

## KUVARS İŞLETMESİ'NDE TOZLU ORTAM HAVA KALİTESİNİN PNÖMATİK TAŞIMA SİSTEMİ İLE İYİLEŞTİRİLMESİ

### *IMPROVEMENT of AIR QUALITY WITH PNEUMATIC CONVEYING SYSTEM in DUSTY ENVIRONMENT in QUARTZ PLANT*

Ali Kemal ÇAKIR\*

Nazmi ÇETİN\*\*

#### ÖZET

Çalışmamızda açık ocakta üretilen ve mikronize tesisinde işlenen malzemelerin önemli bir bölümü, tesiste kurulan pnömatik taşıma sistemi ile minimize edilerek, kuvars tozlarından kaynaklanabilecek olası çevre sorunlarının ve sağlık etkilerinin asgari düzeye indirilmesi amaç edinilmiştir.

Çalışma öncesinde yapılan ölçümde 1961,50 µg/ Nm<sup>3</sup> ölçülen değere karşılık, çalışma sonrası aynı yerde yapılan ölçümde, bu değer 833 µg/ Nm<sup>3</sup>'e düştüğü görülebilmektedir.

Çalışma alanında günde 7,5 saat çalışan personellerimizin toza maruz kalma olasılığı minimize edilerek, silikozis tarzı meslek hastalıklarına yakalanma olasılığı azalmıştır.

**Anahtar Sözcükler:** Kuvars, Toz, Pnömatik Taşıma, Slikozis.

#### ABSTRACT

It is aimed to eliminate dusty due to quartz mineral with pneumatic transport in this study. In this context, Minimized an important part of the dust in the micronizing plant being used to transfer with the pneumatic conveying system.

It can be seen to reduce the values in after project when we compare before project (the measured value is 1961,50 µg/ Nm<sup>3</sup>) and after project value is that the measured value is 833 µg/ Nm<sup>3</sup>data.

It is decreased possibility of developing occupational diseases that is silicosis style for our staff that working 7,5 hours per day.

**Key Words:** Quartz, Dust, Pneumatic Conveying, Silicosis.

\* Dr. Mak. Müh., İş Güvenliği Uzmanı, Mikroman Maden A.Ş., Yatağan/MUĞLA, [alikemalcan@hotmail.com](mailto:alikemalcan@hotmail.com)

\*\* Maden Mühendisi, İş Güvenliği Uzmanı, Mikroman Maden A.Ş., Yatağan/MUĞLA

## GİRİŞ

Mikroman Maden San. ve Tic. A.Ş. firması, Hissarardı Mah. Yazkır Mevkii Yatağan/Muğla adresinde faaliyet göstermekte olup, tesiste kırma - eleme ve mikronize öğütme yapılmaktadır. Tesisin yıllık üretim kapasitesi açık ocaktan üretim, kırma - eleme tesis kapasitesi 450.000 ton/yıl ve Mikronize öğütme kapasitesi ise, 90.000 ton/yıldır.

Mikroman Maden Kuvars İşletme Tesisinin 1993 yılında işletmeye açılmasıyla, üretilen kuvars ürünlerinin çeşitli sanayi dallarında ham madde olarak kullanılması (Cam, kimya, çimento, inşaat vb.) ile ülkemiz sanayisine önemli derecede katkı sunmuştur. Kuvars vb. işletmelerde üretimin her kademesinde önemli miktarda çıkan tozlar çalışma ortamını ve dolayısıyla çalışan sağlığını tehdit etmektedir. Çıkan tozları minimize etmek için çeşitli yöntemler mevcuttur. Bu yöntemlerden biri olan denskonveyör (pnömatik) sistemi, tozları kapalı sistemle taşımaktadır. Bu sayede, taşınan malzeme kaybolmadan, kirlenmeden, fiziksel ve kimyasal herhangi bir yapıya dönüşmeden sessiz bir çalışma ile taşınmaktadır.

Kapalı bir çevrim olan pnömatik taşıma sistemlerinde, dökme malzemeler (katı parçacıklar) gazın etkisiyle boru ve kanal içerisinde hareket ettirilerek istenilen yere ulaştırılmaktadır. Pnömatik taşıma sistemleri, ilk yatırım maliyetlerinin düşük olması, çok fazla bakım ve kontrol gerektirmemesi, taşınan malzemenin çevre etkilerinden korunmuş olması ve çevre sağlığı için temiz bir yöntem olması açısından diğer taşıma yöntemlerine göre avantajlıdır. Ancak, enerji kullanımlarının yüksek olması, borularda aşınmalara neden olması (özellikle yön değiştirici dirseklerde), parçacık-boru ve parçacık-parçacık çarpışmalarından dolayı parçacıkların aşınmaya uğraması sistemin dezavantajlarından (Karakuş ve Akıllı, 2002).

Yüksek enerji maliyetini ve parçacık boru aşınmasını azaltmak için katı parçacıkların yatay boruda pnömatik olarak taşınması sırasında borudan geçen gaz hızının (taşıma hızı) olabildiği kadar düşük olması gerekmektedir. Taşıma hızının yüksek olması, basınç düşümünü arttırdığı gibi taşıma işlemi esnasında daha fazla enerji kullanılmasına ve parçacıkların yüksek hızda hareket etmeleri nedeniyle boru sisteminin ve parçacıkların aşınmasına da neden olmaktadır. Ancak, taşıma hızının çok düşük olması; yatay boru içerisinde taşınan parçacıkların yer çekimi-

nin etkisiyle boru tabanına toplanarak kalıcı bir tabaka oluşturmaya, yatay boruda veya kanalda tıkanmalara ve basınç düşümünün artmasına neden olmaktadır (Walton, I.C., 1995).

Pnömatik taşıma sistemlerinin ekonomik olabilmesi için yatay boru boyunca parçacık çökmesinin oluşmaması gerekmektedir. Bununla birlikte; Pnömatik taşıma yöntemiyle taşınan dökme malzeme için kabul edilebilir optimum taşıma hızının belirlenmesi genellikle deneysel sonuçlara ve tasarımcının deneyimlerine dayanmaktadır. Birçok araştırmacı, belirli bir malzeme için optimum taşıma hızının ve basınç düşümünün hesaplanması konusunda en iyi yöntemin; taşıma sisteminin bir prototipi üzerinde çalışılması gerektiğini belirtmişlerdir (Cobresos and KUnzing, 1994).

Bu çalışmanın temel amacı, Mikroman Maden A.Ş., işletmesinde kuvars madeninden kaynaklanan tozlu ortamı, Pnömatik Taşıma ile bertaraf etmektir. Bu kapsamda, açık ocakta üretilen ve Mikroman Maden Mikronize Tesis'inde işlenen malzemelerin önemli bir bölümü, bu tesiste kurulan Pnömatik Taşıma Sistemi ile minimize edilerek, kuvars tozlarından kaynaklanabilecek olası çevre sorunlarının ve sağlık etkilerinin asgari düzeye indirilmesinin araştırılmasıdır.

## 1. MATERYAL ve METOD

Kuvars vb. işletmelerdeki ortam hava kalitesini etkileyen en önemli faktör ortamda bulunan tozdur. Bu tarz işletmelerde toz, genellikle kuru tip öğütme ve seperasyon proseslerinde aktarma, boşaltma, transfer noktalarında ve silo altlarından ürün, ara ürün ve atıkların paketlenmesi boşaltılması, taşınması ve depolanması sürecinde çıkan tozlardan kaynaklanmaktadır.

Mikroman Maden üretim tesislerinde çeşitli zamanlarda periyodik ölçümler yapılmaktadır. 02.07.2012 tarihinde, iç ortam havasında, belirlenen bölümde, beş personel üzerinde yapılan sekiz saat süreli solunabilir toplam toz ölçüm sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Ölçümler; OSHA (Occupational Safety and Health Administration) PEL (Permissible Exposure Limit) çerçevesinde GILIAN 3500 Model cihaz kullanılarak yapılmıştır.

Tesiste beş personel üzerinde yapılan sekiz saatlik maruziyet solunabilir toz ölçümleri sonucu elde edilen değerler, OSHA'da belirtilen sınır değer ile karşılaştırılmıştır.

Çizelge 1. Tesiste Yapılan Maruziyet Toplam Toz Ölçümleri (Çevtest, 2012).

Ölçüm No	Ölçüm Tarihi	Ölçümü Yapılan	Bölüm	Parametre	Ölçülen Değer	OSHA Sınır
					(µg/Nm <sup>3</sup> )	Değeri (µg/Nm <sup>3</sup> )
1	2.7.2012	Çalışan-1	Triyaj Kumanda	S.abilir Toz	1961,5	5000
2	2.7.2012	Çalışan-2	Optik-1	S.abilir Toz	300,7	5000
3	2.7.2012	Çalışan-3	Triyaj Ayıklama	S.abilir Toz	833,3	5000
4	2.7.2012	Çalışan-4	Değirmen Kule 1-2	S.abilir Toz	673,7	5000
5	2.7.2012	Çalışan-5	Mikronize Tesis İçi (Değirme Kolu)	S.abilir Toz	1400	5000

Yapılan maruziyet solunabilir toz ölçümlerinde ölçüm yapılan personellerin maruz kaldığı toz değerlerinin OSHA sınır değerlerini sağladığı tespit edilmiştir.

Ortamdaki toz miktarını minimize etmede kullanılan çeşitli yaklaşımlar mevcuttur. Mikroman Maden Kuvars İşletme Tesisinde, ortamdaki toz miktarını minimize etmede kullanılacak sistem Yoğun faz Pnömatik Taşıma Sistemi olarak belirlenmiştir.

### 1.1. Pnömatik Taşıma Sistemi

Pnömatik taşıma, endüstride değişik ebatlardaki katı parçacıkların kanal veya boru içerisinde taşınmasında kullanılan yaygın yöntemlerden biridir. Pnömatik taşıma sistemleri genellikle inşaatlarda, vagon ve gemilerin boşaltılmasında, kuru, kolay akabilen çimento, kömür tozu, kül, talaş, tahıl, alümina, döküm kumu v.s. gibi toz ve taneli malzemelerin taşınmasında kullanılmakta olup iletim kapasiteleri çok geniş sınırlar arasında değişmektedir. (Tuç vd., 2000). Diğer bir ifade ile pnömatik taşıma sistemleri, toz ve granül malzemelerin basınçlı hava ile borular içerisinde gönderilmesi için tasarlanmış olan taşıma kaplarıdır. Pnömatik taşıma sistemleri temel olarak ikiye ayrılmaktadır:

#### a) Vakumlu sistem

Vakumlu sistemlerde, hava ve katı parçacıklar boru hattı içine emilir. Boru hattının sonunda, katı ve sıvı akışının ayrılması bir siklon veya filt-

re aracılığıyla gerçekleştirilir. Yer çekiminin etkisiyle katı parçacıklar düşerken, hava akışı vakum pompasının olduğu yöne doğru çekilir.

#### b) Basınçlı sistem:

Basınçlı sistemde atmosferik hava, fan aracılığıyla sürekli olarak taşınır. Fanın arkasında ise katı parçacıklar hava akışının içine enjekte edilmektedir. Boru hattının sonunda, katı ve sıvı akışının ayrılması siklon veya filtre aracılığı ile gerçekleştirilir. Yer çekiminin etkisiyle katı parçacıkları düşerken, hava fazı atmosfere geri dönerek yukarı doğru akar. Çoklu besleme noktalarından tek bir boşalma mümkündür. Tek bir besleme noktasından çoklu boşaltma noktalarına ulaşmak mümkündür. (Anon, 2014). Sistemin çeşitli modelleri mevcuttur. Bunlar;

D Modeli-Standart, DF Modeli-Dolum Filtreli, DP Modeli-Çıkış Vanalı, DW Modeli-Tartımlı, DBC Modeli-E-Kompakt, DMS -Çoklu Dens Taşıma (Optima Mühendislik, 2014). Bu modellerden D Modeli (Standart) projemizde kullanılmıştır. D Modelinin özellikleri belirtilmiş olup, resmi Şekil 1'de verilmiştir.

Şekil 1. Pnömatik Taşıyıcı Modül (Optima Müh., 2014).



#### 1.1.1. D Modelinin Özellikleri

Özel tasarım giriş vanası, 50 m<sup>3</sup>/sa. taşıma kapasiteli, 500 m taşıma mesafeli, 6 barg'ye kadar basınç dayanımlı, PLC tabanlı elektro-pnömatik kontrol merkezi kumanda sistemi ile haberleşebilme izleme ve kontrol için dokunmatik ekranlı ara yüz (Opsiyonel) özelliklerine sahiptir. (Optima Mühendislik, 2014).

Pnömatik taşıma sisteminin çalışma prensibi 4 ana aşamadan oluşmaktadır. Bunlar;

### 1. Aşama (Dolum):

İlk olarak giriş vanası şişme contası indirilir ve basınç şalterinden contanın indiği bilgisi ( $p < 4$  bar) gelmesi beklenir. Daha sonra üst vana ve havalandırma vanası açılır. Vanaların açıldığı bilgisini ilgili sensörlerden alır. Bu vanalar, kontrol panosu üzerinden zaman ya da seviye seçilerek, belirli bir süre (20 sn) ya da seviye sensöründen sinyal gelene kadar açık tutulur.

### 2. Aşama (Basınçlandırma):

Giriş vanası kapatıldıktan sonra conta şişirilerek sızdırmazlık sağlanır. Vanaların kapalı konum bilgisi geldiğinde tesisattan hava verilerek iç basınç yükseltilmeye başlanır.

### 3. Aşama (Taşıma):

Kap basıncı yeteri kadar yükseltildiğinde kap içerisindeki malzeme sevk hattına doğru hareketlenir ve taşıma işlemi başlar.

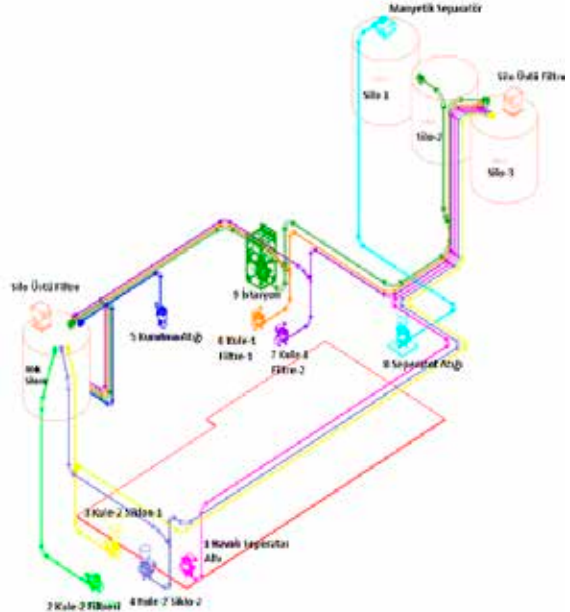
### 4. Aşama (Döngü Sonu):

Kap basıncının 0.25 barın altına düştüğü bilgisi geldikten sonra boruda kalan malzemeyi temizlemek amacı ile 5 saniye daha temizleme havası verilir ve gönderme işlemi sonlanmış olur.

## 2. Mikroman Maden Tozsuzlaştırma Projesi

Proje kapsamında tozun en çok görüldüğü, siklon, kurutma ve filtre birimlerini kapsayacak şekilde pnömomatik taşıma sisteminin kurulmasına karar verildi. Sistem, Mikronize Tesis, ürün, ara ürün ve atıkların silodan bigbaglere boşaltılması, forklifte taşınması, besleme bunker veya siloya beslenmesi, boşaltılması, elavatorle değirmen besleme silosuna (Atıkların silo altından boşaltılması ve transferi ve tekrar boşaltılması ve nakledilmesi) transfer edilmesini kapsayacak şekilde tasarlandı. Sisteme ait iş akış şeması ise, Şekil 2'de gösterilmiştir.

Şekil 2'de gösterilen iş akış şemasını kısaca özetlenecek olursak; 1 numara ile kodlanan havali seperatörden çıkan  $-100\mu$  ( $100\mu$  altı malzeme) boyutlu malzeme doğrudan değirmen besleme silolarına (Silo-1, Silo-2, Silo-3) gönderilecektir. 3 ve 4 numaralar ile kodlanan Siklon 1, Siklon 2 ile 6 ve 7 numaralar ile kodlanan Tesis Filtresi 1 ve 2'den çıkan malzeme ise, istenirse değirmen besleme silolarına, istenirse atık toplama silosuna gönderilecektir. 5 numara ile gösterilen kurutucudan çıkan atık malzeme ise, direkt atık toplama silosuna gönderilecektir. Sistemden bigbagler olarak alınmış olan ara ürün veya atık



Şekil 2. Proje Sahası Detay Görünümü (Mikroman, 2014).

malzeme, 9 numaradaki merkezi konumdaki istasyon ile ister atık toplama silosuna istenirse ise değirmen besleme silosuna gönderilebilecektir. Tesisten çıkan manyetik seperatör atıkları ise, değirmen besleme silosu üzerinde bulunan manyetik seperatör ile taşınabilmektedir. Bu sayede atık malzemeler toz oluşturmadan tamamen kapalı bir sistemle atık olarak veya geri değerlendirilebilir ürün olarak değirmen ünitesinde değerlendirilebilmektedir.

Pnömomatik taşıma sisteminin kurulması sonrasında sistemi oluşturan her bölüm devreye girilmemiş olup, kademe kademe devreye konulması tasarlanmıştır. Bu kapsamda, devreye alınan Mikronize Ünitesi ve Değirmen Ünitesinde kişisel toz maruziyet ölçümleri yapılmıştır.

Tesiste yapılan maruziyet toz ölçümleri NIOSH (The National Institute for Occupational Safety and Health) 0500 ve MDHS 14/3 metoduna göre yapılmıştır. Kişisel dozimetrik toz ölçümünde GILIAN 5000/GILIAN Gilair Plus Model cihaz/cihazlar kullanılmıştır. Cihazın doğruluk değerleri; (Hava akışı) : +/- 5 % Sabit Akış Kontrolü: ayarlanmış akışın  $< +/- 3\%$ 'ü şeklindedir. Cihazın son 6 aylık kalibrasyonu ilgili firmaca yaptırılmıştır. Ölçüm sonuçlarını gösterir değerler Çizelge 2'de gösterilmiştir.

Ortamın hava kalitesini bozan diğer bir etken olan forklift ile taşınmada da bir dizi önlem düşünüldü. Paketleme ve istiflemeye – sevkiyatta kullanılan dizel forklift yerine, hız sınırı limitlen-

dirilen (10 km/sa) elektrikli forklift kullanılmaya başlandı. Böylece, ortam hava kalitesine olumlu etki etmiştir.

Çizelge 2. Tesiste Yapılan Maruziyet Toplam Toz Ölçümleri (Çevtest, 2014).

Ölçüm No	Ölçüm Tarihi	Ölçüm Yapılan	Bölüm	Parametre	Ölçülen Değer ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )	OSHA Sınır Değeri ( $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ )
1	28.11.2014	Çalışan-1	Mikronize Tesis İçi	S.bilir Toz	833	5000
2	28.11.2014	Çalışan-2	Mikronize İşletme Sahası	S.bilir Toz	833	5000
3	28.11.2014	Çalışan-3	Mikronize Değirmen Ün	S.bilir Toz	833	5000
4	28.11.2014	Çalışan-4	İnce Kıрма Ünitesi	S.bilir Toz	833	5000
5	28.11.2014	Çalışan-5	İş Makinesi (Logar)	S.bilir Toz	833	5000

## SONUÇLAR

Tozsuzlaştırma faaliyetleri sonucunda ortam hava kalitesinde gözle görülür iyileşmeler oldu. Yukarıdaki çizelgeler incelendiğinde çalışma yapılan mikronize ve değirmen ünitelerinde, bir önceki ölçüm değerleri ile bir sonraki ölçüm değerleri kıyaslandığında toz ölçümlerinde belirgin düşüşler tespit edilmiştir. Örneğin, proje öncesi yapılan ölçümde gösterilen Mikronize Tesis ve Değirmen Ünitesi arasında yapılan ölçümde  $1400\mu\text{g}/\text{Nm}^3$  ölçülen değere karşılık, proje sonrası çalışma kapsamında yapılan ölçümde bu değer  $833\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ 'e kadar düştüğü görülmektedir. Bu da sistemin amacı doğrultusunda ve hava kalitesine olumlu seyredeceği fikrini desteklemiştir.

Pnömatik sistem tozsuzlaştırmanın yanında işletmeye başka faydalar da sağlamıştır. Bunlar;

- Kapalı bir sistem olması
- Fazla yer kaplamaması
- Bigbag kullanma ve yıpranma maliyetinin olmaması
- Forklift taşıma maliyetlerinin olmaması
- İşçilik gerektirmemesi

- Ortam hava kalitesinin iyileştirilmesi
- Minimum bakım gerektirmesi
- Sinyalizasyon ve otomasyona müsait olması.

Tozun en çok görüldüğü mikronize tesis, ürün, ara ürün ve atıkların silodan bigbaglere boşaltılması, bigbaglerin forkliftle taşınması, bigbagden siloya boşaltılması, elevatorle değirmen besleme silosuna transfer edilmesi aşamaları harfiyen uygulanarak (Atıkların silo altından boşaltılması ve transferi ve tekrar boşaltılması ve nakledilmesi) çalışma ortamında gözle görülür bir hava kalitesi oluşmuştur. Bu sayede, çalışma alanında günde 7,5 saat çalışan personellerimizin toza maruz kalma olasılığı minimize edilerek, silikozis tarzı meslek hastalıklarına yakalanma olasılığı azalmıştır. Günümüzde ülkemizde özellikle maden sahalarında yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıkları göz önüne alındığında, çalışmanın maden işletmecilerine referans olacağı ve ülkeye itibar getireceği muhakkaktır.

## KAYNAKLAR

Anon, 2014. "Değirmencilikte Pnömatik Taşıma"<http://tr.millermagazine.com/?p=1031>.

Cobresos, E.J. and KUning, G.E., 1994. "Pickup and Saltation Mechanism of Solid Particles in Horizontal Pneumatic Transport", Powder Technology, Vol.79, pp.173-186.

Çevtest, 2012. Mikroman Maden San. ve Tic. Ltd. Şti. Emisyon Ölçüm Raporu, Ek-4, Rapor Nu:2012/103,Çev-Test Ölçüm Laboratuvarı, Bornova, İzmir.

Çevtest, 2014. Mikroman Maden San. ve Tic. A.Ş., Emisyon Ölçüm Raporu, Ek, Rapor Nu:2012/103,Çev-Test Ölçüm Laboratuvarı, Bornova, İzmir.

Karakuş C. ve Akıllı H., 2002. "Pnömatik Taşıma Sistemlerinde İki Fazlı Katı-Gaz Akışında Optimum Taşıma Hızının Belirlenmesi", Mühendis ve Makine Dergisi, Cilt 43, Sayı 514.

Mikroman, 2014. Mikroman Maden A.Ş. Tozsuzlaştırma Projesi.

Optima Mühendislik, 2014. Denskonveyör Taşıma Sistemi, Katalog Hazırlama, Sincan.

Tuç, B.,Gemalmayan, N., Özdemir, K., 2000. "Pnömatik Taşıma Sistemlerinin Dökme Malzeme Taşımadaki Rolü", Mühendis ve Makina, sayı:490, s.41-47.

Walton, I.C. , 1995. "Eddy Diffusivity of Solid Particles in a Turbulent Liquid Flow in a Horizontal Pipe", AIChE Journal, Vol.41, No.7, pp.1815-1820.