

**AVRASYA ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI**



**BACA GAZLARINDAKİ KARBON  
PARTİKÜLLERİNİN SU SPREYİYLE  
ÇÖKTÜRÜLMESİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Melike ÜN KART**

**AĞUSTOS 2021**

**TRABZON**

**AVRASYA ÜNİVERSİTESİ**  
**SAĞLIK BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**  
**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ ANABİLİM DALI**

**BACA GAZLARINDAKİ KARBON PARTİKÜLLERİNİN SU SPREYİYLE ÇÖKTÜRÜLMESİ**

**Melike ÜN KART**

**Avrasya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsünde**  
**"YÜKSEK LİSANS"**  
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 14/07/2021**

**Tezin Savunma Tarihi : 11/08/2021**

**Tez Danışmanı : Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ONUR**

**Trabzon 2021**

**T.C.**  
**AVRASYA ÜNİVERSİTESİ**  
**Sağlık Bilimleri Enstitü Müdürlüğü**

**KABUL VE ONAY**

Avrasya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı yüksek lisans programı çerçevesinde ve Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ONUR danışmanlığında yüksek lisans öğrencisi Melike ÜN KART tarafından hazırlanan “**Baca Gazlarındaki Karbon Partiküllerinin Su Spreyiyle Çöktürülmesi**” başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 29/07/2021 gün ve 2021-26 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

İmza  
Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ONUR  
JÜRİ BAŞKANI

İmza  
Dr. Öğr. Üyesi Seda FANDAKLI  
ÜYE

İmza  
Doç. Dr. Harun YÜKSEL  
ÜYE

(Jüri, Yüksek Lisans için en az üç, Doktora için en az 5 öğretim üyesi ile oluşur)  
Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Cemal BIYIK  
Enstitü Müdürü V.

## ÖNSÖZ

Çalışmalarına yön verip başarılı bir şekilde ilerlemem konusunda yardımlarını esirgemeyen ve her koşulda bana destek olan değerli hocam Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ONUR' a ve diğer hocalarıma, her daim arkamda duran canım aileme, tez sürecinde yanımda olan sevgili eşime, biricik yeğenim Zehra'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

**Melike ÜN KART**  
**Trabzon 2021**

## TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Baca Gazlarındaki Karbon Partiküllerinin Su Spreyiyle Çöktürülmesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ONUR ’un sorumluluğunda tamamladığımı, verileri kendim topladığımı, deneyleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim.

11/08/2021

İmza  
Melike ÜN KART

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
KABUL VE ONAY .....	I
ÖNSÖZ .....	II
TEZ BEYANNAMESİ.....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VI
TABLolar DİZİNİ.....	VIII
SİMGE VE KISALTMALAR.....	IX
ÖZET .....	XI
ABSTRACT .....	XII
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	2
2.1. Hava Kirliliğinin Tarihçesi.....	2
2.2. Hava Kirliliğinin Kontrolü .....	2
2.2.1. Hava Kirliliği Kontrol Teknolojileri .....	3
2.2.1.1. Yakma .....	3
2.2.1.2. Emme.....	3
2.2.1.3. Adsorpsiyon.....	3
2.2.1.4. Yer Çekimi .....	3
2.2.1.5. Hava Akışı Yönündeki Hızlı Değişim.....	4
2.2.1.6. Kumaş Filtre .....	4
2.2.1.7. Islak Yıkayıcılar .....	4
2.2.1.8. Elektrostatik Çökelticiler.....	4
2.3. Türkiye ve Avrupa Ülkelerinde Hava Kirliliğinin Kontrolündeki Mevcut Durum	4
3. GEREÇ VE YÖNTEMLER.....	6
3.1. Kontrol Cihazının Tasarlanması.....	6
3.1.1. Egzoz Gazı Özellikleri .....	6
3.1.2. Sıvı Akışı.....	6
3.1.3. Basınç Düşmesi .....	6
3.1.4. Emisyon Gereksinimi .....	7

3.2.	Tasarımda Kullanılan Formüller .....	7
3.3.	Tasarım İçin Gerekli Hesaplamaların Yapılması .....	9
3.4.	Yapılan Hesaplamalara Göre Tasarımın Tamamlanması ve Kontrol Cihazının Üretimi.....	17
3.5.	Tasarımın Modellenmesi .....	18
3.5.1.	Belirlenen Ölçülere Göre Model Çizimlerinin Oluşturulması .....	18
3.6.	Sistemin Çalışma Prensiplerinin Belirlenmesi .....	23
3.7.	Üretim Aşamaları ve Malzeme Seçimi .....	24
3.7.1.	Cihaz Dış Gövdesinin Yapımı.....	24
3.7.1.1.	Üst Gövde.....	24
3.7.1.2.	Baca Borusu Bağlantı Parçası .....	25
3.7.1.3.	Ara Plaka .....	26
3.7.2.	Diğer Ekipmanlar .....	27
3.7.2.1.	Paketleme Malzemesi.....	27
3.7.2.2.	Aksiyel Fan.....	28
3.7.2.3.	Su Pompası .....	29
3.7.2.4.	Nozullar .....	29
3.7.2.5.	Dimmer ve Elektrik Bağlantıları .....	30
3.7.2.6.	Filtre, Hortum ve Rakorlar .....	31
4.	BULGULAR .....	38
5.	TARTIŞMA.....	43
6.	SONUÇ .....	45
7.	KAYNAKÇA .....	47
ÖZGEÇMİŞ		

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Kontrol Sistemi Malzeme Dengesi .....	9
Şekil 2. Malzeme Dengesinde Belirlenen Değerlerin Gösterimi .....	11
Şekil 3. Genelleştirilmiş Taşma ve Basınç Düşüşü, Sherwood Korelasyonu [15].....	13
Şekil 4. Colburn Diyagramı [15] .....	16
Şekil 5. SolidWorks Ön Düzlem Profil Vektörel Görüntüsü .....	18
Şekil 6. SolidWorks Ön Düzlem Profil Görüntüsü .....	19
Şekil 7. SolidWorks Ön Düzlem Profil Kesit Görüntüsü.....	19
Şekil 8. SolidWorks Ön Düzlem Profil Patlatma Görüntüsü .....	20
Şekil 9. SolidWorks Ön Düzlem Üst Yatay Görüntüsü .....	20
Şekil 10. Autocad İki Boyutlu Çalışma Şeması Çizimi .....	21
Şekil 11. Autocad Ön Düzlem İki Boyutlu Model Çizimi .....	22
Şekil 12. Üst Gövde.....	24
Şekil 13. Baca Borusu Bağlantı Parçası .....	25
Şekil 14. Ara Plaka .....	26
Şekil 15. Paketleme Malzemesi.....	27
Şekil 16. Sık Kullanılan Paketleme Malzemeleri [9] .....	28
Şekil 17. Aksiyel Fan .....	28
Şekil 18. Su Pompası.....	29
Şekil 19. Nozul .....	29
Şekil 20. Dimmer.....	30
Şekil 21. Filtre, Hortum ve Rakorlar .....	31
Şekil 22. Dış Gövde, Üst Gövde, Baca Borusu Bağlantı Parçası ve Ara Plakanın Punta Kaynağı ile Birleşimi.....	32
Şekil 23. Gövdenin Boyanması .....	33
Şekil 24. Nozulların Konumu ve Çalışma Esnasında Görüntülenmesi .....	34
Şekil 25. Paketleme Malzemesinin Konumu ve Çalışma Esnasında Görüntülenmesi.....	35
Şekil 26. Aksiyel Fan ve Konumu.....	36
Şekil 27. Tamamlanan Tasarım Görüntüsü .....	37

Şekil 28. 220-12 Volt Düşürücü Adaptör ve 12 Volt 30 Amper Akü .....	38
Şekil 29. Hassas Terazide Odun Kömürünün Tartılması .....	39
Şekil 30. Kömürün Sobanın Yanma Bölümüne Konulması ve Tutuşturulması.....	40
Şekil 31. Baca Çıkışına Kontrol Cihazının Monte Edilmesi .....	40
Şekil 32. Numune PM Oranları 1 .....	41
Şekil 33. Numune PM Oranları 2 .....	41
Şekil 34. Numune PM Pranları 3.....	42
Şekil 35. Su Filtresi Çalışma Öncesi ve Sonrası Karşılaştırılması .....	42



## TABLÖLAR DİZİNİ

### Sayfa No

Tablo 1. Paketleme Verileri [9] .....	14
---------------------------------------	----



## SİMGE VE KISALTMALAR

### KISALTMALAR

**KOAH:** Kronik Obstrüktif Akciğer Hastalığı

**NŞA:** Normal Şartlar Altında

**PM:** Partikül Madde

**SCR:** Selective Catalytic Reduction

**TÜPRAŞ:** Türkiye Petrol Rafinerileri

**vb:** Ve benzeri

### SİMGELER

A: Kesit alanı

$c_0$ : Gaz fazındaki maddenin sıvı içerisindeki çözünürlüğü

d: Çap

F: Paketleme faktörü, birimsiz

f: Su baskın hızının yüzdesi, genellikle % 50 - 75 arası

G: Gaz kütle akış hızı

$G_m$ : Gaz molar akış hızı, g·mol/saat

$G'$ : Birim kesit alanı başına gazın sütundaki kütle akış hızı, g/sm<sup>2</sup>

$G'_{is}$ : Çalışma koşullarındaki gaz akış hızı

$G'_{su}$ : Su baskını hesabına göre gaz akış hızı

g: Yerçekimi sabiti, 9.82 m/s<sup>2</sup>

H': Henry sabiti

HTU: Bir aktarım biriminin yüksekliği, m

$H_{OG}$ : Genel sıvı filmi katsayısına dayalı transfer birimlerinin sayısı

$H_{OL}$ : Genel sıvı filmi katsayısına dayalı transfer birimlerinin yüksekliği, m

$K_{OG}$ : Gaz fazına dayalı toplam kütle transfer katsayısı, g·mol/hm<sup>2</sup>Pa

$L_m$ : Sıvı molar akış hızı, g·mol/saat

m: Denge çizgisinin eğimi

$m_0$ : Gaz fazındaki maddenin mol kütlesi

$m_s$ : Çözücü sıvının kütlesi

$m_k$ : Çözünen maddenin kütlesi

NTU: Aktarım birimlerinin sayısı

$N_{OG}$ : Genel gaz filmi katsayısına dayalı transfer birimlerinin sayısı

$N_{OL}$ : Genel gaz filmi katsayısına dayalı transfer birimlerinin yüksekliği, m

P: Basınç, kPa

y: Sıvı ile denge halindeki gazın mol kesri

Y: İnert gazda çözünen maddenin mol kesri

$Y_1$ : Çıkış gazı kirletici konsantrasyonu

$Y_2$ : Giriş gazı kirletici konsantrasyonu

$Y^*$ : Dengedeki gazda kirletici konsantrasyonu

Z: Yıkayıcı yüksekliği, m

X: Saf sıvıda çözünen maddenin mol kesri

$X_2$ : Molar gaz akış hızı, kg·mol/saat

x: Çözünen maddenin mol kesri

$\rho_g$ : Gaz akışının yoğunluğu, kg/m<sup>3</sup>

$\rho_l$ : Yıkayıcı sıvının yoğunluğu, kg/m<sup>3</sup>

$\varphi$ : Yıkama sıvısının özgül ağırlığının suyun özgül ağırlığına oranı

$\mu$ : Viskozite

## **Yüksek Lisans Tezi**

### **ÖZET**

## **BACA GAZLARINDAKİ KARBON PARTİKÜLLERİNİN SU SPREYİYLE ÇÖKTÜRÜLMESİ**

**Melike ÜN KART**

**Avrasya Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü İş Sağlığı ve Güvenliği Anabilim Dalı  
Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet ONUR**

**2021, 47 (Tez Sayfa)**

Hava kirliliği atmosferde bulunan yabancı madde miktarlarının artmasıdır. Yabancı maddeler kaynağına göre farklılık göstermektedir. Hava kirliliği insan kaynaklı veya doğal kaynaklı olmaktadır. İnsan kaynaklı kirliliğin önemli bir kısmını baca gazları oluşturmaktadır. Baca gazı konut veya tesislerde yanma reaksiyonları sonucu açığa çıkan gazdır. Kullanılan yakıtın türüne göre ortaya çıkan kirleticilerde farklılık göstermektedir. CO<sub>2</sub> ve su buharının yanında partikül madde(PM), karbon monoksit(CO), kükürt dioksit(SO<sub>2</sub>), azot oksit(NO<sub>x</sub>), kurşun, civa vb. gibi kirleticiler açığa çıkmaktadır. Kirleticilerden olan partikül madde; is, kurum, toz, kül olarak da adlandırılmaktadır. Partikül maddeler solunduğunda insanlarda akciğer hastalıklarına neden olur. Karbon partiküllerinin filtre edilmesi çevre ve insan sağlığı açısından son derece önemlidir.

Yapılan çalışma partikül madde emisyonlarını sağlamak amacıyla geliştirilen kontrol cihazıdır. Belirli bir kaynağın kontrolüne yönelik tasarlanan cihazların aksine, hem gaz halindeki kirleticiler hem de katı parçacık barındıran kirleticiler içinde kullanılabilecek bir kontrol cihazı tasarlanmıştır. Dikey bir kule içerisindeki paketleme malzemesinden basınçlandırılarak geçmeye zorlanan egzoz gazının, su spreleriyle yıkanarak karbon partiküllerinin filtre edilmesi ve ortamdan uzaklaştırılması amaçlanmıştır. Yapılan çalışmada, kütlelerin korunumu yasasına göre boyutlar hesaplanmış ve tasarım buna uygun olarak tamamlanmıştır. Ürün verimliliği çalışma koşullarında test edilmiş, baca gazının karbon partiküllerinden arındırıldığı ve uygun emisyonların sağlandığı gözleme dayalı deneylerle belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler: Hava Kirliliği, Baca Gazı, Partikül Madde**

**Master Thesis**

**ABSTRACT**

**PRECIPITATED OF CARBON PARTICLES IN FLUE GASES BY USING  
WATER SPRAY**

**Melike ÜN KART**

**Avrasya University Institute of Health Sciences of Department of the Occupational  
Healthy Safety**

**Supervisor: Dr. Lecturer Ahmet ONUR**

**2021, 47 Pages**

Air pollution is the rising of the impurities that take place in the atmosphere. Impurities differ according to their sources. Air pollution is occurred by man made or natural resources. The substantial part of the pollution because of man made, constituted flue gases. Flue gas is the gas released as a result of combustion reactions in the houses or facilities. According to sort of the fuel used, the pollutants which are emerged also differ. It's emerged that the pollutants like particule substance (PM), carbon monoxide (CO), sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>), nitrogen oxide (NO<sub>x</sub>), plumbum, mercury the besides of CO<sub>2</sub> and water vapor.

The particule substance which is one of the pollutants is also called as soot, dust, ash. When the substance particular are breathed, it causes lung diseases in human. It's very important that to filter of carbon particules in terms of environment and human health. The work done is a control device developed to provide PM emissions. On the contrary to the devices that are designed for the control of certain source, a control device is designed which can be used for both gas pollutants and pollutants that contained solid particules. Exhaust gas forced through the packaging material in a vertical tower by being pressurized, it is aimed to filter of carbon particular by washing with water sprej and get rid of that vertical tower. The work done is calculated according to the law of the conservation of mass and that design is formed in terms of it. Productivity of this work is tested in under condition, it is stated that in terms of observational experiments as decontaminating of flue gases from carbon particules and providing of appropriate emissions.

**Key Words : Air Pollution, Flue Gases, Particule Matter**

## 1. GİRİŞ

Hava; atmosferi çevreleyen çoğunluğunu azot ve oksijenin oluşturduğu gaz kütesidir. Atmosferdeki başlıca gazlar %78,08 azot, %20,95 oksijen, %93 argon ve %0,03 karbondioksittir. Hava bütün canlılar için hayati öneme sahip temel bileşenlerden biridir. Atmosferde bulunan yabancı madde miktarının artması havanın kalitesinin düşmesine ve kirliliğin oluşmasına neden olmaktadır. Düşük kalitedeki hava tüm canlılar üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır. Kirliliğe neden olan ana parametreler havadaki SO<sub>2</sub> ve katı parçacıklar olarak kabul edilmektedir [1]. Katı parçacıklar partikül madde olarak adlandırılır. Doğal yollarla veya insan kaynaklı oluşabilirler. Doğal yollarla PM oluşumuna örnek olarak; denizlerdeki suların buharlaşması, rüzgârla taşınan tozlar, volkanik olaylar vb. gösterilmektedir. İnsan kaynaklı PM oluşumuna örnek olarak ise araçlardan çıkan egzoz dumanları, sanayi ve konutlarda kömür veya petrol türevi yakıt kullanımından kaynaklı baca gazları, orman yangınları, sigara dumanı vb. birçok örnek gösterilmektedir. Doğal yollarla oluşan PM miktarı insan kaynaklı oluşan PM miktarına oranla düşüktür. Günümüzde artan dünya nüfusu, teknolojinin hızla ilerlemesi ve sanayileşmenin zirve noktasına ulaşması insan kaynaklı hava kirliliğinin kabul edilemez seviyelere çıkmasına neden olmuştur. Hava kirliliği insanlar üzerinde akciğer rahatsızlıklarına neden olmaktadır. Genel olarak bilinen hastalıklar akciğer kanseri, KOAH, alt solunum yolu rahatsızlıkları olarak sıralanabilmektedir.

Karbon partikülleri karbonlu bileşiklerden oluşan katı yakıtlar veya akaryakıt gibi ürünlerin tam yanmaması sonucunda oluşmaktadır. İçerisinde civa ve kurşun gibi ağır metalleri bulundurabilen partikül maddeler insanlarda kanser hastalığına yol açmakta, bitkilerin ölümüne neden olmakta ve şehirlerde görüş mesafesini kısaltmaktadır. Çevre ve insan sağlığını korumayı görev edinerek yapılan çalışmada amaç, karbon partiküllerine bağlı hava kirliliğinin önüne geçebilmek ve bu alanda yapılan çalışmalara katkı sağlayabilmektir. Bu anlamda konut tipi kullanıma dahi uygun bir hava kirliliği kontrol cihazı tasarımı tamamlanarak oluşturulmuştur.

## **2. GENEL BİLGİLER**

Hava kirliliğinin tarihçesi, kontrolü ve kontrol teknolojileri hakkında detaylı bilgilerden bu bölümde bahsedilmiştir.

### **2.1. Hava Kirliliğinin Tarihçesi**

Hava kirliliği 13.yüzyıldan itibaren insanlığın gündemine girmiş ve etkilerinin anlaşılmaya başlanmasıyla birlikte önem kazanarak çözülmesi gereken bir problem haline gelmiştir. 12.yüzyılın sonlarına doğru kömürün yakıt olarak kullanılmaya başlandığına dair elimizde kayıtlar bulunmaktadır. 13.yüzyılın sonlarına doğru ise İngiltere kralı I. Edward Londra halkına kömür kullanımını yasaklamıştır [2]. Hava kirliliğine yönelik ilk siyasi adım olarak kabul edilen bu yasak sonradan gelen yöneticiler tarafından uygulanmamıştır.

18.yüzyılda sanayileşmenin başlamasıyla birlikte kömür tüketimi artmıştır. Şehirleri kaplayan duman görüş mesafesini düşürmüş insanlar üzerinde ölümcül etkilere yol açmıştır. 1950'li yıllarda Londra'da kayıtlara geçen 4000'i aşkın ölüm vakasının hava kirliliği kaynaklı olduğu belirtilmiştir [3]. Kömürün dışında 20.yüzyılda üretilmeye başlanan motorlu taşıtlarda önemli kirlenici kaynaklarındandır. Geçmişten bugüne uygulanan yanlış politikalar atmosfer üzerinde kalıcı hasarlar bırakmıştır. Hava kirliliğine bağlı sağlık sorunlarının artması ile birlikte insanlar üzerinde farkındalık oluşmuş ve kirliliğin kontrolü noktasında adımlar atılmıştır.

### **2.2. Hava Kirliliğinin Kontrolü**

Hava kirliliğinin kontrol edilmesindeki amaç, insan ve çevre sağlığını korumaktır. Yanma sonucu açığa çıkan duman zararlı maddeleri bünyesinde barındırmaktadır. Kontrol yöntemleri bu zararlı maddelerin etkilerini azaltmaya yöneliktir. Zararlı etkilerin ortadan kaldırılmasına yönelik atılan ilk adım kaynakta alınan önlemlerdir. Kullanılan yakıt, petrol türevi, katı veya sıvı bir yakıt ise daha az zararlı maddeler barındıran doğalgaz türevi yakıt ile değiştirilmelidir. Eğer yakıtın değiştirilmesi imkân dâhilinde değil ve kömür türevi yakıt kullanılıyorsa yanma olayının tam verimde gerçekleştiğinden emin olmamız gerekmektedir. Aksi takdirde eksik yanma (oksijen miktarının düşük olması) olayı gibi istenmeyen durumlar gerçekleşebilmektedir. Eksik yanma olayı yakıtın ıslak veya nemli olduğu durumlarda bacadan çıkan partikül madde ve is oranının yüksek olmasıdır [4]. Bu tür istenmeyen durumların önüne geçebilmek amacıyla alınan bütün tedbirler kaynağında

alınan önlemler olarak isimlendirilmektedir. Bunun dışında; tesis veya konutların baca yüksekliğinin yeterli seviyede olduğuna dikkat etmek, tesislerin yerleşim yerlerinden yeterince uzakta olup olmadığını kontrol etmek, yeniden şehirleşme faaliyetleri kapsamında yerleşim yerlerinin planlanmasında gerekli hava sirkülasyonlarının sağlanmasına dikkat etmek alınması gereken önlemlerdendir. Hava kirliliğinin kontrol edilmesindeki ikinci adım, yanma sonucu oluşan baca gazının atmosfere salınımından önce temizlenmesi ve zararlı bileşenlerinden arındırılmasına yöneliktir. Baca gazının temizlenmesi esasına dayalı önlemler kontrol teknolojileri başlığı altında sıralanmıştır.

### **2.2.1. Hava Kirliliği Kontrol Teknolojileri**

Hava kirliliği kontrol teknolojileri kirli havanın atmosfere salınımından önce temizlenmesine yönelik kullanılan mevcut yöntemlerdir. Kontrol teknolojileri; yakma, emme, adsorpsiyon, yer çekimi, hava akışı yönündeki hızlı değişim, kumaş filtre, ıslak yıkayıcılar ve elektrostatik çöktürücülerdir.

#### **2.2.1.1. Yakma**

Kirletici gazlar organik bazlı olduğunda yakma yöntemi kullanılabilir. Bu yöntemde kirletici gazlar yakılarak daha az zararlı olan karbondioksit ve su buharına dönüştürülmektedir.

#### **2.2.1.2. Emme**

Kirletici gazlar sıvı fazında ise baca gazı emici bir temizleyiciden geçirilerek kirleticilerden arındırılır.

#### **2.2.1.3. Adsorpsiyon**

Adsorpsiyon, moleküllerin temas ettikleri katı yüzeylerin etrafını sarması ve birbirlerine uyguladıkları çekme kuvvetinin (kohezyon) etkisiyle birleşmesi olayıdır. Bu yöntemde kirletici gözenekli bir katıdan geçirilerek içindeki zararlı bileşenlerden ayrılması sağlanmaktadır.

#### **2.2.1.4. Yer Çekimi**

Baca yüksekliğinin belirlenen değerlerin üstünde tutulması, yükselen zararlı partiküllerin ağırlıklarının etkisiyle bacadan çıkıp atmosfere karışmasına engel olacaktır.

### **2.2.1.5. Hava Akışı Yönündeki Hızlı Değişim**

Bacalarda kullanılan dirsekler veya kıvrımlı bölgeler zararlı maddelerin bir kısmının baca boyunca yükselmeden çeperlerde takılmasına ve birikmesine neden olacaktır. Bu sayede parçacıkların atmosfere salınımı kısmi olarak engellenecektir.

### **2.2.1.6. Kumaş Filtre**

Kirleticiler dokuma yöntemiyle yapılan kumaş filtrelerden geçirilerek partikül maddelerin atmosfere salınımı engellenmektedir. Gözenekli kumaş filtreler torba filtreler olarak da adlandırılmaktadır.

### **2.2.1.7. Islak Yıkayıcılar**

Kirletici baca gazı sudan geçirilir ve içindeki zararlı bileşikler su ile birleşerek ortamdaki uzaklaştırılmaktadır.

### **2.2.1.8. Elektrostatik Çökelticiler**

Bu yöntemde kirletici gazda bulunan parçacıklar elektro filtredeki “-” yüklere maruz bırakılmaktadır. Yükselen parçacıklar “+” yüklü plakalar üzerinde toplanarak ortamdaki uzaklaştırılmaktadır [5].

## **2.3. Türkiye ve Avrupa Ülkelerinde Hava Kirliliğinin Kontrolündeki Mevcut Durum**

Avrupa ülkeleri, hava kirliliği konusundaki kontrol ve denetimlerini belirli bir düzen içerisinde gerçekleştirmektedir. Yasalarla kontrol sistemlerini temellendirmişlerdir. Teknolojinin ilerlemesine bağlı olarak kontrol sistemleri üzerinde araştırma ve geliştirme faaliyetlerini arttırmışlardır. Bu anlamda dünya çapında temiz ve solunabilir havaya sahip olabilmek için Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler üzerine baskılar yapmaktadırlar. Kirletici kaynaklarından olan baca gazları için birçok kontrol cihazı üretilmiş ve geliştirilmiştir. NO<sub>x</sub> salınımının temel kaynaklarından olan dizel motorlu taşıtlarda kullanılmak üzere SCR sistemi geliştirilmiş ve dünya çapında kullanımı zorunlu hale getirilmiştir. Türkiye'nin henüz geliştirmiş olduğu ve uygulamaya koyduğu bir çevre eylem planı bulunmamaktadır. Avrupa ülkelerinde sürekli olarak yapılan kirletici emisyon değerleri Türkiye genelinde sadece belirli bölgelerde yapılmaktadır. Bu anlamda kirletici kaynağı olan kurum ve kuruluşlara gerekli prosedürlerin dışına çıkması durumunda

cezalandırarak yasa ve düzenlemeler yetersizdir. Kirliliğin kontrolü ve gelecek nesillerin sağlıklı ve sürdürülebilir yaşam kalitesine sahip olabilmeleri adına bireysel ve toplumsal farkındalık henüz ülkenin tamamında yaygınlaşmamıştır. Türkiye’de Çevre Bakanlığı’ndan edinilen bilgiye göre hava kirliliğinin incelenmesi adına faaliyet gösteren 69 il merkezi ve 7 ilçe merkezinde olmak üzere toplam 171 istasyonda sadece SO<sub>2</sub> ve partikül madde ölçümleri yapılmaktadır [6].

2005 yılında TÜPRAŞ benzindeki kurşun miktarını emisyon değerlerine uygun seviyeye düşürmüştür. Çevre koruma adına ülke genelinde atılan en büyük adımlardan biri budur. Hava kirliliğini kontrol altına alma adına yapılan ve Türkiye’nin taraf olduğu bazı anlaşmalar açıklamalarıyla birlikte belirtilmiştir [7].

- **Viyana Sözleşmesi**

Ozon tabakasının korunmasına dair imzalanan uluslararası sözleşmedir. 1985’de imzalanmış ve Türkiye 1991’de dahil olmuştur.

- **Montreal Protokolü**

Ozon tabakasını incelten maddelere yönelik alınması gereken önlemleri içeren protokoldür. 1987’de imzalanmıştır. Türkiye 1991’de dahil olmuştur.

- **CLRTAP**

Uzun menzilli sınırlar ötesi hava kirliliği konusunda imzalanan anlaşmadır. 1979’da imzalanmıştır. Türkiye 1983’de dahil olmuştur.

- **EMEP Protokolü**

Avrupa’da hava kirlleticilerinin uzun menzilli aktarımının izlenmesi ve değerlendirilmesi için iş birliği programının uzun vadeli finansmanına dair protokoldür.

1984’de imzalanmıştır. Türkiye’de 1985’de dahil olmuştur. Bu protokol Türkiye’nin hava kirliliği kontrolünün finansmanına yönelik katıldığı ilk ve son protokoldür.

### **3. GEREÇ VE YÖNTEMLER**

Tasarım, hesaplamalar ve kontrol cihazının üretim aşamaları bu bölümde ele alınmıştır.

#### **3.1. Kontrol Cihazının Tasarlanması**

Yapılan çalışmada tasarımı belirleyen ana parametreler m<sup>3</sup>/dak cinsinden baca gazının debisi ve baca gazında bulunan kirleticilerin konsantrasyonudur. Her iki parametrenin de değişkenlik göstermesi kontrol cihazının boyutlarını etkileyecektir. Tasarım aşamalarında ve malzeme seçiminde dikkat edilmesi gereken faktörler aşağıda belirtilmiştir.

##### **3.1.1. Egzoz Gazı Özellikleri**

Kullanılan yakıtın türüne göre egzoz gazının kimyasal özellikleri farklılık göstermektedir. Egzoz gazının kimyasal özellikleri doğru bir şekilde tahmin edilmesi, ortalama ve maksimum baca gazı debisi, pH ve aşındırıcılık gibi önemli kriterlerin göz önüne alınması gerekmektedir.

##### **3.1.2. Sıvı Akışı**

Kontrol cihazında kullanılan ve baca gazı üzerine püskürtülerek PM çöktürülmesini sağlayan yıkama sıvısının cihaza giriş debisi önemlidir. Yapılan çalışmada yıkama sıvısı olarak su kullanılmıştır. Kontrol cihazının uygulanacağı kirletici kaynağına göre yıkama sıvısı değişmektedir. Örnek olarak, SO<sub>2</sub> oranı yüksek olan bir atık gaz arıtımında yıkama sıvısı olarak su kullanılacaksa ortamın asitlik değeri artacaktır. SO<sub>2</sub> bir asit oksittir ve su ile tepkimesinde sülfüroz asit (H<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>) oluşur. Asidik ortamın kontrol cihazının elemanları üzerinde etkisinin de bilinmesi gereklidir. Yapılan çalışmada CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O (yıkama sıvısı) nun tepkimesiyle bir miktar karbonik asit oluşmaktadır. Fakat karbonik asit zayıf bir asittir ve sistem elemanları üzerinde herhangi bir olumsuz etkisi gözlenmemiştir.

##### **3.1.3. Basınç Düşmesi**

Yapılan çalışmada paketleme malzemesi kullanılması, baca gazının akışını zorlaştırmakta bu durum basınç düşüşüne neden olmaktadır. Basınç düşüşü, sobanın yanma veriminin azalmasına ve oluşan dumanla ateşin boğulmasına sebep olmaktadır. Sistemde

devirli aksiyel fan kullanılması olası basınç düşüşlerinin önüne geçebilmek içindir. Büyük sistemlerde basınç düşüşünü izlemek için manometre kullanılmalıdır.

#### **3.1.4. Emisyon Gereksinimi**

Kontrol cihazının sorunsuz bir şekilde çalışacağı, verimliliğinin yüksek olacağı tahmin edilmiştir. Hesaplamalar %90 ila %99 verimlilik aralığına göre yapılmıştır. Giren egzoz gazı konsantrasyonu hesaplanabilmesine rağmen, çıkan egzoz gazı konsantrasyonu giren gazın yüzdeliğine göre tahmini olarak belirlenmiştir. %90 verimlilikte çalışan bir sistem tasarlanması isteniyorsa, çıkan egzoz gazı konsantrasyonu giren egzoz gazı konsantrasyonunun %10'u kadar alınmalıdır [8].

Kontrol cihazı tasarlanırken sistem boyutlarının belirlenmesi gerekmektedir. Cihazın çapı, yüksekliği, nozulların ve paketlemenin konumu cihazın düzgün ve sorunsuz çalışmasını etkileyen etmenlerdir. Boyutlar hesaplamalar ile bulunmaktadır. Bunun için öncelikle sistemde bir malzeme dengesi belirlenmiş ve gazların sıvılar ile etkileşimi göz önüne alınarak çözümlenmeler yapılmıştır. Hesaplama ve sonuçların güvenilirliği sistemin çalışma koşullarında test edilmesiyle sağlanmıştır.

Tasarımın boyutlarının belirlenmesinde kriter olarak kullanılan formül ve hesaplamaların yapılmasında “Air Pollution Training Institute Environmental Research Center Research Triangle Park” kaynağından yararlanılmıştır [9].

Ancak, bu denklemler yalnızca bu değerleri tahmin etmek amacıyla kullanılmalıdır. Gerçek boyutlar deney sonuçlarına göre belirlenmelidir.

#### **3.2. Tasarımda Kullanılan Formüller**

Mol Kesri (1)

$$x = \frac{c_0 / m_0}{\frac{P_0}{m_s} + \frac{c_0}{m_k}}$$

Mol Kesirlerine Bağlı Henry Kanunu (2)

$$y = H'x$$

Mol Kesirlerine Bağlı Minimum Sıvı-Gaz Oranı (3)

$$Y_1 - Y_2 = \left( \frac{L_m}{G_m} \right) (X_1 - X_2)$$

Apsis (4)

$$\text{Apsis} = \left( \frac{L}{G} \right) \left( \frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0,5}$$

L ve G, kütle akış hızlarıdır.

Birim Kesit Alanı Başına Gazın Sütundaki Kütle Akış Hızı (5)

$$G' = \left( \frac{(\epsilon)(\rho_g)(\rho_l)(g_c)}{F\phi\mu^{0,2}} \right)^{0,5}$$

Çalışma Koşullarındaki Gaz Akış Hızı (6)

$$G'_{is} = (f)(G'_{su})$$

Kesit Alanı (7)

$$A = \frac{G}{G'_{is}}$$

Çap (8)

$$d_t = \left( \frac{4A}{\pi} \right)^{0,5}$$

Kütle Akış Hızının ve Kirletici Konsantrasyonunun Zamana Bağlı Değişimine Göre Yıkayıcı Yüksekliği (9)

$$Z = \frac{G'}{K_{OG}aP} \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{(1-Y)(Y-Y^*)}$$

Aktarım Birimi Yüksekliği ve Sayısına Bağlı Yıkayıcı Yüksekliği (10)

$$Z = HTU \times NTU$$

Sıvı-Gaz Fazına Dayalı Transfer Birimlerinin Sayısına Bağlı Yıkayıcı Yüksekliği (11)

$$Z = N_{OG}H_{OG} = N_{OL}H_{OL}$$

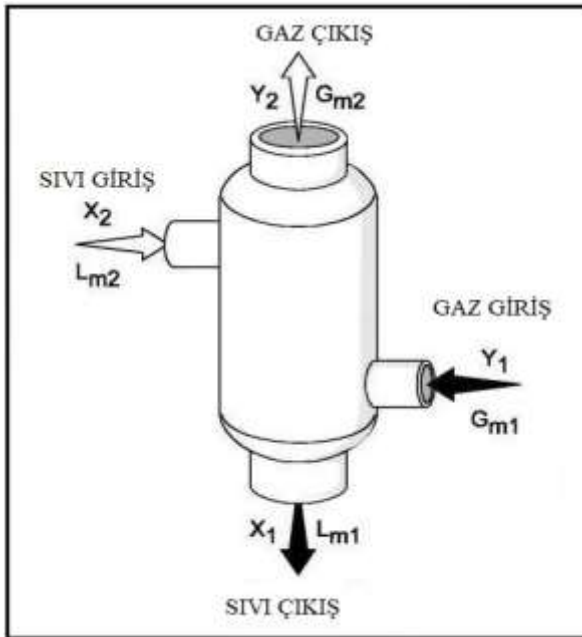
Gaz Fazına Dayalı Transfer Birimlerinin Sayısı (12)

$$N_{OG} = \frac{\ln \left[ \left( \frac{Y_1 - mX_2}{Y_2 - mX_2} \right) \left( 1 - \frac{mG_m}{L_m} \right) + \frac{mG_m}{L_m} \right]}{1 - \frac{mG_m}{L_m}}$$

Denge Çizgisi Eğiminin Sıfıra Yanaştığı Durumda Transfer Birimlerinin Sayısı (13)

$$N_{OG} = \ln \frac{Y_1}{Y_2}$$

### 3.3. Tasarım İçin Gerekli Hesaplamaların Yapılması



Şekil 1. Kontrol sistemi malzeme dengesi

Kontrol sisteminin tasarlanmasında ilk adım sistemi tanımlamaktır. Kütlelerin korunumu yasasına göre sisteme giren ve çıkan maddeler birbirine eşit olmalıdır. Malzeme dengesi kurularak giren ve çıkan akışların hızları ve konsantrasyonları belirlenmelidir. Tasarıma ait akış şeması ( Şekil 1) de gösterilmiştir.

Yapılan çalışmada baca gazı ile yıkama sıvısı etkileşiminde karşı akım gaz-sıvı modeli kullanılmıştır. (Şekil 11) de karşı akım gaz-sıvı akışı görülmektedir. Karşı akım gaz-sıvı modeli yüksek verimde gaz absorpsiyonu için kullanılan ve kabul edilen en yaygın modeldir [10] . Diğer akış türleri düşünüldüğünde karşı akım da gaz ve sıvının temas süresi ve etkileşim alanının daha fazla olduğu görülmüş ve bu sayede daha yüksek verimde çalışan bir sistem elde edilmiştir.

$X$  = Saf sıvıdaki çözünen maddenin mol fraksiyonu

$Y$  = İner gazda çözünen maddenin mol fraksiyonu

$L_m$  = Sıvı akış hızı, g·mol/saat (lb·mol / saat)

$G_m$  = Gaz akış hızı, g·mol/saat (lb·mol / saat)

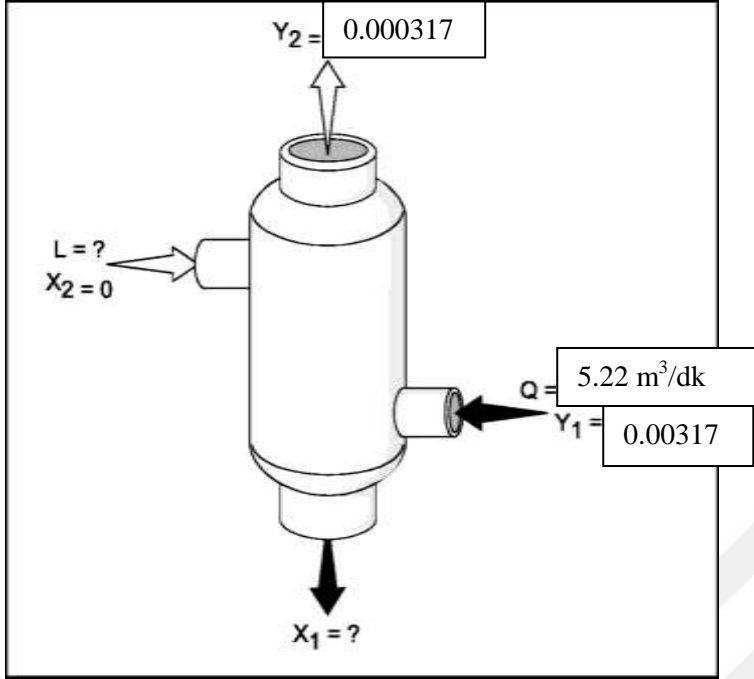
Hesaplamalarda öncelikle malzeme dengesi kurularak, bilinen değerler yerleştirilir ve bilinmeyenler sırasıyla bulunur. Temel tasarım kriterleri egzoz akış hızı ve gaz halindeki kirletici konsantrasyonudur.

$$G_{m_{giriş}} + L_{m_{giriş}} = G_{m_{çıkış}} + L_{m_{çıkış}}$$

Kömürün yanma denklemi göz önüne alınarak, sisteme giren gaz ( baca çıkış gazı, egzoz akış hızı ) debisi  $Q = 5.22 \text{ m}^3/\text{dak}$  ( 5 kg kömür kapasiteli sobanın yaş yanmada ulaşabileceği maksimum duman gazı debisi ) kabul edilmiştir.

$$Y_1 = 0.00317 \text{ CO}_2 \text{ kabul edilmiştir.}$$

$Y_2 = Y_1 \times 10/100 = 0.000317$  (Sistemin % 90 verimle çalışacağı tahmin edildiğinden, çıkan temiz baca gazındaki PM mol kesrini giren gazın mol kesrinin % 10'u olarak alınmalıdır.)



Şekil 2. Malzeme dengesinde belirlenen değerlerin gösterimi

Gerekli PM uzaklaştırma verimi için çıkan sıvı gaz karışımındaki  $X_1$  PM mol kesrini hesaplamak gereklidir. Bunun için temel yanma denklemindeki  $CO_2$  göz önüne alınarak hesaplamalar  $CO_2$ 'nin çözünürlük verilerine göre yapılacaktır. PM 'nin sudaki çözünürlüğü ve mol kütlesi bilinmemektedir. Hesaplamalar gazların çözünürlüğü üzerinden yapılmakta ayrıca çıkan  $CO_2$ 'deki PM yüzde olarak çok düşük miktarlarda kalacağından hesaplama ve tasarımlarda temel kriter olarak PM yerine  $CO_2$ 'nin değerleri esas alınmıştır.

3.2. Bölümden 1. formül kullanılarak yıkama sıvısındaki mol kesri hesaplanır.

$$x = \frac{c_0 / m_0}{\frac{P_0}{m_s} + \frac{c_0}{m_k}}$$

$$X_{1(CO_2)} = \frac{1.45/44}{\frac{997.3}{18} + \frac{1.45}{44}}$$

$$= 5.94 \times 10^{-4}$$

Formül 2' yi kullanarak Henry sabiti hesaplanmaktadır.

$$y = H'x$$

$$H' = 0.00317 / 5.94 \times 10^{-4}$$

$$H' = 5.336 \text{ birimsiz}$$

Minimum sıvı gaz oranı için formül 3'den faydalanarak,

$$Y_1 - Y_2 = \left( \frac{L_m}{G_m} \right) (X_1 - X_2)$$

$$\frac{L_m}{G_m} = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2} = \frac{0.00317 - 0.000317}{5.94 \times 10^{-4} - 0}$$

$$\frac{L_m}{G_m} = 4.803 \text{ g}\cdot\text{mol su/g}\cdot\text{mol hava}$$

$$L_m = G_m \times 4.803$$

$G_m$  değeri için;

1 g mol hava NŞA da  $0.024 \text{ m}^3$  ise

Baca gazı debisi olan  $5.22 \text{ m}^3$  hava,

$$5.22 \times 0.024 = 217,5 \text{ g}\cdot\text{mol dk}$$

Bu değer  $G_m$  değerine yani minimum gaz molar akış hızı değerine eşittir.

Buna göre  $L_m$  minimum sıvı molar akış hızı;

$$L_m = 217.5 \times 4.803$$

$$L_m = 1044.65 \text{ g}\cdot\text{mol/dk} \text{ bulunmaktadır.}$$

1 kg·mol su ( $\text{H}_2\text{O}$ ; O:16, H:1)  $2 \times 1 + 16 = 18 \text{ kg}$  dır.

Buna göre;

$$L_{\min} = 1,044 \times 18$$

$$L_{\min} = 18,792 \text{ kg/dk dönüşümü yapılmıştır.}$$

Malzeme dengesindeki bilinmeyenleri ve minimum sıvı ve gaz oranlarını belirledikten sonra kule çapı ( yıkayıcı sistemin çapı ) ve yüksekliği hesaplanmasına geçilmiştir.

Bunun için öncelikle formül 4'den apsis hesaplanmaktadır.

$$\text{Apsis} = \left( \frac{L}{G} \right) \left( \frac{\rho_g}{\rho_l} \right)^{0,5}$$

$\rho_g = 1.17$  hava yoğunluğu NŞA da

$\rho_L = 1000$  su yoğunluğu NŞA da

$L = L_{\min} \times 1.5$  emniyetli çalışma koşulları için,

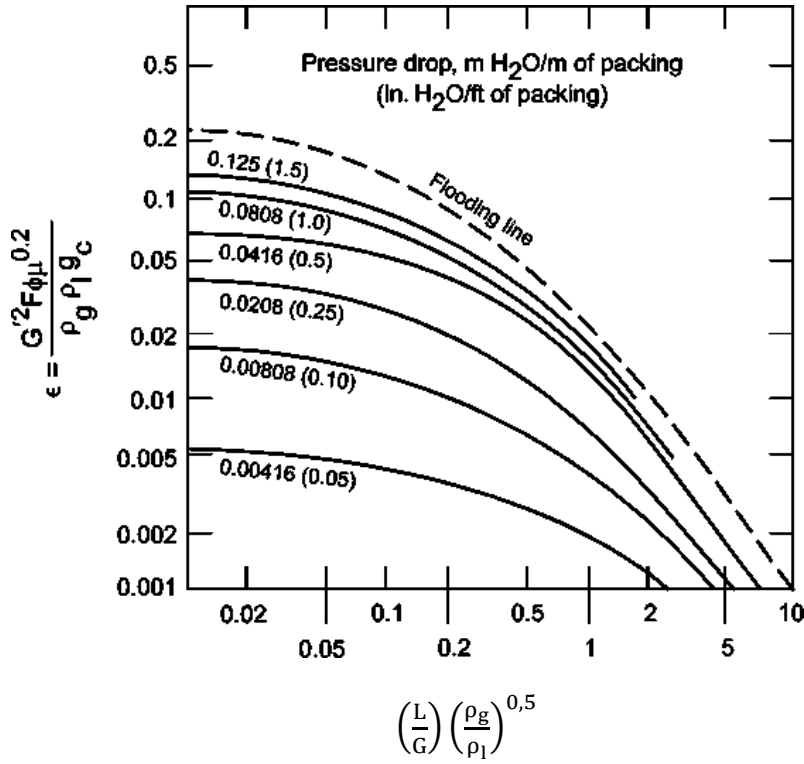
$L = 18,792 \times 1.5 = 2,188$  kg/dk

1 kg mol egzoz gazının ağırlığı 29 kg dır.

$G = G_m \times 29$

$G = 0,2175 \times 29 = 6.307$  kg/dk

$Apsis = ( 2.188 / 6.307 ) \times ( 1.17 / 1000 )^{0,5} = 0.1528$



Şekil 3. Genelleştirilmiş taşma ve basınç düşüşü, Sherwood korelasyonu [15]

Apsisin 0.1528 değeri için (Şekil 3) de  $\epsilon = 0.16$  okunmuştur.

Formül 5'den;

$$G' = \left( \frac{(\epsilon)(\rho_g)(\rho_l)(g_c)}{F \phi \mu^{0.2}} \right)^{0.5}$$

F paketleme faktörünün değeri (Tablo 1) den berl saddles için 900 alınmıştır.

**Tablo 1. Paketleme verileri [9]**

<b>Packing</b>	<b>Size (in.)</b>	<b>Weight (lb/ft<sup>2</sup>)</b>	<b>Surface area, a (ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup> packing volume)</b>	<b>Void Fraction (%)</b>	<b>Packing factor, F (ft<sup>2</sup>/ft<sup>3</sup>)</b>
Raschig rings (ceramic and porcelain)	1/2	52	114	65	580
	1	44	58	70	155
	1 1/2	42	36	72	95
	2	38	28	75	65
	3	34	19	77	37
Raschig rings (steel)	1/2 × 1/32	77	128	84	300
	1 × 1/32	40	63	92	115
	2 × 1/16	38	31	92	57
Berl saddles (ceramic and porcelain)	1/4	55	274	63	900
	1/2	54	155	64	240
	1	48	79	68	110
	2	38	32	75	45
Intalox saddles (ceramic)	1/4	54	300	75	725
	1/2	45	190	78	200
	1	44	78	77	98
	2	42	36	79	40
Intalox saddles (plastic)	1	6.00	63	91	30
	2	3.75	33	93	20
	3	3.25	27	94	15
Pall rings (plastic)	5/8	7.0	104	87	97
	1	5.5	63	90	52
	2	4.5	31	92	25

$$G' = [ (0.16)(1.17)(1000)(9.82) / ( 900)(1)(0.0008^{0.2} )]^{0.5}$$

$$G' = 2.91 \text{ kg /sm}^2$$

Formül 6'dan,

$$G'_{is} = (f)(G'_{su})$$

$$G'_{is} = (2.91 \text{ kg / sm}^2)(0.63) \quad (\text{f boşluk oranı seçilen paketlenme malzemesinde \% 63 tür.})$$

$$G'_{is} = 1.8333 \text{ kg / sm}^2$$

Formül 7'den sistemin alanı hesaplanmıştır.

$$A = \frac{G}{G'_{is}}$$

$$A = (6.307) / [(1.833)(60)]$$

$$A = 0.057 \text{ m}^2$$

Formül 8'den sistemin gerekli çapı,

$$d_t = \left( \frac{4A}{\pi} \right)^{0.5}$$

D = 27 cm olarak hesaplanmıştır.

Kulenin yüksekliğinin hesaplanması için formül 11 kullanılmaktadır.

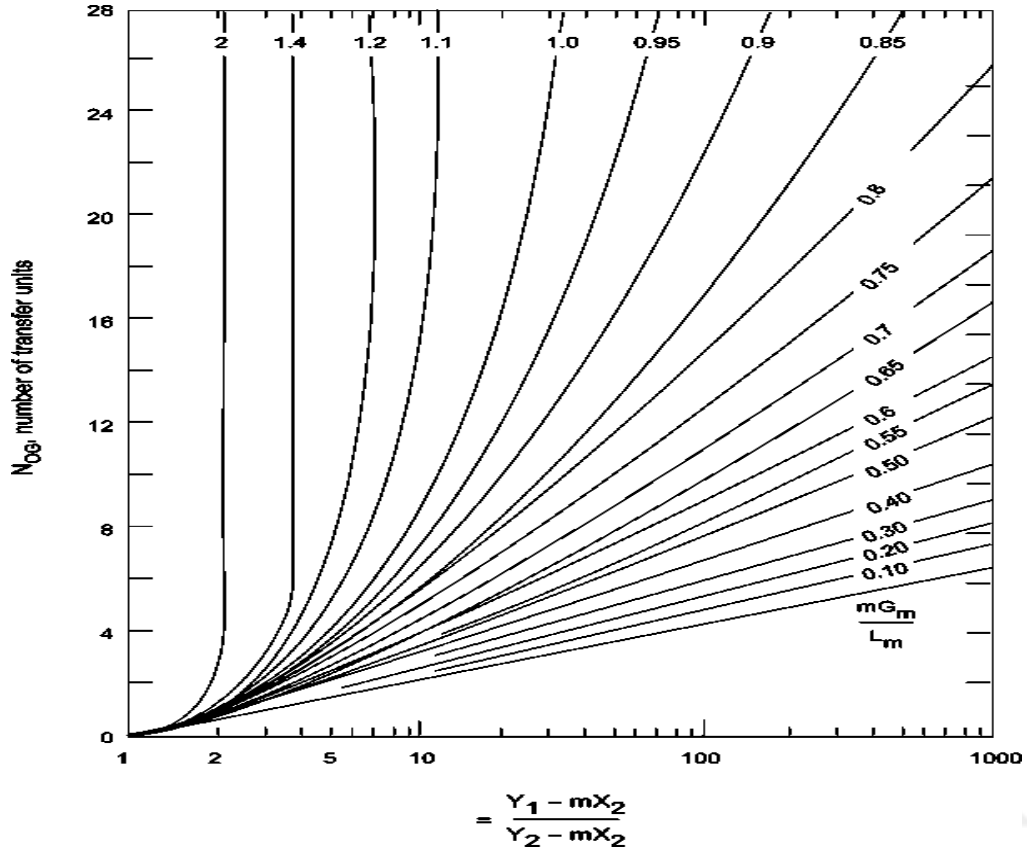
$$Z = N_{OG}H_{OG}$$

$H_{OG}$  genel olarak uygulama da 0,3 m olarak alınmıştır.

Bu durumda  $N_{OG}$  değerini hesaplamak, kulenin yüksekliğini hesaplamada yeterli olacaktır.

Formül 12'den;

$$N_{OG} = \frac{\ln \left[ \left( \frac{Y_1 - mX_2}{Y_2 - mX_2} \right) \left( 1 - \frac{mG_m}{L_m} \right) + \frac{mG_m}{L_m} \right]}{1 - \frac{mG_m}{L_m}}$$



Şekil 4. Colburn diyagramı [15]

Formülde bilinenler yerine yazıldığında,  $N_{OG} = \ln(-0,11)$  gibi bir değer ortaya çıkar ‘m’ eğim 0 değerine yaklaşmıştır.

Eğimin sıfır değerine yaklaşması, kirletici gazın yıkama sıvısında fazla çözünmesinin veya yıkama sıvısıyla kimyasal reaksiyona girmesinin neticesidir. Bu durumda formül 12 sadeleştirilerek formül 13’e dönüştürülmüştür.

$$N_{OG} = \ln \frac{Y_1}{Y_2}$$

Formülü kullanılarak hesaplanır.

$$N_{OG} = \ln 10$$

$N_{OG} = 2.30$  dur.

Sonuç olarak kule yüksekliği,

$$Z = (2.30)(0.3m)$$

$Z = 0.69$  m olarak bulunmaktadır.

### **3.4. Yapılan Hesaplamalara Göre Tasarımın Tamamlanması ve Kontrol Cihazının Üretimi**

Yapılan hesaplamalara göre, kontrol cihazının boyutları belirlenmiş ve üretim aşamasına geçilmiştir. Boyutlandırma aşaması kontrol cihazının istenilen verimde ve sorunsuz çalışması için son derece önemlidir. Hesaplama aşamasında yapılabilecek hatalar üretim aşamasının tekrarlanmasına ve maliyetin iki katına çıkmasına neden olacaktır. Hesaplamalar neticesinde bulunan değerler kontrol cihazının çapı ve yüksekliğidir. Kontrol cihazının çapı küçültülürse baca gazının akış hızı (m/sn) artacaktır. Paketleme malzemesi üzerinde akış hızı artan baca gazı ve yıkama sıvısı karşılaştığında temas noktasında yüklenme oluşacak ve kontrol cihazında basınç düşüşü meydana gelecektir. Kontrol cihazının çapı küçültüldükçe, etkileşim noktasında yüksek hızdaki baca gazı paketleme malzemesini tıkayacak ve sıvının akışına izin vermeyecektir. Bu durumda taşma olayı meydana gelir ve sistem düzgün çalışmaz. Kontrol cihazının çapını gereğinden fazla büyük tutmak, teoride bütün sorunların önüne geçecektir ve emniyetli bir tercih olarak görülmektedir. Fakat çapın büyük tutulması üretim maliyetini doğrudan etkileyecektir. Daha küçük çapta ve kullanışlı bir kontrol cihazı yerine maliyeti yüksek ve kullanışsız bir cihaz üretilmiş olacaktır. Yapılan çalışmada taşma olayının ve olumsuzlukların önüne geçmek için çapın hesaplanması aşamasında emniyet katsayısı olarak çalışma aralığı taşma hızının %50 ile %75 yüzdeler aralığında kabul edilmiştir [11].

Paketleme malzemesi kullanılan bir kontrol cihazının tasarımında gerekli çapı hesaplamak için taşma ve basınç düşüşü etkileri sherwood kolerasyonu (Şekil 3) yardımıyla tanımlanmıştır [12]. Sherwood kolerasyonu paketlenmiş bir kontrol cihazının çapını, taşma ve basınç düşüşünün bir fonksiyonu olarak belirtmiştir. Bu kolerasyon gaz ve sıvı akımlarının fiziksel özellikleri incelenerek ve deneysel verilerden faydalanarak geliştirilmiştir. Kontrol cihazının yüksekliği baca gazının içerisindeki kirletici konsantrasyonu ile alakalıdır. Kirletici konsantrasyonu yüksek ise hedef kirleticinin gaz

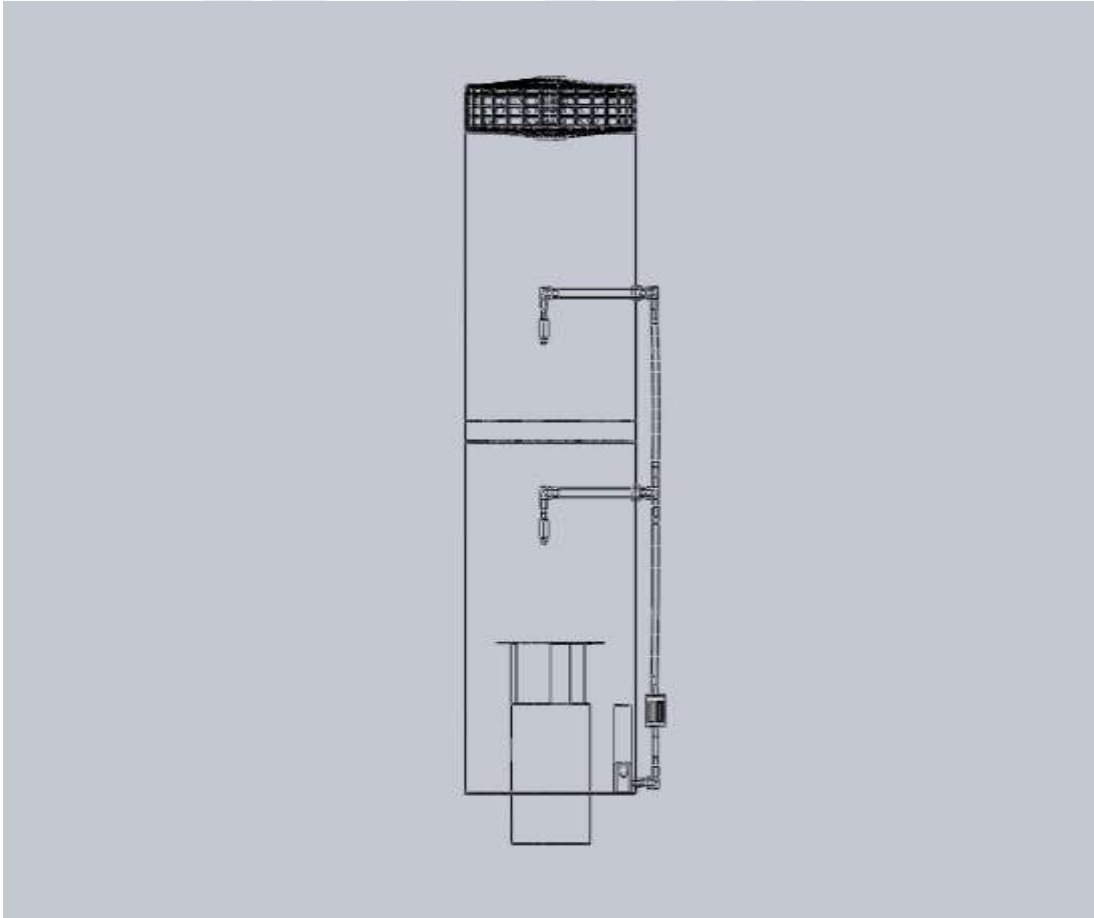
olduğu durumlarda paketleme malzemesinin derinliği de artacaktır. Aynı Őekilde baca gazındaki kirletici konsantrasyonu dűŐük ve baca gazındaki kirletici yıkama sıvısında kolay çözünyorsa, filtrasyon için gerekli paketleme malzemesinin derinliği de az olacaktır. Bu durumda kontrol cihazının yüksekliğini etkileyecektir.

### **3.5. Tasarımın Modellenmesi**

Tasarımın modellenmesinde bacanın geometrik yapısı ve karşı akım sıvı-gaz modeli etkili olmuştur.

#### **3.5.1. Belirlenen Ölçülere Göre Model Çizimlerinin Oluşturulması**

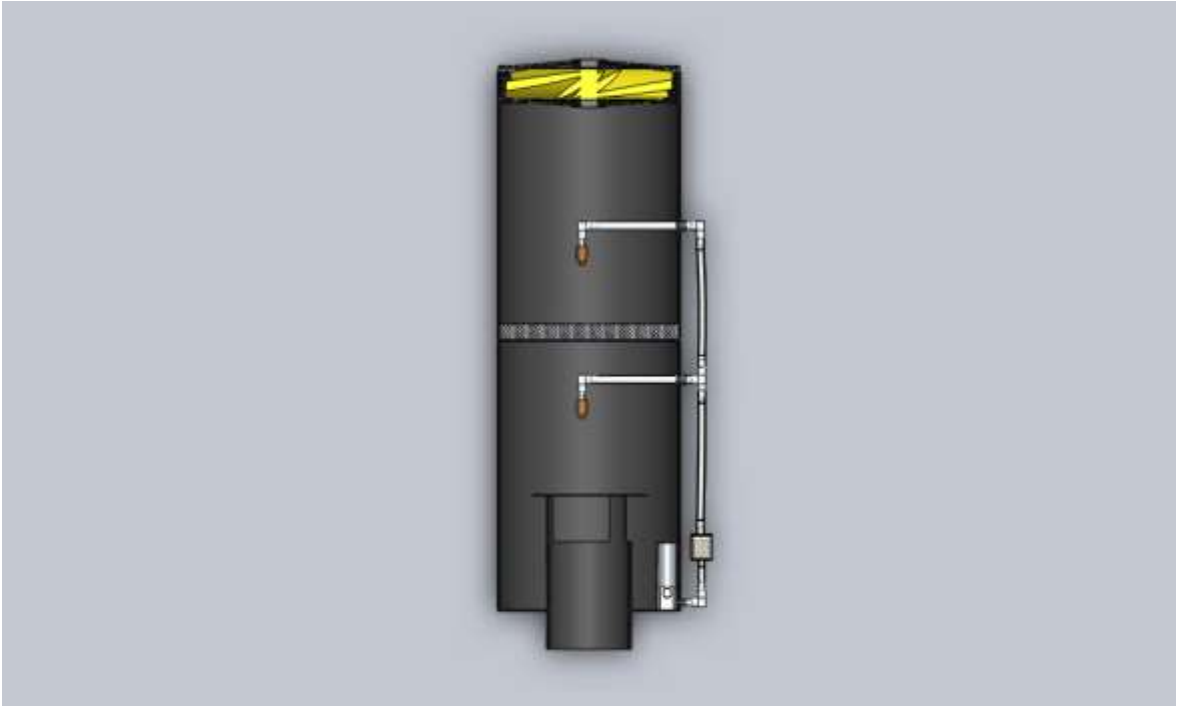
Üç boyutlu çizimler SolidWorks, iki boyutlu çizimler AutoCAD uygulaması kullanılarak yapılmıştır. Çizimler birebir hesaplanan ölçülerde çizilmiŐtır.



Şekil 5. SolidWorks ön düzlem profil vektörel görüntüsü



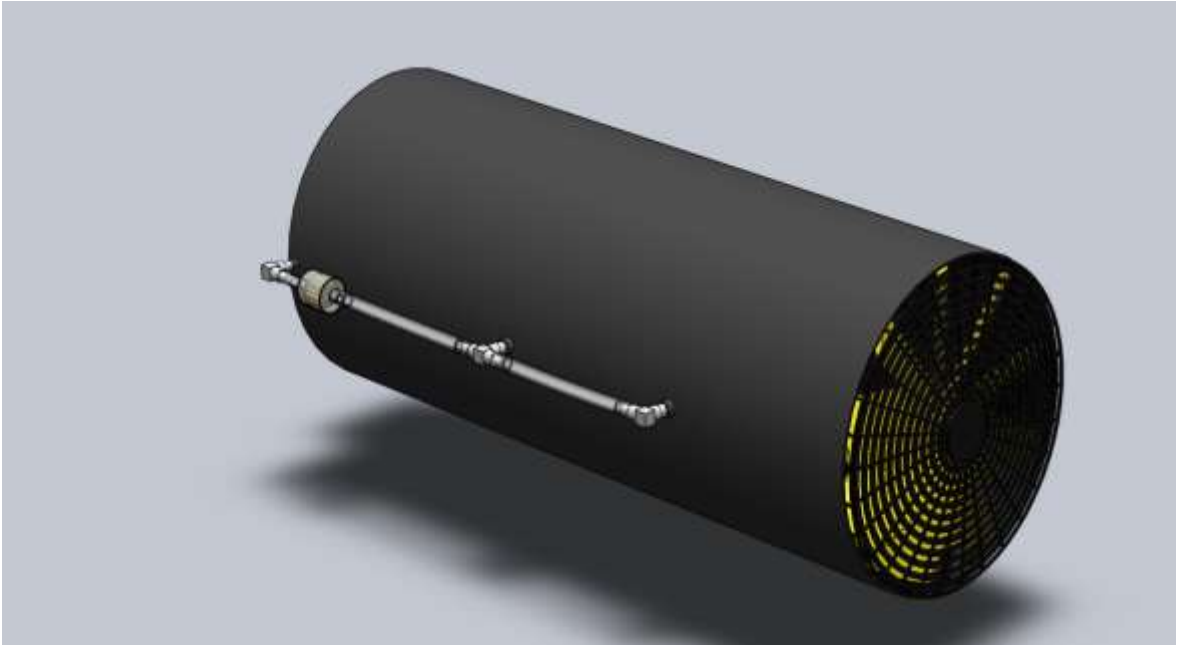
Şekil 6. SolidWorks ön düzlem profil görüntüsü



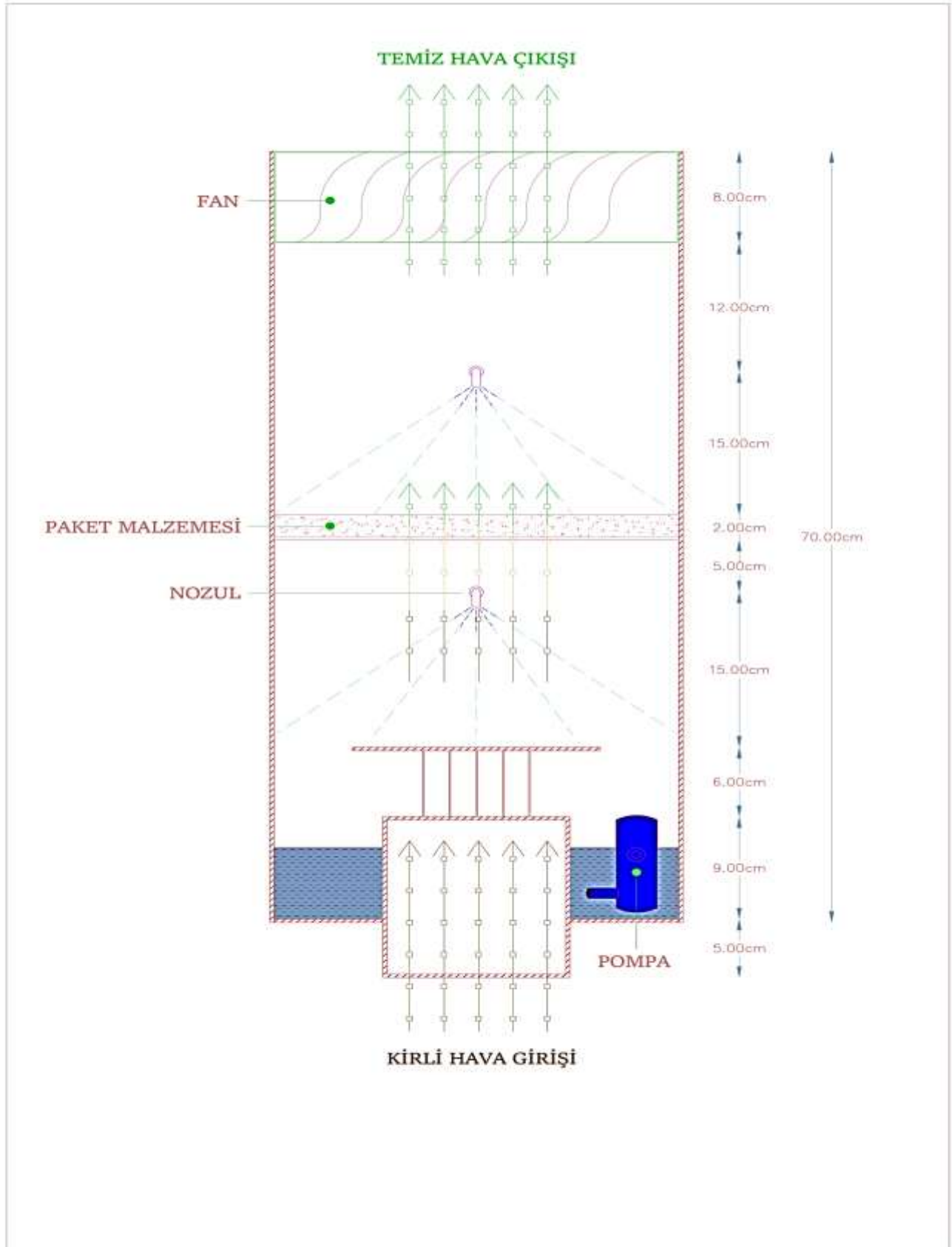
Şekil 7. SolidWorks ön düzlem profil kesit görüntüsü



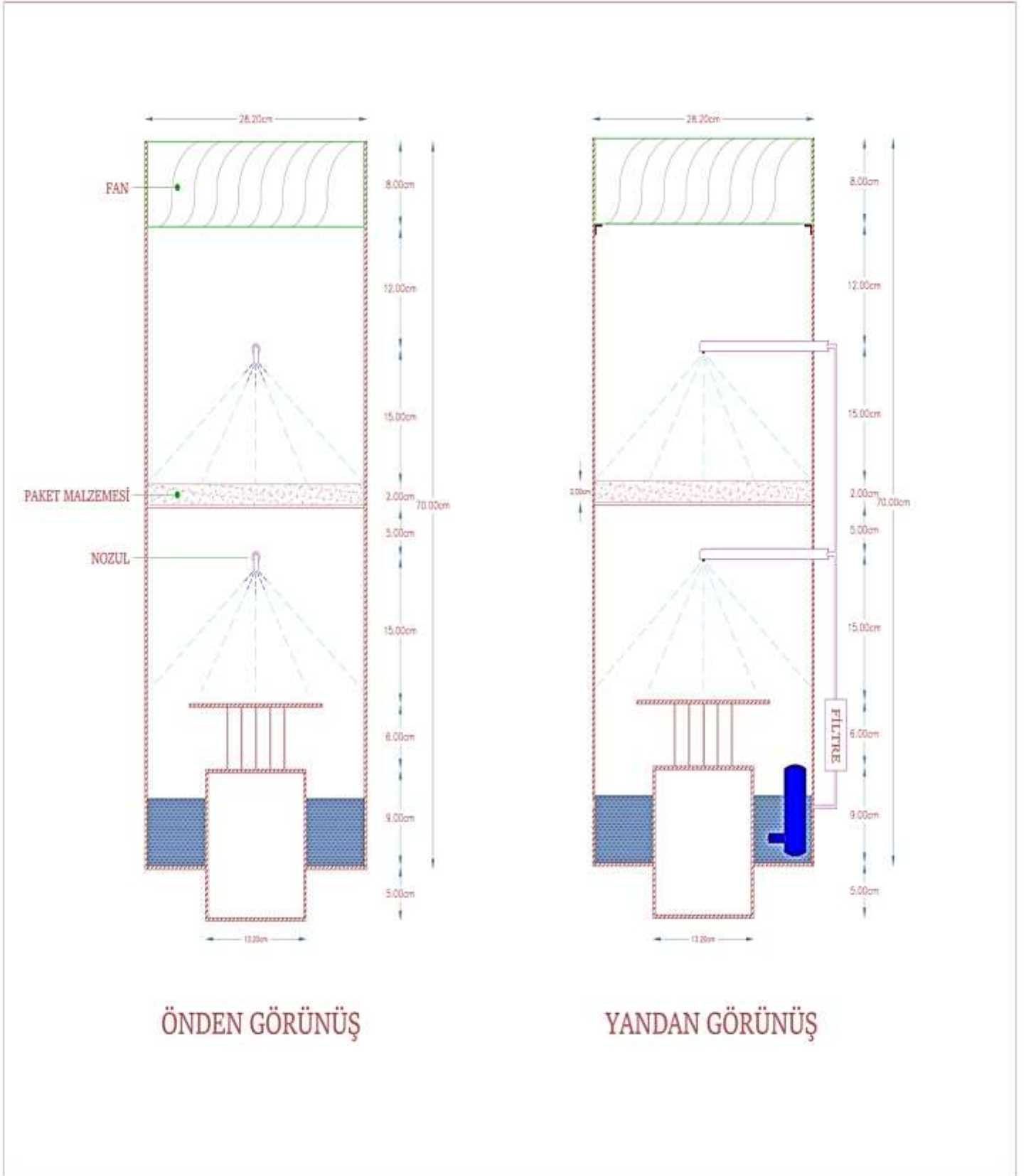
Şekil 8. SolidWorks ön düzlem profil patlatma görüntüsü



Şekil 9. SolidWorks ön düzlem üst yatay görüntüsü



Şekil 40. Autocad iki boyutlu çalışma şeması çizimi



Şekil 5. Autocad ön düzlem iki boyutlu model çizimi

### 3.6. Sistemin Çalışma Prensiplerinin Belirlenmesi

Atık baca gazları dikine bir kule içerisine yönlendirilir (Şekil 10). Kule boyunca basıncı düşerek yükselen hava, paketleme malzemesi veya dolgu malzemesi de denilen sistem elemanı üzerinden geçmeye zorlanmaktadır. Bu esnada basıncı iyice düşen baca gazı sistemin boğulmasına sebep olur ki bu istenmeyen bir durumdur. Kendi kısmi basıncıyla paketleme malzemesinden geçmekte zorlanan hava soba veriminin ve kapasitesinin düşmesine neden olmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için, sistemde baca gazına yön veren ve en sonunda temizlenmiş atık gazın atmosfere iletilmesine yardımcı olan uygun özellikte aksiyel fan kullanılmıştır.

Paketleme malzemesi, üstünde bulunan bir yıkayıcı nozul yardımıyla sürekli olarak yıkama sıvısı olan su ile temas halindedir. Bu suyun tamamı boşluklu malzeme olan paketleme malzemesinden emilerek geçer yalnız kısmi süreli de olsa paketleme malzemesinin belli bir kapasitede su tutma özelliği vardır. Bu durum paketleme malzemesi üzerinde karşılaşılan baca gazı ve yıkama sıvısı arasında ıslak bir film oluşmasına neden olur ki bu istediğimiz bir durumdur. Bu sayede paketleme malzemesinden geçmeye zorlanan baca gazı temas ettiği sıvı yüzeylerde uçucu partikül maddelerin ve ayrıca gaz halindeki kirleticilerinde bir çoğunu bırakmak zorunda kalmıştır. Yani paketleme malzemesimiz ıslak bir filtre görevi görmüştür. Bu noktada önemli bir sorun tespit edilmiştir. Paketleme malzemesi üzerinde zamanla partikül madde birikmesi olabileceğinden burada tıkanmalar meydana gelecek ve sistem düzgün çalışmayacaktır. Bu istenmeyen durumun önüne geçebilmek için baca gazı paketleme malzemesine girmeden önce sisteme eklenen ön yıkama nozulundan geçirilmektedir. Ön yıkama işlemi sırasında büyük çaplardaki partikül maddeler tıkanmalara neden olmadan sistemden uzaklaştırılmaktadır.

Bu önlem her ne kadar tıkanmaları önlemede yeterli görülse de uzun vadede kısmi tıkanmalar olacaktır. Bu nedenle paketleme malzemesi sistemden kolay çıkarılabilecek ve temizlendikten sonra da kolayca takılabilecek şekilde tasarlanmıştır.

Paketleyiciden geçen atık gazda halen az miktarda da olsa küçük çaplı partikül maddeler bulunmaktadır. Bu noktada yükselmeye devam eden duman gazı ikinci nozuldan geçene kadar tamamen yıkanarak içindeki partikül maddelerin neredeyse tamamından arındırılmıştır.

Nozullardan sislenerek akan yıkama sıvısı kulenin altında bulunan tankta toplanmaktadır. Yıkama sıvısı sisteme tekrardan bir pompa yardımıyla verilerek devir daimi sağlanmaktadır. Sürekli olarak suyun değiştirilmesi maliyet ve israf açısından kabul edilemez bir durumdur. Bu noktada suyun devir daim edilmeden önce içinde bulunan kurumdan temizlenmesi gerekir aksi takdirde suda birikmeye devam eden metaryaller hem nozulların tamamen tıkanmasına hem de pompanın bozulmasına neden olacaktır. Bu durumun önüne geçmek adına pompaya girmeden önce devir daim edilecek yıkama sıvısı filtre edilerek içindeki partikül maddeler sistemden uzaklaştırılır, kullanılan su filtresi zamanla kontrol edilerek temizlenmelidir.

### **3.7. Üretim Aşamaları ve Malzeme Seçimi**

Teknik resim çizimleri yapılan modelin üretim aşamaları sırasıyla ele alınmış ve tasarımı tamamlanmıştır.

#### **3.7.1. Cihaz Dış Gövdesinin Yapımı**

Kulenin gövdesi, hafif ve maliyetinin düşük tutulabilmesi amacıyla 1 mm ST 52 sac malzemedен üretilmiştir. Gövde üç ayrı parçanın kaynakla birleştirilmesi ile oluşturulmuştur.

##### **3.7.1.1. Üst Gövde**



Şekil 6. Üst gövde

Üst gövde için hesaplamalar bölümünde dış çap 27 cm ve boy 69 cm olması gerektiği belirlenmiştir. Üretim aşamasında 1 mm ST 52 sac malzemedен 90 cm boy ve 69 cm en olacak şekilde plazmada kestirilmiş ve silindirde iç çap 27 cm olacak şekilde bükürülmüştür. Malzemenin et kalınlığı ince olduğundan mig kaynağıyla boyuna ara puntalar atılarak birleştirilmiştir. Kaynak uygulamasında çekme ve çapta bozulmalar olmaması için sıra kaynak yapılmamıştır. Kaynak işleminin sonunda tekrardan silindirden geçirilerek çap teyidi yapılmıştır. Sızdırmazlık sağlanması amacıyla puntalar arası ek yerine ısıya ve sıvıya dayanıklı yüksek mukavemetli poliüretan mastik uygulanmıştır.

Üst gövde iç kısmı yıkama sıvısı ve baca gazıyla sürekli teması düşünüldüğünde zamanla oksitlenme ile zarar göreceği düşünülerek iki kat akrilik boyayla kaplanmıştır.

### **3.7.1.2. Baca Borusu Bağlantı Parçası**



Şekil 7. Baca borusu bağlantı parçası

Standart bir baca borusunun çapının 13 cm olduğu düşünülerek bağlantı parçası çapı da bu ölçüyle aynı boyutta üretilmiştir. ST52 – 1 mm sac malzemedен 45×20 cm plazmada

kesilerek silindirde iç çap 13 cm olacak şekilde bükürülmüş ve aynı şekilde ek yerinden punta atırılarak tamamlanmıştır. Ek kısmı poliüretan mastikle kaplanarak sızdırmazlık sağlanmış ve akrilik boya ile kaplanmıştır. Baca içerisine yıkama sıvısının sızmasını önlemek için baca borusu bağlantı parçasının üst gövde içerisnde kalacak olan üst kısmına 18 cm çapında 1 mm sac malzemedden yuvarlak bir parça kesilerek kaynak puntası ile sabitlenmiş ve hemen altındaki yan yüzeylere baca dumanının çıkabilmesi için 6 cm boyunda kapaklar açılmıştır. 20 cm boyundaki bağlantı parçasının 15 cm i üst gövde içerinde kalacak olup üst gövde ile arasında kalan kısım su haznesine yataklık edecek, aynı zamanda baca gazına kule içerisnde yön verecek ve yıkama sıvısının baca içerisine sızmasını önleyecektir. 5 cm lik kısmı ise sistemin dışında kalarak baca bağlantısı olarak görev yapacaktır.

### 3.7.1.3. Ara Plaka



Şekil 8. Ara plaka

Ara plaka üst gövde ve bağlantı parçasını birleştirmekte, sistemin temel halini ve şeklini almasına yardımcı olmaktadır. Dış çapı 27 cm iç çapı ise 13 cm olacak şekilde 1 mm-ST52 sac malzemedden plazmada kesilerek oluşturulmuştur. Ara parça kesildikten

sonra üst gövde ve bağlantı parçası ile kaynakta punta atılarak birleştirilir. Ek yerlerine poliüretan mastik çekilerek akrilik boya ile kalan kısımlar kaplanmıştır.

### 3.7.2. Diğer Ekipmanlar

Dış gövde tasarımı tamamlandıktan sonra diğer ekipmanların tedarik edilmesine ve sistemin tamamlanması adımına geçilmiştir. Bu başlıkta kullanılan diğer ekipmanlar nozullar, paketleme malzemesi, aksiyel fan, su pompası, dimmer ve elektrik bağlantıları, su filtresi, hortum ve bağlantı elemanları, rekorlar olarak sınıflandırılmaktadır.

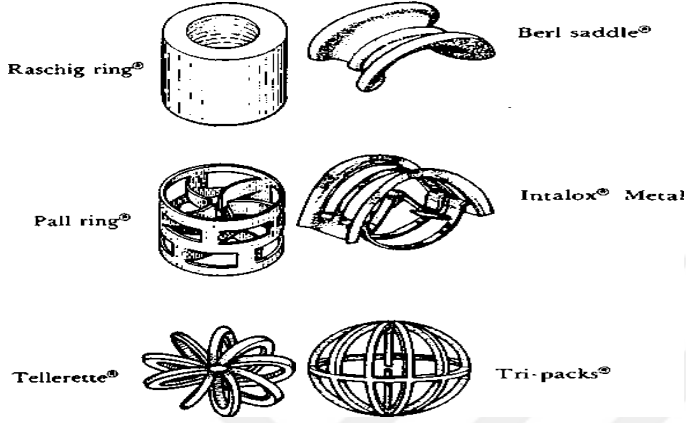
#### 3.7.2.1. Paketleme Malzemesi



Şekil 9. Paketleme malzemesi

Paketleme malzemesi veya dolgu malzemesi yıkama kulesinin ana elemanlarından biridir. Gaz-sıvı etkileşimini arttıran ve temiz baca gazının oluşturulmasına katkı sağlayan en önemli faktörlerden biri paketleme malzemesidir. Yapısal özellikleri ve şekilleri birbirinden farklı birçok ürün paketleme malzemesi olarak kullanılabilir. Boşluklu yapısının homojen dağılımı önemlidir. Kullanılan malzeme yıkama sıvısının ve baca gazının kimyasal özelliklerine uygun seçilmelidir. Örneğin yıkama sıvısı veya baca gazı asidik bir özellikte ise zamanla paketleme malzemesine zarar verir. Bunlar göz önüne

alınarak uygun paketleme malzemesi seçimi yapılmalıdır. Alttaki şekillerde yaygın olarak kullanılan bazı paketleme malzemelerinin şekilleri gösterilmiştir. Yapılan çalışmada berl saddles benzeri ürün kullanılmıştır.



Şekil 10. Sık kullanılan paketleme malzemeleri [9]

### 3.7.2.2. Aksiyel Fan



Şekil 11. Aksiyel fan

Fan seçiminde sisteme giren maksimum egzoz gazının debisi dikkate alınmıştır. Giren gaz dikkate alındığında 350 m<sup>3</sup>/h ve 45 watt güçte emici aksiyel fan seçilmiştir. Fan bağlantısı sistem çıkış çapı olan 27 cm göre tasarlanmış uygun ölçülere göre 11" lik fan üzerinde gerekli düzenlemeler yapılarak sisteme uygun hale getirilmiştir.

### 3.7.2.3. Su Pompası



Şekil 12. Su pompası

$L_m$  minimum su gereksinimini 18,792 kg/dk olarak hesaplanmıştır. Bu parametreye uygun bir su pompası düşük basınçta çalışan 45 watt, 20 kg/dk kapasiteli 4 bar çalışma basıncına sahip dalgıç tipi pompa olarak tedarik edilmiştir. Dalgıç tip seçilmesi sistemin dışında yer kaplamaması ve olası pompa titreşimlerine neden olmaması açısından tercih edilmiştir.

### 3.7.2.4. Nozullar



Şekil 19. Nozul

Nozul seçiminde sistemin çalışma basıncı ve nozulların püskürtme şekil, açı ve uzaklıkları dikkate alınarak seçim yapılmıştır. 4-6 Bar çalışma aralığına sahip pirinç, debi ayarlı, 15 cm uzaklığa 30 cm çapta dolu daire şeklinde sisleme yapan, dakikada 20 kg su püskürtme kapasitesine sahip nozul kullanılmıştır. Nozullar sisteme, aralarında 15 cm

dikey mesafe kalacak şekilde yerleştirilmiştir.

### 3.7.2.5. Dimmer ve Elektrik Bağlantıları



Şekil 13. Dimmer

Aksiyel fan sisteme bağlanırken elektrik hattına 12-24 volt uyumlu 30 amperlik dimmer takılmıştır. Bu sayede aksiyel fan devir ayarı yapılabilmektedir. Burada amaç üstte bulunan ve aksiyel fana yakın konumlandırılan nozuldan çıkan su buharı fazındaki su taneciklerinin rejiminin yüksek fan basıncıyla bozulmasını önlemek ve baca gazıyla temas etmeden atmosfere karışmasına engel olmaktır. Gerekli debi ayarı çalışma koşullarına göre değiştirilebilmektedir.

Su pompası, fan ve dimmer 12 volt ile çalışmaya uygun olarak seçilmiştir. Bu sayede sistem hem 12-220 volt uyumlu bir adaptörle şebeke hattına bağlanarak çalıştırılabilir hem de küçük bir taşınabilir aküyle istenilen ortamda çalıştırılabilir ve test edilebilir hale getirilmiştir.

### 3.7.2.6. Filtre, Hortum ve Rakorlar



Şekil 14. Filtre, hortum ve rakorlar

Pompa ve nozulların bağlantılarına uygun olarak 6 mm düşük basınç şeffaf su hortumu, 6 mm 90 derece alüminyum dirsek ve T tipi rakor kullanılmıştır. Ayrıca yarıçap genişliğinde üst gövdeye bağlı olan ve nozulları havada askıda tutan 15 cm, 6 mm 2 adet alüminyum su borusu kullanılmıştır. 6 mm giriş ve çıkışlı dakikada 20 litre su devir daimine uygun su filtresi kullanılmıştır.

Yukarıda belirtilen hesaplamalar sonucu ve teknik resim çizimleri tamamlanan kontrol cihazının yapım aşamaları aşağıda gösterilmiştir.



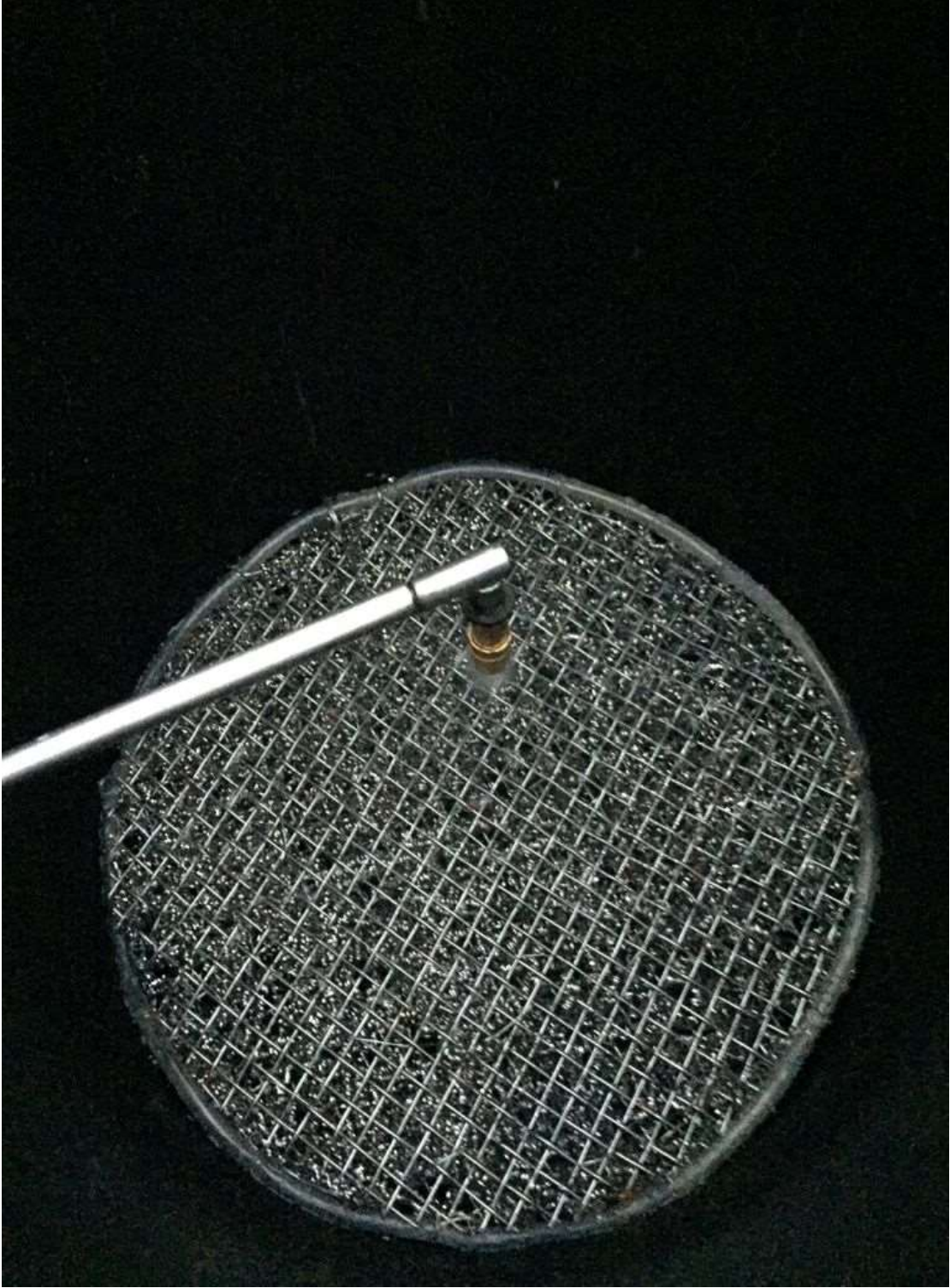
Şekil 15. Dış gövde, üst gövde, baca borusu bağlantı parçası ve ara plakanın punta kaynağı ile birleşimi



Şekil 16. Gövdenin boyanması



Şekil 17. Nozulların konumu ve çalışma esnasında görüntülenmesi



Şekil 18. Paketleme malzemesinin konumu ve çalışma esnasında görüntülenmesi



Şekil 19. Aksiyel fan ve konumu



Şekil 20. Tamamlanan tasarım görüntüsü

#### 4. BULGULAR

Tasarımın üretim aşaması başarılı bir şekilde tamamlanmış çalışır durumda olduğu kontrol edilmiştir. Kontrol cihazı gerek 12 volt 30 amper bir akü yardımıyla gerekirse de 12-220 volt dönüştürücü bir adaptör yardımıyla şebeke hattına bağlanarak çalıştırılıp kontrol edilebilir durumdadır (Şekil 28).



Şekil 28. 220-12 volt düşürücü adaptör ve 12 volt 30 amper akü

Kontrol cihazının gerekli emisyon değerlerini sağlayıp sağlamadığı deneyler yapılarak ölçülmüş ve bu bölümde paylaşılmıştır.

Baca gazı emisyon değeri ölçümleri emisyon analizatörü ile yapılmaktadır. Koşulların maksimum olduğu durumlarda yüksek nem ve toz miktarlarının yoğunluğunun fazla olduğu sistemlerde baca çıkışına emisyon cihazının pitotu yerleştirilmektedir. Belirli bir sürenin ardından pitot çıkarılmakta ve ölçümler yapılmaktadır. Ölçülen değerlerin müsaade edilebilir değerler aralığında olması gerekmektedir. Emisyon analizatörü ile NO<sub>x</sub>, CO<sub>2</sub> gibi gazlar ölçülebildiği gibi PM ölçümleri de yapılmaktadır. Cihazın ucunda hassas bir filtre bulunur, belirli zaman aralığının sonunda filtre çıkarılıp ve kurutulmaktadır. Hassas terazi yardımıyla partikül maddenin ağırlığı ölçülerek kabul edilebilir miktarlarda olup olmadığı tespit edilmektedir [13].

Yapılan çalışmada standart bir kömür sobası göz önüne alınarak kontrol cihazı tasarımı yapıldığından analizör kullanımından faydalanmamız mümkün olmamıştır. Analizör cihazları site tipi konut ve tesisler de baca gazı debisinin yüksek ve rejimin sürekli olduğu durumlarda kullanılabilir. Bu nedenle sistemin emisyon değerlerini ve verimliliğini ölçebilmek amacıyla gözleme dayalı deneysel yöntemden yararlanılmıştır.

Sobanın yanma odasına hassas terazi yardımıyla ağırlığı ölçülen 250 gr odun kömürü yerleştirilmiş ve tutuşturulmuştur (Şekil 29 - 30). Baca çıkışının 3/2 sini kapatacak şekilde ıslak beyaz bir örtü kapatılmış, 5 dk geçtikten sonra örtü çıkarılmış ve numune olarak ayrılmıştır.



Şekil 29. Hassas terazide odun kömürünün tartılması



Şekil 21. Kömürün sobanın yanma bölümüne konulması ve tutuşturulması

İkinci kez tekrardan sobaya 250 gr ağırlığında yakıt konularak tutuşturulmuş ve baca çıkışına kontrol cihazı monte edilmiştir (Şekil 31).

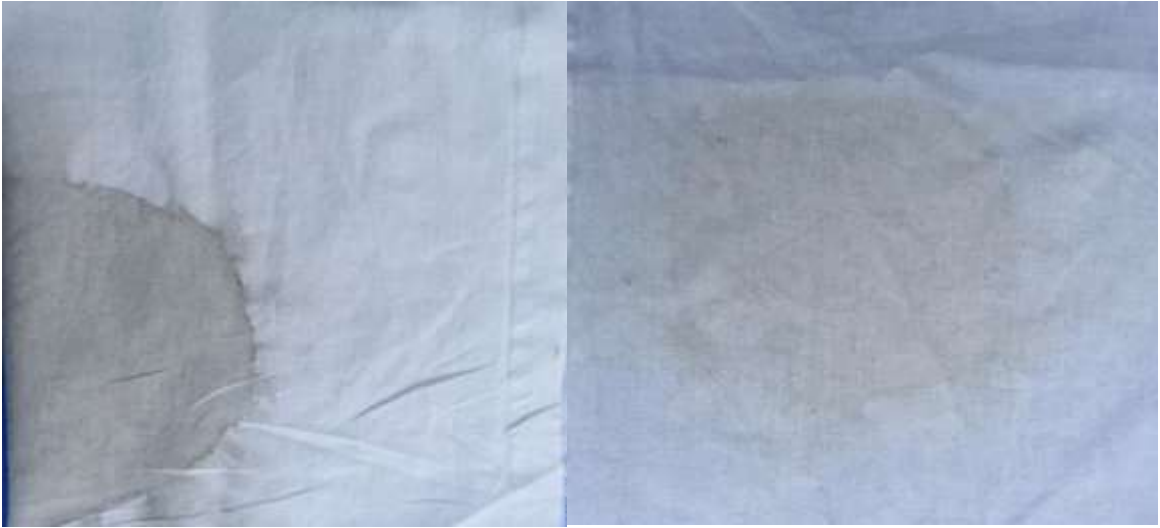


Şekil 22. Baca çıkışına kontrol cihazının monte edilmesi

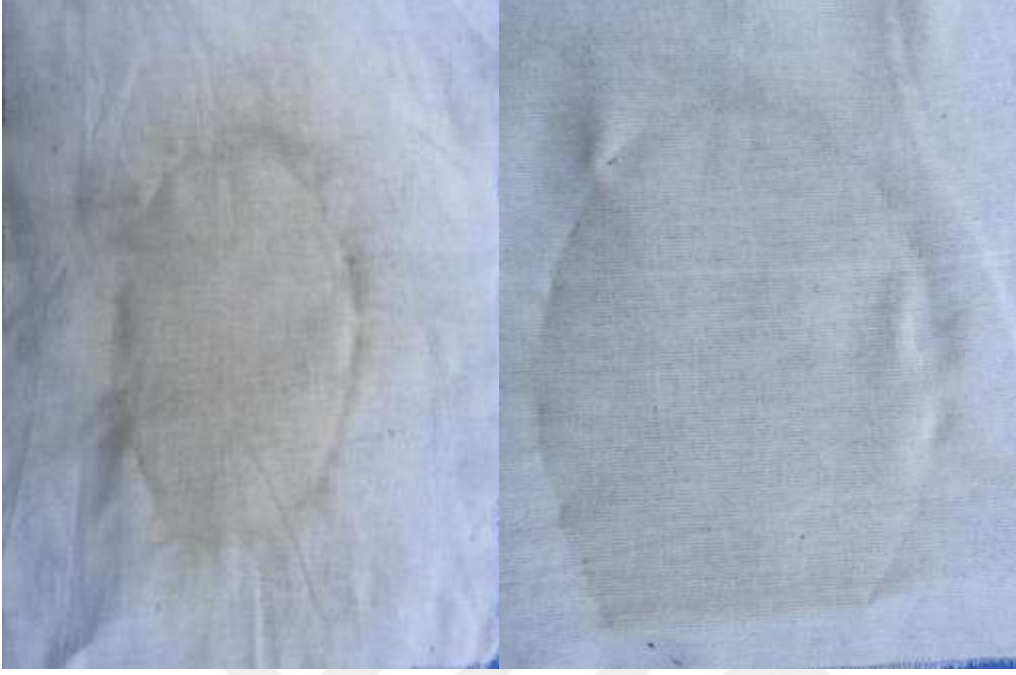
Sistemin çıkışına aynı şekilde bacanın 3/2 sini kapatacak şekilde ıslak beyaz bir örtü kapatılmış, 5 dk sonunda örtü numune olarak kenara ayrılmıştır. İşlem birkaç kez tekrarlanmış ve en sonunda alınan numuneler birbiriyle karşılaştırılmıştır (Şekil 32-33-34).



Şekil 23. Numune PM oranları 1



Şekil 24. Numune PM oranları 2



Şekil 25. Numune PM oranları 3



Şekil 35. Su filtresi çalışma öncesi ve sonrası karşılaştırılması

Gözlemlenen sonuçlara göre sistemin verimliliği örtüde bulunan partikül madde miktarına göre görsel olarak belirlenmiştir. İstenilen oranda %90'a varan partikül madde filtrasyon verimliliği sağlandığı görülmüştür. Gözlemlenen ölçümler resimlerle kayıt altına alınmıştır.

## 5. TARTIŞMA

Paketlenmiş yıkama kulemizin hesaplama, tasarım ve üretim aşamaları sırasıyla ele alınmış, sonuç ve bulgular değerlendirilmiştir. Sistemin hem PM emisyonlarını hem de gaz absorpsiyonunu sağladığı gözlemlenmiştir. Uzun çalışma süreleri sonunda paketleme malzemesi üzerinde kısmi tıkanmalar olduğu gözlemlenmiştir. Bu sorunun önüne geçebilmek amacıyla paketleme malzemesi sistemden kolayca çıkarılabilecek ve su ile yıkanıp temizlendikten sonra tekrar kolayca yerine takılabilecek şekilde tasarlanmıştır. Farklı yanma tesislerinde oluşan atık gazın niteliğine göre, çalışma sıvısının içerisinde belli aralıklarda, paketleme malzemesinde biriken partikül maddelerle etkileşime girerek sistemden uzaklaştırılabilecek katkı malzemeleri ilave edilebilir bu şekilde kısmi tıkanma sorunlarının önüne geçilebilir. Sistemde bulunan çalışma sıvısı sürekli temizlenerek devir daim edilmektedir. Bu sayede işletme maliyetleri düşük tutulmaktadır. Fakat sistemde dolaşan çalışma sıvısı uzun çalışma süreleri sonunda zamanla buharlaşarak sistemden uzaklaşacaktır, bu durumda sürekli suyun kontrol edilmesi yerine sisteme sabit bir su hattı girişi ve şamandıra bağlanarak eksilen suyun sisteme ilavesi sağlanmış olacaktır.

Filtrenin sürekli olarak devir daim edilen çalışma sıvısının etkisiyle kısa sürelerde tıkanacağı gözlemlenmiştir. Kartuşlu yıkanabilir su filtresi kullanmak bu durumun önüne geçecektir. Bu filtrelerde bulunan boşaltma vanası belli aralıklarla açılarak sistemden ayrılan atık malzemelerin uzaklaştırılması kolayca sağlanacaktır. Ürünün kurulum maliyeti düşüktür, çalıştırma maliyetinin de düşük tutulması amacıyla sistem özelliklerine uygun güneş enerjisi paneli kurularak çalıştırma maliyetleri de minimum seviyeye düşürülebilecektir.

NO<sub>x</sub> salınımının temel kaynaklarından olan dizel motorlu taşıtlarda kullanılan SCR (Seçici Katalitik İndirgeme - Selective Catalytic Reduction) sistemini paketlenmiş kule yıkayıcısına entegrasyonu sağlanabilmektedir. SCR indirgeyici egzoz emisyon sistemidir. Dizel motorlar ve enerji santralleri gibi NO<sub>x</sub> (nitrojen oksit) salınımının yüksek olduğu yerlerde kullanılmaktadır. NO<sub>x</sub> son derece zehirleyici, kirlenici ve zararlı bir gazdır. SCR sisteminde kullanılan sıvı Adblue'dur. Adblue içeriğinde %67,5 deiyonize su, %32,5 üre bulundurmaktadır. Adblue yanıcı, yakıcı veya zehirli bir madde değildir. Standartlara uygun kullanıldığında doğaya ve insanlara karşı herhangi bir yan etkisi yoktur. Hava kirliliğinin kontrolünde zararlı gazların emisyon değerlerini azaltmak için kullanılan sıvı

karışımıdır. Adblue, dizel motor egzoz sistemlerinde katalizöre ulaşmadan egzoz gazlarına püskürtülmektedir. Oluşan yüksek ısı ile Adblue sıvısı amonyağa dönüşmektedir. Ardından amonyak ve nitrojen oksitler katalizöre nüfuz ederken birbiri ile reaksiyona girmekte ve atmosfer için zararlı olmayan nitrojen ve su buharına dönüşmektedir. SCR sisteminin NO<sub>x</sub> emisyonlarını %90 ve partikül madde emisyonlarını %40 oranında sağladığı tespit edilmiştir [14]. NO<sub>x</sub> salınımı yüksek olan tesislerde SCR sistemi kullanılmaktadır. Yapılan çalışmada kontrol cihazı üzerine SCR sistemine benzer bir yapı eklenebilmektedir. Burada dikkat edilmesi gereken Adblue sıvısının baca gazına enjekte edilmesi sırasında yıkama sıvısına temasının engellenmesidir. Adblue'nun suya teması sonucunda kristalleşme oluşacak ve sistem tıkanarak çalışamaz hale gelecektir. Bu nedenle Adblue sıvısının baca gazına belli aralıklarla ve ön yıkama işleminden önce enjekte edilmesi gerekmektedir. Adblue kullanımı için sisteme ek bir Adblue enjektörü, dozaj pompası, atık ürün haznesi, Adblue deposu ve sıcaklığa duyarlı dozaj pompasını harekete geçiren termostat eklenmesi gerekmektedir.

Sistem üzerinde değişiklikler yaparak farklı uygulama alanlarında kullanılabilir emisyon cihazı üretilebilmektedir. Çevre ve insan sağlığını korumaya yönelik geliştirdiğimiz kontrol sistemi çok yönlülüğü, yüksek verimi ve düşük maliyeti bakımından avantajlı bir cihazdır.

## 6. SONUÇ

Yapılan çalışmada hava kirliliğinden, baca gazlarından, baca gazlarında bulunan kirleticilerin bileşenlerinden ve bu kirleticilerin insan ve çevre sağlığına etkilerinden temel düzeyde bahsedilmiştir. Geçmişten bugüne dünya tarihinde hava kirliliğinin oluşumunu, nedenlerini, etkilerini ve insanların kirliliğin kontrolüne yönelik attığı adımlar ele alınmıştır. Dünyada kirleticilerin kontrolünde kullanılan mevcut teknolojiler ve ülkemizdeki durumdan bahsedilmiştir. Temel kirleticilerden olan karbon partiküllerinin ve aynı zamanda gaz halindeki kirleticilerinde kontrolünde kullanılan bir cihazın tasarımı, boyutlarının hesaplanması, üretim aşamaları ve kontrol aşamaları tamamlanmış ve bu alanda yapılacak çalışmalara ışık tutulmuştur.

Bir hava kirliliği kontrol cihazı tasarımında öncelikle, hedef kirleticinin ne olduğu belirlenmelidir. Kirleticinin türüne göre uygulanması gereken kontrol yöntemleri de farklılık göstermektedir. Örneğin gaz halindeki bir kirleticinin kontrol edilmesi için tasarlanan kontrol cihazı partikül maddelerin kontrolüne yönelik kullanıma uygun değildir. Zira gaz halindeki kirleticiler için tasarlanan kontrol cihazları ıslak yıkayıcılardır ve bu cihazlarda kullanılan yıkama sıvıları gazların kimyasal reaksiyonuna uygun seçilmiştir. Aynı zamanda bu cihazlarda genellikle birden çok farklı katmanlardan oluşan ve sadece gazların nüfuz edebileceği kadar ince boşluklar bulunduran paketleme malzemeleri kullanılmaktadır. Partikül maddeler bu kontrol cihazlarının tıkanmasına neden olur ve kullanımı uygun değildir. Yanma olayı, yakıtın kimyasal analizi, çevre ve insan faktörleri, kontrol teknolojileri gibi konularda ancak detaylı araştırmalar yapıldıktan sonra gerekli kontrol cihazının tasarımına geçilmelidir. Bu çalışmada detaylı araştırmalar uzman kaynaklardan faydalanılarak yapılmış ve test edilebilir sonuca dayalı veriler elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre öngörülen verimlilikte, düşük maliyetli, özgün ve kullanışlı bir kontrol cihazı oluşturulmuştur.

Yapılan çalışmayla hem partikül hem de kirletici gazların emisyonu sağlanmaktadır. Düşük gaz sıcaklıklarında çalışıldığından ebatlar mevcut kullanılan kuru filtreleme sistemlerine göre küçüktür, kule kısmı aynı zamanda olması gereken baca yüksekliğinin bir kısmını oluşturmaktadır. Tutulan partiküller kontrol cihazının filtresinde hapsedildiğinden tekrardan doğaya salınımı mümkün değildir. Sistem su bazlı çalıştığından dolayı, torba filtrelerde olduğu gibi yanmamış karbonun tutuşarak yangına neden olma ihtimali yoktur.

Ülkemizde sanayileşme ilerlemekte, nüfusun artmasına bağlı olarak şehirlerde doluluk oranı artmakta ve hava kirliliğine neden olan zararlı bileşenlerin emisyon değerleri her geçen gün yükselmektedir. Artan hava kirliliği günümüzün en önemli sorunlarından biridir. Hava kirliliğine bağlı sağlık sorunlarının önüne geçmek ve çevre sağlığını korumak için yapılan bu çalışmada amaç, baca gazında bulunan partikül maddelerin emisyon değerlerini düşürmektir. Bu sebeple tasarlanan hava kirliliği kontrol cihazıyla istenilen sonuca ulaşılmış ve hedeflenen veriler elde edilmiştir.



## 7. KAYNAKÇA

1. Gökhan GÜRBÜZ, Kurtuluş Serdar GÖRMÜŞ, Umut ALTAN, 2020. “Atmosferdeki partikül madde (PM<sub>10</sub>) miktarındaki değişimin GNSS ile kestirilen ıslak zenit gecikmesi üzerindeki etkisinin araştırılması” AKÜ FEMÜBİD 20: 472-478.
2. History.com editörleri, 2009. “Su ve hava kirliliği” [online] Available from: <https://history.com/topics/natural-disasters-and-environment/water-and-air-pollution/>. [Accessed 6 November 2009].
3. Richard Stone, 2002. “Counting the cost of London’s killer smog” Vol. 298, Issue 5601, pp.2106-2110.
4. Prof. Dr. Mustafa ÖZTÜRK, Müsteşar Çevre Şehircilik Bakanlığı, 2017. Isınmada kullanılan sobalar, Ankara, 1-27.
5. Karl B.Schnelle, Jr. ,Russell F. Dunn, Mary Ellen Ternes, 2002. Ph. D. , PE, Air Pollution Technology Handbook, Vanderbilt University Nashville, Tennessee, New York, pp.1-391.
6. Yrd. Doç. Dr. Aysun Sofuoğlu, 2005. Hava kirliliği, İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kimya Müh. Bölümü, 1-12.
7. Gökhan ORHAN, 2012. Hava Kirliliği ve Asit Yağmurları: Uzun Menzilli Sınırlar Ötesi Hava Kirliliği Sözleşmesi ve Protokolleri Karşısında Türkiye’nin Konumu. Marmara Avrupa Araştırmalar Dergisi. 20(1):1-28.
8. North Carolina State University Raleigh, NC 27695, 2.0-7/98. Desing Review of Absorbers Used for Gaseous Pollutants, pp. 2-3.
9. Gerald T. Joseph, P.E., David S. Beachler, 1984. Air pollution training institute MD 20 Environmental Research Center Research Triangle Park, NC 27711. EPA 450/2-82-020 March, pp. 197-211.
10. Karl B.Schnelle, Jr. ,Russell F. Dunn, Mary Ellen Ternes, 2002. Ph. D. , PE, Air Pollution Technology Handbook, Vanderbilt University Nashville, Tennessee, New York, pp.52-60.
11. North Carolina State University Raleigh, NC 27695, 2.0-7/98. Desing Review of Absorbers Used for Gaseous Pollutants, pp. 25.
12. Thomas Kilgore Sherwood, R.L. Pigford and C.R. Wilke, 1975. Mass Transfer, McGraw-Hill, New York, pp. 1-667.
13. Energy Solutions Center. Flue Gas Analysis, 2005.[online] Available from: <http://cleanboiler.org/flue-gas-analysis/>.
14. Nilgün ANAR, Pınar BAYRAM, 2018. Politeknik Dergisi, 21(4): 941-950.
15. Robert H. Perry, Don W. Green, James O. Maloney 1997. Perry’s Chemical Engineers’ Handbook 7th ed. McGraw-Hill, New York, pp. 1348.

## 8. ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı: [REDACTED]

Adres: [REDACTED]

Cep Telefonu: [REDACTED]

E-Posta: [REDACTED]

Doğum Tarihi ve Yeri: [REDACTED]

Medeni Durum: [REDACTED]

### EĞİTİM

Lisans: [REDACTED]

Yüksek Lisans: [REDACTED]

YABANCI DİL: [REDACTED]

### ÇALIŞMA DURUMU

[REDACTED]