

6914

T. C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL MEKANİZASYON ANABİLİM DALI

İKİNCİ ÜRÜN FASULYENİN KURUTULMASINA YÖNELİK
MATEMATİKSEL MODELİN OLUŞTURULMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

T. C.
Yükseköğretim Kurulu
Dokümantasyon Merkezi

EŞREF IŞIK

B U R S A
AĞUSTOS - 1989

**T.C.
ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL MEKANİZASYON ANABİLİM DALI**

**İKİNCİ ÜRÜN FASULYENİN KURUTULMASINA
YÖNELİK MATEMATİKSEL MODELİN OLUŞTURULMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Eşref IŞIK

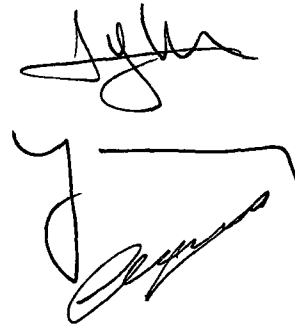
Sınav Günü : 18.08.1989

Jüri Üyeleri

Yrd. Doç. Dr. Gürcan YÜKSEL

Prof. Dr. Yusuf ZEREN

Yrd. Doç. Dr. Yılmaz YILDIZ



**BURSA
Ağustos 1989**

ABSTRAKT

Bu çalışma, bölgemizde ikinci ürün olarak üretimi yapılan fasulyenin, kurutulmasına yönelik gerekli uygun tesisin kurulmasında kullanılabilecek ön verilerin elde edilmesine yöneliktir. Bu amaçla değişik nem içeriklerinde ve farklı hava akımlarında, temiz ve kirli fasulye üzerinde yapılan çalışmalar sonucu; statik basınç düşümünün, hava akımıyla logaritmik, yığın yüksekliğiyle doğrusal olarak arttığı, nem içeriğiyle ters orantılı olarak değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca yabancı maddelerin fasulye danelerinden küçük boyutlarda olması durumunda, yabancı madde oranındaki artışın statik basınç düşümünü artırdığı gözlenmiştir.

ABSTRACT

This study intends to obtain the data that can be used for the necessary and suitable establishment of the foundation where beans, which are planted as second production in our region, are intended to be dried. For this reason, some studies were made upon the clean and dirty beans which had various moisture-rates and in various air-currents. The outcomes of these studies are; The reduction of the static pressure increases logarithmically with the air-current and in a linear way with the heap-height. Moreover when the foreign-materials are smaller than the beans, the increase of the reduction of the static-pressure.

ÖNSÖZ

Tarım ürünlerinin pek azı üretildikten hemen sonra tüketilir. Bu nedenle bir çok ürün gibi fasulyenin de tüketilinceye kadar geçecek süre içinde niteliğinden en az kayıpla saklanması gerekir. Saklama yöntemlerinin çok çeşitli olmasına karşın, ürün neminin zararlarını ortadan kaldıracak uygulanabilir yöntem kurutmadır. Kurutma amacıyla ürün neminin azaltılması ve ortam sıcaklığının dışarıya atılmasında ekonomik olarak kullanılabilme olanağı olan akışkan ise havadır.

Sistemde hava akımını sağlayacak uygun vantilatörün seçimi, ürün içerisinden geçen hava akımının karşılaşacağı dirençlerin belirlenmesiyle olanaklıdır. Hava akımına verilecek basınç gerekenden az olduğunda, hava yığın içerisinden geçemez. Gerekenden daha yüksek basınç ise vantilatörün güç gereksinimini artıracığından aşırı enerji kaybına neden olur. Bunun yanısıra homojen bir kurutma ya da havalandırma sağlanamaz. Bu çalışma, ikinci ürün olarak üretimi yapılan fasulyenin, kurutulmasına yönelik uygun bir tesisin kurulmasında kullanılacak ön verilerin elde edilmesine yöneliktir.

Bu eserin fikirsel oluşumunda, yürütülmesinde ve değerlendirilmesinde ortaya çıkan bilimsel açmazlarda yaklaşımlarını esirgemeyen ve Tarımsal Mekanizasyon Bölümü'nün olanaklarını seferber eden, Bölüm Başkanım Prof. Dr. Halil BÖLÜKOĞLU'na, değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Gürcan YÜKSEL'e, hocam Yrd. Doç. Dr. Yılmaz YILDIZ'a ve mesai arkadaşım Zir, Yük. Müh. Ahmet DARGA'ya sonsuz şükran ve saygılarımı sunarım. Ayrıca, eserin fiziksel görünümünde gerekli titizliği gösteren Ayşe ARSLAN ve çiğdem GÜR'e teşekkürü bir borç bilirim.

Eşref İŞİK

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No:
ÇİZELGE LİSTESİ	VI
ŞEKİL LİSTESİ	VII
1. GİRİŞ	1
1.1. Genel	1
1.2. Kurutma Kavramı	5
2. LİTERATÜR ÖZETİ	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM	14
3.1. Materyal	14
3.1.1. Fasulye Bitkisi	14
3.1.2. Deneme Düzenegi	14
3.1.3. Ölçme Düzenegi	17
3.2. Yöntem	17
3.2.1. Fasulyenin Fiziksel özelliklerinin Belirlenmesi	17
3.2.1.1. Fasulye Dane Nemi	17
3.2.1.2. Bin Dane Ağırlığı	19
3.2.1.3. Hektolitre Ağırlığı	19
3.2.1.4. özgül Ağırlığı	19
3.2.1.5. özgül Kütlesi	20
3.2.1.6. Yoğunluğu	20
3.2.1.7. Hacim Ağırlığı	20
3.2.1.8. Porozitesi.....	21

3.2.1.9, Fasulyenin Fiziksel Boyutları ve Dağılımı	21
3.2.2, Statik Basınç Düşümünün Belirlenmesi	22
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	25
4.1, Fasulyenin Fiziksel özelliklerinin Değerlendirilmesi	25
4.2, Statik Basınç Düşümünün Değerlendirilmesi	25
4.2.1, Hava Akım Hızı ile Basınç Düşümü Arasındaki ilişki	29
4.2.2, Nem içeriği ile Basınç Düşümü Arasındaki ilişki	31
4.2.3, Yabancı Madde Oranı ile Basınç Düşümü Arasındaki ilişki	33
4.2.4, Yığın Yüksekliği ile Basınç Düşümü Arasındaki ilişki	35
5. TARTIŞMA VE SONUÇ	39
ÖZET	41
SUMMARY	44
KAYNAKLAR	47

ÇİZELGE LİSTESİ

Çizelge No:

Sayfa No:

Çizelge No:		Sayfa No:
1.	1986 Dünya Kurufasulye Üretim Durumu	1
2.	1986 Türkiye ve Bazı illerin Fasulye Ekim, Üretim ve Verim Değerleri	2
3.	Fasulye Dane Nemi, Depolama Sıcaklığı, Hava Oransal Nemi ve Depolama Süresi Arasındaki ilişkiler	4
4.	Fasulyenin Fiziksel özellikleri	26
5.	Fasulyenin Farklı Hava Akımlarında Hesaplanan ve ölçülen Statik Basınç Düşmeleri	28

SEKİTLİ LİSTESİ

Şekil No:

Sayfa No:

1.	Oransal Denge Nemi Grafiği.....	6
2.	Deneme Düzenesi	15
3.	Statik Basınç Ölçme Düzenesi.....	17
4.	% 0,5 Y.M. içeren Fasulyenin Değişik Nem Oranlarında, Hava Akımına Karşı Gösterdiği Direncin Değişimi	30
5.	% 1,1 Y.M. içeren Fasulyenin Değişik Nem Oranlarında, Hava Akımına Karşı Gösterdiği Direncin Değişimi	30
6.	% 0,5 Y.M. içeren Fasulyede Nem Oranı ile Ortalama Statik Basınç Düşümü Arasındaki İlişki	32
7.	% 1,1 Y.M. içeren Fasulyede Nem Oranı ile Ortalama Statik Basınç Düşümü Arasındaki İlişki	32
8.	Değişik Nem İçeriklerinde Temiz ve Kirli Fasulyelerin Hava Akımına Karşı Gösterdikleri Direncin Değişimi	34
9.	% 0,5 Y.M. ve % 16,90 Nem içeren Fasulyede Yükleme Yüksekliğine Bağlı Olarak Statik Basınç Düşümü	36
10.	% 0,5 Y.M. ve % 17,30 Nem içeren Fasulyede Yükleme Yüksekliğine Bağlı Olarak Statik Basınç Düşümü	36
11.	% 0,5 Y.M. ve % 20,30 Nem içeren Fasulyede Yükleme Yüksekliğine Bağlı Olarak Statik Basınç Düşümü	37
12.	% 1,1 Y.M. ve % 16,50 Nem içeren Fasulyede Yükleme Yüksekliğine Bağlı Olarak Statik Basınç Düşümü	37
13.	% 1,1, Y.M. ve % 18,20 Nem içeren Fasulyede Yükleme Yüksekliğine Bağlı Olarak Statik Basınç Düşümü	38

1. GİRİŞ

1.1. Genel

İnsan beslenmesinde taze sebze ve kuru dane olarak kullanılan fasulye, ekiliş alanı yönünden dünya yemeklik baklagil kültürleri arasında ilk sırayı alır.

Değişik kaynaklar fasulyenin, Hindistan, Avustralya ve Afrika kökenli olduğunu belirtmelerine karşın, Peru'daki eski mezarların kazısında çıkarılan tohumların bulunmasından sonra, Amerika kökenli olduğu belirlenmiştir. Yurdumuza ise ne zaman ve nereden girdiği kesin olarak belirlenememesine karşın, ikiyüz yıllık geçmişi olduğu varsayılmaktadır.

Çizelge 1. 1986 Dünya kurufasulye üretim durumu (SEİTRALı, 1988)

	Ekiliş	Verim	Üretim
	000 ha	kg/ha	000 ton
Dünya	26207	563	14750
Afrika	2592	737	1911
Amerika	9356	647	5466
Avrupa	1293	642	830
Asya	12894	497	6366
Türkiye	153	1111	170

Çizelge 1'e göre Dünya'da 14750000 ton üretim değerine sahip olan fasulye, Türkiye'de 170000 ton olarak üretilir. Dünya fasulye üretiminde % 1,15'lik bir paya sahip olmasının yanısıra, birim alandan alınan fasulye miktarı açısından, Türkiye Dünya ortalamasının yaklaşık iki katını üretmektedir.

Türkiye bazında fasulye ekiliş alanları irdelendiğinde; ilk sırayı Karadeniz Bölgesi (45128 ha), altıncı sırayı Marmara Bölgesi (9773 ha) ve son sırayı da Güneydoğu Anadolu Bölgesi (3007 ha) alır. Üretim yönünden ise; Orta Güney Anadolu Bölgesi ilk sırayı (30236 t), sekizinci sırayı (13775 t) Marmara Bölgesi ve son sırayı yine Güney Doğu Anadolu Bölgesi (3491 t) izler (ŞEHİRALI, 1988).

Çizelge 2'de Türkiye, Bursa ve Bursa'ya yakın illerin fasulye ekim alanları, üretim ve verim değerleri verilmiştir.

Çizelge 2. 1986 Türkiye ve Bazı illerin Fasulye Ekim, Üretim ve Verim Değerleri (ŞEHİRALI, 1988)

	Ekim Alanı (ha)	Verim (kg/ha)	Üretim (t)
Türkiye	153000	1111	170000
Balıkesir	5013	1716	8602
Çanakkale	2716	1763	4788
Bursa	4624	1568	7250
Edirne	1982	1568	3170
İstanbul	388	1147	445

Bu değerler ışığında, Türkiye fasulye ekim alanınının % 3,27'lik değerini Balıkesir, % 3,022'lik değerini Bursa ili oluşturmaktadır. Verim açısından ise, gerek Balıkesir gerekse Bursa illerinin verim değerleri Türkiye ortalamasından yüksektir. Birim alandan alınan fasulye miktarının fazla olması doğal olarak üretim değerini de artırmaktadır.

Fasulye bitkisi, 0°C'nin altındaki sıcaklık derecelerinden zarar gördüğünden, ana ürün olarak yetiştirilecek fasulye, bölgedeki ilkbahar son donlarından 3-4 gün önce, ikinci ürün olarak üretilen fasulye ise haziran ayı sonlarında veya temmuz ayı başlarında ekilir.

Fasulye daneleri çeşit ve iklim koşullarına bağlı olarak ekimi izleyen 90-120 gün sonra olgunlaşır. Kuru fasulye üretimi için baklaların büyük çoğunluğu tamamen olgunlaşıp sarardığı ve danedeki nem içeriği % 40 (y.b)'a indiğinde hasada başlanır. Bu nem içeriğinde birçok çeşitte baklaların yaklaşık % 80'i sarı ve olgunlaşmamıştır. Bazı çeşitlerde baklaların çatlaması ve farklı olgunlaşması sorun çıkarır. Eğer danenin nem içeriği hasatta % 40'dan az ise baklaların çatlaması ve mekanik zarar önemli derecelerde artar. Ürün kaybının önlenmesi amacıyla hasat sabahın erken saatlerinde yapılır. Elle hasadı yapılan bitkiler birkaç gün süreyle tarlada kurutulur ve daha sonra tarlada harman edilir. Harman tarlada yapılmayacaksa bitkiler kuruyuncaya kadar kapalı bir yerde yığın yapılır.

Fasulye harmanı, baklalar kolaylıkla çıkabilecek kadar nem içerdiğinde, tarlada ya da depoda, bitkilerin sopalarla dövülmeleriyle, lastik tekerlekli küçük traktörlerin bitkileri çığnemeleriyle ya da özel olarak bu amaçla geliştirilmiş harman makinalarıyla gerçekleştirilir. Makinalı harmanda mekanik zararın en az düzeyde tutulabilmesi amacıyla ürün nem içeriğinin % 16-18 dolaylarında olması gerekir.

Bunun yanısıra % 21,4 nem içeriğindeki ikinci ürün fasulyenin, sapdöver harman makinasında yapılacak düzenlemelerle harman edilebilmesi olanaklıdır (BÖLÜKÖZÜ ve ark., 1988).

Depolanan fasulyede nem miktarının az olması solunumun çok az düzeyde kalmasını sağlar. Ayrıca düşük depolama sıcaklıklarında (0°C) dane nemi % 12 dolaylarındayken solunum çok tehlikeli olmamasına karşın, aynı sıcaklıkta danenin nem içeriği % 16'ya yükseldiğinde solunum yüksek bir hızla artar.

Danenin nem içeriğindeki % 1 oranındaki düşme depolama süresini iki kez, depolama sıcaklığının 5°C düşmesi depolama süresini yine iki kez artırır (ŞEHİRALI, 1988).

Fasulye depolanmasında danedeki nem içeriği, depolama sıcaklığı, hava oransal nemi ile depolama süresi arasındaki ilişkiler çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Fasulye Dane Nemi, Depolama Sıcaklığı, Hava Oransal Nemi ve Depolama Süresi Arasındaki ilişkiler (ŞEHİRALI, 1988)

Dane Nemi%(y.b.)		Hava Oransal Nemi%		Max. Depolama Süresi (hafta)			
11	50	31,0	55,0	100,0	200,0	370,0	
12	55	22,0	40,0	75,0	140,0	270,0	
13,5	60	16,0	28,0	50,0	95,0	170,0	
14,5	65	11,0	19,0	30,0	60,0	110,0	
16	70	7,0	13,0	20,0	38,0	70,0	
17,5	75	4,0	7,0	12,0	20,0	39,0	
20	80	2,0	3,5	6,0	11,0	20,0	
23	85	0,5	1,5	3	4,5	9,0	
Depolama Sıcaklığı °C		25	20	15	10	5	

Çizelge 3'deki değerler incelendiğinde; % 12 oranında nem içeren yemeklik fasulye daneleri 15°C sıcaklık ve % 55 hava oransal neminde canlılıklarını yitirmeden en fazla 75 hafta süreyle depolanabilirler. Fasulye için en uygun depolama koşulları danedeki nemin % 14'ün, depolama sıcaklığının 10°C'nin üzerine çıkmadığı hallerdir.

1.2, Kurutma Kavramı

Tarım ürünlerinin pek azı üretildikten hemen sonra tüketilir. Bu nedenle birçok ürün gibi fasulyenin de tüketilinceye kadar geçecek süre içerisinde niteliğinden en az kayıpla saklanması gerekir.

Saklama yöntemlerinin çok çeşitli olmasına karşın, ürün neminin zararlarını ortadan kaldıracabilecek uygulanabilir yöntem kurutmadır.

Kurutma; üründe bulunan fazla suyun, ürünün hücre yapısını ve besin değerini bozmadan çekilmesi ve buhar halinde uzaklaştırılması işlemidir.

Kurutma işleminde akışkan, nemin buharlaşması için gerekli ısıyı iletmesi yanında oluşan nemin ortamdaki uzaklaştırılması işlevini de gerçekleştirir.

Üründe bulunan nem ağırlığı (W_1) ile kurutma sonunda kalacak nem ağırlığı (W_2) arasındaki fark, ortamdaki geçirilecek akışkan tarafından alınır. Başlangıçtaki mutlak nem (x_1), sonuçta başka bir değere (x_2) yükselir. Bu olay matematiksel olarak tanımlandığında;

$$W_1 - W_2 = (x_2 - x_1) \cdot M_n$$

M_n = Akışkan akış miktarı ,

eşitliği elde edilir (DOĞANTAN,1986).

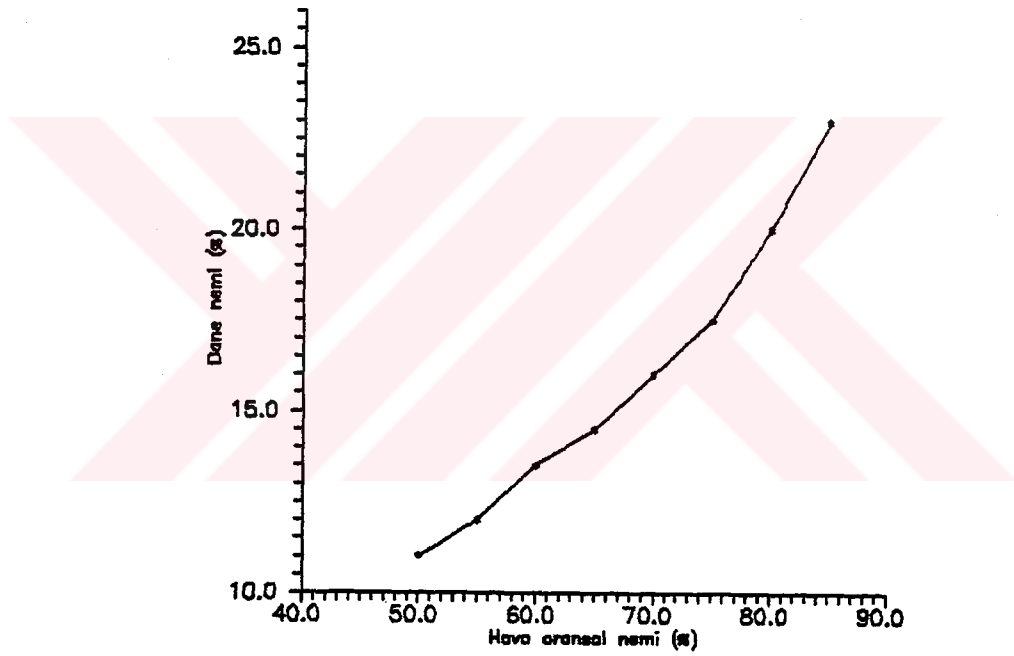
Ürünün denge nemi, o andaki çevre koşullarında ürünün bünyesinde bulundurabileceği sınır nem miktarını belirtir. Denge nemi, ortamın nem ve sıcaklık koşullarına bağlı olduğu kadar, ürünün tür, cins ve olgunluğuna da bağlı olarak değişiklik gösterir (TUNCER, 1986).

Ortam koşulları değişmedikçe ürün nem içeriğinde bir değişme olmaz. Ürünle içinde bulunduğu ortam arasında nem açısından bir dengenin oluşması durumunda, ürünün bünyesinde taşıdığı neme "Denge Nemi", o anda ortamın

içerdiği oransal nem değerine de "Denge Oransal Nemi" denilmektedir (DOĞANTAN, 1986).

Belirli bir nem içeriği olan higroskopik materyallerin bünyesindeki suyun buhar basıncı (P_b), ürün ile aynı sıcaklıkta olan doymuş durumdaki havanın buhar basıncından (P_a) daha azdır. Bu basınçların oranı, belirli nem içeriği ve sıcaklığı olan ürünün oransal denge nemidir (Şekil 1).

$$\text{Oransal Denge Nemi} = P_b / P_a \quad (\text{DOĞANTAN, 1986})$$



Şekil 1. Oransal denge nemi grafiği

Ürünün buhar basıncı (P_b), seçilen sıcaklık derecesindeki doymuş buhar basıncı (P_a) ile oransal denge neminin çarpımına eşittir.

$$P_b = \text{Oransal Denge Nemi} \cdot P_a \quad (\text{DOĞANTAN, 1986})$$

Durağan koşullarda ürünün ulaştığı denge nemine "Statik Denge Nemi", bir kurutucu içinde dinamik koşullarda ulaşacağı denge nemine ise "Dinamik Denge Nemi" denilir (DOĞANTAN, 1986).

Kurutma amacıyla ürün neminin azaltılması ve ortam sıcaklığının dışarıya atılmasında ekonomik olarak kullanılabilme olanağı olan akışkan, "havadır". Herhangi bir kurutma veya havalandırma sisteminde akışkan olarak kullanılan havanın iş yapabilme yeteneği; basınç, hız ve verdi karakteris-tikleriyle belirlenir. Hidrodinamik ve aerodinamikte, hacimleri değişmeyen ya da değişmez kabul edilen akışkanların mekaniğinde, mutlak basınç yerine bağıl basınçlar sözkonusudur. Bu tür sistemlerde atmosfer basıncı karşılaştırma düzeyi olarak kullanılır. Akışkanlar için üç değişik basınç sözkonusudur;

- Statik Basınç; Akışkana göre bağıl hızı sıfır olan bir yüzey üzerine gazın yapmış olduğu basıncıdır. Bu tanım genel olup, kurutma veya havalandırma sistemine indirildiğinde; ürün yığını içinden geçen hava akımına karşı, yığının gösterdiği direnç tanımı daha gerçekçidir. Genellikle P_a , kPa veya $mmSS$ cinsinden birimlerle ifade edilir.

- Dinamik Basınç; Havanın kinetik enerjisine eşit olan ve hız basıncı olarak da adlandırılan bu basınç, hava akış hızının karesi ve havanın özgül ağırlığı ile doğru orantılı olarak değişir. Toplam basınç ile statik basınç arasındaki fark dinamik basınca eşdeğerdir.

- Toplam Basınç; Sistemde oluşan statik ve dinamik basınçlar toplamına eşdeğer basınçtır.

Basınçların yanısıra, sistemin iş başarısını etkileyen diğer bir karakteristik "Hava Verdisi"'dir.

- Verdi; Birim zamanda birim ürün hacimden ya da alandan geçen hava miktarıdır. Direk olarak hava hızı ve kesit alanla doğru orantılıdır. Genelde; $m^3 / t.h$, $m^3 / m^2.h$ ve $m^3 / m^2.s$ birimleriyle ifade edilir.

Tarımsal ürünler kurutulurken veya havalandırılırken, ürün yığını içerisindeki geçirilen hava akımına karşı bir direnç gösterirler. Bu direnç, hava akımının "Statik Basınç Düşümü" olarak tanımlanır. Basınç düşümü, ürün yüzeylerindeki sürtünme direncinden ve havanın türbülans hareketinden doğan enerji kayıplarından kaynaklanır.

Bu çalışma, ikinci ürün olarak üretimi yapılan fasulyenin, kurutulmasına yönelik gerekli uygun tesisin kurulmasında kullanılabilecek ön verilerin elde edilmesine yöneliktir. Bu amaçla, değişik hava akımlarında, değişik nem içeriğindeki temiz ve kirli fasulyenin, hava akımına karşı gösterdiği basınç düşümleri ölçülmüş, değişkenler arasındaki ilişkiler saptanarak, optimum gücü gerektiren vantilatör seçimi için statik basınç düşümü değerleri belirlenmiştir.

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Bu konudaki araştırmaların temelini denemeler oluşturmaktadır. Hazırlanan deneme dzeneneği yardımıyla değişik tarım ürünlerinin hava akımına karşı gösterdiği basınç düşümü değerleri belirlenmiş ve sonuçlar değişik yayınlarda toplanmıştır. Denemelerin farklı tarımsal ürünlerde ve farklı kriterlerde tekrarlanmasına karşın, araştırmacıların vardığı sonuçlar birbirine çok yakındır.

HENDERSON'un (1943) ve (1944) yıllarında yaptığı ęalıřmalarda, tarımsal ürün içerisine gönderilen hava hızı ile ürünün hava akımına karşı gösterdiği direncin değeri arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu ve hava akım hızı artıkça havaya karşı gösterilen direncin arttığı doğrultusundadır.

SHEED (1945) yılında yaptığı ęalıřmada, hava akımı ile basınç düşmesi arasında logoritmik bir ilişkinin geçerli olduğunu savunmuş ve bu ilişkiyi ,

$$V = a . \Delta p^b$$

eşitliği ile ağıklamıştır. Eşitlikte;

V : Hava akım hızı ($m^3 / m^2.s$),

Δp : Ortalama basınç düşmesi (mmSS),

a : Başlangıç değer ("P = 1 " noktasındaki "V" değer),

b : Grafikte ęıkan doğrunun eğimidir.

SHEED (1951) tarımsal ürünlerin nem düzeyleriyle ilgilenmiş ve ürünlerin nem iğeriklerinin artmasınının hava akımına karşı gösterdikleri direncin azalmasına neden olduğu sonucuna varmıştır.

SHEED (1953) yaptığı diğer bir çalışmada materyalin dane şekillerinin büyümesinin hava akımına karşı gösterdikleri direncin azalmasına neden olduğunu, aynı zamanda ölçümü yapılan materyal içerisindeki yabancı maddelerin büyüklüğünün, danelerin büyüklüğünden fazla ise materyalin direncini azaltıcı, küçük ise materyalin direncini artırıcı bir etkiye sahip olduğunu belirlemiştir.

HUKILL ve IVES (1955) 0,01 - 0,02 m³/m².s hava akım hızlarında geçerli olmak üzere, hava akımı ile basınç düşümü arasındaki ilişkiyi;

$$P = (a \cdot V^2) / \ln(1 + b \cdot V)$$

eşitliği ile açıklamışlardır. Eşitlikte;

V : Hava akım hızı (m³/m².s),

P : Basınç düşümü (Pa),

a,b : Deney katsayıları'dır.

MATTHIES (1956)'e göre, tüm tarımsal ürünlerde hava akımına karşı gösterilen direnç ile yığın yüksekliği arasında doğrusal bir ilişki vardır. Materyalin dane büyüklük dağılımı, dane formu, dane yüzey özellikleri, özgül boşluk hacmi gibi özellikleri hava akımına karşı gösterdiği direnç üzerinde etkilidir.

AHMAT (1966), ürün nem içeriğinin artmasının danelere küresel ve esnek bir yapı kazandırıp yığının boşluk hacmini artırdığını ve havaya karşı gösterilen direncin azalmasına sebep olduğunu belirlemiştir.

BAKKER-ARKEMA ve ark. (1969)' na göre, büyük ve küresel daneli ürünlerin hava akımına karşı gösterdikleri direnç, küçük ve köşeli daneli ürünlere göre daha azdır. Farklı büyüklükte dane içeren bir yığında, küçük

daneler, yığının boşluk hacmini azaltarak havaya karşı gösterilen direnci artırmaktadır.

HAQUE ve ark. (1978) yapmış oldukları çalışmada, yığın derinliğine ve hava akım hızına bağlı olarak basınç oluşumu için $0,01 - 0,02 \text{ m}^3 / \text{m}^2 \cdot \text{s}$ hava akım hızlarında geçerli olan,

$$P/L = (a \cdot V^2) / \ln (1 + b \cdot V)$$

eşitliğini bulmuşlardır. Eşitlikte,

- P : Basınç durumu (Pa),
- L : Yığın yüksekliği (m),
- V : Hava akım hızı ($\text{m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{s}$),
- a, b : Deney katsayılarıdır.

REES ve LAYTON (1978)'a göre, aynı hava akımında birim ürün derinliğindeki basınç düşmesi, yığının en alt kısmında daha fazladır. Yığının sıkıştırılması boşluk hacmini azaltmakta ve havaya gösterilen direnci artırmaktadır.

FARMER ve ark. (1981)'nin elde ettikleri sonuç ise, yığının boşluk hacmi artıkça hava akımına karşı gösterilen direnç azalmaktadır. Boşluk hacmi; ürün danelerinin büyüklüğü, şekli ve boyut farklılığına, ürünün yabancı madde içeriği ve bunların büyüklüklerine ve ürünün doldurma biçimine (gevşek veya sıkıştırılmış) bağlıdır.

Son zamanlarda ülkemizde yapılan araştırmalarda, bazı ürünler için statik basınç düşme değerleri belirlenmiştir. Bu çalışmalar sonucunda elde edilen bulgular şu şekilde özetlenebilir.

YAĞCIOĞLU (1985), ürün yığınının belirli bir katmanın içinden geçirilecek hava akımına karşı göstereceği direnç bilindiğinde, değişik

derinliklerdeki yığınların toplam direncinin belirlenebilmesi amacıyla yapılan çözümlenmeler, basınç düşümü ile yığın derinliğinin arasında logaritmik bir ilişkinin olduğunu ortaya koymuştur. Ancak uygulamada bu ilişkinin doğrusal olduğu ön kabulü ile yapılan çözümlenmelerin de işlemlerde çok önemli hatalar oluşturmayacağını belirtmiştir.

Yığından geçen hava akımının uğradığı basınç kaybı ile havanın yığına giriş hızı arasındaki ilişki araştırıldığında, hız artıkça basınç düşümünün de arttığı anlaşılmıştır. Basınç düşümündeki artış, yığın içindeki yabancı madde oranı artıkça yükselmiştir.

YILDIZ (1985), soya, mısır ve yerfıstığında dane büyüklüğü, şekli ve yüzey özellikleri ile yabancı maddelerin büyüklüğü ve miktarlarının farklı olmasının, ele alınan ürünlerin hava akımına karşı gösterdikleri direnç değerlerinin de farklı olduğunu ortaya koymuştur.

Aynı hava akım değerlerinde, yükleme derinliği ile basınç düşümü arasında artan doğrusal bir ilişki bulunmaktadır. Bu durum yükleme derinliğindeki artışa bağlı olarak havanın daha fazla materyalle karşılaşması; diğer bir deyişle, ürün sürtünme alanının artmasından kaynaklanmaktadır.

ODSANTAN (1986)'a göre, kırmızı biber nem içeriğinin en fazla olduğu değerlerde, hava akımına en fazla direnci göstermektedir. Bu nedenle en fazla nem içeriği olan biberler için elde edilen statik basınç düşmeleri dikkate alınarak vantilatör seçilmelidir.

ÖZSUÇA (1986)'ya göre, deneme koşullarında ele alınan ürünlerin hava akımında meydana getireceği basınç düşmesi \pm %10 hata ile belirtilen eşitliklerle saptanabilir. Vantilatör seçiminde, deneysel verilere bağlı olarak çizilen hava akımı basınç düşmesi eğrilerinin kullanılması ile seçimde hata oranı azaltılabilir, ancak ürünlerin fiziksel özelliklerinin ölçüm yapılan ürünlerle eşdeğer olması gereklidir.

Araştırma sonuçları; tarımsal ürünler içerisinden geçirilen hava akımlarında meydana gelen basınę düşmelerinin, bu amaçla geliştirilmiş eşitliklerle hesaplanabileceğini, ancak uygulamaya yönelik en güvenilir sonucun deneysel verilere dayanan hava akımı-basinę düşmesi eğrilerinden elde edilebiliciğini ortaya koymuştur.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Fasulye Bitkisi

Araştırmada materyal olarak U.Ü.Araştırma ve Uygulama çiftliğinde denemeleri sürdürülen, Bursa ve çevresinde ikinci ürün olarak üretimi yapılan fasulye ele alınmıştır.

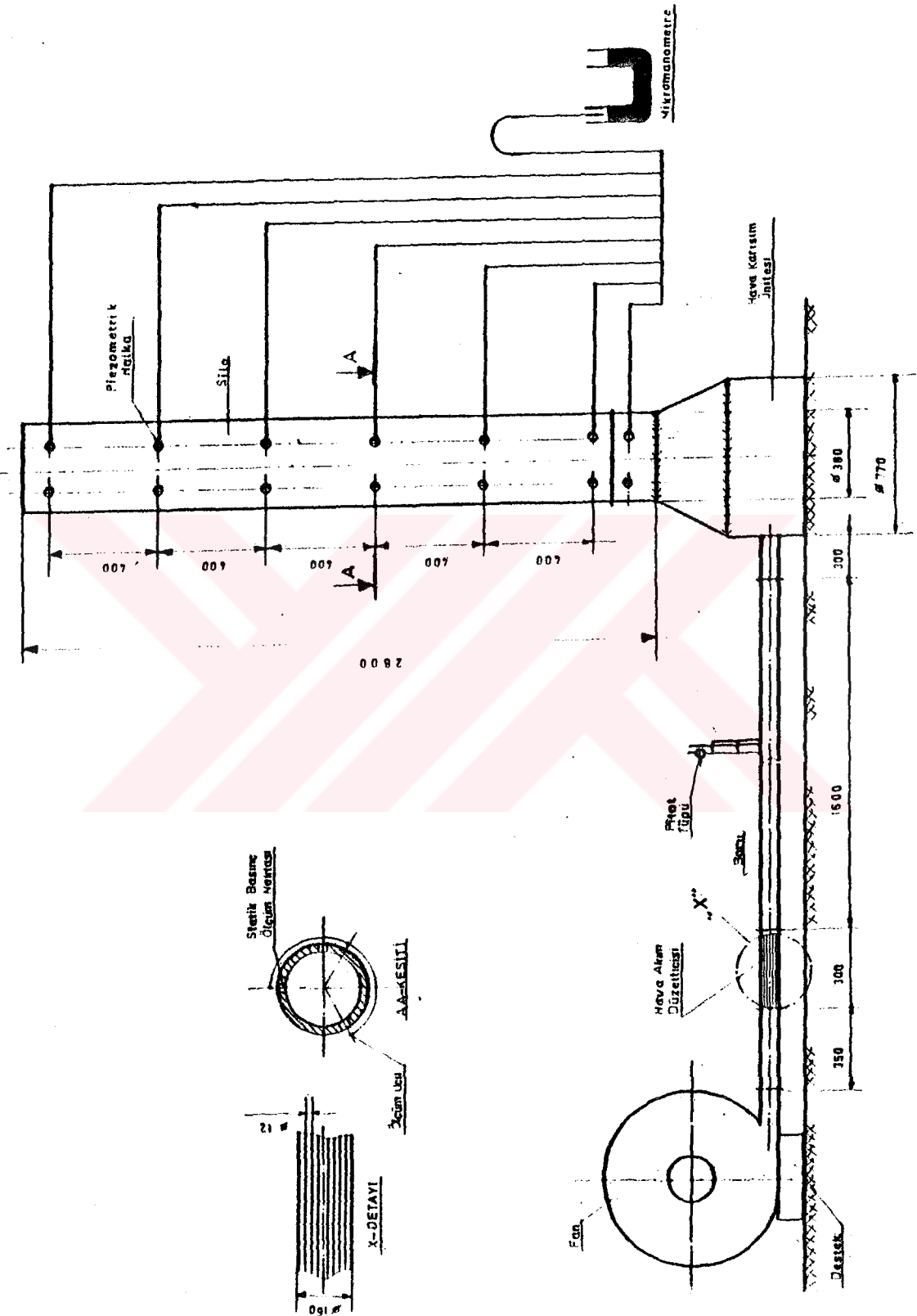
Denemede kullanılan fasulye; *Faseolus Vulgaris L.* türünden olup, popülasyonda Horoz, Selanik, Şeker, Tombul ve Battal çeşitlerinin olmasına karşın, Horoz-Oturak tipinin ağır bastığı, 1988 yılı Balıkesir yöresi ikinci ürün fasulyedir. Hasadı elle yapıldıktan sonra sapdöver harman makinasıyla harmanlanarak, danelenmiştir. Harmanlanan ürün, elek sistemin-den geçirilerek, yabancı maddelerden arındırılmış, elde edilen temiz ürün çuvalara doldurularak depolanmıştır.

Araştırma sonuçlarındaki hata payının en az düzeyde tutulabilmesi amacıyla, doğal haldeki fasulye üzerinde denemenin yapılmasına özen gösterilmiş ve harmanlama sonucunda % 20,30 nem içeriği olan 250 kg fasulye, nem içeriği korunarak denemeye alınmıştır.

3.1.2. Deneme Düzeneği

ikinci ürün fasulyenin hava akımına karşı gösterdiği direncin belirlenmesinde, bu konuda daha önce yapılmış çalışmalardan yararlanarak, yapımı Tarımsal Mekanizasyon Bölümünde gerçekleştirilen deneme düzeneğinden yararlanılmıştır (Şekil 2).

Sistemde gerekli hava miktarının sağlanması amacıyla; 5,5 kW gücünde, 2872 d/d dönü sayısında ve Cos ϕ :0,82 olan trifaze elektrik motoruyla hareketlendirilen kapalı tipte fan kullanılmıştır.



Şekil 2. Deneme düzenegi

Kullanılan fan;

- Tek emişli,
- Yüksek basınçlı, düşük verdili,
- Düz kanatlı,
- Radyal fan karakteristiklerine sahiptir.

Değişik hava hızlarında ölçümün duyarlı olarak gerçekleştirilebilmesi açısından, elektrik motorunun devri, elektronik hız kontrol ünitesiyle ayarlanmıştır.

Hava üfleme fanı; 160 mm çapındaki iletim borusuyla, fan tarafından basılan havanın ürün yığını içerisine homojen şekilde iletimini sağlayan, 770 mm çapındaki hava karışım ünitesine bağlanmıştır.

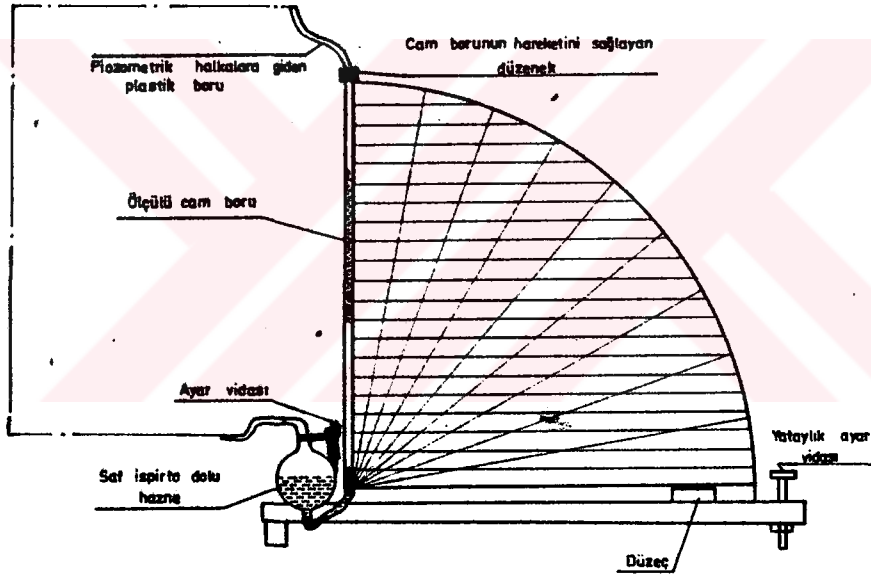
Sistemde türbülans karakterdeki hava akımının düzeltilmesi ve laminer karakterde hava akımının elde edilebilmesi amacıyla, 12 mm çapında, 250 mm uzunluğundaki plastik borular, demet haline getirilerek hava akımı düzelticisi oluşturulmuş ve fan çıkış ağzına yerleştirilmiştir. Hava akımı hız değerlerini ölçmeye yarayan uygun pitot tüpü, hava karışım ünitesinin önüne, boru içerisinde düşey yönde ayarlanabilir şekilde bağlanmıştır.

Ürünün yığın halinde yüklenebilmesi için, 380 mm çapında, 2600 mm yüksekliğinde silo yapılmıştır. Silonun tabanı 5 mm çapında deliklerden oluşan eleklerle kapatılıp, hava karışım ünitesine flenşle bağlanmıştır. Siloda biri hemen eleğin üzerinde olmak üzere 400 mm aralıklarla yerleştirilmiş 6 adet piezometrik halka bulunmaktadır. Ayrıca elekten dolayı oluşan basınç düşümünün belirlenebilmesi amacıyla da hemen eleğin altına bir adet piezometrik halka yerleştirilmiştir.

Silo çevresine 120°'lik açı ile yerleştirilmiş üç adet statik basınç ölçme noktalarının, birbirlerine plastik borularla bağlanması sonucu piezometrik halkalar oluşturulmuştur.

3.1.3. Statik Basınç Ölçme Düzenegi

ölçümler, içerisinde saf ispirto bulunan bir cam hazne ve buna bağlı cam borudan oluşan, 0,1 mmSS duyarlıklı manometre ile gerçekleştirilmiştir. Cam hazne ve boru, üzerinde açılı bölmeleri bulunan çeyrek daire şeklinde tahtaya bağlanmıştır. Cam borunun açılı bölmeleri üzerinde hareketi sağlanarak, yataya daha yakın açılarda ölçümlerin duyarlılığı artırılmıştır. Basınç değerleri cam boru üzerinde bulunan kadran aracılığıyla belirlenmiş ve daha sonraki aşamada mmSS birimine dönüştürülmüştür.



Şekil 3. Statik Basınç Ölçme Düzenegi

3.2. Yöntem

3.2.1. Fasulyenin Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi

3.2.1.1. Fasulye Dane Nemi

Tarım ürünlerinde bulunan nem miktarı, bünyede bulunan su ağırlığı olarak ele alınır. Su miktarı % olarak oransal biçimde tanımlanır. Nem miktarının belirlenmesinde "Yaş baz (y)" veya "Kuru baz (k)" oransal

değerlerinden birisi kullanılır. Yaş baza göre nem, su ağırlığının, ürünün tüm ağırlığına oranı olarak,

$$\text{ÜN}_y = [W_s / (W_s + W_m)] \cdot 100$$

eşitliği ile tanımlanır.

Kuru baza göre nem ise, üründeki su ağırlığının ürünün kuru ağırlığına oranıdır.

$$\text{ÜN}_k = (W_s / W_m) \cdot 100$$

Bu eşitliklerde;

W_s = Su ağırlığı (g)

W_m = ürünün kuru ağırlığı (g)

ÜN_y = Yaş baza göre nem oranı (%)

ÜN_k = Kuru baza göre nem oranı (%)

Kuru ve yaş baza göre belirlenen nem oranları,

$$\text{ÜN}_k = \text{ÜN}_y \cdot 100 / (100 - \text{ÜN}_y)$$

eşitliği ile birbirine çevrilebilir. Fasulye neminin belirlenmesinde iki yol izlenmiştir. Laboratuvarında gerçekleştirilen ölçümlerde, belirli miktarda fasulye tartılmış ve 105°C sıcaklıkta, 24 saat kurutma dolabında bekletilmiştir. Kuruyan fasulyeler tekrar tartılmış, elde edilen değerler, oransal nem eşitliğinde yerine konularak yaş baza göre ürünün nem içeriği belirlenmiştir. Diğerinde ise, daneli ürünlerin yaş baza göre nem içeriklerini belirleyebilen sayısal nem ölçerle, fasulye danesi nem içeriği belirlenmiştir. Bu amaçla, nem ölçer aletinin üzerinde bulunan seçeneklerde

fasulye bulunmadığından, soya fasulyesi seçilmiş, tekrarlı olarak yapılan ölçümler sonucu ortalama dane nemi belirlenmiştir.

Laboratuvar koşullarında ve sayısal nem ölçerle gerçekleştirilen ölçümler sonucunda, aradaki farkın % 0,23 gibi önemsenmeyecek bir değer olması sonucunda, daha sonraki nem ölçümleri pratik olması nedeniyle sayısal nem ölçerle gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.2. Bin Dane Ağırlığı

Rastgele örnekleme yöntemiyle seçilen fasulyeler sayılarak tartılmıştır. Tartımlar 0,01 g duyarlıklı elektronik tartıyla gerçekleştirilmiş ve fasulyenin ortalama bin dane ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.1.3. Hektolitre Ağırlığı

1 lt'lik normal tip hektolitre tartım aletiyle yapılan ölçümler sonucu bulunan değerler 100 lt ile çarpılmış ve ortalama hektolitre ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.1.4. Özgül Ağırlığı

Bir cismin birim hacminin ağırlığına o cismin "özüml ağırlığı" denir. Genelde "Y" ile gösterilir.

özüml ağırlığı belirlenmesinde, belirli miktar fasulye tartılmış, hacminin belirlenmesi için, içerisinde su bulunan dereceli silindire boşaltılmıştır. Taşıdığı suyun ağırlığı belirlenerek;

Yer değiştiren su ağırlığı (g)

Fasulye hacmi (cm³) = _____

Suyun özüml ağırlığı (g/cm³)

eşitliğinde yerine konarak fasulyenin hacmi hesaplanmıştır.Yapılan ölçümler sonucu elde edilen değerler,

$$\text{Fasulyenin Ağırlığı (g)} \\ \text{özgül ağırlık } (\gamma) \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Fasulye hacmi (cm}^3\text{)}}{\text{Fasulye hacmi (cm}^3\text{)}}$$

eşitliğinde yerine konarak, ortalama fasulye özgül ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.1.5. özgül Kütlesi

Birim hacmindeki cismin kütlesine "özgül kütle" denir. Genelde " ρ " ile gösterilir. özgül kütle, özgül ağırlığın yerçekimine oranı ile belirlenir.

$$\rho = \gamma / g \quad \rho = \text{kg.s}^2/\text{m}^4 \quad , \quad \text{g.s}^2/\text{cm}^4$$

Eşitliği kullanılarak fasulyenin özgül kütlesi belirlenmiştir.

3.2.1.6. Yoğunluğu

Cismin özgül ağırlığınının + 4°C'deki damıtık suyun özgül ağırlığına oranına "yoğunluk" denir. Yoğunluk, oran olduğu için boyutsuzdur.

Tanımdan gidilerek;

$$\text{Fasulye özgül ağırlığı (g/cm}^3\text{)} \\ \text{Fasulye yoğunluğu} = \frac{\text{Fasulye özgül ağırlığı (g/cm}^3\text{)}}{\text{Suyun özgül ağırlığı (g/cm}^3\text{)}}$$

eşitliği ile belirlenmiştir.

3.2.1.7. Hacim Ağırlığı

Doğal durumda belirli miktardaki cismin ağırlığınının, kapladığı hacme

oranına "hacim ağırlığı" denir.

Fasulyenin hacim ağırlığının belirlenmesinde; belirli miktarda fasulye tartılıp, içerisinde su bulunan dereceli silindire boşaltılmıştır. Fasulye hacminden dolayı taşan su miktarı tartılmış, suyun özgül ağırlığına bölünerek fasulye hacmi cm^3 cinsinden belirlenmiştir. Sudan çıkarılan fasulyeler kurutma dolabında kurutulup tekrar tartılmış, elde edilen değerler,

Kurutulmuş fasulye ağırlığı (g)

Hacim ağırlığı (g/cm^3)= _____

Doğal fasulyenin kapladığı hacim (cm^3)

eşitliğinde yerine konarak fasulyenin hacim ağırlığı belirlenmiştir.

3.2.1.8. Porozitesi (Boşluk Oranı)

Porozite, fasulye danelerince işgal edilmemiş hacmin, toplam hacme oranıdır. Yüzde olarak tanımlanır.

Porozite, hacim ağırlık ile özgül ağırlık belirli ise;

$$\text{Porozite (\%)} = 100 - \frac{\text{Hacim ağırlığı}}{\text{özgül ağırlık}} \cdot 100$$

eşitliği ile belirlenir.

3.2.1.9. Fasulyenin Fiziksel Boyutları ve Dağılımı

Fasulyeler, çalışmalar sonucunda yabancı maddelerle birlikte beş değişik grupta toplanıp, grupların özellikleri ve dağılımları Çizelge 4'de verilmiştir.

3.2.2, Statik Basınç Düşümünün Belirlenmesi

Sistemde kullanılacak uygun vantilatörün seçimi, ürün içerisinden geçen hava akımının karşılaşılabileceği dirençlerin belirlenmesiyle olanaklıdır. Hava akımına verilecek basınç gerekenden az olduğunda, yığın içerisinden geçemez, gerekenden daha yüksek basınç ise vantilatörün güç gereksinimini artıracığından aşırı enerji kaybına neden olur. Bunun yanısıra homojen bir kurutma ya da havalandırma sağlanamaz.

Ürün yığını içerisine gönderilen hava akımına karşı gösterilen direncin değeri;

- Ürün nem içeriği,
- Ürün içerisindeki yabancı madde oranı,
- Ürün yığın derinliği,
- Hava akış miktarı' na bağlı olarak değişiklik gösterir.

Bu parametrelerin herbirisi birbirine bağımlı olarak hava akımına gösterilen direncin göstergesi olan basınç düşümünün birer fonksiyonudur. Bu durum matematiksel olarak ifade edildiğinde,

$$\Delta P = f(V, \text{ÜNy}, \text{YMO}, H)$$

fonksiyonu yazılabilir.

Burada;

- ΔP : Basınç düşümü,
- V : Hava akış miktarı,
- ÜNy : Yaş baza göre ürün nemi,
- H : Yığın yüksekliği,
- YMO : Yabancı madde oranıdır.

Bu değişkenler arasındaki ilişkilerin deneysel olarak belirlenmesi amacıyla harmanlama sonucu doğal nemde, temiz olarak elde edilen fasulyelerin, serbest dökme yöntemiyle deneme düzeneğine boşaltılmasından sonra ölçümlere başlanmıştır. ölçümler sırasında doldurma biçimi, zamana bağlı olarak değişen sıkışma ve ürün yüksekliği değerlerinin basınç düşümüne etkisi sabit tutulmuştur.

Değişik nem içeriğindeki fasulyelerin basınç düşümüne etkisinin incelenmesi amacıyla, fasulye nemi kontrollü olarak ayarlanmıştır.

Nem içeriğinin artırılması, fasulye yığınının yere serildikten sonra üzerine su zerreciklerinin püskürtülmesiyle gerçekleştirilmiştir. Nemin artması sonucu fasulye daneleri arasındaki kızışmanın önlenmesi amacıyla, belirli aralıklarla karıştırılmıştır. Nem içeriğinin azaltılması ise, yığın içerisinden kontrollü olarak hava akımının geçirilmesiyle oluşturulmuştur. Bütün deneme boyunca nem değerleri sabit tutulmaya çalışılmış, ancak çevre koşullarının buna izin vermemesi sonucu, duyarlılığı artırmak amacıyla birbirine yakın değerlerde ölçümler tekrarlanarak deneme verileri toplanmıştır.

Temiz ürün üzerinde yapılan ölçümlerden sonra, kirlilik oranının basınç düşümüne etkisini incelemek amacıyla, ürünün kirlilik oranı artırılmıştır. Bu amaçla, fasulyeden küçük sap ve saman parçaları ile taş, toprak ve yabancı danelerden oluşan materyel yığın içerisine homojen şekilde karıştırılmıştır. Elde edilen kirli ürün üzerinde de temiz ürün üzerinde uygulanan yöntemlerle basınç düşümü değerleri belirlenmiştir.

Statik basınç düşümü ölçümleri; ölçüm için hazırlanan düzeneğe ürünün boşaltılmasından sonra, ayarlanan sekiz farklı hava akımı değerinde gerçekleştirilmiştir. Hava akımı değerleri, elektrik motoru devrinin hız kontrol ünitesiyle ayarlanması ve duyarlı ölçüm yapılabilmesi amacıyla, mikromanometre kadranının yatayla 10°'lik açı yapacak konumda tutulmasıyla

belirlenmiştir. Mikromanometrede okunan bazı değerler, gerçel değerlere dönüştürülerek hava akımı değerleri seçilmiştir.

Her hava akımı değeri sabit tutularak statik basınç değerleri belirlenmiştir. Bu değerler, silo üzerinde bulunan, her biri 400 mm aralıklarla yerleştirilen, piezometre halkalarına bağlanmış plastik borular aracılığıyla, mikromanometreden okunmuştur. Ölçülen basınç düşümü değerleri, 400 mm yükseklikteki basınç düşüş farkları olarak elde edilmiş ve ortalamaları alınarak her 400 mm yüksekliğindeki ortalama statik basınç düşümü değerleri belirlenmiştir.

Seçilen hava akımlarında, ürünün yükleme yüksekliğine bağımlı olarak değişik nem içeriklerinde, temiz ve kirli fasulye için elde edilen bu değerler MICRDSTAT paket programında değerlendirilerek, ikili ve çoklu regresyon analizleri sonucunda değişkenler arasındaki ilişkiler ve bu ilişkileri tanımlayan katsayılar belirlenmiş ve ilişkiyi açıklayabilen eşitlik oluşturulmuştur. Bu eşitlikle saptanabilen ortalama statik basınç düşümü değerleri, FORTRAN dilinde hazırlanmış bilgisayar programında, ölçüm sonucunda bulunan değerlerle kıyaslanmış ve hata oranları belirlenmiştir. Ayrıca ilişkiler, bilgisayarda GRAPHER paket programıyla değerlendirilerek, grafiksel olarak tanımlanmıştır.

4. ARASTIRMA BULGULARI

4.1. Fasulyenin Fiziksel özelliklerinin Değerlendirilmesi

Kirli ve temiz fasulye üzerinde en, boy ve kalınlıklarına göre yapılan boyut analizleri sonucunda, beş değişik grupta sınıflandırma yapılarak, gruplara ilişkin özellikler çizelge 4'de verilmiştir,

Grupların yığındaki dağılımları incelendiğinde, "orta büyüklükte daneler" olarak tanımlanan fasulyeler, temiz üründe % 36,20, kirli üründe % 36,10 oranıyla en fazla dağılımı gösteren grup olarak belirlenmiştir. Fasulye danelerinden daha küçük boyutlardaki yabancı maddeler, temiz üründe % 0,5, kirli üründe % 1,1'lik oranda bulunmuştur.

% 0,5 yabancı madde oranı ve % 20,3 nem içeriğine sahip fasulyeler ile % 1,1 yabancı madde oranı, % 18,20 nem içeriğine sahip fasulyeler üzerinde yapılan ölçümler, nem içeriğinin artmasının fasulye özgül ağırlığını ve hektolitre ağırlığını azalttığı ve bunun sonucunda boşluk oranını artırdığı doğrultusundadır. Bunun yanısıra, yabancı madde oranının artması, yabancı madde boyutlarının fasulye danelerinden küçük olmasından dolayı, fasulye boşluk hacmini azaltmaktadır.

4.2. Statik Basınç Düşümünün Değerlendirilmesi

Ölçümlerde elde edilen değerler arasında yapılan çoklu ve ikili regresyon çözümlenmeleri sonucunda değişkenler arasındaki en kuvvetli ilişkinin statik basınç düşümüyle hava akım hızı arasında olduğu belirlenmiştir.

Temiz ve kirli fasulyeler üzerinde, sekiz değişik hava akımında gerçekleştirilen ölçümler, hava akım hızının artmasının, statik basınç düşümünü artırdığı ve bu artışın ürünün nem içeriğine ve yabancı madde

Gizelge 4. Fasulyenin Fiziksel Özellikleri

Fasulye urumu (% yb.)	Dane mavi (% yb.)	Bin dane ağırlığı (gr)	Hektolitre ağırlığı (kg/100 lt)	Özgül ağırlığı (gr/cm ³)	Özgül kütle (kg.s ² /m ⁴)	Yoğunluk (gr/cm ³)	Hacim ağırlığı (gr/cm ³)	Kıvrıklık oranı (%)	Fiziksel Boyutları ve Dağılım				
									En (mm)	Boy (mm)	Kalınlık (mm)	Dağılım (%)	Açıklama
									8.1-9.0	17.1-19.2	8.1-9.0	29.20	İri ve olgun daneler
									7.1-8.0	14.1-17.0	6.1-8.0	36.20	Orta büyüklükte daneler
Temiz	20.3	445.7	76.74	1.38	140.8	1.38	0.71	48.7	6.1-7.0	11.1-14.0	5.1-6.0	25.21	Küçük daneler
									5.0-6.0	9.0-11.0	4.0-5.0	8.89	Kırılmış, ezilmiş, çürümüş daneler
									5.0 >	9.0 >	4.0 >	0.5	Sap parçaları, tas, toprak ve yabancı maddeler
=====													
									8.1-9.0	17.1-19.2	8.1-9.0	28.90	İri ve olgun daneler
									7.1-8.0	14.1-17.0	6.1-8.0	36.10	Orta büyüklükte daneler
Kirli	18.20	445.12	77.40	1.40	142.7	1.40	0.82	41.43	6.1-7.0	11.1-14.0	5.1-6.0	25.0	Küçük daneler
									5.0-6.0	9.0-11.0	4.0-5.0	8.9	Kırılmış, ezilmiş, çürümüş daneler
									5.0 >	9.0 >	4.0 >	1.1	Sap parçaları, tas, toprak ve yabancı maddeler

oranına bağılı olarak değişik boyutlarda oluştuğunu göstermiştir. Bu ilişki 40 cm yığıın yüksekliğinde geçerli olmak üzere matematiksel olarak;

$$\Delta P = a . V^b . \text{ÜN}_y^{-c} . YMO^d$$

eşitliği ile ifade edilir.

Burada;

ΔP ; Statik basınç dūřümü (mmSS/40 cm)

V ; Hava akım hızı ($m^3/m^2.s$)

ÜN_y ; Yaş baza göre ürün nemi (%)

YMO ; Yabancı madde oranı (%)

a,b,c,d ; Deney katsayılarıdır.

Birim yığıın yüksekliği için; yığıın yüksekliği ile basınç dūřümü arasındaki değerlendirmeler sonucu % 99 oranında artan doğrusal bir ilişkinin varlığı göz önüne alınarak, yığıın yüksekliğinin statik basınç dūřümünün bir fonksiyonu olarak değerlendirilmesi sonucu;

$$\Delta P = a . V^b . \text{ÜN}_y^{-c} . YMO^d . H/0.40$$

eşitliği elde edilir.

Burada;

ΔP ; Statik basınç dūřümü (mmSS)

H ; Yığıın yüksekliği (m)'dir.

Cizge 5. Fasulyenin Farklı Hava Akımlarında Hesaplanan ve Ölçülen Statik Basınc Dışmeleri

Yabancı madde oranı		% 0.5		% 1.1	
Ürün Nemi (% y.b)		% 16.9		% 18.2	
		% 17.3		% 20.3	
		P = 414.304 V ^{1.5349} . UN ^{-0.3606} . Y.M. ^{0.1100}		r ² = % 99.62	
Oran	Ölçülen Hesaplanan % Fark	Ölçülen Hesaplanan % Fark	Ölçülen Hesaplanan % Fark	Ölçülen Hesaplanan % Fark	Ölçülen Hesaplanan % Fark
0.27	18.25 17.29 -5.57 16.50 17.13 3.70 16.40 16.11 -1.78 19.20 16.19 -0.21 17.70 18.45 4.08				
0.37	27.80 28.04 0.85 26.30 27.79 5.36 25.70 26.14 1.67 31.60 31.08 -1.68 29.50 29.93 1.44				
0.46	39.40 39.17 -0.60 37.30 38.82 3.91 35.70 36.51 2.21 44.70 43.41 -2.97 42.90 41.81 -2.62				
0.54	50.80 50.09 -1.41 47.50 49.65 4.32 46.20 46.69 1.06 58.30 55.52 -5.00 55.15 53.47 -3.14				
0.63	60.70 58.89 -3.08 58.10 58.36 0.45 57.10 54.89 -4.03 65.50 65.27 -0.36 36.90 62.86 -1.66				
0.65	70.80 66.59 -6.33 68.30 65.99 -3.50 66.50 62.06 -7.15 74.90 73.80 -1.49 71.50 71.07 -0.60				
0.71	80.20 76.25 -5.18 74.00 75.57 2.08 72.50 71.07 -2.01 84.60 84.51 -0.11 80.70 81.39 0.85				
0.80	89.70 91.58 2.05 85.00 90.76 6.35 82.40 85.36 3.47 94.90 101.50 6.50 92.20 97.75 5.68				

Değişik yabancı madde oranı ve nem içeriğinde, farklı hava akımlarında ölçülen ve hesaplanan statik basınç düşümü değerleriyle, farkları çizelge 5'de verilmiştir.

Çizelgeye göre, deneylerde elde edilen statik basınç düşümü değerleriyle, hesaplanan değerler arasında dikkate alınabilecek farklar yoktur. En büyük fark % 0,5 yabancı madde oranında, % 20,3 nem içeriğinde ve $0,65 \text{ m}^3/\text{m}^2, \text{s}$ hava akım hızında % - 7,15 olarak gerçekleşmiştir.

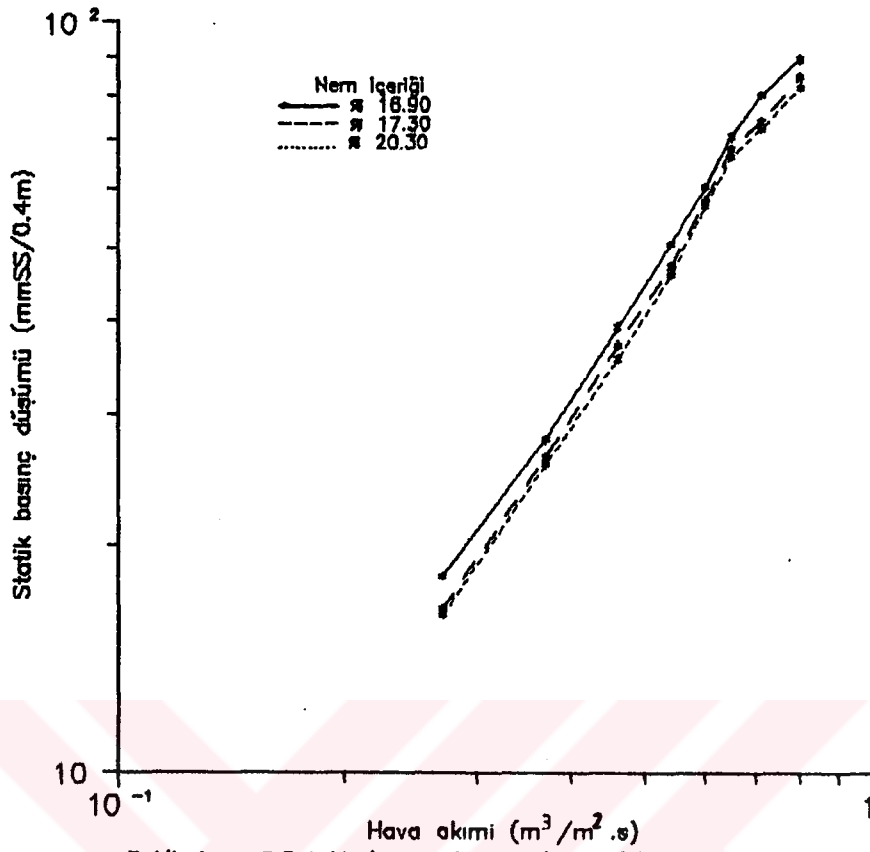
Çizelge bütünüyle incelendiğinde, ölçülen ve hesaplanan statik basınç düşümü değerleri arasındaki farkların değişik boyutlarda gerçekleştiği gözlenmektedir. Bu farklılık, düşük hava akım hızlarında ölçülen statik basınç düşümü değerlerinin çok küçük değerlerde olması, yüksek hava akım hızlarında ise havanın fasulye yığını içerisinde türbülans karakterde akış kazanmasından kaynaklanmaktadır.

Bunun yanısıra ölçülen ve hesaplanan statik basınç düşümü değerleri arasındaki farkın % 8'e bile ulaşmayan değerlerde gerçekleşmesi ve yapılan regresyon çözümlenmeleri sonucu elde edilen katsayılar, ölçümlerin doğruluğunu ve tanımlanan eşitliğin kullanılabilirliğini artıran faktörlerdir.

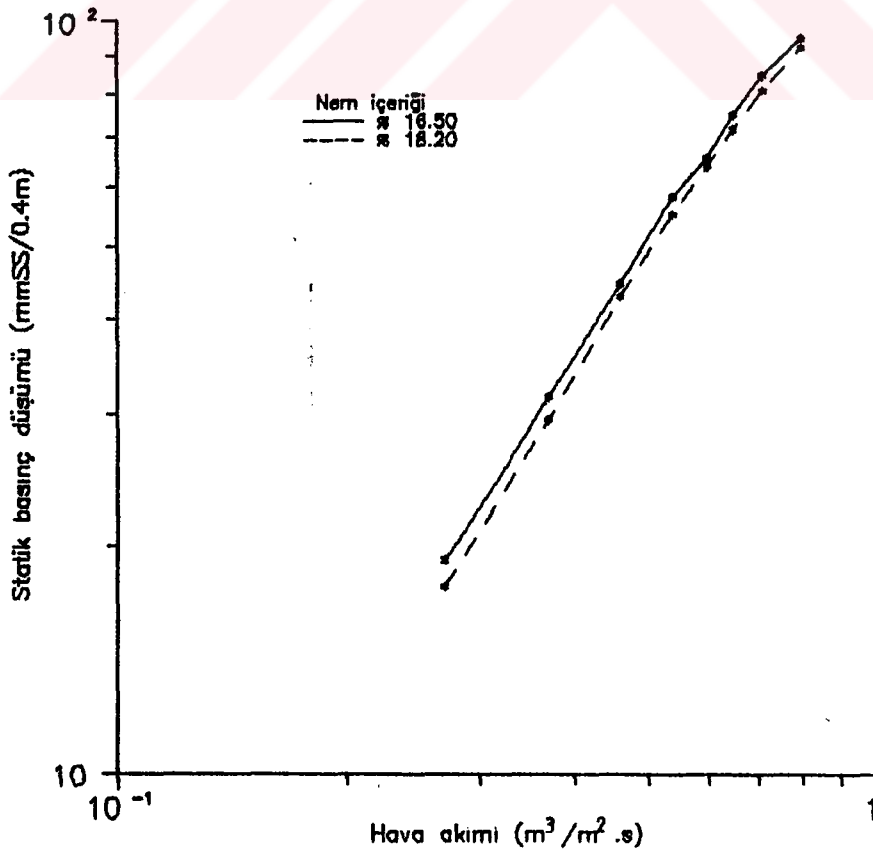
4.2.1. Hava Akım Hızı ile Basınç Düşümü Arasındaki İlişki

Değişik hava akımlarında yapılan denemeler sonucu elde edilen statik basınç düşümü değerleri belirlendikten sonra, hava akım hızıyla statik basınç düşümü arasında yapılan ikili regresyon çözümlenmeleri sonucu, iki değişken arasında pratikte doğrusal olarak kabul edilebilecek artan logaritmik bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir.

Grafiksel değerlendirmede; gerek temiz fasulyede, gerekse kirli fasulyede farklı nem içeriklerinde elde edilen statik basınç eğrileri



Şekil 4. 0.5 Y.M. içeren fasulyenin değişik nem oranlarında , hava akımına karşı gösterdiği direncin değişimi



Şekil 5. 1.1 Y.M. içeren fasulyenin değişik nem oranlarında , hava akımına karşı gösterdiği direncin değişimi

birbirlerine paralel çıkmıştır (Şekil 4, Şekil 5).

Temiz olarak denemeye alınan, % 20,30 nem içeriğindeki fasulyenin, aynı hava akımlarında elde edilen statik basınç düşümü değerleri diğerlerine göre daha düşük çıkmıştır. Nem içeriğinin artması danelerin genişleyerek daha küresel yapı kazanmalarını sağlamış ve yığının boşluk hacmini artırmıştır. Bunun sonucunda yığın içerisine gönderilen hava, geniş boşluklardan rahatlıkla geçerek nisbeten daha az bir dirençle karşılaşmıştır. Bu durum statik basınç değerlerinin azalmasını sağlamıştır.

Kirli olarak denemeye alınan fasulyede ise statik basınç düşümü değerlerinde artış gözlenmiştir. Bunun nedeni, kirliliği artıran materyalin, fasulye danelerinden daha küçük boyutlarda olmasının boşluk hacmini azaltmasıdır.

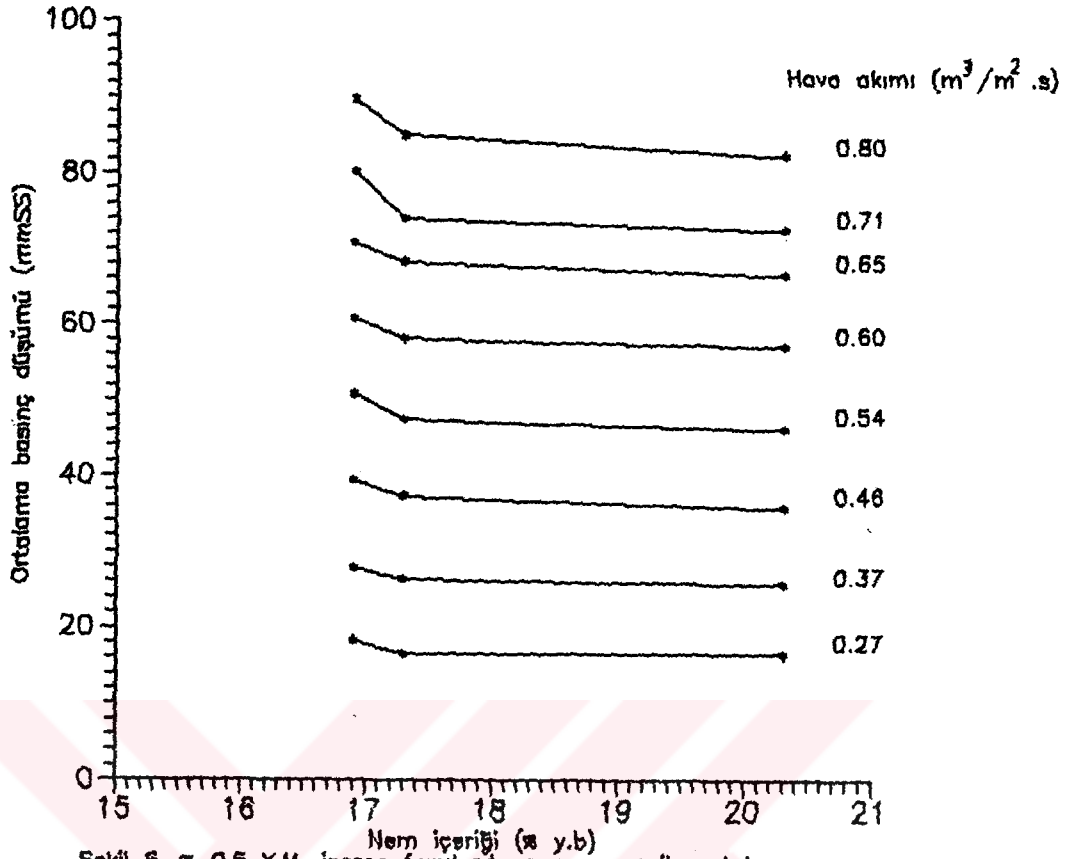
4.2.2. Nem içeriği ile Basınç Düşümü Arasındaki İlişki

Değişik nem içeriklerinde gerçekleştirilen denemeler, nem içeriğinin artmasının statik basınç düşümünü azalttığı; nem içeriğinin azalmasının ise statik basınç düşümünü artırdığı sonucunu vermiştir.

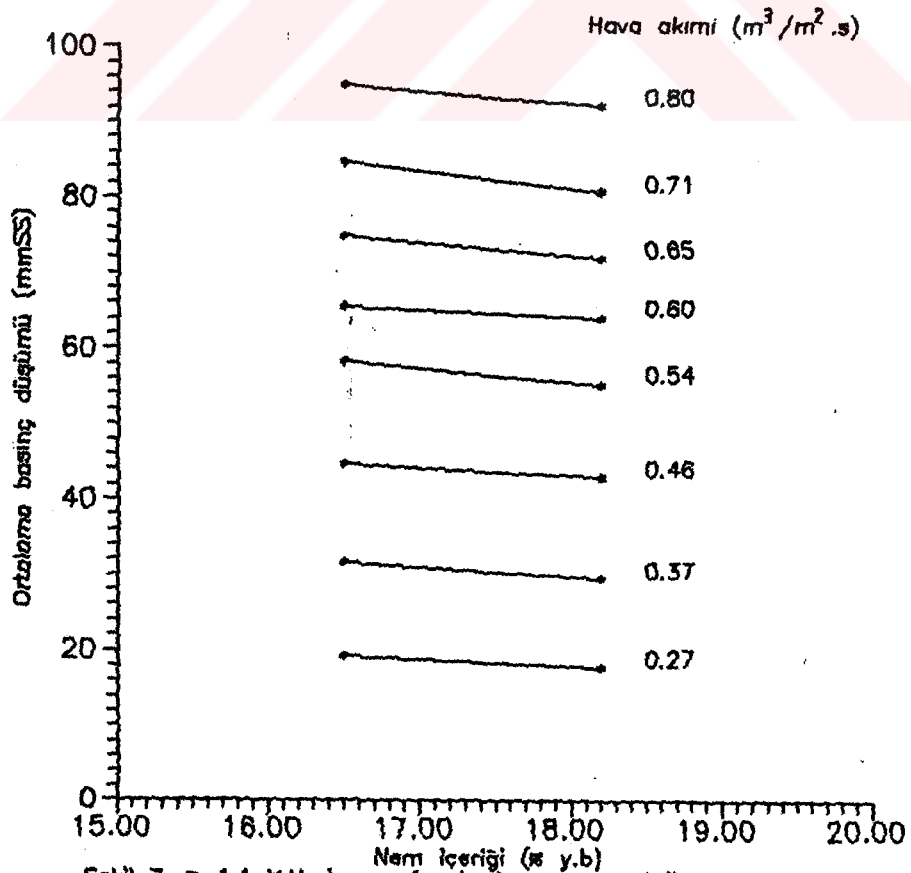
Nem içeriğinin artması, fasulye danelerinin fiziksel boyut değerlerini büyütmede ve daneler arasındaki boşluk hacmini artırmaktadır. Boşluk hacmi artan yığın içerisine gönderilen hava akımı yığın içerisinden geçerken daha az dirençle karşılaşmakta, bundan dolayı da statik basınç düşümü değeri azalmaktadır.

Nem içeriğinin azalması ise danelerin küçülerek sıkışmalarını ve yığının boşluk hacmini azaltmalarını sağlamaktadır. Yığın içerisine gönderilen hava akımı boşluk hacminin azalmasından dolayı daha fazla dirençle karşılaşmaktadır.

Temiz ve kirli fasulyede nem içeriği ile statik basınç düşümü arasındaki ters ilişki Şekil 6 ve Şekil 7'de tanımlanmıştır.



Şekil 6. 0.5 Y.M. içeren fasulyede nem oranı ile ortalama statik basınç düşümü arasındaki ilişki



Şekil 7. 1.1 Y.M. içeren fasulyede nem oranı ile ortalama statik basınç düşümü arasındaki ilişki

Şekil 6 incelendiğinde; değişik hava akımlarında, nem içeriğinin artmasının statik basınç düşümünü azalttığı gözlenmektedir. Bu azalma yüksek hava akımı değerlerinde belirgin olarak gözlenebilmekte, düşük hava akım değerlerinde az miktarda gerçekleşmektedir. % 16,90 nem içeriğiyle % 17,30 nem içeriği arasında büyük boyutta gerçekleşen statik basınç düşümü; % 17,30 nem içeriğiyle % 20,30 nem içeriği arasında gerçekleşmiştir. Bu durum, değişik nem içerikleri arasında belirlenen statik basınç düşümü değerlerinin aynı oranlarda gerçekleşmediğini göstermektedir.

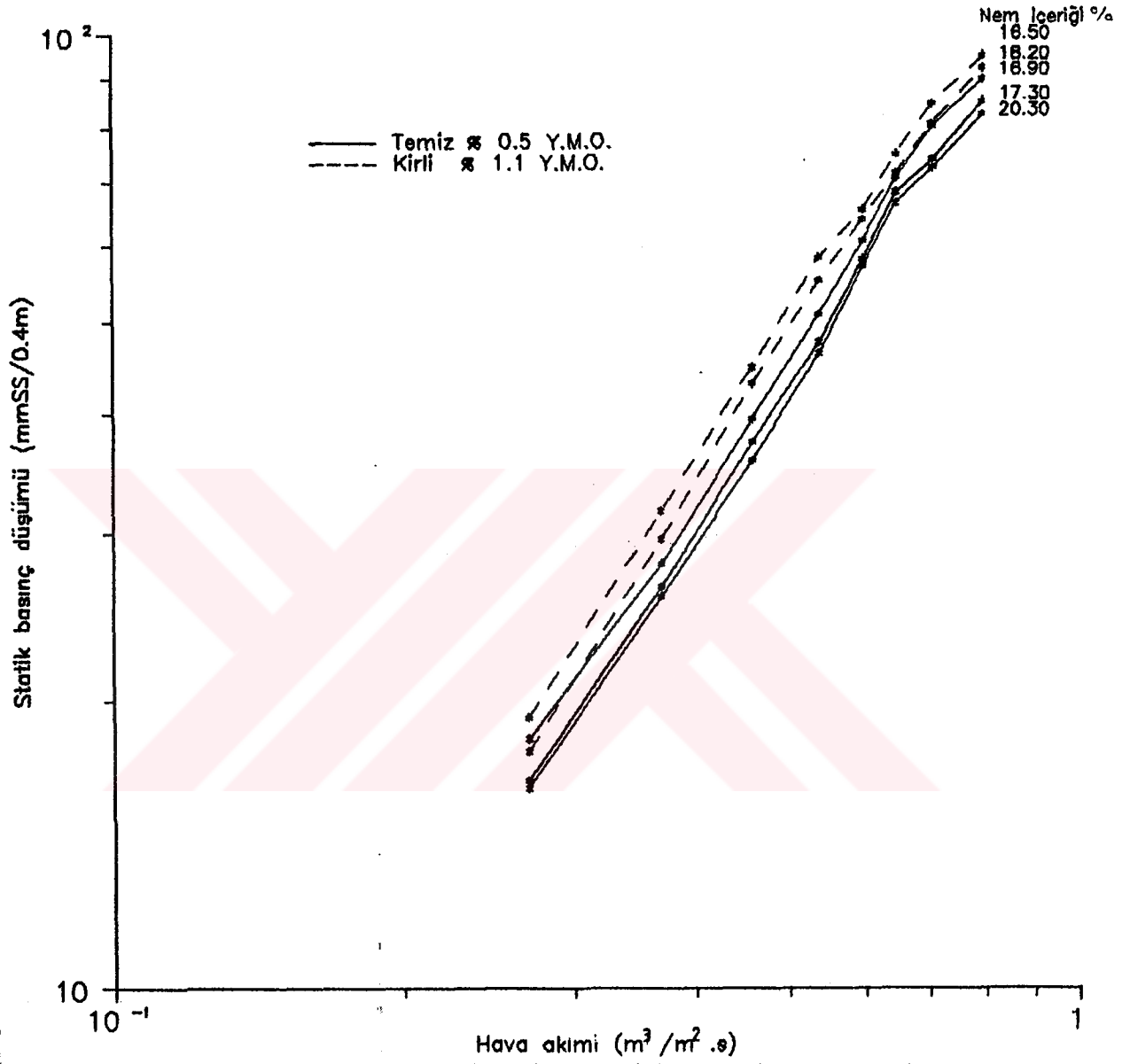
4.2.3. Yabancı Madde Oranı ile Basınç Düşümü Arasındaki İlişki

Yabancı madde oranı ile basınç düşümü arasındaki ilişkinin belirlenmesi amacıyla, değişik nem içeriklerinde ve hava akımı değerlerinde, temiz ve kirli ürün üzerinde yapılan denemeler sonucunda, yığın içerisindeki yabancı madde oranının artmasının, statik basınç düşümünü artırdığı belirlenmiştir.

Fasulyelerin fiziksel boyutları üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda, yabancı madde boyutlarının, fasulye danelerinden küçük boyutlarda olduğu belirlenmiştir. Bundan dolayı yabancı madde oranının artması, yığının boşluk hacmini azaltmakta ve hava akımının daha fazla bir dirençle karşılaşmasını sağlamaktadır.

Şekil 8'de yabancı madde oranı ile basınç düşümü arasındaki ilişki, değişik nem içeriklerinde ve farklı hava akımlarında grafiksel olarak tanımlanmıştır.

Sürekli çizgi ile gösterilen temiz ürün için üç değişik nemde, kesik çizgi ile gösterilen kirli ürün için ise iki değişik nemde statik basınç değerleri tanımlanmıştır. Şekilden de görüldüğü gibi, % 0,5 yabancı madde içeren temiz fasulyede elde edilen statik basınç değerleri, % 1,1 yabancı madde içeren kirli fasulyeye oranla daha düşüktür.



Şekil 8. Değişik nem içeriklerindeki temiz ve kirlı fasulyelerin hava akımına karşı gösterdikleri dirençlerin değişimi

4.2.4. Yığın Yüksekliği ile Basınç Düşümü Arasındaki İlişki

Yığın yüksekliği ile basınç düşümü arasında yapılan ikili regresyon gözlemlenmeleri sonucu, iki değişken arasında artan doğrusal bir ilişkinin varlığı belirlenmiştir.

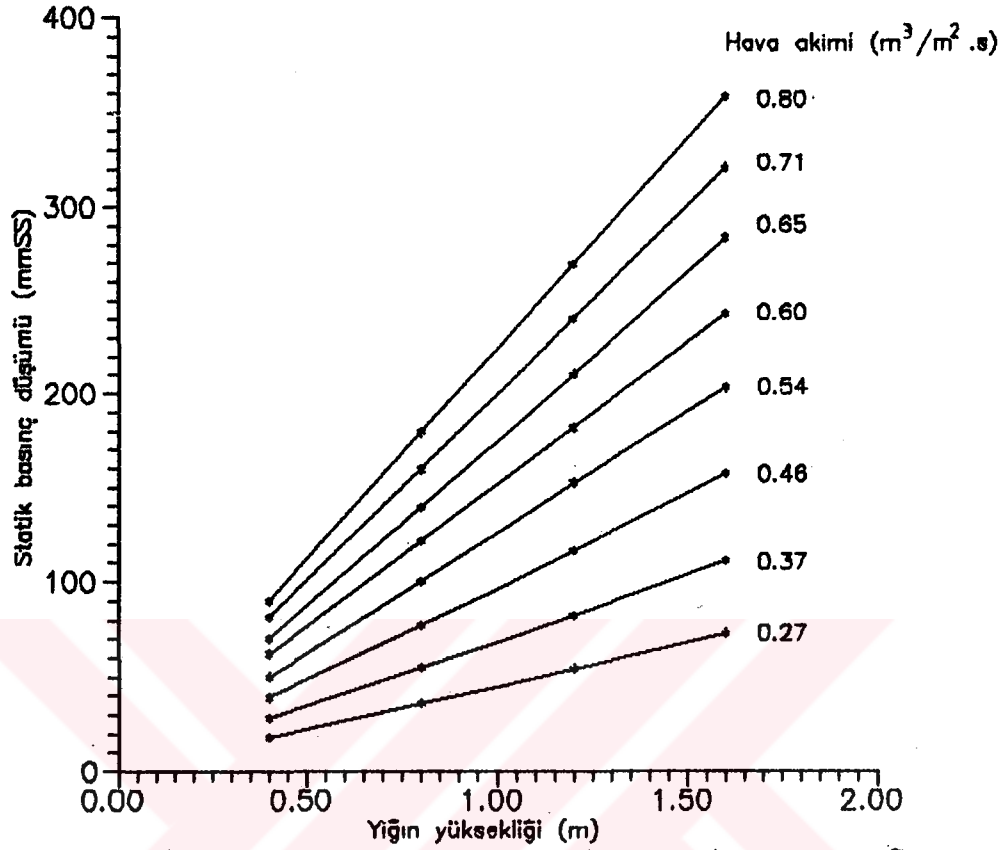
Yığın içerisine gönderilen hava akımı, yığın yüksekliğinin artması sonucu daha fazla materyalle karşılaşmakta, karşılaştığı materyallerin sürtünmeden dolayı hava akımına karşı direnç göstermesi statik basınç düşümünü artırmaktadır. Bu artış yüksek hava akımlarında materyalin gösterdiği direncin artmasından dolayı daha büyük değerlerde gerçekleşmektedir.

Şekil 9,,13'de temiz ve kirli fasulye için, değişik nem oranlarında ve farklı hava akımlarında, yığın yüksekliğiyle statik basınç düşümü arasındaki ilişkiler grafiksel olarak tanımlanmıştır.

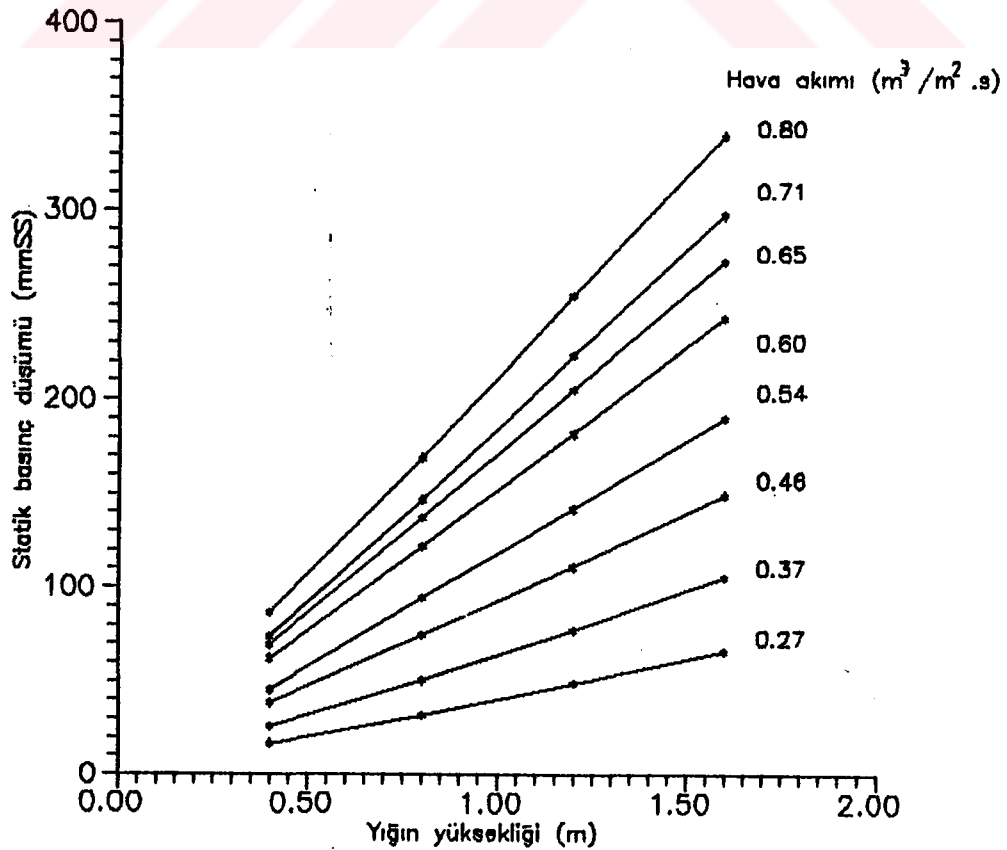
Şekil 9'da yığın yüksekliğinin artmasıyla statik basınç düşümünün artışı gözlenmektedir. Bu artış, düşük akım hızlarında küçük boyutlarda gerçekleşirken, yüksek hava akım hızlarında büyük boyutlarda gerçekleşmektedir.

Şekil 9 ve 11 incelendiğinde, nem içeriğindeki artışın statik basınç düşümünü azalttığı görülmektedir. Bundan dolayı nem içeriğindeki azalmayla birlikte yığın yüksekliğindeki artış statik basınç düşümündeki artışın büyük boyutlarda gerçekleşmesini sağlamaktadır.

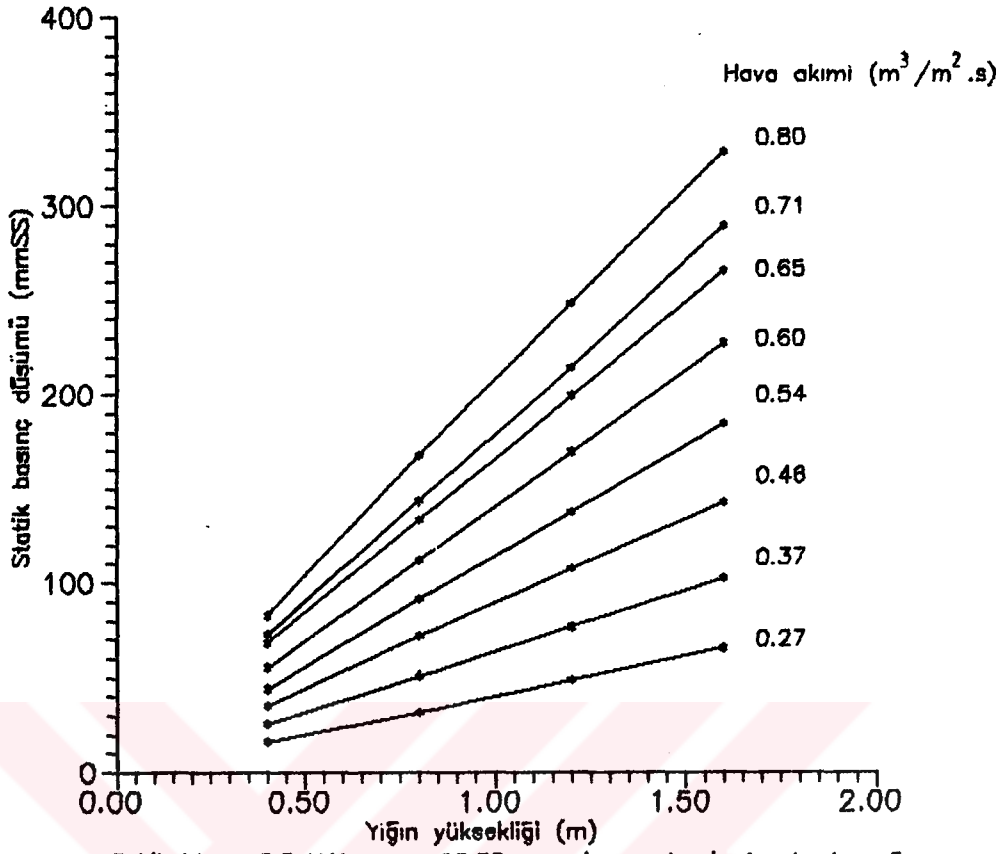
Şekil 9 ve 12'de birbirine yakın nem içeriklerinde olmalarına karşın, yabancı madde oranınının değişik olmasından dolayı, statik basınç düşümü eğrileri farklı boyutlardadır. Üründeki yabancı madde oranınının artması, statik basınç düşümünü artırmaktadır. Bu nedenle Şekil 12'de yabancı madde oranınının fazlalığı ve yığın yüksekliğinden kaynaklanan statik basınç düşümü, Şekil 9'a göre daha büyük boyutlarda gerçekleşmiştir. Bu artış yüksek hava akım hızlarında belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır.



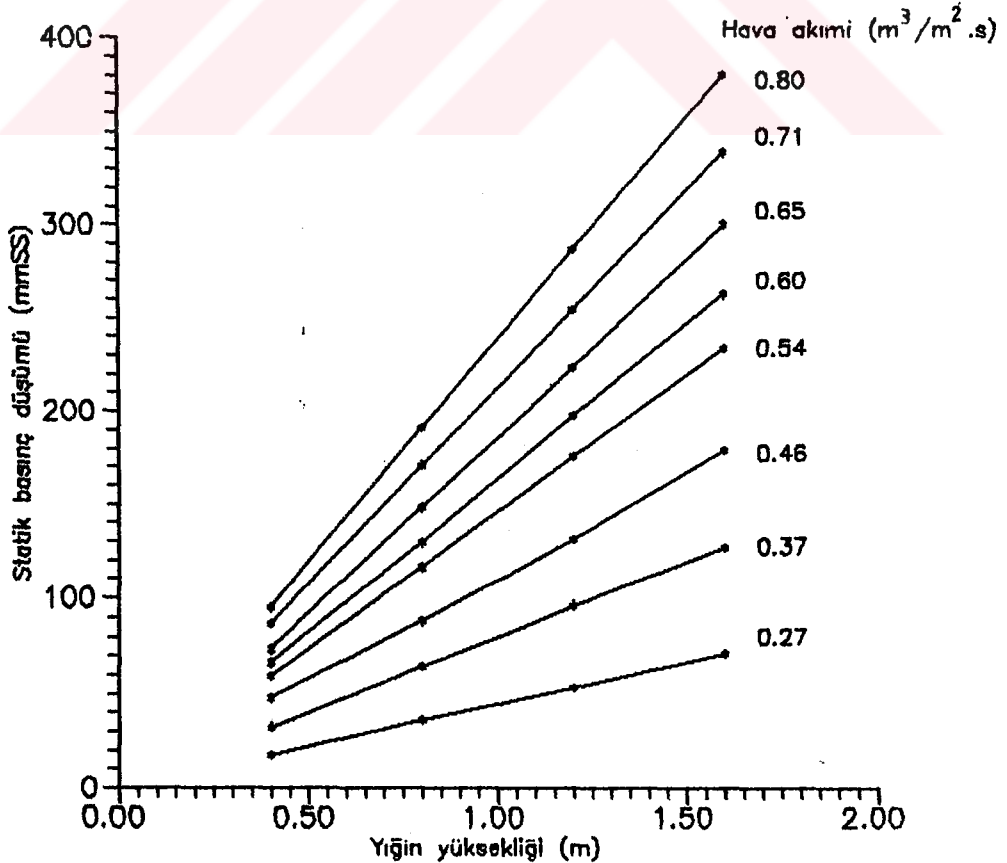
Şekil 9. % 0.5 Y.M. ve % 16.90 nem içeren temiz fasulyede, yığın yüksekliğine bağlı olarak statik basınç düşümü



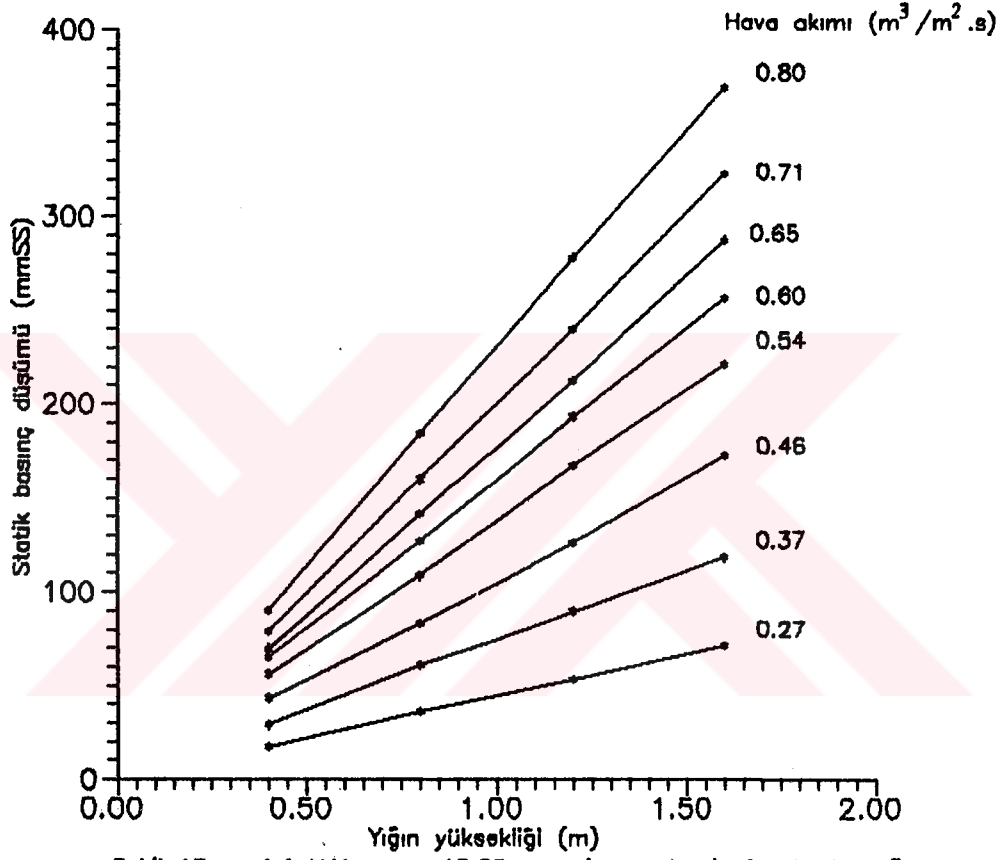
Şekil 10. % 0.5 Y.M. ve % 17.30 nem içeren temiz fasulyede, yığın yüksekliğine bağlı olarak statik basınç düşümü



Şekil 11. % 0.5 Y.M. ve % 20.30 nem içeren temiz fasulyede, yığın yüksekliğine bağlı olarak statik basınç düşümü



Şekil 12. % 1.1 Y.M. ve % 16.50 nem içeren temiz fasulyede, yığın yüksekliğine bağlı olarak statik basınç düşümü



Şekil 13. 1.1 Y.M. ve 18.20 nem içeren temiz fasulyede, yığın yüksekliğine bağlı olarak statik basınç düşümü

5. SONUÇ VE TARTIŞMA

Değişik nem içeriklerinde ve farklı hava akımlarında, temiz ve kirli fasulye üzerinde yapılan deneme sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- Yabancı madde boyutlarının fasulye danelerinden daha küçük boyutlarda olması durumunda, yabancı madde oranının artması yığının boşluk hacmini azaltmaktadır.

- Basınç düşümünü etkileyen değişkenler arasında en önemli ilişki, hava akımıyla statik basınç düşümü arasındadır. Hava akımı hızının artması, statik basınç düşümünü logaritmik olarak artırmaktadır. Ancak bu ilişkinin uygulamada doğrusal olarak kabul edilmesi büyük boyutlarda hatalara neden olmamaktadır.

- Birim yığın yüksekliği için; hava akım hızına, ürünün nem içeriğine, yabancı madde oranına ve yığın yüksekliğine bağımlı, olarak statik basınç düşümü değerleri;

$$\Delta P = a \cdot V^b \cdot \Delta N^c \cdot YMD^d \cdot H / 0.40$$

eşitliği ile belirlenebilir.

- Nem içeriğinin artması fasulye danelerinin fiziksel boyut değerlerini büyütürken, yığının boşluk hacmini artırmakta ve buna bağımlı olarak statik basınç düşümünü azaltmaktadır.

- Yığın içerisine gönderilen hava akımı, yığın yüksekliğinin artması sonucu daha fazla materyalle karşılaşmakta, karşılaştığı materyalin hava akımına karşı direnç göstermesi statik basınç düşümünü artırmaktadır.

- Yabancı madde boyutlarının, fasulye danelerinden daha küçük boyutlarda olması durumunda, yabancı madde oranının artması statik basınç düşümünü artırmaktadır.

Deneme sonuçlarının ışığında, ikinci ürün olarak üretilen fasulyenin kurutulması veya havalandırılması amacıyla kullanılacak vantilatörün seçiminde, statik basınç düşümü değerlerini maksimum kılan faktörler göz önüne alınmalıdır. Bu faktörler;

- En yüksek hava akım hızı,
- Ürünün içerebileceği minimum nem değeri,
- Fasulye danesinden daha küçük boyutlardaki yabancı maddelerin, yığın içerisinde en fazla bulunabilme oranı,
- Tesiste kullanılacak maksimum yığın yüksekliğidir,

Vantilatör tarafından tüketilecek enerjiyi en az düzeyde tutarak birim maliyeti düşürmek; kurutma veya havalandırmanın düşük hava akımı hızlarında, mümkün olan en az yükseklikte gerçekleştirilmesi ve ürünün depolanmadan önce içindeki fasulye danelerinden daha küçük yabancı maddelerin temizlenmesiyle olanaklıdır.

ÖZET

insan beslenmesinde taze sebze ve kuru dane olarak kullanılan fasulye, ekiliş alanı yönünden dünya yemeklik baklagil kültürleri arasındaki ilk sırayı alır. Dünya'da 1988 istatistiklerine göre 14750000 ton üretim değerine sahip olan fasulye, Türkiye'de 170000 ton olarak üretilir. Dünya fasulye üretiminde % 1,15'lik bir paya sahip olmasının yanısıra, birim alandan alınan fasulye miktarı açısından, dünya ortalamasının yaklaşık iki katına eşdeğerdir.

Fasulye bitkisi, ikinci ürün olarak haziran ayı sonlarında veya temmuz ayı başlarında ekilir. Çeşit ve hava koşullarına bağlı olarak, ekimi izleyen 90-120 gün sonra olgunlaşır. Kuru fasulye üretimi için baklaların büyük çoğunluğu tamamen olgunlaşıp sarardığı ve danedeki nem içeriği % 40'a indiğinde hasada başlanır. Hasadı yapılan bitkiler birkaç gün süreyle tarlada kurutulur ve daha sonra tarlada harman edilir. Fasulye harmanı, baklalar kolaylıkla çıkabilecek kadar nem içeriğinde, tarlada yada depoda özel olarak fasulye harmanı için geliştirilmiş harman makinalarıyla sağlıklı biçimde gerçekleştirilir. Makinalı harmanda mekanik zararın en az düzeyde tutulabilmesi amacıyla ürün nem içeriğinin % 21,4'den daha yüksek olması gerekir. Depolama esnasında ürünün bozulmaması için kurutulmuş veya havalandırılarak nem içeriğinin düşürülmesi gerekir. Fasulye için en uygun depolama koşulları danedeki nem içeriğinin % 14'ün, depolama sıcaklığının 10°C'nin üzerine çıkmadığı koşullardır.

Kurutma amacıyla ürün neminin azaltılması ve ortam sıcaklığının dışarıya atılmasında ekonomik olarak kullanılabilme olanağı olan akışkan, havadır. Tarımsal ürünler kurutma yada havalandırma amacıyla içerisinden geçirilen hava akımına karşı bir direnç gösterirler. Bu nedenle sistemde

kullanılacak uygun vantilatörün seçimi, ürün içerisinden geçen hava akımının karşılaştığı dirençlerin belirlenmesiyle olanaklıdır. Hava akımına verilecek basınç gerekenden az olduğunda, yığın içerisinden geçemez, gerekenden daha yüksek basınç ise vantilatörün güç gereksinimini artıracığından aşırı enerji kaybına neden olur. Ürün yığını içerisine gönderilen hava akımına karşı gösterilen direncin değeri;

- Ürün nem içeriği,
- Ürün içerisindeki yabancı madde oranı,
- Ürün yığın yüksekliği,
- Hava akış hızına bağlı olarak değişiklik gösterir.

Bu değişkenler arasındaki ilişkilerin belirlenmesi amacıyla, deneme materyali olan fasulye beş değişik nem içeriğinde, iki değişik kirlilik oranında ve sekiz farklı hava akımında, Tarımsal Mekanizasyon Bölümü'nde oluşturulan deneme ve ölçme düzeneğinde, denemelere alınmıştır.

Seçilen hava akımlarında, ürünün yükleme yüksekliğine ve değişik nem içeriklerine bağımlı olarak, temiz ve kirli fasulye için elde edilen ölçüm değerleri, MICROSTAT paket programında ve grafiksel olarak GRAPHER paket programında değerlendirilmiştir. Ölçümler ve değerlendirmelerin sonuçları aşağıdaki gibi özetlenebilir;

_Basınç düşümünü etkileyen değişkenler arasında en önemli ilişki, hava akımıyla statik basınç düşümü arasındadır. Hava akım hızının artmasıyla, statik basınç düşümü logaritmik olarak artmaktadır.

_Birim yığın yüksekliği için, hava akım hızına, ürünün nem içeriğine, yabancı madde oranına ve yığın yüksekliğine bağımlı olarak statik basınç düşümü değerleri;

$$\Delta P = a . V^b . \text{ÜN}^{-c} . \text{YMD}^d . H / 0,40$$

eşitliği ile belirlenebilir,

- ΔP : Statik basınç düşümü (mmSS)
 V : Hava akım hızı ($m^3/m^2.s$)
 $\dot{U}N_y$: Yaş baza göre ürün nemi (%)
 YMO : Yabancı madde oranı (%)
 H : Yığının yüksekliği (m)
 $a, b, c, d,$: Deney katsayılarıdır,

- Nem içeriğinin artması boşluk hacmini artırmakta ve buna bağımlı olarak statik basınç düşümünü azaltmaktadır,

- Yığının içerisinde gönderilen hava akımı, yığının yüksekliğinin artması sonucu daha fazla dirençle karşılaşmakta ve bunun sonucunda statik basınç düşümü artmaktadır,

- Yabancı madde boyutlarınının, fasulye danelerinden daha küçük boyutlarda olması durumunda, yabancı madde oranınının artması statik basınç düşümü artmaktadır,

Kurutma veya havalandırma tesisinde kullanılacak vantilatörün seçiminde;

- En yüksek hava akım hızı,
- Ürünün içerebileceği minimum nem değeri,
- Fasulye danesinden daha büyük boyutlardaki yabancı maddelerin yığının içerisinde en fazla bulunabilme oranı,
- Tesiste kullanılacak maksimum yığının yüksekliği, göz önüne alınmalıdır,

Kurutma veya havalandırmada birim maliyeti düşürmek; kurutma veya havalandırmanın düşük hava akım hızlarında, mümkün olan en az yükseklikte gerçekleştirilmesi ve ürünün depolanmadan önce içindeki fasulye danelerinden daha küçük yabancı maddelerin temizlenmesiyle olanaklıdır,

SUMMARY

Beans, which are used as a fresh vegetable and a pulse for human nutrition, occupy the first place amongst grain legumes of the world in terms of cultivated area. According to the 1988 statistics, beans which were produced 14750000 tons in all over the world is produced in Turkey totally 170000 tons each year. Although Turkey shares only 1.15 % of the total bean production of the world, its yield is twice than the world-average in grain yield.

Beans are sown at the end of June or early in July as a second crop. Following the sowing, they become ripe within 90-120 days, depending on weather conditions. When most of the pods on the plants become completely ripe and the moisture level of the grain is reduced 40 %, they are harvested. The harvested plants are dried in the field for a few days and then threshed in the field. Bean-harvest is made either in the field or in the warehouse by some special threshing machines when beans contain suitable moisture level. The moisture level should not be more than 21.4 % in order to keep mechanical damage at the least level of harvest made by threshing machines. In order not to spoil them during storage their moisture should be reduced by drying or airing. The best conditions for safe storage of grains; The moisture level of grains should be less than 14 % and temperature should be less than 10°C.

The fluid air is used economically for the reduction of the moisture and temperature of the grains. Agricultural productions oppose to the air-current which is sent to the inner part of the production in order to dry or air them. For this reason, the choice of the suitable ventilator used in the system is possible only by means of determination of counter-resistance

of the air-current that will penetrate into productions. If the pressure given to the air-current is insufficient, it cannot penetrate through the heap. Because over much pressure increases the power need of the ventilator, it will lead to the waste of energy. The value of the resistance to the current-air which is penetrated into the production-heap:

- The moisture of the production,
- The foreign-material-rate within the production,
- The height of the heap of the production,
- It varies depending on the flowing-speed of the air,
- In order to determine the relationship among these varieties under

five various moisture-level, two various dirtiness rates and eight various air-currents, the bean which is a testing material was tested on the testing and measuring levels in the Agricultural Mechanisation Department,

Depending on the loading height and various moisture-level, the obtained measure-values of clean and dirty beans were evaluated graphically in the Grapher and Microstat Packet Programs. The results of the evaluations and measurements are as follows:

- One of the most important relationship that influence the reduction of the pressure is between the air-current and the reduction of the static-pressure. The increase of the speed of the air-current increases logarithmically the reduction of the static-pressure.

- For the height of the unit-heap, the values of the static-pressure-reduction depending on the speed of the air-current, the moisture-rate of the production, the rate of the foreign-material and the height of the heap are:

$$\Delta P = a \cdot V_b \cdot UN_v^{-c} \cdot YMD^d \cdot H/0.40$$

It can be determined by this equality:

ΔP ;Static pressure reduction (mmSS)

V ;Air speed ($m^3/m^2.s$)

UN_v ;The moisture-level of the production according to the wet base (%)

YMD ;The rate of the foreign-material (%)

H ;The height of the heap (m)

a,b,c,d;They are the coefficients of the experiment.

- The increase of the moisture-level increases the volume of the emptiness and depending on this, reduces the static-pressure-reduction.

- The air-current penetrated into the heap meets more resistance as a result of the increase of the heap-height and then the static-pressure-reduction increases.

- When the dimensions of the foreign-materials are smaller than the dimensions of bean-grains, the increase of the foreign-material-rate will increase the static-pressure-reduction.

While selecting the ventilator that will be used in the drying and airing foundation.

- The highest speed of the air-current.

- The minimum moisture-level of the production.

- The highest possibility of the rate of the foreign-materials in the heap which are smaller than bean-grains.

- The maximum heap-height used in the foundation should be taken into consideration.

- To reduce the unit-cost airing and drying:

Airing and drying should be performed in the lowspeed of the air-current and in the least possible height.

Before storing the production, the foreign-materials which are smaller than bean-grains should be picked up.

KAYNAKLAR

- AGRAWAL, K.K., CHAND, P., Pressure Drop Across Fixed Beds of Rough Rice, Transc. of the ASAE, Vol. 17, No:2, 560-563, St. Joseph, Michigan.
- AHMAD, N., 1966, The Effects of Compaction and Moisture Content on the Resistance of Green to Air Flow, M. Sc. Thesis, Dept. of Agr. Univ. of Newcastle Upon Tyne, (Unpublished)
- BAKKER-ARKEMA, F.W., et. al., 1969, Static Pressure Air Flow Relationship in Packed Beds of Granular Biological Materials Such as Cherry Pits, Transc. of the ASAE, 12, 1, 13-136, 140, St. Joseph, Michigan.
- BERN, C.J., et. al, 1982, Auger-Stirring Wet and Dry Corn Air Flow Resistance and Bulk Density, Effects, Transc. of the ASAE, Vol.25, No: 1, 217-220, St. Joseph, Michigan.
- BÖLÜKÖZLU, H., 1988, ikinci ürün Fasulyenin Sapdöver Harman Makinası ile Harman Edilebilme Olanakları Üzerine Bir Araştırma, 1. Balıkesir Mühendislik Sempozyumu, Balıkesir.
- DOĞANTAN, Z.S., 1986, Kahramanmaraş Biberinin Kurutmaya Yönelik Fiziksel ve Kimyasal özelliklerinin Saptanması ile Doğal Koşullarda ve Plastik örtüaltı Güneş Toplayıcılarıyla Kurutma Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- FARMER, G.S., et. al., 1981, Resistance to Air Flow of Bluestem Grass Seed, Transc. of the ASAE, Vol. 24, No: 2, 480-483, St. Joseph, Michigan.
- GUNESEKARAN, S., et. al., 1983, Resistance of Air Flow of Paddy in Shallow Depths, Transc. of the ASAE, Vol: 26, No: 2, 601-602, St. Joseph, Michigan.

- HAQUE, E., et.al., 1978, Static Pressure Drop Across a Bed of Corn Mixed With Fines, Transc. of the ASAE, Vol. 21, No: 5, 997-1000, St. Joseph, Michigan.
- HENDERSON, S.M., 1943, Resistance of Shelled Corn and Bin Walls to Airflow, A.E., Vol. 24, No: 11, 367-369, 374 .
- HENDERSON, S.M., 1944, Resistance of Soybeans and Oats to Airflow, Agricultural Engineering, Vol. 25, No: 4, 127-128.
- HUKIL, W.N., IVES, N.C., 1955, Radial Airflow Resistance of Grain, Agricultural Engineering, Vol. 36, No: 5, 332-335.
- MATTHIES, H.J., 1956, Der Strömungswiderstand beim Belüften Landwirtschaftlicher Erntegüter, VDI Verlag GmbH, Düsseldorf.
- ÖZSUÇA, S., 1986, Çukurova Yöresinde Yetiştirilen Değişik Nem İçerikli Çeltikte Statik Basınç Düşmelerinin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- REES, D.V., LAYTON, T.W., 1978, The Effect of Density The Resistance to Airflow of Try, Hay. NIAE, Unpublished Departmental Note, No: DN/05/879/06010, Silsoe, Bedford.
- SHEED, C.K., 1945, Resistance of Ear Corn to Airflow, Agricultural Engineering, Vol. 24, No: 1, 19-20, 23.
- SHEED, C.K., 1951, Same New Data on Resistance of Grain to Airflow, Agricultural Engineering, Vol. 32, No: 9, 493-495, 520.
- SHEED, C.K., 1953, Resistance of Grain and Seeds to Airflow, Agricultural Engineering, Vol. 34, No: 9, 616-619.
- ŞEHİRALI, S., 1988, Yemelik Dane Baklagiller, A.Ü.Zir.Fak. Yayınları, No: 1089, Ankara.

- YAĞCIOĞLU, A., 1980, Tane Mısır Yığınınından Geçen Hava Akımının Karşılaştığı Dirence İlişkin Bazı Formül Sonuçlarının İrdelenmesi, E.Ü.Zir.Fak. Dergisi, 17/1, S. 111-117, İzmir.
- YAĞCIOĞLU, A., 1983, Tarımsal Ürünlerin Kurutulmasında Depo Tipi Kurutucular, E.Ü.Zir.Fak., İzmir.
- YAĞCIOĞLU, A., BOZKURT, L., 1985, NKP×616 Çeşidi Tanelenmiş Mısır Yığınının Hava Akımına Gösterdiği Direncin Saptanması Üzerinde Bir Araştırma, Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Adana.
- YILDIZ, Y., TUNÇER., İ.K., ÖZTEKİN, S., 1985, Bazı Tarımsal Ürünlerin Hava Akımına Karşı Gösterdikleri Direncin Değişimi, Tarımsal Mekanizasyon 9. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Adana.

23 ref.