

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**TEK DANE EKİCİ DÜZEN PERFORMANSININ
OPTİMİZASYONUNA YENİ BİR YAKLAŞIM:
AKILLI VAKUM DİSKİ**

Şahin DOĞAN

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU

Tarım Makinaları Anabilim Dalı

Bilim Dalı Kodu : 501.08.00

Sunuş Tarihi : 24.04.2015

Bornova-İZMİR

2015

Şahin DOĞAN tarafından Yüksek Lisans tezi olarak sunulan “Tek Dane Ekici Düzen Performansının Optimizasyonuna Yeni Bir Yaklaşım: Akıllı Vakum Diski” başlıklı bu çalışma E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 24.04.2015 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

İmza

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU

Raportör Üye : Prof. Dr. Fazilet N. ALAYUNT

Üye : Prof. Dr. Cengiz ÖZARSLAN

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

E.Ü. Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Tek Dane Ekici Düzen Performansının Optimizasyonuna Yeni Bir Yaklaşım: Akıllı Vakum Diski” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

24/04/2015

İmzası

Şahin DOĞAN

ÖZET**TEK DANE EKİCİ DÜZEN PERFORMANSININ
OPTİMİZASYONUNA YENİ BİR YAKLAŞIM:
AKILLI VAKUM DİSKİ**

DOĞAN, Şahin

Yüksek Lisans Tezi, Tarım Makinaları Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU
Nisan 2015, 89 Sayfa

Bu çalışmanın amacı vakum prensibine göre çalışan tek dane ekim makinası ekici düzen performansının optimizasyonunu sağlamak ve bu amaçla öngörülen yeni bir yaklaşımın sınanmasıdır. Yapılacak olan yeni yaklaşımın esasını, tek dane olarak ekilecek tohumlara uygun delik çapını ve göz önüne alınan iki değişkeni (disk çevre hızı ve vakum miktarı) belirlemeye yönelik ve üzerinde her biri farklı çaplarda deliklerin bulunduğu akıllı disk oluşturmaktadır. Söz konusu bu yaklaşımla dört farklı tohum ve iki adet farklı çaplardaki küresel materyaller ile çalışmada ekici düzenin tek dane yakalama, ikizleme ve boşluk oranı performansını elde etmeye yönelik denemeler gerçekleştirilmiştir. Denemeler vakum diski çevre hızı ve vakum miktarına bağlı olarak ve her bir değişken için beş seviyeli olarak Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca gerçekleştirilmiştir. Elde edilen veriler ve geliştirilen matematiksel model sonuçları kullanılarak en uygun koşullarda yapışkan bant denemeleri gerçekleştirilmiş ve tek dane yakalama oranının sıra üzeri dağılım düzgünlüğünün bir göstergesi olup olmadığının sınaması yapılmıştır. Yapılan çalışma sonucunda farklı delik çaplarından oluşan akıllı vakum diskinin, tohuma ya da küresel materyale özgü delik çapı ve diğer iki değişkeni belirlemede son derece etkin bir rol oynadığı saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Dane yakalama oranı, ekim, tepki yüzeyleri metodolojisi, matematiksel modelleme

ABSTRACT

**A NEW APPROACH TO OPTIMIZE THE PERFORMANCE
OF A PRECISION METERING UNIT:
SMART VACUUM DISK**

DOĞAN, Şahin

MSc in Agricultural Machinery

Supervisor: Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU

April 2015, 89 pages

The objective of this study was to optimize the seeding performance of a precision metering unit and test a new approach. The new approach is based upon the use of a smart vacuum disk with holes at different diameters ranging between 0.5 and 8 mm in order to determine the appropriate hole diameter on disk along with other variables (disk peripheral speed and amount of vacuum) considered in the study. Experiments were conducted to meet the above objectives and four different crop seeds and two different spherical materials were used to find out the single seed holding, multiple and miss index values. Experiments considered the five levels of each independent variable was carried out in the laboratory and Response Surface Methodology principles were applied to optimize two variables namely vacuum disk peripheral speed and amount of vacuum. Some verification tests were conducted on sticky belt test stand by using the results from the experiments and mathematical models developed. The verification tests targeted to find out the answer to if the seed holding ration is the indicator of seed spacing uniformity performance. The results indicated that the smart vacuum disk is capable of finding the appropriate hole diameter and other two variables.

Keywords: Seed holding, seeding, Response Surface Methodology, mathematical modelling

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince tez konusunun seçimi, yürütülmesi, değerlendirilmesi ve yazım aşamalarında daima destek sağlayarak katkı veren, bilgi birikimi ve deneyimleriyle ufkumu açarak yol gösteren, danışman hocam sayın Prof. Dr. Adnan DEĞİRMENCİOĞLU'na, akıllı diskin bilgisayar ortamında çizim ve tasarımını gerçekleştiren sayın Doç. Dr. Bülent ÇAKMAK'a, denemelerde kullanılan akıllı diskin imalatını gerçekleştiren Türkay Tarım Mak. San. ve Tic. Ltd. Şti.'ne, tez çalışmam boyunca denemelerin gerçekleştirilmesinde desteklerini esirgemeyerek bana yardımcı olan Dr. Arş. Gör. Arzu YAZGI ve Uzm. Nebahat KULDEMİR'e, her zaman desteklerini hissettiğim Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nün değerli üyelerine ve bu süreçte beni destekleyerek gösterdikleri sabır, anlayış ve hoşgörü için aileme ve kurumuma teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xvi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xxiv
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR VE VAKUMLU TİP EKİCİ DÜZENLE TEK DANE EKİMDE TEORİK ESASLAR.....	3
2.1 Önceki Çalışmalar	3
2.2 Teorik Esaslar	6
2.2.1 Vakumlu tip ekici düzen konstrüksiyonunda teorik esaslar	6
2.2.2 Tek dane ekim makinaları deney ilkeleri	9
2.2.3 Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM)	11
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	17
3.1 Materyal.....	17
3.1.1 Akıllı vakum diski	17
3.1.2 Tohumluk.....	17

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

3.1.3 Akıllı vakum diski performansını belirleme düzeni.....	19
3.1.4 İstatistik ve matematik paket programları.....	23
3.1.5 Kritik hız ölçüm düzeni.....	23
3.1.6 Video kamera sistemi	23
3.2 Yöntem.....	24
3.2.1 Deneme deseni, bağımsız değişkenler ve seviyeleri	24
3.2.2 Denemelerin yürütülmesi.....	27
4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	29
4.1 Tek Dane/Küresel Materyal Yakalama, İkizleme ve Boşluk Oranına İlişkin Sonuçlar.....	29
4.1.1 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada elde edilen sonuçlar.....	29
4.1.2 Mısır tohumları ile çalışmada elde edilen sonuçlar.....	42
4.1.3 Pamuk tohumları ile çalışmada elde edilen sonuçlar.....	53
4.1.4 Soya tohumları ile çalışmada elde edilen sonuçlar.....	60
4.1.5 Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada elde edilen sonuçlar.....	68
4.1.6 Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada elde edilen sonuçlar...	74
4.2 Yapışkan Bantta Yapılan Sınama Deneme Sonuçları.....	80

İÇİNDEKİLER (devam)Sayfa

4.2.1 Ayçiçeği tohumuna ilişkin sonuçlar.....	80
4.2.2 Mısır tohumuna ilişkin sonuçlar.....	81
4.2.3 Pamuk tohumuna ilişkin sonuçlar.....	81
4.2.4 Soya tohumuna ilişkin sonuçlar.....	83
5. GENEL SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	85
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	87
ÖZGEÇMİŞ.....	89

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Ekim aralığı dağılım diyagramı	6
2.2 Delikli diskli ekici düzende havanın emilmesi	9
2.3 Üç bağımsız değişkenli ve üç seviyeli tam faktöriyel denemelerin geometrik gösterimi.....	11
2.4 İki bağımsız değişkenli ve beş seviyeli TYM deneme noktalarının geometrik gösterimi	12
2.5 Farklı tepki yüzeylerinin geometrik gösterimi.....	15
3.1 Akıllı vakum diskinin imal edilmiş ve tasarım görünümü.....	17
3.2 Denemelerde kullanılan tohumlar ve küresel materyaller.....	18
3.3 Prototip ekici düzenin tahrikinde kullanılan elektrik motoru (sol) ve devri ayarlamaya yarayan hız kontrol cihazı (sağ).....	19
3.4 Vakum diski devri ve hız kontrol cihazı frekans değeri arasındaki ilişki.....	20
3.5 Fan tahriki için kullanılan elektronik kontrollü redüktör düzeneği	20
3.6 Vakum ölçer.....	21
3.7 Yapışkan bant deneme düzeneği ve lazerli sıra üzeri mesafe ölçüm düzeneği	22
3.8 Video Kamera	24
3.9 Ayçiçeği ve pamuk tohumlarının tek dane ekiminde akıllı diskte kullanılabilecek çaptaki deliklerin görünümü	27

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ve 3 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....	31
4.2 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 ve 6 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları.....	32
4.3 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (TYM deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ve 3 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%).....	32
4.4 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (TYM deneme deseni uyarınca) 3.5, 4, 4.5, 5 ve 6 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%).....	33
4.5 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (TYM deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ve 3 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....	33
4.6 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (TYM deneme deseni uyarınca) 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 ve 6 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....	34
4.7 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada 0.16 ms^{-1} disk çevre hızı ve 50 mbar vakumda (Deney No:6) delik çaplarına göre tek dane yakalama, ikizleme ve boşluk oranı değerlerinin değişimi.....	35
4.8 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada 2 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı tek dane yakalama oranı performansının değişimi.....	37

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.9 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada 2 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı boşluk oranı değerlerindeki değişim.....	40
4.10 Ayçiçeği tohumları ile çalışmada 2.5 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı boşluk oranı değerlerindeki değişim.....	41
4.11 Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 0.5, 1, 1.5, 2 ve 2.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....	43
4.12 Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....	43
4.13 Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 5.5, 6, 6.5, 7 ve 7.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....	44
4.14 Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%).....	45
4.15 Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 5.5, 6, 6.5, 7 ve 7.5 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%).....	45
4.16 Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 0.5, 1, 1.5, 2 ve 2.5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....	46
4.17 Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....	46

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.18 Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 5.5, 6, 6.5, 7 ve 7.5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....	47
4.19 Mısır tohumları ile çalışmada disk çevre hızı: 0.16 ms^{-1} ve vakum basıncı: 80 mbar'da (Deney No:6) delik çaplarına göre tek dane yakalama, boşluk ve ikizleme oranı değerlerinin değişimi.....	47
4.20 Mısır tohumları ile çalışmada disk çevre hızı: 0.08 ms^{-1} ve vakum basıncı: 80 mbar'da (Deney No:3) delik çaplarına göre tek dane yakalama, boşluk ve ikizleme oranı değerlerinin değişimi.....	48
4.21 Mısır tohumları ile çalışmada 4 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı tek dane yakalama oranları (%).....	52
4.22 Mısır tohumları ile çalışmada 4 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı boşluk oranları (%).....	52
4.23 Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....	54
4.24 Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5, 4 ve 4.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....	54
4.25 Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%).....	55
4.26 Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5 4, ve 4.5 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%).....	55

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil

Sayfa

- 4.27 Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....56
- 4.28 Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5 4 ve 4.5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....56
- 4.29 Pamuk tohumları ile çalışmada 0.12 ms^{-1} disk çevre hızı ve 31.7 mbar vakumda (Deney No:5) delik çaplarına göre tek dane yakalama, boşluk ve ikizleme oranı değerlerinin değişimi.....59
- 4.30 Pamuk tohumları ile çalışmada 2.5 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı tek dane yakalama oranı performansının değişimi.....59
- 4.31 Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....61
- 4.32 Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13'de verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....62
- 4.33 Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13'de verilen deneme deseni uyarınca) 4.5, 5 ve 5.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....62
- 4.34 Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13'de verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%).....63

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.35 Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13'de verilen deneme deseni uyarınca) 4.5, 5 ve 5.5 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%).....	64
4.36 Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....	64
4.37 Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13'de verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....	65
4.38 Soya tohumları ile çalışmada disk çevre hızı: 0.08 ms^{-1} ve vakum: 50 mbar'da (Deney No:3) delik çaplarına göre tek dane yakalama, boşluk ve ikizleme oranı değerlerinin değişimi.....	65
4.39 Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.17'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2 ve 2.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....	69
4.40 Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.17'de verilen deneme deseni uyarınca) 3, 3.5, 4, 4.5, 5 ve 5.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....	70
4.41 Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.17'de verilen deneme deseni uyarınca) 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%)..	71
4.42 Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.17'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2 ve 2.5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)...	71

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil

Sayfa

- 4.43 Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....75
- 4.44 Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 4.5, 5, 5.5 ve 6 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....76
- 4.45 Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 6.5, 7, 7.5 ve 8 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%).....76
- 4.46 Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....77
- 4.47 Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5 ve 8 mm delik çaplarının boşluk oranları (%).....77
- 4.48 Ayçiçeği tohumuna ait sinama deneme sonuçları (0.16 ms^{-1} disk çevre hızı ve 50 mbar vakumda).....80
- 4.49 Mısır tohumuna ait sinama deneme sonuçları (0.16 ms^{-1} disk çevre hızı ve 80 mbar vakumda).....81
- 4.50 Pamuk tohumuna ait sinama deneme sonuçları (0.12 ms^{-1} disk çevre hızı ve 31.7 mbar vakumda).....82

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)ŞekilSayfa

- 4.51 Pamuk tohumuna ait sınama deneme sonuçları (0.085 ms^{-1} disk çevre hızı ve 38.8 mbar vakumda).....82
- 4.52 Soya tohumuna ait sınama deneme sonuçları (0.17 ms^{-1} disk çevre hızı ve 40 mbar vakumda).....83
- 4.53 Soya tohumuna ait sınama deneme sonuçları (0.044 ms^{-1} disk çevre hızı ve 40 mbar vakumda).....84

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Farklı tohumların ekiminde değişkenlerin kodlu/kodsuz optimum değerleri ve optimum şartlarda yapılan denemelerde elde edilen makina performansı.....	5
2.2 Ayarlanan sıra üzeri tohum aralığına (Z =anma ekim aralığı) göre sıra üzeri tohum dağılımı değerlendirme planı.....	10
2.3 Kabul edilebilir sıra üzeri tohum aralıkları, ikizlenme ve boşluk oranlarının değerlendirilmesi.....	11
3.1 Denemelerde kullanılan tohum çeşitleri.....	18
3.2 Tohum ve küresel materyallerin bazı fiziksel özellikleri.....	18
3.3 Motor ve buna akuple edilmiş redüktör ile hız kontrol cihazına ait teknik değerler.....	19
3.4 Vakum ölçer teknik özellikleri.....	21
3.5 İki bağımsız değişkenli ve beş seviyeli merkez esaslı kompozit dizayn (Central Composite Design-CCD) deneme deseni	25
3.6 Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış ilerleme hızlarına bağlı olarak plaka çevre hızlarının (X_1) kodlu ve kodsuz (gerçek) değerleri.....	26
3.7 Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış vakum basınçlarının (X_2) kodlu ve kodsuz (gerçek) değerleri.....	26
4.1 Ayçiçeği tohumu için kullanılan deneme deseni.....	30
4.2 Ayçiçeği tohumu için tek dane yakalama oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	36

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.3 Ayçiçeği tohumu için ikizleme oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)	38
4.4 Ayçiçeği tohumu için boşluk oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)	39
4.5 Mısır tohumu için kullanılan deneme deseni.....	42
4.6 Mısır tohumu için tek dane yakalama (Y_{mt}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	49
4.7 Mısır tohumu için ikizleme (Y_{mi}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	50
4.8 Mısır tohumu için boşluk (Y_{mb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	51
4.9 Pamuk tohumu için kullanılan deneme deseni.....	53
4.10 Pamuk tohumu için tek dane yakalama (Y_{pt}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	57
4.11 Pamuk tohumu için ikizleme (Y_{pi}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	57
4.12 Pamuk tohumu için boşluk (Y_{pb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	58
4.13 Soya tohumu için kullanılan deneme deseni.....	60
4.14 Soya tohumu için tek dane yakalama (Y_{st}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	66

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.15 Soya tohumu için ikizleme (Y_{si}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	67
4.16 Soya tohumu için boşluk (Y_{sb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	67
4.17 Çapı 6 mm olan küresel materyal için kullanılan deneme deseni.....	68
4.18 Çapı 6 mm olan küresel materyal için tek dane yakalama (Y_{6kt}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	72
4.19 Çapı 6 mm olan küresel materyalin ikizleme (Y_{6ki}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	72
4.20 Çapı 6 mm olan küresel materyalin boşluk (Y_{6kb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	73
4.21 Çapı 10 mm olan küresel materyal için kullanılan deneme deseni.....	74
4.22 Çapı 10 mm olan küresel materyalin tek dane yakalama (Y_{10kt}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	78
4.23 Çapı 10 mm olan küresel materyalin boşluk (Y_{10kb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2).....	79

1. GİRİŞ

Giderek artan dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık 10 milyar civarında olma beklentisi böylesi bir nüfusun özellikle beslenme gereksiniminin karşılanmasında yaşanacak problemleri de beraberinde getirmektedir. Daha çok üretim için iki yol mümkündür. Bu da ya yeni alanların tarıma açılması ya da birim alandan alınacak ürün miktarı yani verimin arttırılmasını zorunlu kılmaktadır. Dünya genelinde bitkisel üretime yönelik bir çok çalışma artık üretimin daha hassas ve teknolojik araçlar kullanılarak yapılmasına yönelik olup bu yolla verimin arttırılması hedeflenmektedir. Örneğin tek dane olarak ekimi yapılan ürünlerde her bir bitkiye eş değer yaşam alanı sağlama yönünde ekim kalitesini maksimum kılmayı sağlayıcı çalışmalar sonuçta direkt olarak verim artışını sağlamaya yöneliktir.

Giderek artan çevre bilinci ile ve günümüz sensör teknolojisinin tarım makinalarında kullanılmaya başlaması ile gerçekleştirilen değişken düzeyli uygulamalar, aynı zamanda üretimde daha ekonomik boyutlara ulaşılmasını sağlamaktadır.

Günümüzde bir çok tarım makinasında olduğu gibi tek dane ekim makinaları da daha teknolojik özelliklere sahip olacak şekilde tasarlanmakta ve bunda amaç yine tohumun çimlenmesi ve uygun toprak koşullarının yaratılması hedeflenmektedir. Nem sensörleri ile donatılmış bir ekim makinası ile tohumların uygun nemin bulunduğu bir toprak ortamına bırakılmasını sağlamak günümüz teknolojisinin bir tarım makinasına en güzel yansıması örneği olarak düşünülebilir.

Tek dane olarak ekim işleminde ekim kalitesi, tohumların sıra üzeri teorik tohum mesafesinin belirli bir aralık içerisinde kalacak şekilde toprağa yerleştirilmesine bağlıdır. Bu bağlamda gerek tarla gerekse de laboratuvar koşullarında performans denemeleri gerçekleştirilmektedir. Her iki çalışma tarzı oldukça efor, zaman ve finans gerektiren yapıdadır. Tek dane olarak ekimi gerçekleştirilecek herhangi bir ürün ile çalışmada ekim kalitesine katkıda bulunan değişkenler konstrüksiyona, tohumun fiziksel özelliklerine ve çalışma şartlarına bağlı olarak değişmektedir. Böylesi bir olayda çok sayıda değişkeni ele alarak çalışmada daha pratik ve kısa zamanda sonuçlar verecek çözümler önemlidir.

Bu çalışmanın amacı vakum prensibine göre çalışan tek dane ekim makinası ekici düzen performansının optimizasyonunu sağlamak ve bu amaçla öngörülen yeni bir yaklaşımın sınanmasıdır. Yapılacak olan yeni yaklaşımın esasını, tek dane olarak ekilecek tohumlara uygun delik çapını belirlemeye yönelik ve üzerinde her biri farklı çaplarda deliklerin bulunduğu akıllı disk oluşturmaktadır. Söz konusu yaklaşım, bilinen yapışkan bant denemelerini elimine etme ve ekici düzen performansının optimizasyonuna yönelik olarak öngörülen yeni bir yöntemdir. Bu genel yaklaşım üzerine kurulu bu çalışmada farklı tohumlar ve küresel materyaller ile iki farklı değişkene (uygulanan vakum miktarı ve disk çevre hızı) bağlı olarak vakum diski tarafından dane yakalanma oranlarındaki değişim belirlenip söz konusu bu performans matematiksel formda ifade edilmeye çalışılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR ve VAKUMLU TİP EKİCİ DÜZENLE TEK DANE EKİMDE TEORİK ESASLAR

2.1. Önceki Çalışmalar

Hoff ve Merderski (1960) yüksek mısır verimi sağlamada uygun toprak neminin en önemli faktör olduğunu ve bunun yanında birim alandaki bitki sayısı ve bitkilerin güneşlenme miktarı ve besin maddesi alımının da son derece önemli olduğunu vurgulamışlardır. Bitki besin maddesi, güneşlenme miktarı ve nem alımında ise en önemli faktör bitkilere eş değer yaşam alanı sağlanmasıyla mümkündür.

Staggenborg ve ark. (2004) ekim sırasında artan ilerleme hızına bağlı olarak sıra üzeri bitki dağılımının giderek azaldığını ve bunun göstergesi olan kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) indeksinin düştüğünü bulmuşlardır.

Önal (1987) farklı bir çalışmada farklı tohumlar (mısır, ayçiçeği ve haysız pamuk) kullanarak dane atım frekansı, vakum diski üzerindeki delik sayısı, disk çevre çevre hızı, ekim aralığı ve makina ilerleme hızının ekim kalitesine etkisini araştırmıştır. Çalışmada 20.58 cm ekim aralığında 12.5 kmh^{-1} ; 8.73 cm ekim aralığında ise 5.4 kmh^{-1} hızla ekimin sorunsuz bir şekilde yapılacağı ortaya konmuştur. 8.73 cm ekim aralığında ana dağılımın varyasyon katsayısı ilerleme hızı arttıkça yükselme eğiliminde olmasına karşın, 11.24 cm ve 14.93 cm ekim aralığında ilerleme hızının ana dağılımın varyasyon katsayısında farklılık yaratmadığı bulunmuştur.

Singh ve ark. (2005) tarafından yürütülen çalışmada, vakum prensibine göre çalışan ekici düzenin farklı vakum ve delik şeklinin ekim kalitesi üzerindeki etkileri incelenmiştir. İncelemede makina performansı boşluk, ikizlenme oranı ve kabul edilebilir tohum aralığı oranlarını belirlemişlerdir. Singh ve ark. (2005) pamuk tohumları için 2.5 mm çapında deliklere sahip disk kullanımıyla gerçekleştirdikleri çalışmalarında en uygun disk çevre hızını, 0.42 ms^{-1} ve vakum değerini ise 2 kPa ve bu koşullardaki kabul edilebilir tohum aralığı değerini ise %94.7 olarak bulmuşlardır.

Karayel ve ark. (2004) farklı ürün tohumları kullanarak yürüttükleri çalışmalarında yine vakum prensibine göre çalışan bir ekici düzenin ekime ilişkin performansını elde etmiş ve farklı ürünlerin ekiminde uygun vakum

gereksiniminin matematiksel modelini geliştirmişlerdir. Karayel ve ark. (2004) söz konusu bu çalışmalarında farklı tohumlarla yürütölen denemeler; uygun disk delik çapları yapılan kabullenmeler üzerine yürütölmüşür. Örneğın, pamuk tohumları ile çalışmada delik çapı 3.5 mm olarak seçilmiş ve en uygun vakum değeri ise 3 kPa olarak elde edilmiştir.

Moody ve ark. (2003) yürüttükleri çalışmada, çapa ürünlerinin ekiminde kullanılan ve vakum tip bir tek dane ekim makinasını kullanmışlardır. Deneysel olarak yürüttükleri bu çalışmada 4.8, 7.2 ve 9.7 kmh⁻¹ makina ilerleme hızlarında buna karşılık gelen 0.16, 0.23 ve 0.31 ms⁻¹ çevre hızlarında çalışmış ve denemelerde materyal olarak da pamuk ve mısır tohumlarını kullanmışlardır. Çalışmadan elde edilen en önemli sonuç, tohum aralığındaki değışimin artan disk çevre hızıyla birlikte arttığı şeklindedir.

Değirmencioğlu ve ark. (2014) vakum diski üzerindeki delik sayısının sıra üzeri tohum dağılımı üzerindeki etkisini incelemişlerdir. Bu amaçla tohumlar arası mesafenin bilgisayar destekli olarak ölçöldüğü yapışkan bant denemeleri gerçekleştirmişler ve denemelerde pamuk ve mısır tohumlarını kullanmışlardır. Ekim performansının kabul edilebilir tohum aralığı, boşluk ve ikizleme olarak değeriendirildiğı denemelerde ekim makinası ilerleme hızı 1.0, 1.5 ve 2.0 ms⁻¹ ve 5 farklı delik sayısında (20, 26, 36, 52 ve 72) çalışılmıştır. Pamuk için delik çapı 3.5 mm, mısır için diskteki deliklerin çapı ise 4.5 mm olarak kabullenilmiştir. Vakum basıncı 6.3 kPa olarak uygulanmış ve çalışma sonucunda ekim makinası ilerleme hızının artması ile birlikte ekimdeki kalite ve performansın düştöğü belirlenmiştir. En yüksek performansı veren delik sayısı her iki ürün için de 26 ve 36 delikli vakum diskleri olduğı saptanmıştır.

Barut ve Özmerzi (2004) vakumlu tip bir tek dane ekici düzende farklı çalışma parametrelerinin dane yakalama oranı üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Mısır tohumlarının materyal olarak kullanıldığı çalışmada dairesel, üçgen, kare ve oblong delik şekli ele alınmıştır. Çalışma sonucunda en uygun delik şeklinin oblong delik olduğı ve disk çevre hızının artması ile dane yakalama oranının azaldığı bulunmuştur. Çalışmada ayrıca vakum miktarındaki artışa paralel olarak dane yakalama oranının da artış gösterdiği belirlenmiştir.

Tarım makinaları alanında çalışmalar genelde ele alınan değışkenler ve seviyeleri uyarınca tam faktöriyel olarak yürütölmektedir. Ancak uygulanacak metodolojik bir yaklaşımla deneysel olarak yürütölen tam faktöriyel çalışmalar

daha az sayıdaki denemelerle gerçekleştirilmektedir. Bu metodolojik yaklaşımlarından birisi de Tepki Yüzeyleri Metodolojisi'dir.

Yazgı (2004 ve 2010) yaptığı çalışmalarda merkez esaslı kompozit dizayn uygulamasını vakum esasına göre çalışan tek dane ekim makinasına uygulamış ve laboratuvar koşullarında yaptığı çalışmalarda farklı ürünlere ait tohumları ve küresel materyalleri kullanmıştır. Bu çalışmalar sonucunda farklı tohumların ekimi için öngörülen 3 farklı değişkenin optimum değerleri Çizelge 2.1'de verildiği gibidir.

Çizelge 2.1. Farklı tohumların ekiminde değişkenlerin kodlu/kodsuz optimum değerleri ve optimum şartlarda yapılan denemelerde elde edilen makina performansı (Yazgı; 2004-2010)

Tohumlar	Bağımsız Değişkenler						Optimum Şartlardaki Makina Performansı
	Disk Çevre Hızı (X ₁)		Disk Delik Çapı (X ₂)		Vakum Basıncı (X ₃)		
	Kodlu	Kodsuz (ms ⁻¹)	Kodlu	Kodsuz (mm)	Kodlu	Kodsuz (mbar)	(ort,%)
Mısır	-1.3015	0.068	-0.2339	3.77	0.8377	76.75	99.48
Nohut	-1.469	0.061	1.005	6.81	-0.387	52.26	100
Pamuk	-0.586	0.96	1.173	3.08	-0.11	57.8	99.67
Ayçiçeği	-0.4978	0.1	0.1199	2.06	0.584	71.68	95.24
Soya	-0.5869	0.0965	0.3181	3.82	0.5251	45.25	100
Şeker pancarı	0.3954	0.136	-0.2489	1.7	-0.4669	35.33	100
Kanola	-1.2817	0.069	-0.1781	0.96	0.1217	41.22	93.89
Ø4 mm küre	-1.656	0.054	-1.2262	1.89	1.2362	52.36	100
Ø6 mm küre	-0.757	0.0897	1.0346	4.9	-0.7394	32.61	100
Ø8 mm küre	-0.7082	0.0917	1.1701	6.84	-0.3163	53.67	100
Ø10 mmküre	-0.5532	0.0979	0.8085	7.6	-0.4729	50.54	100

Dane yakalama oranı genel anlamda gerçek sıra üzeri dağılımdaki düzgünlüğe esas oluşturabilecek bir yaklaşım olarak düşünülebilir. Vakum diskinin çevre hızı, delik çapı ve uygulanan vakuma bağlı olarak daneleri yakalama oranları, boşluklar veya birden fazla tohum yakalaması (ikizleme)

yapışkan bant denemelerindeki ya da tarladaki ekim performansına direkt olarak yansiyacaktır.

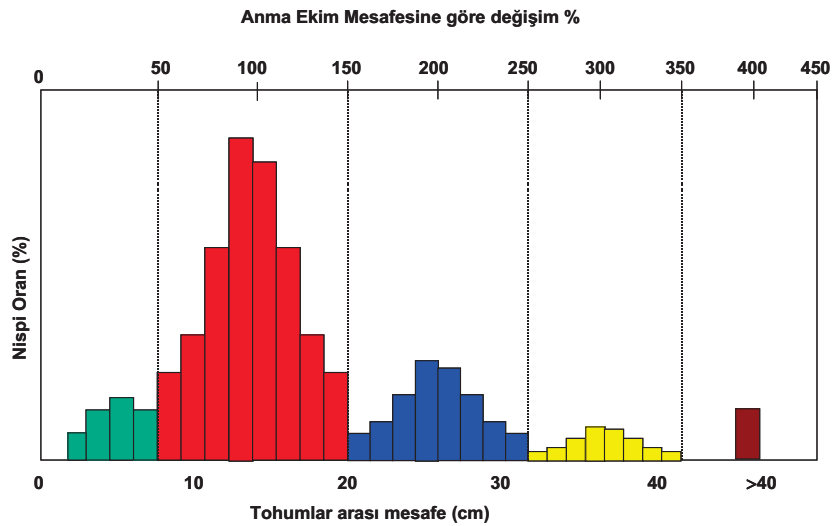
2.2. Teorik Esaslar

2.2.1. Vakumlu tip ekici düzen konstrüksiyonunda teorik esaslar

Tek dane ekim makinasının iş başarısını etkileyen en önemli etmenler; makina ilerleme hızı ve iş genişliğidir. İş genişliği 3 m'nin üzerine çıktığında nakliye sorunu ve traktör hidrolik sisteminde zorlanmalar ortaya çıkmaktadır. İlerleme hızı ise 5 kmh^{-1} 'in üzerine çıktığında tohum diskindeki deliklerin doluluk oranı azalmakta ve çiziye bırakılan tohumun çizide sürüklenme riski artmaktadır. Bu durumda ekim hassasiyeti önemli oranda düşmektedir (Önal,1995).

Tohumun depodan alınıp çiziye bırakılması 4 aşamada meydana gelmektedir:

- Tohumun disk deliklerinde tutulması,
- Vakum etkisinden kurtulan tohumun diskten ayrılması,
- Delik ile çizi arasındaki düşme,
- Tohumun çizideki hareketi



Şekil 2.1. Ekim aralığı dağılım diyagramı

Ekim kalitesi yönünden tohum dağılım diyagramları (Şekil 2.1.) incelendiğinde;

- Anma ekim aralığı (Z) etrafında simetrik (anma ekim aralığına göre değişimin %50-150 arasında olduğu bölge) bir dağılım vardır ve ana dağılım eğrisinin dikliği oranında ekim aralığındaki sapmalar azalmaktadır.
- Tüm delikler tohumla dolmadığından, kabul edilebilir tohum aralıkları aralığından daha uzun aralıkların oluştuğu ve anma ekim aralığından değişimin %150'den daha büyük olduğu dağılım bölgeleri oluşur ve bunlar boşluk olarak adlandırılır.
- Tohum deliklerinin çift tohumla dolması sonucunda meydana gelen ve ikizlenme olarak adlandırılan bölge ise "0" noktasından başlayan ve anma ekim aralığına göre değişimin %50 olduğu bir bölgedir.

Tohumun yuvarlanması ve sürüklenmesi nedeniyle tohum dağılımı, yapışkan bantta tarlaya göre daha iyidir. Sürüklenme ve yuvarlanma; makina titreşimi, ilerleme hızı, düşme yüksekliği ve çizi profilinden büyük oranda etkilenmektedir.

Tek dane ekim makinalarında olması gereken özellikler aşağıda sıralanmıştır.

- Ekici düzenler belli sınırlar dışında ikizlenme veya boşluk yapmamalıdır.
- Tohumları kalibre etmeden ekebilmelidir.
- Özellikle küçük ve hafif tohumların ekiminde düşme yüksekliği mümkün olduğunca az olmalıdır.
- Çimlenme gücü ve tohum kaybına neden olması nedeniyle ekici düzenler tohumu zedelememelidir.
- Yapışkan bantta elde edilen tohum dağılımı düzgün olmalıdır. $0.5Z - 1.5Z$ içerisinde bulunan tohum oranı ne kadar yüksekse, sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü de o oranda yüksek olacaktır (Önal, 1995).

Tek dane ekim makinalarının seçiminde sıra aralığı son derece önemlidir. Çapa bitkisi tohumlarının ekiminde kullanılan pnömatik prensibe göre çalışan ekim makinalarında delikli diskli veya diskli ekici düzenler kullanılırken, dar sıra aralığında ekilen tahıl tohumları için delikli silindirik ekici düzenler daha pratik olmaktadır.

Vakum prensibine göre çalışan tek dane ekici düzenlerde ekim kalitesine;

- Vakum diski çevre hızı (V_p),
- Disk üzerindeki deliklere tohumu yönlendiren ve tohumun hızını disk hızına senkronize eden teklemeye düzeninin bulunup bulunmaması,
- Vakum basıncı

etkilidir.

Vakum etkisiyle diskteki deliğin tohumu yakalaması sırasında etki eden kuvvetler şunlardır:

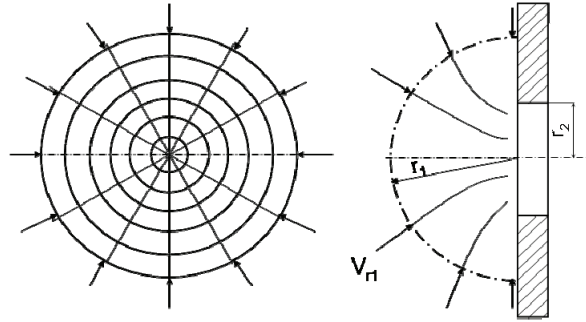
- Tohumun ağırlığı,
- Santrifüj kuvvet,
- Tohumla disk arasındaki sürtünme kuvveti,
- Tohumun delik tarafından yakalanması ve tohuma V_p hızı kazandırılması sırasında oluşan atalet kuvveti,
- Diskteki delik tarafından yakalanan ve tohum kütlesi içinde bir süre sürüklenen tohuma diğer tohumların gösterdiği direnç

Delikli tohum diski üzerine monte edilen kanatlı çarklarla, bin dane ağırlığı fazla olan tohumlarda bile deliklerin tek dane yakalama oranı yükselmekte ve 1 ms^{-1} disk çevre hızında garantili tek dane yakalama oranı sağlanabilmektedir. Çünkü kanatlı çark deliğin yakalayacağı tohuma ivme vermekte ve tohumu ana tohum kütlesinden ayırarak deliğe yönlendirmektedir. Pratikte tohum, şekli nedeniyle her zaman tam olarak deliği kapatamamakta ya da tam delik üzerinde emilememektedir. Bu nedenle konstrüktif hesaplamalarda bu hususlar göz önünde bulundurulmalıdır.

Vakum diskli tip ekici düzene sahip pnömatik tek dane ekim makinalarıyla boşluk ve ikizlenme olmadan ekim yapabilmek için işletme hava basıncı belli sınır değerlerinin altında ya da üzerinde olmamalıdır (Önal, 1995).

Tohumun, her zaman tam delik üzerinde yakalanması söz konusu değildir. Delik açıklığından uzaklaştıkça emme kuvvetinde büyük düşüşler gözlenmektedir. Bunun nedeni, eşitlik 1'de verildiği gibi, delikten uzaklığın karesiyle doğru orantılı olarak hava hızının azalmasıdır. Hava bir deliğe radyal olarak bütün

yönlere akar. Akış çizgilerinin oluşturduğu zarf bir yarım küre yüzeyidir ve yarım kürenin yarıçapını r_1 ile delik arasındaki mesafe belirler (Şekil 2.2).



Şekil 2.2. Delikli diskli ekici düzende havanın emilmesi

Delikten r_1 uzaklıktaki V_{r1} hava hızı;

$$V_{r1} = \frac{2.90 \cdot r_2^2 \sqrt{\Delta p}}{2 r_1^2} \quad ; r_1 > 0 \quad (2.1)$$

formülüne göre hesaplanabilir. Formülde;

V_{r1} : Delikten r_1 uzaklıktaki hava hızı (ms^{-1})

r_1 : Delikten uzaklık (m)

r_2 : Delik yarıçapı (m)

Δp : Vakum basıncı (kpm^{-2})

Delikli diskli pnömatik tek dane ekim makinalarında disk üzerine çark yerleştirilerek ya da daha basit bir konstrüksiyonla disk üzerindeki delik sayısını arttırarak yüksek ilerleme hızlarında (12 km/h) çalışılabilmektedir.

2.2.2. Tek dane ekim makinaları deney ilkeleri

Ülkemizde halen uygulamada olan ve ekim makinaları testi yapan yetkili kuruluşlarca kabul görmüş ilkeler aşağıdaki gibidir;

- Deneyler sonucu elde edilen ekim normu değerlerinin hızlara göre değişiminin varyasyon katsayısı, en çok %6 olmalıdır.
- %20 eğimdeki çalışma koşullarında ekim normunda meydana gelen değişim en çok %10 olmalıdır.

- Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğünü bozan en düşük depo doluluk oranı %10 olmalıdır.
- Elde edilen Tarla Çıkış Derecesi (TÇD) değerleri; tarla hazırlığı, toprak özellikleri, tohumun biyolojik özelliği ve çıkış zamanındaki iklim koşulları dikkate alınarak değerlendirilir.
- Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü denemelerinde elde edilen kabul edilebilir tohum aralıklarının nispi oranı en az %80 olmalıdır. Sıra üzeri tohum dağılım düzgünlüğü denemelerinde Çizelge 2.2'ye göre saptanan kabul edilebilir tohum aralıkları, ikizlenme ve toplam boşluk oranlarının değerlendirilmesi, Çizelge 2.3'e göre yapılır.
- Sıra üzeri bitki dağılım düzgünlüğü denemelerinde Çizelge 2.2'ye göre saptanan kabul edilebilir bitki aralıkları, ikizlenme ve toplam boşluk oranlarının değerlendirilmesi, elde edilen (ondalık) TÇD değeri yardımıyla Çizelge 2.3'e göre yapılır.
- Deneyler sonucu 3 çeşit tohumda değişik hızlar için gözlenen zedelenme oranı, ağırlık cinsinden en çok %0.3 olmalıdır.
- Ekim derinliği dağılımının varyasyon katsayısı, en çok %25 olmalıdır.
- Gömücü ayakların sertlikleri en az 40 RSD-C olmalıdır.
- Tahrik tekerleği kayma oranı en çok %10 olmalıdır.

Çizelge 2.2. Ayarlanan sıra üzeri tohum aralığına (Z=anma ekim aralığına) göre sıra üzeri tohum dağılımı değerlendirme planı

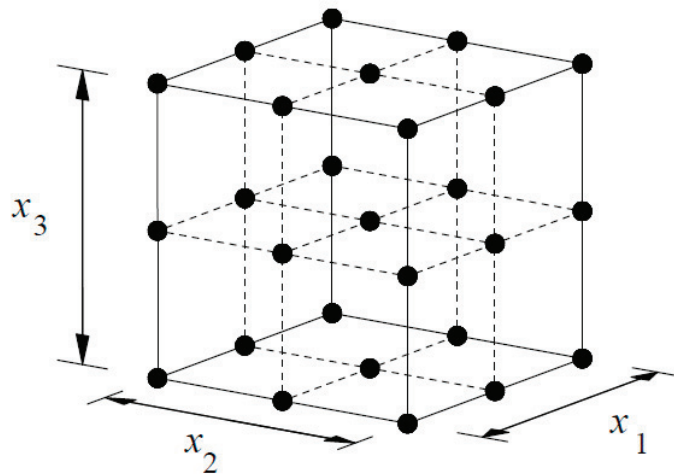
Sıra üzeri tohum aralığı	Tanım	Sıra üzeri bitki aralığı
$< 0.5 Z$	İkizlenme	$< 0.5 Z / TÇD$
$(0.5-1.5) Z$	Kabul edilebilir aralıklar	$(0.5-1.5) Z / TÇD$
$(1.5-2.5) Z$	Boşluk	$(1.5-2.5) Z / TÇD$
$(2.5-3.5) Z$	Boşluk	$(2.5-3.5) Z / TÇD$
$> 3.5 Z$	Boşluk	$> 3.5 Z / TÇD$

Çizelge 2.3. Kabul edilebilir sıra üzeri tohum aralıkları, ikizlenme ve boşluk oranlarının değerlendirilmesi

Kabul edilebilir tohum aralıkları oranı (%)	İkizlenme oranı (%)	Toplam boşluk oranı (%)	Değerlendirme
> 98.6	< 0.7	< 0.7	Çok iyi
$> 90.4 - \leq 98.6$	$\geq 0.7 - < 4.8$	$\geq 0.7 - < 4.8$	İyi
$\geq 82.3 - \leq 90.4$	$\geq 4.8 - \leq 7.7$	$\geq 4.8 - \leq 10$	Orta
< 82.3	> 7.7	> 10	Yetersiz

2.2.3. Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM)

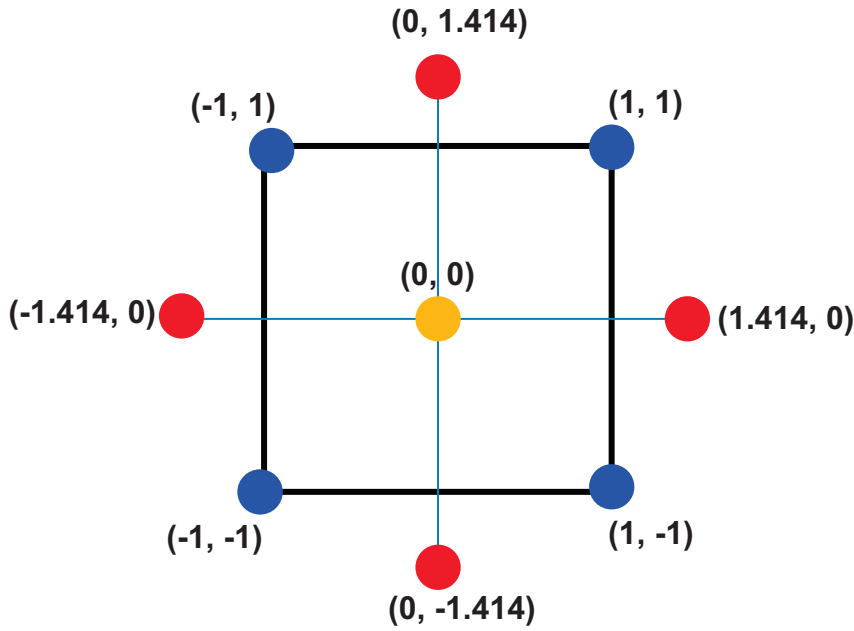
Tarım makinaları alanında karşılaşılan problemlerin bir çoğunda herhangi bir sistemin ya da makinanın performansına etki eden çok sayıda değişken söz konusu olabilmektedir. Böylesi durumda sistemin performansını belirlemede deneysel olarak çalışma şekli tam faktöriyel tarzda olabilir. Üç bağımsız değişken ve her bir değişkenin üç seviyesinin olduğu bir sistemde deneme sayısı 27'dir. Bu tarzda çalışılan bir sistemde ölçüm yapılacak noktaların geometrik gösterimi Şekil 2.3'de gösterildiği gibidir. Bu durumda değişkenlerden birisi değiştirilirken diğerleri sabit tutulur ve sistemin tepkisi belirlenir.



Şekil 2.3. Üç bağımsız değişkenli ve üç seviyeli tam faktöriyel denemelerin geometrik gösterimi

Daha az sayıda deneme yaparak finans, işgücü ve zamandan tasarruf yaparak tam faktöriyelde olduğu gibi sistemin davranışı hakkında bilgiye ulaşmak ise özel istatistiksel ve matematiksel tekniklerin kullanımını gerektirir.

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi matematiksel ve istatistiksel tekniklerin karması bir yöntem olup ampirik model inşasında kullanılmaktadır. Bu yöntemle dayalı olarak gerçekleştirilen çalışmalarda amaç birden çok sayıdaki bağımsız değişken tarafından etkilenecek ortaya çıkan bağımlı değişkeni optimize etmektir. Bu amaçla değişken sayısına bağlı olarak gerçekleştirilen belirli sayıdaki denemelerde bağımsız değişkenlerde meydana gelen değişimin tepkisindeki değişimler belirlenmektedir. Tam faktöriyel deneme tarzına göre daha az sayıda deneme gerçekleştirilerek sistem performansı belirlenmektedir. Örneğin 2 bağımsız değişkenli ve her birinin beş seviyesi olan bir deneme tarzında sistem tepkimesinin belirlenmesinin geometrik gösterimi Şekil 2.4’de gösterildiği gibidir.



Şekil 2.4. İki bağımsız değişkenli ve beş seviyeli TYM deneme noktalarının geometrik gösterimi

Herhangi bir fiziksel olaya ait ve k sayıdaki bağımsız değişkene (x) bağlı olarak meydana gelen tepki ölçüm sonucu fonksiyonel olarak şu şekilde ifade edilebilir (Box & Draper, 1987):

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_k) \quad (2.2)$$

Burada;

y : Sistemin tepkisi (cevabı)

x_k : Bağımsız değişkenler' dir.

Gözlenen tepki değeri ($\hat{y}$), istatistik ayırma yöntemiyle yaklaşık olarak ortalama değerine (y) indirgenir. Bu durumda $\hat{y}$ ' nin beklenen değeri y ' ye eşittir. Yani, $E(\hat{y}) = y$ dir. Herhangi bir denemede, gözlenen $\hat{y}$ değeri ile beklenen y değeri arasındaki uyumsuzluk sistemin hatası olarak yorumlanır ve ϵ ile gösterilir. Bu durumda kullanılacak eşitlik şu şekilde yazılabilir:

$$\hat{y} = f(x) + \epsilon \quad (2.3)$$

Tepki yüzeyleri modelleri ile sadece değişkenlerin önemli etkileri ya da etkileşimleri geliştirilebileceği gibi bu modeller ile kuadratik (2. derece) ve kübik (3. derece) belli terimlerin eğrilik derecesinin tanımlanması da mümkün olmaktadır. Eğrilik derecesini belirten sabit terimler fonksiyona dahil edildiğinde değişkenler arasındaki ilişki;

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_i + \epsilon_i \quad (2.4)$$

olarak gösterilir. Burada;

$\hat{y}$: Tepki (Bağımlı değişken)

β_0 : Model sabiti

β_1 : Değişken katsayısı

x_i : Bağımsız değişkenler (faktörler)

ϵ_i : Hata'dır.

Tepki yüzeylerinin modelleme aşamasında yapılan ise bağımsız değişkenlerin özel olarak kodlanmış formlarını içerecek şekilde fiziksel olayın polinomiyal denklemlerle ifade edilmesidir.

1. dereceden 2 faktörlü bir model polinomiyal olarak şu şekilde yazılır :

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 \quad (2.5)$$

2. dereceden (kuadratik) 3 faktörlü bir sisteme ait polinom;

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \beta_{12} x_1 x_2 + \beta_{13} x_1 x_3 + \beta_{23} x_2 x_3 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{33} x_3^2 \quad (2.6)$$

3. dereceden (kübik) 3 faktörlü bir sisteme ait polinom ise ;

$$\hat{y} = \text{kuadratik model} + \beta_{123} x_1 x_2 x_3 + \beta_{112} x_1^2 x_2 + \beta_{113} x_1^2 x_3 + \beta_{122} x_1 x_2^2 + \beta_{133} x_1 x_3^2 + \beta_{223} x_2^2 x_3 + \beta_{233} x_2 x_3^2 + \beta_{111} x_1^3 + \beta_{222} x_2^3 + \beta_{333} x_3^3 \quad (2.7)$$

olarak ifade edilir (Engineering Statistics Handbook, 2010).

Örneğin, 2. dereceden 2 faktörlü bir model ele alınırsa;

$$\hat{y} = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_{11} x_1^2 + \beta_{22} x_2^2 + \beta_{12} x_1 x_2$$

denklemini elde edilir. Denklem genelleştirildiğinde;

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon_0 \quad (2.8)$$

olacaktır. Burada;

$\hat{y}$	: Sistemin tepkisi
β_0	: Model sabiti
$\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$	: Değişken katsayıları
$x_i x_j$	: Kodlanmış haldeki bağımsız değişken
ε_0	: Deneysel hata

olarak tanımlanır.

TYM’de çalışılacak bağımsız değişkenlerin sayısal değerleri, kodlu değerlere dönüştürülür. Çalışma belli bir aralıkta yapılacağından kodlama aşağıdaki formüle uygun olarak yapılır:

$$x_i = \frac{\varepsilon_i - \varepsilon_{i0}}{S_i} \quad (2.9)$$

Burada;

x_i : Değişken kodu

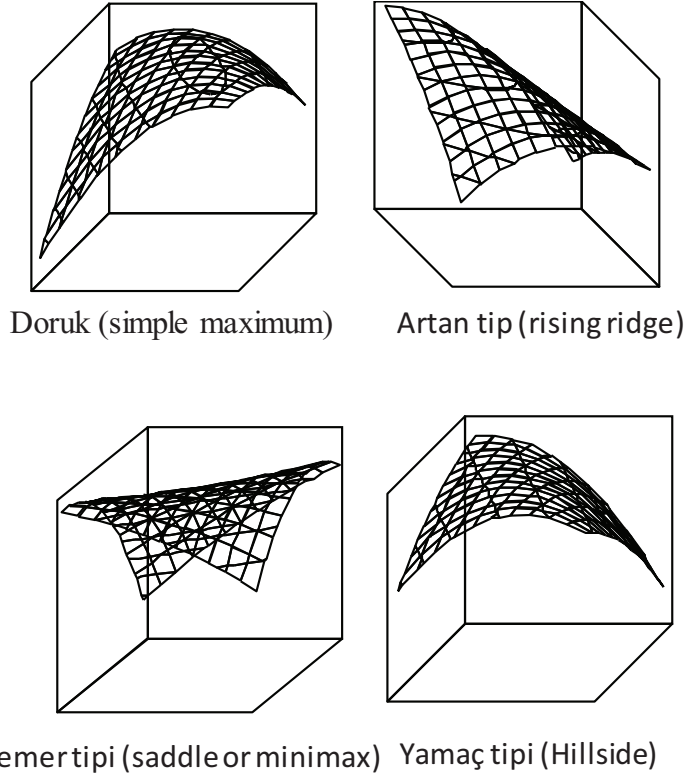
ε_i : Çalışma aralığındaki değişken değeri

ε_{i0} : Çalışma aralığı merkez değeri

S_i : Adım değeri

Yapılan denemeler sonucunda uygulanan deneme desenine göre veriler toplanır. Elde edilen bu veriler bilgisayar ortamına alınarak istatistik paket programı ile polinomiyal formda bir matematiksel model oluşturulur. Oluşturulan bu modelde yer alan bağımsız değişkenlere göre kısmi türevler alındığında her bir bağımsız değişken için optimum değerleri elde edilir.

Denklem çözümünden elde edilen sonuçlar grafiğe aktarılarak görsel olarak da ifade edilir. Tepki fonksiyonunun türüne ve değişken sayısına bağlı olarak tepki yüzeyi değişik şekiller alabilir. TYM’de kuadratik modeller sonucunda doruk, artan, semer ve yamaç olmak üzere dört farklı tip tepki yüzeyi (Şekil 2.5) elde edilir.



Şekil 2.5. Farklı tepki yüzeylerinin geometrik gösterimi

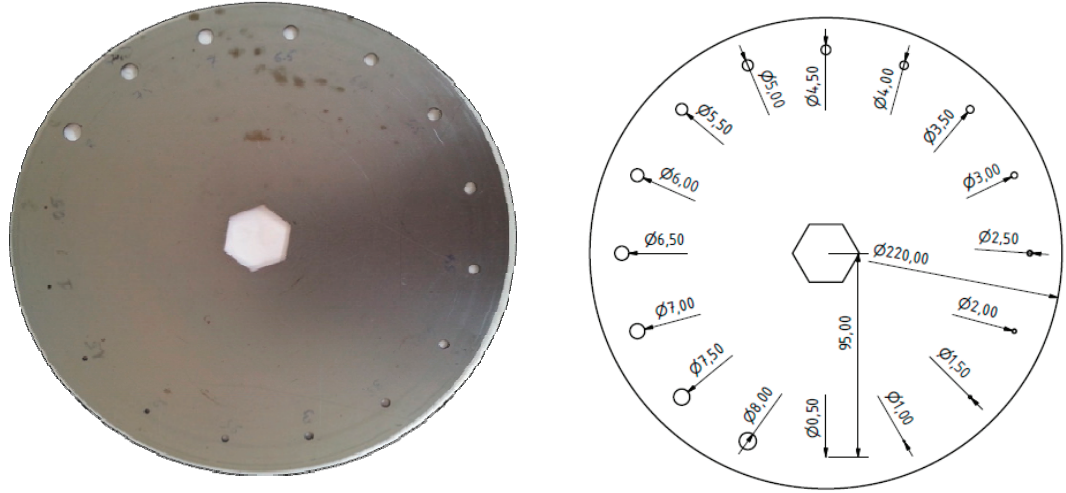
Deney öncesi yapılan işlemler ve deneyin sınırlandırılması başlıkları altında bilinçli bir şekilde yapılan tüm işlemlerin birleştirilmesiyle bilimsel bir olaydan beklenen performans değerine en kısa zamanda ve en doğru biçimde TYM kullanarak ulaşmak mümkündür.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Akıllı vakum diski

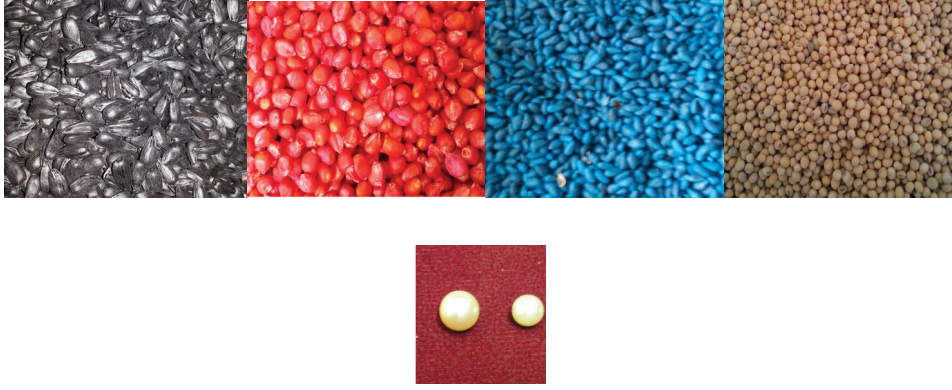
Akıllı vakum diski, $\phi 190$ mm yörünge üzerinde dizilmiş deliklerden oluşan, 2 mm kalınlığında, 220 mm dış çapında paslanmaz çelik sactan imal edilmiştir. Disk üzerinde; en küçüğü 0.5 mm ve en büyüğü ise 8 mm çapında olacak şekilde 0.5 mm artışlarla büyüyen toplam 16 delik bulunmaktadır. Diskin genel görünümü Şekil 3.1' de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.1. Akıllı vakum diskinin imal edilmiş ve tasarım görünümü

3.1.2. Tohumluk

Denemeler fiziksel ve aerodinamik özellikleri birbirinden farklı tohum çeşitleri (ayçiçeği, mısır, pamuk ve soya) ile iki farklı çap (6 ve 10 mm) ve bindane ağırlığına sahip tam küresel yapay materyaller kullanılarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). İki farklı çap ve bindane ağırlığındaki tam küresel materyallerin kullanımında amaç, küresellik değerinin maksimum olduğu %100 değerine ulaşan ve kaplanmış tohumların tek dane ekimini simüle etmektir. Denemelerde kullanılan tohum çeşitleri Çizelge 3.1'de, tohumlar ve tohumluk materyallere ait bazı fiziksel özellikler ise Çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Denemelerde kullanılan tohumlar ve küresel materyaller

Çizelge 3.1. Denemelerde kullanılan tohum çeşitleri

Tohum	Marka	Çeşit
Ayçiçeği	BIOTEK	Tar-san 1018
Mısır	KWS	Kermess
Pamuk	PROGEN	Flash
Soya	MAY	Nova

Çizelge 3.2. Tohumlar ve küresel materyallerin bazı fiziksel özellikleri

Tohumluk	Uzunluk (a; mm)	Genişlik (b; mm)	Kalınlık (c; mm)	Küresellik* (%)	Bin Dane Ağırlığı (g 1000 adet ⁻¹)	Hacim Ağırlığı (kgm ⁻³)	Geometrik Ortalama Çap**	Kritik Hız (ms ⁻¹)
Ayçiçeği	11.92 [±0.34]	6.17 [±0.6]	3.99 [±0.37]	55.74 [±2.85]	84.8 [±1.11]	414.53 [±3.87]	6.64	7.1
Mısır	10.58 [±0.84]	7.79 [±0.59]	5.71 [±0.41]	73.66 [±4.74]	344.3 [±2.25]	764.34 [±4.7]	7.77	15
Pamuk	9.10 [±0.73]	4.84 [±0.41]	4.33 [±0.32]	63.31 [±2.51]	87.6 [±0.38]	591.29 [±3.27]	5.75	11.2
Soya	6.99 [±0.45]	6.01 [±0.43]	5.27 [±0.54]	86.51 [±2.05]	152.14 [±0.54]	689.73 [±2.8]	6.04	15.7
Küre-1	6	6	6	100	105	-	6	-
Küre-2	10	10	10	100	490,75	-	10	-

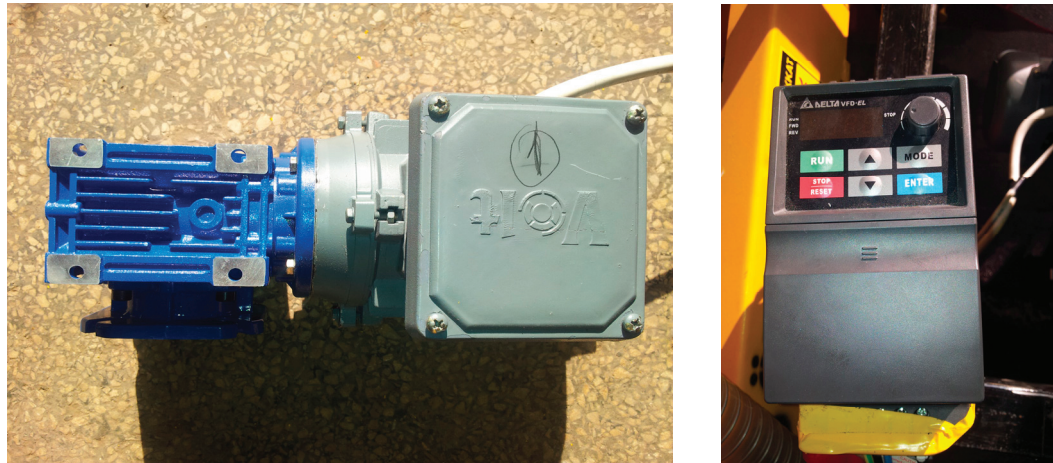
Çizelgede parantez içinde verilen ürünlere ait değerler, yapılan örneklemelerden elde edilen standart sapma değerleridir. * $\phi = \sqrt[3]{(a.b.c)/a}$ ** $D_p = \sqrt[3]{(a.b.c)}$ olarak hesaplanmıştır.

3.1.3. Akıllı vakum diski performansını belirleme düzeni

3.1.3.1. Vakum diski elektronik tahrik düzeni

Bu çalışma kapsamında öngörülen akıllı vakum diskinin performansının test edilmesinde Değirmencioğlu ve ark. (2014) tarafından tamamlanan bir proje çerçevesindeki geliştirilen ekici düzen ve elektronik tahrik aksamı kullanılmıştır.

Motor çıkış devri bir redüktör yardımıyla 1/50 oranında düşürülmesi ve bir hız kontrol cihazı ile frekansı değiştirmek yoluyla vakum disk devrinin ayarlanması sağlanmıştır. Motor ve bu motora akuple edilmiş redüktör ve hız kontrol cihazı Şekil 3.3’de ve bunlara ait teknik bilgiler Çizelge 3.3’de verilmiştir. Hız kontrol cihazı, ekici düzen prototipinin yapışkan bant deneme düzeninde denenmesine imkan veren ve özel olarak 40x40 mm kutu profilden oluşturulan özel çatı üzerine monte edilmiştir.

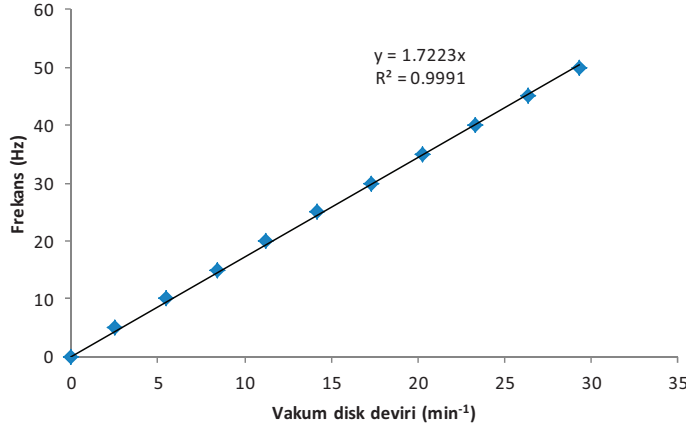


Şekil 3.3. Prototip ekici düzenin tahrikinde kullanılan elektrik motoru (sol) ve devri ayarlamaya yarayan hız kontrol cihazı (sağ)

Çizelge 3.3. Motor ve buna akuple edilmiş redüktör ve hız kontrol cihazına ait teknik değerler

Cihaz	Teknik Değerler
Elektrik Motoru	V: 220-380-460; Frekans: 50 veya 60 Hz; Devir: 1370 veya 1644; Gücü: 0.18-0.21 kW
Redüktör	Redüksiyon oranı: 1/50
Hız kontrol cihazı	V: 380-480 V; 50/60 Hz; 0.75 kW Frekans aralığı: 0.1-600 Hz

Hız kontrol cihazı üzerindeki dijital frekans göstergesi ve vakum diskine sağlanacak devir arasında ilişkiyi bulma amacıyla yapılan denemeler sonucunda bir kalibrasyon doğrusu geliştirilmiştir. Elde edilen veriler ve geliştirilen kalibrasyon doğrusuna ait istatistiksel bilgiler Şekil 3.4’de gösterildiği gibidir.



Şekil 3.4. Vakum disk devri ve hız kontrol cihazı frekans değeri arasındaki ilişki

Denemelerde istenen vakum basıncı değerlerinin bir tek dane ekim makinası fanından elde edilmesinde traktör yerine devri kademesiz olarak ayarlanabilen, elektronik kontrollü redüktör düzeni kullanılmıştır (Şekil 3.5). Bu sayede traktörle çalışmada oluşabilecek olumsuz etmenler (yakıt tüketimi, egzost dumanı v.b) de ortadan kaldırılmıştır.



Şekil 3.5. Fan tahriki için kullanılan elektronik kontrollü redüktör düzeneği

3.1.3.2. Vakum ölçüm sistemi

Fan tarafından oluşturulan vakum yardımıyla tohumların disk üzerinde tutunmasını ağılayan vakum değerinin ölçülmesi için kullanılan sistem bir başlık, kauçuk hortum ve dijital vakum ölçerden (Şekil 3.6) oluşturulmuştur. Vakum ölçere ilişkin teknik özellikler Çizelge 3.4’de verildiği gibidir.

Çalışma sırasında tohumun diskte tutulduğu andaki vakum basıncının ölçülebilmesi için bu sistem, ekici üniteye giren vakum hortumu üzerindeki hava giriş ağzına monte edilmiş ve vakum ölçümleri bu noktada gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3.4. Vakum ölçer teknik özellikleri

Üretici Firma	: Westfalia	Basınç Modu	: Gauge
Model/Sınıf	: -/KI 1.0	Belirsizlik Düzeyi	: %0.55 FS
Çalışma Aralığı	: 0-100 kPa	Çözünürlük	: 1 kPa
Güvenilirlik Düzeyi	: %95	Okunabilirlik	: 0.05 kPa



Şekil 3.6. Vakum ölçer

3.1.3.3. Bilgisayar destekli ölçüm düzeni

Denemelerde tek dane ekim makinaları için performans göstergesi olan sıra üzeri tohum aralıklarının ölçümünde bilgisayar destekli lazerli otomatik mesafe ölçüm sistemi kullanılmıştır. Sistem yazılımı; verilerin toplanarak bilgisayara aktarılması ve toplanan verilerin analizi olmak üzere iki aşamadan meydana gelmektedir. Verilerin toplanmasında, Visual Basic’de geliştirilen ve basit bir kullanıcı ara yüzü ile verileri Microsoft Excel’e aktaran Project1.exe yazılımı, verilerin istatistiksel analizinde ise Microsoft Excel içerisinde VB Macros kullanılarak hazırlanan yazılım kullanılmaktadır (Önal ve Önal, 2009).

Program, ahşap bir platform üzerinde yapışkan bantla paralel hareket eden lazer aygıtıyla donatılmış bir dizüstü bilgisayar mouse’ından gelen koordinat bilgilerine bağlı olarak tohum konumunun belirlenmesi esasına dayanmaktadır (Şekil 3.7). Lazer ışığı izdüşümünün platform üzerinden tohum üzerine gelecek şekilde bırakıldığı anda mouse’a tıklanması sonucunda veriler program tarafından alınmaktadır.



Şekil 3.7. Yapışkan bant deneme düzeneği ve lazerli sıra üzeri mesafe ölçüm düzeneği

Mouse tarafından gönderilen sinyallere bağlı olarak alınan veriler Excel’e aktarılarak belli komutlarla hesaplamalar yapılmaktadır ve ekim kalitesine ilişkin performans kriteri hesaplaması bu yazılım yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

Bu çalışma kapsamında yapılan değerlendirmelerde her bir ürün ve küresel

materyale ilişkin ikizleme oranı (multiple index), boşluk oranı (miss index) ve kabul edilebilir tohum aralığı (KETA) oranına ait hesaplamalar bu yazılım ile anlık olarak gerçekleştirilmiştir.

3.1.4. İstatistik ve matematik paket programları

Her bir ürün ve her bir ürün ekiminde aday olan her bir delik çapı performans modeli oluşturulmasında Microsoft Excel ve Minitab Windows Release 13.20 versiyonu kullanılmıştır.

3.1.5. Kritik hız ölçüm düzeni

Tohumun ekici plaka üzerindeki deliklere yönelmesinde ve vakum etkisiyle delikte tutulmasında etkin olan kritik hız değerlerinin saptanmasında E.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde mevcut kritik hız ölçüm düzeni kullanılmıştır.

Düzen genel olarak bir elektrik motoru, fan, siklon ve hız ölçüm cihazından oluşmaktadır. Siklonun alt kısmında bulunan şeffaf borudan bırakılan tohum, elektrik motorundan tahrik alan fanın yarattığı vakumun etkisiyle boru içerisinde harekete geçmektedir. Elektrik motorunun önünde yer alan ve borunun kesit alanının değiştirilmesine olanak veren kumanda kolu ile hava debisinin ayarlandığı bu sistemde boru kesit alanına göre değişen hava hızına maruz kalan tohumun, askıda kaldığı andaki hava hızı değeri kritik hız olarak tanımlanmaktadır. Kritik hız değeri, pleksiglas boru içerisine yerleştirilen dijital hava hızı ölçme cihazı yardımıyla ölçülmekte olup bu amaçla Dwyer, Series 471 Digital Thermo Anemometer cihazı kullanılmıştır.

3.1.6. Video kamera sistemi

Çalışmada Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü'nde mevcut Sony marka HDR-XR105 (4.0 Mega-pixel, 25 fps) video kamera kullanılmıştır (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Video Kamera

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme deseni, bağımsız değişkenler ve seviyeleri

TYM teorisi bölümünde verildiği üzere TYM’de genelde kuadratik formda bir fonksiyon olarak elde edilir. Teorik formdaki bu fonksiyon aşağıdaki şekilde yazılabilmektedir.

$$\hat{y} = \beta_0 + \sum_{i=1}^n \beta_i x_i + \sum_{i=1}^n \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \beta_{ij} x_i x_j + \varepsilon_0 \quad (3.1)$$

Yukarıdaki eşitlikte;

$\hat{y}$: Tepki Değeri (Bağımlı değişken)

$\beta_i, \beta_{ii}, \beta_{ij}$: Regresyon katsayıları

$x_i x_j$: Kodlu bağımsız değişken değerleri

ε_0 : Hata

Yukarıdaki eşitlikte verilen x_i kodlu değerleri, bağımsız değişkenlere bağlı olarak aşağıdaki şekilde verilen bir dönüşümle elde edilir.

$$x_i = \frac{\varepsilon_i - \varepsilon_{i0}}{S_i} \quad (3.2)$$

Bu eşitlikte ε_i =orjinal birimdeki bağımsız değişken değeri; ε_{i0} = ortalama değer ve S_i =adım değeridir.

Denemelerde kullanılan Tepki Yüzeyleri Metodolojisi (TYM) deneme dizaynlarından Merkez Esaslı Kompozit Dizayn (Central Composite Design-CCD) deneme deseni Çizelge 3.5’de verilmiştir (Box ve Draper, 1987).

Çizelge 3.5. İki bağımsız değişkenli ve beş seviyeli merkez esaslı kompozit dizayn (Central Composite Design-CCD) deneme deseni

Deney	No	X_1	X_2	Y
	1	1	-1	Y_1
	2	-1	-1	Y_2
	3	-1	1	Y_3
	4	1.414	0	Y_4
	5	0	-1.414	Y_5
	6	1	1	Y_6
	7	0	1,414	Y_7
	8	-1.414	0	Y_8
	9	0	0	Y_9
	10	0	0	Y_{10}
	11	0	0	Y_{11}
	12	0	0	Y_{12}
	13	0	0	Y_{13}

X_1 : kodlu disk çevre hızı; X_2 : kodlu vakum; Y: tek dane yakalama; ikizleme veya boşluk oranı

İki bağımsız değişkenin kodlu forma dönüştürülmesinde aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır.

$$X_1 = \frac{\varepsilon_1 - 0.12}{0.04} \quad (3.3)$$

$$X_2 = \frac{\varepsilon_2 - 40}{10} \quad (3.4)$$

$$X_3 = \frac{\varepsilon_3 - 60}{20} \quad (3.5)$$

Tüm tohumlar ve küresel materyaller için vakum diski çevre hızı eşitlik 3.3'den görüleceği üzere 0.12 ms^{-1} ve adım değeri ise 0.04 ms^{-1} olarak kabullenilmiştir. Vakum değeri ise ayçiçeği, soya ve iki küresel materyal için merkez değeri 40 mbar ve adım değeri ise 10 mbar olarak seçilmiştir. Pamuk ve mısır tohumları ise merkez ve adım değeri eşitlik 3.5'den görüleceği üzere sırasıyla 60 ve 20 mbar olarak alınmıştır.

Dört farklı tohum ve iki küresel materyalin kullanıldığı söz konusu deneme deseninde yer alan değişkenlerin kodlu ve kodsuz (gerçek) değerleri Çizelge 3.6 ve 3.7'de belirtildiği gibidir.

Çizelge 3.6. Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış ilerleme hızlarına bağlı plaka çevre hızlarının (X_1) kodlu ve kodsuz (gerçek) değerleri

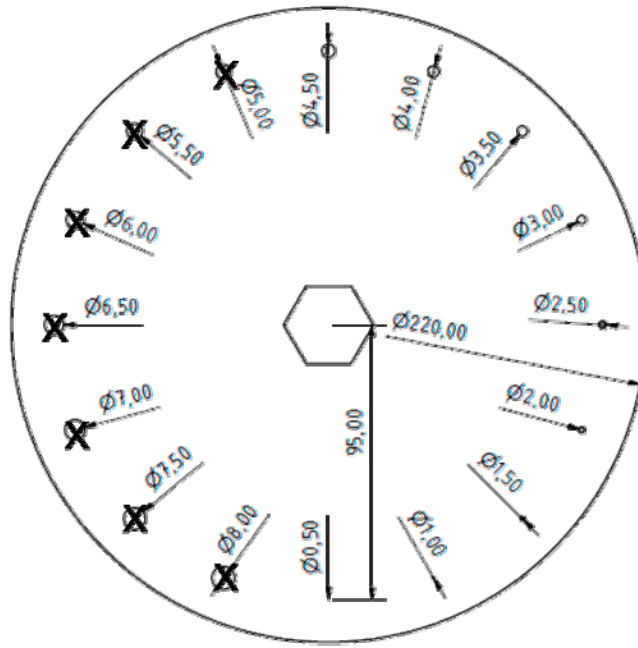
Materyal	Adım (ms^{-1})	Kodlu ve kodsuz plaka çevre hızları (ms^{-1}); X_1				
		-1.414	-1	0	1	1.414
Tüm tohumlar ve küresel materyaller	0.04	0.063	0.08	0.12	0.16	0.1765

Çizelge 3.7. Tohumlar ve küresel materyaller için metodolojiye uygun adım değerlerinde hesaplanmış vakum basınçlarının (X_2) kodlu ve kodsuz (gerçek) değerleri

Materyal	Adım (ms^{-1})	Kodlu ve kodsuz plaka çevre hızları (ms^{-1}); X_1				
		-1.414	-1	0	1	1.414
Ayçiçeği	10	25.8	30	40	50	54.1
Mısır	20	31.7	40	60	80	88.3
Pamuk	20	31.7	40	60	80	88.3
Soya	10	25.8	30	40	50	54.1
ϕ 6 mm küresel	10	25.8	30	40	50	54.1
ϕ 10 mm Küresel	10	25.8	30	40	50	54.1

3.2.2. Denemelerin yürütülmesi

Seçilen tohumluk veya küresel materyalin en küçük boyutu göz önüne alınarak akıllı disk üzerindeki ekime uygun aday delik sayısı belirlenip denemeler bu görüş ışığında yürütülmüştür. Örneğin ayçiçeği ve pamuk için 4.5 mm üzerindeki deliklerin kullanımı durumunda tohumlar delik içerisinden geçeceğinden 4.5 mm'nin üzerindeki delikler denemeler sırasında kapatılmıştır. Böylesi bir durumda ayçiçeği ve pamuk tohumlarının ekimine uygun aday delik sayısı 8 olmuştur (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Ayçiçeği ve pamuk tohumlarının tek dane ekiminde akıllı diskte kullanılabilecek çaptaki deliklerin görünümü

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi (TYM) uyarınca her bir tohumluk/materyal için gerçekleştirilen toplam 13 denemenin her birinde vakum diskinin en az 20 turunu içerecek şekilde video kamera ile elde edilecek görüntüler sonradan yavaş modda izlenmiş (danelerin duruş biçimleri dikkate alınarak) ve dane yakalama oranları (boşluk ve ikizlemeler) saptanmıştır. Dane yakalama oranı çalışma rejimine girmiş bir vakum diskinde ve her bir delik çapı için ayrı ayrı olacak şekilde tek tohuma sahip toplam delik adedi/tur sayısı şeklinde belirlenmiştir. Denemeler sırasında birden fazla tohumun delik üzerinde tutunmasını engelleyici hiç bir tekleme oranı kullanılmamıştır. Böylelikle tekleme düzeni kullanımından

arındırılmış bir sistemde bir tohumun bir delik üzerinde tutunmasını sağlayıcı uygun vakum, delik çapı ve vakum diski çevre hızının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Belirlenen dane yakalama oranları (ayrı çaplardaki her bir aday delik için), boşluk ve ikizleme değerlerini tahminleme için teorik formda tam kuadratik olarak tanımlanan değişkenler Minitab istatistiksel analiz programında stepwise regresyon analizine tabi tutulmuştur.

Sıra üzeri tek dane ekimde performansı maksimum kılacak olan durumda yapışkan bant üzerinde sına denemeleri yapılarak böylece dane yakalama oranının yapışkan bant denemeleri ile ne denli uyum gösterdiği belirlenmiştir. Bu sına denemelerinin yanı sıra diğer çalışmalarda elde edilen sonuçlar ile benzer tohum/küresel materyaller için kıyaslamalar yapılmıştır.

Bant performans denemelerinde değerlendirme esasları; elde edilen tohum aralıkları bilgisayar ortamında istatistik programlarına aktararak anma ekim aralığı (Z) referans alınarak (söz konusu bu çalışma için $Z=11.8 \text{ cm}$) $\leq 0.5 Z$ değeri; $0.5 Z$ değerinden büyük; ancak $1.5 Z$ değerinden küçük mesafeler ile $\geq 1.5 Z$ değerinden büyük aralıklardaki tohumlar için adet ve yüzde olarak hesaplanmıştır. Elde edilen bu üç bölge oransal olarak ifade edildiğinde sırasıyla; İkizlenme (Multiple Index), Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (Quality of Feed Index) ve Boşluk Oranı (Miss Index) olarak tanımlanmaktadır (Kachman ve Smith, 1995).

4. SONUÇLAR ve TARTIŞMA

4.1. Tek Dane / Küresel Materyal Yakalama, İkizleme ve Boşluk Oranına İlişkin Sonuçlar

Dört farklı tohum ve iki küresel materyal kullanılarak yapılan denemelerden elde edilen ham veriler (tek tohum, ikizleme ve boşluk yüzdeleri) EK-I'de, her bir delik çapı için vakum ve disk çevre hızının bir fonksiyonu olarak elde edilen matematiksel modellere ilişkin detaylı istatistiksel analiz sonuçları EK-II'de verilmiştir. Polinomiyal formda geliştirilen ve stepwise regresyon analizi sonucu tüm modellerde yer alan değişkenlerin seçimi %95 önem düzeyinde olup yine tüm modellerdeki değişkenler kodlanmış formdadır. Geliştirilen modellerden yapılacak tahminlemelerde; tek tohum, boşluk veya ikizlenme oranı tahminlemelerinin 100 değerini geçmesini engelleyici şekilde aşağıda verilen transformasyon uygulanmıştır.

$$Y' = \arcsin\left(\sqrt{\frac{Y}{100}}\right) \quad (4.1)$$

Söz konusu bu transformasyonda Y değeri; yüzde olarak tek dane yakalama oranı, ikizleme veya boşluk değeridir.

4.1.1. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada elde edilen sonuçlar

İki farklı bağımsız değişken (disk çevre hızı ve vakum basıncı) her bir değişkenin beş seviyesine içerecek şekilde Tepki Yüzeyleri Metodolojisi (TYM) uyarınca ayçiçeği tohumları kullanılarak gerçekleştirilen denemeler ve deneme deseni Çizelge 4.1'de verildiği gibidir.

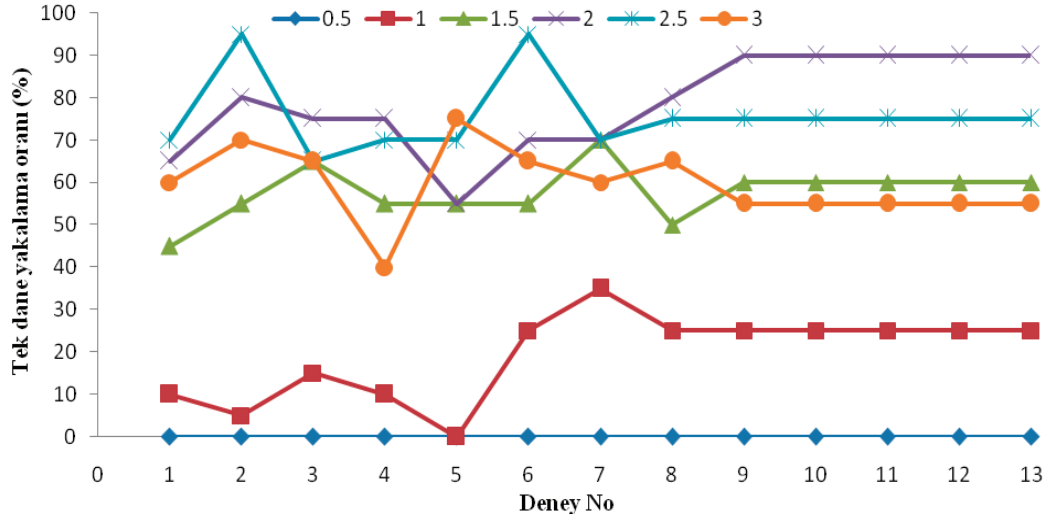
Yapılan denemelerde vakum diskinin çevre hızı ve vakum basıncına bağlı olarak tek dane yakalama yüzdeleri 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ve 3 mm delik çapları için Şekil 4.1'de ve 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 ve 6 mm delik çapları için Şekil 4.2'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 4.1. Ayçiçeği tohumu için kullanılan deneme deseni

Deney No	Disk çevre hızı (X_1)		Vakum Basıncı (X_2)	
	Kodlu	Kodsuz (ms^{-1})	Kodlu	Kodsuz (mbar)
1	1	0.16	-1	30
2	-1	0.08	-1	30
3	-1	0.08	1	50
4	1.414	0.1765	0	40
5	0	0.12	-1.414	25.8
6	1	0.16	1	50
7	0	0.12	1.414	54.1
8	-1.414	0.063	0	40
9	0	0.12	0	40
10	0	0.12	0	40
11	0	0.12	0	40
12	0	0.12	0	40
13	0	0.12	0	40

Şekil 4.1'de görüldüğü üzere 0.5 mm'lik delik çapı, Çizelge 4.1'de belirtilen bağımsız değişkenlere göre hiçbir ayçiçeği tohumunu yakalamamıştır. 1 mm'lik delik çapında; Deney No 5'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=25.8 \text{ mbar}$) tohum yakalama yüzdesi sıfır (0) olup; en fazla tohum yakalama yüzdesi Deney No 7'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=54.1 \text{ mbar}$) elde edilmiştir. Bu da gösteriyor ki ayçiçeği tohumu için ekim makinasının vakum basıncı 30 mbar'dan düşük olmamalıdır. 1.5 mm'lik delik çapının ise denemelere göre en düşük çevre hızı olan $X_1=0.063 \text{ ms}^{-1}$ ile en düşük vakum basıncı olan $X_2=25.08 \text{ mbar}$ 'da bile %50-55 civarında tohum yakalama oranına sahip olduğu görülmüştür. 2 mm'lik delik çapında; en düşük vakum basıncında ($X_2=25.08 \text{ mbar}$) %55 civarında olan tek dane yakalama oranı; Deney No 7'den ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=54.1 \text{ mbar}$) itibaren Deney No 8'deki en düşük disk çevre hızında bile lineer olarak tohum yakalama oranlarında bir artışın olduğu gözlemlenmekle birlikte, Deney No 9 ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=40 \text{ mbar}$) ve sonraki denemelerde tohum yakalama oranı %90'lara ulaşmaktadır. 2.5 mm'lik delik çapının en düşük vakum basıncında ($X_2=25.08 \text{ mbar}$) %70'lerde olan tohum yakalama oranı Deney No 2 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=30 \text{ mbar}$) ve Deney No 6'da ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=50 \text{ mbar}$) %95'lere ulaşmıştır. 3 mm'lik delik çapında, en az tohum yakalama oranının (%40) denemelerdeki en yüksek disk çevre hızında

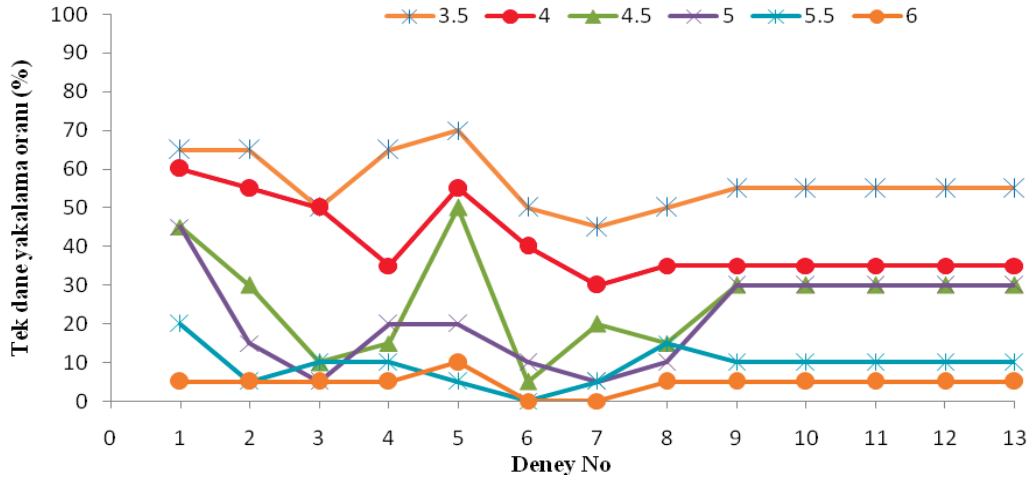
($X_1=0.17 \text{ ms}^{-1}$) gerçekleştiği, en yüksek tohum yakalama oranına (%75) ise denemelerdeki en düşük basınçta ($X_2=25.8 \text{ mbar}$) ulaştığı görülmektedir.



Şekil 4.1. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.1’de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ve 3 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

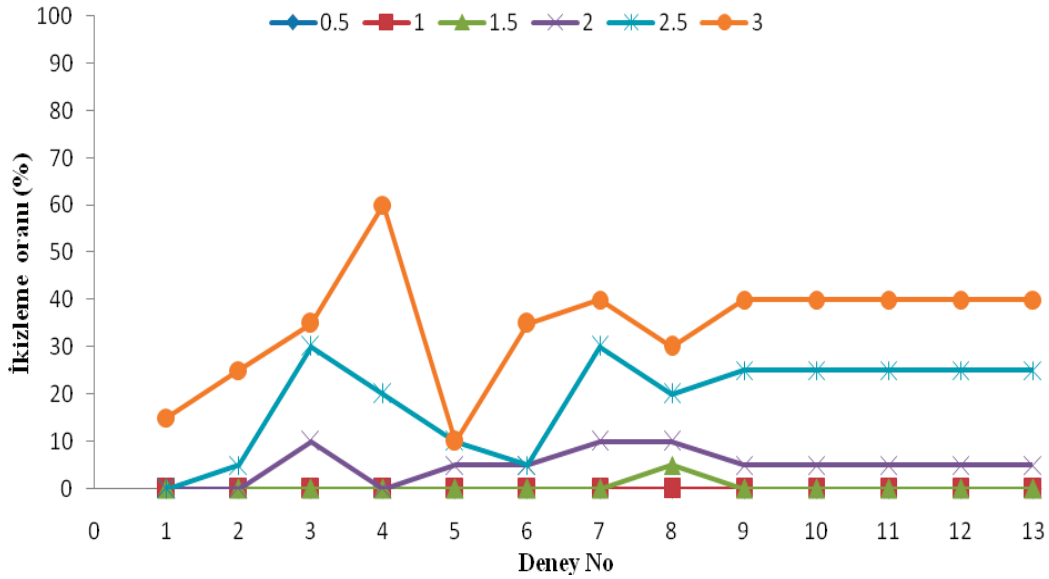
Şekil 4.2’de görüldüğü üzere; 3.5 mm’lik delik çapı, en yüksek tohum yakalama oranına (%70) denemelerdeki en düşük basınçta ($X_2=25.8 \text{ mbar}$) ulaşırken en düşük tohum yakalama oranına ise denemelerdeki en yüksek basınçta ($X_2=54.1 \text{ mbar}$) ulaşmaktadır. 4 mm’lik delik çapının ise en düşük tohum yakalama oranlarına (%30-35) disk çevre hızının en yüksek olduğu ($X_1=0.1765 \text{ ms}^{-1}$) ve vakum basıncının en yüksek olduğu ($X_2=54.1 \text{ mbar}$) değişkenlerde gerçekleştiği gözlemlenmiş olmakla birlikte en yüksek tohum yakalama oranına (%55-60) ise vakum basıncının ($X_2=25.8 \text{ mbar}$ ve $X_2=30 \text{ mbar}$) olduğu durumlarda gerçekleşmiştir. 4.5 mm’lik delik çapı en yüksek tohum yakalama yüzdesine Deney No 5’de ulaşmış olup; 5 mm’lik delik çapı ise Deney No 1’de % 45’lik tek dane tohum yakalama oranına ulaşmıştır. 5.5 ve 6 mm’lik delik çaplarının ise Deney No 6’da tohum yakalama yüzdesi sıfırdır. 6 mm’lik delik çapının en yüksek deney basıncında (Deney No 7) tek tohum yüzdesi sıfır elde edilmiştir. Böylelikle ayçiçeği tohumu için; 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının tutunma oranı kabiliyetinde vakum basıncı ön plandayken 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarında ise disk çevre hızı vakum basıncına göre daha etkili olmaktadır. Buna göre ayçiçeği tohumu için en uygun delik çapının, (Deney No 2’de $X_1=0.08$

ms^{-1} ve $X_2= 30$ mbar ve Deney No 6'da $X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2= 50$ mbar) 2.5 mm olduğunu söylemek mümkündür.

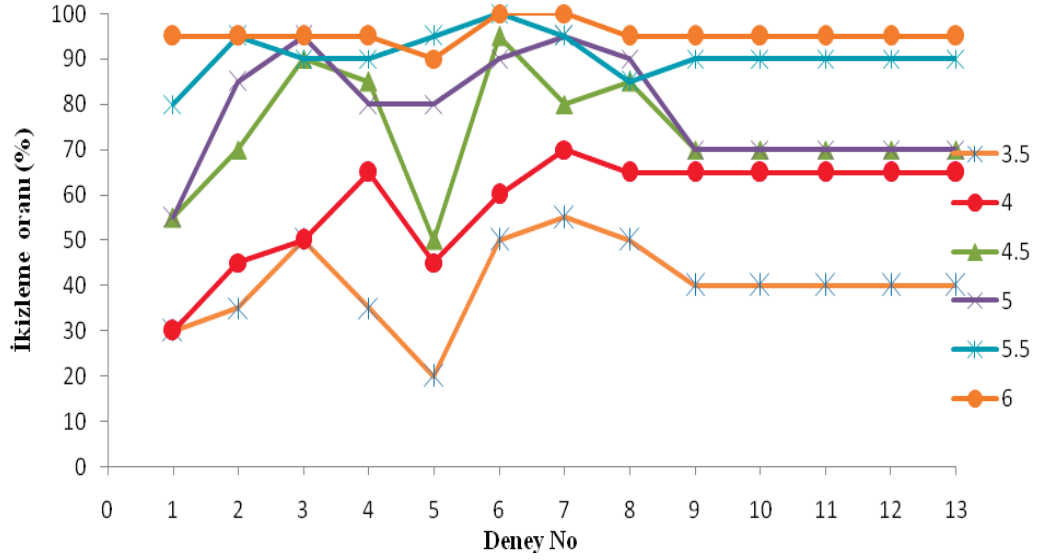


Şekil 4.2. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.1'de verilen deneme deseni uyarınca) 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 ve 6 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

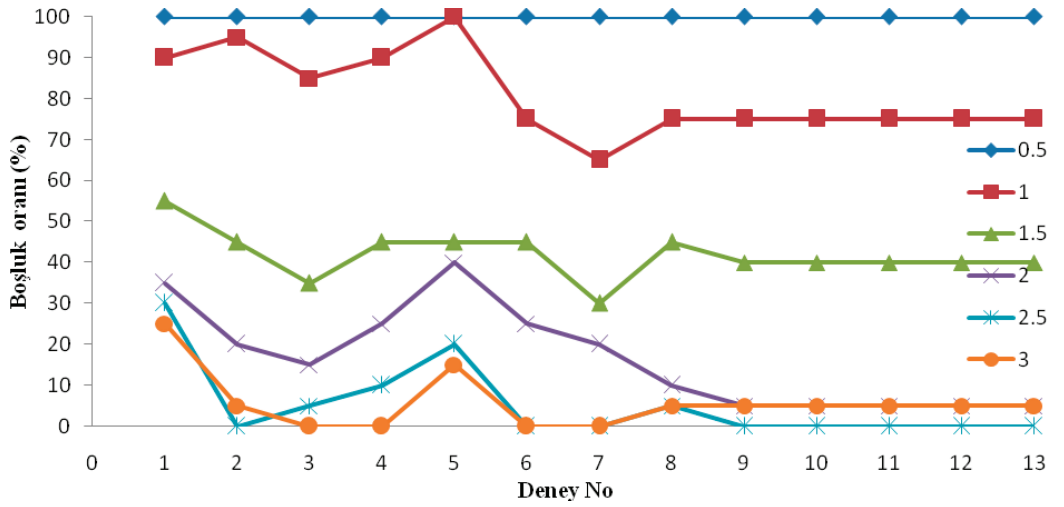
Ayçiçeği ile çalışmada yapılan denemelerde delik çaplarına bağlı olarak ikizleme ve boşluk oranı değerlerinin değişimine ilişkin grafikler 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ve 3 mm delik çapları için sırasıyla Şekil 4.3 ve 4.5'te, 3.5, 4, 4.5, 5 ve 6 mm delik çapları için ise Şekil 4.4 ve 4.6'da gösterildiği gibidir.



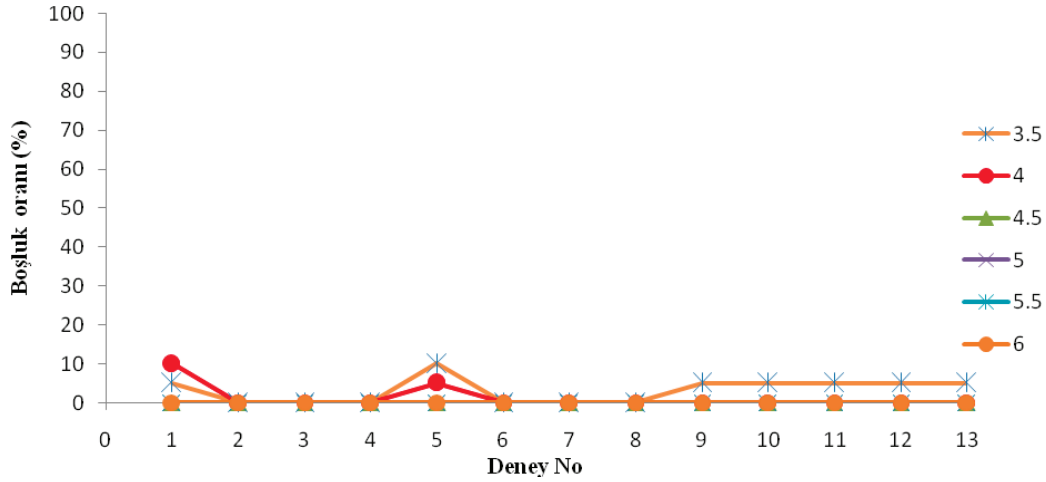
Şekil 4.3. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ve 3 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%)



Şekil 4.4. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.1'de verilen deneme deseni uyarınca) 3.5, 4, 4.5, 5 ve 6 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%)



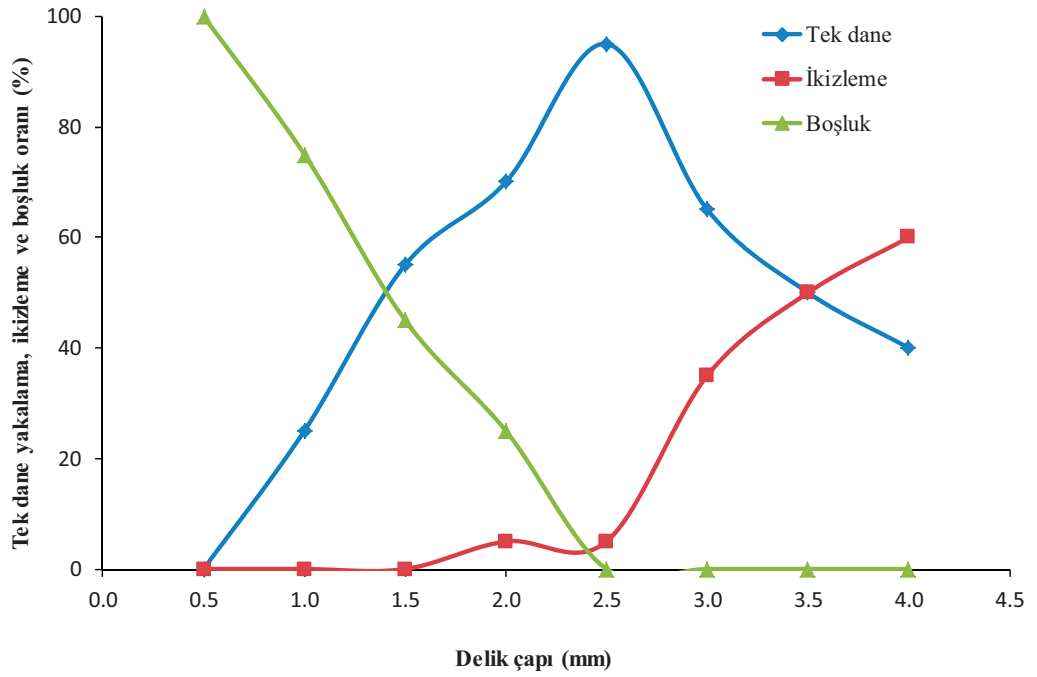
Şekil 4.5. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (TYM deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ve 3 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)



Şekil 4.6. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (TYM deneme deseni uyarınca) 3.5, 4, 4.5, 5, 5.5 ve 6 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)

Tek tohum, ikizleme ve boşluk değerlerine ilişkin grafikler toplu olarak irdelendiğinde akıllı vakum diskinin ayçiçeği tohumlarının ekiminde uygun delik çapını seçmede önemli bir işlevsel rol yaptığını söylemek mümkündür. En küçük delik çapı olan 0.5 mm delik çapında tohum tutunması mümkün olmazken tek dane yakalama oranı ve buna bağlı boşluk ve ikizlenme değerlerinin delik çapı arttıkça değişim gösterdiği anlaşılmaktadır. Delik çapı 2.5 mm değerine ulaştığında özellikle Deney No 2’de ve Deney No 6’da tek dane yakalama oranı değeri %95’e ulaşırken delik çapının büyümesi ile tek dane yakalama oranı düşüş göstermekte ve bu düşüşün asıl nedeni ise ikizlenme değerinin artmasıdır (Şekil 4.4). Delik çapının 2.5 mm’den 6 mm’ye çıkması durumunda etkin bir tekleme işleminin yapılması gerektiği ve bu yolla tek dane ekimde sıra üzeri arzulanan bir performansa ulaşmanın mümkün olacağı açıktır.

Deney No 6’da delik çaplarına bağlı olarak 0.16 ms^{-1} disk çevre hızı ve 50 mbar vakum değerinde tek dane yakalama, ikizleme ve boşluk oranı değerlerinin değişimi Şekil 4.7’de gösterildiği gibidir. Şekilden görüleceği üzere 2.5 mm delik çapı tek dane yakalama oranı %95 düzeyinde olup ikizleme oranı ise %5 düzeyindedir.



Şekil 4.7. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada 0.16 ms^{-1} disk çevre hızı ve 50 mbar vakumda (Deney No:6) delik çaplarına göre tek dane yakalama, ikizleme ve boşluk oranı değerlerinin değişimi

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi kullanılarak gerçekleştirilen denemeler sonucunda her bir üründe ve her bir delik çapı için vakum ve disk çevre hızının bir fonksiyonu olacak şekilde ayrı ayrı polinomiyal modeller geliştirilmiştir. Çizelge 4.2.'de ayçiçeği tohumu için tek dane yakalama oranı modelleri, Çizelge 4.3.'de ikizleme oranı ve Çizelge 4.4.'de boşluk oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2) verilmiştir.

Çizelgelerdeki modeller minitab paket programına iki değişkenin tam kuadratik olarak tanımlanması sonucu %95 önem düzeyinde stepwise regresyon analizi sonucunda elde edilmiş olup delik çaplarına bağlı olarak farklı modeller oluştuğunu söylemek mümkündür. Çizelge 4.2'den görüleceği üzere en yüksek tahminleme katsayısına sahip (R^2) model 2 mm delik çapında elde edilmiştir. Her iki değişkenin de ikinci dereceden formlarının da yer aldığı tek eşitlik de söz konusu bu çapta gerçekleşmiştir. Delik çapı 2.5 mm olduğunda ise iki değişkenin interaksyonu tek dane yakalama oranı üzerinde etkilidir.

Çizelge 4.2. Ayçiçeği tohumu için tek dane yakalama oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	$Y'_{at1} = 0.4881 + 0.159X_2 - 0.098X_2^2$	75.95
1.5	$Y'_{at1.5} = 0.8911 + 0.053X_2 - 0.045X_1^2$	73.55
2	$Y'_{at2} = 1.249 - 0.161X_2^2 - 0.080X_1^2 - 0.039X_1$	91.92
2.5	$Y'_{at2.5} = 1.067 + 0.190X_1X_2$	73.64
3	$Y'_{at3} = 0.8356 + 0.078X_2^2 - 0.058X_1$	70.92
3.5	$Y'_{at3.5} = 0.8518 - 0.083X_2 + 0.027X_1$	87.98
4	$Y'_{at4} = 0.6552 - 0.077X_2 + 0.065X_2^2$	61.82
4.5	$Y'_{at4.5} = 0.5873 - 0.153X_2 - 0.104X_1^2 - 0.063X_1X_2$	93.91
5	$Y'_{at5} = 0.4656 - 0.115X_2$	35.57
5.5	$Y'_{at5.5} = 0.3280 - 0.140X_1X_2 - 0.059X_2^2 - 0.046X_2$	82.63
6	$Y'_{at6} = 0.1982 - 0.085X_2$	57.15

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Tek dane yakalama oranına ilişkin olarak verilen (Çizelge 4.2) modellerden iki değişkenin de optimumlarının hesaplanabileceği tek eşitlik 2 mm delik çapı için geliştirilen (Y'_{at2}) eşitliktir. Bu eşitlikte bağımsız terimlerin kısmi türevleri alınıp sıfıra eşitlendiğinde aşağıda verilen kodlu formdaki sayısal değerler elde edilir.

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y'_{at2}}{\partial X_1} &= -0.16X_1 - 0.039 = 0 \\ X_1 &= -0.243 \end{aligned} \quad (4.2)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial Y'_{at2}}{\partial X_2} &= -0.322X_2 = 0 \\ X_2 &= 0 \end{aligned} \quad (4.3)$$

Bulunan bu kodlu değerler Y'_{at2} eşitliğinde yerine yazıldığında 2 mm delik çapında ulaşılabilecek maksimum tek dane yakalama oranı değeri elde edilir.

$$X_1 = -0.243 \text{ ve } X_2 = 0 \Rightarrow Y'_{at2} = 1.253 \quad (4.4)$$

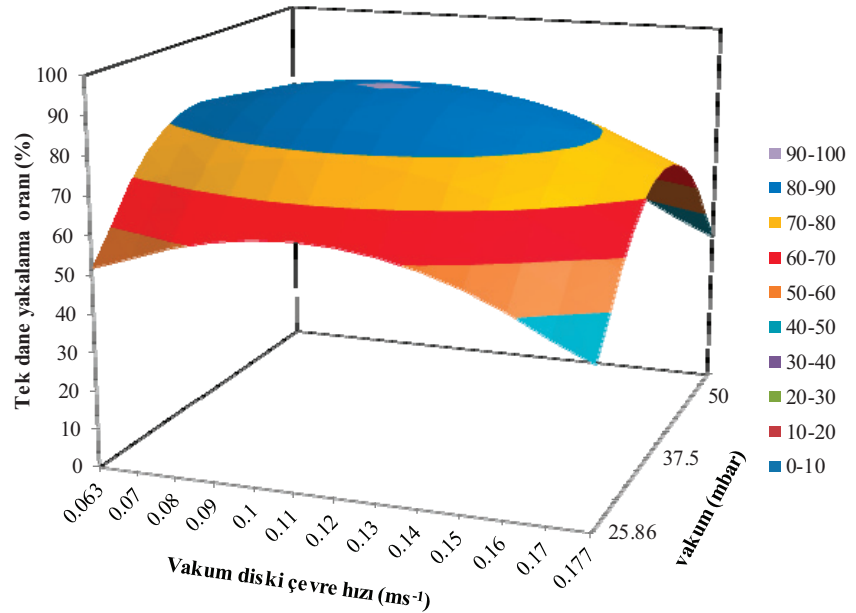
Eşitlik 4.1’de verilen transformasyonun tersi uygulandığında yüzde olarak ulaşılabilecek maksimum dane yakalama oranı elde edilir. Bu değer de %90.2’dir.

Eşitlik 4.2 ve 4.3’de verilen ve kodlu haldeki değişkenlerin gerçek değerlerine eşitlik 3.3 ve 3.5 kullanılarak aşağıdaki şekilde elde edilir.

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -0.243 \Rightarrow X_1 = 0.11 \text{ ms}^{-1} \quad (4.5)$$

$$\frac{X_2 - 40}{10} = 0 \Rightarrow X_2 = 40 \text{ mbar} \quad (4.6)$$

Değerleri orijinal birimlerine dönüştürülmüş ve optimum değerleri yukarıda hesaplanmış 2 mm delik çapında tek dane yakalama oranının değişimi Şekil 4.8’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.8. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada 2 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı tek dane yakalama oranı performansının değişimi

Ayçiçeği tohumları ile çalışmada geliştirilen ikizleme ve boşluk oranı modelleri sırasıyla Çizelge 4.3 ve 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Ayçiçeği tohumu için ikizleme oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	na	
1.5	na	
2	$Y'_{ai2}=0.1957+0.085X_2-0.069X_1$	57.09
2.5	na	
3	$Y'_{ai3}=0.6891+0.107X_2-0.109X_2^2$	71.96
3.5	$Y'_{ai3.5}=0.6865+0.111X_2-0.034X_1$	90.16
4	$Y'_{ai4}=0.8675+0.090X_2$	36.92
4.5	$Y'_{ai4.5}=0.9835+0.153X_2+0.104X_1^2+0.063X_1X_2$	93.91
5	$Y'_{ai5}=1.105+0.115X_2$	35.57
5.5	$Y'_{ai5.5}=1.243+0.140X_1X_2+0.059X_2^2+0.046X_2$	82.63
6	$Y'_{ai6}=1.373+0.085$	57.15

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Çizelge 4.4. Ayçiçeği tohumu için boşluk oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	$Y'_{ab1}=1.083-0.159X_2+0.098X_2^2$	75.95
1.5	$Y'_{ab1.5}=0.6819-0.053-0.053X_2+0.035X_1^2+0.025X_1$	81.54
2	$Y'_{ab2}=0.2255+0.1759X_2^2+0.1001X_1^2+0.0726X_1-0.0610X_2$	99.12
2.5	$Y'_{ab2.5}=0.000006223-0.201X_1X_2-0.126X_2+0.124X_1^2+0.103X_2^2+0.061X_1$	95.50
3	$Y'_{ab3}=0.1923-0.164X_2$	69.91
3.5	$Y'_{ab3.5}=0.1989-0.114X_1^2-0.085X_2$	77.51
4	$Y'_{ab4}=0.004179-0.080X_2+0.062X_2^2-0.080X_1X_2+0.040X_1$	89.08
4.5	na	
5	na	
5.5	na	
6	na	

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Ayçiçeği tohumları için ikizleme oranı açısından 3.5 mm delik çapı ve boşluk oranı açısından bakıldığında ise 2 ve 2.5 mm delik çapı için geliştirilen modellerin tahminleme katsayıları $R^2 \geq \%90$ olan modeller olarak kayda değerdir. Hem tahminleme katsayısı açısından hem de her iki değişkenin ikinci derece formlarının modelde yer alması nedeniyle 2 ve 2.5 mm delik çaplarındaki boşluk oranlarında optimum değerler hesaplanabilir olup her iki delik çapı için boşluk oranı fonksiyonları Şekil 4.9 ve 4.10'da gösterildiği gibi bir tepki yüzeyine sahiptir. 2 mm çapta boşluk oranı için optimum değerler aşağıdaki şekilde hesaplanabilir.

$$\frac{\partial Y'_{at2}}{\partial X_1} = 0.2002 X_1 + 0.0726 = 0 \quad (4.7)$$

$$X_1 = -0.362$$

$$\frac{\partial Y'_{at2}}{\partial X_2} = 0.3518 X_2 - 0.061 = 0 \quad (4.8)$$

$$X_2 = 0.173$$

Söz konusu bu optimum değerlerde 2 mm delik çapında ulaşılacak maksimum boşluk oranı aşağıda hesaplandığı (eşitlik 4.9) şekliyle %4.22 düzeyindedir.

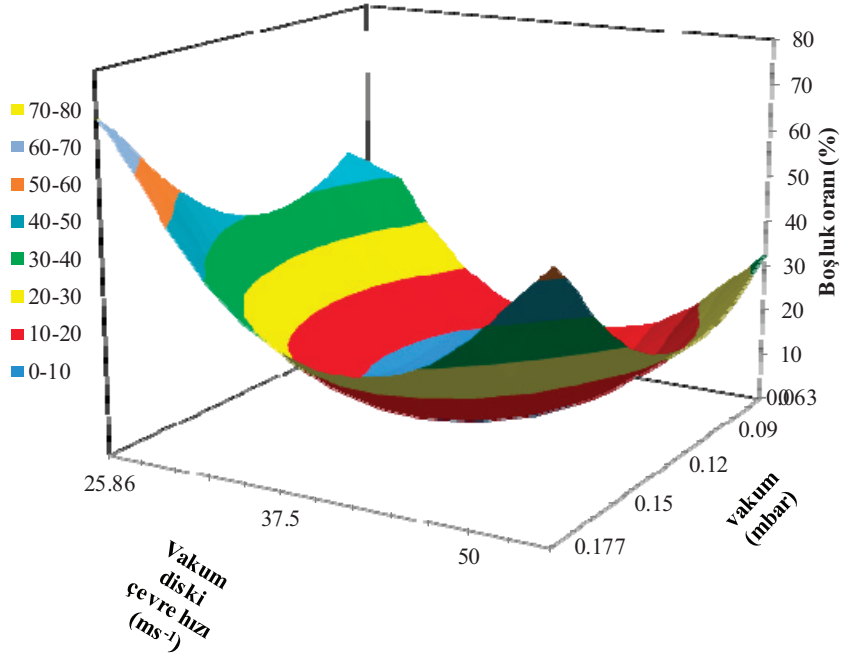
$$X_1 = -0.362 \text{ ve } X_2 = 0.173 \Rightarrow Y'_{at2} = 4.22 \% \quad (4.9)$$

Vakum diski çevre hızı ve vakum değerlerinin kodsuz formdaki dönüşümleri aşağıda hesaplandığı gibidir.

$$\frac{X_1 - 0.12}{0.04} = -0.362 \Rightarrow X_1 = 0.105 \text{ ms}^{-1} \quad (4.10)$$

$$\frac{X_2 - 40}{10} = 0.173 \Rightarrow X_2 = 41.73 \text{ mbar} \quad (4.11)$$

Ayçiçeği tohumları için 2 mm delik çapında hesaplanan optimum değerler ile aynı delik çapında boşluk oranı için hesaplanan değerler birbirine yakındır.



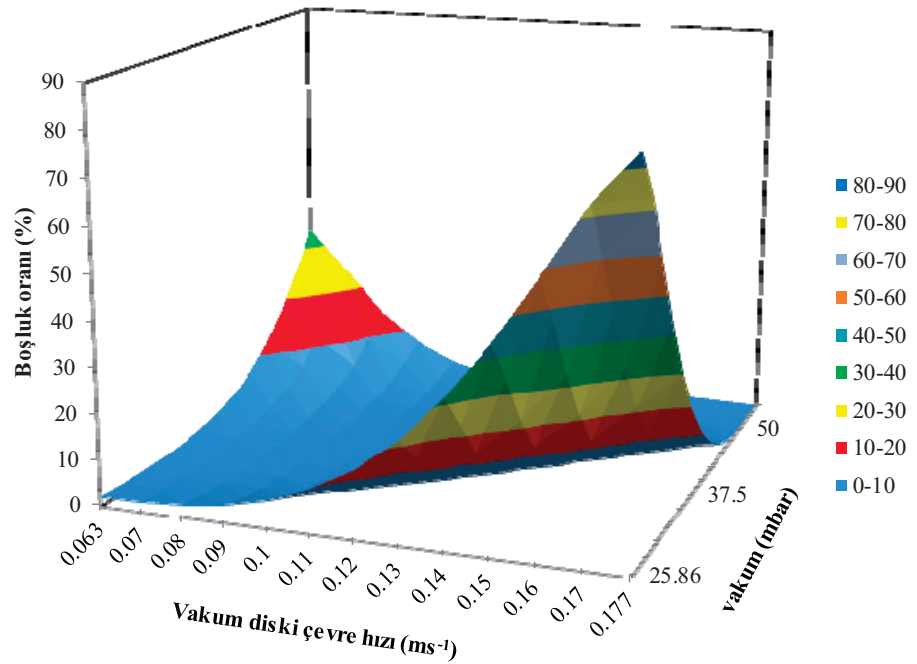
Şekil 4.9. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada 2 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı boşluk oranı değerlerindeki değişim

Benzer hesaplamalar 2.5 mm delik çapı için yapıldığında boşluk oranı modelini ($Y'_{ab2.5}$) minimum yapan değişkenlerin değerleri aşağıda verildiği gibi elde edilen iki bilinmeyenli denklemlerin çözülmesiyle hesaplanabilir.

$$\frac{\partial Y'_{ab2.5}}{\partial X_1} = 0.248 X_1 - 0.201 X_2 + 0.061 \quad (4.12)$$

$$\frac{\partial Y'_{ab2.5}}{\partial X_2} = -0.201 X_1 + 0.206 X_2 - 0.126 \quad (4.13)$$

Ancak yukarıda verilen denklemlerden elde edilen optimum değerler denemenin yürütüldüğü ± 1.414 aralığının dışında oluşmaktadır. Bu nedenle ayçiçeği tohumlarının tek dane ekiminde uygun çap olarak görünen 2.5 mm delik çapında uygun vakum diski çevre hızı ve vakum basıncı değerine ilişkin seçimin elde edilen ham veriler üzerinden yapılması gerekmektedir.



Şekil 4.10. Ayçiçeği tohumları ile çalışmada 2.5 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı boşluk oranı değerlerindeki değişim

4.1.2. Mısır tohumları ile çalışmada elde edilen sonuçlar

Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) uyarınca mısır tohumu ile yapılan denemeler Çizelge 4.5'de verildiği gibidir.

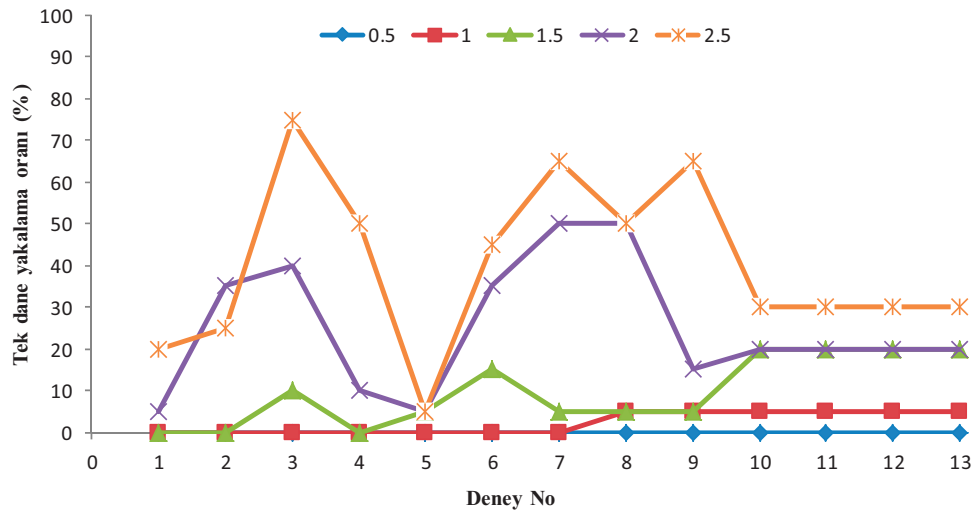
Çizelge 4.5. Mısır tohumu için kullanılan deneme deseni

Deney No	Disk çevre hızı (X_1)		Vakum Basıncı (X_2)	
	Kodlu	Kodsuz (ms^{-1})	Kodlu	Kodsuz (mbar)
1	1	0.16	-1	40
2	-1	0.08	-1	40
3	-1	0.08	1	80
4	1.414	0.1765	0	60
5	0	0.12	-1.414	31.7
6	1	0.16	1	80
7	0	0.12	1.414	88.3
8	-1.414	0.063	0	60
9	0	0.12	0	60
10	0	0.12	0	60
11	0	0.12	0	60
12	0	0.12	0	60
13	0	0.12	0	60

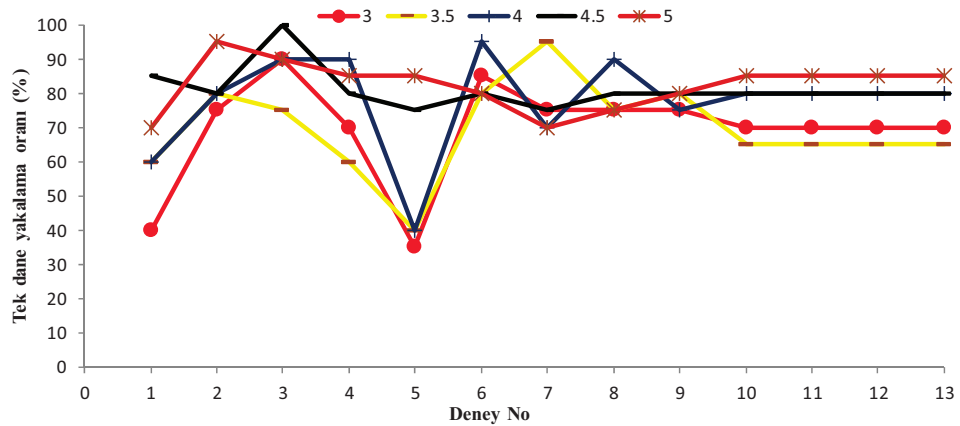
Yapılan denemelerde Deney No'ya göre değişken olan akıllı diskin çevre hızı ve vakum basıncına göre her bir delik çapının tek dane yakalama yüzdeleri Şekil 4.11, 4.12 ve 4.13'de gösterildiği gibidir.

Şekil 4.11'de görüldüğü gibi 0.5 mm'lik delik çapı, Çizelge 4.5.'de belirtilen bağımsız değişkenlere göre hiçbir mısır tohumunu yakalayamamıştır. 1 mm'lik delik çapının; Deney No 8'den ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=60 \text{ mbar}$) itibaren tohum yakalamaya başladığı görülmektedir. 1 mm'lik delik çapının, deneme desenindeki en büyük vakum basıncında ($X_2=88.3 \text{ mbar}$) bile tohum yakalayamaması ve deneme desenindeki en küçük disk devrinde ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$) ve vakum basıncında ($X_2=60 \text{ mbar}$) tohum yakalamaya başlaması mısır tohumu için disk hızının (X_1) 0.06 ms^{-1} 'den düşük olmaması; vakum basıncının (X_2) ise 60 mbar'dan düşük olmaması gerektiğini göstermektedir. Ayrıca küçük çaplarda vakum basıncının

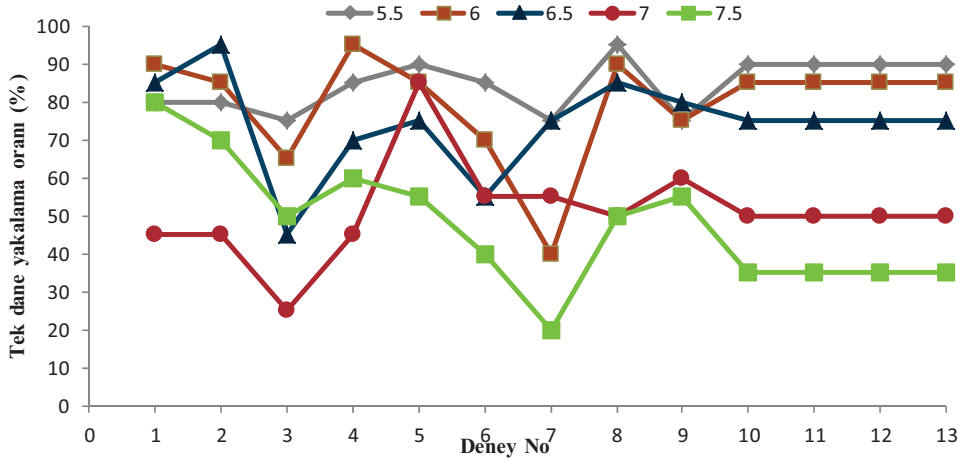
artırılmasının tohumların yakalanma oranında etkinliğinin olmadığı saptanmıştır. 1.5 mm delik çapının ise %20 ile en fazla tohum yakalama oranına bağımsız değişkenlerin $X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=60 \text{ mbar}$ olduğu durumda ulaştığı gözlemlenmiştir. 2 mm'lik delik çapında tohum yakalama oranı Deney No 7 ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=88.3 \text{ mbar}$) ve Deney No 8'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=60 \text{ mbar}$) %50'ye ulaşmaktadır. 2.5 mm delik çapında %75'lere varan tek tohum oranına ulaşılmış olup; Deney No 5 ve Deney No 6'da grafiğin eğiminin birden artması, deneme desenindeki vakum basıncındaki ani değişimden ileri gelmektedir.



Şekil 4.11. Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 0.5, 1, 1.5, 2 ve 2.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)



Şekil 4.12. Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)



Şekil 4.13. Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 5.5, 6, 6.5, 7 ve 7.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

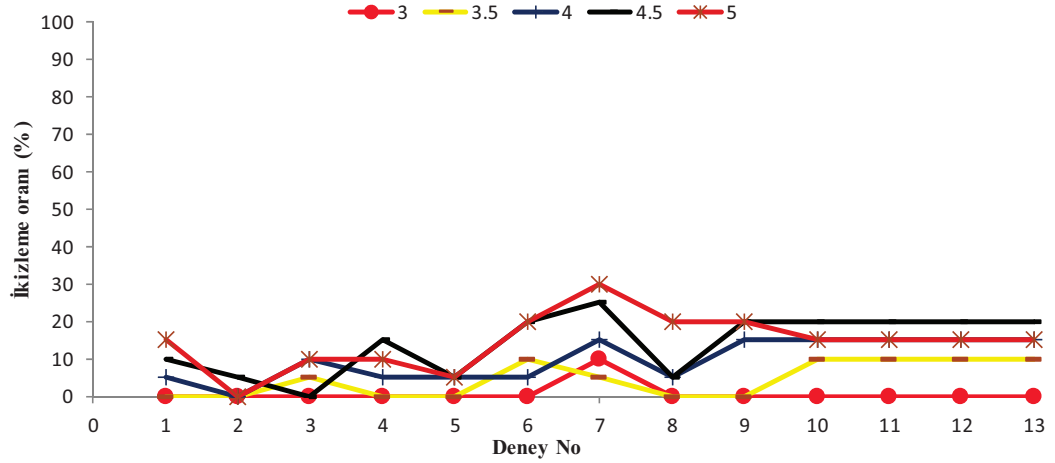
Şekil 4.12'de 3-3.5-4-4.5 ve 5 mm çaplı delikler incelendiğinde; 3 mm'lik delik çapının en fazla tohum yakalama oranına (%90) Deney No 3'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=80 \text{ mbar}$) ulaştığı, 3.5 mm'lik delik çapının Deney No 7'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=88.3 \text{ mbar}$) %95'lere varan tohum yakalama düzeyine ulaştığı, 4 mm'lik delik çapının ise %90'lık oran ile Deney No 6'da ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=80 \text{ mbar}$) maksimum seviyeye ulaştığı görülmektedir. Bağımsız değişkenleri farklı 9 deneyde, 4 mm'lik delik çapının en düşük tohum yakalama yüzdesi %40 civarındadır. 4.5 mm'lik delik çapının ise tek tohum yüzdesi %100 civarında olup; bu değere Deney No 3'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=80 \text{ mbar}$) ulaşılmıştır. 5 mm'lik delik çapının %95'lere varan tek tohum yakalama yüzdesine Deney No 2'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=40 \text{ mbar}$) ulaşılmıştır.

Şekil 4.13'de görüldüğü üzere 5.5 mm'lik delik çapı Deney No 8'de ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=60 \text{ mbar}$), 6 mm'lik delik çapı Deney No 4'de ($X_1=0.17 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=60 \text{ mbar}$), 6.5 mm'lik delik çapı ise Deney No 2'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=40 \text{ mbar}$) %95'lere varan tek tohum yüzdesine ulaşmaktadırlar. 7 mm'lik delik çapı Deney No 5'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=31.7 \text{ mbar}$) %85'lere varan tek tohum yüzdesine sahipken; 7.5 mm'lik delik çapı ise en yüksek tohum yakalama oranına (%80) Deney No 1'de ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=40 \text{ mbar}$) ulaşmıştır.

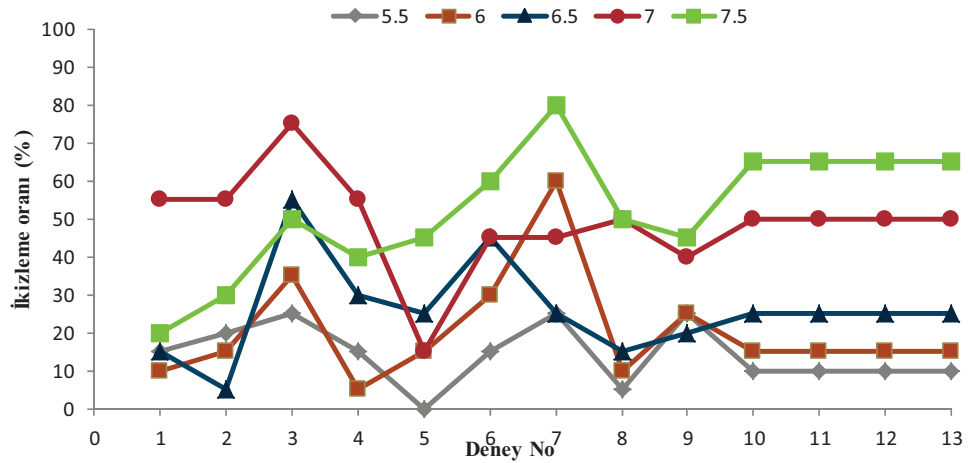
Ayçiçeği kullanımında olduğu gibi akıllı vakum diskinin uygun delik çapını belirlemesi için yapılan denemeler sonucunda delik çapının 0.5 mm'den artışı ile birlikte tek dane yakalama oranının giderek arttığı ve genelde 4.5 mm delik çapında en uygun sonuçlar verdiği açıktır.

Mısır tohumları ile çalışmada deney no'ya göre ikizleme oranı ve boşluk oranındaki değişimler Şekil 4.14, 4.15, 4.16, 4.17 ve 4.18'de gösterildiği gibidir.

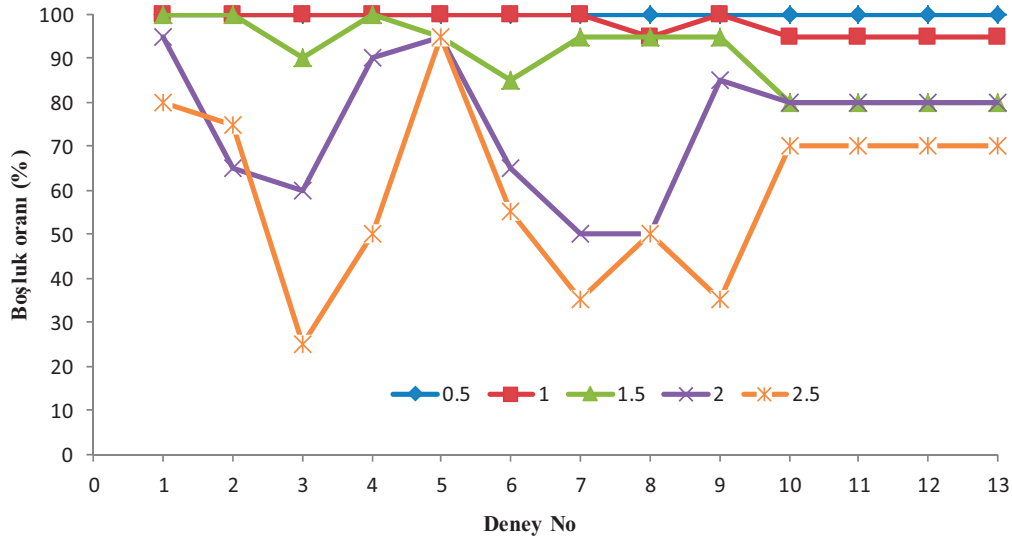
Mısır tohumları ile çalışmada 0.5, 1,1.5, 2 ve 2.5 mm delik çaplarında hiç bir ikizleme meydana gelmemiştir. Bunun nedeni ise söz konusu bu delik çaplarında büyük oranlarda boşlukların oluşmasıdır.



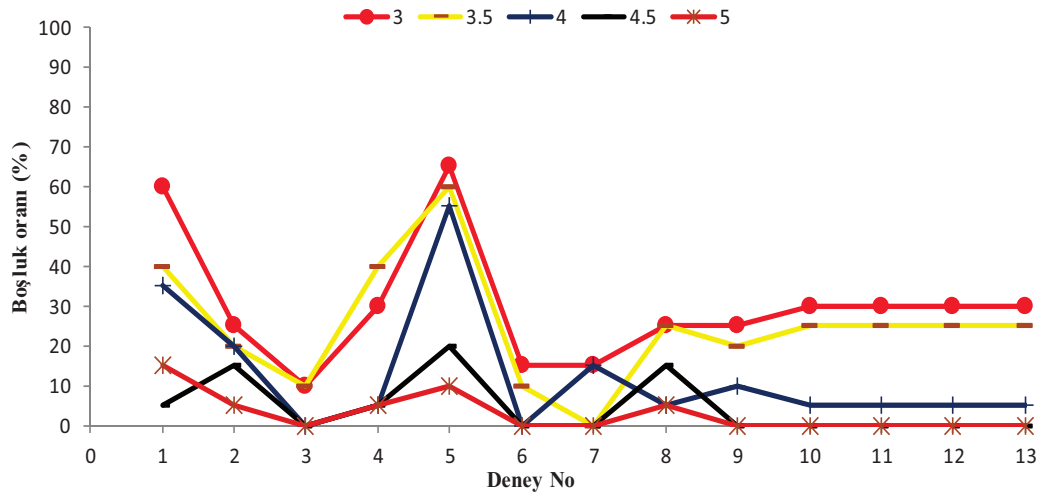
Şekil 4.14. Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%)



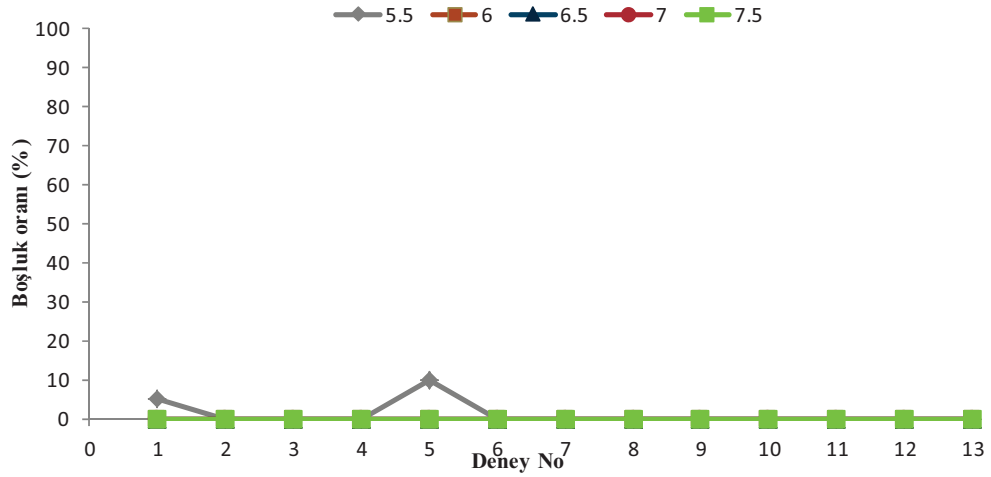
Şekil 4.15. Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 5.5, 6, 6.5, 7 ve 7.5 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%)



Şekil 4.16. Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 0.5, 1, 1.5, 2 ve 2.5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)

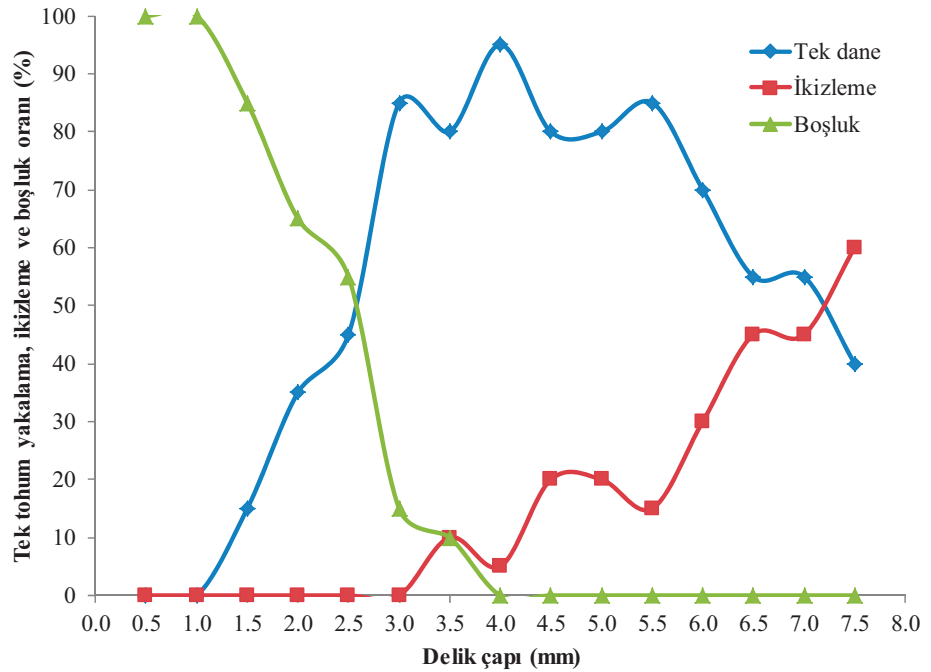


Şekil 4.17. Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 3, 3.5, 4, 4.5 ve 5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)

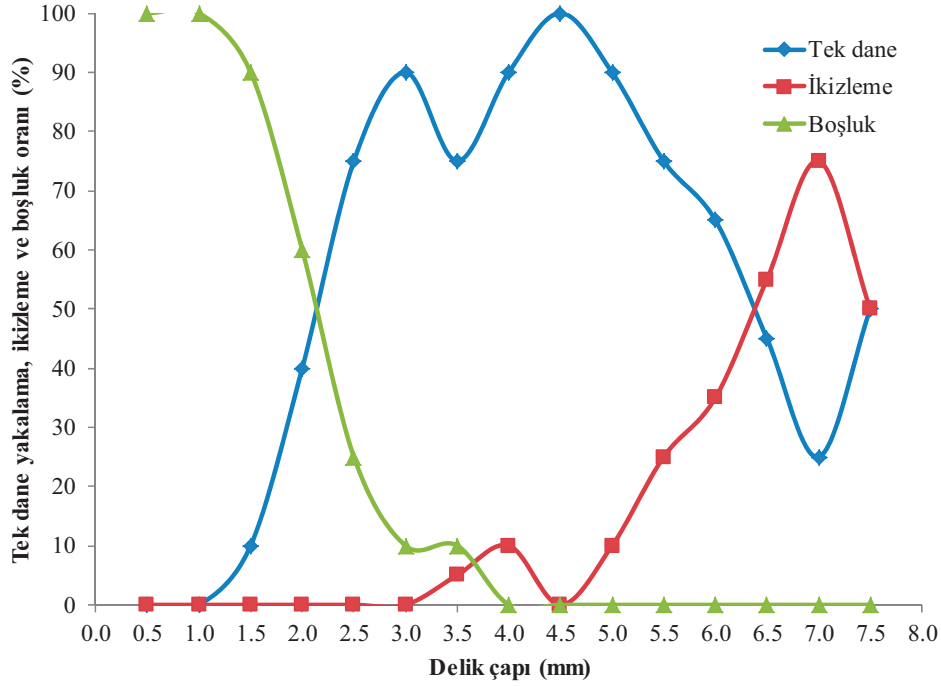


Şekil 4.18. Mısır tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde 5.5, 6, 6.5, 7 ve 7.5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)

Mısır tohumları ile çalışmada en yüksek dane yakalama oranı değerini veren ve yapılan denemelerden seçilen iki farklı deney sonuçları delik çapına bağlı olarak tek dane yakalama, ikizleme ve boşluk oranındaki değişimler Şekil 4.19 ve 4.20'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.19. Mısır tohumları ile çalışmada disk çevre hızı: 0.16 ms^{-1} ve vakum basıncı : 80 mbar'da (Deney No:6) delik çaplarına göre tek dane yakalama, boşluk ve ikizleme oranı değerlerinin değişimi



Şekil 4.20. Mısır tohumları ile çalışmada disk çevre hızı: 0.08 ms^{-1} ve vakum : 80 mbar'da (Deney No:3) delik çaplarına göre tek dane yakalama, boşluk ve ikizleme oranı değerlerinin değişimi

Mısır tohumları kullanımında her bir delik çapı için vakum ve disk çevre hızının bir fonksiyonu olacak şekilde ayrı ayrı geliştirilen polinomiyal modeller tek dane yakalama, ikizleme ve boşluk oranı için sırasıyla Çizelge 4.6, 4.7 ve 4.8'de verildiği gibidir. Çizelgeler incelendiğinde model tahminleme katsayısı $R^2 \geq 0.90$ olan modeller, tek dane yakalama ve ikizleme oranı için 4 ve 6 mm delik çapları için elde edilirken, boşluk oranı modelleri arasından 5 mm delik çapında oluşan model öne çıkan modeller arasındadır. Bu modellerin önemli bir özelliği de bağımsız değişken olarak ele alınan vakum diski çevre hızı ve vakum değerinin ikinci derece formlarının model içerisinde yer almasıdır.

Çizelge 4.6. Mısır tohumu için tek dane yakalama (Y_{mt}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	$Y'_{mt1} = 0.1471 - 0.098X_2^2$	43.49
1.5	$Y'_{m1.5} = 0.3516 - 0.137X_1^2$	33.53
2	$Y'_{mt2} = 0.5036 + 0.156X_2 - 0.139X_1 + 0.089X_1X_2$	88.89
2.5	$Y'_{mt2.5} = 0.6739 + 0.225X_2$	66.51
3	$Y'_{mt3} = 0.9911 + 0.160X_2$	60.87
3.5	$Y'_{mt3.5} = 1.007 + 0.153X_2$	57.17
4	$Y'_{mt4} = 1.095 + 0.129X_2 + 0.103X_1^2 - 0.103X_2^2 + 0.079X_1X_2$	91.19
4.5	$Y'_{mt4.5} = 1.139 - 0.132X_1X_2$	32.83
5	na	
5.5	na	
6	$Y'_{mt6} = 1.148 - 0.148X_2 - 0.116X_2^2 + 0.068X_1^2$	91.96
6.5	$Y'_{mt6.5} = 1.050 - 0.118X_2$	41.68
7	na	
7.5	$Y'_{mt7.5} = 0.6912 - 0.144X_2 + 0.115X_1^2$	72.23

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Çizelge 4.7. Mısır tohumu için ikizleme (Y_{mi}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	na	
1.5	na	
2	na	
2.5	na	
3	na	
3.5	$Y'_{mi3.5} = 0.2211 + 0.108X_2 - 0.102X_1^2$	57.04
4	$Y'_{mi4} = 0.3977 - 0.105X_1^2 + 0.071X_2 - 0.062X_2^2 - 0.080X_1X_2$	90.70
4.5	na	
5	$Y'_{mi5} = 0.3714 + 0.111X_2$	41.72
5.5	$Y'_{mi5.5} = 0.3646 + 0.100X_2$	32.22
6	$Y'_{mi6} = 0.4229 + 0.148X_2 + 0.116X_2^2 - 0.068X_1^2$	91.96
6.5	$Y'_{mi6.5} = 0.5213 + 0.118X_2$	41.68
7	na	
7.5	$Y'_{mi7.5} = 0.8796 + 0.144X_2 - 0.1150X_1^2$	72.23

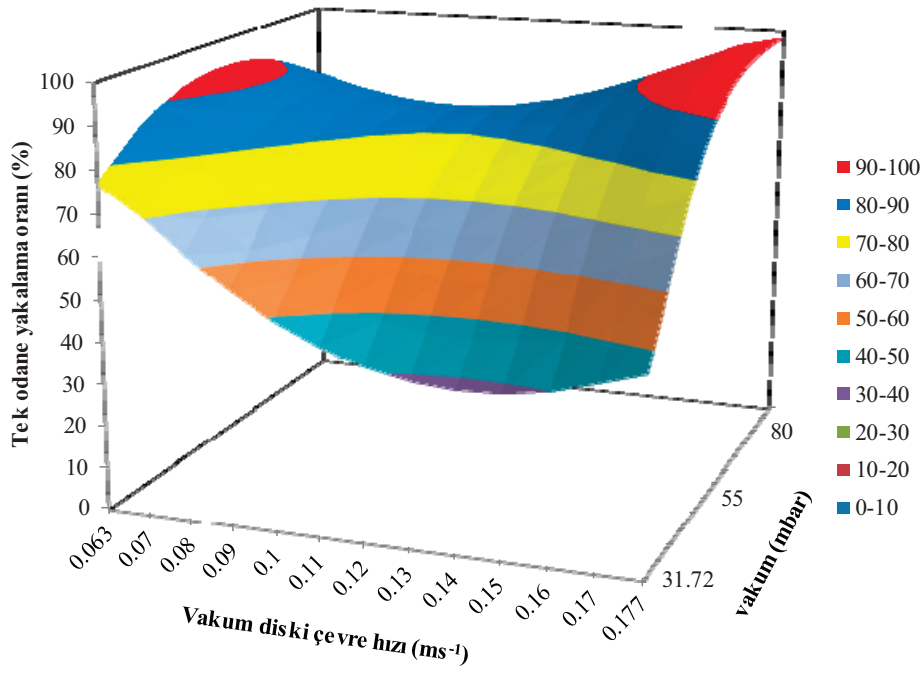
na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Çizelge 4.8. Mısır boşluk (Y_{mb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

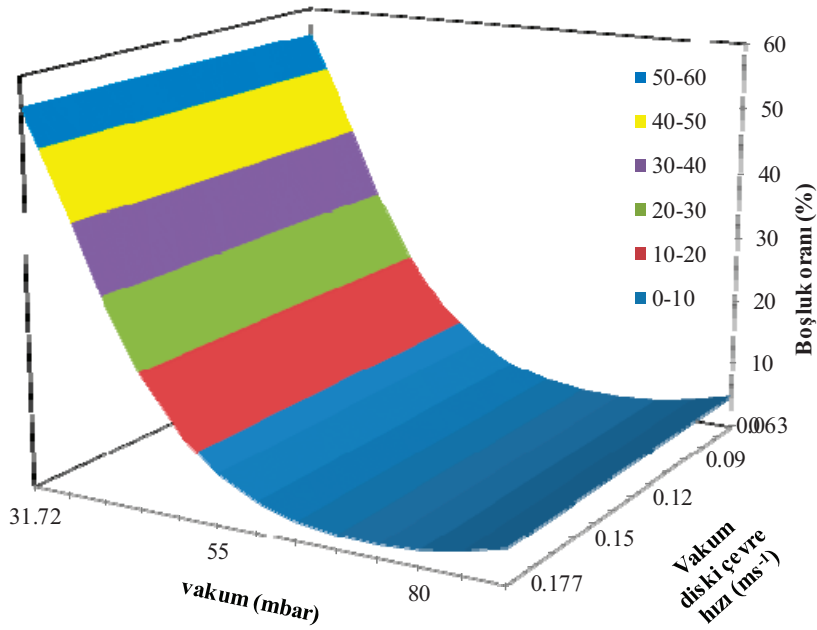
Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	$Y'_{mb1} = 1.424 + 0.098X_2^2$	43.49
1.5	$Y'_{mb1.5} = 1.219 + 0.137X_1^2$	33.53
2	$Y'_{mb2} = 1.067 - 0.156X_2 + 0.139X_1 - 0.089X_1X_2$	88.89
2.5	$Y'_{mb2.5} = 0.8969 - 0.225X_2$	66.51
3	$Y'_{mb3} = 0.5700 + 0.065X_1$	82.01
3.5	$Y'_{mb3.5} = 0.4957 - 0.220X_2$	72.06
4	$Y'_{mb4} = 0.2125 - 0.214X_2 + 0.155X_2^2$	83.25
4.5	$Y'_{mb4.5} = 0.00001401 - 0.160X_2 + 0.127X_1^2 + 0.087X_2^2$	86.11
5	$Y'_{mb5} = 0.000004524 - 0.135X_2 + 0.103X_1^2 + 0.071X_2^2$	92.00
5.5	$Y'_{mb5.5} = -0.004187 - 0.085X_2 + 0.075X_2^2 - 0.056X_1X_2$	84.23
6.0	na	
6.5	na	
7.0	na	
7.5	na	

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Mısır tohumlarının kullanılarak yapılan denemelerden elde edilen veriler sonucu geliştirilen modeller içinden 4 mm çapındaki delikte oluşan tek dane yakalama oranları ve boşluk oranlarının üç boyutlu yüzey gösterimleri Şekil 4.21 ve 4.22'de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.21. Mısır tohumları ile çalışmada 4 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı tek dane yakalama oranları (%)



Şekil 4.22. Mısır tohumları ile çalışmada 4 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı boşluk oranları (%)

4.1.3. Pamuk tohumları ile çalışmada elde edilen sonuçlar

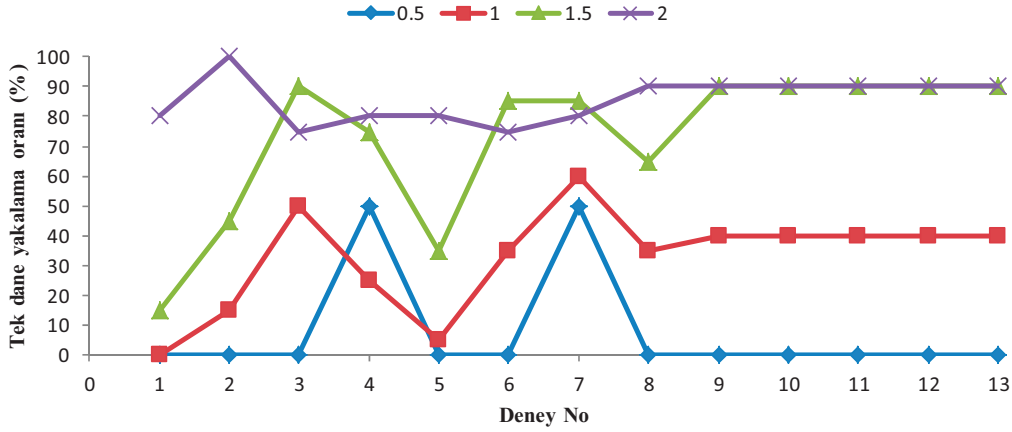
Pamuk tohumları kullanılarak gerçekleştirilen denemeler Çizelge 4.9'a göre yürütülmüştür. Bu denemelerde 4.5 mm'den daha büyük çaptaki delikler kapatılmış ve akıllı vakum diskinin en uygun delik çapını belirlemesine çalışılmıştır. Yapılan denemelerde Deney No'ya göre değişken olan akıllı diskin çevre hızı ve vakum basıncına göre her bir delik çapının tohum yakalama yüzdesi Şekil 4.23 ve Şekil 4.24'de verilmiştir.

Çizelge 4.9. Pamuk tohumu için kullanılan deneme deseni

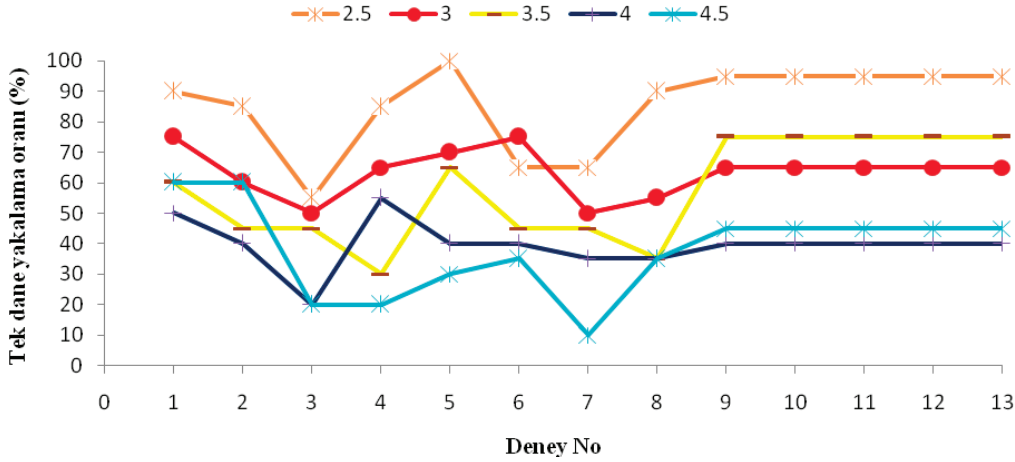
Deney No	Disk çevre hızı (X_1)		Vakum Basıncı (X_2)	
	Kodlu	Kodsuz (ms^{-1})	Kodlu	Kodsuz (mbar)
1	1	0.16	-1	40
2	-1	0.08	-1	40
3	-1	0.08	1	80
4	1.414	0.1765	0	60
5	0	0.12	-1.414	31.7
6	1	0.16	1	80
7	0	0.12	1.414	88.3
8	-1.414	0.063	0	60
9	0	0.12	0	60
10	0	0.12	0	60
11	0	0.12	0	60
12	0	0.12	0	60
13	0	0.12	0	60

Şekil 4.23'de görüleceği üzere 0.5 mm'lik delik çapının pamuk tohumlarını yakalama oranı Deney No 4'de ($X_1 = 0.17 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2 = 60 \text{ mbar}$) ve Deney No 7'de ($X_1 = 0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2 = 88.3 \text{ mbar}$) %50'ye ulaşmış olup diğer deney no'larda hiçbir pamuk tohumunu yakalayamamıştır. 1 mm'lik delik çapının, tek tohum yüzdesinin en fazla olduğu orana (%60) Deney No 7'de ($X_1 = 0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2 = 88.3 \text{ mbar}$) ulaştığı görülmektedir. 1.5 mm'lik delik çapının tüm deneylerde tek tohum yakaladığı, Deney No 3 ile ($X_1 = 0.08 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2 = 80 \text{ mbar}$) Deney No 9 ve sonrasında da %90 civarında tek tohum yüzdesine sahip olduğu; 2 mm'lik delik

çapının ise Deney No 2'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=40 \text{ mbar}$) %100'lük tek tohum yüzdesine ulaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 4.23. Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

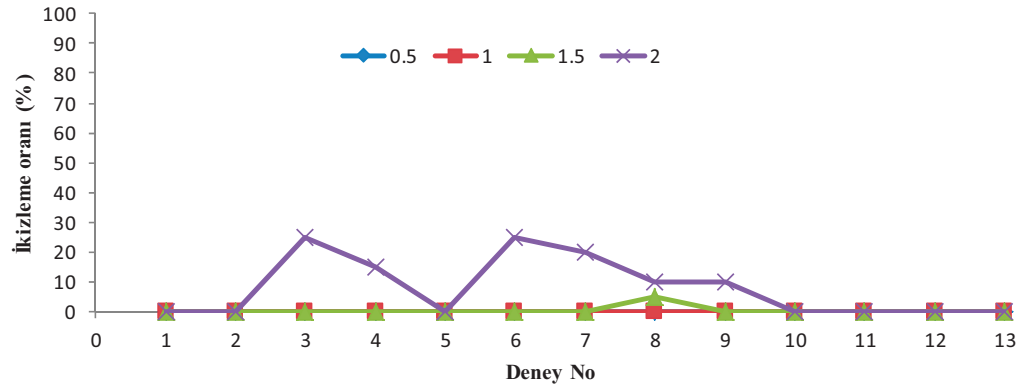


Şekil 4.24. Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5, 4 ve 4.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

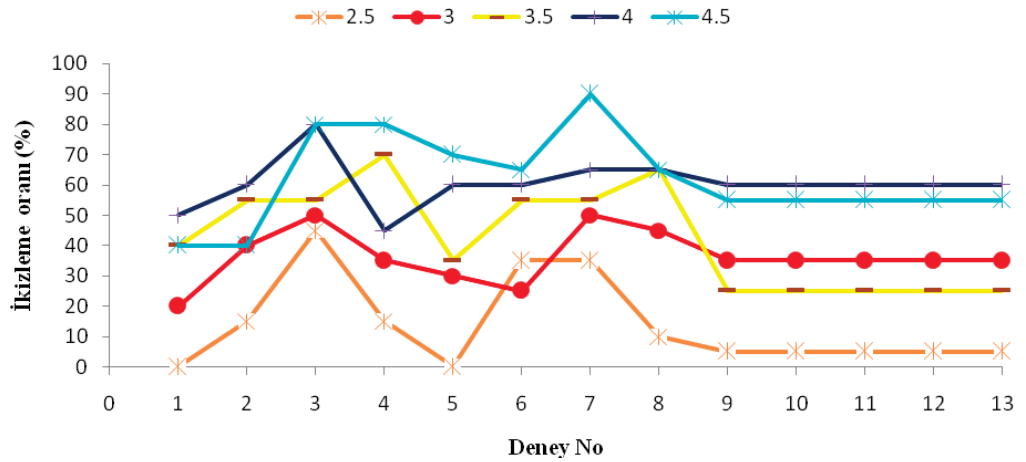
Şekil 4.24 incelendiğinde; 2.5 mm'lik delik çapı Deney No 5'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=31.7 \text{ mbar}$) %100 tek dane yakalama yüzdesine ulaşmış iken, 3 mm delik çapı Deney No 1'de ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=40 \text{ mbar}$) ve Deney No 6'da ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=80 \text{ mbar}$) %75 civarında tek dane yakalama oranına sahiptir. 3.5 mm 'lik delik çapı Deney No 9 ve sonraki deneylerde ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2=60 \text{ mbar}$) %75 civarında tek dane yakalama oranına sahipken; 4 mm'lik delik çapı ise

Deney No 4'de ($X_1 = 0.17 \text{ ms}^{-1}$ ve $X_2 = 60 \text{ mbar}$) %55'lik tek dane yakalama yüzdesine sahiptir. Pamuk tohumu için en az tek dane yakalama oranı 4.5 mm delik çapında %10 oran ile Deney No 7'de gerçekleşmiştir.

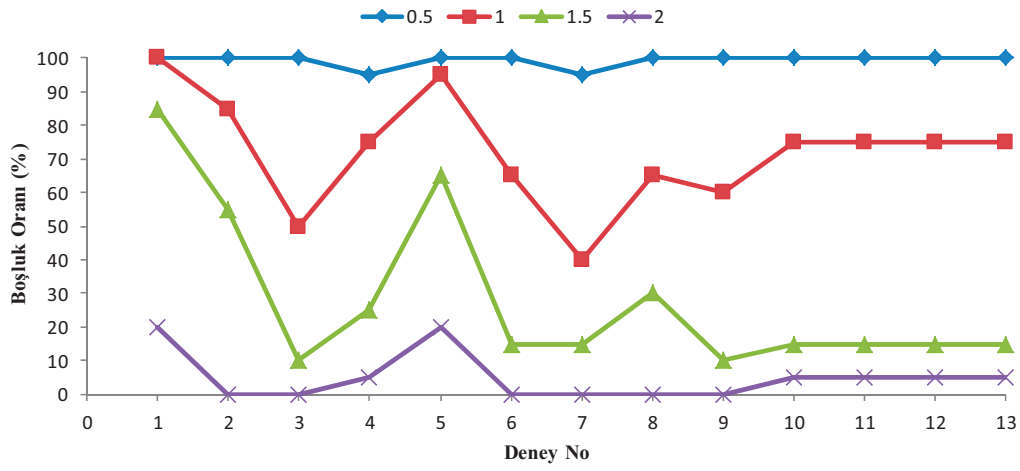
Pamuk tohumları ile çalışmada ikizleme ve boşluk oranlarına ilişkin elde edilen verilere dayanılarak akıllı vakum diskinin davranışına ilişkin grafikler Şekil 4.25, 4.26, 4.27 ve 4.28'de verildiği gibidir.



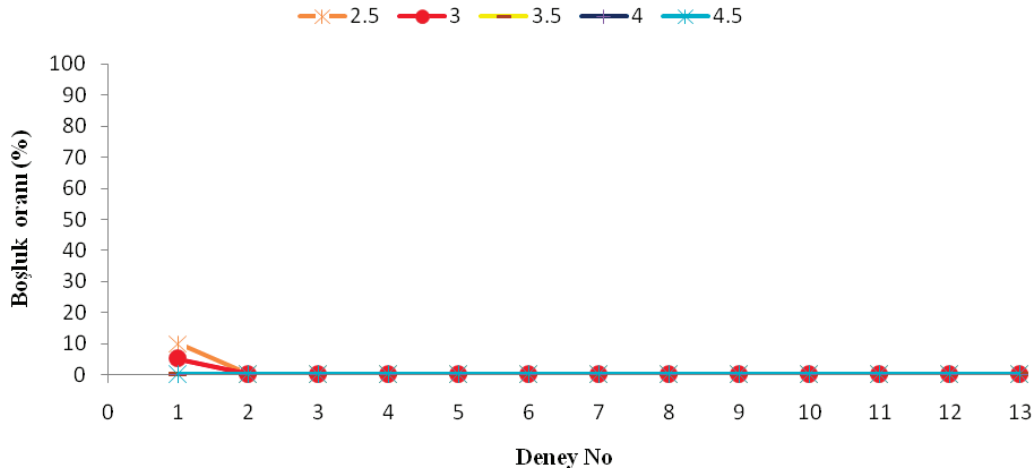
Şekil 4.25. Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%)



Şekil 4.26. Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5, 4 ve 4.5 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%)



Şekil 4.27. Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)



Şekil 4.28. Pamuk tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.9'da verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5, 4 ve 4.5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)

Matematiksel modelleme yolunda her bir delik çapı için geliştirilen eşitlikler tek dane yakalama oranı için Çizelge 4.10'da, ikizleme ve boşluk oranı modelleri ise sırasıyla Çizelge 4.11 ve 4.12'de verilmiştir

Çizelge 4.10. Pamuk tohumu için tek dane yakalama (y_{pt}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	$Y'_{pt1} = 0.5775 + 0.244X_2$	68.76
1.5	$Y'_{pt1.5} = 1.249 + 0.257X_2 - 0.188X_2^2 - 0.143X_1^2$	89.04
2	na	
2.5	$Y'_{pt2.5} = 1.345 - 0.193X_2 - 0.113X_1^2 - 0.091X_2^2$	83.27
3	na	
3.5	$Y'_{p3.5} = 1.0472 - 0.208X_1^2 - 0.092X_2^2 - 0.055X_2$	94.54
4	$Y'_{pt4} = 0.6347 + 0.076X_1 - 0.049X_2 + 0.040X_1^2$	83.61
4.5	$Y'_{pt4.5} = 0.6572 - 0.130X_2$	41.00

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Çizelge 4.11. Pamuk tohumu için ikizleme (Y_{pi}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1.0	na	
1.5	na	
2	$Y'_{pi2} = 0.1167 + 0.213X_2 + 0.129X_1^2$	76.65
2.5	$Y'_{pi2.5} = 0.3796 + 0.233X_2$	76.05
3	$Y'_{pi3} = 0.6622 - 0.078X_1$	31.55
3.5	$Y'_{pi3.5} = 0.6720 + 0.139X_1^2 - 0.055X_2$	77.59
4	$Y'_{pi4} = 0.8957 - 0.076X_1 + 0.049X_2$	74.19
4.5	$Y'_{pt4.5} = 0.9136 + 0.130X_2$	41.00

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

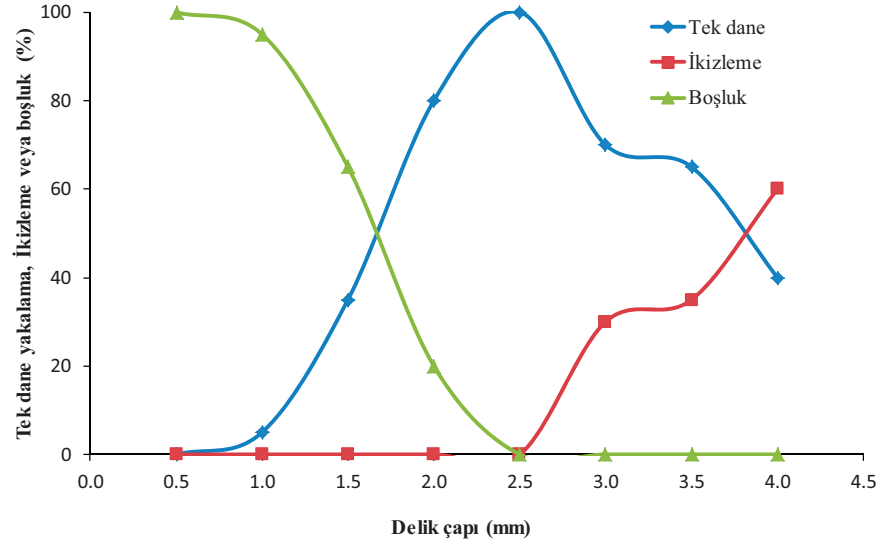
Çizelge 4.12. Pamuk tohumu için boşluk (y_{pb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	$Y'_{pb1} = 1.043 - 0.244X_2 + 0.088X_1$	85.90
1.5	$Y'_{pb1.5} = 0.3825 - 0.257X_2 + 0.161X_2^2 + 0.103X_1^2$	87.16
2	$Y'_{pb2} = 0.1581 - 0.140X_2 + 0.098X_1 - 0.116X_1X_2$	79.83
2.5	na	
3	na	
3.5	na	
4	na	
4.5	na	

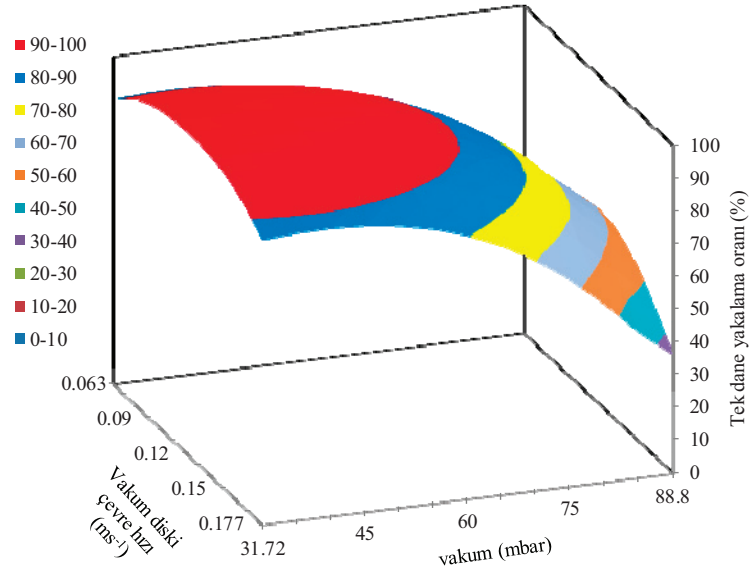
na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Pamuk tohumları ile çalışmada uygun delik çapının seçiminde en pratik ve kısa yol, yapılan deneme sonuçlarından elde edilen verilerin incelenmesidir. Bu açıdan bakıldığında 2 ve 2.5 mm çapındaki deliklerin uygun olduğunu söylemek mümkündür. Şekil 4.29'da farklı delik çapları ile çalışmada 0.12 ms^{-1} disk çevre hızı ve 31.7 mbar vakum basıncında elde edilen performans değerleri gösterilmiştir. Çizelge 4.10, 4.11 ve 4.12'de verilen ve 2 ile 2.5 mm delik çapında geliştirilen matematiksel modellerin istenilen düzeyde tahminleme katsayısına sahip olmaması nedeniyle değişkenlerin optimum değerlerinin hesaplanması çok anlamlı sonuçlar vermeyecektir.

Pamuk tohumları ile çalışmada 2.5 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı olarak tek dane yakalama oranı performansının değişimi Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.29. Pamuk tohumları ile çalışmada 0.12 ms^{-1} disk çevre hızı ve 31.7 mbar vakumda (Deney no:5) delik çaplarına göre tek dane yakalama, boşluk ve ikizleme oranı değerlerinin değişimi



Şekil 4.30. Pamuk tohumları ile çalışmada 2.5 mm delik çapına sahip delikte disk çevre hızı ve vakuma bağlı tek dane yakalama oranı performansının değişimi

4.1.4. Soya tohumları ile çalışmada elde edilen sonuçlar

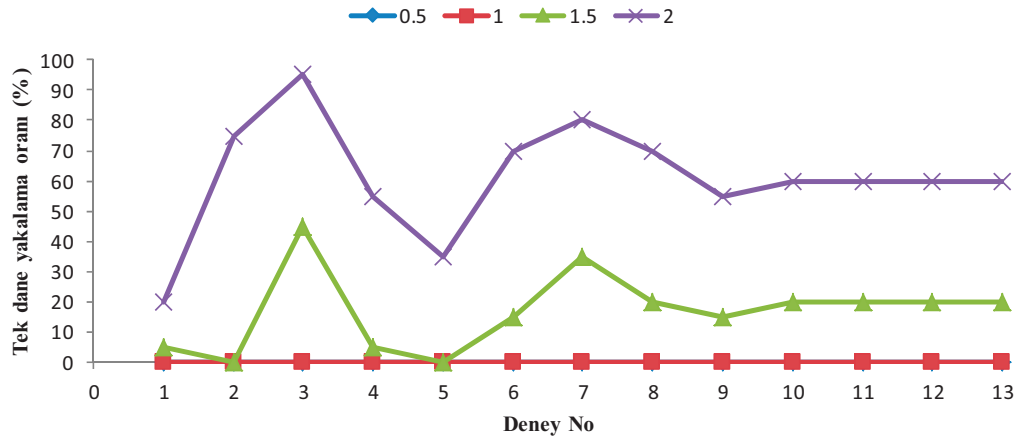
Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre soya tohumu ile yapılan denemeler sonucunda elde edilen veriler, Deney No'ya göre değişkenlik gösteren akıllı disk çevre hızı ve vakum basıncına göre delik çaplarının tohum yakalama yüzdesi tespit edilerek Tek Dane Yakalama Oranı, Boşluk Oranı, İkizlenme Oranı ve Kabul Edilebilir Tohum Aralığı olarak değerlendirilmiştir. Soya tohumu için uygulanan bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerleri ile akıllı diskin devir ve bu devire karşılık gelen frekans değerleri ve vakum basıncını gösteren deneme deseni Çizelge 4.13'de gösterilmiştir.

Çizelge 4.13. Soya tohumu için kullanılan deneme deseni

Deney No	Disk çevre hızı (X_1)		Vakum Basıncı (X_2)	
	Kodlu	Kodsuz (ms^{-1})	Kodlu	Kodsuz (mbar)
1	1	0.16	-1	30
2	-1	0.08	-1	30
3	-1	0.08	1	50
4	1.414	0.1765	0	40
5	0	0.12	-1.414	25.8
6	1	0.16	1	50
7	0	0.12	1.414	54.1
8	-1.414	0.063	0	40
9	0	0.12	0	40
10	0	0.12	0	40
11	0	0.12	0	40
12	0	0.12	0	40
13	0	0.12	0	40

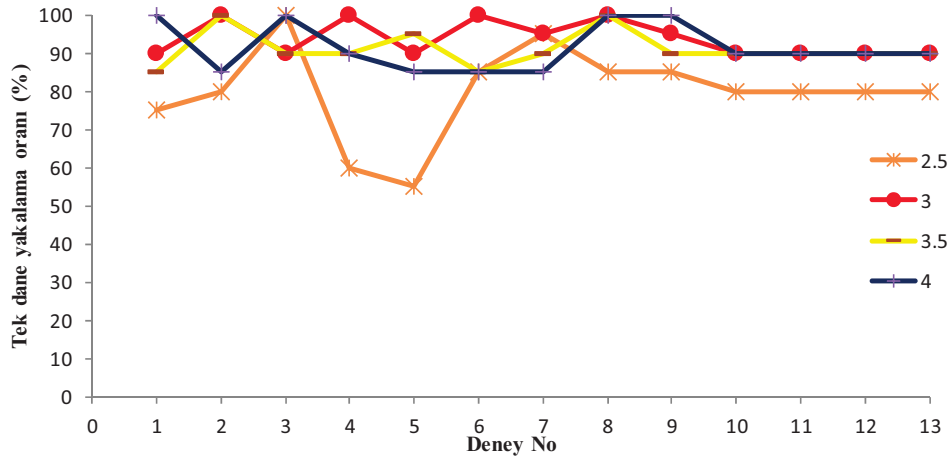
Soya tohumları ile gerçekleştirilen denemelerde Deney No'ya göre değişken olan akıllı diskin çevre hızı ve vakum basıncına göre her bir delik çapının tek dane yakalama oranları (%) Şekil 4.31, Şekil 4.32, ve Şekil 4.33'de verilmiştir.

Şekil 4.31'de gösterildiği üzere 0.5 mm ve 1 mm'lik akıllı disk delik çaplarının tüm denemelerde belirtilen disk çevre hızı ve vakum basıncında hiçbir soya tohumlarını yakalayamadığı görülmüştür. 1.5 mm disk delik çapında tek dane yakalama yüzdesi %45 ile en fazla Deney No 3'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=50 \text{ mbar}$) gerçekleşmesine karşılık Deney No 2'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$) ve Deney No 5'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=25.8 \text{ mbar}$) soya tohumu yakalanamamıştır. 2 mm akıllı disk delik çapında ise soya tohumlarının tek dane yakalama yüzdesi %95 oran ile Deney No 3'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=50 \text{ mbar}$) gerçekleşmiş olup; en düşük tek dane yakalama yüzdesi %20 ile Deney No 1'de ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$) gerçekleşmiştir.



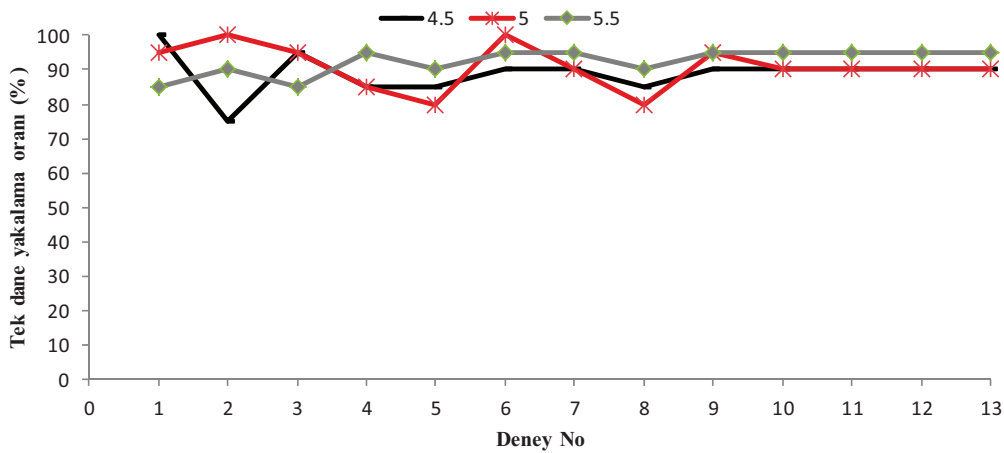
Şekil 4.31. Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

Şekil 4.32 incelendiği üzere 2.5 mm'lik akıllı disk delik çapı Deney No 3'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=50 \text{ mbar}$) %100 tohum yakalama yüzdesine ulaşırken; en az Deney No 5'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=25.8 \text{ mbar}$) %55 ile tek tohum yüzdesine ulaşmıştır. 3 mm delik çapı ise Deney No 2 'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$), Deney No 4'de ($X_1=0.17 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$), Deney No 6'da ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=50 \text{ mbar}$) ve Deney No 8'de ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) %100 tek dane yakalama yüzdesine ulaşmıştır. 3.5 mm delik çapı Deney No 2'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$) ve Deney No 8'de ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) %100 tek dane yakalama yüzdesine ulaşırken; 4 mm 'lik delik çapında ise Deney No 1'de ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$), Deney No 3'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=50 \text{ mbar}$), Deney No 8'de ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) ve Deney No 9 'da ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) %100 tek dane yakalama yüzdesine ulaşmıştır.



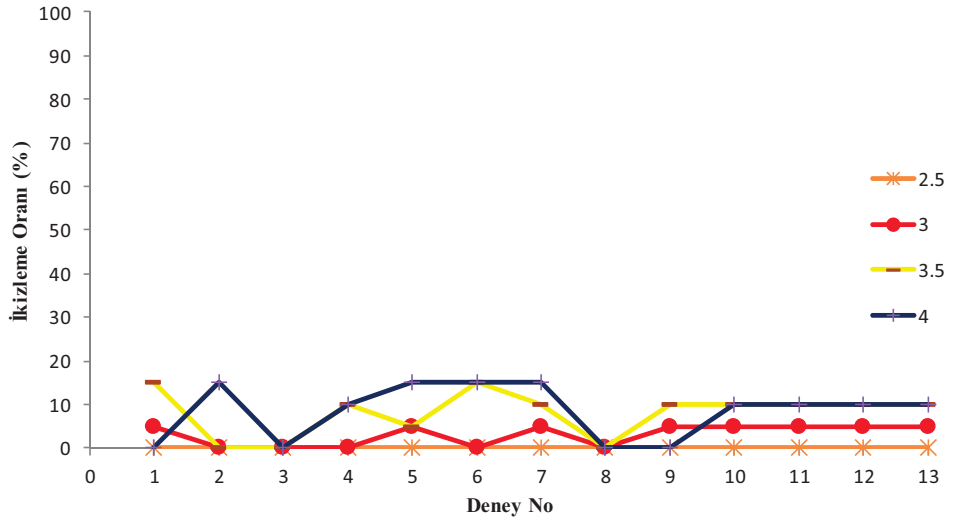
Şekil 4.32. Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13’de verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

Şekil 4.33'den görüleceği gibi 4.5 mm'lik akıllı disk delik çapının Deney No 1'de ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$) %100 tek dane yakalama yüzdesine ulaştığı görülürken; 5 mm'de ise Deney No 2 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$) ve Deney No 6'da ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=50 \text{ mbar}$) %100 tek tohum yakalanmıştır. Akıllı disk, 5.5 mm'de Deney No 4 ($X_1=0.17 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$), Deney No 6 ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=50 \text{ mbar}$), Deney No 7 ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=54.1 \text{ mbar}$) ve Deney No 9-13 arası deneylerde ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) %95 'lik tek dane yakalama yüzdesine ulaşmıştır.

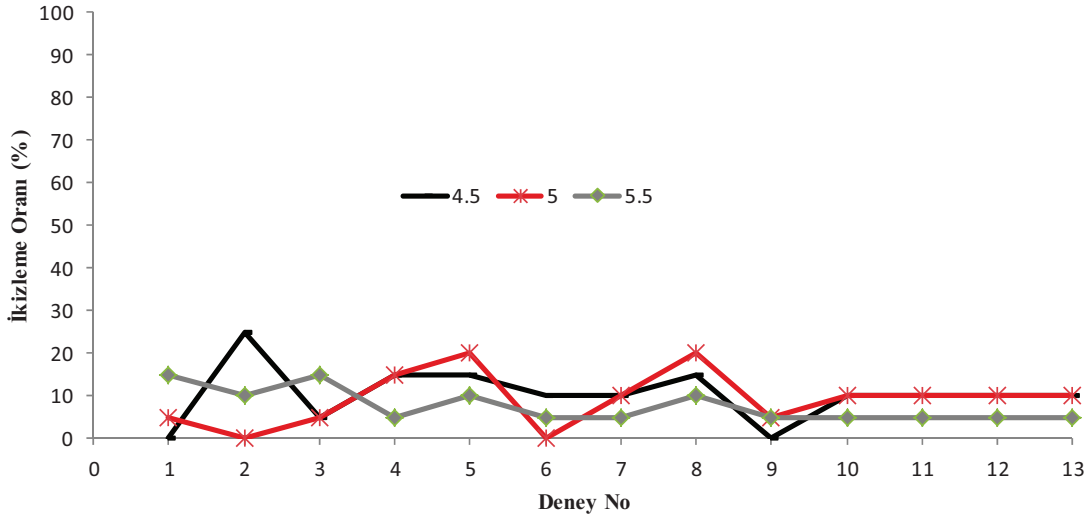


Şekil 4.33. Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13’de verilen deneme deseni uyarınca) 4.5, 5 ve 5.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

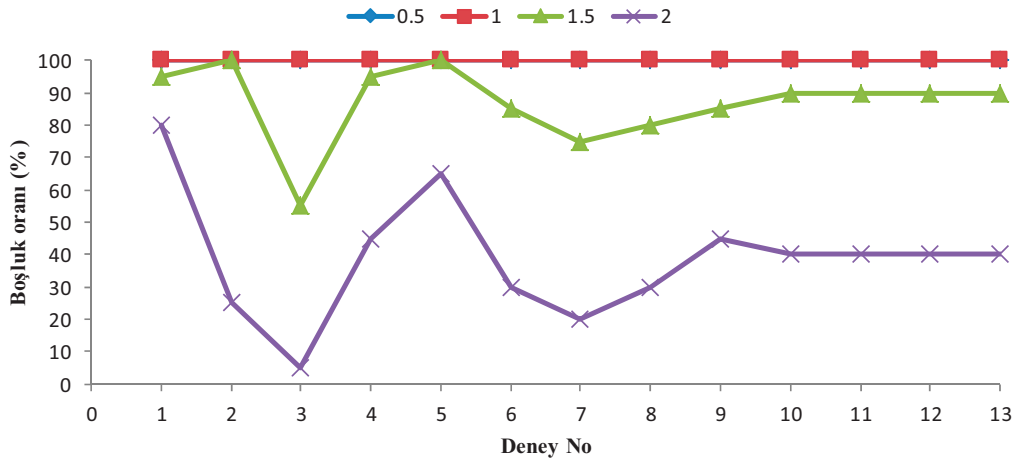
Soya tohumları ile çalışmada elde edilen verilerin grafiksel halde gösterimi ikizleme oranı değişimi için Şekil 4.34 ve 4.35’de; boşluk oranı performansına ilişkin akıllı vakum diski sonuçları ise şekil 4.36 ve 4.37’de verildiği gibidir. Burada belirtilmesi gerekli önemli bir konu da 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarında hiç bir ikizlenme olmadığı, bunun yanısıra 4.5, 5 ve 5.5 mm delik çaplarında ise hiç bir boşluk oluşmadığıdır. Bu nedenle bu delik çaplarına ait grafiksel bir gösterim yapılmamıştır.



Şekil 4.34. Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13’de verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%)

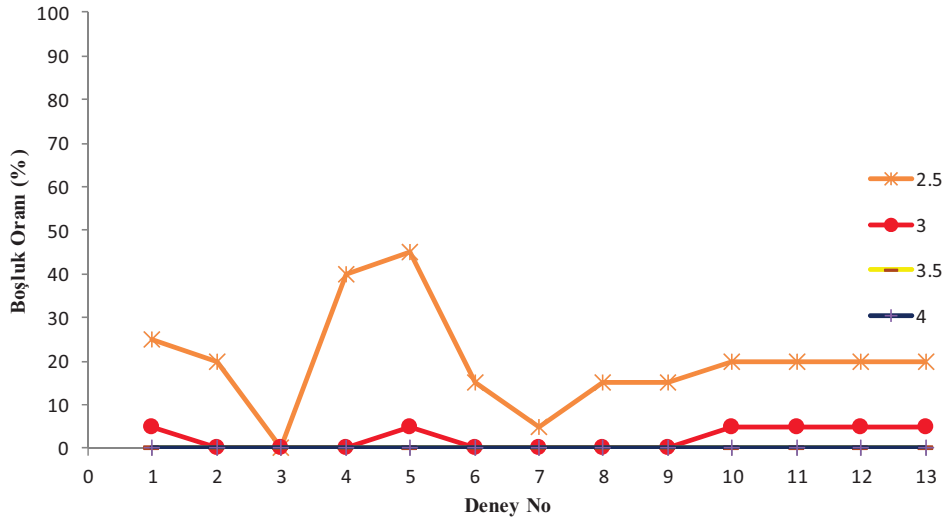


Şekil 4.35. Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13’de verilen deneme deseni uyarınca) 4.5, 5 ve 5.5 mm delik çaplarının



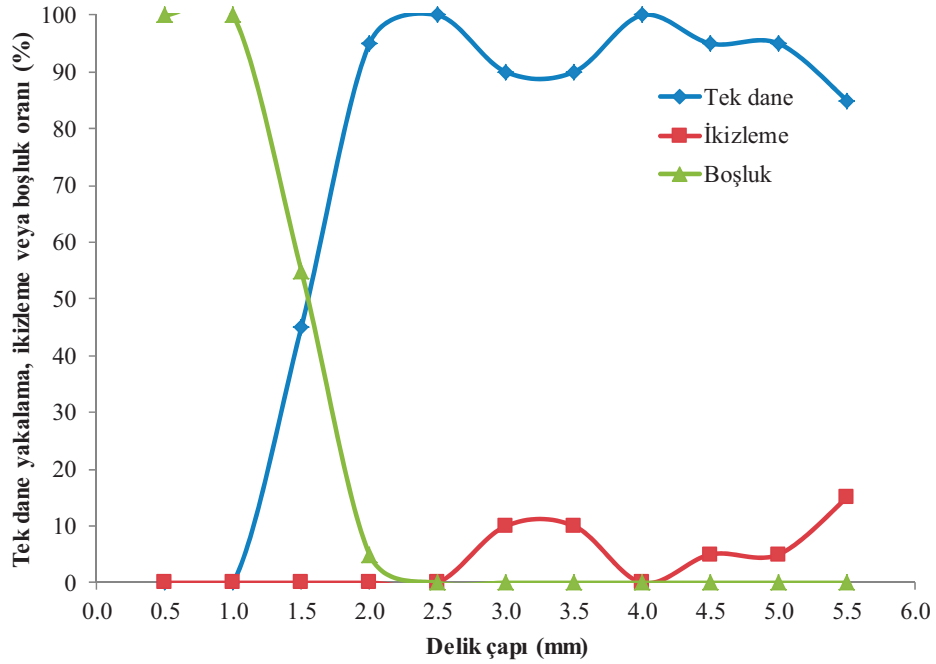
ikizleme oranları (%)

Şekil 4.36. Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13’de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)



Şekil 4.37. Soya tohumları ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.13’de verilen deneme deseni uyarınca) 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)

Soya tohumları için uygun delik çapı ve diğer değişken değerlerini saptama yolunda pratik değere sahip yol deneysel verilerdir. Bu açıdan soya tohumları ile Deney No 3’de elde edilen sonuçlar farklı delik çaplarına göre Şekil 4.38’de gösterildiği gibidir.



Şekil 4.38. Soya tohumları ile çalışmada disk çevre hızı: 0.08 ms⁻¹ ve vakum : 50 mbar’da (Deney No:3) delik çaplarına göre tek tohum, boşluk ve ikizleme oranı değerlerinin değişimi

Tepki yüzeyleri metodolojisi kullanılarak gerçekleştirilen soya tohumu denemelerinde her bir delik çapı için vakum ve disk çevre hızının bir fonksiyonu olacak şekilde ayrı ayrı polinomiyal modeller geliştirilmiştir. Çizelge 4.14'de soya tohumu için tek dane yakalama oranı modelleri, Çizelge 4.15'de soya tohumu için ikizleme oranı modelleri ve Çizelge 4.16'da boşluk oranı modelleri oluşturulmuş olup tahminleme katsayıları (R^2) verilmiştir.

Çizelgelerden görüleceği üzere en önemli modeller tek dane yakalama modeli olarak 3 mm delik çapında, ikizleme modeli ise 3.5 mm delik çapında elde edilmiştir. Boşluk oranı modeli için göze çarpan en önemli model 1.5 mm delik çapında oluşan modeldir.

Çizelge 4.14. Soya tohumu için tek dane yakalama (Y_{st}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	na	
1.5	$Y'_{st1.5} = 0.3795 + 0.225X_2 - 0.141X_1X_2$	86.33
2	$Y'_{st2} = 0.9072 + 0.187X_2 - 0.145X_1$	81.41
2.5	$Y'_{st2.5} = 1.134 + 0.164X_2 - 0.108X_1$	76.64
3	$Y'_{st3} = 1.274 + 0.144X_1^2 + 0.161X_1X_2$	94.82
3.5	$Y'_{st3.5} = 1.294 - 0.116X_1$	53.56
4	$Y'_{st4} = 1.325 - 0.199X_1X_2$	43.59
4.5	$Y'_{st4.5} = 1.248 - 0.155X_1X_2$	56.23
5	na	
5.5	na	

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Çizelge 4.15. Soya tohumu için ikizleme (Y_{si}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	na	
1.5	na	
2	na	
2.5	na	
3	$Y'_{si3} = 0.2157 - 0.125X_1^2$	70.69
3.5	$Y'_{si3.5} = 0.3018 + 0.156X_1 - 0.081X_1^2$	90.48
4	$Y'_{si4} = 0.2461 + 0.199X_1X_2$	43.59
4.5	$Y'_{si4.5} = 0.2979 + 0.155X_1X_2$	35.98
5	na	
5.5	na	

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Çizelge 4.16. Soya tohumu için boşluk (Y_{sb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	na	
1.5	$Y'_{sb1.5} = 1.243 - 0.141X_1X_2 + 0.056X_1$	94.74
2	$Y'_{sb2} = 0.6636 - 0.187X_2 + 0.145X_1$	81.41
2.5	$Y'_{sb2.5} = 0.4370 - 0.164X_2 + 0.108X_1$	76.64
3	$Y'_{sb3} = 0.1569 - 0.086X_1^2$	31.70
3.5	na	
4 ve 4.5	na	
5 ve 5.5	na	

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

4.1.5. Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada elde edilen sonuçlar

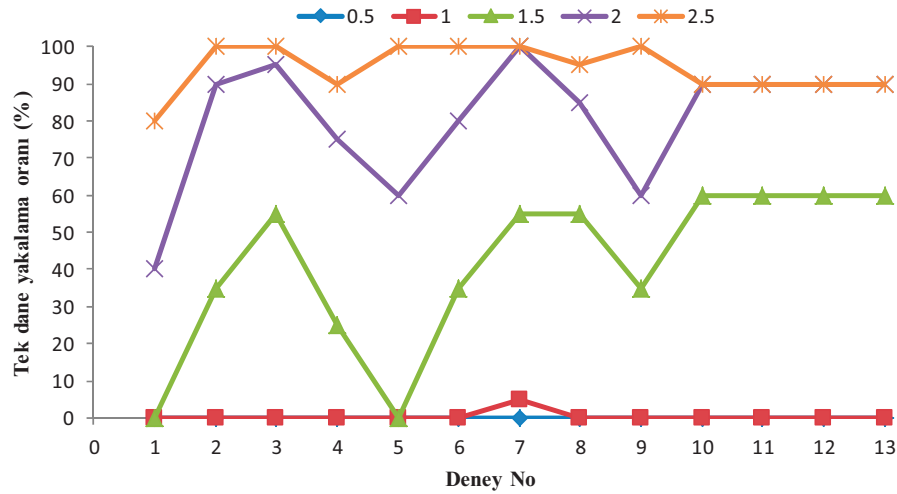
Tam küresel materyallerin kullanımında akıllı vakum diski davranışını belirleme yolunda iki farklı çapta (6 ve 10 mm) küresel materyal seçilmiştir. Tepki yüzeyleri metodolojisi (TYM) deneme desenine göre 6 mm küresel materyal ile yapılan denemeler sonucunda elde edilen veriler, Deney No'ya göre değişkenlik gösteren akıllı disk çevre hızı ve vakum basıncına göre delik çaplarının tohum yakalama yüzdesi tespit edilerek tek dane yakalama, boşluk ve ikizlenme oranı olarak değerlendirilmiştir. Çapı 6 mm olan küresel materyal için kullanılan ve bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerleri Çizelge 4.17'de verildiği gibidir.

Çizelge 4.17. Çapı 6 mm olan küresel materyal için kullanılan deneme deseni

Deney No	Disk çevre hızı (X_1)		Vakum Basıncı (X_2)	
	Kodlu	Kodsuz (ms^{-1})	Kodlu	Kodsuz (mbar)
1	1	0.16	-1	30
2	-1	0.08	-1	30
3	-1	0.08	1	50
4	1.414	0.1765	0	40
5	0	0.12	-1.414	25.8
6	1	0.16	1	50
7	0	0.12	1.414	54.1
8	-1.414	0.063	0	40
9	0	0.12	0	40
10	0	0.12	0	40
11	0	0.12	0	40
12	0	0.12	0	40
13	0	0.12	0	40

6 mm küresel materyaller ile gerçekleştirilen denemelerde Deney No'ya göre değişken olan akıllı diskin çevre hızı ve vakum basıncına göre her bir delik çapının tek dane yakalama yüzdesi Şekil 4.39 ve Şekil 4.40 'da verilmiştir.

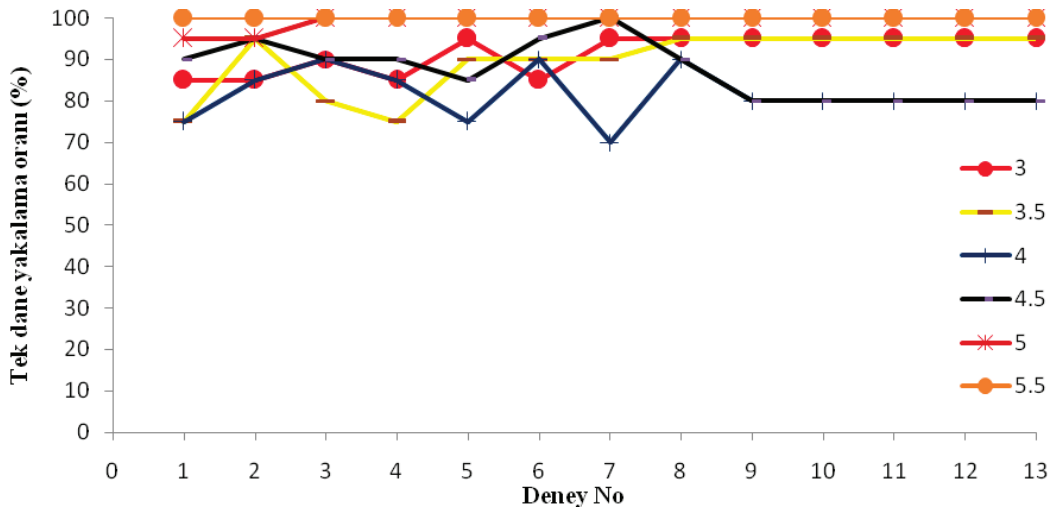
Şekil 4.39'dan görüleceği üzere 0.5 mm'lik akıllı disk delik çapında 6 mm'lik küresel materyallerin hiç bir denemede tutunamadığı, 1 mm delik çapında vakum basıncının en fazla olduğu Deney No 7'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=54.1 \text{ mbar}$) %5'lik tutunma yüzdesi ile tutunabildiği, 1.5 mm delik çapında ise Deney No 1 ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$) ve denemelerdeki en düşük vakum basıncı olan Deney No 5'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=25.8 \text{ mbar}$) hiçbir küresel materyalin tutunamadığı, en fazla tutunma yüzdesine % 60 oran ile disk çevre hızının ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$), disk vakum basıncının ($X_2=40 \text{ mbar}$) olduğu denemelerde gerçekleştiği görülmüştür. 2 mm'lik disk çapında Deney No 7'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=54.1 \text{ mbar}$) %100 tek dane yakalama oranına ulaşılmışken; 2.5 mm disk çapında ise Deney No 2 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$), Deney No 3 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=50 \text{ mbar}$), Deney No 5 ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=25.8 \text{ mbar}$), Deney No 6 ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=50 \text{ mbar}$), Deney No 7 ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=54.1 \text{ mbar}$) ve Deney No 9'da ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) %100'lük oran ile tek dane yakalama elde edilmiştir.



Şekil 4.39. Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.17'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2 ve 2.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

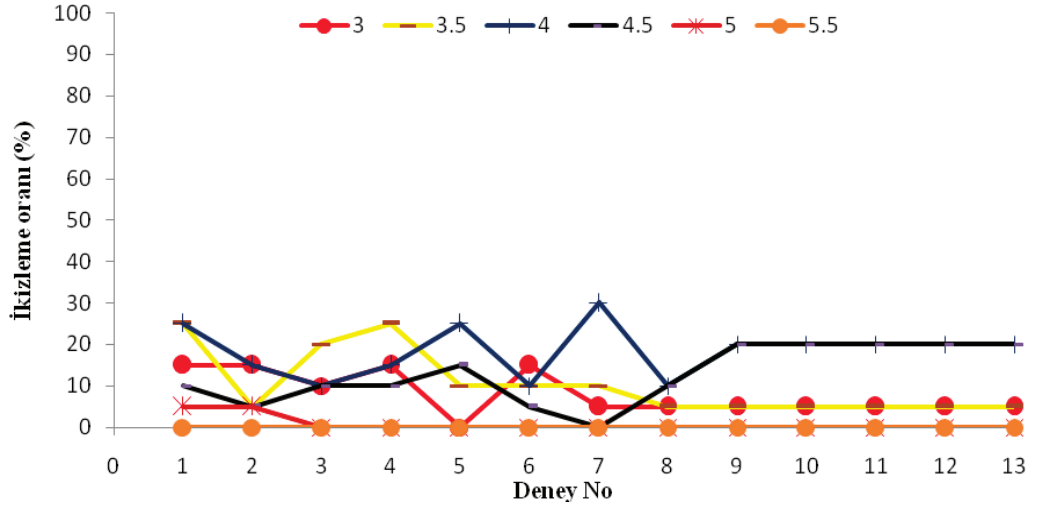
Şekil 4.40'da verildiği üzere 3 mm'lik delik çapında Deney No 5 ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=25.8 \text{ mbar}$), Deney No 7 ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=54.1 \text{ mbar}$), Deney No 8 ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) ve Deney No 9'da ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) %95'lik tek dane yakalama oranı bulunmuşken akıllı diskin 3.5 mm'lik delik çapında ise Deney No 2 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=30 \text{ mbar}$), Deney No 8 ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) ve Deney No 9'da ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$, $X_2=40 \text{ mbar}$) %95'lik tek dane yakalama oranı elde edilmiştir. 4 mm delik çapı Deney No 3 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$,

$X_2=50$ mbar), Deney No 6 ($X_1=0.16$ ms⁻¹, $X_2=50$ mbar) ve Deney No 8'de ($X_1=0.06$ ms⁻¹, $X_2=40$ mbar) %90 'lık tutunma oranına sahipken; 4.5 mm delik çapı Deney No7'de ($X_1=0.12$ ms⁻¹, $X_2=54.1$ mbar) %100 tutunma oranına Deney No 2'de ($X_1=0.08$ ms⁻¹, $X_2=30$ mbar) ve Deney No 6'da ($X_1=0.16$ ms⁻¹, $X_2=50$ mbar) %95'lik tek dane yakalama yüzdesine sahiptir. 5 mm'lik delik çapı Deney No 1 ($X_1=0.16$ ms⁻¹, $X_2=30$ mbar) ve Deney No 2'de ($X_1=0.08$ ms⁻¹, $X_2=30$ mbar) %95; diğer tüm denemelerde ise %100'lük tek dane yakalama oranına sahiptir. 5.5 mm'lik delik çapı tüm deneylerde %100'lük tek dane yakalama oranına ulaşmıştır.

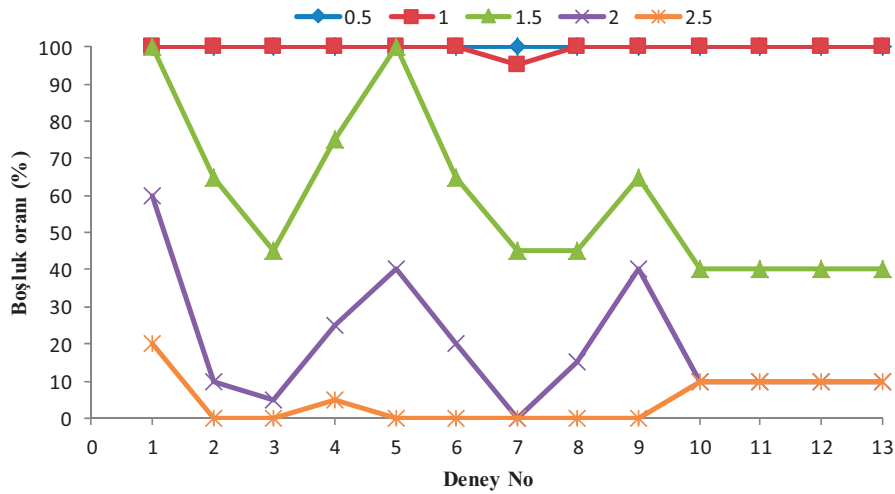


Şekil 4.40. Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.17’de verilen deneme deseni uyarınca) 3, 3.5, 4, 4.5, 5 ve 5.5 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

Çapı 6 mm olan küresel materyaller için ikizleme ve boşluk oranı değerleri Şekil 4.41 ve 4.42’de verilmiştir. Şekillerden anlaşılacağı üzere 0.5-2.5 mm arasındaki delik çaplarında hiç bir ikizlenme meydana gelmezken 3-5.5 mm arasındaki delik gruplarında hiç bir boşluk oluşmamaktadır. Küresel materyalin optimum delik çapı değerine ulaştığında bu çap üzerindeki çaplarda vakum diski çevre hızına ve vakum değerine olan hassasiyeti kaybolmaktadır.



Şekil 4.41. Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.17’de verilen deneme deseni uyarınca) 3, 3.5, 4, 4.5, 5 ve 5.5 mm delik çaplarının ikizleme oranları (%)



Şekil 4.42. Çapı 6 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.17’de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2 ve 2.5 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)

Tepki yüzeyleri metodolojisi kullanılarak gerçekleştirilen 6 mm küresel materyal denemelerinde her bir delik çapı için vakum ve disk çevre hızının bir fonksiyonu olacak şekilde ayrı ayrı polinomiyal modeller geliştirilmiştir. Çizelge 4.18’de 6 mm küresel materyal için tek dane yakalama oranı modelleri, Çizelge 4.19’da ve 4.20’de ise sırasıyla ikizleme ve boşluk oranı modelleri ve model tahminleme katsayıları (R^2) verilmiştir.

Çizelge 4.18. Çapı 6 mm olan küresel materyal için tek dane yakalama (Y_{6kt}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	na	
1.5	$Y'_{6kt1.5} = 0.7772 + 0.252X_2 - 0.204X_2^2 - 0.160X_1$	84.69
2	$Y'_{6kt2} = 1.150 + 0.186X_2 - 0.123X_1$	62.65
2.5	$Y'_{6kt2.5} = 1.311 + 0.134X_2^2$	33.84
3	na	
3.5	$Y'_{6kt3.5} = 1.255 + 0.110X_1X_2 - 0.072X_1 - 0.042X_1^2$	82.76
4	$Y'_{6kt4} = 1.056 + 0.093X_1^2$	58.54
4.5	$Y'_{6kt4.5} = 1.154 + 0.120X_2^2$	45.92
5	na	
5.5	na	

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Çizelge 4.19. Çapı 6 mm olan küresel materyalin ikizleme (Y_{6ki}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1.5	na	
2	na	
2.5	$Y'_{6ki2.5} = -0.01961 + 0.088X_1^2$	64.01
3	na	
3.5	$Y'_{6ki3.5} = 0.3154 - 0.110X_1X_2 + 0.072X_1 + 0.042X_1^2$	82.76
4	$Y'_{6ki4} = 0.5143 - 0.093X_1^2$	58.54
4.5	$Y'_{6ki4.5} = 0.4166 - 0.120X_2^2$	45.92
5	na	
5.5	na	

Çizelge 4.20. Çapı 6 mm olan küresel materyalin boşluk (Y_{6kb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)		Matematiksel Model	R^2
0.5	na		
1	na		
1.5		$Y'_{6kb1.5} = 0.7936 - 0.252X_2 + 0.160X_1$	84.69
2		$Y'_{6kb2} = 0.4211 - 0.186X_2 + 0.123X_1$	62.65
2.5	na		
3	na		
3.5	na		
4	na		
4.5	na		
5	na		
5.5	na		

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Çapı 6 mm olan küresel materyaller için geliştirilen modellerin tahminleme katsayıları çizelgelerden görüleceği üzere oldukça düşüktür. Bunun nedeni ise bu çalışmada kullanılan diğer dört tohum dışında küresel materyallerde vakum diski çevre hızı ve vakum miktarına olan hassasiyetin giderek azalmasıdır. Elde edilen verilere bakıldığında belirli bir çapa ulaştıktan sonra çapı 6 mm olan küresel materyalde ikizleme oranı ve boşluk değerinin giderek düştüğü buna karşın tek tohum küresel materyal yakalama oranı değerinin belirli bir aralık içinde kaldığı saptanmıştır.

4.1.6. Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada elde edilen sonuçlar

Çapı 10 mm olan küresel materyaller için uygulanan ve bağımsız değişkenlerin kodlu ve kodsuz değerlerini gösteren deneme koşulları Çizelge 4.21'de gösterilmiştir.

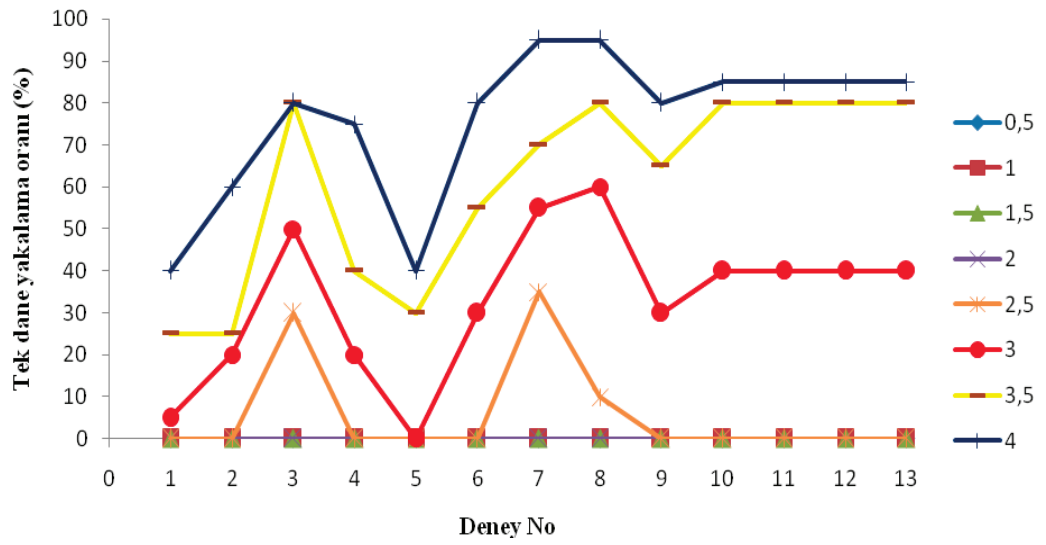
Çizelge 4.21. Çapı 10 mm olan küresel materyal için kullanılan deneme deseni

Deney No	Disk çevre hızı (X_1)		Vakum Basıncı (X_2)	
	Kodlu	Kodsuz (ms^{-1})	Kodlu	Kodsuz (mbar)
1	1	0.16	-1	30
2	-1	0.08	-1	30
3	-1	0.08	1	50
4	1.414	0.1765	0	40
5	0	0.12	-1.414	25.8
6	1	0.16	1	50
7	0	0.12	1.414	54.1
8	-1.414	0.063	0	40
9	0	0.12	0	40
10	0	0.12	0	40
11	0	0.12	0	40
12	0	0.12	0	40
13	0	0.12	0	40

10 mm küresel materyaller ile gerçekleştirilen denemelerde Deney No'ya göre değişken olan akıllı diskin çevre hızı ve vakum basıncına göre her bir delik çapının tek dane yakalama yüzdesi Şekil 4.43, Şekil 4.44 ve Şekil 4.45'de verilmiştir.

Şekil 4.43 incelendiğinde; akıllı diskin 0.5, 1, 1.5 ve 2 mm'lik delik çaplarının gerçekleştirilen on üç (13) denemede de tek tohum yakalayamadığından tek tohum yüzdesi sıfır (0) gerçekleşmiştir. 2.5 mm delik çapı, Deney No 3 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=50 \text{ mbar}$) ve Deney No 7'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=54.1 \text{ mbar}$) %30-35'lik tek dane yakalama yüzdesine sahipken; 3 mm delik çapı ise en fazla tek dane yakalama oranına (%60) Deney No 8'de ulaşmış olup; ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$

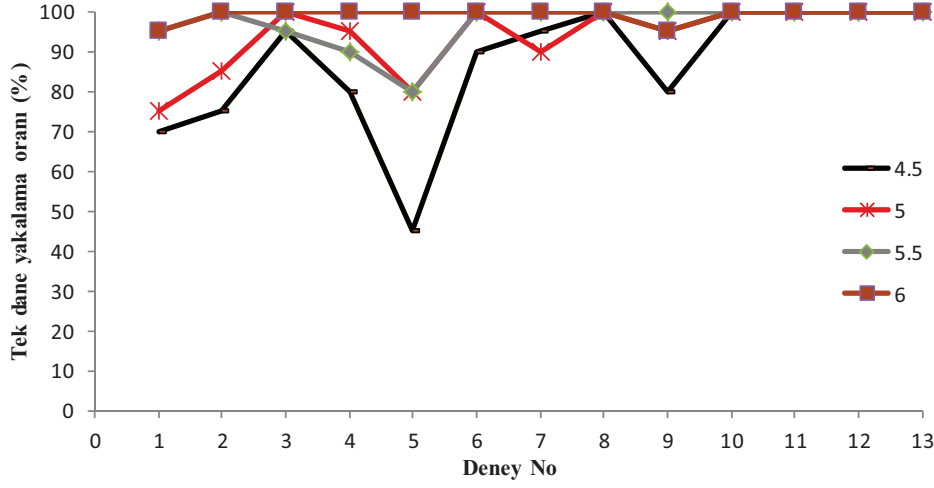
$X_2=40$ mbar) tek dane yakalama yüzdesinin sıfır (0) olduğu Deney No 5'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=25,8$ mbar) ise hiçbir tohumu yakalayamamıştır. 3.5 mm'lik delik çapında tüm delik çapları tüm denemelerde tek tohum yakalamış olup; en fazla tek tohum yüzdelere (%80) Deney No 3 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=50$ mbar), Deney No 8 ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=40$ mbar) ile Deney No 9 ve sonrası denemelerde ulaşılmıştır. 4 mm delik çapı tüm denemelerde tohum yakalamış olup; vakum basıncının en düşük olduğu denemede ($X_2=25.8$ mbar) bile %40 tek dane yakalama oranına sahipken Deney No 7 ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=54.1$ mbar) ve Deney No 8'de ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=40$ mbar) %95 tek tohum yüzdesine ulaşmıştır.



Şekil 4.43. Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

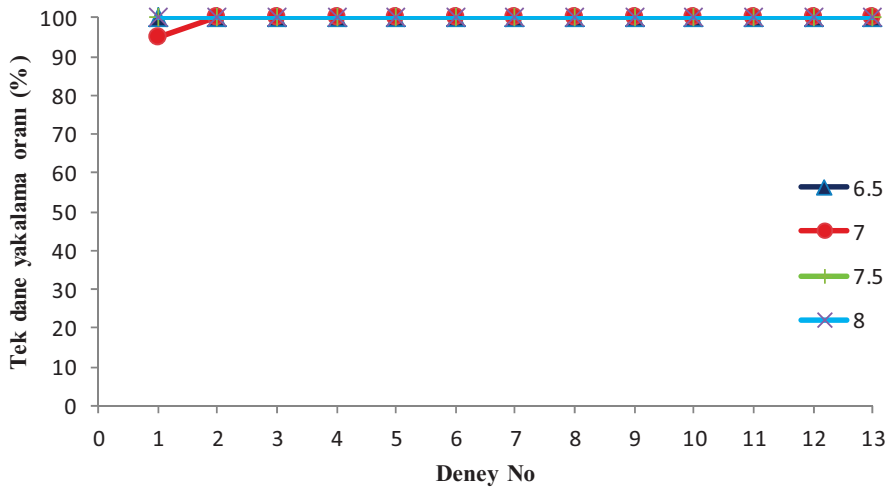
Şekil 4.44'de görüldüğü üzere 4.5 mm akıllı disk delik çapı Deney No 3'de ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=50$ mbar) ve Deney No 7'de ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=54.1$ mbar) %95, Deney No 8'de ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=40$ mbar), Deney No 10 ve sonrası denemelerde ise %100 tek tohum yakalama oranına sahiptir. 5 mm 'lik delik çapı Deney No 3 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=50$ mbar), Deney No 6 ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=50$ mbar), Deney No 8 ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=40$ mbar), Deney No 10 ve sonrası denemelerde ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=40$ mbar) %100 tek tohum yüzdesine sahipken; 5.5 mm'lik delik çapı Deney No 2 ($X_1=0.08 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=30$ mbar), Deney No 6 ($X_1=0.16 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=50$ mbar), Deney No 7 ($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=54.1$ mbar), Deney No 8 ($X_1=0.06 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=40$ mbar) ile Deney No 9 ve sonrası denemelerde

($X_1=0.12 \text{ ms}^{-1}$ $X_2=40 \text{ mbar}$) %100'lük tek tohum yüzdesine sahiptir. 6 mm delik çapında ise tüm denemelerde %95-100 tek dane yakalama oranı elde edilmiştir.



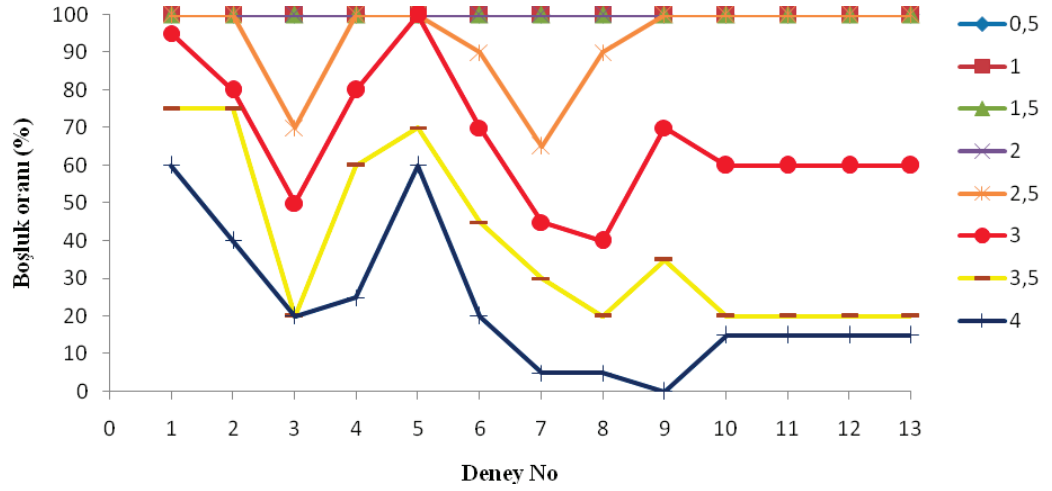
Şekil 4.44. Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 4.5, 5, 5.5 ve 6 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

Şekil 4.45'de yer aldığı üzere 6.5-7-7.5 ve 8 mm'lik akıllı disk delik çaplarının var olan bağımsız değişkenlere göre tüm denemelerde %95-100 tek dane yakalama yüzdesine ulaştığı görülmektedir.

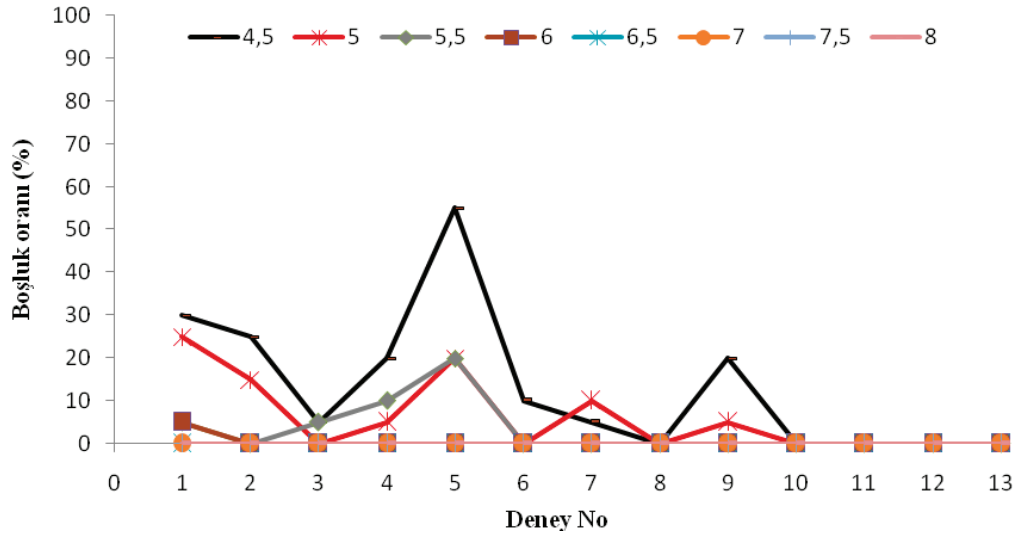


Şekil 4.45. Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 6.5, 7, 7.5 ve 8 mm delik çaplarının tek dane yakalama oranları (%)

Çapı 10 mm olan küresel materyaller için boşluk oranı değişimi Şekil 4.46'da gösterildiği gibidir. Şekilden görüleceği üzere boşluk oranı 0.5 mm'den 4 mm delik çapına gidildikçe aynı deney koşullarında giderek azalma göstermektedir. 4.5 mm ve 8 mm arasındaki delik çaplarında boşluk olmadığı için grafik verilmemiştir.



Şekil 4.46. Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 ve 4 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)



Şekil 4.47. Çapı 10 mm olan küresel materyaller ile çalışmada farklı disk çevre hızı ve vakum basıncı değerlerinde (Çizelge 4.21'de verilen deneme deseni uyarınca) 4.5, 5, 5.5, 6, 6.5, 7, 7.5 ve 8 mm delik çaplarının boşluk oranları (%)

Tepki yüzeyleri metodolojisi kullanılarak gerçekleştirilen 10 mm küresel materyal denemelerinde her bir delik çapı için vakum ve disk çevre hızının bir fonksiyonu olacak şekilde ayrı ayrı polinomiyal modeller geliştirilmiştir. Çizelge 4.22'de 10 mm küresel materyal için tek dane yakalama oranı modelleri, Çizelge 4.23'de boşluk oranı modelleri verilmiştir. Söz konusu bu küresel materyaller için hiç bir ikizleme oranı modeli geliştirilememiştir.

Çizelge 4.22. Çapı 10 mm olan küresel materyalin tek dane yakalama (Y_{10kt}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	na	
1.5	na	
2	na	
2.5	$Y'_{10kt2.5} = 0.03964 + 0.184X_2 - 0.129X_1 + 0.127X_2^2 - 0.145X_1X_2$	91.72
3	$Y'_{10kt3} = 0.6619 + 0.232X_2 - 0.130X_1 - 0.131X_2^2$	93.71
3.5	$Y'_{10kt3.5} = 0.9954 + 0.185X_2 - 0.153X_2^2$	62.21
4	$Y'_{10kt4} = 1.145 + 0.197X_2 - 0.110X_2^2 - 0.078X_1$	84.06
4.5	$Y'_{10kt4.5} = 1.424 - 0.217X_2^2 + 0.177X_2$	63.12
5	$Y'_{10kt5} = 1.506 - 0.165X_2^2 + 0.140X_2$	70.57
5.5	na	
6	na	
7	na	
7.5	na	
8	na	

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

Çizelge 4.23. Çapı 10 mm olan küresel materyalin boşluk (Y_{10kb}) oranı modelleri ve tahminleme katsayıları (R^2)

Delik Çapı (mm)	Matematiksel Model	R^2
0.5	na	
1	na	
1.5	na	
2	na	
2.5	$Y'_{10kb2.5} = 1.571 - 0.2246X_2 - 0.155X_2^2 + 0.0891X_1 - 0.077X_1^2 + 0.064X_1X_2$	99.23
3	$Y'_{10kb3} = 0.9089 - 0.232X_2 + 0.130X_1 + 0.131X_2^2$	93.71
3.5	$Y'_{10kb3.5} = 0.5754 - 0.185X_2 + 0.153X_2^2$	62.21
4	$Y'_{10kb4} = 0.4259 - 0.197X_2 + 0.110X_2^2 + 0.078X_1$	84.06
4.5	$Y'_{10kb4.5} = 0.1466 + 0.217X_2^2 - 0.177X_2$	63.12
5	$Y'_{10kb5} = 0.06473 + 0.165X_2^2 - 0.140X_2$	70.57
5.5	na	
6	na	
6.5	na	
7	na	
7.5	na	
8	na	

na: %95 önem düzeyinde herhangi bir değişken, modele girmemiştir.

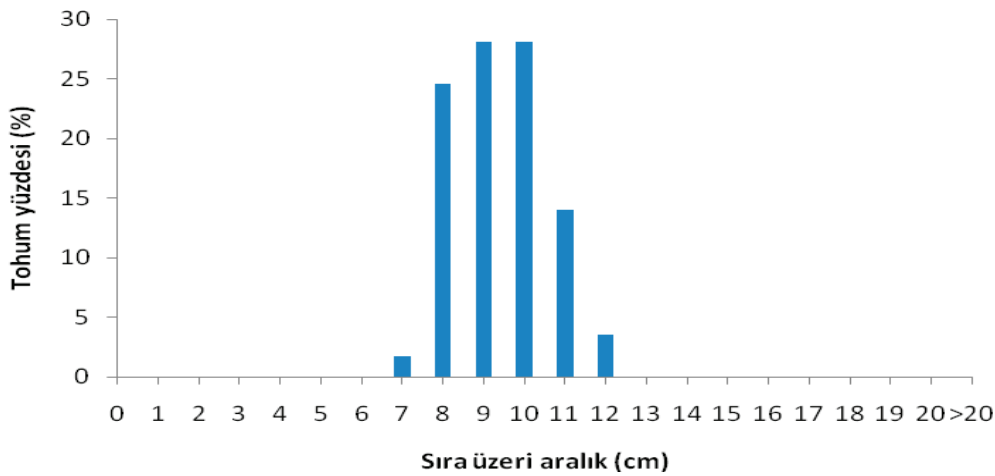
Çapı 10 mm olan küresel materyallerde tek dane yakalama oranı değerinin vakum diski çevre hızı ve vakum miktarına bağlı olmaksızın %100 değerine ulaştığı, 5.5 mm ve üzeri delik çaplarında hiç bir matematiksel modelin geliştirilemediği görülmektedir. Dolayısıyla herhangi bir ürüne ait tohumluğun küresellik değeri arttıkça, optimum bir delik çapı ve üzerindeki çaplarda o ürünün tek dane ekici düzenle vakum diski çevre hızı veya vakum değerine bakmaksızın ekim işleminin yapılabileceği anlaşılmaktadır.

4.2. Yapışkan Bantta Yapılan Sınama Deneme Sonuçları

Tek dane yakalama, ikizleme ve boşluk oranı değerlerine ilişkin olarak yapılan denemelerden elde edilen veriler ışığında yapışkan bant üzerinde sınama denemeleri yapılmıştır. Uygulamada böylesi bir diskin kullanımı ve ürüne özgü delik çapı ve disk çevre hızı (veya ilerleme hızı) ve vakum miktarının seçiminin matematiksel modeller geliştirilerek değil de pratik ve hızlı yoldan çözüme ulaşılması önemli bir husustur. Bu bağlamda söz konusu bu çalışmada kullanılan dört farklı ürün tohumları ile denemeler yapılmıştır. Yapılan bu sınama denemelerinin asıl hedefi ise dane yakalama, ikizleme veya boşluk oranı değerinin sıra üzeri tohum dağılımının bir göstergesi olup olmadığının belirlenmesidir.

4.2.1. Ayçiçeği tohumuna ilişkin sonuçlar

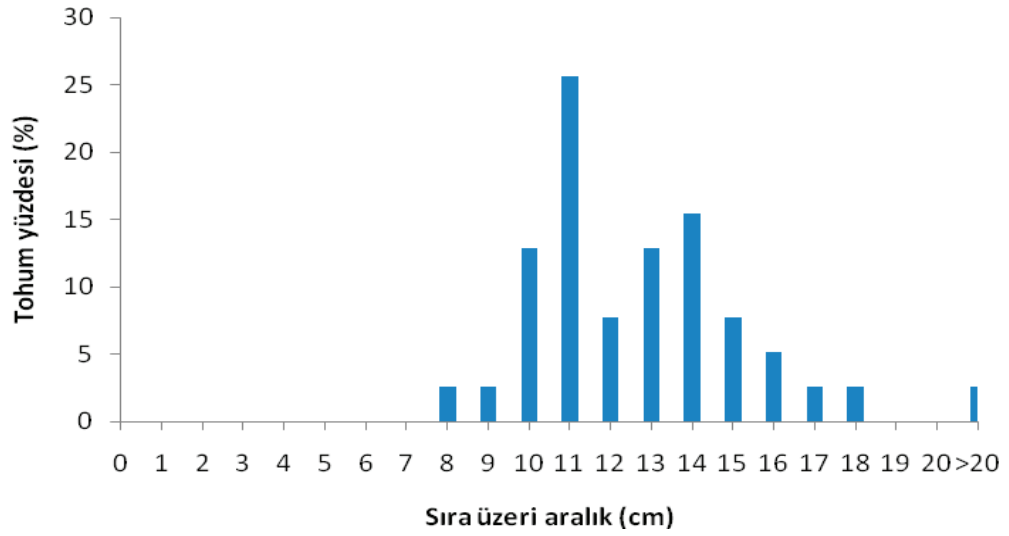
Yapışkan bant denemelerinde yapılan sınama denemesinde ayçiçeği tohumu için delik çapının 2.5 mm, vakum basıncının 50 mbar ve disk çevre hızının 0.16 ms^{-1} olduğu durumda genel ortalama mesafe 8.9 cm ve Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA) %100 elde edilmiştir. Diğer bir deyişle 11.8 cm sıra üzeri tohum aralığında, tek tohum ekim kriterleri ve değerlendirmesi uyarınca hemen hemen tüm tohumların 0.5-1.5 Z aralığında olacak şekilde bırakılması 0.16 ms^{-1} disk çevre hızında (1.6 ms^{-1} bant ilerleme hızı), 2.5 mm çapında 36 deliğe sahip vakum diski kullanılarak 50 mbar vakum basıncında gerçekleştirilebilmektedir. Bu şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve elde edilen performans değerleri Şekil 4.47'de gösterilmiştir.



Şekil 4.48. Ayçiçeği tohumuna ait sınama deneme sonuçları (0.16 ms^{-1} disk çevre hızı ve 50 mbar vakumda)

4.2.2. Mısır tohumuna ilişkin sonuçlar

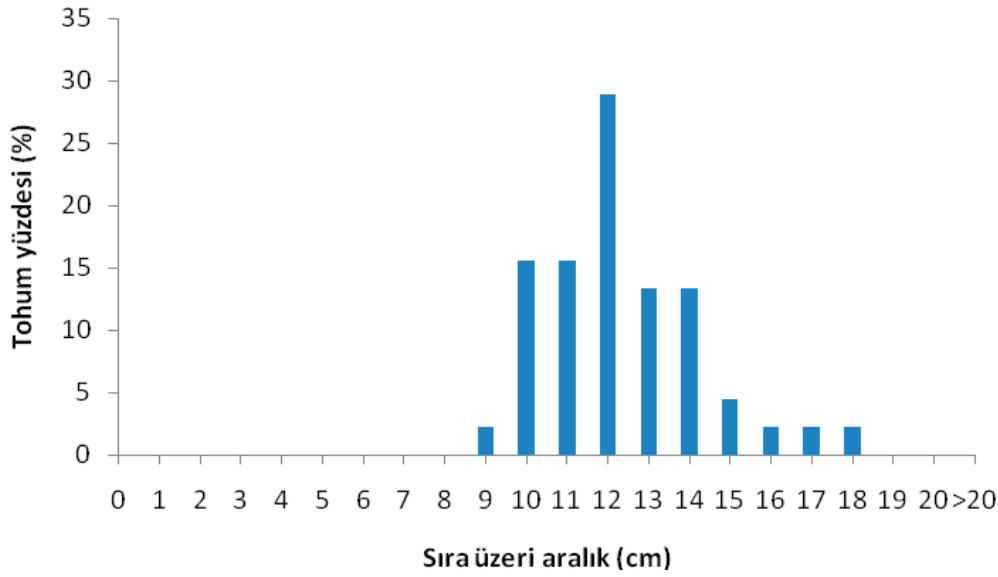
Yapışkan bant denemelerinde yapılan sınama denemesinde mısır tohumu için delik çapının 4 mm, vakum basıncının 80 mbar ve disk çevre hızının 0.16ms^{-1} olduğu durumda genel ortalama mesafe 11.9 cm ve Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA) %97.44 elde edilmiştir. Bu şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve elde edilen performans değerleri Şekil 4.48'de gösterilmiştir.



Şekil 4.49. Mısır tohumuna ait sınama deneme sonuçları (0.16 ms^{-1} disk çevre hızı ve 80 mbar vakumda)

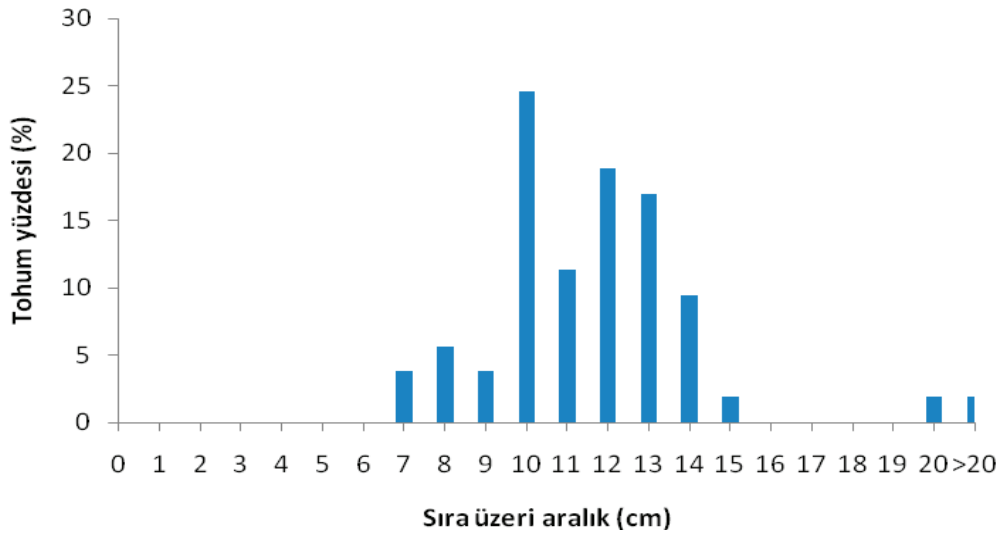
4.2.3. Pamuk tohumuna ilişkin sonuçlar

Yapışkan bant denemelerinde yapılan sınama denemesinde pamuk tohumu için delik çapının 2.5 mm, vakum basıncının 31.7 mbar ve disk çevre hızının 0.12 ms^{-1} olduğu durumda genel ortalama mesafe 11.8 cm ve Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA) %100 elde edilmiştir. Bu şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve elde edilen performans değerleri Şekil 4.49'da gösterilmiştir.



Şekil 4.50. Pamuk tohumuna ait sınama deneme sonuçları (0.12 ms^{-1} disk çevre hızı ve 31.7 mbar vakumda)

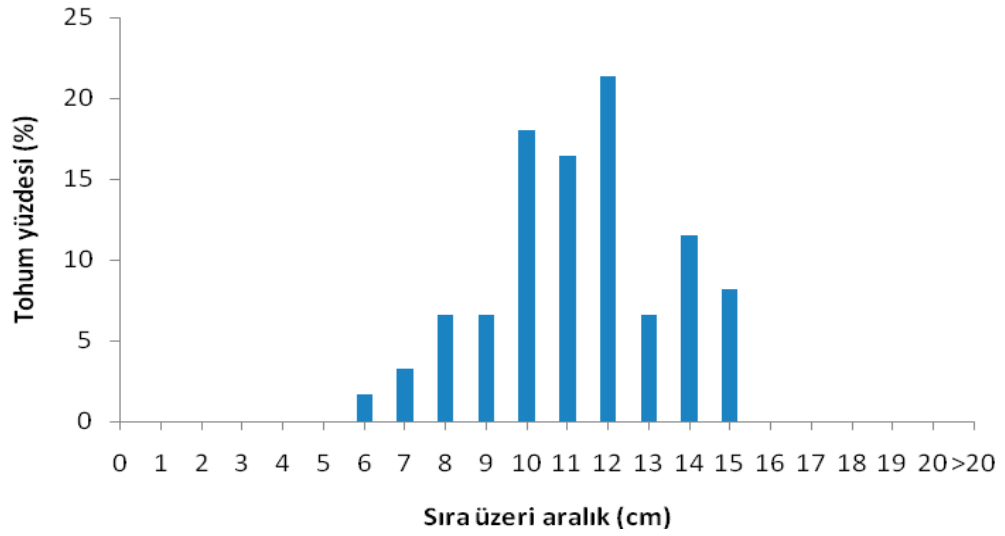
Yapışkan bant denemelerinde yapılan bir diğer sınama denemesinde pamuk tohumu için delik çapının 2.5 mm, vakum basıncının 38.8 mbar ve disk çevre hızının 0.085 ms^{-1} olduğu durumda genel ortalama mesafe 10.7 cm ve Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA) %96.23 elde edilmiştir. Bu şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve elde edilen performans değerleri Şekil 4.50'de gösterilmiştir.



Şekil 4.51. Pamuk tohumuna ait sınama deneme sonuçları (0.085 ms^{-1} disk çevre hızı ve 38.8 mbar vakumda)

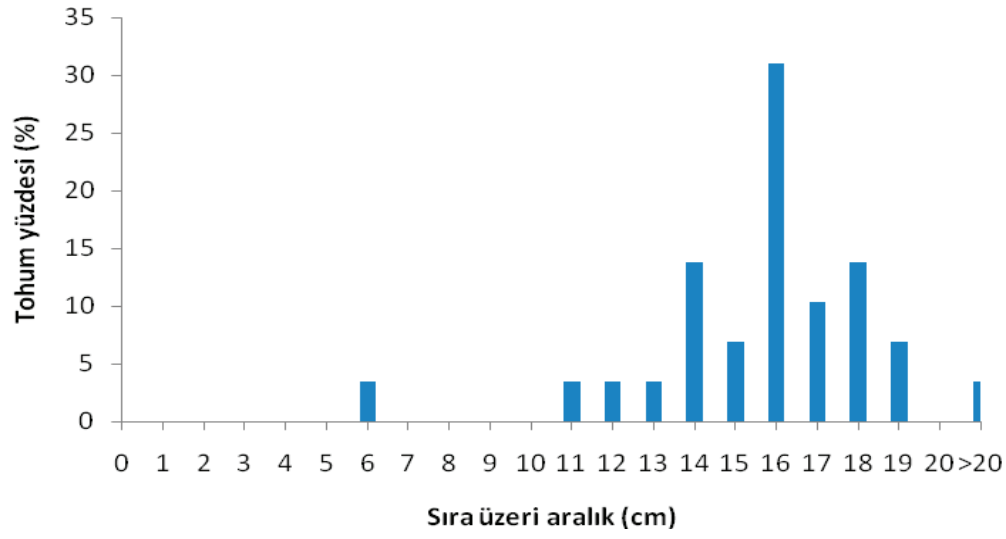
4.2.4. Soya tohumuna ilişkin sonuçlar

Yapışkan bant denemelerinde yapılan sına denemesinde soya tohumu için delik çapının 4 mm, vakum basıncının 40 mbar ve disk çevre hızının 0.17ms^{-1} olduğu durumda genel ortalama mesafe 10.9 cm ve Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA) %98.36 elde edilmiştir. Bu şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve elde edilen performans değerleri Şekil 4.51'de gösterilmiştir.



Şekil 4.52. Soya tohumuna ait sına deneme sonuçları (0.17 ms^{-1} disk çevre hızı ve 40 mbar vakumda)

Yapışkan bant denemelerinde yapılan bir diğer sına denemesinde soya tohumu için delik çapının 4 mm, vakum basıncının 40 mbar ve disk çevre hızının 0.044 ms^{-1} olduğu durumda genel ortalama mesafe 15.06 cm ve Kabul Edilebilir Tohum Aralığı (KETA) %86.21 elde edilmiştir. Bu şartlarda yapışkan bantta yapılan deneme sonuçları ve elde edilen performans değerleri Şekil 4.52'de gösterilmiştir.



Şekil 4.53. Soya tohumuna ait sına deneme sonuçları (0.044 ms-1 disk çevre hızı ve 40 mbar vakumda)

5. GENEL SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Tepki Yüzeyleri Metodolojisi uyarınca dört farklı ürün ve iki farklı çaptaki küresel materyallerle gerçekleştirilen denemeler sonucu elde edilen genel sonuçlar aşağıda verildiği gibidir.

Bu çalışmada da ele alındığı üzere vakum diski çevre hızı ve uygulanan vakum miktarı ve delik çapı dane yakalama oranı performansı üzerinde tekil olarak etkili ve önemli değişkenlerdir. Aynı vakum değeri ve disk çevre hızında delik çapının değişimi dane yakalama oranı performansında değişime neden olurken. Aynı delik çapı ve vakum değerinde disk çevre hızının değişimi yine dane yakalama oranı performansında değişime neden olmaktadır.

Aynı vakum diski çevre hızı ve vakum değerinde delik çapının 0.5 mm değerinden başlayarak dane yakalama oranı değerinin giderek artması ve sonra optimum bir delik çapı değerinden sonra ise düştüğü belirlenmiştir.

Her bir ürün için optimum delik çapının altındaki delik çaplarında tümüyle boşluk ve optimum delik çapı üzerindeki değerlerde ikizlenme oranlarında artış elde edilmiştir.

Genel olarak küresel materyaller ile elde edilen sonuçlara göre belirli bir çap değerinin üzerinde küresel materyallerin vakum diski çevre hızı ve vakum miktarından daha az etkilendiği saptanmıştır.

Küreselliği farklı tohumlar ve küresel materyaller ile yapılan deneme sonuçlarına göre tohumun küresellik değeri artışına paralel olarak uygun delik çapı değerinde çalışmak koşuluyla yüksek vakum diski çevre hızı ve farklı vakum değerlerinde tek dane yakalama oranını en yüksek değerlere ulaştırmak mümkündür.

Tek dane yakalama oranı sıra üzeri dağılım düzgünlüğünün bir göstergesi olup dane yakalama oranının maksimum olduğu uygun delik çapı, vakum ve disk çevre hızında tek dane ekim işleminin gerçekleştirilmesi mümkündür.

Genelde elde edilen matematiksel modellerin optimum vakum ve disk çevre hızını elde etme yönünde yüksek tahminleme katsayısı değerlerine ulaşmadığı,

ulaştığı durumlarda da elde edilen optimum değişken değerlerinde istenilen tek dane yakalama oranı değerlerinin elde edilemediği saptanmıştır.

Elde edilen ham veri sonuçlarına dayalı olarak uygun delik çapı, vakum ve disk çevre hızı değerlerinin belirlenmesi çalışmanın pratiğe yönelik olarak uygulanmasını daha da anlamlı hale getirdiğini söylemek mümkündür.

Bu çalışmada elde edilen bilgiler ışığında akıllı vakum diskinin diğer tek dane ekimi yapılan ürünler için kullanımının mümkün olduğu önermek mümkündür. Yapışkan bant deneme düzeninin olmadığı durumlarda optimum değişken değerlerinin elde etmek mümkündür. Bu nedenle söz konusu bu çalışmada yapılan akıllı vakum diski yaklaşımının pratik ve hızlı çözümler sağlayacağı açıktır.

Pratikte söz konusu bu yaklaşımın daha sağlam bir zemine oturtulması için tek dane yakalama oranı ve yapışkan bant denemeleri arasındaki ilintinin yine Tepki Yüzeyleri Metodolojisi esasına dayalı olarak farklı bir çalışmada ele alınarak belirlenmesi önerilen bir diğer husustur. Tek dane yakalama oranının değişkenlerin farklı değerleri için maksimum olduğu durumlarda hangi çalışma şartlarının uygun olacağı konusunda yaklaşım, ancak yapışkan bant denemelerinden elde edilecek sonuçlara ilintilendirilmesi ile mümkün olabilir.

Tekleme düzeni olmaksızın bu çalışma çerçevesinden yapılan denemelerden elde edilen bilgiler, her bir ürün için optimum delik çapından daha büyük çaplardaki vakum diski ile çalışılması durumunda ikizlenmenin elimine edilebilmesi için uygun bir tekleme düzeni kullanımını gerektiğine işaret etmektedir. Ancak optimum delik çapında çalışma durumunda tekleme düzeni olmadan çalışan bir ekici düzen ile bile maksimum performansı sağlamanın mümkün olduğu bu çalışmada elde edilen önemli bulgulardan birisi durumundadır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Box, G. E.P. and Draper, N.** 1987. *Empirical Model-Building and Response Surfaces*. John Wiley & Sons, New York. 669 p.
- Barut, Z.B. ve Özmerzi, A.** 2004. *Effects of Different Operating Parameters Seed Holding in the Single Seed Metering Unit of a Pneumatic Planter*, Turkish J. Agric For 28(2004):435-441s.
- Değirmencioğlu, A., Çakmak, B. ve Yazgı, A.** 2014. *İkiz Diskli-Vakumlu Tek Dane Ekici Düzen Prototipinin Tasarımı ve Performansının Optimizasyonu*, 2009-ZRF-058 Nolu Proje, Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Proje Kesin Raporu, Bornova-İzmir, 69s.
- Hoff, D. J. and J. H. Mederski.** 1960. *Effect of Equidistant Corn Plant Spacing on Yield*. Agron. J. 52(5): 295-297p.
- Kachman, S.D. and Smith, J.A.** 1995. *Alternative Measures of Accuracy in Plant Spacing for Planters Using Single Seed Metering*, Transactions of the ASAE, 379-387p.
- Karayel, D., Barut, Z.B. ve Özmerzi, A.** 2004. *Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Seeder*, Biosystem Engineering, 87 (4):437-444s.
- Moody, F.H. Hancock, J.H. and Wilkerson, J.B.** 2003. *Evaluating Planter Performance-Cotton Seed Placement Accuracy*, American Society of Agricultural Engineering (ASAE) Paper, 031146, 13p.
- Önal, İ.** 1987. *Vakum Prensibiyle Çalışan Bir Pnömatik Hassas Ekici Düzenin Ayçiçeği, Mısır ve Pamuk Tohumu Ekim Başarısı*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt:24, Sayı:2
- Önal, İ.** 1995. *Ekim-Bakım-Gübreleme Makinaları*, E.Ü.Z.F. Ders Kitabı, Yayın No:490, İzmir.
- Önal, O. ve Önal, İ.** 2009. *Development of a Computerized Measurement System for in-Row Seed Spacing Accuracy*, TÜBİTAK Turk J Agric For 33 (2009): 99-109s.
- Singh, R.C., Singh, G. and Saraswat, D.C.** 2005. *Optimizing of Design and Operational Parameters of Pneumatic Seed Metering Device for Planting Cottonseeds*, Biosystem Engineering, 92 (4), 429-438p.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Staggenborg, S. A., R. K Taylor and L. D. Maddux.** 2004. *Effect of Planter Speed and Seed Firmers on Corn Stand Establishment.* Applied Eng. in Agric. 20(5): 573-580p.
- Yazgı, A.** 2004. *Hava Emişli Tek Dane Ekim Makinası Örneğinde Ekim Performansının Tepki Yüzeyleri Metodolojisi Kullanılarak Optimizasyonu.* Yüksek Lisans Tezi (yayımlanmamış), E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yazgı, A.** 2010. *Vakumlu Tek Dane Ekimde Optimizasyon ve Makina Performansının Matematiksel Modellemesi.* Doktora Tezi (yayımlanmamış), E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.

ÖZGEÇMİŞ

Şahin DOĞAN, 1981 yılında Kayseri'de doğdu. İlk öğrenimini Bornova Altındağ İlkokulu'nda, orta öğrenimini Altındağ Ortaokulu'nda, lise öğrenimini ise Bornova Mimar Sinan Endüstri Meslek Lisesi'nde tamamladı. 2000 yılında Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Öğretmenliği Bölümü'nde lisans eğitimine başladı. 2004 yılında lisans eğitimini bölüm birincisi olarak tamamladı ve aynı yıl Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Eğitimi Ana bilim Dalı Otomotiv Bölümü'nde lisans üstü eğitimi almaya hak kazandı. Lisansüstü tez aşamasındayken kamu personeli olarak İzmir Valiliği'ne atandı. Ara verdiği yüksek lisans eğitimine 2013 yılında Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başladı. 2013 yılında Açıköğretim Fakültesi ön lisans İşletme bölümünü, 2015 yılında ise Açıköğretim Fakültesi lisans Kamu Yönetimi bölümünden mezun oldu. Evli ve bir çocuk sahibi olan Şahin DOĞAN, İngilizce bilmekte olup; halen İzmir Valiliği İl Dernekler Müdürlüğü'nde şef olarak görev yapmaktadır.

EKLER

EK 1 Akıllı Disk ile Çalışmada Tek Tohum Yakalama, Boşluk ve İkizleme Oranı Değerleri

EK 2 Tohumlar ve Küresel Materyallere İlişkin Minitab Analizleri

EK 3 Yapışkan Bant Deneme Sonuçları

EK-1

AKILLI DİSK İLE ÇALIŞMADA TEK TOHUM YAKALAMA, BOŞLUK ve İKİZLEME ORANI DEĞERLERİ

AYÇİÇEĞİ (TEK TOHUM)

Delik Çapı (mm)												
Deney No	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
1	0	10	45	65	70	60	65	60	45	45	20	5
2	0	5	55	80	95	70	65	55	30	15	5	5
3	0	15	65	75	65	65	50	50	10	5	10	5
4	0	10	55	75	70	40	65	35	15	20	10	5
5	0	0	55	55	70	75	70	55	50	20	10	10
6	0	25	55	70	95	65	50	40	5	10	5	0
7	0	35	70	70	70	60	45	30	20	5	0	0
8	0	25	50	80	75	65	50	35	15	10	5	5
9	0	25	60	90	75	55	55	35	30	30	15	5
10	0	25	60	90	75	55	55	35	30	30	10	5
11	0	25	60	90	75	55	55	35	30	30	10	5
12	0	25	60	90	75	55	55	35	30	30	10	5
13	0	25	60	90	75	55	55	35	30	30	10	5

AYÇİÇEĞİ (BOŞLUK)

Deney No	Delik Çapı (mm)											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
1	100	90	55	35	30	25	5	10	0	0	0	0
2	100	95	45	20	0	5	0	0	0	0	0	0
3	100	85	35	15	5	0	0	0	0	0	0	0
4	100	90	45	25	10	0	0	0	0	0	0	0
5	100	100	45	40	20	15	10	5	0	0	0	0
6	100	75	45	25	0	0	0	0	0	0	0	0
7	100	65	30	20	0	0	0	0	0	0	0	0
8	100	75	45	10	5	5	0	0	0	0	0	0
9	100	75	40	5	0	5	5	0	0	0	0	0
10	100	75	40	5	0	5	5	0	0	0	0	0
11	100	75	40	5	0	5	5	0	0	0	0	0
12	100	75	40	5	0	5	5	0	0	0	0	0
13	100	75	40	5	0	5	5	0	0	0	0	0

AYÇİÇEĞİ (İKİZLEME)

Deney No	Delik Çapı (mm)											
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
1	0	0	0	0	0	15	30	30	55	55	80	95
2	0	0	0	0	5	25	35	45	70	85	95	95
3	0	0	0	10	30	35	50	50	90	95	90	95
4	0	0	0	0	20	60	35	65	85	80	90	95
5	0	0	0	5	10	10	20	45	50	80	95	90
6	0	0	0	5	5	35	50	60	95	90	100	100
7	0	0	0	10	30	40	55	70	80	95	95	100
8	0	0	5	10	20	30	50	65	85	90	85	95
9	0	0	0	5	25	40	40	65	70	70	90	95
10	0	0	0	5	25	40	40	65	70	70	90	95
11	0	0	0	5	25	40	40	65	70	70	90	95
12	0	0	0	5	25	40	40	65	70	70	90	95
13	0	0	0	5	25	40	40	65	70	70	90	95

MISIR (TEK TOHUM)

Delik Çapı(mm)															
Deney No	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
1	0	0	0	5	20	40	60	60	85	70	80	90	85	45	80
2	0	0	0	35	25	75	80	80	80	95	80	85	95	45	70
3	0	0	10	40	75	90	75	90	100	90	75	65	45	25	50
4	0	0	0	10	50	70	60	90	80	85	85	95	70	45	60
5	0	0	5	5	5	35	40	40	75	85	90	85	75	85	55
6	0	0	15	35	45	85	80	95	80	80	85	70	55	55	40
7	0	0	5	50	65	75	95	70	75	70	75	40	75	55	20
8	0	5	5	50	50	75	75	90	80	75	95	90	85	50	50
9	0	0	5	15	65	75	80	75	80	80	75	75	80	60	55
10	0	5	20	20	30	70	65	80	80	85	90	85	75	50	35
11	0	5	20	20	30	70	65	80	80	85	90	85	75	50	35
12	0	5	20	20	30	70	65	80	80	85	90	85	75	50	35
13	0	5	20	20	30	70	65	80	80	85	90	85	75	50	35

MISIR (BOŞLUK)

Delik Çapı(mm)															
Deney No	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
1	100	100	100	95	80	60	40	35	5	15	5	0	0	0	0
2	100	100	100	65	75	25	20	20	15	5	0	0	0	0	0
3	100	100	90	60	25	10	10	0	0	0	0	0	0	0	0
4	100	100	100	90	50	30	40	5	5	5	0	0	0	0	0
5	100	100	95	95	95	65	60	55	20	10	10	0	0	0	0
6	100	100	85	65	55	15	10	0	0	0	0	0	0	0	0
7	100	100	95	50	35	15	0	15	0	0	0	0	0	0	0
8	100	95	95	50	50	25	25	5	15	5	0	0	0	0	0
9	100	100	95	85	35	25	20	10	0	0	0	0	0	0	0
10	100	95	80	80	70	30	25	5	0	0	0	0	0	0	0
11	100	95	80	80	70	30	25	5	0	0	0	0	0	0	0
12	100	95	80	80	70	30	25	5	0	0	0	0	0	0	0
13	100	95	80	80	70	30	25	5	0	0	0	0	0	0	0

MISIR (İKİZLEME)

Delik Çapı(mm)															
Deney No	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5
1	0	0	0	0	0	0	0	5	10	15	15	10	15	55	20
2	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	20	15	5	55	30
3	0	0	0	0	0	0	5	10	0	10	25	35	55	75	50
4	0	0	0	0	0	0	0	5	15	10	15	5	30	55	40
5	0	0	0	0	0	0	0	5	5	5	0	15	25	15	45
6	0	0	0	0	0	0	10	5	20	20	15	30	45	45	60
7	0	0	0	0	0	10	5	15	25	30	25	60	25	45	80
8	0	0	0	0	0	0	0	5	5	20	5	10	15	50	50
9	0	0	0	0	0	0	0	15	20	20	25	25	20	40	45
10	0	0	0	0	0	0	10	15	20	15	10	15	25	50	65
11	0	0	0	0	0	0	10	15	20	15	10	15	25	50	65
12	0	0	0	0	0	0	10	15	20	15	10	15	25	50	65
13	0	0	0	0	0	0	10	15	20	15	10	15	25	50	65

PAMUK (TEK TOHUM)

Deney No	Delik Çapı(mm)								4.5
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	
1	0	0	15	80	90	75	60	50	60
2	0	15	45	100	85	60	45	40	60
3	0	50	90	75	55	50	45	20	20
4	5	25	75	80	85	65	30	55	20
5	0	5	35	80	100	70	65	40	30
6	0	35	85	75	65	75	45	40	35
7	5	60	85	80	65	50	45	35	10
8	0	35	65	90	90	55	35	35	35
9	0	40	90	95	95	65	75	40	45
10	0	40	90	95	95	65	75	40	45
11	0	40	90	95	95	65	75	40	45
12	0	40	90	95	95	65	75	40	45
13	0	40	90	95	95	65	75	40	45

PAMUK (BOŞLUK)

Deney No	Delik Çapı (mm)								4.5
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	
1	100	100	85	20	10	5	0	0	0
2	100	85	55	0	0	0	0	0	0
3	100	50	10	0	0	0	0	0	0
4	95	75	25	5	0	0	0	0	0
5	100	95	65	20	0	0	0	0	0
6	100	65	15	0	0	0	0	0	0
7	95	40	15	0	0	0	0	0	0
8	100	65	30	0	0	0	0	0	0
9	100	60	10	5	0	0	0	0	0
10	100	60	10	5	0	0	0	0	0
11	100	60	10	5	0	0	0	0	0
12	100	60	10	5	0	0	0	0	0
13	100	60	10	5	0	0	0	0	0

PAMUK (İKİZLEME)

Deney No	Delik Çapı(mm)								4.5
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	
1	0	0	0	0	0	20	40	50	40
2	0	0	0	0	15	40	55	60	40
3	0	0	0	25	45	50	55	80	80
4	0	0	0	15	15	35	70	45	80
5	0	0	0	0	0	30	35	60	70
6	0	0	0	25	35	25	55	60	65
7	0	0	0	20	35	50	55	65	90
8	0	0	5	10	10	45	65	65	65
9	0	0	0	0	5	35	25	60	55
10	0	0	0	0	5	35	25	60	55
11	0	0	0	0	5	35	25	60	55
12	0	0	0	0	5	35	25	60	55
13	0	0	0	0	5	35	25	60	55

SOYA (TEK TOHUM)

Deney No	Delik Çapı (mm)										
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
1	0	0	5	20	75	90	85	100	100	95	85
2	0	0	0	75	80	100	100	85	75	100	90
3	0	0	45	95	100	90	90	100	95	95	85
4	0	0	5	55	60	100	90	90	85	85	95
5	0	0	0	35	55	90	95	85	85	80	90
6	0	0	15	70	85	100	85	85	90	100	95
7	0	0	35	80	95	95	90	85	90	90	95
8	0	0	20	70	85	100	100	100	85	80	90
9	0	0	20	60	85	95	90	100	90	95	95
10	0	0	20	60	85	95	90	100	90	95	95
11	0	0	20	60	85	95	90	100	90	95	95
12	0	0	20	60	85	95	90	100	90	95	95
13	0	0	20	60	85	95	90	100	90	95	95

SOYA (BOŞLUK)

Deney No	Delik Çapı (mm)										
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
1	100	100	95	80	25	5	0	0	0	0	0
2	100	100	100	25	20	0	0	0	0	0	0
3	100	100	55	5	0	0	0	0	0	0	0
4	100	100	95	45	40	0	0	0	0	0	0
5	100	100	100	65	45	5	0	0	0	0	0
6	100	100	85	30	15	0	0	0	0	0	0
7	100	100	75	20	5	0	0	0	0	0	0
8	100	100	80	30	15	0	0	0	0	0	0
9	100	100	85	40	15	0	0	0	0	0	0
10	100	100	85	40	15	0	0	0	0	0	0
11	100	100	85	40	15	0	0	0	0	0	0
12	100	100	85	40	15	0	0	0	0	0	0
13	100	100	85	40	15	0	0	0	0	0	0

SOYA (İKİZLEME)

Deney No	Delik Çapı (mm)										
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
1	0	0	0	0	0	5	15	0	0	5	15
2	0	0	0	0	0	0	0	15	25	0	10
3	0	0	0	0	0	0	0	0	5	5	15
4	0	0	0	0	0	0	10	10	15	15	5
5	0	0	0	0	0	5	5	15	15	20	10
6	0	0	0	0	0	0	15	15	10	0	5
7	0	0	0	0	0	5	10	15	10	10	5
8	0	0	0	0	0	0	0	0	15	20	10
9	0	0	0	0	0	5	10	0	0	5	5
10	0	0	0	0	0	5	10	0	0	5	5
11	0	0	0	0	0	5	10	0	0	5	5
12	0	0	0	0	0	5	10	0	0	5	5
13	0	0	0	0	0	5	10	0	0	5	5

6 mm KÜRESEL MATERYAL (TEK TOHUM)

Delik Çapı (mm)											
Deney No	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
1	0	0	0	40	80	85	75	75	90	95	100
2	0	0	35	90	100	85	95	85	95	95	100
3	0	0	55	95	100	90	80	90	90	100	100
4	0	0	25	75	90	85	75	85	90	100	100
5	0	0	0	60	100	95	90	75	85	100	100
6	0	0	35	80	100	85	90	90	95	100	100
7	0	5	55	100	100	95	90	70	100	100	100
8	0	0	55	85	95	95	95	90	90	100	100
9	0	0	60	90	100	95	95	80	80	100	100
10	0	0	60	90	100	95	95	80	80	100	100
11	0	0	60	90	100	95	95	80	80	100	100
12	0	0	60	90	100	95	95	80	80	100	100
13	0	0	60	90	100	95	95	80	80	100	100

6 mm KÜRESEL MATERYAL (BOŞLUK)

Delik Çapı (mm)											
Deney No	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
1	100	100	100	60	20	0	0	0	0	0	0
2	100	100	65	10	0	0	0	0	0	0	0
3	100	100	45	5	0	0	0	0	0	0	0
4	100	100	75	25	5	0	0	0	0	0	0
5	100	100	100	40	0	5	0	0	0	0	0
6	100	100	65	20	0	0	0	0	0	0	0
7	100	95	45	0	0	0	0	0	0	0	0
8	100	100	45	15	0	0	0	0	0	0	0
9	100	100	40	10	0	0	0	0	0	0	0
10	100	100	40	10	0	0	0	0	0	0	0
11	100	100	40	10	0	0	0	0	0	0	0
12	100	100	40	10	0	0	0	0	0	0	0
13	100	100	40	10	0	0	0	0	0	0	0

6 mm KÜRESEL MATERYAL (İKİZLEME)

Deney No	Delik Çapı (mm)										
	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5
1	0	0	0	0	0	15	25	25	10	5	0
2	0	0	0	0	0	15	5	15	5	5	0
3	0	0	0	0	0	10	20	10	10	0	0
4	0	0	0	0	5	15	25	15	10	0	0
5	0	0	0	0	0	0	10	25	15	0	0
6	0	0	0	0	0	15	10	10	5	0	0
7	0	0	0	0	0	5	10	30	0	0	0
8	0	0	0	0	5	5	5	10	10	0	0
9	0	0	0	0	0	5	5	20	20	0	0
10	0	0	0	0	0	5	5	20	20	0	0
11	0	0	0	0	0	5	5	20	20	0	0
12	0	0	0	0	0	5	5	20	20	0	0
13	0	0	0	0	0	5	5	20	20	0	0

10 mm KÜRESEL MATERYAL (BOŞLUK)

Delik Çapı(mm)																
Deney No	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6	6.5	7	7.5	8
1	100	100	100	100	100	95	75	60	30	25	5	5	0	0	0	0
2	100	100	100	100	100	80	75	40	25	15	0	0	0	0	0	0
3	100	100	100	100	70	50	20	20	5	0	5	0	0	0	0	0
4	100	100	100	100	100	80	60	25	20	5	10	0	0	0	0	0
5	100	100	100	100	100	100	70	60	55	20	20	0	0	0	0	0
6	100	100	100	100	90	70	45	20	10	0	0	0	0	0	0	0
7	100	100	100	100	65	45	30	5	5	10	0	0	0	0	0	0
8	100	100	100	100	90	40	20	5	0	0	0	0	0	0	0	0
9	100	100	100	100	100	70	35	0	20	5	0	0	0	0	0	0
10	100	100	100	100	100	60	20	15	0	0	0	0	0	0	0	0
11	100	100	100	100	100	60	20	15	0	0	0	0	0	0	0	0
12	100	100	100	100	100	60	20	15	0	0	0	0	0	0	0	0
13	100	100	100	100	100	60	20	15	0	0	0	0	0	0	0	0

EK-2

TOHUMLARA VE KÜRESEL MATERYALLERE İLİŞKİN

MİNİTAB ANALİZLERİ

AYÇİÇEĞİ TEK TOHUM ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 1 MM

Stepwise Regression: 1 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.4281	0.4881
X_2	0.159	0.159
T-Value	3.81	4.87
P-Value	0.003	0.001
X_2^2		-0.098
T-Value		-2.81
P-Value		0.018
S	0.118	0.0922
R-Sq	56.93	75.95
R-Sq(adj)	53.02	71.14
Mallows Cp	7.1	2.0

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression: 1.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.8632	0.8911
X_2	0.053	0.053
T-Value	2.98	4.11
P-Value	0.013	0.002
X_1^2		-0.045
T-Value		-3.31
P-Value		0.008
S	0.0502	0.0364
R-Sq	44.62	73.55
R-Sq(adj)	39.59	68.26
Mallows Cp	9.1	1.6

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression: 2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.194	1.249	1.249
X_2^2	-0.151	-0.161	-0.161
T-Value	-4.86	-7.63	-9.24
P-Value	0.001	0.000	0.000
X_1^2		-0.080	-0.080
T-Value		-3.76	-4.55
P-Value		0.004	0.001
X_1			-0.039
T-Value			-2.38
P-Value			0.041
S	0.0827	0.0558	0.0461
R-Sq	68.25	86.84	91.92
R-Sq(adj)	65.37	84.21	89.23
Mallows Cp	42.5	14.4	8.1

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.067
X_1X_2	0.190
T-Value	5.54
P-Value	0.000
S	0.0687
R-Sq	73.64
R-Sq(adj)	71.24
Mallows Cp	-1.3

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression: 3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.8356	0.8356
X_2^2	0.078	0.078
T-Value	2.92	3.88
P-Value	0.014	0.003
X_1		-0.058
T-Value		-3.06
P-Value		0.012
S	0.0709	0.0535
R-Sq	43.67	70.92
R-Sq(adj)	38.55	65.11
Mallows Cp	11.2	3.4

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.8518	0.8518
X_2	-0.083	-0.083
T-Value	-6.56	-8.14
P-Value	0.000	0.000
X_1		0.027
T-Value		2.63
P-Value		0.025
S	0.0359	0.0289
R-Sq	79.66	87.98
R-Sq(adj)	77.81	85.58
Mallows Cp	7.0	2.4

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.6952	0.6552
X_2	-0.077	-0.077
T-Value	-2.58	-3.15
P-Value	0.025	0.010
X_2^2		0.065
T-Value		2.51
P-Value		0.031
S	0.0839	0.0689
R-Sq	37.78	61.82
R-Sq(adj)	32.12	54.18
Mallows Cp	6.8	2.7

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.5235	0.5873	0.5873
X2	-0.153	-0.153	-0.153
T-Value	-4.32	-7.42	-9.64
P-Value	0.001	0.000	0.000
X12		-0.104	-0.104
T-Value		-4.74	-6.16
P-Value		0.001	0.000
X1X2			-0.063
T-Value			-2.81
P-Value			0.020
S	0.100	0.0583	0.0448
R-Sq	62.90	88.57	93.91
R-Sq(adj)	59.53	86.28	91.88
Mallows Cp	36.9	7.1	2.5

DELİK ÇAPI: 5 MM

Stepwise Regression: 5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.4656
X2	-0.115
T-Value	-2.46
P-Value	0.031
S	0.132
R-Sq	35.57
R-Sq(adj)	29.72
Mallows Cp	59.0

DELİK ÇAPI: 5.5 MM

Stepwise Regression: 5.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.2915	0.3280	0.3280
X_1X_2	-0.140	-0.140	-0.140
T-Value	-3.59	-4.31	-5.29
P-Value	0.004	0.002	0.001
X_2^2		-0.059	-0.059
T-Value		-2.43	-2.98
P-Value		0.035	0.016
X_2			-0.046
T-Value			-2.45
P-Value			0.037
S	0.0780	0.0649	0.0530
R-Sq	53.92	71.02	82.63
R-Sq(adj)	49.73	65.22	76.84
Mallows Cp	14.3	7.7	3.8

DELİK ÇAPI: 6 MM

Stepwise Regression: 6 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 6 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.1982
X_2	-0.085
T-Value	-3.83
P-Value	0.003
S	0.0628
R-Sq	57.15
R-Sq(adj)	53.25
Mallows Cp	12.5

AYÇİÇEĞİ BOŞLUK ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 1 MM

Stepwise Regression: 1 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	1.143	1.083
X_2	-0.159	-0.159
T-Value	-3.81	-4.87
P-Value	0.003	0.001
X_2^2		0.098
T-Value		2.81
P-Value		0.018
S	0.118	0.0922
R-Sq	56.93	75.95
R-Sq(adj)	53.02	71.14
Mallows Cp	7.1	2.0

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression: 1.5 versus $X_1, X_2, X_1X_2, X_1^2, X_2^2$

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.7037	0.6819	0.6819
X_2	-0.053	-0.053	-0.053
T-Value	-3.32	-4.09	-4.94
P-Value	0.007	0.002	0.001
X_1^2		0.035	0.035
T-Value		2.58	3.12
P-Value		0.027	0.012
X_1			0.025
T-Value			2.37
P-Value			0.042
S	0.0449	0.0365	0.0302
R-Sq	50.11	70.04	81.54
R-Sq(adj)	45.57	64.05	75.39
Mallows Cp	10.2	4.5	2.1

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression: 2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3	4
Constant	0.2951	0.2255	0.2255	0.2255
X_2^2	0.1628	0.1759	0.1759	0.1759
T-Value	3.78	5.36	7.70	24.31
P-Value	0.003	0.000	0.000	0.000
X_1^2		0.1001	0.1001	0.1001
T-Value		3.05	4.38	13.84
P-Value		0.012	0.002	0.000
X_1			0.0726	0.0726
T-Value			3.41	10.76
P-Value			0.008	0.000
X_2				-0.0610
T-Value				-9.04
P-Value				0.000
S	0.115	0.0865	0.0603	0.0191
R-Sq	56.48	77.46	90.16	99.12
R-Sq(adj)	52.52	72.96	86.88	98.68
Mallows Cp	405.7	207.8	88.8	5.4

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3	4	5
Constant	0.139697286	0.139697286	0.071680539	0.000006223	0.000006223
X_1X_2					
T-Value	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201	-0.201
P-Value	-2.29	-2.76	-3.40	-4.96	-7.08
	0.043	0.020	0.008	0.001	0.000
X_2					
T-Value		-0.126	-0.126	-0.126	-0.126
P-Value		-2.45	-3.01	-4.40	-6.28
		0.034	0.015	0.002	0.000
X_1^2					
T-Value			0.111	0.124	0.124
P-Value			2.48	4.03	5.75
			0.035	0.004	0.001
X_2^2					
T-Value				0.103	0.103
P-Value				3.35	4.78
				0.010	0.002
X_1					
T-Value					0.061
P-Value					3.05
					0.019
S	0.176	0.146	0.119	0.0811	0.0568
R-Sq	32.25	57.62	74.82	89.52	95.50
R-Sq(adj)	26.09	49.14	66.43	84.28	92.28
Mallows Cp	96.3	58.9	34.2	13.3	6.0

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression: 3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.1923
X_2	-0.164
T-Value	-5.05
P-Value	0.000
S	0.0917
R-Sq	69.91
R-Sq(adj)	67.17
Mallows Cp	3.0

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.1989	0.1989
X_1^2	-0.114	-0.114
T-Value	-3.15	-4.60
P-Value	0.009	0.001
X_2		-0.085
T-Value		-3.65
P-Value		0.004
S	0.0960	0.0659
R-Sq	47.49	77.51
R-Sq(adj)	42.72	73.01
Mallows Cp	41.3	14.5

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3	4
Constant	0.042097	0.004179	0.004179	0.004179
X_2	-0.080	-0.080	-0.080	-0.080
T-Value	-2.66	-3.11	-4.11	-5.35
P-Value	0.022	0.011	0.003	0.001
X_2^2		0.062	0.062	0.062
T-Value		2.25	2.98	3.87
P-Value		0.048	0.016	0.005
X_1X_2			-0.080	-0.080
T-Value			-2.92	-3.80
P-Value			0.017	0.005
X_1				0.040
T-Value				2.69
P-Value				0.028
S	0.0853	0.0729	0.0551	0.0423
R-Sq	39.06	59.52	79.22	89.08
R-Sq(adj)	33.53	51.42	72.30	83.62
Mallows Cp	30.7	19.4	8.6	4.1

AYÇİÇEĞİ İKİZLEME ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression: 2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.1957	0.1957
X_2	0.085	0.085
T-Value	2.41	2.84
P-Value	0.035	0.018
X_1		-0.069
T-Value		-2.29
P-Value		0.045
S	0.100	0.0851
R-Sq	34.59	57.09
R-Sq(adj)	28.64	48.51
Mallows Cp	6.4	3.1

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression: 3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.6218	0.6891
X_2	0.107	0.107
T-Value	2.57	3.66
P-Value	0.026	0.004
X_2^2		-0.109
T-Value		-3.51
P-Value		0.006
S	0.118	0.0830
R-Sq	37.49	71.96
R-Sq(adj)	31.81	66.36
Mallows Cp	11.4	2.1

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.6865	0.6865
X_2	0.111	0.111
T-Value	7.21	9.16
P-Value	0.000	0.000
X_1		-0.034
T-Value		-2.79
P-Value		0.019
S	0.0434	0.0341
R-Sq	82.53	90.16
R-Sq(adj)	80.94	88.19
Mallows Cp	10.7	4.1

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.8675
X_2	0.090
T-Value	2.54
P-Value	0.028
S	0.100
R-Sq	36.92
R-Sq(adj)	31.18
Mallows Cp	7.2

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.0473	0.9835	0.9835
X2	0.153	0.153	0.153
T-Value	4.32	7.42	9.64
P-Value	0.001	0.000	0.000
X12		0.104	0.104
T-Value		4.74	6.16
P-Value		0.001	0.000
X1X2			0.063
T-Value			2.81
P-Value			0.020
S	0.100	0.0583	0.0448
R-Sq	62.90	88.57	93.91
R-Sq(adj)	59.53	86.28	91.88
Mallows Cp	36.9	7.1	2.5

DELİK ÇAPI: 5 MM

Stepwise Regression: 5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.105
X2	0.115
T-Value	2.46
P-Value	0.031
S	0.132
R-Sq	35.57
R-Sq(adj)	29.72
Mallows Cp	59.0

DELİK ÇAPI: 5.5 MM

Stepwise Regression: 5.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.279	1.243	1.243
X1X2	0.140	0.140	0.140
T-Value	3.59	4.31	5.29
P-Value	0.004	0.002	0.001
X22		0.059	0.059
T-Value		2.43	2.98
P-Value		0.035	0.016
X2			0.046
T-Value			2.45
P-Value			0.037
S	0.0780	0.0649	0.0530
R-Sq	53.92	71.02	82.63
R-Sq(adj)	49.73	65.22	76.84
Mallows Cp	14.3	7.7	3.8

DELİK ÇAPI: 6 MM

Stepwise Regression: 6 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 6 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.373
X2	0.085
T-Value	3.83
P-Value	0.003
S	0.0628
R-Sq	57.15
R-Sq(adj)	53.25
Mallows Cp	12.5

MISIR TEK TOHUM ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 1 MM

Stepwise Regression: 1 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.1471
X_2^2	-0.098
T-Value	-2.91
P-Value	0.014
S	0.0897
R-Sq	43.49
R-Sq(adj)	38.35
Mallows Cp	1.4

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression: 1.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.3516
X_1^2	-0.137
T-Value	-2.36
P-Value	0.038
S	0.155
R-Sq	33.53
R-Sq(adj)	27.48
Mallows Cp	5.2

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression: 2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.5036	0.5036	0.5036
X_2	0.156	0.156	0.156
T-Value	3.03	4.96	6.07
P-Value	0.012	0.001	0.000
X_1		-0.139	-0.139
T-Value		-4.42	-5.41
P-Value		0.001	0.000
X_1X_2			0.089
T-Value			2.44
P-Value			0.037
S	0.146	0.0892	0.0729
R-Sq	45.44	81.54	88.89
R-Sq(adj)	40.48	77.84	85.19
Mallows Cp	63.8	17.7	9.8

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.6739
X_2	0.225
T-Value	4.67
P-Value	0.001
S	0.136
R-Sq	66.51
R-Sq(adj)	63.47
Mallows Cp	2.4

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression: 3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.9911
X_2	0.160
T-Value	4.14
P-Value	0.002
S	0.109
R-Sq	60.87
R-Sq(adj)	57.31
Mallows Cp	12.0

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.007
X_2	0.153
T-Value	3.83
P-Value	0.003
S	0.113
R-Sq	57.17
R-Sq(adj)	53.28
Mallows Cp	2.1

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3	4
Constant	1.095	1.024	1.095	1.095
X_2	0.129	0.129	0.129	0.129
T-Value	2.55	3.20	4.60	5.81
P-Value	0.027	0.009	0.001	0.000
X_1^2		0.116	0.103	0.103
T-Value		2.71	3.41	4.31
P-Value		0.022	0.008	0.003
X_2^2			-0.103	-0.103
T-Value			-3.41	-4.31
P-Value			0.008	0.003
X_1X_2				0.079
T-Value				2.52
P-Value				0.036
S	0.143	0.114	0.0795	0.0629
R-Sq	37.20	63.77	84.19	91.19
R-Sq(adj)	31.49	56.52	78.93	86.79
Mallows Cp	44.2	23.7	8.4	4.5

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.139
X_1X_2	-0.132
T-Value	-2.32
P-Value	0.041
S	0.114
R-Sq	32.83
R-Sq(adj)	26.72
Mallows Cp	1.9

DELİK ÇAPI: 6 MM

Stepwise Regression: 6 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 6 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.119	1.195	1.148
X_2	-0.148	-0.148	-0.148
T-Value	-3.36	-5.39	-7.53
P-Value	0.006	0.000	0.000
X_2^2		-0.125	-0.116
T-Value		-4.28	-5.50
P-Value		0.002	0.000
X_1^2			0.068
T-Value			3.24
P-Value			0.010
S	0.124	0.0776	0.0556
R-Sq	50.70	82.57	91.96
R-Sq(adj)	46.22	79.08	89.28
Mallows Cp	54.3	15.4	5.3

DELİK ÇAPI: 6.5 MM

Stepwise Regression: 6.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 6.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.050
X_2	-0.118
T-Value	-2.80
P-Value	0.017
S	0.119
R-Sq	41.68
R-Sq(adj)	36.38
Mallows Cp	-0.1

DELİK ÇAPI: 7.5 MM

Stepwise Regression: 7.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 7.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.7621	0.6912
X_2	-0.144	-0.144
T-Value	-3.07	-4.08
P-Value	0.011	0.002
X_1^2		0.115
T-Value		3.06
P-Value		0.012
S	0.133	0.100
R-Sq	46.19	72.23
R-Sq(adj)	41.30	66.68
Mallows Cp	7.8	1.7

MISIR BOŞLUK ANALİZ SAYFASI

DELİK ÇAPI: 1 MM

Stepwise Regression: 1 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.424
X_2^2	0.098
T-Value	2.91
P-Value	0.014
S	0.0897
R-Sq	43.49
R-Sq(adj)	38.35
Mallows Cp	1.4

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression: 1.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.219
X_1^2	0.137
T-Value	2.36
P-Value	0.038
S	0.155
R-Sq	33.53
R-Sq(adj)	27.48
Mallows Cp	5.2

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression: 2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.067	1.067	1.067
X_2	-0.156	-0.156	-0.156
T-Value	-3.03	-4.96	-6.07
P-Value	0.012	0.001	0.000
X_1		0.139	0.139
T-Value		4.42	5.41
P-Value		0.001	0.000
X_1X_2			-0.089
T-Value			-2.44
P-Value			0.037
S	0.146	0.0892	0.0729
R-Sq	45.44	81.54	88.89
R-Sq(adj)	40.48	77.84	85.19
Mallows Cp	63.8	17.7	9.8

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.8969
X_2	-0.225
T-Value	-4.67
P-Value	0.001
S	0.136
R-Sq	66.51
R-Sq(adj)	63.47
Mallows Cp	2.4

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression:3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.5700	0.5700
X_2	-0.182	-0.182
T-Value	-5.42	-6.36
P-Value	0.000	0.000
X_1		0.065
T-Value		2.26
P-Value		0.047
S	0.0948	0.0808
R-Sq	72.78	82.01
R-Sq(adj)	70.31	78.41
Mallows Cp	13.1	7.6

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression:3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.4957
X_2	-0.220
T-Value	-5.33
P-Value	0.000
S	0.117
R-Sq	72.06
R-Sq(adj)	69.52
Mallows Cp	3.4

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression:4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.3081	0.2125
X_2	-0.214	-0.214
T-Value	-3.81	-5.83
P-Value	0.003	0.000
X_2^2		0.155
T-Value		3.97
P-Value		0.003
S	0.159	0.104
R-Sq	56.89	83.25
R-Sq(adj)	52.97	79.90
Mallows Cp	14.6	2.2

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression:4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.13154410	0.06047183	0.00001401
X_2	-0.160	-0.160	-0.160
T-Value	-3.32	-4.33	-5.70
P-Value	0.007	0.001	0.000
X_1^2		0.116	0.127
T-Value		2.94	4.21
P-Value		0.015	0.002
X_2^2			0.087
T-Value			2.89
P-Value			0.018
S	0.136	0.105	0.0794
R-Sq	50.10	73.23	86.11
R-Sq(adj)	45.57	67.88	81.48
Mallows Cp	42.5	20.6	9.3

DELİK ÇAPI: 5 MM**Stepwise Regression: 5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2**

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.107383861	0.049447585	0.000004524
X_2	-0.135	-0.135	-0.135
T-Value	-3.66	-5.08	-7.86
P-Value	0.004	0.000	0.000
X_1^2		0.094	0.103
T-Value		3.34	5.62
P-Value		0.008	0.000
X_2^2			0.071
T-Value			3.87
P-Value			0.004
S	0.104	0.0750	0.0485
R-Sq	54.98	78.70	92.00
R-Sq(adj)	50.88	74.44	89.33
Mallows Cp	74.0	32.2	9.8

DELİK ÇAPI: 5.5 MM**Stepwise Regression: 5.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2**

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.042097	-0.004187	-0.004187
X_2	-0.085	-0.085	-0.085
T-Value	-2.94	-4.16	-5.02
P-Value	0.013	0.002	0.001
X_2^2		0.075	0.075
T-Value		3.46	4.17
P-Value		0.006	0.002
X_1X_2			-0.056
T-Value			-2.35
P-Value			0.043
S	0.0817	0.0578	0.0480
R-Sq	44.07	74.55	84.23
R-Sq(adj)	38.99	69.46	78.97
Mallows Cp	27.5	9.6	5.3

MISIR İKİZLEME ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.1584	0.2211
X_2	0.108	0.108
T-Value	2.28	2.73
P-Value	0.044	0.021
X_1^2		-0.102
T-Value		-2.41
P-Value		0.036
S	0.135	0.112
R-Sq	32.01	57.04
R-Sq(adj)	25.83	48.44
Mallows Cp	4.5	1.5

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3	4
Constant	0.3547	0.3547	0.3977	0.3977
X_1^2	-0.097	-0.097	-0.105	-0.105
T-Value	-2.59	-3.11	-4.04	-6.13
P-Value	0.025	0.011	0.003	0.000
X_2		0.071	0.071	0.071
T-Value		2.41	2.92	4.43
P-Value		0.037	0.017	0.002
X_2^2			-0.062	-0.062
T-Value			-2.38	-3.62
P-Value			0.041	0.007
X_1X_2				-0.080
T-Value				-3.57
P-Value				0.007
S	0.0994	0.0830	0.0684	0.0451
R-Sq	37.91	60.72	75.93	90.70
R-Sq(adj)	32.27	52.86	67.90	86.05
Mallows Cp	44.6	26.9	15.8	5.0

DELİK ÇAPI: 5 MM

Stepwise Regression: 5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.3714
X_2	0.111
T-Value	2.81
P-Value	0.017
S	0.112
R-Sq	41.72
R-Sq(adj)	36.43
Mallows Cp	1.2

DELİK ÇAPI: 5.5 MM

Stepwise Regression: 5.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.3646
X_2	0.100
T-Value	2.29
P-Value	0.043
S	0.124
R-Sq	32.22
R-Sq(adj)	26.05
Mallows Cp	-1.8

DELİK ÇAPI: 6 MM

Stepwise Regression: 6 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 6 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.4521	0.3754	0.4229
X_2	0.148	0.148	0.148
T-Value	3.36	5.39	7.53
P-Value	0.006	0.000	0.000
X_2^2		0.125	0.116
T-Value		4.28	5.50
P-Value		0.002	0.000
X_1^2			-0.068
T-Value			-3.24
P-Value			0.010
S	0.124	0.0776	0.0556
R-Sq	50.70	82.57	91.96
R-Sq(adj)	46.22	79.08	89.28
Mallows Cp	54.3	15.4	5.3

DELİK ÇAPI: 6.5 MM

Stepwise Regression: 6.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 6.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.5213
X_2	0.118
T-Value	2.80
P-Value	0.017
S	0.119
R-Sq	41.68
R-Sq(adj)	36.38
Mallows Cp	-0.1

DELİK ÇAPI: 7.5 MM

Stepwise Regression: 7.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 7.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.8087	0.8796
X_2	0.144	0.144
T-Value	3.07	4.08
P-Value	0.011	0.002
X_1^2		-0.115
T-Value		-3.06
P-Value		0.012
S	0.133	0.100
R-Sq	46.19	72.23
R-Sq(adj)	41.30	66.68
Mallows Cp	7.8	1.7

PAMUK TEK TOHUM ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 1 MM

Stepwise Regression:1 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.5775
X_2	0.244
T-Value	4.92
P-Value	0.000
S	0.140
R-Sq	68.76
R-Sq(adj)	65.92
Mallows Cp	24.0

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression:1.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.045	1.150	1.249
X_2	0.257	0.257	0.257
T-Value	3.58	4.59	6.65
P-Value	0.004	0.001	0.000
X_2^2		-0.169	-0.188
T-Value		-2.85	-4.54
P-Value		0.017	0.001
X_1^2			-0.143
T-Value			-3.46
P-Value			0.007
S	0.203	0.158	0.109
R-Sq	53.82	74.50	89.04
R-Sq(adj)	49.63	69.40	85.38
Mallows Cp	29.7	14.4	4.2

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.219	1.282	1.345
X_2	-0.193	-0.193	-0.193
T-Value	-3.89	-4.54	-5.58
P-Value	0.003	0.001	0.000
X_1^2		-0.101	-0.113
T-Value		-2.24	-3.05
P-Value		0.049	0.014
X_2^2			-0.091
T-Value			-2.47
P-Value			0.036
S	0.140	0.120	0.0978
R-Sq	57.90	71.96	83.27
R-Sq(adj)	54.07	66.36	77.69
Mallows Cp	8.8	4.8	2.1

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.9829	1.0472	1.0472
X_1^2	-0.196	-0.208	-0.208
T-Value	-5.36	-8.22	-11.49
P-Value	0.000	0.000	0.000
X_2^2		-0.092	-0.092
T-Value		-3.66	-5.12
P-Value		0.004	0.001
X_2			-0.055
T-Value			-3.24
P-Value			0.010
S	0.0971	0.0666	0.0476
R-Sq	72.28	88.16	94.54
R-Sq(adj)	69.76	85.79	92.72
Mallows Cp	42.7	15.1	5.2

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.6592	0.6592	0.6347
X_1	0.076	0.076	0.076
T-Value	3.33	4.19	5.25
P-Value	0.007	0.002	0.001
X_2		-0.049	-0.049
T-Value		-2.72	-3.41
P-Value		0.021	0.008
X_1^2			0.040
T-Value			2.59
P-Value			0.029
S	0.0645	0.0513	0.0409
R-Sq	50.24	71.43	83.61
R-Sq(adj)	45.72	65.71	78.15
Mallows Cp	19.1	9.1	4.2

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.6572
X_2	-0.130
T-Value	-2.76
P-Value	0.018
S	0.133
R-Sq	41.00
R-Sq(adj)	35.63
Mallows Cp	1.7

PAMUK BOŞLUK ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 1 MM

Stepwise Regression:1 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	1.043	1.043
X_2	-0.244	-0.244
T-Value	-5.90	-7.34
P-Value	0.000	0.000
X_1		0.088
T-Value		2.65
P-Value		0.024
S	0.117	0.0941
R-Sq	76.01	85.90
R-Sq(adj)	73.83	83.08
Mallows Cp	6.8	2.3

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression:1.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.5446	0.4539	0.3825
X_2	-0.257	-0.257	-0.257
T-Value	-4.14	-5.35	-6.54
P-Value	0.002	0.000	0.000
X_2^2		0.147	0.161
T-Value		2.89	3.82
P-Value		0.016	0.004
X_1^2			0.103
T-Value			2.44
P-Value			0.038
S	0.175	0.136	0.111
R-Sq	60.93	78.69	87.16
R-Sq(adj)	57.37	74.43	82.89
Mallows Cp	20.6	9.1	4.7

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression: 2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.1581	0.1581	0.1581
X_2	-0.140	-0.140	-0.140
T-Value	-2.91	-3.52	-4.41
P-Value	0.014	0.006	0.002
X_1		0.098	0.098
T-Value		2.46	3.08
P-Value		0.034	0.013
X_1X_2			-0.116
T-Value			-2.58
P-Value			0.030
S	0.136	0.112	0.0898
R-Sq	43.57	64.87	79.83
R-Sq(adj)	38.44	57.85	73.10
Mallows Cp	17.2	9.3	4.4

PAMUK İKİZLEME ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression: 2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.1963	0.1167
X_2	0.213	0.213
T-Value	3.88	4.97
P-Value	0.003	0.001
X_1^2		0.129
T-Value		2.84
P-Value		0.017
S	0.155	0.121
R-Sq	57.77	76.65
R-Sq(adj)	53.93	71.98
Mallows Cp	8.5	2.7

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.3796
X_2	0.233
T-Value	5.91
P-Value	0.000
S	0.112
R-Sq	76.05
R-Sq(adj)	73.88
Mallows Cp	1.4

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression: 3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.6622
X_1	-0.078
T-Value	-2.25
P-Value	0.046
S	0.0985
R-Sq	31.55
R-Sq(adj)	25.32
Mallows Cp	0.7

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.6720	0.6720
X_1^2	0.139	0.139
T-Value	4.63	5.43
P-Value	0.001	0.000
X_2		0.055
T-Value		2.26
P-Value		0.047
S	0.0801	0.0683
R-Sq	66.12	77.59
R-Sq(adj)	63.04	73.11
Mallows Cp	5.2	2.4

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.8957	0.8957
X_1	-0.076	-0.076
T-Value	-3.47	-4.50
P-Value	0.005	0.001
X_2		0.049
T-Value		2.92
P-Value		0.015
S	0.0620	0.0478
R-Sq	52.19	74.19
R-Sq(adj)	47.84	69.03
Mallows Cp	12.9	4.8

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.9136
X_2	0.130
T-Value	2.76
P-Value	0.018
S	0.133
R-Sq	41.00
R-Sq(adj)	35.63
Mallows Cp	1.7

SOYA TEK TOHUM ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression:1.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.3795	0.3795
X_2	0.225	0.225
T-Value	5.35	7.27
P-Value	0.000	0.000
X_1X_2		-0.141
T-Value		-3.21
P-Value		0.009
S	0.119	0.0877
R-Sq	72.23	86.33
R-Sq(adj)	69.71	83.59
Mallows Cp	100.6	47.0

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression:2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.9072	0.9072
X_2	0.187	0.187
T-Value	3.38	5.23
P-Value	0.006	0.000
X_1		-0.145
T-Value		-4.05
P-Value		0.002
S	0.157	0.101
R-Sq	50.91	81.41
R-Sq(adj)	46.45	77.69
Mallows Cp	14.8	2.0

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	1.134	1.134
X_2	0.164	0.164
T-Value	3.55	4.78
P-Value	0.005	0.001
X_1		-0.108
T-Value		-3.15
P-Value		0.010
S	0.130	0.0969
R-Sq	53.44	76.64
R-Sq(adj)	49.20	71.97
Mallows Cp	12.8	3.9

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression: 3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	1.274	1.274
X_1^2	0.144	0.144
T-Value	3.71	10.36
P-Value	0.003	0.000
X_1X_2		0.161
T-Value		8.69
P-Value		0.000
S	0.103	0.0370
R-Sq	55.64	94.82
R-Sq(adj)	51.61	93.78
Mallows Cp	66.4	1.8

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.294
X_1	-0.116
T-Value	-3.56
P-Value	0.004
S	0.0922
R-Sq	53.56
R-Sq(adj)	49.34
Mallows Cp	45.3

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.325
X_1X_2	-0.199
T-Value	-2.92
P-Value	0.014
S	0.136
R-Sq	43.59
R-Sq(adj)	38.47
Mallows Cp	2.8

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.248
X_1X_2	-0.155
T-Value	-3.76
P-Value	0.003
S	0.0824
R-Sq	56.23
R-Sq(adj)	52.25
Mallows Cp	1.5

SOYA BOŞLUK ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression:1.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.243	1.243	1.243
X_2	-0.206	-0.206	-0.206
T-Value	-5.38	-8.25	-11.13
P-Value	0.000	0.000	0.000
X_1X_2		0.141	0.141
T-Value		3.99	5.38
P-Value		0.003	0.000
X_1			0.056
T-Value			3.03
P-Value			0.014
S	0.108	0.0706	0.0523
R-Sq	72.45	89.36	94.74
R-Sq(adj)	69.94	87.24	92.98
Mallows Cp	44.0	13.4	5.1

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression:2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.6636	0.6636
X_2	-0.187	-0.187
T-Value	-3.38	-5.23
P-Value	0.006	0.000
X_1		0.145
T-Value		4.05
P-Value		0.002
S	0.157	0.101
R-Sq	50.91	81.41
R-Sq(adj)	46.45	77.69
Mallows Cp	14.8	2.0

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.4370	0.4370
X_2	-0.164	-0.164
T-Value	-3.55	-4.78
P-Value	0.005	0.001
X_1		0.108
T-Value		3.15
P-Value		0.010
S	0.130	0.0969
R-Sq	53.44	76.64
R-Sq(adj)	49.20	71.97
Mallows Cp	12.8	3.9

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression: 3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.1569
X_1^2	-0.086
T-Value	-2.26
P-Value	0.045
S	0.101
R-Sq	31.70
R-Sq(adj)	25.50
Mallows Cp	7.3

SOYA İKİZLEME ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression:3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.2157
X_1^2	-0.125
T-Value	-5.15
P-Value	0.000
S	0.0646
R-Sq	70.69
R-Sq(adj)	68.02
Mallows Cp	7.8

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression:3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.2518	0.3018
X_1	0.156	0.156
T-Value	5.45	8.76
P-Value	0.000	0.000
X_1^2		-0.081
T-Value		-4.28
P-Value		0.002
S	0.0811	0.0505
R-Sq	73.00	90.48
R-Sq(adj)	70.55	88.57
Mallows Cp	20.0	3.2

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.2461
X_1X_2	0.199
T-Value	2.92
P-Value	0.014
S	0.136
R-Sq	43.59
R-Sq(adj)	38.47
Mallows Cp	2.8

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.2979
X_1X_2	0.155
T-Value	2.49
P-Value	0.030
S	0.125
R-Sq	35.98
R-Sq(adj)	30.16
Mallows Cp	0.0

6 MM KÜRE TEK TOHUM ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression:1.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.6518	0.7772	0.7772
X_2	0.252	0.252	0.252
T-Value	2.87	3.63	5.02
P-Value	0.015	0.005	0.001
X_2^2		-0.204	-0.204
T-Value		-2.76	-3.81
P-Value		0.020	0.004
X_1			-0.160
T-Value			-3.17
P-Value			0.011
S	0.249	0.196	0.142
R-Sq	42.81	67.54	84.69
R-Sq(adj)	37.61	61.05	79.59
Mallows Cp	45.8	24.1	9.7

DELİK ÇAPI:2 MM

Stepwise Regression:2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	1.150	1.150
X_2	0.186	0.186
T-Value	2.92	3.42
P-Value	0.014	0.007
X_1		-0.123
T-Value		-2.25
P-Value		0.048
S	0.180	0.154
R-Sq	43.66	62.65
R-Sq(adj)	38.54	55.18
Mallows Cp	4.1	1.7

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.311
X_2^2	0.134
T-Value	2.37
P-Value	0.037
S	0.151
R-Sq	33.84
R-Sq(adj)	27.82
Mallows Cp	5.1

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.229	1.229	1.255
X_1X_2	0.110	0.110	0.110
T-Value	2.65	3.76	4.51
P-Value	0.023	0.004	0.001
X_1		-0.072	-0.072
T-Value		-3.49	-4.19
P-Value		0.006	0.002
X_1^2			-0.042
T-Value			-2.32
P-Value			0.046
S	0.0831	0.0585	0.0488
R-Sq	38.93	72.48	82.76
R-Sq(adj)	33.37	66.98	77.01
Mallows Cp	19.1	5.7	2.9

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.056
X_1^2	0.093
T-Value	3.94
P-Value	0.002
S	0.0625
R-Sq	58.54
R-Sq(adj)	54.77
Mallows Cp	2.1

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	1.154
X_2^2	0.120
T-Value	3.06
P-Value	0.011
S	0.105
R-Sq	45.92
R-Sq(adj)	41.01
Mallows Cp	12.1

6 MM KÜRE BOŞLUK ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 1.5 MM

Stepwise Regression:1.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 1.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.9190	0.7936	0.7936
X_2	-0.252	-0.252	-0.252
T-Value	-2.87	-3.63	-5.02
P-Value	0.015	0.005	0.001
X_2^2		0.204	0.204
T-Value		2.76	3.81
P-Value		0.020	0.004
X_1			0.160
T-Value			3.17
P-Value			0.011
S	0.249	0.196	0.142
R-Sq	42.81	67.54	84.69
R-Sq(adj)	37.61	61.05	79.59
Mallows Cp	45.8	24.1	9.7

DELİK ÇAPI: 2 MM

Stepwise Regression:2 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.4211	0.4211
X_2	-0.186	-0.186
T-Value	-2.92	-3.42
P-Value	0.014	0.007
X_1		0.123
T-Value		2.25
P-Value		0.048
S	0.180	0.154
R-Sq	43.66	62.65
R-Sq(adj)	38.54	55.18
Mallows Cp	4.1	1.7

6 MM KÜRE İKİZLEME ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	-0.01961
X_1^2	0.088
T-Value	4.42
P-Value	0.001
S	0.0531
R-Sq	64.01
R-Sq(adj)	60.74
Mallows Cp	-0.5

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.3415	0.3415	0.3154
X_1X_2	- 0.110	-0.110	-0.110
T-Value	-2.65	-3.76	-4.51
P-Value	0.023	0.004	0.001
X_1		0.072	0.072
T-Value		3.49	4.19
P-Value		0.006	0.002
X_1^2			0.042
T-Value			2.32
P-Value			0.046
S	0.0831	0.0585	0.0488
R-Sq	38.93	72.48	82.76
R-Sq(adj)	33.37	66.98	77.01
Mallows Cp	19.1	5.7	2.9

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.5143
X_1^2	-0.093
T-Value	-3.94
P-Value	0.002
S	0.0625
R-Sq	58.54
R-Sq(adj)	54.77
Mallows Cp	2.1

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1
Constant	0.4166
X_2^2	-0.120
T-Value	-3.06
P-Value	0.011
S	0.105
R-Sq	45.92
R-Sq(adj)	41.01
Mallows Cp	12.1

10 MM KÜRE TEK TOHUM ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3	4
Constant	0.11803	0.11803	0.03964	0.03964
X_2	0.184	0.184	0.184	0.184
T-Value	2.78	3.28	4.20	6.31
P-Value	0.018	0.008	0.002	0.000
X_1		-0.129	-0.129	-0.129
T-Value		-2.30	-2.95	-4.43
P-Value		0.044	0.016	0.002
X_2^2			0.127	0.127
T-Value			2.73	4.10
P-Value			0.023	0.003
X_1X_2				-0.145
T-Value				-3.51
P-Value				0.008
S	0.188	0.159	0.124	0.0826
R-Sq	41.25	61.55	78.97	91.72
R-Sq(adj)	35.91	53.86	71.97	87.58
Mallows Cp	75.7	48.4	25.3	8.9

DELİK ÇAPI: 3 MM

Stepwise Regression: 3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.5814	0.5814	0.6619
X_2	0.232	0.232	0.232
T-Value	3.96	5.08	9.16
P-Value	0.002	0.000	0.000
X_1		-0.130	-0.130
T-Value		-2.85	-5.14
P-Value		0.017	0.001
X_2^2			-0.131
T-Value			-4.86
P-Value			0.001
S	0.166	0.129	0.0717
R-Sq	58.74	77.20	93.71
R-Sq(adj)	54.99	72.65	91.61
Mallows Cp	37.2	18.5	2.0

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression: 3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.9014	0.9954
X_2	0.185	0.185
T-Value	2.64	3.20
P-Value	0.023	0.009
X_2^2		-0.153
T-Value		-2.49
P-Value		0.032
S	0.198	0.163
R-Sq	38.78	62.21
R-Sq(adj)	33.21	54.65
Mallows Cp	36.8	21.3

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	1.077	1.145	1.145
X_2	0.197	0.197	0.197
T-Value	3.97	4.84	5.76
P-Value	0.002	0.001	0.000
X_2^2		-0.110	-0.110
T-Value		-2.53	-3.01
P-Value		0.030	0.015
X_1			-0.078
T-Value			-2.28
P-Value			0.049
S	0.141	0.115	0.0968
R-Sq	58.84	74.89	84.06
R-Sq(adj)	55.10	69.86	78.75
Mallows Cp	12.5	6.1	3.3

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	1.424	1.424
X_2^2	-0.217	-0.217
T-Value	-2.48	-3.12
P-Value	0.030	0.011
X_2		0.177
T-Value		2.72
P-Value		0.022
S	0.232	0.185
R-Sq	35.92	63.12
R-Sq(adj)	30.10	55.74
Mallows Cp	10.1	4.0

DELİK ÇAPI: 5 MM

Stepwise Regression: 5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	1.506	1.506
X_2^2	-0.165	-0.165
T-Value	-2.64	-3.63
P-Value	0.023	0.005
X_2		0.140
T-Value		3.29
P-Value		0.008
S	0.166	0.121
R-Sq	38.74	70.57
R-Sq(adj)	33.17	64.69
Mallows Cp	10.1	2.2

10 MM KÜRE BOŞLUK ANALİZ SONUÇLARI

DELİK ÇAPI: 2.5 MM

Stepwise Regression: 2.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 2.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3	4	5
Constant	1.428	1.517	1.517	1.571	1.571
X_2	-0.2246	-0.2246	-0.2246	-0.2246	-0.2246
T-Value	-4.02	-5.64	-7.58	-12.15	-23.25
P-Value	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
X_2^2		-0.145	-0.145	-0.155	-0.155
T-Value		-3.42	-4.60	-7.82	-14.96
P-Value		0.007	0.001	0.000	0.000
X_1			0.0891	0.0891	0.0891
T-Value			3.01	4.82	9.23
P-Value			0.015	0.001	0.000
X_1^2				-0.077	-0.077
T-Value				-3.89	-7.44
P-Value				0.005	0.000
X_1X_2					0.064
T-Value					4.72
P-Value					0.002
S	0.158	0.113	0.0838	0.0523	0.0273
R-Sq	59.45	81.33	90.69	96.78	99.23
R-Sq(adj)	55.76	77.60	87.59	95.17	98.68
Mallows Cp	359.7	162.8	79.7	26.3	6.0

DELİK ÇAPI:3 MM

Stepwise Regression:3 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.9894	0.9894	0.9089
X_2	-0.232	-0.232	-0.232
T-Value	-3.96	-5.08	-9.16
P-Value	0.002	0.000	0.000
X_1		0.130	0.130
T-Value		2.85	5.14
P-Value		0.017	0.001
X_2^2			0.131
T-Value			4.86
P-Value			0.001
S	0.166	0.129	0.0717
R-Sq	58.74	77.20	93.71
R-Sq(adj)	54.99	72.65	91.61
Mallows Cp	37.2	18.5	2.0

DELİK ÇAPI: 3.5 MM

Stepwise Regression:3.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 3.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.6693	0.5754
X_2	-0.185	-0.185
T-Value	-2.64	-3.20
P-Value	0.023	0.009
X_2^2		0.153
T-Value		2.49
P-Value		0.032
S	0.198	0.163
R-Sq	38.78	62.21
R-Sq(adj)	33.21	54.65
Mallows Cp	36.8	21.3

DELİK ÇAPI: 4 MM

Stepwise Regression: 4 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2	3
Constant	0.4933	0.4259	0.4259
X_2	-0.197	-0.197	-0.197
T-Value	-3.97	-4.84	-5.76
P-Value	0.002	0.001	0.000
X_2^2		0.110	0.110
T-Value		2.53	3.01
P-Value		0.030	0.015
X_1			0.078
T-Value			2.28
P-Value			0.049
S	0.141	0.115	0.0968
R-Sq	58.84	74.89	84.06
R-Sq(adj)	55.10	69.86	78.75
Mallows Cp	12.5	6.1	3.3

DELİK ÇAPI: 4.5 MM

Stepwise Regression: 4.5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 4.5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.1466	0.1466
X_2^2	0.217	0.217
T-Value	2.48	3.12
P-Value	0.030	0.011
X_2		-0.177
T-Value		-2.72
P-Value		0.022
S	0.232	0.185
R-Sq	35.92	63.12
R-Sq(adj)	30.10	55.74
Mallows Cp	10.1	4.0

DELİK ÇAPI: 5 MM

Stepwise Regression: 5 versus X_1 , X_2 , X_1X_2 , X_1^2 , X_2^2

Alpha-to-Enter: 0.05 Alpha-to-Remove: 0.05

Response is 5 on 5 predictors, with N = 13

Step	1	2
Constant	0.06473	0.06473
X_2^2	0.165	0.165
T-Value	2.64	3.63
P-Value	0.023	0.005
X_2		-0.140
T-Value		-3.29
P-Value		0.008
S	0.166	0.121
R-Sq	38.74	70.57
R-Sq(adj)	33.17	64.69
Mallows Cp	10.1	2.2

EK-3

TOHUMLARA AİT YAPIŞKAN BANT DENEME SONUÇLARI

AYÇİÇEĞİ TOHUMUNA AİT YAPIŞKAN BANT DENEME SONUÇLARI

1- Delik Çapı: 2.5 mm

Vakum: 50 mbar

Bant Hızı: 0.44 ms⁻¹

9.36	9.36	7.84
9.76	9.52	8.64
7.76	8.16	9.52
8.64	7.76	7.52
11.52	7.52	8.32
10.24	10.32	8.16
8.40	10.96	7.84
8.72	10.24	8.24
9.20	8.40	9.44
10.48	11.04	10.48
9.44	9.04	7.28
10.48	9.04	9.44
9.28	8.72	7.52
8.00	6.80	9.36
8.64	8.72	8.32
8.32	7.52	7.44
7.44	8.08	9.92
7.36	8.00	
8.64	9.92	
9.92	10.40	

2- Delik Çapı: 2.5 mm

Vakum: 50 mbar

Bant Hızı: 1.13 ms⁻¹

8.72	11.44	8.08
11.04	13.04	9.04
11.84	10.56	5.92
9.36	12.00	11.84
17.36	14.96	13.92
11.52	12.48	11.84
20.24	10.00	21.28
13.28	10.80	10.24
15.92	10.00	14.48
11.12	11.36	7.28
9.52	13.76	12.24
8.48	12.72	15.36
11.68	7.68	
14.72	16.00	
10.80	14.64	
13.36	8.80	
12.80	14.00	
8.64	13.28	
14.08	11.92	
13.52	18.48	

MISIR TOHUMUNA AİT YAPIŞKAN BANT DENEME SONUÇLARI

1- Delik Çapı: 4 mm

Vakum: 80 mbar

Bant Hızı: 0.78 ms⁻¹

8.72	12.64	12.72
10.08	21.28	9.12
10.40	10.16	12.16
9.12	13.44	11.04
16.08	9.12	10.96
7.20	9.84	10.08
15.68	10.64	12.88
11.20	11.60	11.76
9.12	9.36	10.64
12.88	10.72	11.68
20.00	11.52	
12.00	10.88	
8.88	10.24	
12.88	12.56	
11.60	12.48	
10.48	10.96	
9.44	9.44	
12.24	9.36	
10.48	10.32	
11.04	12.72	

2- Delik apı: 4 mm
Vakum: 80 mbar
Bant Hızı: 1.13 ms⁻¹

13.44	12.24
7.68	13.76
15.28	10.00
8.72	12.16
9.52	12.48
1.60	10.88
15.60	9.68
12.88	13.20
10.16	10.72
10.64	14.32
13.20	14.64
13.68	16.72
10.80	10.56
10.40	11.76
13.04	10.16
9.76	11.44
21.28	12.08
10.16	10.32
14.24	17.04
9.52	

PAMUK TOHUMUNA AİT YAPIŞKAN BANT DENEME SONUÇLARI

1- Delik Çapı: 2.5 mm

Vakum: 31.7 mbar

Bant Hızı: 0.85 ms⁻¹

15.20	9.36	13.92
9.20	12.64	9.92
11.68	12.16	11.04
9.68	10.80	12.08
13.84	14.48	11.52
10.88	16.64	
13.92	17.12	
10.72	8.48	
9.92	11.12	
13.84	12.00	
10.80	11.68	
13.60	10.64	
9.04	14.16	
11.68	12.24	
11.20	9.60	
11.28	11.60	
13.52	11.76	
12.24	10.64	
11.68	10.96	
12.96	11.04	

2- Delik Çapı: 2.5 mm

Vakum: 38.8 mbar

Bant Hızı: 0.85 ms⁻¹

10.96	12.08	11.76
11.76	9.84	9.76
10.96	12.88	12.00
12.08	12.32	13.36
11.52	8.32	10.00
11.20	14.00	9.44
14.48	8.32	2.16
19.12	7.36	11.68
7.84	7.60	9.84
10.56	21.36	12.16
12.64	9.36	10.64
9.76	11.60	11.20
11.28	11.20	6.88
12.88	9.68	
9.60	13.12	
13.12	9.68	
10.40	10.88	
9.04	14.00	
12.56	6.72	
9.28	9.28	

SOYA TOHUMUNA AİT YAPIŞKAN BANT DENEME SONUÇLARI

1- Delik Çapı: 3 mm

Vakum: 40 mbar

Bant Hızı: 0.44 ms⁻¹

14.16	36.96
21.12	30.48
12.96	11.84
19.84	13.76
16.96	8.24
15.76	10.64
5.90	12.96
37.92	13.36
13.68	18.64
16.08	15.20
12.16	
15.36	
18.32	
13.04	
17.92	
15.04	
13.84	
17.52	
20.08	
4.88	

2- Delik Çapı: 4 mm

Vakum: 40 mbar

Bant Hızı: 0.85 ms⁻¹

10.00	5.12	9.28
11.12	6.40	13.52
10.40	10.88	11.52
14.32	8.16	11.52
9.20	13.52	10.00
10.08	14.24	8.88
11.44	9.44	14.56
7.68	10.88	9.84
13.36	8.08	10.00
12.72	7.76	12.00
6.48	13.92	8.16
13.44	9.76	11.52
11.28	10.80	14.48
12.16	12.16	11.04
10.88	10.56	7.76
11.04	10.24	12.00
9.44	10.72	13.20
14.96	13.44	9.12
7.12	9.44	10.80
12.96	11.68	11.76

3- Delik apı: 4 mm

Vakum: 40 mbar

Bant Hızı: 0.44 ms⁻¹

15.52	13.20
14.72	13.92
21.52	18.16
13.92	17.44
17.20	15.04
11.36	15.12
5.28	17.36
10.16	16.08
15.92	16.96
16.96	15.60
17.12	12.88
15.60	15.84
14.64	
15.36	
18.32	
15.36	
18.32	
15.36	
13.76	
13.20	