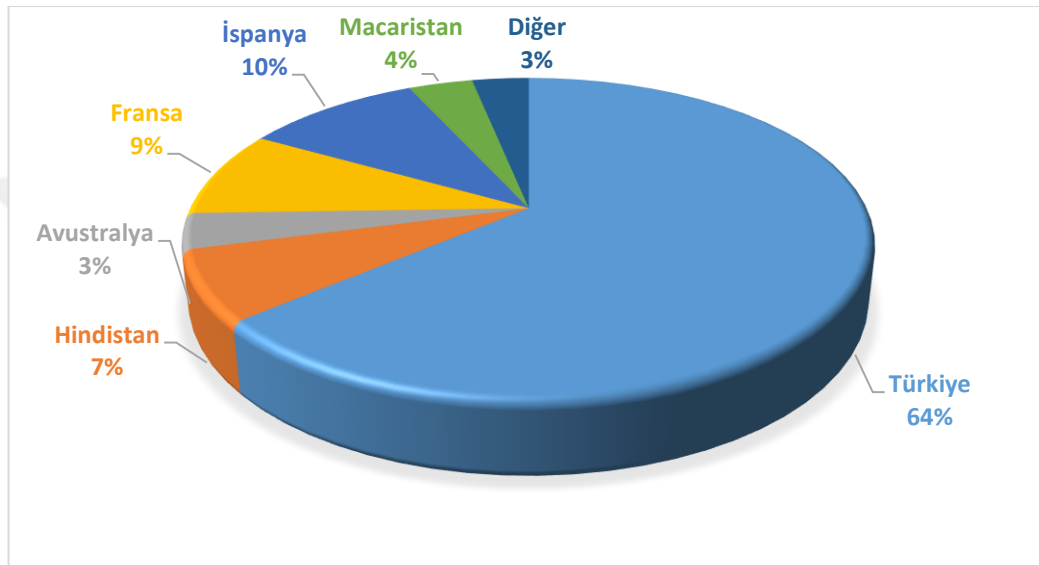
Çeşit adı	Tescil tarihi	Tohum rengi
Bolvadin 95	13.04.1995	Mavi
Ofis 95	13.04.1995	Sarı
Afyon 95	13.04.1995	Sarı
Ofis 96	19.04.1996	Sarı
TMO-1	07.04.2005	Sarı
TMO-2	07.04.2005	Mavi
TMO-3	07.04.2005	Pembe
TMO T	14.04.2010	Mavi
Ofis 3	05.04.2011	Mavi
Ofis 4	05.04.2011	Sarı
Ofis 8	05.04.2011	Beyaz
Ofis NP	08.04.2014	Pembe
Ofis NM	08.04.2014	Mavi
Ofis 1	19.04.2016	Mavi
Ofis 2	19.04.2016	Beyaz

2.1.2. Haşhaş bitkisi üretim değerleri

Türkiye dünyada haşhaş bitkisi üretiminde önde gelen ülkedir. Bu durumun başlıca sebebi Birleşmiş Milletler (BM) gözetiminde üretim takibinin iyi şekilde yapılmasıdır. Yıllara göre dünyada haşhaş üretimi verileri Çizelge 2.2’de verilmiştir. Şekil 2.1’de görülen verilere göre Türkiye %64’lük oranıyla dünyada haşhaş üretiminde ilk sıradadır.

Çizelge 2.2. Yıllara göre dünyada haşhaş ekim alanları (da) (TMO 2019)

Yıllar	Türkiye	Hindistan	Avustralya	Fransa	İspanya	Macaristan	Diğer	Toplam
2015	615919	54220	69470	84500	28670	53020	71110	976900
2016	299217	5570	72930	67800	56940	35200	72190	609850
2017	237314	87210	34450	48930	12310	20030	82900	523140
2018	451226	47100	32050	56280	12380	5140	28320	632620
2019	565110	61070	31000	74860	85780	31100	27500	876420

**Şekil 2.1.** 2019 Yılına göre dünyada haşhaş üretim oranları (TMO 2019)

Türkiye’de haşhaş üretimi TMO gözetiminde yapılmaktadır. Üretim yapılan illerde bulunan TMO şubeleri aracılığıyla ekim öncesi kayıtlar yapılarak gerekli izni alan çiftçiler üretim yapabilmektedir. Hasat sonrası elde edilen kapsüller TMO şubeleri tarafından toplanarak Afyonkarahisar ilinde bulunan Afyon Alkaloitleri fabrikasına gönderilmektedir.

2019 yılında BM tarafından Türkiye’ye toplam 700.000 (da) üretim izni verilmiştir (TMO 2019). Çizelge 2.3’te 2004-2020 yılları arasındaki Türkiye’de haşhaş üretim verileri görülmektedir.

Çizelge 2.3. TÜİK verilerine göre haşhaş üretimi (TÜİK 2020)

Yıl	Ekilen alan (da)	Hasat edilen alan (da)	Verim (kg/da)	Üretim miktarı (ton)
2004	303430	303430	59	17809
2005	253350	253350	54	13644
2006	420238	420238	72	30187
2007	246032	245868	37	8981
2008	200429	200429	54	10834
2009	488931	488931	70	34194
2010	518970	518970	71	36910
2011	549110	549110	82	45077
2012	135106	135106	28	3844
2013	322773	322773	60	19244
2014	266212	266212	61	16223
2015	615919	615919	50	30730
2016	299217	299217	61	18205
2017	237314	237314	64	15244
2018	451226	451226	60	26991
2019	677369	548769	50	27288
2020	461252	350122	59	20542

2020 yılında ülkemizde bölgelere göre haşhaş üretim verileri Çizelge 2.4'te verilmiştir.

Çizelge 2.4. TÜİK verilerine göre 2020 yılı bölgesel haşhaş üretim verileri (TÜİK 2020)

	Ekilen alan (da)	Hasat edilen alan (da)	Verim (kg/da)	Üretim miktarı (ton)
Yıl	2020	2020	2020	2020
Ankara	3345	3133	67	211
Antalya Isparta Burdur	38074	29782	69	2069
Aydın Denizli Muğla	78994	53026	55	2893
Balıkesir Çanakkale	4613	4330	61	264
Bursa Eskişehir Bilecik	20755	15771	61	960

(Devamı arkada)

Çizelge 2.4'ün devamı

	Ekilen alan (da)	Hasat edilen alan (da)	Verim (kg/da)	Üretim miktarı (ton)
Konya Karaman	70717	61258	76	4681
Manisa Afyonkarahisar Kütahya Uşak	210008	155962	54	8389
Samsun Tokat Çorum Amasya	34746	26860	40	1075

2.2. Haşhaş Hasat Makinesi Çalışması ve Üniteleri

Dünya’da ve Türkiye’de haşhaş hasat makinesi üzerine çalışmalar yapılmış ve makineler geliştirilmiştir. Geliştirilen hasat makinelerinin adaptörleri haşhaş bitkisini biçerdöverler yardımıyla 10 ile 20 cm uzunluğunda saplı kesimini gerçekleştirmektedir. Yabancı maddenin olmadığı temiz haşhaş hasadını gerçekleştirmesi için bu yöntem oldukça etkilidir. Földesi (1992)’ye göre hasadın gerçekleşmesinin ardından yabancı otlardan ve çeşitli maddelerden haşhaşın arındırılması gerekmektedir. Hasat makinelerinin geliştirilmesi hususunda Macaristan’da çalışmalar yapılmış ve sapları 10 ile 20 cm şeklinde kesilecek şekilde biçme makinesi tasarlanmıştır. Bunun yanı sıra montajını gerçekleştirebilecek adaptörler geliştirmiştir.

Haşhaş bitkisi hasadı için modifiyesi gerçekleştirilen biçerdöver Şekil 2.2’de gösterilmiştir.



Şekil 2.2. Macaristan'da geliştirilen modifiye haşhaş hasat makinası

Türkiye’de de bazı firmalar hasat ihtiyacına yönelik makine geliştirmişlerdir. Yalnızca haşhaş bitkisinin kapsülü toplama işlemini yapmaktadır. Kapsül ve kabuk ayrıştırma işlemi kas gücüne dayalı olarak veya haşhaş kapsülü harman makineleri ile

yapılmaktadır. Hacıyusufoğlu (2013)’na göre geniş alanlarda tarımı gerçekleştirilen haşhaş bitkisinin de hasadının makinelerle olması bu alanda kolaylık sağlamaktadır. Şekil 2.3’te kapsüllü hasat yapan haşhaş hasat makinesi ve Şekil 2.4’te de kapsül ve tohumun ayrıldığı haşhaş harman makinesi örneği görülmektedir. Her iki makine de kapsülü 10-20 cm uzunluğundaki saplar ile beraber almaktadır.



Şekil 2.3. Kapsüllü şekilde hasat yapan haşhaş hasat makinesi (Ertuğrul 2017)



Şekil 2.4. Kapsül ve tohum ayıran haşhaş harman makinesi (Ertuğrul 2018)

Özarслан ve arkadaşları 2018 yılında TÜBİTAK desteğiyle Şekil 2.5’de görülen “Kombine Haşhaş Hasat Makinası Prototipinin Geliştirilmesi” isimli projeyi yapmışlardır. Prototip altı unsurdan oluşmaktadır. Şasi, dolap, yatay konveyör, eğimli konveyör, harmanlama ünitesi ve ayırma ünitesi.



Şekil 2.5. Kombine haşhaş hasat makinesi prototipi (Özarslan vd. 2018)

2.2.1. Haşhaş biçerdöveri çalışması

El ile yapılan hasat yönteminin yanında, haşhaş biçerdöverleri de hasat işleminde kullanılmaktadır. Makinenin başarılı çalışabilmesi için bazı şartlar gereklidir. Bunlar:

- 1- Haşhaş boyu 100 cm altında olmamalıdır.
- 2- Haşhaşlar eğik ve çok kuru olmamalıdır.
- 3- Tarlada yabancı olmamalıdır.

2.2.2. Haşhaş biçerdöveri çalışma üniteleri

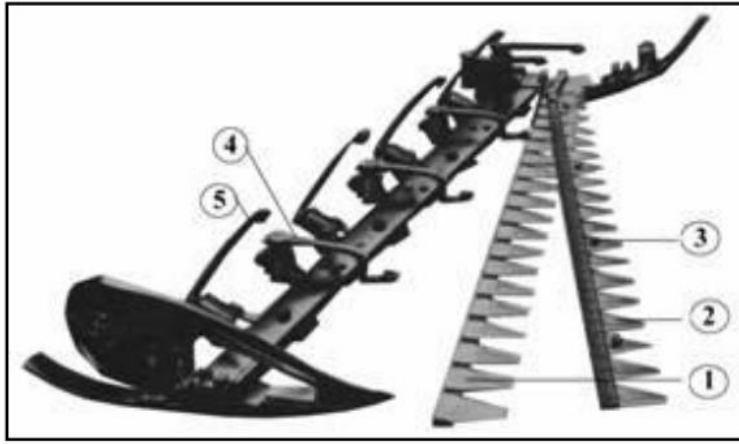
Şekil 2.5’de kullanılan haşhaş hasat makinesinin altı temel ünitesi vardır. Bunlar:

- 1- Yönlendirici parmaklar
- 2- Rulo fırça
- 3- Kesici bıçaklar
- 4- Taşıyıcı sistem
- 5- Harmanlama ünitesi
- 6- Elek – Depo

Yönlendirici parmaklar ile haşhaş sapları araya alınmaktadır. Rulo fırça yardımıyla Şekil 2.6’da görüldüğü gibi uzun boylu haşhaş bitkileri aşağıya doğru bastırılmaktadır. Şekil 2.7’de görülen yapraklı bıçaklı biçme düzeni ile kapsüller saplarından ayrılmaktadır (Ertuğrul 2017).



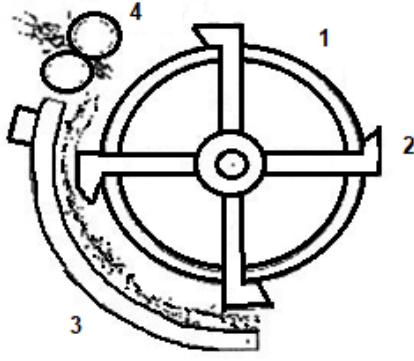
Şekil 2.6. Rulo fırça



Şekil 2.7. Yaprak bıçaklı biçme düzeni

Taşıyıcı sistem aracılığıyla yukarıya kadar taşınan kapsüller burada harmanlama ünitesi yardımıyla parçalanır.

Merkezkaç kuvvetinin uygulanması hâlinde çarpma veya iki yüzeyin birbirine sürtünmesi hâlinde ovalama etkisi ile mekanik harmanlama düzeni harmanlama işleminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Biçerdöver ile harmanlama ve sabit harman makinelerinin işlevi genellikle benzerlik göstermektedir (Güzel 1998). Batör, pervaz, kontrbatör ve yedirme çarklarından oluşan harmanlama ünitesi Şekil 2.8’de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Harmanlama ünitesi

1-Batör, 2-Pervaz, 3- Kontrbatör, 4-Yedirme çarkları

Yapısına göre harmanlama ünitelerinin dövme organları isimlendirilmektedir. Parmaklı ve pervazlı olmak üzere günümüzde iki tip harmanlama düzeni bulunmaktadır. Çalışma parametrelerini ve işletme şartlarını harmanlama ünitesi tasarımı sırasında belirlenen özelliklerdir. Çalışma parametreleri Güzel (1998)'e göre materyalin batöre yedirilmesi, yedirme miktarı, kontrbatörün açıklığı ve batör hızıdır. Srivastva vd. (1993)'e göre ise bu parametreler dövücü kaybı, ürünün zedelenmesi ve ayrılma yüzdesi olarak belirlenmiştir.

Kapsül kırma makinelerinin üretiminde ufak çaplı çeşitlilik olsa da mekanik çalışma sistemi genel itibarı ile aynı amaca hizmet etmektedir ve çalışma prensibi göz önünde bulundurularak üretimi gerçekleştirilmektedir. Bu amaç doğrultusunda kullanımı gerçekleştirilen makinelerin traktör kuyruk milinden hareket alarak veya 5 kw monofaze elektrik motoru ile çalışması gerçekleştirilmektedir. Bu makinelerin iş başarısı genellikle 2 ton/h'dir (Hacıyusufoğlu 2013)

Haşhaş kapsüllerinin elle yerleştirildiği kırma makineleri, yedirme düzeni ile parçalama bölümüne iletilerek kapsüllerin parçalanması gerçekleştirilmektedir. Eleklere düşen kapsüllerin ve haşhaş tohumlarının elemesi yapılmaktadır. Alt eleğe dökülen haşhaş ve kavuzlar tekrardan elenmektedir. Sonuç olarak kapsüllerin ve haşhaşların ayrıştırılmış hâli elde edilmiş olunur (Hacıyusufoğlu 2013). Haşhaş kırma makinesi Şekil 2.9'da gösterilmiştir. Harmanlanan kapsül ve tohumlar bir elekten geçirilerek ayrıştırılmaktadır.



Şekil 2.9. Haşhaş kırma makinesi

Eleğin üst kısmının delik çapı 4 mm'dir. Alt eleğin delik çapı ise 1.5 mm'dir. Kapsül ve kavuz parçalarının haşhaş ile ayrımını alt elek iyi bir şekilde sağlamalıdır. Başer ve Arslan (2014) ile Evered (2011) yapmış oldukları çalışmalarında bu şekilde özenli ayrımın yapılmamasının haşhaşın kalitesini düşürdüğünü ve yemeklerde kullanımı halinde acı bir tat verdiğini saptamışlardır.

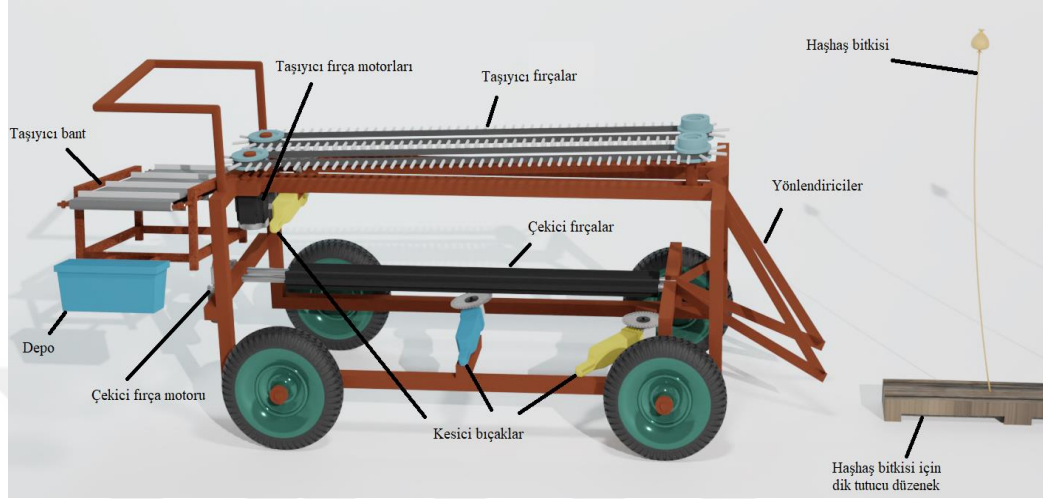
Yapılan çalışmalarda haşhaş bitkisinin mevcut makineler ile hasadında, haşhaş kapsüllerine karışan sapların miktarının fazla olması, hasat mekanizasyonu için olumsuz etkileri söz konusudur. Földesi (1992)'ye göre hammaddenin alkaloit oranını karışan yabancı maddeler düşürmektedir.

Fejer ve Salamo (2011)'nin çalışmalarına göre yeni bir tasarım oluşturmak ve incelemesi gerçekleştirilmiş sistemin icadının yapmak yerine makine tasarımı yapma, bu duruma ilişkin ilgili sistemlerin incelenmesi, modellerin ele alınması ve teknik özelliklerinin, çalışma şeklinin incelenmesi makinelerin gelişimi hususunda olumlu etkilerin gözlemlenmesine neden olacaktır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Prototip biçme düzeni tasarımı için kullanılan materyaller Şekil 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.1. Prototip biçme düzeninde kullanılan materyaller

3.1.1. Haşhaş bitkisi özellikleri

Bu çalışma sırasında beyaz tohumlu haşhaş bitkisi kullanılmıştır.

3.1.1.1. Haşhaş bitkisi teknik özellikleri

Haşhaş bitkisinin 5 ana bileşeni vardır. Bunlar:

- 1- Tohum
- 2- Kapsül
- 3- Boğum noktası
- 4- Sap
- 5- Yaprak

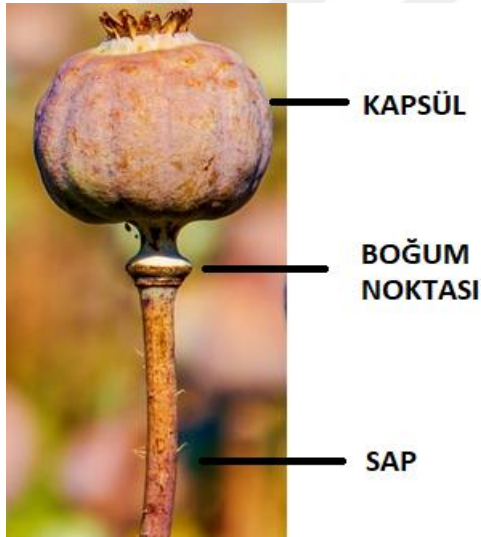
Bunlardan ticari getirisi olanlar, tohum ve kapsüldür. Sap kısmı ise yakacak olarak kullanılabilir.

Şekil 3.2’de haşhaş kapsülünün çiçeklik evresinden olgunlaşma evresine kadar ki süreci görülmektedir.



Şekil 3.2. Haşhaş bitkisinin gelişimi

Yapraklar olgunlaşmış bir bitki için önemsizdir ve kolay şekilde bitkiden ayrılmaktadır. Boğum noktası başarılı bir hasat için belirleyici noktadır (Şekil 3.3). Boğum noktasından ya da boğum noktasına en yakın noktadan kapsülün sap ile ayrılması başarılı bir hasat olduğu anlamına gelmektedir. Boğum noktasının alt kısmı ve çevreden gelebilecek diğer maddeler yabancı madde olarak adlandırılmaktadır. TMO haşhaş kapsülü alım şartları gereği yabancı madde oranı %8 ile sınırlandırılmıştır (Hacıyusufoğlu 2013).



Şekil 3.3. Haşhaş bitkisi

3.1.1.2. Haşhaş bitkisinin fiziksel özellikleri

Haşhaş bitkisinin kapsülü, tohumu ve sapından önemli miktarlarda yararlanılmaktadır. Haşhaşın kapsülünün ihtiva ettiği alkaloidlerinden (Morfin, Thebain, Kodein, vs.), %44-54 yağ ihtiva eden tohumundan (yağ sanayiinde, pasta ve bôrek yapımında, çerez olarak) küspesinden hayvan yemi olarak, sapından da yakacak olarak faydalanılmaktadır (Arslan vd. 2008).

Haşhaş yetiştiriciliğinde ekim işlemi genellikle ekim ayında yapılmaktadır, kışın çok sert geçtiği bölgelerde mart sonunda da ekim yapılabilir. İlkbaharda ise bitkiler 7-8 yapraklı olduğu dönemde seyreltme (aralama) ve çapa işlemi gerçekleştirilmektedir. Yaz aylarında ihtiyaç olması halinde sulama yapılmaktadır. Yazlık haşhaşlar 6 ay, kışlık haşhaşlar da 9 ayda hasat olgunluğuna gelmektedir. Haşhaş hasadı toprak üstündeki kısmın kuruduğu, kapsüller sallandığında tohumlar ses çıkardığı dönemde yapılmaktadır (Özgen vd. 2017).

Şekil 3.4’te hasat işlemi yapılan bir kapsül ve tohumu, Şekil 3.5’te farklı renkteki haşhaş tohumları görülmektedir.



Şekil 3.4. Hasat işlemi yapılan kapsül



Şekil 3.5. Haşhaş tohumu

3.1.1.3. Haşhaş bitkisi mekanik özellikleri

Haşhaş bitkisinin en önemli özellikleri sap ve kapsülüyle ilgili özelliklerdir. Sap odunsu ve sünek bir yapıdadır. Bundan dolayı sapın topraktan ayrılması işi koparmadan ziyade kesme şeklinde olmalıdır. Bu çalışmada ayırma işlemlerinin tümü kesme işlemi ile yapılmıştır. Kapsül ve boğum noktası ise daha serttir. Sap ve kapsülün mekanik özellikleriyle ilgili yapılan çalışmalarda rastgele ellişer adet haşhaş bitkisi seçilerek

yapılmıştır. Haşhaş bitkilerinin boylarının ortalaması alınmıştır. Daha sonra sap çapı, kapsül çapı, kapsül boyu ve kütle ölçülmüş ve ortalamaları hesaplanmıştır.

TMO tarafından haşhaş alımlarının listesi her sene yenilenmektedir (Altan 2021). Haşhaş alımlarının gerçekleşmesi için haşhaşların boğum yerlerinden koparılıyor olması gerekmektedir. Aykırı bir koparma sonucunda yabancı maddelerin dâhil olma olasılığı arttığı için bu oran %8'in üzerine çıkmadığı sürece kabul edilmemektedir (Hacıyusufoğlu 2013; Uçkun 2022). Buna göre 0 ile 10 cm arasında sap uzunluklarına sahip 11 grupta yirmişer adet tohumları boşaltılmış haşhaş kapsülleri, kütsel ölçüme tabi tutularak, farklı sap uzunlukları için yabancı madde oranları (YMO) aşağıdaki eşitlikten belirlenmiştir.

$$YMO = \frac{m_k - m_{sk}}{m_k} \cdot 100 \quad (3.1)$$

YMO : Yabancı madde oranı (%)

m_k : Saplı boş kapsül ağırlığı (g)

m_{sk} : Sapsız boş kapsül ağırlığı (g)

Haşhaş bitkisinde kapsül koparma direncinin ölçümü için el dinamometresi kullanılmıştır. Bitki boğum altından 10 cm mesafede sabitlenmiştir. Sabit hale getirilen haşhaş bitkisine el dinamometresi ile çekme kuvveti uygulanmıştır. Dinamometrede ölçülen değer kapsülün kopma direnci olarak değerlendirilmiştir (Hacıyusufoğlu 2013).

Kapsül kırılma direncinin ölçümünde 13.5 mm çapta dairesel uca sahip el dinamometresi kullanılmıştır. Düz zeminde sabit hale getirilen kapsül, kabuğun kırılma noktasına kadar bir kuvvet uygulanmıştır. Dinamometrede okunan ölçüm kapsül kırılma direnci olarak kaydedilmiştir. Kırılan kapsüllerin kabuklarının kalınlığı ise dijital mikrometre yardımı ile ölçülmüş ve ortalama değerleri elde edilmiştir (Hacıyusufoğlu 2013).

Kapsül ve saptaki nem içeriklerinin belirlenmesi için, ölçüm yapılan bitkilerden beşer adet kapsül ve sap alınarak ağırlıkları hassas terazide ölçülmüştür. Ölçümler beş tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Ölçülen materyaller etüv fırına konulmuş ve 105°C'de 24 saat süre ile bekletilerek tekrar tartılmıştır. Kapsül ve saptaki nem içeriklerinin belirlenmesinde (3.3) numaralı formül kullanılmıştır (Alayunt 2000).

3.1.2. Elektronik kontrol üniteleri

Prototip biçme düzeninin tasarımında iki farklı tipte beş adet 220 V beslemeli AC motor, 2 adet 12 V beslemeli DC motor kullanılmıştır. Bu motorların sürülmesi ve hızlarının kontrol edilmesi için devreler tasarlanmıştır.

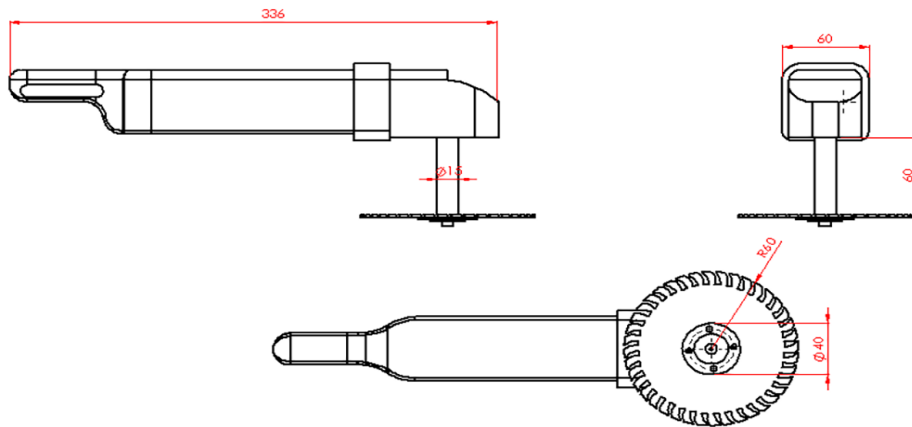
3.1.2.1. Kesici bıçak motorları ve hız kontrol devresi

Kesici bıçak motorları, hız ayarlı bir devre ile kontrol edilerek kesme işlemi yapılmıştır. Prototip makinenin üç farklı noktasında kesici bıçak motoru kullanılmıştır. Motorlar 220 V gerilim ile beslenmiştir. Motorun teknik verileri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Kesici bıçak motoru özellikleri

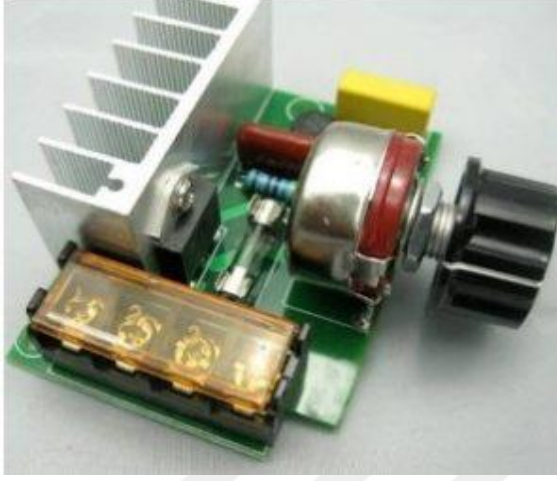
Özellik	Değer
Giriş gücü (W)	500
Boştaki devir sayısı (d/d)	11000
Kütle (kg)	1.8
Taşılama mili dişi	M14
Disk çapı (mm)	115
Genişlik (mm)	73
Uzunluk (mm)	270
Yükseklik (mm)	100
Titreşim emisyon değeri (m/s ²)	6.5
Tolerans (m/s ²)	1.5

Biçme ünitesi tasarımında aynı teknik özelliklere sahip 3 adet kesici bıçak kullanılmıştır. 1. kesici bıçak prototip biçme ünitesinin önüne haşhaş bitkisini topraktan ayıracak ve bitkinin kesildikten sonra taşınmasını engellemeyecek şekilde montajlanmıştır. 2. kesici bıçak prototip biçme ünitesinin ortasına, çekici fırçanın hemen altına sapta kısaltma işlemi yapabilecek şekilde montajlanmıştır. 3. kesici bıçak prototip biçme ünitesinin arka kısmına sap ile kapsülü ayıracak şekilde montajlanmıştır. 3. kesici bıçağın 1. ve 2. kesici bıçaktan farklı olarak bıçak döndürme mili uzatılarak montajlanmıştır. Şekil 3.6’da 3. kesici bıçağın teknik çizimi görülmektedir.

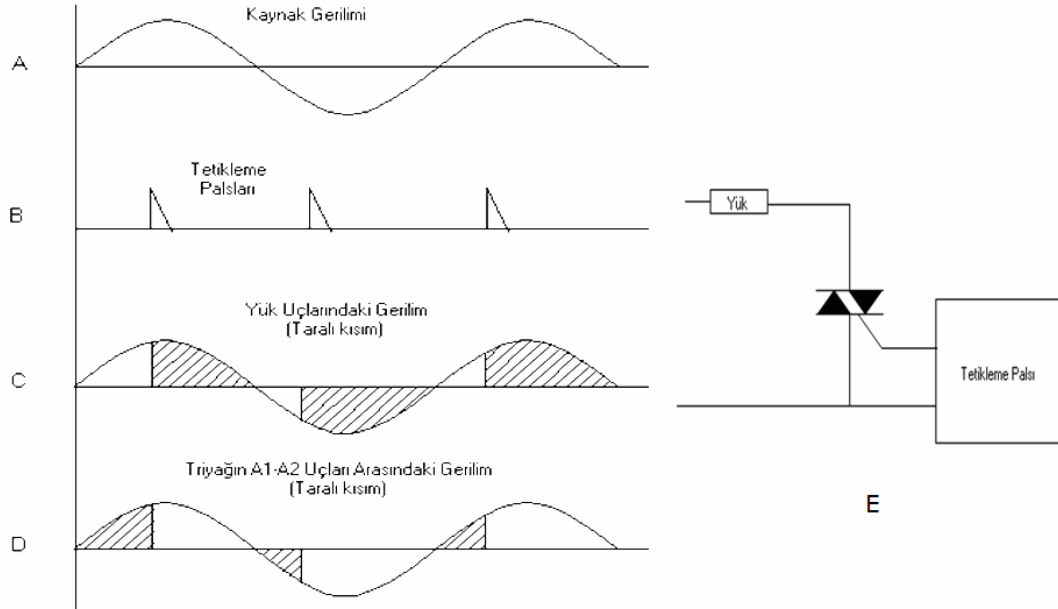


Şekil 3.6. 3. kesici bıçak motoru teknik çizimi

Hız kontrol devresi dairesel kesici bıçakların dönme hızını kontrol etmek için kullanılmıştır. Dairesel kesici bıçakların dönme hızı haşhaş sapının kesme hızının bulunması açısından önemlidir. Burada dairesel dönme hızı yavaş olursa haşhaş sapının kesilmesi gecikmekte ve kayıplar meydana gelmektedir. Dairesel kesici bıçakların dönme hızı çok hızlı olursa gürültü ve titreşim meydana gelmekte bu da kayıplara neden olmaktadır. Hız kontrol devresi ile gerilimde kesmeler yapılarak devir kontrolü yapılmıştır. Hız kontrol devresi Şekil 3.7’de, hız kontrol devresinin çalışma mantığı Şekil 3.8’de verilmiştir.



Şekil 3.7. AC motor hız kontrol devresi



Şekil 3.8. Hız kontrol devresi çalışma grafiği

Dairesel kesici bıçakların dönme hızı ölçümleri Şekil 3.9’da verilen dijital hız ölçüm cihazı ile yapılmıştır. Takometre ölçüm mesafesi 50-500 mm aralığındadır, örnekleme zamanı 0.5 saniyedir.



Şekil 3.9. Dijital hız kontrol ölçüm cihazı

3.1.2.2. Taşıyıcı fırça motorları

Fırçalı kayışın hareket mekanizması prototipin arka tarafına montajlanmıştır. İki adet tek fazlı 220 V AC motor kullanılmıştır. Motorların dönüş yönleri birbirlerinin tersi olacak şekilde kondansatör bağlantıları ile ayarlanmıştır. Motorlar 25 W gücündedir ve 1:50 redüktörüyle beraber kullanılmıştır. Motorlar prototipe çift taraflı rulman kullanılarak montajlanmıştır. Bu şekilde esneme payı ortadan kaldırılmıştır. Motorların montajlanması için 4 adet 3 mm civata ile beraber silikon somun kullanılmıştır. Bu sayede titreşimden kaynaklı gevşemelerin önüne geçilmiştir. Şekil 3.10 ve Şekil 3.11’de fırçalı kayışın hareket motorları görülmektedir.



Şekil 3.10. Taşıyıcı fırça motoru arkadan görünüş

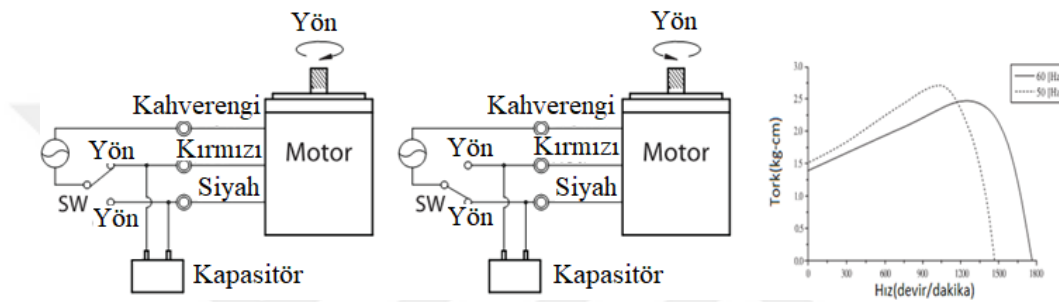


Şekil 3.11. Taşıyıcı fırça motoru soldan görünüşü

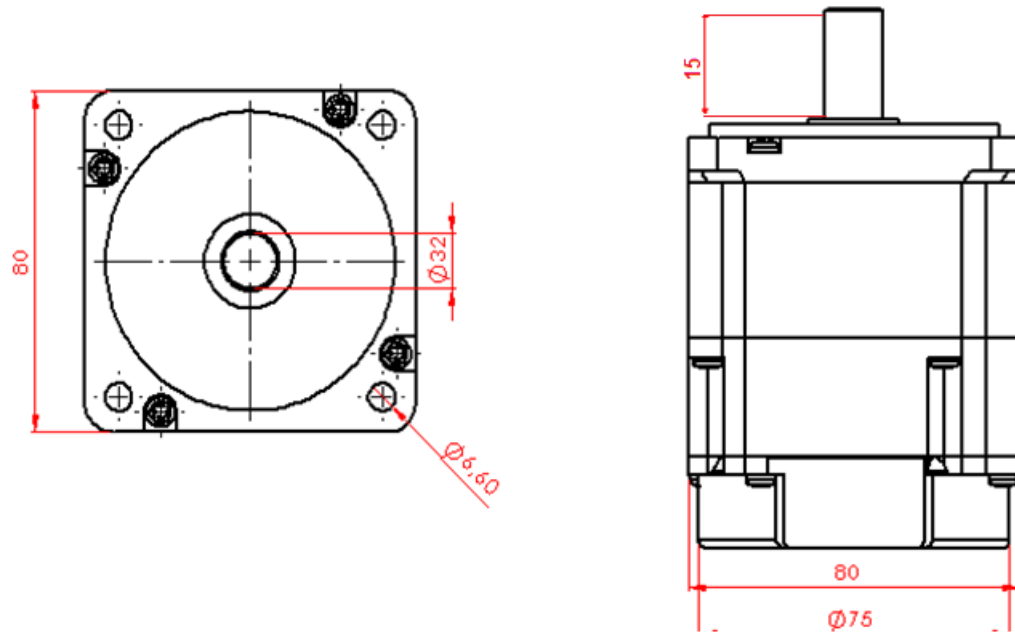
Taşıyıcı fırça motorunun (Excem marka) teknik verileri Çizelge 3.2’de, kondansatör bağlantıları Şekil 3.12’de, teknik çizimleri Şekil 3.13’te görülmektedir.

Çizelge 3.2. Taşıyıcı fırça motoru teknik verileri

Model	Çıkış		Voltaj	Frekans	Oran					Kapasitör
					Giriş	Akım	Tork		Hız	
	HP	W	V	Hz	W	A	kg-cm	Nm	d/d	F
E8125x	1/30	25	220	50	60	0.25	1.95	0.191	1300	1.5



Şekil 3.12. Taşıyıcı fırça motorunun kondansatör ile farklı yönlerde sürülmesi

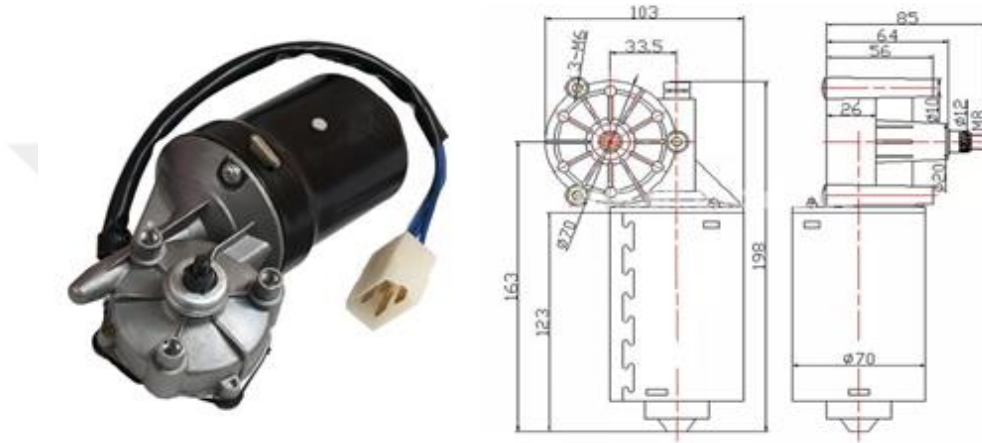


Şekil 3.13. Taşıyıcı fırça motoru teknik çizimi

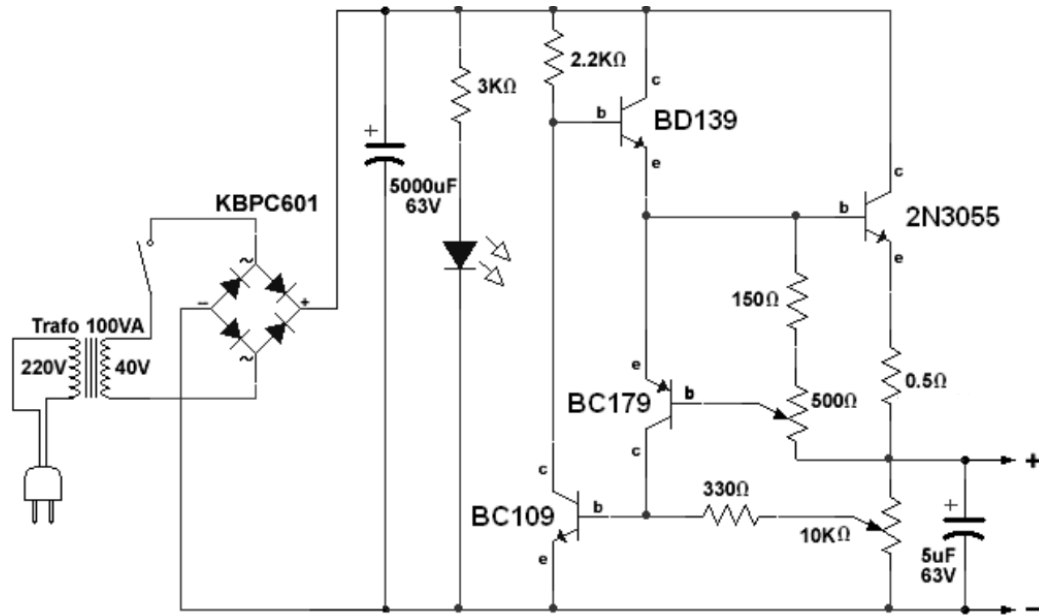
3.1.2.3. Çekici fırça, taşıyıcı bant motorları ve güç kaynakları

Çekici fırça mekanizması için 30 d/d dönme hızına sahip 2 Nm torka sahip 12 V DC motor tercih edilmiştir. Taşıyıcı bant için 20 d/d dönme hızı seçilmiştir. Bu dönme hızının bantta taşınan haşhaş kapsüllerinin hazneye düşmesi için oldukça uygundur. İki farklı dönme hızı seçimi, ayarlı güç kaynağı yardımı ile yapılmıştır.

Motor ve teknik çizimi Şekil 3.14’te, güç kaynağı devresi ise Şekil 3.15’te verilmiştir. 12 V DC motoru besleyebilmek ve devrini kontrol edebilmek için ayarlı güç kaynağı yapılmıştır. Güç kaynağının özellikleri 0-40 V ve 5 A’dır. Her iki motor için ayrı güç kaynakları kullanılmıştır.



Şekil 3.14. 12 V DC motor



Şekil 3.15. 0-40 V 5 A Güç kaynağı devresi

3.1.2.4. Tarla denemelerinde kullanılan jeneratör cihazı

Tarla denemeleri için Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği envanterinde yer alan Palmera PA3250JE jeneratörü kullanılmıştır (Şekil 3.16). Jeneratör prototip biçme düzeninin güç ünitelerine 220 V elektrik beslemesi sağlamıştır. Jeneratör ile prototip biçme düzeni uzatma kablosu ile iletim sağlanmıştır.



Şekil 3.16. Tarla denemelerinde kullanılan jeneratör cihazı

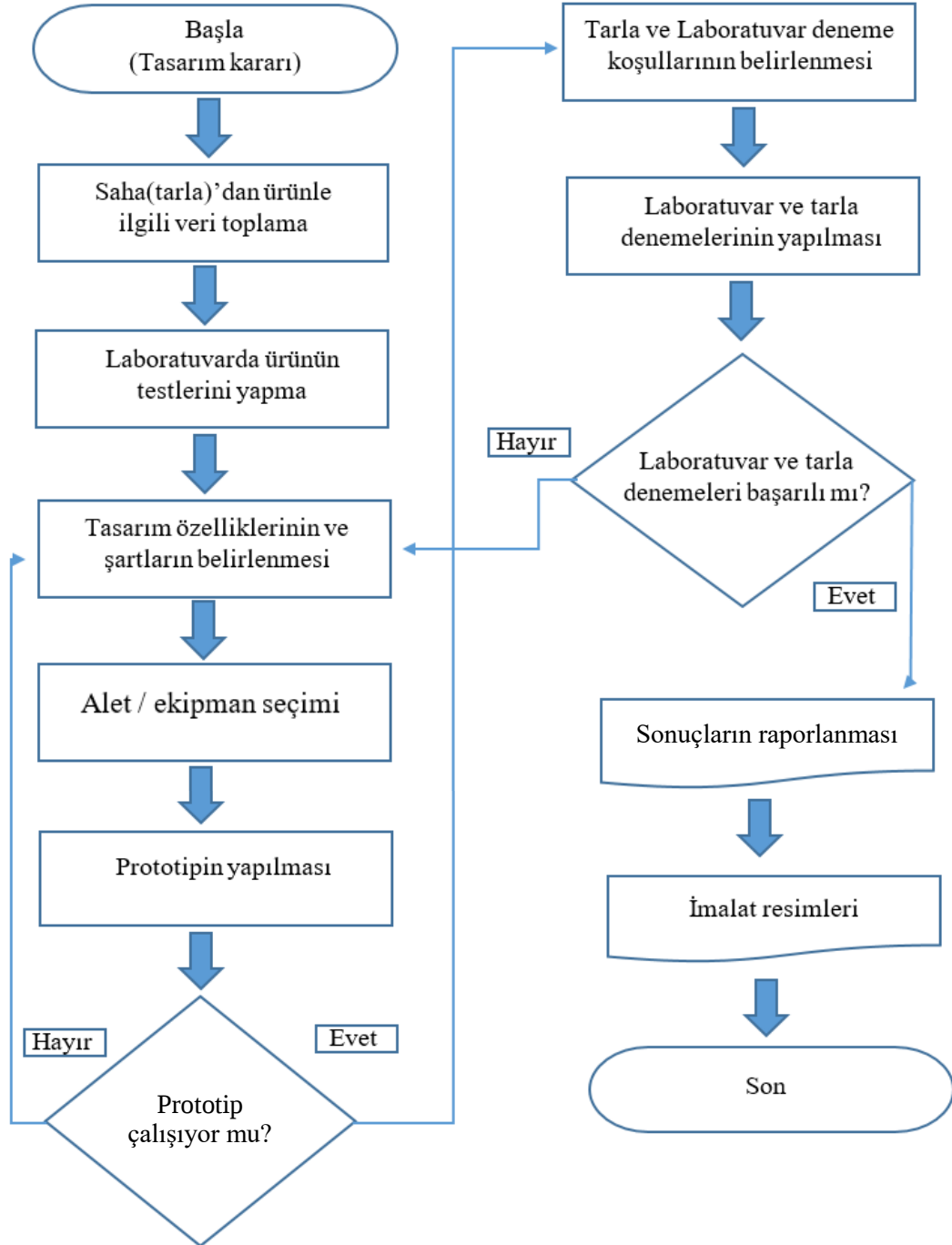
Jeneratörün özellikleri Çizelge 3.3’te verilmiştir.

Çizelge 3.3. Jeneratörün özellikleri

Özellik	Değer
Maksimum güç (kVA)	2.5
Maksimum güç (W)	2500
Ses seviyesi (dB)	70
Sürekli çalışma süresi (h)	12
Sürekli güç (kVA)	2.5
Sürekli güç (W)	2500
Tekerlek	Yok
Yakıt depo hacmi (l)	15

3.1.3. Haşhaş hasat makinesi biçme ünitesi tasarım algoritması

Bu tez çalışmasında haşhaş hasat işlemini başarılı yapabilmek için bir prototip biçme düzeni geliştirilmiştir. Geliştirilen biçme düzeni tasarım ve deneme aşamaları Şekil 3.17’de işlem basamakları hâlinde gösterilmiştir. Tez çalışmasında ele alınan tasarım uygulama örneğinde bu algoritma adımları sırası ile takip edilmiştir.



Şekil 3.17. Prototip geliştirilmesinde takip edilen algoritma

3.2. Metot

3.2.1. Haşhaş bitkisi teknik, fiziksel ve mekanik özelliklerin belirlenmesi

Boyut (uzunluk, genişlik, kalınlık, aritmetik ortalama çap ve geometrik ortalama çap) ve şekil özelliklerinin ayırma, toplama, boyutlandırma ve kırma makinelerinin tasarımı için bilinmesi gerekmektedir. Depolama yapılarının boyutlarının belirlenmesinde yığın hacim ağırlığı, gerçek hacim ağırlığı ve bin dane ağırlığı kullanılmakta ve ayrıca bu özellikler yapısal yükleri etkilemektedir. Bu özelliklerin bilinmesi bitkisel ürünlerin işlenmesi, kurutulması, depolama ve taşıma araçlarının tasarlanmasında önemli bir kriterdir (Özarslan 2002; Dash vd. 2008; Özlü ve Güner 2016; Polyák ve Csizmazia 2016).

3.2.1.1. Haşhaş bitkisi boyut ve biçim ölçüm yöntemi

Tarımsal ürünlerin boyutu mikron düzeyinden metre düzeyine kadar dağılım göstermektedir. Aynı zamanda, tarımsal ürünlerde arasında boyut ve biçim açısından da büyük farklılıklar bulunmaktadır (Kara 2012).

Bu çalışma sırasında, haşhaş bitkisinin topraktan itibaren kapsülün üst noktasına kadar yapılan ölçümler metre ile yapılmıştır. Sap kalınlıkları, kapsül yüksekliği, kapsül genişliği, hasat edilen ürünün boğum noktasına uzaklığı ise dijital kumpas ile yapılmıştır (Şekil 3.18 ve Şekil 3.19).



Şekil 3.18. Dijital kumpas ile haşhaş kapsülü boyut ölçümleri



Şekil 3.19. Haşhaş sapı kalınlık ölçümleri

3.2.1.2. Haşhaş bitkisi iz düşüm alanı ölçüm yöntemi

İz düşüm alanı ölçümünde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu çalışmada “Görüntü analiz yöntemi” tercih edilmiştir. Burada ürünler dijital bir fotoğraf makinesi ile ürünlerin gölgesiz olacak şekilde ve aynı yükseklikten fotoğrafları çekilmiştir. Ürünler alanı belli (100 cm^2) bir yüzeye yerleştirilip photoshop programı ile iz düşüm analizleri belirlenmiştir.

Haşhaş kapsülünün dik ve yatay iz düşüm alanını belirlemede kullanılan örnek fotoğraflar Şekil 3.20’de görülmektedir.



Şekil 3.20. Kapsülün dik ve yatay iz düşüm alanı

3.2.1.3. Haşhaş bitkisi hacim ölçüm yöntemi

Tarımsal ürünlerin düzgün olmayan şekilleri, tohum ve danelerin küçük boyutları, pelet gibi malzemelerin gözenekli yapısı hacim ölçümlerinde bazı problemler oluşturabilir (Kara 2012).

Tarımsal ürünlerin hacimleri birçok uygulama açısından önemli rol oynar. Bunların en başında taşıma ve depolama gelmektedir. Bu çalışmada kapsül hacminin belirlenmesi için sıvı yer değiştirme yöntemi seçilmiş ve ölçüm sıvısı olarak da sıvı tolueen (C_7H_8) kullanılmıştır. Hacmi bilinen bir ölçüm kabına tolueen doldurulmuş ve kapsüller sap noktasından sıvıya batırılarak sıvı yer değiştirilmesi ölçülmüştür.

3.2.1.4. Haşhaş bitkisi nem içeriğinin ölçülmesi yöntemi

Tarımsal ürünlerin nem içeriklerini belirlemek için birden çok yöntem geliştirilmiştir. Bu çalışmada ‘Fırında kurutma’ yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemle göre nemi belirlenecek kapsül ve saplar fırına konmadan önce hassas terazi ile tartılmıştır. Sonra fırında $105^{\circ}C$ sıcaklıkta 24 saat bekletilmiştir. Çıkarıldıktan sonra tekrar tartılmışlardır. Bu çalışmada nem içeriği “Yaş baz” dikkate alınarak yapılmıştır.

Yaş ağırlık esasına göre nem içeriği (3.2)’de gösterildiği gibi toplam ağırlığın yüzdesi olarak hesaplanır.

$$Nem_{y.b.} = \frac{A - B}{A} \cdot 100 \quad (3.2)$$

$Nem_{y.b.}$: Nem içeriği (%)

A : Yaş örnek ağırlığı (g)

B : Kuru örnek ağırlığı (g)

Haşhaş kapsülü tohumlu ve tohumuz kapsülün nem içeriğini belirleme çalışmaları Şekil 3.21’de, haşhaş sapı nem içeriğini belirleme çalışmaları ise Şekil 3.22’de görülmektedir.



Şekil 3.21. Tohumlu ve tohumluksuz kapsül nem içeriği belirlenmesi



Şekil 3.22. Haşhaş sapı nem içeriği belirlenmesi

3.2.1.5. Haşhaş kapsülü yığılma açısı

Daneli ürünlerde depo, ambar ve makine gövdesi tasarımında önemli bir parametre olan yığılma açısı; sabit bir noktadan dökülen daneli ürün yığnında, yığın yanal yüzeyinin yatayla yaptığı açıdır (Kara 2012). Bu çalışmada kapsül yığılma açısı,

bir kaptan dökülen ve koni oluşturan haşhaş kapsüllerinin yüksekliği ölçülmüş ve oluşturduğu taban alanının yarıçapına oranlanarak bulunmuştur (Şekil 3.23).



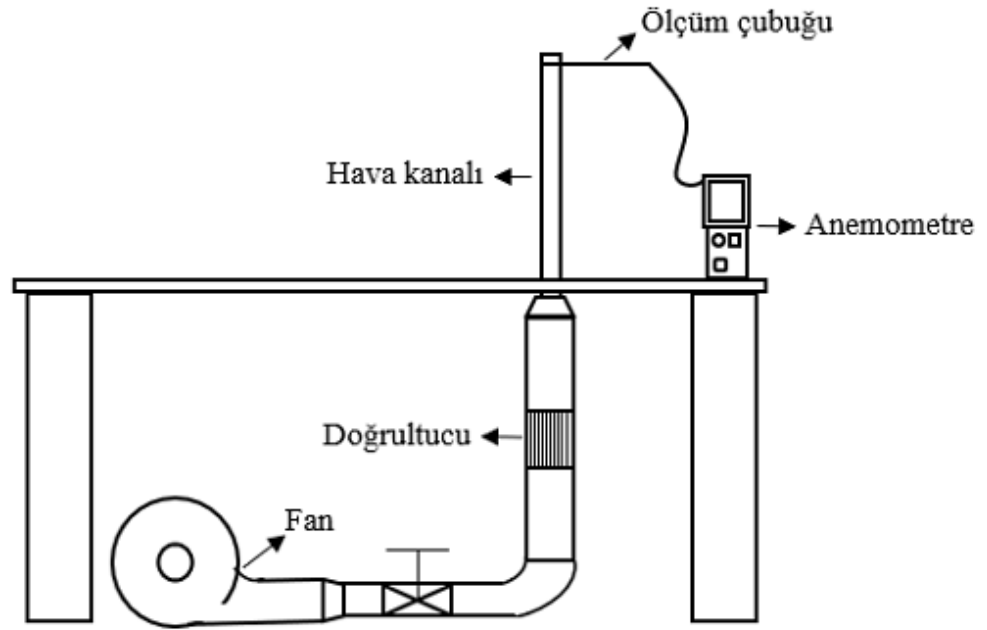
Şekil 3.23. Haşhaş kapsülü yığılma açısı

3.2.1.6. Bin dane ağırlığı

Bin dane ağırlığı tahıl ve tohumlarda bir fiziksel ölçüttür. Rastgele seçilmiş 100'er adet daneden oluşan örnek gruplar tartılarak bin dane ağırlığı bulunmuştur. Birimi gram (g)'dir.

3.2.1.7. Kritik hızın belirlenmesi

Tarımsal ürünlerin kritik hızları deney yoluyla bulunmaktadır. Düşey hava sütunu yöntemi tarımsal ürünlerin kritik hız değerlerinin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Kritik hız ölçüm düzeneği (Saraçoğlu ve Özarslan 2012)

Bu çalışma sırasında kullanılan anemometre ve haşhaş kapsülün kritik hız belirlenmesi sırasındaki konumu Şekil 3.25’te görülmektedir.



Şekil 3.25. Haşhaş kapsülü kritik hız belirlenmesi

3.2.1.8. Taşıyıcı fırça motor redüktörü

Taşıyıcı fırça motoru için Excem marka motor tercih edilmiştir. Motorun devrini düşürerek torkunu arttırmak için bir redüktör kullanılmıştır. Motorun normal çıkış torku 0.191 Nm, dönme devri 1300 d/d’dır. Redüktörle beraber çıkış torku 6.44 Nm’ye çıkarılmış ve dönme devri ise 30 d/d’ya düşürülmüştür.

Redüktör seçiminde aşağıdaki eşitlik dikkate alınmıştır.

$$Md_R = \frac{N_m}{n} \cdot 9550 \quad (3.3)$$

Md_R : Redüktör torku (Nm)

N_m : Motor gücü (kW)

n : Devir sayısı (d/d)

3.2.1.9. Taşıyıcı fırça motor rulman bağlantısı

Excem motorlar yüksek tork gücü sağlayan hassas motorlardır. Motor milinin zarar görmemesi ve dönme sırasında balans oluşturmaması için fırça kasnağına çift rulman ile sabitlenmiştir. Çift rulman bağlantısı sayesinde her iki taşıyıcı fırça mekanizmasının da aynı devirde dönmesi hedeflenmiştir. Oluşturulan çift rulmanlı bağlantı Şekil 3.26'da görülmektedir.



Şekil 3.26. Çift rulmanlı motor mili bağlantısı

3.2.1.10. Haşhaş bitkisi sap kesme dirençleri ölçüm yöntemi

Gerilme ve gerinme, katı mekaniği olarak da kullanılmaktadır. Burada gerilme birim alana etki eden kuvvetin büyüklüğünü yansıtmaktadır. Herhangi bir cisim üstünde etkisi bulunan kuvvetler, gerilmeyi üç farklı şekilde meydana getirmektedirler (Stava vd. 2012). Bunlar çekme, basma ve kesme gerilimidir (Gerstle 2015).

Çekme gerilmesi belirlenmesinde, kullanılan malzemeye kuvvet uygulanarak uzaması hedeflenmektedir. Yüzey alanına dik bir şekilde kuvvet uygulanmaktadır (Marshall vd. 1985; Carroll vd. 2015). Malzemeye uygulanan kuvvet genellikle sabit olsa da kuvvet alanının genişliğine göre gerilmede değişkenlikler meydana gelebilir (Butt vd. 2005; Xi vd. 2019). Malzemenin kesit alanı bu açıdan büyük önem arz etmektedir. Alanın değişkenlik göstermesi, gerilme farklılık göstermesine neden olmaktadır (Fiorillo vd. 2018). Burada yer alan sünek malzemeler, malzeme ile gerilme arasındaki ilişkiyi dengede tutmaya yarasa da, belirli ölçüde bu durum kırılğan malzemelerin parçalanmasına ve kırılmasına neden olmaktadır (Shah vd. 1995).

Basma gerilmesi, oluşumu itibariyle yüzeye dik biçimde uygulanmalıdır. Ancak uygulamada, malzemeyi sıkıştıracak derecede kuvvet uygulanması gerekmektedir. Basma ve çekme gerilmeleri yüzey itibari ile uygulaması dik bir şekilde gerçekleştiği için bu gerilme çeşitleri normal gerilme olarak ta nitelendirilmektedir (Griffith 1921; Cotterell ve Kamminga 1987; Kragelsky vd. 2013).

Kesme gerilmesi, malzemelerin zıt yüzeylerinin birbirlerine ters yönde ve paralel kaymalarını oluşturacak şekilde kuvvetin uygulanması ile gerçekleşmektedir (Taylor 1934; Ohminato ve Chouet 1997).

Gerinim, kuvvet uygulanan malzemenin ilk hali ile uygulama sonrasında meydana gelen durumunda değişiklikleri ortaya koymaktadır. Burada gerçekleşen şeklin değişimi, biçimsel olarak değil nicelik bakımından değişiklikleri ifade etmektedir. Bu durum malzemenin matematiksel olarak değişimini göstermektedir (Chrysochoos vd. 2010; Khalili vd. 2017).

Yük altındaki bir cismin davranışını belirlemek için düşey eksene kuvvet yatay eksene deformasyon değerleri yerleştirildiğinde kuvvet-deformasyon eğrisi elde edilir (Şekil 3.27). Bu eğri yük altında deformasyona uğramış cisme ilişkin yararlı bilgiler verirse de aynı malzemeden farklı boyutlardaki bir cismin deformasyonunu kestirmede kullanılamaz. Bunun için gerinme terimine ihtiyaç duyulmaktadır. Yüke maruz kalan bir cisimde oluşan deformasyonun özgün boyuta oranına gerinme (birim deformasyon) denmektedir ve aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır (Kara 2012):

$$\varepsilon = \frac{l}{L} \quad (3.4)$$

- ε : Gerinme, mm/mm
 l : Deformasyon miktarı, mm
 L : Cismin özgün uzunluğu, mm



Şekil 3.27. Haşhaş sapı kuvvet-deformasyon eğrisi

- A noktasına kadar olan bölge Hooke yasasının geçerli olduğu bölgedir.
- A-B arası bölge yine malzemenin esnediği bölgedir.
- B-C arası malzemenin deformasyona uğradığı bölgedir.
- C-D arası tekrar sıkışma bölgesidir.
- D noktası malzemenin koptuğu noktadır.

İdeal elastik davranış Hooke yasasına uyan davranıştır. Katı bir cisme uygulandığında deformasyon doğrusal olarak artar. Dolayısıyla yük deformasyon ile doğru orantılıdır. Uygulanan yük kaldırıldığında ise materyal özgün durumuna döner. Bu davranış aşağıdaki eşitlikle tanımlanır.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} \quad (3.5)$$

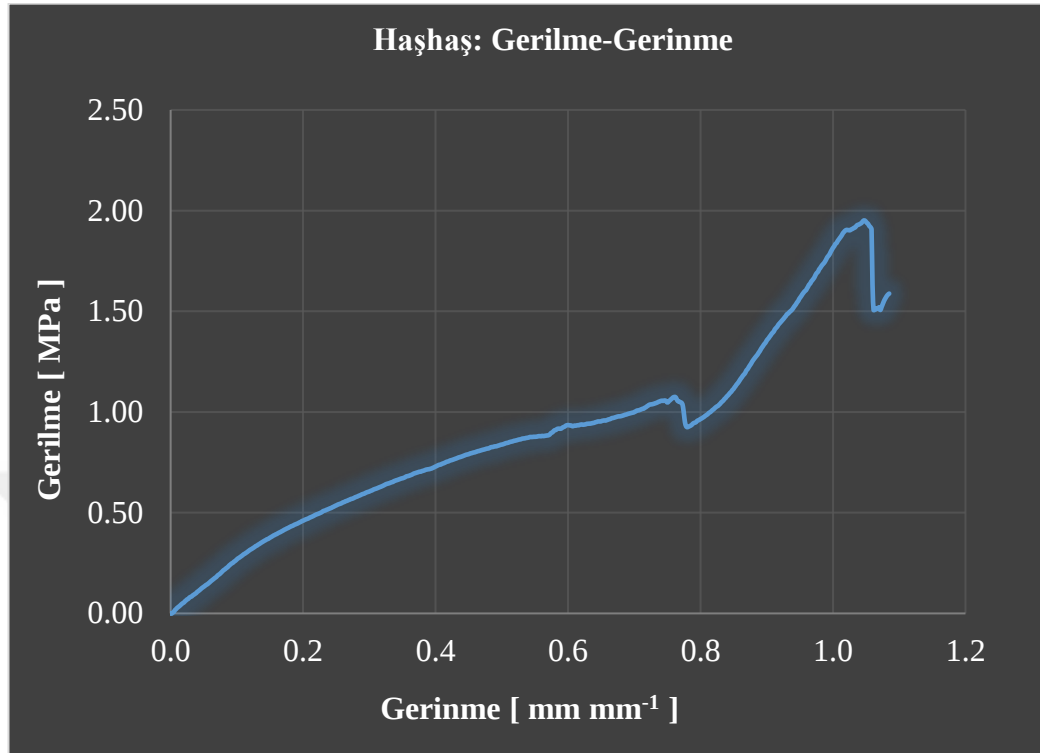
E : Esneklik modülü, MPa

σ : Gerilme, MPa

ϵ : Gerinme (birim deformasyon), mm/mm

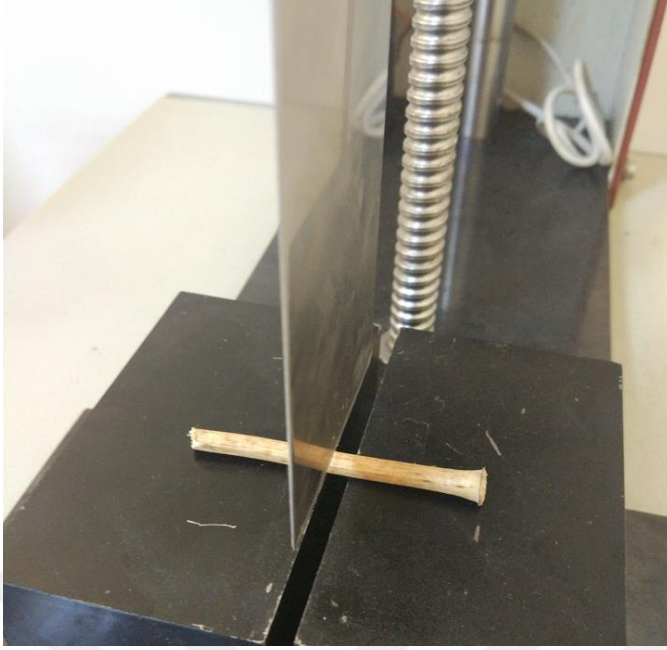
Esneklik modülüne elastik modül, Young modülü veya esneklik katsayısı da denir. Esneklik modülü ürünün deformasyona karşı direncinin bir ölçüsüdür (Kara 2012).

Düşey eksene gerilme yatay eksene gerilme değerleri konulduğunda gerilme-gerilme diyagramı elde edilir (Şekil 3.28).

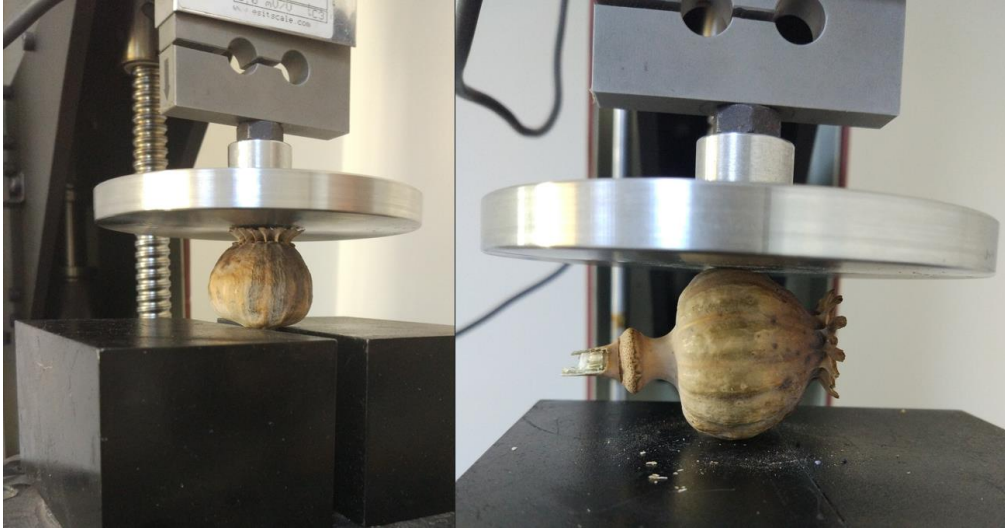


Şekil 3.28. Haşhaş sapı gerilme-gerinme eğrisi

Bu çalışma sırasında kesme ve basma testleri Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği laboratuvarında bulunan TST Mares Çekme-basma mukavemet test cihazıyla Şekil 3.29, Şekil 3.30'da gösterildiği şekilde yapılmıştır. TST Mares ekran görüntüsü Şekil 3.31'de görülmektedir.



Şekil 3.29. Haşhaş sapı kesme deneyleri



Şekil 3.30. Haşhaş kapsülü basma deneyleri



Şekil 3.31. TST Mares ekran görüntüsü

3.2.1.11. Kesme gücü ve k sabiti hesaplama yöntemleri

Dik kesme gücü ve dairesel kesme kuvveti hesaplama işlemi için 3.6'daki formül kullanılmıştır. Tüm dairesel kesme işlemleri için 1 saatlik zaman dilimi referans alınmıştır.

$$P_{dik} = F_{dik} \cdot V \Rightarrow P_{dairese} = F_{dairese} \cdot \frac{2\pi r}{t} \quad (3.6)$$

P_{dik} : Dik kesme gücü, W

F_{dik} : Dik kesme kuvveti, N

V : Kesme hızı, m/s

$P_{dairese}$: Dairesel kesme gücü, W

$F_{dairese}$: Dairesel kesme kuvveti, N

r : Disk yarıçapı, m

t : Zaman, s

Kuvvetler arası k sabiti bulmak için 3.7'deki formül kullanılmıştır.

$$F_{\text{dairesel}} = k \cdot F_{\text{dik}} \quad (3.7)$$

$$F_{\text{dairesel}} : \text{Dairesel kesme kuvveti, N}$$

F_{dik} : Dik kesme kuvveti, N

k : Kuvvetler arası sabit, -

3.2.2. Haşhaş hasat makinesi prototip biçme ünitesi tasarımı

Biçme ünitesi prototipin de kapsülü boğum noktasından ya da boğum noktasına en yakın yerden ayırabilecek şekilde bir tasarım gerçekleştirilmiştir. Tasarımda farklı boydaki ve farklı dallanma sayılarındaki haşhaş bitkilerinin başarılı bir şekilde hasat işlemi gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Şekil 3.32, Şekil 3.33 ve Şekil 3.34'te tasarımı yapılan biçme ünitesinin farklı yönlerden katı model çizimi görülmektedir. Kapsülü saptan ayırmak için dairesel kesme yöntemi kullanılmıştır. Ayrıca sap kısmından ayrılan kapsülü depolama ünitesine götürmek için bir taşıyıcı bant da tasarlanmıştır.



Şekil 3.32. Biçme ünitesi yandan görünüşü



Şekil 3.33. Biçme ünitesi önden görünüşü



Şekil 3.34. Biçme ünitesi arkadan görünüşü

3.2.3. Haşhaş hasat makinesi biçme ünitesi laboratuvar ve tarla denemeleri

Bir araştırmada, deneme yapmaya karar verilirken bazı konuların önceden bilinmesi gerekir. Denemenin yapılması ve değerlendirilmesi aşamasında yapılması gereken şeylerin önceden düşünülmesi ve kararlaştırılması işine planlama denilmektedir. Bu aşamada araştırılacak konu veya problemin tüm yönleriyle ortaya konulması, çalışmanın yürütüleceği alan, materyal, alet – ekipman, işgücü ve diğer ihtiyaçların ne ölçüde olduğu, ne şekilde temin edilecekleri, bu sırada ve sonuçların değerlendirilmesi aşamasında kullanılacak yöntemlerin de belirlenmesi planlama aşamasında gereklidir (Acar 2020). Ölçümler sırasında birim alan olarak 1m² referans alınmıştır. Tüm denemeler haznede 24 adet kapsül olacak şekilde yapılmıştır.

Dairesel kesme hızı ve laboratuvar şartlarında prototip biçme düzeninin ilerleme hızı belirleme denemelerinde aynı boy oranına sahip ürünlerle (86-105 cm) üç farklı deneme yapılmıştır.

3.2.3.1. Haşhaş hasat makinası biçme ünitesi laboratuvar denemeleri

Laboratuvar denemelerinde haşhaş bitkileri çift katmanlı bir kök tutucu düzeneğe yerleştirilmiştir. Düzenek çift katmanlıdır ve haşhaş saplarının sabitlenebileceği kadar delikler vardır. Düzeneğin amacı haşhaş bitkisinin tarladaki gibi mukavemetli şekilde dik durmasını sağlayabilmektir. Denemeler 1 kapsüllü, 2 kapsüllü, 3 kapsüllü, 4 ve üzeri kapsüllü ve şahit parsel olacak şekilde planlanmıştır. Depoda toplam 24 adet kapsül bulununcaya kadar denemeler yapılmıştır. Şekil 3.35'te laboratuvar çalışmaları sırasında kullanılan haşhaş bitkileri görülmektedir.



Şekil 3.35. Laboratuvar çalışmaları sırasında kullanılan haşhaş bitkileri

Laboratuvar ve tarla denemelerinde aşağıdaki sınıflandırmalara göre çizelgeler oluşturulmuştur.

Farklı dallanma çeşitlerine göre 3 ayrı boy sınıfı kullanılmıştır. Bunlar:

- 1- 86 -105 cm
- 2- 106 -125 cm
- 3- 126 – 145 cm'dir

Sınıflandırmanın bu şekilde olmasının sebebi Çizelge 4.2'de yer alan birim alandaki haşhaş kapsüllerin boy dağılımlarının dikkate alınmasıdır.

Sonuçların sınıflandırılması sırasında şu kıstaslar kullanılmıştır:

1- Üç farklı haşhaş bitkisi boy dağılımlarına göre (86 -105 cm, 106 - 125 cm, 126 – 145 cm) boy sınıflaması yapılmıştır.

2- Dört farklı haşhaş kapsül sayısına göre (1 kapsüllü, 2 kapsüllü, 3 kapsüllü, 4+ üzeri kapsüllü) kapsül sınıflaması yapılmıştır.

3- Hasat edilen kapsüllerin boğum altı sap uzunluklarına göre (0 – 25 mm, 26 – 50 mm, 51 – 75 mm, 76 – 100 mm, 101 + mm) sap uzunluğu sınıflaması yapılmıştır.

Deneme deseni ise Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.3'te yer alan birim alandaki kapsül sayıları dikkate alınmıştır.

Her deneme sonunda depodaki kapsüller ve tarla kayıpları bir tabloya (Şekil 3.36) yerleştirilip rapor çıkarılmıştır.



Şekil 3.36. Hasat edilen haşhaş kapsüllerinin sınıflandırılması

Şekil 3.36'ya gösterilen sınıflandırmaya göre hasat işleminin nerede yapıldığı (laboratuvar mı, tarla mı), hangi boyda haşhaş bitkisinin hasat işlemi yapıldığı, hasat işlemi yapılan bitkinin kaç kapsüllü olduğu, hasat işlemi sonunda kapsüllerin sap uzunluklarına göre sınıflandırıldığı görülmektedir.

3.2.3.2. Haşhaş hasat makinası biçme ünitesi tarla denemeleri

Denemeler 1 kapsüllü, 2 kapsüllü, 3 kapsüllü, 4 ve üzeri kapsüllü ve şahit parsel olacak şekilde planlanmıştır. Depoda toplam 24 adet kapsül bulununcaya kadar denemeler yapılmıştır. Tarlada prototip makinenin geçebileceği şekilde ve istenen kapsül sayısı elde edilecek şekilde sıra düzenleri oluşturulmuştur. Şekil 3.37’de tarla denemeleri görülmektedir.



Şekil 3.37. Tarla denemelerinden bir görünüm

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Haşhaş Bitkisi Teknik, Fiziksel ve Mekanik Özellikleri

4.1.1. Tarlada birim alandaki haşhaş bitkisiyle ilgili veriler

Haşhaş bitkisine ait birim alandaki (m^2) sap ve kapsül sayısı değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Haşhaşın birim alandaki sap ve kapsül sayıları

Tekerrür	Sap sayısı (adet)	Kapsül sayısı (adet)	Kapsül sap oranı (ondalık)
1	25.0	42.0	1.68
2	23.0	38.0	1.65
3	24.0	41.0	1.71
4	21.0	38.0	1.81
5	27.0	43.0	1.60
Ortalama	24.0	40.4	1.68
St.Sapma	2.0	2.1	0.10

Çizelge 4.1’deki verilere göre ortalama olarak birim alandaki sap sayısı 24.0 adet ve kapsül sayısı 40.4 adet belirlenmiştir. Ortalama kapsül sap oranı değeri ise 1.68’dir. Bir başka deyişle her saptan en az bir veya birden fazla kapsül olduğu söylenebilir. Diğer yandan kapsül sap oranı değeri, deneme desenindeki bir saptan yer alan kapsül sayısı (1 kapsüllü, 2 kapsüllü, 3 kapsüllü ve 4+ kapsüllü) gruplarının belirlenmesinde de dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.2. Haşhaşın birim alandaki bitki boyu ve dal sayıları

Tekerrür	Haşhaş boyu (cm)	Dal sayısı (adet)
1	110	1
2	112	2
3	117	3
4	96	1
5	92	1
6	120	1
7	127	1
8	148	1
9	132	1
10	99	2
11	108	1

(Devamı arkada)

Çizelge 4.2'nin devamı

Tekerrür	Haşhaş boyu (cm)	Dal sayısı (adet)
12	109	1
13	134	4
14	130	1
15	109	1
16	118	3
17	126	2
18	127	4
19	100	2
20	95	1
21	99	2
22	123	1
23	129	3
24	120	1
Ortalama	115.83	1.71
St.Sapma	14.23	0.98

Çizelge 4.2'deki verilere göre, haşhaş bitkisi boyları 92-148 cm arasında değişmektedir. Ortalama olarak bu değer 115 cm'dir. Haşhaş bitkisindeki dallanma sayısı ise 1-4 arasında değişmektedir. Bitki boyları ve bitkideki dallanma sayıları, haşhaş bitkisi boylarının sınıflandırılmasında ve prototip biçme düzeni tasarımı ve biçme yüksekliklerinin belirlenmesinde dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.3. Haşhaşın birim alandaki kapsül grupları

Tekerrür	1 kapsüllü	2 kapsüllü	3 kapsüllü	4+ kapsüllü	Toplam sap sayısı (adet)	Toplam kapsül sayısı (adet)
1	15	5	3	2	25	42
2	16	2	2	3	23	38
3	14	5	3	2	24	41
4	12	4	2	3	21	38
5	19	3	2	3	27	43
Ortalama	15.2 a*	3.8 b	2.4 c	2.6 c	24	40.4
St.Sapma	2.32	1.17	0.49	0.49	2.00	2.06
Toplam (adet)	76	19	12	13	120	202
Birim alandaki oranları (%)	%63.33	%15.83	%10.00	%10.83	%100	%100

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.01$).

Çizelge 4.3'teki verilere göre ortalama kapsül sayısı sırasıyla bir kapsüllü, iki kapsüllü, dört ve üzeri kapsüllü, üç kapsüllü olarak bulunmuştur. Üç kapsüllü ile dört ve üzeri kapsüllü sınıflaması arasındaki fark önemsizdir. Bir kapsüllü oranı %63.33 olarak bulunmuştur. Bu değer denemeler sırasındaki şahit parsel uygulamasında desen oluşumunda dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.4. Haşhaşın birim alandaki boy uzunlukları

Tekerrür	0-85 cm	86-105 cm	106-125 cm	126-145 cm	146+ cm	Toplam dal sayısı (adet)
1	1	7	8	7	2	25
2	1	7	8	6	1	23
3	0	6	10	7	1	24
4	1	7	8	4	1	21
5	0	9	10	8	0	27
Ortalama	0.6 c	7.2 b	8.8 a*	6.4 b	1 c	24
St.Sapma	0.49	0.98	0.98	1.36	0.63	2.00
Toplam (adet)	3	36	44	32	5	120
Birim alandaki oranları (%)	%2.50	%30.00	%36.67	%26.67	%4.17	%100

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.01$).

Çizelge 4.4'teki verilere göre ortalama haşhaş bitkisi boyu en fazla 106 cm – 125 cm aralığında %36.67 oranıyla bulunmuştur. En az haşhaş bitkisi boyu 0 cm – 85 cm aralığında bulunmuştur. 0 cm – 85 cm ile 146+ cm aralığındaki fark önemsizdir ve aynı sınıflamada dırlar. 86 cm – 105 cm ile 126 cm – 145 cm aralığındaki fark önemsizdir ve aynı sınıflamada dırlar. Bu değerler deneme deseni oluşturulurken ve prototip makinenin tasarımında dikkate alınmıştır.

Haşhaş kapsülü, kabuğu ve tohumlarına ait bazı teknik özelliklerin belirlenmesi amacıyla denemeleri yapılan kapsüller küçük, orta ve büyük olarak sınıflandırılmıştır. Her bir sınıflamada yirmişer adet kapsül dikkate alınmış ve ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlere göre ortalama değerler olarak haşhaş kapsülü, kabuğu ve tohumlarına ait bazı teknik özellikler Çizelge 4.5'te verilmiştir. Kapsüllerin ortalama ağırlığı küçük kapsüller için 4.00 gram, orta kapsüller için 5.65 gram, büyük kapsüller için ise 8.77 gram bulunmuştur. Tüm ölçümlerde genel ortalamanın tohum oranı olarak %54.90 bulunmuştur. Bu durum tohum ve kabuk ağırlıklarının birbirlerine yakın değerler olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.5. Haşhaş kapsülü, kabuğu ve tohumlarına ait bazı teknik özellikler

Sınıflama	Küçük	Orta	Büyük	Genel ortalama	St.Sapma
Boğum altı yüksekliği (mm)	43.50±5.20	48.50±3.78	50.93±3.34	47.63	3.10
Kapsül yüksekliği (mm)	33.60±2.77	38.40±2.14	40.73±2.59	37.58	2.94
Kapsül genişliği (mm)	31.20±2.67	36.75±2.64	44.65±2.90	37.52	5.53
Kapsül ağırlığı (g)	4.00±0.78	5.65±0.69	8.77±1.16	6.14	1.98
Kabuk ağırlığı (g)	1.80±0.32	2.63±0.42	3.76±0.56	2.73	0.80
Tohum ağırlığı (g)	2.20±0.61	3.02±0.63	5.02±0.80	3.41	1.18
Kabuk oranı (%)	45.83±7.97	46.88±7.23	42.91±4.24	45.21	1.68
Tohum oranı (%)	54.17±7.97	53.12±7.23	57.09±4.24	54.79	1.58

Çizelge 4.5'te tanımlanan boğum altı yüksekliği: kapsül ile boğum noktası arasındaki uzunluk, kapsül yüksekliği: kapsülün alt noktası ile en üst noktası arasındaki uzunluk, kapsül genişliği: kapsülün yatayda en geniş iki noktası arasındaki uzunluk, kapsül ağırlığı: haşhaş kapsülünün tohumlu şekilde ağırlığı, kabuk ağırlığı: haşhaş kapsülünün haşhaş tohumları alındıktan sonraki ağırlığı, tohum ağırlığı: haşhaş kapsülü içerisindeki tohumların ağırlığı, kabuk oranı: kapsül kabuğunun toplam ağırlığa oranı, tohum oranı: haşhaş tohumlarının ağırlığının toplam ağırlığa oranı olarak dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.5'teki verilere göre, kapsül büyüklüğü arttıkça boğum altı yüksekliğinin ve tohum oranının arttığı görülmektedir.

4.1.2. Haşhaş kapsülü iz düşüm alanı

Çizelge 4.6. Haşhaş kapsülü iz düşüm alanı

Tekerrür	Boğum altı yükseklik (mm)	Kapsül yüksekliği (mm)	Genişlik (mm)	İz düşüm alanı, yatay (cm ²)	İz düşüm alanı, dikey (cm ²)
1	47.2	36.2	34.2	14.92	15.01
2	49.4	39.4	31.8	14.44	13.40
3	54.2	42.8	41.4	22.05	22.02
4	47.4	37.7	38.3	18.50	18.20
5	52.2	41.8	42.1	16.50	21.82
Ortalama	50.08	39.58	37.56	17.28	18.09
St.Sapma	2.74	2.46	4.01	2.77	3.49

Çizelge 4.6’da yükseklikleri ve genişlikleri verilen kapsüllerin iz düşüm alanları görülmektedir. Beyaz (Ofis 2) haşhaş çeşidinde yatay ve dikey iz düşüm alanlarının birbirine yakın olduğu belirlenmiştir.

4.1.3. Haşhaş kapsül hacmi

Haşhaş kapsülü, kabuğu ve tohumlarına ait bazı teknik özelliklerin belirlenmesi amacıyla denemeleri yapılan kapsüller küçük, orta ve büyük olarak sınıflandırılmıştır. Her bir sınıflamada onar adet kapsül dikkate alınmış ve ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümlere göre ortalama değerler olarak haşhaş kapsülü hacimleri Çizelge 4.7’de verilmiştir.

Çizelge 4.7. Haşhaş kapsül hacmi

Sınıflama	Küçük	Orta	Büyük	Genel ortalama	St.Sapma
Boğum altı yüksekliği (mm)	44.84±2.26	45.32±3.93	47.89±2.29	46.01	20.20
Kapsül yüksekliği (mm)	35.38±2.18	37.53±2.35	40.96±2.03	37.96	16.72
Kapsül Genişliği (mm)	30.59±1.90	37.97±4.29	43.62±5.84	37.39	19.52
Hacim (mm ³)	19.17±3.52	41.10±4.21	47.74±6.65	36.00	23.26

Ortalama hacim küçük kapsüller için 19.17 mm³, orta kapsüller için 41.10 mm³, büyük kapsüller için 47.75 mm³ olarak bulunmuştur.

4.1.4. Haşhaş bitkisi sapı ve haşhaş kapsülü nem içeriği

Prototip tasarımında haşhaş bitkisi sapının üç farklı noktadan kesilmesi planlanmıştır. Bu üç farklı nokta haşhaş bitkisinin alt, orta ve üst bölgesidir. Çizelge 4.8’de bu üç farklı bölgeden alınan örneklerle ait nem içerikleri görülmektedir. Ayrıca üst bölge için iki ayrı ölçüm yapılmıştır. Bunlar boğum noktasının altı 3 cm ve boğum noktasının altı 10 cm’dir. Çizelge 4.8’de görüldüğü gibi nem içeriğinin en fazla üst bölgede olduğu, en az ise alt bölgede olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.8. Haşhaş sapı nem içeriği (y.b. %)

Tekerrür	Üst bölge 3 cm	Üst bölge 10 cm	Orta bölge 10 cm	Alt bölge 10 cm
1	15.20	8.40	12.40	9.50
2	14.80	9.54	9.80	7.60
3	13.20	12.65	9.40	10.50
4	12.60	18.00	10.10	8.20
5	16.80	13.40	10.30	11.30
Ortalama	14.52	12.40	10.40	9.42
St. Sapma	1.49	3.36	1.04	1.38

Çizelge 4.9’da beş farklı kapsülün yaş baza göre nem içerikleri görülmektedir. Ortalama nem içeriği %8.05 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.9. Haşhaş kapsülü nem içeriği (%)

Tekerrür	Nem içeriği (%)
1	7.53
2	8.60
3	7.02
4	8.57
5	8.54
Ortalama	8.05
St. Sapma	0.66

4.1.5. Haşhaş kapsülü yığılma açısı

Çizelge 4.10’da haşhaş kapsülün yığılma açıları görülmektedir. Ortalama 21.90 ° yığılma açısına sahiptir.

Çizelge 4.10. Haşhaş kapsüllerine ait yığılma açısı değerleri

Tekerrür	Yığılma açısı (°)
1	22.20
2	23.50
3	20.90
4	21.25
5	22.20
Ortalama	21.90
St. Sapma	0.91

4.1.6. Haşhaş tohumu bin dane ağırlığı

Çizelge 4.11’da haşhaş tohumu bin dane ağırlığı verilmiştir. Ortalama bin dane ağırlığı 0.58 gramdır.

Çizelge 4.11. Haşhaş tohumu bin dane ağırlığı

Tekerrür	Bin dane ağırlığı (g)
1	0.58
2	0.52
3	0.54
4	0.56
5	0.54
Ortalama	0.58
St. Sapma	0.02

4.1.7. Haşhaş kapsülü kritik hızı

Çizelge 4.12’de yükseklikleri ve genişlikleri verilen haşhaş kapsüllerinin kritik hızı verilmiştir. Ortalama kritik hız küçük kapsüller için 11.78 m s^{-1} , orta kapsüller için 9.32 m s^{-1} , büyük kapsüller için 8.52 m s^{-1} bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Haşhaş kapsülü kritik hızı

	Tekerrür	Boğum altı yükseklik (mm)	Kapsül yüksekliği (mm)	Genişlik (mm)	Kritik hız (m s^{-1})
Küçük	1	45.80	36.30	26.90	11.80
	2	48.90	35.50	26.80	12.00
	3	46.70	37.20	29.30	11.60
	4	49.20	39.20	28.40	11.40
	5	47.50	35.40	27.20	12.10
	Ortalama				11.78
Orta	1	49.40	42.10	38.20	9.40
	2	48.20	41.60	38.40	9.10
	3	49.60	40.60	38.60	9.60
	4	47.90	41.60	37.60	10.00
	5	48.90	42.40	39.20	8.50
	Ortalama				9.32
Büyük	1	49.30	39.20	45.20	8.50
	2	49.80	37.20	44.60	8.70
	3	46.40	37.90	47.20	8.30
	4	48.20	40.20	44.90	8.80
	5	48.60	41.30	45.20	8.30
	Ortalama				8.52
Genel ortalama					9.87
St. Sapma					1.39

4.1.8. Haşhaş sapı kesme sonuçları

Haşhaş sapı Şekil 4.1’deki gibi üst, orta ve alt olmak üzere üç farklı bölgede sınıflandırılmıştır. Üst kısmında boğum altı 3 cm ve boğum altı 10 cm olmak üzere kendi içerisinde iki ayrı sınıfa ayrılmıştır. Bu bölgeler belirlenirken prototip makinenin haşhaş sapını kesmesi muhtemel bölgeleri seçilmiştir.



Şekil 4.1. Haşhaş bitkisinin kesim noktaları

Haşhaş sapı kesme testinde örnekler tablaya yatay olarak yerleştirilmiştir. Testler haşhaş sapının boğum altı 3 cm, boğum altı 10 cm, orta bölge 10 cm ve alt bölge 10 cm için 5 tekerrür olacak şekilde dik kesme yapılmıştır. Çizelge 4.13'te tablaya yan şekilde yerleştirilen sapların dik kesme kuvvetleri görülmektedir.

Çizelge 4.13. Haşhaş sapı dik kesme kuvveti sonuçları

Haşhaş sapı bölgesi	Tekerrür	Maksimum dik kesme kuvveti (N)
Boğum altı 3 cm	1	45.21
	2	47.35
	3	35.74
	4	35.91
	5	45.63
	Ortalama	42.00
Boğum altı 10 cm	1	43.87
	2	26.84
	3	25.26
	4	52.47
	5	27.30
	Ortalama	35.00

(Devamı arkada)

Çizelge 4.13'ün devamı

Haşhaş sapı bölgesi	Tekerrür	Maksimum dik kesme kuvveti (N)
Orta 10 cm	1	132.72
	2	106.48
	3	26.50
	4	48.45
	5	48.31
	Ortalama	72.50
Alt 10 cm	1	159.21
	2	135.81
	3	126.29
	4	112.93
	5	111.27
	Ortalama	129.00
Genel ortalama		69.68
Ortalamaların St. Sapması		37.08

Çizelge 4.13'te görüldüğü gibi, dik kesme kuvveti sonuçlarına göre boğum altı 3 cm haşhaş sapı için kesme kuvveti ortalama 42.00 N, boğum altı 10 cm haşhaş sapı için kesme kuvveti ortalama 35.00 N, orta bölge haşhaş sapı için kesme kuvveti ortalama 72.50 N, alt bölge haşhaş sapı için kesme kuvveti ortalama 129.00 N olarak belirlenmiştir. Buna göre haşhaş sapının kalınlığı arttıkça kesme işlemi için daha fazla kuvvet gerektiği söylenebilir.

Haşhaş kapsülü basma testinde, kapsül tablaya dik ve yatay olarak yerleştirilmiştir. Testler boyut olarak küçük, orta ve büyük kapsüller için 5 tekerrür olacak şekilde yapılmıştır. Çizelge 4.14'te tablaya dik şekilde yerleştirilen kapsülün basma kuvveti, Çizelge 4.15'te tablaya yan olarak yerleştirilen kapsülün basma kuvvetleri görülmektedir.

Çizelge 4.14. Kapsül dik basma kuvveti değerleri

Kapsül boyutu	Tekerrür	Maksimum dik basma kuvveti (N)
Küçük kapsül	1	142.80
	2	209.40
	3	193.00
	4	172.60
	5	200.00
	Ortalama	183.56
Orta kapsül	1	202.40
	2	94.20
	3	129.30
	4	314.10
	5	155.40
	Ortalama	179.08
Büyük kapsül	1	233.80
	2	122.50
	3	330.20
	4	293.90
	5	196.20
	Ortalama	235.32
Genel ortalama		199.32
Ortalamaların St. Sapması		25.52

Çizelge 4.14'te görüldüğü gibi, dik basma kuvveti ortalama değerleri göre küçük kapsüller için 183.56 N, orta kapsüller için 179.08 N, büyük kapsüller için 235.32 N değerine kadar şeklini koruduklarını söylenebılır.

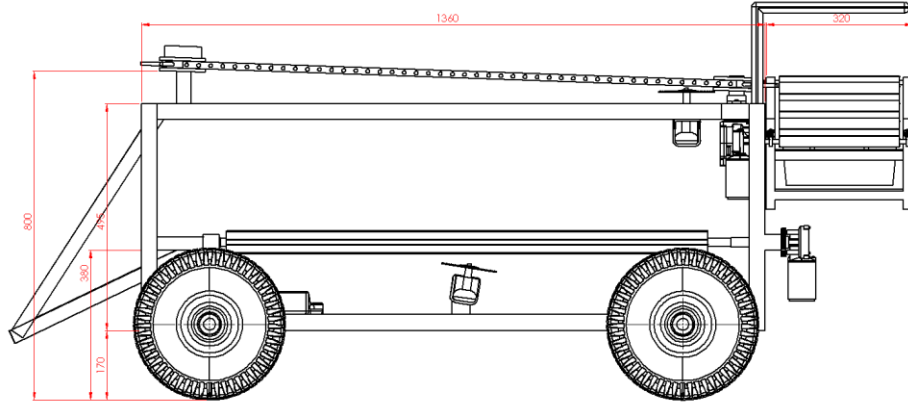
Çizelge 4.15. Kapsül yan basma kuvveti değerleri

Kapsül boyutu	Tekerrür	Maksimum yan basma kuvveti (N)
Küçük kapsül	1	73.50
	2	104.50
	3	100.40
	4	59.10
	5	108.60
	Ortalama	89.22
Orta kapsül	1	161.80
	2	96.40
	3	165.40
	4	174.30
	5	97.20
	Ortalama	139.02
Büyük kapsül	1	253.20
	2	131.10
	3	131.10
	4	174.00
	5	159.60
	Ortalama	169.80
Genel Ortalama		132.68
Ortalamaların St. Sapması		33.20

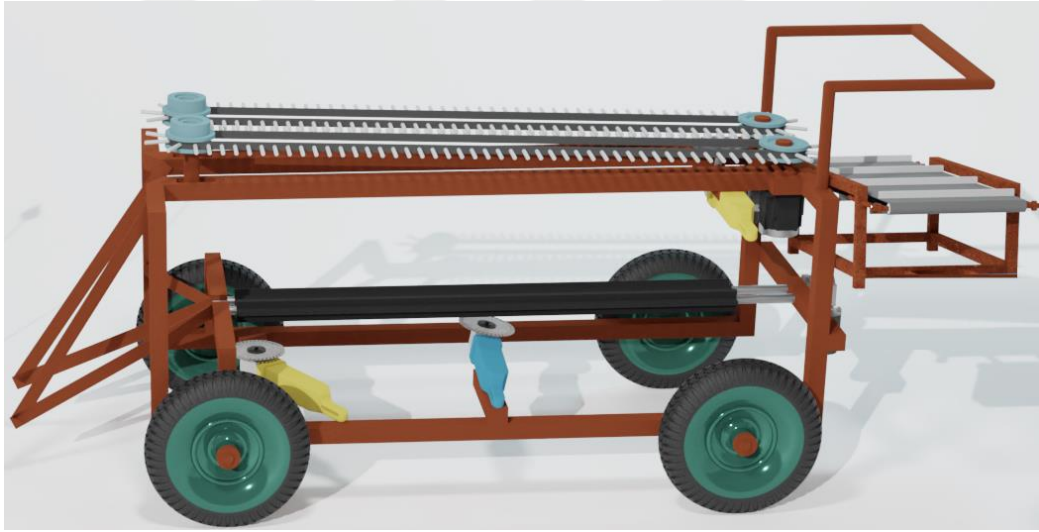
Yan basma kuvveti sonuçlarına göre küçük kapsüller için ortalama 89.22 N, orta kapsüller için ortalama 139.02 N, büyük kapsüller için ortalama 169.80 N değerine kadar şeklini koruduklarını söylenebilir. Ayrıca yan basma kuvveti değerlerinin dik basma kuvveti değerlerine göre daha düşük olduğu gözlemlenmiştir.

4.2. Hasat Makinesi Biçme Düzeni Prototip Tasarımı

Biçme düzeni prototipi ana çatısının yerden yüksekliği 66.5 cm'dir. Taşıyıcı fırçaların yerden yüksekliği 80 cm'dir. Bu değerler Çizelge 4.2'deki veriler referans alınarak belirlenmiştir. Taşıyıcı fırçanın fırçalar dâhil uzunluğu 136 cm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.2). Tekerleklerin yerden yüksekliği 38 cm'dir. Üç farklı noktaya kesici bıçaklar yerleştirilerek haşhaş sapını alt, orta ve üst bölgelerden kesmesi amaçlanmıştır. Şekil 4.3'te kesici bıçakların yerleşimleri görülmektedir. Hasat edilen kapsülün bir hazneye taşınması için taşıyıcı bant tasarlanmıştır. Taşıyıcı bandın genişliği 32 cm'dir.



Şekil 4.2. Prototip biçme düzeni yan görünüşü



Şekil 4.3. Prototip biçme düzeni katı model görünüşü

Şekil 4.4 - Şekil 4.8’de prototip biçme düzeninin farklı açılardan görünüşleri verilmiştir.



Şekil 4.4. Prototip biçme düzeni katı model üstten görünüşü



Şekil 4.5. Prototip biçme düzeni arkadan görünüşü



Şekil 4.6. Prototip biçme düzeni üstten görünüşü



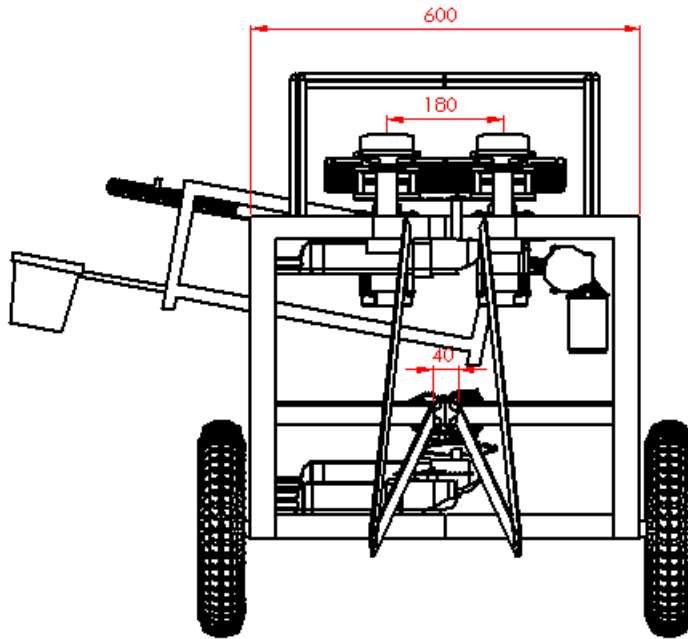
Şekil 4.7. Prototip biçme düzeni sağdan görünüşü



Şekil 4.8. Prototip biçme düzeni soldan görünüşü

4.2.1. Yönlendirici kollar

Prototip biçme düzeninin önüne haşhaş bitkisini istenilen şekilde kavrayabilmesi için yönlendirici kollar yerleştirilmiştir. Yönlendirici kollardan haşhaş bitkisi sapının prototipe girdiği noktanın genişliği 4 cm'dir (Şekil 4.9 ve Şekil 4.10). Bu genişlik haşhaş bitkisinin sapının girmesi için yeterlidir.



Şekil 4.9. Prototip biçme düzeni önden görünüşü



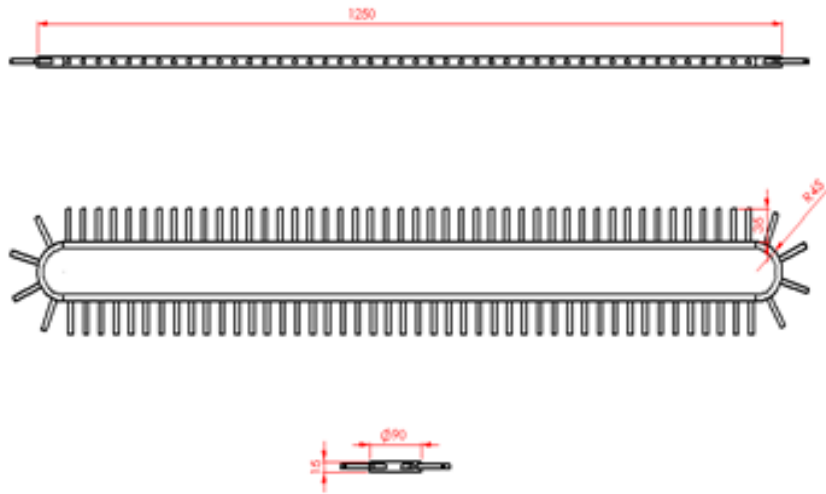
şekil 4.10. Prototip biçme düzeninin önden görünüşü

4.2.2. Taşıyıcı fırçalar

Haşhaş bitkisi biçme düzeni prototipinde, yönlendirici kollardan sonra taşıyıcı fırça düzeneği gelmektedir. Taşıyıcı fırçaların görevi kapsülün alt sap bölgesinden kavrayarak prototip biçme düzeninin taşıyıcı bandına kadar götürülmesini sağlamaktır (şekil 4.11). Taşıyıcı düzenekte, bitki sapına zarar verilmemesi için plastik özellikli fırçalar kullanılmıştır. Fırçalar kayışa 8 mm aralıklar ile çakılmıştır. Bu aralık belirlenirken haşhaş kapsülünün taşıyıcı fırça altına hareket etmemesi amaçlanmıştır. Fırçaların uzunluğu 35 mm'dir (şekil 4.12 ve şekil 4.13).



Şekil 4.11. Taşıyıcı fırçanın önden görünüşü



Şekil 4.12. Taşıyıcı fırçanın teknik çizimi



Şekil 4.13. Taşıyıcı fırçanın üstten görünüşü

Fırçalı kayış sistemi birbirine doğru dönerek kavrama işlemini gerçekleştirmektedir. Şekil 4.14’te birbirlerine doğru dönmesini sağlayan sistemin katı modeli görülmektedir.



Şekil 4.14. Taşıyıcı fırçaların katı model görünüşü

4.2.3. Çekici fırçalar

Haşhaş bitkisi taşıyıcı fırçalar ile kavrandıktan sonra prototip biçme düzeninde, aşağı çekici fırçalar ile karşılaşmaktadır (Şekil 4.15). Çekici fırçaların görevi farklı boydaki haşhaş bitkilerini taşıyıcı fırça üzerine kapsül gelecek şekilde kalibre etmektir. Burada fırçaların esnekliği ve birbirleri arasındaki açıklık önemlidir. Çekici fırçalar yakın olurlarsa çekme kuvveti artmakta ve kapsülü taşıyıcı fırçadan aşağıya hareket ettirmekte ve bu durumda kayıplar meydana gelmektedir. Kayıplar tarlaya dökülen haşhaş kapsülleridir. Çekici fırçalar uzak olursa bu durumda haşhaş sapını çekmemekte ve kalibrasyon işlemi gerçekleşmemektedir.



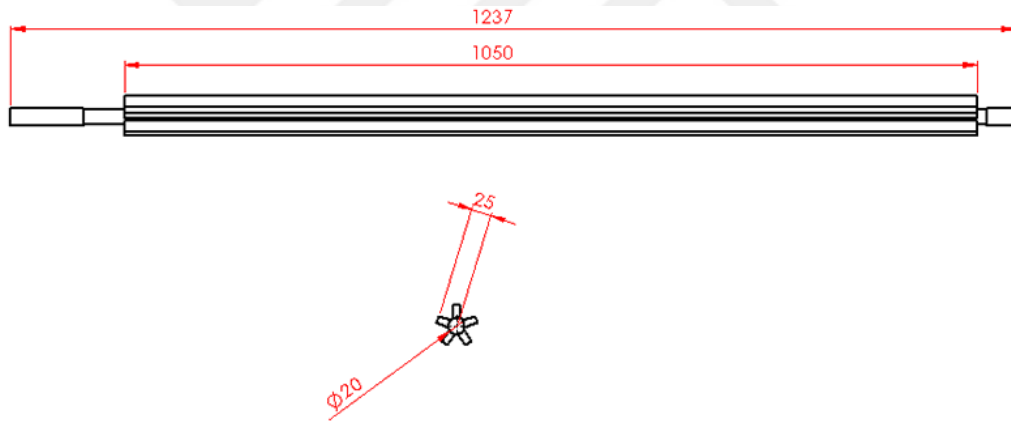
Şekil 4.15. Çekici fırçalar

Çekici fırçaların birbirlerine doğru tek motor ile dönebilmesi için Şekil 4.16’da görülen dişli sistemi kullanılmıştır.

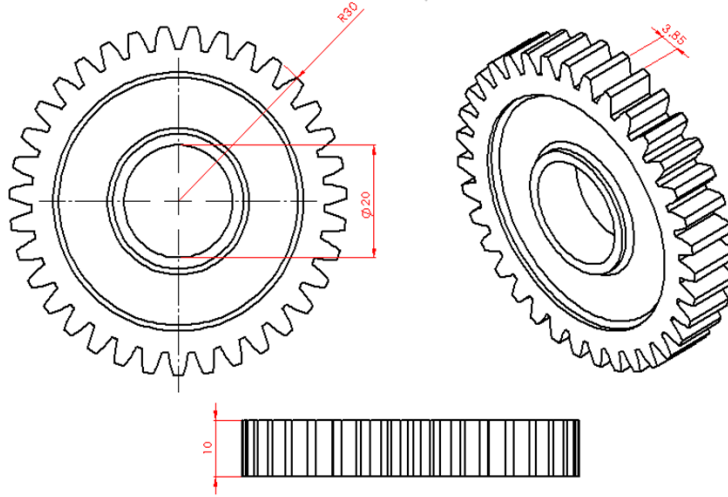


Şekil 4.16. Çekici fırça dişli sistemi

Çekici fırçanın teknik bilgileri Şekil 4.17’de, kullanılan dişlinin teknik verileri Şekil 4.18’de verilmiştir.



Şekil 4.17. Çekici fırça teknik çizimi



Şekil 4.18. Çekici fırça dişlisinin teknik çizimi

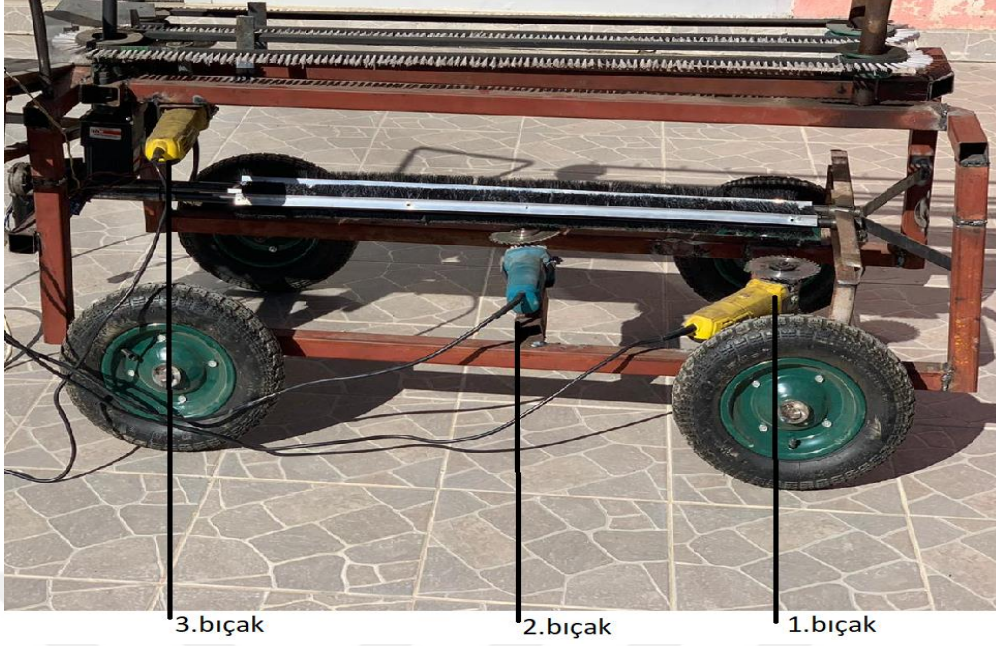
Şekil 4.19’da çekici fırçaların katı model tasarımı görülmektedir.



Şekil 4.19. Çekici fırçaların katı model görünüşü

4.2.4. Kesici bıçaklar

Prototip biçme düzeninde üç noktadan haşhaş sapının kademeli olarak kesilmesi için üç adet dairesel bıçak kullanılmıştır. 1. bıçak haşhaş bitkisini topraktan ayırmak, 2. bıçak uzun boylu haşhaş bitkilerini taşıyıcı fırçaya kalibre etmek, 3. bıçak haşhaş kapsülünü saptan ayırmak için kullanılmaktadır (Şekil 4.20).



Şekil 4.20. Kesici bıçaklar

1. bıçak çekici fırçanın kavramasından önce ve dönme yönü taşıyıcı fırça yönünde olacak şekilde yerleştirilmiştir. Bu sayede bitki topraktan ayrıldıktan sonra kayıpların olmaması sağlanmıştır (Şekil 4.21 ve Şekil 4.22).



Şekil 4.21. 1. kesici bıçak yandan görünüşü



Şekil 4.22. 1. kesici bıçak önden görünüşü

2. bıçak çekici fırçanın hemen altına ve dönme yönü taşıyıcı fırça yönünde olacak şekilde yerleştirilmiştir (Şekil 4.23). Bu sayede kesme işlemi sırasında titreşimden kaynaklı kayıpların olmaması sağlanmıştır.



Şekil 4.23. 2. kesici bıçak yandan görünüşü

Ayrıca Şekil 4.24'te görüldüğü gibi bıçaklar çekici fırçaya açılı olacak şekilde yerleştirilmiştir. Böylelikle kesme işleminden sonra haşhaş sapının taşıyıcı fırça yönünde olması sağlanmıştır.



Şekil 4.24. 2. kesici bıçak önden görünüşü

3. kesici bıçak taşıyıcı fırçanın hemen altına ve taşıyıcı fırçanın en son noktasına yerleştirilmiştir. Bu sayede kapsülün boğum noktasından kesilmesi sağlanmıştır (Şekil 4.25 ve Şekil 4.26).

3. bıçağın montajlanması sırasındaki alanın darlığından dolayı bıçak ana çatıya aşağıdan montajlanmıştır. Bundan dolayı motor ile bıçak arasındaki mil uzatılmıştır (Şekil 4.27).

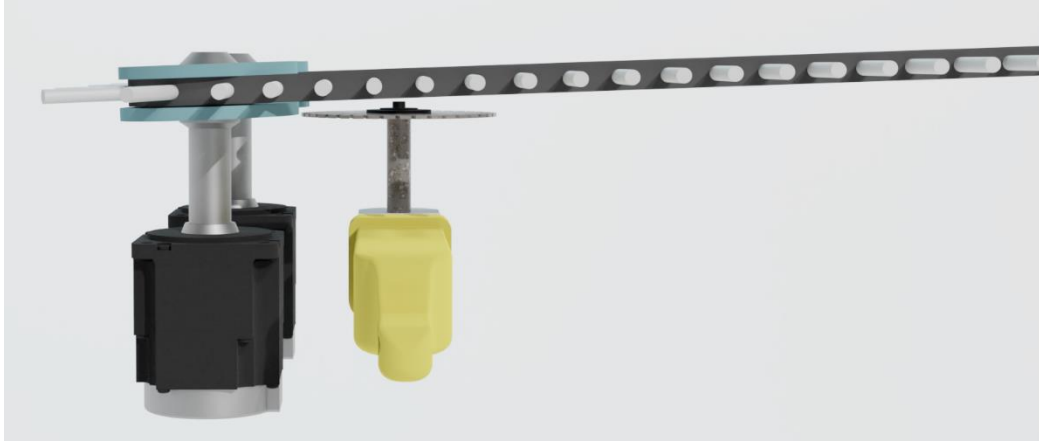
Tüm kesici bıçaklarda kesme işlemi için 115 mm çapındaki Şekil 4.28'de görülen kesici bıçağı kullanılmıştır.



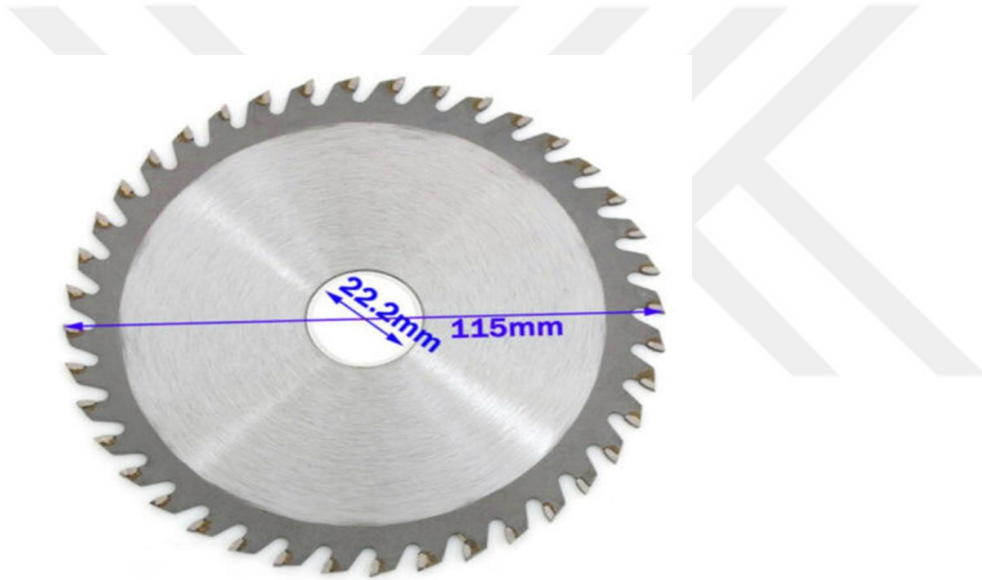
Şekil 4.25. 3. kesici bıçak yandan görünüşü



Şekil 4.26. 3. kesici bıçak üstten görünüşü



Şekil 4.27. 3. kesici bıçak katı model görünüşü



Şekil 4.28. Kesici bıçak

4.2.5. Ayırıcı sac plakalar

Hasat edilen kapsülü taşıyıcı fırçadan ayırmak ve taşıyıcı banda yönlendirmek için Şekil 4.29’da görülen sac plakalar kullanılmıştır.



Şekil 4.29. Kapsül ayırıcı sac plakalar

4.2.6. Taşıyıcı bant

Taşıyıcı bandın görevi sap kısmından ayrılan kapsülleri depolama haznesine götürmektir. Taşıyıcı bandın kapalı uzunluğu 150 cm'dir. Taşıyıcı bantta yer alan kademe fırçaları arası mesafe 30 cm'dir. Bu mesafe taşıyıcı bandın dönme hızı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Taşıyıcı bandın hızı 0.36 km/h'tir. Şekil 4.30'da taşıyıcı bant, Şekil 4.31'de taşıyıcı bandın katı modeli görülmektedir.



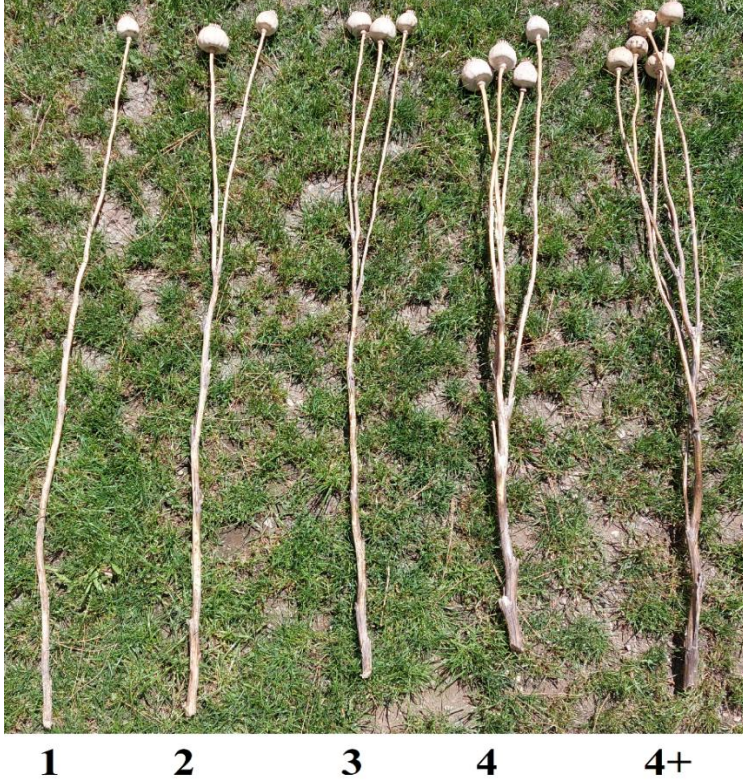
Şekil 4.30. Taşıyıcı bant



Şekil 4.31. Taşıyıcı bant katı model görünüşü

4.3. Hasat Makinesi Prototip Biçme Ünitesi Laboratuvar ve Tarla Denemeleri

Prototip biçme düzeni deneme deseni Şekil 4.32’de görüldüğü gibi bir, iki, üç, dört ve üzeri kapsüllü bitkileri de hasat edebilecek şekilde oluşturulmuştur.



Şekil 4.32. Kapsül sayılarına göre haşhaş bitkileri

Prototip biçme düzeninde dairesel kesme yöntemi ile hasat işlemi yapılmıştır. Burada kullanılan kesme bıçağı motorunun güç verileri Çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16. Dairesel motorda harcanan güç

Test numarası	İşlem	Harcanan güç (W)
1	Yüksüz tam devir (11000 d/d)	450
2	Yüksüz düşük devir (7700 d/d)	150
3	İnce (üst) sap kesme	160
4	Orta (orta) sap kesme	240
5	Kalın (alt) sap kesme	300

Çizelge 4.16’da görüldüğü gibi sap kalınlığı arttıkça kesme işlemi için harcanan güç miktarının da arttığı anlaşılmıştır.

Prototip biçme düzeni ile haşhaş bitkisinin üç farklı noktadan kesilmesi planlanmıştır. Bunlar kalın (alt) sap noktası, orta sap noktası ve boğum altı üst sap noktasıdır. Çizelge 4.17’de bu noktalara ait dik kesme kuvveti değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.17. Laboratuvar testleri dik kesme kuvveti

Test numarası	İşlem	Dik kesme kuvveti (N)
1	İnce (üst) sap kesme	42.0
2	Orta (orta) sap kesme	72.5
3	Kalın (alt) sap kesme	129.0

Çizelge 4.17 kesici bıçakların muhtemel kesme işlemini gerçekleştireceği noktalardan yapılan dik kesme sonuçlarıdır. Sap kalınlığı arttıkça dik kesme kuvvetinin arttığı anlaşılmaktadır.

Çizelge 4.18’de kesme işlemi sırasında harcanan güç değerleri görülmektedir.

Çizelge 4.18. Dairesel kesme gücü

Test Numarası	İşlem	Dairesel kesme gücü (W)
1	İnce (üst) sap kesme	160-150=10
2	Orta (orta) sap kesme	240-150=90
3	Kalın (alt) sap kesme	300-150=150

Çizelge 4.18’de kesme motorunun boştaki çalıştığı andaki harcadığı güç kesme anında harcadığı güçten eksiltiştir. Bu sayede sadece sap kesme işi için ne kadar güç harcadığı bulunmuştur. Buna göre en fazla kesme gücünün kalın (alt) sap kesme noktasında harcadığı görülmektedir.

$P_{üst}$, P_{orta} , P_{alt} dik kesme gücü değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir.

Çizelge 4.19. Laboratuvar dik kesme harcanan güç değerleri

Test Numarası	İşlem	Dik kesme gücü (W)
1	İnce (üst) sap kesme	0.0035
2	Orta (orta) sap kesme	0.0060
3	Kalın (alt) sap kesme	0.0108

Çizelge 4.19’da dik kesme işlemi için en fazla gücün kalın (alt) sap bölgesinde olduğu anlaşılmaktadır.

Haşhaş sapı üst, orta ve alt sap bölgeleri için dairesel kesme kuvvetleri ve kesme anındaki kesme kuvveti değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20. Dairesel kesme kuvveti değerleri

Dairesel kesme kuvveti değerleri			
Test numarası	İşlem	Dairesel kesme kuvveti (N)	Kesme anındaki kuvvet (N)
1	İnce (üst) sap kesme	3.45	0.21
2	Orta (orta) sap kesme	5.18	1.94
3	Kalın (alt) sap kesme	6.48	3.24

Çizelge 4.20’de dairesele kesme anındaki kuvvet değeri formülden bulunmuştur. En fazla kuvvetin ihtiyacının kalın (alt) sap bölgesinde olduğu anlaşılmaktadır.

Kesme kuvvetine ait $k_{üst}$, k_{orta} ve k_{alt} değeri ile kesme anındaki kesme kuvvetine ait k sabiti değeri Çizelge 4.21’de verilmiştir.

Çizelge 4.21. Dairesel ve dik kesme verileri

	Dik kesme	Dairesel kesme	k sabiti	Kesme sırasındaki k sabiti
Devir	-	7700 d/d	-	-
İlerleme hızı	0.0000833 m/s	20 m/s	-	-
Kesme kuvveti (Üst)	42 N	3.45 N	0.08	0.005
Kesme kuvveti (Orta)	72.5 N	5.18 N	0.07	0.027
Kesme kuvveti (Alt)	129 N	6.48 N	0.05	0.025
Kesme gücü (Üst)	0.0035 W	160 W	3980	248
Kesme gücü (Orta)	0.0060 W	240 W	2718	1019
Kesme gücü (Alt)	0.01075 W	300 W	2572	1286

Çizelge 4.21’de laboratuvar şartlarındaki dik kesme işlemi ile prototip biçme düzenindeki dairesele kesme işlemi sırasındaki kesme kuvveti ve kesme gücüne ait k sabiti değeri verilmiştir. Normal çalışma sırasındaki k sabiti değeri değerlerinin haşhaş sapı kalınlığı arttıkça azaldığı, sadece kesme anındaki k sabiti değeri değerlerinin ise haşhaş sapı kalınlığı arttıkça arttığı anlaşılmıştır. Bunun sebebi olarak kesme motorunun yüksüz çalışma altındaki davranışının, ince sap bölgesinin kesim anındaki davranışına yakın olmasından kaynaklandığı söylenebilir.

4.3.1. Prototip biçme düzeni laboratuvar denemeleri

Laboratuvar denemeleri için Şekil 4.33’teki gibi bir biçme düzeneği kurulmuştur. Deneme deseni kapsamında tüm haşhaş bitkileri, kapsül sayısı ve bitki boyu çeşitlerine göre biçme düzeneğine yerleştirilmiştir.



Şekil 4.33. Tek kapsüllü haşhaş bitkisi hasadı laboratuvar çalışması katı model görünüşü

Şekil 4.34’te iki kapsüllü haşhaş bitkisi hasadı laboratuvar denemesi görülmektedir.



Şekil 4.34. İki kapsüllü haşhaş hasadı laboratuvar denemesi

Prototip biçme düzeni laboratuvar denemelerinde öncelikle makinanın en uygun biçme/kesme hızı ve ilerleme hızı belirleme çalışmaları yapılmıştır. Biçme/kesme hızı ve ilerleme hızı denemeleri için beşer tekerrür kullanılmıştır. Bu amaçla üç farklı biçme hızı (5500, 7700 ve 9900 d/d) ve üç farklı ilerleme hızı (0.10, 0.25 ve 0.40 km/h) değerlerinde denemeler yürütülmüştür. En uygun biçme hızının belirlenmesi için yapılan denemelerde elde edilen veriler Çizelge 4.22, Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24’te, en uygun ilerleme hızı için elde edilen veriler ise Çizelge 4.25, Çizelge 4.26, Çizelge 4.27’de verilmiştir.

Çizelge 4.22. 5500 d/d kesme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet)

Haşhaş boyu (cm)		86-105				
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm	18	15	16	12	11
	26-50 mm	2	2	3	6	7
	51-75 mm	1	4	1	1	2
	76-100 mm	1	1	2	0	1
	100+ mm	2	2	2	5	3
	Kayıp miktarı (adet)	5	7	6	7	8
	Kayıp oranı (%)	17.24	22.58	20.00	22.58	25.00

Çizelge 4.23. 7700 d/d kesme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet)

Haşhaş boyu (cm)		86-105				
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm	22	20	15	16	21
	26-50 mm	0	2	2	6	2
	51-75 mm	1	0	2	1	1
	76-100 mm	0	1	3	1	0
	100+ mm	1	1	2	0	0
	Kayıp miktarı (adet)	2	4	3	3	2
	Kayıp oranı (%)	7.69	14.29	11.11	11.11	7.69

Çizelge 4.24. 9900 d/d kesme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet)

Haşhaş boyu (cm)		86-105				
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm	19	19	15	15	18
	26-50 mm	2	2	2	5	2
	51-75 mm	1	0	2	1	1
	76-100 mm	0	2	3	1	0
	100+ mm	2	1	2	2	3
	Kayıp miktarı (adet)	2	3	3	4	3
	Kayıp oranı (%)	7.69	11.11	11.11	14.29	11.11

Çizelge 4.22, Çizelge 4.23 ve Çizelge 4.24’de yapılan çalışmalar sonucunda bıçakların dönme devri 7700 d/d olarak belirlenmiştir. En fazla kaybın 5500 d/d’da olduğu gözlemlenmiştir. 7700 d/d ile 9900 d/d arasında çok fazla fark olmadığı gözlemlenmiştir. Bundan dolayı daha az gürültü ve titreşim olması için 7700 d/d tercih edilmiştir.

Çizelge 4.25. 0.10 km/h ilerleme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet)

Haşhaş boyu (cm)		86-105				
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm	21	20	17	15	20
	26-50 mm	1	2	3	5	2
	51-75 mm	1	0	0	1	1
	76-100 mm	0	1	2	1	1
	100+ mm	1	1	2	2	0
	Kayıp miktarı (adet)	2	3	2	3	2
	Kayıp oranı (%)	7.69	11.11	7.69	11.11	7.69

Çizelge 4.26. 0.25 km/h ilerleme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet)

Haşhaş boyu (cm)		86-105				
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm	22	20	15	16	21
	26-50 mm	0	2	2	6	2
	51-75 mm	1	0	2	1	1
	76-100 mm	0	1	3	1	0
	100+ mm	1	1	2	0	0
	Kayıp miktarı (adet)	2	4	3	3	2
	Kayıp oranı (%)	7.69	14.29	11.11	11.11	7.69

Çizelge 4.27. 0.40 km/h ilerleme hızında ve farklı çalışma koşullarında elde edilen kapsül sayıları (adet)

Haşhaş boyu (cm)		86-105				
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm	19	18	14	14	17
	26-50 mm	1	2	2	4	2
	51-75 mm	1	1	2	1	1
	76-100 mm	1	1	3	3	2
	100+ mm	2	2	3	2	2
	Kayıp miktarı (adet)	5	6	6	7	6
	Kayıp oranı (%)	16.67	19.35	19.35	21.88	19.35

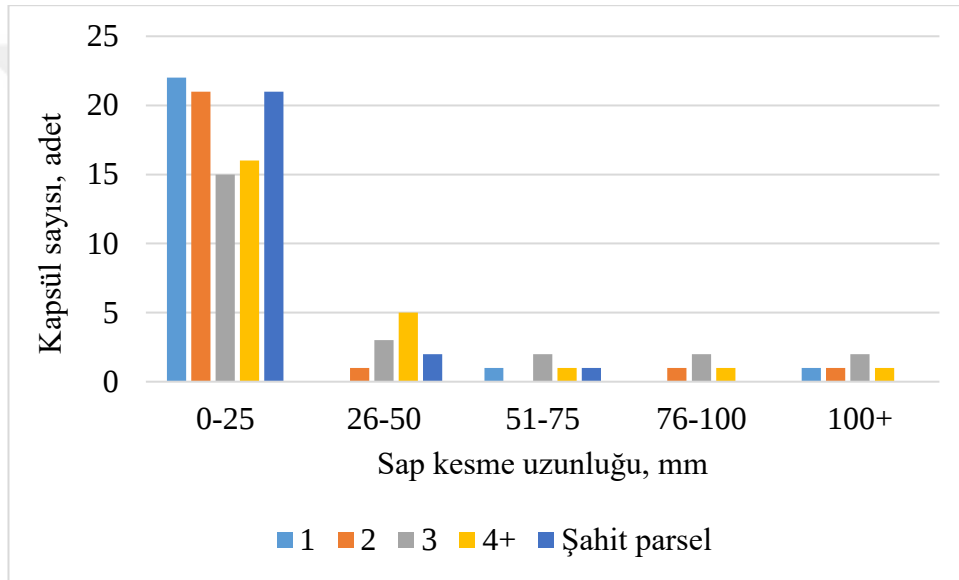
Prototip biçme düzeni için en uygun ilerleme hızı 0.25 km/h olarak belirlenmiştir. Bu devire Çizelge 4.25, Çizelge 4.26 ve Çizelge 4.27’de yapılan çalışmalar sonucunda karar verilmiştir. En fazla kaybın 0.40 km/h’de olduğu gözlemlenmiştir. 0.10 km/h ile 0.25 km/h arasında çok fazla fark olmadığı belirlenmiştir. Bundan dolayı daha fazla ilerleyebilmek için 0.25 km/h tercih edilmiştir.

Prototip biçme düzeni için en uygun biçme/kesme hızı (7700 d/d) ve ilerleme hızı (0.25 km/h) değerleri belirlendikten sonra, bu çalışma koşullarında biçme düzeninin hasat performansı çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla 3 farklı bitki boyunda (86-105, 106-125 ve 126-145 cm), 4 farklı kapsül sayısında (1, 2, 3, ve 4+ adet) ve 5 farklı boğum altı sap kesme uzunluklarında (0-25, 26-50, 51-75, 76-100 ve 101+ cm) laboratuvar denemeleri yürütülmüştür. Bu çalışma koşullarında elde edilen veriler Çizelge 4.28, Şekil 4.35’de, Çizelge 4.29, Şekil 4.36’da, Çizelge 4.30 ve Şekil 4.37’de verilmiştir.

Çizelge 4.28. 86-105 cm prototip biçme düzeni laboratuvar deneme sonuçları

Haşhaş boyu (cm)	86-105					
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm ^{a*}	22	21	15	16	21
	26-50 mm ^b	0	1	3	5	2
	51-75 mm ^b	1	0	2	1	1
	76-100 mm ^b	0	1	2	1	0
	100+ mm ^b	1	1	2	1	0
	Kayıp miktarı (adet)	2	4	3	3	2
	Kayıp oranı (%)	7.69	14.28	11.11	11.11	7.69

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.01$)

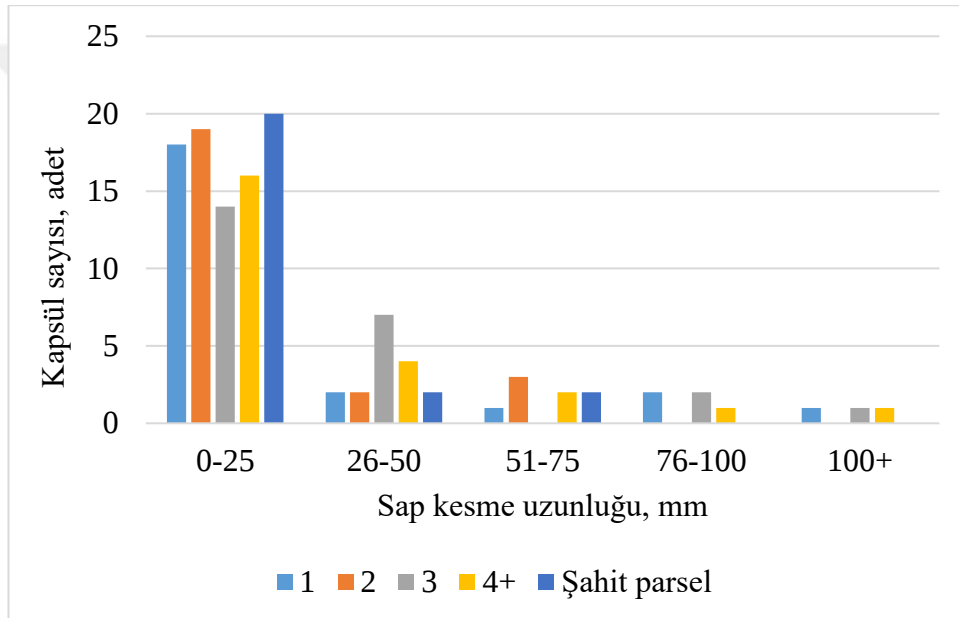
**Şekil 4.35.** 86-105 cm prototip biçme düzeni laboratuvar deneme sonuçları

Çizelge 4.28 ve Şekil 4.35'te görüldüğü gibi hasat edilen en fazla kapsül adedi, 0-25 mm boğum altı sap uzunluğu biçme/kesme grubunda gerçekleşmiştir. Kesilen sap uzunluğu arttıkça, hasat edilen kapsül sayısı hızla azalmaktadır. Diğer yandan, bitkideki kapsül sayılarına göre yapılan değerlendirmede, en başarılı sonucun 1 kapsüllü bitkilerde elde edildiği söylenebilir. En çok hasat/biçme kaybı ise 2 kapsüllü bitkilerde meydana gelmiştir. En az hasat/biçme kaybı ise 1 kapsüllü bitkilerde meydana gelmiştir. Kapsül sayısı arttıkça sap uzunluğunun arttığı da gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.29. 106-125 cm prototip biçme ünitesi laboratuvar deneme sonuçları

Haşhaş boyu (cm)	106-125					
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm ^a	18	19	14	16	20
	26-50 mm ^b	2	2	7	4	2
	51-75 mm ^b	1	3	0	2	2
	76-100 mm ^b	2	0	2	1	0
	100+ mm ^b	1	0	1	1	0
	Kayıp miktarı (adet)	2	1	1	3	1
	Kayıp oranı (%)	7.69	4.00	4.00	11.11	4.00

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.01$)

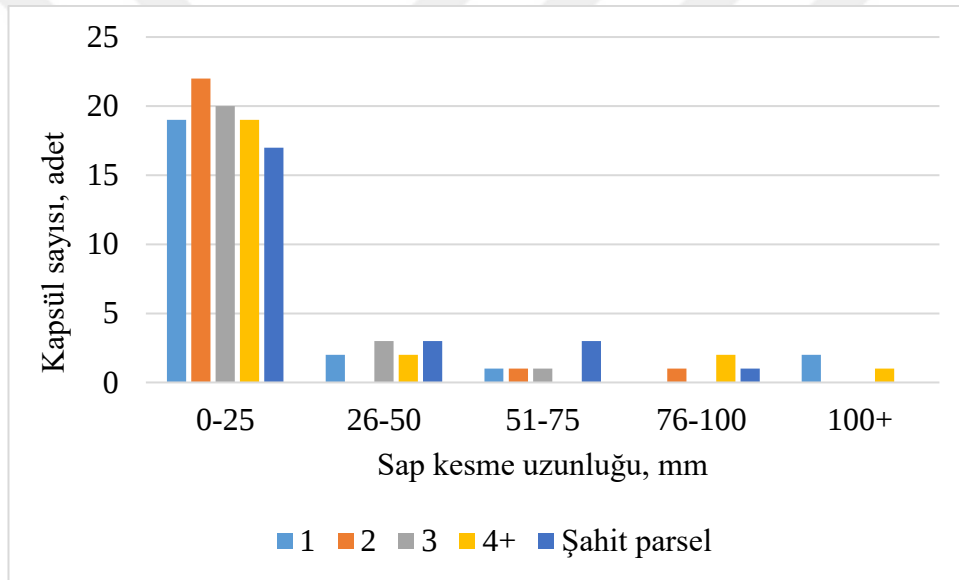
**Şekil 4.36.** 106-125 cm prototip biçme düzeni laboratuvar deneme sonuçları

Çizelge 4.29 ve Şekil 4.36’da görüldüğü gibi hasat edilen en fazla kapsül adedi, 0-25 mm boğum altı sap uzunluğu biçme/kesme grubunda gerçekleşmiştir. Kesilen sap uzunluğu arttıkça, hasat edilen kapsül sayısı hızla azalmaktadır. Diğer yandan bitkideki kapsül sayılarına göre yapılan değerlendirmede, en başarılı sonucun 1 kapsüllü bitkilerde elde edildiği söylenebilir. En çok hasat/biçme kaybı ise 4 ve üzeri kapsüllü bitkilerde meydana gelmiştir. Kapsül sayısı arttıkça sap uzunluğunun arttığı da gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.30. 126-145 cm prototip biçme ünitesi laboratuvar deneme sonuçları

Haşhaş boyu (cm)	126-145					
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parcel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm ^a	19	22	20	19	17
	26-50 mm ^b	2	0	3	2	3
	51-75 mm ^b	1	1	1	0	3
	76-100 mm ^b	0	1	0	2	1
	100+ mm ^b	2	0	0	1	0
	Kayıp miktarı (adet)	2	2	1	3	2
	Kayıp oranı (%)	7.69	7.69	4.00	11.11	7.69

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.01$)

**Şekil 4.37.** 126-145 cm prototip biçme düzeni laboratuvar deneme sonuçları

Çizelge 4.30 ve Şekil 4.37’te görüldüğü gibi hasat edilen en fazla kapsül adedi, 0-25 mm boğum altı sap uzunluğu biçme/kesme grubunda gerçekleşmiştir. Kesilen sap uzunluğu arttıkça, hasat edilen kapsül sayısı hızla azalmaktadır. Diğer yandan, bitkideki kapsül sayılarına göre yapılan değerlendirmede, en başarılı sonucun 1 kapsüllü bitkilerde elde edildiği söylenebilir. En çok hasat/biçme kaybı ise 4 ve üzeri kapsüllü bitkilerde meydana gelmiştir. En az hasat/biçme kaybı ise 3 kapsüllü bitkilerde meydana gelmiştir.

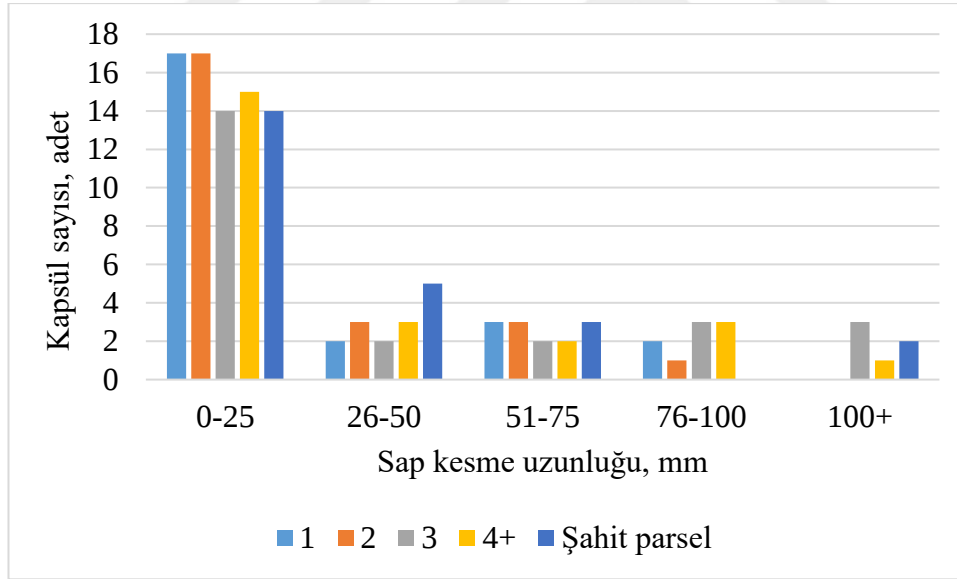
4.3.2. Prototip biçme düzeni tarla denemeleri

Prototip biçme düzeni tarla denemeleri de laboratuvar denemeleri gibi aynı deneme deseninde yapılmıştır. Tarla denemeleri en uygun biçme/kesme hızı olan 7700 d/d kesme hızında yapılmıştır. Tarla denemelerinde ilerleme hızı ihmal edilmiştir. Tarla denemelerinde elde edilen veriler Çizelge 4.31, Şekil 4.38, Çizelge 4.32, Şekil 4.39, Çizelge 4.33 ve Şekil 4.40’da verilmiştir.

Çizelge 4.31. 86-105 cm prototip biçme ünitesi tarla deneme sonuçları

Haşhaş boyu (cm)	86-105					
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm ^a	17	17	14	15	14
	26-50 mm ^b	2	3	2	3	5
	51-75 mm ^b	3	3	2	2	3
	76-100 mm ^b	2	1	3	3	0
	100+ mm ^b	0	0	3	1	2
	Kayıp miktarı (adet)	3	2	3	4	2
	Kayıp oranı (%)	11.11	7.7	11.11	14.28	7.7

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.01$)



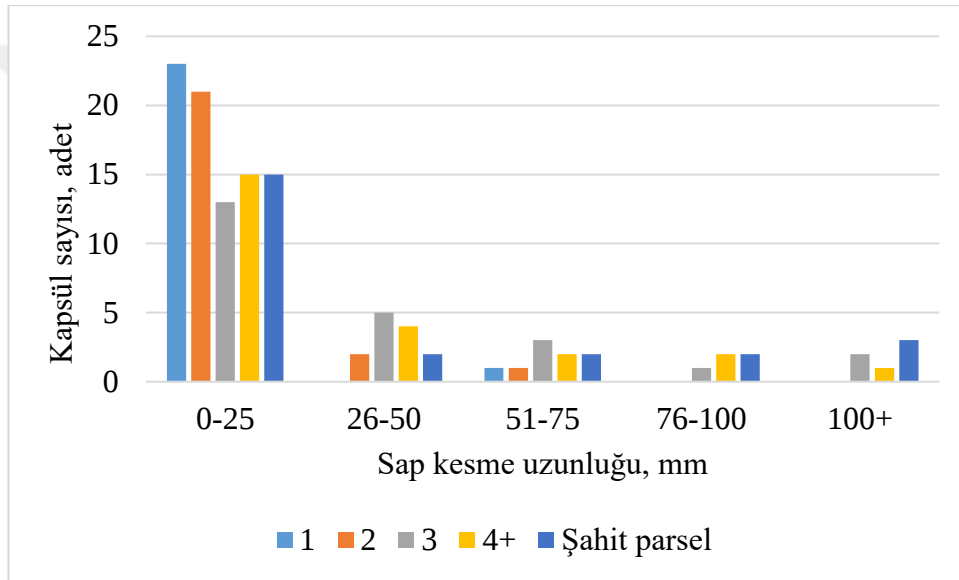
Şekil 4.38. 86-105 cm prototip biçme düzeni tarla deneme sonuçları

Çizelge 4.31 ve Şekil 4.38’te görüldüğü gibi hasat edilen en fazla kapsül adedi, 0-25 mm boğum altı sap uzunluğu biçme/kesme grubunda gerçekleşmiştir. Kesilen sap uzunluğu arttıkça, hasat edilen kapsül sayısı hızla azalmaktadır. Diğer yandan, bitkideki kapsül sayılarına göre yapılan değerlendirmede, en çok hasat/biçme kaybı ise 4 ve üzeri kapsüllü bitkilerde meydana gelmiştir. En az hasat/biçme kaybı ise 2 kapsüllü bitkilerde meydana gelmiştir. 3, 4 ve üzeri kapsüllü denemelerde her sap uzunluğu sınıfında kapsül bulunduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.32. 106-125 cm prototip biçme ünitesi tarla deneme sonuçları

Haşhaş boyu (cm)	106-125					
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm ^a	23	21	13	15	15
	26-50 mm ^b	0	2	5	4	2
	51-75 mm ^b	1	1	3	2	2
	76-100 mm ^b	0	0	1	2	2
	100+ mm ^b	0	0	2	1	3
	Kayıp miktarı (adet)	3	2	2	4	3
	Kayıp oranı (%)	11.11	7.7	7.7	14.28	11.11

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.01$)

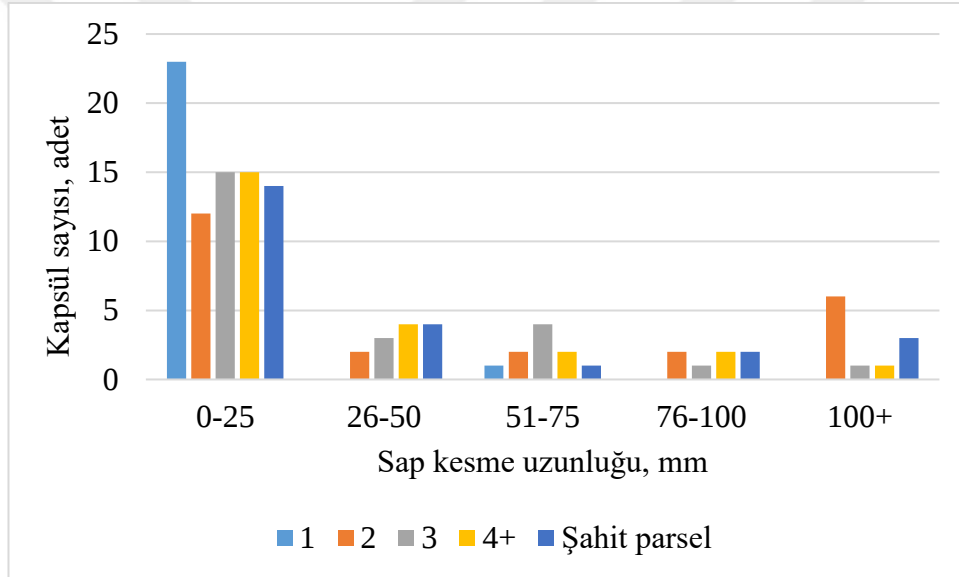
**Şekil 4.39.** 106-125 cm prototip biçme düzeni tarla deneme sonuçları

Çizelge 4.32 ve Şekil 4.39’da görüldüğü gibi hasat edilen en fazla kapsül adedi, 0-25 mm boğum altı sap uzunluğu biçme/kesme grubunda gerçekleşmiştir. Kesilen sap uzunluğu arttıkça, hasat edilen kapsül sayısı hızla azalmaktadır. Diğer yandan, bitkideki kapsül sayılarına göre yapılan değerlendirmede, en çok hasat/biçme kaybı ise 4 kapsüllü bitkilerde meydana gelmiştir. En az hasat/biçme kaybı ise 2 ve 3 kapsüllü bitkilerde meydana gelmiştir. 3, 4 ve üzeri kapsüllü denemelerde her sap uzunluğu sınıfında kapsül bulunduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.33. 126-145 cm prototip biçme ünitesi tarla deneme sonuçları

Haşhaş boyu (cm)	126-145					
Bitkideki kapsül sayısı (adet)		1	2	3	4+	Şahit parsel
Boğum altı sap kesme uzunluğu	0-25 mm ^a	23	12	15	15	14
	26-50 mm ^b	0	2	3	4	4
	51-75 mm ^b	1	2	4	2	1
	76-100 mm ^b	0	2	1	2	2
	100+ mm ^b	0	6	1	1	3
	Kayıp miktarı (adet)	2	3	3	3	2
	Kayıp oranı (%)	7.7	11.11	11.11	11.11	7.7

*: Aynı harfi taşıyan ortalamalar arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsizdir ($P>0.01$)

**Şekil 4.40.** 126-145 cm prototip biçme düzeni tarla deneme sonuçları

Çizelge 4.33 ve Şekil 4.40’da görüldüğü gibi hasat edilen en fazla kapsül adedi, 0-25 mm boğum altı sap uzunluğu biçme/kesme grubunda gerçekleşmiştir. Kesilen sap uzunluğu arttıkça, hasat edilen kapsül sayısı hızla azalmaktadır. Diğer yandan, bitkideki kapsül sayılarına göre yapılan değerlendirmede, en başarılı sonucun 1 kapsüllü bitkilerde elde edildiği söylenebilir. 2, 3, 4 ve üzeri kapsüllü denemelerde her sap uzunluğu sınıfında kapsül bulunduğu gözlemlenmiştir.

Haşhaş hasadında kullanılabilecek yöntemlerden haşhaş biçerdöveri, insan eliyle hasat ve prototip biçme düzeni ile yapılan işlemlerde oluşan kayıplar araştırılmıştır. Buna göre 86 – 105 cm, 1 kapsüllü haşhaş bitkisinin birim alandaki kayıpları ortalama haşhaş biçerdöverin de 3.8, insan eliyle hasat işleminde 0.8, prototip biçme düzeninde 3.0 değerleri bulunmuştur.

Elde edilen verilere göre en fazla kaybın haşhaş biçerdöverinde olduğu anlaşılmıştır. En az kaybın ise insan eliyle hasat yapılan bölgede olduğu belirlenmiştir. Prototip biçme düzeninin ise biçerdövere göre az, insan eliyle hasat yöntemine göre fazla kayıp olduğu belirlenmiştir.



5. SONUÇLAR

Bu çalışmada tasarımı gerçekleştirilen haşhaş bitkisi biçme düzeni ile laboratuvar ve tarla koşullarında hasat denemeleri yapılmış ve aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir. Ayrıca gelecekte yapılacak olan çalışmalar içinde öneriler açıklanmıştır;

1. Haşhaş bitkisinin makineli hasadı için elektronik kontrollü bir prototip biçme düzeni geliştirilmiştir. Elektronik kontrol için AC ve DC motorlardan faydalanılmış, bu motorlar için devreler yapılarak farklı hız ve yönde dönmeleri sağlanmıştır.
2. Haşhaş bitkisinin yetiştirme şartları incelenmiş ve bu bitkiye ait bazı fiziko-mekanik özellikler belirlenmiştir. Burada belirlenen parametrelere göre deneme deseni oluşturulmuştur. Ayrıca prototip biçme düzeni tasarımında da bu değerlerden faydalanılmıştır. Haşhaş bitkisinin dallanma sayısı ortalama 1.71 adet, bitki boyu ise 115 cm olarak bulunmuştur. Buna göre bitki boyu üç sınıfa (86 cm-105 cm, 106 cm-125cm, 126 cm -145 cm), kapsül sayısı ise beş sınıfa (bir kapsül, iki kapsül, üç kapsül, dört kapsül, şahit parsel) ayrılmıştır.
3. Hasat döneminde olmak üzere, haşhaş bitkisinin fiziko-mekanik özellikleri araştırılmıştır. Buna göre haşhaş kapsülü iz düşüm alanı düşey 17.28 cm^2 , yatay 18.09 cm^2 , haşhaş kapsül hacmi 36.00 mm^3 , haşhaş bitkisinin sapı ve kapsülünün nem içerikleri sırasıyla %11.69 ve %8.05, haşhaş kapsülü yığılma açısı 21.90 derece, haşhaş tohumu bin dane ağırlığı 0.58 g , haşhaş kapsülü kritik hızı 9.87 m/s olarak belirlenmiştir.
4. Haşhaş sapı kesme kuvveti değerleri boğum altı 3 cm , boğum altı 10 cm , orta bölge ve alt bölgede sırasıyla 42.00 N , 35.00 N , 72.50 N ve 129.00 N olarak belirlenmiştir. Haşhaş kapsülü ortalama kırılma kuvveti değerleri ise dikey yönlü yerleşimde 199.32 N , yatay yönlü yerleşimde ise 132.68 N olarak belirlenmiştir.
5. Haşhaş sapı ve kapsülü kesme ve basma kuvveti değerlerine göre dairesel kesici motor dönme hızı ile laboratuvardaki kesme kuvveti arasında matematiksel bir bağıntı geliştirilmiştir. Dairesel kesici motor için en uygun devir sayısı 7700 d/d olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, prototip biçme düzeninin önüne yerleştirilecek algılayıcılar ile bitki yoğunluğuna göre motor devri ayarlanabilir özellikte yapılabilecektir.
6. Biçme düzeni prototipi için taşıyıcı fırça tasarımı gerçekleştirilmiştir. Bir kayışa 35 mm uzunluğundaki fırçalar 8 mm aralıklarla çakılarak haşhaş bitkisinin taşınması sağlanmıştır. Kayışın kapalı uzunluğu 250 cm 'dir. Taşıyıcı fırça sayesinde bitkinin zarar görmeden taşınması sağlanmıştır. Kayışa çakılan fırçaların sertliği arttırılarak daha uzun fırçalar çakılabilir bu sayede sıraya ekim yöntemi ile yapılan ekimlerde hasat sıra sayısı arttırılabilecektir. Kayışın kapalı uzunluğu arttırılarak ilerleme hızı da yükseltilebilir.

7. Biçme düzeni prototipin için çekici fırça tasarımı gerçekleştirilmiştir. 2 cm çapındaki bir boruya fırçalar montajlanmış ve birbirlerine doğru ters yönde dönmelerini sağlayacak bir dişli sistem geliştirilmiştir. Fırçalar araya aldıkları bitkiyi taşıyıcı fırçaya kadar çekmektedirler. Bu sayede farklı boydaki bitkilerin kalibrasyonu sağlanmış ve aynı boya sabitlenmiştir. Çekici fırçaların uzunluğu arttırılarak sıraya ekim yöntemi ile yapılan ekimlerde hasat sıra sayısı arttırılabilecektir.
8. Biçme düzeni prototipinde hasat makinelerinde az kullanılan dairesel kesme yöntemi kullanılmıştır. Bıçağın bağlı olduğu motorun hız kontrolü yapılmıştır. Ayrıca kesme işlemi üç farklı noktada yapılmıştır. Günümüzdeki hasat makinelerinin çoğunda kesme işlemi tek noktadan yapılmaktadır. Kesme işleminin üç farklı noktadan yapılması için tasarım yapılmıştır. Bu sayede kalibrasyon işlemi ve hasat işlemi daha başarılı olmuştur. Prototip biçme düzeninin taşıma fırçası uzunluğu arttırılarak ilerleme hızı arttırılabilecektir bu durumda dairesel kesme bıçaklarının sayısı arttırılarak taşıyıcı fırça uzunluğu arttırılabilir ve bu durumdaki kalibrasyon işlemleri daha başarılı hale getirilebilir.
9. Biçme düzeni prototipi için hasat işlemi yapılan kapsüllerin depoya taşınabilmesi amacıyla kademeli bir taşıyıcı bant tasarlanmıştır.
10. Biçme düzeni prototipinin ön kısmında yatık durumdaki bitkilerin taşıyıcı fırçalar tarafından kavranabilmesi için yönlendirici kollar yapılmıştır. Taşıyıcı fırça ve çekici fırçanın uzunluğu arttırılırsa sıraya ekim yapılan tarlalardaki hasat sırası arttırılabileceğinden yönlendirici kollar arasındaki mesafe de arttırılabilir.
11. Prototip insan gücüyle ilerlemektedir. Uygun ilerleme hızları belirlendikten sonra bir motor yardımıyla ilerleme sağlanabilir.

Sonuç olarak ülkemiz için önemi giderek artmakta olan haşhaş bitkisi biçme parametreleri belirlenmiş ve bir prototip biçme düzeni geliştirilmiştir. Prototip biçme düzeninde kayışlı taşıma fırçası tasarımı ilk defa yapılmış ve başarılı şekilde uygulanmıştır. Başka hasat makinelerinde (ör: mısır) metal şekilde bulunan çekme işlemi, bu prototip için fırçalı şekilde tasarlanmış ve başarılı şekilde uygulanmıştır. Geliştirilen biçme düzeni, mevcutta kullanılan haşhaş biçerdöverlerinin ön düzeneklerine monte edilerek hasat işleminin daha başarılı olmasını sağlayabilecektir.

6. KAYNAKLAR

- Acar, M. 2006. Türkiye'de madde bağımlılığı ve gençlik. Yüksek Lisans tezi, Kırıkkale Üniversitesi.
- Acar, M. 2020. Tarımsal deneme teknikleri. Karadeniz tarımsal araştırma enstitüsü.
- Akcal, A. 2007. Determining the effects of different photoperiods and light intensities on plant development and flowering in *Cyclamen hederifolium*, grown as a pot plant in Canakkale Conditions.
- Akdoğan, S. 2020. Göl soğanı (*leucojum aestivum l.*) bitkisinden bazik ekstraksiyon yöntemi ile galantamin izolasyonu. Yüksek Lisans tezi, Sakarya Üniversitesi.
- Akgül, A., Şahinli, K. 2014. Türkiye'nin taraf olduğu birleşmiş milletler anlaşmalarının meclis onay süreci: 1961, 1971 ve 1988 uyuşturucu konvansiyonlarının incelenmesi. Uluslararası Hukuk ve Politika, 10(38).
- Akıncı, İ. 2003. Antalya ili sulu tarım tarla işletmelerinde mekanizasyon planlamasına yönelik temel işletmecilik verileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 16(1), 61-68.
- Akıncı, İ. 2020. Tarım makinaları ders notları (*yayınlanmamış*). Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Antalya.
- Alaca, F. 2015. Farklı haşhaş tiplerinde alkaloidler yönünden morfolojik ve ontogenetik varyabilite. Doktora tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD.
- Alayunt, F. N. 2000. Biyolojik malzeme bilgisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, (541), 59-60.
- Altan, S. 2019. Cenevre Afyon Konferansları ve Türkiye'nin Tutumu. Çanakkale Araştırmaları Türk Yılı, 17(26), 45-70.
- Altan, S. 2021. Demokrat Parti Dönemi Afyon Üretim Ve Ticareti. Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 17(2), 327-342.
- Arslan, N., Büyükgöçmen, R., Gümüşçü, A. 2000. Oil and morphine contents of Turkish poppy populations. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 9(1-2).
- Arslan, Y., Katar, D., Kayaçetin, F., Subaşı, İ. 2008. Afyon (Opium) Alkaloidleri ve Önemi. Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 17 (1-2).
- Başer, K. H. C., Arslan, N. 2014. Opium poppy (*Papaver somniferum*). In Medicinal and aromatic plants of the Middle-East (pp. 305-332). Springer, Dordrecht.
- Bingöl, N. 2019. Politik konjonktür teorileri çerçevesinde Türkiye'de genel seçim dönemlerinde gelirler politikası uygulamaları (1987-2018). Doktora tezi, Marmara Üniversitesi.
- Brisman, J. L., Eskridge, J. M., Newell, D. W. 2006. Neurointerventional treatment of vasospasm. Neurological research, 28(7), 769-776.

- Bulut, H., Gürkan, H., Arslan, N. 2016. Türkiye’de İklim Değişikliğinin Haşhaş Verimine ve Ekonomisine Etkisi. XII Ulusal Tarım Ekonomisi Kongresi, 25-27.
- Butt, H. J., Cappella, B., & Kappl, M. 2005. Force measurements with the atomic force microscope: Technique, interpretation and applications. Surface science reports, 59(1-6), 1-152.
- Carroll, B. E., Palmer, T. A., Beese, A. M. 2015. Anisotropic tensile behavior of Ti-6Al-4V components fabricated with directed energy deposition additive manufacturing. Acta Materialia, 87, 309-320.
- Chrysochoos, A., Huon, V., Jourdan, F., Muracciole, J. M., Peyroux, R., Wattrisse, B. 2010. Use of full-field digital image correlation and infrared thermography measurements for the thermomechanical analysis of material behaviour. Strain, 46(1), 117-130.
- Cotterell, B., Kamminga, J. 1987. The formation of flakes. American antiquity, 52(4), 675-708.
- Çelen, B. 2021. Tarımsal Bir Ürün Olan Haşhaştan Stratejik Bir Hammadde Olan Afyona Politikalar. Natural and Engineering, 29.
- Çıtır, B. 2015. Uluslararası Afyon Anlaşmalarında Osmanlı İmparatorluğu. SKAD, 1(1), 17-47.
- Davis P.M., Mill R.R., Tan K. 1988. Papaver L.Flora of Turkey and East Aegeani Islands. Vol.10, Edinburgh University Press. Edinburgh, UK.
- Dash, A.K., Pradhan, R.C., Das, L.M., Naik, S.N., 2008. Some physical properties of simarouba fruit and kernel. International Agrophysics. 22: 111-116.
- Dunnicliff, H. B. 1937. Chemistry of Indian opium. Nature, 140(3533), 92-93.
- Erdemoğlu, N., Özilhan, S., Öztıp, F., Şener, B. 2002. Türkiye’de Ekimi Yapılan Haşhaş Kapsüllerindeki Alkaloitlerin Hplc İle Analizi.
- Eriş, A. 2007. Bahçe bitkileri fizyolojisi. Ders Notları Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi.
- Erol, A. F., Yanık, E. 2019. Haşhaş bitkisinin anadolu kültüründeki yeri ve izleri. Milli Folklor, 16(124), 202-212.
- Ertuğrul, M. 2017. Geliştirilmiş Haşhaş Biçerdöveri. Türk Patent Enstitüsü. Faydalı Model. 2017/18551.
- Ertuğrul, M. 2018. Haşhaş biçerdöverlerinde verim arttırmak için ön tabla kesici modül, taşıyıcı modül, parçala/ayırıştır modül entegrasyonu. Türk Patent Enstitüsü Faydalı Model. 2018/05737.
- Evered, K. T. 2011. The opium poppy in Turkey: alternative perspectives on a controversial crop. FOCUS on Geography, 54(1), 1-10.
- Facchini, P. J., Hagel, J. M., Liscombe, D. K., Loukanina, N., MacLeod, B. P., Samanani, N., Zulak, K. G. 2007. Opium poppy: blueprint for an alkaloid factory. Phytochemistry Reviews, 6(1), 97-124.

- Fejer, J., Salamon, I. 2011. Agro-technology of the poppy: large-scale cultivation in Slovakia. In International Symposium on Papaver 1036 (pp. 181-185).
- Fiorillo, A. S., Critello, C. D., Pullano, S. A. 2018. Theory, technology and applications of piezoresistive sensors: A review. *Sensors and Actuators A: Physical*, 281, 156-175.
- Földesi, D. 1992. Poppy. V: Cultivation and processing of medical plants. Hornok L.
- Gerstle, W. H. 2015. Introduction to practical peridynamics: computational solid mechanics without stress and strain (Vol. 1). World Scientific Publishing Company.
- Gevenkiriş, A. 2011. Determination of morphine and total phenolic content in poppy seed of Turkish origin (Master's thesis, Middle East Technical University).
- Griffith, A. A. 1921. VI. The phenomena of rupture and flow in solids. *Philosophical transactions of the royal society of london. Series A, containing papers of a mathematical or physical character*, 221(582-593), 163-198.
- Gümüşçü, A., Gümüşçü, O. 1997. Türkiye'de Haşhaş ve Haşhaş Tarımının Coğrafi Dağılışı, TÜCAUM (6), s. 123-148.
- Güzel, E. 1998. Hasat Harman İlkeleri ve Makineleri. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın, (194).
- Hacıyusufoğlu A.F. 2013. Laboratuvar koşullarında haşhaş kapsül toplama sisteminin geliştirilmesi. Doktora tezi, Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı. Dr-007-2013
- İnan, Ş. 2013. Haşhaşta (*Papaver somniferum L.*) bazı tarımsal özellikler ile yağ ve morfin miktarının belirlenmesi. Yüksek Lisans tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- İnan, Ş., Kaynak, M. A. 2016. Haşhaşta (*Papaver Somniferum L.*) bazı tarımsal özellikler ile yağ ve morfin miktarının belirlenmesi. *Journal of Adnan Menderes University, Agricultural Faculty*, 13(1).
- İpek, G. 2016. Noskapin ve morfin oranları yüksek melez haşhaş (*Papaver somniferum L.*) hatlarının bazı tarımsal ve bitkisel özellikleri. Doktora tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- Kadioğlu, Y. 2007. Uşak'ta Haşhaş Tarımının Coğrafi Özellikleri. *Doğu Coğrafya Dergisi*, 12(18), 165-186.
- Kahraman, M. 2011. Türkiye'de haşhaşta uygulanan politikalar ve haşhaşın Türkiye için önemi. Yüksek Lisans tezi, Namık Kemal Üniversitesi.
- Kalender, B. Ö. 2014. Haşhaş (*Papaver somniferum L.*) tohum yağı ekstraksiyonu ve yağın kompozisyonunun belirlenmesi. Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi.
- Kapoor, L. 1997. Opium poppy: botany, chemistry, and pharmacology. Published by CRC Press 1997-02-27
- Kara M, 2012. Biyolojik Ürünlerin Fiziksel Özellikleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:242

- Karaca, H. 1996. Afyon yöresinde kullanılan haşhaş kapsülü kırma-ayırma makinasının bazı yapısal ve işletme özelliklerinin belirlenmesi ve geliştirilmesi. Doktora tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Karuncula, C. 2013. *Leucojum aestivum* L. bitkisinden alkaloidlerin izolasyonu, yapılarının aydınlatılması ve asetilkolinesteraz ve butirilkolinesteraz inhibisyon aktivitelerinin (Anti-Alzheimer) incelenmesi. Yüksek Lisans tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Khalili, M. H., Roux, J. N., Pereira, J. M., Brisard, S., Bornert, M. 2017. Numerical study of one-dimensional compression of granular materials. I. Stress-strain behavior, microstructure, and irreversibility. *Physical Review E*, 95(3), 032907.
- Kragelsky, I. V., Dobychin, M. N., & Komalov, V. S. 2013. Friction and wear: calculation methods. Elsevier. eBook ISBN: 9781483145501
- Küçük, Y. 1996. Türkiye'nin çeşitli yörelerinde yetiştirilen haşhaş bitkilerinden alkaloidlerin ekstraksiyonu ve ekstraktların susuz ortamlarda özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Lal, R. K., Sharma, J. R. 1991. Genetics of alkaloids in *Papaver somniferum*. *Planta medica*, 57(03), 271-274.
- Marshall, D. B., Evans, A. G. 1985. Failure mechanisms in ceramic-fiber/ceramic-matrix composites. *Journal of the American Ceramic Society*, 68(5), 225-231.
- Németh, É. 1998. Raw material production: cultivation of poppy in the temperate zone. *Poppy: the genus Papaver*. Harwood Academic, 219, 255.
- Ohminato, T., Chouet, B. A. 1997. A free-surface boundary condition for including 3D topography in the finite-difference method. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 87(2), 494-515.
- Önmez, H. 2007. *Papaver somniferum* bitkisinden elde edilen alkaloidlerin ekstraksiyonunda kullanılan çözücü ve metodların karşılaştırılması. Yüksek Lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Özarslan, C., 2002. Physical properties of cotton seed. *Biosystems Engineering*. 83: 169-174.
- Özarslan, C., Saraçoğlu, T., & Hacıyusufoğlu, A. F. 2018. Haşhaş Hasat Makinası Geliştirilmesi. *Bilge International Journal of Science and Technology Research*, 2, 82-91.
- Özer, M. 2004. *Tabiat Eczanesi. Şifalı Bitkiler Ansiklopedisi*. Bürde Yayınları.
- Özlü, R.R., Güner, M., 2016. Farklı nem düzeylerinde kanola tohumlarının fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 33: 10-24.
- Özgen, Y., Arslan, N., Bayraktar, N. 2017. Türkiye açısından önemli bitki haşhaşın önemi ve tarımı. *Ziraat Mühendisliği*, (364), s: 4-8.

- Pathak, S., Lakhwani, D., Gupta, P., Mishra, B. K., Shukla, S., Asif, M. H., & Trivedi, P. K. 2013. Comparative transcriptome analysis using high papaverine mutant of *Papaver somniferum* reveals pathway and uncharacterized steps of papaverine biosynthesis. *PloS one*, 8(5), e65622.
- Polyák, N.I., Csizmazia, Z., 2016. New methodology for measuring the floating velocity of grain particles. *Journal of Agricultural Informatics*. Vol. 7, No. 2:49-59
- Rahimi, A., Arslan, N., Rezaeieh, K. A. P., & Gurbuz, B. 2015. Variation in fatty acid composition of four Turkish registered poppy (*Papaver somniferum* L.) seeds in two locations (Ankara and Boldavin) of Turkey. *European Online Journal of Natural and Social Sciences*, 4(1), 183.
- Saraçoğlu, T., Özarslan, C., 2012. Moisture-dependent geometric, frictional and mechanical properties of cabbage (*Brassica oleraceae* L. var. capitata) seeds. *Philippine Agricultural Scientist*. 95(1): 53-63.
- Sarkany, S., Danos, B. 1957. Über die Veränderungen im Morphin-und Nebenalkaloiden-Gehalt in verschiedenen Organen der Mohnpflanze während der Vegetationsperiode (I.). *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.*, 3, 293-316.
- Schiff, P. L. (2002). "Opium and Its Alkaloids". *AJPE*, 66, 186-194.
- Seçmen, Ö., Gemici, Y., Görk, G., Bekat, L., Leblebici, E., 2000. Tohumlu Bitkiler Sistematigi (6. Baskı). Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitaplar Serisi, No: 116
- Shah, S. P., Swartz, S. E., & Ouyang, C. 1995. Fracture mechanics of concrete: applications of fracture mechanics to concrete, rock and other quasi-brittle materials. John Wiley & Sons.
- Shukla, S., Singh, S. P. 2001. Alkaloid profile in relation to different developmental stages of *Papaver somniferum* L. *Phyton, Annales Rei Botanicae*, Horn, 41(1), 87-96.
- Srivastava, A. K., Georing, C. E., Rohrbach, R. P., 1993. Engineering Principles of Agricultural Machines. Published by ASAE, Michigan, USA, 600p.
- Stava, O., Vanek, J., Benes, B., Carr, N., Měch, R. 2012. Stress relief: improving structural strength of 3D printable objects. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 31(4), 1-11.
- Süzgeç, S., Eyisan, S. 2012. Türkiye'deki eczanelerde bulunan bitkisel ilaçlar. *Marmara Pharmaceutical Journal*, 16(3), 164-180.
- Tanker, M., Tanker, N. 2003. Farmakognozi, cilt 2. Ankara Üniversitesi Akademik Arşiv Sistemi.
- Tanker, N., Koyuncu, M., Coşkun, M. 2007. Farmasötik Botanik II (III. Baskı). Ankara Üniv. Ecz. Fak. Yay. No:93, 397s.
- Taşlıgil, N., Şahin, G. 2018. Tarihsel Süreçte Haşhaş (*Papaver somniferum* L.) ve Afyon. *Tarih Okulu Dergisi*. ss.163-196

- Taylor, G. I. 1934. The mechanism of plastic deformation of crystals. Part I. Theoretical. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character, 145(855), 362-387.
- TMO. 2017. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı. Ankara: TMO Genel Müdürlüğü.
- TMO. 2017. Haşhaş Sektör Raporu. Ankara: TMO Genel Müdürlüğü.
- TMO. 2018. Haşhaş ile İlgili Genel Bilgiler Kataloğu. Ankara: TMO Genel Müdürlüğü
- TMO. 2019. 2018 Yılı Haşhaş Sektör Raporu. Ankara: TMO Genel Müdürlüğü.
- TMO. 2021. Haşhaş üretim istatistikleri. Ankara: TMO Genel Müdürlüğü
- Tüik. 2020. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten>. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu
- Uçkun, M. 2022. Laboratuvar koşullarında haşhaş tohumu eleme sisteminin geliştirilmesi. Yüksek Lisans tezi, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Uzun, H. 2009. Dünyaya bir noel armağanı: Türkiye'nin 1933'te uluslararası afyon kontrolü anlaşması'nın kabulü. Sosyal ve Stratejik Araştırmalar Dergisi, Cilt XI, Sayı 2 (Güz 2009), ss. 9-31.
- Valizadeh, N., Rahimi, A., Arslan, N. 2014. Variation in fatty acid composition of three turkish slit flower opium poppy (*Papaver somniferum L.*) lines. International Journal of Biosciences, 4(2), 268-274.
- Xi, W., Saw, T. B., Delacour, D., Lim, C. T., Ladoux, B. 2019. Material approaches to active tissue mechanics. Nature Reviews Materials, 4(1), 23-44.
- Yaylalı, O. 2022. Morfin bağımlı sıçanlarda testiküler kontraksiyon değişiklikleri: İn vitro çalışma. Yüksek Lisans tezi, Necmettin Erbakan Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü.
- Yılmaz, G., Yazıcı, L. 2022. Dünya'da yükselen değer; endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa L.*). Bozok Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 1(1), 54-61.

ÖZGEÇMİŞ

Orhan GÜNGÖR

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Doktora 2017-2023	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği ABD, Antalya
Yüksek Lisans 2008-2011	Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elektronik-Bilgisayar Eğitimi ABD, Isparta
Lisans 2018-2019	Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, Isparta
Lisans 2002-2005	Süleyman Demirel Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi, Bilgisayar Sistemleri Öğretmenliği, Isparta
Ön Lisans 1998-2000	Ege Üniversitesi Ege Meslek Yüksekokulu, Bilgisayar Programcılığı, İzmir

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Öğretim Görevlisi 2021-...	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Göhlisar MYO, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Burdur
Öğretim Görevlisi 2012-2020	Burdur Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Tefenni MYO, Bilgisayar Teknolojileri Bölümü, Burdur
Öğretim Görevlisi 2009-2011	Süleyman Demirel Üniversitesi Uluborlu SKMYO, Kontrol Otomasyon Bölümü, Isparta
Öğretmen 2005-2008	Milli Eğitim Bakanlığı Mesleki ve Teknik Eğitim Merkezi, Burdur

ESERLER

Uluslararası ve Ulusal hakemli dergilerde yayımlanan makaleler

- 1- Karayel D., Güngör O., Šarauskis E. (2022). Estimation of Optimum Vacuum Pressure of Air-Suction Seed-Metering Device of Precision Seeders Using Artificial Neural Network Models. Agronomy 12 (7), 1600. <https://doi.org/10.3390/agronomy12071600>
- 2- Güngör O., Macit H.B. (2020). Investigation of the Relationship between Vibration, Cutting Forces and Tool Wear During the Processing of Inconel 718 Super Alloy under Coolant Pressure Jet-Assisted Turning with Variance Analysis. Makü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 11(1): 46-52. <https://doi.org/10.29048/makufebed.599737>
- 3- Güngör O., Macit H.B., Çakır Abdülkadir. (2018). Algorithm Developed for Preventing Time Loss Calculating RMS of Vibration Signals. Makü Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 9(Ek Sayı 1) : 248-252. <https://doi.org/10.29048/makufebed.430883>
- 4- Macit H.B., Macit G., Güngör O. (2018). A Research On Social Media Addiction And Dopamine Driven Feedback. Makü İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi. Cilt: 5, Sayı: 3, ss: 882-897
- 5- Çakır A., Güngör O. (2010) Rfid İle Kargo Yönetimi. Akü Fen Bilimleri Dergisi. Sayı 02: 83-89

Uluslararası ve Ulusal bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler

- 1- Macit H.B., Güngör O. (2019) Tamper Detection And Self-Recovery On Grayscale Images. Bilim Ve Teknolojide Yeni Bakışlar. Isbn: 978-605-196-396-9. S:1-9
- 2- Macit H.B., Koyun A., Güngör O.(2018). IV. A Review And Comparison of Steganography Techniques. International Academicresearch Congress
- 3- Güngör O., Çakır A. (2018). Kesici Takım Kesme Kuvveti Sinyallerinin RMS Hesaplamasında Zaman Kaybının Önlenmesi. IV. International Academic Research Congress
- 4- Güngör O., Macit H.B. (2018). Kesici Takımlarda Basınç ile Titreşim Arasındaki İlişkinin Varyans Analizi ile (SPSS Programı Kullanılarak) Yorumlanması. IV. International Academic Research Congress
- 5- Dandıl E., Güngör O. (2011). Yapay Bağışıklık Algoritmaları İle Cnc Kesici Takım Aşınmalarındaki Değişimin Belirlenmesi. Akıllı Sistemlerde Yenilikler Ve Uygulamaları Sempozyumu.