

PNOMATİK İLETİM

Hüseyin AKKOÇ

1946 doğumludur. Liseden sonra ALARKO'da görevlendirilmiştir. 1967 yılında Yıldız Üniversitesi Makina Mühendisliği Fakültesi'nden mezun olmuştur. 1967-76 yılları arası ALARKO'da baş mühendis olarak çalışmıştır. 1976'da ED-VAN Vantilatör Sanayii Tic. Ltd. Şti.'nin kurucu ortağı olarak Edremit-Çikrikçi Köy bölgesinde 5.000 m2 kapalı alan üzerinde bugünkü çelik konstrüksiyon atelyelerinin kurulması gerçekleştirmiştir. Halen aynı firmaya etkin katkıları devanı etmektedir.

Nuri ARUN

1918 doğumludur. 1943 yılında Berlin'de Beuth-Ingenieurakademie'den mezun olmuştur. 1943'de TCDD Cer Teşkilleri'nde, 1948-58 İzmir 3. İşletme Motorlu Taşıt Atölyesi Müdürü, 1958-60 Cer müfettişi, 1960-67 Cer Makina ve İkmal Seksiyonu Müdürü, 1967-72 Cer Dairesi Başkanlığı Motorlu Tren ve Dizelizasyon Seksiyonu Teknik Müdürü, 1973 Teknik Müşavir olarak TCDD'den ayrıldı. 1973-88 Bisan'da Konstrüksiyon Başmühendisi olarak çalıştı. Halen ED-VAN Vantilatör Sanayii Tic. Ltd. Şti.'de Fahri Teknik Danışman olarak çalışmalara katılmaktadır.

ÖZET

İlk pnömatik iletim tesisatı 19. yüzyılın ikinci yarısında yapılmıştır. Bu tür iletim pratik olarak gemi boşaltmalarında uygulanmıştır. Kurulan tesisler bilimsellikten hayli uzak bulunuyordu. Bugün için bir pnömatik tesisin gereken ölçülerini belli ilkelere dayanarak yeterli doğrulukta saptamak olanağı vardır. Günümüzde endüstrinin bir çok dallarında pnömatik iletim geniş çapta kullanılmaktadır.

Öte yandan çevre havasının temiz tutulmasında filtre uygulaması son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Aynı olgu çevrenin korunması dikkate alındığında pnömatik iletim için de geçerlidir. Halen filtre teorisi üzerinde yoğun çalışmalar sürmekle beraber bugün için toz ayırıcı filtreler doğrudan pratik bilgilere dayanılarak gerçekleştirilmektedir.

Son 20 yıldan bu yana pnömatik iletim alanında teorik hesap araştırmalarına hız verilmiştir. Bu araştırmaların yardımıyla firmalar detaylı hesaplara saptanmadan endüstriden gelen istekleri yerine getirebilmektedir.

1. GİRİŞ

1.1 İletim Tekniğinin

Ana İlkeleri

1.1.1 İletim Tekniğinin Görevleri

İletim tekniğinin endüstrideki görevi, bir mal gerektiğinde üretim yerine ve buradan stok ambarına iletilmesine yardımcı olmaktır. Tüm üretim kademelerinde iletim tekniğine rastlanmaktadır. Bir üretim kuruluşunun planlamasında mal akış probleminin çözümü en önemli konudur.

İletim malı veya maddesinin çeşitleri yeryüzünde üç belirgin halde bulunmaktadır;

katı

sıvı

gaz

Sıvı ve gaz halinde bulunan maddeler doğrudan pompa veya kompresör yardımı ile iletilir. Bu iki madde burada iletim tekniği kapsamı dışındadır. İletim tekniği katı maddelerin iletimini içerir. Katı maddeleri iki bölüme kavramak mümkündür.

- parça halinde olan mallar,
- yığın halinde olan taneli ve tozsuz mallar.

Bu mallar, üretim yolunun bir ucundan başlanarak öteki ucunda bulunan bir mekana ulaştırılır. Bir iletimin gerçekleştirilmesi için bir araca gereksinim vardır. Bu araç üç biçimde çalıştırılabilir;

mekanik

hidrolik

pnömatik

1.1.2 Pnömatik ve Mekanik Sürekli İletim

İletim tekniği sürekli ve süreksiz olmak üzere iki ayrı amaçlı olabilir. Örneğin; bir vincin ağır bir makina parçasını bir döküm atölyesinden alarak başka bir mahale taşınması süreksiz bir iletimdir. Buna karşın bantlı bir konveyör, bir malın kesintisiz akışını sağlama durumundadır. Böylece pnömatik iletim, bantlı konveyörde veya spiral ileticide olduğu gibi sürekli iletici kategorisinde yerini alır.

Projeyi hazırlamakla görevli bir mühendis iletim sorununu çözümlerken mevcut yığın malın iletimi için mekanik sistem ile pnömatik tesisat arasında seçimini iyi yapmalıdır. En iyi sisteme karar vermek oldukça güç bir olgudur. Çünkü her sistemin kendine özgü faydalı ve kusurlu yönleri vardır. Aşağıdaki Tablo 1.1'de karar verme kriterlerinin bir değerlendirilmesi yapılmıştır. Herhangi bir endüstri kolunda iletim yöntemini saptarken bu kriterlerin önemini göz ardı etmemek gerekir. Örneğin; bir kum ocağında mekanik sürekli ileticiye (bantlı konveyör) karar verildiği halde, plastik endüstrisinde pnömatik iletici tercih edilir. Tercih nedenleri Tablo 1.1'de açıkça görülecektir.

bakınız: 5

2. PNÖMATİK İLETİM YÖNTEMİNİN İLKELERİ

Pnömatik iletim kavramı aşağıda özetlendiği gibi açıklanabilir;

- Pnömatik özellikle hava ile bağıntılı olduğundan iletim aracı olarak hava, pnömatik tekniğinin temelini oluşturacaktır.
- İletim hattı boyunca oluşan, basınç düşümüne genellikle basınç kaybı denir. Ancak bu, pnömatik iletimde önemsiz olmayan bir enerji kaybı anlamına gelmez.

2.1. Akışkanlar Biliminin İlkeleri

Bir pnömatik iletim tesisinde çok fazlı akışkanlar yasası geçerlidir. Katı faz (yığın mal), gaz halindeki faz (hava) içindeki akışını sürdürür.

2.1.1 Dinamik Basınç

Şekil 2.1 havanın bir Prandtl tüpü içinden nasıl akış yaptığını göstermektedir. Üç adet içlerinde su bulunan U tüpü vasıtasıyla aşağıdaki atmosferik basınç farkları ölçülür:

- Toplam basınç Δp_t , tüpün eksenli boyunca, tüpteki akımın zıt yönünde
- Statik basınç Δp_s , tüp çeperinin yönünde,
- Dinamik basınç Δp_{din} , yukarıdaki her iki basınç arasındaki fark.

Dinamik basınç için şu denklem geçerlidir;

$$\Delta p_{din} = \Delta p_t - \Delta p_s = \frac{\rho_H}{2} \times v_H^2 \quad (2.1)$$

Dinamik basınç salt hava akımı içindeki dirençler için bir kıyaslama değeri olup pnömatik iletim tesislerinin hesaplanmasında ilke teşkil edecektir.

2.1.2 Salt Hava Akımındaki Basınç Kaybı

Yuvarlak kesitli bir boru içindeki hava akımının neden olduğu basınç kaybı için şu denklem geçerlidir.

$$\Delta p_H = \lambda_H \times \frac{\Delta l}{d} \times \frac{\rho_H}{2} \times v_H^3 \quad (2.2)$$

Denklem (2.2)'ye göre Δp_H , dinamik basınç ile orantılıdır. λH , basınç kaybı katsayısıdır. Tüm pnömatik iletim tesislerinin hesabında $\lambda nH = 0.02$ yeterli görülmektedir. Burada; $\Delta p_H =$ İletim havasının akım sürecinde oluşan basınç kaybıdır (Pascal) $\Delta l =$ İletim hattı üzerindeki tüm dirençlerin iletim borusu üzerine indirgenmiş olduğu halde toplam boru uzunluğu (m) $d =$ İletim borusunun iç çapı (m)

$p_H =$ İletim havasının özgül ağırlığı (1.2 kp/m³)

$V_H =$ İletim havasının hızı (m/s)

2.1.3 Pnömatik İletimin Kısa Açıklaması

Tane malın dikey olarak iletilebilmeği, ancak belli bir hava hızının oluşması ile mümkündür. Bu hız Şekil 2.2'de görüldüğü gibi çökme veya yüzme hızından daha büyük olmalıdır.

Kesit üzerinden bakıldığında her borunun içinde belli bir hız profili gerçekleşir (Şekil 2.3). Hava hızı genel uygulamada hesaba alınan kesit üzerindeki (v) ortalama hızdır.

bakınız: 6

bakınız: 7

bakınız: 8

Yatay boruda, mal ianeleri bu hızın yarattığı sürtünme etkisiyle daha çok borunun iç çeperinde çöküş yapar. Bununla birlikte hız profili de olumsuz etkilenmiş olur.

Yatay borulu sistemde, daha güçlü bir pnömatik iletim elde etmek için gerekli hava hızını dikey sistemdeki hava hızından daha yüksek tutmalıdır. Ancak pratik uygulamalarda çoklukla yatay ve dikey sistemler kombinasyonuna yer verilmektedir. Bu nedenle, işletmecilik yönünden dikey ve yatay iletim olgusunu birlikte gerçekleştirebilecek hızlarla çalışmak gerekir.

İletim borularının eğik tarzda döşenmesinden mümkün olduğu kadar sakınmalıdır. Çünkü mal tanesi ağırlığı ile çeperlerdeki sürtünmeler birleşerek akışa karşı direnci artırır ve bu nedenle daha yüksek hava hızı gerektirir.

Taneli bir malın güvenceli işletme çerçevesinde iletilebilmesi için yaklaşık 100 mm çapındaki boru içerisinden yüzme hızının 2~2.5 katına eşdeğer bir hız (genel olarak 20 m/sn) uygulanır. Tozsuz malların iletiminde aynı hız geçerlidir.

Hava hızı, malın hareket halinde olmasını sağlamak için gereklidir.

Pnömatik iletim, mekanik iletimle karşılaştırıldığında, aşağıdaki belirgin faydaları vardır:

- Dıştan sıkıca kapalı sistem içindeki iletim olgusunda mal kaybı olmamaktadır (öncelikle tozsuz mallar).
- Yer gereksinimi az, her yere kurulabilir, iletim boru hatlarının herhangi bir yöne yöneltmek olanağı vardır.
- Hareketli parçaların çok az olması çalışan personel kadrosunu minimumda tutmak olanağı vardır.
- İletim olgusunun tümüyle otomatikleştirme olanağı vardır.
- İletim sürecinde prosesin duraklatılmaması (örneğin kurutma) olanağı vardır.
- Komplike iletim branşmanlarında ve islenilen yerde konstrüksiyonun basit bir çözümlerle gerçekleştirilme olanağı vardır.
- Yaygın horu iletim hattının az bir yatırımla gerçekleştirilmesi olanağı vardır.
- Yerden tasarruf ve tesisin yeterince ışık alma olanağı sağlanır.

Her ne kadar pnömatik iletimde güç gereksiniminin daha fazla olması ve aşındırıcı malların etkisiyle tesisatın yıpranması düşünülebilirse de yukarıda belirtilen faydalar pnömatik iletime daima üstünlük kazandırmaktadır.

2.1.4 Mal Tanesinin Yüzme Hızı

Mal tanesini yüzme durumuna getirebilmek için alttan üfleyen bir hava akımına verilmesi gereken yüzme hızı V_y , sürtünme vb. kayıplar düşünülmezse serbest düşme hızına eşittir. Şekil 2.4'de görüldüğü gibi akış hızının direnci, statik yüzdürme dikkate alınmadığı varsayıldığında akış direnci F_w , tanenin ağırlığı FG 'ye eşit olacaktır.

Boru içinden akan havanın v ortalama hızı egemen olurken ianenin özgül ağırlığı ρ_s , havanın özgül ağırlığı ρ_H 'dan daha büyük ise;

$$V = V_Y = \sqrt{\frac{4 \times g \times d \times \rho_s}{3 \times c_w \times \rho_H}} \quad (2.3)$$

V_Y :	Tanenin yüzme hızı	m/s
g :	Yerçekimi ivme hızı	9.81 m/s ²
d_s :	Tanenin irilip çapı	m
ρ_s :	Tanenin özgül ağırlığı	kg/m ³
ρ_H :	Havanın özgül ağırlığı	kg/m ³
c_w :	Direnç katsayısı	
	Küresel tanelerde 0.45	
	taneler ovalleştikçe	0.65
	silindirikleştikçe 0.90	

Örneğin Aşağıdaki verilere göre polietilen granül tanesinin yüzme hızını hesap etmek için (2.3) denklemi uygulanır.

Tanenin çapı : $d_s = 3 \text{ mm} = 0.003 \text{ m}$

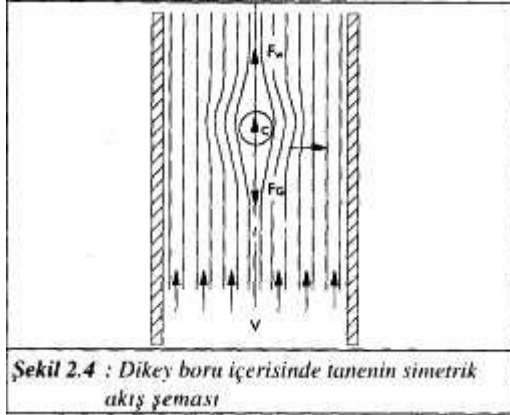
Tanenin özgül ağırlığı : $\rho_s = 1000 \text{ kg/m}^3$

Havanın özgül ağırlığı : $\rho_H = 1.2 \text{ kg/m}^3$

Direnç katsayısı : $c_w = 0.6$

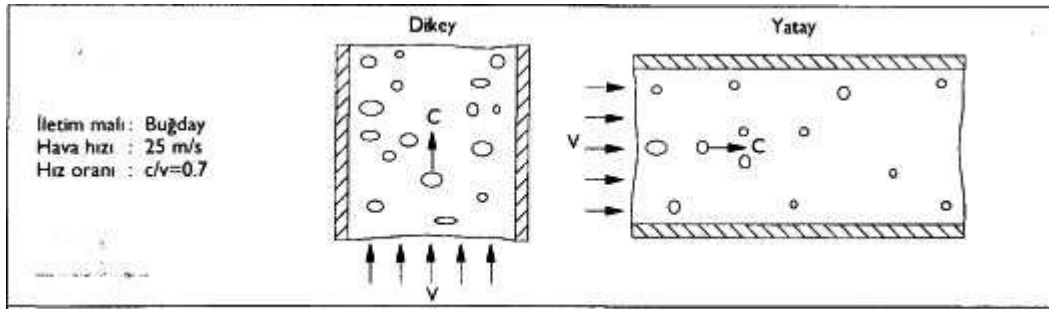
değerleri alındığında; tanenin yüzme hızı

$$V_Y = \sqrt{\frac{4 \times 9.81 \times 0.003 \times 1000}{0.6 \times 1.2}} = 7.4 \text{ m/s bulunur.}$$



2.1.5 Yüzer Ortamlı İletim

Şekil 2.5 yüzer ortamlı iletim, pnömatik iletimin klasik bir türüdür. Yüksek hava hızı etkisiyle taneler boru kesiti üzerinde hemen hemen tekdüzende hava akımının içine dağılır. Tanelerin her biri düzgün aralıklarla borunun iç çeperlerine ve öteki tanelere çarpar.



Şekil 2.5: Yüzer ortamlı iletim

Hava hızının 20 ile 35 m/s olması ve yüzer hızının genellikle 10 m/s'nin biraz üzerinde olması nedeni ile ianelerin dikey durumda geri düşmesi tehlikesi yoktur.

Olanaklı karışım oranı μ , yüzer ortamlı iletimi sınırlamaktadır. 15 yıl öncesine kadar teknik literatürde bu oran;

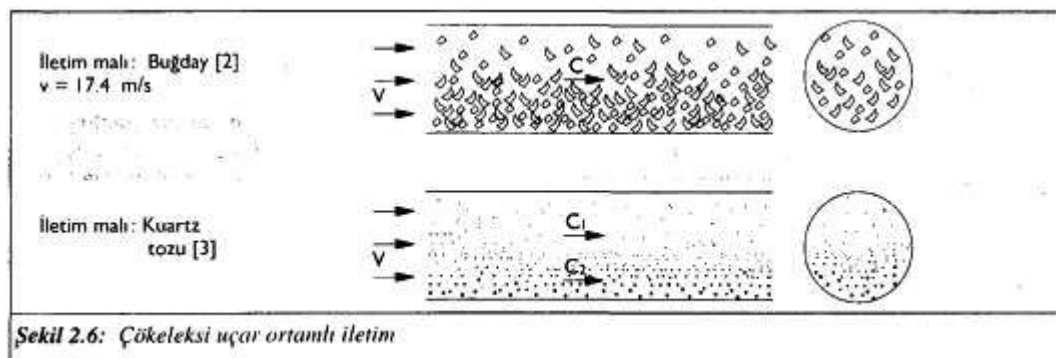
$$\mu = \frac{Q_m}{Q_H} = 10$$

Q_m : Mal kitle debisi kg/s
 Q_H : Hava kitle debisi kg/s

olarak bildirilmekle beraber son sunulan yeni tebliğlerde bunun aşıldığı anlaşılmaktadır. Her ne kadar bu sınırdan $\mu=30$ olabileceği bildirilmekte ise de bu oranın aşılması halinde ianelerin boru içindeki dağılım düzenini yitirerek sıçramalar oluşturur. Pnömatik emme yöntemli gemi boşaltma tesislerinde karışım oranının $\mu=28$ 'e ulaştığı ölçü sonucunda saplanmıştır. Ancak her iletim malı, özellikle ince taneli ve kohezif mallar yüksek karışım oranı ile iletilmez.

2.1.6 Çökeleksi Yüzer Ortamlı İletim

Havanın hızı 20 ile 23 m/s'nin altına düşürüldüğünde tanelerden her biri daha çok borunun alt yarısında artarak hareket eder. Şekil 2.6'da görüldüğü gibi bunlar, tane büyüklüğü ve özgül ağırlıklarına göre hava akımından ayrılıp alta düşerlerken bir bölümü çökeleksi durumda iletim borusunun içinden ilerlemeyi sürdürür.



Şekil 2.6: Çökeleksi uçar ortamlı iletim

İletim borusundaki bu çökekleşme, tanelerin bir tür yığılmasıdır. Çökekleşim olgusu zamanla değişerek tamponsu ve hatla tıkaçsı bir durum sergiler (1). Detaylı ölçümlerle kanıtlanmıştır ki, karışım oranı arttırıldıkça ve hava hızı düşürüldükçe, havanın boru kesitindeki akım profili simetrikleşir.

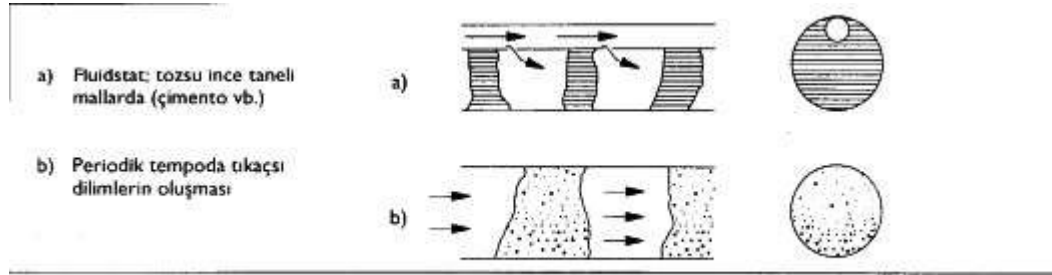
Düşük hava hızı yönünde Çökeleksi yüzer ortamın sınırı tıkanma sınırındır. Geçmiş yıllarda yapılmış olan deneylerden edinilen bilgilere göre tıkanma sınırı iletim tesisine tabi olmayan bir olgu değildir. Bu hal özellikle vantilatörün karakteristiğine bağlıdır.

2.1.7 Tıkaçsı Ortamda İletim

Yaklaşık 20 yıldan bu yana yapımlanan pnömatik tıkaçlı ortamlı tesislerden alınan sonuçlara göre bu tür iletim stabil bir olgudur.

Bir boru, mal ile doldurulup dipten hava ile üfürülünce hava, mal kolonunu bir tıkaç haline dönüştürür. Yapılan deneysel araştırmalarda bir katı akımlı olan bu yöntemi gerçekleştirmek için iletim hattının sonuna bir verici yerleştirme gereği saptanmıştır. Eğer bu gereklilik yerine getirilmiş olmazsa tanelerin porlu akımıyla mal kolonu tamponlara ayrışır.

Tıkaçlı kolon, tüm boru kesitini doldurunca kendi iç basıncının etkisi ve farklı akım nedeni ile çok sayıda tıkaçlı dilimlere ayrılır. Ancak borunun üst kesitinde mal kitlesi gevşek olduğundan, buradan daha çok hava akış yapar. Tıkaçlı dilimler, iletim borularında daha çok parçalanmakla birlikte sürekli yeniden oluşurlar (Şekil 2.7).



Şekil 2.7: Bir iletim tesisinde, iletim hattı boyunca zincirleme tıkaçlı kolonun parçalanması

Havanın sıkıştırılabilir olmadığı varsayımıyla körük gücünün hesabı, aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$P = \Delta p \times V \quad (2.4)$$

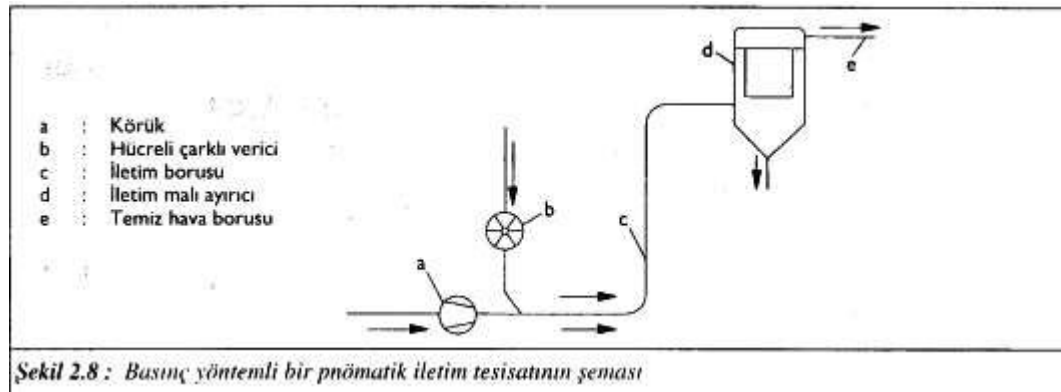
Tıkaçlı iletimin gerektirdiği enerji, yaklaşık yüzer ortamlı iletimdeki enerji gereksinimine eşittir, bu demektir ki, güç ekonomisi yönünden düşünüldüğünde tıkaçlı iletim yöntemine karar vermek ile vermemek arasında öznlü bir fark yoktur.

2.1.8 Akış Nitelikli İletim

Mal kitlesi yani iletim malı, ö/ellikleri itibarı ile bazı kez katı bir cisim ve bazı kez de akış yatağında sıvı akışkan gibi karakter sergiler.

2.2 Pnömatik İletim Tesisatında Malın Akışı (Fluidstat)

Bir pnömatik iletim tesisinin ana işlevi Şekil 2.8'deki örnekte olduğu gibi bir basınç yöntemli iletim tesisatının şemasından izlenebilmektedir.



Şekil 2.8 : Basınç yöntemli bir pnömatik iletim tesisatının şeması

Körük a, iletim için emdiği atmosferik havayı gerekli basınçta getirir. Basınç sayesinde hava c iletim hattının içine akar. b hücreli çark basınçla karşı koyarak iletim malını, iletim hattına bırakır. İletim malı ve iletim havası

karışımı iletim hattından akarak d ayırıcısına varır ve burada hava ayrılır. Hava, temiz hava hattından dışarı serbest bırakılır. İletim malı, ayırıcıyı terk ederek depolanmış veya işlenecek bir yere iletilir. İletim malının hareketinin işlevini düzenli sürdürebilmesi için iletim tesisatının en uygun iletim elemanları ile donatılması ve konstrüksiyonun buna paralel olarak iyi bir yöntemle gerçekleştirilmesi gerekir.

2.2.1 İletim Malının Hızlandırılması Malın Hızlandırılmasından Önce, İletim Hattına Kesin Ulaşması Gerçekleşmelidir:

- Akış kesiti mümkün olduğunca büyük tutulmalıdır.
- Malın akış hızı düşük olmamalıdır. Bu, akış yönüne verilecek bir eğim ile sağlanır.
- Malın akışını engelleyen vericideki hava kaçacağını önlemek olanaksızdır. Ancak bunun mümkün olduğunca küçük tutulması gereklidir.
- Vericinin sevk borusunu yatay yönde gerçekleştirmeyi tercih etmelidir. Çünkü yatay uygulamada hızlanma daha çabuk gerçekleşmektedir. Bundan başka aşağı yöne akıtılacak malı 90° kıvrımlı bir dirsek ile gerçekleştirmelidir. Ancak, yukarı yöne boşaltma yapan basınçlı kaplar bunun dışındadır.
- Vericisi dikey aşağı veya aşağı eğimli bir iletim hatlı her zaman için faydalıdır. Çünkü iletim hattı serbest yer çekimi etkisinde daha kolay hız kazanır.

İletim hattına ilk girişle gerçekleştirilebilecek malın debisi aşağıdaki denklem ile hesaplanır.

$$Q_s = \rho_s \times c \times A \quad (2.5)$$

Bu denklemde:

Q_s	: İletim malı kitle debisi	(kg/m ³)
ρ_s	: Yığın mal özgül ağırlığı	(kg/m ³)
c	: Mal hızı (m/s) ;	($c=V-V_v$)
	V İletim havasının hızı	(m/s)
	V_v Malın yüzme hızı	(m/s)
A	: Boru kesiti	(m ²)

2.2.2 Yüzme Ortamlı İletimde Malın Hızlandırılması

İletim malı, iletim halına varınca hava akımı tarafından yakalanarak akıma katılır ve (v-c) hız farkıyla hızlanır. İvme kuvveti, başlangıçla maksimumda olup artan mal hızı (c) ile azalır.

Tesisat yapımcılarını ilgilendiren bir soru; iletim halına vericiden itibaren döşenecek borunun uzunluğu ne kadar olmalıdır? Bu soruya kantitatif olarak yanıt verilemez. Benzer bir soru pnömatik iletim tesisatında vericiden sonra direkt dikey konumda yerleştirilecek olan kıvrımlı dirsek için yöneltilebilir. Burada (2.5) denklemi geçerli olmak koşuluyla vericiden sonraki hava hızının düşük olmamasına özellikle dikkat edilmelidir. İletim hattını mümkün olduğunca kısa ve yatay konumda tutmalı ve kıvrımlı dirsekleri de küçük çaplı olarak tasarlanmalıdır. Çoğu kez vericiden sonra 8 metrelik yatay uzantı olanağı bulunmayabilir. Bununla beraber kıvrımlı dirsekleri vericiden 2 m yatay aralıktan sonra konumlandırmak iyi olur.

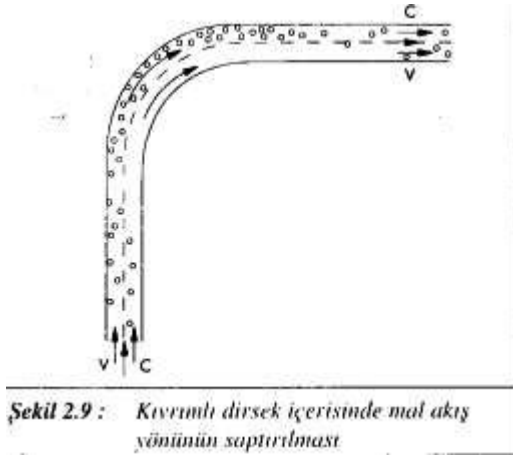
2.2.3 Tıkaçsı İletimde Malın Hızlandırılması

Tıkaçsı iletimde vericiden bırakılan iletim malının anında taşınması için hava hızının 2 ile 9 m/s olması yeterli olmaz. Mal, borunun tabanında toplanır ve arkadan gelen iletim malı ile yavaş hareket ederek bir tıkaç oluşturur. Asıl iletim, tıkaçların olgusu belli bir mesafeye eriştikten ve tüm boru kesitini doldurduktan sonra gerçekleşmeye başlar. Tıkaç olgusunun sonu ile başlangıcı arasında doğan basınç farkı, tıkaçsı kitleyi ileri yürütecek büyüklüktedir. Tıkaçsı kille iletim hattının devamı boyunca parçalanır ve tekrar dikey konumda yeniden oluşur. Tıkaçsı kitlenin 1 ile 3 m/s olan hızı, gerek hava hızının ve gerekse tanenin yüzme hızının altındadır.

Tıkaçsı iletimdeki hızlar küçük olduğundan burada malın hızlandırılması için hiçbir ilave basınç kaybı meydana gelmez. Tıkaçsı kitleler çok veya az düzenli olarak iletim halinin içine yerleşir. İletim hattına, tıkaçlar yeniden oluştuğunda verici, aynı oranda malı arkadan yetiştirir.

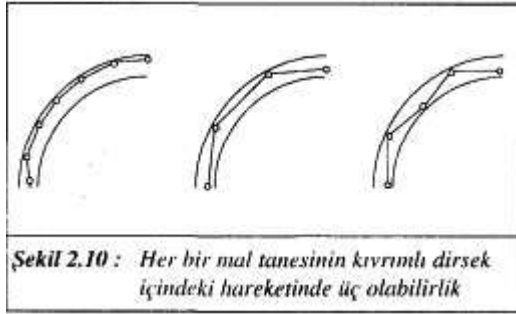
2.2.4 Kıvrımlı Dirsek İçerisinde Malın Akış Yönünün Saptırılması

Pnömatik iletimde yön saptırılması kıvrımlı dirsek ile kolay bir biçimde gerçekleştirilir. Bu esnada iletim malı yüzey ortamında hava akımından ayrılır (Şekil 2.9).



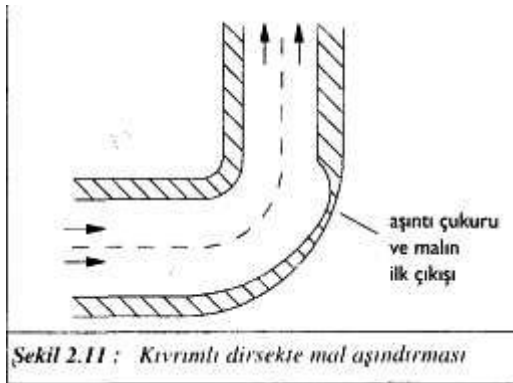
2.2.4.1 Kıvrımlı Dirsek İçinde Akış

İletim havası kıvrımlı dirseğe uyum sağlamakla beraber iletim malı eylemsizlik nedeni ile yön dönüşümüne uyum sağlamaz ve dirseğin dış çeperine çarpar (4), Mal dirseğin dış çeperine çarptığında kinetik enerjisinin bir bölümünü kaybeder. İletim malının büyük bir bölümü dirsekten kurutuluncaya kadar kayar. Bunun ardından mal hava akımı tarafından yakalanır ve yüzer ortamla uyum sağlayarak boru kesitine homojen bir biçimde yayılır. Özellikle elastik yapılu iletim malı, geniş kıvrımlı dirsekten geçerken malın bir bölümü dirseğin iç çeperine sıçrar veya malı dirseğin dış çeperinde yapmış olduğu sıçramalarla boru içine hareket eder (Şekil 2.10).



2.2.4.2 Kıvrımlı Dirsek ve Mal Aşındırması

Tanelerden her birinin dirseğin dış cephesine ilk çarpmasında, iane ve çeper şiddetle zorlanır. Yüzer ortamı iletimde yüksek hızlar (28 m/s denge 100 km/h) bu bölgede çoğu kez tanenin kırılması ve aşındırması olayına neden olur. Bunun tersi abrazif iletim malı, tesisatın bu bölgesinde son derece yüksek aşınma oluşturur (Şekil 2.11 (6) (7)). Dirseğe özellikle yapay aşınma çukuru açarak bu olgu azaltılır. Böylece iletim malı burada yerleşir ve gelen inel öteki mala çarpar.



hattında negatif basınç egemen olur. Basınçlı tesisatta, verici atmosferik basınca kapalı olduğundan akış yönündeki basınç kaybı, iletim hattının her yerinde bir üst basıncın egemen olmasına neden olur. Bu basınç vericinin birleştiği noktada en büyük bir değerdedir, bir pnömatik emme yöntemli tesisatı işletebilecek maksimum basınç farkı teorik olarak $\Delta p_{max}=1$ bar düzeyindedir. **bakınız: 23**

Negatif basınç üretimi ve pnömatik emme yöntemli bir işletme düşünüldüğünde ilke olarak $p=1$ bar ve 0.6 bar (minimum 0.5 bar) pnömatik emme yöntemli bir iletim tesisatı için en ekonomik basınç farkıdır. Vantilatör veya kompresörün ürettiği basınca göre pnömatik iletimi aşağıda sıralandığı gibi ayırt etmek mümkündür.

Bundan başka basınç farkı açısından DIN 24163 aşağıdaki bilgiyi vermektedir.

- 0 ve 0.3 bar basınç üreteçlerine körük veya vantilatör denmektedir.
- 0.3 bar'dan öte basınç üreteçlerine kompresör denmektedir.

Emme yöntemli tesisat, atmosferik basınçla malı ağızladığı için herhangi bir sorun söz konusu değildir. Buna karşın malın iletimine süreklilik kazandırabilmek için tesisatın sonunda bir basınç farkının gerçekleştirilmesi gereklidir. Basınç yöntemli tesisatta asıl sorun malın ağızlatılmasındadır. Bu nedendir ki, yüksek basınçlı sistemlerde çok çeşitli ve enteresan tipte vericiler tasarlanmıştır.

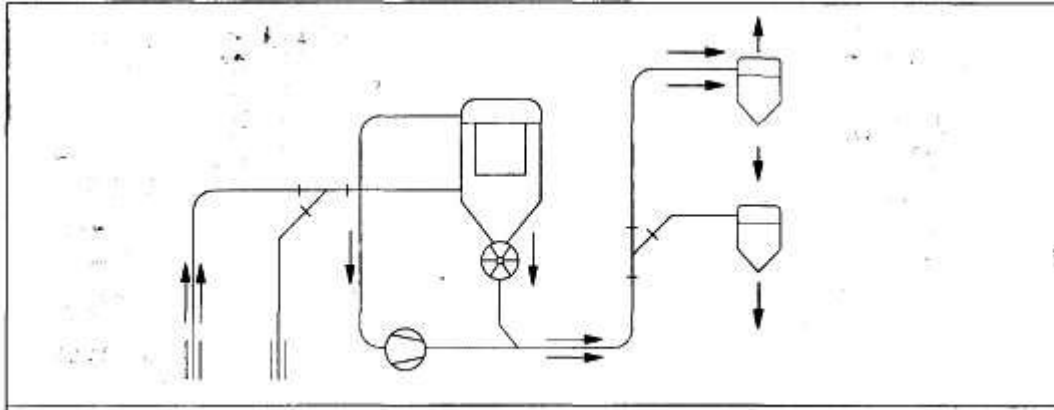
Emme yöntemli tesisatlar özellikle yığın malların isteğe göre çeşitli noktalardan merkezi bir noktaya iletimini sağlamaya elverişlidir (Örneğin; bir gemi boşaltma tesisatı veya merkezi bir toz emme tesisatında olduğu gibi). Tesisatın sonunda filtre ve aspiratör bulunur. Buna karşın iletimin bir noktadan istenilen çeşitli noktalara gerçekleştirilebilme sorunları basınçlı yöntemle çok kolay çözümlenmektedir (Örneğin; silo tesisatlarının dolusunda olduğu gibi). Çeşitli noktalardan çeşitli noktalara gerçekleştirilmesi istenen iletimde ortaya çıkabilecek problemler dikkate alındığında emme/ basınç bileşik yöntemli pnömatik iletim tesisatları daha uygun olmaktadır.

Aynı debide mal iletecek olan emme yöntemli bir tesisatın boru çapı, mevcut basınç farkının az olması nedeni ile basınç yöntemli bir tesisatın boru çapından çok daha büyüktür. Emme yöntemli tesisatlar, mal iletimini gerçekleştirebilmek için büyük miktarda havaya ve buna bağımlı olarak körük tahrik gücüne gereksinim vardır. Eğer enerji gereksinimi sorun olmuyorsa daha basit olması nedeni ile büyük kapasiteli pnömatik iletim tesisatlarının emiş yöntemli olarak yapılması önerilmektedir. Kapasitesi saatte 800 ton'a kadar olan gemi boşaltma tesisatları buna bir örnek olarak gösterilebilir. (Üretim hızı 20 ile 40 m/s)

2.4.1 Emme Yöntemli İletim Tesisleri

Emme yöntemli ileticiler, kısa iletim hatları ve hava akımı içinde kolay hareket ettirilebilen mallar için uygun görülmektedir. Emme yöntemli ileticinin yapım biçimi Şekil 2.14 a'da şematik olarak görülmektedir. Malın çekilmesi bir emme ağızlığı yardımıyla gerçekleştirilerek ayırıcıya (filtre) iletilmektedir. Boru hattı oynak veya elastik birleştirme parçaları ile döşenmiştir. İletim malı, hava akım hızının kesit büyümesi nedeni ile yön ve hızının değişmesi sonucunda düşmektedir. İletim malı hücreli çark vasıtasıyla çıkışa verilir. Hava akımı bundan sonra ikinci bir toz ayırıcıdan (siklon) geçirilerek temizlenir ve körük üzerinden havaya verilir. Körüğün sürekli yaymakla olduğu gürültü şiddetini azaltmak için körüğün çıkışına bir susturucu konmaktadır.

İletimde malın hava içinde yüzer ortama geçirilebilmesi için hava hızının saptanması gereklidir. Taşıyıcı havanın hızı 20 ile 40 m/s'dir. Genelde ulaşılabilecek dikey yükseklik 50 m ve iletim kapasitesi saatle 350 t düzeyindedir.

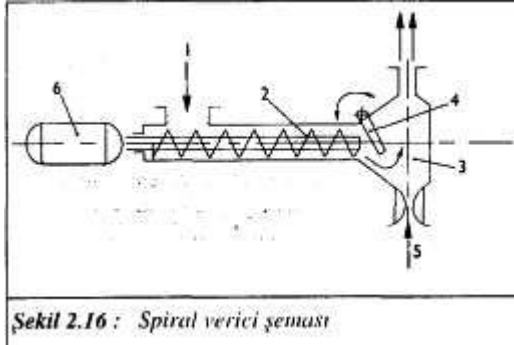


Şekil 2.15 : Enne/basınç bileşik yöntemli bir pnömatik iletim tesisatı

2.4.2 Basınç Yöntemli İletim Tesisleri

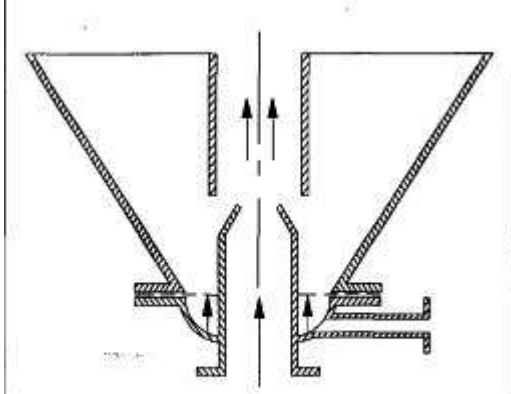
Bu türden olan tesisler, daha çok ağır hareket eden malların iletimi için yapılmaktadır. Burada bir besleme noktasından çok sayıda boşaltma noktasının beslenmesi olanağı sağlanmaktadır.

Ağır tozsu ve granül mallarda genellikle basınç yöntemli pnömatik tesisler kullanılmaktadır. Şekil 2.14 b'de basınç yöntemli bir iletim sistemi şematik olarak gösterilmiştir. Bu sistemde iletim malı, iletim borusuna bir hücreli çark yardımıyla ulaştırılmaktadır. Bundan başka (Şekil 2.16) iletim malı bir spiral vericiyle, (Şekil 2.17 a) karıştırma depolu vericilerle veya (Şekil 2.17 b) enjektörlerle verilmektedir. İletim malı bir siklon ayırıcıda ayrılır ve bir hücreli çark yardımıyla boşaltılır.

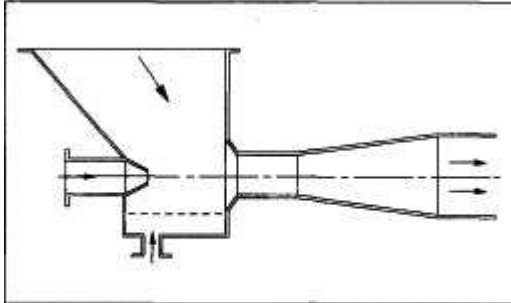


Şekil 2.16 : Spiral verici şeması

İletim	Basınç üretme kaynağı	Basınç farkı
Alçak basınç yöntemli	Vantilatör	0 ile 0.15 bar
Orta basınç yöntemli	Döner pistonlu körük	0.15 ile 1 bar
Yüksek basınç yöntemli	Kompresör	1 ile 6 bar



Şekil 2.17 a : Karıştırma depolu bir vericide dikey durumlu bir enjektör



Şekil 2.17 b : Dipten gevşeticisi ile yatay durumlu bir enjektör

Taşıyıcı iletim havası bir filtre üzerinden ayırıcıyı terk eder. Phömatik tesislerde özellikle prosese yönelik endüstride filtreyi terk eden hava tekrar kompresöre verilir.

Duruma göre basınç yöntemli bir ilelim hava basıncı 6 bar dolayındadır.

Devamı 28. Sayı'da