

## **ÖNISİTİCİLİ SIKLONLARDA DALMA BORUSU ÇAP DEĞİŞİMİNİN TOZ TOPLAMA VERİMLİLİĞİNE ETKİSİNİN DENEYSEL OLARAK İNCELENMESİ**

**Ferit FIÇICI<sup>1\*</sup>, Vedat ARI<sup>2</sup>, Ömür ARAS<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü,  
54187 Sakarya, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Makine Eğitimi Bölümü, Esentepe Kampusu,  
Sakarya, TÜRKİYE

<sup>3</sup>Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Mühendislik Fakültesi, Kimya Mühendisliği,  
41400 Gebze-Kocaeli, TÜRKİYE

**Özet :** Siklonlar, içinde katı bulunan bir gaz akımının sınırları belli bir girdaba dönüştürülmesi sonucu meydana gelen merkezkaç kuvveti ile katının gazdan ayrılması işlemine kullanılan sabit parçalı cihazlardır. Basit yapılı olmaları, yüksek sıcaklık ve basınç şartlarında çalışmaları gibi önemli avantajları vardır. Siklonlar mühendislik açısından değerlendirilirken iki önemli parametre göz önünde bulundurulur. Bunlar, toz toplama verimliliği ve basınç kaybıdır. Bu çalışmada önsütcü siklonlarda toz toplama verimliliğini etkileyen dalma borusu çapında değişiklikler yapılarak deneysel olarak incelenmiştir. Deneysel, endüstride kullanılan gerçek önsütcü siklonun prototipi imal edilerek gerçek çalışma şartlarında yapılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** *Önsütcü Siklon, Toplama Verimliliği, Kritik Dalma Borusu Çapı*

## **EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF EFFECT OF VENT PIPE DIAMETER CHANGİNG IN PREHEAT CYCLONES ON COLLECTION EFFICIENCY**

**Abstract :** Cyclones which are stationary pieced devices, are useful to separate particles from particle-gas mixture by centrifugal force becoming as a result of transformation of gas stream with particle to vortex with any given boundary. Main advantages of Cyclones are that they are simple and also operate under heavy conditions such as high temperature and high pressure. From an engineering point of view, there are two important parameters in Cyclones. They are the cyclone pressure loss and particle collection efficiency. In this study, changes was made and have been searched by experimental in vent pipe diameter which effects particle collection efficiency in preheat cyclone. Experiments, was made in real working conditions by manufacturing prototype of preheat cyclone which is used in industry.

**Keywords:** *Preheat Cyclones, Collection Efficiency, Critical Vent Pipe Diameter*

---

**\*Sorumlu Yazar**

fficici@sakarya.edu.tr

## 1.GİRİŞ

Çoğu endüstriyel imalatta hava akımından partiküllerin ayrıştırılması istenir. Örneğin; maden imalatında, petrol endüstrisinde, kimya mühendisliğinde, yiyecek imalatında ve çevresel temizlikte. Bunun için değişik teknolojiler kullanılmaktadır. Fabrika baca filtreleri, elektrostatik çökeltici, hava sınıflandırıcılar ve siklon ayrıştırıcılar gazdan partikülleri ayrıştırmakta kullanılan değişik cihazlardır. Bunlardan fabrika filtreleri ve elektrostatik çökelticiler yüksek ayrıştırma verimliliğine sahip olmalarına rağmen çoğu endüstriyel uygulamaları için uygun değildir[1]. Siklonlar merkezkaç kuvvetin etkisiyle gazdan partikülleri ayırmada en çok kullanılan sabit parçalı cihazlardır[2]. Siklonların diğer cihazlara göre daha geniş bir kullanım alanına sahip olmasının nedeni ağır çalışma şartlarında kullanılmasıdır. Yüksek sıcaklık ve basınç şartlarında kullanılması, yapısının basit olması, maliyetinin düşük olması siklonların başlıca avantajlarıdır. 5 µm'den daha büyük partikül çaplarında %99 ayırma verimliliğine sahiptir. Ancak 5 µm'den daha küçük partikül çaplarında ise verimliliğinin düşmesi en büyük dezavantajdır[3].

Siklonların kullanıldıkları alanlara göre birden fazla çeşidi vardır. Bunlar, kurutma işleminde kullanılan kurutma siklonları, ayırma işleminde kullanılan ayırma siklonları ve çimento sanayinde kullanılan önisıtıcı

siklonlardır. Önisıtıcı siklonlar ise; çimento prosesinde döner fırını yüksek sıcaklıkta terk eden baca gazlarının, ısı enerjisini geri kazanmak için ısı değıştiricisi olarak tasarlanmış siklonlardır. Önisıtıcı siklon reaktörlerde çimento üretiminin hammaddesi farin (kireçtaşı+kil) yüksek sıcaklıktaki baca gazı ile temasa geçirilerek kalsinasyon sıcaklığına yaklaştırılır. Böylece büyük bir enerji tasarrufu sağlanır[4].

Toz toplama verimliliği, siklon performansını değerlendirmede kullanılan en önemli parametrelerden biridir. Bu parametre bir yere veya ortama enjekte edilmiş partiküllerin toplanma oranı olarak da bilinir[5].

Siklonların 5 µm'den daha küçük parçacıklar için düşük ayırma verimliliğine sahip olduğu bilinmektedir. Ancak bir siklon ayırıcının ayırma verimliliği sadece boyutlardan dolayı düşük olmayabilir. Toz toplama haznesindeki partiküllerin tekrar siklona geri dönmesinden dolayı da düşük olabilir. Örneğin, siklon çapındaki artış siklon içerisindeki teğetsel hızın düşmesine ve dolayısıyla ayırma verimliliğinin de düşmesine neden olmaktadır.

Ayrırma verimliliği debiyle birlikte limit hıza kadar artmaktadır, bu hızın üzerindeki hızlarda içerideki türbülans ayrışmasından daha hızlı artmakta ve debinin daha fazla artmasıyla verimlilikte düşmeye neden olmaktadır.

Partikül Boyut Aralığı µm	Verimlilik aralığı %	
	Konvansiyonel	Yüksek Verimli
5'den küçük	50'den az	50-80
5-20	50-80	80-95
15-40	80-95	95-99
40'dan büyük	95-99	95-99

Şekil 1.Siklonların Verimlilik Aralığı

Bu parametreler üzerine bilim adamları tarafından çok sayıda araştırma yapılmıştır.

## 2.LİTERATÜR

Siklonların toplama verimliliği ve akış karakteristiği ile ilgili birçok araştırma yapılmış olmasına rağmen sıcak gazların toplama verimliliği ve akış karakteristiği üzerine çalışmalar literatürde mevcut değildir.

C.H. Kim ve Jin W. Lee sınır tabaka etkisini dikkate alan küçük siklonlar için yeni bir toplama verimliliği modeli geliştirmişlerdir. Bu model de çekirdek akış bölgesindeki türbülans dağılır ve sınır tabaka içindeki partikül hareketi göz önünde bulundurulur. Bir siklon, çekirdek bölge ve sınır tabaka bölgesi olmak üzere iki bölgeye ayrılır. Bu iki bölgede partikül hareketi ayrıntılı bir şekilde analiz edilir. Çekirdek bölgesindeki türbülans dağılımı, sınır tabaka yüzeyi üzerindeki hesaplanan partikül akış dağılımı dikkate alınır ve difüzyon üzerinde artık taşınan hız, duvar üzerinde birikmiş hız modeli olarak tanımlanır. Yeni modelle tahmin edilen veriler, geniş aralıktaki giriş hızları ve partikül boyutlarıyla düşük akış oranı şartlarında yapılan deneysel sonuçlarla kıyaslandığında mükemmel sonuçlar verdi. Aynı zamanda yüksek akış şartlarıyla da benzerlikler göstermiştir[6].

R. Zhang, P. Basu gaz-katı ayrıştırıcının katı toplama verimliliğini tahmin etmek için basit bir model geliştirdiler. Bu model yarı deneysel bir modeldir. Model kararlı yörünge teorisine dayanır. Model tahmini değerler ile eğim verimliliklerinin deneysel değerleri arasında iyi bir netice vermiştir.[7].

Fabio Luis Fassani, Leonardo Goldstein Jr. Siklon separatörlerdeki basınç kaybı ve tutma verimliliğine yüksek girişli katı yüklerinin etkisini incelemişlerdir. Partiküller FCC katalizörde kullanıldı. Konsantrasyon 20 katı/gaz aralığına kadar geniş bir aralıkta kullanılmıştır. Ortalama giriş hızları 7,18 ve 27 m/s'dir. 12 kg katı/gaza kadar artan

konsantrasyonla artan toplama verimliliği bu değer üstünde azalma eğilimi göstermiştir. Test şartlarında, 18 m/s'den 27 m/s'ye kadar ki giriş hızlarında toplama verimliliği daha yüksek elde etmişlerdir[8].

K.S. Lim, H.S. Kim, K.W. Lee farklı girdap tutucu şekillerine sahip bir siklonun toplama verimliliği karakteristiklerini incelemişlerdir. 4 adet silindir şekilli ve 6 adet koni şekilli girdap tutucular imal edilmiştir. 30 ve 50 1/min. akış oranlarında siklon toplama verimlilikleri birbirleriyle kıyaslamada kullanılmıştır. Silindir şekilli girdap tutucu 7,11 ve 15 mm çaplarında, koni şekilli girdap tutucular 7 ve 15 çaplarında. Aynı zamanda koni tutucuların uzunlukları 10,15 ve 45 mm olarak imal edilmişlerdir. Koni şekilli girdap tutucuların toplama verimlilikleri, koni uzunluğu dikkate alınmaksızın çok az bir farklılık göstermiştir. Yalnız 15 mm çaplı silindir şekilli girdap tutucudan daha yüksek verimlilik elde edilmiştir. Bununla birlikte 7 mm çaplı silindir şekilli girdap tutucunun toplama verimliliğinden daha düşük sonuç çıkmıştır. Bu sonuçlar gösteriyor ki farklı çaplara sahip iki koni şekilli girdap tutucu, aynı çaplı silindir şekilli girdap tutucularla aynı toplama verimliliğine sahip ama koni uzunluğunun siklonun toplama verimliliği ve basınç kaybını etkilemediğini göstermiştir[9].

K.S. Lim, S.B. Kwon, K.W. Lee temiz havayla birlikte çift girişe sahip bir siklonun toplama verimliliğinin karakteristiklerini incelemişlerdir. İki tek girişli siklonlar ve çift girişli siklon dizayn edildi ve bu siklonların toplama verimlilikleri değerlendirilerek kıyaslanmıştır. İki tek girişli siklonlar farklı giriş boyutları ve girdap tutucu çaplarına sahip. Çift girişli siklonlar iki giriş kısmına sahip ve siklon girişi ikiye bölünmüştür. Temiz hava, siklon duvarının yakınında girmekte ve partikül yüklü hava ise siklon duvarından uzak bir yerden girmektedir. Bu çift giriş, girdap tutucu yakınındaki bölgede

temiz hava girdabı ve siklon duvarı yakınındaki bölgede partikül yüklü hava girdabı yapmaktadır. Çift girişli siklonun performansı değişen temiz hava akış oranıyla değerlendirilmiştir. Partikül yüklü hava akış oranı sabit tutulmuştur. Çift girişli siklonun toplama verimliliği, aynı giriş boyutu ve girdap tutucu çapına sahip tek girişli siklonun verimliliğinden %5–15 daha büyük elde edilmiştir[10].

Liming Shi, David J. Bayless siklonların tahmini toplama verimliliği için sınır şartlarını kıyaslamışlardır. Üç siklonda gaz-partikül akışını, Eulerian-Lagrangian yaklaşımını kullanarak nümerik bir şekilde modellemişlerdir. Teğetsel yükselme sınır şartını geliştirmişlerdir ve bu model kullanıcı tarafından belirlenen fonksiyon yoluyla siklon performansının CFD simülasyonlarını da içermektedir. Literatürdeki deneysel verilerle kıyaslamalar gösteriyor ki teğetsel yükselme sınır şartı diğer sınır şartlarından daha hassas tahminler sağlamaktadır[11].

Bingtao Zhao siklon verimliliğini değerlendirmek için yeni bir metot geliştirmiştir. Bu metodu akış modeli, kritik partikül boyutu ayrıştırma teorisi ve sınır tabaka ayrıştırma teorisine dayandırmıştır. Radyal partikül konsantrasyon eğimi, genellikle siklon içerisinde varsayılan uniform radyal partikül konsantrasyon yerine bu matematiksel modelde değerlendirilmiştir. Bu kısmi partikül konsantrasyonu ve siklon eğim verimliliği beslenen partikül boyutu dağılımı açısından uçuş zamanı modeline dayandırarak hesaplanabilmiştir. Bu modelin uygunluğu literatürdeki benzer teoriksel ve deneysel verilerle hesaplanmış eğim verimliliğiyle kıyaslanarak doğrulanmıştır[12].

Atakan Avcı ve İrfan Karagoz siklon separatörlerdeki toplama verimliliğine geometriksel parametreler ve akışın etkisini incelemişlerdir. Siklon separatörlerdeki kesirsel verimlilikleri ve kesme boyutunun hesaplanması için matematiksel bir model

geliştirilmiştir. Burada akış, partikül ve geometriksel parametreler göz önünde bulundurulmuştur. Aynı zamanda ivmenin, akışkan ve partikül karışımının homojen olduğu ve ivmenin, sürtünme ve geometriye bağlı olarak azaldığı varsayılmıştır. Toplama verimliliği eğrileri ve kesme boyutu değerleri önerilen model tarafından yapılan tahminlerle, farklı tip siklonlarda geniş aralıklı giriş hızlarıyla yapılan deneysel sonuçlar karşılaştırılmıştır. Varsayımların iyi olduğu gösterilmiştir. Literatürdeki mevcut yarı deneysel modellerin sonuçlarıyla karşılaştırıldığında önerilen model, teğetsel girişli siklonun performansını belirlemek için başarılı bir şekilde kullanılabilir. Değişen parametrelerin etkilerinin analizleri gösteriyor ki akış ve geometriksel parametrelere ilaveten yüzey sürtünmesi, girdap uzunluğu ve akış rejimleri siklon performansı üzerine özellikle küçük siklonlar için önemli bir rol oynamaktadır[13].

Jolius Gimbut, T.G. Chuah, Thomas S.Y. Choong, A. Fakhru'l-Razi siklon performansına koni uç çapının etkilerinin tahminiyle ilgili bir çalışma yapmışlardır. Simülasyon partikül yörüngelerini hesaplamada farklı faz ve türbülans modelleme için Reynolds gerilim modelini kullanabilmektedir. Siklon konisi üzerinde sıklaştırılmış meshler basınç düşüşü ve toplama verimliliğine siklon koni uç çapının etkisini daha iyi tahmin etmede kullanılmıştır. CFD simülasyon sonuçları deneysel verilerle kıyaslandığında maksimum %5.5 sapmayla mükemmel bir uyum sağlamıştır[14].

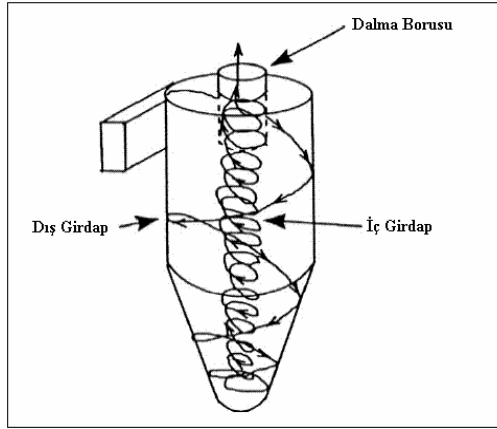
### 3.SİKLONLARDA GAZ AKIŞ MODELİ

Siklonlarda toplama verimliliğinin anlaşılabilmesi için siklon içerisindeki akışın iyi anlaşılması gerekmektedir. Siklon içerisinde baskın olan akış düzeni dış girdaptır. Bu girdap gazın siklona teğetsel girişiyle ya da girdap oluşturan girişlerden eksenel girişiyle oluşmaktadır.

Gaz spirali alttaki akış kanalına ulaştığında, gaz dış girdaptan radyal olarak siklon eksenine doğru akmaya başlar, iç kısımda akan gaz başka bir girdap oluşturur. İç girdabın dönüş yönü dış girdapla aynı olmasına rağmen hareket yönü aşağıdan yukarıya doğrudur. Bu tip siklonların ters akışlı siklon olarak adlandırılmasının nedeni de budur. Toplama işlemi dış girdaptaki parçacıkların merkezkaç kuvvetleriyle siklon duvarına doğru fırlatılması sırasında olmaktadır. Bu parçacıklar siklon duvarının üzerinde toz toplama haznesine doğru aşağıya kayarken, bu hareketlerine siklon duvarı yakınında aşağıya doğru hareket eden gazında yardımcı olmaktadır. Merkeze doğru ilerleyen parçacıklar toplanmamaktadır.

Bu bölgeden sonra merkez kor içerisinde teğetsel hız düşmeye başlar ve merkezde neredeyse sıfıra ulaşır. Korda gaz katı bir yapıymış gibi dönmektedir. Siklonun en tepesinde kor çapı yaklaşık olarak gaz çıkış çapı kadardır, altta ise daha dardır.

Radyal hız dağılımı gaz çıkış kanalının altındaki tüm düşey pozisyonlar için nispeten küçük ve içe doğru radyal sabit hızları göstermektedir. Siklon duvarı civarındaki dikey gaz hızı aşağıya doğrudur ve bu aşağı hız tozu duvardan toplama haznesine götürmekte yerçekiminden daha etkilidir. Aşağı doğru gaz hareketinden yukarı doğru harekete geçiş merkez girdabın dışında oluşur. Gaz girdaba girer girmez yukarıya doğru hızı oldukça artmaktadır[15].

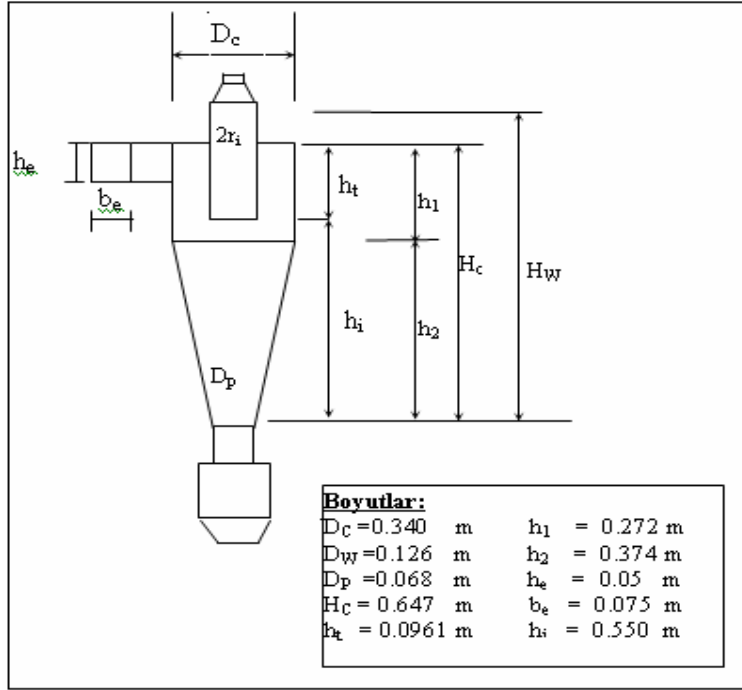


Şekil 2. Siklondaki Akış Modeli

#### 4. DENEYSEL DÜZENEK

Bir önısıtıcı siklonun basınç kaybı, toz tutma verimi, geometrik parametreleri ve ısı

özelliklerinin birbirleri ile ilişkilerini incelemek üzere bir deney düzeneği tasarlanmış ve imal edilmiştir.



Şekil 3. Humboldth tipi önisıttıcı deney siklonun boyutları



Şekil 4. Deneysel Düzenek

#### **4.1. Deney Programı**

Deney programı 3 ana grupta toplanmaktadır. İlk olarak dalma borusu çapı değiştirilen siklon, deney setine monte edilir. Daha sonra sızdırmazlıkları yapılır. Dalma borusunun dalma derinliğinin değişimine göre basınç kaybı ve toz tutma verimlerinin değişimini bulmak üzere ayarlanan her dalma boyunda akış hızı 12,44 m/s olacak şekilde vantilatör devri sabitlenir ve sistemin rejime gelmesi beklenir. Daha sonra sisteme 0,556 kg/m<sup>3</sup> konsantrasyonunda farin(kireçtaşı+kil) dozajlanır. Dozajlama sonrasında siklon giriş sıcaklığı sabit bir değere düşene kadar beklenir. Bundan sonra diğer deney verileri; siklon çıkış sıcaklığı, akış ölçüm sıcaklığı, siklon konik kısım sıcaklığı, siklon silindirik kısım sıcaklığı, farin(kireçtaşı+kil) depolama sıcaklığı, siklon giriş basıncı ve siklon çıkış basıncı kontrol ünitesinden alınarak kaydedilir. Deney durdurularak siklon toz toplama bunkerinden alınan ve önısıtmaya tabi tutulmuş çimento hammaddesi farin(kireçtaşı+kil) hassas bir şekilde toplanarak dijital göstergeli teraziyle tartılır.

İkinci grup deneylerde hızın değişmesi halinde siklon karakteristikleri ölçülmüştür. (9,5 m/s'den 10,3 m/s'ye artan.) Burada toz konsantrasyonu sabit tutulmuştur.

Üçüncü son grup deneylerde ise partikül konsantrasyonunun artırılması durumunda testler tekrarlanmıştır.

Bütün deneylerde ölçümler hem partiküllü hem de partikülsüz olarak alınarak kaydedilmiştir.

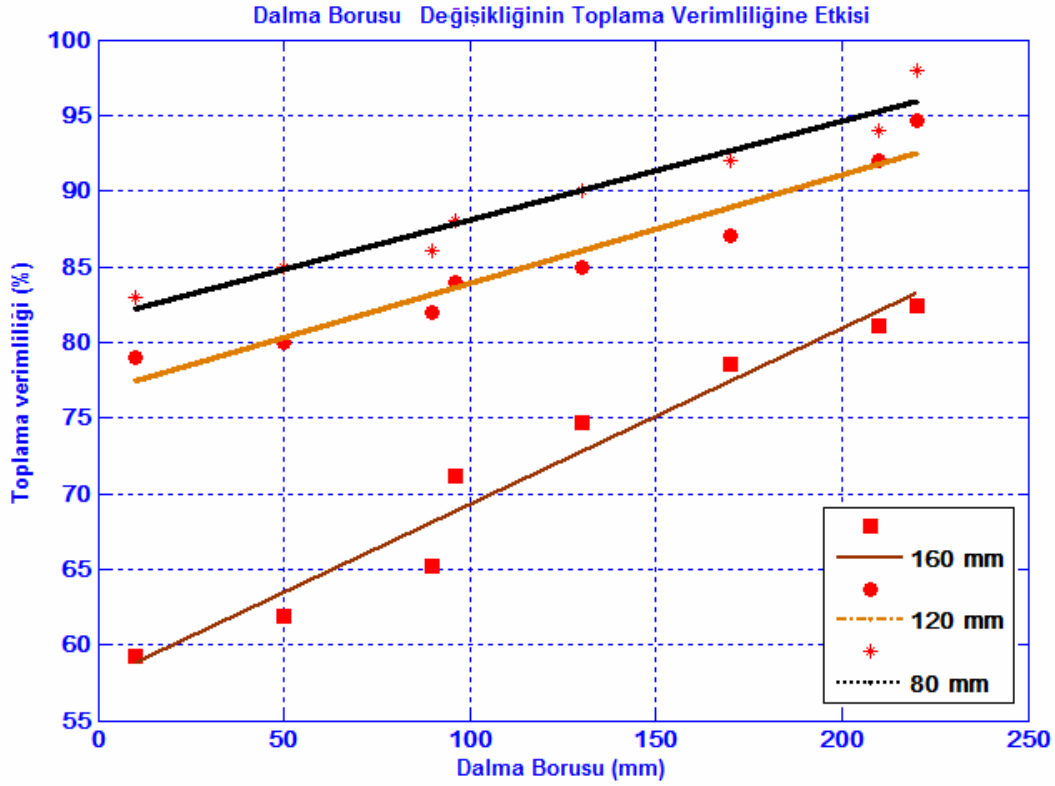
#### **5. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME**

Deneylerde kullanılan üç farklı dalma borusu çapına ait siklonlardan elde edilen veriler, dalma borusu yüksekliği, giriş hızı ve konsantrasyon değerlerine göre basınç kaybındaki değişimler gözlemlenmiştir. Siklon dalma borusu çapları 80,120 ve 160 mm olarak deneylerde kullanılmıştır.

##### **5.1 Dalma Borusu Derinliği Değişiminin Toplama Verimliliğine Etkisi**

Siklon çıkışındaki dalma borusu derinliği sekiz değişik boyda seçilmiştir. Dalma borusu derinliğinin toplama verimliliğine etkileri ele alınacaktır. Bu deneylerde dalma boyu değiştirilerek, yüksek sıcaklıktaki partikül yüklü gazlarla testler yapılmıştır. Elde edilen verilere göre oluşan değişiklikler grafikte gösterilmiştir. Dalma boyu artışıyla toplama verimliliği, her üç dalma borusu çapında da artış göstermiştir. Dalma borusu çapı 80 mm'den 120 ve 160 mm'ye artırıldığında toplama verimliliğinde azalma meydana gelmiştir. Dalma borusu çapı artırıldığında

toplama verimliliğinde azalma görülmeye devam edilecektir.

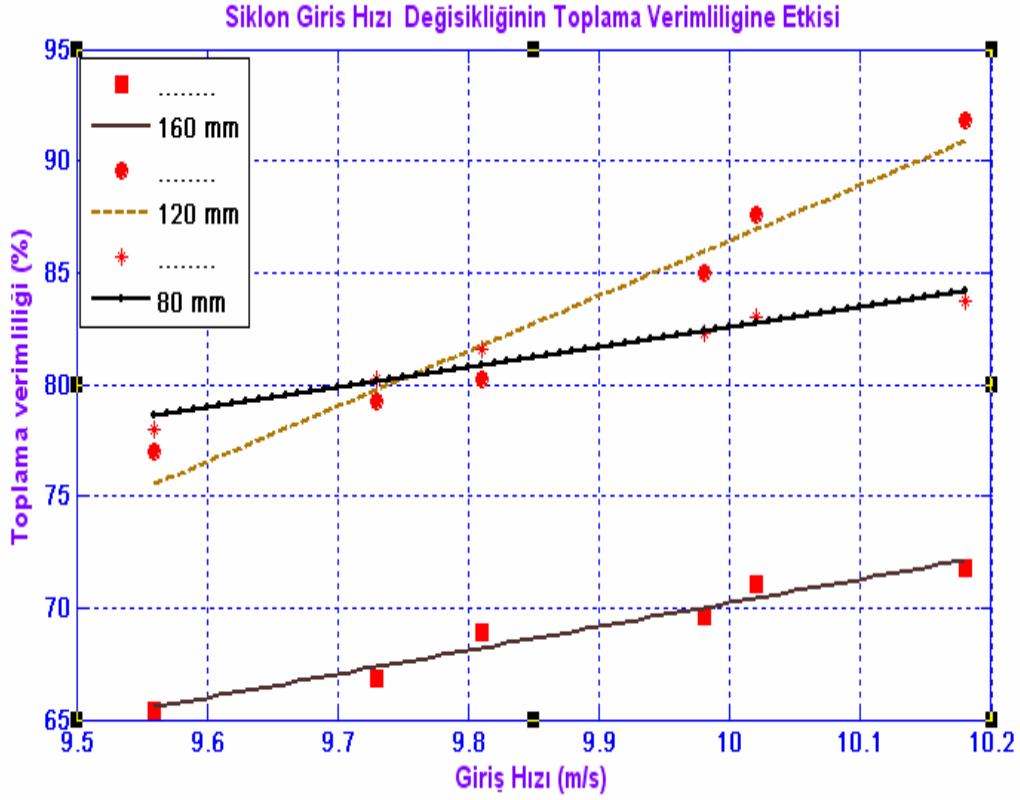


## 5.2. Siklon Giriş Hızı Değişikliğinin Toplama Verimliliğine Etkisi

Siklona giren hızı yüksek partikül+gaz karışımı deneylerde değişik hızlarda denenmiştir. Siklona giren partiküllü akışkanın hızı arttığında her üç dalma borusu

çapına ait siklonda toplama verimliliklerinde azalmalar görülmektedir. 120 mm'de olan toplama verimliliğindeki azalma diğer iki çapa göre daha az olmaktadır. Bu sonuç kritik bir dalma borusu çapı olduğunu göstermektedir.

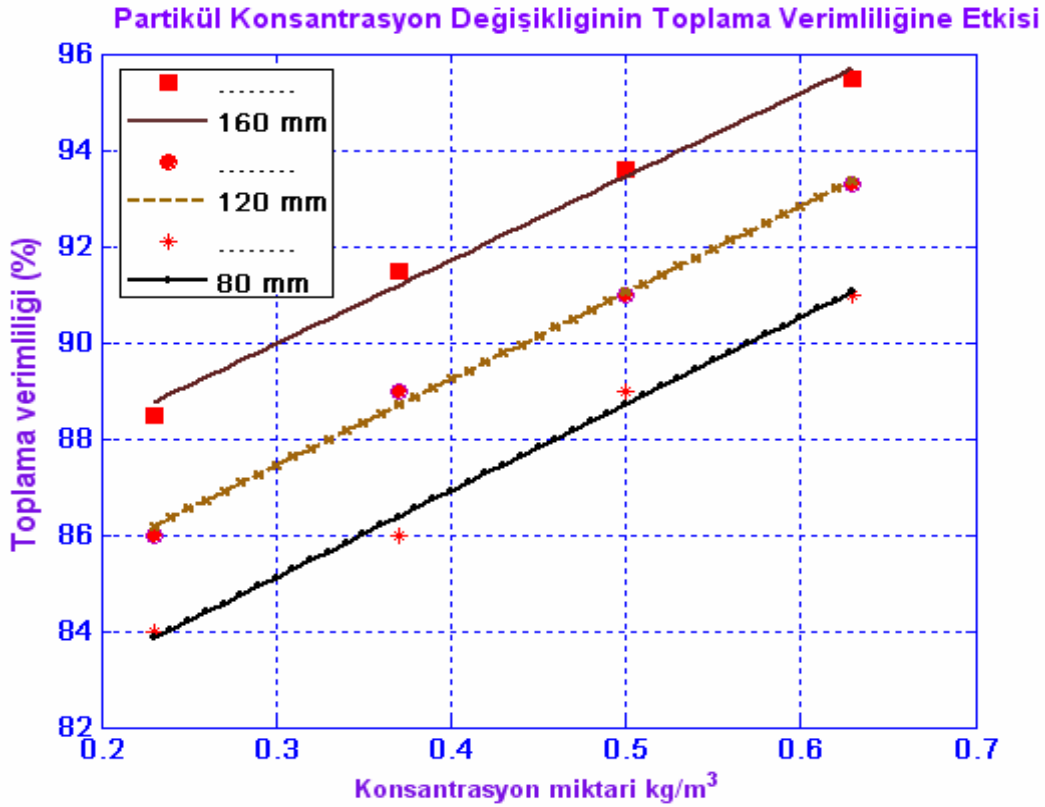




### 5.3. Siklona Giren Toz Konsantrasyonu Değişikliğinin Toplama Verimliliğine Etkisi

Deneysel olarak siklon konsantrasyonu  $0.19 \text{ kg/m}^3$ – $0.55 \text{ kg/m}^3$  arasında değiştirilerek

yapılmıştır. Değişik her üç dalma borusu çapına göre toplama verimliliğinde bir artış olmuştur. En fazla 80 mm lik çaplı dalma borusunda, en azda 160 mm'lik dalma borusunda olmuştur.



## 6. SONUÇ

Siklonda toplama verimliliğini etkileyen önemli kısımlardan biri olan dalma borusunun çapı değiştirilerek deney yapılmıştır. Deneyler önsıtıcılı siklon üzerinde gerçekleştirilmiştir. Önsıtıcılı siklonların diğer siklonlardan önemli bir farkı vardır. Çimento hammaddesi farini kalsinasyon sıcaklığına getirmede kullanılır. Hammadde mümkün olduğu kadar önsıtıcı siklon içerisinde bulundurulmalı, hem de siklonlardaki iki önemli parametre

olan toplama verimliliği ve basınç kaybına dikkat edilmelidir. Yapılan deneysel çalışma sonucu bu iki parametrenin birbiriyle bağlantılı olduğu anlaşılmıştır. Toplama verimliliği mümkün olduğunca iyileştirilmeye gidiliyor bu seferde çimento hammaddesi farin çok az ön ısıtmaya maruz bırakılıyor. Aynı zamanda basınç kayıpları oldukça artmaya başladı. Dalma borusu çapı artırıldıkça toplama verimliliğinde bir azalma meydana gelmektedir. Bunun nedeni, siklon

içerisinde meydana gelen partikül yüklü gazın meydana getirdiği girdap dalma borusu çapından ne kadar küçük olursa toplama kayıplarında da o oranda kayıplar meydana gelmesidir. Eğer ki dalma borusu çapı mümkün olduğunca küçültülmüş olsa toplama verimliliğinde artma meydana gelmesi beklenirken siklon basınç kayıpları artmakta ve bu da toplama verimliliğinin olumsuz yönde etkilenmesine neden olmaktadır. Yani bir parametre düzeltilmeye çalışılırken diğer parametre olumsuz etkilenmektedir. Deneysel çalışma sonucu toplama verimliliği ve diğer önemli parametreler de göz önünde bulundurularak kritik bir dalma borusu çapı elde edilmiştir. Bu çap 120 mm olarak tespit edilmiştir. Burada sunulan teoride sıkça kullanılan kritik dalma borusu çapı ifadesini pratik olarak da ispatlandığını göstermiştir. Deneysel çalışmanın diğer çalışmalardan en önemli farkı endüstride aktif olarak kullanılan önsütcü siklonun prototipi olması ve aynı çalışma şartlarındaki gibi deneylerin gerçekleştirilmesidir. Bu farklılıklar, deney sonuçlarını sanayide uygulamaya koyma kolaylığı sağlamıştır.

### **Kaynaklar**

[1] A. Raoufi, M. Farzaneh, M. Shams, R. Ebrahimi, “Numerical simulation and optimization of fluid flow in cyclone

vortex finder”, Chemical Engineering and Processing , 2007

[2] Fıçıcı,F., “ Siklonlarda Dalma Borusu Çap Değişiminin Akış Parametrelerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi” Yüksek Lisans Tezi, S.Ü., Fen Bil.Ens.,Sakarya,2006

[3] Jo,Y., Tien,C., Ray,M.B.,” Development of a Post Cyclone to Improve The Efficiency of Reverse Flow Cyclones” Powder Technology, Vol:113 pp.97–108 2000

[4] Arı,V.,” Çimento Endüstrisinde Kullanılan Önsütcü Siklon reaktörlerin Deneysel İncelenmesi” Doktora Tezi, S.Ü., Fen Bil.Ens.,Sakarya,2000

[5] Gimbur, J.,Chuah,T.G.,Fakhrul-Razi,A., Choong,T.S.Y.,2005”The Influence of Temperature and Inlet Velocity on Cyclone Pressure Drop: a CFD Study”, Chemical Engineering and Processing vol: 44, pp: 7-12,2005

[6] Kim.,C.H, Lee.,J.W,” A New Collection Efficiency Model for Small Cyclones Considering The Boundary-Layer Effect” Journal of Aerosol Science vol:32 pp:251-269, 2001

[7] Zhang,R.,Basu,P.,” A Simple Model for Prediction of Solid Collection Efficiency of a Gas–Solid Separator” Powder Technology Vol:147 pp:86–93, 2004

[8] Fassani,F.L., Jr,J.L.,” A Study of The Effect of High Inlet Solids Loading on a Cyclone Separator Pressure Drop and Collection Efficiency” Powder Technology Vol:107 pp:60–65, 2000

[9] Lim, K.S., Kim, H.S., Lee,K.W.,” Characteristics of The Collection Efficiency for a Cyclone With Different Vortex Finder Shapes” *Journal of Aerosol Science* Vol:35 pp: 743–754, 2004

[10] Lim, K.S., Kwon, S.B., Lee, K.W.,” Characteristics of The Collection Efficiency for a Double Inlet Cyclone With Clean Air” *Journal of Aerosol Science* Vol:34 pp:1085–1095, 2003

[11] Shi, L., Bayless, D. J.,” Comparison of Boundary Conditions for Predicting The Collection Efficiency of Cyclones” *Powder Technology* Vol:173 pp:29–37, 2007

[12] Zhao, B.,” Development of a New Method for Evaluating Cyclone Efficiency” *Chemical Engineering and Processing* Vol: 44 pp:447–451, 2005

[13] Avci, A., Karagoz,I., “Effects of flow and Geometrical Parameters on The Collection Efficiency in Cyclone Separators” *Journal of Aerosol Science* Vol:34 pp: 937–955, 2003

[14] Gimbin, J., Chuah, T.G., Choong, T. S.Y., Fakhru’l-Razi A.,” Prediction of The Effects of Cone Tip Diameter on The Cyclone Performance” *Journal of Aerosol Science* Vol:36 pp:1056–1065, 2005

[15] Kütükçeken,E.,”Teğetsel Girişli-Eksenel Çıkışlı Siklon Dizayını”,Yüksek Lisans Tezi,İTÜ,İstanbul 2001.

*Geliş Tarihi: 30/10/2007*

*Kabul Tarihi: 11/08/2008*