

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**Akışkan Yatak Ortamında  
Kuru Soğanın ve Soğan Arpacığının  
Temizlenmesi ve Sınıflandırılmasıyla  
İlgili Karakteristiklerin  
Saptanması Üzerine Bir Araştırma**  
**Türkan AKTAŞ**  
**Yüksek Lisans Tezi**  
**TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**  
**TEKİRDAĞ**  
**1996**

**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKIŞKAN YATAK ORTAMINDA KURU SOĞANIN VE SOĞAN  
ARPAÇIĞININ TEMİZLENMESİ VE SINIFLANDIRILMASIYLA İLGİLİ  
KARAKTERİSTİKLERİN SAPTANMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**Türkan AKTAŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

**TEKİRDAĞ  
1996**

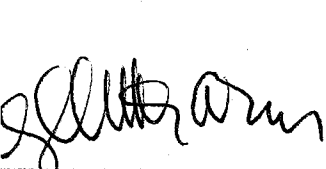
**TRAKYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**AKIŞKAN YATAK ORTAMINDA KURU SOĞANIN VE SOĞAN  
ARPACIĞININ TEMİZLENMESİ VE SINIFLANDIRILMASIYLA İLGİLİ  
KARAKTERİSTİKLERİN SAPTANMASI ÜZERİNE BİR ARAŞTIRMA**

**Türkan AKTAŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
TARIM MAKİNALARI ANABİLİM DALI**

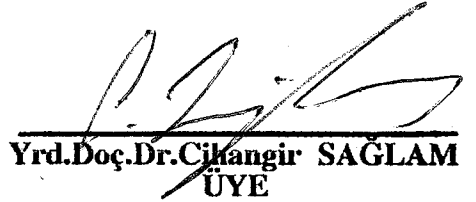
**Bu Tez 29/08/1996 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Tarafından Kabul Edilmiştir.**



**Prof. Dr. Selçuk ARIN  
ÜYE**



**Doç. Dr. Bahattin AKDEMİR  
DANIŞMAN**



**Yrd.Doç.Dr. Cihangir SAĞLAM  
ÜYE**

**ÖZET**  
**Yüksek Lisans Tezi**

**Akışkan Yatak Ortamında Kuru Soğanın ve Soğan Arpacığının  
Temizlenmesi ve Sınıflandırılmasıyla İlgili Karakteristiklerin  
Saptanması Üzerine Bir Araştırma**

**Türkan AKTAŞ**

**Trakya Üniversitesi**  
**Fen Bilimleri Enstitüsü**  
**Tarım Makinaları Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Bahattin AKDEMİR**  
**1996, Sayfa: 63**

**Jüri: Prof. Dr. Selçuk ARIN**  
**Jüri: Doç. Dr. Bahattin AKDEMİR (Danışman)**  
**Jüri: Yrd. Doç. Dr. Cihangir SAĞLAM**

Tarımsal ürünlerin yabancı materyallerden ayrılması ve bu ürünlerin sınıflandırılması için pek çok yöntem kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin temeli, ayırma işleminin, ele alınan materyallerin fiziksel özelliklerine dayanmasıdır.

Ürünlerin aerodinamik özelliklerinden yararlanılarak yapılan pnömatik sistemlerle temizleme ve sınıflandırılması da çok eskiden beri kullanılan yöntemlerden birisidir. Eleklerle sadece boyutlarına göre ayırım yapılabilmekte; farklı yoğunluğa sahip aynı boyuttaki iki parçacık elekten ayrılamamaktadır. Bunların özgül ağırlıkları arasındaki farklardan yararlanılarak ayırma işlemi pnömatik sistemlerle gerçekleştirilebilmektedir.

Bu araştırma Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmanın amacı, kuru soğanın ve soğan arpacığının temizleme ve sınıflandırma aşamaları için, akışkan yatak prensibiyle çalışan bir temizleme ve sınıflandırma sistemin tasarımı için gerekli karakteristiklerin saptanmasıdır. Bu sistemde akışkan olarak hava kullanılmıştır. Bundan dolayı araştırmada bu ürünlerin hava akımı içindeki davranışlarıyla ilgili ölçülebilir karakteristikler saptanmıştır.

Denemelerde 1996 temmuz ve ağustos aylarında hasat edilmiş soğan ve arpacıktan alınan örnekler kullanılmıştır. Soğan ve arpacıklar enine çap ölçümü esas alınarak saptanan büyüklüklerine bağlı olarak sırasıyla 3 ve 5 gruba ayrılmıştır. Ölçümler her gruptan alınan 20'şer örnek için tek tek yapılmıştır.

Araştırma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm kuru soğan, arpacık ve bunlar içindeki yabancı materyallerin fiziksel özelliklerini saptama, ikinci bölüm bu materyallerin tek tek hava akımı içindeki karakteristiklerini saptama ve üçüncü bölüm bunların toplu halde akışkanlaştırılmış yataktaki karakteristiklerini saptama olarak ayrılmıştır. Bunun için laboratuvarında bir hava kanalı yapılmıştır. Verileri elde etmek için bu kanaldan, çeşitli ölçüm cihazlarından ve literatürlerden saptanan eşitliklerden yararlanılmıştır. İkinci bölümde ürünler tek tek hava kanalı içine

bırakılmıştır. Hava hızının ayarlanması ile taneler hava içinde yüzer konuma getirilmiştir. Özgül ağırlıkları ve hava içindeki direnç katsayılarının farklılığı tanelerin farklı yüzme hızlarında ve farklı seviyelerde olmalarını sağlamıştır. Üçüncü bölümde soğan ve arpacık için ayrı ayrı %0, %10, %20 ve %50 oranlarında olmak üzere değişik kirlilikte örnekler oluşturulmuş, bu örneklerin hava akımı içindeki davranışları incelenmiştir.

Elde edilen verilerden; arpacıkların kritik hızlarının 10.98-16.69 m/s arasında değiştiği, keseklerin yüzme hızlarının 22.92 m/s ve daha hafif olan yaprak, sap gibi diğer materyallerin kritik hızlarının ise 8 m/s'den daha düşük olduğu, soğanların yüzme hızlarının 23.63-27.72 m/s arasında değiştiği, dikey hava akışında soğan üzerindeki gevşek kabukların 26.2 m/s hava hızında ayrılabilirdiği saptanmıştır.



**SUMMARY**  
**Master of Science Thesis**

**A Research on the Determination of Onion and Onion Sets  
Characteristics Which are Related to the Cleaning and Classification  
in the Fluidized Bed Medium**

**Türkan AKTAŞ**

**Thrace University**  
**Graduate School of Naturel and Applied Sciences**  
**Department of Agricultural Machinery**

**Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR**  
**1996, Page 63**

**Jury: Prof. Dr. Selçuk ARIN**  
**Jury: Assoc. Prof. Dr. Bahattin AKDEMİR**  
**Jury: Assist. Prof. Dr. Cihangir SAĞLAM**

There are a lot of methods for cleaning and classification of agricultural products. Main theory of these methods is based on physical properties of the materials.

The sieves can separate materials only according to their sizes. Two particles which have the same sizes and different specific gravities can not be separated by the sieves. For this reason the separation process is made for these materials by using their weight differences in pneumatic systems.

This research was made in Tekirdağ Agricultural Faculty, Agricultural Machinery Department's laboratories. The aim of this research is to determine required characteristics of onion and onion sets for the cleaning and classification in the fluidized bed medium. Air was used in this system. Measurable characteristics which are related to the behaviour of particles in the air, were determined.

Onion and onion sets samples which were harvested in July and August were used in the experiments. Onion and onion sets were classified respectively in 3 groups and 5 groups according to the measurements of the maximum width radius. Measurements were made one by one for 20 samples in each classification group.

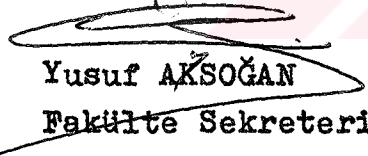
The research consists of three parts. The first is the determination of physical properties of dry onions, onion sets and the foreign bodies which were together with onions, onion sets. The second is the determination of characteristics of these samples in the air stream, and the third is the determination of characteristics of the materials together in the fluidized bed medium.


An air channel was designed for this aim. The air channel, various measurement equipments and the equations which were found in the references were used for the data obtaining.

Experiments were conducted in the air channel. In the second part; the products were dropped one by one in the air channel. The particles were brought in the suspended condition by the changing of air velocity. The



Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde Yüksek Lisans  
yapan .....Türkay AKTAŞ'ın.....Kütüphaneye ilişkisi  
yoktur.

  
Yusuf AKSOĞAN  
Fakülte Sekreteri

  
Şükran ÜLGER  
Kütüphane Sorumlusu  
Ferah BABACAN

TÜRKÇE ABSTRAKT (en fazla 250 sözcük) :

(TÜBİTAK/TÜRDOK'un Abstrakt Hazırlama Kılavuzunu kullanınız.)

Bu araştırma Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın amacı, kuru soğanın ve soğan arpacığının temizleme ve sınıflandırma aşamalarında, akışkan yatak prensibiyle çalışan bir temizleme ve sınıflandırma sisteminin tasarımı için gerekli karakteristiklerin saptanmasıdır.

Denemelerde 1996 temmuz ve ağustos aylarında hasat edilmiş soğan ve arpacıktan alınan örnekler kullanılmıştır. Soğanlar 3 ve arpacıklar 5 gruba ayrılmıştır. Ölçümler her gruptan alınan 20'şer örnek için tek tek yapılmıştır.

Araştırma üç bölümden oluşmaktadır. Birinci bölüm kuru soğan, arpacık ve bunlar içindeki yabancı materyallerin fiziksel özelliklerini saptama, ikinci bölüm bu materyallerin tek tek hava akımı içindeki karakteristiklerini saptama ve üçüncü bölüm bunların toplu halde akışkanlaştırılmış yataktaki karakteristiklerini saptama olarak ayrılmıştır. Bu amaçla laboratuvarında bir hava kanalı yapılmıştır.

Elde edilen verilerden; arpacıkların kritik hızlarının 10.98-19.69 m/s arasında değiştiği, keseklerin yüzme hızlarının 22.92 m/s ve daha hafif olan yaprak, sap gibi materyallerin kritik hızlarının ise 8 m/s'den daha düşük olduğu, soğanların yüzme hızlarının 23.63-27.72 m/s arasında değiştiği dikey hava akışında soğan üzerindeki gevşek kabukların 26.2 m/s hava hızında ayrılabilirdiği saptanmıştır.

İNGİLİZCE ABSTRAKT (en fazla 250 sözcük) :

This research was made in Tekirdağ Agricultural Faculty, Agricultural Machinery Department's laboratories. The aim of research is to determine required characteristics of onion and onion sets for the cleaning and classification in the fluidized bed medium.

Onion and onion sets samples which were harvested in July and August were used in the experiments. Onion and onion sets were classified respectively in 3 and 5 groups. Measurements are made one by one for 20 samples in each classification groups.

The research consists three parts. The first is the determination of physical properties of dry onions, onion sets and foreign bodies which were together onions, onion sets. The second is the determination of characteristics of this samples in the air stream, and the third is the determination characteristics of the materials together in the fluidized bed medium. An air channel was designed for this aim.

According to the results; the critical velocities of onion sets changed 10.98-16.69 m/s, critical velocities of onion changed 23.63-27.72 m/s, critical velocities of clods 22.92 m/s and critical velocities of lighter materials such as leaves and stalks were less than 8 m/s. Loose skins of the onions separated by 26.2 m/s air velocities in the vertical air flow .

differences of the specific gravity and coefficient of resistance in their affected the situation of suspended levels and floating velocity of the materials.

In the third section, for the onion and onion sets, the samples which have various dirty levels (%0, %10, %20, %50) were prepared and then their behaviour in the air stream were investigated.

According to the results; the critical velocities of onion sets changed 10.98-16.69 m/s, critical velocities of onion changed 23.63-27.72m/s, critical velocity of clods 22.92 m/s and critical velocities of lighter materials such as leaves and stalks were less than 8 m/s. Loose skins of the onions seperated by 26.2 m/s air velocities in the vertical air flow.



## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No:</u>
ÖZET.....	I
SUMMARY.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	VII
ŞEKİL DİZİNİ.....	IX
ÇİZELGE DİZİNİ.....	X
1.GİRİŞ.....	1
1.1. Akışkan Yatak Ortamı.....	2
1.2. Akışkan Yatak Ortamı Prensibi ile Çalışan Makinalar .....	4
1.2.1. Akışkan yatak seperatörü.....	4
1.2.2. Taşayırıcı.....	5
1.2.3. Özgül ağırlık ayırıcısı (Gravite Masası).....	7
1.3. Araştırmanın Amacı.....	8
2. ÖNCEKİ ARAŞTIRMALAR.....	10
2.1. Tarımsal Ürünlerin Aerodinamik Özelliklerini Saptamaya Yönelik Önceki Çalışmalar .....	10
2.2. Akışkan Yatak Ortamı İle İlgili Çalışmalar.....	18
2.3. Kuru Soğan ve Arpacıkla ilgili Önceki Çalışmalar.....	21
3. MATERYAL ve YÖNTEMLER.....	24
3.1. Materyal.....	24
3.1.1. Deney Düzeneği.....	24
3.1.2. Deneylerde Kullanılan Ölçme Aletleri.....	27
3.1.3. Deney materyalleri.....	30
3.2. YÖNTEMLER	
3.2.1. Soğan ve arpacıkların fiziksel özelliklerinin saptanması.....	33
3.2.1.1. Geometrik ortalama çapın saptanması.....	33
3.2.1.2. İzdüşüm alanının saptanması.....	34
3.2.1.3. Kesit alanının saptanması.....	35
3.2.1.4. Küresellik katsayılarının saptanması.....	35

3.2.1.5. Hektolitre ağırlığının saptanması.....	35
3.2.1.6. Özgül ağırlıkların saptanması.....	35
3.2.1.7. Materyallerin nem yüzdelerinin saptanması.....	36
3.2.2. Soğan, arpacık ve yabancı materyallerin aerodinamik karakteristیکlerinin saptanması.....	37
3.2.2.1. Kritik hızın saptanması.....	37
3.2.2.2. Hava içindeki materyallerin sürüklenme katsayılarının saptanması.....	38
3.2.2.3. Sürüklenme kuvvetinin saptanması.....	39
3.2.2.4. Reynolds sayısının saptanması.....	40
3.2.3. Materyallerin Akışkan yataktaki davranış karakteristیکlerinin saptanması.....	40
3.2.3.1. Minimum akışkanlaştırma hızının saptanması.....	41
3.2.3.2. Minimum akışkanlaştırma debisinin saptanması.....	42
3.2.3.3. Akışkan yataktaki şişme oranının saptanması.....	43
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI.....	44
4.1. Soğan ve Arpacıkların Fiziksel Özellikleri İle İlgili Sonuçlar.....	44
4.2. Soğan Arpacık ve Yabancı Materyallerin Aerodinamik Karakteristikleri İle İlgili Sonuçlar.....	46
4.2.1. Kritik hızlarla ilgili sonuçlar.....	46
4.2.2. Sürüklenme katsayıları ile ilgili sonuçlar.....	48
4.2.3. Sürüklenme kuvvetlerinin saptanması.....	49
4.2.4. Reynolds sayıları ile ilgili sonuçlar.....	50
4.3. Materyallerin Akışkan Yataktaki Davranışları Üzerine Etkili olan Karakteristiklerle İlgili Sonuçlar.....	51
5. TARTIŞMA.....	57
6. LİTERATÜR LİSTESİ.....	58
TEŞEKKÜR.....	62
ÖZGEÇMİŞ.....	63

## ŞEKİL DİZİNİ

<u>Sekil No</u>	<u>Sekil Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
1.	Akışkanlaştırılmış Yatak	3
2.	Akışkan Yatak Seperatörü	5
3.	Taş Ayırıcı	6
4.	Taş Ayırıcının Şematik Şekli	7
5.	Gravite Tablasının Şematik Şekli	8
6.	Hava Akımı İçindeki Bir Küreye Etki Eden Kuvvetler	10
7.	Gasterstadt'nin Kullandığı Deney Düzeneği	11
8.	Küresel Olmayan Materyaller İçin Sürüklenme Katsayısı ve Reynolds Sayısı	14
9.	Değişik Hava Hızlarında Kaldırılan Patates ve Taşın Yüzde Oranları	15
10.	Sorgum Tohumunun Hava Akımına Karşı Gösterdiği Direnci Belirlemede Kullanılan Deney Düzeneği	17
11.	Hava kanalı	25
12.	Anemometre	28
13.	Kuvvet Ölçer	29
14.	Tarımsal Ürünlerin Eksen Uzunlukları	34
15.	Küresel Materyallerde $N_r$ ve $C_d \cdot N_r^2$	39
16.	Reynolds Sayılarına Bağlı Olarak Düzeltme Katsayıları	42
17.	Arpacıkta $N_r$ ve $C_d \cdot N_r^2$	49
18.	Soğanda $N_r$ ve $C_d \cdot N_r^2$	49
19.	Soğan ve Arpacıkta Kirlilik Oranlarının Basınç Düşümüne Etkisi	53
20.	Değişik Kirlilik Oranlarının Minimum Akışkanlaştırma Hızına Etkisi	54
21.	Soğanda Basınç Düşümü ile Minimum Akışkanlaştırma Hızının Değişimi	55
22.	Arpacıkta Basınç Düşümü ile Minimum Akışkanlaştırma Hızının Değişimi	56

## ÇİZELGE DİZİNİ

<b>No</b>	<b>Cizelge Adı</b>	<b>Sayfa No</b>
1.	Bazı Tarımsal Ürünler İçin Yüzme Hızları	12
2.	Yulaf ve Buğday İçin Bazı Aerodinamik Karakteristikler	12
3.	Çeşitli Tane Cinsleri İçin Özgül Ağırlık Değerleri	13
4.	Patates ve Değişik Şekli Taşların Yüzme Hızları	14
5.	Soğan Arpacığının Bazı Fiziksel ve Fiziko Mekaniksel Özellikleri	22
6.	Yerli Soğanların Boyut Özellikleri	22
7.	Elektrik Motorunun Teknik Özellikleri	24
8.	Hava Kanalından Sağlanan Hava Hızları ve Hava Debileri	27
9.	Tekirdağ'da üretilen Kuru Soğanların Bazı Özellikleri	30
10.	Tekirdağ'da Üretilen Arpacıkların Bazı Özellikleri	30
11.	Denemelerde Kullanılan Soğan ve Arpacıkların Özellikleri	31
12.	Soğan ve Arpacık İçindeki Toprak ve Keseklerin Boyut Dağılımı	32
13.	Reynold Sayısına Bağlı Olarak Sürüklenme Katsayısının Değişimi	37
14.	Denemelerde Kullanılan Materyallerin Bazı Fiziksel Özellikleri	45
15.	Ölçülen ve Hesaplanan Kritik Hızlar	47
16.	Sürüklenme Katsayıları	48
17.	Sürüklenme Kuvvetleri	50
18.	Reynolds Sayıları	51
19.	Akışkan Yataktaki Karakteristikler	52
20.	Değişik Kirlilik Oranlarında Oluşan Basınç Farkları	53



## 1. GİRİŞ

Ürünlerin pazarlanmasındaki amaçlardan biri de işletmelerin uygun üretim ve pazarlama stratejileri ile daha büyük işletmelere döndürülmesidir. Son yıllarda tarımsal üretimin artması ve dünya pazarında önemli yere sahip olan ürünlerin bolluğu, tüketicinin ürün kalitesine karşı hassasiyetinin artması üretim ve pazarlama alanına rekabeti getirmiştir. Rekabetin tüm şiddetiyle devam ettiği dünya piyasalarında artık standartlara uymayan ürünlerin pazarlanması mümkün olmamaktadır. Bundan dolayı hasattan sonra ürünlerin kullanılma amaçlarına uygun bir şekilde hazırlanmaları gerekmektedir. Bu hazırlama sırasındaki en önemli işlemler arasında temizleme ve sınıflandırma işlemleri de bulunmaktadır.

Ürünlerin temizlenmesi, belli bir karışım içindeki esas ürünün diğer istenmeyen maddelerden ayrılması; sınıflandırma ise temizlemeden sonra elde edilmiş temiz ürünün çeşitli özelliklerinden yararlanılarak kendi aralarında ayrılması işlemidir (Eker, 1983).

Tarımsal ürünlerin en ekonomik şekilde makinalarla temizlenip sınıflandırılabilirdiği bilinmektedir. Tarımsal işletmelerde temizleme ve sınıflandırma işlemleri için geliştirilecek makinaların kullanılmasıyla işgücünden önemli ölçüde tutum sağlanmakta, enerji produktivitesi artmakta ve istenen işlemler daha kısa sürede ve daha hassas olarak gerçekleştirilmektedir.

Tarım ürünlerinin ve yabancı materyallerin yoğunlukları arasındaki farklar esas alınarak temizlenmesi ve sınıflandırılmasında sıvı veya gaz akışkanların kullanılması oldukça eski bir yöntemdir. Bu yöntemde ürünler akışkan içerisinde yüzdürülmektedir. Yoğunluğu akışkandan küçük olan materyaller yüzerken yoğunluğu akışkandan büyük olan materyaller ise dibine batmaktadır. Bunun için kullanılan sıvılar arasında  $1086 \text{ kg/m}^3$  yoğunluğa sahip tuzlu su, etanol çözeltileri, alkol çözeltisi ve yağlar da bulunmaktadır. Sıvı akışkanlarla yapılan sınıflandırma ve temizleme işlemlerinin oldukça hassas ve sisteminde ucuz olmasına rağmen sıvıların kullanılmasının pek çok sakıncası vardır. Bunlar sıvının çabuk kirlenmesi, yoğunluğunun kısa zamanda değişmesinden dolayı sürekli iyileştirilmesinin gerekliliği, ürünün ıslanmasından dolayı kalite kaybının olması, hastalıkların taşınması, ayırma işlemi takip eden bir kurutma işlemine gereksinim duyulması bu çözeltilerin pahalı ve

yangın gibi bazı çevresel tehlikelere sebep olmalarıdır (Zaltzman ve ark., 1987).

Bu sebeplerden dolayı son yıllarda özellikle patates gibi yumru bitkilerin taş ve keseklerden temizlenmesi ve sınıflandırılması için kuru akışkan olarak adlandırılan akışkan yatağın kullanıldığı pnömatik sistemler üzerine çalışmalar oldukça artmıştır.

### 1.1. Akışkan Yatak Ortamı

Materyallerin yoğunluklarına göre ayrılmasında kuru akışkan olarak adlandırılan akışkan yatak kullanılmaktadır. Katı taneciklerden oluşan bir materyal grubunun sanki akışkan gibi hareket etmesi yada bu davranışı gösterir duruma getirilmesiyle oluşturulan akışkan yatak, yüksek viskoziteli bir sıvı akışkanın özelliklerine sahiptir. Akışkan yataklar iki tipe ayrılmaktadırlar (Zion, 1995).

1. İçine materyal eklenen akışkan yataklar: Genellikle gaz akışkan içerisine çok küçük parçalı kum eklenmektedir. Eklenen bu kum sayesinde gaz içinde oluşan baloncuklar daha küçük ve bu baloncukların büyüklüğü daha homojendir.

2. İçine materyal eklenmeyen akışkan yataklar: Bu tip akışkan yataklarda içine materyal eklenmediği için baloncuklar daha geniştir. Bu nedenle ortam kum ortamında olduğu gibi homojen değildir.

Günümüzde ticari olarak imal edilen, temizleme ve sınıflandırma için kullanılan akışkan yatak ortamlı makinalarda ikinci tip yani havalı akışkan yatak ortamı bulunmaktadır. Bu makinalarda, ürün ve yabancı materyallerden oluşan karışım hava akışıyla karşılaştırılmaktadır. Temizleme ve sınıflandırmada ürünlerin kritik hızı, yoğunluğu, büyüklüğü, şekli gibi özellikleri etkili olmaktadır.

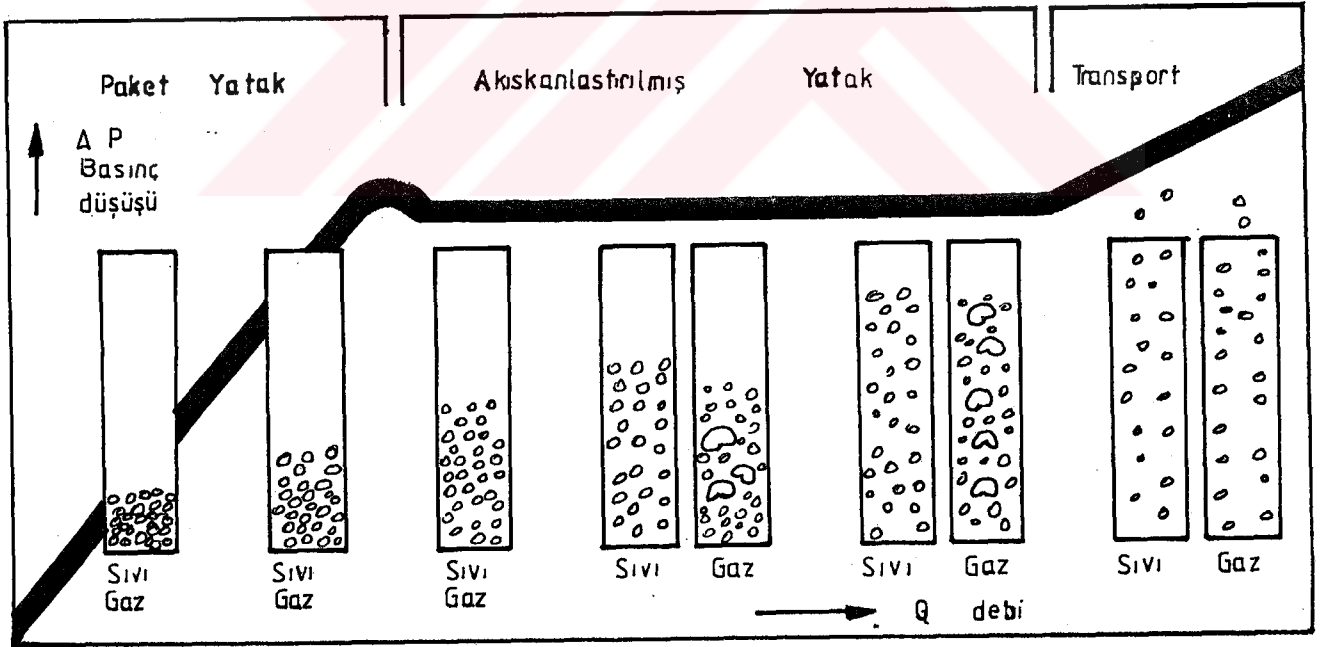
Akışkan yatakta materyaller Şekil 1'de görüldüğü gibi sıvı ya da gaz ile beslenerek ağırlıkları direnç kuvvetleri ile dengelenmektedir (Özgür, 1994). Bir paket yatak altındaki ızgaralardan sıvı veya gaz akımı verildiğinde ilk önce

oluşan basınç kaybı, debi ile orantılı olarak artmakta, bu arada üstteki parçacıklar hareketlenmektedir. Akışkanlaştırma başlayınca bütün parçacıklar

hareketlenmekte ve artık basınç farkı sabit kalmaktadır. İster sıvı ister gaz ile olsun debi arttıkça akışkanlaştırılmış yatakta bir hacim artması gözlenmektedir. Ancak bu genişlemenin mekanizması sıvılı yatak ve gazlı yatakta farklılık göstermektedir.

Sıvı ile akışkanlaştırılmış bir yatakta genişleme üniform bir şekilde olmakta yani yataktaki parçacıklar arası açılmaktadır. Böylece yatak daha gözenekli olmaktadır.

Gaz ile akışkanlaştırılmış yatakta ise durum daha farklıdır. Burada fazla gaz gözenekleri arttırmayıp kabarcıklar oluşturmaktadır. Bu kabarcıklar, içinde parçacık bulunmayan gaz ile dolu hacimlerdir. Bu hacimler düzgün bir hızla yukarı doğru çıkmakta ve bu hareketleri sırasında da yatağı karıştırmaktadırlar.



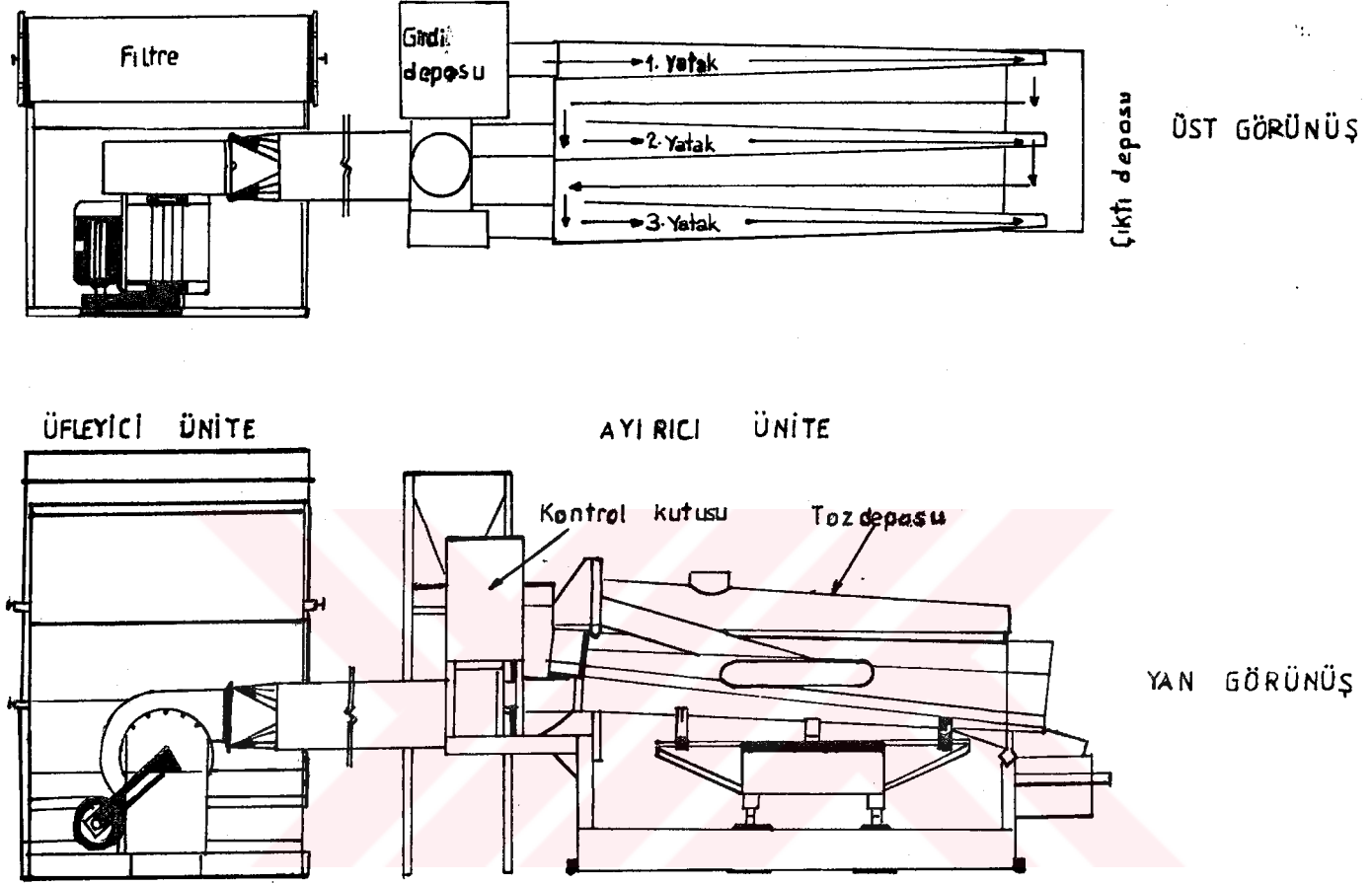
Şekil 1. Akışkanlaştırılmış yatak

## 1.2. Akışkan Yatak Ortamı Prensibi ile Çalışan Makinalar

### 1.2.1. Akışkan yatak seperatörü

Şekil 2' de akışkan yatak ortamının kullanıldığı seperatörlerden birisi görülmektedir. Bu makina halen buğday, mısır, yulaf, sorgum, soya, pirinç, yerfıstığı, fındık, bezelye, mercimek, fasulye, pamuk, ayçiçeği, kahve ve sarmısak dişlerinin yabancı tohumlardan ve yabancı materyallerden ayrılması için kullanılmaktadır (Anonymous, 1992).

Bu makinada temizlenecek ürün depodan 1 numaralı akışkan yatak ortamına düzenli olarak verilmektedir. Altta bulunan çok küçük hava kanallarından verilen hava akımı ürünün bir sıvı veya akışkan gibi davranmasını sağlamaktadır. Makina üzerindeki ayırma odaları ürünün yerçekimi vasıtasıyla aşağı doğru akışını sağlamak için hafifçe eğimlendirilmiştir. Ürünün aşağı doğru akışı gerçekleşirken ağır olan materyaller batmakta ve hafif materyeller ise yükselmektedir. Tabakalar halindeki bu materyaller ayırma odası sonuna yerleştirilmiş bir valf sayesinde bir kaç akışa bölünmektedir. İstenen kalitede olan ürün, çıkış deposundan alınırken en hafif materyallerin olduğu en üstteki materyal tabakası makinadan ayrılmaktadır. Aradaki tabakada bulunan materyaller ise bu ağır ve hafif ürünlerin bir karışımıdır. Bu karışım bir konveyörle yükseltilerek 2 numaralı odaya bırakılmaktadır. Bu işlem ikiden fazla tekrarlanarak her seferde bir öncekinden daha hassas ayırma sağlanmaktadır.

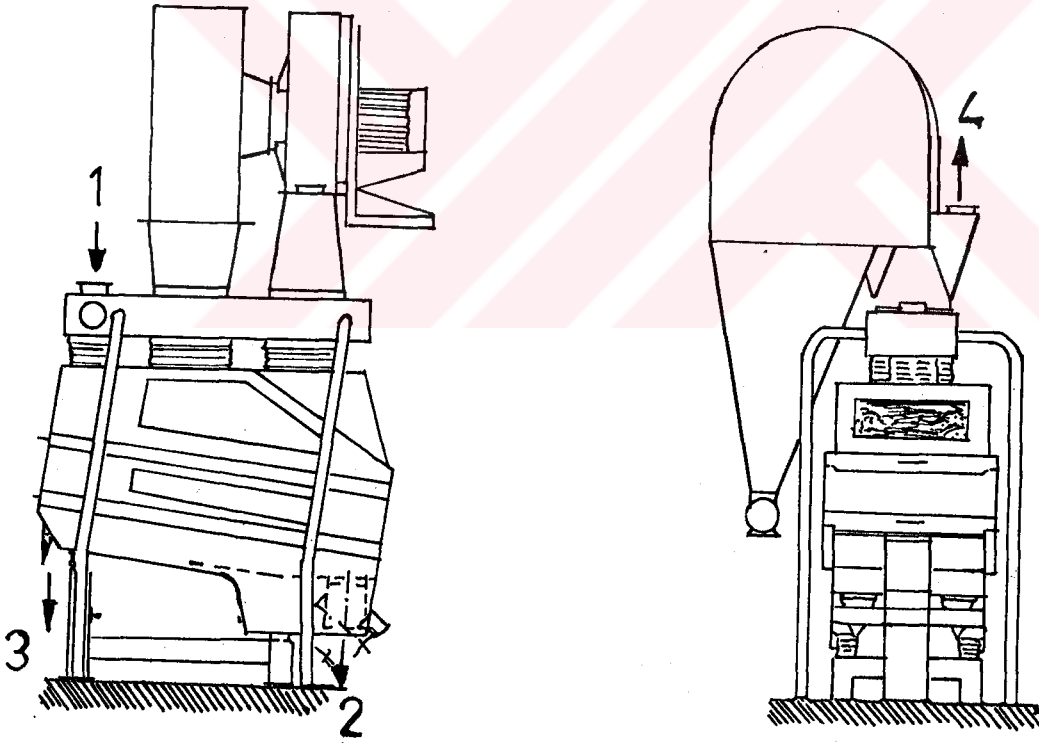


Şekil 2. Akışkan Yatak Seperatörü

### 1.2.2. Taş ayırıcı

İlk zamanlarda baklagillerden, yerfıstığından ve çiçek soğanlarından taş ve keseklerin ayrılması için tasarlanmış olan taş ayırıcıların son yıllarda buğday temizleme ve sınıflandırılmasında kullanımı yaygınlaşmıştır. Günümüzde bu amaçla un değirmenlerinde kullanılan bir taş ayırıcıda taşlardan ve yabancı materyallerden ayrılmış ürün hava akımı yardımıyla tablalar üzerinden hava yastıkları üzerine taşınarak ürünün yavaşça dökülmesi

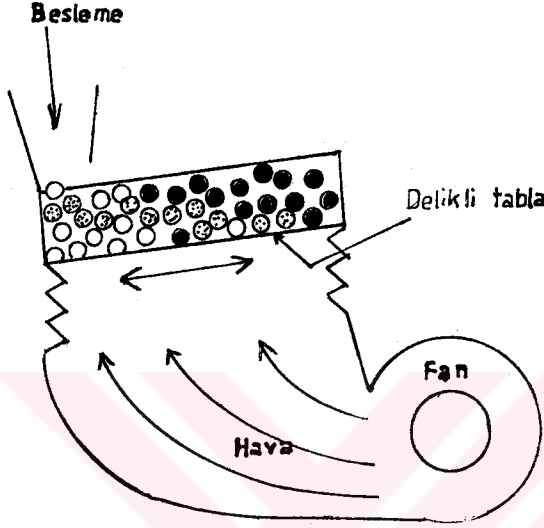
sağlanmaktadır (Şekil 3) (Güçlü,1995). Oldukça hassas olarak kuru ayırma işlemini gerçekleştirebilen makinada ürünler şekil ve yoğunluk özelliklerine göre ayrılmaktadır (Şehirli, 1989). Taş ayırıcıda ayırma hava akımına doğru eğilendirilmiş, titreştirilen bir tablada yapılmaktadır. Materyal, sabit besleme oranında eğimli yüzeyin ortasından taş ayırıcıya verilmektedir. Taş ve kesek gibi daha ağır materyaller bunları yukarı taşıyan tabla ile temas etmekte, daha hafif olanlar ise hava akımı etkisiyle tabla üzerinde yüzerek daha aşağıdaki bölgeye doğru kaymaktadır (Şekil 4). Materyal akışının korunması için düzgün bir hava akışının olması gerekmektedir. Titreştirilen tablanın eğimi farklı materyaller ve besleme oranları için ayarlanabilmektedir (Zion, 1995).



Şekil 3. Taş Ayırıcı 1-Ürün girişi, 2- Ürün çıkışı, 3- Taş vs. çıkışı, 4-Aspirasyon bağlantı klapesi



boyuna eğimin de daha küçük seçilmesi gerekmektedir. Bu ise besleme oranlarının daha küçük olması sonucunu getirmektedir.



Şekil 5. Gravite Tablasının Şematik Şekli

### 1.3. Araştırmanın Amacı

En eski kültür bitkilerinden biri olan gerek besin değeri, gerekse gıda ve ilaç sanayinde oldukça fazla kullanılan soğan, dünyanın her ülkesinde önemli bir üretim ve tüketim materyalidir. 1993 yılı istatistiklerine göre, dünyada üretilen 29.252.000 ton kuru soğanın 1.710.000 tonu ülkemiz tarafından sağlanmaktadır (Anonymous, 1993).

Trakya Bölgesinde kuru soğanın ve arpacığın hasatı genellikle el ile ve az da olsa makina ile yapılmaktadır. Hasattan sonra soğan ve arpacıklar yaprakları kuruyuncaya dek tarlada örtüler üzerinde kurutulmaktadır. Kuruma tamamlandıktan sonra jüt çuvallar içine koyularak işçiler tarafından ovma etkisi yapıp kuruyan yeşil aksamın ve toprakların başlardan ayrılması ve keseklerin ufalanması sağlanmaktadır. Daha sonra bunlar çuvallarla işletmeye taşınarak değişik delik büyüklüğüne sahip yanyana veya üst üste olabilen



birkaç elekten oluşan mekanik makinalarda boylarına göre birkaç sınıfa ayrılmaktadır. Fakat bu sistemlerde özellikle arpacıklar zedelenmektedir ve soğanda da arpacıқта da boyutları aynı olduğu halde aynı kalitede olmayan ürünler aynı sınıfa girmektedir.

Hasattan sonra tarımsal ürünlerin çoğunda olduğu gibi soğan üretiminde de, ürün belirli standartlara uygun bir şekilde pazara hazırlanmalıdır. Böylece elde edilen ürünün fiyat ve satış üstünlüğü olmaktadır. Hazırlamada ilk işlem temizleme, sonrada sınıflandırmadır.

Bu çalışmanın amacı, Trakya Bölgesi'nde yaygın olarak üretilen kuru soğanın ve soğan arpacığının makina ile hasadından sonra temizleme ve sınıflandırma işlemleri için, uygulamada daha çok taşıma tekniğinde kullanılan akışkan yatak prensibiyle çalışan bir temizleme ve sınıflandırma makinasının tasarımı için gerekli olan karakteristiklerin saptanmasıdır. Bu sistemde kullanılacak olan akışkan havadır. Bundan dolayı araştırmada bu ürünlerin hava akımı içindeki davranışlarıyla ilgili ölçülebilir karakteristikler saptanmıştır.

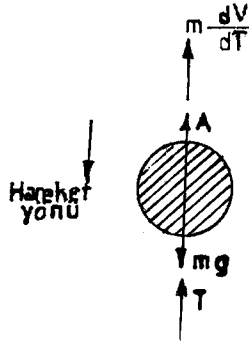
Bu amaçla, daha önceden yapılmış çalışmalardan yararlanılarak laboratuvarında bir hava kanalı yapılmış ve denemeler için bu hava kanalı kullanılmıştır. Denemelerden önce soğan ve arpacıkların fiziksel özellikleri bulunmuş, tek tek ve toplu olarak hava akımı içindeki davranışları incelenmiştir. Hava akımı içindeki karakteristikler deneysel olarak ve eşitlikler kullanılarak bulunmuştur.

## 2. ÖNCEKİ ARAŞTIRMALAR

Bu bölümde bildirilen önceki çalışmalar; Tarımsal Ürünlerin Aerodinamik Özellikleri, Akışkan Yatak Ortamı ve Kuru soğan ve Arpacıkla ilgili olmak üzere üç bölümde incelenmiştir. Önceki çalışmalar incelenirken, temizleme ve sınıflandırma işlemlerinde kullanılan pnömatik makinaların daha çok tohum temizlemeye yönelik olduğu görülmüştür. Bu amaçla yaygın olarak kullanılan selektörlerin sayısının 3443 adet olduğu saptanmıştır (DİE,1994). Pnömatik sistemlerin bir tipi olan ve daha hassas bir temizleme ve sınıflandırmanın gerçekleştiği akışkan yatak ortamlı gravite masaları (özgül ağırlık ayırıcısı) ve taş ayırıcı gibi makinalara ilişkin sayısal değere, soğan ve arpacık gibi ürünlerin bu metodla temizlenmesi ve sınıflandırılmasına dair bir araştırmaya ülkemizde rastlanmamıştır.

### 2.1. Tarımsal Ürünlerin Aerodinamik Özelliklerini Saptamaya Yönelik Önceki Çalışmalar

Saygılı (1974) çalışmasında, bir hava akımı içerisinde serbest düşmeye bırakılan bir kürenin hareketinde kendisine etki eden kuvvetleri Şekil 6'da görüldüğü gibi belirtmiştir.



Şekil 6. Hava Akımı İçindeki Bir Küreye Etki Eden Kuvvetler

Bu şekilde,

$m (dV/dT) =$  Atalet kuvvetleri,

$A =$  Basınç kuvveti,



Çizelge 1. Bazı Tarımsal Ürünler İçin Yüzme Hızları

Tane cinsi	Özgül ağırlığı(kg/m <sup>3</sup> )	Yüzme hızı (m/s)
Yer fıstığı tanesi	-	12.5-15.0
Tere tohumu	980	11.9-13.5
Pamuk tohumu	1060	9.5
Mısır	-	8.9-9.5
Buğday	1260	9.8
Arpa	-	8.7
Nohut	-	17.0

Yine Saygılı'nın bildirdiğine göre Brenner adlı araştırmacı benzer bir yol takip ederek bir araştırma yapmış, yulaf ve buğday tanelerinin yüzme konumundaki hızlarını ve sürüklenme katsayılarını tespit etmiştir. Tanelerin hava akımında duruşlarının bu değerlere çok tesir ettiğini hesaba katarak taneyi bir kere enine bir kerede uzunluğuna olmak üzere hava akımı içerisine ince bir iple asarak ölçmeler yapmış, hava akımının taneleri kaldırmaya başladığı an hava akımını ölçmüştür. Bulduğu değerler Çizelge 2' de gösterilmiştir.

Çizelge 2. Yulaf ve Buğday İçin Bazı Aerodinamik Karakteristikler

	Buğday		Yulaf	
	Boyuna	Enine	Boyuna	Enine
Kesit alanı(mm <sup>2</sup> )	5.5	15	4.3	16
Yüzme hızı(m/s)	19.3	8.8	21.5	7.5
Sürüklenme katsayısı	0.185	0.335	0.155	0.350

Bainer ve ark. (1977) çeşitli cins tohumların özgül ağırlıkları ve tohumlar ile yabancı maddelerin özgül ağırlıkları arasındaki farkların ayırmada bir esas olarak kullanılabileceğini ve benzer tohumların özgül ağırlıkları arasındaki ayırmaya yetecek kadar farkın olduğunu bildirmişlerdir ve

birçok tanenin özgül ağırlık değerlerini Çizelge 3' de görüldüğü gibi vermişlerdir.

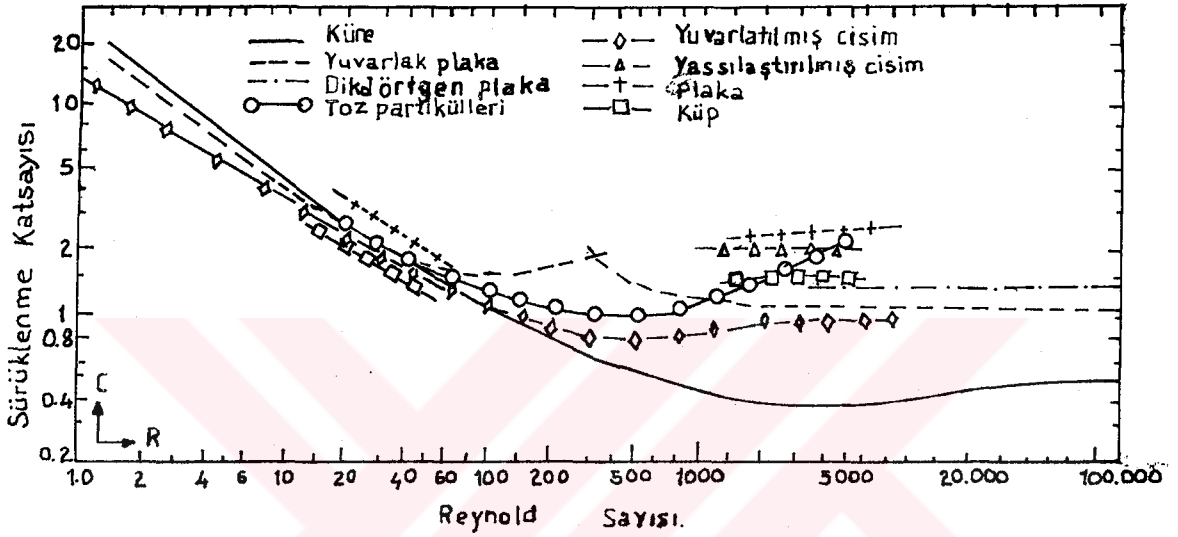
Çizelge 3. Çeşitli Tane Cinsleri İçin Özgül Ağırlık Değerleri

Tane cinsi	İncelenen cinslerin sayısı	Özgül ağırlık (kg/dm <sup>3</sup> )
Arpa	5	1.13-1.33
Sert buğday	1	1.10
Mısır	1	1.19
Keten	1	1.10
Darı	2	1.22-1.26
Akdarı	1	1.11
Yulaf	4	0.95-1.06
Pirinç	2	1.12
Çavdar	1	1.23
Soya fasulyesi	2	1.13-1.18
Buğday	3	1.29-1.32

Tohum temizleme ve sınıflandırma için kullanılan Gravite masasında döşemenin uygun eğimi ve hava hacminin uygun ayarının yalnızca makinanın işlemesinde kazanılan tecrübe ile tespit edilebileceğini ve her ikisinde çeşitli tohumlar için değişeceğini belirtmişlerdir. Ayrıca hava yardımıyla çeşitli malzemelerin ayrılmasında veya sevk edilmesinde, tanelerin büyüklük ve şeklinde özgül ağırlığın yanında düşünülmesi gerektiğini belirterek buğday, mısır ve yulaf için özgül ağırlıkların sırasıyla 1.3; 1.2 ve 1.0 olduğuna dikkati çekerek sadece özgül ağırlık esasına göre düşünülürse mısırı yükseltmek için gerekli hava hızının, buğdayı ve yulafı yükseltmek için gerekli hızların arasında bir yerde olacağını beklenmesi gerektiğini oysa mısırı yükseltmek için gerekli hızın buğdayı yükseltmek için gerekli olan hızdan daha büyük olduğunu bildirmişler ve bunu mısır tohumlarının daha büyük kütleli ve yassı olmalarına bağlamışlardır.

Mohsenin (1980) eserinde, tarımsal ürünlerin aerodinamik ve hidrodinamik davranışlarını ve bunları etkileyen karakteristiklerin belirlenmesi için metodları açıklamıştır. Küresel olmayan materyallerin aerodinamik

karakteristikleri üzerine çok az çalışma yapıldığını bildirmiştir. Eserinde Schiller (1932) ve arkadaşlarının, bazı küresel olmayan materyaller için sürüklenme katsayısı ve Reynolds sayısı arasındaki ilişki üzerine yaptıkları deney sonuçlarını Şekil 8'deki gibi vermiştir.

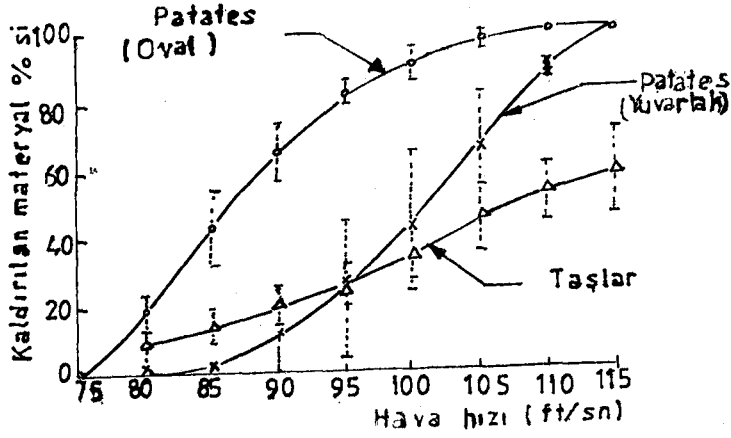


Şekil 8. Küresel Olmayan Materyaller İçin Sürüklenme Katsayısı ve Reynolds Sayısı

Ayrıca patatesin taş ve keseklerden ayrılması için bu materyallerin dik hava kanalında belirlenen yüzme hızlarını vermiş (Çizelge 4) ve değişik hava hızlarında kaldırılan patates ve taşın yüzde oranlarını Şekil 9 ile göstermiştir.

Çizelge 4. Patates ve Değişik Şekilli Taşların Yüzme Hızları

Materyal	Yüzme hızları (ft/s)
Patates	76-108
Yuvarlak taşlar	115-122
Düz taşlar	90-116
Üçgen şekilli taşlar	118-122
Dikdörtgen şekilli taşlar	99



Şekil 9. Değişik Hava Hızlarında Kaldırılan Patates ve Taşın Yüzde Oranları

Yağcıoğlu (1980b), tane mısır için verilen hava akımı-basınç düşmesi ilişkisini hesaplamak için kullanılabilir eşitlikleri birbiriyle karşılaştırılarak, aralarında önemli bir farklılığın olmadığını bildirmiştir.

Smith ve Stroshine (1985) yaptıkları çalışmalar sonucunda, mısır hasatı sırasındaki toplanan istenmeyen kalıntıların çoğunun 10 m/s'lik hava hızı ile gevşemiş koçanlardan ayrılabilir olduğunu bulmuşlardır. Mısır koçanlarının ve sap parçacıklarının ideal bir şekilde sahip olmamasından dolayı mısır koçanlarının tamamen pnömatik olarak ayrılmasının mümkün olmadığını belirtmişlerdir. Rastgele alınan mısır bitkisi parçalarının yüzme hızlarının 5.5-13.9 m/s arasında iken ideal silindirik bitki parçalarının yüzme hızlarının 10.3-13.8 m/s arasında olduğunu saptamışlardır.

Suggs ve Lanier (1985) çalışmalarında, odun kırıntılarını ve talaşlarını değişik seviyedeki hava basıncına maruz bırakarak bu sıradaki hava akış karakteristiklerini saptamışlardır. Elde ettikleri bilgileri bu ürünlerin kurutulması için düşünülen bir ventilasyon sisteminin tasarımında kullanmayı amaçlamışlardır. Araştırma sonucunda büyük talaşların küçük talaşlara göre hava akımına karşı gösterdikleri direncin daha az olduğunu bulmuşlardır.

Ülger (1985), çeşitli tanelerin aerodinamik özelliklerine göre ayrılmasının en çok kullanılan metodlardan birisi olduğunu belirtmiş ve aerodinamiklik özelliğini cismin hava içerisinde hareketi ve havanın cisme karşı olan direnci olarak tanımlamıştır.

Havanın cisme karşı gösterdiği direncin cismin ağırlığına, büyüklüğüne, şekline yüzeyin durumuna, rölatif hareket hızına, cismin ve havanın durumuna bağlı olduğunu belirtmiştir. Hava akımı içine bırakılan bir tanenin karşılaştığı direnç için aşağıdaki formülü vermiştir:

$$R = k * (Y/g) * F * V^2 \quad (1)$$

Burada:

R: Cismin hareketine karşı koyan hava direnci (kg),

k: Cismin şekline bağlı direnç katsayısı,

Y: Havanın özgül ağırlığı ( $\text{kg/m}^3$ ),

g: Yerçekimi ivmesi ( $\text{m/s}^2$ )

F: Cismin hareket yönüne dik kesit alanı ( $\text{m}^2$ )

V: Cisimle hava arasındaki bağıl hızdır ( $\text{m/s}$ ).

Materyalin dik bir hava kanalına bırakıldığında buna etki eden kuvvetlerin eşit olması durumunda cismin rölatif hızının hava hızına eşit olduğunu ve bu hızın kritik hız olarak adlandırıldığını bildirmiştir. Ayrıca kritik hızın bir tane çeşidi için belli değerde olmadığını, çünkü tanenin düşey kanal içinde devamlı dönme yaptığını ve dolayısıyla tanenin kesitinin değiştiğini, böylece tanenin kanal içinde hiç bir zaman sabit yükseklikte kalmadığını belirterek kritik hızın hesabı için aşağıdaki formülü vermiştir.

$$W = R = (k * Y * F * V_k^2) / g \quad (2)$$

$$V_k = (W * g) / (k * Y * F)^{1/2} \quad (3)$$

Özsuca (1986) çeltiğin depolanmasına yönelik araştırmasında, hava kanalı kullanarak değişik nem içerikli çeltikte statik basınç düşmelerini saptamış ve tarımsal ürünlerin hava akımına karşı gösterdiği dirençlerin değerlerinin;



saptamış ve tarımsal ürünlerin hava akımına karşı gösterdiği dirençlerin değerlerini;

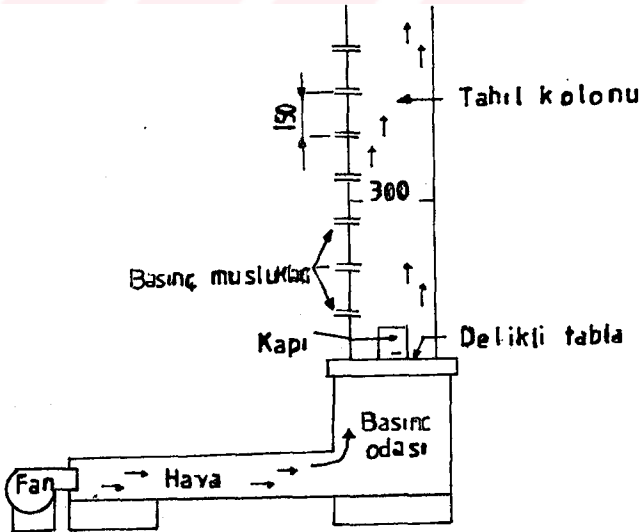
1. Hava hızına,
2. Ürün nem içeriğine,
3. Ürün tanelerinin büyüklüğü, yüzey ve şekil özelliklerine,
4. Ürün içerisindeki yabancı maddelerin büyüklüğü, miktarı ve yığındaki dağılımına,

5. Yığın derinliği ve doldurma biçimine,

6. Yığın boşluk hacmine bağlı olduğunu belirtmiştir.

Yağcıoğlu (1986a), mısır için kurutucu ve havalandırma sistemlerinin tasarımında yararlanmak üzere hava akımının statik basınç düşümüne etkisini araştırdığı çalışmada dane neminin azalmasıyla hava akımının statik basıncındaki düşüşün arttığını yani karşılaştığı direncin büyüdüğünü saptamıştır.

Gunasekaran ve Jackson (1988), sorgum tohumunun hava akımına karşı gösterdiği direnci, 150 mm ile 1200 mm arasında değişen tohum yatağında  $0.05-0.30 \text{ m}^3/\text{s.m}^2$  akış oranlarında saptamışlardır. Bu çalışmalarda %16.5-%18.5-%23 nem düzeylerindeki tohum kullanılmıştır. En başta sorgum içindeki yabancı materyallerin oranı belirlenmiştir. Bu çalışma sırasında kullanılan düzenek Şekil 10'da görülmektedir.



Şekil 10. Sorgum Tohumunun Hava Akımına Karşı Gösterdiği Direnci Belirlemede Kullanılan Deney Düzenegi

Bu çalışma sonunda sorgumun hava akımına karşı gösterdiği direncin hava akış oranı ve tahıl yatağı derinliğinin artmasıyla arttığı saptanmıştır. Basınç düşüşü yatak derinliğinin artmasına göre, hava hızlarının artmasıyla daha hızlı artmıştır ve verilen bir akış oranında daha yüksek nem içeriği daha düşük bir basınç düşmesi oluşturmuştur.

Doğar (1989), boyunun enine oranı 1 den küçük materyaller için sürüklenme katsayısı eşdeğer küreninkinden daha küçük, 1 den büyük materyaller için ise sürüklenme katsayısının eşdeğer küreninkinden daha büyük olduğunu, iri materyallerin daha yüksek bir taşıma hızına gereksinim duyduğunu, pnömatik sınıflandırma işlemi sırasında taneciklere etki eden kuvvetlerin etkileşimlerinin karışık olduğu ve kolay anlaşılmadığını bu nedenle pnömatik sınıflayıcıları belirleyen geniş içerikli matematiksel bir modelin olmadığını bildirmiştir.

Beyhan (1992) Ülkemiz Koşullarına Uygun Aspiratörlü Bir Fındık Hasat Makinası Tasarım ve İmalatı adlı çalışmasında, farklı nem düzeylerindeki fındığın bazı fiziksel ve aerodinamik özelliklerini saptamak amacıyla bir hava kanalı oluşturmuştur. Ayrıca materyallerin yüzme hızlarının düşey hava akımı içinde tane konumunun sabit tutulması ile her bir tane için ayrı ayrı belirlendiğini, sürüklenme katsayılarının, türbülans akım içindeki yüzme hızlarından hesaplanması nedeniyle, pnömatik iletim sistemlerinde meydana gelen gerçek koşullarına çok yakın değerler gösterebileceğini bildirmiştir.

Irvine ve ark. (1993), Russet Burbank, Norchip ve Yukon Gold cinsi kirliliği (üzeri topraklı) ve temizlenmiş patateslerin hava akımına gösterdiği direnci hava akımının yatay ve dikey olduğu iki durumda da ölçmüşlerdir. Araştırma sonucunda patateslerin hava akımına yatay yönde dikey yönden %15-%30 daha düşük direnç gösterdikleri, büyük patateslerin de küçüklere göre % 41 daha az direnç gösterdiğini saptanmışlardır.

## 2.2. Akışkan Yatak Ortamı İle İlgili Önceki Çalışmalar

Zaltzman ve ark. (1983) akışkan yatak ortamında patateslerin taş ve keseklerden ayrılmasıyla ilgili araştırmalarında, akışkan yatak ortamı için kumun oldukça iyi ve ucuz bir materyal olduğunu bildirmişler ve işlem parametrelerini belirlemişlerdir. Kesiksiz bir ayırma için deneysel bir model

geliştirerek ve buna göre bir düzenek kurarak test etmişlerdir. 5 t/h'lik kapasite için iyi bir ayırmayı başarmışlardır.. Kapasiteyi yükseltmek için ayırma odasında patatesin hareketlendirilmesini önermişlerdir. Ayrıca patateslerin taş ve keseklerden ayrılması için X ışınlarının kullanıldığı makinaların geliştirilmiş olduğunu, fakat bu makinaların oldukça pahalıya mal oldukları için uygulamada kullanılmadığını belirtmişlerdir.

Zalzman ve ark. (1986a) başka bir çalışmalarında, akışkan yatak ortamının kullanıldığı gravitasyonel ayırma işlemi için analitik bir model ve cisim akışkan yatağa ilk hızla yada ilk hızı sıfır olacak şekilde verildiği zaman ayırma işlemi tanımlamak için de bir matematiksel model geliştirmişlerdir.

Araştırmacılar ayrıca ayırma işlemi etkileyen değişik parametreler için sayısal analiz yapmışlardır. Geliştirdikleri modelde yer değiştirme ve zaman arasındaki ilişkiyi temel almışlardır. Diğer bütün ilişkileri bu ana ilişkiden, modeldeki her bir parametrenin tek tek değiştirilmesiyle hesaplamışlardır. Modelin deneysel olarak ispatını değişik koşullar altında yer değiştirme ve zaman arasındaki ilişkiler için yapmışlardır. Karşılaştırmalar tahmin edilen ve deneysel olarak bulunan değerlerin uyumlu olduğunu göstermiştir. Tahmin edilen ve deneysel olarak bulunan yer değiştirmeler arasındaki ilişkide, korelasyon katsayısının 0.881 olduğunu saptamışlardır.

Zaltzman ve Schmilowitch (1986b) çalışmalarında, patatesi temizlemek için geliştirdikleri, akışkan yatak ortamlı bir makina geliştirmişler ve bu makinanın değerlendirilmesini yapmışlardır. Patates, kesek ve taş karışımını akışkan yatak ortamlı ayırıcıya verirken iki yöntem izlemişlerdir. Bunlardan ilkinde materyallere ilk hız verilmiştir. İkincisinde ise materyaller ilk hızları sıfır olacak şekilde makinaya iletilmiş ve bu durumlar teorik olarak değerlendirilerek tarla koşulları altında deneysel olarak gözden geçirilmiştir. Araştırmacılar bu çalışmalarında üç tane akışkan yatak ortamlı deneysel makina geliştirerek bunları test etmişlerdir. İlk teorik değerlendirme ve makinaların test sonuçlarını bildirmişlerdir. En başarılı olan makinanın, patates ve kesek akışından etkilenmeyen akışkan yatağa doğru ilerlemesine izin veren eğimli, delikli eleğe sahip makina olduğunu bulmuşlardır.

Kılış (1987) akışkan yatak ortamının ve güneş enerjisinin mısır kurutmada birlikte kullanılabilirliğini araştırdığı çalışmada, iki boyutlu bir akışkan yataklı kurutucu tasarımı yapmıştır. Sistem hızlı, temiz ve kontrollü bir

kurutmayı az bir enerji tüketimi ile gerçekleştirmiş ve doğal kurutma özelliğini bozmamıştır.

Zaltzman ve ark. (1987), sebze ve meyvelerin kalite ve yoğunlukları arasındaki ilişkiyi kurmaya çalışmışlar ve akışkan yatak ortamı ile ilgili geçerli fikirleri gözden geçirerek yoğunluğa göre temizleme ve sınıflandırma için bu fikirlerden yararlanmışlardır. Pikan cevizinin parçalarını ve zararlılarını istenen üründen ayırmak için yapılan ilk deneyler, küçük yoğunluk farkları olan materyallerin temizlenmesi ve sınıflandırılmasının akışkan yatak ortamı kullanılarak mümkün olabileceğini göstermiştir.

Chinnan ve ark. (1988) araştırmalarında, yine pikan cevizinin akışkan yatak ortamlı makinalar kullanılarak temizlenmesine yönelik bir bilgisayar simülasyon modeli geliştirmişlerdir. Mekanik hasat ve ürünlerin temizlenmesi için pikanların fiziksel özelliklerini saptayarak, mümkün olan değişik karışım ve akış oranlarını simülasyon modeli ile gözden geçirmişlerdir. Sonuçlar pikanları temizlemede akışkan yatak ortamı kullanılabilirliğini göstermiştir.

Schmilowitch ve Zaltzman (1988) akışkan yatakta sanal yoğunluğun değişimi ile ilgili araştırmalarında, akışkan yatak ortamı parametrelerini (hava hızı ve dağılımı, yatak yüksekliği, yatak ortam tipi vb.) değiştirerek bunlara bağlı olarak sanal yoğunluk değişimlerini saptamışlardır. Akışkanlaştırma odası ve yüzdürme ile ilgili ölçüm cihazlarını tanıtmışlar ve ampirik bir model geliştirmişlerdir.

Zaltzman ve Schmilowitch (1988) akışkan yatak ortamında patatesin temizlenmesi ile ilgili olan bu çalışmalarında, akışkan yatak ortamlı temizleme metodunu ve bu metodla işleyen mekanik hasat sırasında patateslerin taş ve keseklerden temizlenmesi işlemlerinde kullanılan makinaları tanıtan bir kaç makale serisi sunmuşlardır. Temizlenecek olan ürünlerin akışkan yatağa verildiğini ve bu materyallerin yoğunluklarına bağlı olarak farklı tabakalara ayrıldığını belirtmişlerdir. Bu metodla ayrılacak ürünlerin boyutlarına ilişkin bir sınırlama olmadığını ve yüksek ayırma etkinliğine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar eserin ilk bölümünde akışkan yatak ortamlı ayırmanın analiz sonuçlarını, ikinci bölümde ise deneysel araştırma, geliştirme ve akışkan yatak ortamlı patates temizleme ve sınıflandırma makinasının ticari prototipinin test sonuçlarını vermişlerdir.

Özgür (1994), akışkanlaştırılmış yatağı tanımlayarak, gaz veya sıvı akışkan ile oluşturulan akışkan yatakların özelliklerini açıklamıştır. Ayrıca akışkan yatak ile ilgili olarak çeşitli eşitlikleri vermiştir.

### 2.3. Kuru Soğan ve Arpacıkla ilgili Önceki Çalışmalar

Anonymous (1981), kuru soğanda enine çap ölçümlerine göre en büyük enine çap 10-20 mm arasında olan kuru soğan için küçük, 20-40 mm arasında olan kuru soğan için orta, 40-70 mm arasında olan kuru soğan için büyük, 70 mm'nin üstünde olan kuru soğanlar için çok büyük terimleri kullanılmıştır. Bu standartta belirtilen genel özelliklerin dışında kalan soğanlar (çürümüş, zararlanmış, şekil bozukluğu gösteren) pazarlanamaz baş miktarı olarak tanımlanmıştır.

Bayraktar (1981), satışa sunulan soğanın şeklinin yuvarlak veya yuvarlağa yakın olması ve kiloya 7-16 adet girmesinin istendiğini belirtmiştir. Ayrıca arpacıkların temizlenmesi ve sınıflandırılmasının da üretim açısından büyük önem taşıdığını çünkü çapları 1-1.5 cm fevkaleda koşullarda 2 cm'ye kadar olan yuvarlak şekilli dişi arpacıkların kuru soğan yetiştirmede, uzun, çapları küçük olan erkek arpacıkların ise yeşil soğan üretiminde makbul olan arpacıklar olduğunu, arpacıklardan normalden küçük olanların istenilen miktarda baş bağlayamadığını, büyük olanların ise (2-3 cm'den büyük olanlar) hem fazla kardeşlendiğini hemde çabuk tohumla kalktığını ve ekonomik olmadığını bildirmiştir.

Akıllı (1982), ülkemizde baş soğan üretiminin genellikle arpacıkla ve çok az miktarda doğrudan tohumla yapıldığını bildirmiştir.

Çilingir ve Öztürk (1989), patatesin bazı biçim kriterlerinin boylama kalitesine etkisini araştırdıkları çalışmalarında patateslerin kesit alanını saptamak amacıyla materyalleri ortadan keserek bunların dış hatlarını kağıt üzerine aktardıktan sonra mekanik, optik ve pnömatik planimeterlerin kullanılabileceğini bildirmişlerdir.

Akdemir (1990), Yarım İmralı çeşidi soğan arpacığının mekanizasyonuna yönelik bazı özelliklerini Çizelge 5' deki gibi bildirmiştir.

Çizelge 5. Soğan Arpacığının Bazı Fiziksel ve Fiziko Mekaniksel Özellikleri

Boyut	Birim	Ortalama
Dane ağırlığı	g/dane	2.41
Dane hacmi	cm <sup>3</sup> /dane	1.40
Küresellik	%	51.92
Hektolitre ağırlığı	kg/100 L	493.5
1 L'deki dane sayısı	adet/L	223
Doğal yığılma açısı	°	30.86

Krug (1991), Almanya'da çiftçinin kullanabileceği arpacık çapını 6-21 mm olarak önermiştir.

Arın (1993) çalışmasında, 3 soğan çeşidinin arpacıklarını 5-10 mm küçük, 11-17 mm orta, 18-25 mm büyük olacak şekilde boylara ayırmıştır. Soğanda arpacık çapı küçüldükçe erken çiçeğe kalkmanın azaldığını, 16 cm'den küçük arpacıklarda oldukça düştüğünü ifade etmiştir. Arın bu sebeple çalışmasında 1-1,5 cm çaplı arpacıkları dikimde kullanmak üzere ayırmıştır. Baş eni ölçümlerinde başın en geniş yerini, baş boyu ölçümlerinde başın kök ile boyun noktası arasındaki uzunluğu mm olarak ölçmüştür. Ayrıca yerli soğanların boyut özelliklerini Çizelge 6' daki gibi vermiştir.

Çizelge 6. Yerli Soğanların Boyut Özellikleri

Çeşit	Ort. baş enleri (mm)	Ort. baş boyları (mm)	Ort. baş ağırlıkları (gr)
Tekirdağ Kantartopu	67.3	41.15	112.43
Malkara Beyazı	61.93	40.45	94.85
İmralı	52	53.18	83.58
Yarım İmralı	62.38	48.15	106.83

Günaydın (1996), boyut özelliklerine göre soğanları sınıflandıran bir makina geliştirmiş ve bu makinanın başarısını değerlendirmiştir. Çalışmasının sonucunda Yarım İmralı türü yerli baş soğan çeşidinde soğan tasnif makinasının başarısının yüksek olduğunu fakat Tekirdağ Kantartopu yerli baş soğan çeşidinde yanlış gruba giren soğan yüzdesinin oldukça fazla olduğunu bildirmiştir.



### 3. MATERYAL ve YÖNTEMLER

Soğanların ve arpacıkların akışkan yatak ortamı kullanılarak temizlenmesi ve sınıflandırılabilmesi için bu ürünlerin hava akımı içindeki karakteristiklerinin saptanması gerekmektedir. Bu karakteristikleri saptamak amacıyla tezde kullanılan materyaller ve yöntemler bu bölümde açıklanmıştır.

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Deney düzeneği

Soğan ve arpacıkların akışkan yataktaki davranış karakteristiklerini saptamak amacıyla önceki çalışmalardan yararlanılarak yapılan hava kanalı ve hava kanalını oluşturan parçalar Şekil 11'de görülmektedir.

Hava kanalında fana gerekli gücü sağlayan, teknik özellikleri Çizelge 7'de verilmiş olan elektrik motoru kullanılmıştır.

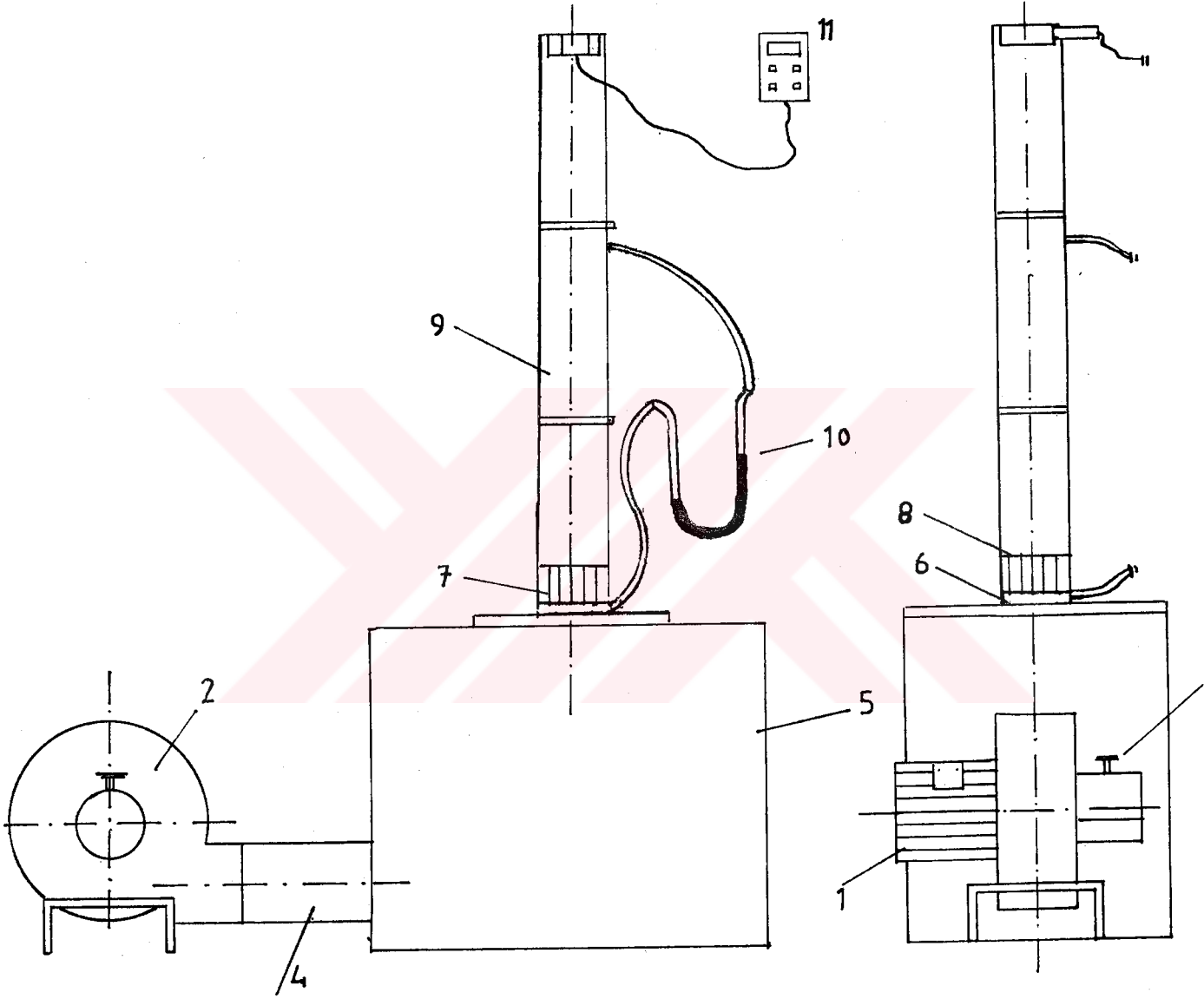
Çizelge 7. Elektrik Motorunun Teknik Özellikleri (Katalog)

ÖZELLİKLER	ÖLÇÜLER
Tipi	3 Faz A.C. Motor
Gerilim(V)	220-380
Gücü(kW)	0.55 (3/4 HP)
Devir sayısı	2780
Akım (Amper)	2.3-1.34
Güç Faktörü ( cos )	0.87
Frekans (Hz)	50

Hava akımı kaynağı olarak hareketini bu motordan alan radyal tip fan kullanılmıştır. Bu fan elektrik motoruna direkt bağlanmıştır. Fan gövdesine hava girişini sağlamak ve hava debisini ayarlayabilmek amacıyla 3 adet herbirinin kesit alanı 6240 mm<sup>2</sup> olan pencereler açılmıştır. Fan gövdesi üzerine eklenen bir vana ile bu pencerelerin açıklıkları ayarlanmaktadır. Vana en yüksek kademeye alındığı zaman bu pencerelerin üçüde tam açık durumda olmaktadır. Vana en düşük kademede olduğu zaman ise hava girişi sadece



vananın hemen altında bulunan  $344 \text{ mm}^2$  kesit alanına sahip bir açıklıktan olmaktadır.



Şekil 11. Hava Kanalı (1- Elektrik motoru, 2-Vantilatör, 3-Hava ayar düzeni, 4-Bükülebilir boru, 5-Basınç odası, 6- Alt elek, 7- Akım doğrultucu, 8- Üst elek, 9- Saydam boru, 10- U manometre, 11- Anemometre)

Akışın laminar olmasını sağlamak amacıyla 570x530x350 mm boyutlarında ahşap malzemeden yapılmış basınç odası, vantilatör çıkış kanalına 120 mm çaplı, 1000 mm uzunluğunda aliminyum malzemeden yapılmış bükülebilir bir boru ile bağlanmıştır. Basınç odasının üst düzey merkezine 5 mm kalınlığında, 100 mm çapında, 900 mm uzunluğunda fleksiğlasdan imal edilmiş saydam boru sıkı geçmeli olarak düşey şekilde yerleştirilmiştir. Bu borunun saydam olmasıyla içine atılan materyallerin hava akımı içindeki davranışlarının gözlenmesi sağlanmıştır.

Denemeler sırasında kullanılan materyallerin basınç odasına düşmesini önlemek amacıyla basınç odası ile saydam boru arasına materyallerin büyüklüklerine uygun olarak 4 mm<sup>2</sup>'lik delik alanına sahip elek geçirilmiştir. Türbülanslı akımı önlemek amacıyla eleğin hemen üzerine saydam borunun içine 100 mm yüksekliğinde sacdan imal edilmiş petek şeklinde akım doğrultucuları eklenmiştir. Akım doğrultucuların üzerinede materyallerin düşüp sıkışmaması için aynı delik büyüklüğüne sahip bir elek daha eklenmiştir. Bu elek aynı zamanda akışın daha laminar olmasını sağlamıştır.

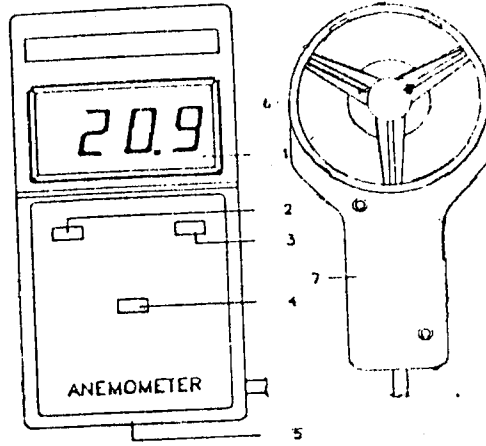
Fandan alınan hava debisi 18 ana kademedede ve sonsuz ara kademedede ayarlanabilmektedir. Bu ayar fanın hava girişine eklenen bir vana ile gerçekleştirilmiştir. Her kademedede kanal içinde elde edilen hava hızı ve bazı kademeler için hava debisi ve hava giriş açıklığının kesit alanı Çizelge 8' deki gibi ölçülmüştür. Ölçümler sırasında büyük boy soğanların kritik hızını saptamak için maksimum hava hızının yeterli olmadığı görülmüştür. Bundan dolayı hava hızını arttırmak amacıyla akım doğrultucular üzerindeki elek çıkarılmıştır. Böylece hava hızı 28.8 m/s'ye kadar arttırılabilmektedir.

Çizelge 8. Hava Kanalından Sağlanan Hava Hızları ve Hava Debileri

Kademe	Hava hızı (m/s)	Kesit alanı (mm <sup>2</sup> )	Hava debisi (m <sup>3</sup> /h)
0	8.6	344	10.65
0.5	12.4		
1	15.1	2160	117.42
1.5	17.7		
2	19.5	4800	336.9
2.5	20.6		
3	21.8	6480	508.55
3.5	22.6		
4	23.3	8640	724.72
4.5	24.0		
5	24.5	10800	952.56
5.5	24.9		
6	25.2	13920	1262.82
6.5	25.6		
7	25.8	15360	1426.64
7.5	26.1		
8	26.3	18720	1772.41
8.5	26.5		

### 3.1.2. Deneylerde kullanılan ölçme aletleri

Hava hızı ölçümlerinde Şekil 12' de şematik şekli görülen, 0.4-30 m/s hız ve 0-60 °C sıcaklık aralıklarında ölçüm yapabilen Lutron marka, AM-4202 model Dijital Anemometre boru üzerindeki ölçme noktası 820 mm yukarıda ve ölçüm noktası kanalın merkezinde olacak şekilde yerleştirilerek kullanılmıştır. Bu cihaz hava hızı ölçümlerini m/s, km/h, ft/min, knots olarak ve ortam sıcaklığını ise °C ve °F cinsinden okuyabilen bir cihazdır. Cihazda biri hava hızını ve diğeri sıcaklığı algılayan iki adet sensor bulunmaktadır. 72 mm çaplı yuvarlak algılayıcı kafaya sahip bu cihazın boyutları 168 x 80 x 35 mm'dir.

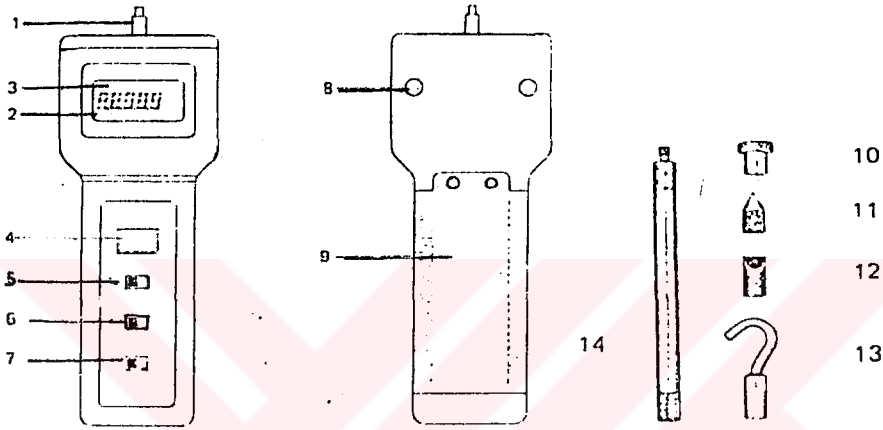


Şekil 12. Anemometre (1- Ekran, 2- kapatma, açma düğmesi, 3- Fonksiyon düğmesi, 4- Hız ölçümünde birim seçme düğmesi, 5- Pil yeri, 6- Algılayıcı kafa, 7- Sensor tutma kolu)

Basınç düşmesini ölçmek için, iç çapı 8 mm, skala uzunluğu 400 mm olan cam borudan imal edilmiş ucu bükük sıvılı U manometre kullanılmıştır. Manometrede sıvı olarak saf su kullanılmıştır. İki koldaki su sütununun yüksekliği okunarak bu yükseklikler arasındaki fark mmSS olarak direkt okunmuştur. Manometrenin bir ucu basınç odasının çıkışına akım doğrultucuların altına, diğer ucuda 500 mm yukarısında olacak şekilde aynı çaplı lastik hortumlarla hava kanalına bağlanmıştır.

Ürünlerin hava akımı içindeki sürüklenme kuvvetini ölçmek amacıyla Şekil 13' de şematik şekli ve ölçüm amacına göre değiştirilebilecek adaptörleri görülen Lutron marka, FG-5000 model 5000 g ölçme kapasitesine sahip, çekme ve itme kuvvetlerini bir transducer ile algılayan dijital kuvvet ölçer kullanılmıştır. Kuvvet ölçüm cihazının ucuna dış açılarak farklı tip adaptörlerin cihaza takılması sağlanmıştır. Kuvvet ölçer kullanılırken akım yönü ile cihazın aynı ekseninde olması gerektiğinden dolayı cihaz hava kanalının

üzerinde dik konumda tutularak ölçümler yapılmıştır. Cihazın ucuna 120 mm uzunluğundaki uzatma çubuğu, bu çubuğun ucuna ise ölçüm yapılacak materyalin takıldığı kanca şeklindeki adaptör bağlanarak materyaller hava akımı etkisine bırakılmıştır. Sonuçlar gram olarak direkt göstergeden okunmuştur.



Şekil 13. Kuvvet ölçer (1- Algılayıcı kafa, 2- Ekran, 3- Sıfır göstergesi, 4- Açma ve sıfırlama düğmesi, 5- Çekme ve basma fonksiyon düğmesi, 6- Okunan değerler için ortalama değer düğmesi, 7- g veya oz olarak birim seçme düğmesi, 8- Asma yerleri, 9- Pil yeri, 10- Düz başlı adaptör, 11- Konik adaptör, 12- Çizel adaptör, 13- Kanca adaptör, 14- Uzatma çubuğu)

Deney materyallerinin tartım işlemleri 10000 gr kapasiteli, 0,02 gr hassasiyetli Shinko Denshi marka hassas terazi ile yapılmıştır.

Materyallerin kesit alanını bulmak için mekanik planimetre kullanılmıştır.

Soğan ve arpacıkların boyutlarını saptamak amacıyla kullanılan 0.05 mm hassasiyetli Best marka sürgülü kumpas kullanılmıştır.

### 3.1.3. Deney materyalleri

Deneme için Türkiye'de alan ve üretim miktarı açısından önemli bir yeri olan Tekirdağ ilinde yetiştirilen kuru soğan, arpacık ve bu ürünler içerisinde bulunan toprak, kesek, yaprak ve sap gibi yabancı materyaller kullanılmıştır. Bu soğan ve arpacıklar yaygın olarak yetiştirilen Çizelge 9'da soğan için ve Çizelge 10'da arpacık için özellikleri verilen Tekirdağ Kantartopu ve Tekirdağ İmralı çeşitlerinin bir kırmasıdır (Bayraktar 1981).

Çizelge 9. Tekirdağ'da Üretilen Kuru Soğanların Bazı Özellikleri

	Tekirdağ Kantartopu	Tekirdağ İmralı
Uzunluk (mm)	47.5	51.8
Genişlik (mm)	64.8	61.3
Ağırlığı (gr/tane)	91.160	80.120
1 kg'a giren tane sayısı	11	12-13

Çizelge 10. Tekirdağ'da Üretilen Arpacıkların Bazı Özellikleri

	Tekirdağ Kantartopu	Tekirdağ İmralı
100 tane ağırlığı (gr)	235	175
Ortalama uzunluk (mm)	25.77	25.46
Genişlik (mm)	16.45	12.70
Çimlenme oranı	%81	%82

Denemelerde kullanılan soğanların, büyüklük ve şekilleri yönünden arpacıklardan daha homojen olmasından dolayı soğanlar üç sınıfa ve arpacıklar beş sınıfa ayrılmıştır. Her sınıftan alınan yirmi örnek için yapılan ölçümlere göre denemelerde kullanılan bu soğan ve arpacıkların bazı özellikleri Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11. Denemelerde Kullanılan Soğan ve Arpacıkların Özellikleri

ARPAÇIK	ÇAP (mm)			AĞIRLIK (g)			UZUNLUK (mm)			HEKTO- LİTRE AĞIRLIĞI (g)	100 TANE AĞIRLIĞI (g/100 tane)
	min.	max.	ort.	min.	max.	ort.	min.	max.	ort.		
1. sınıf	7	9	8	0.3	0.7	0.54	17	22	19.6	64020	46.3
2. sınıf	10	12	11.2	1.1	1.5	1.3	23	27	25.4		108.6
3 sınıf	12	15	13.6	1.9	2.7	2.26	24	30	29	64020	217.3
4. sınıf	15	19	16.8	2.9	4.1	3.5	26	33	29.8		346.3
5. sınıf	16	20	17.4	3.3	5.9	5.08	34	39	35.8		500.6
SOĞAN											
1. sınıf	41	50	45	52.3	84.5	65.06	54	88	73.4	89900	5632.6
2. sınıf	51	58	53.4	65.5	89.9	79.42	61	74	67.2		8474.6
3. sınıf	60	64	62	102.3	160.3	131.04	64	90	74.8		13008

Soğan ve arpacıkların hava içindeki davranışları üzerine oldukça önemli etkisi olan, soğan ve arpacıklar içinde bulunan toprak ve keseklerin boyut dağılımlarını saptamak için yapılan elek analizi sonuçları Çizelge 12'de verilmiştir.

Çizelge 12. Soğan ve Arpacık İçindeki Toprak ve Keseklerin Boyut Dağılımı

Elek delik çapı (mm)	Dağılım (%)
19 ve daha büyük	12.9
8-19	11.3
4.75-8	6.4
2-4.75	15.1
1.7-2	2.6
1-1.7	17.6
1 ve daha küçük	34.1



### 3.2. Yöntemler

Tarımsal ürünlerin yabancı materyallerden ayrılması ve sınıflandırılmasında uygulanan bütün yöntemlerde olduğu gibi pnömatik yöntemlerde de materyallerin fiziksel özellikleri temel olduğundan bu çalışmada ilk olarak, ele alınan ürünlerin fiziksel özellikleri saptanmıştır. Saptanan bu özellikler geometrik ortalama çap, izdüşüm alanı, kesit alanı, küresellik katsayısı, yoğunluk ve nem düzeyidir. İkinci olarak mevcut aerodinamik çalışmalar tarım ürünleri gibi karışık şekilli cisimler için teorik bir hesap tarzı veremediğinden dolayı her ürün için ayrı ayrı ölçümler yapılmış ve formüllerden de yararlanılarak kritik hız, sürüklenme katsayısı, sürüklenme kuvveti ve Reynold sayısı gibi aerodinamik karakteristikler saptanmıştır. Son olarak materyallerin akışkan yataktaki davranışları incelenmiş, bazı ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler minimum akışkanlaştırma hızı, minimum akışkanlaştırma debisi ve akışkan yataktaki şişme oranıdır.

Denemelerde kullanılan deneme materyallerinden soğan ve arpacık için enine çap ölçümleri esas alınarak ve büyüklük dağılımındaki tekdüzeliğe bağlı olarak soğan için 3 ayrı sınıf, arpacık için 5 ayrı sınıf oluşturulmuştur. Herbir sınıftan 20 adet olmak üzere toplam 160 adet materyal için bütün ölçümler ve bu ürünler içinde bulunan kesek, sap ve yapraklar için bazı ölçümler 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır (Beyhan, 1992).

#### 3.2.1. Soğan ve arpacıkların fiziksel özelliklerinin saptanması

##### 3.2.1.1. Geometrik ortalama çapın saptanması

Tarımsal ürünlerin akışkan yataktaki davranış özelliklerinin saptanmasında, izdüşüm alanını hesaplamak için, geometrik ortalama çap olarak tanımlanan ve ürünün şeklini en iyi temsil eden değer bilinmesi gerekmektedir.

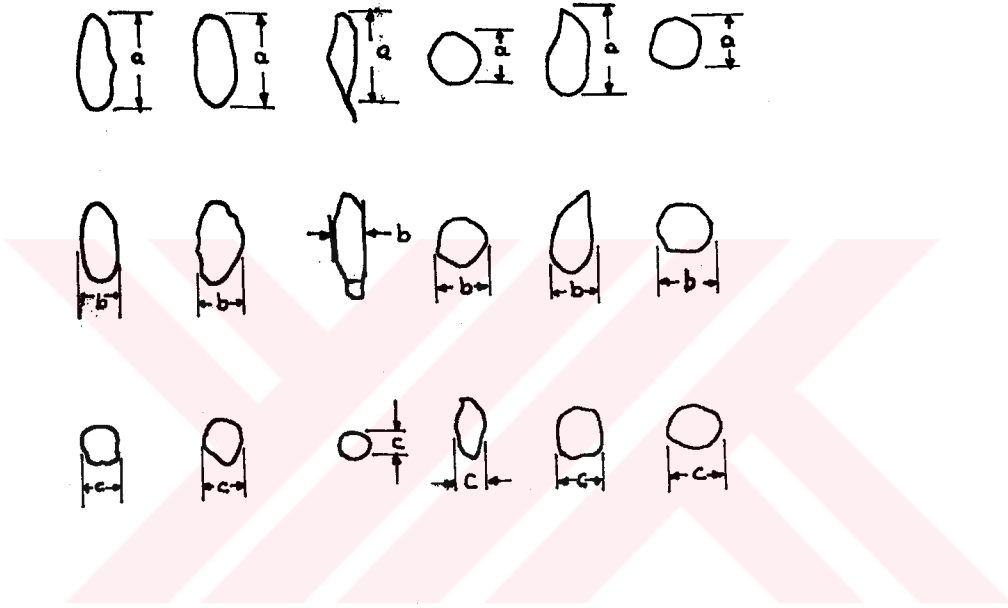
Soğan ve arpacıkların geometrik ortalama çaplarının saptanması için aşağıda verilen eşitlikten yararlanılmıştır (Song ve Litchfield, 1991).

$$gmd = (a*b*c)^{1/3} \quad (4)$$

Bu eşitlikte,

- gmd: Geometrik ortalama çap,  
a: Uzun eksen boyu,  
b: a eksenine dik eksen,  
c: a ve b eksenlerine dik eksen boyudur .

Tarımsal ürünlerin şekillerine bağlı olarak alınması gereken eksen uzunlukları ölçülürken Şekil 14' den yararlanılmıştır (Mohsenin,1980).



Şekil 14. Tarımsal Ürünlerinin Eksen Uzunlukları

### 3.2.1.2. İzdüşüm alanının saptanması

Materyaller çoğu durumda, aynı hacimdeki  $d_p$  olarak tanımlanan çapa sahip bir kürenin  $(\pi/4) d_p^2$  formülü ile bulunan izdüşüm alanına eşit alanlı ve küresel kabul edilmiştir (Mohsenin, 1980). Bu düşünceyle soğan ve arpacıkların sürüklenme kuvvetlerinin teorik olarak hesaplanması için gerekli olan izdüşüm alanlarının saptanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Mohsenin, 1980).

$$A_i = (\pi/4) * gmd^2 \quad (5)$$

### 3.2.1.3. Kesit alanının saptanması

Materyallerin hava akımı etkisindeki alanları için bir gösterge olan Kesit alanlarının saptanması için soğan ve arpacıklar en büyük çapları esas alınarak enine ve tam ortadan boyuna kesilmiştir. Daha sonra bir kağıt üzerine dış hatları aktarılmış ve bu alan mekanik planimetreyle ölçülmüştür (Çilingir ve Öztürk, 1989). Her grup için 3 tekerrürlü ölçüm yapılmış ve bu değerlerin ortalaması alınmıştır.

### 3.2.1.4. Küresellik katsayılarının saptanması

Materyallerin düzeltilmiş kritik hızlarının saptanması amacıyla saptanan küresellik katsayıları üç eksenli farklı uzunlukta olan bir elipsoit hacmin, materyali çevreleyen kürenin hacmine oranlanmasıyla elde edilen aşağıda verilen eşitlikle bulunmuştur (Mohsenin, 1980).

$$K = (b \cdot c / a^2)^{1/3} \quad (6)$$

Bu eşitlikteki c değeri en büyük çap ile en küçük çapın ortalaması olarak alınmıştır.

### 3.2.1.5. Hektolitre ağırlığının saptanması

Materyallerin dolgunluğu hakkında fikir vermesi açısından önemli olan bu kriterin saptanması amacıyla 1/4 lt lik ölçü silindiri doldurulduktan sonra fazla ürünler sıyrılmış ve terazide tartılmıştır. Bu işlem 3 tekerrürlü yapılarak ortalamaları alınmış ve bulunan bu ortalama değer 400 ile çarpılarak materyallerin hektolitre ağırlığı saptanmıştır (Şehirli, 1989).

### 3.2.1.6. Özgül ağırlıkların saptanması

Denemede kullanılan soğan ve arpacıkların ve bunlar içindeki yabancı materyallerin aerodinamik özelliklerini incelemek amacıyla özgül ağırlıkları saptanmıştır. Bu ürünlerin simetrik bir şekle ve homojen bir özgül ağırlığa sahip olmamaları aerodinamik kararsızlığa yol açmaktadır. Çünkü özgül ağırlık merkezi, kaldırma ve sürüklenme karşısında eş eksenli kalamamakta, sürekli

denge pozisyonuna gelmeye çalışmaktadır. Soğan, arpacık ve bunlar içindeki yabancı materyallerin özgül ağırlıkları havada ve suda tartma yöntemiyle belirlenmiştir. Su içinde tartma işleminde arpacık, soğan, sap ve yaprakların özgül ağırlıkları sudan küçük olduğundan bunlara 38 gramlık kurşun ağırlık takılmıştır. Eşitlik 7 için gerekli olan değerler ölçülmüş ve bu değerlerden yararlanılarak materyallerin özgül ağırlıkları saptanmıştır (Mohsenin, 1980).

$$q_p = \frac{W_{hm}}{(W_{hmk} + W_{smk}) - (W_{hk} - W_{sk})} * q_s \quad (7)$$

Bu eşitlikte,

$q_p$ = Materyalin özgül ağırlığı (  $g/dm^3$  ),

$q_s$ = Saf suyun özgül ağırlığı (  $g/dm^3$  ),

$W_{hm}$ = Materyallerin havadaki ağırlığı (g),

$W_{hmk}$ ,  $W_{smk}$ = Materyallerin kurşun ağırlıkla birlikte havadaki ve sudaki ağırlığı (g),

$W_{hk}$ ,  $W_{sk}$ = Yalnızca kurşunun sudaki ve havadaki ağırlığıdır (g).

Oda sıcaklığında (21.1 °C) yürütülen deneyde kullanılan saf suyun özgül ağırlığı 998  $g/dm^3$  olarak alınmıştır (Beyhan, 1992).

### 3.2.1.7. Materyallerin nem düzeylerinin saptanması

Materyallerin hava kanalındaki davranışları üzerinde önemli etkisi olan nemin saptanması için kurutma ile oluşan ağırlık kaybı bulunmuştur. Ölçüm yapılan her soğan ve arpacık etiketlenilerek nem düzeyi her biri için ayrı ayrı bulunmuş ve her grup için ortalama alınmıştır. Materyalleri kurutmak için yüksek sıcaklık fırını, fırından alınan materyallerin soğutulması için desikatör ve tartım işlemi içinde hassas terazi kullanılmıştır. Materyaller fırına koyulmadan önce tartılmıştır. Fırında 4 saat süreyle 105 °C'de tutulduktan ve desikatörde soğutulduktan sonra tekrar tartılmıştır (Anonymous, 1988). Ürünün nem düzeyi aşağıdaki formülden yararlanılarak saptanmıştır (Ülger, 1985).

$$M_y = (W_y - W_k) / W_k \quad (8)$$

Bu eşitlikte,

$M_y$ = Ürünün nem düzeyi (%),

$W_y$ = Materyalin yaş ağırlığı (g),

$W_k$ = Materyalin kuru ağırlığıdır (g).

### 3.2.2. Soğan, arpacık ve yabancı materyallerin aerodinamik karakteristiklerinin saptanması

Materyallerin hava içerisindeki hareketine ve havanın cisme karşı olan direncine aerodinamik özellik denmektedir. Bu özelliklerden en önemlileri aşağıdaki gibi sıralanabilmektedir (Ülger, 1985).

a. Havanın, içerisinde hareket eden bir materyale gösterdiği direnç kuvveti,

b Hava akımı içindeki materyalin kendi ağırlığı ile hava direnci kuvvetinin eşit olduğu diğer bir deyişle materyalin rölatif hızının hava hızına eşit olduğu ve materyalin bir noktada askıda kaldığı durumdaki kritik hız, terminal hız veya yüzme hızı olarak olarak adlandırılan hava hızı,

c. Akımın laminar veya türbülans karakterde olup olmadığını gösteren Reynold sayısı ( Reynold sayısı < 2000 ise akım laminer, Reynold sayısı > 2000 ise akım türbülanslıdır) (Örencik, 1980),

d. Çizelge 13' de görüldüğü gibi Reynold sayısı ile önemli oranda değişen sürüklenme katsayısı (Özgür, 1994).

Çizelge 13. Reynold Sayısına Bağlı Olarak Sürüklenme Katsayısının Değişimi

Reynold sayısı	Sürüklenme katsayısı
0,05	480
0.5	50
2	14.4
20	2.55
100	1.07
500	0.55
2000	0.42

#### 3.2.2.1. Kritik hızın saptanması

Hava akımı içindeki materyal rastgele hareket etmektedir. Hava akımı içindeki bu materyallerin hava akımına maruz kalan yüzey alanını bulmak zordur. Bundan dolayı materyaller eşit hacimli küre olarak düşünülür ve

geometrik ortalama çapı kürenin çapına eşit alınmaktadır (Mohsenin, 1980). Materyallerin fiziksel özelliklerinden yararlanılarak aşağıda verilen Lapple's eŐitliĐinden materyallerin teorik kritik hızları bulunmuştur (Song ve Litchfield, 1991).

$$V_k = 1,74 * (g * g_{md} * (q_p - q_f) / q_f)^{1/2} \quad (9)$$

Bu eşitlikte,

$V_k$ : Hesapla bulunan kritik hız,

$g$ : Yerçekimi ivmesi,

$q_p$ : Materyallerin yoğunluğu (  $kg/m^3$ ),

$q_f$ : Havanın yoğunluğudur (  $kg/m^3$ ).

24.1 C'de yürütülen deneylerde ortam sıcaklığına bağlı olarak havanın yoğunluğu 1186.09 alınmıştır (rencik,1980).

Hava akımı içerisine bırakılan soğan, arpacık ve diğer materyallerin eksenleri etrafında dndĞu ve izdüşüm alanlarının sürekli değişmesi nedeniyle aşağı-yukarı hareket ettiği gözlenmiştir. Bu sebeple materyaller havada dengede kaldığında veya çok az hareketli olduğu andaki hava hızı anemometreden okunmuştur. Formülden bulunan hızın, küresellik katsayısı ile çarpılmasıyla düzeltmiŐ kritik hızlar bulunmuştur (Song ve Litchfield, 1991).

Ölçülen kritik hızın hesaplanan kritik hıza oranı hız oranı olarak alınmıştır. Bu hızlar arası fark materyalin düzensiz Őeklinden dolayı meydana gelen farktır (Song ve Litchfield, 1991).

### **3.2.2.2. Hava içindeki materyallerin sürüklenme katsayılarının saptanması**

Sürüklenme katsayısının saptanması için deneysel olarak belirlenen kritik hızın kullanıldığı aşağıda verilen eşitlikten yararlanılmıştır (Klenin ve Popov, 1986).

$$C_d = 9.8 / (V_k^2) \quad (10)$$

Formülle bulunan bu değerler küresel materyallerde  $N_r$  ile  $C_d * N_r^2$  arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 14'deki grafikten bulunan değerlerle karşılaştırılmıştır (Song ve Litchfield, 1991). Bu karŐılaŐtırma için  $C_d N_r^2$  aşağıda verilen formülden yararlanılmıştır.

$$C_d * N_r^2 = (8 * M * q_f * (q_p - q_f)) / (\Pi * n^2 * q_p) \quad (11)$$

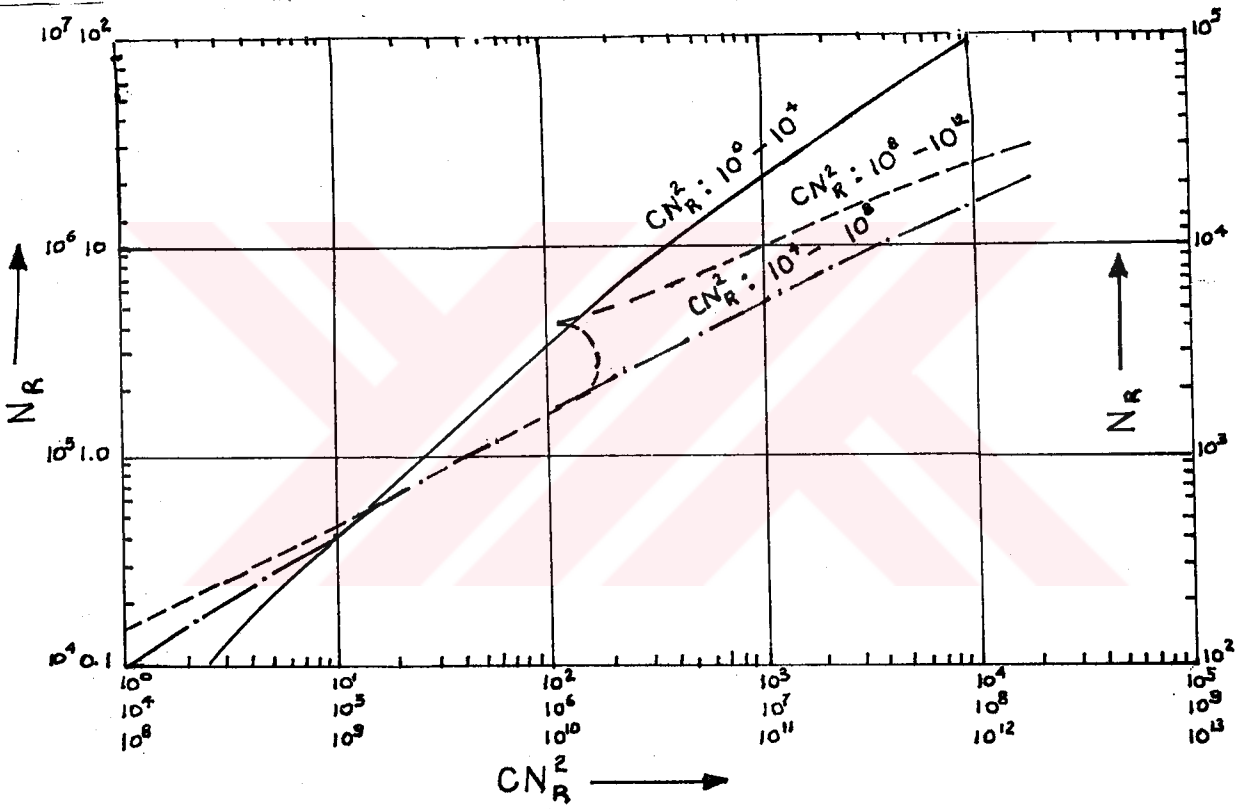
Bu eşitlikte;

M: Materyalin ağırlığı (kg),

$q_p, q_f$ : Materyallerin ve havanın yoğunluğu ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ),

n : Havanın mutlak viskozitesi ( $17,89 * 10^{-6} \text{ kg}/\text{m.s}$ ),

$N_r$ : Reynold sayıdır.



Şekil 15. Küresel Materyallerde  $N_r$  ve  $C_d * N_r^2$  (Mohsenin, 1986)

### 3.2.2.3. Sürüklenme kuvvetlerinin saptanması

Materyaller dikey bir hava kanalında ağırlıkları ve sürüklenme kuvvetleri etkisiyle dengede kalmaktadır. Askıda kalan bir materyal için aşağıdaki eşitlik yazılabilmektedir (Smith ve Strohine, 1985). Bu eşitlikten yararlanılarak ve 10 numaralı eşitlikten sürüklenme katsayıları hesaplanarak materyaller için sürüklenme kuvvetleri saptanmıştır.

$$M \cdot g = \frac{C_d \cdot A \cdot \rho \cdot V^2}{2} = F_d \quad (12)$$

Bu eşitlikte,

M : Materyal kütlesi (kg),

g : Yerçekimi ivmesi ( $m/s^2$ ),

$C_d$  : Sürüklenme katsayısı,

$A_i$  : izdüşüm alanı ( $m^2$ ),

$\rho_f$  : Hava yoğunluğu ( $1186.09 \text{ kg/m}^3$ ),

$V_k$  : Ölçülen kritik hızı (m/s),

$F_d$  : Sürüklenme kuvveti (N).

Sürüklenme kuvvetleri deneysel olarak ölçülürken soğan ve arpacıklar izdüşüm alanları yatay ve dikey olmak üzere 2 durumda ve hava kanalının vanası 0, 4, ve 8. kademede olmak üzere 3 hız kademesinde ayrı ayrı saptanmıştır.

#### 3.2.2.4. Reynolds sayısının saptanması

Akımın türünü belirlemek amacıyla, Reynolds sayıları ölçülen kritik hızların kullanıldığı aşağıdaki formülden yararlanılarak hesaplanmıştır (Song ve Litchfield, 1991).

$$V_k = N_r \cdot n / g \cdot m \cdot \rho_f \quad (13)$$

#### 3.2.3. Materyallerin akışkan yataktaki davranışları üzerine etkili olan karakteristiklerinin saptanması

Akışkan olarak havanın kullanıldığı ortamda soğan, arpacık ve diğer materyaller toplu oldukları ve tek oldukları durumlarda farklı davranışlar göstermektedirler. Bunun sebebi materyaller üzerine etkili olan yerçekimi kuvvetleri ve materyaller arası ilişkilerdir (Zaltzman ve Schmilowitch, 1988).

Soğan ve arpacıkların yabancı materyallerle birlikte toplu halde akışkan yataktaki davranış karakteristiklerini saptamak için, temizlenmiş durumda ve %10, %20 ve %50 oranlarında farklı kirlilik oranlarına sahip bu ürünler için



3'er grup hazırlanmıştır. Materyal miktarı deney düzeneğinin kaldırabileceği miktar gözönüne alınarak gözlemler sonucu arpacık için 0.5 kg ve soğan için 1 kg olarak belirlenmiştir. Materyallere doğru verilen hava hızları değiştirilerek materyallerin hepsinin akışkanlaştığı durum gözlenmiştir. Bu durumdaki hava hızı sabitlenerek akışkanlaştırma hızı, basınç farkı ve materyal yükseklikleri ölçülmüştür. Ölçümler her grup için 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir.

### 3.2.3.1. Minimum akışkanlaştırma hızının saptanması

Minimum akışkanlaştırma hızını bulmak amacıyla akışkan yatağa verilen havanın hızına bağlı olarak basınç farkının değişimi gözlenmiştir. Basınç farkının sabitleştiği noktadaki hız minimum akışkanlaştırma hızıdır. Bu hızda akışkanlaştırma başlamaktadır. Minimum akışkanlaştırma hızının hesabı için Leva tarafından geliştirilen ampirik bağıntıdan yararlanılmıştır (Özgür, 1994).

$$V_{ma} = 7,9 \cdot 10^{-3} \cdot d^{1,82} \cdot (q_f - q_p)^{0,94} \cdot n^{-0,88} \quad (14)$$

Bu eşitlikte;

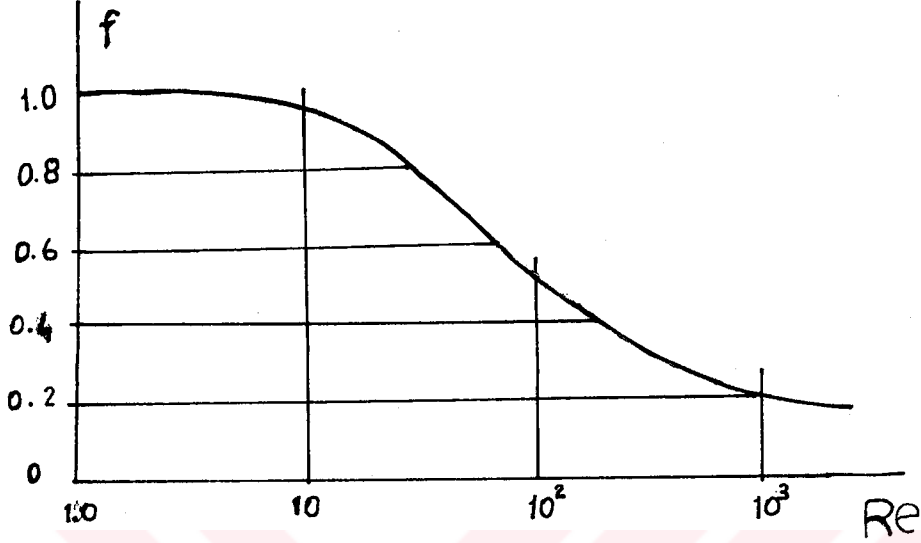
$V_{ma}$  = Minimum akışkanlaştırma hızı (m/s),

$d$  = Kanal çapı (m),

$q_p, q_f$  = Materyalin ve akışkanın yoğunluğu ( $kg/m^3$ )

$n$  = Akışkanın mutlak viskozitesi ( $N \cdot s/m^2$ ).

Bu eşitlikten sağlanan sonuçlar  $Re = d \cdot V_{ma} / (n / q_p) < 10$  koşulu için geçerlidir.  $Re > 10$  olduğu zaman Şekil 16' daki eğriden bulunan  $f$  katsayısı ile Leva denklemi sonucu elde edilen minimum akışkanlaştırma hızı çarpılarak düzeltme yapılmıştır



Şekil 16. Reynolds Sayılarına Bağlı Olarak Düzeltme Katsayıları

Eşitlikten bulunan bu değerler gözlemler sonucu bulunan minimum akışkanlaştırma hızı ile karşılaştırılmıştır.

### 3.2.3.2. Minimum akışkanlaştırma debisinin saptanması

Gaz ile akışkanlaştırmada yatağın bünyesi sıvı ile olan aksine heterojen bir durum göstermektedir. Bunun sebebi gaz kabarcıklarının oluşmasıdır. Akışkanlaştırma başladıktan sonra debinin artırılması halinde artan debi bu kabarcıklar ile taşınmaktadır. Akışkan yatağın önemli karakteristiklerinden olan minimum akışkanlaştırma debisinin bulunması için süreklilik kanunundan yararlanılmıştır.

$$Q_{ma} = V_{ma} \cdot A \quad (15)$$

Bu eşitlikte,

$Q_{ma}$ : Minimum akışkanlaştırma debisi,

$V_{ma}$ : Minimum akışkanlaştırma hızı,

$A$ : Kanalın kesit alanı.

### 3.2.3.3. Akışkan yataktaki şişme oranının saptanması

Yatağa verilen materyalin kapladığı yükseklik üzerine yapılan araştırmalarda materyaller arası tutunmanın materyal yüksekliğinden etkilendiğini, bu yüksekliğin 17,5 mm'den 40 mm'ye yükseltilmesi ile materyaller arası tutunmanın 4 katına çıktığını ve sebebinin hava kabarcıklarının tutunma üzerine kötü etkisi olduğunu göstermiştir (Zaltzman ve Schmilowitch, 1988).

Akışkan yatak yüksekliğindeki artmayı gösteren ve ortam yoğunluğunun hesaplanmasında kullanılan şişme oranının saptanması için akışkanlaştırılmış yatağın yüksekliği (h) ve akışkanlaştırmanın başladığı andaki yatak yüksekliği (hma) kanal üzerindeki skaladan direkt okunmuştur ve aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak şişme oranları bulunmuştur (Özgür, 1994).

$$E=hma/h$$

(16)

## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Araştırma sonuçları üç grup altında verilmiştir. Birinci grupta materyallerin fiziksel özellikleri ile ilgili veriler, ikinci grupta materyallerin tek tek hava kanalı içindeki aerodinamik davranışları ile ilgili veriler ve üçüncü grupta ise hava kanalı içindeki toplu haldeki davranışları ile ilgili veriler bulunmaktadır.

### 4.1. Soğan ve Arpacıkların Fiziksel Özellikleri İle İlgili Sonuçlar

Denemelerde kullanılan soğan ve arpacıkların hava kanalı içindeki karakteristikleri üzerinde önemli etkisi olan bazı fiziksel özellikler ile ilgili sonuçlar Çizelge 14' de özetlenmiştir. Materyallerin fiziksel özellikleri aynı materyal grupları içinde bile geniş oranda değişmiştir.

Küresellik katsayıları arpacıkların soğanlardan daha uzun bir yapıya sahip olduklarını göstermektedir. Denemeler sırasında hava kanalına tek tek bırakılan materyallerden küresellik katsayıları soğana göre daha küçük olan arpacıkların hava akımı içinde duruşlarının daima yatay olduğu, küresellik katsayıları büyük olan soğanların ise sap kısımları aşağıda kalacak şekilde dik durduğu gözlenmiştir. Geometrik ortalama çapın artmasıyla küresellik katsayısı da artmıştır.

Materyallerin kesit alanları, küresellik katsayısına bağlı olarak hem enine hemde boyuna ölçümlerde artmaktadır.

Soğan ve arpacıklarda özgül ağırlıkların da her grup için değiştiği saptanmıştır. Bunun sebebinin ise geometrik ortalama çaplardaki farklılıktan kaynaklandığı gözlenmiştir. Materyallerin geometrik ortalama çaplarının artmasıyla nem düzeylerinin azaldığı, materyallerdeki kuru madde miktarının arttığı ve buna bağlı olarak özgül ağırlıkların da arttığı görülmektedir.

Cetvel 14. Denemelerde Kullanılan Materyallerin Bazı Fiziksel Özellikleri

MATERYAL	GEO ORT. ÇAP (mm)	KÜRESELLİK KATSAYISI (%)	İZDÜŞÜM ALANI (mm <sup>2</sup> )	ÖZGÜL AĞIRLIK (g/dm <sup>3</sup> )	KESİT ALANI		NEM DÜZEYİ (%)
					ENİNE	BOYUNA	
<b>ARPAÇIK</b>							
1. sınıf	12.77	0.64	99.49	425.6	47	99.2	20.7
2. sınıf	17.76	0.71	196.79	436.9	90.8	155	25
3. sınıf	20.84	0.69	343.74	438.3	144.6	263.2	18
4. sınıf	24.04	0.72	453.67	458.2	199.6	331.2	31.3
5. sınıf	27.61	0.76	600.78	477.8	308	387.4	33.8
<b>SOĞAN</b>							
1. sınıf	53.75	0.87	2293.3	638	1559.4	1580.66	80.6
2. sınıf	61.01	0.89	2931.5	645	2042.33	2231.66	76.6
3. sınıf	68.69	0.91	3729.9	646	2599	2460.5	74.6
KESEK	-	-	-	1380	-	-	-
YAPRAK	-	-	-	346	-	-	-
KABUK	-	-	-	328	-	-	-

## **4.2. Soğan Arpacık ve Yabancı Materyallerin Aerodinamik Karakteristikleri İle İlgili Sonuçlar**

### **4.2.1. Kritik hızlarla ilgili sonuçlar**

Hava kanalında her materyal grubundan alınan 20 örnek için yapılan denemeler sonucunda ölçülen minimum, maksimum ve ortalama kritik hız değerleri ile 9 numaralı eşitlikten bulunan kritik hız değerleri, hız oranları, düzeltilmiş hızlar Çizelge 15'de karşılaştırılmıştır. Her bir materyalin fiziksel özelliklerindeki farklılıklar bu materyallerin kritik hızlarını etkilemiştir. Aynı sınıftaki materyallerin kritik hızları arasındaki farkların ikinci bir sebebinin bazı materyallerin kendi eksenleri etrafında dönmeleri ve bundan dolayı farklı konumlarda yani sürekli değişen izdüşüm alanlarında asılı kalmalarından kaynaklandığı ölçümler sırasında gözlenmiştir.

Çizelge 14 ve 15 birlikte değerlendirildiğinde materyallerin boyutlarının yanında nem düzeylerinde kritik hızlarını etkilediği görülmektedir. Çünkü materyalin nem düzeylerinin artmasıyla ağırlıkları da artmakta ve ürünün kaldırılması zorlaşmaktadır. Böylece kritik hızlarda da bir artış olmaktadır.

Çizelge 15. Ölçülen ve Hesaplanan Kritik Hızlar

MATERYAL	ÖLÇÜLEN HIZLAR (m/s)			HESAPLANAN HIZLAR (m/s)	HIZ ORANI (Ölçülenhız / Hesaplanan hız)	DÜZELTİLMİŞ HIZLAR (m/s)
	Minimum	Maksimum	ortalama			
ARPAÇIK						
1.sınıf	13.9	15.6	15.22	15.57	0.97	10.98
2.sınıf	16.4	17.8	17.58	17.19	1.02	12.17
3.sınıf	20.1	21.9	21.08	19.81	1.06	13.71
4.sınıf	20.4	23.2	21.96	20.93	1.04	15.03
5.sınıf	22.1	23.4	22.4	22.12	1.01	16.69
SOĞAN						
1.sınıf	22.9	27.6	24.34	27.13	0.89	23.63
2.sınıf	26.2	28	26.68	28.74	0.92	25.69
3.sınıf	27.1	28.4	27.66	30.44	0.91	27.72
YAPRAK VE SAP	-	-	8<	-	-	-
KESEK	-	-	22.92	-	-	-

#### 4.2.2. Sürüklenme katsayıları ile ilgili sonuçlar

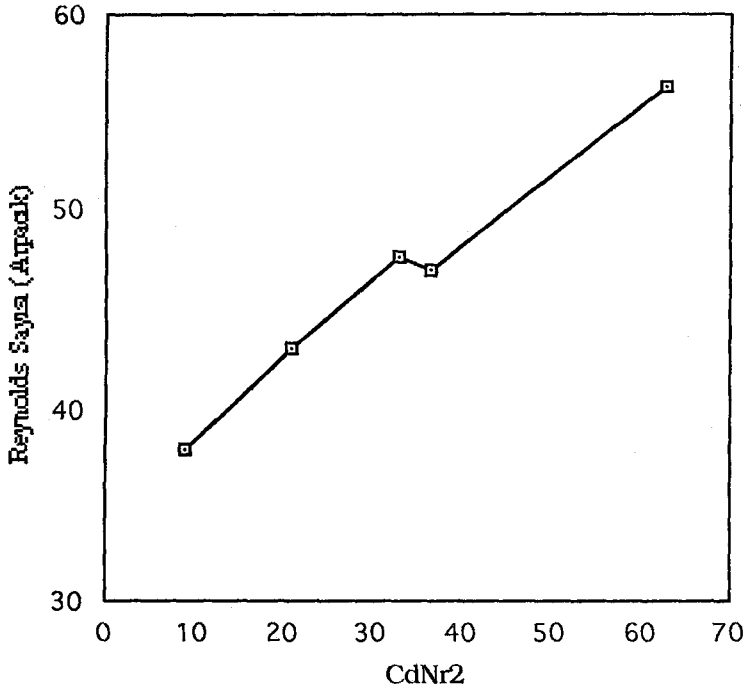
Kritik hızlar arasındaki farklardan dolayı her sınıftaki materyallerin kritik hızlardan hesaplanan sürüklenme katsayıları arasında da fark ortaya çıkmıştır (Çizelge 16). Denemelerde bütün materyaller için  $Re > 4000$  olarak bulunduğu için yani akışın türbülans karakterde olmasından dolayı, laminar akışta yüzme sürüklenmesini ve basınç sürüklenmesini içeren sürtünme katsayısı bu denemedeki bütün materyaller için sadece basınç sürüklenmesini gösteren bir değer olarak dikkate alınmalıdır.

Çizelge 16. Sürüklenme Katsayıları

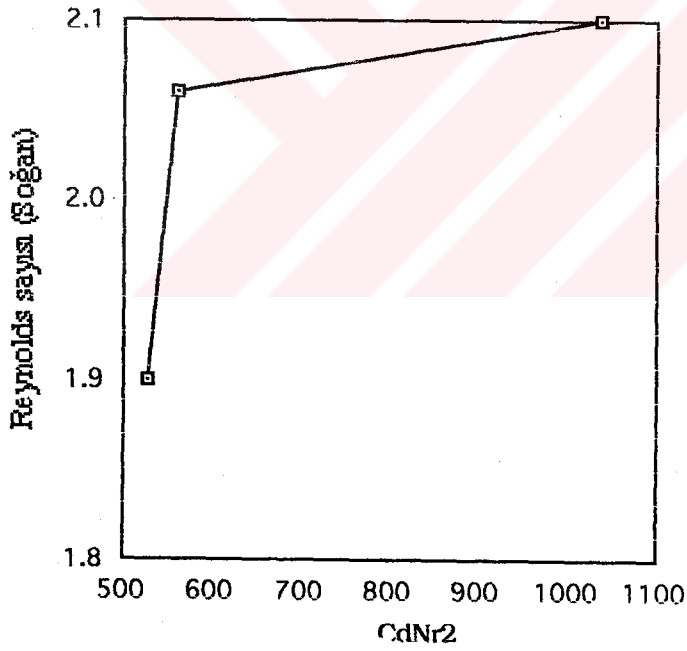
MATERYAL	SÜRÜKLENME KATSAYILARI	$C_d N_r^2$ katsayısı (*10 <sup>3</sup> )
ARPACIK		
1. sınıf	0.424	62.7
2. sınıf	0.32	33.05
3. sınıf	0.22	36.41
4. sınıf	0.20	21.04
5. sınıf	0.19	9.11
SOĞAN		
1. sınıf	0.17	1036.01
2. sınıf	0.14	558.8
3. sınıf	0.12	527.7
KESEK	0.196	-
YAPRAK	0.15	-

Şekil 17'de ve 18'de görüldüğü gibi soğan ve arpacıklar için sürüklenme katsayıları ile  $C_d N_r^2$  katsayıları arasında Şekil 15' deki gibi bir ilişki bulunmuştur.





Şekil 17. Arpacıkta  $N_r$  ve  $C_d \cdot N_r^2$



Şekil 18. Soğanda  $N_r$  ve  $C_d \cdot N_r^2$

#### 4.2.3. Sürüklenme kuvvetleri ile ilgili sonuçlar

Materyallerin dikey ve yatay olmak üzere iki konumu ve üç farklı hız kademesinde yapılan ölçümler sonucu bulunan ve 12 numaralı eşitlikle

bulunan sürüklenme kuvvetleri ile ilgili sonuçlar Çizelge 17'de verilmiştir. Hesaplanan ve ölçülen veriler arasında farklılıklar vardır. Arpacıklar yatay konumda tutuldukları zaman oldukça büyük sürüklenme kuvvetlerinin etkisinde kalmış ve kanal dışına çıkma eğilimi göstermişlerdir. Bu sebeple arpacıklar için sürüklenme kuvvetleri ölçümü yapılırken sadece dikey konumdaki kuvvetler ölçülebilmıştır. Sürüklenme kuvvetleri, arpacık ve soğan sınıf numaraları büyüdükçe artmıştır.

Çizelge 17. Sürüklenme Kuvvetleri

MATERYAL	Ölçülen Kuvvetler (gf)						Hesaplanan kuvvetler
	Materyal Yatay Durumda			Materyal Dikey Durumda			
Havahızı	8.6	23.3	26.3	8.6	23.3	26.3	
ARPACIK	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	m/s	
1. Sınıf	-	-	-	3	3.8	4.7	5.8
2. Sınıf	-	-	-	8	9.9	16.2	11.5
3. Sınıf	-	-	-	13	15.8	18.5	19.9
4. Sınıf	-	-	-	13.6	19.4	28	25.9
5. Sınıf	-	-	-	14.4	22.8	31.3	34.9
SOĞAN							
1. Sınıf	64	83	112	75	92	154	136.9
2. Sınıf	104	146	152	140	158	192	173.9
3. Sınıf	116	151	190	151	183	202	216.9

#### 4.2.4. Reynolds sayıları ile ilgili sonuçlar

Her materyal sınıfı için 14 numaralı eşitlikten hesaplanan Reynolds sayıları Çizelge 18' de verilmiştir. Reynolds sayıları bütün materyaller için 4000'den büyüktür. Reynolds sayısı azaldıkça sürüklenme katsayısı da azalmıştır.

Çizelge 18. Reynolds Sayıları

MATERYAL	Hesaplanan Reynolds Sayıları (*10 <sup>4</sup> )
ARPACIK	
1. Sınıf	5.62
2. Sınıf	4.76
3. Sınıf	4.7
4. Sınıf	4.3
5. Sınıf	3.8
SOĞAN	
1. Sınıf	2.1
2. Sınıf	2.06
3. Sınıf	1.9

### 4.3. Materyallerin Akışkan Yataktaki Davranışları Üzerine Etkili Olan Karakteristiklerle İlgili Sonuçlar

Materyallerin hava içindeki toplu halde davranışları ile ilgili karakteristiklerden minimum akışkanlaştırma hızı, minimum akışkanlaştırma debisi, akışkan yataktaki şişme oranı Çizelge 19' da verilmiştir.

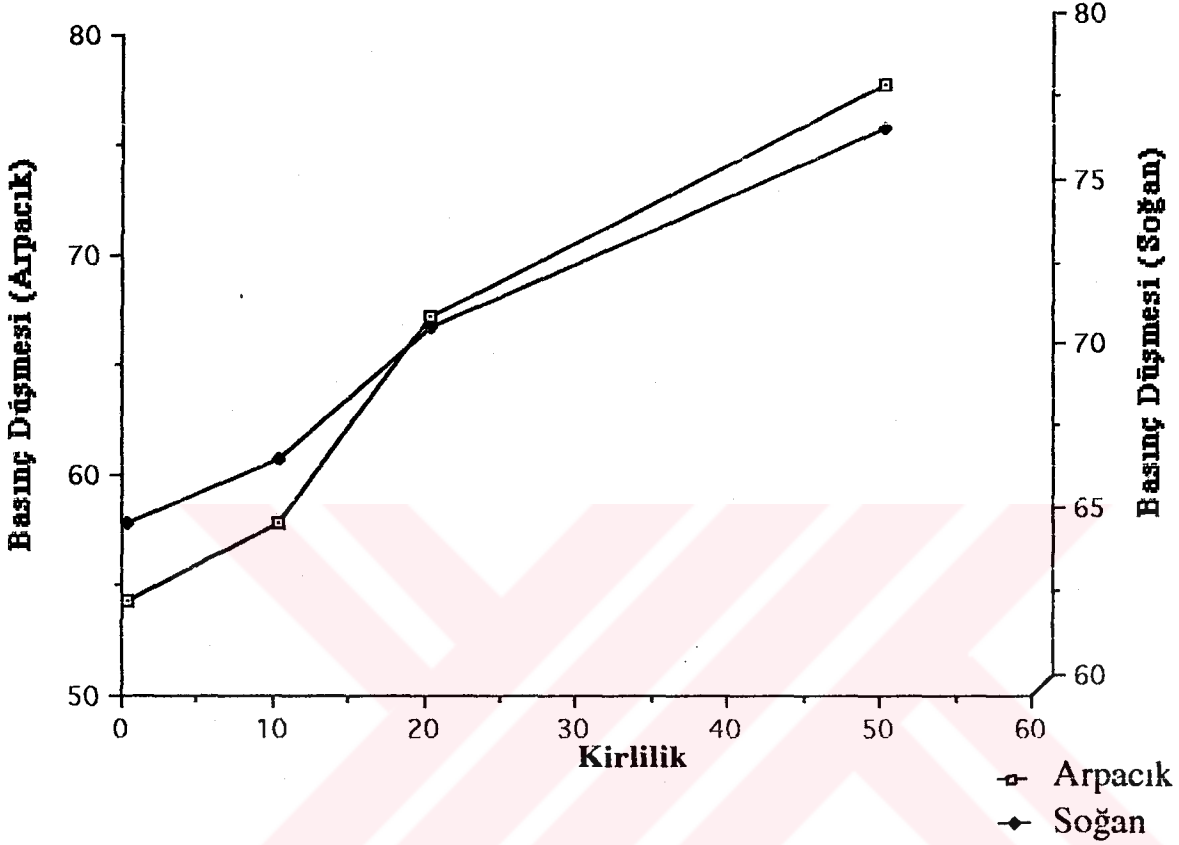
Minimum akışkanlaştırma hızı saptanırken Reynolds sayısı 10'dan büyük olduğu için Şekil 16'dan Reynolds sayılarına bağlı düzeltme katsayıları da bulunmuştur. Materyaller arası ilişkiden dolayı minimum akışkanlaştırma hızı materyallerde tek tek saptanan kritik hızlardan düşüktür.

Çizelge 19. Akışkan Yataktaki Karakteristikler

MATERYAL	f katsayısı	Min. akış. hızı (m/s)	Min. akış. debisi (m <sup>3</sup> /h)	Şişme oranı
<b>ARPACIK</b>				
1. Sınıf	0.27	5.7	161.08	3.4
2. Sınıf	0.29	6.24	176.34	2.3
3. Sınıf	0.30	6.23	176.06	1.8
4. Sınıf	0.36	7.28	205.7	1.65
5. Sınıf	0.38	7.49	211.67	2.2
<b>SOĞAN</b>				
1. Sınıf	0.45	7.6	214.78	1.8
2. Sınıf	0.49	7.8	220.43	1.58
3. Sınıf	0.52	8.0	226.08	1.22

Kanala toplu olarak verilen materyallerin hepsinin yüzer duruma getirildiği akışkanlaştırılmış koşulda değişik kirlilik oranlarında ve arpacık için 0.5 kg, soğan için 1 kg'lık gruplarla saptanan basınç düşmesi Çizelge 20' de verilmiştir.

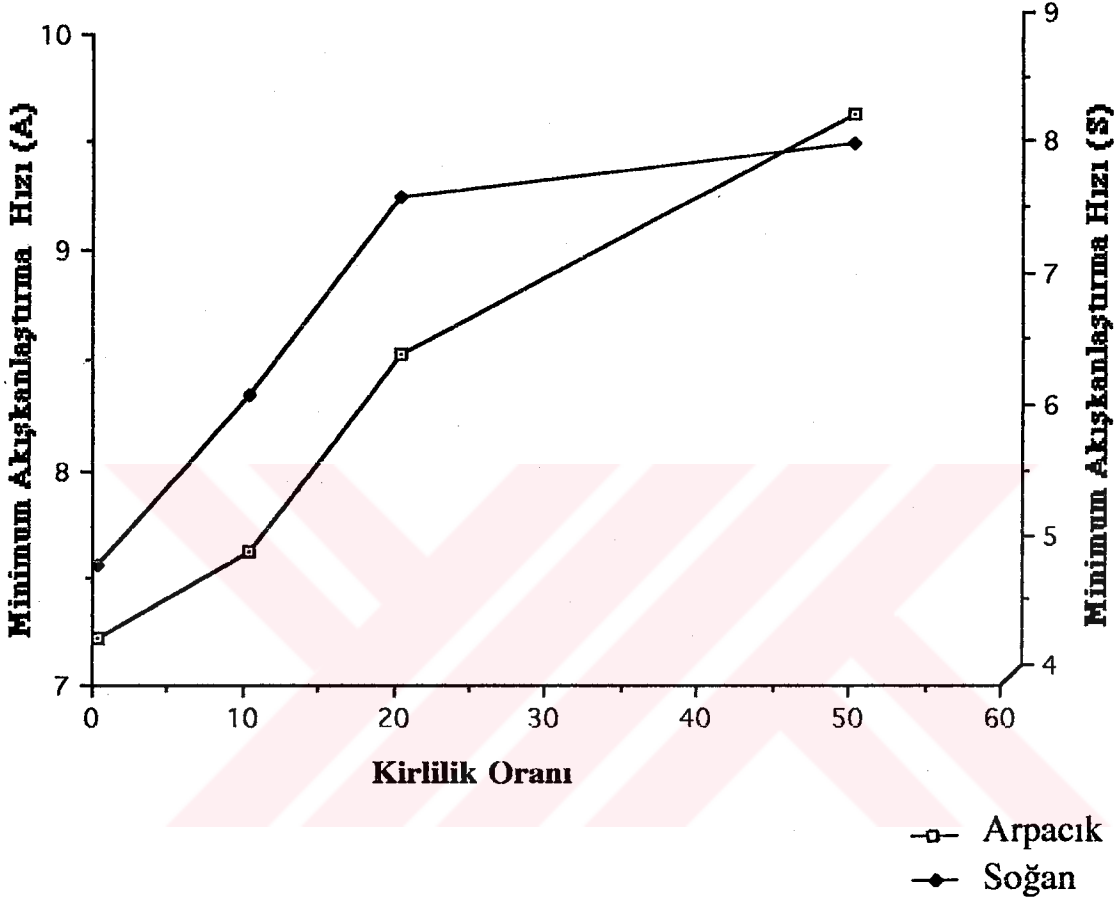
Soğan ve arpacıklar içerisine toprak ve kesek ekleyerek değiştirilen kirlilik oranlarının artırılmasıyla her materyal grubu için oluşan basınç düşmesi de artmıştır (Şekil 19). Kirlilik oranlarının değişmesi ile minimum akışkanlaştırma hızında meydana gelen değişme Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 19. Soğan ve Arpacıkta Kirlilik Oranlarının Basınç Düşümüne Etkisi

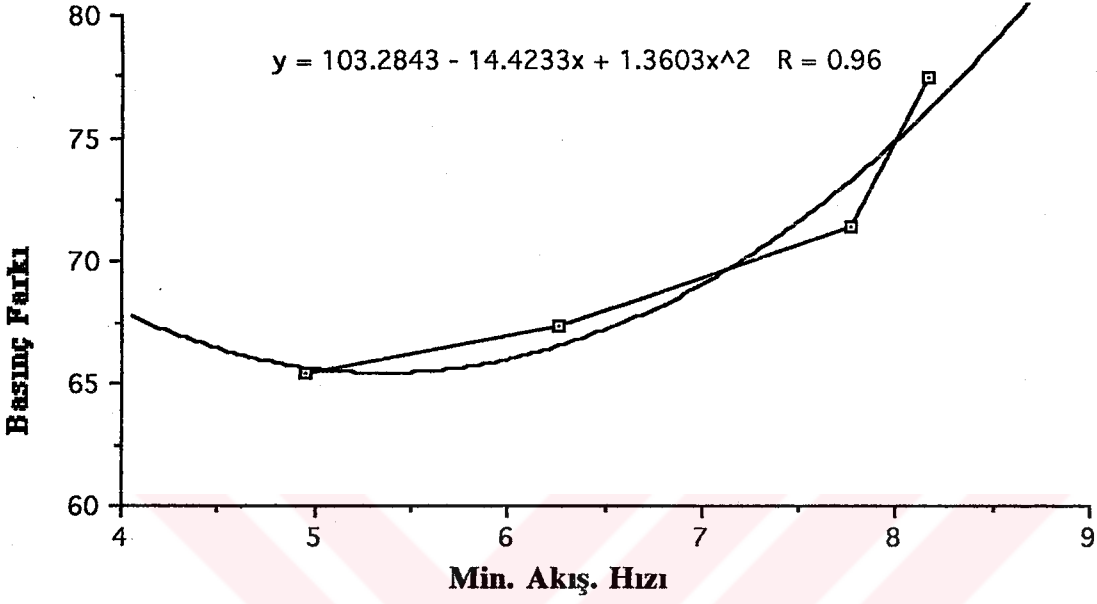
Çizelge 20. Değişik Kirlilik Oranlarında Oluşan Basınç Farkları

MATERYAL	Kirlilik oranları	Ölçülen min. akışkanlaştırma hızı (m/s)	Basınç farkı (mmSS)
Arpacık	Temiz	7.2	54
	%10	7.6	57.5
	%20	8.5	67
	%50	9.6	77.5
Soğan	Temiz	4.9	65
	%10	6.2	67
	%20	7.7	71
	%50	8.1	77

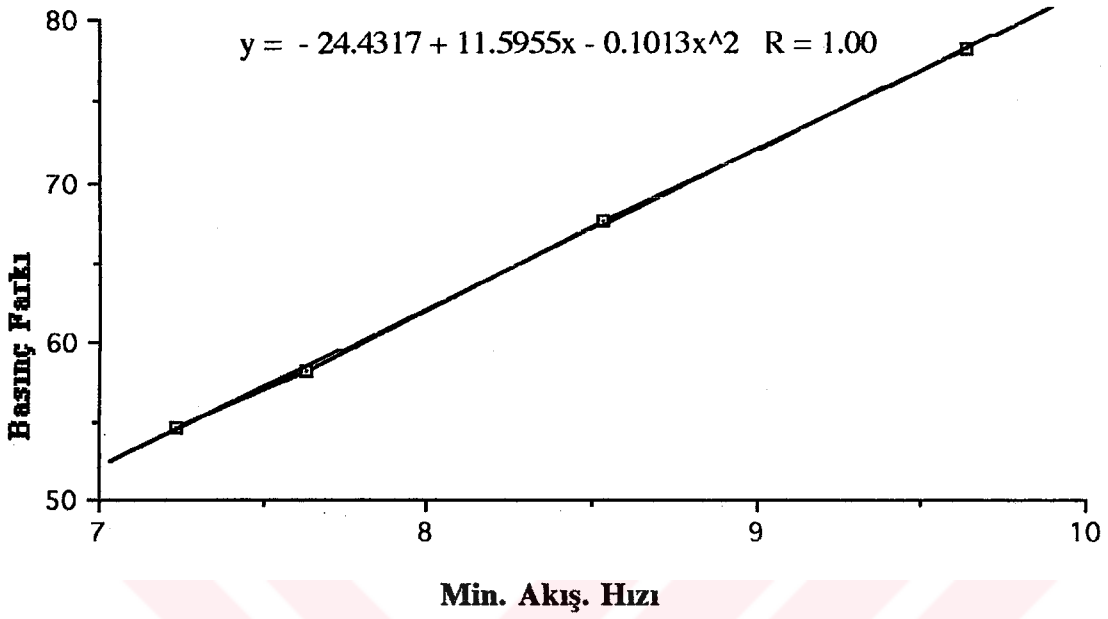


Şekil 20. Değişik kirlilik Oranlarının Minimum Akışkanlaştırma Hızına Etkisi

Soğan ve arpacıkların değişik kirlilik oranlarında oluşan basınç düşümü ile minimum akışkanlaştırma hızı arasındaki ilişkiler Şekil 21 ve Şekil 22'de görülmektedir.



Şekil 21. Soğanda Basınç Düşümü İle Minimum Akışkanlaştırma Hızının Değişimi



Şekil 22. Arpacıkta Basınç Düşümü İle Minimum Akışkanlaştırma Hızının Değişimi



## 5. TARTIŞMA

Soğan ve arpacıkların pnömatik sistemler kullanılarak temizlenip sınıflandırılması için gerekli karakteristikleri saptamayı amaçlayan bu araştırma sonucunda elde edilen bulgulardan yararlanılarak aşağıdaki değerlendirmeler yapılmıştır.

1. Denemeler sonucunda soğan ve arpacıklar için tek tek ve toplu durumda saptanan karakteristiklerle ilgili veriler ile literatürlerden alınan formüllerin kullanılmasıyla hesaplanan veriler birbirlerine uymaktadır.

2. Arpacıkların kritik hızları 10.98-16.69 m/s arasında değişmektedir. Keseklerin yüzme hızları 22.92 m/s ve daha hafif olan yaprak, sap gibi diğer materyallerin kritik hızları ise 8 m/s'den daha düşük olduğundan arpacığın temizlenmesi ve sınıflandırılabilmesi için akışkan yatak kullanılması mümkündür. Ancak soğanların yüzme hızları 23.63-27.72 m/s arasındadır ve bu değer keseklerin yüzme hızlarından daha büyüktür. Bu sebeple pnömatik sistemde soğanlarla keseklerin birbirlerine karışma oranı yüksek olacaktır.

3. Gerek soğan için ve gerekse arpacık için ayrı ayrı yapılan ölçümler sonucu dikey hava akışında soğan ve arpacık üzerindeki gevşek kabukların 26.2 m/s hava hızında ayrıldığı saptanmıştır. Bu hız soğanların kabuklardan ayrılması için bir problem yaratmazken, arpacıklar için oldukça yüksektir. Bu sebeple arpacıklar üzerindeki gevşek kabuklar bu yolla temizlenemeyecektir.

4. Soğan ve arpacığın temizlenmesi ve sınıflandırılması sırasında sisteme verilebilecek materyal miktarını yani sistemin kapasitesini belirleyen karakteristiklerden biri olan basınç düşmesi, şişme oranının artmasıyla azalma gösterirken minimum akışkanlaştırma hızının ve kirlilik oranlarının artmasıyla artmıştır.

5. Hava kanalında soğan ve arpacıklar için denemeler sonucunda elde edilen veriler sadece pnömatik sınıflandırma sistemlerinin tasarımında değil depolama, kurutma ve taşıma sistemleri için de kullanılabilir verilerdir.

## LİTERATÜR LİSTESİ

AKDEMİR, B., 1990. Arpacıktan Kurusoğan Üretiminde Dikim ve Hasad Mekanizasyonu ve Bitkinin Mekanizasyona Yönelik Özelliklerinin Saptanması Üzerinde bir Araştırma. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. (Doktora Tezi).

AKILLI, M., 1982. Çukurova Bölgesi İçin Uygun Baş Soğan Çeşitlerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi, Adana. Doktora Tezi.

ANONYMOUS, 1981. Kuru Soğan Standardı. T.S.E. Kurumu. Ankara.

ANONYMOUS, 1988. Gıda Maddeleri Muayene ve Analiz Metodları. T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü Yayınları. Bursa.

ANONYMOUS, 1992. Camas International Firması Katoloğu. Idaho, U.S.

ANONYMOUS, 1993. FAO Quartely Bulletin of Statics.

ARIN, L., 1993. Bazı Önemli Yerli Baş Soğan Çeşitlerinin Tekirdağ Şartlarında Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerinde Araştırmalar. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.

BAINER, KEPNER ve BARGER, 1977. Tarım Makinalarının Esasları. Çeviri: ÖZEMİR, Y., KURTAY, T., İTÜ. Müh. Mim. Fakültesi Yayınları: 116, İstanbul  
BAYRAKTAR, K., 1981. Sebze Yetiştirme. Cilt II. Kültür Sebzeleri. E.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:169. İzmir.

BEYHAN, M. A., 1992. Ülkemiz Koşullarına Uygun Aspiratörlü Bir Fındık Hasat Makinasının Tasarım ve İmalatı. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.

CHINNAN, M.S., C.,THAI, B.P.,VERMA, 1988. Evaluation of Fluidized Bed Seperation Technology in Processing Plants. American Society of Agricultural Engineers. No:88-6084.

ÇİLİNGİR,İ., R., ÖZTÜRK, 1989. Patatesin Bazı Biçim Kriterlerinin Boylama Kalitesine Etkisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları:1120, Ankara.

D.İ.E., 1994. Tarım İstatistikleri Özeti. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü. Yayın No. 1728. Ankara.

DOĞAR, M., 1989. Havalı Sınıflandırıcılar. Sınai Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü Yayını. Ankara.

GUNASEKARAN, S., C. Y., JACKSON, 1988. Resistance to Airflow of Grain Sorghum. Transaction of the ASAE, 31(4): 1237,1240.

EKER, B., 1983. Tohum Hazırlama Makinaları. Türkiye Zirai Donatım Kurumu Yayınları Yayın No:29, Ankara.

GÜÇLÜ, S., 1995. Un Değirmenlerinde Pnömatik ve Mekanik Sistemin İncelenmesi Elektrik Enerjisinin Birim Maliyete Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

GÜNAYDIN, L., 1996. Soğan Tasnif Makinasının Konstrüksiyonu ve Prototipin Yapımı. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

IRVINE, D. A., D. S. JAYAS, G. MAZZA, 1993. Resistance to Airflow Through Clean and Soiled Potatoes. Transaction of the ASAE, 36(5): 1405,1410.

KILKIŞ, B., 1987. Güneş Enerji Destekli Kısmi Akışkan Yataklı Mısır Kurutucu. 3. Uluslararası Tarımsal Mekanizasyon ve Enerji Kongresi, 26-29 Ekim, İzmir. 110-118.

KLENIN, N.I., I.F. POPOV, 1986. Agricultural Machines Theory of Operation Computation of Controlling Parameters and the Conditions of Operation. Russian Translations Series 31. Rotterdam.

KRUG, H., 1991. Gemüseproduktion. 2. Auflage Verlag Paul Parey Berlin und Hamburg.

MOHSENİN, N.N., 1980. Physical Properties of Plant and Animal Materials. Gordon and Breach, Science Publishers, Inc. One Park Avenue, New York.

ÖRENCİK, K., 1980. Teori ve Problemlerle Akışkanlar Mekaniği ve Hidrolik (Çeviri). Güven Kitabevi Yayınları, Ankara.

ÖZGÜR, C., 1994. Hidrolik ve Pnömatik Transport. Yayınlanmamış Ders Notları. İ.T.Ü. Makina Fakültesi, İstanbul.

ÖZŞUCA, S., 1986. Çukurova Yöresinde Yetiştirilen Değişik Nem İçerikli Çeltikte Statik Basınç Düşmelerinin Saptanması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi.

SAYGILI, İ., 1974. Küresel Cisimlerin ve Buğday Tanelerinin Serbest Düşmelerinin İncelenmesi. Doçentlik Tezi.

SCHMİLOVİTCH, Z., A., ZALTZMAN, 1988. Fluidized Bed Apparent Density Variations. American Society of Agricultural Engineers. No:88-6021.

SONG, H., J.B., LITCHFIELD, 1991. Predicting Method of Terminal Velocity for Grains. Transaction of the ASAE, 34(1): 225,230.

SUGGS, C. W., A., LANIER, 1985. Resistance of Wood Chips and Sawdust to Airflow. Transaction of the ASAE, 28(1): 293,301.

SMİTH, R. D., R. L., STROSHINE, 1985. Aerodynamic Separation of Cobs from Corn Harvest Residues. Transaction of the ASAE, 28(3):893, 902.

ŞEHİRALİ, S., 1989. Tohumluk ve Teknolojisi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Ankara.

ÜLGER, P., 1985. Ürün İşleme İlkeleri ve Makinaları. Türkiye Zirai Donatım Kurumu Yayınları. Yayın No: 37.

YAĞCIOĞLU, A., 1980a. Tane Mısır Yığımından Geçen Hava Akımının Karşılaştığı Dirence İlişkin Bazı Formül Sonuçlarının İrdelenmesi. E.Ü.Z.F. Dergisi. 17. S (111-117).

YAĞCIOĞLU, A., 1980b. Mısır Dane Neminin Yığımından Geçen Hava Akımının Statik Basınç Düşümüne Etkisi. Tarımsal Mekanizasyon 10. Ulusal Kongresi Bildiri Kitabı, Adana. S (328-336).

ZALTZMAN, A., R. FELLER, A. MIZRACH, Z. SCHMILOWITCH, 1983. Separation Potatoes from Clods and Stones in a Fluidized Bed Medium. Transaction of the ASAE, 26(4): 987-990.

ZALTZMAN, A., A. MIZRACH, Z. SCHMILOWITCH, 1986a. Analytical Model of a Gravitational Separation Process in a Fluidized Bed Medium. Journal of Agricultural Engineering Research. 34(4), 257-273.

ZALTZMAN, A., Z. SCHMILOWITCH, 1986b. Evolution of a Potato Fluidized Bed Medium Separator. Transaction of the ASAE, 29(5): 1462-1469.

ZALTZMAN, A., B. P. VERMA, Z. SCHMILOWITCH, 1987. Potential of Quality Sorting of Fruits and Vegetables Using Fluidized Bed Medium. Transaction of the ASAE, 30(3): 823,831.

ZALTZMAN, A., Z. SCHMILOWITCH, 1988. Fluidized Bed Medium Stream Potato Separation. American Society of Agricultural Engineers. No:88-6083.

ZİON, B., 1995. Postharvest Technology Principles of Sorting and Grading. Agricultural Research Organization, Israel.

## TEŞEKKÜR

Böyle bir konuda bana çalışma olanağı sağlayan ve araştırmam boyunca her konuda yardımlarını gördüğüm, eleştiri ve önerileriyle beni yönlendiren danışman hocam Doç. Dr. Bahattin AKDEMİR'e, deney düzeneği için gerekli parçaları temin etmede büyük yardımlarını gördüğüm hocam Prof. Dr. Bülent EKER'e, bilimsel katkılarından dolayı Prof. Dr. Poyraz ÜLGER'e, Prof. Dr. Selçuk ARIN'a ve Doç. Dr. Birol KAYIŞOĞLU'na ve tüm Tarım Makinaları Bölümü Elemanlarına, denemeler, ölçümler ve tezimin yazımı sırasında bana yardımcı olan Araş. Gör. Yeşim ERDEM'e, Arş. Gör. Gıyasettin ÇİÇEK'e ayrıca deney materyallerini sağlayan Elek. Elektr. Müh. Senai EĞRİBOZ'a teşekkür ederim.

## ÖZGEÇMİŞ

1971 yılında Kahramanmaraş'ın Afşin ilçesinde doğdum. İlk, orta ve lise öğrenimimi Ankara'da tamamladım. 1989 yılında A.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalında lisans öğrenimime başladım. 1994 yılında mezun oldum .Aynı yıl T.Ü. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümünde Araştırma Görevlisi olarak çalışmaya ve aynı zamanda Yüksek Lisans Öğrenimime başladım.

