

# BAKIR TEL ÜRETİM TESİSİNDE BACA FAN SİSTEMLERİNDE ÇIKIŞ HAVA KALİTESİNİN ÖNEMİ, BAKIM KONTROLLERİ, HAVA YIKAMA SİSTEM İLAVESİ (SCRUBBER) İLE HATASIZLAŞTIRMA

G. YÜCEL<sup>1,\*</sup>, M. KILIÇ<sup>2</sup>

1\*Er-Bakır A.Ş., Makine Enerji Müdürlüğü, Makine Mühendisi, Denizli, Türkiye  
[gyucel@erbakir.com.tr](mailto:gyucel@erbakir.com.tr)

2 Er-Bakır A.Ş., Sürekli Döküm Müdürlüğü, Makine Mühendisi, Denizli, Türkiye  
[mkilic@erbakir.com.tr](mailto:mkilic@erbakir.com.tr)

## ÖZET

*Endüstriyel tesislerde baca fanı çıkış hava kalitesi çevre ve çalışan sağlığı için önemli etkiye sahip olduğu gibi aynı zamanda sistemin arızasız çalışmasında önemli bir etkiye sahiptir. Özellikle kimyasal içeriği yüksek olan proses havası, sistemde kirletici olarak rol oynamakta ve partiküller yüzeylere tutunarak sistem verimini düşürmekte ve farklı arızalara sebebiyet vermektedir.*

*Bu çalışmada, ülkemizin önemli bakır tel üretici firmalarından biri olan Erbakır A.Ş. Denizli fabrikasında yapılan analizler sonucunda arıza&bakım duruş hedefinin üzerinde olan bir makinada sistem hatasızlaştırma çalışması yapılmıştır. Hatasızlaştırma için nelerin yapılması gerektiği ile ilgili balık kılçığı diyagramı ve 5 neden analizi kullanılarak aksiyon tablosu hazırlanmıştır. Analizler sonucunda bu makinede en fazla arızanın baca fan sisteminde yaşandığı tespit edilmiştir. Baca fan sisteminde sık arıza oluşturan veya oluşabilecek arıza tipleri ve bu problemlerin çözüm metotları üzerine çalışmalar yine balık kılçığı diyagramı ve 5 neden analizi kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçları doğrultusunda sistem için en uygun tasarım belirlenerek "bubble cap scrubber" tasarımı yapılmış ve bu tasarım sisteme entegre edilmiştir. Bu sayede sistem hatasızlaştırılarak kontrol altına alınmıştır.*

**Anahtar Kelimeler:** scrubber, bubble cap scrubber, baca fan yıkama sistemi, sulu yıkama

# 1. GİRİŞ

## 1.1 AMAÇ

Firmamızda uygulanan SAP bakım modülünü kullanarak topladığımız veriler ile örnek bir baca fan sisteminde arıza hatasızlaştırma çalışmasının yanında hava kalitesinin proses ekipmanlar üzerindeki etkisini sunacağız.

Bu hatasızlaştırma çalışmasının amacı aşağıda maddeler halinde listelenmiştir.

- a) Makinelerin baca fan sistemi kaynaklı arıza (MTBF, MTTR, MDT) duruş sürelerinin sıfırlanarak bakımların (otonom bakım) planlanmasında ve benzer diğer alanlarda iyileştirme projelerinin belirlenmesi,
- b) Makinenin fan balans seviyesinin izlenebilirliği,
- c) Baca fan sisteminin yedek parça, sarf malzemesi ve stok seviyelerinin düşürülmesi,
- d) Hatasızlaştırma ile sağlanan ömür kazanımları sayesinde ürün maliyetinde bakım giderlerinin düşürülmesi,
- e) Baca fan sisteminin otomasyon iyileştirmeleri ile operatörden bağımsız çalışabilmesi,
- f) Hatasızlaştırma ile kazanılan birikimler sayesinde yaygınlaştırmaların yapılması.

Sistem hatasızlaştırma örneği olarak firma makine parkurundan bir baca fan sistemi seçtik. Bu makinede arıza-bakım duruşları analiz ederek makinenin hedef duruşundan sapmasına sebep olan bir arızada kök neden analizi yaptık. Kök neden sonrasında ihtiyaç duyulan tasarım değişikliklerini yaptık.

## 1.2 KAPSAM

Sap bakım modülü bakım yönetim sürecinin güçlü bir destekçisi olup izlenebilirlik vb. alanlar açısından firma bilgi birikimi açısından ciddi bir öneme sahiptir. Bu modül sayesinde hatasızlaştırma noktalarının tespiti sağlanmaktadır.

Arıza hatasızlaştırma örneği ise arıza yaklaşımı, rulman ve yatak arızası, sistem kirliliği kaynaklı fan sisteminin aşınması ve balans oluşumu, fan sistemi tasarımı, hava yıka sistemi tasarımı (scrubber) gibi faaliyetleri kapsamaktadır.

## 1.3 YÖNTEM

SAP bakım modül sistemini kısaca özetleyecek olursak. Şekil 1.3.1' de görüleceği gibi modül 5 ana başlıktan oluşmaktadır. Bu yöntemler kullanılarak arıza-bakım ve iyileştirme projeleri oluşturmaktayız.

**Bakım Kokpiti**

Üretim Yeri: 2000 Makine Bakımları Raporu

Bildirim Tarihi: 07.09.2022 son: 14.09.2022

Bildirim:  son:

Makina No:  son:

İşyeri:

Bildirim Türü Seçiniz:  Arıza  Bakım  Malzeme Sarf  Diğer İşler  Bakım Çıktısı

Tamamlanan Bildirimleri Göster:

Tamamlanan Müdahaleleri Gösterme:

Şekil 1.3.1: SAP Modül Sistemi-Bakım Kokpit Ekranı

Aşağıdaki modül ekranında (Şekil 1.3.2) görüldüğü gibi bildirimler ilk olarak üst sekmeye düşmektedir. Bakım operatörünün arızayı kabul etmesi ile bildirim alt sekmeye inerek sipariş oluşmaktadır.

Bildirim içerisinde (Şekil 1.3.3) personel çalışma bilgileri, makine duruş bilgileri, kullanılan malzemeler, geçmiş arıza bildirimleri, arızalanan parçaya ait seçim kodları ve arıza neden kodları bulunmaktadır.

**Arıza Kokpiti(M2)**

Bildirim Oluştur Bildirim İçin Sipariş Oluştur Bildirim Siparışı Teyit Et Arızayı Değerlet Bilgi Yenile

Malzeme Tüketim Raporu Personel Takip Raporu Maliyet Raporu

Sipariş olmayan bildirimler

Bildirim	Bildirim Tarihi	Bildirim Saati	Bildirim Tanımı	İşyeri	Bildirim Öncelik Durum	Faaliyet Tanımı	Kesinti Tahmini Bİ	Tahmini Bİ	Tarih Saati	Müdahale D Durum		
10845061	14.09.2022	15:38:00	389v.yok.ariza	472	ES	104CT A	Açık	ELEKTRİK ARIZA	Evet	00:00:00	00:00:00	Mekanikte

Sipariş olan bildirimler

Bildirim	Sipariş	Bildirim Tarihi	Bildirim Saati	Bildirim Tanımı	İşyeri	Bildirim Öncelik Durum	Faaliyet Tanımı	Kesinti Tahmini Bİ	Tahmini Bİ	Tarih Saati	Müdahale D Durum	
10845022	4266415	14.09.2022	12:23:16	sireki kopma	5161	TMB 303B C	Müdahale ediyor	MEKANİK ARIZA	Evet	00:00:00	00:00:00	Mekanikte
10844411	4266155	12.09.2022	17:52:13	makina bakima alındı	5167	TMB 106K C	Müdahale ediyor	MEKANİK ARIZA	Evet	00:00:00	00:00:00	Mekanikte

Şekil 1.3.2: SAP Modül Sistemi-Arıza Ekranı (M2)

The screenshot displays the SAP Modül Sistemi-Arıza Ekranı (M2) interface. The left pane shows the 'Bildirim Detayları' (Report Details) for a fault report with ID 10844994. The right pane shows the 'Sipariş Detayları' (Order Details) for a purchase order with ID 4764803. The interface includes various tabs, buttons, and data tables.

Bildirim No	10844994
Faaliyet	0925B 4022 MEKANİK ARIZA
Bildiren Arıza	4022 9 MAKİNEDE EMÜLSİYON AKIŞI DÜZG.
Parça	PM1451 12 Buhar arızası
Makine	PM-250 02 Top-40
Duruşu Bildiren	1155 ERSEM ÖRMAN
Makine	413 MSM 85
Sorumlu İşyeri	TMB
Kesinti Var mı?	Evet
Bildirim Notu	14.09.2022 09:44:30 TURKET 1. 413 (MSM-85) (15387) Tel. 02522951900 15387 K4 Sora emulsiyonu girilmiştir

Sipariş No	4764803								
Arıza İle İlgilenenler									
Sicil No	Çalışan/başvuran adı	Başlangıç Tarihi	Başlangıç	Bitiş Tarihi	Bitiş Saati	Fili İş	Toplam İş	Son Sayı	Tr
1004	ARŞ ERÇAN	14.09.2022	06:25:56	14.09.2022	06:37:35	0,20	0,20	X	
1461	MEHMET DEMİRCİ	14.09.2022	06:25:59	14.09.2022	06:37:35	0,20	0,19		

Şekil 1.3.3: SAP Modül Sistemi-Örnek Arıza Ekranı

Aşağıda bakım modülünün örneği gösterilmiştir. Sayaca bağlı bakımlar SAP sistemi tarafından otomatik olarak oluşturulmaktadır.

The screenshot displays the SAP Modül Sistemi-Örnek Bakım Ekranı (Maintenance Schedule) interface. The left pane shows the 'Bildirim Detayları' (Report Details) for a maintenance report with ID 10843371. The right pane shows the 'Sipariş Detayları' (Order Details) for a purchase order with ID 4764803. The interface includes various tabs, buttons, and data tables.

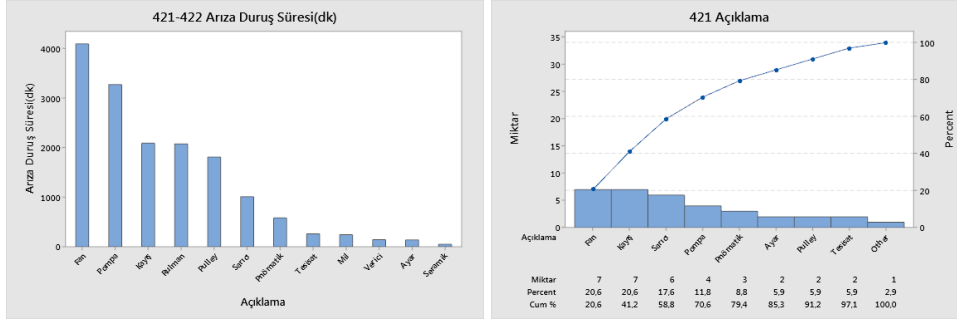
Bildirim No	10843371
Faaliyet	EMERB 4032 MEKANİK BAKIM
Bildiren Arıza	4032 403 2000 SAATLİK BAKIM

Sipariş No	4764803								
Arıza İle İlgilenenler									
Sicil No	Çalışan/başvuran adı	Başlangıç Tarihi	Başlangıç	Bitiş Tarihi	Bitiş Saati	Fili İş	Toplam İş	Son Sayı	Tr
1228	RAMAZAN TÜRKCAN	08.09.2022	09:15:14	08.09.2022	18:09:27	8,90	8,90	X	
1426	BİLAL ÖZDOĞAN	08.09.2022	09:22:11	08.09.2022	14:03:22	4,69	4,69		
1550	ZAFER AĞAR	08.09.2022	09:15:40	08.09.2022	18:09:27	8,90	8,90		
1829	OMER AKIN	08.09.2022	09:15:45	08.09.2022	18:09:27	8,90	8,89		
1925	ENGIN DEMİR	08.09.2022	09:15:08	08.09.2022	16:42:06	7,45	7,45		
1953	YUSUF KAYA	08.09.2022	15:42:45	08.09.2022	18:09:27	8,90	2,44		
2118	SERKAN ÜNAY	08.09.2022	09:15:22	08.09.2022	18:09:27	8,90	8,90		
2276	ÖZGÜR BÜLENT DEMİR	08.09.2022	09:16:11	08.09.2022	18:09:27	8,90	8,89		

Şekil 1.3.4: SAP Modül Sistemi-Örnek Bakım Ekranı

Arıza bakım modülünden toplanan veriler düzenli olarak analiz edilerek projeler oluşturulmaktadır. Örnek proje çıktısının veri grafikleri aşağıdadır.

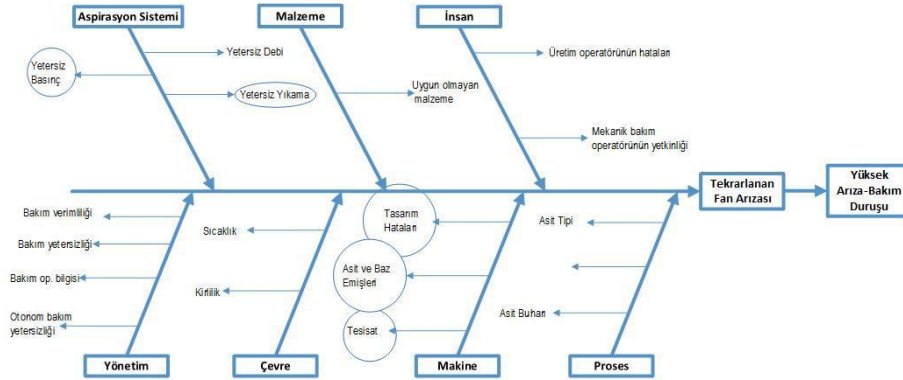
Aşağıdaki (Şekil 1.3.5) grafiklere göre belirli bir grup makine içerisinde ortalama üstü duruşa sahip arıza kaynakları inceledik ve bu incelemeler sonucunda 421 numaralı makede arıza kök nedenini araştırdık.



Şekil 1.3.5: Arıza Hatasızlaştırma Örneği-Veri Analizi

Yapılan kök neden araştırmalarımızda;

- 1- Fan rulmanı arıza kaynağının asit girişi ve asit girişi kaynaklı yağsız kalma problemi olduğu, ayrıca montaj ve de-montaj hatalarına açık olduğu,
- 2- Yapılan ölçümler sonucunda tesisattaki emiş hava hızının gerekenden daha düşük olduğu tespit edilmiş ve bu sorunun tesisatta parçacık birikimine sebep olduğu,
- 3- Hava kalitesi kaynaklı pervanede parçacık etkisi ile oluşan balans ve aşınma olduğu,
- 4- Tesisatta tuz oluşumu kaynaklı tıkanıklık olduğu,



Şekil 1.3.6: Arıza Hatasızlaştırma Örneği-Balık Kılıçığı

Yapılan aksiyonlar;

- 1- Fan rulman kaynaklı arızaları çözmek için fan tasarımı montaj hatalarını engelleyecek şekilde basit fan tasarımı yapılmıştır.

- 2- Hat hızı için gerekli ihtiyaç belirlenerek fan kapasitesinde artış yapılmış ve bu sayede tesisattaki hava emiş hızı artırılmıştır.
- 3- Hava kalitesini sağlamak için otomatik yıkama sistemi ilave edilmiştir. Yıkama sistemi Şekil 2.3' de gösterildiği gibi tasarlanarak hava içindeki partikülün yakalanması hedeflenmiştir.
- 4- Tesisatta tuz oluşumunu engellemek için tesisattaki tasarım hatası giderildi.

## 2. GELİŞME

Tasarım öncesi ilk olarak mevcut durum analizi yapılmıştır. Bu analizler tablo 2.1' de gösterilmiştir.

**Tablo 2.1:** Eski Fan Bilgileri

<b>Eski Fan Bilgileri</b>	
<b>Toplam Statik Basıncı:</b>	1200 Pa
<b>Hacimsel Debi:</b>	1100 m <sup>3</sup> /h
<b>Hız:</b>	11 m/s
<b>Pervane Malzemesi:</b>	PP (polipropilen)

Fan rulman arızalarının montaj ve tasarım kaynaklı probleme sahip olduğunu tespit ettik. “**Şekil 2.2:** a) Eski Fan Pervane Tasarımı, b) Eski Fan Yataklama Tasarımı” gösterilmiştir.

Tesisat emiş hava hızında optimum değerlere ulaşabilmek için “**Şekil 2.3:** Yeni Fan Tasarım“ imalatı yapılmıştır.



ERD Mühendislik San. Tic. Ltd. Şti.

## Ölçüm raporu

### Genel bilgiler

Müşteri ERBAKIR ELEKTROLİTİK A. Ş.	Tarih Görev sayısı Seri no.Sistem	21.01.2020 11:37 1 422
--	---	------------------------------

### Ölçüm bilgileri

Kanal Keelift: Ø185mm

### Ölçümler

Ölçüm 1			
Hacimsel debi	1056,1 m <sup>3</sup> /h	Hava tipi	Dönüş havası
Hız	11,13 m/s	Sıcaklık	16,4 °C
Ölçüm 2			
Hacimsel debi	1067,5 m <sup>3</sup> /h	Hava tipi	Dönüş havası
Hız	11,25 m/s	Sıcaklık	16,7 °C
Ölçüm 3			
Hacimsel debi	1020,0 m <sup>3</sup> /h	Hava tipi	Dönüş havası
Hız	10,75 m/s	Sıcaklık	16,4 °C
Ölçüm 4			
Emiş static basınç	-1100 Pa		
Çıkış static basınç	100 Pa		
Toplam static basınç	1200 Pa		

21.01.2020

Semin ÖNSAL

Tarih

Operatör

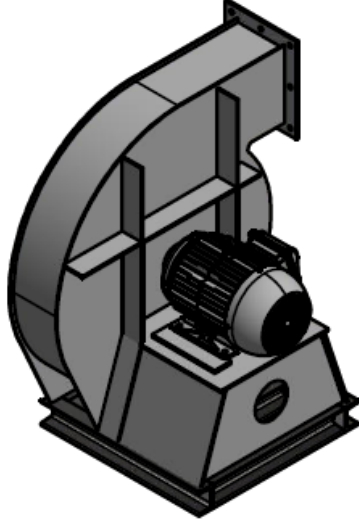
İmza

### Şekil 2.1: Eski Fan Bilgileri (Ölçüm sonucu)

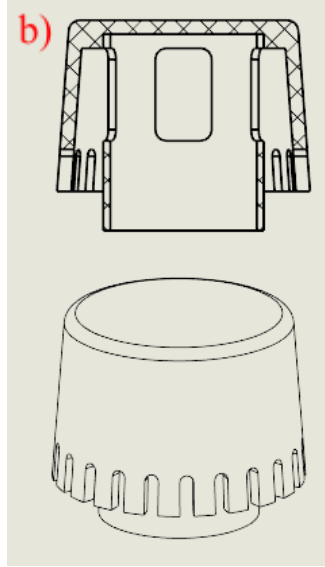
Hava kalitesi kaynaklı fan pervanesinde aşınma, aşınmalar ve birikmeler kaynaklı balans problemlerinin olduğu sonucuna ulaştık. “Şekil 2.4: Hava Yıkama Sistemi (Bubble Cap Scrubber)” de görülen tasarımın imalatı yapılmıştır. Bu tasarım ile partiküllerin suyun içinden geçirilerek yakalanması hedeflenmiştir.



Şekil 2.2: a) Eski Fan Pervane Tasarımı, b) Eski Fan Yataklama Tasarımı

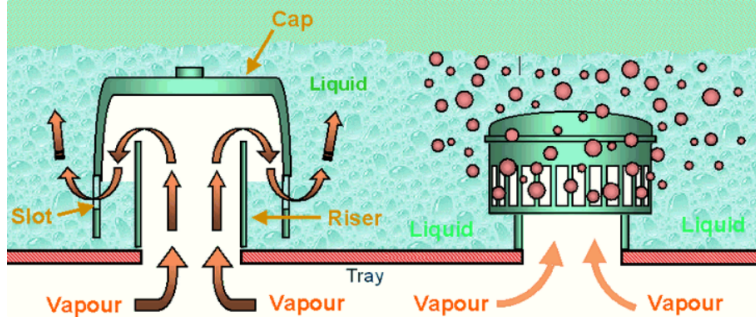


Şekil 2.3: Yeni Fan Tasarımı



c)





Şekil 2.4: Hava Yıkama Sistemi (Bubble Cap Scrubber) [1]

Tesisatta asit baz birleşimi ile tuz oluştuğu tespit edilmiştir (Şekil 2.5: Asit-Baz Birleşimi Kaynaklı Takanmış Boru). Asit ve baz tesisatı birbirinden ayrılmıştır.

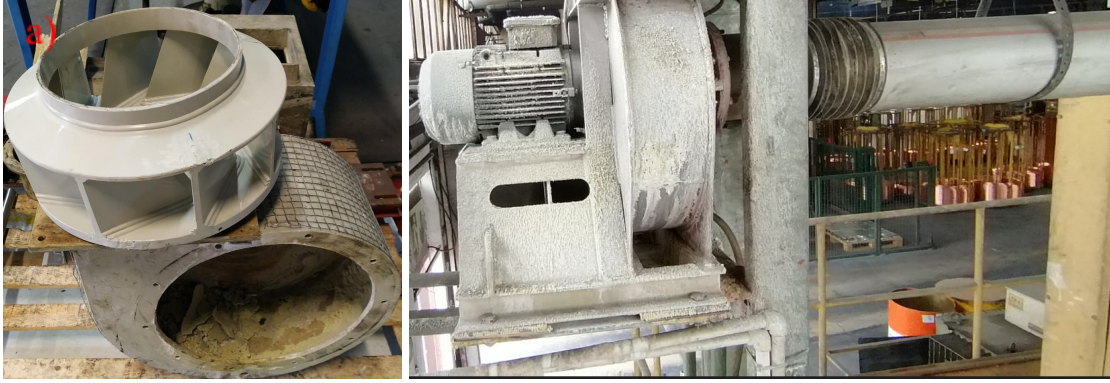


Şekil 2.5: Asit-Baz Birleşimi Kaynaklı Takanmış Boru

### 3. SONUÇ

- 1- Fan rulman kaynaklı arızaları çözmek için fan tasarımı montaj hatalarını engelleyecek şekilde basit fan tasarımı yapılmıştır. “Şekil 3.1: a) Eski Fan Tasarımı, b) Yeni Fan Tasarımı”. Yaptığımız tasarımda bakım operatörü kaynaklı montaj sırasında oluşabilecek merkezleme problemlerinin önüne geçtik.

b)



**Şekil 3.1:** a) Eski Fan Tasarımı, b) Yeni Fan Tasarımı

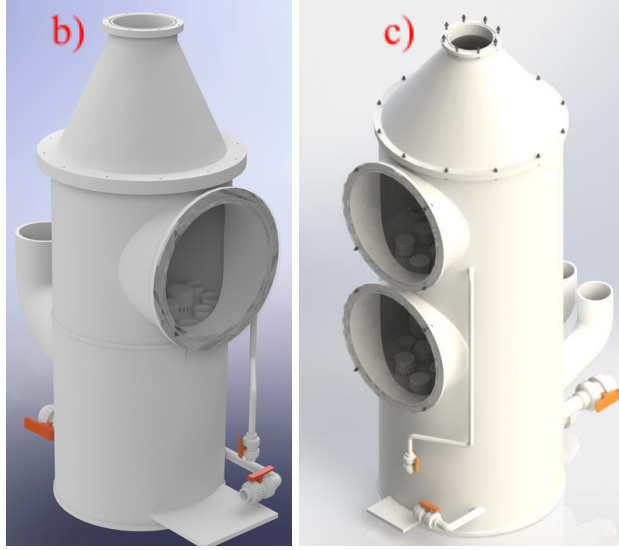
- 2- Hat hızı için gerekli ihtiyaç belirlenerek fan kapasitesinde artış yapılmış ve bu sayede tesisattaki hava emiş hızı arttırılmıştır [4]. Kapasite artışı ile ilgili bilgi “**Tablo 3.1:** Fan Karşılaştırma Tablosu” nda verilmiştir.

**Tablo 3.1:** Fan Karşılaştırma Tablosu

Fan	Eski	Yeni
<b>Toplam Statik Basınç:</b>	<u>1200 Pa</u>	<u>1800 Pa</u>
<b>Hacimsel Debi:</b>	1100 m <sup>3</sup> /h	1500 m <sup>3</sup> /h
<b>Hız:</b>	11 m/s	12 m/s
<b>Pervane Malzemesi:</b>	PP (polipropilen)	AISI 304

- 3- Hava kalitesini sağlamak için otomatik yıkama sistemi ilave edilmiştir. Bu yıkama sistemdeki asit-baz kimyasallarından etkilenmeyecek malzeme seçimi yapılmıştır [3]. Yıkama sistemi Şekil 2.3’ de gösterildiği gibi referans alınarak hava içindeki partikülü yakalayan sistem “**Şekil 3.2:** a) İlave edilen Yıkma Sistemi Tasarımı” deki gibi makineye ilave edilmiştir.

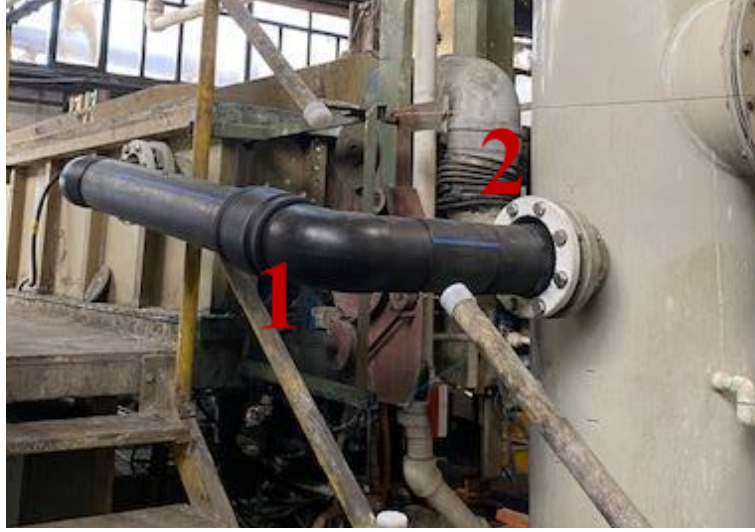
a)



**Şekil 3.2:** a) İlave edilen Yıkma Sistemi Tasarımı, b) Geliştirilen Yıkama Sistemi Tasarımı, c) Yaygınlaştırma ile Değişim Planına Alınan Bigudili Yıkma Tasarımı

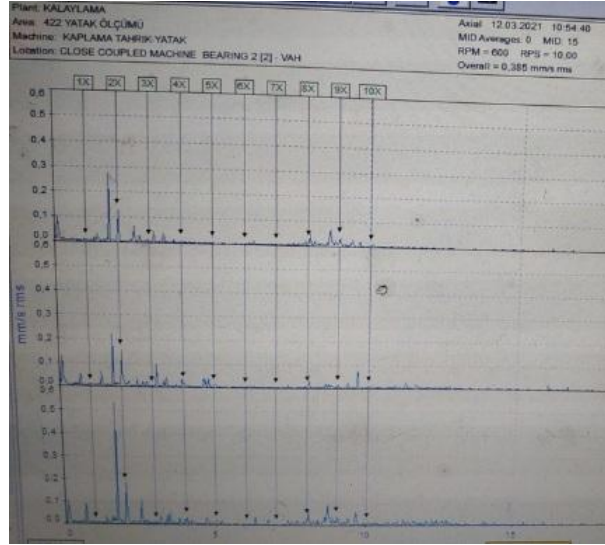
Ayrıca bu tasarım ile öğrenilen bilgiler sayesinde sık arıza yapan “**Şekil 3.2: c) Yaygınlaştırma ile Değişim Planına Alınan Bigudili Yıkma Tasarımı**” deki tasarıma sahip hava temizleme sisteminin değiştirilmesine karar verilmiştir. Bu sistemin “**Şekil 3.2: b) Geliştirilen Yıkama Sistemi Tasarımı**” ile değiştirilmesi planlanmaktadır.

4- Tesisatta tuz oluşumunu engellemek için tesisatta “**Şekil 3.3: Emiş hattının gösterimi**” nde görüldüğü gibi asit ve baz emiş bölgeleri ayrılmıştır. Bu sayede tesisat kaynaklı hata giderildi.



Şekil 3.3: Emiş hattının gösterimi

Fan sisteminde vibrasyon ölçümleri yapılarak balans seviyesi kontrol altında tutulmaktadır. Ayrıca sisteme vibrasyon probu ilave edilerek limit seviyenin aşılması durumunda (ISO 10816-1) uyarı sistemi kurgulanmıştır.



Şekil 3.4: Vibrasyon ölçümü ile sistem kontrolü

Otonom Bakımda Yapılması Gerekenler Listesi;

- Belirli aralıklarla yıkama suyu komple boşaltılmalıdır.
- Yıkayıcı içerisindeki yakalama başlıkları belirli periyotlarda sökülerek temizlenmelidir.
- Damla tutucu belirli periyotlarda sökülerek temizlenmelidir.

- Fan pervanesi belirli periyotlarda kontrol penceresinde izlenerek temizlenmelidir.

Yukarıda belirtilen otonom bakımların yapılmaması durumunda ise olası arızalar aşağıda sırası ile belirtilmiştir;

- Sirkülasyon pompasının arıza yapması ve yakalama başlıklarının tıkanması,
- Yakalama başlıklarının tıkanması ile proses hava emişinin sağlanamaması ve bu sebeple isg riskinin oluşması,
- Proses havasının emişinin sağlanamaması ve bu sebeple isg riskinin oluşması,
- Fanda balans oluşumu kaynaklı yüksek vibrasyon, rulman arıza, pervane aşınması ve motorun zarar görmesi gibi problemler ile karşılaşılabilir.

#### 4. KAYNAK LİSTESİ

- [1] Werner Sölken, [Distillation Column Internals], (Mayıs, 2023), [wermac.org/equipment/distillation\\_part2.html](http://wermac.org/equipment/distillation_part2.html), (2023)
- [2] Çengel, Y. A. & Michael, A.B.. Mühendislik Yaklaşımı ile Termodinamik, 787-861, (2019). <https://dokumen.tips/documents/turkce-termodinamik-yunus-a-engel.html?page=787>
- [3] Filiz Plastik, [PP-H | Polipropilen Levha], (Mayıs, 2023), <https://filizplastik.com.tr/urun/pp-h-polipropilen-levha>, (2019)
- [4] Isısan, Tesisat Kitabı, 83-99, (2019). <https://dokumen.tips/documents/sihhi-tesisat-kitabi-isisanpdf.html>