

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**DANE MISIRIN PNÖMATİK İLETİMİ İÇİN TASARIM
PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

Murat ARIÖZ

**TARIM MAKİNALARI VE TEKNOLOJİLERİ MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI**

**ANKARA
2022**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

DANE MISIRIN PNÖMATİK İLETİMİ İÇİN TASARIM PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Murat ARIÖZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makinaları ve Teknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Metin GÜNER

Bu çalışmada; at dişi mısır (*Zea mays indentata* L.), sert mısır (*Zea mays indurata* L.), cin mısır (*Zea mays everta* L.) ve şeker mısır (*Zea mays saccharata* L.) gruplarının pnömatik iletim için tasarım parametreleri belirlenmiştir. Denemeler düşük basınçlı pozitif pnömatik iletim tesisinde gerçekleştirilmiştir. Dane mısır gruplarının boyut, aritmetik ortalama çap, geometrik ortalama çap, bin dane ağırlığı, porozite, terminal hızı ve projeksiyon alanı gibi fiziksel özellikleri ve bunların neme bağlı değişimleri incelenmiştir. Pnömatik iletim sonucunda mekanik zedelenme oranları, çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri hesaplanmıştır. Nem değerleri su ekleme yöntemiyle ayarlanmıştır. Dane mısır gruplarında nem değerlerindeki artışla beraber uzunluk, genişlik, kalınlık, aritmetik ortalama çap, geometrik ortalama çap, bin dane ağırlığı, porozite, terminal hızı ve projeksiyon alanı değerleri artmış ancak özgül kütle ve hektolitre değerleri ise azalmıştır. Tek başına hava iletiminde boru çapının küçülmesi ve hava hızının artması ile basınç düşümü, sürtünme kaybı ve güç tüketimi artmıştır. Tüm mısır gruplarında tasarım değerleri birbirine yakın olup boru çapının küçülmesiyle beraber hava hızı, basınç düşümü, güç tüketimi, mekanik zedelenme oranları artmıştır. Tüm mısır gruplarında nem değerinin artmasıyla mekanik zedelenme oranı azalmıştır. Boru çapı küçüldükçe, hava hızı arttıkça, nem değeri düştükçe çimlenme yüzdelerinin azaldığı, çimlenme uzunluklarının kısaldığı ve bunlara bağlı olarak vigor indekslerinin de düştüğü gözlemlenmiştir.

Eylül 2022, 154 sayfa

Anahtar Kelimeler: Pnömatik iletim, dane mısır, fiziksel özellikler, basınç düşümü, güç tüketimi, mekanik zedelenme.

ABSTRACT

Ph.D.Thesis

DETERMINING DESIGN PARAMETERS FOR PNEUMATIC TRANSMISSION OF GRAIN CORN

Murat ARIÖZ

Ankara University
Graduate of Natural and Applied Sciences
Department of Agriculture Machinery and Technologies Engineering

Supervisor: Prof.Dr. Metin GÜNER

In this study, the design parameters for pneumatic conveying of four different corn groups, horse tooth corn (*Zea mays indentata* L.), flint corn (*Zea mays indurata* L.), gin corn (*Zea mays everta* L.) and sweet corn (*Zea mays saccharata* L.) were determined. Trials took place in a low pressure positive pneumatic transmission plant. The physical properties of grain maize groups and their changes depending on moisture were investigated. As a result of pneumatic transmission, mechanical damage rates, germination percentages, germination lengths and vigor indices were calculated. Moisture content values are adjusted by adding water. With the increase in moisture values in grain corn groups; length, width, thickness, arithmetic mean diameter, geometric mean diameter, thousand-grain weight, porosity, terminal velocity and projection area values increased however, the specific mass and hectoliter values decreased. In air transmission alone; as the pipe diameter decreases and the air velocity increases, increased pressure drop, friction loss and power consumption. In all corn groups, the design values were close to each other, and with the reduction of the pipe diameter, the air velocity increased, and the pressure drop, power consumption, and mechanical damage rates also increased. The rate of mechanical damage decreased with the increase of moisture value in all maize groups. It has been observed that as the pipe diameter decreases, the air velocity increases, and the humidity value decreases, the germination percentages decrease, the germination lengths shorten and the vigor indexes decrease accordingly.

September 2022, 154 pages

Key Words: Pneumatic transmission, grain maize, physical properties, pressure drop, power consumption, mechanical damage.

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Tüm bilimsel çalışmalarımı yönlendiren ve araştırmalarımın her aşamasında bilgi, öneri ve yardımlarını esirgemeyerek akademik ortamda olduğu kadar mesleğimizi başarılı bir şekilde icra etmemde engin fikirleriyle yetişme ve gelişmeme katkıda bulunan sayın hocam Prof. Dr. Metin GÜNER'e, aynı şekilde Prof.Dr. Recai GÜRHAN'a ve Prof. Dr. Muammer NALBANT'a teşekkür ederim. Ayrıca sağlanan imkânlar için Ankara Üniversitesi Tarım Makineleri ve Teknoloji Mühendisliği Anabilim Dalı öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Ali İhsan ACAR'a ve Prof. Dr. Kamil SAÇILIK'a, çalışmalarım sırasında önemli katkılarda bulunan ve yönlendiren Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalında Prof. Dr. Yavuz EMEKLİER'e, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü ve Sakarya Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne, Tarım ve Orman Bakanlığından Dr. Hakan VELİOĞLU ve Selçuk OLUM'a, Dr. M. Yağmur POLAT'a, Tarım Alet ve Makine Test Merkezi Müdürlüğünde mesai arkadaşım Veysel Kaan YILMAZ'a, ruhlarının şad olması dileği ile rahmetli anama ve babama, çalışmalarım süresince birçok fedakârlıklar göstererek beni destekleyen sevgili eşim Ayşegül ARIÖZ'e ve çok sevdiğim kızlarım Keriman Ahsen ve Ahenk'e en derin duygularıyla teşekkür ederim.

Murat ARIÖZ

Ankara, Eylül 2022

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAYI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER DİZİNİ	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xv
1. GİRİŞ	1
1.1 Mısır Bitkisi Tohumları, Grupları ve Dane Mısır.....	1
1.2. Pnömatik İletim Sistemi	3
1.2.1 Pnömatik iletim sisteminde taşıma türleri.....	5
1.2.1 Pnömatik iletim sisteminde basınç kaynakları.....	8
1.2.1.1 Pistonlu kompresörler	8
1.2.1.2 Vidalı kompresörler	9
1.2.1.3 Paletli kompresörler.....	9
1.2.1.4 Rotorlu kompresörler	10
1.2.1.5 Merkezkaç turbo kompresörler.....	10
1.2.1.6 Eksenel kompresörler	11
1.2.2 Pnömatik iletimde besleme sistemi	11
1.2.2.1 Döner çarklı besleyici sistemleri	12
1.2.2.2 Helezonlu besleyici sistemleri.....	14
1.2.2.3 Kolon besleyici sistemleri	14
1.2.2.4 Enjeksiyon hattı besleyici sistemleri.....	15
1.2.3 Pnömatik iletim sisteminde siklon	16
1.2.4 Pnömatik tesiste kullanılan torbalı filtreler.....	16
1.2.5 Pnömatik iletim sisteminde hava kilidi	17
1.2.6 Pnömatik tesiste kullanılan iletim boruları	17
1.3 Tezin Amacı	19
2. KAYNAK ÖZETLERİ VE KURAMSAL TEMELLER	20
3. MATERYAL YÖNTEM	23
3.1 Materyal	23
3.1.1 Pnömatik iletim tesisi.....	23
3.1.2 Kontrol panosu	24
3.1.3 Roots blower (kompresör ve motoru)	25

3.1.4 Besleyici sistemi	26
3.1.5 Pozitif düşük basınçlı iletim tesisi boruları.....	27
3.1.6 Proses göstergeleri ve transmitterler	28
3.1.7 Siklon, hava kilidi ve motoru	29
3.1.8 Aspirasyon ve filtrasyon sistemleri.....	30
3.1.9 Denemelerde kullanılan mısır grupları.....	31
3.2 Yöntem	33
3.2.1 Dane mısır gruplarının nem değerlerinin ayarlanması.....	36
3.2.2 Dane mısır gruplarının fiziksel özelliklerinin saptanması	37
3.2.3 Pnömatik iletimde basınç düşümünün saptanması.....	41
3.2.4 Pnömatik iletimde hızlarının saptanması	41
3.2.5 Pnömatik iletimde güç tüketimi.....	44
3.2.6 Pnömatik iletimde debinin saptanması	44
3.2.7 Pnömatik iletimde birim materyalin iletilmesi için gerekli hava debisinin saptanması	45
3.2.8 Pnömatik iletimde sürtünme kaybının ve sürtünme katsayısının saptanması	46
3.2.9 Pnömatik iletimde yalnızca havanın iletilmesi durumunda tasarım parametrelerinin saptanması	46
3.2.10 Pnömatik iletimde dane mısır grubunun zedelenmesinin ve çimlenmenin saptanması	48
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	50
4.1 Mısır Gruplarının Fiziksel Özellikleri Değişiminin Matematiksel Gösterimi ..	50
4.2 İletim Materyali Olmadan Tek Başına Hava İletiminde Tasarım Parametreleri.....	71
4.2.1 Yalnız hava iletiminde boru çapı hava hızı basınç düşümü ilişkileri.....	72
4.2.2 Yalnız hava iletiminde boru çapı hava hızı sürtünme kaybı ilişkileri	73
4.2.3 Yalnız hava iletiminde boru çapı hava hızı güç tüketimi ilişkileri	73
4.3 Pozitif Düşük Basınçlı İletim Tesisinde Mısır Guruplarının Deneme Sonuçları	73
4.4 Dane Mısır Gruplarının Pnömatik İletiminde Tasarım Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi.....	86
4.4.1 Dane mısır grubunun pnömatik iletiminde basınç düşümü.....	87
4.4.2 Dane mısır grubunda nemin basınç düşümüne etkisi.....	94
4.4.3 Dane mısır grubunda boru çapı ve nemin basınç düşümüne etkisi	103
4.4.4 Dane mısır grubunun iletim kapasitesinin basınç düşümüne etkisi.....	108
4.4.5 Dane mısır grubunda boru çapının basınç düşümü ve güç tüketimine etkisi.....	114

4.4.6 Dane mısır grubunda nemin güç tüketimine etkisi.....	126
4.4.7 Dane mısır grubunda hava hızının mekanik zedelenmeye etkisi	131
4.4.8 Dane mısır grubunda nemin mekanik zedelenmeye etkisi.....	134
4.4.9 Dane mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri.....	139
5. SONUÇ.....	144
KAYNAKLAR	150
ÖZGEÇMİ.....	154



SİMGELER DİZİNİ

A	Danenin projeksiyon alanı / boru kesit alanı
C_d	Sürüklenme katsayısı
$\dot{C}_Y$	Çimlenme yüzdesi
$\dot{C}_U$	Çimlenme uzunluğu
D	Boru çapı / materyal dane genişliği
D_a	Aritmetik Ortalama Çap
D_g	Geometrik Ortalama Çap
ε	Porozite
h_L	Hektolitire
f	Sürtünme katsayısı
g	Yerçekimi ivmesi
h_L	Toplam sürtünme kaybı
I	Akım
I	Birim boru boyunda sürtünme kaybı
L	Uzunluk
μ	Karışım oranı
m	Danenin kütlesi
M_d	Zedelenen danelerin kütlesi
M_{ud}	Zedelenmeyen danelerin kütlesi
n	Çimlenen tohumların sayısı
n	Kompresör dönüş hızı
N	Güç
N_f	Materyalin son nemi
N_i	Materyalin ilk nemi
Re	Reynolds sayısı
P	Basınç
Q	Debi
Q	Eklenecek su miktarı
W_i	Materyalin kütlesi
Q_m	Ürün debisi
Q_h	Akışkan debisi
Q_k	Kompresör debisi
S_d	Mekanik zedelenme oranı
T	Kalınlık
U	Gerilim
V	Hız
V_i	Vigor indeksi
V_h	Borudaki hava hızı

V_i	Ürün iletim hızı
V_t	Terminal (kritik) hız
W	Genişlik
W_i	Materyalin kütlesi
γ_h	Havanın özgül ağırlığı
ΔP	Toplam basınç düşümü
Φ	Küresellik
ρ_b	Hacim Ağırlığı
ρ_t	Özgül Kütle
ρ_a	Havanın özgül kütlesi



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Mısır üretiminde, ihracatında ve ithalatında önemli ülkeler	3
Şekil 1.2 Pnömatik iletim sistemi	3
Şekil 1.3 Materyal iletim şekli	6
Şekil 1.4 Materyal iletim fazları	7
Şekil 1.5 Seyreltilmiş ve yoğun fazlı pnömatik taşıma sistemleri	8
Şekil 1.6 Pistonlu kompresör	9
Şekil 1.7 Vidalı kompresör	9
Şekil 1.8 Paletli kompresör	10
Şekil 1.9 Rotorlu kompresör	10
Şekil 1.10 Merkezkaç turbo kompresörler (turbo blower),	11
Şekil 1.11 Eksenel ve santrifuj kompresör	11
Şekil 1.12 Pnömatik iletim sisteminde besleyici sistemi	12
Şekil 1.13 Kanatlı çark tipleri	13
Şekil 1.14 Pnömatik iletimde döner çarklı besleme sistemi	13
Şekil 1.15 Helezonlu besleyici sistemleri	14
Şekil 1.16 Kolon besleyici sistemleri	15
Şekil 1.17 Enjektör besleyici	15
Şekil 1.18 Siklon ve filtre	16
Şekil 1.19 Pnömatik hava kilidi	17
Şekil 1.20 Pnömatik iletim hattı boruları	18
Şekil 1.21 Pnömatik iletim hattı şeffaf boru	18
Şekil 3.1 Denemelerde kullanılan pnömatik iletim tesisi	24
Şekil 3.2 Kontrol panosu	25
Şekil 3.3 Roots blower (kompresör ve motoru)	25
Şekil 3.4 Besleyici sistemi	27
Şekil 3.5 İletim tesisi boruları	28
Şekil 3.6 Basınç transmitterleri ve proses göstergeleri	29
Şekil 3.7 Siklon, hava kilidi ve motoru	30
Şekil 3.8 Aspiratör	31
Şekil 3.9 Mısır grupları	32
Şekil 3.10 Mısır gruplarının tarama fotoğrafları	40
Şekil 3.11 Mısır gruplarında mekanik zedelenmeler	49
Şekil 4.1 Mısır gruplarının neme bağlı olarak uzunluk, genişlik ve kalınlık değişimi	62
Şekil 4.2 Mısır gruplarının neme bağlı olarak aritmetik ve geometrik ortalama çap değişimi	63
Şekil 4.3 Mısır gruplarının neme bağlı olarak bin dane ağırlığı değişimi	64
Şekil 4.4 Mısır gruplarının neme bağlı olarak kütle değişimi	64

Şekil 4.5 Mısır gruplarının neme bağlı olarak küresellik değişimi	65
Şekil 4.6 Mısır gruplarının neme bağlı olarak hektolitre değişimi	65
Şekil 4.7 Mısır gruplarının neme bağlı olarak özgül kütle değişimi	66
Şekil 4.8 Mısır gruplarının neme bağlı olarak porozite değişimi	66
Şekil 4.9 Mısır gruplarının neme bağlı olarak terminal hızı değişimi	67
Şekil 4.10 Mısır gruplarının neme bağlı olarak projeksiyon alanı değişimi	67
Şekil 4.11 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1150 d/d)	88
Şekil 4.12 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	88
Şekil 4.13 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	89
Şekil 4.14 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 2250 d/d)	89
Şekil 4.15 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1150 d/d)	90
Şekil 4.16 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	90
Şekil 4.17 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	91
Şekil 4.18 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 2250 d/d)	91
Şekil 4.19 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1150 d/d)	92
Şekil 4.20 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	92
Şekil 4.21 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	93
Şekil 4.22 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 2250 d/d)	93
Şekil 4.23 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 43.1 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	100
Şekil 4.24 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 43.1 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	100
Şekil 4.25 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 54.5 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	101
Şekil 4.26 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 54.5 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	101

Şekil 4.27 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 70.3 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d).....	102
Şekil 4.28 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 70.3 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d).....	102
Şekil 4.29 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında at dişi mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1450 d/d).....	104
Şekil 4.30 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında at dişi mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1750 d/d).....	105
Şekil 4.31 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında sert mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1450 d/d).....	105
Şekil 4.32 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında sert mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1750 d/d).....	106
Şekil 4.33 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında cin mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1450 d/d).....	106
Şekil 4.34 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında cin mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1750 d/d).....	107
Şekil 4.35 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında şeker mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1450 d/d).....	107
Şekil 4.36 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında şeker mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1750 d/d).....	108
Şekil 4.37 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 54.5 mm, devir 1150 d/d)	110
Şekil 4.38 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 54.5 mm, devir 1450 d/d)	110
Şekil 4.39 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 54.5 mm, devir 1750 d/d)	111
Şekil 4.40 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 54.5 mm, devir 2250 d/d)	111
Şekil 4.41 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 70.3 mm, devir 1150 d/d)	112
Şekil 4.42 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 70.3 mm, devir 1450 d/d)	112
Şekil 4.43 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 70.3 mm, devir 1750 d/d)	113
Şekil 4.44 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 70.3 mm, devir 2250 d/d)	113
Şekil 4.45 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1150 d/d)	115
Şekil 4.46 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	116

Şekil 4.47 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	116
Şekil 4.48 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 2250 d/d)	117
Şekil 4.49 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1150 d/d)	117
Şekil 4.50 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	118
Şekil 4.51 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	118
Şekil 4.52 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 2250 d/d)	119
Şekil 4.53 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1150 d/d)	119
Şekil 4.54 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	120
Şekil 4.55 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	120
Şekil 4.56 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 2250 d/d)	121
Şekil 4.57 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 43.1 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	128
Şekil 4.58 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 43.1 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	128
Şekil 4.59 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 54.5 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	129
Şekil 4.60 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 54.5 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	129
Şekil 4.61 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 70.3 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)	130
Şekil 4.62 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 70.3 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)	130
Şekil 4.63 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletiminde hava hızının mekanik zedelenmeye etkisi (43.1 mm boru çapı)	132
Şekil 4.64 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletiminde hava hızının mekanik zedelenmeye etkisi (54.5 mm boru çapı)	133
Şekil 4.65 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletiminde hava hızının mekanik zedelenmeye etkisi (70.3 mm boru çapı)	133

Şekil 4.66 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (43.1 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d, hava hızı 55,60 m/s)	136
Şekil 4.67 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (43.1 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d).....	136
Şekil 4.68 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (54.5 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d).....	137
Şekil 4.69 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (54.5 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d).....	137
Şekil 4.70 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (70.3 mm boru çapı besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d, hava hızı 20.90 m/s)	138
Şekil 4.71 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (70.3 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d, hava hızı 25.31 m/s)	138

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Türkiye mısır denge tablosu	2
Çizelge 1.2 Dünya mısır denge tablosu	2
Çizelge 1.3 Yoğun ve seyreltik fazda kullanılan tipik parametreler	7
Çizelge 3.1 Roots blower tipi kompresörün basınç ve dönme hızına bağlı olarak debi ve hız değerleri	26
Çizelge 3.2 Pozitif düşük basınçlı iletim tesisi borularının teknik özellikleri	28
Çizelge 3.3 Dane mısır gruplarında doğal nem değerinde deneme deseni ve araştırılan tasarım parametreleri.....	34
Çizelge 3.4 Dane mısır gruplarında farklı nem değerinde deneme deseni ve araştırma tasarım parametreleri.....	35
Çizelge 3.5 Dane mısır gruplarının farklı nem içeriklerinde araştırılan fiziksel özellikleri ve parametreleri.....	38
Çizelge 3.6 Pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinin 43.1 mm boru çapında iletim hızı (m/s)	42
Çizelge 3.7 Pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinin 54.5 mm boru çapında iletim hızı (m/s)	43
Çizelge 3.8 Pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinin 70.3 mm boru çapında iletim hızı (m/s)	43
Çizelge 3.9 Besleyici devri ve frekans değerleri.....	45
Çizelge 4.1 At dişi mısırın %12.99; %16.19, %18.52, %21,55 ve %24.61 nem değerlerinde fiziksel özellikleri	52
Çizelge 4.2 Sert mısırın %12.01; %15.11, %17.60, %21.01 ve %23.25 nem değerlerinde fiziksel özellikleri	54
Çizelge 4.3 Cin mısırın %11.8; %15.20, %18.13, %20.55 ve %23.13 nem değerlerinde fiziksel özellikleri	56
Çizelge 4.4 Şeker mısırın %11.94; %15.29 ve %18.04, %21.01 ve %24.34 nem değerlerinde fiziksel özellikleri	58
Çizelge 4.5 Mısır gruplarının doğal nem değerlerinde fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması ...	61
Çizelge 4.6 At dişi mısır grubunun nem değerlerindeki değişime göre fiziksel özellik değişiminin matematiksel gösterimi	68
Çizelge 4.7 Sert mısır grubunun nem değerlerindeki değişime göre fiziksel özellik değişiminin matematiksel gösterimi	69
Çizelge 4.8 Cin mısır grubunun nem değerlerindeki değişime göre fiziksel özellik değişiminin matematiksel gösterimi	70
Çizelge 4.9 Şeker mısır grubunun nem değerlerindeki değişime göre fiziksel özellik değişiminin matematiksel gösterimi	71
Çizelge 4.10 Tek başına hava iletiminde tasarım parametreleri	72

Çizelge 4.11 At dişi mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları	74
Çizelge 4.12 Sert mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları.....	76
Çizelge 4.13 Cin mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları	78
Çizelge 4.14 Şeker mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları	80
Çizelge 4.15 Dane mısır gruplarında basınç düşümü karşılaştırılması ve güç tüketimi karşılaştırılması	82
Çizelge 4.16 Dane mısır gruplarında basınç düşümü ve sürtünme kaybının karşılaştırılması.....	84
Çizelge 4.17 Farklı nem değerlerinde at dişi mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları	96
Çizelge 4.18 Farklı nem değerlerinde sert mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları	97
Çizelge 4.19 Farklı nem değerlerinde cin mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları	98
Çizelge 4.20 Farklı nem değerlerinde şeker mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları	99
Çizelge 4.21 At dişi mısır iletiminde boru çapının basınç düşümüne ve güç tüketimine etkisi	122
Çizelge 4.22 Sert mısır iletiminde boru çapının basınç düşümüne ve güç tüketimine etkisi	123
Çizelge 4.23 Cin mısır iletiminde boru çapının basınç düşümüne ve güç tüketimine etkisi	124
Çizelge 4.24 Şeker mısır iletiminde boru çapının basınç düşümüne ve güç tüketimine etkisi ..	125
Çizelge 4.25 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri	139
Çizelge 4.26 Farklı nem değerinde at dişi mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri	140
Çizelge 4.27 Farklı nem değerinde sert mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri	141
Çizelge 4.28 Farklı nem değerinde cin mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri	142
Çizelge 4.29 Farklı nem değerinde şeker mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri	143

1. GİRİŞ

1.1 Mısır Bitkisi Tohumları, Grupları ve Dane Mısır

Tek yıllık bitki olan mısır sıcak iklim tahılları grubuna girmektedir. TS 3415 Mısır Standardında terim anlamı olarak mısır: Buğdaygiller (*Gramineae*) familyasının, mısır (*Zea*) cinsinin, mısır türüne (*Zea mays* L.) giren bütün alt türlere ait bitkilerin tohumları olarak tanımlanmıştır (Anonim 2010a). Mısır genel olarak insan beslenmesinde gıda maddesi, hayvan yemi, sanayide etanol elde edilmesinde (ayrıca nişasta, irmik, şurup, dekstrin, yağ) ve tohumluk amacıyla kullanılmaktadır.

Bu çalışmada, mısır bitkisinin koçanın üzerindeki mısır daneleri, mısır tohumu ve dane mısır olarak adlandırmış ve dünyada ve ülkemizde en çok ekilen ve üretilen TS 3415 Mısır Standardında belirtilen At dişi mısır (*Zea mays indentata* L.); Sert mısır (*Zea mays indurata* L.); Cin mısır (*Zea mays everta* L.) ve Şeker mısır (*Zea mays saccharata* L.) grupları denemelere alınmıştır (Geçit vd. 2009).

Tarım Ürünleri Piyasaları Ocak 2021 Mısır Raporuna göre; ülkemizde 5.9-6.6 milyon dekar alanda mısır ekimi yapılırken bu alan 2019 yılında %8 artmış ve 6.4 milyon dekar olmuştur. Mısırın ton olarak üretim değeri ise 2019'da 6, 2020 de 6.5 milyon ton olarak saptanmıştır (Anonim 2021a).

Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğünün 2022 Mısır Raporuna göre; 2022/23 döneminde Türkiye mısır üretiminin 7 milyon tona yaklaştığı, üretimde Konya, Şanlıurfa ve Adana illerinin ilk sıralarda olduğu, Türkiye'nin mısırdaki kendine yeterlilik seviyesinin 2020/21 döneminde %85'e yükseldiği, Türkiye'de üretilen mısırın %81'ini yem sanayisinin kullandığını açıklanmıştır (Anonim 2022c). Türkiye'de 2021-22 döneminde mısırın ekim alanları 6.916 milyon da, verimi 940 kg/da, üretimi 6.5 milyon ton, tüketimi 7.43 milyon ton olmuştur (Çizelge 1.1).

Çizelge 1.1 Türkiye mısır denge tablosu (1.000 ton)

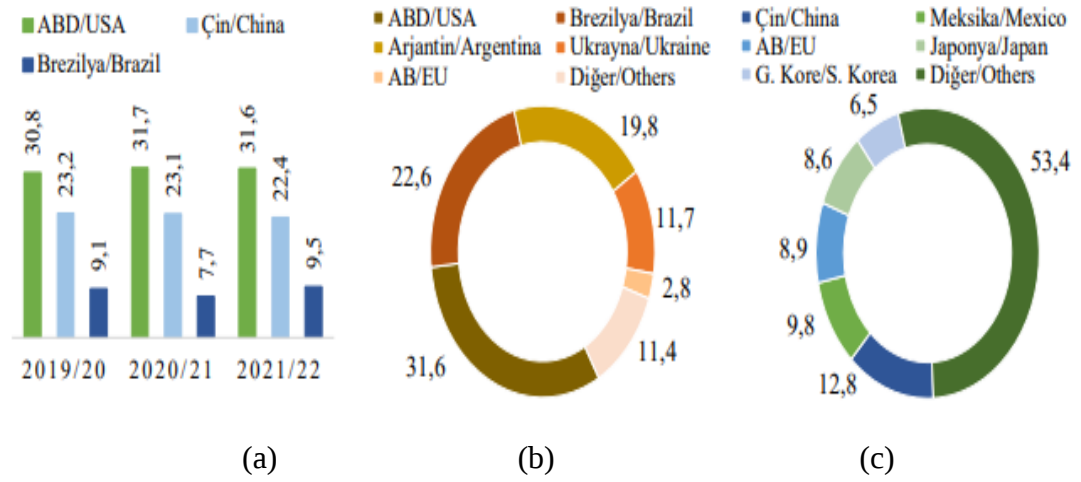
	2016/17	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21
Alan (bin da)	6.800	6.391	5.919	6.388	6.916
Verim (kg/da)	941	923	963	939	940
Üretim	6.400	5.900	5.700	6.000	6.500
Tüketim	7.074	7.804	7.866	7.706	7.430
Yemlik	5.268	6.380	6.451	6.376	5.990
Stok değişimi	-169	1	-151	114	-327
İthalat	1.425	2.752	3.682	2.720	1.814
İhracat	728	670	1.496	720	1.017
Kendine yeterlilik%	87.8	73.3	70.3	75.5	84.9

Dünya’da 2021-22 döneminde mısırın ekim alanları 206 milyon ha, verim 589 kg/da, üretim 1.21 milyar ton, tüketim 1.18 milyar ton olmuştur (Çizelge 1.2).

Çizelge 1.2 Dünya mısır denge tablosu (1.000 ton)

	2017/18	2018/19	2019/20	2020/21	2021/22
Alan (bin ha)	193.284	192.688	194.427	199.109	206.468
Verim (kg/da)	560	586	578	567	589
Üretim	1.081.900	1.128.741	1.122.735	1.128.998	1.216.066
Tüketim	1.095.577	1.131.642	1.13.346	1.145.691	1.181.114
Stok değişimi	341.592	322.661	307.469	293.246	310.920
İthalat	153.097	166.662	167.664	185.343	179.453
İhracat	149.777	182.629	172.245	182.873	196.731
Fiyat (dolar/ton)	172.8	172.0	167.8	249.0	295.5

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi küresel mısır üretiminde ABD, ekim alanında Çin ilk sırada yer almış, ABD en büyük ihracatçı iken, Çin en büyük ithalatçı konumunda olmuştur (Anonim 2022c).

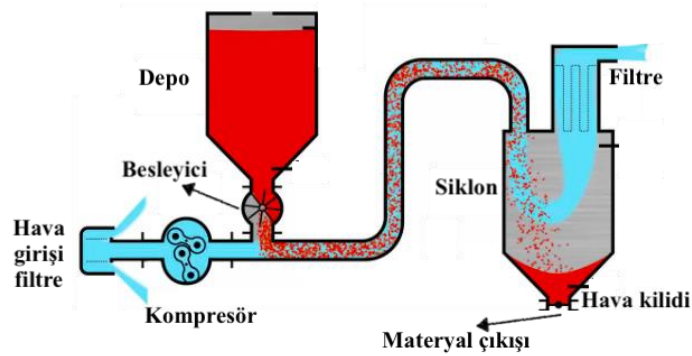


Şekil 1.1 Mısır üretiminde, ihracatında ve ithalatında önemli ülkeler
a. Üretim, b. İhracat, c. İthalat

1.2 Pnömatik İletim Sistemi

Basıncılı hava, insanların kullandıkları ilk enerji türlerindendir (hava körüğü M.Ö. 2500). Pnömatik, gaz basıncı ile çalışan sistemlerin hareket ve kontrolünü gerçekleştiren uygulama alanıdır (Anonim 2005).

Basıncılı hava veya gaz eşliğinde iletim materyalini herhangi bir konumdan alıp başka bir yere farklı makine ve parçalarından oluşan düzenek vasıtasıyla taşınmasında kullanılan tesise pnömatik iletim sistemi denmektedir. Şekil 1.2’de pnömatik iletim sistemi görülmektedir.



Şekil 1.2 Pnömatik iletim sistemi (Anonymous 2015a)

Hasat edilen dökme ürünlerin ve onların tohumlarının tüm taşınma işlemlerinde; zeminden, çuvallardan, kamyondan, tarım arabasından, gemilerden vb. taşıma araçlarından ve silolardan taşınacak materyali alıp yine zemin, çuval, tarım arabası, taşıma araçlarına yüklemelerinde, tahılların depolandığı ve saklandığı silolarda boşaltım ve dolum işlerinde, tarım işletmelerinde yetiştirilen hayvanların beslenmeleri için kullanılan yemlerin her türlü sağlıklı iletiminde ayrıca farklı sanayi kollarında, dökme materyalin iletimde pnömatik iletim sistemi tercih edilebilmektedir.

Pnömatik iletim sistemlerinin genel olarak kullanım alanlarını incelediğimizde karşımıza gıdada, tarımda, tarıma dayalı sanayide ve diğer endüstri kolları çıkmaktadır. Gıda sektöründe toz şeker, tuz, nişasta gibi tüm toz yapıdaki gıda malzemeleri pnömatik iletimle taşınabilmektedir. Tarım sektöründe buğday (buğday unu), arpa (hayvan yemi olarak kullanılan arpa ve malt sanayisindeki arpa), baklagiller (mercimek, nohut, soya vb.), pirinç (pirinç unu), kuruyemiş (fındık, fıstık, leblebi, çekirdek vb.), tahıl ürünlerinin tohumları vb., hayvan yemleri vb. ürünler iletilmektedir. Sanayide; toz ve granül olarak taşınacak plastik, karbon, seramik, madeni tüm hammaddeler ve yarı mamullerin bir yerden başka bir yere transfer edilmesinde kullanılmaktadır. Pnömatik iletim tesisi tarım işletmelerinde tohumluk ve hayvansal yem olarak kullanılacak mısır tohumunun, mısır nişastasının ve mısırdan üretilen diğer yan ürünlerin iletiminde, doldurulup boşaltılmasında oldukça yaygın olarak kullanılmaktadır.

Pnömatik iletimin avantajlarına baktığımızda, mısırın hava ile iletiminde zedelenme, kırılma ve aşınmanın daha az olduğu görülmektedir. Taşımanın hijyenik gerçekleştiği, toz materyalin kendisinde tozuma – tozutmanın olmadığı bilakis iletim kayıplarının minimum olduğu anlaşılmaktadır. İletim esnasında karışım hazırlanabildiği, ağırlığının tartılabildiği, ölçüm yapılabildiği, taşınmanın farklı yönlere hatta kıvrımlı kapalı alanlarda da kullanılabildiği karşımıza çıkmaktadır. Pnömatik iletim sisteminin ve parçalarının bakımı kolay ve arızası daha az olduğu bilinmektedir.

Pnömatik iletimin dezavantajlarını incelediğimizde ise iletilecek malzemeye uygun pnömatik iletim tesisi tercih edilmesinin bir mühendislik ve uzmanlık çalışmasının

sonucunda elde edilmesi, gürültülü çalışması, ilk yatırım ve enerji maliyetlerinin fazla olması karşımıza çıkmaktadır.

Pnömatik iletim tesislerinin farklı şekillerde sınıflandırılması mümkündür. Eğer iletim materyali havanın itiş gücü kullanılarak hareket ettiriliyorsa pozitif basınçlı, havanın emiş gücü (vakum etkisi) kullanılarak hareket ettiriliyorsa negatif basınçlı, aynı sistemin üzerinde her iki yönde de sistem çalıştırılabiliyorsa kombine basınçlı pnömatik iletim tesisidir. Düşük (1 bardan düşük), orta (1 ile 3 bar) ve yüksek (3 ile 7 bar) basınçlı pnömatik iletim sistemleri de bir başka sınıflandırma olmaktadır.

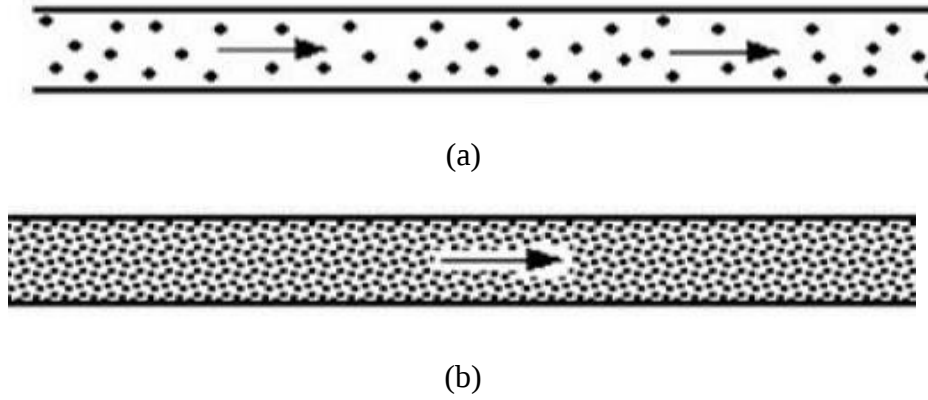
İletim materyalinin çapına göre; 150 mikrondan küçükse çok ince, 150 mikron ile 1 mm arasında ise ince 1 mm - 12.5 mm arasında ise granül ve 12.5 mm'den yüksek ise parçalı ve düzensiz iletim olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca iletim materyalinin aşındırıcı olup olmadığına göre de sınıflandırma yapılabilmektedir.

Pnömatik iletim tesisleri iletim materyalinin iletim borularının içerisinde kapladığı alana göre seyreltik – yoğun, gönderilme hızına göre yavaş - hızlı, ortam basıncına göre düşük – orta-yüksek basınçlı, negatif – pozitif basınçlı olarak sınıflandırılabilir.

1.2.1 Pnömatik iletim sisteminde taşıma türleri

Pnömatik iletim tesisinde iletim materyalinin fiziksel özelliklerinin yanı sıra iletimde onu karakterize eden özellikleri; nemi, kırılganlığı, sertliği, aşındırıcılığı, elektrostatik yapısı, düşük yoğunluklu vb. taşıma şeklinin belirlenmesinde yardımcı olmaktadır. Pnömatik iletimde 3 temel iletim şekli vardır. Bunlar seyreltik ya da askıda (dilute phase), orta ya da yarı yoğun faz ve yoğun faz (dense phase) iletimdir (Anonymous. 2015b).

Şekil 1.3 (a)'da görüldüğü gibi materyalin seyreltik iletiminde basınç düşük, hız yüksek olarak gerçekleşmektedir. Tahılların pnömatik iletiminde seyreltik iletim diğer adıyla askıda iletim tercih edilmektedir. Şekil 1.3 (b)'de görüldüğü gibi yoğun iletiminde ise basınç yüksek hız düşük olmaktadır.



Şekil 1.3 Materyal iletim şekli

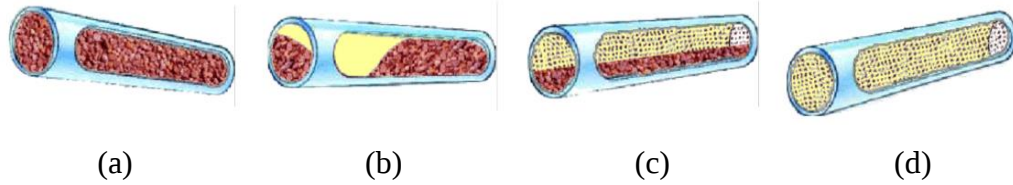
a. Seyreltik iletim, b. Yoğun iletim

Yoğun fazlı pnömatik iletim, malzemenin hava akımında asılı olmadığı nispeten düşük hızlı bir sistemdir. Yoğun fazın düşük hızı, hem sistemde hem de taşınan malzemelerde daha az aşınma ve yıpranma anlamına gelmektedir. Genellikle 3-14 m/s'ye kadar hava hızı kullanılmaktadır. Aşındırıcı veya kırılğan - gevrek malzemenin iletimi için yoğun fazlı taşıma optimum çözümdür.

İkinci iletim şekli olan yarı yoğun fazlı bir iletim sistemi, havalandırılabilir aşındırıcı veya gevrek (kırılğan) malzemelerin orta hızda transferi için optimum çözümdür. Yoğun ve seyreltik fazlar arasında bir ara adım olarak yarı yoğun faz, malzemeleri orta hızda taşınmaktadır. Bu fazda malzemelerin sadece bir kısmı hava akımında asılı kalmaktadır ve 15-18 m/s arasında değişen hızlar kullanılabilir. Hız yoğun fazdan daha yüksek ve seyreltik fazdan daha düşüktür.

Seyreltik (askıda) fazlı pnömatik iletim, bozulma ve aşınmanın sorun olmadığı bir uygulama olup sürekli taşıma için çok uygun olmaktadır. Seyreltik faz, taşınan malzemenin boru hattından üflenirken veya emilirken havada sürekli olarak asılı kaldığı yüksek hızlı bir sistemdir. Taşıma hattının alt kısmında hiçbir noktada iletim materyali birikmemektedir. Bu süspansiyonu korumak için, hava hızı çoğunlukla 18-35 m/s arasında değişen hızlar kullanılabilir. Hafif yoğunluklu aşındırıcı ve/veya kırılğan olmayan malzemelerin taşınması için uygun olmaktadır (Anonymous 2018).

İletim materyalinin fiziksel özelliklerine, nemine, boruların yön değiştirmesine göre iletim esnasında bir fazdan diğer faza kendiliğinde geçiş yapılabilir. Ancak farklı kaynaklarda farklı sınıflandırmalar da yapılmaktadır. Bu sınıflandırmaya örnek olarak Şekil 1.4 verilmiştir.



Şekil 1.4 Materyal iletim fazları (Anonymous. 2022a)

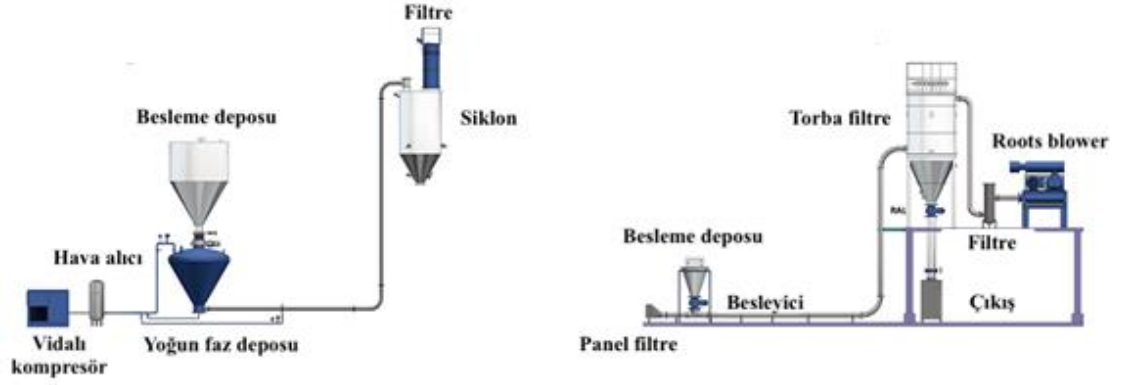
a. Katı yoğun faz, b. Kesintili yoğun faz, c. Sürekli yoğun faz, d. Seyreltik faz

Çizelge 1.3'e göre aşındırıcı ve kırılğan iletim materyali için yoğun fazda; düşük hava hızı, düşük hava debisi, 10'un üzerinde karışım oranı, 1 barın üzerinde yüksek basınç önerilmektedir (Anonymous. 2022a).

Çizelge 1.3 Yoğun ve seyreltik fazda kullanılan tipik parametreler (Anonymous. 2022a)

	Yoğun faz	Seyreltik faz
Hava hızları (m/s)	3-14	18-35
Hava debisi	Düşük	Yüksek
Karışım oranı (materyal/hava)	Genellikle 10'un üzerinde	Genelde 10'a kadar
Basınç aralıkları	1 barın üzerinde yüksek basınç	1 barın altında düşük basınç

Seyreltik fazda ise yüksek hava hızı, yüksek hava debisi, 10'un altında karışım oranı ve 1 bardan düşük basınç uygundur. Seyreltilmiş (askıda) fazlı pnömatik iletim tesisi sistemleri ile yoğun fazlı pnömatik iletim tesisi sistemleri ve parçaları örnek olarak Şekil 1.5'te verilmiştir.



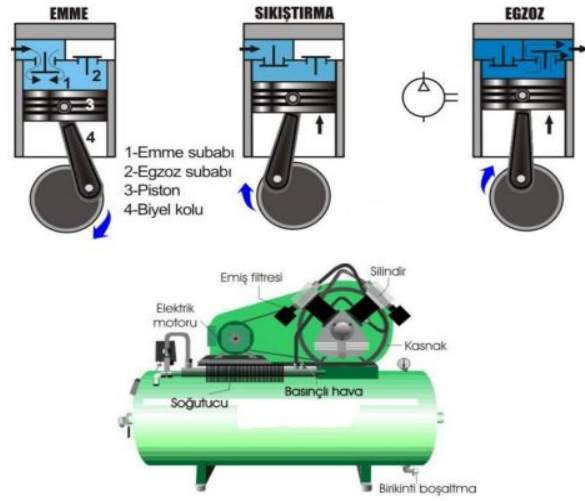
Şekil 1.5 Seyreltilmiş ve yoğun fazlı pnömatik taşıma sistemleri (Anonymous. 2022a)
 a. yoğun faz iletim sistemi, b. seyreltilmiş faz iletim sistemi

1.2.1 Pnömatik iletim sisteminde basınç kaynakları

Pnömatik iletim sisteminin basınç kaynakları iki şekilde olabilir. DIN 24163 Standardına göre bunlardan birincisi olan kompresörde basınç fazla (0.3 bardan büyük) hava debisi azdır. İkincisi olan vantilatör ya da blower'da hava debisi fazla basınç az (0.3 bardan küçük) olmaktadır. Pnömatik iletim sisteminde kullanılan basınç kaynakları aşağıdaki gibi incelenebilir.

1.2.1.1 Pistonlu kompresörler

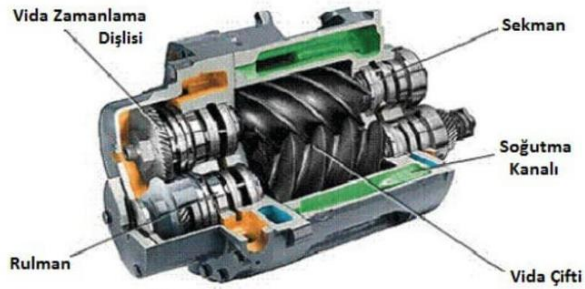
Pistonlu kompresörlerde; emme supabı, egzoz supabı, piston ve biyel kolu bulunmaktadır. Silindir aşağı inerken emme supabı açılarak, hava dolmakta daha sonra sıkıştırılmış hava egzoz supabı açılarak sisteme hava verilmektedir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6 Pistonlu kompresör (Anonim 2022a)

1.2.1.2 Vidalı kompresörler

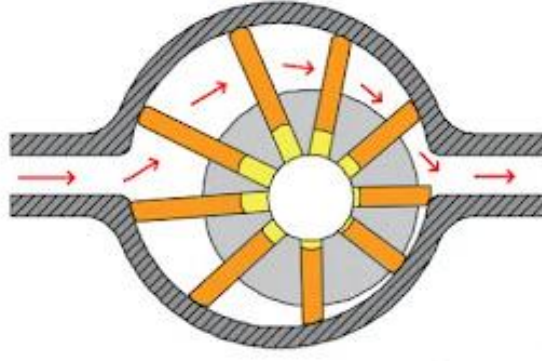
Vidalı kompresörlerde, vida grubu dönerken vakum oluşturmakta, oluşturulan vakum ile hava sisteme verilmektedir (Şekil 1.7).



Şekil 1.7 Vidalı kompresör (Anonim 2022d)

1.2.1.3 Paletli kompresörler

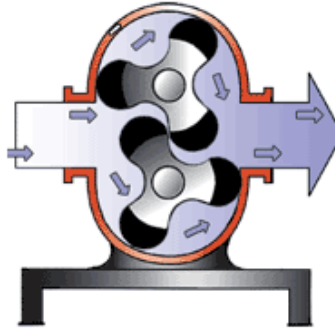
Paletli kompresörlerde, rotor gövdesinin içine eksantrik yerleştirilmiş paletler, kaçık eksende hacim artışı olan bölgede emme, hacim daralması olan bölgede ise sıkıştırma yaparak basınçlı havayı sisteme vermektedir (Şekil 1.8).



Şekil 1.8 Paletli kompresör (Anonim 2022e)

1.2.1.4 Rotorlu kompresörler

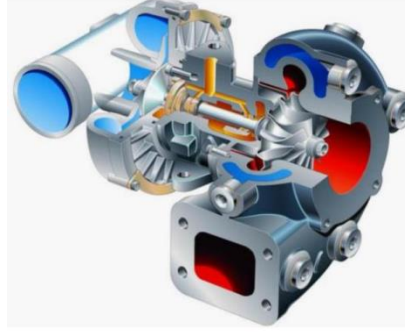
Rotorlu kompresörlerde ters yönde dönen 2 rotor vardır. Elektrik motoru bir rotoru o da diğer rotoru döndürmektedir. Emilen hava önce sıkıştırılmakta sonra da sisteme gönderilmektedir. Düşük basınçlı ve yüksek debilidirler. Rotorlu kompresöre aynı zamanda roots blower da denilmektedir (Şekil 1.9).



Şekil 1.9 Rotorlu kompresör (Anonymous 2008)

1.2.1.5 Merkezkaç turbo kompresörler

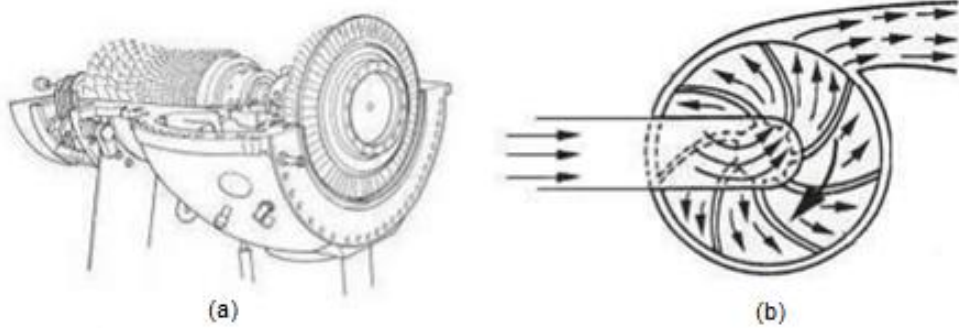
Merkezkaç (santrifüj) turbo kompresörler (turbo blower), merkezden alınan hava santrifüj etkiyle dışarıya doğru üflenmektedir. Havanın geçtiği kesit alanı daraldığı için hava sıkışmakta ve hızı artmaktadır (Şekil 1.10), sonuçta sisteme düşük basınçlı, yüksek debili hava girmektedir (Anonim 2022a).



Şekil 1.10 Merkezkaç turbo kompresörler (turbo blower), (Anonim 2022a)

1.2.1.6 Eksenel kompresörler

Eksenel turbo kompresörlerde (turbo blower), hava eksen boyunca hareket ederken kademeli olanlarda çap çıkışa doğru küçülmektedir. Havanın geçeceği kesit gittikçe daralmaktadır. Hava debisi bu tip kompresörlerde $500 \text{ m}^3/\text{s}$ gibi yüksek olabilmektedir (Şekil 1.11).

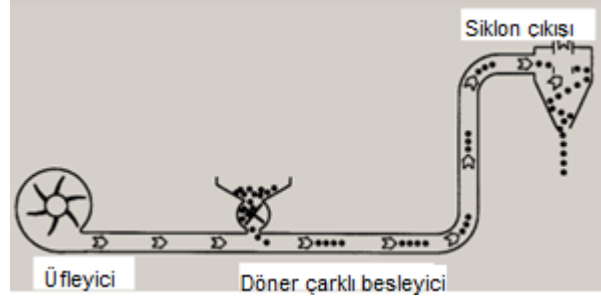


Şekil 1.11 Eksenel ve santrifuj kompresör (Anonim 2017)

a. yoğun faz iletim sistemi, b. seyreklik faz iletim sistemi

1.2.2 Pnömatik iletimde besleme sistemi

İletim materyalinin düzenli ve ölçülü bir şekilde, geriye hava kaçakları olmadan, iletim materyali zarar görmeden düşük enerji kullanarak pnömatik iletim sistemine verilmesi için çok çeşitli besleyici sistemleri tasarlanmıştır (Şekil 1.12).



(a)

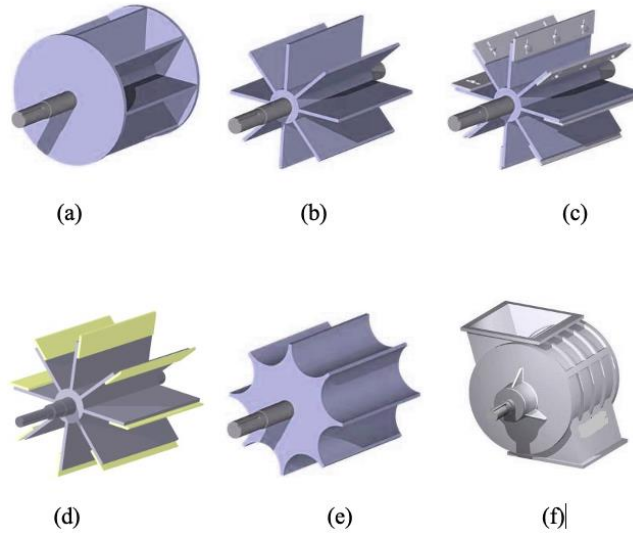


(b)

Şekil 1.12 Pnömatik iletim sisteminde besleyici sistemi (Anonymous 2022b)
a. Döner çarklı, b. Enjeksiyonlu tip

1.2.2.1 Döner çarklı besleyici sistemleri

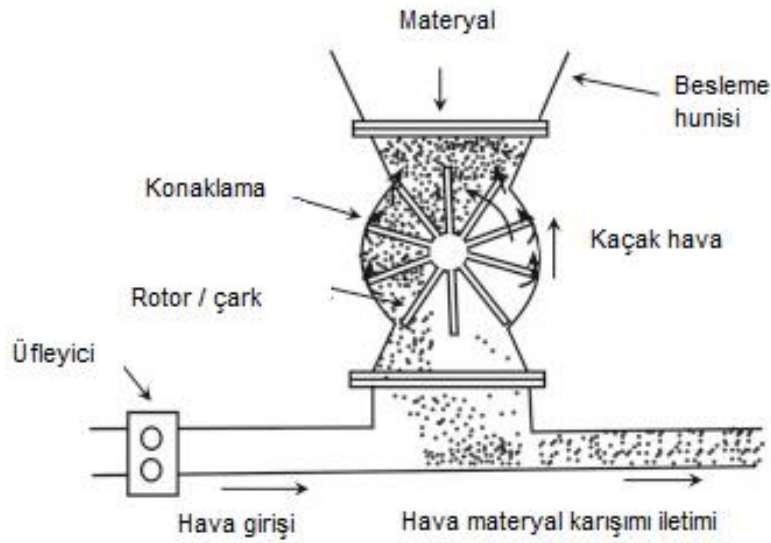
Bu sistemlerde bir rotorun üzerinde bulunan çeşitli tip kanatlı çarkların dönüş hızına göre besleme kapasitesi ayarlanabilmektedir. İletim materyalinin zedelenmesini önlemek amacıyla kanatları bazı modellerde yuvarlatılmış bazı modellerde de poliüretan malzeme ile kaplanarak yumuşatılmış ya da sertleştirilmiştir. İletim malzemesi üstten doğal akış ile de verilebildiği gibi hava ile üfleli tipleri de mevcuttur (Şekil 1.13).



Şekil 1.13 Kanatlı çark tipleri (Anonim 2022f)

a. Kapalı kanatlı, b. Açık kanatlı, c. Ayarlanabilir bıçaklı d. Poliüretan uçlu, e. Yuvarlatılmış, f. Yıldız

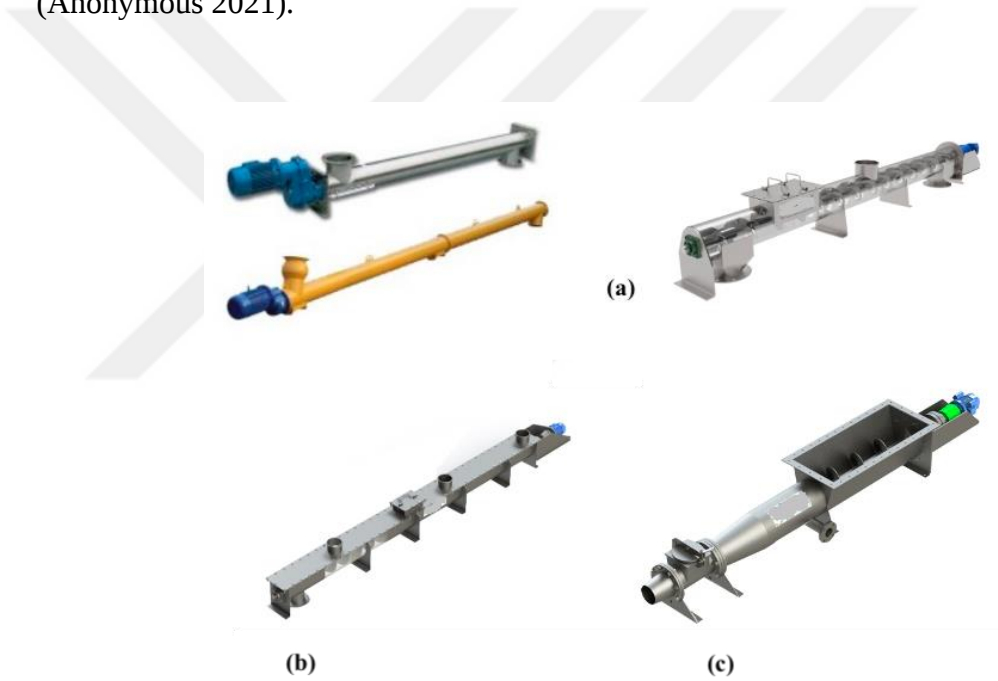
Şekil 1.14’de görüldüğü gibi malzeme yukarıdaki besleme hunisinden (depodan) verilmekte, materyal döner çarklar vasıtasıyla hücelere alınmakta, dönme devri ile besleme kapasitesi ayarlanmakta ve düzenli olarak iletim hattına verilmektedir. İletim hattında üfleyicinin havaya verdiği hareketle materyal hava ile harekete geçmekte, hava ile materyal belirli oranda karışmakta ve iletim boruları vasıtasıyla da materyal iletilmektedir.



Şekil 1.14 Pnömatik iletimde döner çarklı besleme sistemi (Mills 2016)

1.2.2.2 Helezonlu besleyici sistemleri

Helezonlu besleyici sistemlerine şekil olarak benzediği için aynı zamanda vidalı sistem de denilmektedir. Helezonlu besleyiciler birçok pnömatik iletim tesisinde ihtiyaca göre kontrollü iletim için kullanılmaktadır. Bir tüp içerisinde dönen vidalı götürücü, dönme hareketi ile eğimli uygulamalarda, hijyenik olarak iletim materyalini taşımaktadır. Şekil 1.15 a'da tüp içerisine yerleştirilmiş vidalı besleyici, b'de U- kanallı vidalı besleyici ve c'de de nem değeri yüksek tahılların iletiminde kullanılan vidalı götürücü görülmektedir. Daha önceden kullanılmış tahılların ve ikinci bir değerlendirmeye alınacak nemli tahılların iletimi ve suyunu boşaltmak için özel tasarlanmıştır (Anonymous 2021).

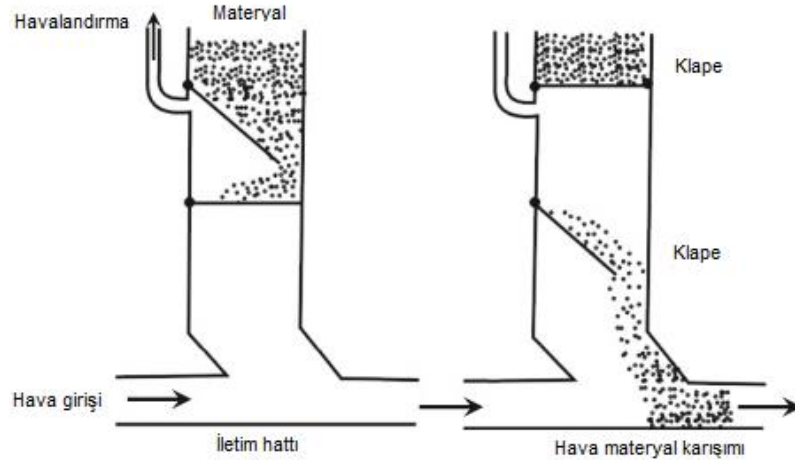


Şekil 1.15 Helezonlu besleyici sistemleri (Anonymous 2021 ve Anonim 2022f)

a. Tüp, b. U-tip, c. Kullanılmış ıslak tahıl için kullanılan tip

1.2.2.3 Kolon besleyici sistemleri

Kolon besleyiciye materyal üst tarafından girmekte, belirli bir ağırlığa ulaşan dökme materyal üst klappenin açılması ile kolondan aşağı akmakta ve ikinci klappenin de açılmasıyla materyal iletim hattına verilmektedir (Şekil 1.16).



Şekil 1.16 Kolon besleyici sistemleri (Mills 2016)

1.2.2.4 Enjeksiyon hattı besleyici sistemleri

İletim hattının özel tasarımıyla ya da enjektör besleyicisinin iletim hattına bağlanmasıyla enjeksiyon hattı iletim sistemi oluşmaktadır. Enjektörler toz halindeki ve danecikli dökme ürünlerin, hareketli parçalar olmaksızın pnömatik taşıma hatlarına basit, kendi kendini düzenleyen beslemesi için kullanılmaktadır (Anonymous 2022c). İletim hattında kesit daralması deponun tabanında olacak şekilde tasarlanmış, bu sayede havanın hızı artırılmış, statik basınç azaltılmış, hatta bu yüzden depodaki materyalin vakum etkisi ile iletim hattına verilmesi sağlanmıştır (Şekil 1.17).



Şekil 1.17 Enjektör besleyici (Anonymous 2022c)

1.2.3 Pnömatik iletim sisteminde siklon

Pnömatik iletim tesisinde santrifüj kuvvetin etkisiyle iletilen materyalden küçük çaplı yabancı maddeleri, toz, sap, saman, taş, yaprak, dal vb. gibi hafif malzemelerin ayrılmasında kullanılan sisteme siklon denilmektedir (Şekil 1.18). İletim materyali daha ağır olduğu için siklon tabanında birikirken diğer yabancı ve istenmeyen materyaller havayla birlikte üstten filtreye gönderilmektedir. Dökme materyal siklonun tabanındaki hava kilidi yardımıyla dışarı alınarak çuvallara doldurulmaktadır.

1.2.4 Pnömatik tesiste kullanılan torbalı filtreler

İletim materyali hedeflenen yere gönderildikten sonra aspiratörün vakum etkisi de kullanılarak siklondan gelen kirli hava filtrelere gelmekte, burada hava torbalardan geçerken tozlar ve hafif yabancı maddeler torbalı filitrelerde tutunmaktadır. Geçemeyen ve tutunamayanlar ise torbanın dibinde toplanarak dışarı atılmaktadır (Şekil 1.18). Torba filtre elemanına alternatif olarak paket ve pliseli filtre elemanı da kullanılmaktadır.



Şekil 1.18 Siklon ve filtre (Anonymous 2022d)

1.2.5 Pnömatik iletim sisteminde hava kilidi

Siklonda ayrışan hafif yabancı maddeler ayrıldıktan sonra iletim materyali siklonun tabanında birikir. Siklon tabanındaki hava kilidi, hareketini bir motordan, genellikle elektrik motorundan alır. İletim malzemesi siklonun tabanından hava kilidi vasıtasıyla alınmaktadır. Pnömatik besleyici sistemleri ile pnömatik hava kilidi sistemleri benzer tiplerdedir. Hava kilidi sistemlerinde kullanılan kanat sayısı tasarıma göre 6,8,10 gibi, farklılıklar gösterebilmektedir (Şekil 1.19).



Şekil 1.19 Pnömatik hava kilidi (Anonymous 2022e)

1.2.6 Pnömatik tesiste kullanılan iletim boruları

Pnömatik iletim tesislerinde kullanılacak borular iletilecek materyalin türüne, işletme basıncına, iletim hızına, iletim şekline göre sabit, esnek ve hareketli oluşuna, iletim materyalinin aşındırıcı özelliğine göre çok farklı malzemelerden seçilebilmektedirler (Şekil 1.20). DIN 2448 standardında belirtilen dikişsiz çelik çekme borular, ISO sertifikasına sahip (Cr-Ni) paslanmaz çelik borular, AISI 304 pnömatik poliüretan hortumlar, pnömatik polyamid (sert plastik) hortumlar iletimde kullanılabilmektedir. İletim hattında akış ve tıkanıklıkların gözlemlenebilmesi için de basınca dayanıklı şeffaf borular kullanılabilmektedir (Şekil 1.21).



Şekil 1.20 Pnömatik iletim hattı boruları (Anonymous 2022b)



Şekil 1.21 Pnömatik iletim hattı şeffaf boru (Anonymous 2016)

1.3 Tezin Amacı

Dane mısırların fiziksel özellikleri, basınç düşümü, güç tüketimi, iletim hızı, zedelenme gibi pnömatik iletim karakteristiklerinin bilinmesi, mısırın borularda iletimi, hava yardımıyla ayrılması, temizlenmesi ve kurutulması gibi işlemlerde gerekli olmaktadır. Bu çalışmanın amacı; mısır (*Zea Mays L.*) danesinin pnömatik iletim karakteristiklerinin belirlenmesidir. Bunun için at dişi mısır (*Zea mays indentata L.*), sert mısır (*Zea mays indurata L.*), cin mısır (*Zea mays everta L.*) ve şeker mısırın (*Zea mays saccharata L.*) fiziksel özellikleri, havayla iletimi sırasında ortaya çıkan basınç düşümü, iletim hızı, sürtünme katsayısı, güç tüketimi ve zedelenme vb. gibi pnömatik iletim karakteristikleri araştırılmıştır. Ayrıca ürün neminin, boru çapının, materyal debisinin ve hava hızının karakteristiklere etkisi de incelenmiştir. Araştırmada öncelikle pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisi kullanılarak, dane mısır gruplarının fiziksel özellikleri üzerinde çalışılmış, doğal nem değerleri ölçülmüş, dane mısır grupları farklı nem değerlerine getirilmiştir. Sisteme verilen dane mısır gruplarının 5 farklı nem değerlerinde basınç düşümleri, iletim hızları, güç tüketimleri, mekanik zedelenme oranları incelenmiştir.

2. KAYNAK ÖZETLERİ VE KURAMSAL TEMELLER

Chung (1969) çalışmasında %12 ve %20 nemde oluşan mekanik zedelenmeler üzerinde çalışmıştır. Mekanik zedelenmeyi etkileyen faktörler olarak da boru çapı, hava hızı, iletim hattı uzunluğuna bağlamış ve küçük boru çaplarında mekanik zedelenmenin daha az olduğunu söylemiştir.

Güner (2006), yaptığı çalışmasında, pnömatik iletim tesisinin tasarım ve imalatını yapmış ve bu pozitif basınçlı olan bu tesiste buğday, arpa, ayçiçeği ve mercimeğin pnömatik iletim karakteristiklerini saptamıştır. Ayrıca araştırmacı zedelenme oranları belirlenmiş basınç düşümü, hava hızı, güç tüketimi, iletim kapasitesi arasındaki ilişkileri incelemiştir. Hava hızının artmasıyla, çimlenme yeteneğinin ve çimlenme gücünün azaldığını söylemiştir.

(Kılıçkan ve Güner 2006), yaptıkları çalışmada pamuk tohumlarının (*Gossypium hisutum* L.) 70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm boru çaplarında pnömatik iletim karakteristikleri karşılaştırmış ve en büyük boru çapı olan 70.3 mm avantajlarından bahsetmiştir.

(Çoşkun vd. 2006), yaptıkları araştırmada, şeker mısırın nem içeriğinin artırılmasıyla beraber fiziksel özelliklerinin de arttığını belirtmişler ancak yığın yoğunluğunun (özgül kütlelerinin) azaldığını söylemişlerdir.

(Işık ve İzli 2007), yaptıkları araştırmada at dişi mısırın iki farklı nem değeri olan %11.14 ile %24.07 nem içeriğinde, materyalin nem ile beraber fiziksel özelliklerindeki artışından ve bunun tam tersine yoğunluğundaki azalışından bahsetmişlerdir.

Duman (2008) çalışmasında; iletim materyali olarak buğday, arpa, ve ayçiçeği kullanmıştır. Boru çapının ve hava hızının basınç düşümü, güç tüketimi ve zedelenme üzerine önemli etkilerinin olduğunu tespit etmiştir.

(Kılıçkan ve Güner 2010), çalışmalarında; nohutun (*Cicer arietinum* L.) pnömatik taşıma özellikleri incelemişler, nohutun fiziksel özelliklerini ortaya çıkarmışlar, boru çapı küçüldükçe, besleme kapasitesi arttıkça, blower'ın devri yükseldikçe güç tüketiminin arttığını söylemişlerdir.

Babić, vd. 2011, yaptıkları araştırmada, altı mısır hibritlerinin fiziksel özelliklerini ortaya çıkarmışlardır. Örneğin hibrit danelerinin küreselliğini 0.60 ile 0.75 arasında, geometrik ortalama çaplarını da 6.72 ile 7.18 mm arasında vermişlerdir.

(Sobukola vd. 2012), çalışmalarında mısırın %9.38 ile %32.7 nem değerlerinde fiziksel özelliklerinin değişimlerini gözlemlemişler ve mısırın neme bağlı olarak fiziksel değerleri artarken özgül kütlesinin azaldığını bulmuşlardır.

(Moya vd. 2013), yaptıkları çalışmada, tahılların mekanik özelliklerini incelemişler, mısırın elastikiyet modülünü 35.733 kPa, arpanın 9.111 kPa, yulafın 4.037 kPa, ayçiçeğinin 4.329 kPa, 19.886 kPa, buğdayın da 19.658 kPa olarak bulmuşlardır.

(Ashwin Kumar vd. 2017), yaptıkları araştırmada, mısırın nem değerleri yüzde 12, 14, 16, 18 ve 20 olarak ayarlanmış, fiziksel özelliklerinin artan nem değeri ile artış gösterdiğini ancak özgül kütlesinin düştüğünü belirtmiştir.

Brar (2017), yaptığı çalışmada, PMH-1, PMH-10 ve PIONEER-3396 mısır çeşitlerinde çimlenme yüzdeleri sırasıyla %89.33, %87.64 ve %97.00 olarak bulmuştur.

(Anonymous 2018), pnömatik iletim sistemi ile dökme iletim materyalinin taşınmasında üç tip pnömatik taşımadan söz edilmiştir. Bunlar, yoğun faz, yarı yoğun faz ve seyreltik faz taşıma türleridir.

(Yenge vd. 2018), çalışmalarında, mısırın nem değerlerini yüzde 10 ile 30 arasında ayarlamışlar. Mısır danesinin boyutlarının neme bağlı olarak arttığından bahsetmişlerdir.

zlı (2019), doktora çalışmasında, Turan eşidi kanola üzerinde çalışmış, kanolanın fiziksel özelliklerini saptamıştır. Pnömatik iletimin düşük hava hızlarında gerçekleşmesini önermiştir.

(Rico vd. 2019) yaptıkları araştırmada, mısırın hasat sonrası işlemlerinde, mekanizasyonunda, nem içeriğine göre mekanik zararlarını, endosperme etkisine kadar incelemişlerdir. Nem içeriği olarak %8, %12, %16, %20, %24, %28 ve %32 olarak ayarlamışlar ve farklı mısır gruplarında nem değerlerinin artışına göre farklı sonuçlar elde etmişler.

Dawange (2019), araştırmasında; %15 ile %45 nem içeriği arasında, mısırın fiziksel özellikleri nem ile beraber doğrusal artış gösterdiğini ancak yoğunluğunun ise azaldığını söylemiştir.

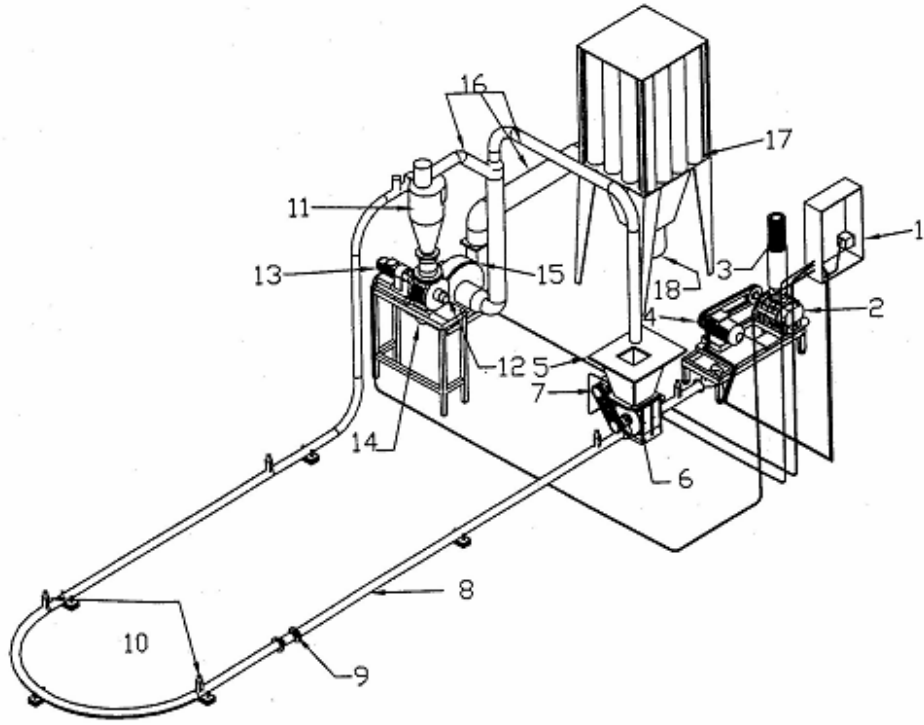
3. MATERYAL YÖNTEM

3.1 Materyal

Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden temin edilen, TS 3415 mısır standardında belirtilen at dişi mısır (*Zea mays indentata* L.), sert mısır (*Zea mays indurata* L.), cin mısır (*Zea mays everta* L.) ve şeker mısır (*Zea mays saccharata* L.) grupları denemelerde kullanılmıştır. Denemeler Güner (2006) tarafından geliştirilen ve Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümünde bulunan pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinde yapılmıştır. Tezin yürütülmesinde Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitü Müdürlüğü ve Tohumluk Tescil Sertifikasyon Müdürlüğünün laboratuvarlarından yararlanılmıştır.

3.1.1 Pnömatik iletim tesisi

Denemelerin yapıldığı pnömatik ileticide kontrol panosu, basınç kaynağı kompresör, besleme deposu, döner besleyici, borular, siklon, hava kilidi, aspirator ve filtre gibi ana organlar bulunmaktadır (Şekil 3.1). Pnömatik iletim sistemine kontrol ünitesi üzerinden kumanda edilmektedir. Kontrol ünitesi yardımıyla Roots blower tip kompresörün, besleyicinin hızı ayarlanmakta ve hava kilidi ve aspiratör motoru da buradan çalıştırılmaktadır. Kompresör ile filtreden emilen hava, besleyici deposundan gelen materyali hareketlendirmek amacıyla belirli bir basınçta ve hızda gönderilir. İletim hattında kullanılan borular değişik çaplarda denemelerin yapılabilmesi için değiştirilebilir yapıda imal edilmiştir. Hava ile beraber materyal iletim hattında taşınırken basınç farkları basınç ölçüm transmitterlerle gözlemlenmektedir. Materyal hava siklona vardığında iki ihtimal vardır. Birincisi, iletilmesi amaçlanan esas materyal aşağı yönelerek siklon kilidinden geçerek ve çuvala birikmesi, ikincisi ise aspiratörün emme gücü sayesinde ağırlığı daha düşük olan hafif yabancı maddelerin, toz ve daneciklerin torba filtreye çekilmesi ve filtre tabanında toplanmasıdır.



Şekil 3.1 Denemelerde kullanılan pnömatik iletim tesisi (Güner 2007)

(1. Kontrol panosu, 2. Kompresör, 3. Filtre, 4. Motor, 5. Depo, 6. Besleyici, 7. Motor, 8. Boru, 9. Saydam boru, 10. Algılayıcılar, 11. Ayırıcı, 12. Boşaltıcı, 13. Motor, 14. Materyal çıkışı, 15. Emmeç, 16. Çıkış boruları, 17. Filtre, 18. İstenmeyen maddeler

3.1.2 Kontrol panosu

Kontrol ünitesi olarak tanımlanan duvara monte edilmiş IP 65 panonun içinde sistemin ve motorların çalıştırılması için sigortalar, kontaktörler ve kontrol butonlarından oluşmaktadır. Frekans ile motorların devri ayarlanabilmektedir (Şekil 3.2). Besleyiciyi ve roots blowerı kontrol eden frekans inverter Delta marka, VFD-B (tek fazlı, vektör kontrollü) tip, 0.75 kW, 230 V'dur.



(a)



(b)

Şekil 3.2 Kontrol panosu

a. Pano, b. Frekans inverter

3.1.3 Roots blower (kompresör ve motoru)

Çalışmanın yapıldığı pnömatrik iletim sisteminde kullanılan LT-65 tipinde roots blower (kompresör ve motoru) Şekil 3.3'te görölmektedir. Kompresöre hareket veren AC elektrik motoru üçgen bağlamamış, 380 V, 50 Hz, 15.80 A, 7.5 kW, $\cos\phi : 0.80$ ve 1430 d/d özelliklerindedir. Kompresör hareketini kayış kasnak sistemi ile elektrik motorundan almaktadır (Güner 2006). Motor hızına ve gönderilen havanın basıncına göre debi ve güç değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.3 Roots blower (kompresör ve motoru)

1. Kompresör, 2. Emme filtresi, 3. Elektrik motoru ve 4. Çıkış borusu

Çizelge 3.1 Roots blower tipi kompresörün basınç ve dönme hızına bağlı olarak debi ve hız değerleri (Güner 2006)

Basınç (kPa)	Debi Güç	Dönme hızı (d/d)				
		850	1150	1450	1750	2250
10	Q	2.08	3.11	4.14	5.18	6.90
	N	0.63	0.85	1.07	1.29	1.66
20	Q	1.90	2.94	3.97	5.01	6.73
	N	1.20	1.65	2.07	2.50	3.20
30	Q	1.72	2.75	3.78	4.82	6.54
	N	1.77	2.39	3.02	3.64	4.68
40	Q	1.56	2.59	3.63	4.66	6.38
	N	2.30	3.10	3.91	4.72	6.06
50	Q	1.15	2.46	3.49	4.52	6.24
	N	2.79	3.78	4.76	5.74	7.38
60	Q	1.31	2.34	3.37	4.40	6.12
	N	3.27	4.42	5.57	6.72	8.62
70	Q	1.20	2.23	3.27	4.30	6.02
	N	3.72	5.04	6.35	7.66	9.86
80	Q	1.10	2.11	3.16	4.20	5.92
	N	4.16	5.63	7.09	8.56	11.04

Q = Hava debisi (m³/min), N = Roots Blower mil gücü (kW)

3.1.4 Besleyici sistemi

Besleyicinin görevi iletilecek materyali depodan alıp hava akımının önüne vermektir. İletim hattına verilecek materyal besleyicinin deposundan doldurulmaktadır. Debi kontrolü besleyicinin devrinin ayarlanması ile yapılabilmektedir. Besleyici üzerinde de bir elektrik motoru mevcuttur. Hareket zincir dişli vasıtasıyla aktarılmaktadır. Depo tarafına hava kaçışının önlenmesi amacıyla besleyici üzerinde 12 adet çark kanadı bulunmaktadır. Besleyici giriş borusu vasıtasıyla kompresörden gelen hava basıncını ölçmek için bir transmitter yerleştirilmiştir. Besleyiciden sonra iletim borusu üzerinde

materyal ve hava karışımının basıncının ölçülmesi için de bir basınç transmitteri vardır. Bu transmitterler sayesinde besleyiciden önce ve besleyiciden sonra basınç farkı ölçülebilmektedir. Besleyiciye hareket veren AC elektrik motoru üçgen / yıldız bağlama, 220/380 V, 50 Hz, 36/21 A, 0.75 kW, $\cos\phi$: 0.75 ve 1370 d/d özelliklerindedir. Besleyici üzerindeki redüktör tipi MR 13-80/4b, iletim oranı 34 ve moment: 180 Nm'dir.

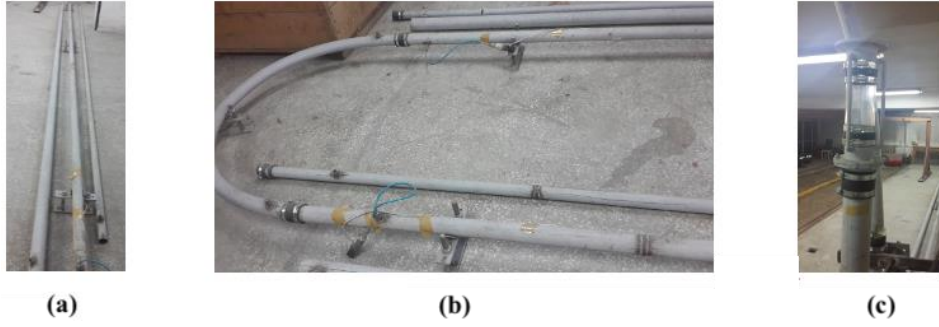


Şekil 3.4 Besleyici sistemi (Güner 2006)

1. Hava giriş borusu, 2. Birinci basınç transmitteri, 3. Döner besleyici, 4. Depo ve kapağı, 5. Toz emiş borusu, 6. Elektrik motoru, 7. İletim borusu. 8. İkinci basınç transmitteri

3.1.5 Pozitif düşük basınçlı iletim tesisi boruları

Denemeler 3 farklı çapta dikişsiz çelik boru ile yapılmıştır (Çizelge 3.2). Düz boruların yanı sıra U- boru, sac toz boru ve deveboynu dirsek boru da kullanılmıştır. Aralarda iletim materyalinin gözlenmesi için şeffaf borularda bulunmaktadır (Şekil 3.5). Ayrıca U- borudan önce 3. basınç transmitteri, U- borudan sonra 4. basınç transmitteri, iletim hattında kullanılan son düz borunun sonunda da 5. basınç transmitteri kullanılmıştır.



Şekil 3.5 İletim tesisi boruları

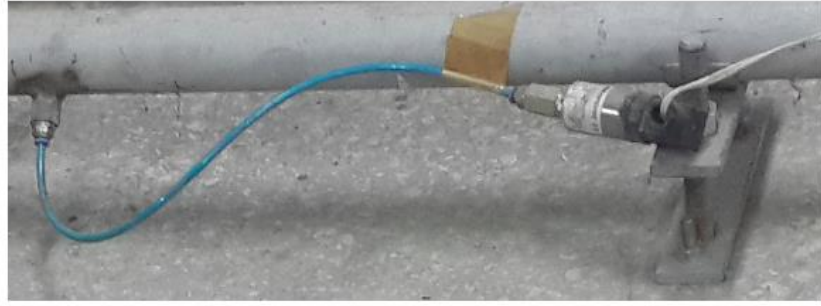
a. Düz borular, b. U boru, c. Şeffaf boru

Çizelge 3.2 Pozitif düşük basınçlı iletim tesisi borularının teknik özellikleri (Güner 2006)

	Dış çap (mm)	Et kalınlığı (mm)	İç çap (mm)
Her boru çapı için 18 m'lik düz boru	48.3	2.6	43.1
	60.3	2.9	54.5
	76.1	2.9	70.3
2 adet dirsek	48.3	2.6	43.1
2 adet dirsek	60.3	2.9	54.5
2 adet dirsek	76.1	2.9	70.3
1 adet boru	48.3	2.6	43.1
1 adet boru	60.3	2.9	54.5
1 adet boru	76.1	2.9	70.3
Toz Borusu	104.0	2.0	100.0
Toz Borusu	146.0	2.0	142.0
Toz Borusu	172.0	2.0	168.0

3.1.6 Proses göstergeleri ve transmitterler

Pnömatik iletim tesisi üzerinde 5 adet basınç sensörü - transmitteri ikilisi mevcuttur. Roots blower çıkış borusundan sonra besleyici giriş borusunda birinci, besleyici iletim borusu üzerinde ikinci, U- borudan önce üçüncü, U- borudan sonra dördüncü ve iletim hattında kullanılan son düz boru sonunda da beşinci basınç sensörü - transmitter ikilisi bulunmaktadır. Basınç sensörleri milibar (mb) olarak basıncı ölçmekte, transmitterlerde ölçülen basıncı elektrik sinyallerine dönüştürerek dijital göstergeye göndermektedir.



(a)



(b)



(c)



(d)

Şekil 3.6 Basınç transmitterleri ve proses göstergeleri

a.,b.,c. Basınç sensörleri ve transmitterler, d. Proses göstergeleri

Huba Control marka, 507 seri numaralı basınç transmitterinin mutlak çalışma basınç aralığı: 0...1.6 bar, cevap verme süresi 5 ms'den az ve hassasiyeti de $\pm \%0.015$ 'dir (Anonymous, 2022f).

EMKO marka, ESM-4900 model proses gösterge, smart output modül sistemine, DC voltaj/akım girişlerine, 0/4...20 mAdc akım çıkışı modülüne, proses değeri için Re-transmission özelliğine, 4 dijital proses değeri (PV) göstergesine, universal proses girişine (TC, RTD, mVdc, Vdc, mAdc), Modbus RTU protokolü ile RS-232 (standart) veya RS-485 (opsiyonel) fonksiyonlarına sahiptir (Anonim, 2022b).

3.1.7 Siklon, hava kilidi ve motoru

Pnömatik iletim tesisinde borularda iletilen materyal varacağı son noktaya ulaşmadan yani çuvalanmadan önce siklona girmektedir. Siklon ayırıcının görevi bir girdap oluşumunu sağlayarak, yabancı maddeleri ve tozları önce yukarı doğru bir çıkışa yönlendirmek sonra da basınç düşümü ve materyalin yerçekimi kuvveti ile aşağı

inmesine olanak sağlayarak farklı bir çıkışa, aşağı yönlendirmektir. Hava ve hafif olan yabancı maddeler, iletim materyalinden siklon vasıtasıyla ayrıldıktan sonra siklon tabanına birikmekte, siklon tabanındaki hava kilidi besleyici gibi görev yaparak iletim materyalini alıp çıkışa (çuvala) verilmektedir. Hava kilidi bir elektrik motorundan hareket almakta ve tüm ekipman bir şase üzerinde bulunmaktadır (Şekil 3.7).



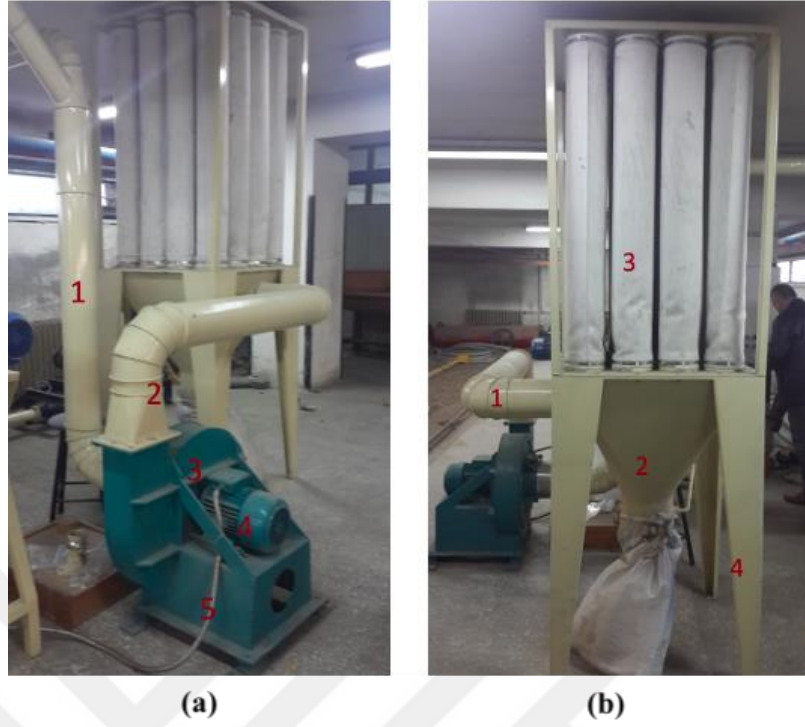
Şekil 3.7 Siklon, hava kilidi ve motoru (Güner 2006)

1. Materyal, hava ve yabancı madde girişi, 2. Hava, toz ve yabancı madde çıkışı, 3. Siklon ayırıcı, 4. Hava kilidi, 5. Hava kilidi motoru, 6. Materyal çıkışı, 7. Şasi

Sistemde kullanılan hava kilidi motoru, GAMAK marka, AGM 80 4a tipinde, asenkron AC elektrik motoru 0.55 kW, 220/380 V, 50 Hz, 1.6 A, 1365 d/d, $\cos\phi$ 0.71'dir. Redüktör ise Yılmaz marka, MR 13-80/40 tipinde, 0.55 kW, 34 d/d özelliğindedir.

3.1.8 Aspirasyon ve filtrasyon sistemleri

Pnömatik iletim sisteminde aspiratörün görevi, siklondan ayrılan toz ve ağır olmayan yabancı maddeleri hava ile birlikte emerek, toz filtrelerle temizlenmesi amacıyla yönlendirmektir. Şekil 3.8 (a)'da gösterilen aspiratör, bir elektrik motorundan hareket alarak, 20 m³/s debi ve 300 mmSS basınçta çalışmaktadır.



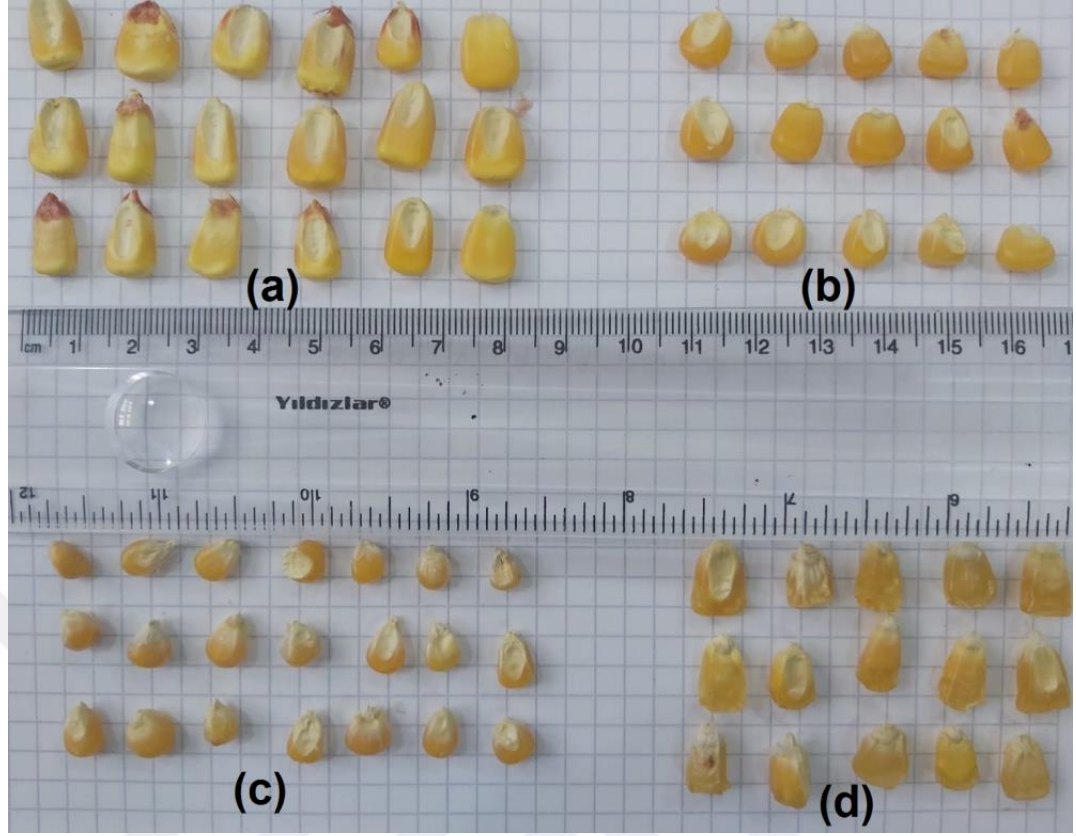
Şekil 3.8 Aspiratör (Güner 2006)

- a) 1. Giriş , 2.Çıkış, 3. Aspiratör gövdesi, 4. Elektrik motoru, 5 Şasi ve torbalı filtre
b) 1.Giriş, 2. Çıkış, 3. Torba filtre elemanı 4. Şasi

Aspiratör elektrik motoru yıldız veya üçgen bağlanabilmekte, 220 /380 V, 50 Hz, 11.2-6.50 A, 3 kW, $\cos\phi$: 0.80 ve 2850 d/d özelliğindedir. Torbalı filtrede uzunluğu 120 cm ve çapı 15 cm olan 16 adet filtre elemanından bulunmaktadır.

3.1.9 Denemelerde kullanılan mısır grupları

Bu çalışmada, dünyada ve ülkemizde en çok ekilen ve üretilen TS 3415 Mısır Standardında belirtilen at dişi mısır (*Zea mays indentata* L.); sert mısır (*Zea mays indurata* L.); cin mısır (*Zea mays everta* L.) ve şeker mısır (*Zea mays saccharata* L.) grupları denemelere alınmıştır (Geçit vd. 2009). Mısır çeşitleri Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünden temin edilmiştir. Tahıllar ve Tahıl Ürünleri Numune Alma Standardına uygun olarak hareket edilmiştir (Anonim 2010b). Doğal nem değerleri at dişi %12.99, sert % 12.01, cin %11.88 ve şeker mısırın %11.94 olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.9 Mısır grupları

a. At dişi mısır, b. Sert mısır, c. Cin mısır, d. Şeker mısır

Olgunluğunu tamamlamış mısır danelerin nemi hasattan önce genellikle %35 civarındadır. Bu nem değerinde mısırlar elle hasat edilebilirken makinayla hasat için mısır nem değerinin %21-28 arasında olması önerilmektedir (Anonim, 2012). Bir başka kaynağa göre biçerdöverle ve koçan toplayıcılarla hasatta dane neminin % 22-28 olması en uygundur. Dane kaybının en az olması için ideal nem oranı %25 kabul edilmektedir. Hasat edilen mısırları nemi %13-15'e düşünceye kadar kurutulmakta ve sonra danelenmektedir (Anonim 2016). Dolayısıyla mısırın makineli hasadına, daneleme işlemine ve depolanmasına uygun nem değerlerini karşılayabilecek 5 farklı nem içeriği belirlenerek ayarlamalar yapılmıştır.

3.2 Yöntem

Pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim pnömatik iletim tesisinde beş farklı noktaya basınç sensörü ve transmitter yerleştirilmiştir. Sadece hava ve havayla beraber materyalin iletimi esnasında, iletim hattı boyunca birbirini takip eden transmitterlerde gözlemlenen basınç kaybından dolayı oluşan basınç düşümleri kaydedilmiştir. Yalnız hava ile sistemin çalıştırıldığı durum ile materyalin iletimi esnasında görülen basınç değerleri farkından gidilerek hesaplamalar yapılmıştır. İletim tesisinde materyal iletilirken basınç düşümü, güç tüketimi, gerekli materyal ve hava hızı, karışım oranı, sürtünme katsayısı ve zedelenme belirlenmiştir. Ürün neminin, boru çapının, materyal debisinin ve hava hızının karakteristiklere olan etkisi incelenmiş en uygun tasarım parametreleri ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinde doğal nem değerinde mısır gruplarına ait deneme deseni; Çizelge 3.3'te görüldüğü gibi besleyici devirleri 15, 20 ve 25 d/d, boru çapları 70.3, 54.5 ve 43.1 mm, kompresör devirleri 1150, 1450, 1750 ve 2250 d/d seçilerek faktöriyel biçimde hesaplamalar yapılmıştır. Doğal nem değerinde at dişi mısır için 36 deneme üç tekrür, şeker mısır için 36 deneme üç tekrür, sert mısır için 36 deneme üç tekrür ve cin mısır için 36 deneme üç tekrür yapılmıştır.

Ayrıca Çizelge 3.4'de verildiği gibi 3 farklı nem değerinde de besleyici devirleri 20 d/d, boru çapı 70.3, 54.5 ve 43.1 mm, kompresör devirleri 1450 ve 1750 d/d olacak şekilde tüm mısır gruplarında 18 deneme üç tekrürde tasarım parametreleri araştırılmıştır.

Çizelge 3.3 Dane mısır gruplarında doğal nem değerinde deneme deseni ve araştırılan tasarım parametreleri

	Mısır Grupları			
	At dişi	Sert	Cin	Şeker
Nem içerikleri (%)	12.99	12.01	11.88	11.94
Besleyici devri (d/d)	15	15	15	15
	20	20	20	20
	25	25	25	25
Kompresör devri (d/d)	1150	1150	1150	1150
	1450	1450	1450	1450
	1750	1750	1750	1750
	2250	2250	2250	2250
Boru çapı (mm)	70.3	70.3	70.3	70.3
	54.5	54.5	54.5	54.5
	43.1	43.1	43.1	43.1

Parametreler	Sembolü	Birimi
Basınç düşümü	ΔP	kPa/m
Güç	N	kW
Hava hızı	V_h	m/s
Ürün hızı	V_i	m/s
Hava debisi	Q_h	kg/s
Sürtünme kaybı	I	m/m
Karışım oranı	μ	-
Sürtünme katsayısı	f	-
Mekanik zedelenme oranı	S_d	-
Vigor indeksi	V_i	-

Çizelge 3.4 Dane mısır gruplarında farklı nem değerinde deneme deseni ve araştırılan tasarım parametreleri

	Mısır Grupları			
	At dişi	Sert	Cin	Şeker
Nem içerikleri (%)	14	14	14	14
	20	20	20	20
	26	26	26	26
Besleyici devri (d/d)	20	20	20	20
Kompresör devri (d/d)	1450	1450	1450	1450
	1750	1750	1750	2250
Boru çapı (mm)	70.3	70.3	70.3	70.3
	54.5	54.5	54.5	54.5
	43.1	43.1	43.1	43.1

Parametreler	Sembolü	Birimi
Basınç düşümü	ΔP	kPa/m
Güç	N	kW
Hava hızı	V_h	m/s
Ürün hızı	V_i	m/s
Hava debisi	Q_h	kg/s
Sürtünme kaybı	I	m/m
Karışım oranı	μ	-
Sürtünme katsayısı	f	-
Mekanik zedelenme oranı	S_d	-
Vigor indeksi	V_i	-

3.2.1 Dane mısır gruplarının nem değerlerinin ayarlanması

Ürün neminin iletim karakteristiklerine olan etkisinin belirlenmesinden önce, fiziksel özellikleri üzerinde nemin herhangi bir etkisi olup olmadığını incelemek ve fiziksel özelliklerinin değişip değişmediğini gözlemlemek amacıyla, ilk nem değerleri belirlenen daneleri daha yüksek dört farklı (toplam beş) nem içeriklerine getirmek için materyallere su eklenmiştir.

Materyallerin nem değerlerinin belirlenmesinde standart yöntem kullanılmıştır. Daneler 103 °C sıcaklıktaki fırında ağırlıkları sabitleninceye kadar bekletilmiştir. Yaş baz esasına göre nem değerleri bulunmuştur (Anonymous 1992, Tabak ve Wolf 1998).

Daha sonra Sakarya Araştırma Enstitüsünden gelen at dişi mısır, sert mısır, cin mısır, şeker mısır grupları 400 gramlık poliüretan poşetlere rastgele ayrılmıştır. Bu poşetlere hedeflenen nem miktarlarına ulaşabilmek için ne kadar su ekleneceği hesaplanmıştır ve su eklenmiştir.

Denemelerde kullanılan dane miktarına göre materyale eklenen su miktarı aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$Q = \frac{W_i(N_f - N_i)}{(100 - N_f)}$$

Burada;

Q: Eklenecek su miktarı (kg), W_i : Materyalin kütlesi (kg), N_i : Materyalin ilk nemi (% y.b), N_f : Materyalin son nemi (% y.b) dir.

Bir sonraki aşamada; poşette bulunan tüm mısırların aynı nem değerine ulaşabilmesi için poşetler günde üçer defa saklanan soğuk ortamdan çıkarılmış, poşetlerin sallanması ile nemin homojen dağılımı sağlanmış ve bu işlem iki hafta sürmüştür. İkinci haftanın sonunda ölçümler başlamıştır. Tüm mısır gruplarında ilk olarak doğal (depolama) nemi ölçülmüş ve de nem değerlerinin %12, %15, %18 %20 ve %25 olması hedefleniş ancak bunlara yakın (minimum %11.8 ile maksimum %24.61 arasında)

ölçümler yapılmıştır. Elde edilen nem değerleri sırasıyla aşağıda verilmiştir;

At dişi mısır : % (12.99, 16.19, 18.52, 21.55, 24.61)

Sert mısır : % (12.01, 15.11, 17.00, 20.18, 23.25)

Cin mısır : % (11.88, 15.2, 18.13, 20.55, 23.13)

Şeker mısır : % (11.94, 15.29, 18.04, 21.01, 23.34)

3.2.2. Dane mısır gruplarının fiziksel özelliklerinin saptanması

Mısır gruplarından, taş, toprak, kum, sap, saman, koçan parçaları gibi yabancı maddeler temizleniş, haşere tahribatına uğramış veya fazla ısıya maruz kalan kusurlu daneler, yabancı ot ve diğer hububat tohumları, çürümüş daneler olup olmadığı kontrol edilmiş ve deneme materyali kırık ve kusurlu mısır daneleri ile yabancı cisimlerden arındırılmıştır. Fiziksel özelliklerinin belirlenmesinde beş farklı nem içeriğinde, dört farklı çeşit mısırdan 100'erlik 10 grup oluşturulmuştur. Çizelge 3.5'te dane mısır gruplarının farklı nem içeriklerinde araştırılan fiziksel özellikleri ve parametreleri verilmiştir.

Boyut özelliklerinin belirlenmesinde rastgele torbalardan 100'er adet dane alınarak uzunluk, genişlik ve kalınlık ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde 0.01 mm duyarlıklı dijital kumpas kullanılmıştır.

Bin dane ağırlıklarının belirlenmesinde temizlenmiş materyal yığınlarından rastgele 1000'er adedi üç grup oluşturularak ve 0.001 gram duyarlıklı elektronik hassas teraziyle tartılmış ve ortalama bin dane ağırlıkları bulunmuştur.

Çizelge 3.5 Dane mısır gruplarının farklı nem içeriklerinde araştırılan fiziksel özellikleri ve parametreleri

	Mısır Grupları			
	At dişi	Sert	Cin	Şeker
Nem içerikleri (%)	12.99	12.01	11.8	11.94
	16.19	15.11	15.20	15.29
	18.52	17.60	18.13	18.04
	21.55	21.01	20.55	21.01
	24.61	23.25	23.13	24.34

Parametreler	Sembolü	Birimi
Uzunluk	L	mm
Genişlik	D	mm
Kalınlık	T	mm
Bin dane ağırlığı	-	g
Kütle	m	g
Aritmetik ortalama çap	D_a	mm
Geometrik ortalama çap	D_g	mm-
Küresellik (%)	Φ	-
Hacim ağırlığı	-	kg/m ³
Hektolitre	hL	kg /100 L
Özgül kütle	-	kg / m ³
Porozite oranları (%)	ε	-
Terminal hız	V_t	m/s
Projeksiyon alanı	A	mm ²

Mısır danelerinin aritmetik ortalama çap (D_a), geometrik ortalama çap (D_g) ve küresellik (ϕ) değerleri şu formüllerle bulunmuştur (Mohsenin 1980, Sitkei 1986).

$$D_a = \frac{L + W + T}{3}$$

$$D_g = (LWT)^{1/3}$$

$$\phi = 100 \frac{D_g}{L}$$

Burada: D_a = Aritmetik ortalama çap (mm); D_g = Geometrik ortalama çap (mm);

ϕ = Küresellik (%); L = Uzunluk (mm); W = Genişlik (mm); T = Kalınlıktır (mm).

Hacim ağırlığı hacmi belli olan bir kapla (hektolitre terazisi) ölçülmüştür ve materyal bu kaba doldurularak tartılmıştır. Materyali kütlesi hacme bölünerek kg/m^3 olarak hacim ağırlığı elde edilmiştir. Hacmi belli olan dereceli kaba konan ürünler sıkıştırılmamış doğal akışta doldurulmuştur. Denemeler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır (Jain and Bal 1997).

Özgül kütle, mısırın kütlesinin yine mısırın boşluksuz hacmine bölünmesiyle hesaplanmıştır. Ürünün hacmi yer değiştirme yöntemiyle bulunmuştur. Yer değiştirmede su yerine toluene (C_7H_8) kullanılmıştır (Mohsenin 1980, Sitkei 1986).

Porozite, hacim ağırlığı ve özgül kütleden yararlanılarak aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. (Mohsenin 1980, Singh ve Goswami 1996).

$$\varepsilon = 100(1 - \frac{\rho_b}{\rho_t})$$

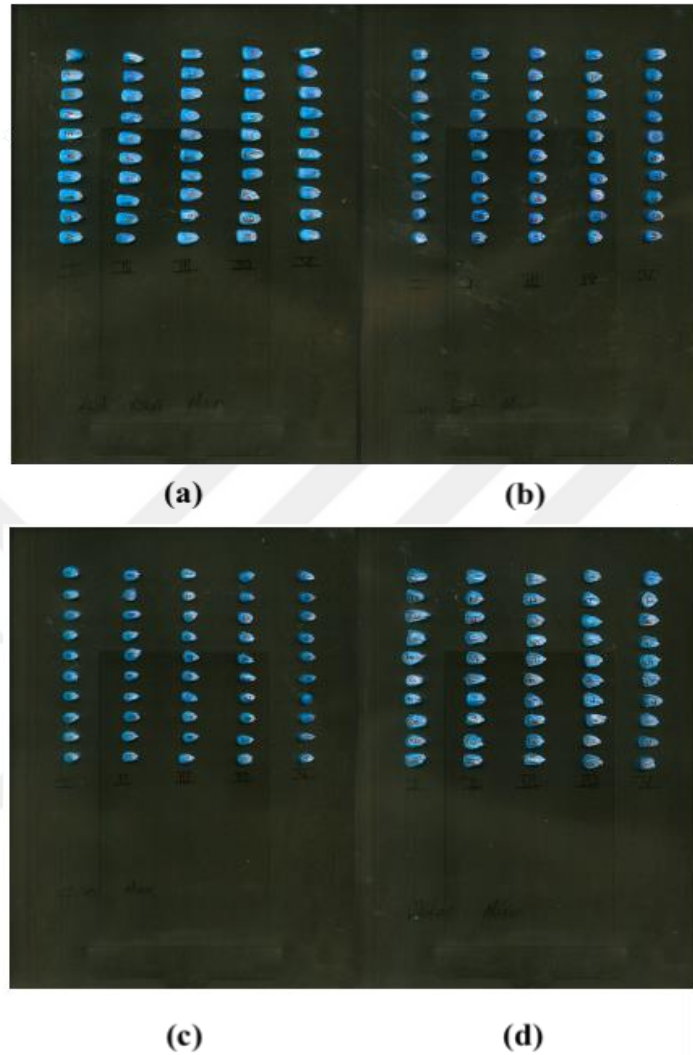
ε = Porozite (%); ρ_b = Hacim ağırlığı (kg/m^3); ρ_t = Özgül kütle (kg/m^3)'dir.

Terminal (kritik) hızın ölçümünde düşey rüzgâr tüneli kullanılmıştır. Ölçümde daneler tek tek rüzgar tüneline bırakılarak ve danenin havada asılı kaldığı andaki hava hızı hız ölçerle ölçülerek terminal hız bulunmuştur. Her ürün için denemeler 10 tekerrürlü olarak yapılmıştır. (Tabak ve Wolf 1998, Song ve Litchfield 1991). Boyutsuz katsayı olan sürüklenme katsayısı, dane ile hava akımı arasındaki ilişkiyi belirlemekte olup aşağıdaki gibi hesaplanmıştır (Tabak ve Wolf, 1998, Tabak vd. 2002).

$$C_d = \frac{2mg}{V_t^2 \rho_a A}$$

C_d = Sürüklenme katsayısı (boyutsuz), m = Danenin kütlesi (kg), g = Yer çekim ivmesi (ms^{-2}); V_t = Terminal hız (ms^{-1}), ρ_a = Havanın özgül kütlesi (1.223 kgm^{-3}), A = Danenin projeksiyon alanı (m^2)'dir.

Projeksiyon alanları, dane gruplarına ilişkin fotoğrafların tarayıcıdan geçirilmesi ve özel bir bilgisayar programı yardımıyla (Özarslan 2002) belirlenmiştir.



Şekil 3.10 Mısır gruplarının tarama fotoğrafları

a. At dişi mısır, b. Sert mısır, c. Cin mısır, d. Şeker mısır

Bu amaçla her bir nem değerinden ve de grubundan mısır daneleri A4 boyutunda bir tepsi üzerine rastgele seçilerek 10'arlık gruplar halinde dağıtıldı. Her bir denemeden üçer tekrerrür yapılmıştır. Sonra 1 cm² alana sahip kalibrasyon alanı taranmış ve bu alandaki piksel sayısı paket programdan not edilmiştir. Daha sonra tepsi üzerindeki mısırların tarama fotoğraflarındaki piksel sayısı tespit edilmiş ve bu değerler referans alanına oranlanarak bir mısır danesinin projeksiyon alanı hesaplanmıştır.

3.2.3 Pnömatik iletimde basınç düşümünün saptanması

Basınç düşümünün belirlenmesi amacıyla iletim sisteminin üzerinde konumlanan ve bağlanan Huba Control marka, 507 seri numaralı 5 adet basınç sensörü- transmitteri ve ESM-4900 model proses göstergeleri kullanılmıştır. Ölçüm sensörlerinin yerleşimi şöyledir; besleyici giriş borusunda birinci (PM1), besleyici iletim borusu üzerinde ikinci (PM2), U- borudan önce üçüncü (PM3), U-borudan sonra dördüncü (PM4) ve düşey borudan önce beşinci (PM5) basınç sensörü ve transmitteri ikilisi bulunmaktadır. Düşey borunun bitiminde 110 mm çapında açıklık bırakılarak atmosfer basıncı ile bağlantı kurulmuştur. Basınç sensörleri milibar olarak basıncı ölçmekte, transmitteler de ölçülen basıncı elektrik sinyallere dönüştürerek proses göstergeye göndermektedir. Belirlenen deneme desenine ve nem koşullarına göre, hava hızı, materyal debisi ve boru çapı sabitken her bir mısır grubunun iletimi esnasında da proses gösterge üzerindeki verileri video ile kaydedilmiştir. Normal koşullarda iletim esnasında birinci transmittenden beşinci transmittere doğru basınç düşümü gerçekleşmektedir.

3.2.4 Pnömatik iletimde hızlarının saptanması

Pnömatik iletim tesisinde kullanılan boruların (70.3, 54.1 ve 43.1 mm) çaplarına, Longtech marka LT-65 tipli roots blower kompresörün devir hızına ve debisine göre iletim hızları bulunmuştur. Çizelge 3.6, 3.7 ve 3.8’de pnömatik iletim hızı, kullanılan boru çapı, kompresör devri, kompresör debisi ve toplam basınca göre borudaki hava iletim hızları verilmiştir. Ara bir basınç değeri olduğunda, çizelgedeki basınç değerleri ile orantı kurularak iletim hızı tespit edilmiştir.

Pnömatik iletim tesisinde her zaman materyal iletim hızı, hava hızından daha düşüktür. Kaba ve sert materyalde %0, ince ve toz materyalde %10 daha az kabul edilir. Bu tezde materyal hızı, hava hızının % 80’i (Agarwal 2005) oranında alınmıştır.

Çizelge 3.6 Pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinin 43.1 mm boru çapında
iletim hızı (m/s) (Güner 2006)

Basınç (kPa)	Debi Hız	Kompresör				
		850	1150	1450	1750	2250
10	Q	2.08	3.11	4.14	5.18	6.90
	V	23.66	35.42	47.19	59.07	78.72
20	Q	1.90	2.94	3.97	5.01	6.73
	V	21.60	33.48	45.25	57.19	76.78
30	Q	1.72	2.75	3.78	4.82	6.54
	V	19.54	31.31	43.09	54.96	74.61
40	Q	1.56	2.59	3.63	4.66	6.38
	V	17.72	29.48	41.36	53.13	72.78
50	Q	1.15	2.46	3.49	4.52	6.24
	V	13.03	28.00	39.76	51.53	71.18
60	Q	1.30	2.34	3.37	4.40	6.12
	V	14.75	26.63	38.39	50.16	69.81
70	Q	1.20	2.23	3.27	4.30	6.02
	V	13.60	25.37	37.25	49.02	68.67
80	Q	1.10	2.13	3.16	4.20	5.92
	V	12.46	24.23	35.99	47.87	67.52

Q = hava debisi (m³/d); V = Hava hızı (m/s)

Çizelge 3.7 Pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinin 54.5 mm boru çapında iletim hızı (m/s) (Güner 2006)

Basınç (kPa)	Debi Hız	Kompresör devri (d/d)				
		850	1150	1450	1750	2250
10	Q	2.08	3.11	4.14	5.18	6.90
	V	14.81	22.16	29.52	36.95	49.23
20	Q	1.90	2.94	3.97	5.01	6.73
	V	13.51	20.94	28.30	35.73	48.02
30	Q	1.72	2.75	3.78	4.82	6.54
	V	12.23	19.59	26.94	34.37	46.66
40	Q	1.56	2.59	3.63	4.66	6.38
	V	11.08	18.44	25.87	33.23	45.52
50	Q	1.15	2.46	3.49	4.52	6.24
	V	8.15	17.51	24.87	32.23	44.52
60	Q	1.30	2.34	3.37	4.40	6.12
	V	9.23	16.66	24.02	31.37	43.66
70	Q	1.20	2.23	3.27	4.30	6.02
	V	8.51	15.87	23.30	30.66	42.95
80	Q	1.10	2.13	3.16	4.20	5.92
	V	7.81	15.16	22.51	29.95	42.23

Q =kompresör debisi (m³/d); V =borudaki hava hızı (m/s)

Çizelge 3.8 Pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinin 70.3 mm boru çapında iletim hızı (m/s) (Güner 2006)

Basınç (mb)	Debi Hız	Kompresör devri (d/d)				
		850	1150	1450	1750	2250
100	Q	2.07	3.10	4.13	5.17	6.89
	V	8.89	13.31	17.73	22.20	29.58
200	Q	1.89	2.93	3.96	5.00	6.72
	V	8.12	12.58	17.00	21.47	28.85
300	Q	1.71	2.74	3.77	4.81	6.53
	V	7.34	11.76	16.20	20.65	28.04
400	Q	1.55	2.58	3.62	4.65	6.37
	V	6.66	11.08	15.54	19.97	27.35
500	Q	1.14	2.45	3.48	4.51	6.23
	V	4.90	10.52	14.94	19.37	26.75
600	Q	1.29	2.33	3.36	4.39	6.11
	V	5.54	10.00	14.43	18.85	26.24
700	Q	1.19	2.22	3.26	4.29	6.01
	V	5.12	9.54	14.00	18.42	25.81
800	Q	1.09	2.12	3.15	4.19	5.91
	V	4.68	9.10	13.53	17.99	25.38

Q = hava debisi (m³/d); V = Hava hızı (m/s)

3.2.5 Pnömatik iletimde güç tüketimi

Güç tüketiminin belirlenmesi amacıyla; elektrik sistemine Gemta marka analog wattmetre ile elektrik şebekelerinden aktif gücü ölçen bir cihaz bağlanmıştır. Bu cihazın teknik özellikleri; ölçüm alanı: 0 – 2400 - 1200 – 0- 1200, hata sınıfı %1 ve giriş değerleri ± 5 mA DC, 10 mA DC'dir. Ayrıca kompresör motorunun anlık akımı ve gerilimi aşağıdaki formül ile kontrol edilmiştir.

$$N = 1.73 U I \cos \phi$$

$$N = \text{Güç (W)}, U = \text{Gerilim (V)}, I = \text{Akım (A)}, \cos \phi = \text{Güç faktörü}$$

3.2.6 Pnömatik iletimde debinin saptanması

Besleyici motoruna komut veren frekans inverteri ile buna karşılık gelen besleyici devri Çizelge 3.9'da verilmiştir. Frekansla beraber besleyici devirlerini değiştirerek farklı iletim debileri elde edilmiştir. Besleyici tam devrini alması için beklendikten sonra kilogram olarak miktarı belli olan materyal besleme deposuna doldurulmuş, iletim hattına materyalin boşalma süresi bir süre ölçer ile ölçülmüştür. Üç tekerrürlü deneme sırasında debi kg/s veya t/h olarak hesaplanması için sonuçların aritmetik ortalamaları alınmış ve debi değerleri bulunmuştur. Denemelerde kullanılacak besleyici debisi 1.5 t/h, 1.75 ve 2.0 t/h olacak şekilde ve bunlara karşılık gelen besleyici devirleri de 15, 20 ve 25 d/d olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.9 Besleyici devri ve frekans değerleri

Frekans	Besleyici devri d/d
10.06	8
15.09	12
20.04	16
25.01	20
30.19	25
35.08	29
40.07	34
45.06	38
50.05	42
55.75	47
60	51

3.2.7 Pnömatik iletimde birim materyalin iletilmesi için gerekli hava debisinin saptanması

Pnömatik iletim tesisinde materyal debisinin, hava debisine oranı ile karışım oranı bulunmaktadır. Bu sayede birim materyalin iletilmesi için gerekli hava debisi olan karışım oranı ve debi değeri aşağıdaki formüllerle elde edilmektedir (Güner 2006).

$$\mu = \frac{Q_m}{Q_h}$$

μ = karışım oranı, Q_m = Materyal debisi (kg/s), Q_h = Hava debisi (kg/s)'dir.

$$Q_h = AV_h \rho_h = \frac{\pi D^2}{4} V_h \rho_h$$

A = Boru kesit alanı (m²), D = Boru çapı (m), V_h = Hava hızı (m/s),

ρ_h = Havanın özgül kütlesi (1.223 kg/m³)

3.2.8 Pnömatik iletimde sürtünme kaybının ve sürtünme katsayısının saptanması

Sürtünme kaybı (m) ve sürtünme katsayısı (f), basınç düşümünden faydalanılarak aşağıdaki formüllerle bulunur (Güner 2006).

$$I = \frac{h_l}{L} = \frac{\Delta P}{\gamma_h L}$$

I = Sürtünme kaybı (hidrolik eğim, m/m),

h_l = Toplam sürtünme kaybı (m),

ΔP = Borudaki toplam basınç düşümü (Pa),

γ_h = Havanın özgül ağırlığı (=12 N/m³),

L = Toplam boru uzunluğu (m)

İletim borularında meydana gelen iletim materyalinden ve havadan kaynaklanan sürtünme katsayısı (f) aşağıdaki formülle bulunur;

$$f = \frac{2 \times \Delta P \times D}{\rho \times L \times V^2}$$

f : sürtünme katsayısı (birimsiz)

D : Boru çapı (m)

V : Hava hızı (m/s)

P : Havanın yoğunluğu (kg/m³)

3.2.9 Pnömatik iletimde yalnızca havanın iletilmesi durumunda tasarım parametrelerinin saptanması

İletim materyali olmadan sadece hava ile pnömatik sistem çalıştırılmış, 10 tekerrür ile aritmetik ortalamalarla 1150, 1450, 1750 ve 2250 d/d dört farklı kompresör hızında, 43.1, 54.5 ve 70.3 mm üç farklı boru çapında ve beş farklı transmitter noktasında basınç (mb) ve tüketilen güç (kW) değerleri ölçülmüştür.

İletim tesisinde hava hızının ölçülmesi amacıyla Lutron AM-4204 marka anemometre kullanılmıştır. Kompresörün emme filtresi üzerinde bulunan boru 70.3 mm çapındadır. Bu borunun ortasına delik açılmış, anemometrenin 12 mm çapındaki probu ile farklı üç noktadan emme hızı değerleri alınmıştır.

Hava debisi, 70.3 mm boru çapına ve bulunan hava hızına göre hesaplanmıştır. Hesaplanan bu debiye göre de 43.1 ve 54.5 mm boruların giriş hava hız değerleri elde edilmiştir.

Örnek: Kompresör 1150 d/d iken 70.3 mm boru çapında giriş hızı 16.70 m/s'dir.

Sisteme giren havanın debisi;

$$Q_h = A \cdot V = \frac{\pi D^2}{4} \times V$$

$$Q_h = \frac{\pi (0.0703)^2}{4} \times 16.70$$

$$Q_h = 0.064821 \text{ m}^3 / \text{s}$$

Çapı 54.5 mm olan borudaki hava hızı;

$$V_h = \frac{4Q_h}{\pi D^2} = \frac{4(0.064821)}{\pi (0.0545)^2} = 27.79 \text{ m/s}$$

43.1 mm'lik borudaki hava hızı:

$$V_h = \frac{4Q_h}{\pi D^2} = \frac{4(0.064821)}{\pi (0.0431)^2} = 44.43 \text{ m/s}$$

3.2.10 Pnömatik iletimde dane mısır grubunun zedelenmesinin ve çimlenmenin saptanması

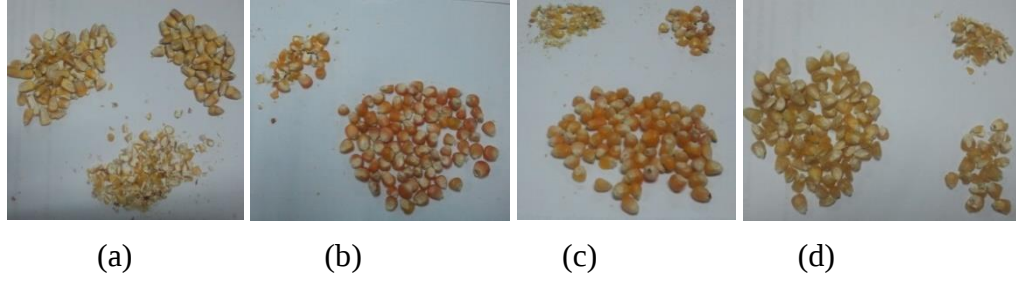
Mekanik zedelenme hesaplamaları, at dişi mısır, sert mısır, cin mısır ve şeker mısır gruplarının hepsinde, %14; %20 ve %26 nem değerinde, 20 d/d besleyici devrinde, 70.3, 54.5 ve 43.1 mm boru çapında, 1150, 1450 d/d, 1750 d/d ve 2250 d/d kompresör devrinde yapılmıştır. Çimlenme yeteneğinin hesaplanması maksadıyla mekanik zedelenmede denenen her bir üründen 3x100'er adet numune poşetlere ayrılmış ve saklanmıştır.

Zedelenmenin belirlenmesinde denemelerden önce denemeye alınacak mısır çeşidi içinden numune alınmıştır. Besleyici devrinin 20 d/d olduğu durumda 4 farklı iletim hızında 3 farklı boru çapında iletilen mısırlara denemeden sonra ve önce numara verilmiştir. Her tekerrürde materyal bir kez kullanılmıştır. Mekanik zedelenmenin tespitinde daneler gözle kontrol edilmiştir. Dört mısır çeşidi için 100'er adetlik 10 grup oluşturulmuştur. İletimden sonra materyal içindeki kırık dane belirlenmiş ve ortalamaları alınmıştır. Mekanik zedelenme şu eşitlikle saptanmıştır (Yalçın 1999).

$$Sd = \frac{Md}{(Md + Mud)} 100$$

Sd = Mekanik zedelenme oranı (%), Md= Zedelenen danelerin kütlesi (g),

Mud= Zedelenmeyen danelerin kütlesi (g).



Şekil 3.11 Mısır gruplarında mekanik zedelenmeler
a. At dişi mısır, b. Sert mısır, c. Cin mısır, d. Şeker mısır

Çimlenme yeteneğinin hesaplanması amacıyla denemelerde kullanılan ve ayrılan materyallerden 100 adedi, tohum çimlenme odasında 25 °C’de 7 gün bekletilmiş, 8. gün çimlenen tohumlar sayılarak çimlenme yüzdesi saptanmıştır (Anonymous 1981, Parde vd. 2002).

Çimlenme gücünün hesaplanmasında vigor indeksinden yararlanılmıştır. Çimlenme odasında denemelerde kullanılan ve ayrılan materyallerden 3×50 adet tohum 25 °C’de 7 gün bekletilmiş ve 8. gün çimlenen tohumların çimlenme uzunlukları ölçülerek tohumların vigor indeksi hesaplanmıştır (Anonymous 1985).

$$V_i = \frac{1}{n} \sum \text{ÇY} (\%) \times \text{ÇU}$$

V_i = Vigor indeksi, n = Çimlenen tohumların sayısı (adet),

ÇY= Çimlenme yüzdesi (%) ve ÇU= Çimlenme uzunluğu (cm)’dir

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Mısır Gruplarının Fiziksel Özellikleri

Denemelerde, dane halindeki at dişi, sert, cin, şeker mısır grupları kullanılmıştır. Tüm mısır gruplarında ilk olarak doğal (depolama) nemi ölçülmüş ve de nem değerlerinin %12, %15, %18 %20 ve %25 olması hedeflenmiş ancak bunlara yakın olarak elde edilen (minimum %11.8 ile maksimum %24.61 arasında) ölçümler yapılmıştır. Danelerin bu 5 farklı nem değerlerinde fiziksel özellikleri; önce boyut özellikleri (uzunluk (L), genişlik (D), kalınlık (T)) ile çap (aritmetik (D_a) ve geometrik (D_g) ortalama çap), küresellik (%) daha sonra hacim özellikleri hektolitreye ağırlığının (kg /100 L), hacim ağırlığı (kg / m³), özgül kütle (kg / m³), porozite (%), ayrıca terminal (kritik) hız (m/s), sürüklenme katsayısı ve projeksiyon alanındaki (mm²) değişimleri not edilmiştir.

At dişi mısırın Çizelge 4.1, sert mısırın Çizelge 4.2, cin mısırın Çizelge 4.3 ve şeker mısırın Çizelge 4.4'te farklı nem değerlerindeki fiziksel özellikleri verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde nem arttıkça boyut, çap, bin dane ağırlığı, porozite, terminal hız ve projeksiyon alanlarının arttığı özgül kütle ve hektolitreye ağırlığının azaldığı görülmektedir. Örneğin at dişi mısır %12.99 doğal nemden %24.61 nem değerlerine ulaştığında uzunluk (L) 0.35 mm, genişlik (D) 0.23 mm, kalınlık (T) 0.07 mm, aritmetik ortalama çap (D_a) 0.22 mm, geometrik ortalama çap (D_g) 0.35 mm, bin dane ağırlığı (g) 38.95, porozite (%) 10.35, terminal hız (m/s) 0.55 ve projeksiyon alanı 7 mm²'ye yükselmiştir. Özgül kütle (kg/m³) 15.34 ve hektolitreye ağırlığı (kg /100 L)13.47 ise düşmüştür.

Sert mısır 12.01 doğal nemden %23.25 nem değerine yükseldiğinde uzunluk (L) 0.22 mm, genişlik (D) 0.39 mm, kalınlık (T) 0.34 mm, aritmetik ortalama çap (D_a) 0.32 mm, geometrik ortalama çap (D_g) 0.35 mm, bin dane ağırlığı (g) 28.85, porozite (%) 11, terminal hızı (m/s) 0.91, projeksiyon alanı 6.33 (mm²) değerlerine yükselmiştir. Özgül kütle (kg/m³) 11.60 ve hektolitreye ağırlığı (kg /100 L) 11.52 ise azalmıştır. Cin mısır 11.88 doğal nemden %23.13 nem değerine çıktığında uzunluk (L) 0.01 mm,

genişlik (D) 0.23 mm, kalınlık (T) 0.34 mm, aritmetik ortalama çap (D_a) x 0.19 mm, geometrik ortalama çap (D_g) 0.24 mm, bin dane ağırlığı (g) 20.65, porozite (%) 7.51, terminal hızı (m/s) 0,24, projeksiyon alanı 6.33 (mm²)’ye çıkmış ancak özgül kütle (kg/m³) 32.15 ve hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 11.60 düşmüştür.

Şeker mısır %11.94 doğal nemden %24.34 nem değerine artırıldığında uzunluk (L) 0.07 mm, genişlik (D) 0.22 mm, kalınlık (T) 0.01 mm, aritmetik ortalama çap (D_a) x 0.08 mm, geometrik ortalama çap (D_g) 0.06 mm, bin dane ağırlığı (g) 20.92, porozite (%) 4.62, terminal hız 8.51 m/s, projeksiyon alanı 5.96 (mm²) olmuş ve değerler yükselmiştir. Yine özgül kütle (kg/m³) 7.87 ve hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 5.65 azalmıştır.

Çizelge 4.1 At dişi mısırın % 12.99; %16.19, %18.52, % 21,55 ve % 24.61 nem değerlerinde fiziksel özellikleri

Özellik	Nem değeri					
	% 12.99		%16.19		%18.52	
Uzunluk (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	16.51	8.61	15.33	9.60	15.37	9.33
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	13.01	0.04	13.03	0.04	13.09	0.04
Genişlik (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	9.42	5.58	9.91	4.10	9.49	4.78
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	7.80	0.02	7.82	0.03	7.83	0.03
Kalınlık (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	9.27	3.00	7.67	3.35	7.62	3.37
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	4.26	0.03	4.28	0.02	4.36	0.03
Bin tane ağırlığı (g)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	366.59	327.76	337.32	325.96	364.00	332.24
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	332.02	-	336.02	-	340.32	-
Kütle (g)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	0.51	0.17	0.4847	0.1321	0.4934	0.1761
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	0.33	0.01	0.34	0.01	0.34	0.01
Aritmetik ortalama çap (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	10.21	6.35	9.29	5.35	9.45	7.06
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	8.35	0.02	8.41	0.01	8.43	0.02
Geometrik ortalama çap (mm)	7.50		7.54		7.59	
Küresellik (%)	58.13		58.18		58.41	
Hacim ağırlığı (kg/m ³)	770.19		747.33		719.91	
Hektolitire (kg /100 L)	77. 02		74.73		71.99	
Özgül kütle (kg / m ³)	1223.17		1214.39		1208.67	
Porozite oranları (%)	37.03		38.17		40.72	
Terminal hız (m/s)	9.46		9.59		9.73	
Projeksiyon alanı (mm ²)	84.00		85.14		85.76	

Çizelge 4.1 At dişi mısırın % 12.99; %16.19, %18.52, % 21,55 ve %24.61 nem değerlerinde fiziksel özellikleri (devam)

Özellik	Nem değeri			
	% 21,55		% 24.61	
Uzunluk (mm)	max.	min.	max.	min.
	15.11	9.44	14.83	10.03
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	13.14	0.03	13.46	0.03
Genişlik (mm)	max.	min.	max.	min.
	9.68	5.35	9.88	5.16
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	7.98	0.03	8.24	0.03
Kalınlık (mm)	max.	min.	max.	min.
	7.02	3.34	9.71	3.47
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	4.38	0.02	4.46	0.03
Bin tane ağırlığı (g)	max.	min.	max.	min.
	347.55	339.18	337.32	325.96
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	344.03	-	368.85	-
Kütle (g)	max.	min.	max.	min.
	0.52	0.23	0.56	0.26
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	0.34	0.01	0.371	0.01
Aritmetik ortalama çap (mm)	max.	min.	max.	min.
	9.52	7.15	11.06	7.27
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	8.50	0.02	8.72	0.02
Geometrik ortalama çap (mm)	7.69		7.85	
Küresellik (%)	58.71		58.77	
Hacim ağırlığı (kg/m ³)	675.13		635.46	
Hektolitre (kg /100 L)	67.51		63.55	
Özgül kütle (kg / m ³)	1207.83		1207.11	
Porozite oranları (%)	44.07		47.39	
Terminal hız (m/s)	9.87		10.01	
Projeksiyon alanı (mm ²)	87.12		91.00	

Çizelge 4.2 Sert mısırın %12.01; %15.11, %17.60, %21.01 ve %23.25 nem değerlerinde fiziksel özellikleri

Özellik	Nem değeri					
	%12.01		%15.11		%17.60	
Uzunluk (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	16.50	6.42	13.25	7.62	12.22	7.31
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	10.0175	0.04	10.04	0.03	10.05	0.03
Genişlik (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	9.18	5.11	9.11	5.53	9.31	6.32
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	7.67	0.02	7.86	0.02	7.99	0.02
Kalınlık (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	6.88	3.39	6.63	3.21	7.35	3.69
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	4.62	0.02	4.64	0.02	4.87	0.02
Bin dane ağırlığı (g)	max..	min.	max.	min.	max.	min.
	269.318	257.54	283.40	256.02	282.34	265.14
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	261.29	-	270.41	-	277.15	-
Kütle (g)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	0.37	0.13	0.39	0.17	0.38	0.10
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	0.26	0.01	0.27	0.01	0.28	0.01
Aritmetik ortalama çap (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	9.33	5.83	8.91	6.15	8.79	6.52
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	7.43	0.01	7.51	0.01	7.64	0.01
Geometrik ortalama çap (mm)	7.04		7.11		7.26	
Küresellik (%)	70.73		71.25		72.74	
Hacim ağırlığı (kg/m ³)	815.15		802.12		773.66	
Hektolitire (kg /100 L)	81.51		80.21		77.37	
Özgül kütle (kg / m ³)	1124.94		1124.16		1114	
Porozite oranları (%)	26.73		28.70		30.50	
Terminal hız (m/s)	9.86		10.22		10.48	
Projeksiyon alanı (mm ²)	60.56		64.76		65.00	

Çizelge 4.2 Sert mısırın %12.01; %15.11, %17.60, %21.01 ve %23.25 nem değerlerinde fiziksel özellikleri (devam)

Özellik	Nem değeri			
	%20.18		%23.25	
Uzunluk (mm)	max.	min.	max.	min.
	12.05	6.47	13.70	8.01
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	10.09	0.03	10.15	0.04
Genişlik (mm)	max.	min.	max.	min.
	9.24	4.92	9.50	3.16
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	8.01	0.03	8.03	0.03
Kalınlık (mm)	max.	min.	max.	min.
	7.30	3.34	7.87	3.57
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	4.91	0.02	4.94	0.02
Bin dane ağırlığı (g)	max.	min.	max.	min.
	288.99	271.66	292.75	286.23
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	280.69	-	290.13	-
Kütle (g)	max.	min.	max.	min.
	0.40	0.19	0.40	0.13
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	0.29	0.01	0.29	0.01
Aritmetik ortalama çap (mm)	max.	min.	max.	min.
	8.45	6.00	8.89	5.19
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	7.67	0.01	7.71	0.02
Geometrik ortalama çap (mm)	7.29		7.33	
Küresellik (%)	72.81		73.16	
Hacim ağırlığı (kg/m ³)	751.83		699.94	
Hektolitre (kg /100 L)	75.19		69.99	
Özgül kütle (kg / m ³)	1113.11		1112.56	
Porozite oranları (%)	32.51		37.74	
Terminal hız (m/s)	10.77		10.87	
Projeksiyon alanı (mm ²)	66.73		66.89	

Çizelge 4.3 Cin mısırın %11.8; %15.20, %18.13, %20.55 ve %23.13 nem değerlerinde fiziksel özellikleri

Özellik	Nem değeri					
	%11.80		%15.20		%18.13	
Uzunluk (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	10.90	6.75	11.55	6.36	11.19	7.34
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	8.97	0.03	8.99	0.03	9.13	0.04
Genişlik (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	8.09	4.67	8.10	4.92	8.74	5.65
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	6.49	0.02	6.52	0.02	6.65	0.02
Kalınlık (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	6.65	2.81	5.88	2.62	7.16	3.29
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	4.13	0.02	4.25	0.02	4.29	0.02
Bin dane ağırlığı (g)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	180.01	172.67	180.43	174.55	186.32	182.24
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	176.67	-	178.75	-	184.13	-
Kütle (g)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	0.25	0.11	0.28	0.12	0.28	0.13
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	0.18	0.01	0.18	0.01	0.18	0.01
Aritmetik ortalama çap (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	9.14	5.49	7.79	5.78	10.63	5.87
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	6.53	0.01	6.59	0.01	6.66	0.02
Geometrik ortalama çap (mm)	6.19		6.24		6.32	
Küresellik (%)	69.29		70.00		70.42	
Hacim ağırlığı (kg/m ³)	837.41		822.17		802.93	
Hektolitire (kg /100 L)	83.74		82.22		80.29	
Özgül kütle (kg / m ³)	1300.65		1299.87		1285.13	
Porozite oranları (%)	35.58		36.79		37.38	
Terminal hız (m/s)	10.33		10.37		10.44	
Projeksiyon alanı (mm ²)	45.24		48.48		49.331	

Çizelge 4.3 Cin mısırın %11.8; %15.20, %18.13, %20.55 ve %23.13 nem değerlerinde fiziksel özellikleri (devam)

Özellik	Nem değeri			
	%20.55		%23.13	
Uzunluk (mm)	max.	min.	max.	min.
	11.10	5.02	10.77	6.42
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	9.08	0.03	9.13	0.03
Genişlik (mm)	max.	min.	max.	min.
	8.34	5.54	9.19	5.54
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	6.73	0.02	6.75	0.02
Kalınlık (mm)	max.	min.	max.	min.
	6.17	3.26	6.40	3.49
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	4.51	0.02	4.55	0.02
Bin dane ağırlığı (g)	max.	min.	max.	min.
	200.71	184.63	201.97	194.23
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	193.08	-	197.32	-
Kütle (g)	max.	min.	max.	min.
	0.30	0.12	0.29	0.12
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	0.20	0.01	0.20	0.01
Aritmetik ortalama çap (mm)	max.	min.	max.	min.
	7.78	5.09	7.60	5.74
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	6.78	0.01	6.81	0.01
Geometrik ortalama çap (mm)	6.46		6.51	
Küresellik (%)	71.64		71.69	
Hacim ağırlığı (kg/m ³)	763.50		721.46	
Hektolit (kg /100 L)	76.35		72.15	
Özgül kütle (kg / m ³)	1282.31		1267.72	
Porozite oranları (%)	40.59		43.09	
Terminal hız (m/s)	10.49		10.57	
Projeksiyon alanı (mm ²)	49.68		50.84	

Çizelge 4.4 Şeker mısırın %11.94; %15.29 ve %18.04, %21.01 ve %24.34 nem değerlerinde fiziksel özellikleri

Özellik	Nem değeri					
	%11.94		%15.29		%18.04	
Uzunluk (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	13.92	8.21	14.62	8.25	14.32	7.03
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	11.10	0.04	11.20	0.04	11.21	0.05
Genişlik (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	10.49	4.94	10.51	60.09	10.15	5.70
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	8.08	0.04	8.12	0.03	8.23	0.03
Kalınlık (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	7.59	2.80	8.00	2.92	7.36	2.90
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	4.40	0.02	4.49	0.03	4.54	0.03
Bin dane ağırlığı (g)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	231.03	206.27	235.21	213.65	244.10	224.38
	Art. Orta.	St. Hata	Art. Orta.	St. Hata	Art. Orta.	st. hata
	225.79	-	226.55	-	232.40	-
Kütle (g)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	0.36	0.09	0.40	0.12	0.39	0.12
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	0.23	0.01	0.23	0.01	0.23	0.01
Aritmetik ortalama çap (mm)	max.	min.	max.	min.	max.	min.
	10.95	6.00	9.22	6.78	9.28	6.20
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	7.88	0.02	7.93	0.02	7.99	0.02
Geometrik ortalama çap (mm)	7.28		7.34		7.40	
Küresellik (%)	65.84		66.23		66.75	
Hacim ağırlığı (kg/m ³)	611.50		596.22		575.50	
Hektolitre (kg /100 L)	61.15		59.62		57.55	
Özgül kütle (kg / m ³)	1189		1142.73		1140	
Porozite oranları (%)	46.36		49.86		49.64	
Terminal hız (m/s)	8.23		8.40		8.45	
Projeksiyon alanı (mm ²)	76.98		77.12		78.68	

Çizelge 4.4 Şeker mısırın %11.94; %15.29 ve %18.04, %21.01 ve %24.34 nem değerlerinde fiziksel özellikleri (devam)

Özellik	Nem Değeri			
	%21.01		%24.34	
Uzunluk (mm)	max.	min.	max.	min.
	15.18	7.65	14.33	8.19
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	11.23	0.04	11.26	0.05
Genişlik (mm)	max.	min.	max.	min.
	10.84	6.30	11.47	5.02
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	8.34	0.03	8.39	0.04
Kalınlık (mm)	max.	min.	max.	min.
	7.14	2.88	6.51	2.68
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	4.55	0.03	4.41	0.02
Bin dane ağırlığı (g)	max.	min.	max.	min.
	245.88	224.00	260.42	230.53
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	237.96	-	246.72	-
Kütle (g)	max.	min.	max.	min.
	0.38	0.13	0.40	0.13
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	0.24	0.01	0.25	0.01
Aritmetik ortalama çap (mm)	max.	min.	max.	min.
	9.30	6.72	9.49	5.79
	art. orta.	st. hata	art. orta.	st. hata
	8.04	0.02	8.07	0.02
Geometrik ortalama çap (mm)	7.44		7.47	
Küresellik (%)	67.01		67.18	
Hacim ağırlığı (kg/m ³)	563.04		554.96	
Hektolitre (kg /100 L)	56.30		55.50	
Özgül kütle (kg / m ³)	1138.86		1132.13	
Porozite oranları (%)	50.56		50.98	
Terminal hız (m/s)	8.47		8.51	
Projeksiyon alanı (mm ²)	80.14		82.84	

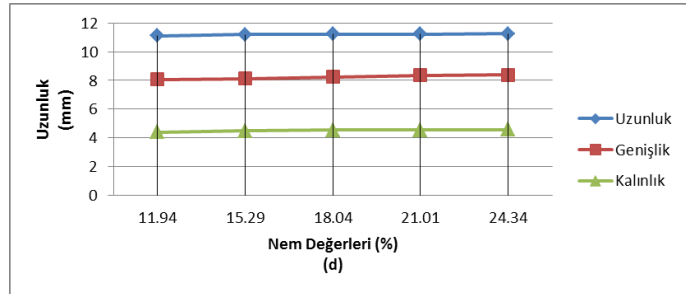
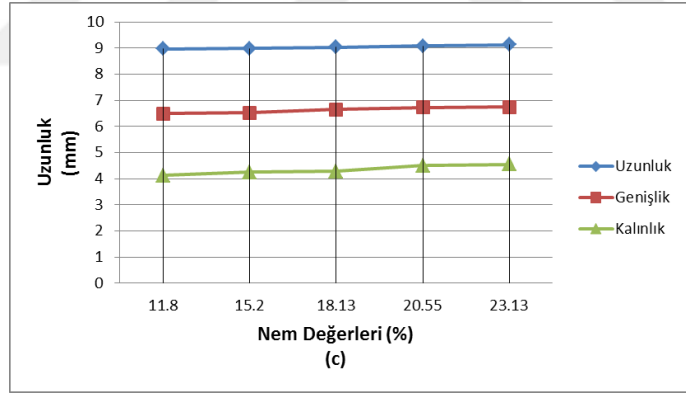
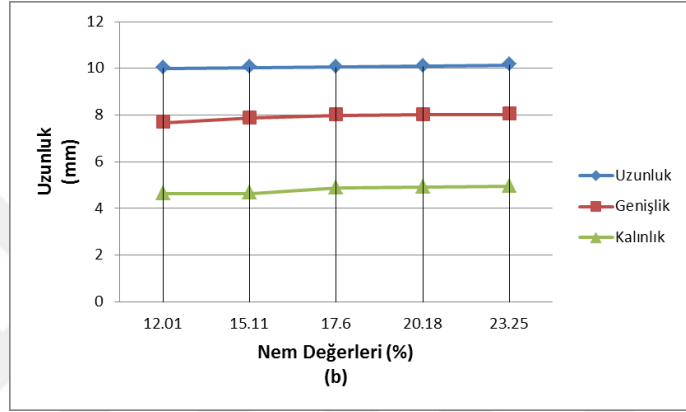
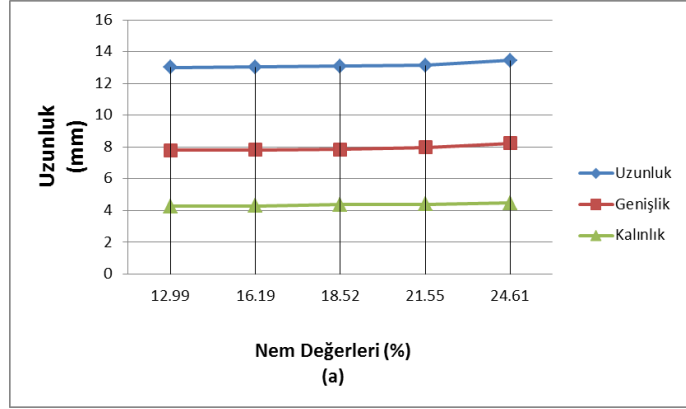
Mısır gruplarının doğal nem değerlerindeki fiziksel özellikleri kendi aralarında karşılaştırılmış ve Çizelge 4.5 de verilmiştir. Doğal nem değerlerindeki mısır gruplarının fiziksel özelliklerini gösteren Çizelge 4.5'in incelenmesinden aşağıdaki sıralamalar yapılabilir.

- a) Uzundan kısaya doğru uzunluk (L) sıralaması (mm),
1. At dişi 13.01, 2. Şeker 11.10, 3. Sert 10.01 ve 4. Cin 8.97
- b) Genişten daraya doğru genişlik (D) sıralaması (mm),
1. Şeker 8.08, 2. At dişi 7.80, 3. Sert 7.67 ve 4. Cin 6.49
- c) Kalından daraya doğru kalınlık (T) sıralaması (mm),
1. Sert 4.62, 2. Şeker 4.40, 3. At dişi 4.26 ve 4. Cin 4.13
- d) Genişten daraya doğru aritmetik ortalama çap (D_a) sıralaması (mm),
1. At dişi 8.35, 2. Şeker 7.88, 3. Sert 7.43 ve 4. Cin 6.53
- e) Genişten daraya doğru geometrik ortalama çap (D_g) sıralaması (mm),
1. At dişi 7.50, 2. Şeker 7.28, 3. Sert 7.04 ve 4. Cin 6.19
- f) Ağırdan hafife doğru bin dane ağırlığı (g) sıralaması,
1. At dişi 332.02, 2. Sert 261.29, 3. Şeker 225.79 ve 4. Cin 176.67
- g) Büyükten küçüğe hektolitreye ağırlığı (kg /100 L) sıralaması,
1. Cin 83.74, 2. Sert 81.52, 3. At dişi 77.02 ve 4. Şeker 61.15
- h) Büyükten küçüğe porozite (%) sıralaması,
1. Şeker 46.36, 2. At dişi 37.03, 3. Cin 35.58 ve 4. Sert 26.73
- i) Büyükten küçüğe porozite (%) sıralaması,
1. Şeker 46.36, 2. At dişi 37.03, 3. Cin 35.58 ve 4. Sert 26.73
- j) Hızlıdan yavaş doğru terminal (kritik) hızı (m/s) sıralaması,
1. Cin 10.33, 2. Sert 9.86, 3. At dişi 9.46 ve 4. Şeker 8.23
- k) Genişten daraya doğru projeksiyon alanı (mm²) sıralaması,
1. At dişi 84.00, 2. Şeker 76.98, 3. Sert 60.56 ve 4. Cin 45.24
- l) Büyükten küçüğe özgül (kütle kg/m³) sıralaması,
1. Cin 83.74, 2. Sert 81.52, 3. At dişi 77.02 ve 4. Şeker 61.15

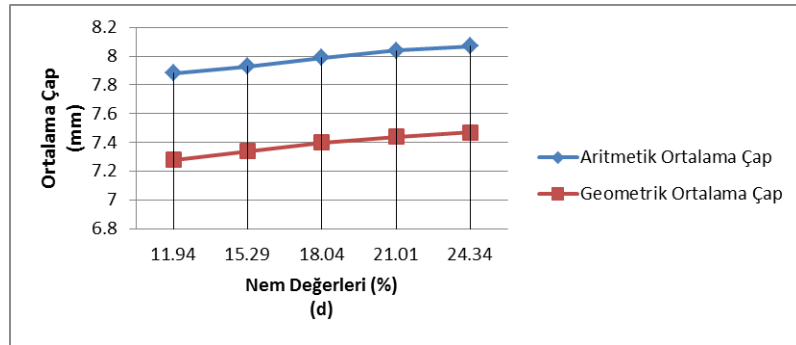
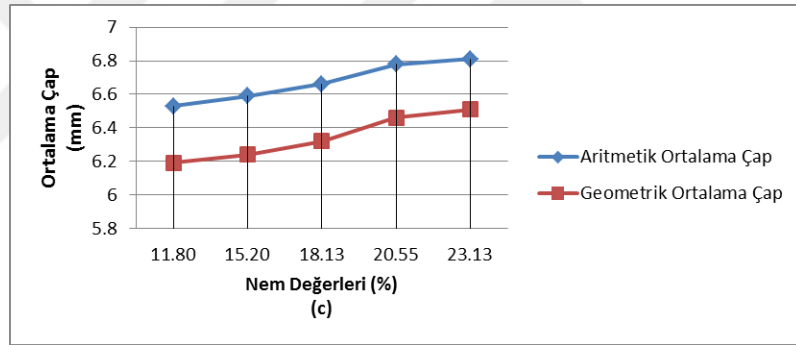
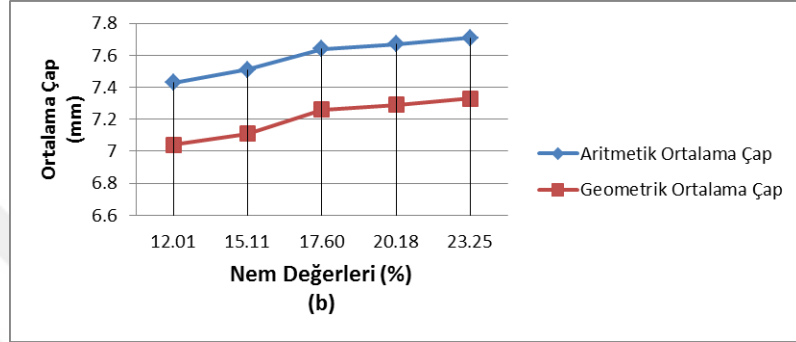
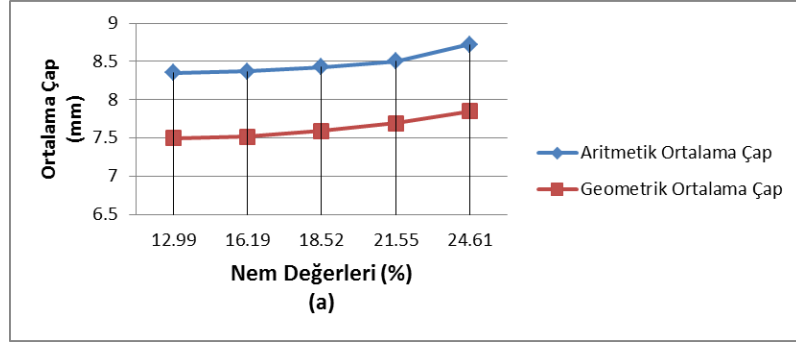
Çizelge 4.5 Mısır gruplarının doğal nem değerlerinde fiziksel özelliklerinin karşılaştırılması

Fiziksel özellik	At dişi mısır		Sert mısır		Cin mısır		Şeker mısır	
	art. Ort	std. hata	art. ort	std. hata	art. ort	std. hata	art. ort	std. hata
Uzunluk (L)	13.01	0.04	10.01	0.04	8.97	0.03	11.10	0.04
Genişlik (D)	7.80	0.02	7.67	0.02	6.49	0.02	8.08	0.04
Kalınlık (T)	4.26	0.03	4.62	0.02	4.13	0.02	4.40	0.02
Aritmetik ort. çap	8.35	0.02	7.43	0.01	6.53	0.01	7.88	0.02
Geometrik ort. çap	7.50		7.04		6.19		7.28	
1000 dane ağırlığı (g)	332.02	-	261.29	-	176.67	-	225.79	-
Hektolitire (hL)	77.02		81.51		83.74		61.15	
Porozite (%)	37.03		26.73		35.58		46.36	
Terminal hız (m/s)	9.46		9.86		10.33		8.23	
Küresellik (%)	58.13		70.73		69.29		65.84	
Kütle (g)	0.33	0.01	0.26	0.01	0.18	0.01	0.23	0.01
Projek.. alanı (mm ²)	84.00		60.56		45.24		76.98	
Özgül kütle (kg / m ³)	1223.17		1124.94		1300.65		1189	

Mısır gruplarının neme bağlı olarak; uzunluk (L), genişlik (D) ve kalınlık (T) değişimi Şekil 4.1’ de, aritmetik (D_a) ve geometrik ortalama çap (D_g) değişimi Şekil 4.2’de, bin dane ağırlığı (g) değişimi Şekil 4.3’te, kütle değişimi (g) Şekil 4.4’te, küresellik (%) değişimi Şekil 4.5’te, hektolitire (hL) değişimi Şekil 4.6’da, özgül kütle (kg / m³) değişimi Şekil 4.7’de, porozite (%) değişimi Şekil 4.8’te, terminal (kritik) hızı (m/s) değişimi Şekil 4.9’da ve projeksiyon alanı (mm²) değişimi Şekil 4.10’da verilmiştir.

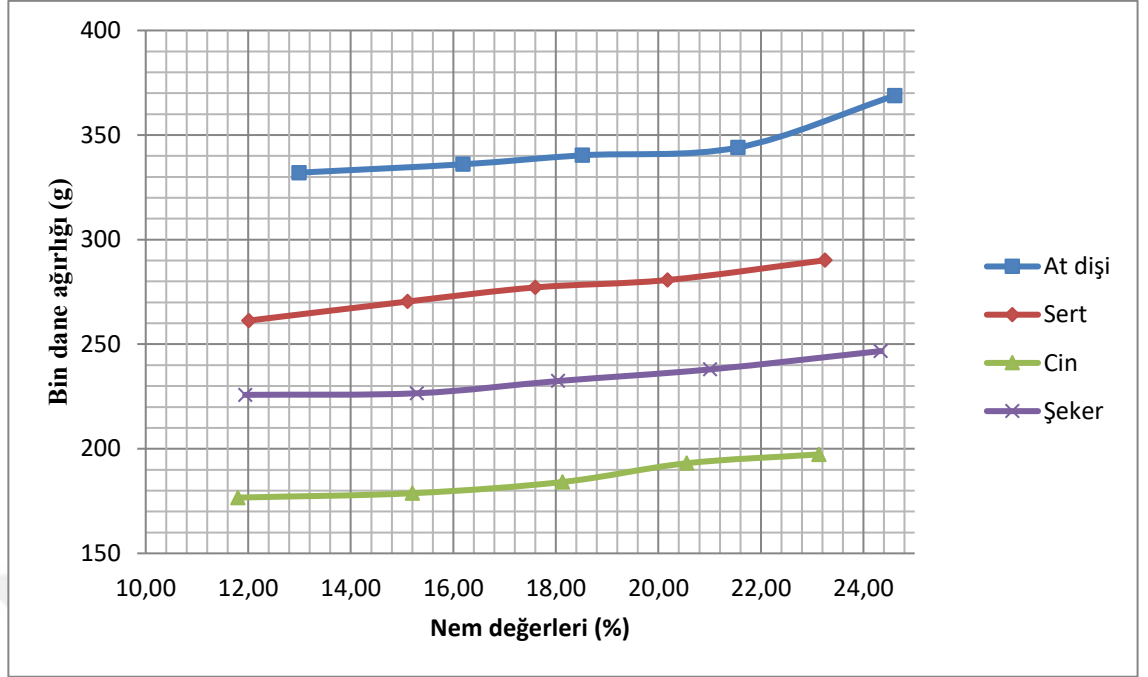


Şekil 4.1 Mısır gruplarının neme bağlı olarak uzunluk, genişlik ve kalınlık değişimi
a. At dişi mısır, b. Sert mısır, c. Cin mısır, d. Şeker mısır

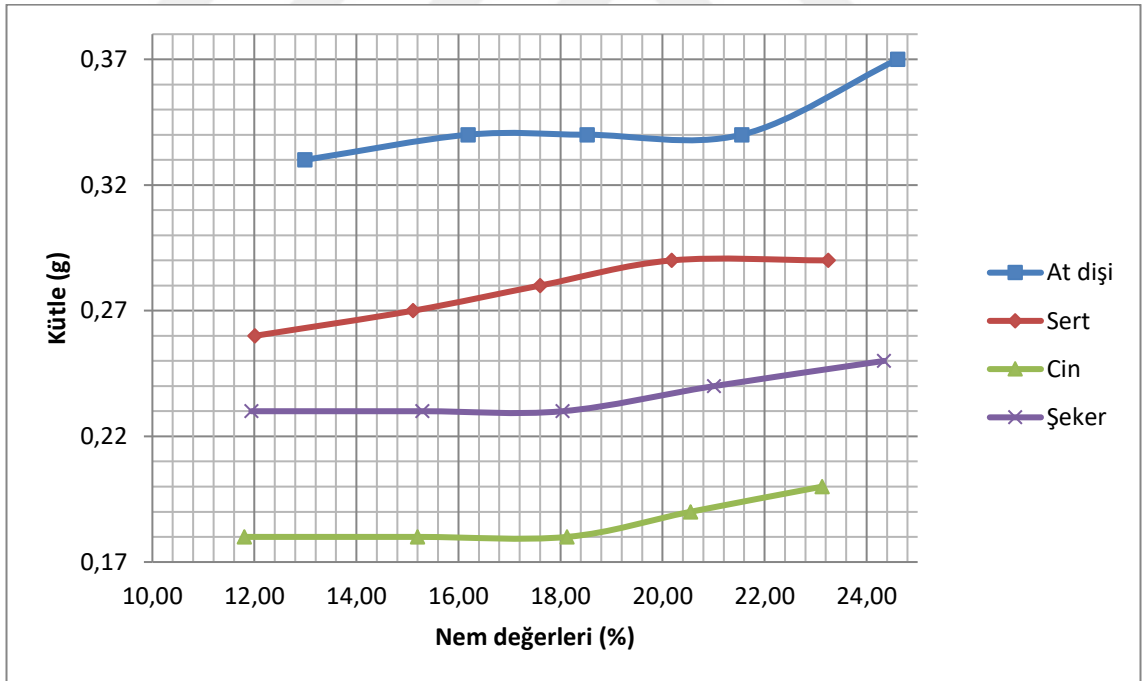


Şekil 4.2 Mısır gruplarının neme bağlı olarak aritmetik ve geometrik ortalama çap değişimi

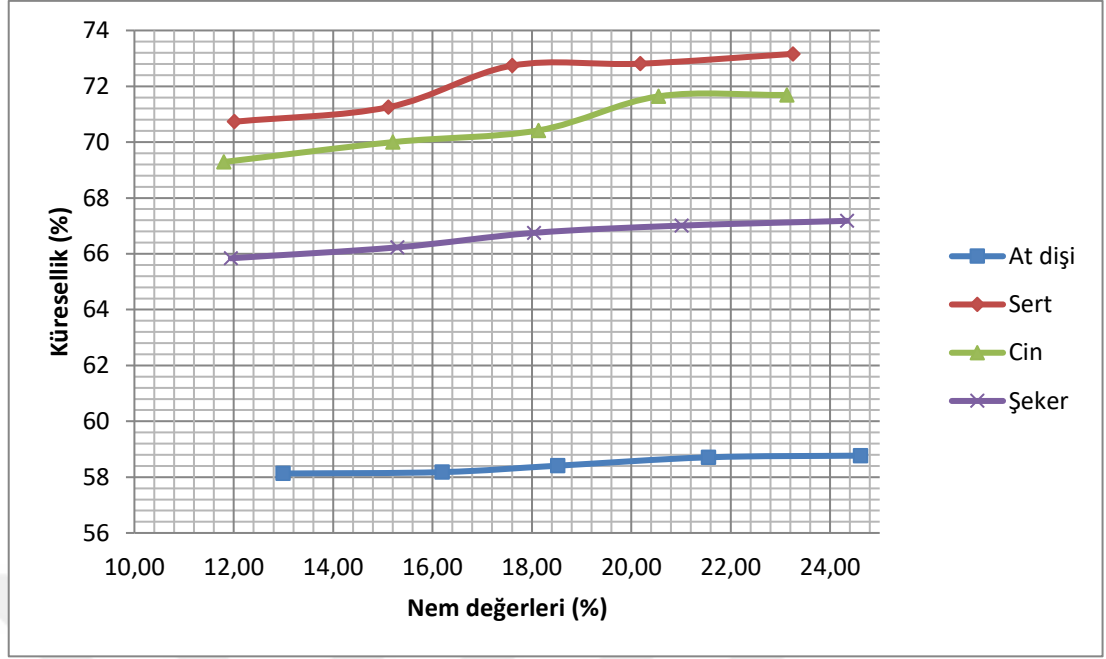
a. At dişi mısır, b. Sert mısır, c. Cin mısır, d. Şeker mısır



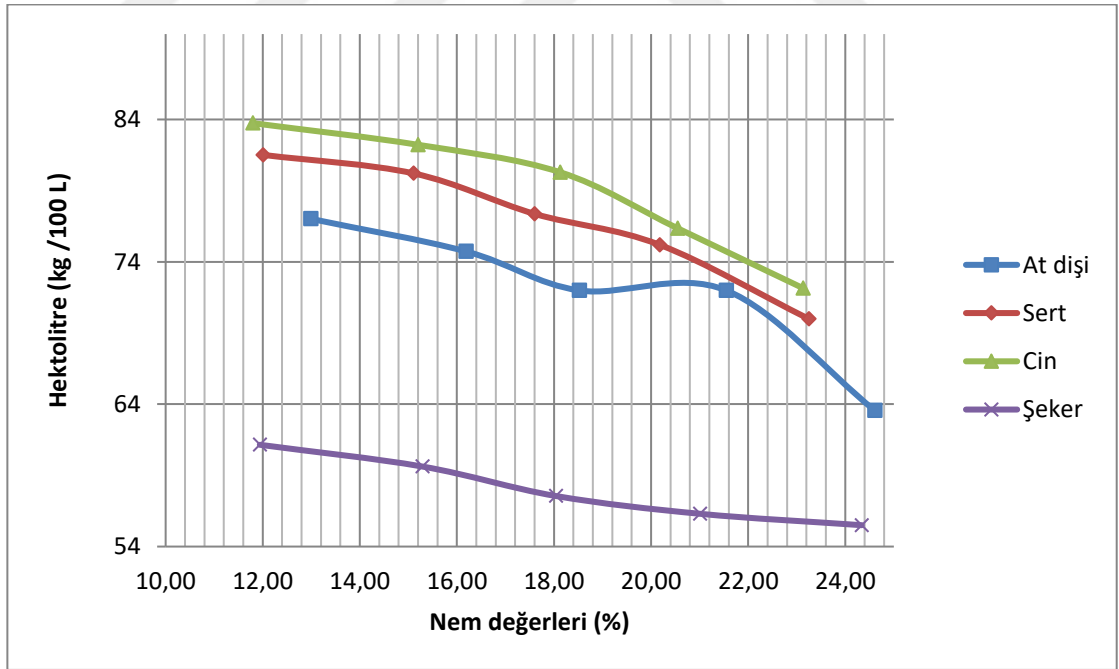
Şekil 4.3 Mısır gruplarının neme bağlı olarak bin dane ağırlığı değişimi



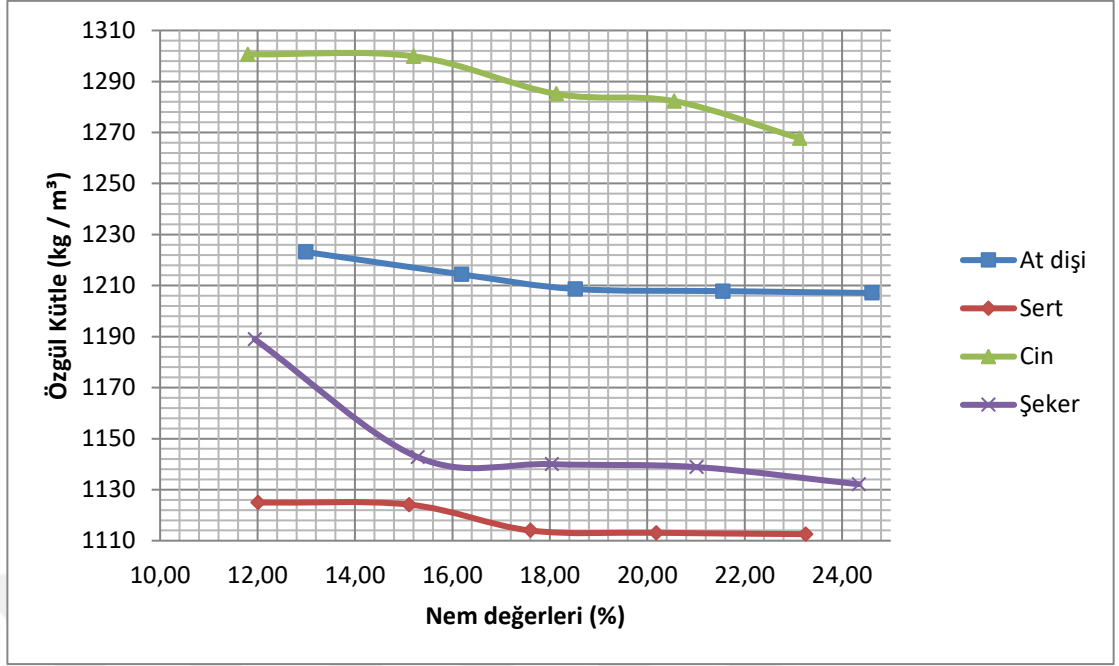
Şekil 4.4 Mısır gruplarının neme bağlı olarak kütle değişimi



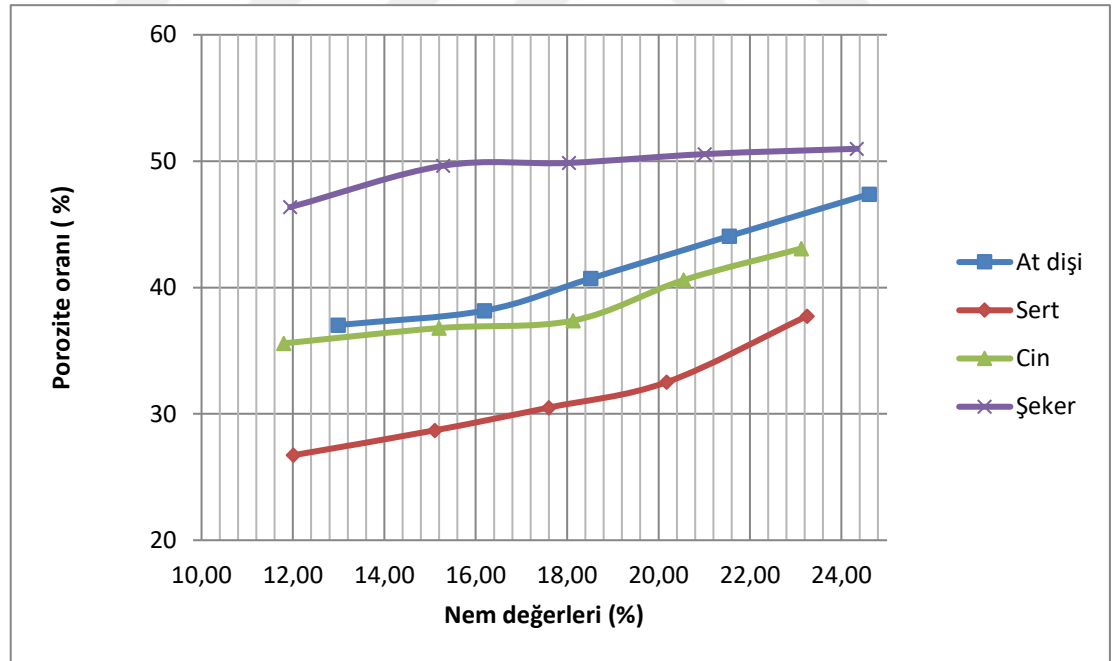
Şekil 4.5 Mısır gruplarının neme bağlı olarak küresellik değişimi



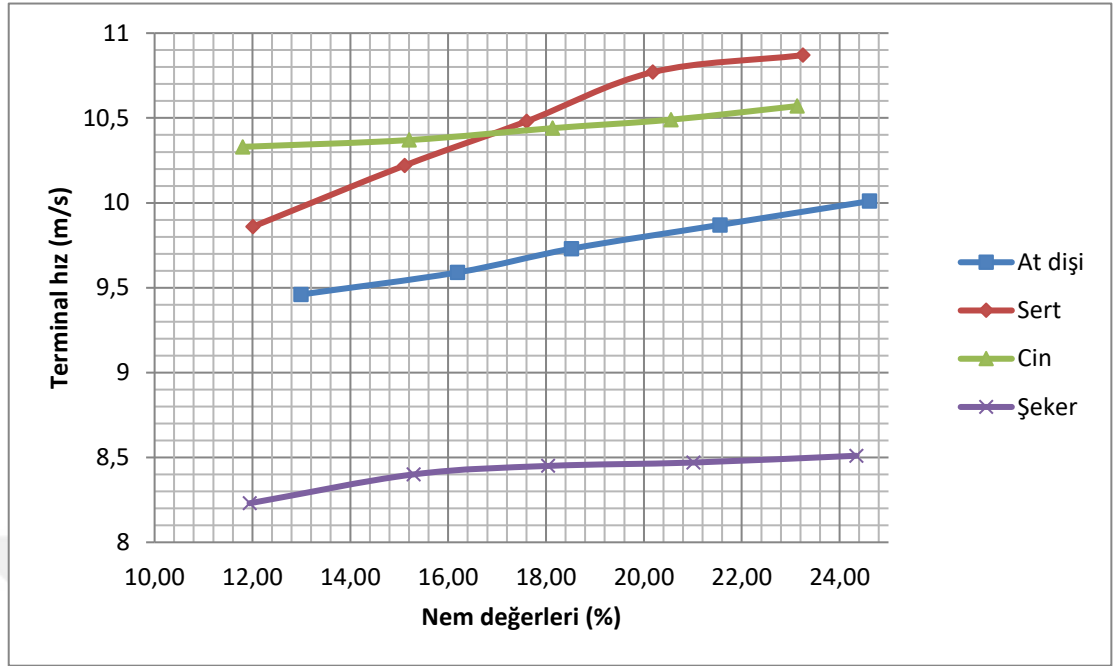
Şekil 4.6 Mısır gruplarının neme bağlı olarak hektolitre ağırlığı değişimi



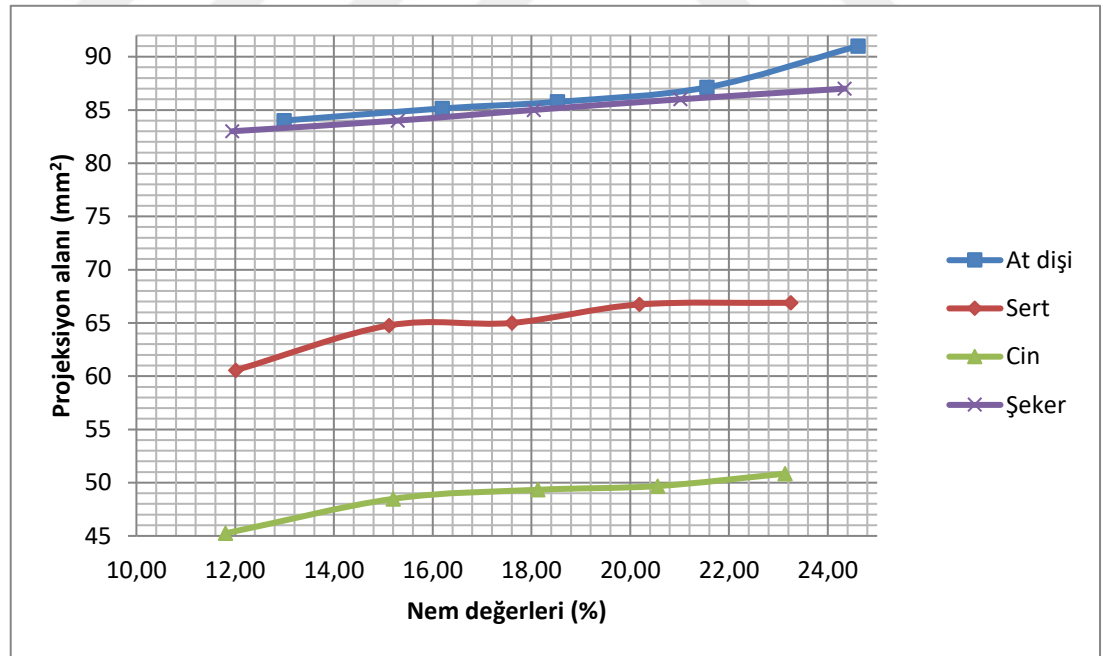
Şekil 4.7 Mısır gruplarının neme bağlı olarak özgül kütle değişimi



Şekil 4.8 Mısır gruplarının neme bağlı olarak porozite değişimi



Şekil 4.9 Mısır gruplarının neme bağlı olarak terminal (kritik) hızı değişimi



Şekil 4.10 Mısır gruplarının neme bağlı olarak projeksiyon alanı değişimi

Araştırmada mısır gruplarının neme bağlı olarak fiziksel özelliklerinin değişimi istatistiksel olarak incelenmiş ve tahmin denklemleri ile iki değişken arasındaki doğrusal ilişkinin ölçüsü olan belirtme katsayısı (determinasyon katsayısı) (R^2) belirlenmiştir. Mısır gruplarına bağlı olarak tahmin denklemi ve R^2 değerleri Çizelge 4.6 -4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.6 At dişi mısır grubunun nem değerlerindeki değişime göre fiziksel özellik değişiminin matematiksel gösterimi

Fiziksel özellik	Tahmin denklemi	R^2
Uzunluk (L)	$y = 0.0421x^2 - 0.1519x + 13.138$	0.95
Genişlik (D)	$y = 0.0443x^2 - 0.1617x + 7.932$	0.99
Kalınlık (T)	$y = 0.0043x^2 + 0.0243x + 4.228$	0.97
Aritmetik ort. çap (D_a)	$y = 0.0293x^2 - 0.0887x + 8.418$	0.98
Geometrik ort. çap (D_g)	$y = 0.0221x^2 - 0.0459x + 7.524$	1.00
1000 dane ağırlığı (g)	$y = 2.9321x^2 - 9.4259x + 340.27$	0.94
Hektolitire (hL)	$y = -0.6829x^2 + 1.1291x + 75.98$	0.91
Porozite (%)	$y = 0.3686x^2 + 0.4506x + 36.07$	1.00
Terminal hız (m/s)	$y = 0.0014x^2 + 0.1294x + 9.328$	1.00
Küresellik (%)	$y = 0.0064x^2 + 0.1424x + 57.942$	0.95
Kütle (g)	$y = 0.0029x^2 - 0.0091x + 0.34$	0.82
Projeksiyon alanı (mm^2)	$y = 0.8158x^2 - 3.8165x + 89.6$	0.99
Özgül kütle (kg / m^3)	$y = 0.4448x^2 - 1.0714x + 84.925$	0.97

Çizelge 4.7 Sert mısır grubunun nem değerlerindeki değişime göre fiziksel özellik değişiminin matematiksel gösterimi

Fiziksel Özellik	Matematiksel ilişki	R ²
Uzunluk (L)	$y = 0.0064x^2 - 0.0056x + 10.014$	0.98
Genişlik (D)	$y = -0.0321x^2 + 0.2799x + 7.426$	0.99
Kalınlık (T)	$y = -0.0121x^2 + 0.1639x + 4.438$	0.90
Aritmetik ort. çap (D _a)	$y = -0.0129x^2 + 0.1491x + 7.286$	0.98
Geometrik ort. çap (D _g)	$y = -0.0129x^2 + 0.1531x + 6.888$	0.97
1000 dane ağırlığı (g)	$y = -0.1824x^2 + 7.8922x + 254.27$	0.97
Hektolitire (hL)	$y = -0.51x^2 + 0.254x + 81.702$	0.99
Porozite (%)	$y = 0.4807x^2 - 0.3013x + 26.852$	0.98
Terminal hız (m/s)	$y = -0.035x^2 + 0.467x + 9.424$	1.00
Küresellik (%)	$y = -0.1257x^2 + 1.3963x + 69.332$	0.99
Kütle (g)	$y = -0.0014x^2 + 0.0166x + 0.244$	0.98
Projeksiyon alanı (mm ²)	$y = -0.4707x^2 + 4.2873x + 57.104$	0.98
Özgül kütle (kg / m ³)	$y = 0.695x^2 - 7.751x + 1133.4$	0.87

Çizelge 4.8 Cin mısır grubunun nem değerlerindeki değişime göre fiziksel özellik değişiminin matematiksel gösterimi

Fiziksel Özellik	Matematiksel ilişki	R ²
Uzunluk (L)	$y = 0.0036x^2 + 0.0196x + 8.944$	0.99
Genişlik (D)	$y = -0.005x^2 + 0.103x + 6.374$	0.95
Kalınlık (T)	$y = 0.0014x^2 + 0.1014x + 4.026$	0.95
Aritmetik ort. çap (D _a)	$y = -0.0007x^2 + 0.0793x + 6.444$	0.97
Geometrik ort. çap (D _a)	$y = 0.0043x^2 + 0.0603x + 6.116$	0.97
1000 dane ağırlığı (g)	$y = 0.5636x^2 + 2.1816x + 173.25$	0.98
Hektolitire (hL)	$y = -0.5264x^2 + 0.2536x + 83.98$	1.00
Porozite (%)	$y = 0.3714x^2 - 0.3466x + 35.64$	0.98
Terminal hız (m/s)	$y = 0.0043x^2 + 0.0343x + 10.29$	1.00
Küresellik (%)	$y = -0.0371x^2 + 0.8669x + 68.416$	0.95
Kütle (g)	$y = 0.0021x^2 - 0.0079x + 0.186$	0.98
Projeksiyon alanı (mm ²)	$y = -0.333x^2 + 3.238x + 42.663$	0.95
Özgül kütle (kg / m ³)	$y = -1.1214x^2 - 1.6134x + 1304.3$	0.95

Çizelge 4.9 Şeker mısır grubunun nem değerlerindeki değişime göre fiziksel özellik değişiminin matematiksel gösterimi

Fiziksel özellik	Matematiksel ilişki	R ²
Uzunluk (L)	$y = -0.0093x^2 + 0.0907x + 11.03$	0.92
Genişlik (D)	$y = 0.0014x^2 + 0.0754x + 7.99$	0.98
Kalınlık (T)	$y = -0.0114x^2 + 0.1106x + 4.306$	0.98
Aritmetik ort. çap (D _a)	$y = -0.0036x^2 + 0.0704x + 7.81$	1.00
Geometrik ort. çap (D _g)	$y = -0.0036x^2 + 0.0704x + 7.81$	1.00
1000 dane ağırlığı (g)	$y = 1.1221x^2 - 1.4059x + 225.76$	1.00
Hektolitire (hL)	$y = 0.1629x^2 - 2.4391x + 63.55$	1.00
Porozite (%)	$y = -0.3743x^2 + 3.2617x + 43.812$	0.92
Terminal hız (m/s)	$y = -0.0207x^2 + 0.1873x + 8.078$	0.96
Küresellik (%)	$y = -0.05x^2 + 0.646x + 65.214$	1.00
Kütle (g)	$y = 0.0021x^2 - 0.0079x + 0.236$	0.98
Projeksiyon alanı (mm ²)	$y = 0.3586x^2 - 0.6774x + 77.24$	1.00
Özgül kütle (kg / m ³)	$y = 5.7621x^2 - 46.334x + 1224.2$	0.88

4.2 İletim Materyali Olmadan Tek Başına Hava İletiminde Tasarım Parametreleri

Burada pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinde materyal olmadan sadece hava iletilmiş; boru çapları, besleyici ve kompresör devri değiştirilmiş, iletim hattı üzerinde bulunan transmitterlerde ölçülen basınç değişimleri gözlemlenerek, hava hızı, hava debisi, basınç düşümü, sürtünme kaybı, sürtünme katsayısı ve tüketilen güç hesaplanmış ve Çizelge 4.10'da verilmiştir. Yalnız hava iletiminde besleyici devrinin basınca etkisinin olmadığı anlaşıldığından tabloya eklenmemiştir.

Çizelge 4.10 Tek başına hava iletiminde tasarım parametreleri

Boru çapı (mm)	Kompresör devri (d/d)	Hava hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Basınç düşümü (Pa/m)	Sürtünme kaybı (m/m)	Sürtünme katsayısı	Güç (kW)
43.1	1150	44.43	0.0648	217.39	18.12	0.0079	1.23
	1450	55.60	0.0811	326.09	27.17	0.0074	1.44
	1750	67.34	0.0983	456.52	38.04	0.0071	1.68
	2250	86.57	0.01263	691.30	57.61	0.0065	2.4
54.1	1150	27.79	0.0639	78.26	6.52	0.0090	1.08
	1450	34.77	0.0799	134.78	11.23	0.0099	1.23
	17	42.11	0.0968	186.96	15.58	0.0093	1.35
	2250	54.14	0.1245	291.30	24.28	0.0088	1.75
70.3	1150	16.70	0.0648	82.61	6.88	0.0341	0.99
	1450	20.90	0.0811	126.09	10.51	0.0332	1.11
	1750	25.31	0.0982	178.26	14.86	0.0320	1.29
	2250	32.54	0.1263	289.13	24.09	0.0314	1.65

4.2.1 Yalnız hava iletiminde boru çapı hava hızı basınç düşümü ilişkileri

Çizelge 4.10'nun incelenmesinden: boru çapı küçüldükçe hava hızının arttığı anlaşılmaktadır. Örneğin aynı besleyici dönüş hızında, 1450 d/d kompresör dönüş hızında, 70.3 mm boru çapında hava hızı 20.90 m/s, 54.1 mm boru çapında 34.77 m/s ve 43.1 mm boru çapında ise 55.60 m/s olmuştur.

Hava hızı arttıkça basınç düşümü de artmaktadır. 20.90 m/s, 34.77 m/s ve 55.60 m/s hava hızlarına karşılık basınç düşümleri de sırasıyla 126.09 Pa/m, 134.78 Pa/m ve 326.09 Pa/m olmuştur.

İletim materyali olmadan sistemin yalnız başına hava ile çalıştırılmasında hem boru çapının küçülmesi hem de hava hızının artması basınç düşümünün artması anlamına gelmektedir. Yalnızca hava iletiminde benzer sonuçlara Güner (2006), Raheman ve Jindal (2001), Rautiainen vd. (1999) ve Segler (1951)'de ulaşılmıştır.

4.2.2 Yalnız hava iletiminde boru çapı hava hızı sürtünme kaybı ilişkileri

Sürtünme kaybı formülünde de verildiği gibi havanın özgül ağırlığı, basınç düşümü ve toplam boru uzunluğu ile birbiri ile ilişki içerisindedir. Çizelge 4.10'dan ve aynı örnekten devam edecek olursak 20.90 m/s, 34.77 m/s ve 55.60 m/s hava hızlarına karşılık sürtünme kaybı de sırasıyla 10.51 m/m, 11.23 m/m ve 27.17 m olarak verilmiştir. Hava hızının artmasıyla sürtünme kaybı da artmaktadır. İletim materyali olmadan sistemin yalnız başına hava ile çalıştırılmasında hem boru çapının küçülmesi hem de hava hızının artması sürtünme kaybının artması sebep olmaktadır.

4.2.3 Yalnız hava iletiminde boru çapı hava hızı güç tüketimi ilişkileri

Yalnızca hava iletiminde beklendiği gibi hava hızının artmasıyla güç tüketimi de artmıştır. Örneğin 20.90 m/s, 34.77 m/s ve 55.60 m/s hava hızlarındaki güç tüketimleri sırasıyla 1.11 kW, 1.23 kW ve 1.44 kW olmuştur. İletim materyali olmadan sistemin tek başına hava ile çalıştırılmasında hem boru çapının küçülmesi hem de hava hızının artması güç tüketimin artmasına sebep olmaktadır. (Güner 2006 ve Segler 1951) çalışmalarında hava hızı arttıkça güç tüketiminin arttığını bildirmişler ve burada elde edilen sonuçları destekler sonuçlar vermişlerdir

4.3 Pozitif Düşük Basıncılı İletim Tesisinde Mısır Gruplarının Deneme Sonuçları

Pozitif ve düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinde belirlenen boru çapları, besleyici ve kompresör devirlerinde; at dişi, sert, cin ve şeker mısır gruplarının iletilmesi ile elde edilen tasarım parametreleri, Çizelge 4.11'de at dişi mısır, Çizelge 4.12'de sert mısır, Çizelge 4.13'te cin mısır ve Çizelge 4.14'te şeker mısır için toplu olarak verilmiştir. Çizelge 4.15'te dane mısır gruplarında basınç düşümü ve güç tüketimi karşılaştırılması, Çizelge 4.16'da ise dane mısır gruplarında basınç düşümü ve sürtünme kaybının karşılaştırılması yapılmıştır.

Çizelge 4.11 At dişi mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
1	15	70.3	1150	1.27	1.33	13.94	11.15	0.03	4.83	15.56	0.343
2	15	70.3	1450	1.38	1.40	18.35	14.68	0.09	5.07	4.79	0.208
3	15	70.3	1750	1.62	3.97	22.38	17.90	0.11	14.37	3.93	0.396
4	15	70.3	2250	2.08	7.70	29.82	23.86	0.14	27.90	2.95	0.433
5	20	70.3	1150	1.25	0.70	13.98	11.18	0.07	2.54	8.36	0.179
6	20	70.3	1450	1.39	0.93	18.39	14.71	0.09	3.38	6.36	0.138
7	20	70.3	1750	1.54	3.70	22.65	18.12	0.11	13.41	5.16	0.360
8	20	70.3	2250	1.96	7.07	29.79	23.83	0.14	25.60	3.92	0.398
9	25	70.3	1150	1.27	0.33	14.01	11.21	0.07	1.21	10.44	0.085
10	25	70.3	1450	1.42	1.30	18.36	14.69	0.09	4.71	7.96	0.193
11	25	70.3	1750	1.60	3.23	22.69	18.15	0.11	11.71	6.44	0.314
12	25	70.3	2250	2.05	7.17	29.78	23.82	0.14	25.97	4.91	0.404
13	15	54.5	1150	1.35	5.80	22.65	18.12	0.06	21.01	6.45	0.438
14	15	54.5	1450	1.63	13.23	29.11	23.29	0.08	47.95	5.02	0.605
15	15	54.5	1750	2.07	18.10	35.95	28.76	0.10	65.58	4.07	0.543
16	15	54.5	2250	2.99	22.77	48.88	39.10	0.14	82.49	2.99	0.369
17	20	54.5	1150	1.37	7.10	22.5	18.00	0.06	25.72	8.65	0.543
18	20	54.5	1450	1.68	12.23	28.55	22.84	0.08	44.32	6.81	0.582

Çizelge 4.11 At dişi mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları (devam)

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
19	20	54.5	1750	2.12	18.50	35.84	28.67	0.10	67.03	5.43	0.558
20	20	54.5	2250	3.17	22.87	47.62	38.10	0.14	82.85	4.09	0.391
21	25	54.5	1150	1.58	5.33	22.67	18.14	0.06	19.32	10.73	0.402
22	25	54.5	1450	1.69	11.47	29.33	23.46	0.08	41.55	8.29	0.517
23	25	54.5	1750	2.09	17.13	36.07	28.86	0.10	62.08	6.74	0.510
24	25	54.5	2250	3.12	22.15	47.72	38.18	0.14	80.25	5.10	0.377
25	15	43.1	1150	1.74	16.27	34.19	27.35	0.06	58.94	6.84	0.426
26	15	43.1	1450	2.48	30.97	42.91	34.33	0.08	112.20	5.45	0.515
27	15	43.1	1750	3.17	35.43	53.96	43.17	0.10	128.38	4.33	0.373
28	15	43.1	2250	3.64	22.97	76.12	60.90	0.14	83.21	3.07	0.121
29	20	43.1	1150	1.81	15.07	34.42	27.54	0.06	54.59	9.04	0.390
30	20	43.1	1450	2.34	25.97	43.94	35.15	0.08	94.08	7.08	0.412
31	20	43.1	1750	3.22	33.43	54.32	43.46	0.10	121.14	5.73	0.347
32	20	43.1	2250	3.55	22.47	78.08	62.46	0.14	81.40	3.98	0.113
33	25	43.1	1150	1.78	13.27	34.76	27.81	0.06	48.07	11.19	0.336
34	25	43.1	1450	2.32	23.08	44.57	35.66	0.08	83.61	8.73	0.356
35	25	43.1	1750	3.24	32.60	54.47	43.58	0.10	118.12	7.14	0.337
36	25	43.1	2250	3.42	22.67	76.18	60.94	0.14	82.13	5.11	0.120

Çizelge 4.12 Sert mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
1	15	70.3	1150	1.26	1.26	13.94	11.15	0.07	4.57	6.30	0.324
2	15	70.3	1450	1.37	1.25	18.36	14.69	0.09	4.53	4.78	0.185
3	15	70.3	1750	1.55	4.20	22.62	18.10	0.11	15.22	3.88	0.410
4	15	70.3	2250	2.05	8.20	29.71	23.77	0.14	29.71	2.96	0.464
5	20	70.3	1150	1.20	0.90	13.98	11.18	0.07	3.26	8.36	0.230
6	20	70.3	1450	1.33	0.97	18.39	14.71	0.09	3.50	6.36	0.143
7	20	70.3	1750	1.54	3.67	22.66	18.13	0.11	13.29	5.16	0.357
8	20	70.3	2250	2.18	7.90	29.73	23.78	0.14	28.62	3.93	0.447
9	25	70.3	1150	1.28	0.53	14	11.20	0.07	1.93	10.44	0.136
10	25	70.3	1450	1.41	0.97	18.39	14.71	0.09	3.50	7.95	0.143
11	25	70.3	1750	1.59	3.05	22.7	18.16	0.11	11.05	6.44	0.296
12	25	70.3	2250	2.18	6.67	29.82	23.86	0.14	24.15	4.90	0.375
13	15	54.5	1150	1.41	6.87	18.81	15.05	0.05	24.88	7.77	0.752
14	15	54.5	1450	1.72	13.55	29.08	23.26	0.08	49.09	5.03	0.621
15	15	54.5	1750	2.10	18.27	35.93	28.74	0.10	66.18	4.07	0.548
16	15	54.5	2250	3.05	22.67	47.64	38.11	0.14	82.13	3.07	0.387
17	20	54.5	1150	1.46	4.27	22.84	18.27	0.07	15.46	8.52	0.317
18	20	54.5	1450	1.84	12.43	29.21	23.37	0.08	45.05	6.66	0.565

Çizelge 4.12 Sert mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları (devam)

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
19	20	54.5	1750	2.30	18.20	35.93	28.74	0.10	65.94	5.41	0.546
20	20	54.5	2250	3.16	22.07	47.72	38.18	0.14	79.95	4.08	0.375
21	25	54.5	1150	1.46	5.83	18.93	15.14	0.05	21.14	12.85	0.631
22	25	54.5	1450	1.82	12.50	29.2	23.36	0.08	45.29	8.33	0.568
23	25	54.5	1750	2.21	17.87	35.98	28.78	0.10	64.73	6.76	0.535
24	25	54.5	2250	3.07	21.87	47.75	38.20	0.14	79.23	5.09	0.372
25	15	43.1	1150	1.70	14.90	34.46	27.57	0.06	53.99	6.78	0.385
26	15	43.1	1450	2.38	29.50	43.18	34.54	0.08	106.88	5.41	0.485
27	15	43.1	1750	3.26	37.37	53.6	42.88	0.10	135.39	4.36	0.399
28	15	43.1	2250	3.54	21.67	76.4	61.12	0.14	78.50	3.06	0.114
29	20	43.1	1450	1.82	13.84	28.72	22.98	0.05	50.14	10.83	0.514
30	20	43.1	1750	2.44	27.63	43.59	34.87	0.08	100.12	7.14	0.446
31	20	43.1	2250	3.37	34.57	73.76	59.01	0.13	125.24	4.22	0.195
32	20	43.1	1150	3.59	22.07	76.62	61.30	0.14	79.95	4.06	0.115
33	25	43.1	1450	1.83	16.60	34.11	27.29	0.06	60.14	11.40	0.437
34	25	43.1	1750	2.40	25.10	44.13	35.30	0.08	90.94	8.81	0.395
35	25	43.1	2250	3.38	33.80	54.25	43.40	0.10	122.46	7.17	0.352
36	25	43.1	2250	3.58	23.45	76.02	60.82	0.14	84.96	5.12	0.124

Çizelge 4.13 Cin mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
1	15	70.3	1150	1.20	1.00	13.97	11.18	0.07	3.62	6.29	0.256
2	15	70.3	1450	1.33	1.15	18.38	14.70	0.09	4.17	4.78	0.170
3	15	70.3	1750	1.52	3.95	20.41	16.33	0.10	14.31	4.30	0.474
4	15	70.3	2250	2.16	9.15	29.64	23.71	0.14	33.15	2.96	0.521
5	20	70.3	1150	1.25	1.00	13.97	11.18	0.07	3.62	8.37	0.256
6	20	70.3	1450	1.38	1.00	18.39	14.71	0.09	3.62	6.36	0.148
7	20	70.3	1750	1.57	4.10	22.63	18.10	0.11	14.86	5.17	0.400
8	20	70.3	2250	2.12	8.70	29.67	23.74	0.14	31.52	3.94	0.494
9	25	70.3	1150	1.22	0.95	13.97	11.18	0.07	3.44	10.46	0.243
10	25	70.3	1450	1.36	1.15	18.37	14.70	0.09	4.17	7.96	0.170
11	25	70.3	1750	1.59	3.70	22.66	18.13	0.11	13.41	6.45	0.360
12	25	70.3	2250	2.06	8.45	29.69	23.75	0.14	30.62	4.92	0.479
13	15	54.5	1150	1.44	7.30	22.48	17.98	0.06	26.45	6.50	0.560
14	15	54.5	1450	1.70	13.00	29.14	23.31	0.08	47.10	5.02	0.593
15	15	54.5	1750	2.09	18.00	35.96	28.77	0.10	65.22	4.06	0.539
16	15	54.5	2250	3.01	21.95	47.74	38.19	0.14	79.53	3.06	0.373
17	20	54.5	1150	1.48	7.00	22.52	18.02	0.06	25.36	8.64	0.535
18	20	54.5	1450	1.83	13.35	29.10	23.28	0.08	48.37	6.68	0.611

Çizelge 4.13 Cin mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları (devam)

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
19	20	54.5	1750	2.17	18.45	35.91	28.73	0.10	66.85	5.42	0.554
20	20	54.5	2250	3.04	21.75	47.72	38.18	0.14	78.80	4.08	0.370
21	25	54.5	1150	1.51	7.00	22.51	18.01	0.06	25.36	10.81	0.535
22	25	54.5	1450	1.80	12.55	29.19	23.35	0.08	45.47	8.33	0.571
23	25	54.5	1750	2.26	18.50	35.90	28.72	0.10	67.03	6.78	0.556
24	25	54.5	2250	3.06	21.30	47.83	38.26	0.14	77.17	5.09	0.361
25	15	43.1	1150	1.71	18.35	33.79	27.03	0.06	66.49	6.92	0.493
26	15	43.1	1450	2.29	28.60	43.38	34.70	0.08	103.62	5.39	0.466
27	15	43.1	1750	3.05	35.55	53.93	43.14	0.10	128.80	4.33	0.375
28	15	43.1	2250	3.49	23.40	76.03	60.82	0.14	84.78	3.07	0.124
29	20	43.1	1150	1.73	13.55	34.72	27.78	0.06	49.09	8.96	0.344
30	20	43.1	1450	2.39	24.60	44.25	35.40	0.08	89.13	7.03	0.385
31	20	43.1	1750	3.18	30.75	54.81	43.85	0.10	111.41	5.67	0.314
32	20	43.1	2250	3.40	22.60	76.21	60.97	0.14	81.88	4.08	0.119
33	25	43.1	1150	1.82	13.13	34.80	27.84	0.06	47.58	11.18	0.332
34	25	43.1	1450	2.39	25.85	43.98	35.18	0.08	93.66	8.84	0.410
35	25	43.1	1750	3.28	34.40	54.14	43.31	0.10	124.64	7.18	0.360
36	25	43.1	2250	3.60	22.90	76.14	60.91	0.14	82.97	5.11	0.121

Çizelge 4.14 Şeker mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
1	15	70.3	1150	1.26	0.60	14.00	11.20	0.07	2.17	6.27	0.153
2	15	70.3	1450	1.31	2.77	18.26	14.61	0.09	10.02	4.81	0.415
3	15	70.3	1750	1.55	4.75	22.58	18.06	0.11	17.21	3.89	0.466
4	15	70.3	2250	2.08	8.30	29.70	23.76	0.14	30.07	2.96	0.470
5	20	70.3	1150	1.25	1.23	13.95	11.16	0.07	4.47	8.38	0.317
6	20	70.3	1450	1.37	2.20	18.30	14.64	0.09	7.97	6.39	0.328
7	20	70.3	1750	1.56	4.35	22.61	18.09	0.11	15.76	5.17	0.425
8	20	70.3	2250	2.11	8.93	29.66	23.73	0.14	32.37	3.94	0.508
9	25	70.3	1150	1.24	1.20	13.95	11.16	0.07	4.35	10.48	0.308
10	25	70.3	1450	1.37	1.85	18.32	14.66	0.09	6.70	7.98	0.276
11	25	70.3	1750	1.54	4.67	22.59	18.07	0.11	16.91	6.47	0.457
12	25	70.3	2250	8.38	9.17	29.64	23.71	0.14	33.21	4.93	0.522
13	15	54.5	1150	1.35	7.35	22.47	17.98	0.06	26.63	6.50	0.564
14	15	54.5	1450	1.66	12.90	29.16	23.33	0.08	46.74	5.01	0.588
15	15	54.5	1750	2.04	18.03	34.60	27.68	0.10	65.34	4.22	0.584
16	15	54.5	2250	3.02	23.10	47.59	38.07	0.14	83.70	3.07	0.395
17	20	54.5	1150	1.37	6.33	22.60	18.08	0.06	22.95	8.61	0.480
18	20	54.5	1450	1.68	13.23	29.16	23.33	0.08	47.95	6.67	0.603

Çizelge 4.14 Şeker mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları (devam)

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
19	20	54.5	1750	2.10	18.70	35.87	28.70	0.10	67.75	5.42	0.563
20	20	54.5	2250	3.11	23.43	47.54	38.03	0.14	84.90	4.09	0.402
21	25	54.5	1150	1.36	6.33	22.60	18.08	0.06	22.95	10.76	0.480
22	25	54.5	1450	1.69	12.30	29.23	23.38	0.08	44.57	8.32	0.558
23	25	54.5	1750	2.15	18.90	35.85	28.68	0.10	68.48	6.79	0.570
24	25	54.5	2250	3.02	21.77	47.77	38.22	0.14	78.86	5.09	0.370
25	15	43.1	1150	1.77	17.23	34.00	27.20	0.06	62.44	6.87	0.457
26	15	43.1	1450	2.31	27.30	43.66	34.93	0.08	98.91	5.35	0.439
27	15	43.1	1750	3.19	36.20	73.46	58.77	0.13	131.16	3.18	0.206
28	15	43.1	2250	3.36	21.55	76.43	61.14	0.14	78.08	3.06	0.113
29	20	43.1	1150	1.75	15.33	34.37	27.50	0.06	55.56	9.05	0.398
30	20	43.1	1450	2.37	26.17	43.91	35.13	0.08	94.81	7.08	0.416
31	20	43.1	1750	3.21	34.90	54.55	43.64	0.10	126.45	5.70	0.359
32	20	43.1	2250	3.55	22.70	76.18	60.94	0.14	82.25	4.08	0.120
33	25	43.1	1150	1.75	14.93	34.45	27.56	0.06	54.11	11.29	0.386
34	25	43.1	1450	2.23	22.23	44.76	35.81	0.08	80.56	8.69	0.340
35	25	43.1	1750	3.17	34.30	54.16	43.33	0.10	124.28	7.18	0.358
36	25	43.1	2250	3.55	24.43	75.80	60.64	0.14	88.53	5.13	0.130

Çizelge 4.15 Dane mısır gruplarında basınç düşümü karşılaştırılması ve güç tüketimi karşılaştırılması

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	At dişi basınç düşümü (kPa/m)	Sert basınç düşümü (kPa/m)	Cin basınç düşümü (kPa/m)	Şeker basınç düşümü (kPa/m)	At dişi güç (kW)	Sert güç (kW)	Cin güç (kW)	Şeker güç (kW)
1	15	70.3	1150	1.33	1.26	1.00	0.60	1.27	1.26	1.20	1.26
2	15	70.3	1450	1.40	1.25	1.15	2.77	1.38	1.37	1.33	1.31
3	15	70.3	1750	3.97	4.20	3.95	4.75	1.62	1.55	1.52	1.55
4	15	70.3	2250	7.70	8.20	9.15	8.30	2.08	2.05	2.16	2.08
5	20	70.3	1150	0.70	0.90	1.00	1.23	1.25	1.20	1.25	1.25
6	20	70.3	1450	0.93	0.97	1.00	2.20	1.39	1.33	1.38	1.37
7	20	70.3	1750	3.70	3.67	4.10	4.35	1.54	1.54	1.57	1.56
8	20	70.3	2250	7.07	7.90	8.70	8.93	1.96	2.18	2.12	2.11
9	25	70.3	1150	0.33	0.53	0.95	1.20	1.27	1.28	1.22	1.24
10	25	70.3	1450	1.30	0.97	1.15	1.85	1.42	1.41	1.36	1.37
11	25	70.3	1750	3.23	3.05	3.70	4.67	1.60	1.59	1.59	1.54
12	25	70.3	2250	7.17	6.67	8.45	9.17	2.05	2.18	2.06	8.38
13	15	54.5	1150	5.80	6.87	7.30	7.35	1.35	1.41	1.44	1.35
14	15	54.5	1450	13.23	13.55	13.00	12.90	1.63	1.72	1.70	1.66
15	15	54.5	1750	18.10	18.27	18.00	18.03	2.07	2.10	2.09	2.04
16	15	54.5	2250	22.77	22.67	21.95	23.10	2.99	3.05	3.01	3.02
17	20	54.5	1150	7.10	4.27	7.00	6.33	1.37	1.46	1.48	1.37
18	20	54.5	1450	12.23	12.43	13.35	13.23	1.68	1.84	1.83	1.68

Çizelge 4.15 Dane mısır gruplarında basınç düşümü ve güç tüketimi karşılaştırılması (devam)

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	At dişi basınç düşümü (kPa/m)	Sert basınç düşümü (kPa/m)	Cin basınç düşümü (kPa/m)	Şeker basınç düşümü (kPa/m)	At dişi güç (kW)	Sert güç (kW)	Cin güç (kW)	Şeker güç (kW)
19	20	54.5	1750	18.50	18.20	18.45	18.70	2.12	2.30	2.17	2.10
20	20	54.5	2250	22.87	22.07	21.75	23.43	3.17	3.16	3.04	3.11
21	25	54.5	1150	5.33	5.83	7.00	6.33	1.58	1.46	1.51	1.36
22	25	54.5	1450	11.47	12.50	12.55	12.30	1.69	1.82	1.80	1.69
23	25	54.5	1750	17.13	17.87	18.50	18.90	2.09	2.21	2.26	2.15
24	25	54.5	2250	22.15	21.87	21.30	21.77	3.12	3.07	3.06	3.02
25	15	43.1	1150	16.27	14.90	18.35	17.23	1.74	1.70	1.71	1.77
26	15	43.1	1450	30.97	29.50	28.60	27.30	2.48	2.38	2.29	2.31
27	15	43.1	1750	35.43	37.37	35.55	36.20	3.17	3.26	3.05	3.19
28	15	43.1	2250	22.97	21.67	23.40	21.55	3.64	3.54	3.49	3.36
29	20	43.1	1150	15.07	13.84	13.55	15.33	1.81	1.82	1.73	1.75
30	20	43.1	1450	25.97	27.63	24.60	26.17	2.34	2.44	2.39	2.37
31	20	43.1	1750	33.43	34.57	30.75	34.90	3.22	3.37	3.18	3.21
32	20	43.1	2250	22.47	22.07	22.60	22.70	3.55	3.59	3.40	3.55
33	25	43.1	1150	13.27	16.60	13.13	14.93	1.78	1.83	1.82	1.75
34	25	43.1	1450	23.08	25.10	25.85	22.23	2.32	2.40	2.39	2.23
35	25	43.1	1750	32.60	33.80	34.40	34.30	3.24	3.38	3.28	3.17
36	25	43.1	2250	22.67	23.45	22.90	24.43	3.42	3.58	3.60	3.55

Çizelge 4.16 Dane mısır gruplarında basınç düşümü ve sürtünme kaybının karşılaştırılması

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	At dişi basınç düşümü (kPa/m)	Sert basınç düşümü (kPa/m)	Cin basınç düşümü (kPa/m)	Şeker basınç düşümü (kPa/m)	At dişi sürtünme kaybı (m/m)	Sert sürtünme kaybı (m/m)	Cin sürtünme kaybı (m/m)	Şeker sürtünme kaybı (m/m)
1	15	70.3	1150	1.33	1.26	1.00	0.60	4.83	4.57	3.62	2.17
2	15	70.3	1450	1.40	1.25	1.15	2.77	5.07	4.53	4.17	10.02
3	15	70.3	1750	3.97	4.20	3.95	4.75	14.37	15.22	14.31	17.21
4	15	70.3	2250	7.70	8.20	9.15	8.30	27.90	29.71	33.15	30.07
5	20	70.3	1150	0.70	0.90	1.00	1.23	2.54	3.26	3.62	4.47
6	20	70.3	1450	0.93	0.97	1.00	2.20	3.38	3.50	3.62	7.97
7	20	70.3	1750	3.70	3.67	4.10	4.35	13.41	13.29	14.86	15.76
8	20	70.3	2250	7.07	7.90	8.70	8.93	25.60	28.62	31.52	32.37
9	25	70.3	1150	0.33	0.53	0.95	1.20	1.21	1.93	3.44	4.35
10	25	70.3	1450	1.30	0.97	1.15	1.85	4.71	3.50	4.17	6.70
11	25	70.3	1750	3.23	3.05	3.70	4.67	11.71	11.05	13.41	16.91
12	25	70.3	2250	7.17	6.67	8.45	9.17	25.97	24.15	30.62	33.21
13	15	54.5	1150	5.80	6.87	7.30	7.35	21.01	24.88	26.45	26.63
14	15	54.5	1450	13.23	13.55	13.00	12.90	47.95	49.09	47.10	46.74
15	15	54.5	1750	18.10	18.27	18.00	18.03	65.58	66.18	65.22	65.34
16	15	54.5	2250	22.77	22.67	21.95	23.10	82.49	82.13	79.53	83.70
17	20	54.5	1150	7.10	4.27	7.00	6.33	25.72	15.46	25.36	22.95
18	20	54.5	1450	12.23	12.43	13.35	13.23	44.32	45.05	48.37	47.95

Çizelge 4.16 Dane mısır gruplarında basınç düşümü ve sürtünme kaybının karşılaştırılması (devam)

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	At dişi basınç düşümü (kPa/m)	Sert basınç düşümü (kPa/m)	Cin basınç düşümü (kPa/m)	Şeker basınç düşümü (kPa/m)	At dişi sürtünme kaybı (m/m)	Sert sürtünme kaybı (m/m)	Cin sürtünme kaybı (m/m)	Şeker sürtünme kaybı (m/m)
19	20	54.5	1750	18.50	18.20	18.45	18.70	67.03	65.94	66.85	67.75
20	20	54.5	2250	22.87	22.07	21.75	23.43	82.85	79.95	78.80	84.90
21	25	54.5	1150	5.33	5.83	7.00	6.33	19.32	21.14	25.36	22.95
22	25	54.5	1450	11.47	12.50	12.55	12.30	41.55	45.29	45.47	44.57
23	25	54.5	1750	17.13	17.87	18.50	18.90	62.08	64.73	67.03	68.48
24	25	54.5	2250	22.15	21.87	21.30	21.77	80.25	79.23	77.17	78.86
25	15	43.1	1150	16.27	14.90	18.35	17.23	58.94	53.99	66.49	62.44
26	15	43.1	1450	30.97	29.50	28.60	27.30	112.20	106.88	103.62	98.91
27	15	43.1	1750	35.43	37.37	35.55	36.20	128.38	135.39	128.80	131.16
28	15	43.1	2250	22.97	21.67	23.40	21.55	83.21	78.50	84.78	78.08
29	20	43.1	1150	15.07	13.84	13.55	15.33	54.59	50.14	49.09	55.56
30	20	43.1	1450	25.97	27.63	24.60	26.17	94.08	100.12	89.13	94.81
31	20	43.1	1750	33.43	34.57	30.75	34.90	121.14	125.24	111.41	126.45
32	20	43.1	2250	22.47	22.07	22.60	22.70	81.40	79.95	81.88	82.25
33	25	43.1	1150	13.27	16.60	13.13	14.93	48.07	60.14	47.58	54.11
34	25	43.1	1450	23.08	25.10	25.85	22.23	83.61	90.94	93.66	80.56
35	25	43.1	1750	32.60	33.80	34.40	34.30	118.12	122.46	124.64	124.28
36	25	43.1	2250	22.67	23.45	22.90	24.43	82.13	84.96	82.97	88.53

4.4 Dane Mısır Gruplarının Pnömatik İletiminde Tasarım Parametreleri Arasındaki İlişkilerin Belirlenmesi

At dişi, sert, cin ve şeker mısır gruplarının; fiziksel özellikleri, havayla iletimi sırasında ortaya çıkan basınç düşümü, iletim hızı, sürtünme katsayısı, güç tüketimi ve zedelenme vb. gibi pnömatik iletim karakteristikleri belirlenmiştir. Ürün neminin, boru çapının, materyal debisinin ve hava hızının karakteristiklere etkisi incelenmiştir.

Denemede deseni oluştururken kompresörün 850, 1150, 1450, 1750 ve 2250 d/d dönüş hızları ile başlanması planlanmış ancak denemelerde dane mısır gruplarının pnömatik iletim tesisinde, besleyici dönüş hızları (15 d/d, 20 d/d, 25 d/d) ve farklı boru çaplarında (70.3 mm, 54.5 mm, 43.1 mm) olduğu koşulların tamamında dane mısır gruplarının tamamının 850 d/d kompresör dönüş hızında iletilemediği tespit edilmiştir. Dolayısıyla dane mısır gruplarının pnömatik iletim tesisinde 850 d/d kompresör dönüş hızında taşınması nedeniyle deneme deseninden çıkartılmıştır.

Ayrıca denemelerde besleyici dönüş hızları (15 d/d, 20 d/d, 25 d/d) ve farklı boru çaplarında (70.3 mm, 54.5 mm, 43.1 mm) dane mısır gruplarının tamamı 1150 d/d kompresör dönüş hızında pnömatik iletim tesisinde denenmiş ve 1150 d/d kompresör dönüş hızının, dane mısır gruplarının iletiminde yetersiz kaldığından iletimde kesintilerin olduğu görülmüştür. Dane mısır grupları pnömatik iletim tesisinde tüm şartlarda 1150 d/d kompresör dönüş hızının da yeterli hava hızı oluşturamadığı anlaşılmıştır.

Sonuç olarak düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinde, dane mısır gruplarının kompresör 850 d/d dönüş hızında taşınamamakta ve 1150 d/d dönüş hızında ise oluşturulan hava zaman zaman yetersiz kalmaktadır. Denemelere dane mısır gruplarının doğal nem değerleri ile başlanmış ve arkasından da neme bağlı olarak basınç düşümleri incelenmiştir.

4.4.1 Dane mısır grubunun pnömatik iletiminde basınç düşümü

Dane mısır gruplarının pnömatik iletiminde basınç düşümüne olan etkisi araştırılırken farklı besleyici dönüş hızları (15 d/d, 20 d/d, 25 d/d), farklı kompresör dönüş hızları (1150 d/d, 1450 d/d, 1750 d/d, 2250 d/d) ve farklı boru çaplarında (70.3 mm, 54.5 mm, 43.1 mm) elde edilen basınç düşümü verileri kullanılmıştır. Çizelge 4.15 tüm mısır gruplarında basınç düşümü tek tabloda verilmiştir.

70.3 mm boru çapında, 20 d/d besleyici dönüş hızında, 1450 d/d kompresör dönüş hızında, basınç düşümleri at dişi mısır 0.93 kPa/m, sert mısır 0.97 kPa/m, cin mısır 1.00 kPa/m ve şeker mısır 2.20 kPa/m olmuştur.

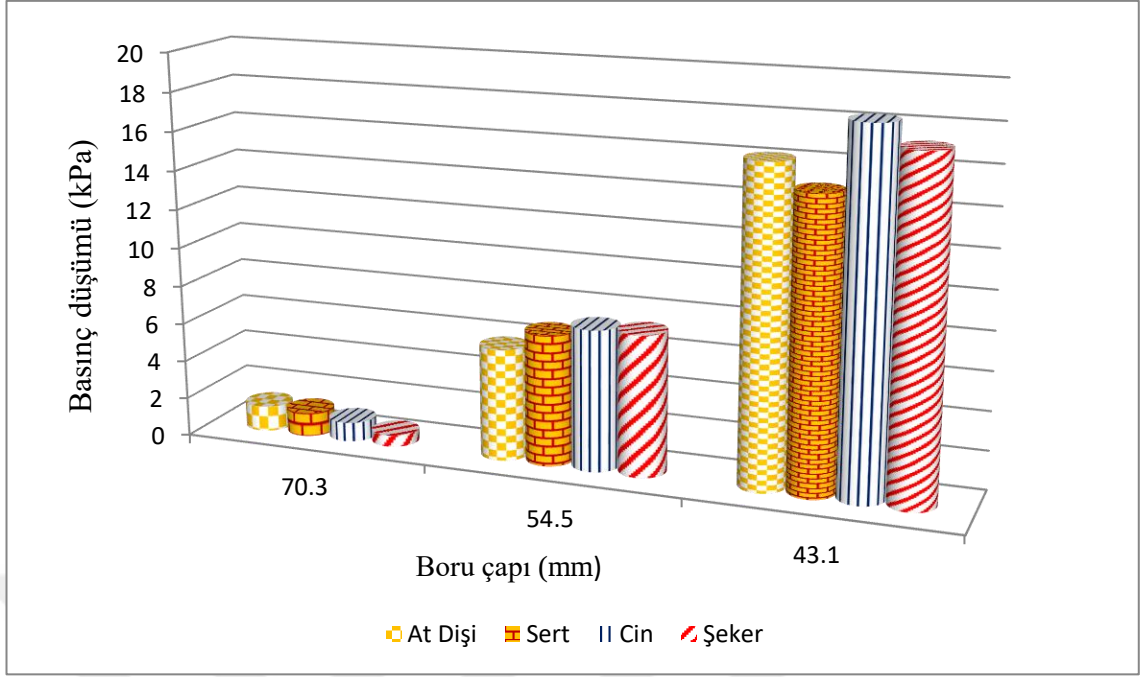
54.5 mm boru çapında, 20 d/d besleyici dönüş hızında, 1450 d/d kompresör dönüş hızında, basınç düşümleri at dişi mısır 12.23 kPa/m, sert mısır 12.43 kPa/m, cin mısır 13.35 kPa/m ve şeker mısır 13.23 kPa/m olmuştur.

43.1 mm boru çapında, 20 d/d besleyici dönüş hızında, 1450 d/d kompresör dönüş hızında, basınç düşümleri at dişi mısır 25.97 kPa/m, sert mısır 27.63 kPa/m, cin mısır 24.60 kPa/m ve şeker mısır 26.17 kPa/m olmuştur.

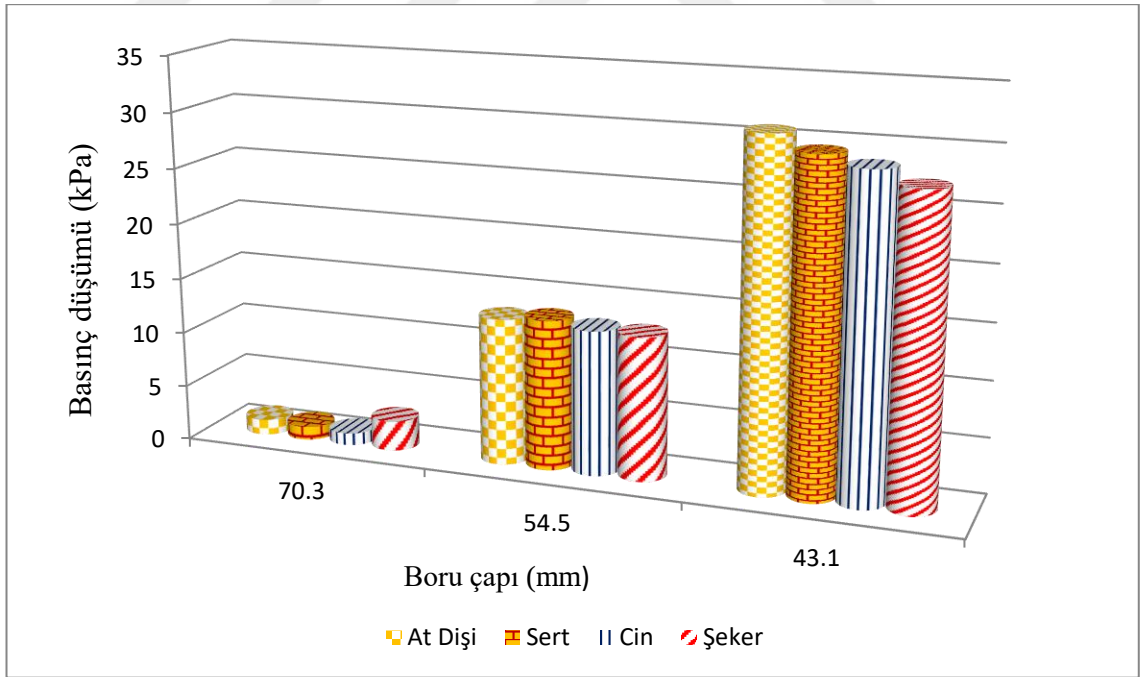
Doğal nem değerlerine sahip mısır grupları pnömatik iletim tesisinde iletilirken boru çapının küçülmesiyle beraber basınç düşümü ve güç tüketimi artmıştır.

Şekil 4.11-4.22’de grafiklere bakıldığında; mısır grupları arasında basınç düşümlerini karşılaştırırken değerlerin birbirlerine yakın olduğu, anlamlı derecede bir farkın olmadığı, yaklaşık aynı seviyede olduğu görülmüştür. Örneğin besleyici dönüş hızı 15 d/d; kompresör dönüş hızı 1750 d/d ve boru çapı 54.5 mm iken basınç düşümleri at dişi mısırın 18.10 kPa/m; sert mısırın 18.27 kPa/m, cin mısırın 18.00 kPa/m ve şeker mısırın 18.03 kPa/m çıkmıştır.

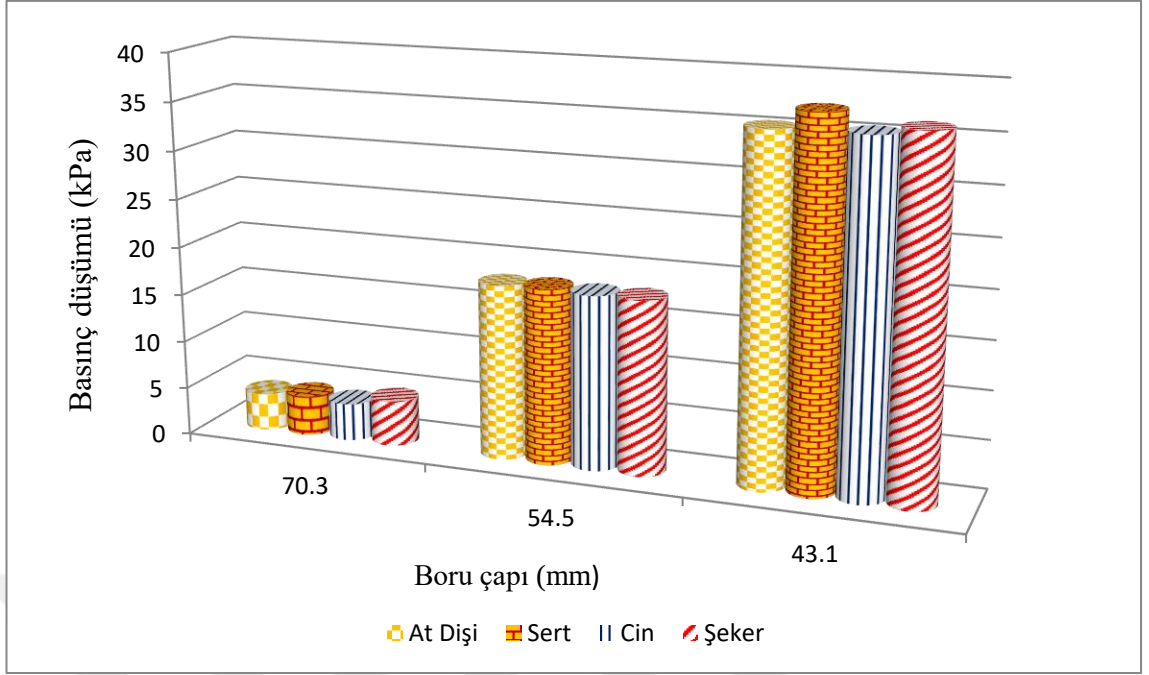
Dane mısır gruplarının pnömatik iletim tesisinde taşınmasında, tüm deneme deseninde 1150 d/d kompresör dönüş hızında iletimde kesintilerle karşılaşılmış ama basınç düşümü değerleri alınmıştır ve ona göre değerlendirilmiştir.



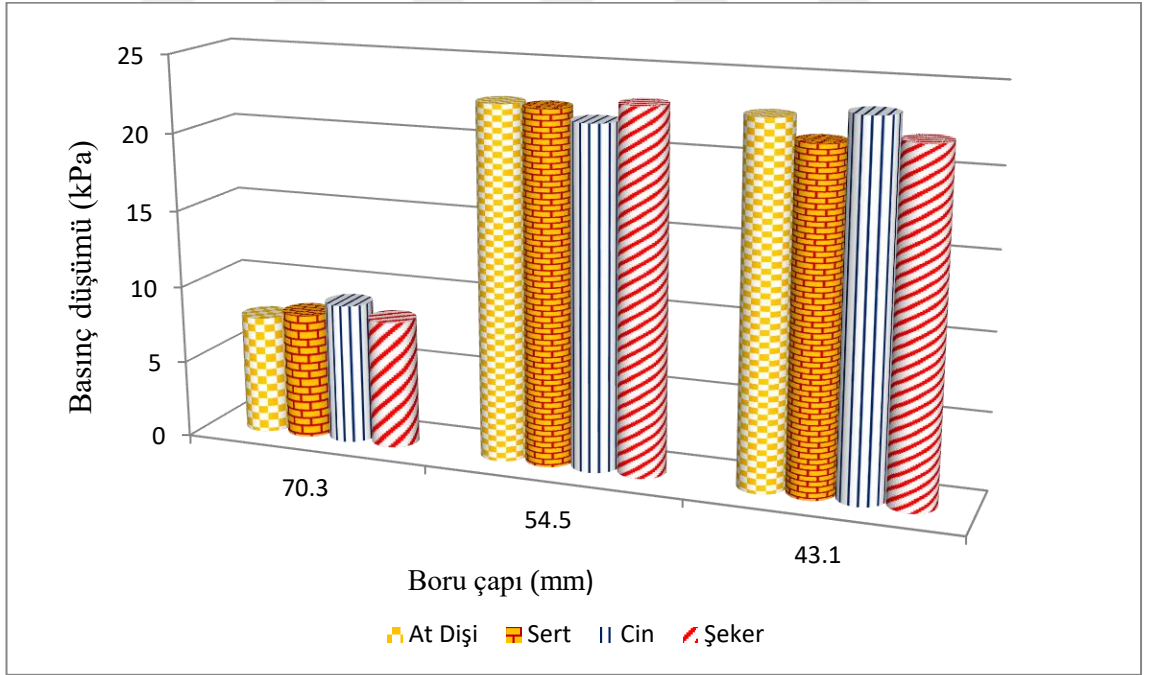
Şekil 4.11 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1150 d/d)



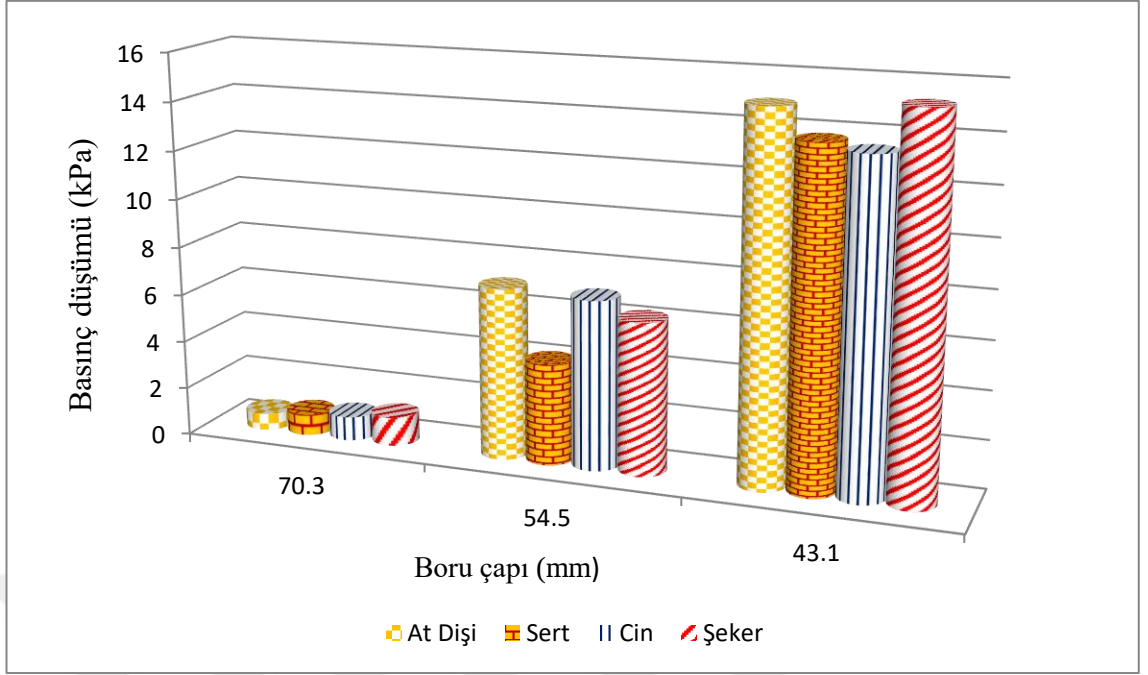
Şekil 4.12 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



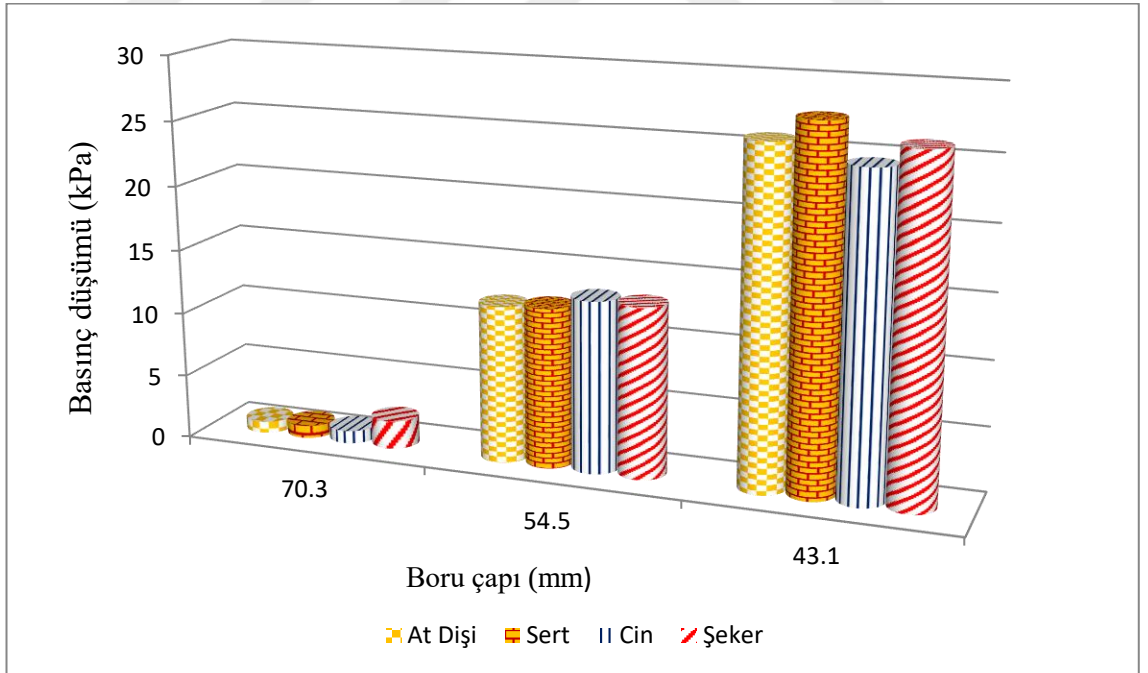
Şekil 4.13 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



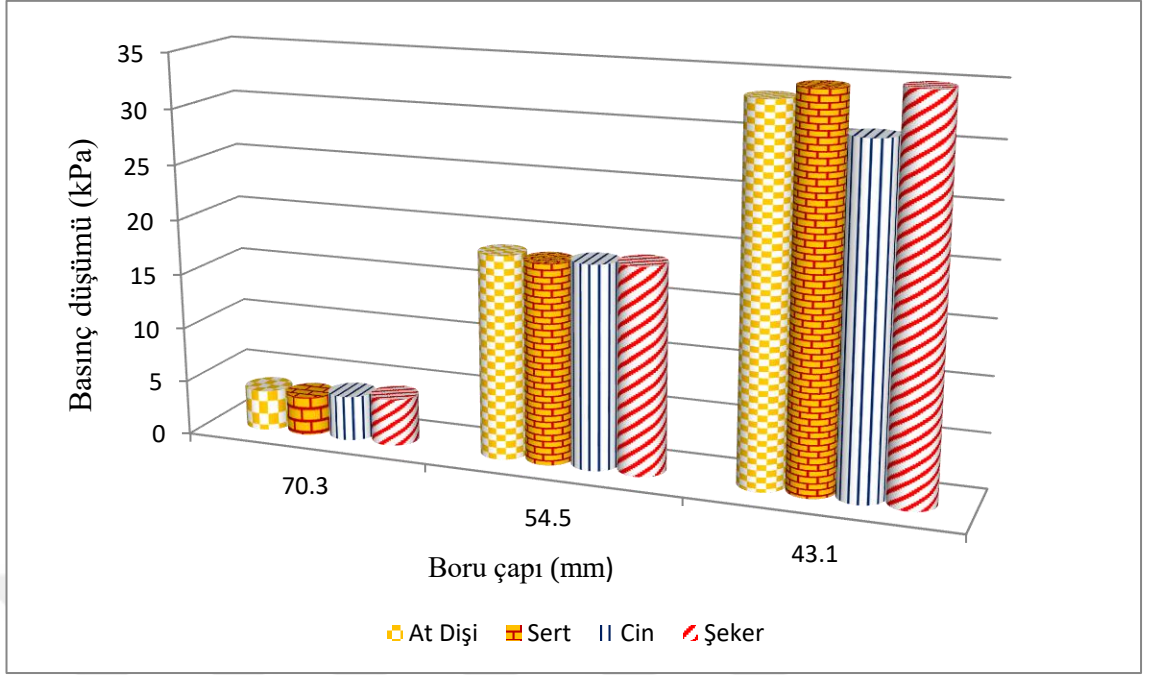
Şekil 4.14 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 2250 d/d)



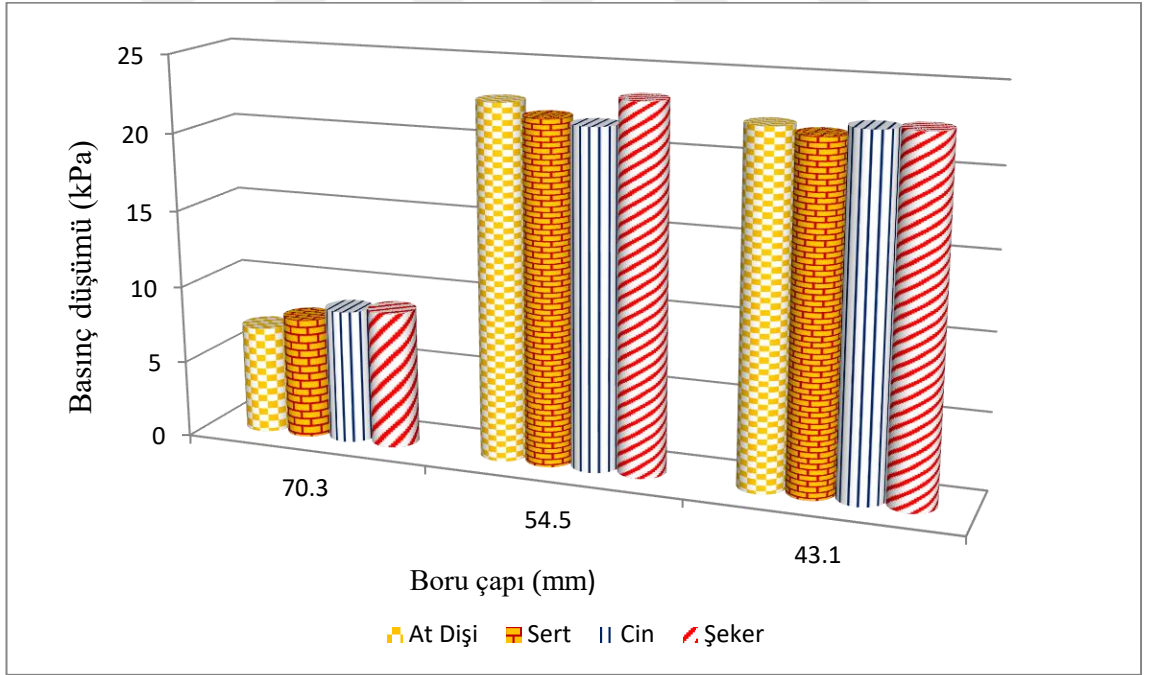
Şekil 4.15 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1150 d/d)



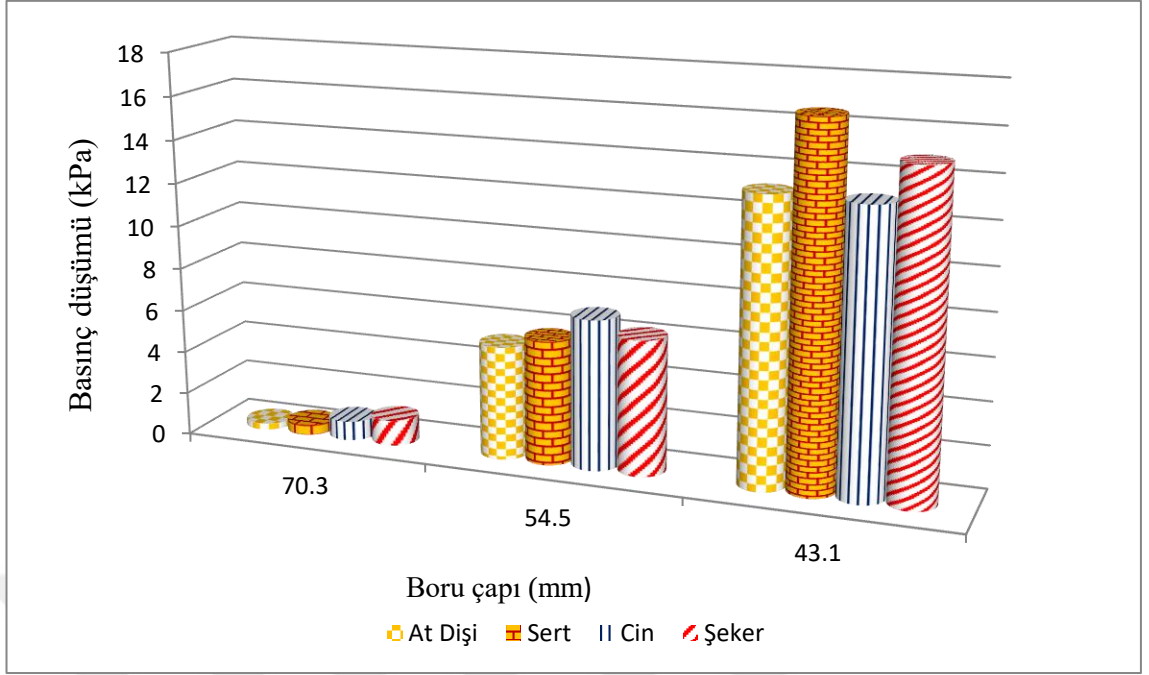
Şekil 4.16 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



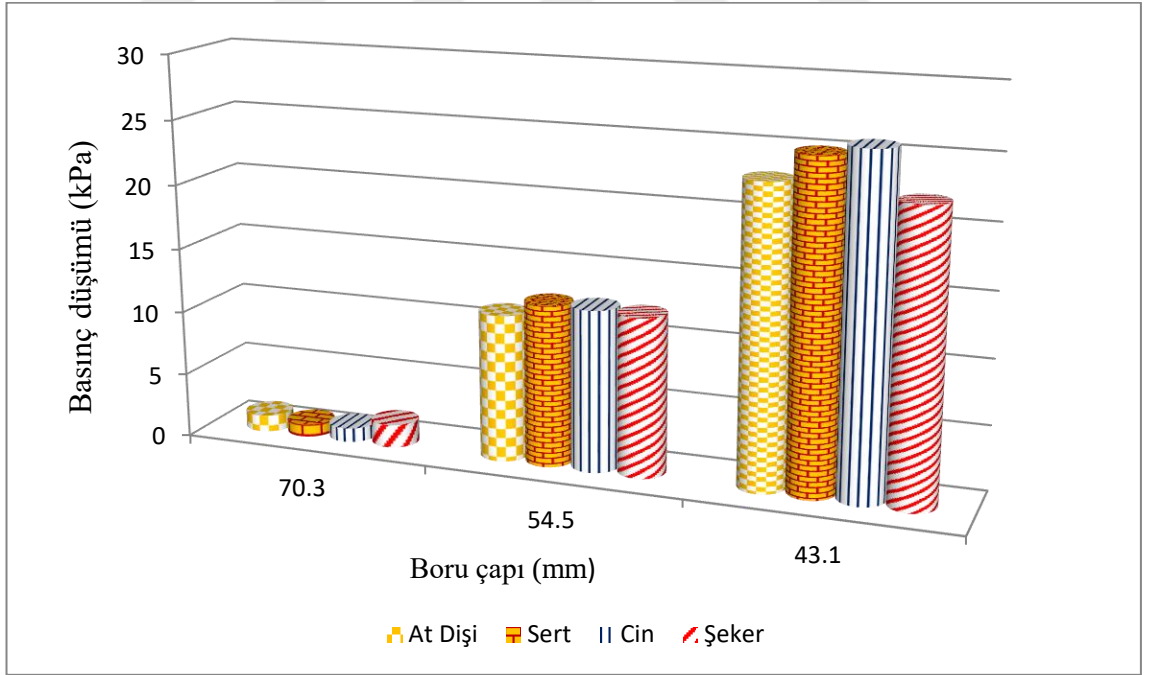
Şekil 4.17 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



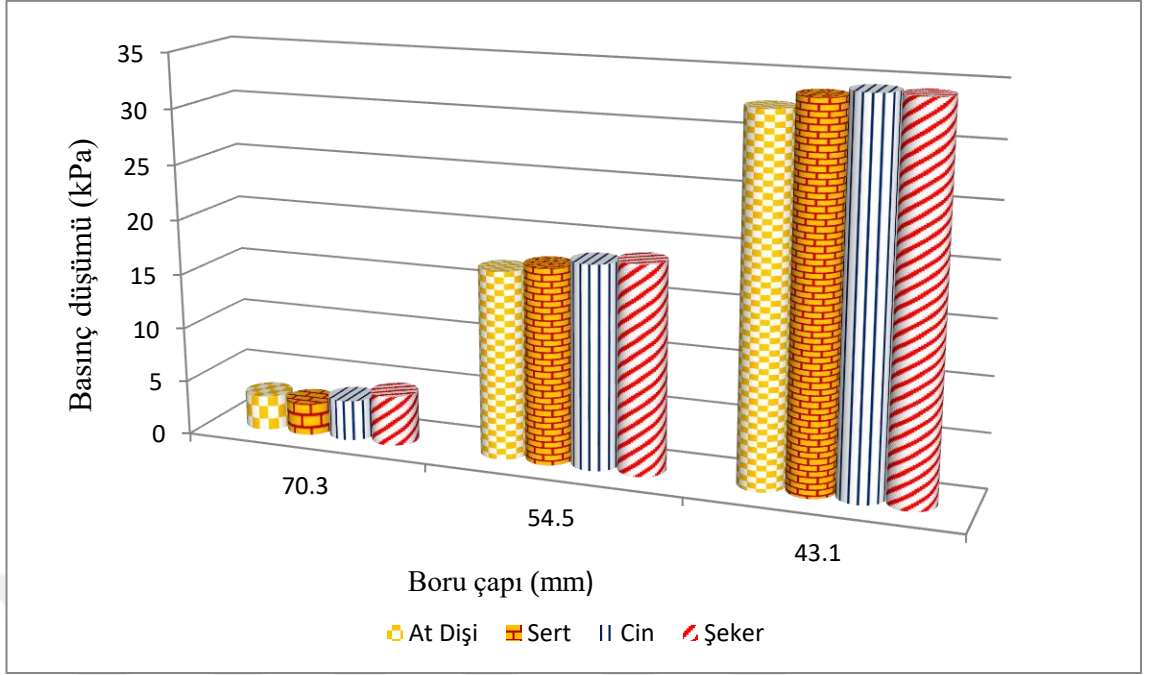
Şekil 4.18 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 2250 d/d)



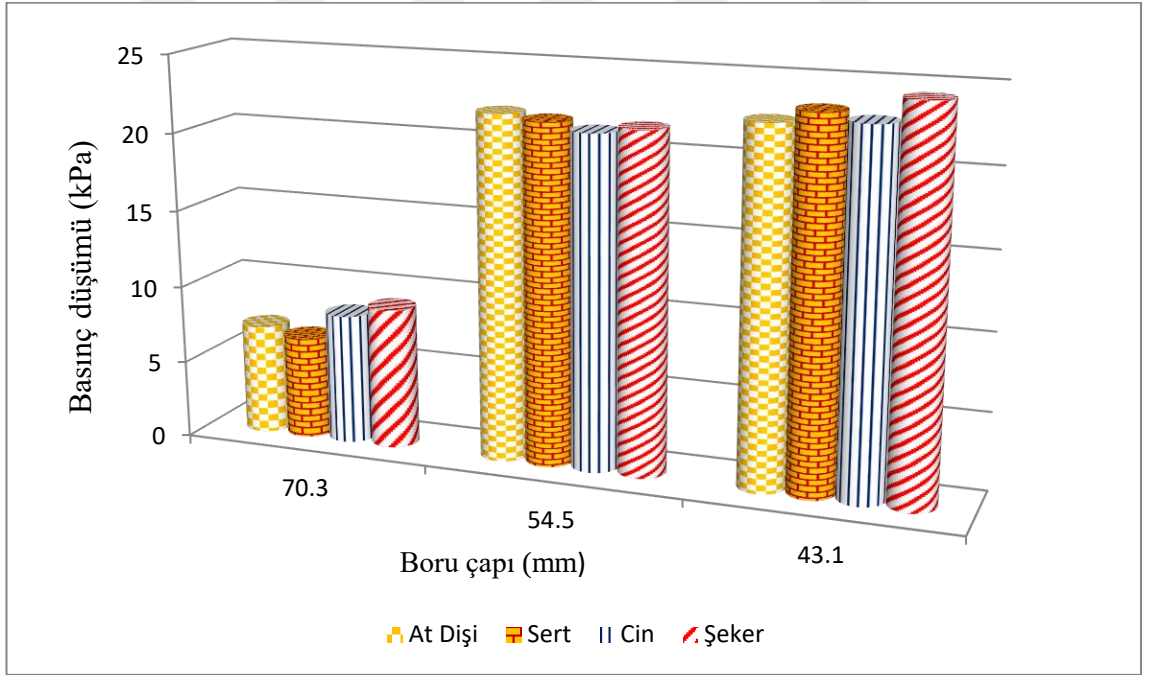
Şekil 4.19 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1150 d/d)



Şekil 4.20 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



Şekil 4.21 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



Şekil 4.22 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 2250 d/d)

4.4.2 Dane mısır grubunda nemin basınç düşümüne etkisi

Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi denemeleri yapılırken nem değerleri %14, %20 ve %26 olarak ayarlanmıştır. Nem değerlerine göre basınç düşümleri için deneme deseni olarak 20 d/d tek besleyici dönüş hızı, 1450 d/d ve 1750 d/d iki kompresör dönüş hızı ve 70.3 mm, 54.5 mm, 43.1 mm üç farklı boru çapı belirlenmiş ve mısır grubunun farklı nem değerlerinde edilen basınç düşümü verileri kaydedilmiştir.

Farklı nem değerleri tespit edilirken depolama nemi ile makineli tarıma uygun olan nem değeri arasında olması hedeflenmiş ve tüm mısır gruplarının doğal nem değerlerinin daha üstünde olan %14, %20 ve %26 üç farklı nem değerlerine ulaşılması hedeflenerek ayarlamalar ve ölçümler yapılmıştır.

Pozitif ve düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinde; 20 d/d tek besleyici dönüş hızı, 1450 d/d ve 1750 d/d iki kompresör dönüş hızı ve 70.3 mm, 54.5 mm, 43.1 mm üç farklı boru çapı ayarlanarak; %14, %20 ve %26 üç farklı nem içeriklerinde mısır gruplarının iletilmesi ile elde edilen tasarım parametreleri Çizelge 4.17- 4.20’de verilmiştir. At dişi mısıra ait Çizelge 4.17’de, sert mısıra ait Çizelge 4.18’de, cin mısıra ait Çizelge 4.19’da ve şeker mısıra ait ise Çizelge 4.20’de toplu halde verilmiştir.

43.1 mm boru çapında tüm mısır gruplarında iletim materyalinin %20 ve %26 nem değerlerinde pnömatik iletim gerçekleştirilememiştir. Ancak iletim materyalinin nem değeri %14 iken pnömatik iletim normal bir şekilde akışına devam etmiştir.

70.3 mm, 54.5 mm boru çapında %14, %20 ve %26 nem değerlerinde tüm mısır gruplarında pnömatik iletim normal seyrini almış ve pnömatik tasarım karakteristikleri verileri alınmıştır.

At dişi, sert, cin ve şeker mısır gruplarının farklı nem değeriinde dane mısır grubunun basınç düşümüne tesiri Şekil 4.23....4.28’de verilmiştir. %14 nem değeriinde tüm mısır gruplarında basınç düşümlerinin birbirine yakın değeriinde olduğu anlaşılmaktadır. %20 nem değeriindeki basınç düşümlerinin %14 nem değeriine göre çok az da olsa daha yüksek olduğu görülmektedir. %26 nem değeriindeki basınç düşümleri hem %14 hem de %20 nem değeriine göre daha fazla olmuştur.

Nem değeriinin artmasıyla beraber basınç düşümü değeriilerinin de arttığı ortaya çıkartılmıştır. %20 ve %26 nem değeriinde 43.1 mm boru çapında pnömatik ilettime uygun olmadığı anlaşılmaktadır.



Çizelge 4.17 Farklı nem değerlerinde at dişi mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları

Nem Değeri (%)	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
26	20	70.3	1750	1.68	4.27	22.61	18.09	0.11	15.46	5.17	0.042
20	20	70.3	1750	1.63	3.40	22.68	18.14	0.11	12.32	5.15	0.033
14	20	70.3	1750	1.60	3.20	22.69	18.15	0.11	11.59	5.15	0.031
26	20	70.3	1450	1.42	2.47	18.27	14.62	0.09	8.94	6.40	0.037
20	20	70.3	1450	1.46	1.93	18.31	14.65	0.09	7.00	6.39	0.029
14	20	70.3	1450	1.41	1.27	18.36	14.69	0.09	4.59	6.37	0.019
26	20	54.5	1750	2.15	16.73	36.19	28.95	0.10	60.63	5.38	0.050
20	20	54.5	1750	2.14	15.67	36.25	29.00	0.10	56.76	5.37	0.046
14	20	54.5	1750	1.97	13.80	36.47	29.18	0.10	50.00	5.33	0.040
26	20	54.5	1450	1.89	11.23	29.36	23.49	0.08	40.70	6.63	0.050
20	20	54.5	1450	1.72	9.37	29.43	23.54	0.08	33.94	6.61	0.042
14	20	54.5	1450	1.64	10.03	29.50	23.60	0.08	36.35	6.59	0.045
26	20	43.1	1750	-	-	-	-	-	-	-	-
20	20	43.1	1750	-	-	-	-	-	-	-	-
14	20	43.1	1750	3.43	35.93	53.86	43.09	0.10	130.19	5.78	0.038
26	20	43.1	1450	-	-	-	-	-	-	-	-
20	20	43.1	1450	-	-	-	-	-	-	-	-
14	20	43.1	1450	2.41	25.17	44.12	35.30	0.08	91.18	7.05	0.040

Çizelge 4.18 Farklı nem değerlerinde sert mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları

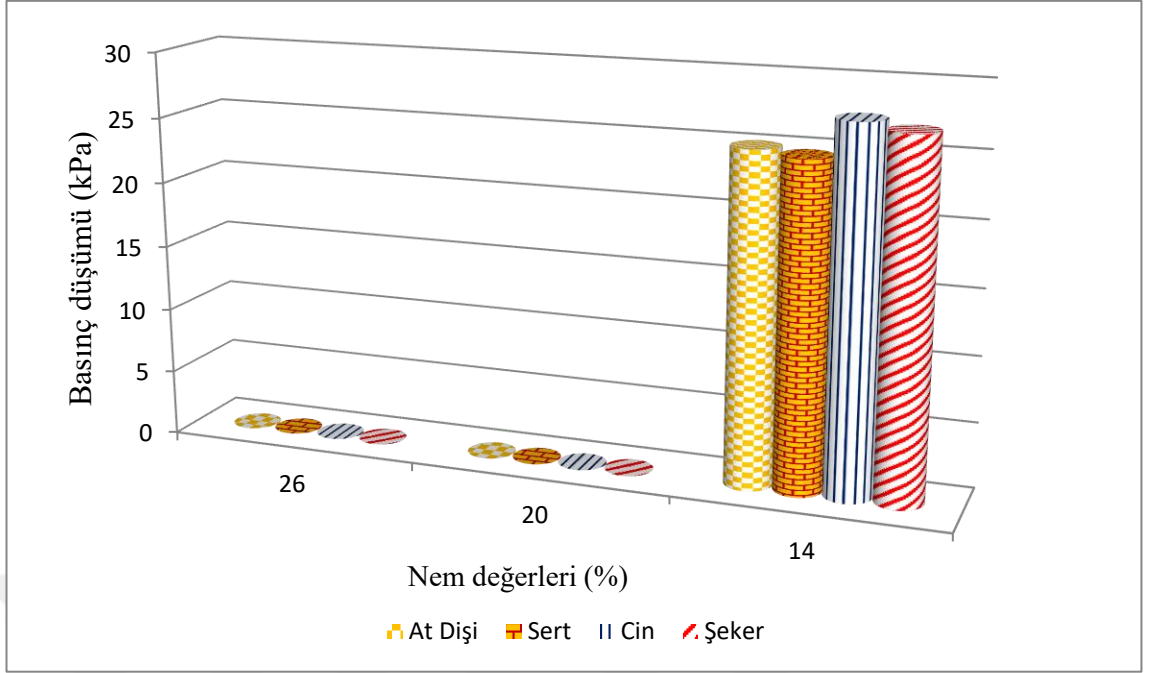
Nem Değeri (%)	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
26	20	70.3	1750	1.64	4.50	22.67	18.14	0.11	16.30	5.16	0.044
20	20	70.3	1750	1.61	2.83	22.72	18.18	0.11	10.27	5.15	0.027
14	20	70.3	1750	1.60	2.80	22.73	18.18	0.11	10.14	5.14	0.027
26	20	70.3	1450	1.42	2.97	18.24	14.59	0.09	10.75	6.41	0.045
20	20	70.3	1450	1.42	1.30	18.36	14.69	0.09	4.71	6.37	0.019
14	20	70.3	1450	1.41	0.83	18.39	14.71	0.09	3.02	6.36	0.012
26	20	54.5	1750	2.16	13.33	36.53	29.22	0.10	48.31	5.33	0.039
20	20	54.5	1750	2.13	13.83	36.47	29.18	0.10	50.12	5.33	0.040
14	20	54.5	1750	2.03	12.97	36.58	29.26	0.10	46.98	5.32	0.038
26	20	54.5	1450	2.04	13.70	29.05	23.24	0.08	49.64	6.70	0.063
20	20	54.5	1450	1.91	11.40	29.33	23.46	0.08	41.30	6.63	0.051
14	20	54.5	1450	1.69	9.83	29.53	23.62	0.08	35.63	6.59	0.044
26	20	43.1	1750	-	-	-	-	-	-	-	-
20	20	43.1	1750	-	-	-	-	-	-	-	-
14	20	43.1	1750	3.44	38.03	53.49	42.79	0.10	137.80	5.82	0.041
26	20	43.1	1450	-	-	-	-	-	-	-	-
20	20	43.1	1450	-	-	-	-	-	-	-	-
14	20	43.1	1450	2.38	24.73	44.24	35.39	0.08	89.61	7.03	0.039

Çizelge 4.19 Farklı nem değerlerinde cin mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları

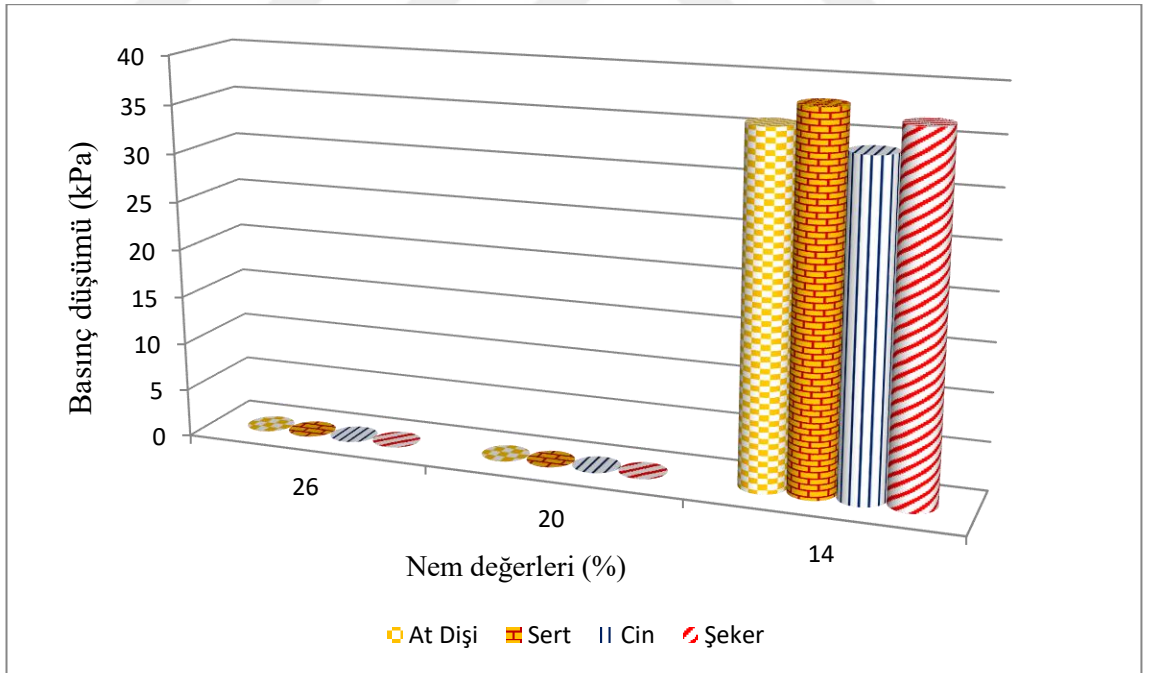
Nem Değeri (%)	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
26	20	70.3	1750	1.63	5.17	22.55	18.04	0.11	18.72	5.18	0.051
20	20	70.3	1750	1.64	3.33	22.68	18.14	0.11	12.08	5.15	0.032
14	20	70.3	1750	1.57	2.87	22.72	18.18	0.11	10.39	5.15	0.028
26	20	70.3	1450	1.43	3.50	18.20	14.56	0.09	12.68	6.42	0.053
20	20	70.3	1450	1.45	1.60	18.34	14.67	0.09	5.80	6.37	0.024
14	20	70.3	1450	1.40	1.27	18.36	14.69	0.09	4.59	6.37	0.019
26	20	54.5	1750	2.46	17.80	35.98	28.78	0.10	64.49	5.41	0.053
20	20	54.5	1750	2.10	12.20	36.67	29.34	0.10	44.20	5.30	0.035
14	20	54.5	1750	2.02	13.10	36.56	29.25	0.10	47.46	5.32	0.038
26	20	54.5	1450	2.23	19.53	28.34	22.67	0.08	70.77	6.86	0.094
20	20	54.5	1450	1.84	12.07	29.26	23.41	0.08	43.72	6.65	0.055
14	20	54.5	1450	1.61	11.57	29.31	23.45	0.08	41.91	6.64	0.052
26	20	43.1	1750	-	-	-	-	-	-	-	-
20	20	43.1	1750	-	-	-	-	-	-	-	-
14	20	43.1	1750	3.30	33.90	54.23	43.38	0.10	122.83	5.74	0.035
26	20	43.1	1450	-	-	-	-	-	-	-	-
20	20	43.1	1450	-	-	-	-	-	-	-	-
14	20	43.1	1450	2.51	27.53	43.61	34.89	0.08	99.76	7,13	0.044

Çizelge 4.20 Farklı nem değerlerinde şeker mısır iletimindeki tasarım parametreleri toplu sonuçları

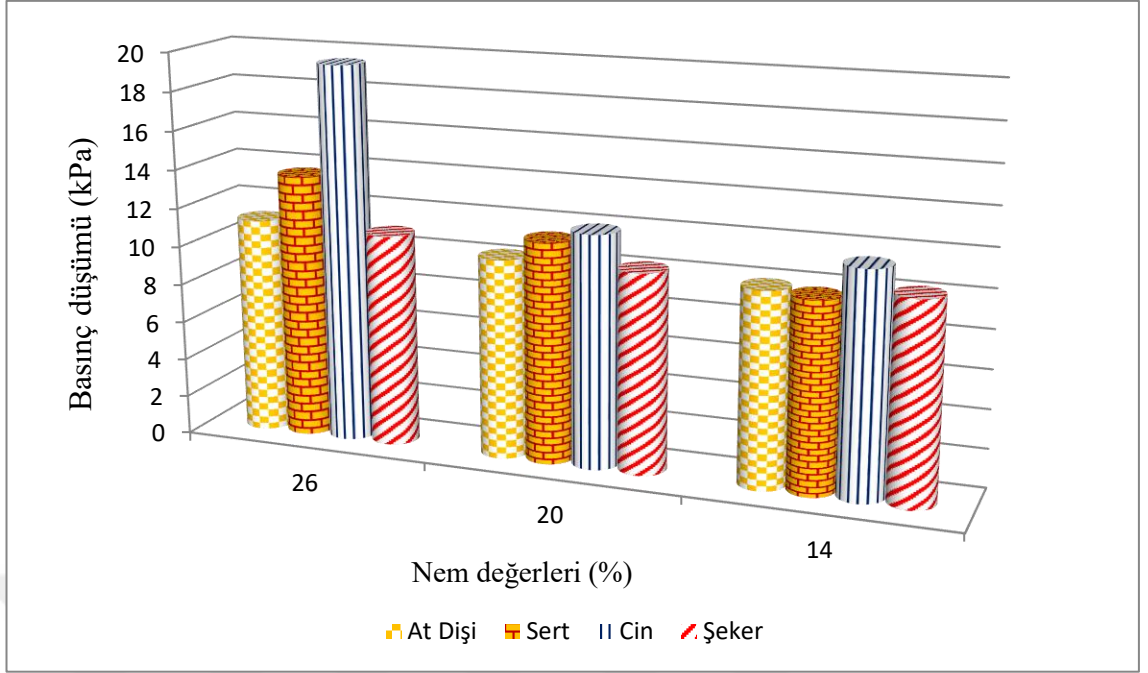
Nem Değeri (%)	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kom presör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)	Hava hızı (m/s)	Ürün hızı (m/s)	Hava debisi (kg/s)	Sürtünme kaybı (m/m)	Karışım oranı (-)	Sürtünme katsayısı (-)
26	20	70.3	1750	1.55	4.60	22.59	18.07	0.11	16.67	5.18	0.045
20	20	70.3	1750	1.63	5.07	22.56	18.05	0.11	18.36	5.18	0.050
14	20	70.3	1750	1.60	5.13	22.55	18.04	0.11	18.60	5.18	0.050
26	20	70.3	1450		2.80	18.25	14.60	0.09	10.14	6.41	0.042
20	20	70.3	1450	1.40	2.60	18.27	14.62	0.09	9.42	6.40	0.039
14	20	70.3	1450	1.35	2.50	18.28	14.62	0.09	9.06	6.40	0.037
26	20	54.5	1750	2.09	14.83	36.35	29.08	0.10	53.74	5.35	0.044
20	20	54.5	1750	2.08	15.00	36.33	29.06	0.10	54.35	5.35	0.044
14	20	54.5	1750	2.08	15.17	36.31	29.05	0.10	54.95	5.36	0.045
26	20	54.5	1450	1.66	11.07	29.37	23.50	0.08	40.10	6.62	0.050
20	20	54.5	1450	1.74	10.37	29.46	23.57	0.08	37.56	6.60	0.046
14	20	54.5	1450	1.58	10.37	29.46	23.57	0.08	37.56	6.60	0.046
26	20	43.1	1750	-	-	-	-	-	-	-	-
20	20	43.1	1750	-	-	-	-	-	-	-	-
14	20	43.1	1750	3.39	36.83	53.69	42.95	0.10	133.45	5.79	0.039
26	20	43.1	1450	-	-	-	-	-	-	-	-
20	20	43.1	1450	-	-	-	-	-	-	-	-
14	20	43.1	1450	2.66	26.93	73.74	58.99	0.13	97.58	4.22	0.015



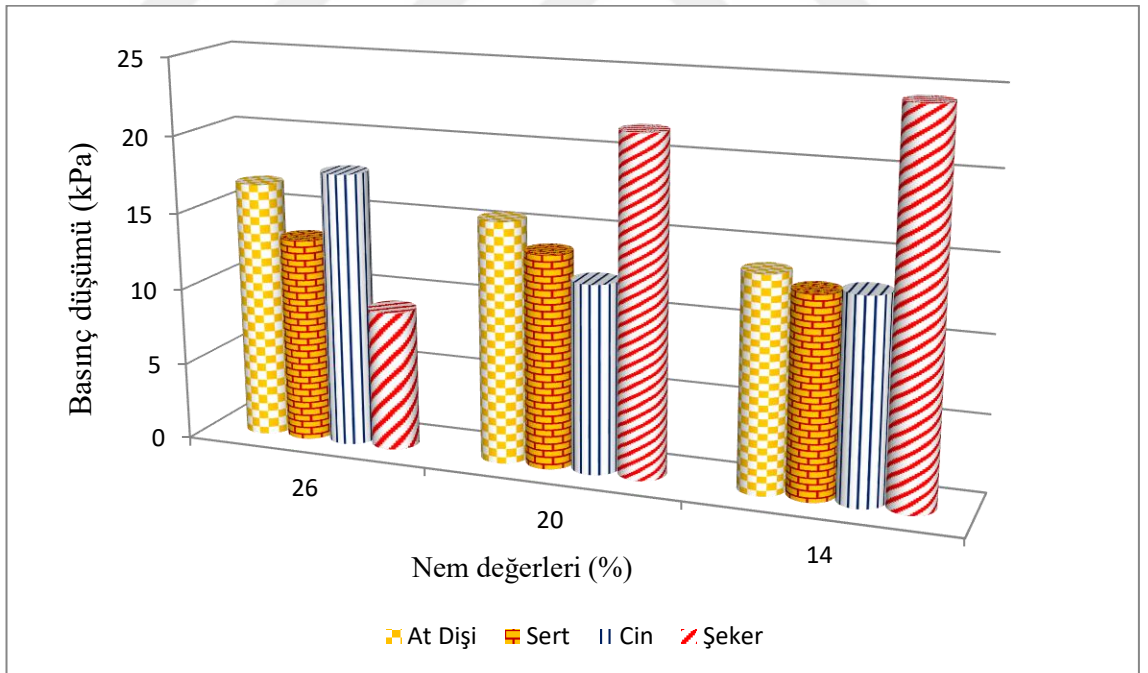
Şekil 4.23 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 43.1 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



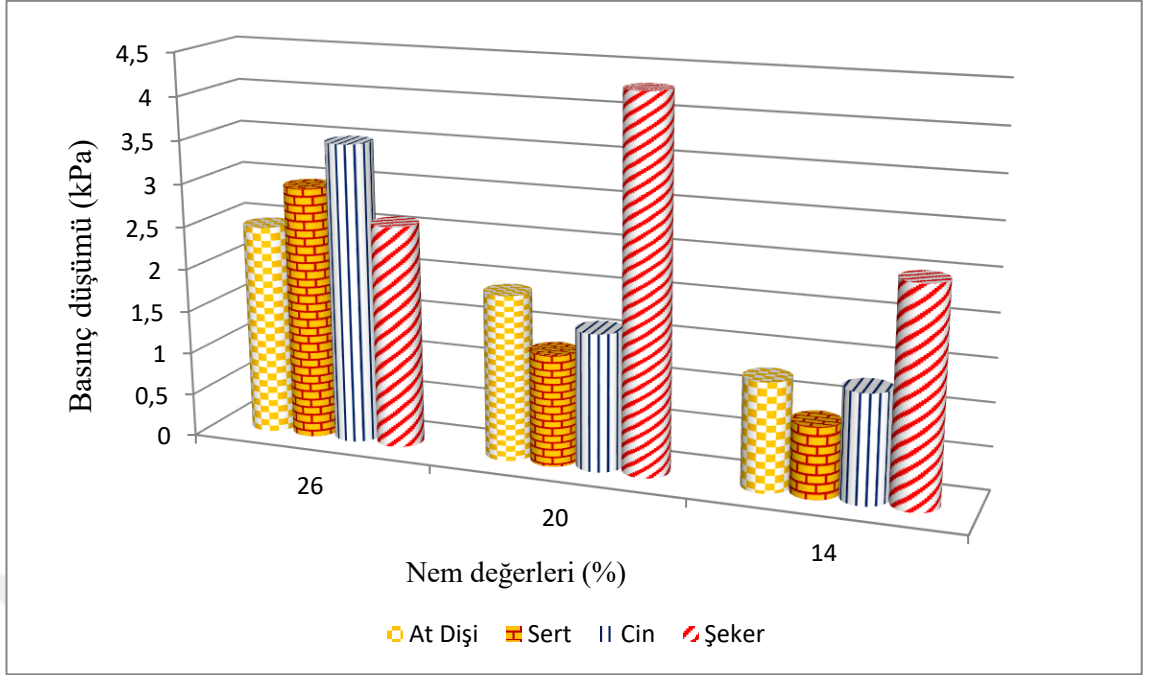
Şekil 4.24 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 43.1 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



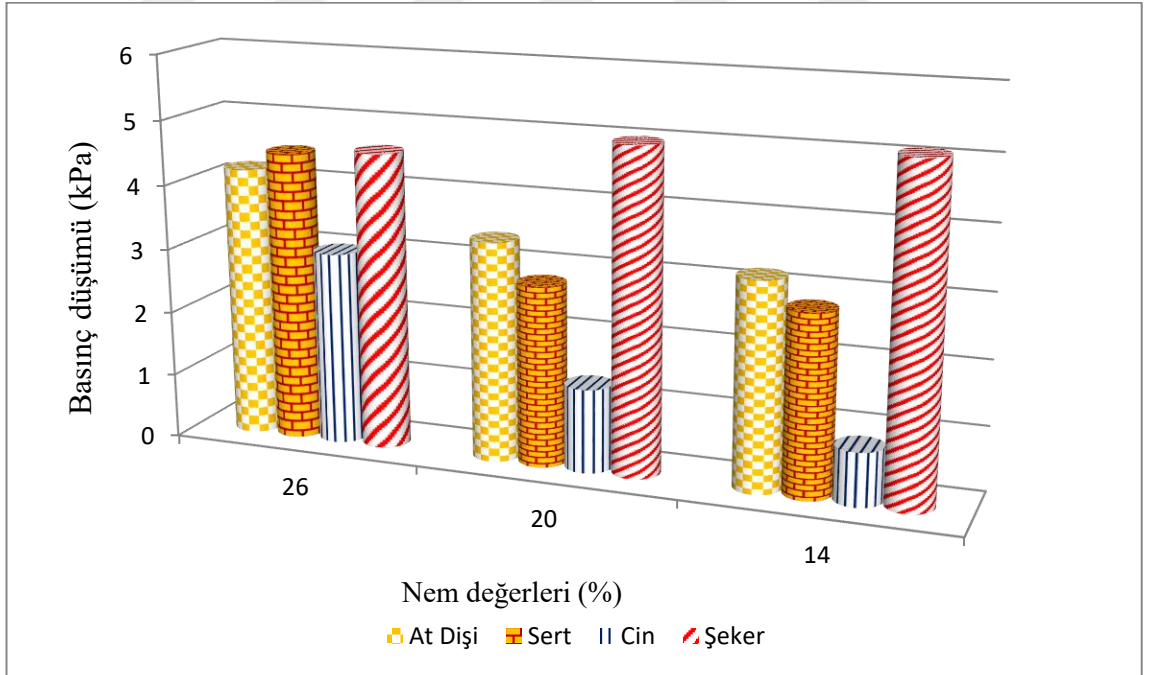
Şekil 4.25 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 54.5 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



Şekil 4.26 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 54.5 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



Şekil 4.27 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 70.3 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



Şekil 4.28 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (boru çapı 70.3 mm, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)

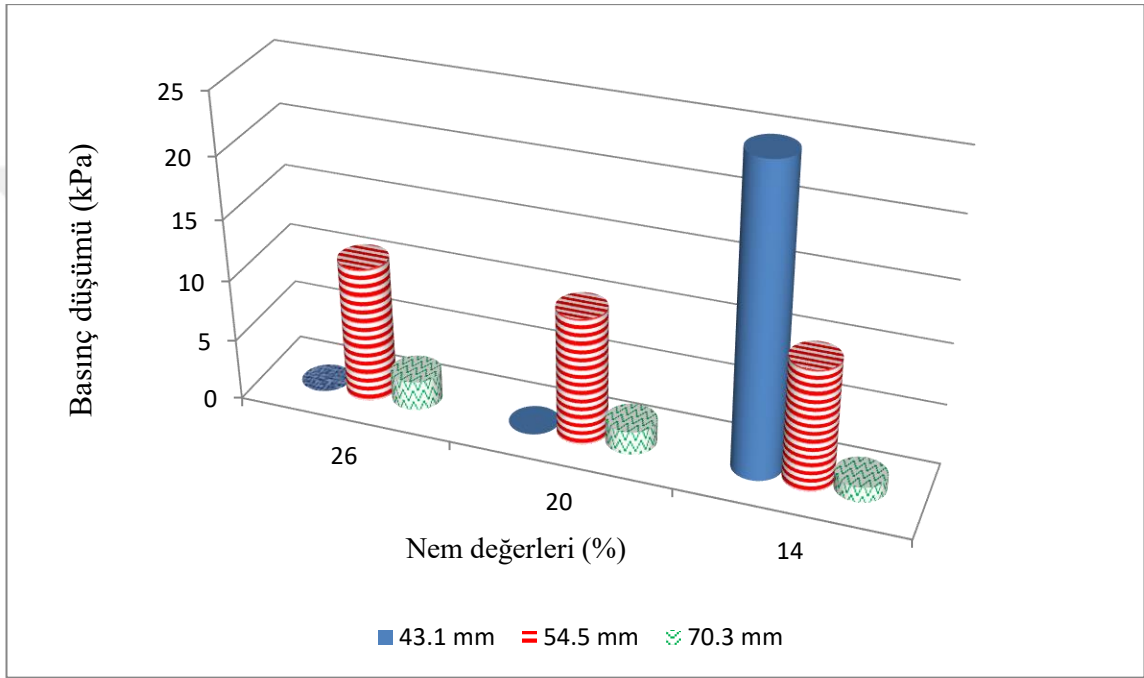
4.4.3 Dane mısır grubunda boru çapı ve nemin basınç düşümüne etkisi

Farklı nem değerinde ve farklı boru çapında dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi araştırılırken at dişi, sert, cin ve şeker mısır grupları ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Mısır gruplarının nem değerleri %14, %20 ve %26 ve pnömatik iletim tesisinin boru çapları da 70.3 mm, 54.5 mm, 43.1 mm olarak düzenlenmiştir. Hem nem değerleri hem de farklı boru çapındaki basınç düşümlerini değişimleri aynı anda incelemek için 20 d/d tek besleyici dönüş hızı, 1450 d/d ve 1750 d/d iki kompresör dönüş hızı belirlenmiş ve mısır grubunun basınç düşümü verileri belirlenmiş ve Şekil 4.29-4.36'deki grafiklerde farklı nem değerinde ve farklı boru çapında dane mısır grubunun basınç düşümüne etkisi gösterilmiştir.

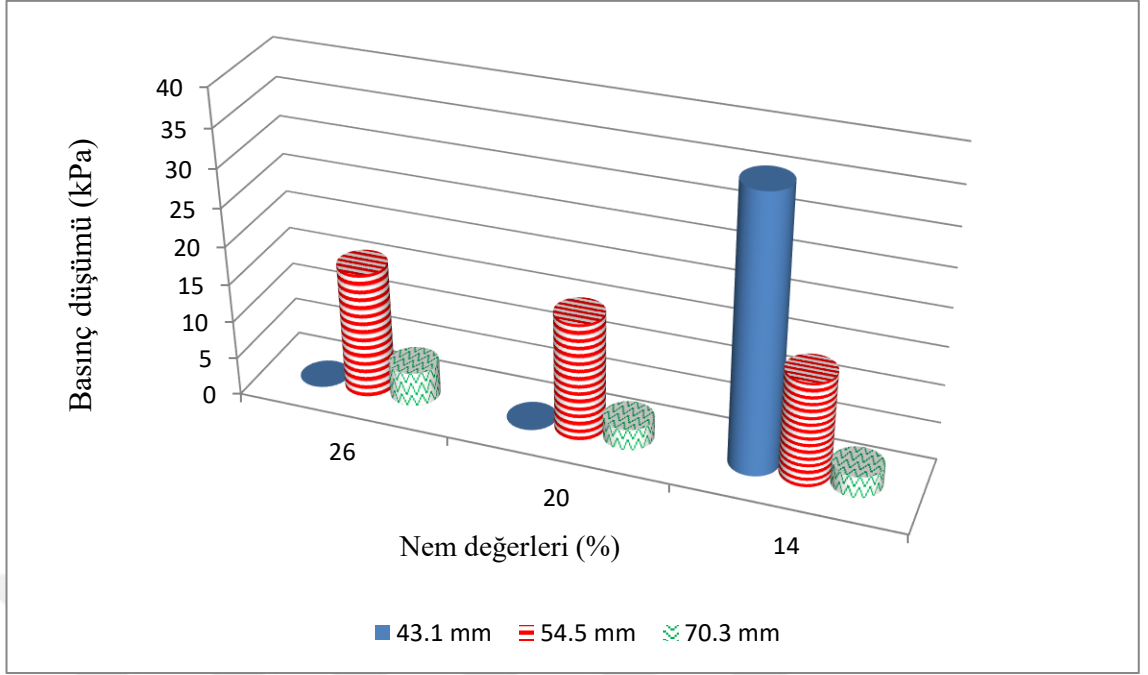
Aynı besleyici ve kompresör hızında en fazla basınç düşümü, çapı en küçük olan 43.1 mm boruda, en az basınç düşümü çapı en büyük olan 70.3 mm boruda elde edilmiş ve 54.5 mm boru çapı bu iki boru çapının arasındaki basınç düşümü değerlerini vermiştir. Bu elde etmiş olduğumuz verileri destekler şekilde Güner (2006)'ın yaptığı çalışmada, boru çapının küçülmesiyle iletilen hava hızının ve basınç düşümünün arttığı gözlemlenmiştir. Ters durumda da boru çapının büyümesiyle, hava hızı ve basınç düşümü azalmıştır. Segler (1951), boru çapının ve hava hızının artmasıyla basınç kaybının arttığını bildirmiştir. Raheman ve Jindal (2001) çalışmalarında basınç düşümünün boru çapının azalması ve hava hızının artmasıyla yükseldiğini ve basınç düşümünün hızın karesiyle arttığını belirtmiştir. Duman (2006) boru çapının artmasının hava hızının ve basınç kaybının düşmesine neden olduğunu saptamıştır.

At dişi mısır gruplarında %14, %20 ve %26 nem değerlerinde (20 d/d besleyici hızı, 1450 kompresör hızı ve 54.5 mm boru çapı) basınç düşümü 10 kPa/m, 10.5 kPa/m ve 11.2 kPa/m ölçülmüştür. Dolayısıyla %14 ile %26'daki nem değerlerinde basınç düşümü farkı 1.2 kPa/m olmuştur. Yine at dişi mısır grubunda %14 nem değerinde 70.3 mm, 54.5 mm, 43.1 mm boru çapında basınç düşümü sırasıyla 1.26 kPa/m, 10 kPa/m ve 25 kPa/m gerçekleşmiştir. Boru çapının 70.3 mm'den 43.1 mm'ye küçülmesiyle oluşan toplam basınç düşümü farkı ise 23.74 kPa/m olmuştur. Boru çapının küçülmesiyle 23.74 kPa/m basınç düşümü farkı oluşurken nem değişimine göre

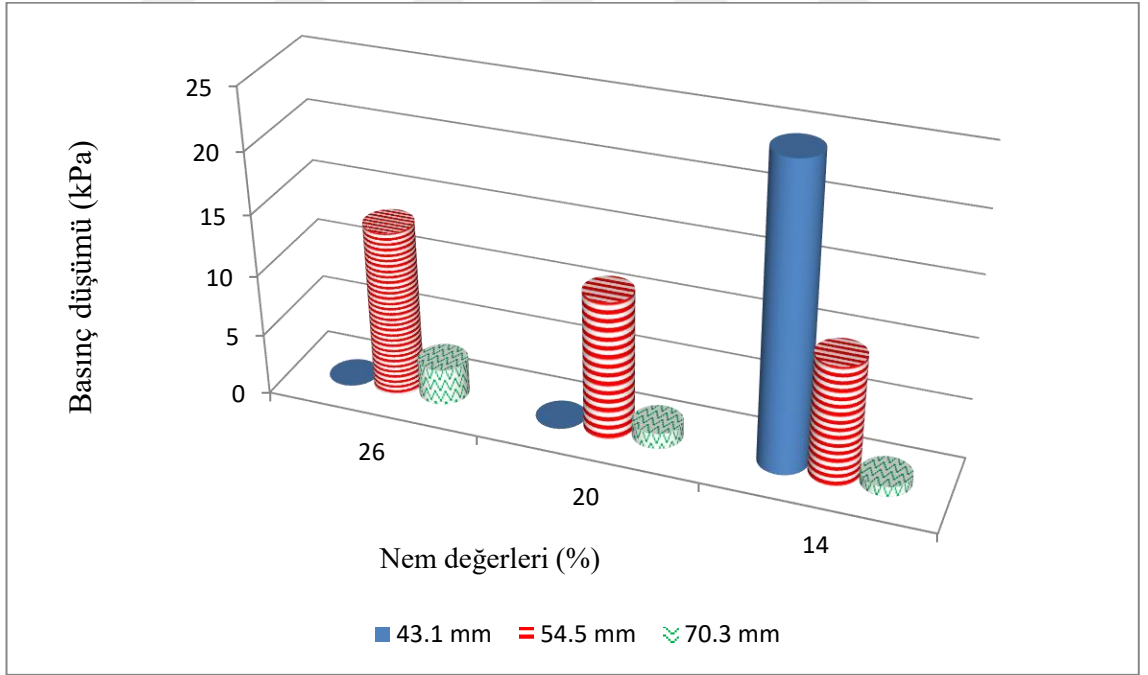
ise 1.2 kPa/m basınç düşümü farkı gerçekleşmiştir. Bu örnekteki aynı anda hem nem değerinin ve hem de boru çapının birlikte değişimi değerlendirilmiş ve %14 ile %26'daki nem değerlerinde basınç düşümü farkı, boru çapının 70.3 mm'den 43.1 mm'ye küçülmesiyle oluşan toplam basınç düşümü farkının yaklaşık 20 katı çıkmıştır. Bu durumda boru çapının basınç düşümüne etkisinin nem değerlerindeki artışa göre çok daha fazla olduğu söylenebilmektedir.



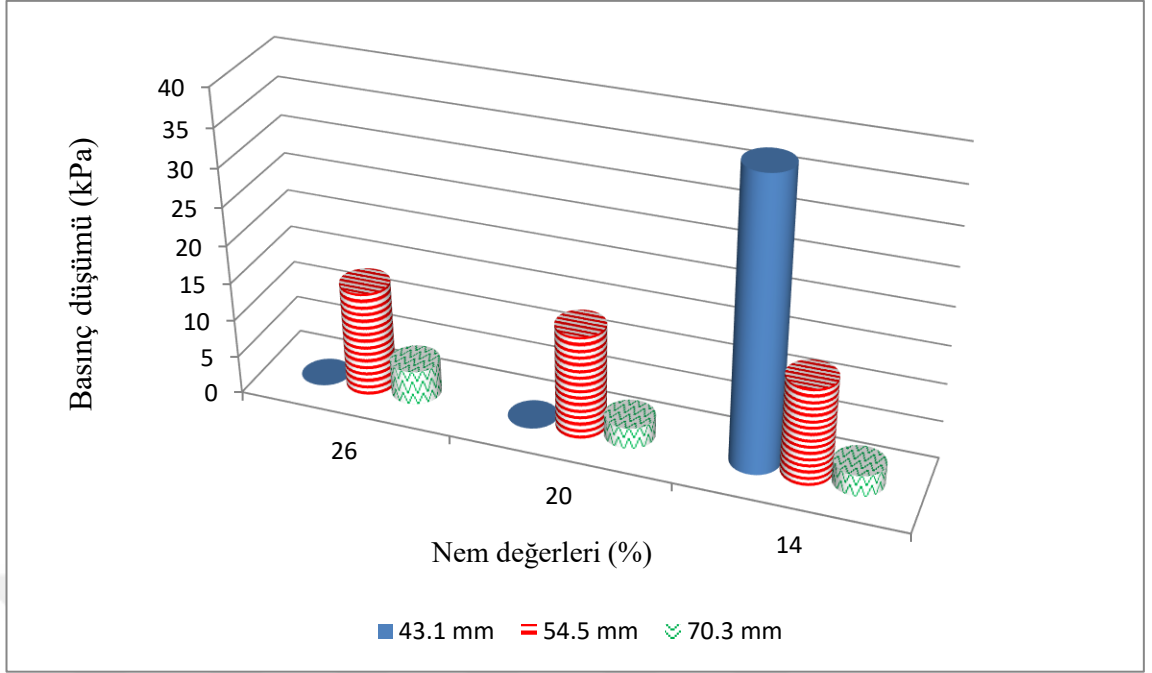
Şekil 4.29 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında at dişi mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1450 d/d)



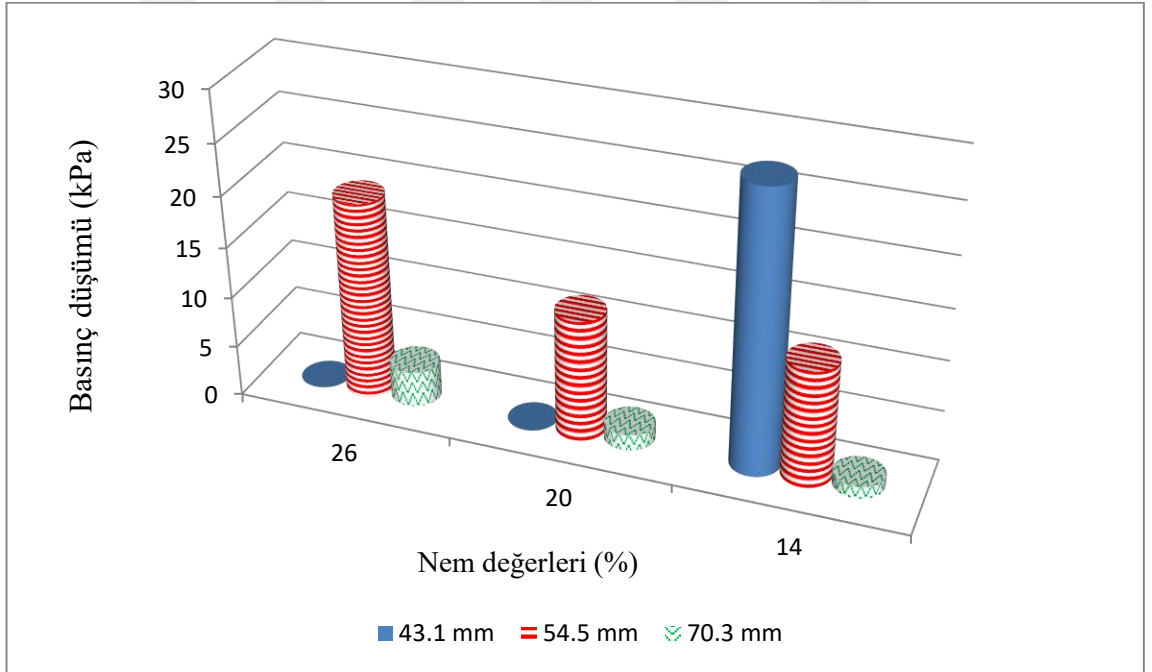
Şekil 4.30 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında at dişi mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1750 d/d)



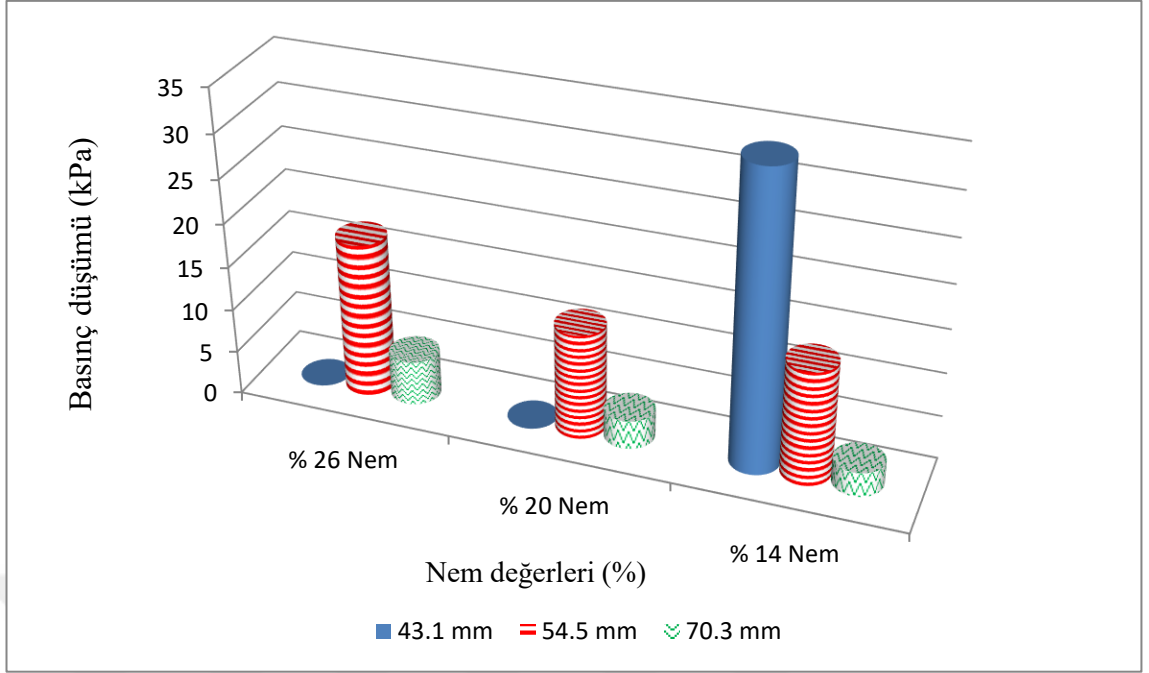
Şekil 4.31 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında sert mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1450 d/d)



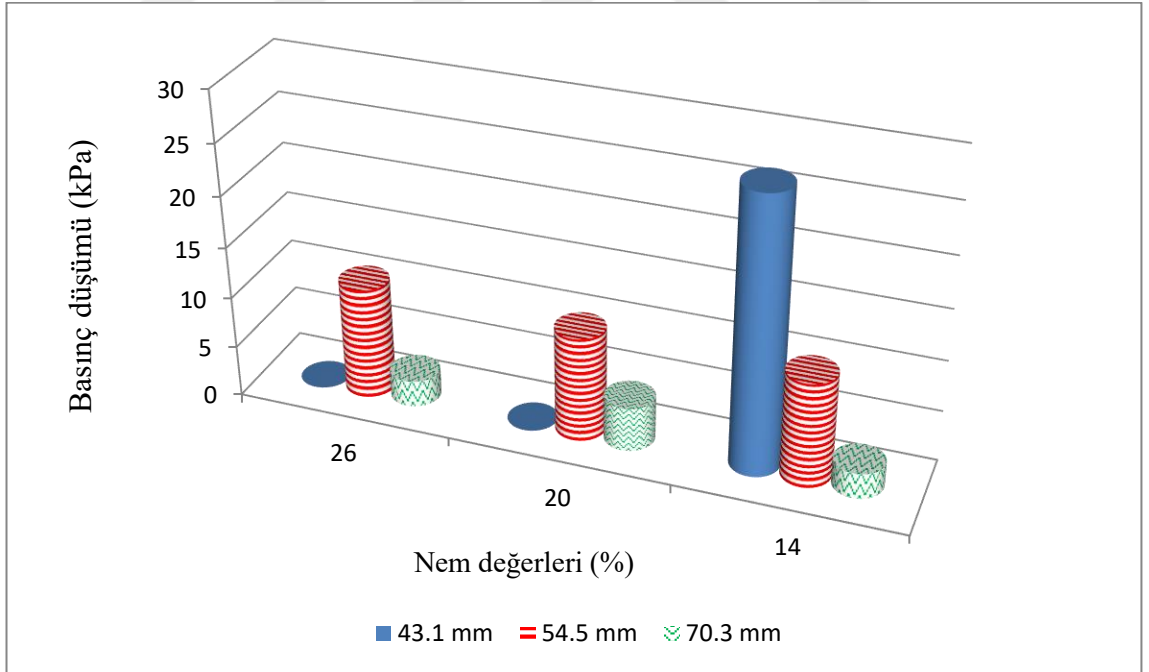
Şekil 4.32 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında sert mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1750 d/d)



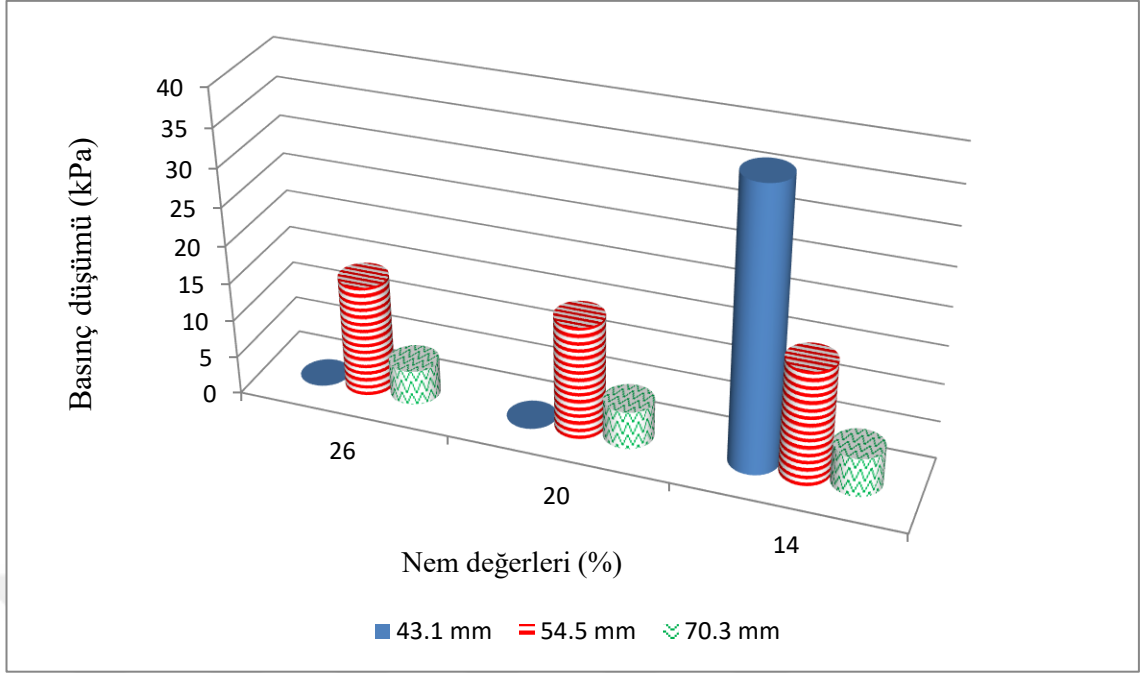
Şekil 4.33 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında cin mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1450 d/d)



Şekil 4.34 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında cin mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1750 d/d)



Şekil 4.35 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında şeker mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1450 d/d)



Şekil 4.36 Farklı nem değerinde ve farklı boru çaplarında şeker mısır grubunun basınç düşümüne etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)

4.4.4 Dane mısır grubunun iletim kapasitesinin basınç düşümüne etkisi

At dişi, sert, cin ve şeker mısır gruplarının doğal nem değerinde iletim kapasitesinin basınç düşümüne tesiri araştırılırken 3 farklı besleyici dönüş hızı (15 d/d, 20 d/d, 25 d/d), 4 farklı kompresör dönüş hızı (1150 d/d, 1450 d/d, 1750 d/d, 2250 d/d) ve 3 farklı boru çapı (70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm) kullanılmıştır. Besleyici dönüş hızlarına 15 d/d, 20 d/d, 25 d/d karşılık gelen iletim kapasitesi sırasıyla 1.5 t/h, 1.75 t/h ve 2.0 t/h olmaktadır. Şekil 4.37....4.44'te grafikler analiz edildiğinde besleyici devirleri yani iletim kapasitesinin artırılmasıyla basınç düşümlerinde az da olsa artışlar gözlemlenmiştir.

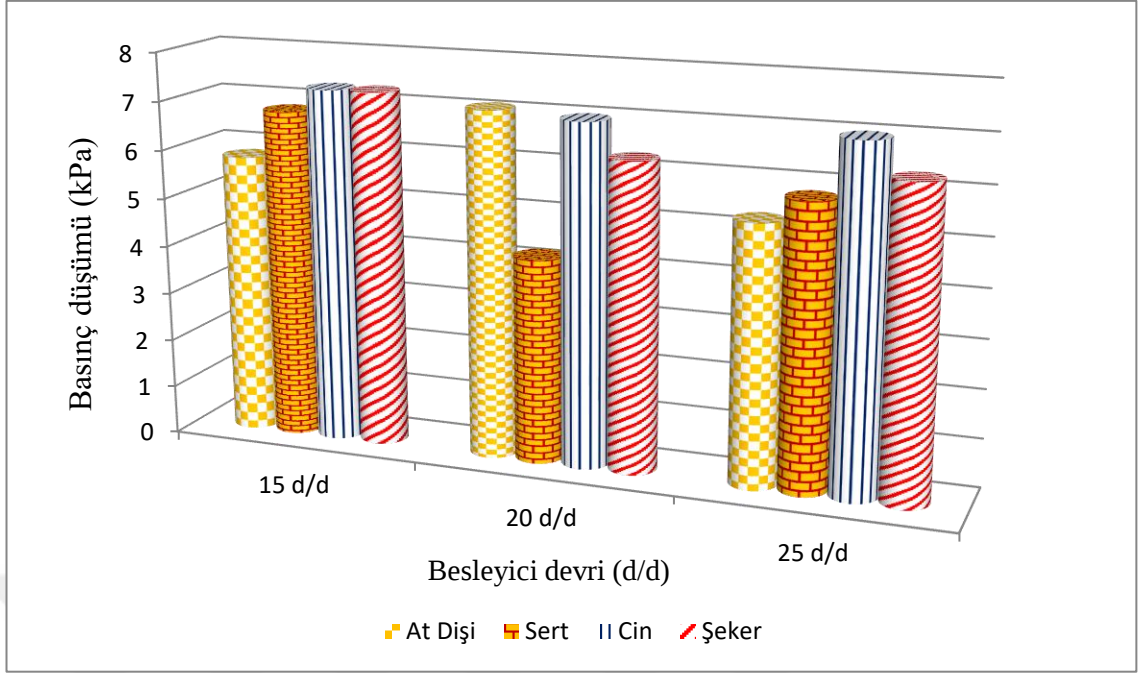
At dişi, sert, cin ve şeker mısır gruplarının doğal nem değerinde iletim kapasitesinin basınç düşümüne tesiri Şekil 4.37....4.44'de verilmiştir. Şeker mısırın doğal nem değerinde boru çapı 43.1 mm, kompresör dönüş hızı 1450 d/d olduğu koşulda besleyici dönüş hızı 15 d/d, 20 d/d ve 25 d/d olarak ayarlanmış ve basınç düşümü 2.7 kPa/m, 2.6 kPa/m ve 2.2 kPa/m olarak gerçekleşmiştir. Benzer şekilde diğer mısır gruplarında da

doğal nem değerinde, farklı kompresör dönüş hızlarında 43.1 mm boru çapında besleyici devri arttıkça basınç düşümünün arttığı gözlemlenmiştir.

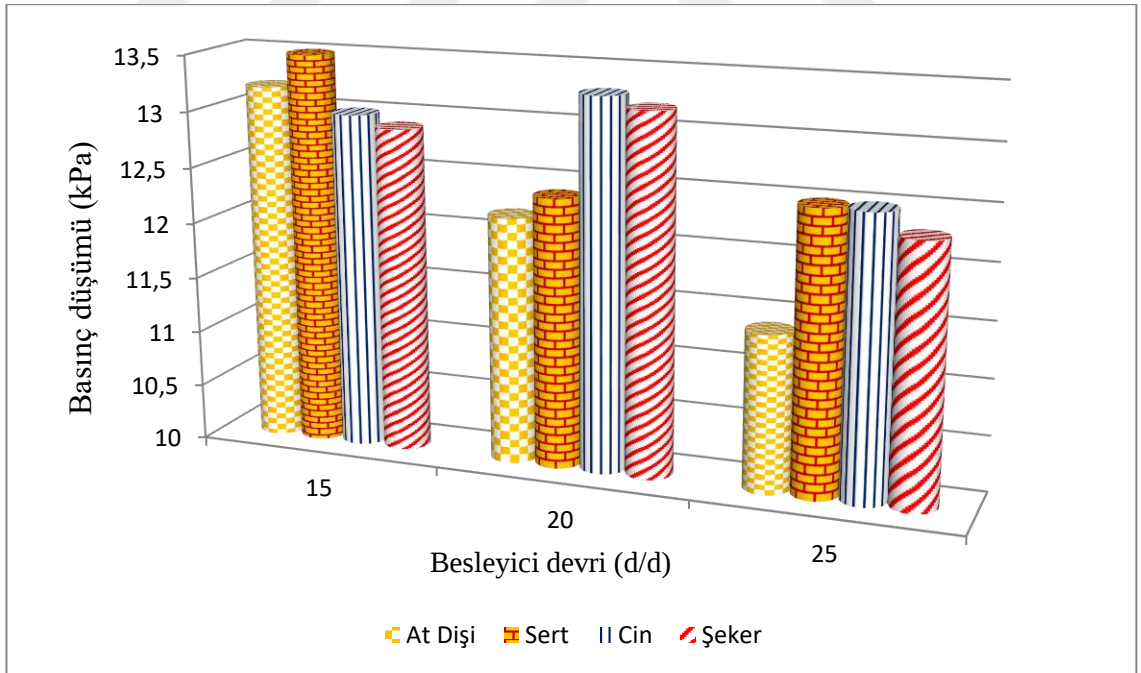
At dişi mısırın doğal nem değerinde boru çapı sabit 54.5 mm, kompresör dönüş hızı tek devir 1750 d/d, besleyici dönüş hızı üç farklı 15 d/d, 20 d/d ve 25 d/d olarak ayarlanmış ve basınç düşümü sırasıyla 1.81 kPa/m, 1.85 kPa/m ve 1.71 kPa/m olarak gerçekleşmiştir. Besleyici dönüş hızının artışı ile basınç düşümü önce artmış sonra azalmıştır.

Cin mısır grubunda 54.5 mm boru çapında kompresör dönüş hızı 1750 d/d, besleyici dönüş hızları 15 d/d, 20 d/d, 25 d/d bunlara karşılık gelen iletim kapasitesindeki 1.5 t/h, 1.75 ve 2.0 t/h'deki basınç düşümleri sırasıyla 18 kPa/m, 184.5 kPa/m ve 185 kPa/m ölçülmüştür. Yine bu sonuçlara yakın olarak diğer mısır gruplarında da sert, cin ve şeker doğal nem değerinde, farklı kompresör dönüş hızlarında 54.5 mm boru çapında besleyici dönüş hızının artışı ile basınç düşümü önce artmış sonra azalmıştır

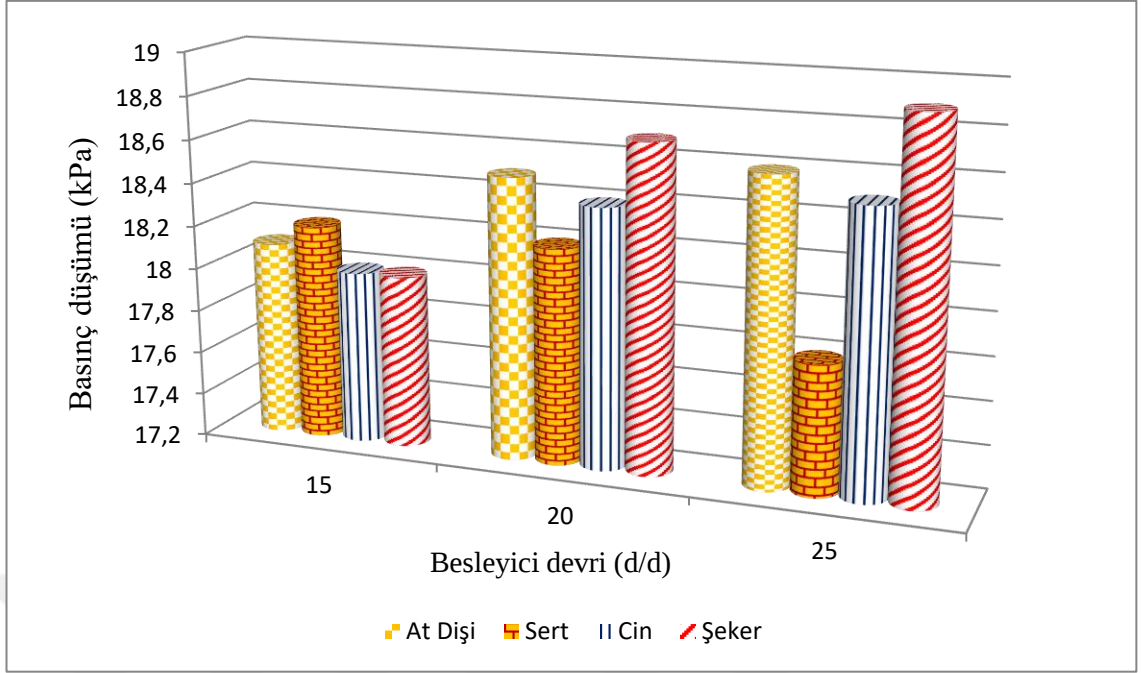
Sert mısırın doğal nem değerinde boru çapı sabit 70.3 mm, kompresör dönüş hızı tek devir 1750 d/d, besleyici dönüş hızı üç farklı 15 d/d, 20 d/d ve 25 d/d olarak ayarlanmış ve basınç düşümü sırasıyla 4.2 kPa/m, 3.7 kPa/m ve 3.1 kPa/m olarak gerçekleşmiştir. 70.3 mm boru çapında besleyici dönüş hızının artışı ile basınç düşümü genelde azalmıştır. İletim kapasitesi arttıkça basınç düşümü 70.3 mm boru çapında azalmış, 54.5 mm boru çapında önce artmış sonra azalmış ve 43.1 mm boru çapında basınç düşümü azalmıştır.



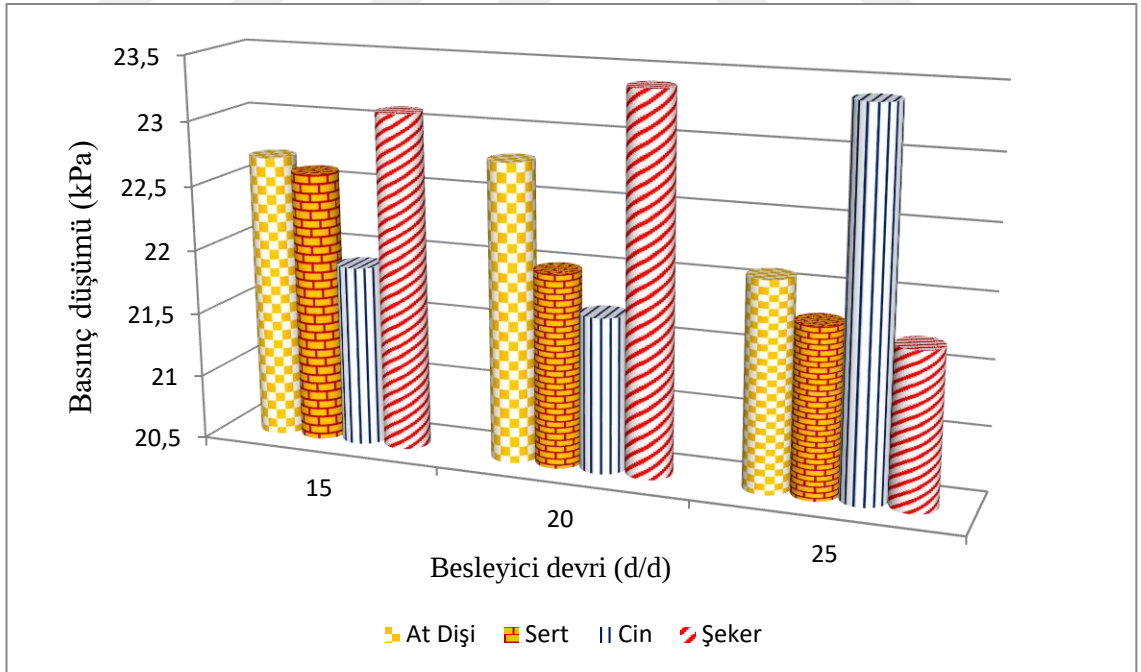
Şekil 4.37 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 54.5 mm, devir 1150 d/d)



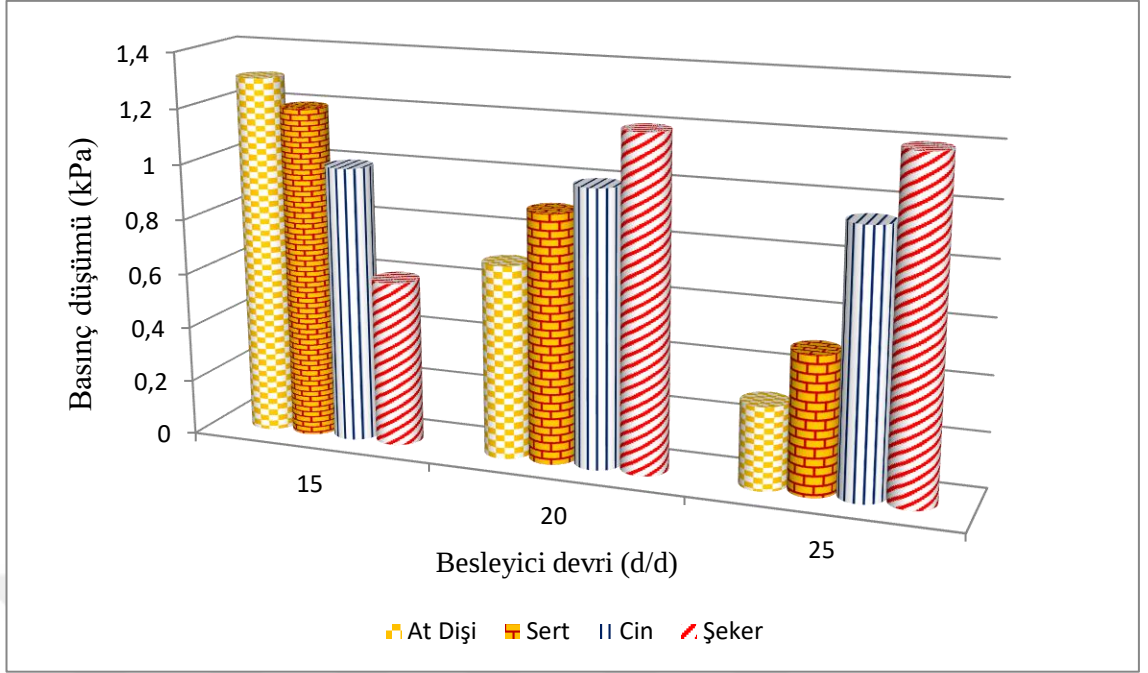
Şekil 4.38 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 54.5 mm, devir 1450 d/d)



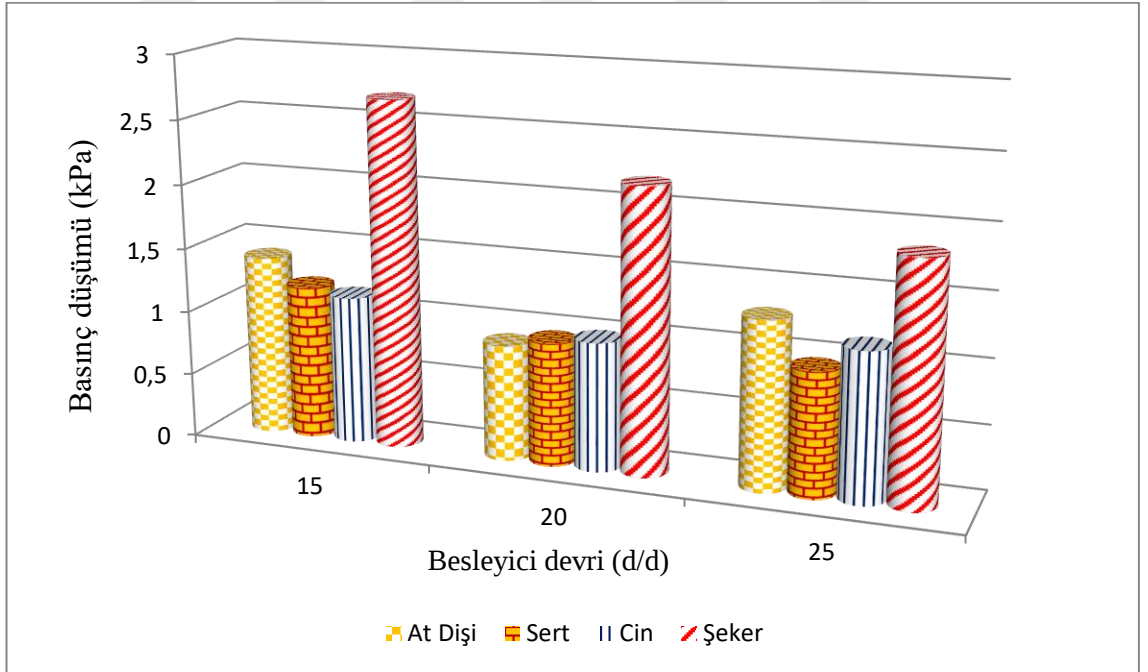
Şekil 4.39 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 54.5 mm, devir 1750 d/d)



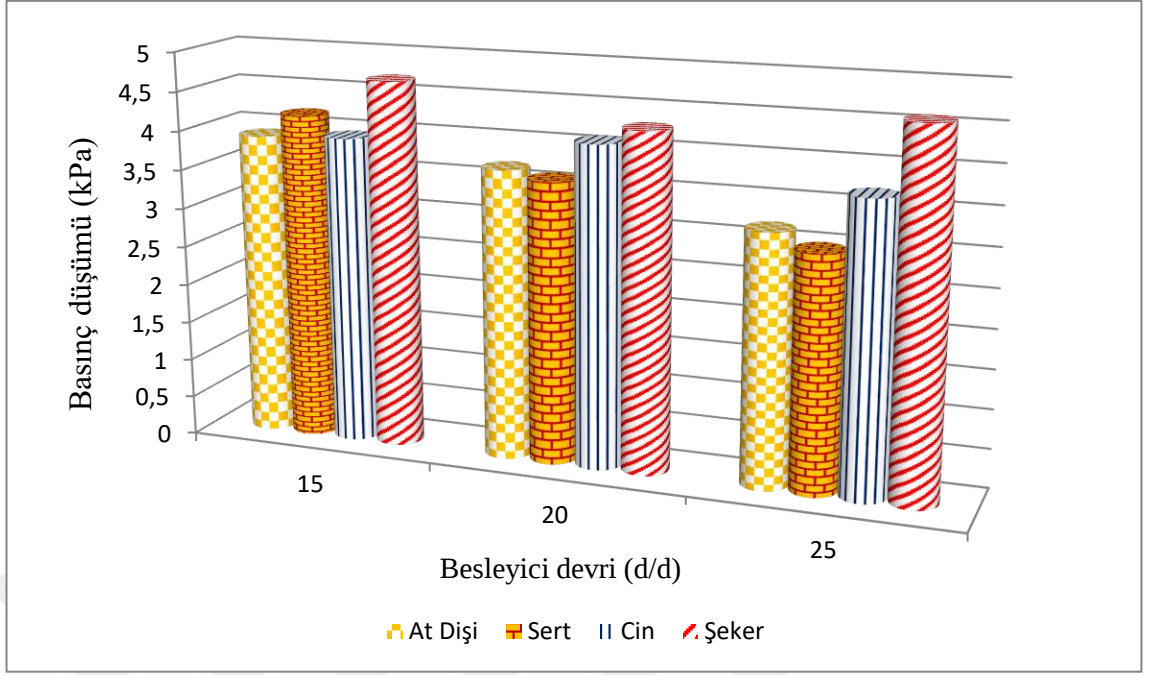
Şekil 4.40 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 54.5 mm, devir 2250 d/d)



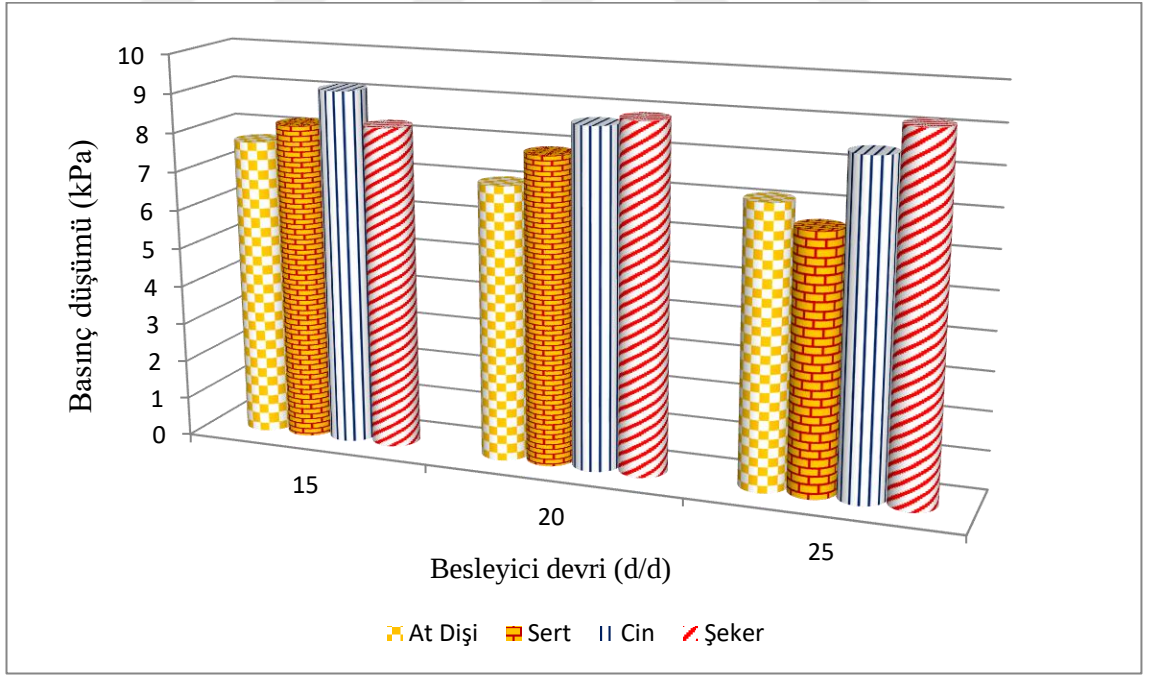
Şekil 4.41 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 70.3 mm, devir 1150 d/d)



Şekil 4.42 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 70.3 mm, devir 1450 d/d)



Şekil 4.43 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 70.3 mm, devir 1750 d/d)



Şekil 4.44 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletim kapasitesine göre basınç düşümü (çap 70.3 mm, devir 2250 d/d)

4.4.5 Dane mısır grubunda boru çapının basınç düşümü ve güç tüketimine etkisi

At dişi, sert, cin ve şeker mısır gruplarının doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi incelenirken farklı besleyici dönüş hızları (15 d/d, 20 d/d, 25 d/d), dört farklı kompresör dönüş hızları (1150 d/d, 1450 d/d, 1750 d/d, 2250 d/d) ve üç farklı boru çapı (70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm) kullanılmıştır. İlgili grafikler Şekil 4.45-4.56 'da ve Çizelge 4.21-4.24' de verilmiştir.

70.3 mm boru çapında, 20 d/d besleyici dönüş hızında, 1450 d/d kompresör dönüş hızında, basınç düşümleri at dişi mısırdaki 0.93 kPa/m, sert mısırdaki 0.97 kPa/m, cin mısırdaki 1.00 kPa/m ve şeker mısırdaki 2.20 kPa/m ve güç tüketimleri sırasıyla 1.39 kW, 1.33 kW, 1.38 kW ve 1.37 kW ölçülmüştür.

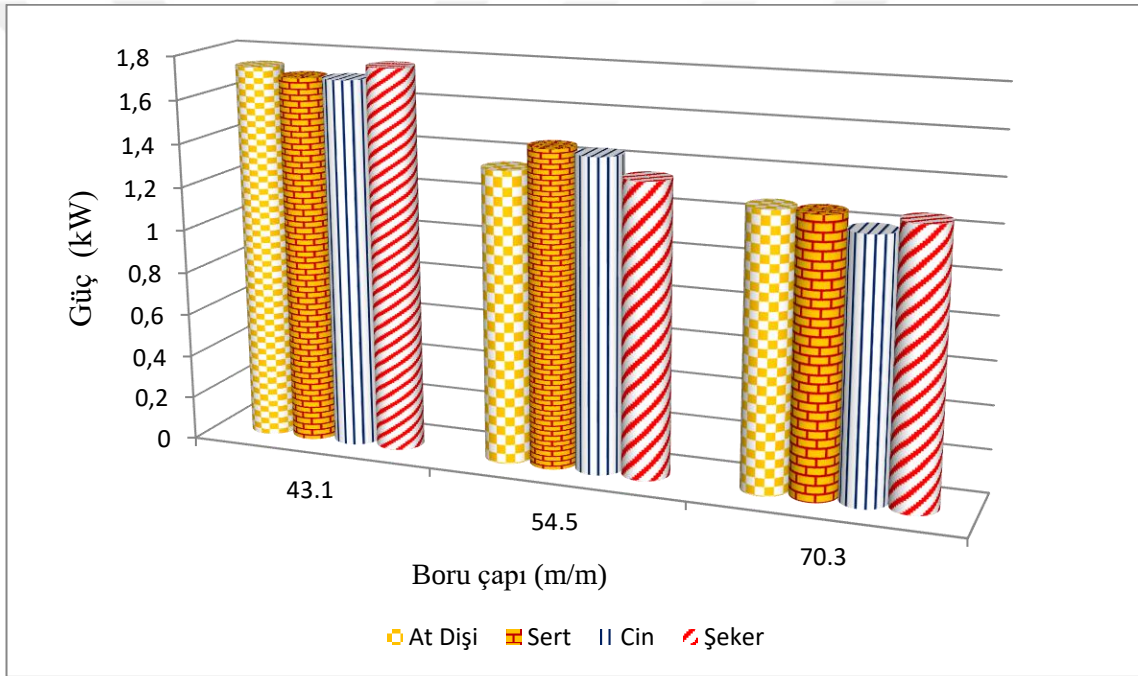
54.5 mm boru çapında, 20 d/d besleyici dönüş hızında, 1450 d/d kompresör dönüş hızında, basınç düşümleri at dişi mısırdaki 12.23 kPa/m, sert mısırdaki 12.43 kPa/m, cin mısırdaki 13.35 kPa/m ve şeker mısırdaki 13.23 kPa/m olmuştur. Güç tüketimleri de at dişi mısırdaki 1.63 kW, sert mısırdaki 1.72 kW, cin mısırdaki 1.70 kW ve şeker mısırdaki 1.66 kW ölçülmüştür.

43.1 mm boru çapında, 20 d/d besleyici dönüş hızında, 1450 d/d kompresör dönüş hızında, basınç düşümleri at dişi mısır 25.97 kPa/m, sert mısır 27.63 kPa/m, cin mısır 24.60 kPa/m ve şeker mısır 26.17 kPa/m olmuştur. Güç tüketimleri de at dişi mısır 2.34 kW, sert mısır 2.44 kW, cin mısır 2.39 kW ve şeker mısır 2.37 kW ölçülmüştür.

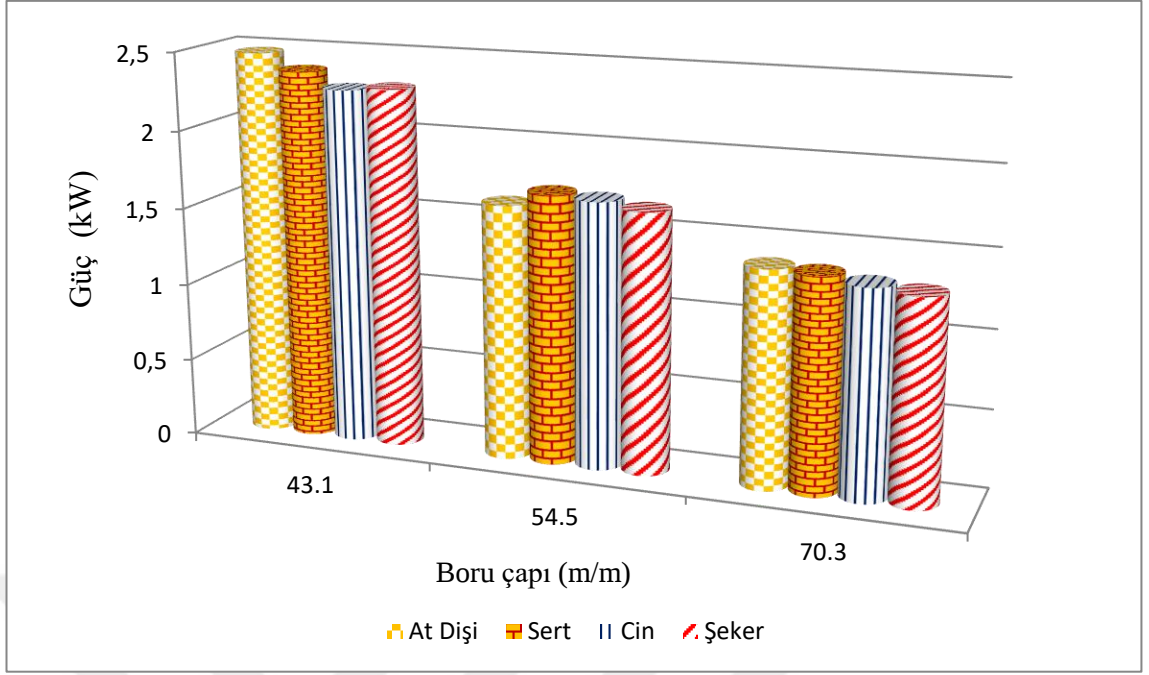
Doğal nem değerlerine sahip mısır grupları pnömatik iletim tesisinde iletilirken boru çapının küçülmesiyle beraber basınç düşümü ve güç tüketimi artmıştır. Tüm mısır gruplarında basınç düşümleri ve güç tüketimleri yakın değerlerdedir.

Şekil 4.45-4.56'in incelenmesinde besleyici dönüş hızı ve kompresör dönüş hızı sabit tutulmuş boru çapları değiştirilmiştir. Tüm mısır gruplarında boru çapının artmasıyla beraber güç tüketiminde de azalmalar olmuştur. Örnek verecek olursak Şekil 4.49'da

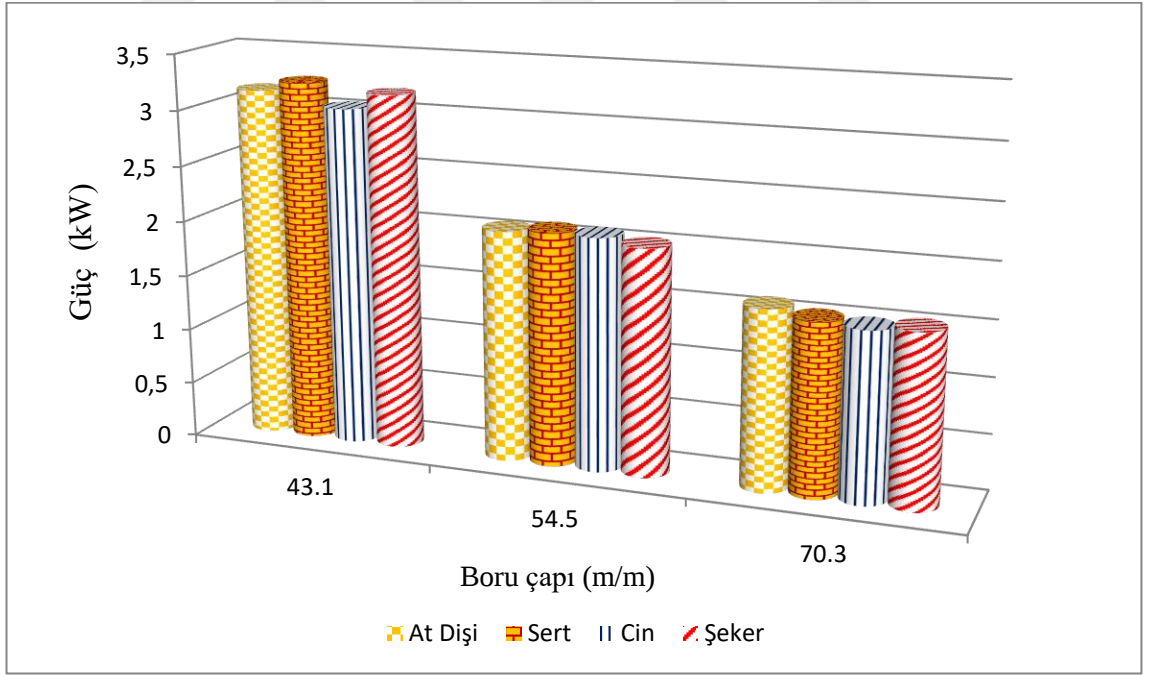
doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi incelenmiş (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1150 d/d olarak sabit tutulmuş) üç farklı boru çapında tüm mısır gruplarında boru çapının küçülmesiyle beraber güç tüketiminde artışlar olmuştur. 70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm boru çaplarına sırasıyla güç tüketimi, at dişi mısır grubunda 1.2 kW, 1.4 kW, 1.8 kW, sert mısır grubunda 1.2 kW, 1.5 kW, 1.8 kW, cin mısır grubunda 1.2 kW, 1.5 kW, 1.7 kW ve şeker mısır grubunda 1.2 kW, 1.4 kW, 1.8 kW olarak ölçülmüştür. Boru çapının artmasıyla güç tüketiminin azalması, basınç düşümünün ve iletim hızının azalmasından kaynaklanmaktadır (Güner 2006).



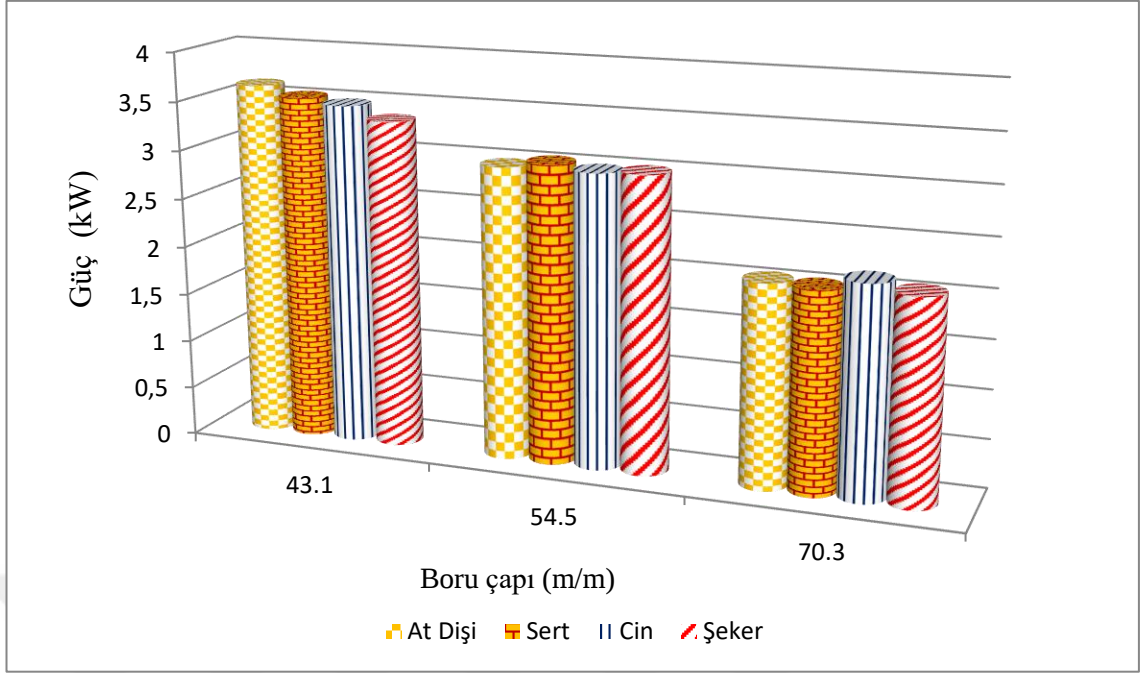
Şekil 4.45 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1150 d/d)



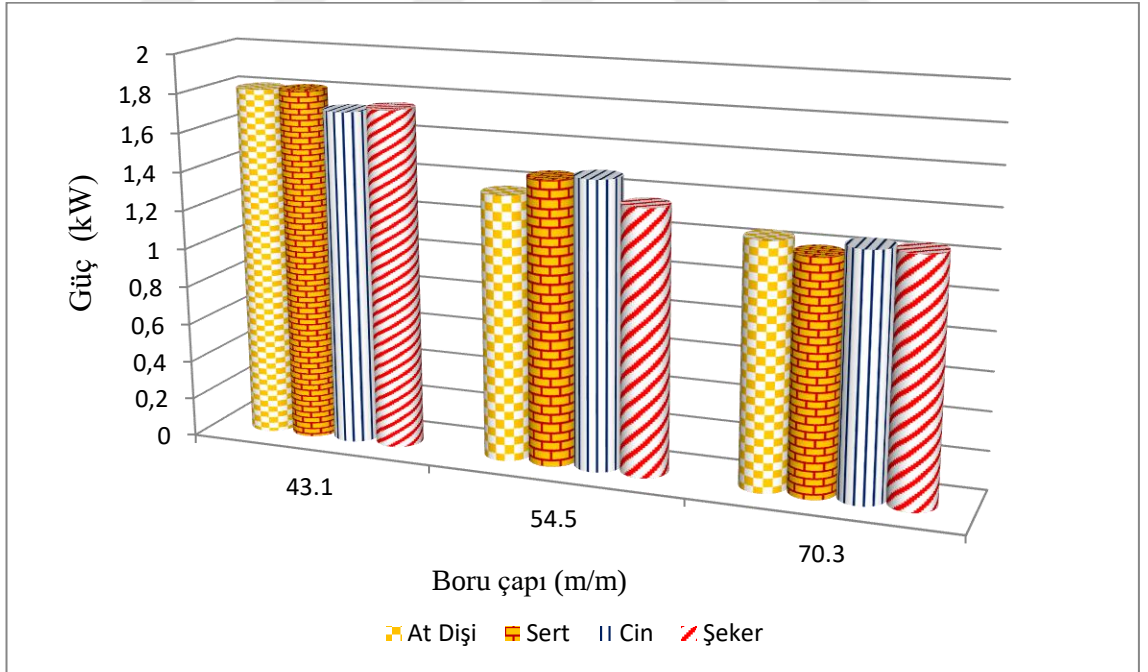
Şekil 4.46 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



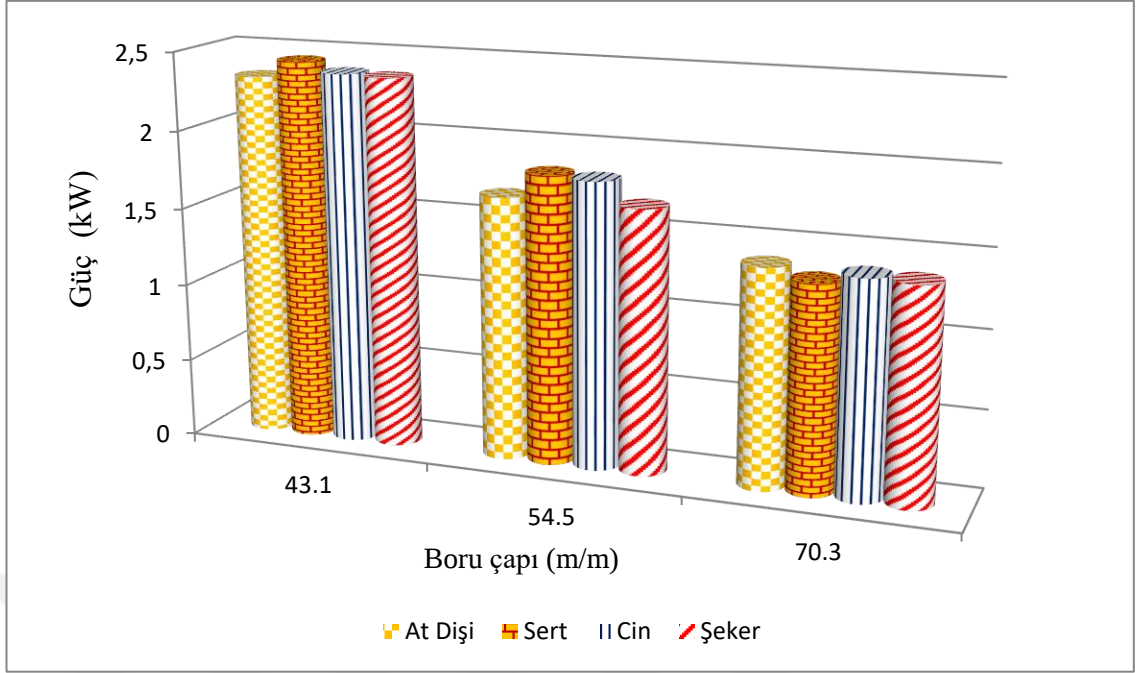
Şekil 4.47 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



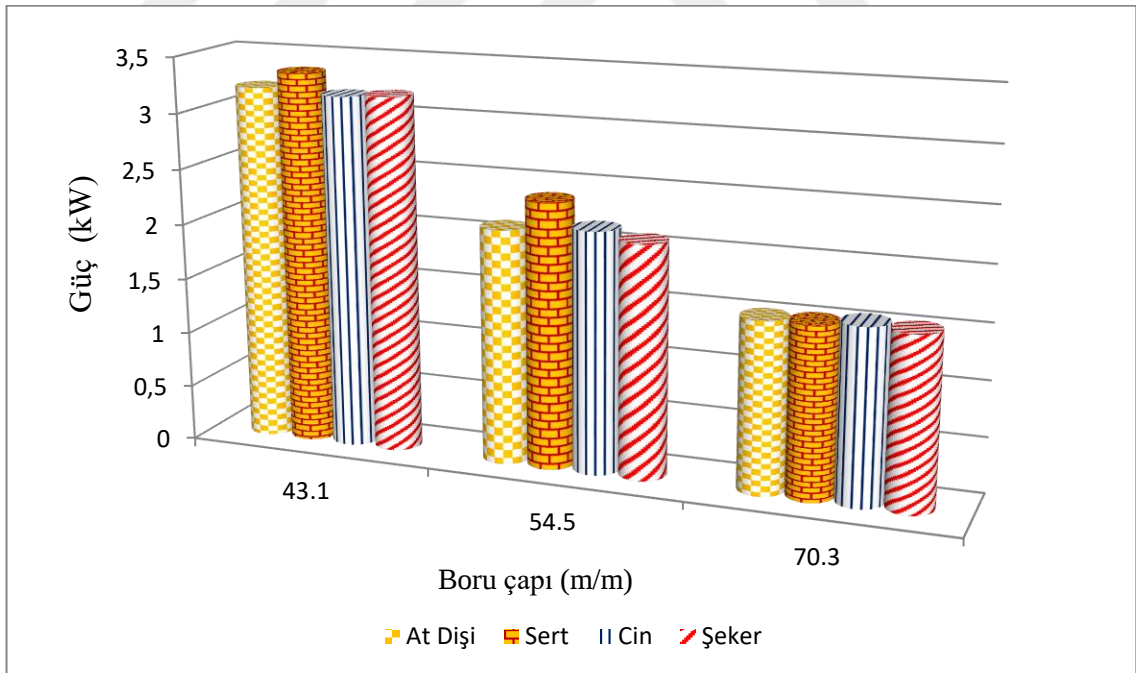
Şekil 4.48 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 15 d/d, kompresör devri 2250 d/d)



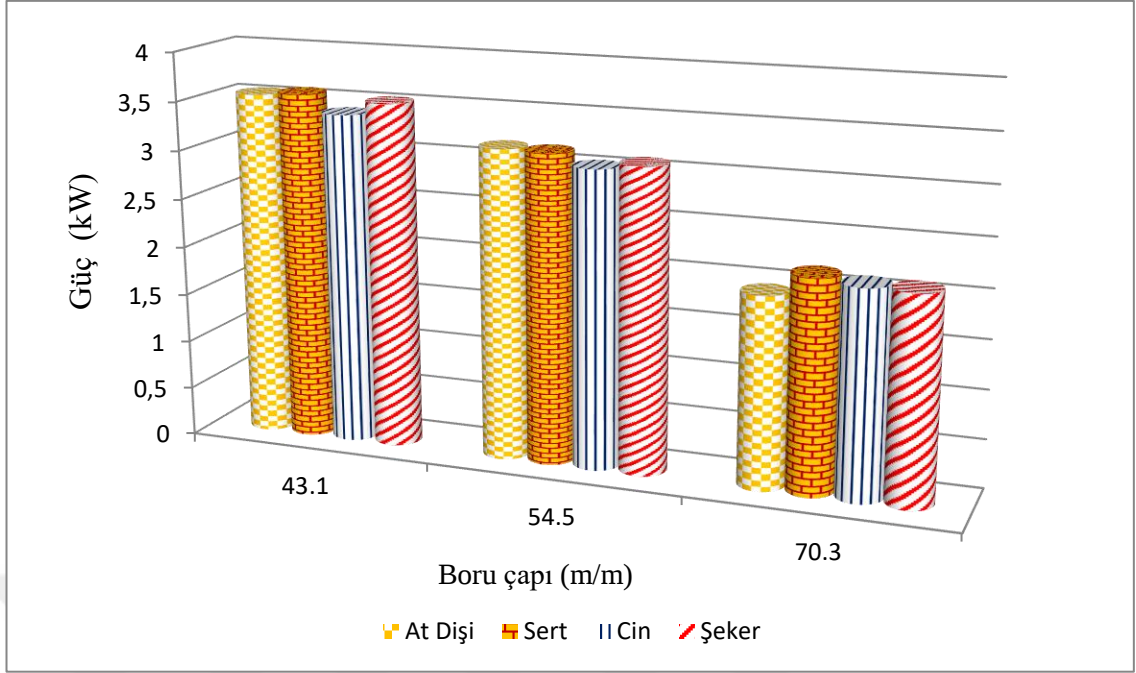
Şekil 4.49 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1150 d/d)



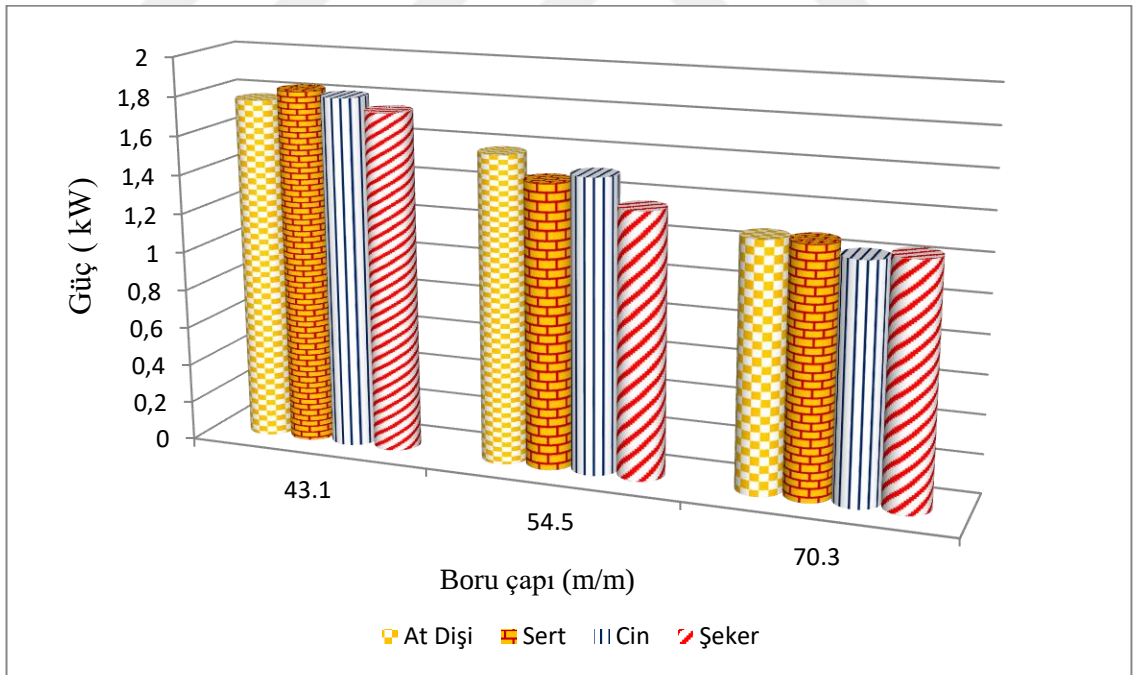
Şekil 4.50 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



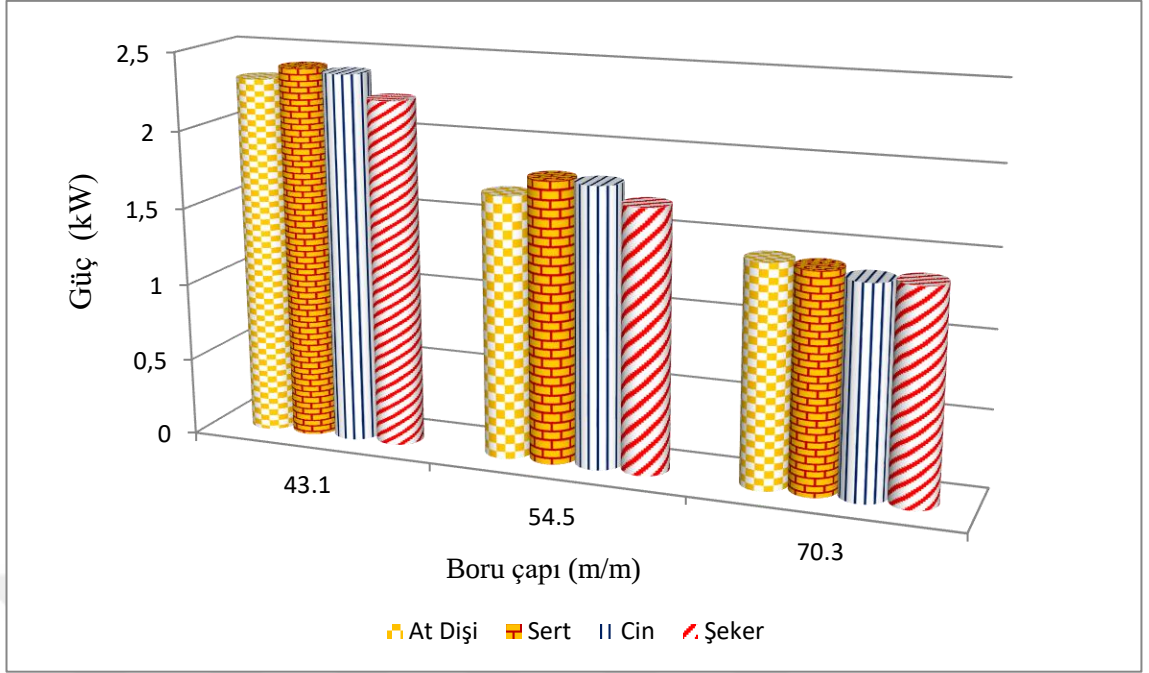
Şekil 4.51 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



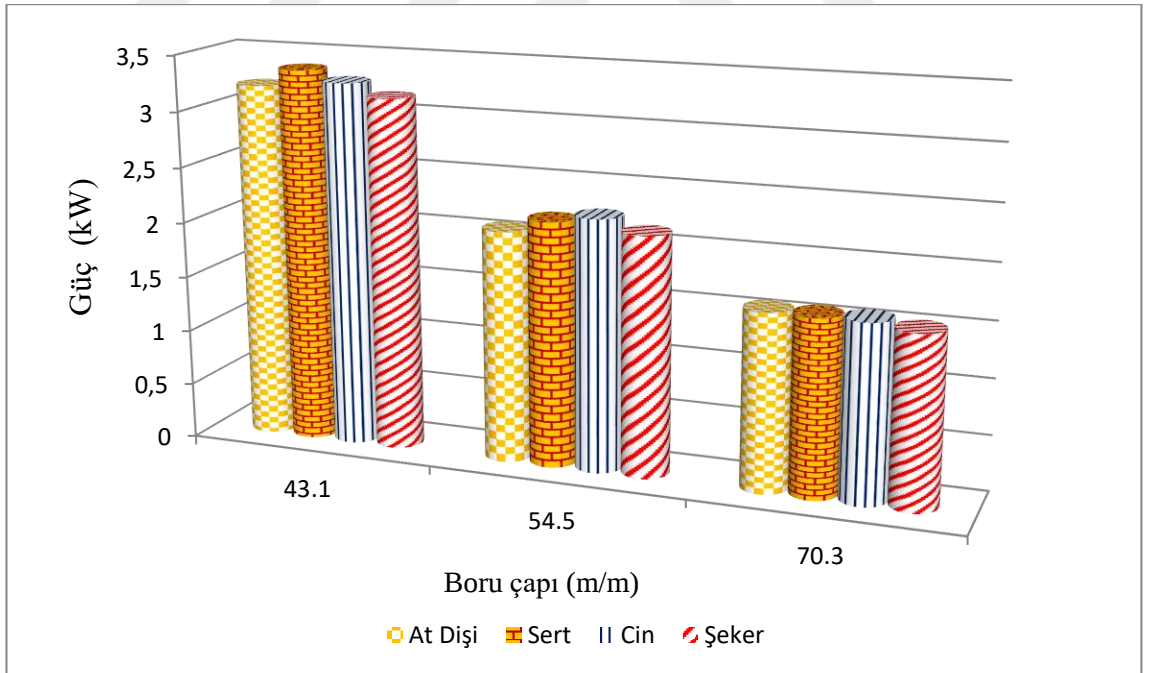
Şekil 4.52 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 2250 d/d)



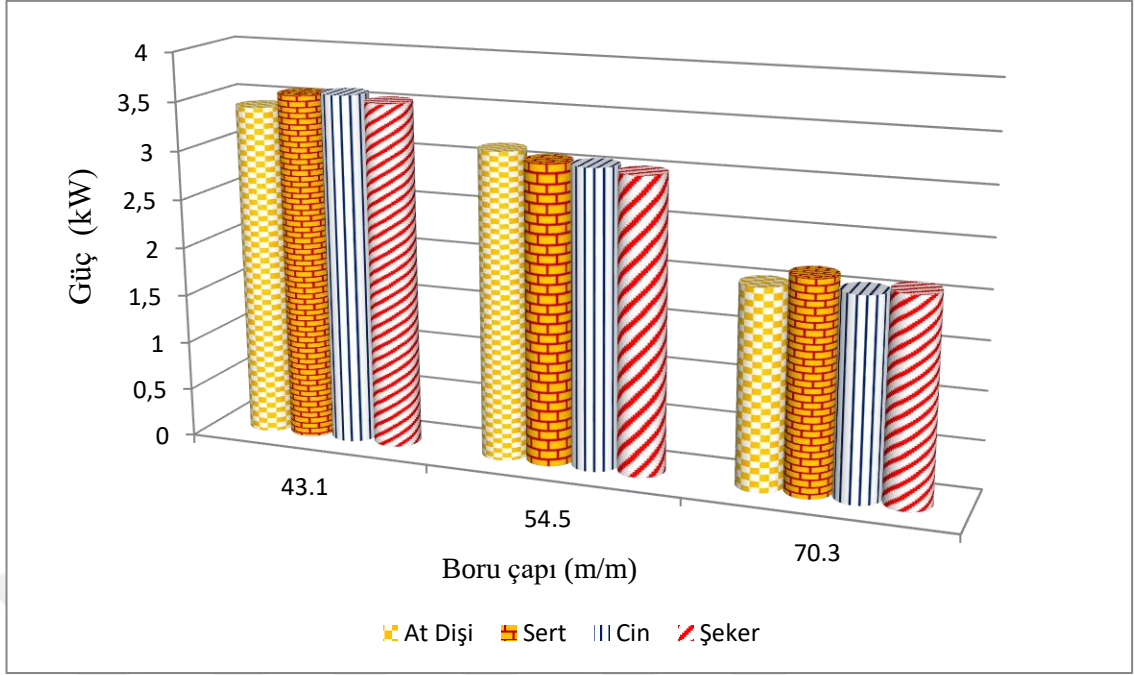
Şekil 4.53 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1150 d/d)



Şekil 4.54 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



Şekil 4.55 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



Şekil 4.56 Doğal nem değerinde farklı boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (besleyici devri 25 d/d, kompresör devri 2250 d/d)

Çizelge 4.21 At dişi mısır iletiminde boru çapının basınç düşümüne ve güç tüketimine etkisi

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru Çapı (mm)	Kompresör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)
1	15	70.3	1150	1.27	1.33
2	15	70.3	1450	1.38	1.40
3	15	70.3	1750	1.62	3.97
4	15	70.3	2250	2.08	7.70
5	20	70.3	1150	1.25	0.70
6	20	70.3	1450	1.39	0.93
7	20	70.3	1750	1.54	3.70
8	20	70.3	2250	1.96	7.07
9	25	70.3	1150	1.27	0.33
10	25	70.3	1450	1.42	1.30
11	25	70.3	1750	1.60	3.23
12	25	70.3	2250	2.05	7.17
13	15	54.5	1150	1.35	5.80
14	15	54.5	1450	1.63	13.23
15	15	54.5	1750	2.07	18.10
16	15	54.5	2250	2.99	22.77
17	20	54.5	1150	1.37	7.10
18	20	54.5	1450	1.68	12.23
19	20	54.5	1750	2.12	18.50
20	20	54.5	2250	3.17	22.87
21	25	54.5	1150	1.58	5.33
22	25	54.5	1450	1.69	11.47
23	25	54.5	1750	2.09	17.13
24	25	54.5	2250	3.12	22.15
25	15	43.1	1150	1.74	16.27
26	15	43.1	1450	2.48	30.97
27	15	43.1	1750	3.17	35.43
28	15	43.1	2250	3.64	22.97
29	20	43.1	1150	1.81	15.07
30	20	43.1	1450	2.34	25.97
31	20	43.1	1750	3.22	33.43
32	20	43.1	2250	3.55	22.47
33	25	43.1	1150	1.78	13.27
34	25	43.1	1450	2.32	23.08
35	25	43.1	1750	3.24	32.60
36	25	43.1	2250	3.42	22.67

Çizelge 4.22 Sert mısır iletiminde boru çapının basınç düşümüne ve güç tüketimine

etkisi

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kompresör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)
1	15	70.3	1150	1.26	1.26
2	15	70.3	1450	1.37	1.25
3	15	70.3	1750	1.55	4.20
4	15	70.3	2250	2.05	8.20
5	20	70.3	1150	1.20	0.90
6	20	70.3	1450	1.33	0.97
7	20	70.3	1750	1.54	3.67
8	20	70.3	2250	2.18	7.90
9	25	70.3	1150	1.28	0.53
10	25	70.3	1450	1.41	0.97
11	25	70.3	1750	1.59	3.05
12	25	70.3	2250	2.18	6.67
13	15	54.5	1150	1.41	6.87
14	15	54.5	1450	1.72	13.55
15	15	54.5	1750	2.10	18.27
16	15	54.5	2250	3.05	22.67
17	20	54.5	1150	1.46	4.27
18	20	54.5	1450	1.84	12.43
19	20	54.5	1750	2.30	18.20
20	20	54.5	2250	3.16	22.07
21	25	54.5	1150	1.46	5.83
22	25	54.5	1450	1.82	12.50
23	25	54.5	1750	2.21	17.87
24	25	54.5	2250	3.07	21.87
25	15	43.1	1150	1.70	14.90
26	15	43.1	1450	2.38	29.50
27	15	43.1	1750	3.26	37.37
28	15	43.1	2250	3.54	21.67
29	20	43.1	1450	1.82	13.84
30	20	43.1	1750	2.44	27.63
31	20	43.1	2250	3.37	34.57
32	20	43.1	1150	3.59	22.07
33	25	43.1	1450	1.83	16.60
34	25	43.1	1750	2.40	25.10
35	25	43.1	2250	3.38	33.80
36	25	43.1	2250	3.58	23.45

Çizelge 4.23 Cın mısır iletiminde boru çapının basınç düşümüne ve güç tüketimine etkisi

Deneme sırası	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kompresör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)
1	15	70.3	1150	1.20	1.00
2	15	70.3	1450	1.33	1.15
3	15	70.3	1750	1.52	3.95
4	15	70.3	2250	2.16	9.15
5	20	70.3	1150	1.25	1.00
6	20	70.3	1450	1.38	1.00
7	20	70.3	1750	1.57	4.10
8	20	70.3	2250	2.12	8.70
9	25	70.3	1150	1.22	0.95
10	25	70.3	1450	1.36	1.15
11	25	70.3	1750	1.59	3.70
12	25	70.3	2250	2.06	8.45
13	15	54.5	1150	1.44	7.30
14	15	54.5	1450	1.70	13.00
15	15	54.5	1750	2.09	18.00
16	15	54.5	2250	3.01	21.95
17	20	54.5	1150	1.48	7.00
18	20	54.5	1450	1.83	13.35
19	20	54.5	1750	2.17	18.45
20	20	54.5	2250	3.04	21.75
21	25	54.5	1150	1.51	7.00
22	25	54.5	1450	1.80	12.55
23	25	54.5	1750	2.26	18.50
24	25	54.5	2250	3.06	21.30
25	15	43.1	1150	1.71	18.35
26	15	43.1	1450	2.29	28.60
27	15	43.1	1750	3.05	35.55
28	15	43.1	2250	3.49	23.40
29	20	43.1	1150	1.73	13.55
30	20	43.1	1450	2.39	24.60
31	20	43.1	1750	3.18	30.75
32	20	43.1	2250	3.40	22.60
33	25	43.1	1150	1.82	13.13
34	25	43.1	1450	2.39	25.85
35	25	43.1	1750	3.28	34.40
36	25	43.1	2250	3.60	22.90

Çizelge 4.24 Şeker mısır iletiminde boru çapının basınç düşümüne ve güç tüketimine etkisi

Deneme Sıra	Besleyici devri (d/d)	Boru çapı (mm)	Kompresör devri (d/d)	Güç (kW)	Basınç düşümü (kPa/m)
1	15	70.3	1150	1.26	0.60
2	15	70.3	1450	1.31	2.77
3	15	70.3	1750	1.55	4.75
4	15	70.3	2250	2.08	8.30
5	20	70.3	1150	1.25	1.23
6	20	70.3	1450	1.37	2.20
7	20	70.3	1750	1.56	4.35
8	20	70.3	2250	2.11	8.93
9	25	70.3	1150	1.24	1.20
10	25	70.3	1450	1.37	1.85
11	25	70.3	1750	1.54	4.67
12	25	70.3	2250	8.38	9.17
13	15	54.5	1150	1.35	7.35
14	15	54.5	1450	1.66	12.90
15	15	54.5	1750	2.04	18.03
16	15	54.5	2250	3.02	23.10
17	20	54.5	1150	1.37	6.33
18	20	54.5	1450	1.68	13.23
19	20	54.5	1750	2.10	18.70
20	20	54.5	2250	3.11	23.43
21	25	54.5	1150	1.36	6.33
22	25	54.5	1450	1.69	12.30
23	25	54.5	1750	2.15	18.90
24	25	54.5	2250	3.02	21.77
25	15	43.1	1150	1.77	17.23
26	15	43.1	1450	2.31	27.30
27	15	43.1	1750	3.19	36.20
28	15	43.1	2250	3.36	21.55
29	20	43.1	1150	1.75	15.33
30	20	43.1	1450	2.37	26.17
31	20	43.1	1750	3.21	34.90
32	20	43.1	2250	3.55	22.70
33	25	43.1	1150	1.75	14.93
34	25	43.1	1450	2.23	22.23
35	25	43.1	1750	3.17	34.30
36	25	43.1	2250	3.55	24.43

4.4.6 Dane mısır grubunda nemin güç tüketimine etkisi

At dişi, sert, cin ve şeker mısır gruplarının farklı nem değeriinde güç tüketimine etkisi incelenirken besleyici dönüş hızı sabit 20 d/d, kompresörün iki farklı dönüş hızı (1450 d/d ve 1750 d/d) ve üç farklı boru çapı (70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm) kullanılmıştır (Şekil 4.57-4.62). Grafiklerde farklı nem değeriilerine göre dört farklı dane mısır grubunun güç tüketimine tesiri verilmiştir. Grafikler incelendiğinde tüm mısır gruplarında nem değeriinin artmasıyla beraber güç tüketiminde artışlar olduğu gözlenmiştir.

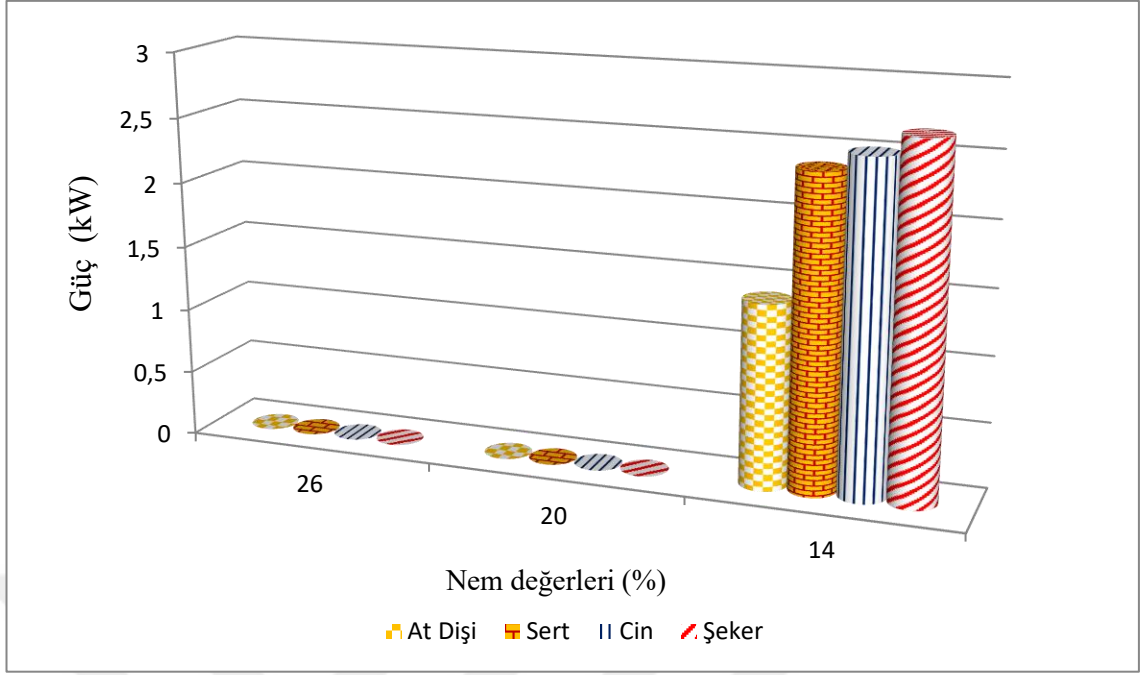
Şekil 4.57 ve 4.58’de boru çapı 43.1 mm besleyici dönüş hızı 20 d/d kompresör dönüş hızı da 1450 d/d ve 1750 d/d olduğu şartlarında materyalin nem değeri %14, %20 ve %26 olarak ayarlanmış ve güç tüketimleri (kW) olarak hesaplanmışır. 43.1 mm boru çapının tüm koşulları denenmek istemiş ancak iletim materyalinin doğal nem değeriinin üstüne çıktığı değeriilerde iletim hattında tıkanmalar gözlenmiş, iletim sorunlarıyla karşılaşmış ve pnömatik iletim gerçekleşmemiştir. Mısır danesinin nemi %14’ü geçmeye başladığı değeriilerde iletim sorunları da başlamıştır. Aynı boru çapında materyalin nem değeri %18 olarak da bir deneme yapılmaya çalışılmış ancak iletim sağlıklı olmıştır. Dolayısıyla materyalin %14 nem değeriinde iletim verileri alınabilmiş ancak daha üstü nem değeriilerinde %20 ve %26 iletim pnömatik iletim sağlanamadığından veriler alınamamıştır. Pnömatik iletim tesisinde iletim materyali dane mısırın neminin değeri %14’ten büyük olması durumunda 43.1 mm boru çapı uygun olamamaktadır. Ya da pnömatik iletim 43.1 mm boru çapında gerçekleşmesi durumunda iletim materyalinin nem değeri %14’ü geçmemesi gerekmektedir.

Şekil 4.59 ve 4.60 ‘da boru çapı 54.5 mm besleyici dönüş hızı 20 d/d kompresör dönüş hızı da 1450 d/d ve 1750 d/d olduğu şartlarında materyalin nem değeri %14, %20 ve %26 olarak ayarlanmış ve güç tüketimleri (kW) olarak yazılmışır. Örnek olarak Şekil 4.59’da değeri %14, %20 ve %26 nem değeriinde 54.5 mm boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi incelenmiş besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d olarak sabit tutulmuş, tüm mısır gruplarında nem değeriilerinin yükselmesiyle beraber güç tüketiminde artışlar olmuştur. %14, %20 ve %26 nem değeriinde sırasıyla güç tüketimi; at dişi mısır grubunda 1.6 kW, 1.7 kW, 1.9 kW, sert mısır grubunda 1.7 kW, 1.9 kW, 2.0 kW, cin mısır grubunda 1.6 kW, 1.8 kW, 2.2 kW ve şeker mısır grubunda

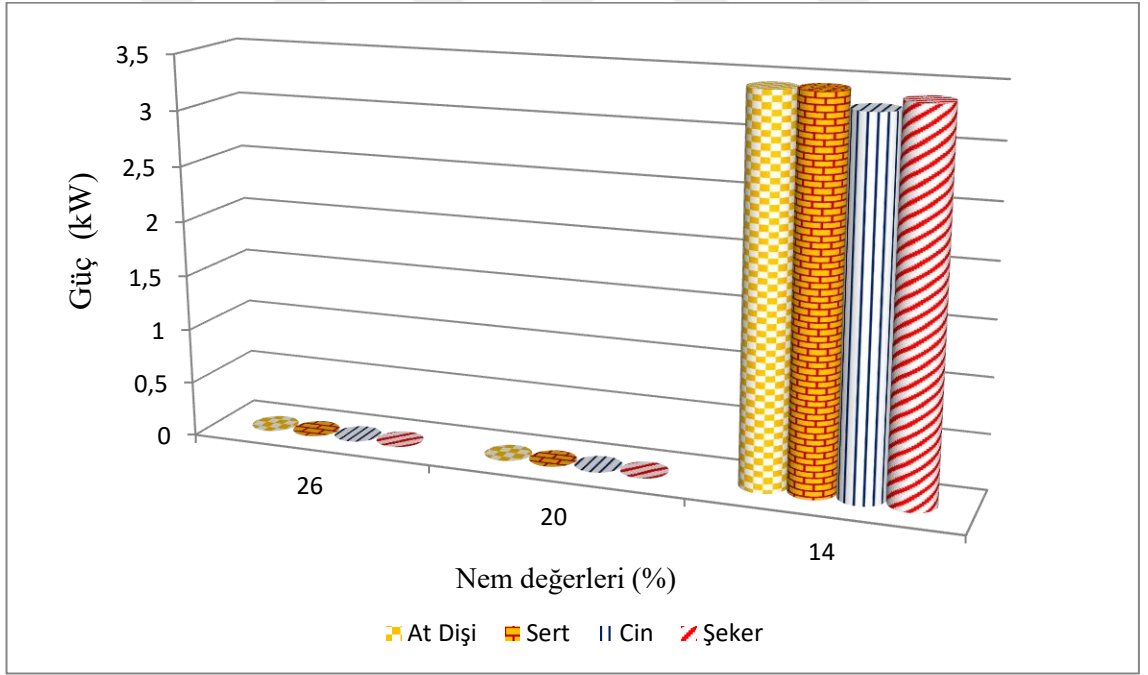
1.6 kW, 1.7 kW, 1.8 kW olarak ölçülmüştür. Pnömatik iletim tesisinde, iletim boru çapının 54.5 mm olduğu koşulda iletim materyali olan dane mısır gruplarının nem değerlerindeki artışla beraber tesisin toplam güç tüketim ihtiyacı da artmaktadır.

Şekil 4.61 ve 4.62 'd boru çapı 70.3 mm besleyici dönüş hızı 20 d/d kompresör dönüş hızı da 1450 d/d ve 1750 d/d olduğu şartlarında materyalin nem değeri %14, %20 ve %26 olarak ayarlanmış ve güç tüketimleri (kW) olarak hesaplanmıştır. Örneğin Şekil 4.61'de değeri %14, %20 ve %26 nem değerinde 70.3 mm boru çapında dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi incelenmiş (besleyici devri 20 d/d. kompresör devri 1750 d/d) olarak sabit tutulmuş, tüm mısır gruplarında nem değerlerinin artışıyla beraber güç tüketiminde yükselmeler çok düşük miktarlarda olmuştur. %14, %20 ve %26 nem değerinde sırasıyla güç tüketimi; at dişi mısır grubunda 1.60 kW, 1.62 kW, 1.68 kW, sert mısır grubunda 1.60 kW, 1.61 kW, 1.63 kW, cin mısır grubunda 1.57 kW, 1.64 kW, 1.62 kW ve şeker mısır grubunda 1.6 kW, 1.63 kW, 1.60 kW olarak ölçülmüştür. Pnömatik iletim tesisinde, iletim boru çapının 70.3 mm olduğu durumda iletim materyali olan dane mısır gruplarının nem değerlerindeki artışlar, pnömatik iletim tesisin toplam güç tüketim ihtiyacına tesiri yok denecek kadar düşük düzeyde kalmaktadır.

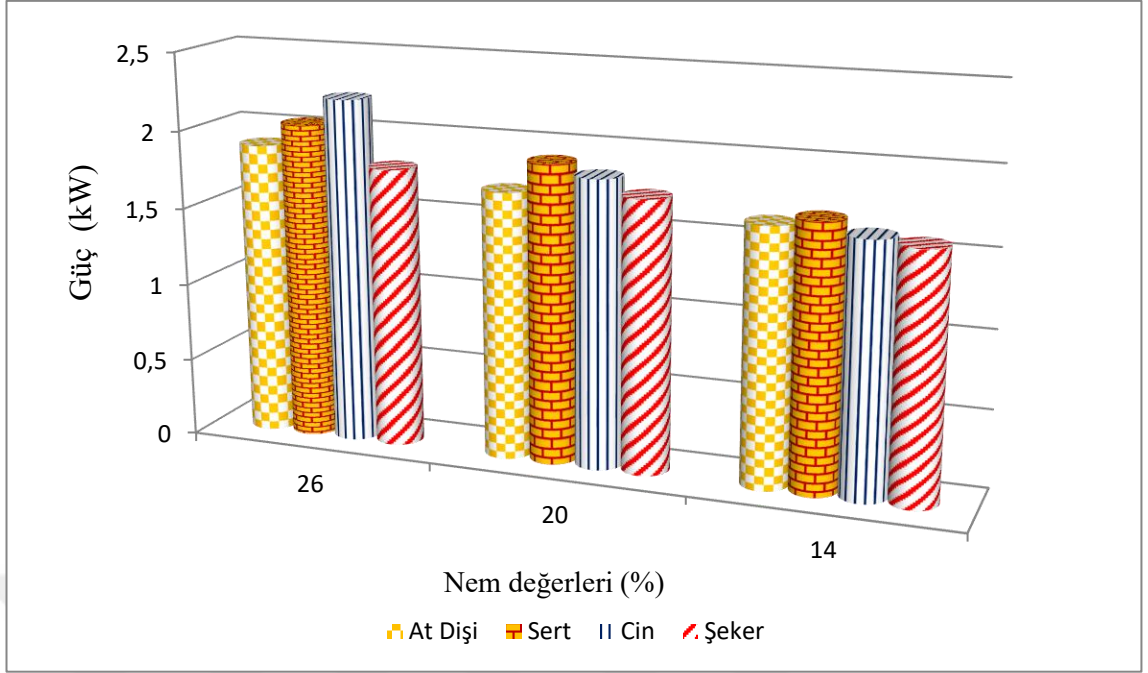
Pnömatik iletim tesisinde iletim materyalinin nem değerlerinde artış ile tesisin güç tüketim ihtiyacı göz önüne alındığında; 70.3 mm boru çapı 54.5 mm boru çapına göre avantajlı olduğu, 43.1 mm boru çapının ise iletim materyalinin %14 nem değerinden sonra pnömatik iletimde kullanılmaması gerektiği anlaşılmıştır.



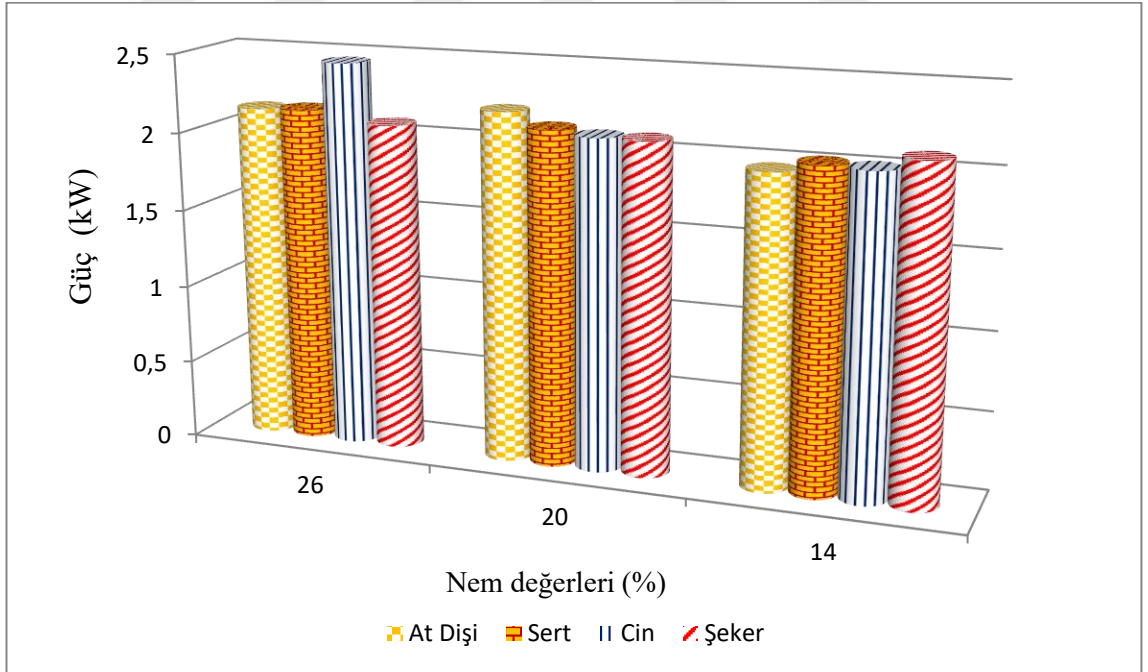
Şekil 4.57 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 43.1 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



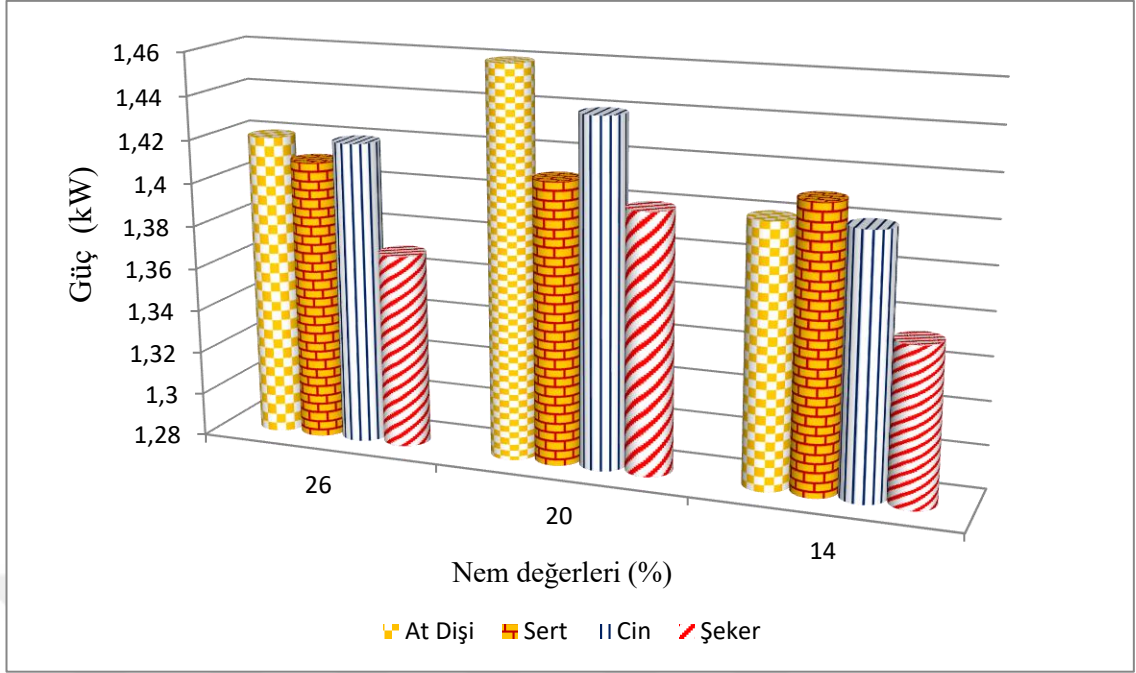
Şekil 4.58 Farklı nem değerinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 43.1 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



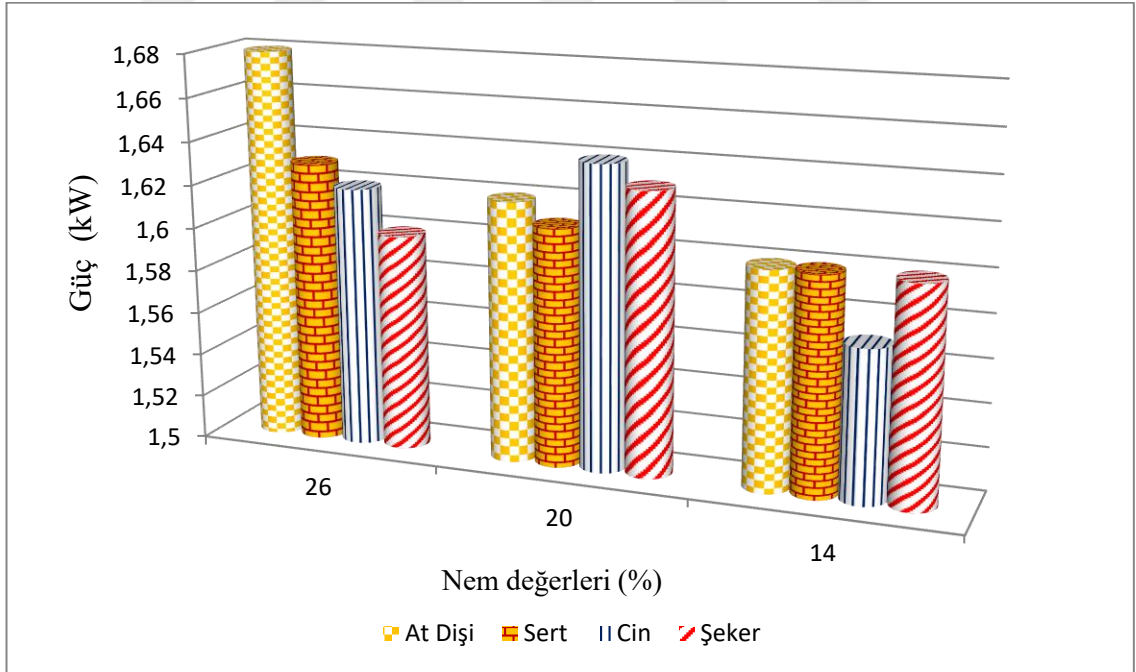
Şekil 4.59 Farklı nem değeriinde dane mısıır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 54.5 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



Şekil 4.60 Farklı nem değeriinde dane mısıır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 54.5 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



Şekil 4.61 Farklı nem değeriinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 70.3 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



Şekil 4.62 Farklı nem değeriinde dane mısır grubunun güç tüketimine etkisi (boru çapı 70.3 mm besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)

4.4.7 Dane mısır grubunda hava hızının mekanik zedelenmeye etkisi

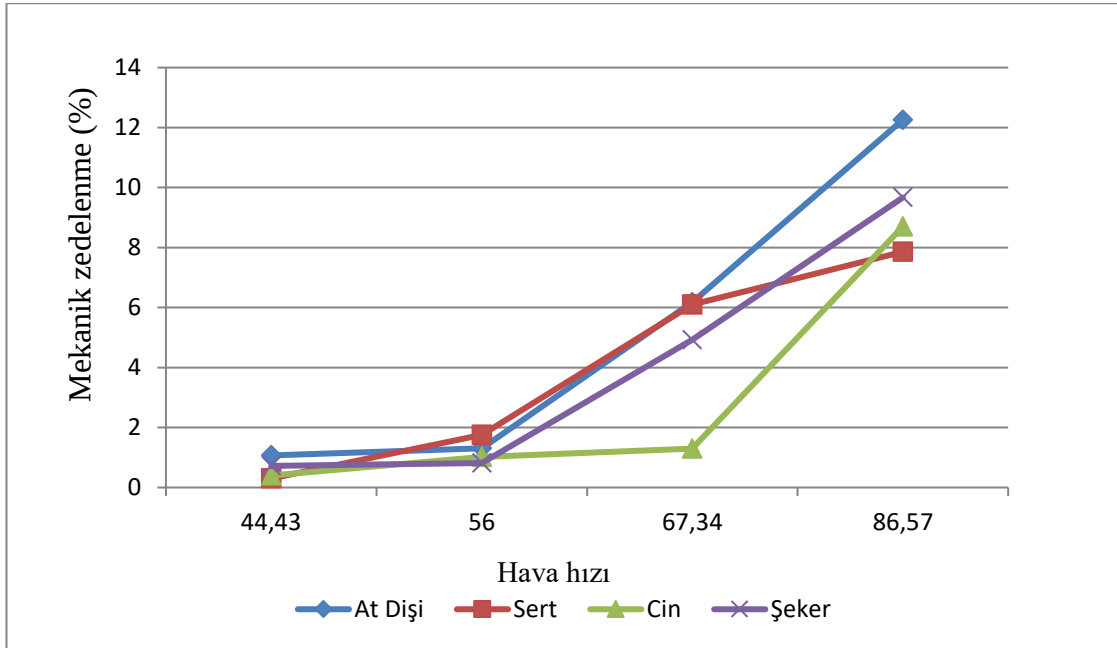
At dişi, sert, cin ve şeker mısır gruplarının doğal nem değerinde besleyici dönüş hızı sabit (20 d/d) dört farklı kompresörün dönüş hızı (1150, 1450 d/d, 1750 d/d ve 2250 d/d) ve üç farklı boru çapı (70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm) kullanılarak elde edilen iletimde borularda oluşan mekanik zedelenme verileri saptanmıştır. Şekil 4.63'te 43.1 mm, Şekil 4.64'de 54.5 mm ve Şekil 4.65'te 70.3 mm boru çapında besleyici dönüş hızı 20 d/d, kompresör dönüş hızı da 1150, 1450, 1750 ve 2250 d/d olduğunda borularda oluşan ve bunlara karşılık gelen hava hızları - mekanik zedelenme oranları grafik şeklinde sunulmuştur.

Şekil 4.63'te doğal nem değerinde dane mısır gruplarının 43.1 mm boru çapında mekanik zedelenme oranları verilmiştir. Hava hızları 44.43 m/s, 55.60 m/s, 67.35 m/s ve 86.58 m/s iken mekanik zedelenme oranı at dişi mısırdaki sırasıyla %1.07, %1.31, %6.17 ve %12.26 belirlenmiştir. Mısır grupları içerisinde mekanik zedelenmeye en fazla maruz kalan at dişi mısır grubudur. Diğer dane mısır grupları da at dişi mısır grubuna yakın oranda ve ama genellikle daha az etkilenmişlerdir. 43.1 mm boru çapından hava hızının artmasıyla mekanik zedelenme oranı da artmıştır. Bu boru çapında tüm mısır gruplarında mekanik zedelenme oranları 44.33 m/s ve 55.60 m/s hava hızlarında %1 civarında veya altındadır. Mekanik zedelenmeden en çok etkilenen at dişi mısır ve diğer mısır gruplarında hava hızı 67.34 m/s'de iken zedelenme % 6 civarı ve altında, hava hızı 86.57 m/s de iken ise zedelenme pik noktası olan %12.26'ye ulaşmış ve diğer gruplar da bunun altında gerçekleşmiştir.

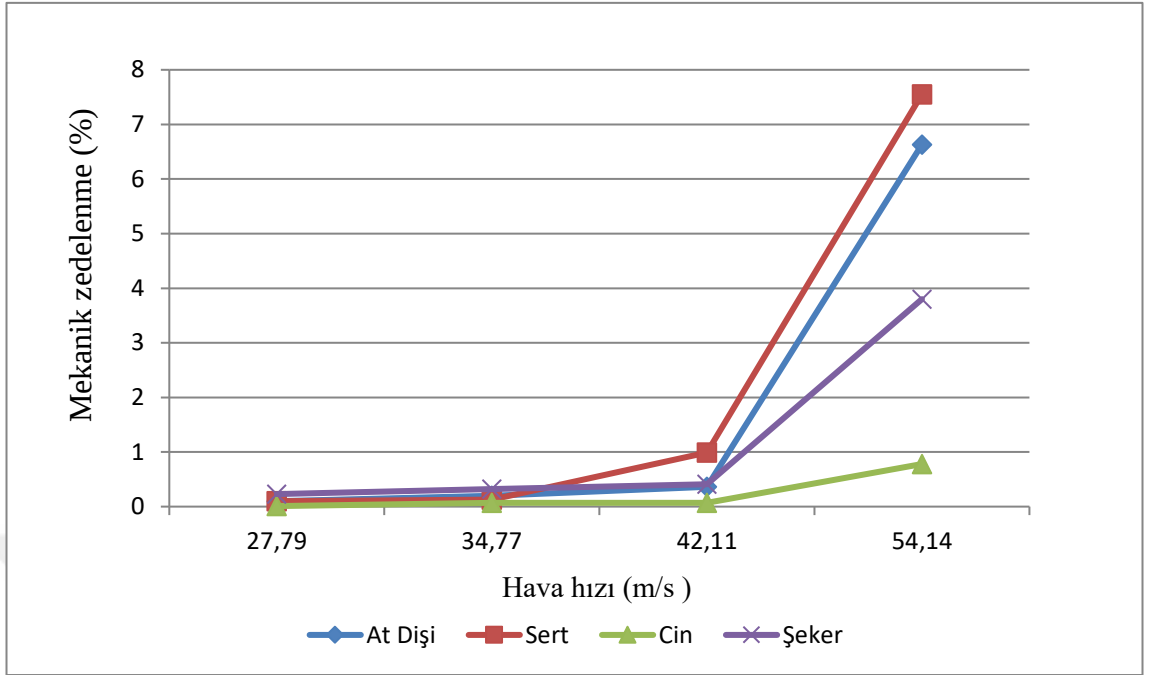
Şekil 4.64'de doğal nem değerinde dane mısır gruplarının 54.5 mm boru çapında ve 20 d/d besleyici dönüş hızında mekanik zedelenme oranları verilmiştir. Sert mısırdaki hava hızları 27.79 m/s, 34.77 m/s, 42.11 m/s ve 54.14 m/s olarak artarken bunlara sırasıyla karşılık gelen mekanik zedelenme oranları da %0.1, %0.13, %0.99 ve %7.55 olarak artmıştır. Bu boru çapı mısır grupları içerisinde mekanik zedelenmeden en çok etkilenen sert mısır grubu çıkmıştır. Diğer gruplarda mekanik zedelenme oranı sert mısıra yakın veya daha azdır. 54.5 mm Boru çapı hava hızının artmasıyla mekanik zedelenme oranı da artmıştır. Mısır gruplarında mekanik zedelenme oranları 27.79 m/s, 34.77 m/s ve

42.11 m/s hızlarında %1'in altındadır. Yüzde birin altında oluşan mekanik zedelenme, pnömatik iletim için tercih edilebilirdir. Bu boru çapındaki iletimde 54.14 m/s'deki hız da oluşan zedelenme oranının tepe noktası %7.55 sert mısır grubunda gerçekleşmiştir. Boru çapı 54.5 mm iken oluşan, %7.5 mekanik zedelenme oranına sahip 54.14 m/s hava hızında gerçekleşen pnömatik iletim tercih edilmemelidir. En çok mekanik zedelenme sert mısır grubunda gerçekleşmiştir. Diğer mısır gruplarında oluşan mekanik zedelenme bu değerlere yakın ya da azdır.

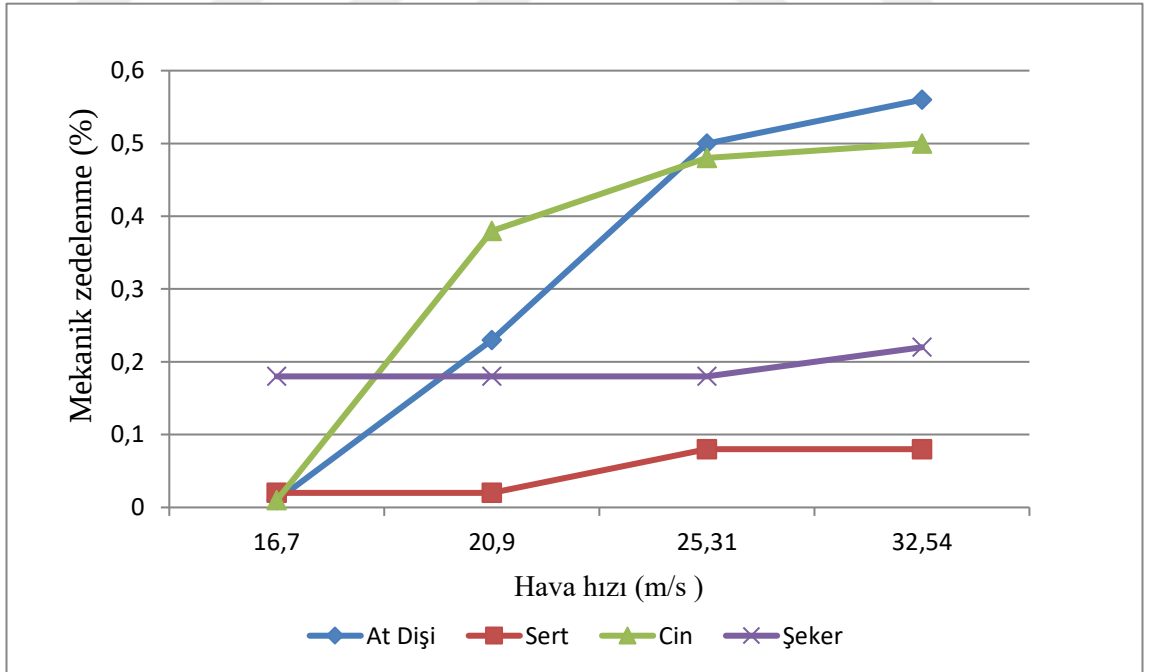
Şekil 4.65'te doğal nem değerinde dane mısır gruplarının 70.3 mm boru çapında ve 20 d/d besleyici dönüş hızında mekanik zedelenme oranları verilmiştir. Hava hızları 16.7 m/s, 20.9 m/s, 25.31 m/s ve 32.54 m/s sırasıyla karşılık gelen mekanik zedelenme oranı %0.6 gerçekleşmiştir. Bu boru çapında mısır grupları mekanik zedelenmeye çok az maruz kalmıştır. 70.3 mm boru çapından hava hızının artmasıyla mekanik zedelenme oranı da az bir miktar artmıştır. 70.3 mm boru çapında tüm mısır gruplarında mekanik zedelenme oranları %0.56'nın altında kalmıştır. Pnömatik iletim tesisinde mekanik zedelenme en az 70.3 mm boru çapında en fazla 43.1 mm boru çapında meydana gelmiştir.



Şekil 4.63 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletiminde hava hızının mekanik zedelenmeye etkisi (43.1 mm boru çapı)



Şekil 4.64 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletiminde hava hızının mekanik zedelenmeye etkisi (54.5 mm boru çapı)



Şekil 4.65 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun iletiminde hava hızının mekanik zedelenmeye etkisi (70.3 mm boru çapı)

4.4.8 Dane mısır grubunda nemin mekanik zedelenmeye etkisi

Dane mısır gruplarının %26, %20 ve %14 nem değerlerinde, tek besleyici dönüş hızı (20 d/d), üç farklı kompresör dönüş hızı (1450 d/d ve 1750 d/d) ve üç farklı boru çapı (70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm) kullanılarak pnömatik iletimde mekanik zedelenmeye etkisi verileri kaydedilmiştir (Şekil 4.66-4.71). Dane mısır gruplarında pnömatik iletim sonucunda elde edilen irili ufaklı kırıklar gözle muayene yöntemiyle sayılmıştır.

Şekil 4.66 dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (43.1 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d, hava hızı 55.60 m/s) incelenmiş, bu şartlarda mekanik zedelenmenin en fazla olduğu grup at dişi mısır grubu olmuştur. 43.1 mm boru çapında, 55.60 m/s hava hızında at dişi mısır grubunda %26, %20 ve %14 nem değerlerine karşılık gelen mekanik zedelenme oranları sırasıyla %2.31, %2.55 ve %3 gerçekleşmiştir. Diğer mısır gruplarında bu değerlerin altında mekanik zedelenme belirlenmiştir. At dişi mısır grubunda ve diğer mısır gruplarında da nem değerinin artmasıyla beraber mekanik zedelenme oranı azalmıştır.

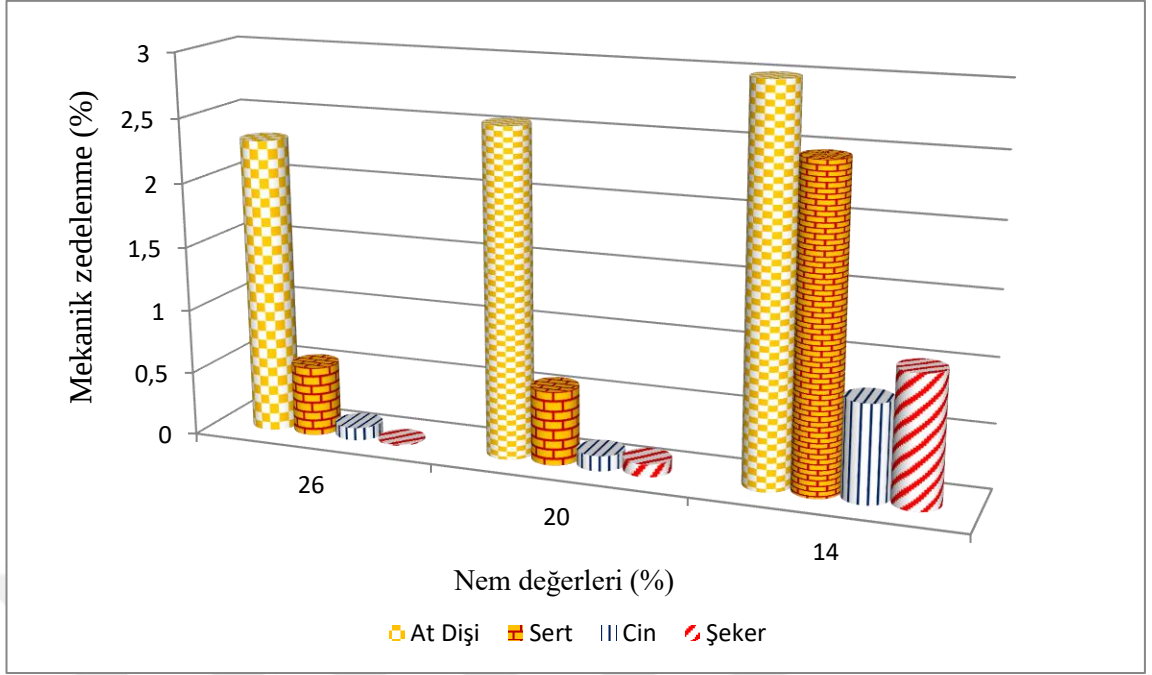
Şekil 4.67’de boru çapı 43.1 mm, hava hızı da 67.34 m/s iken mekanik zedelenmenin en fazla olduğu grup yine at dişi mısır grubu olmuştur. At dişi grubunda %26, %20 ve %14 nem değerlerine karşılık gelen sırasıyla mekanik zedelenme oranları %3.6, %4.3 ve %12.8 çıkmıştır. Tüm mısır gruplarında nem değerinin artmasıyla mekanik zedelenme oranı azalmıştır.

Şekil 4.68’de boru çapı 54.5 mm, hava hızı da 34.77 m/s iken mekanik zedelenmenin en fazla olduğu grup sert mısır grubu olmuştur. Sert mısır grubunda %26, %20 ve %14 nem değerlerine karşılık gelen sırasıyla mekanik zedelenme oranları %0.04, %0.04 ve %1.14 çıkmıştır. %14 nem değerindeki bu pik değerinin dışında 54.5 mm boru çapı, 34.77 m/s hava hızında tüm mısır gruplarında mekanik zedelenme oranı %1’in altındadır. Ve yine tüm mısır gruplarında nem değerinin artmasıyla mekanik zedelenme oranı azalmıştır.

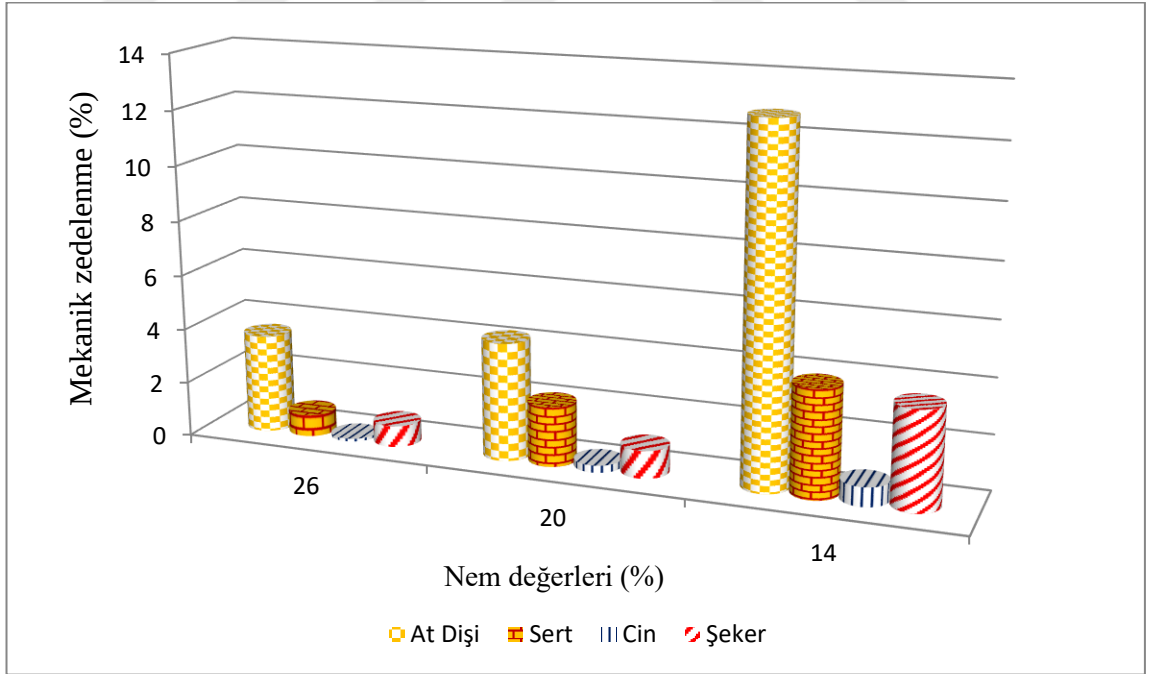
Şekil 4.69’da boru çapı 54.5 mm, hava hızı da 42.11 m/s olduğu koşuda mekanik zedelenmenin en fazla olduğu grup at dişi mısır grubu olmuştur. At dişi mısır grubunda %26, %20 ve %14 nem değerlerine karşılık gelen mekanik zedelenme oranları sırasıyla %0.44, %0.54 ve %0.9 olarak elde edilmiştir. Pik değer, en düşük nem değeri olan %14 nem değerinde %0.9 meydana gelmiştir. 54.5 mm boru çapı, 42.11 m/s hava hızında tüm mısır gruplarında mekanik zedelenme oranı %1’in altındadır. Ve yine tüm mısır gruplarında nem değerinin artmasıyla mekanik zedelenme oranı azalmıştır.

Şekil 4.70’de boru çapı 70.3 mm, hava hızı da 20.90 m/s olduğu pnömatik iletimde mekanik zedelenmenin en fazla olduğu grup cin mısır grubu olmuştur. Cin mısır grubunda %26, %20 ve %14 nem değerlerine karşılık gelen mekanik zedelenme oranları sırasıyla %0.44, %0.46 ve %0.54 olarak elde edilmiştir. Tepe noktası, yine en düşük nem değeri olan %14 nem değerinde %0.54 olmuştur. 70.3 mm boru çapı, 20.90 m/s hava hızında tüm mısır gruplarında mekanik zedelenme oranı %0.6’nın altındadır. Ve yine tüm mısır gruplarında nem değerinin artmasıyla mekanik zedelenme oranı azalmıştır.

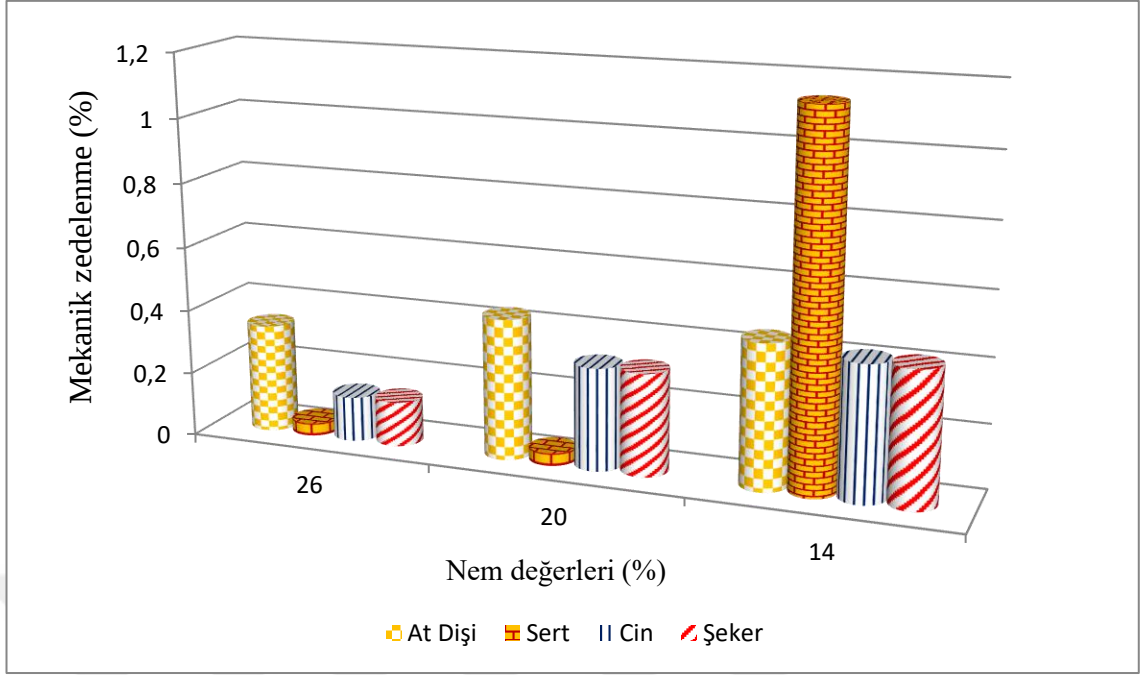
Şekil 4.71’de boru çapı 70.3 mm ve hava hızının 25.31 m/s olduğu pnömatik iletimde mekanik zedelenmenin en fazla olduğu grup cin mısır grubu olmuştur. Cin mısır grubunda %26, %20 ve %14 nem değerlerine karşılık gelen mekanik zedelenme oranları sırasıyla %0.05, %0.11 ve %0.7 olarak elde edilmiştir. Tepe noktası, yine en düşük nem değeri olan %14 nem değerinde %0.7 olmuştur. 70.3 mm boru çapı, 25.31 m/s hava hızında tüm mısır gruplarında mekanik zedelenme oranı yüzde 0.7’nin altındadır. Yine tüm mısır gruplarında nem değerinin artmasıyla mekanik zedelenme oranı azalmıştır.



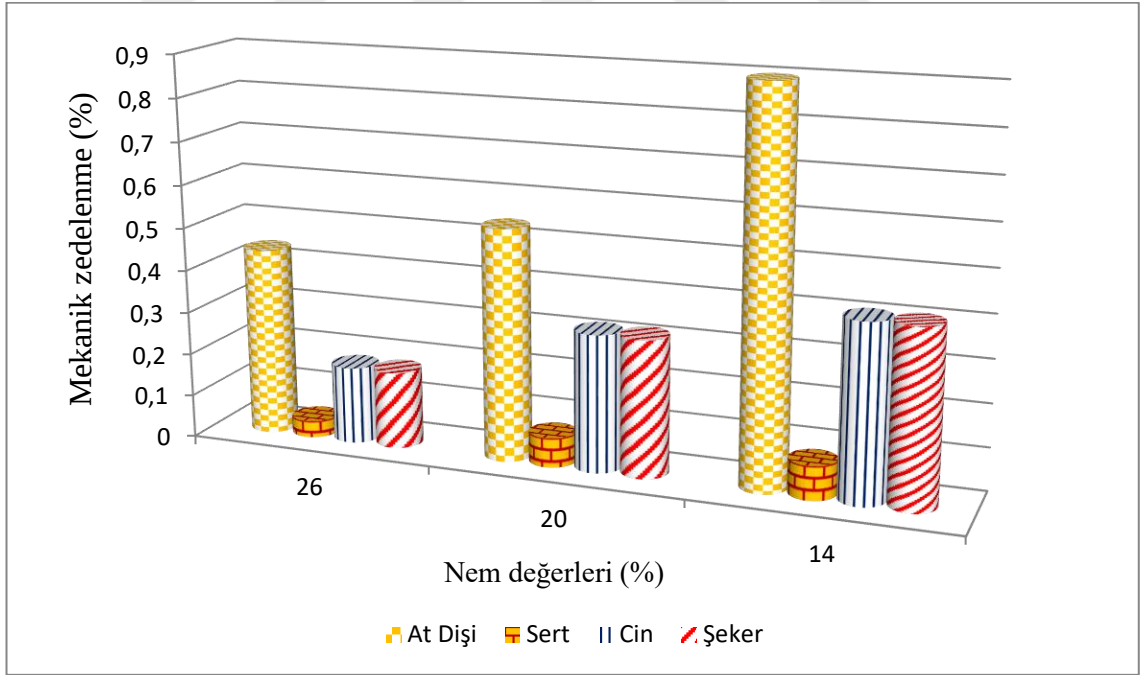
Şekil 4.66 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (43.1 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d, hava hızı 55,60 m/s)



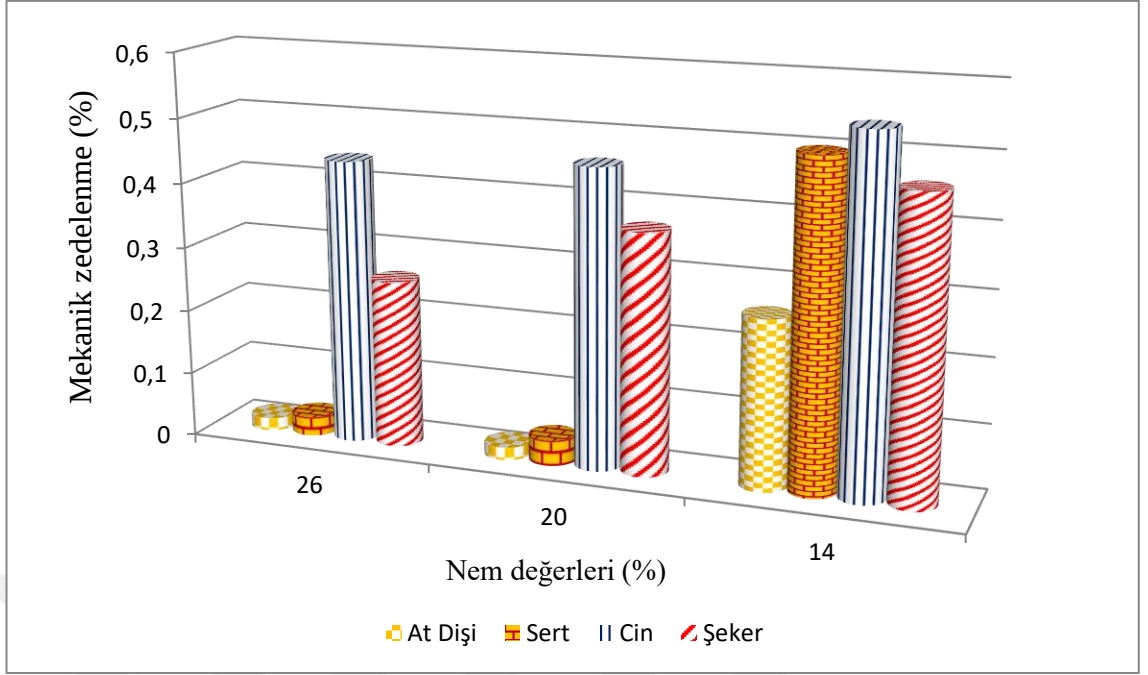
Şekil 4.67 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (43.1 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



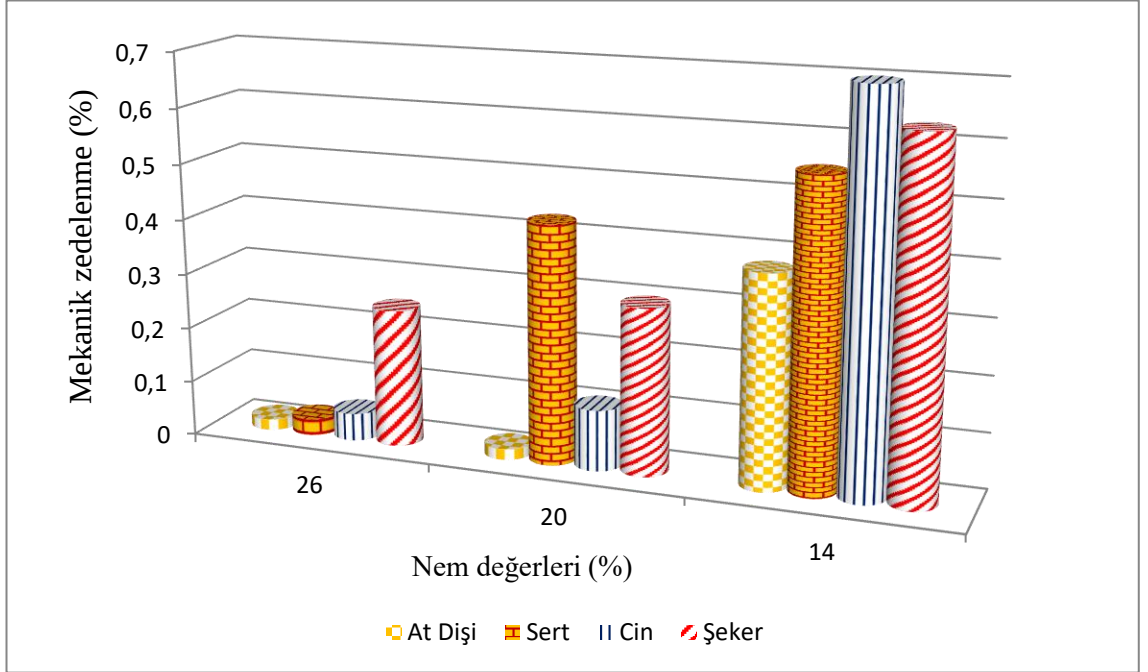
Şekil 4.68 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (54.5 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d)



Şekil 4.69 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (54.5 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d)



Şekil 4.70 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (70.3 mm boru çapı besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1450 d/d, hava hızı 20.90 m/s)



Şekil 4.71 Dane mısır grubunun farklı nem değerlerinin mekanik zedelenmeye etkisi (70.3 mm boru çapı, besleyici devri 20 d/d, kompresör devri 1750 d/d, hava hızı 25.31 m/s)

4.4.9 Dane mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri

Dane mısır gruplarının %26, %20 ve %14 nem değerlerinde, tek besleyici dönüş hızı (20 d/d), üç farklı kompresörün dönüş hızı (1450 d/d ve 1750 d/d) ve üç farklı boru çapı (70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm) kullanılarak pnömatik iletiminden sonra çimlenme yetenekleri, çimlenme uzunlukları ölçülmüş, vigor indeksleri hesaplanmıştır. Çizelge 4.25'te pnömatik iletim gerçekleşmeden dane mısır gruplarının çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri verilmiştir.

Çizelge 4.25 Doğal nem değerinde dane mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri

Mısır grubu	Çimlenme yüzdesi (%)	Çimlenme uzunluğu (cm)	Vigor indeksi
At dişi (Zea mays indentata L.)	96	7.4	7.10
Sert (Zea mays indurata L.)	98	7.1	6.96
Cin (Zea mays everta L.)	98	6.7	6.57
Şeker (Zea mays saccharata L.)	92	8.1	7.45

Çizelge 4.26- 4.29 farklı nem değerinde farklı boru çaplarında dane mısır grubunun pnömatik iletimde çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri sunulmuştur. Çizelgelerin incelenmesinde boru çapı küçüldükçe, hava hızı artıkça, nem değeri düştükçe çimlenme yüzdelерinin azaldığı, çimlenme uzunluklarının kısaldığı ve bunlara bağlı olarak vigor indekslerinin de düştüğü gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.22'de farklı nem değerinde at dişi mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri sunulmuştur. Burada pnömatik iletimden önce at dişi mısırın çimlenme yüzdesi %96, çimlenme uzunluğu 7.4 cm ve vigor indeksi de 6.96'dır. Pnömatik iletimden sonra çimlenme yüzdesi 70.3 mm ve 54.5 mm boru çapında anlamlı derecede herhangi bir değer kaybı ile karşılaşılmamış ancak 43.1 mm

boru çapında ve %14 nem değerinde hava hızı 55.60 m/s ve 67.34 m/s hızlarında çimlenme yüzdeleri %94'e ve çimlenme uzunlukları 7.1 cm'ye düşmüş ve vigor indeksleri de 6.82 olmuştur.

Çizelge 4.26 Farklı nem değerinde at dişi mısıır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri

Boru apı (mm)	Hava hızı (m/s)	Nem oranı (%)	imlenme yüzdesi (%)	imlenme uzunluğu (cm)	Vigor indeksi
70.3	20.90	26	96	7.4	7.10
70.3	25.31	26	96	7.4	7.10
70.3	20.90	20	96	7.4	7.10
70.3	25.31	20	96	7.4	7.10
70.3	20.90	14	96	7.4	7.10
70.3	25.31	14	96	7.3	7.01
54.5	34.77	26	96	7.4	7.10
54.5	42.11	26	96	7.4	7.10
54.5	34.77	20	96	7.4	7.10
54.5	42.11	20	96	7.4	7.10
54.5	34.77	14	96	7.2	6.91
54.5	42.11	14	96	7.1	6.82
43.1	55.60	26	96	7.1	6.82
43.1	67.34	26	94	7.1	6.82
43.1	55.60	20	96	7.1	6.82
43.1	67.34	20	94	7.1	6.82
43.1	55.60	14	96	7.1	6.82
43.1	67.34	14	94	7.1	6.82

Çizelge 4.27'de sert mısıır grubun pnömatik iletimden sonraki verileri verilmiştir. Pnömatik iletimden önce sert mısıırın çimlenme yüzdesi %98, çimlenme uzunluğu 7.1 cm ve vigor indeksi de 6.96 cm'dir. Pnömatik iletimden sonra 70.3 mm ve 54.5 mm boru çapında herhangi bir değişiklik olmamış ancak 43.1 mm boru çapında ve %14 nem değerinde hava hızı 67.34 m/s koşullarda çimlenme yüzdesi %96 ve çimlenme uzunlukları 7.0 cm ve vigor indeksleri de 6.72 olarak az da olsa değişmiştir.

Çizelge 4.27 Farklı nem değerinde sert mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri

Boru çapı (mm)	Hava hızı (m/s)	Nem oranı (%)	Çimlenme yüzdesi (%)	Çimlenme uzunluğu (cm)	Vigor indeksi
70.3	20.90	26	98	7.1	6.96
70.3	25.31	26	98	7.1	6.96
70.3	20.90	20	98	7.1	6.96
70.3	25.31	20	98	7.1	6.96
70.3	20.90	14	98	7.1	6.96
70.3	25.31	14	98	7.1	6.96
54.5	34.77	26	98	7.1	6.96
54.5	42.11	26	98	7.1	6.96
54.5	34.77	20	98	7.1	6.96
54.5	42.11	20	98	7.1	6.96
54.5	34.77	14	98	7.1	6.96
54.5	42.11	14	98	7.1	6.96
43.1	55.60	26	98	7.1	6.96
43.1	67.34	26	98	7.1	6.96
43.1	55.60	20	98	7.1	6.96
43.1	67.34	20	98	7.1	6.96
43.1	55.60	14	98	7.0	6.86
43.1	67.34	14	96	7.0	6.72

Çizelge 4.28’de pnömatik iletimden önce çimlenme yüzdesi %98, çimlenme uzunluğu 6.7 cm ve vigor indeksi de 6.57 cm olan cin mısır grubun pnömatik iletimden sonra 70.3 cm boru çapında anlamlı değişiklik gözlenmemiştir. 54.5 mm boru çapında tüm koşullarda çimlenme yüzdesi %98 ölçülmüştür. 54.5 mm boru çapının 34.77 m/s ve 42.11 m/s hava hızlarında nem %14 değerinde iken çimlenme uzunluğu 6.6 cm ve vigor indeksi de 6.46 hesaplanmıştır. 43.1 mm boru çapında %14 nem değerinde, hava hızları 55.60 m/s, 67.34 m/s koşullarında çimlenme yüzdesi %96 ve çimlenme uzunlukları 6.5 cm ve vigor indeksleri de 6.24 olarak az da olsa değişmiştir.

Çizelge 4.28 Farklı nem değerinde cin mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri

Boru çapı (mm)	Hava hızı (m/s)	Nem oranı (%)	Çimlenme yüzdesi (%)	Çimlenme uzunluğu (cm)	Vigor indeksi
70.3	20.90	26	98	6.7	6.57
70.3	25.31	26	98	6.7	6.57
70.3	20.90	20	98	6.7	6.57
70.3	25.31	20	98	6.7	6.57
70.3	20.90	14	98	6.7	6.57
70.3	25.31	14	98	6.7	6.57
54.5	34.77	26	98	6.7	6.57
54.5	42.11	26	98	6.7	6.57
54.5	34.77	20	98	6.7	6.57
54.5	42.11	20	98	6.7	6.57
54.5	34.77	14	98	6.6	6.46
54.5	42.11	14	98	6.6	6.46
43.1	55.60	26	98	6.7	6.57
43.1	67.34	26	98	6.7	6.57
43.1	55.60	20	98	6.7	6.57
43.1	67.34	20	98	6.7	6.57
43.1	55.60	14	96	6.5	6.24
43.1	67.34	14	96	6.5	6.24

Çizelge 4.29’da şeker mısıra ait pnömatik iletimden sonraki veriler incelendiğinde; pnömatik iletimden önce çimlenme yüzdesi %92, çimlenme uzunluğu 8.1 cm ve vigor indeksi de 7.45, pnömatik iletimden sonra değişim gösterenlere odaklanıldığında ise 70.3 mm boru çapında 25.31 m/s hava hızında, %14 nem değerinde, çimlenme yüzdesi %90 ve çimlenme uzunluğu 8.0 cm ve vigor indeksleri de 7.20 ölçülmüştür. 54.5 mm boru çapında 34.77 m/s ve 42.11 m/s hava hızlarında nem %14 değerinde çimlenme yüzdesi %88, çimlenme uzunluğu 8.0 cm ve vigor indeksi de 7.04’ye azalmıştır. 43.1 mm boru çapında %14 nem değerinde, hava hızları 55.60 m/s, 67.34 m/s koşullarında çimlenme yüzdesi %86 ve çimlenme uzunlukları 7.8 cm ve vigor indeksleri de 6.71 olmuştur.

Çizelge 4.29 Farklı nem değerinde şeker mısır grubunun çimlenme yüzdeleri, çimlenme uzunlukları ve vigor indeksleri

Boru çapı (mm)	Hava hızı (m/s)	Nem oranı (%)	Çimlenme yüzdesi (%)	Çimlenme uzunluğu (cm)	Vigor indeksi
70.3	20.90	26	92	8.1	7.45
70.3	25.31	26	92	8.1	7.45
70.3	20.90	20	92	8.1	7.45
70.3	25.31	20	92	8.1	7.45
70.3	20.90	14	92	8.1	7.45
70.3	25.31	14	90	8.0	7.20
54.5	34.77	26	92	8.1	7.45
54.5	42.11	26	92	8.1	7.45
54.5	34.77	20	92	8.1	7.45
54.5	42.11	20	92	8.1	7.45
54.5	34.77	14	88	8.0	7.04
54.5	42.11	14	88	8.0	7.04
43.1	55.60	26	92	8.1	7.45
43.1	67.34	26	92	8.1	7.45
43.1	55.60	20	92	8.1	7.45
43.1	67.34	20	92	8.1	7.45
43.1	55.60	14	86	7.8	6.71
43.1	67.34	14	86	7.8	6.71

5. SONUÇ

“Dane Mısırın Pnömatik İletimi İçin Tasarım Parametrelerinin Belirlenmesi” isimli doktora tez çalışmasının sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilmektedir.

1- Denemelerde, dünyada ve ülkemizde en fazla ekilip üretilen dane mısır grubu; at dişi (Zea mays indentata L.); sert (Zea mays indurata L.); cin (Zea mays everta L.) ve şeker (Zea mays saccharata L.) mısır grupları kullanılmıştır.

2- Dane mısır grubunun pnömatik iletim sistemi tasarım parametrelerinin belirlenmesi için pozitif düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinden yararlanılmıştır.

3- Düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinde, besleyici devirleri 15, 20 ve 25 d/d, boru çapı 70.3, 54.5 ve 43.1 mm, kompresör devirleri 1150, 1450, 1750 ve 2250 d/d seçilmiştir. Denemelerde her dört mısır grubu için de 36 deneme kombinasyonunda 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

4- Ürün neminin iletim karakteristiklerine olan etkisinin belirlenmesinden önce, fiziksel özellikleri üzerinde nemin herhangi bir etkisi olup olmadığını incelemek ve fiziksel özelliklerinin değişip değişmediğini gözlemlemek amacıyla, ilk nem değerleri belirlenen daneleri daha yüksek dört farklı (toplam beş) nem içeriklerine getirmek için materyallere su eklenmiştir. Dane mısır grupların ilk etapta doğal nem değerleri; at dişi mısır %12.99, sert mısır %12.01, cin mısır %11.88 ve şeker mısırın %11.94 olarak ölçülmüştür.

5- Doğal nem değerinde at dişi mısır fiziksel özellikleri: Uzunluk(L) 13.01 mm, genişlik (D) 7.80 mm, kalınlık (T) 4.26 mm, aritmetik ortalama çap (Da) 8.35 mm, geometrik ortalama çap (Dg) 7.50 mm, bin dane ağırlığı (g) 332.02, hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 77.02, porozite (%) 37.03, terminal (kritik) hızı (m/s) 9.46, projeksiyon alanı (mm²) 84.00, özgül kütle (kg/m³) $\rho = 77.02$ olmuştur.

6- Doğal nem değerinde sert mısırın fiziksel özellikleri: Uzunluk (L) 10.01 mm, genişlik (D) 7.67 mm, kalınlık (T) 4.62 mm, aritmetik ortalama ϕ Da 7.43 mm, geometrik ortalama ϕ (Dg) 7.04 mm, bin dane ağırlığı (g) 261.29 mm, hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 81.52, porozite (%) 26.73, terminal (kritik) hızı (m/s) 9.86, projeksiyon alanı (mm²) 60.56, özgül kütle (kg/m³) 81.52 çıkmıştır.

7- Doğal nem değerinde cin mısırın fiziksel özellikleri: Uzunluk (L) 8.97 mm, genişlik (D) 6.49 mm, kalınlık (T) 4.13 mm, aritmetik ortalama ϕ Da 6.53 mm, geometrik ortalama ϕ (Dg) 6.19 mm, bin dane ağırlığı (g) 176.67, hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 83.74, porozite (%) 35.58, terminal (kritik) hızı (m/s) 10.33, projeksiyon alanı (mm²) 45.24, özgül kütle (kg/m³) 83.74 ölçülmüştür.

8- Doğal nem değerinde şeker mısırın fiziksel özellikleri: Uzunluk (L) 11.10 mm, genişlik (D) 8.08 mm, kalınlık (T) 4.40 mm, aritmetik ortalama ϕ Da 7.88 mm, geometrik ortalama ϕ (Dg) 7.28 mm, bin dane ağırlığı (g) 225.79, hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 61.15, porozite (%) 26.73, terminal (kritik) hızı (m/s) 8.23, projeksiyon alanı (mm²) 76.98, özgül kütle (kg/m³) 61.15 hesaplanmıştır.

9- Makine ile mısır hasadı için en uygun nem oranı %21-28 ve dane mısırın depolama sınır nem değerinin de %14 olması sebebiyle; doğal (depolama) nemi ölçülmüş ve de nem değerlerinin %12, %15, %18 %20 ve %25 nem değerleri arasında olması amacıyla ayarlama yapılmıştır.

10- At dişi mısır % 12.99 doğal nemden % 24.61 nem değerlerine ulaştığında fiziksel özelliklerindeki değişimler şu şekilde ortaya çıkmıştır, uzunluk (L) 0.35 mm, genişlik (D) 0.23 mm, kalınlık (T) 0.07 mm, aritmetik ortalama ϕ (Da) 0.22 mm, geometrik ortalama ϕ (Dg) 18 mm, bin dane ağırlığı (g) 38.95, porozite (%) 10.35, terminal (kritik) hızı (m/s) 0,55, projeksiyon alanı 7 (mm²) . Sayılan parametrelerinde artış, özgül kütle (kg/m³) 15.34 ve hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 13.47 ise düşüş gözlenmiştir.

11- Sert mısır 12.01 doğal nemden %23.25 nem değerlerine yükseldiğinde fiziksel özelliklerindeki değişimler kaydedilmiş. Uzunluk (L) 0.22 mm, genişlik (D) 0.39 mm, kalınlık (T) 0.34 mm, aritmetik ortalama çap (Da) 0.32 mm, geometrik ortalama çap (Dg) 0.35 mm, bin dane ağırlığı (g) 28.85, porozite (%) 11, terminal (kritik) hızı (m/s) 0.91, projeksiyon alanı 6.33 (mm²) artmıştır. Özgül kütle (kg/m³) 11.60 ve hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 11.52 olmuş ve azalmıştır.

12- Cin mısır 11.88 doğal nemden % 23.13 nem değerine çıktığında fiziksel özelliklerindeki değişimler şu şekilde gerçekleştirmiştir. Uzunluk (L) 0.01 mm, genişlik (D) 0.23 mm, kalınlık (T) 0.34 mm, aritmetik ortalama çap (Da) 0.19 mm, geometrik ortalama çap (Dg) 0.24 mm, bin dane ağırlığı (g) 20.65, porozite (%) 7.51, terminal (kritik) hızı (m/s) 0,24, projeksiyon alanı 6.33 (mm²) artmıştır. Özgül kütle (kg/m³) 32.15 ve hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 11.60 olmuş ve azalmıştır.

13- Şeker mısır 11.94 doğal nemden %24.34 nem değerine artırıldığında fiziksel özelliklerindeki değişimler şu şekilde yazılmıştır. Uzunluk (L) 0.07 mm, genişlik (D) 0.22 mm, kalınlık (T) 0.01 mm, aritmetik ortalama çap (Da) 0.08 mm, geometrik ortalama çap (Dg) 0.06 mm, bin dane ağırlığı (g) 20.92, porozite (%) 4.62, projeksiyon alanı 5.96 (mm²) artmıştır. Özgül kütle (kg/m³) 7.87, hektolitre ağırlığı (kg /100 L) 5.65 ve terminal (kritik) hızı (m/s) 0.6 olmuş ve azalmıştır.

14- İletim materyali olmadan pnömatik sistemin yalnız başına hava ile çalıştırılmasında boru çapının küçülmesi ve hava hızının artmasıyla basınç düşümü, sürtünme kaybı ve güç gereksinimi artmıştır.

15- Düşük basınçlı pnömatik iletim tesisinde, dane mısır grupları kompresör 850 d/d dönüş hızında iletilememekte ve 1150 d/d dönüş hızında yetersiz kalmaktadır.

16- Doğal nem değerlerine sahip mısır grupları pnömatik iletim tesisinde iletirken boru çapının küçülmesiyle beraber basınç düşümü ve güç tüketimi artmıştır. Tüm mısır gruplarında basınç düşümleri ve güç tüketimleri birbirine yakın değerlerdedir.

17- Nem değişiminin etkisini incelemek için %14; %20 ve %26 nem değerlerinde mısır grupları denemelere alınmış; besleyici devri 20 d/d, boru çapı 70.3, 54.5 ve 43.1 mm, kompresör devirleri ise 1450 ve 1750 d/d seçilerek basınç düşümleri ve güç gereksinimleri ölçülmüştür.

18- 43.1 mm boru çapında tüm mısır gruplarında iletim materyalinin %20 ve %26 nem değerlerinde pnömatik iletim gerçekleştirilememiştir. Ancak iletim materyalinin nem değeri %14 olduğunda pnömatik iletim normal bir şekilde akışına devam etmiştir.

19- 70.3 mm ve 54.5 mm boru çapında, %14, %20 ve %26 nem değerlerinde tüm mısır gruplarında pnömatik iletim normal seyrini almış ve pnömatik tasarım karakteristikleri verileri alınmıştır.

20- %20 ve %26 nem değerlerinde 43.1 mm boru çapında pnömatik iletme uygun olmadığı anlaşılmıştır.

21- Nem değerinin artmasıyla beraber basınç düşümü değerlerini de arttığı ortaya çıkmıştır. Örneğin at dişi mısır grubunda 70.3 mm boru çapında, 1450 d/d kompresör ve 20 d/d besleyici devrinde %14, %20 ve %26 nem içeriklerinde sırasıyla 1.27 kPa/m, 1.93 kPa/m ve 2.47 kPa/m basınç düşümü gerçekleşmiştir.

22- Boru çapının basınç düşümüne etkisi nem değerlerindeki artışa göre çok daha fazladır. Örneğin at dişi mısır grubunda 54.5 mm boru çapında, 1450 d/d kompresör ve 20 d/d besleyici devrinde %14, %20 ve %26 nem içeriklerinde sırasıyla 10.03 kPa/m, 9.37 kPa/m ve 11.23 kPa/m basınç düşümü gerçekleşmiştir. 21. Maddedeki aynı şartları taşıyan 70.3 mm boru çapındaki basınç düşümü ile bu örnek karşılaştırıldığında boru çapının etkisinin daha fazla olduğu anlaşılmaktadır.

23- Tüm mısır gruplarında boru çapının artmasıyla beraber güç tüketiminde de azalmalar olmuştur. Örneğin at dişi mısır grubunda 1450 d/d kompresör ve 20 d/d besleyici devrinde %14 nem içeriğinde, 43.1 mm, 54.5 mm ve 70.3 mm boru çaplarında sırasıyla 2.41 kW, 1.64 kW, 1.41 kW'lık güç tüketimi gerçekleşmiştir.

24- Pnömatik iletim tesisinde iletim materyali dane mısırın neminin değeri %14'ten büyük olması durumunda 43.1 mm boru çapı uygun olamamaktadır. Ya da pnömatik iletim 43.1 mm boru çapında gerçekleşmesi durumunda iletim materyalinin nem değeri %14 geçmemesi gerekmektedir.

25- Pnömatik iletim tesisinde, iletim boru çapının 54.5 mm olduğu koşulda iletim materyali olan dane mısır gruplarının nem değerlerindeki artışla beraber tesisin toplam güç tüketim ihtiyacı da artmaktadır. Örneğin sert mısır grubunda 54.5 mm boru çapında, 1450 d/d kompresör ve 20 d/d besleyici devrinde %14, %20 ve %26 nem içeriklerinde sırasıyla 1.69 kW, 1.91 kW, 2.04 kW'lık güç tüketimi olmuştur.

26- Pnömatik iletim tesisinde, iletim boru çapının 70.3 mm olduğu durumda iletim materyali olan dane mısır gruplarının nem değerlerindeki artışlar, pnömatik iletim tesisin toplam güç tüketim ihtiyacına tesiri yok denecek kadar düşük düzeyde kalmaktadır. Örneğin sert mısır grubunda 70.3 mm boru çapında, 1450 d/d kompresör ve 20 d/d besleyici devrinde %14, %20 ve %26 nem içeriklerinde sırasıyla 1.41 kW, 1.41 kW, 1.42 kW'lık güç tüketimi olmuştur.

27- Pnömatik iletim tesisinde iletim materyalinin nem değerlerinde artış ile tesisin güç tüketim ihtiyacı göz önüne alındığında; 70.3 mm boru çapı 54.5 mm boru çapına göre avantajlı olduğu, 43.1 mm boru çapının ise iletim materyalinin %14 nem değerinden sonra pnömatik iletimde kullanılmaması gerektiği anlaşılmıştır.

28- At dişi, sert, cin ve şeker mısır gruplarının doğal nem değerinde besleyici dönüş hızı sabit (20 d/d) dört farklı kompresörün dönüş hızı (1150, 1450 d/d, 1750 d/d ve 2250 d/d) ve üç farklı boru çapı (70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm) kullanılarak elde edilen iletimde borularda oluşan hava hızları hesaplanmış ve hava hızı ile mekanik zedelenme yani pnömatik iletim – zedelenme arasındaki veriler kaydedilmiştir.

29- Mısır grupları içerisinde mekanik zedelenmeye en fazla maruz kalan at dişi mısır grubudur. Diğer dane mısır grupları da at dişi mısır grubuna yakın oranda ama genellikle daha az etkilenmişlerdir. Örneğin at dişi grubunda 43.1 mm boru çapında,

hava hızı da 67.34 m/s koşulunda, % 26, % 20 ve % 14 nem değerlerine karşılık gelen sırasıyla mekanik zedelenme oranları % 3.6, % 4.3 ve % 12.8 çıkmıştır.

30- Boru çapının küçülmesiyle beraber hava hızı da artmış ve mekanik zedelenme oranları da artmıştır. Pnömatik iletim tesisinde mekanik zedelenme en az 70.3 mm boru çapında en fazla 43.1 mm boru çapında meydana gelmiştir.

31- 70.3 mm boru çapından hava hızının artmasıyla mekanik zedelenme oranı da az bir miktar artmıştır. 70.3 mm boru çapında tüm mısır gruplarında mekanik zedelenme oranları %0.56'nın altında kalmıştır.

32- Dane mısır gruplarının %26, %20 ve %14 nem değerlerinde, tek besleyici dönüş hızı (20 d/d), iki farklı kompresörün dönüş hızı (1450 d/d ve 1750 d/d) ve üç farklı boru çapı (70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm) kullanılarak pnömatik iletimde mekanik zedelenmeye etkisi verileri kaydedilmiştir.

33- Tüm mısır gruplarında nem değerinin artmasıyla mekanik zedelenme oranı azalmıştır.

34- Dane mısır gruplarının %26, %20 ve %14 nem değerlerinde, tek besleyici dönüş hızı (20 d/d), üç farklı kompresörün dönüş hızı (1450 d/d ve 1750 d/d) ve üç farklı boru çapı (70.3 mm, 54.5 mm ve 43.1 mm) kullanılarak pnömatik iletiminden sonra çimlenme yetenekleri, çimlenme uzunlukları ölçülmüş, vigor indeksleri hesaplanmıştır.

35- Boru çapı küçüldükçe, hava hızı artıkça, nem değeri düştükçe çimlenme yüzdelерinin azaldığı, çimlenme uzunluklarının kısaldığı ve bunlara bağlı olarak vigor indekslerinin de düştüğü gözlemlenmiştir.

36- Pnömatik iletimde hava hızı materyali taşıyabilecek en düşük hızda olmalıdır.

KAYNAKLAR

- Agarwal, A.T. 2005. Theory and Design of Dilute Phase Pneumatic Conveying Systems. Powder Handling&Processing. 17(1); 18-23.
- Anonim. 2005. Pnömatik Devre Elemanları ve Uygulama Teknikleri. MMO Yayını. No:293/2 160 s., Ankara.
- Anonim. 2010a. Mısır Standardı.TS3415. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Anonim.2010b. Tahıllar ve Tahıl Ürünleri Numune Alma Standardı. TS EN ISO 24333. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara
- Anonim.2012. Web Sitesi: <http://www.cukurovataem.gov.tr/?/misir-tarimi>Erişim Tarihi: 26.01.2012.
- Anonim.2016.Web Sitesi: www.mku.edu.tr/getblogfile.php?keyid. Mısır Tarımı. Erişim Tarihi: 04.01.2016.
- Anonim. 2017. Web Sitesi: <file:///D:/TEZ/basincli-hava-sistemleri.pdf>, Erişim Tarihi: 04.01.2016.
- Anonim.2021a.Tarım Ürünleri Piyasaları Ocak 2021 Mısır Raporu. Ankara.
- Anonim.2022a. Web Sitesi: <https://acikders.ankara.edu.tr>, Erişim Tarihi 25.08 2022
- Anonim.2022b. Web Sitesi: <https://www.emkoelektronik.com.tr/tr/urunler/esm-4900>. Erişim Tarihi: 25.08. 2022.
- Anonim.2022c.Tarım Ürünleri Piyasaları Ocak 2021 Mısır Raporu. Ankara.
- Anonim.2022d. Web Sitesi:<http://nilkompresor.com/kompresor-nedir/>,Erişim Tarihi: 25.08. 2022.
- Anonim.2022e. Web Sitesi : <https://www.maktoloji.com/2020/06/paletli-kompresor-nedir-nasl-calsr.html> , Erişim Tarihi: 25.08. 2022.
- Anonim.2022f. Web Sitesi: <https://polimak.com/urun/yildiz-besleyici-modelleri/>,
- Anonymous. 1981. Rules for testing seeds. Association of Official Seed Analysts. (AOSD), Journal of Seed Technology, 5: 5-116.
- Anonymous. 1985. International rules for seed testing. International Seed Testing Association (ISTA), Seed Science and Technology, 13: 307-520
- Anonymous. 1992. Moisture Measurement – Unground Grain and Seeds Standards. 352.2, ASAE, St. Joseph, Michigan, USA.
- Anonymous.2008. Web Sitesi: <https://www.tradekorea.com/product/detail/P661199/Aeration-blower-pump-air-blowers-for-wastewater-treatment.html>, Erişim Tarihi: 25.08.2022

- Anonymous. 2015a. Web Sitesi: https://www.youtube.com/watch?v=5mKvQHL_YI4: Erişim Tarihi: 3.4.2022
- Anonymous. 2015b. Web Sitesi: <https://www.mactenn.com/blog/dense-phase-conveying-14/>: Erişim Tarihi: 26.8.2022
- Anonymous. 2016. Web Sitesi: <https://www.bulksolids.com.au/services/pneumatic-conveying-equipment-and-testing-services/> Erişim Tarihi: 3.4.2022
- Anonymous 2018. Web Sitesi: <https://armckay.com/three-types-pneumatic-conveying/>, Erişim Tarihi: 25.08.2022.
- Anonymous. 2021. Web Sitesi: <https://www.indpro.com/u-trough-screw-conveyor.html>. Erişim Tarihi:25.08.2022
- Anonymous. 2022a. Web Sitesi: <https://rieco.com/blog/dilute-phase-vs-dense-phase-pneumatic-conveying/>, Erişim Tarihi: 25.08 2022.
- Anonymous. 2022b. Web Sitesi: file:///D:/TEZ/kongskilde_airsystems.pdf, Erişim Tarihi: 25.08.2022
- Anonymous. 2022c. Web Sitesi: <https://stag.net/en/produkt/injector-and-air-blast-nozzle>. Erişim Tarihi: 25.08. 2022.
- Anonymous. 2022d. Web Sitesi: <https://www.agriexpo.online/es/prod/sron-silo-engineering/product-188863-137958.html> Erişim Tarihi: 25.08.2022
- Anonymous. 2022e. Web Sitesi: <https://iac-intl.com/parts/pneumatic-material-handling-components/>, Erişim Tarihi: 25.08.2022
- Anonymous. 2022f. Web Sitesi: http://www.mscmakina.com/pdf/004_03_02_01_eng.pdf. Erişim Tarihi: 25.08.2022
- Ashwin, K., Rao, P., Edukondalu, L.2017. Physical Properties Of Maize Grains. International Journal of Agriculture Sciences, Volume 9, Issue 27, 2017, pp.-4338-4341. India
- Brar, I. S. 2017. Studies on Physical Properties of Maize (Zea mays L.) Seeds. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 6 (10), 963-970.
- Babić, L. vd. 2011. Physical Properties And Compression Loading Behaviour Of Corn (Zea Mays L.) Seed. Journal on Processing and Energy in Agriculture, 15 (3), 18-126.
- Chung J. C.1969.Mechanical Damage To Corn In A Pneumatic Conveying System. A Master's Thesis. Department Of Agricultural Engineering. Kansas State University.Manhattan, Kansas.
- Çoşkun, M. B., Yalçın. İ., ve Özarslan C. 2006. Physical properties of sweet corn seed (Zea mays saccharata Sturt.). Journal of Food Engineering, 74 (4), 523-528

- Dawange, S. 2019. Moisture Dependent Physical Properties of Quality Protein Maize. *Journal of Agricultural Engineering*, 56(3),48
- Duman. G. 2008.Bazı Tarımsal Ürünlerin Pnömatik İletiminde Basınç Düşümünün Saptanması. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Geçit. H.H. vd. 2009. Tarla Bitkileri. Ankara Üniversitesi Z.F. Yayını. No:1569,214 s., Ankara.
- Güner. M. 2006a. Bazı Tarımsal Ürünlerin Pnömatik İletim Karakteristiklerinin Belirlenmesi. TOGTAG 3258.190 s. Ankara.
- Güner, M. 2007. Determination of Pneumatic Conveying Characteristics of Some Agricultural Crops. *Journal of Food Engineering*, 80 (3), 904-913.
- Işık, E. ve İzli, N. 2007. Moisture Dependent Physical and Mechanical Properties of Dent Corn (*Zea mays* var. *indentata* Sturt.) Seeds. *American Journal of Food Technology*, 2 (5), 342-353.
- Kılıçkan, A. ve Güner, M., 2006. Pneumatic conveying characteristics of cotton seeds. *Biosystems Engineering*, doi: 10.1016/j. biosistemseng. 2006.08.015
- Kılıçkan, A. ve Güner, M. 2010. The determination of pneumatic conveying characteristics of chickpea. *TÜBİTAK*, 34 (2010), 265-274.
- Moya, M., Aguado, P.J., Ayuga, F., 2013. Mechanical properties of some granular agricultural materials used in silo design. *The International Agrophysics Journal* 27, 181-193.
- Mills, D. 2016. *Pneumatic Conveying Design Guide (Third Edition)*. Pages, 183-195.
- Mohsenin, N.N., 1980. *Physical Properties of Plant and Animal Materials*, Third printing, Gordon and Breach Science Publishers, New York, (1980), Pp:742
- Sobukola, O, P. 2012. Physical properties of high quality maize (Swam 1 variety) seeds (*Zea mays*) as affected by moisture levels. *African Journal of Food Science*, 7(1), 1-8.
- Özarslan C. 2002. Physical Properties of Cotton Seed. *Biosystems Engineering*.83 (2), 169-174.
- Özlü R. 2019. Kanolanın Pnömatik İletim Karakteristiklerinin Belirlenmesi.Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü. Ankara.
- Parde S.R., Kausal R.T., Jayas D.S., White N.D.G. 2002. Mechanical damage to soybean seed during processing. *Journal of Stored Research*, 38: 385- 394.
- Raheman. H.and Jindal. V.K. 2001. Pressure Drop Gradient and Solid Friction Factor in Horizontal Pneumatic Conveying of Agricultural Grains. *Applied Society in Agriculture*. 17(5); 649–656.

- Rautiainen. A., Stewart. G., Poikolainen. V. and Sarkomaa. P. 1999. An Experimental Study of Pneumatic Conveying. *Powder Technology*. 104. 139–150.
- Rico, A, M., Santos, G. G., Hilda, A. Z.-M., José A., Carrillo, S., Elizabeth G.-E Carlos A. Villaseñor, -P., 2019. Moisture and Rupture Models for Corn (*Zea mays*) Seeds of Different Endosperm Types. *American Society of Agricultural and Biological Engineers*, 62(4), 913-918.
- Segler, G., 1951. *Pneumatic Grain Conveying with Special Reference to Agricultural Application*. Published by Prof. Dr. Ing. G. Segler, Braunschweig, Germany.
- Singh K.K., ve Goswami Y.K., 1996. Physical properties of cumin seed. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 64: 93-98.
- Sitkei G., 1986. *Mechanics Of Agriculture Materials*. Academia Kiado, p.,487. Budepest.
- Song. H., Litchfield. J.B. 1991. Predicting method of terminal velocity for grains, *Transactions of the ASAE* 34: 225-231.
- Tabak S., Wolf D., 1998. Aerodynamic Properties of Cotton Seeds. *Journal of Agriculture Engineering Research*, 70 (3), 257-265.
- Tabak S., Biran A., Tabak I., Manor G., 2002 Airflow induced by falling cottonseed particles. *Biosystems Engineering*, 81: 395- 405.
- Yenge, G. Kad,, V., Nalawade, S., 2018. Physical Properties of Maize (*Zea mays* L.) Grain. *J Krishi Vigyan*, 7 (Special Issue), 125-128