

155
510

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

C.P.1

TANELİ MALZEMELERİN PNÖMATİK TRANSPORTU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak. Müh. SONER BİÇER

İSTANBUL 1985

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
GENEL KİTAPLIĞI

Kot : R 153
Alındığı Yer : 510
Tarih : 14.11.1986
Fatura :
Fiatı : 1200 TL
Ayniyat No : 1/9
Kayıt No : 44512
UDC :
Ek :



YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

D.B. No. 42274

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TANERİ MALZEMELERİN PROMPTİK TRANSPORTU.

TEZİN LİSANS TEZİ

Mak.Müh. SUNER BİÇER

İSTANBUL 1985

XCOMP.

YILDIZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TANELİ MALZEMELERİN PNÖMATİK TRANSPORTU

YÜKSEK LİSANS TEZİ
Mak.Müh. SONER BİÇER

İSTANBUL 1985

ÖNSÖZ

Günden güne gelişen,idealleri ve ihtiyaçları büyük bir ülkenin insanı olarak hiç şüphe yok ki bize düşen her alanda en iyiyi aramak,bulmak ve gücümüzün yettiğinde uygulamaktır.

Ülkemizde gelişen sanayiileşmenin sağlam tutulması gereken temellerinden biride transporttur.Çok geniş ve önemli bir konu olan transportun en ekonomik ve ülkemizin koşullarına göre uygun şekilde yönlendirilmesi ve uygulanması önde gelen görevlerimizdendir.

Bu amaçla transport olayının bir dalı olan ve günümüzde geniş bir kullanım alanı bulunan pnömatik transport üzerine bu çalışmamı hazırladım.Günümüze kadar bu alanda birçok çalışma yapılmış ve ileride de geniş bir uygulama sahası bulunmaktadır.Mevcut tesislerin çoğu ithal edilmiş sistemlerdir.Aslında çok ileri bir teknolojiye ihtiyaç göstermeyen fakat bir bilgi birikimini gerektiren bu taşıma sistemleri ülkemizde de yapılabilir.Dileğim,çalışmamın bu yolda ki uğraşılara küçükte olsa bir katkıda bulunması ve ve bir basamak teşkil etmesidir.

Bana bu konuda çalışma imkânı veren değerli hocam Sayın Doç.Mustafa ALIŞVERİŞÇİ'ye ve çalışmamın çeşitli safhalarında katkıda bulunanlara teşekkürü bir borç bilirim.

İstanbul,Mayıs,1985

Mak.Müh. Soner BİÇER

ÖZET

Bu çalışmamın hedefini,gaz ortam ile taneli ve toz malzemelerin boru içinde iletiminin (pnömatik transport) her yönüyle ele alınması,araştırılması ve pnömatik transport tesisi dizayn etmek isteyenlere, bir bilgi kaynağı oluşturarak yardımcı olmak teşkil etmiştir.

Bu konuda geniş bir uygulama sahasının mevcut olduğu ve bu konuya ilk defa ilgi duyan tasarımcılara faydalı olmak amacıyla olayın tarihsel gelişiminden başlayarak,iç mekanizmasını veren teori,dizayn tipleri,pratik hesap yöntemi ve yardımcı teçhizatın tüm elemanları ile ilgili bilgiler ve örnekler verilmeye çalışılmıştır.Bunlardan sonra pnömatik transportun edüstriyel uygulama alanları ve uygulama örnekleri teknik bilgileri ile birlikte verilmiştir.

Çalışmamın son aşamasında bir pnömatik transport tesisinin verilere dayanarak tesisi teşkil etmektedir. Bu dizaynla ilgili hesaplamalar ve çizimler ile pnömatik transport konusuyla ilgili Türk Standartları tezin son kısmında mevcuttur.

İstanbul, Mayıs 1985

Mak.Müh.S.Biçer

Zusammenfassung

Das Hauptziel dieser Arbeit besteht darin, den Transport mit Gasen unter Druck von feinkörnigen Stoffen oder staubförmigen Stoffen in Rohren in allen Details darzustellen und eine Informationsquelle für Interessenten, die sich mit der Schaffung einer solchen Transportanlage beschäftigen möchten, zu schaffen.

Dieses Thema betreffend gibt es viele Anwendungsgebiete. Da es für diejenigen, die sich in Hinsicht zum erstenmal für dieses Thema interessieren, von Vorteil ist, wird in dieser Arbeit zunächst einmal mit der historischen Entwicklung dieser Transportart begonnen. Danach wird versucht, die Theorie des Transportmechanismus zu geben und mit Biespielen Vorschläge zur praktischen Ausgestaltung der Anlage zu machen, Rechnenverfahren anzugeben und die nötigen Zusatz- und Hilfseinrichtungen aufzulisten. Anschliessend werden die nötigen Informationen über die industriellen Anwendungsgebiete zusammen mit Anwendungsbeispielen gegeben.

Im letzten Teil der Arbeit stützt man sich auf die Erkenntnisse über eine solche Transportanlage und stellt eine Anlage dar. Die in der Darstellung angegebenen Berechnungen und Zeichnungen für die Drucklufttransportanlage werden zusammen mit den entsprechenden Türkischen Industrienormen im letzten Abschnitt angegeben.

Istanbul, May 1985

Ing. S. Biçer

İÇİNDEKİLER

1.Pnömatik Transport Tesisleri	1
1.1.Giriş	1
1.2.Tarihsel gelişme	1
1.3.Pnömatik transport tesislerinin genel tanımı	2
1.4,Katı maddelerin pnömatik transportunun avantaj ve dezavantajları	3
2.Borularda Akış Mekanizmasının İncelenmesi	6
2.1.Yatay borularda gaz-katı akışı	6
2.2.Seyrek fazlı akış sistemleri	8
2.2.1.Seyrek fazlı gaz-katı karışımlarının yatay tranportu	8
2.2.2.Seyrek fazlı transportta parçacıklara etkiyen kuvvetler ve basınç düşüşü	11
2.2.3.Seyrek fazlı katı-gaz karışımlarının düşey tranportu	19
2.2.4.Seyrek fazlı katı-gaz akışında sürüklenme azalması	19
2.2.5.Eğimli borularda akışın incelenmesi	20
2.3.Yoğun fazlı akış sistemleri	23
2.3.1.Yatay borularda sürüklenme hızı	23
2.3.2.Yatay boruda yoğun fazlı akımda basınç düşmesi	24
2.3.3.Düşey tranportta tıkanma	26
2.3.4.Tıkanma olayına nemin ve sıcaklığın etkisi	28
3.Pnömatik Tranporta Dizayn Tipleri	30
3.1.Emme havalı götürücüler	30
3.2.Basınç havalı götürücüler	32
3.3.Emme-basınç havalı götürücüler	35
3.4.Hava kızağı	38
3.5.Boru postası	40
3.6.Pnömatik götürücüler ile nakledilebilir malzemeler	42
4.Pnömatik Tesislerin Dizaynında Pratik Hesaplama Yöntemi	43
4.1.Malın ve havanın iletme kapasitesi	44
4.2.İndirgenmiş iletme uzunluğu	44

4.3.Gerekli boru çapı	45
4.4.Gerekli hava hızı ve yüzme hızı	45
4.5.İletme tesisatında gerekli hava basıncı	46
4.6.Gerekli motor gücü hesabı	48
5.Yardımcı Tesisatlar	49
5.1.Vantilatör ve kompresörler	49
5.2.Silo ve bunkerler	50
5.2.1.Silonun açıklanması ve geometrileri	52
5.2.2.Mal akışının başlangıcı	53
5.2.3.Sabit akım	53
5.2.4.Akış şekilleri	54
5.2.5.Dökme malın akış biçimleri	57
5.2.6.Köprü teşekkülü	57
5.2.7.Köprü teşekkülü hesaplama imkânları	58
5.2.8.Bir siloda basınç dağılımı(jansen'den)	61
5.3.Görev Verici Araclar	63
5.3.1.Emme ucu	63
5.3.2.Enjektör	64
5.3.2.1.Enjektör hesabı	65
5.3.2.2.Hesaplama için faraziyeler	66
5.3.2.3.Hesaplamanın yapılması	66
5.3.3.Çevrinti tabakalı mal verici	69
5.3.4.Hücre tekerlekli vana	69
5.3.5.Klapeli savak	71
5.3.6.Sürgülü savak	71
5.3.7.Helezon mal verici	72
5.3.8.Basınç depolu mal verici	73
5.4.Kapama Armatürleri Ve Makaslar	74
5.4.1.Kapama armatürleri	74
5.4.2.Boru makasları	76
5.5.Ayırıcı Cihaz Ve Filitreler	77

5.5.1.Çöktürme bölümlü ayırıcı	78
5.5.2.Toz haznesi	80
5.5.3.Siklon ayırıcı	81
5.5.4.Filitreler	85
5.5.5.Toz ıslatma ile ayırma	86
6.Enüstriyel Uygulama Örnekleri	90
6.1.Tahıl için yüzer nakledici	90
6.2.Gemi boşaltma tesisi	91
6.3.Pnömatik çimento nakli	92
7.Bir Basınc Havalı Pnömatik Götürücü İle Buğday Nakli	93
7.1.Veriler	93
7.2.Dizaynın belirtilmesi	94
7.3.Hesaplamalar ve çizimler	95
Literatür	100
Konuyla ilgili Türk Standartları	101
Özgeçmiş	102

1. PNÖMATİK TRANSPORT SİSTEMLERİ

1.1. Giriş

Pnömatik yada havalı götürücüler, dökme malzemeleri ya da özel taşıyıcılar içinde birim yükleri, bir kanal içinde hareket eden hava akımıyla götürmeye yararlar. Havalı götürücülerin hepsinde ortak çalışma ilkesi, hareketin hızlı bir hava akımı tarafından yüke iletilmesidir.

Pnömatik taşımanın bir almaşık yöntemide serbest akışlı pudra yada küçük parçalı malzemelere havalandırma yoluyla akıcılık kazandırmaktır. Bu ilkeye göre çalışan düzeneklerin içine hava kızıağı denen havalandırılmış taşıma tekneleri, havalandırılmış tablalar, malzemeyi gevşeterek yükleme tekneleri ve silolardaki boşaltma tasarımları girer.

1.2. Tarihsel Gelişme

Geçmişte parçacıklı malzemelerin bir yerden başka bir yere naklinde öncelikle tasarım ve kontrüksiyon daha sonra da imâl edilen techizatın işletilmesi yetersiz kalmaktaydı. Gazlar ve sıvıların iki nokta arasında oldukça kolay akabilmesine karşın benzer şekilde taneli katı malzemelerin yeterli itme ve moment verildiği halde taşınmasının oldukça güçtü. Bunun sebebi ise bu tür malzemelerin atalet kuvvetlerini yenebilmek için ve akışkanlık kazanmaklı ilgili kabililetlerinin yetersiz oluşuydu.

İnsanlar daima katı malzemelerin tranportu için rüzgarın kendini kanıtlamış taşıma kabiliyetinin yararlanma yollarını araştırmıştır.

1900 yıllarından önce ilkel sistemlerle oluşturulan bazı ticari dizaynlarda yüksek hızlı akımdan faydalanarak parçacıklı katların pnömatik transportu gerçekleştirilmişti. Bunu ilk defa İngiliz mühendis Sturtavant başardı. İmal ettiği sistemle önce öğütülmüş tozların daha sonra da bazı hafif maddelerin transportunu yapmıştı. Bu tür sistemlerde ilk taşınan malzemeler tağıt kırpıntıları, bıçkı tozu, pamuk yünü gibi

aşındırıcı olmayan ve vantilatör pervaneleri arasından geçebilen türdeydi.1901 yılında Dodge kalın kalorifer peteği dilimlerini dökümhane içinde nakletmeyi başarmıştı.

Bu sistemlerin verimi bu günün standartlarına göre çok düşük bir verimle çalışıyorlardı.Son yarım yüzyılda pnömatik transport sistemleri tasarım ilmi çok gelişerek büyük ilgi ve kabul görme durumuna erişti.Başlangıçta basit fakat iyi tasarlanmış sistemlerle pekçok malzemenin pnömatik sistemlerin avantajlarından faydalarılarak nakli mümkün olmuştur.Zamanla tranport sistemlerini mükemmelleştiren pekçok faydalı özel techizatın geliştirilmesiyle uygulama sahaları genişlemiştir.Bu faydalı gelişmelerin bir tanesi de Akışkan katı madde pompasıydı.İkinci dünya savaşından sonra büyük yapı projelerinde aşırı derecede büyük miktarlarda toz çimento ihtiyacı(Büyük hidroelektrik santraller gibi) tahılların, maden cevherlerinin, kömürün, plastik tanelerinin, katalizörlerinin, kilin, metal tozlarının, alüminyum ve pek çok kimyasal katı malzemenin gemilerden demiryolu vagonlarına ve kamyonlara buralardan silo ve kullanım mahallerine emniyetli ve temiz bir şekilde nakli için geniş şekilde pnömatik transport sistemleri kullanıldı.

1.3.Pnömatik Transport Sistemlerinin Genel Tanımı

Pnömatik transport tesislerinin amacı taneli katı malzemelerin bir yerden başka bir yere örneğin kamyon kasasından kullanım sahalarına veya depolarına götürülmesidir.

Pnömatik taşıyıcıların basınçlı sistemler ve vakumlu sistemler olmak üzere iki ana sınıfı mevcuttur.Genellikle vakum sistemlerindeki itici gaz son malzeme birikme haznesinin arkasına yerleştirilmiştir.Basınçlı sistemlerde ise hava üfleyici katı malzemeyi besleme donanımının önüne yerleştirilmiş bulunmaktadır.Bu iki sistemin avantaj ve dezavantajları uygu-

lama sahaları,birlikte uygulamaları bu bölümün sonunda tartışılmıştır.

Gaz iticilere ilâve olarak teçhizatın diğer önemli elemanları:Katı malzeme besleme cihazları,borular,vanalar,silolar,malzeme ayırıcıları ve toz tutucularıdır.Besleme(yük-lème) sistemi sürekli ve üniform olarak katı parçacıklarını gaz akımına enjekte etmeli yani içine akıtmalıdır.Taşıma yolları,kısmen veya tamamen oluşan akış tıkanmalarına yol açacak akışı engelleyici ve bozucu bölgelere sahip olmamalıdır.Malzeme ayırıcılar malzemeyi gazdan mümkün olan en yüksek verimde ayırmalıdır.Eğer taşımada kullanılan hava çevreye boşaltılmasında endüstriyel sağlık bilimi ve hava kirlenmesi yönünden zararları mevcutsa verimin %99 dan büyük olması istenir.Bu yardımcı teçhizatlarla ilgili geniş bilgi bölüm 5'de ayrıntıları ile anlatılmıştır.

1.4.KATI MALZEMELERİN PNÖMATİK TRANSPORTUN AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Pnömatik transportun avantaj ve dez avantajlarının tartışılmasından önce bu metodun diğer alternatif klasik metodlar olan bantlı ve helezon konveyörler ile mukayesesi yapılmalıdır.

Endüstriyel tesislerde sürekli ve kitlesel üretimde pnömatik transport büyük avantajlara sahiptir.Bazı hallerde küçük tanecikli katıların,pudra halindeki malzemelerin bu yolla taşınması birim ağırlıktaki malın reaktif temas alanının büyümesi söz konusu olduğundan çeşitli işlemlerin bu esnada uygulanabilmesi açısından çok faydalı bir imkân sağlayan pnömatik tranport ihtimal küçük parçacıklı malzemenin taşınmasında bütün diğer sistemlerden daha iyi sonuç verir.Bu sistem ayrıca kolayca bir kamyon kasasından bir siloya büyük miktarlarda malzeme nakli için de uygundur.

Pnömatik sistemlerin diğer sistemlerden daha çok tercih edilmesine yol açan önemli bir avantaj yer tasarımıda aşırı derecede esnek oluşudur.Kayışlı ve helezon konveyörler tek yönlüdür.Eğer hareket doğrultusunda önemli yön ve yükseklik değ-

şiklikleri mevcutsa ayrıca bağımsız taşıyıcılara ihtiyaç duyulur. Pnömatik sistemlerde sürekli bir boru sistemi ile engellerin yanından, altından veya üstünden dolaşarak nakil işleminin kesintisiz olarak yapılması sağlanabilir. Esnek boruların ve hızla birleştirilebilen bağlantı elemanlarının kullanılmasıyla boşaltma ve doldurma ünitelerinin pozisyonu elle belerlenerek kolayca boşaltılabilecek veya doldurulacak sisteme bağlantı gerçekleştirilebilir. Bu yolla kanallara, vagonlara ve gemilere yükleme ve boşaltma için gerekli bağlantılar kolaylıkla kurulabilir. Pompalama, debi değiştirme, akışın yönünü değiştirme gibi işlemlerle ilgili teçhizat otomasyona uygundur. İşlemler merkezi bir kontrol istasyonundan takip edilebilir. Elde edilen gelişme bu istasyonun maliyetini kısa sürede çıkarır.

Emniyet bakımından da pnömatik sistemler üstünlüklere sahiptir. Bantlı, helezonlu, kepçeli mekanik taşıma sistemleri kazalara neden olacak bir yapıya sahiptirler. Emniyetli bir işletme için dikkat ve önceden alınmış ve uygulanan birtakım tedbirlere ihtiyaç vardır. Örnek olarak pnömatik taşıma sistemleriyle ilgili bir raporda çimento fabrikalarındaki kazaların %52 sinin helezon ve kepçeli konveyörlerin neden olduğu belirtilmiştir. Bunlar hareketli parçaların sebep olduğu kazalardır. Bundan başka yanma tehlikesi olan malzemeler içinde pnömatik transport daha uygundur. Örnek olarak yangın çıkarma tehlikesi yüksek olan selülozik asetatın pnömatik yolla taşınması esnasında hava türbülansı ve temas durumu yanma karakteristiklerini değiştirir ve geciktirir. Tamamen pnömatik sistemlerin kullanılması ile kaza ve yangın tehlikesi kaldırılabilir.

Uygun tasarlanmış ve gerçekleştirilmiş pnömatik konveyör ayrıca çevre temizliği açısından ekstra bir imkan yaratır. Hem basınçlı hemde vakumlu sistemlerin oldukça kolay biçimde tamamen kapalı ve sızdırmaz biçimde dizayn edilebilirler. Böylece hem üretimin hemde çevrenin kirlenmesi minimumda tutulabilir. Toz kontrolunda problem yaratan noktalar besleyici

giriş, malzemeyi havadan ayırma bölgesidir. Bununla beraber dikkatli dizaynlarla bu problem çözülebilir.

Geçmişte pnömatik taşıma sistemleri alternatif sistemlerden daha çok enerji harcamak gibi bir dezavantaja sahipti. Ancak günümüzde pnömatik taşıma olayının mekanizmasının daha iyi anlaşılması ile enerji masrafları önemli ölçüde azalmıştır. Bugün pnömatik sistemlerin yatırım maliyetlerinin yüksek oluşu işletme maliyetlerinin düşük oluşu ile caziptir. Gaza gerekli hareketi verecek vantilatör, kompresör ve diğer sistemlerin çeşidinin seçimi malzemenin özellikleri ile ilgilidir. Pnömatik taşıma olayında katı malzemenin kuruluk durumu ve serbest akış kabiliyeti önemli rol oynar, Dizaynda önemli olan özellikler enerji tüketimi, malzemenin fiziksel özellikleri, yığın halindeki malzemenin özgül ağırlığı, parçacıkların boyutu ve büyüklük dağılımı taneciklerin sertliği, yığılma açısı, aşındırma etkisi, dağılma kabiliyetidir. Diğer avantajlar şunlardır: Hareketli parçaların olmayışı tamir ve bakım masraflarını azaltır. Daha az işletme personeline ihtiyaç vardır. Sürekli ve sessiz bir çalışma imkânı vardır.

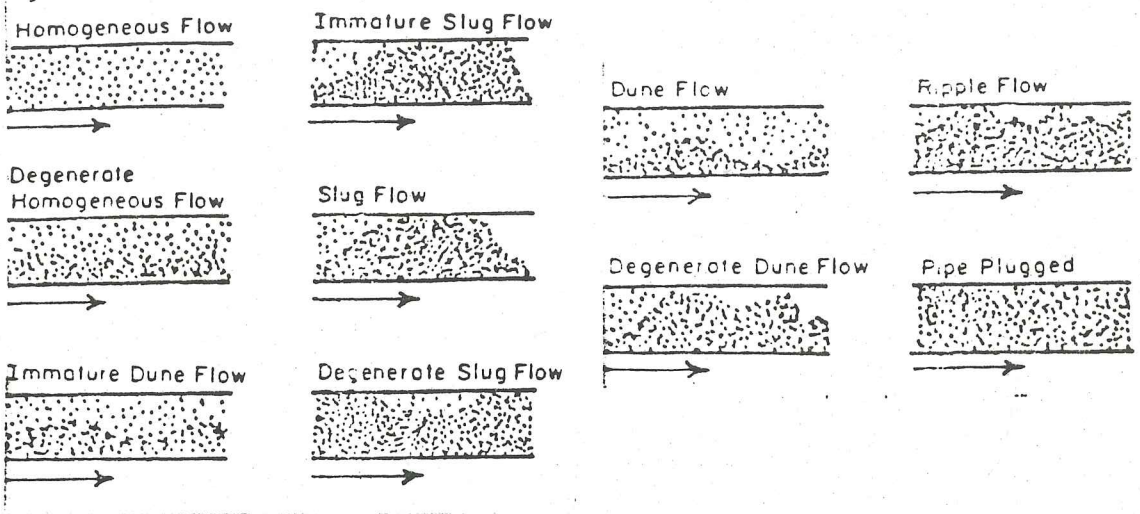
Genelde kolay kırılabilen ve ufalanabilen malzeme son üründe parçacık büyüklüğü önemli ise pnömatik tranporta uygun değildir. Su tutan (hygroscopic) ve yapışkan, kümelenen malzemeler özel teçhizatların kullanılmasıyla pnömatik yolla taşınabilir. Pektabi okside olan malzemeler hava yerine başka bir gaz ile nakil edilebilir. Butür sistemlerde taşımada kullanılan gazın bir geri dönüş sistemi vasıtasıyla yeniden kullanılması gerekir. Katı parçacıkların çok fazla aşındırıcı olması halinde taşıma sisteminin ve yardımcı teçhizatın malzemesinin özel olarak seçilmesi gerekir. Bugün her türlü malzemeyi taşıyan universal bir taşıma sistemi yoktur. Bir başka olumsuz nokta boru çapının üçte birinden büyük parçaların taşınamamasıdır. Yoğunluğu yüksek malzemeler için yüksek hava hızlarının gerekmesi ve dolayısıyla aşınmaların artması bir başka olumsuz noktadır.

Günümüzde pnömatik taşıma uygulamaları genellikle 3000 m 'den kısa mesafelerde uygulanır. Uzun taşıma hatlarında hatın üzerinde ara istasyonlara ihtiyaç vardır.

2.BORULARDA AKIŞIN İNCELENMESİ:

2.1.YATAY BORULARDA GAZ-KATI AKIŞINA ÖRNEKLER

Cam borularda malzeme hareketinin gözlenerek incelenmesinin sonucunda akış olayının oldukça kompleks olduğu ve pek çok faktörden etkilendiği gözlenmiştir.Bu faktörler:Katı-gaz oranı,akışın Reynolds sayısı ve malzemenin özel nitelikleridir.Çeşitli akış şekilleri aşağıdaki resimde gösterilmiştir.



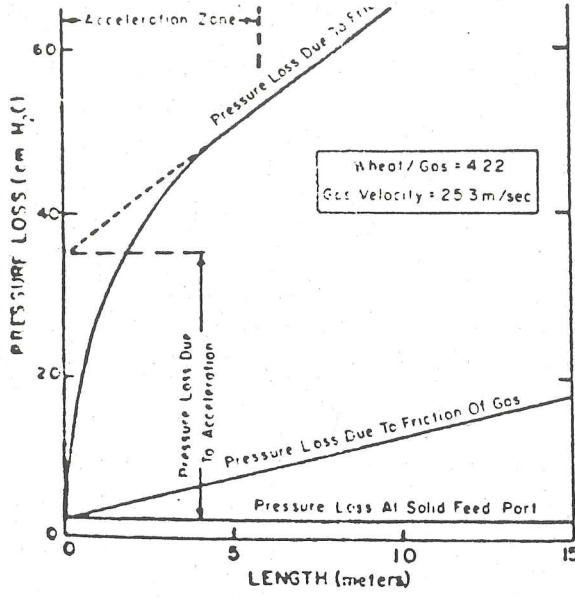
Resim 1-Çeşitli akış örnekleri

Çok düşük katı-gaz oranları halinde katı parçacıkları boru içinde gayet üniform dağılmıştır.Bu akışa "Homojen akış" ismi verilir.Radyal ve aksenal doğrultularda yoğunluk farkının az oluşu ve taneciklerin kümelenmemiş olmasıyla karakterize olur.Gözlemlerde görülmüştür ki parçacıklardan bazıları hareket esnasında boru cidarları arasında sıçrar.Katı-gaz oranının çoğalması katı parçacıklarının durma ve diğer taneler üzerinde kayma eğilimini artırır.Belli bir hız sınırına erişmesi halinde parçacıklar alternatif bir hızlanma ve yavaşlanma altında meydana gelen yığınlardan birinden ötekine hareket eder.Katı-gaz oranında bundan sonra meydana gelen artışlar Slug Flow denilen gaz ve katının alternatif olarak yer aldığı gelişmemiş bir akış halidir.Yüksek bir katı-gaz oranı,katıların

boru içindeki hacmin bir kısmını işgal etmesine yol açar. Böyle fazla yüklenme durumunda gaz ve katı parçacıkları boru içinde hareket eden katı yığınları şeklinde ilerler. Bu dalgalı(ripple)akış bölgesinde yükleme oranı 1 kg gaz başına 400 kg malzemeye kadar yükseltilebilir. Genellikle yüksek yükleme oranlarında akış kararsızdır. Büyük ve düzensiz bir basınç değişimi mevcuttur.

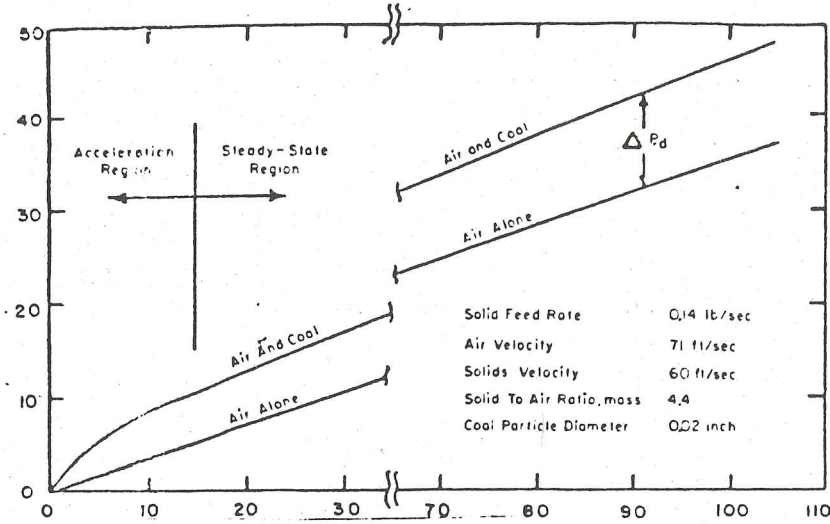
Basınç düşmesi ile ilgili hususlar araştırmalarla ortaya konmuştur. Ve akış şartlarıyla ilgili sınır bölgelerinde tedbir alınması gerekir. Belli bir akıştan bir başka tür akışa geçiş dikkatli bir analizi yapılmadan gerçekleştirilmemelidir.

Bu nokta resim 2'de şematik olarak çok açık bir şekilde gösterilmiştir. Burada yatay boruda uzunluk başına olan basınç düşmesi ortalama gaz hızının değişmesine bağlı olarak verilmiştir. W sisteme yüklenen malzemenin birim uzunlukta-ki ağırlığını ifade eder. AB çizgisi boruda yalnız gazın akması için basınç düşmesi halini verir. Yüklenen katı miktarı arttıkça sabit W eğrilerine tekabül eden basınç düşmesi C, J ve H eğrilerinde görüldüğü gibi artar. Eğer gaz hızı azaltılırsa C eğrisinin D noktasına kadar bir basınç düşmesi azalması görülür ki bu nokta malzemenin boruda biriktiği anı temsil eder. Biriken bu malzeme zamanla boru kesit alanının belirli bir nispetini işgal etmeye başlar. Bu ise akışın engellenmesine yol açar ve basınç düşmesi hızla artarak E noktasındaki değere ulaşır. Bu nokta tıkalı kesit alanının akışın devam ettiği kesit alanına eşit olduğu hali ifade eder. Gazın aktığı kesitin daha fazla azalması basınç düşmesinin dahada artmasına yol açar. E, K, L noktaları gaz-katı oranı için bir üst sınır teşkil eder. Bu noktadaki hıza doyma hızı denir ve katı-gaz oranının veya gaza yüklenmiş katı miktarının fonksiyonudur.



Resim 3-Buğday İçin Basınç Düşmesi

Seyrek fazlı pnömatik tranport sistemlerinde basınç düşmesinin tipik bir örneği buğday taşınması için resim 3'de verilmiştir. Resim 4'de ise toz kömür taşınması için basınç düşmesini veren eğriler mevcuttur.



Resim 4-Kömürtozu için basınç düşmesi

Toplam basınç düşmesi P_t aşağıda verilen üç ayrı basınç düşmesinin toplamıdır.

ΔP_a : Hızdan dolayı ortaya çıkan toplam basınç düşmesi

ΔP_d : Parçacıklara etkiyen sürüklenme kuvvetinin etkisiyle ortaya çıkan basınç düşmesi

ΔP_f :Boru cidarlarındaki sürtünmenin yol açtığı basınç düşmesi

$$\Delta P_t = \Delta P_a + \Delta P_d + \Delta P_f \quad (1)$$

Gaz ve katı taneciklerinin giriş hızından çalışma hızına kadar olan ivmelenme süresi geçici bir rejim teşkil eder.Hızlanma mesafesi parçacık boyutlarının büyüklüğüne (Küçük parçacıklar kısa bir hızlanma mesafesine ihtiyaç gösterirler) ve katı malzeme debisine bağlıdır.Gaz hızına veya gaz-katı oranına bağlı değildir.

Rose ve Durkworth adlı araştırmacılar çeşitli malzemelerin borularda nakli için hızlanma mesafelerini deneysel olarak incelemişler ve yatay pozisyondan başlayarak çeşitli eğim açılarıyla düşey pozisyona kadar geçerli olan aşağıdaki formülü vermişlerdir

$$\frac{L_A}{D} = 6 \left[\left(\frac{G_s}{\rho_f g^{1/2} D^{5/2}} \right) \left(\frac{D}{d_p} \right)^{1/2} \left(\frac{\rho_s}{\rho_f} \right)^{1/2} \right]^{1/3} \quad (2)$$

L_A :Minumum hızlanma mesafesi

pnömatik transport için çeşitli malzemeler için tecrübeyle bulunmuş taşıma hızları aşağıda yer alan Tablo L' de verilmiştir.Ancak yükleme çeşitlerinin sürüklenme(saltation) ve tıkanma(choking) hızlarının etkisi tam olarak anlaşılmış değildir.

MALZEME	HIZ (m/s)
Arpa	25
Öğütülmüş Kömür	20
Tane Kahve	12,5
Kuru Toprak	17
Mısır	25
Pamuk Tohumu	20
Tavuk Tüyü	3

Un	17
Kenevir	23
Jüt	23
Kireç Taşı	26
Metal Taşı	26
Yulaf	23
Portland Çimentosu	30
Meyva Jipsi	23
Çavdar	25
Tuz	27
Kum	30
Testere Talaşı	20
Şeker	25
Buğday	25
Ağaç Tozu	20
Yün	23

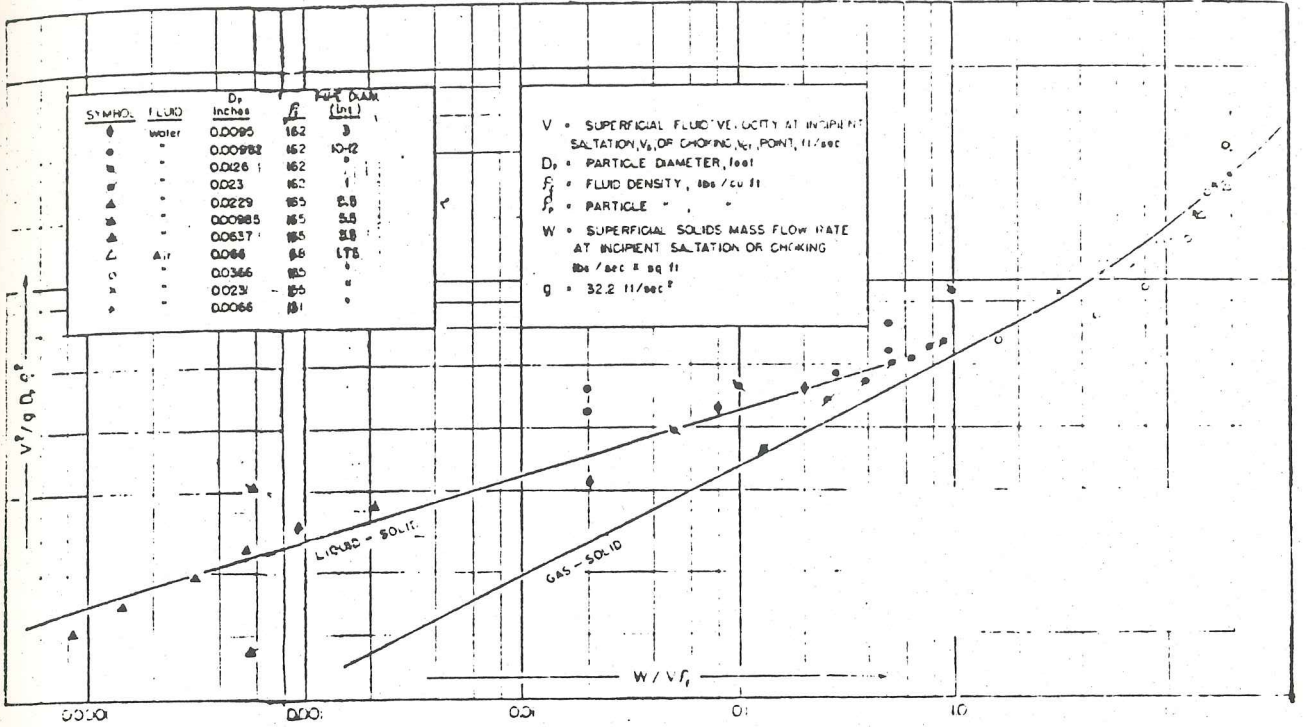
Tablo 1-Taşıma hızları

2.2.2.Seyrek Fazlı Transportta Parçacıklara Etkiyen Kuvvet- ler ve Basınç Düşüşü

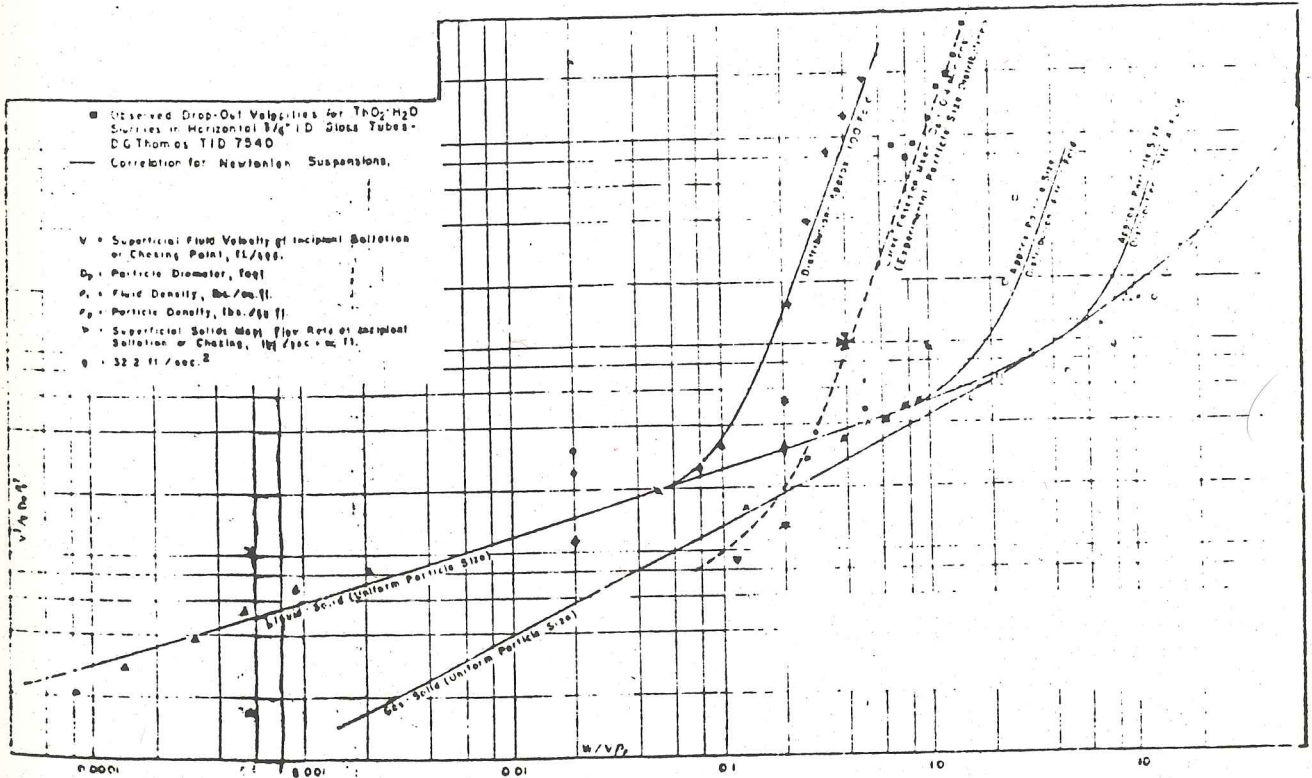
a-)Sürüklenme Kuvveti:

Gaz-katı süspansiyonlarının akışı olayının incelenmesi çalışmasında tek bir parçacığa etkiyen kuvvetlerin incelenmesiyle başlanıp daha sonra parçacıkların toplu akışı ele alınır.Tek bir parçacığa etkiyen sürüklenme kuvveti deneysel olarak tespit edilen C_{ds} sürüklenme katsayısı ile belirlenir. F_{ds} bir tek parçacığa etki eden

$$F_{ds}=C_{ds}\left(\frac{\pi d_p^2}{4}\right)\rho_f\cdot(u_f-u_p)^2/2g_c \quad (3)$$



Resim 5-Düsey ve yatay borularda üniform boyutlu parçacıklar için doyma taşıma kapasitesini veren amprik korelasyon



Resim 6-Yatay borularda doyma taşıma kapasitesi için amprik korelasyon

Symbol	Series reference	Fluid	Mean particle diameter $\bar{D}_p$, in.	Particle number density N_p , /cc	Particle size distribution	Mean velocity $\bar{u}$, ft/sec	$\frac{W}{\rho_p V}$	$\frac{1}{\rho_p} \frac{dD_p}{dt}$	Particle diameter D_p , in.	Mass flow rate $\dot{M}$, lb/hr
◆	58	Water	0.0095	162	Uniform	2.7	0.0201	0.011	3.0	63,600
●	58	Water	0.0095	162	Uniform	1.0	0.0799	0.021	3.0	92,700
●	58	Water	0.0095	162	Uniform	1.19	0.201	0.03	3.0	93,600
●	70	Water	0.00982	162	Uniform	3.93	0.0201	0.0237	9.85	105,000
●	70	Water	0.00982	162	Uniform	1.58	0.201	0.0301	11.8	120,000
●	70	Water	0.00982	162	Uniform	4.91	0.286	0.0351	9.85	314,000
●	70	Water	0.00982	162	Uniform	5.56	0.50	0.045	9.85	302,000
●	70	Water	0.00982	162	Uniform	6.55	0.50	0.0025	11.8	428,000
●	70	Water	0.0126	162	Uniform	4.1	0.0595	0.019	9.85	323,000
●	70	Water	0.0126	162	Uniform	5.24	0.10	0.0308	11.8	457,000
●	70	Water	0.0126	162	Uniform	8.55	1.0	0.0887	11.8	419,000
●	14	Water	0.023	162	Uniform	5.1	0.132	0.0155	1.0	37,000
●	14	Water	0.023	162	Uniform	6.7	0.263	0.0267	1.0	44,400
●	14	Water	0.023	162	Uniform	7.4	0.391	0.0329	1.0	44,900
●	14	Water	0.023	162	Uniform	8.2	0.524	0.040	1.0	44,300
●	14	Water	0.023	162	Uniform	8.4	0.65	0.0421	1.0	41,600
●	14	Water	0.023	162	Uniform	9.0	0.787	0.0482	1.0	40,600
●	14	Water	0.023	162	Uniform	9.2	0.906	0.0536	1.0	38,700
▲	3	Water	0.0229	165	Uniform	3.75	0.00207	0.0036	5.55	161,000
▲	3	Water	0.0229	165	Uniform	3.36	0.00092	0.00675	5.55	144,000
▲	3	Water	0.0229	165	Uniform	2.95	0.000531	0.0052	5.55	126,000
▲	3	Water	0.0229	165	Uniform	2.53	0.00031	0.00382	5.55	108,000
▲	3	Water	0.0229	165	Uniform	2.16	0.0001435	0.00279	5.55	93,000
▲	3	Water	0.0229	165	Uniform	1.86	0.0000831	0.00206	5.55	80,000
▲	3	Water	0.00985	165	Uniform	2.75	0.000581	0.0105	5.55	118,000
▲	3	Water	0.0637	165	Uniform	2.8	0.000555	0.00168	5.55	120,000
Δ	71	Air	0.066	68	Uniform	10.0	5.1	0.122	1.75	55,100
Δ	71	Air	0.066	68	Uniform	11.2	9.45	0.153	1.75	105,000
Δ	71	Air	0.066	68	Uniform	12.75	14.33	0.198	1.75	177,000
Δ	71	Air	0.066	68	Uniform	14.74	19.0	0.265	1.75	262,000
Δ	71	Air	0.066	68	Uniform	16.75	22.7	0.342	1.75	337,000
○	71	Air	0.0366	165	Uniform	11.7	1.62	0.0511	1.75	27,800
○	71	Air	0.0366	165	Uniform	13.4	4.78	0.067	1.75	70,200
○	71	Air	0.0366	165	Uniform	15.6	8.05	0.0909	1.75	128,000
○	71	Air	0.0366	165	Uniform	20.2	12.54	0.1525	1.75	240,000
○	71	Air	0.0366	165	Uniform	26.2	15.88	0.257	1.75	401,000
○	71	Air	0.0366	165	Uniform	33.6	18.8	0.423	1.75	602,000
×	71	Air	0.0231	155	Uniform	11.25	3.14	0.085	1.75	46,000
×	71	Air	0.0231	155	Uniform	13.0	7.05	0.1136	1.75	83,200
×	71	Air	0.0231	155	Uniform	15.0	10.45	0.1512	1.75	150,000
×	71	Air	0.0231	155	Uniform	20.2	16.83	0.274	1.75	328,000
✱	33	Water	0.0149	162	Mixed	7.5	0.205	0.0537	4.0	208,000
✱	57	Water	0.0022	125	Mixed	0.9	0.122	0.0088	4.0	25,000
✱	57	Water	0.00314	125	Mixed	1.33	0.203	0.0135	3.5	28,300
✱	26	Water	0.00048	160	Mixed	2.3	0.216	0.160	4.0	61,000
✱	26	Water	0.00048	160	Mixed	3.4	0.28	0.303	4.0	94,300
✱	26	Water	0.00048	160	Mixed	5.2	0.351	0.82	4.0	130,000
✱	26	Water	0.00048	160	Mixed	6.5	0.407	1.27	4.0	162,500
✱	26	Water	0.00048	160	Mixed	7.9	0.462	1.89	4.0	178,000
■	62	Water	0.0000157	605	Mixed	3.7	0.70	0.891	0.75	3,600
■	62	Water	0.0000157	605	Mixed	3.5	0.82	0.787	0.75	2,260
■	62	Water	0.0000157	605	Mixed	3.7	0.90	0.891	0.75	2,190
■	62	Water	0.0000157	605	Mixed	4.4	1.05	1.245	0.75	2,130
■	62	Water	0.0000157	605	Mixed	5.2	1.20	1.74	0.75	2,370
■	62	Water	0.0000157	605	Mixed	5.5	1.32	1.95	0.75	1,940
■	62	Water	0.0000157	605	Mixed	6.2	1.48	2.42	0.75	1,640
■	62	Water	0.0000157	605	Mixed	7.4	1.65	3.52	0.75	2,160
✱	16	Water	0.009	65.5	Mixed	3.1	0.39	0.109	6.0	38,400
□	71	Air	0.0066	131	Mixed	14.0	2.14	0.645	1.75	39,800
□	71	Air	0.0066	131	Mixed	24.0	2.75	1.89	1.75	82,000
□	71	Air	0.0066	131	Mixed	38.0	2.87	4.75	1.75	134,000

Tablo 2-Yatay borularda doyma taşıma kapasitesi için bazı deneysel veriler

$$\text{Burada: } C_{ds} = 24 \text{Re}^{-1} + 3,6 \text{Re}^{-0,313} \quad 2,0 < \text{Re} < 2000 \quad (3a)$$

$$\text{Re} = \frac{d_p(u_f - u_p) \rho_f}{\mu_f} \quad (3b)$$

Re ve Cds sayıları arasındaki bağıntı Tablo 3'de verilmiştir.

Re	Cds
0,05	480
0,1	240
0,2	120
0,5	49,5
1,0	26,5
2	14,4
5	6,9
10	4,1
20	2,55
50	1,50
100	1,07
200	0,77
500	0,55
1000	0,46
2000	0,42
5000	0,385

Tablo 3

Toplu halde hareket eden parçacıklardan birine etki eden sürüklenme kuvveti tek bir parçacığa etki eden sürüklenme kuvvetinden büyüktür. Sürüklenme kuvveti katı-gaz karışımındaki boşluk oranına bağlı olarak değişir.

$$F_d = C_d (\pi d^2/4) \rho_f \cdot (u_f - u_p)^2 / 2g_c \quad (4a)$$

Burada, $C_d = f(\epsilon) C_{ds}$ ve $f(\epsilon) \cong \epsilon^{-4,7}$ (4b)

Seyrek fazlı pnömatik transportta $\epsilon = 0,8 \div 1$ arasında değerlere sahiptir. Parçacık konsantrasyonuna bağlı olarak C_d artar. dL uzunluğundaki bir yatay borudaki katı parçacıkların ağırlığı dws olsun yine bu uzunluğa isabet eden parçacık sayısı dn aşağıdaki formülle verilmiştir.

$$dn = \frac{6 dws}{\rho_s \cdot \pi \cdot dp^3} \quad (5a)$$

Eğer G_s kütlelesel akış debisi (kg/s olarak) ise aşağıdaki formül verilebilir.

$$dws = G_s dL / u_p \quad (5b)$$

Bu durumda dn şu şekilde bulunur.

$$dn = \frac{6 G_s dL}{\rho_s \cdot \pi \cdot dp^3 u_p} \quad (6)$$

L kesitindeki boşluk oranı aşağıdaki formülden bulunur.

$$\epsilon = 1 - \frac{4 G_s}{\rho_s \cdot \pi \cdot D^2 \cdot u_p} \quad (7)$$

L kesitindeki parçacıklara etki eden toplam sürüklenme kuvveti, tek bir parçacığa etki eden sürüklenme kuvvetinden faydalanılarak,

$$dF_d = \frac{3}{4} C_{ds} \frac{G_s \rho_f (u_f - u_f)^2 dL}{\rho_s \cdot dp \cdot u_p \cdot g_c} \epsilon^{-4,7} \quad (8)$$

şeklinde bulunur.

Gaz akışının sebep olduğu sürüklenme olayı neticesinde ortaya çıkan basınç düşmesi aşağıdaki şekilde verilmiştir.

$$\frac{dP_d}{dL} = \frac{dF_d/dL}{\pi \cdot D^2/4} = \frac{3C_{ds} \cdot G_s \cdot \beta_f (u_f - u_p)^2}{\beta_s \cdot d_p \cdot u_p \cdot \pi \cdot D^2 \cdot g_c} \quad (9a)$$

Gaz-katı oranının

$$m = \frac{4 G_s}{\pi \cdot D^2 \cdot u_p \cdot \beta_f} \quad (9b)$$

şeklinde verilmesiyle bir önceki denklem(9a)aşağıdaki gibi yazılabilir.

$$\frac{dP_d}{dL} = \frac{3}{4} C_{ds} \frac{\beta_f^2}{\beta_s} \frac{(u_f - u_p)^2}{d_p g_c} m \varepsilon^{-4,7} \quad (10)$$

Yatay borularda gerçek bir çalışma durumunda(toplu akış) toplam basınç düşmesi sürüklenme kuvveti ve gaz ile boru cidarları arasındaki sürtünmeden oluşur.

ΔP_f klasik Fanning'in sürtünme faktörü kullanılarak katı parçacıkları haricinde kalan gaz fazının akış debisine bağlı olarak bulunur.

b-)Cidarlardaki Sürtünme Kuvveti ve Gdavitasyonel (Ağırlık) kuvveti:

Denklem (10) ve (11)'den faydalanarak gaz-katı süspansiyonlarının borulardaki akışı için basınç düşmesinin hesaplanması mümkündür.Bunun için parçacık hızı u_p 'nin bilinmesi gerekir.Seyrek bir süspansiyon için katı parçacık hızı takip eden (14) ve (15) nolu denklemlerle bulunabilir

λ parçacıkların boru duvarları arasında ve birbirleri arasında yaptığı hareketlere karşılık gelen sürtünme katsayısı olsun.Parçacıklara etki eden sürtünme kuvveti aşağıdaki formülle verilebilir.

$$dF_f = \pi \cdot D dL \tau_s = \frac{\lambda u_f^2}{D 2 g_c} \quad dW_s = \frac{\lambda u_p G_s}{D 2 g_c} dL \quad (12)$$

Sürtünme katsayısının değerleri Tablo 4'de çeşitli parçacıklı yapıdaki malzemeler için verilmiştir.

$$\lambda = \frac{2gD}{u_{ts}^2} \frac{u_f - u_p}{u_p} \quad (13)$$

Burada tek bir parçacık için serbest düşme sınır hızıdır. (free-fall terminal velocity) ise yatay boruda parçacıkların toplu halde akışı için serbest düşme sınır hızıdır.

MALZEME	λ
Tenite	0,004-0,008
Polysitiren	0,008-0,019
Katalin	0,003-0,008
Saf Alüminyum Oksit	0,009-0,018
Maden Kömürü	0,005
Kok Kömürü	0,005
Buğday	0,003-0,013
Kum	0,010-0,021
Deniz Kumu	0,018-0,019
Kraking Katalizörü	0,008-0,023
Toprak Kraking K.	0,008-0,018
Pirinç	0,0058
Soya Fasulyesi	0,0081

Tablo 4

Parçacıklar yatay bir boru içinde dL mesafesinde hareket ederken serbest düşme neticesi düşey doğrultuda $u_t(dL/u_p)$ kadar bir hareket olur. Sonuç olarak gaz gravitasyonel kuvvet dFg'nin etkisi altında düşen bu parçacığı yeniden kaldırmelidir.

$$dF_g = u_t dW_s g / (u_p \cdot g_c) \quad (14)$$

Serbest düşme sınır hızı toplu akış halinde aşağıdaki denklemlerle verilebilir.

$$u_t = \left[\frac{4}{3} g d_p \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} \frac{\epsilon^{4,7}}{C_{dst}} \right] \quad (15a)$$

Burada;

$$C_{dst} = 24 Re^{-1} + 3,6 Re^{-0,313} \quad (15b)$$

$$Re = d_p u_{ts} \rho_f / \mu \quad (15c)$$

u_{ts} terimi akışın belli bir anı için aşağıdaki formülden elde edilebilir.

$$u_{ts} = \left[\frac{4}{3} g d_p \frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_f} / C_{dst} \right] \quad (16)$$

dL uzunluğundaki borudaki parçacıklar için hareket denklemi aşağıda verilmiştir.

$$dF_d - dF_g - dF_f = \frac{dW_s}{g_c} \frac{du_p}{dt} \quad (17)$$

Sürekli çalışma şartlarında(17) numaralı denklem aşağıdaki gibi olur.(Sürekli çalışma şartlarında eşitliğin ikinci tarafındaki atalet kuvveti ifadesinde $ivme = du_p/dt = 0$ dır.

$$dF_d = dF_g + dF_f \quad (18)$$

(8),(12),(14) numaralı denklemlerdeki ifadelerin 18 no'lu denklemde yerine konmasıyla,aşağıdaki denklem elde edilir.

$$\frac{3}{4} \left(\frac{C_{ds}}{\varepsilon^{4,7}} \right) \left(\frac{\rho_f}{\rho_s} \right) \frac{(u_f - u_p)^2}{d_p g} - \frac{\lambda (u_p^2)}{2 (D_g)} = \left[\frac{4}{3} \left(\frac{g d_p}{u_p^2} \right) \left(\frac{\rho_s - \rho_f}{\rho_s} \right) \frac{\varepsilon^{4,7}}{C_{dst}} \right] \quad (19)$$

(19) numaralı denklem parçacık hızıyla gaz hızı arasında bir bağıntı verir.Partikül hızı (19) numaralı denklem yardımıyla hesap edilerek bulunabilir.Bardan elde edilen değer Richardson ve Mc Leeman isimli araştırmacıların yaptıkları deneysel çalışmalarla bulunmuş(15) numaralı formülden elde edilecek değerle karşılaştırılmalıdır.(19) numaralı denklem parçacık hızıyla ve malzeme türüyle ilgili λ' nın belli olması halinde kullanılabilir.Parçacık hızının bilinmesiyle denklem (10) ve (11)'den borudaki basınç düşmesi hesaplanabilir.Deneysel olarak ölçülen basınç düşmesiyle,hesapla bulunan basınç düşmesi arasındaki mukayese sonucunda hesap yönteminin gerçeğe çok yakın sonuçlar verdiği görülmüştür.

2.2.3. Seyrek Fazlı Katı-Gaz Karışımlarının Düşey Transportu:

Daha önce yatay borular için verilen hesap şekli düşey borular içinde uygulanabilir. Dikkat edilecek nokta düşey borularda gravitasyonel kuvvetlerin etkisidir. Bu durumda gravitasyonel kuvvetlerin farklı etkisidir. Bu durumda gravitasyonel kuvvetler aşağıdaki gibi verilebilir.

$$dF_g = \frac{g}{g_c} dw_s \quad (20)$$

Sürüklenme kuvveti dF_d ve katı parçacıklara etkiyen sürtünme kuvveti dF_f 'nin değerleri yatay borularda hareket için denklem (4) ve (17)'de verilen değerlerin aynısıdır. Pek tabi bu durumda hız bileşenleri düşey doğrultudadır. Eğer düşey doğrultudaki parçacık hızı biliniyorsa basınç düşmesi hesabı yapmak mümkündür.

$$u_p = u_f - \left[\left(1 - \frac{\lambda}{0} \frac{u_p^2}{2g} \right) \frac{4}{3} \frac{(g_s - g_f) d \rho g}{g_f c d_s} \varepsilon^{4,7} \right]^{1/2} \quad (21)$$

Yukarıdaki formül Yang tarafından tecrübelerle dayanan araştırmalar sonucu verilmiştir. (21) numaralı bu denklemin verdiği değerler tecrübelerle görülmüştür ki $\pm$ %20 doğrulukla gerçeğe uygundur.

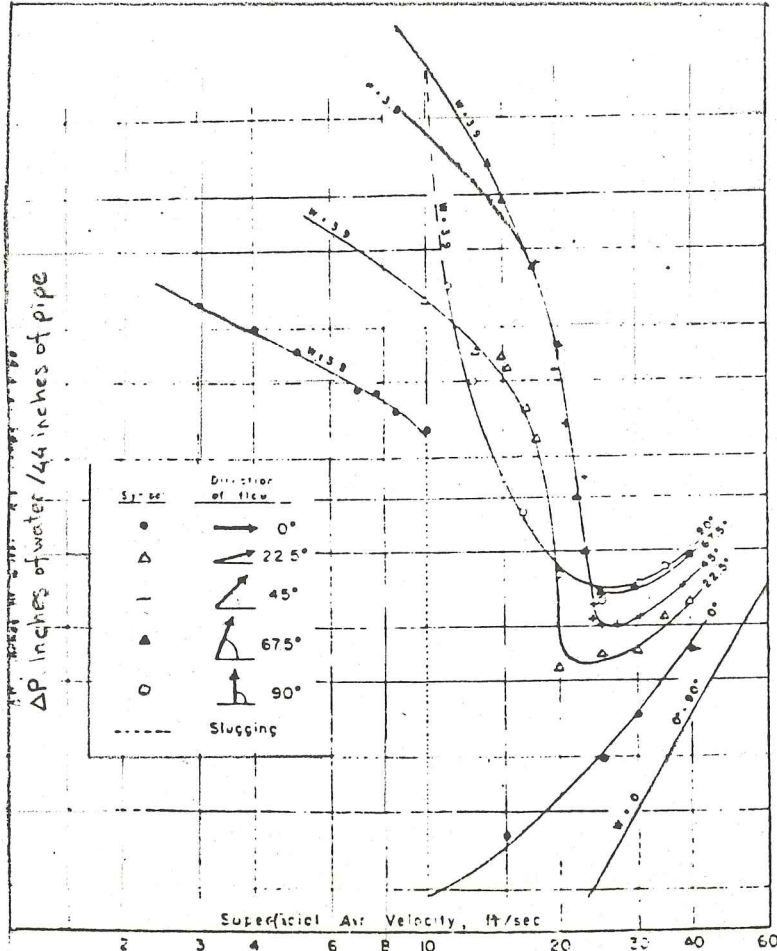
2.2.4. Seyrek Fazlı Katı-Gaz Akışında Sürüklenme Azalması:

Önceki bölümlerde üzerinde durulduğu gibi gaz-katı süspansiyonlarıyla ilgili olarak yapılan deneysel çalışmalarda katı parçacık oranının artmasıyla akış gösterilen sürtünme direncinin arttığı anlaşılmıştır. Bununla birlikte bazı araştırmacıların sonuçlarına göre belirli şartlar altında bu durumun tersine döndüğü söylenebilir. Öyleki saf gaz kullanılması katı parçacıklarının çok küçük olması ve yükleme oranının düşük olması halinde sürtünme direncinin azaldığı tespit edilmiştir. Örneğin Rosselti ve Pfeffer gibi müellifler yükleme oranının 1,5 ve Reynold sayısının 25000'den az olması ayrıca parçacık boyutlarının $30 \mu m$ 'den küçük olması halinde sürtünme katsayısının 0.27 den küçük olacağını ifade etmişlerdir. Bu ise sürüklenme olayında %75 azalma demektir. Sürüklenme

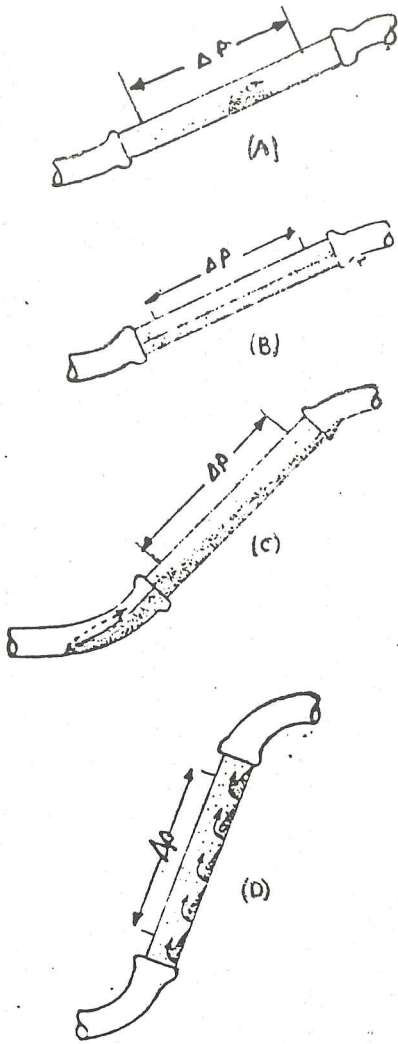
olayının(parçacıkla akışkan arasındaki sürtünme neticesinde otraya çıkan hareket)bu şekilde azalması cidarları birbirine yakın borularda türbülans parçacıkların birbirlerini etkilemeleri sonucunda ortaya çıkar.Bu konuda halen ilâve çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır ki bu konu endüstriyel uygulamalar bakımından yararlı hale gelsin.

2.2.5.Eğimli Borularda Akışın İncelenmesi:

Pnömatik nakil tesislerinde sık sık rastlanan bir durum düşey yükseltilerin aşılması zorunluluğudur.Böyle bir durumda iki çözüm mevcuttur.Bunlardan birincisi 90° lik bir dönüşle dik bir dirsek kullanılır.Bu yüksek basınç düşmesi ve dirseğin çabuk aşınması sonucunu yaratır.İkinci çözüm ise düşey mesafenin belli bir eğimi sahip borular ve bunları birbirine bağlayan 90° den geniş açılı kullanılarak aşılmasıdır.Aşağıda ve takip eden sayfalarda $0^{\circ};22,5^{\circ};45^{\circ};67,5^{\circ}$ ve 90° lik eğimli çeşitli borularda sabit kütleli akışı(W) için ortalama hava hızına bağlı olarak basınç düşmesinin değerleri tecrübeyle bulunmuş eğriler verilmiştir.(Resim 7,8,9,10,11)



Resim7



A-) Eğim=22,5°

Hava hızı 5,2-5,5 m/s

Malzeme yalnızca borunun üst tarafında çökelmiş

B-) Eğim=22,5°

Hava hızı 3-4,6 m/s

Çökelen parçacıklarda hareket yok. Bütün transport borunun üst yarı kesitinde yapılıyor.

C-) Eğim=45°

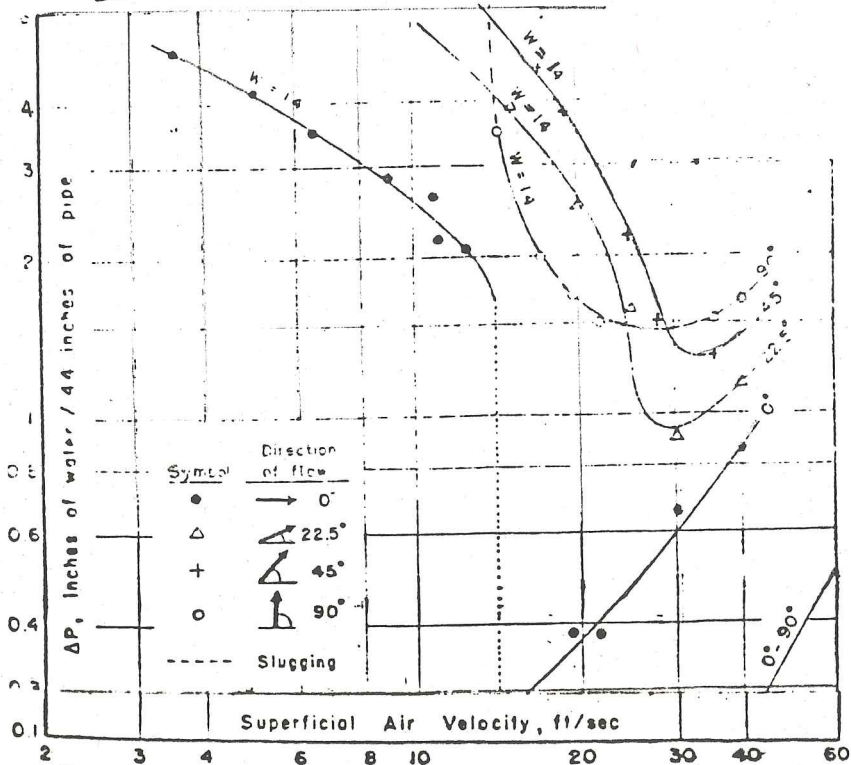
Hava hızı 3,4-4,3 m/s

Çöken malzeme yavaşça aşağı kayar ve dipten tekrar yukarı taşınır.

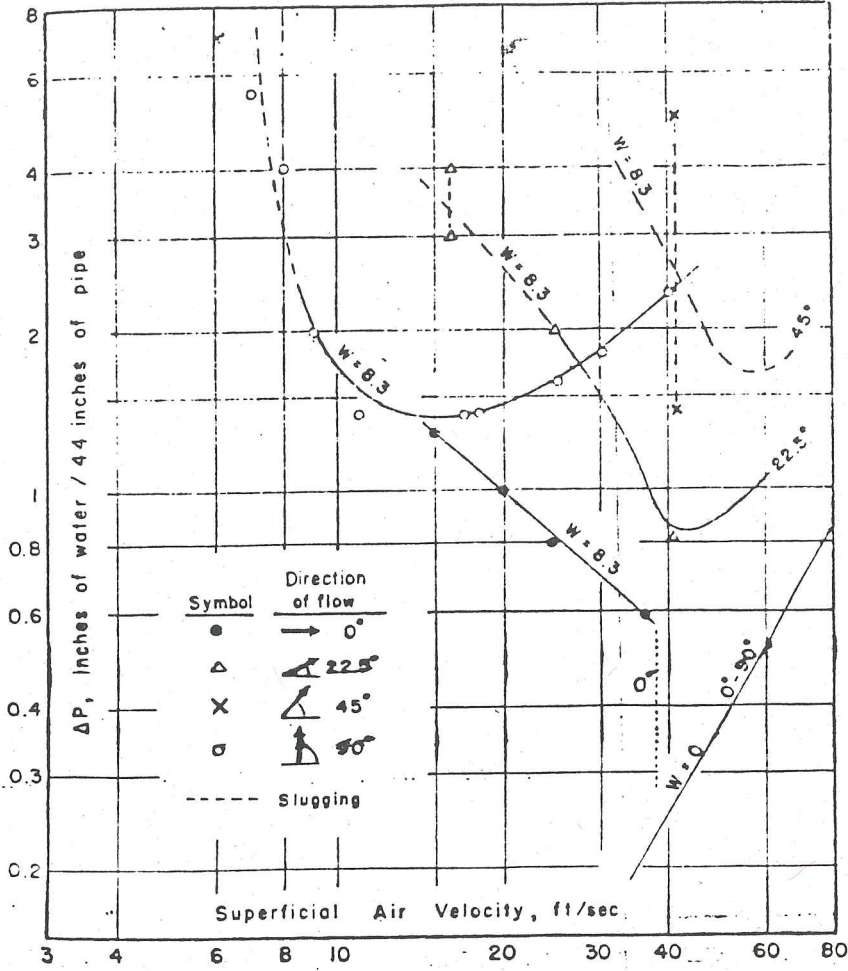
D-) Eğim=67,5°

Hareket hızı 5,2 m/s

Düşeye çok yakın pozisyonlarda düşük hızlarda bu durum oluşur.



Resim8-Hava-kolza tohumu için boru eğiminin akışa etkisi



Resim 9-Boru eğiminin hava-tuz karışımına etkisi

w=Kütlesel katı malzeme debisi

ΔP=Basınç düşmesi

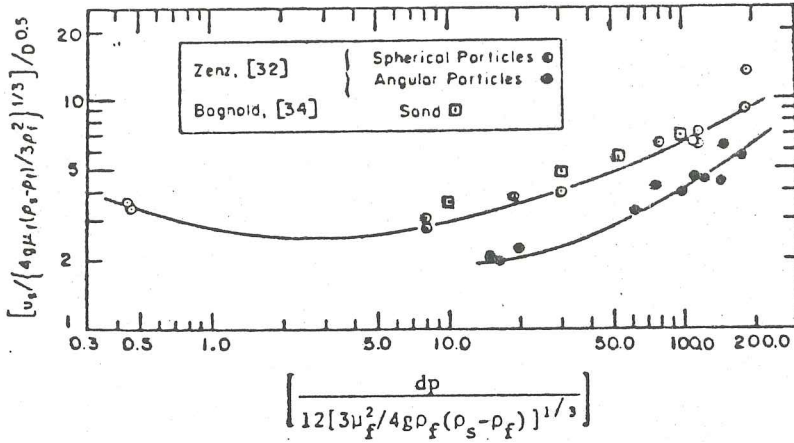
u=Ortalama hız(Yüzeysel hız-süpeficial velocity)

2.3.YOGUN FAZLI AKIŞ SİSTEMLERİ:

2.3.1.Yatay Borularda Sürüklenme Hızı:

Önceki bölümlerde yatay borularda seyrek fazlı akış için denklemler geliştirilmişti.Bununla birlikte katı-gaz oranının büyümesi veya gaz akış debisinin transport hattında azaltılması halinde katı parçacıkları yatay borunun dip tarafı boyunca çökelmeye ve borunun kesit alanını daraltmaya başlarlar.İşte parçacıkların bu durumda durmasına engel olacak minimum hız sürüklenme hızıdır.Ve bu hız gaz-katı transport sistemlerinde çok önemlidir.Evvelki bölümde verilmiş bulunan seyrek fazlı akış süspansiyonlarına ait akış karakteristiklerinden tamamen farklıdır.Bu akış türünde akış şekili için herhangi bir denklem verilmeden önce akış rejimlerinin doğru olarak teşhis edilmesi gereklidir.Yatay borulardaki akış için Zenz Tarafından tek bir parçacık için sürüklenme hızını veren ampririk bir bağıntı verilmiş olup bu resim 10'da verilmiştir.Buradan şu şekilde sonuçlar çıkarılabilir.Sürüklenme hızı U_s azalan parçacık boyutuyla birlikte azalır.Fakat bazı özel parçacık boyutlarında sürüklenme hızı parçacık boyutlarından bağımsızdır.Daha sonrada azalan parçacık boyutlarıyla sürüklenme hızının artması söz konusudur.Değişik parçacık boyutları için bulunan sürüklenme hızı noktalarının bir eğriyle birleştirilmesi ile sürüklenme hızı için minimum değer bulunur.Bu çok ufak parçacıkların çok süspanse olduğu ve taşıma olayı için çok yüksek hızların gerekli olduğu bir bölgenin seyrek faz süspansiyonlarında mevcut olduğunu gösterir.Bu özellik küçük parçacıklarda mevcut olan elektrostatik olarak elektriklenme etkisine ve yüzey etkisine istinad ettirilmiştir.

Sürüklenme hızının değişik boyutlu parçacık karışımlarının yatay borularda transportu halinde Zenz adlı müellif tarafından teklif edilen bir metodla bulunması mümkündür.Bu metoda göre önce resim 10'dan en küçük ve en büyük parçacık boyutları için sürüklenme hızı bulunur.Daha sonra hızı



Resim 10-Yoğun fazlı akış için sürüklenme hızı korelasyonu

veren nokta civarındaki iki nokta arasındaki eğri parçasının eğimi olan S bulunur. Son olarak iki sürüklenme hızından büyük olan değer seçilir ve kontrol edilir. Zenz farklı boyutlu tanecikler için minimum taşıma hızını veren aşağıdaki formülü vermişlerdir.

$$\frac{W}{\rho_s} = 0,7(S)^{1,5} \frac{(u'_p - u'_s)}{u_s} \quad (22)$$

2.3.2. Yoğun Fazlı Yatay Transportta Basınç Düşmesi:

Resim 1'de görüldüğü gibi gaz hızının sürüklenme hızının altına düşürülmesi ve katı-gaz oranının yükseltilmesi halinde parçacıklar borunun dibine çökerek bir kayma hareketi yapmaya başlarlar. Böyle yoğun fazlı katıların transportu genellikle akışkanlaşmış yataklı besleyicilerle başarılıdır. Yoğun fazlı katı-gaz karışımlarının akışkanlaşmış yataktan boşaltılması huni kesitli bir boşaltma tübü ile yapılır. Klasik pnömatik transport tesislerinde katı-gaz oranının 0,1-5,0 arasındaki değerleri söz konusu iken akışkanlaştırılmış yataklı besleyiciler kullanılması halinde bu oran 25-900 arasındaki değerleri alabilir. Yoğun fazlı katı-gaz karışımları için söz konusu olan akış türleri önceki bölümlerde incelenmişti.

Akışkanlaşmış besleyiciler civarında katı parçacıkları üniform olarak dağılmış gözükür. Fakat sonraki bölgelerde katı parçacıkları durma ve periyodik aralıklarla tepecikler oluşturma eğilimi gösterirler. Akıştaki böyle düzensizlikler parçacık hızının çeşitli boru kesitleri için tahmin edilmesini gerektirir. Olayda katı parçacıklarının hızı boru içinde noktadan noktaya değişir. Hatta parçacıklar belli bir bölgede hızlandırıldıktan sonra alternatif olarak hızlanır ve yavaşlar. Basınç düşmesi ancak tahminen bulunabilir.

Yoğun fazlı transportta katıların az veya çok kollektif olarak hareket etmeleri bunların tek parçacık durumuna göre anlaşılması daha güç bir durum oluşturmaya yol açan tekil durumun etkisi hem boyut hemde şekil bakımından farklılık yaratır. Önemli olan nokta şudur. Parçacık kütlesinin ortalama hızı olarak parçacık hızının mantıklı bir şekilde belirlenebilmesi için transport borusunun her yerinde ölçümler yapılmıştır. Önce boru içindeki karışımın ortalama yoğunluğu aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\rho_s = \frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{Ölçüm kesitleri içindeki katı malzemenin ağırlığı} \\ \text{Giriş ve çıkış valflerinin kapatılmasıyla elde} \\ \text{edilen hacimdeki malzemenin ağırlığına benzer olarak} \end{array} \right\}}{\text{Ölçüm kesitleri arasındaki boru hacmi}}$$

Ölçüm kesitleri arasındaki boru hacmi

Ortalama parçacık hızı u_p aşağıdaki formülden hesaplanır.

$$u_p = \frac{w_s}{\rho_{ds}} \quad (23)$$

Yogun fazlı transport halinde karışımın yoğunluğu katı-gaz oranına bağlı olarak görünür durumundan 2-3 defa daha büyüktür. Bu katı gaz akışları arasındaki kaymanın kanıtıdır. Wven ve Simon isimli araştırmacılar akışkanlaştırılmış besleyiciye sahip cam borulu bir sistemde taşınan parçacıkların 3 boyutu için basınç düşmesini ve hızı bulmuşlardır. Gaz ve katı arasındaki kayma miktarının ki gaz hızı parçacık

hızından en az iki kere daha büyüktür pratik olarak parçacık boyutlarından bağımsız olduğu deneysel olarak anlaşılmıştır.

Basınç düşmesi aşağıdaki amprik bağıntıyla verilmiştir.

$$\left(\frac{\Delta P_t}{L \rho_{ds}} \right) \left(\frac{D}{d_p} \right)^{0,25} = 2,5 (u_p)^{0,45} \quad (24)$$

Parçacık basınç ve şeklinin basınç düşmesine etkisi oldukça küçüktür.

Gaz hızının bulunması için benzer olarak

$$\left(\frac{\Delta P_t}{L W_s} \right) \left(\frac{D}{d_p} \right)^{0,25} = 3,8 (u_f)^{-0,55} \quad (25)$$

(25) numaralı denklem basınç düşmesini verir. Gerekli veriler Holden isimli araştırmacı tarafından 25,50,75mm lik boru çapları halinde maden kömürü için Zenz tarafından, cam tanecikleri için Wven ve Simon tarafından, cam tanecikleri ve kömür için, Koble tarafından feldspat kuvarsı için verilmiştir.

(25) numaralı denklem yoğun fazlı pnömatik transportla katı yükleme oranının 25-900 arasındaki değerleri için yaklaşık olarak sonuç verir ve dikkatli olmak gerekir. Basınç düşmesinin belirlenmesinde parçacık hızlanma mesafesi ve boru çapının etkisi konularında elde yeterli bilgi mevcut değildir.

2.3.3, Düşey Transportta Tıkanma Hızı:

Katıların düşey transportuna en çok katalitik rejenerasyon ünitelerinde, katalitik dönüşüm ünitesi tübünde havanın kaldırma gücünden faydalanmak şeklinde karşılaşılr. Düşey transport akış karakteristiklerinin kolay anlaşılması için resim 2b'den faydalanılabilir. Katı parçacıklarının sabit kütesel debileri W_1 ve W_2 için eğriler verilmiştir. Basınç düşmesi gaz akış debisinin tedrici olarak azaltılması ile C ve F noktalarından D ve G noktalarına düşer. Benzer olarak statik basınç artarken parçacıkların hızı ve boşluk oranı azalır. D veya G noktalarında katı tanecikleri gaz

sürtünmesini yenmeye başlar ve basınç düşmesi keskin eğrilerle bu noktanın sağında ve solunda artar. Yaklaşık olarak verilmiş olan E ve H noktalarında gaz süspansiyonunun yüksek yoğunluğunu kaldıramaz ve çökme başlar. Bu noktalarda boru kesitinin taneciklerle tamamen dolu olduğu bir akış (Slugging Flow) söz konusudur.

R ve H noktalarındaki gaz hızı tıkanma hızı (Chocking velocity) olarak isimlendirilir. ve doymuş (Saturated) akışı temsil eder. Bundan dolayı tıkanma hızı yatay borularda transportta söz konusu olan sürüklenme (Saltation velocity) hızına benzer. Her ikisinde seyrek ve yoğun fazlı transport esnasında katıların taşınabilmesi için alt sınırı verir.

Zenz ve Othmer isimli müellifler tıkanma hızını aşağıdaki formülle vermişlerdir.

$$W_{ch} = \rho_s (1 - \epsilon_{ch}) (u_{ch} - u_t) \quad (26)$$

Burada kritik boşluk oranı ϵ_{ch} katının özgül ağırlığından yaklaşık olarak bağımsızdır. Bu kritik boşluk oranı aşağıdaki formülle verilmiştir.

$$\epsilon = 0,03 + 0,91 \quad (27)$$

Burada ρ_s (gr/cm³), $d_p > 0,17$ ve $0,945 < \epsilon_{ch} < 0,987$ Aynı boyutlu tanecikler için Zenz ve Othmer adlı müellifler yatay tranporttaki sürüklenme hızının, düşey transporttaki tıkanma hızına yaklaşık olarak eşit olduğunu bulmuşlardır. Ancak karışık boyutlu tanecikler halinde tıkanma hızı 3 ilâ 6 kere arasında daha küçüktür.

Yoğun fazlı sıvıların transportuyla ilgili deneysel araştırmalar yeterli seviyede değildir.

Sandy, Daubert, Jones isimli müellifler katı-gaz sistemleri ile ilgili pek çok çalışma yapmışlardır. Bu müellifler yoğun fazlı sistemlerde toplam basınç düşmesinin çok dikkatli şekilde hesaplanmaya ihtiyaç gösterdiğini vurgulamaktadır. Özellikle taneciklere ilk hareketi vermek yani bunları kaldırmak için gerekli olan basınç düşmesi yaklaşık olarak borudaki

basınç düşmesinin dört katıdır. Parçacıkların bu ilk hareketi esnasındaki basınç düşmesi yaklaşık olarak aşağıdaki formülle bulunabilir.

$$\frac{\Delta P}{L} = 4 \rho_b \quad (28)$$

Burada ρ_b katı parçacıkların yığinsel özgül kütleisidir. L ise borunun uzunluğudur. Bu yaklaşık denklem deneysel olarak temsil edilmiş aşağıdaki aralıkları kapsar.

Parçacık özgül kütlesi: 2500-4000 kg/m³

Parçacık çapı : 25-35

Katı-gaz yükleme oranı: 5000'e kadar

Buraya kadar anlatılanlarla ilgili olarak şu sonucu vermek mümkündür. Yoğun fazlı sistemlerde düşey transportta yüksek bir emniyet faktörü gözetilmesi başarılı bir dizayn için gereklidir.

2.3.4. Tıkanma Olayına Nemin ve Sıcaklığın Etkisi:

Bazı hallerde yağ malzemeyi nakletmek imkânsızlaşır. Bunun sebebi nemli malzemenin yapışarak kümelenme eğilimi göstermesi, özellikle yön değişiminin söz konusu olduğu bölgelerde boruların ve diğer elemanların cidarlarına yapışarak etkili kesitin küçülmesine yol açması mümkündür. Tıkanma olayı iki şekilde kendini gösterir.

1) Yapışkan ve kalınlığı tedrici olarak artan birikintilerde

2) Genellikle hava hızının yetersizliğinden yada tesisatın uygun seçilmemesinden kaynaklanan ve hızlı şekilde gelişen birikintilerde.

Genel olarak pnömatik transport sistemleri dizaynında malzeme için kabul edilebilecek üst nem sınırlarını bilmek mümkün değildir. Yalnız sızdırmaz bir ambalaj içindeki bir numunenin incelenmesi, daha da iyisi 100 kg civarındaki bir numunenin laboratuvarında etraflıca araştırılması nem muhtevası hakkında fikir verebilir. Malzeme ne kadar inceyse nem o kadar önem kazanır. Örnek olarak deni-

lebilirki kömür tozunun tane büyüklüğünün 0-1 mm arasında olması halinde nem %3'ü, tane büyüklüğünün 0-5 mm arasında olması halinde nem % 5'i geçmemelidir. Bu sınır ince tanesi az olan kömürlerde %8'e kadar çıkabilir. Selülezik asetat için % 10'a, küspe için % 0,5'i aşmamalıdır.

Malzemedeki nem ya yüzeyseldir yada malın bünyesinde mevcuttur. Bir başka halde iki tür neminde bir arada bulunmasıdır. Bu nedenle yüzeysel nemin ağır bastığı hububatlarda ve bitkisel tanelerde nemin % 14'üne, buna karşılık bünyesel nemin ağırlıkta olduğu turba kömüründe nemin % 40'ına müsaade edilebilir. Kağıt hamuru, talaş gibi selülezik malzemelerde ise nemin % 100'e ulaşması sakınca yaratmaz. Burada yanlış anlamaya yol açmamak için dikkat edilecek bir nokta nemliliğin tayininde yukarıda yapıldığı gibi nem oranının kuru madde miktarına göre mi? Yoksa yaş madde miktarına göre mi saptandığını belirtmek gerekir.

Bazı kuru ve ince malzemeler yaş malzemeler gibi tıkanma eğilimi gösterebilirler. Zamanla zor giderilen ve tedbire ihtiyaç gösteren birikintiler oluşturlar. Bunlar soda, alçı karbonatı ve plastik gibi malzemelerdir.

Sıcaklığın Etkisi:

Sıcak malzemelerin hava ile taşınması tesisatın dizaynı esassından bu noktanın dikkate alınmasıyla başarıyla gerçekleştirilebilir. Malzemenin sıcaklığı bazı hallerde 400-600 °C gibi değerlere erişebilir. Haliyle böyle hallerde gerek mekanik sistemlerde gerekse sızdırmazlık problemlerinin çözümünde bu sıcaklıktan zarar görecektir plastik, benzeri malzemelerin kullanılmaması gerekir. Ayrıca ısı genleşmeleri karşılayabilmek için boru şebekesine absorberler yerleştirilmelidir.

3. PNÖMATİK GÖTÜRÜCÜ DİZAYNLARI:

Pnömatik transportörler genel olarak aşağıdaki şekillerde uygulanırlar. Her sistem değişik durumlar için farklı avantajlara sahiptirler. Kullanılacak taşıma sisteminin doğru seçimi için bu avantajlar iyice araştırılmalıdır. Genellikle yapılan seçim avantaj ve dezavantajlar değerlendirildikten sonra bile büyük bir kesinlikle yapılamaz.

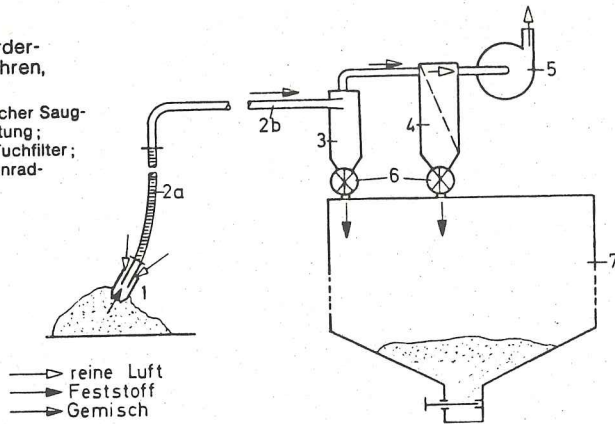
3.1. Emme havallı taşıyıcılar:

Emme havallı taşıma sistemleri basıncın maksimum olduğu (minimum vakum) giriş noktasından, basıncın minimum olduğu (maksimum vakum) çıkış noktasına katı taneciklerin süspansiyon veya yüzer durumda, bir boru vasıtasıyla gazın taşıma kuvvetinden faydalanılarak transportuna imkân veren tesislerdir. Bu sistemler iki berilgin avantaja sahiptir. Bunlardan birincisi besleme mekanizmasının çok basit olmasıdır. Yükleme (besleme) mekanizması kolaylıkla farklı durumlara uygulanabilir. Bir tren vagonundan, bir kamyon kasasından veya gemi depolarından kolaylıkla yükleme yapmak emme havallı ileticilerde mümkündür. Ayrıca bu sistem birkaç yerel besleme noktasından bir final noktasına transporta imkân verir.

Aşağıda bu sistemlerin değişik uygulama şekilleri verilmiştir.

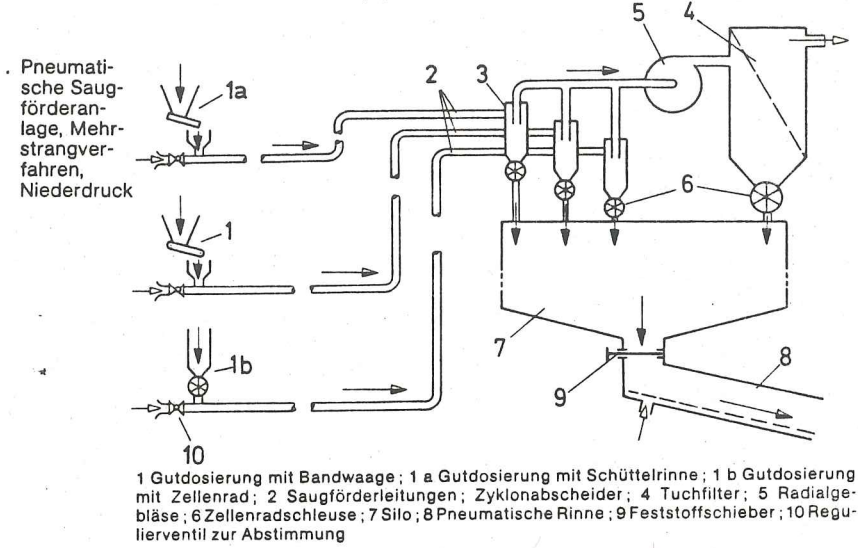
Pneumatische Saugförderanlage, Einstrangverfahren, Niederdruck

1 Saugdüse; 2a beweglicher Saugrüssel; 2b Saugförderleitung;
3 Zyklonabscheider; 4 Tuchfilter;
5 Radialgebläse; 6 Zellenrad-schleuse; 7 Silo



Resim 11

Resim 11 : Pnömatik emmeli taşıma düzeni, alçak basınç
1 Emme ucu; 2a Kıvrılabilir emme borusu;
2b Emme taşıma hattı; 3 Siklon ayırıcı; 4 Bez-
li filitre; 5 Körük(göbekten); 6 Hücre teker-
lekli vana; 7 Silo



Resim 12 : Pnömatik emmeli taşıma düzeni, alçak basınç
1 Band tartısı ile mal girişi; 1a Oluk ile mal girişi;
1b Hücreli tekerlek ile mal girişi; 2 Emme taşıma hattı;
3 Siklon ayırıcı; 4 Bez filitre; 5 Körük; 6 Hücre tekerlek-
li vana; 7 Silo; 8 Pnömatik oluk; 9 Sürgülü vana; 10 Ventil;

Katı parçacıkları havada tek tek yüzer halde iken giriş kısmından geri çekilen hava tarafından sisteme yüklenir. Bir başka sisteminde yıldız valf veya iki valflı kapalı hazneli besleyiciler kullanılarak yükleme yapılmasıdır. Taşıma hattı boyunca iç basınç atmosferik basınçtan daha az olduğundan akış olayı ve sızıntılar daima borunun içine doğrudur. Bu toz kontrolü büyük avantaj yaratır. Bununla birlikte yinede taşıma hattında sızıntı olmasına müsaade edilmez. Aksi halde sisteme girin hava miktarı artacağından gerekli vakum sağlanamaz ve verim düşer. Bundan başka sızıntılar sisteme sok-

tukları pislikler nedeniyle temizliğin önemli olduğu proseslerde ayrıca arzu edilmez.

Gaz-katı ayırma cihazı genellikle sistemin son depunun üzerinde bulunur. Bunlar malzeme parçacıklarının helezonlar veya saptırıcı paletler yardımıyla kapalı odalara düşmesi esasına dayanır. Parçacıkların gazdan ayrılması kuru siklonlarlada yapılabilir. Siklonlar ve bunların kombinezonları daha çok büyük parçacıkların tutulmasında kullanılır. Torba filitreler ise toz veya ince parçacıkların yüksek verimle tutulmasında faydalıdır.

Katı parçacıklarından temizlenen hava vakum pompasının çıkışından atmosfere verilir. Sistemdeki hava akımı oldukça önemli miktarda bir gürültüye yol açar. Bu gürültü susturucular kullanılarak azaltılabilir.

Emme havalı götürücüler için genel olarak verilen teknik değerler şöyledir:

İletme uzunluğu 200 m'den max. 500m'ye kadar

İletme yüksekliği 30 m'ye kadar

İletme kapasitesi 100(500) t/h

Max. vakum 0,5 bar'a kadar

Max. tane büyüklüğü 20 mm

Gaz hızı 20-40 m/s

3.2. Basınç havalı taşıyıcılar:

Atmosfer basıncından büyük basınçlar kullanılarak parçacıklı katıların transportu tek bir sabit besleme bölgesinden tek bir boru tertibatı kullanarak gerektiğinde akış yönünün valflerle kontrol edildiği ve çok sayıda çıkış noktasının bulunduğu sistemlerdir. Bu sistemler a-düşük basınç sistemleri(max. 1,4 bar) b-orta basınç sistemleri(1-3 bar) c-yüksek basınç sistemleri(3-9 bar) olarak sınıflandırılırlar.

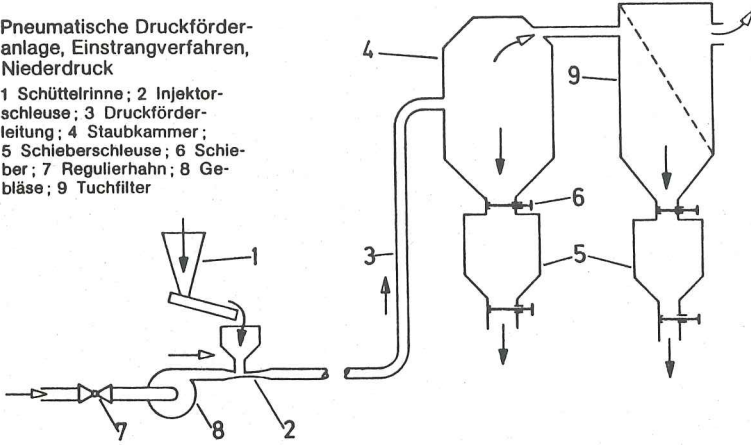
Besleyici kullanılarak taşınacak malzeme basınçlı havanın içine verilmiştir. Gaz akımı istenilen sayıda ve yerden bo-

şaltma yapma amacına yönelik boru swiçleri, çevirme kapıları, boşaltma vanaları ile techiz edilmiş boruda gerektiği gibi yönlendirilir.

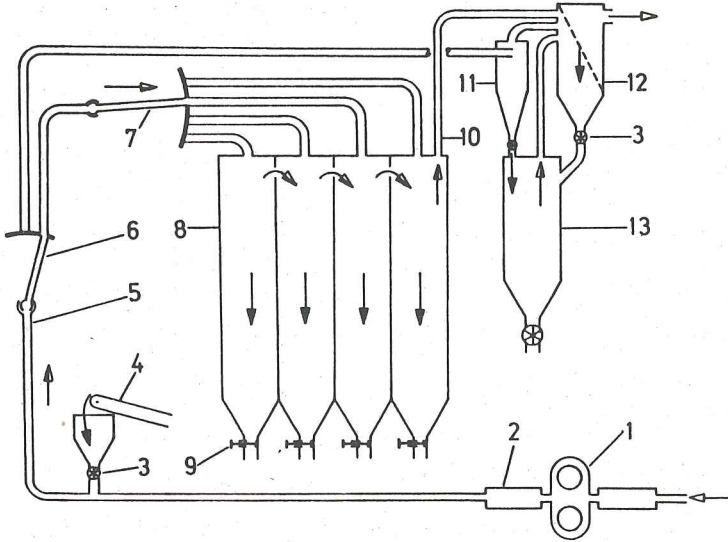
Pnömatik basınçlı taşıma sistem örnekleri aşağıda verilmiştir.

Pneumatische Druckförderanlage, Einstrangverfahren, Niederdruck

1 Schüttelrinne; 2 Injektor-schleuse; 3 Druckförderleitung; 4 Staubkammer; 5 Schieberschleuse; 6 Schieber; 7 Regulierhahn; 8 Gebläse; 9 Tuchfilter



Resim 13-1 Dökme oluğu; 2 Injekör anahtar; 3 Basınçlı iletme hattı; 4 Toz tutucu oda; 5 Sürgülü savak; 6 Sürgü; 7 Vantilatör 9 Bez filitre



Resim 14-Pnömatik basınçlı götürücü, Orta basınçta,

Orta ve yüksek basınçlı sistemler ise normal olarak boyutları küçük olan parçacıklı malzemelerin taşınması için uygundur. Düşük basınçlı sistemler pek çok sahada kullanılabilir. Ancak taşıma mesafeleri birkaç yüz metre ile sınırlıdır. Uzun mesafeli taşıma olayında büyük bir dikkate ihtiyaç göstermesi ve besleme sistemindeki güçlüğüne rağmen yüksek basınçlı sistemler kullanılır.

Hava-katı karışımının sızıntısını minimum yapmak için özel ön tedbirler almak pozitif basınçlı sistemler için gereklidir. Temin edilen basınçlı havanın boruların içinde birikmesi (hava yastıkları teşekkülü) halinde bu akışın bozulmasına veya tamamen bloke olmasına yol açar. Dizayn mühendisleri için önemli bir nokta girişteki besleyicilerle çıkıştaki silolara olan bağlantıların özenle gerçekleştirilmesidir. Besleme olayında malzeme basınçlı gazın içine uniform olarak dağıtılmalıdır. Besleme cihazının zayıf olması akış sisteminde geriye doğru basınç dalgalanmalarına yol açar. Bu ise akış hattında kesitin tamamen dolu olduğu bir akışa (sluging) veya tamamen tıkanmaya (pluging) yol açar.

Çıkıştaki siloya kötü dizayn edilmiş giriş menfezleri basınç düşmesine yol açar. Hatta akışın durması sonucunu doğurur. Bütün borular, hattaki valfler ve boru bağlantı dirsekleri termodinamik olarak kolaylaştırabilecek şekilde dizayn edilmelidir. Borular, bağlantı flanşları sızdırmaz olmalıdır. Fakat aynı zamanda hatların tıkanma durumlarında bakımının kolay yapılması için demontaj imkânı olmalıdır.

3.3. Emme-Basma Havalı Götürücüler:

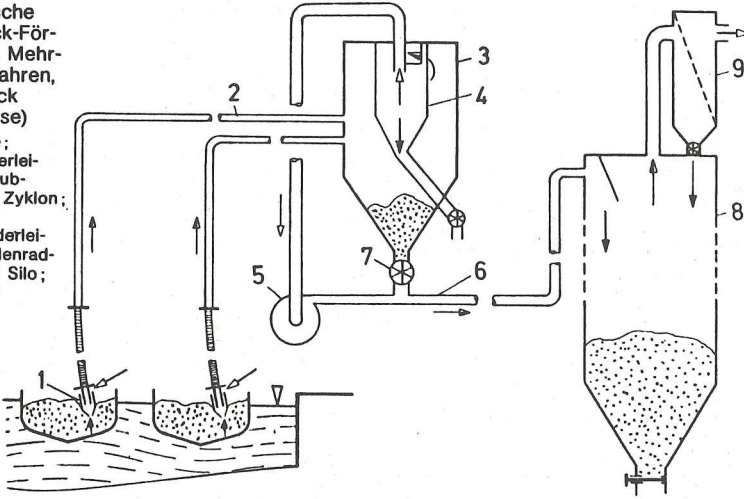
Eğer malzemenin bir kaç noktadan yüklenip geniş bir sahaya dağıtılmış çok sayıdaki çıkış noktasına götürülmesi söz konusu ise emme-basma havalı kombine sistemler kullanılır. pompa veya vantilatör dizaynından ötürü yüksek katı konsantrasyonu halinde akışın sağlanması çok güçtür. Bu nedenle önceden basıncı yükseltilmiş hava içine malzemenin daha sonra gönderilmesi yolu tercih edilir. Bu dizayn tekniği besleme ve

çıkış üniteleri, parçacık ayırma sistemleri ve akışkanın yeniden kullanılması halinde pompanın yerleştirileceği sahaya ilgili olarak per çok seçenek ortaya koyar.

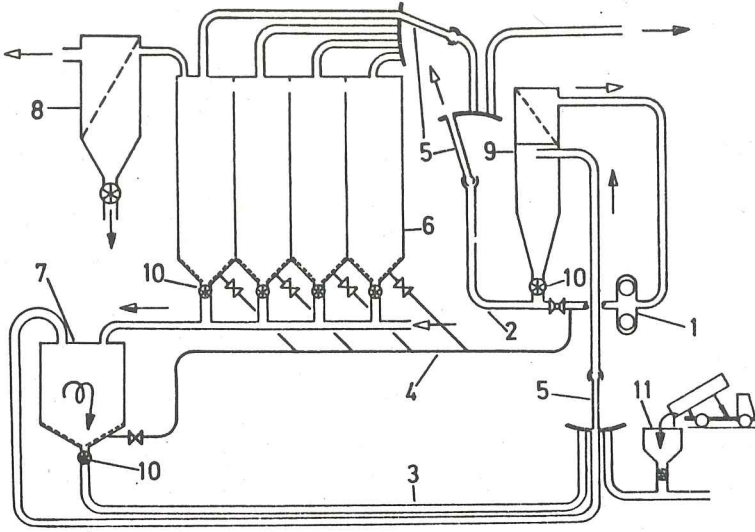
Bu sistemin önemli avantajları şunlardır; Merkezde daimi bir pozisyona sahip olan separatör, üfleyici (vantilatör veya pompa), besleyici, malzeme yükleme ve nihai çıkış bölgesindeki teçhizatın önemli ölçüde azalmasını ve basitleşmesini sağlar. Benzer bir teşkilat kullanılarak sistem çıkışında tutulamayan parçalar yeniden basınçlı hale getirilen hava ile tekrar bir oluşturur. Uzun mesafeli taşımalarda ek istasyon kullanma zorunluluğu vardır. Bununla beraber çalışma basıncı uzun mesafelerde çok yüksektir. Aşağıda emme-basma havallı pnömatik taşıyıcıların çeşitli dizaynları bulunmaktadır.

Pneumatische Saug-Druck-Förderanlage, Mehrstrangverfahren, Niederdruck (ein Gebläse)

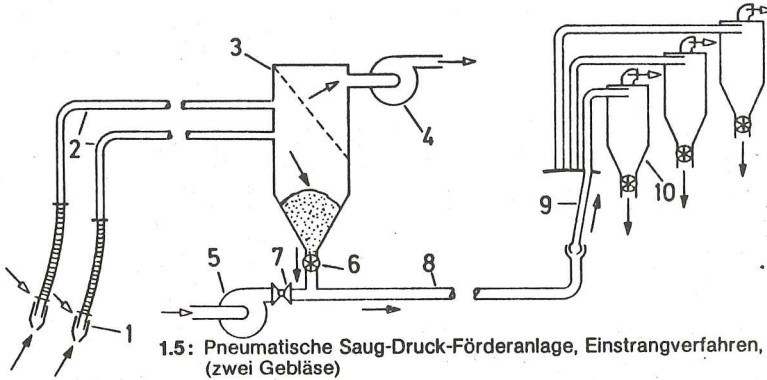
1 Saugdüse;
2 Saugförderleitung; 3 Staubkammer; 4 Zyklon;
5 Gebläse;
6 Druckförderleitung; 7 Zellenrad-schleuse; 8 Silo;
9 Tuchfilter



Resim 16-Pnömatik emme-basma götürücü donanımı, çok girişli, alçak basınçlı, 1 Emme ucu; 2 Emme taşıma hattı; 3 Toz tutma odası; 4 Siklon; 5 Vantilatör; 6 Basınçlı taşıma hattı; 7 Hücre tekerlekli vana; 8 Silo; 9 Bez filitre



- Resim 17-Pnömatik emme-basma götürücü ve karıştırma teşkilatı,Orta basınçlı, 1 Kompresör;2 Basınçlı taşıma hattı;3 Emme taşıma hattı;4 Basınçlı hava hattı;5 Boru makası;6 Bunker;7 Karışım haznesi;8 Filtre;9 Siklon,bezli filtre ile;10 Hücre tekerlekli vana;11 Mal verici



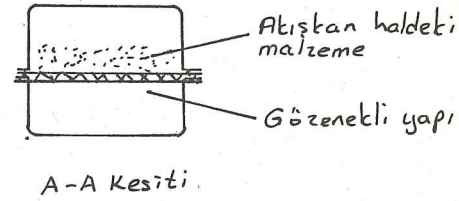
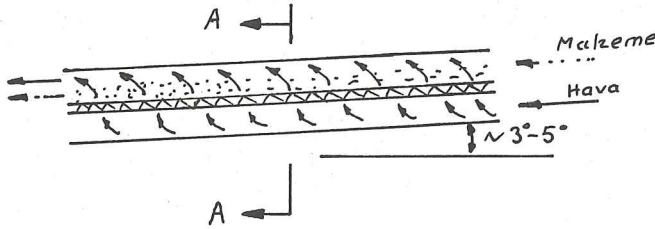
1.5: Pneumatische Saug-Druck-Förderanlage, Einstrangverfahren, Niederdruck (zwei Gebläse)
1 Saugdüse; 2 Saugförderleitung; 3 Staubkammer mit aufgesetztem Tuchfilter;
4 Sauggebläse; 5 Druckgebläse; 6 Zellenradschleuse; 7 Regulierventil; 8 Druckförderleitung; 9 Rohrweiche; 10 Zyklon

- Resim 18-Pnömatik emme-basma götürücü teşkilatı,alçak basınçlı, 1 Emme ucu;2 Emme taşıyıcı hattı;3 Toz toplama odası;4 Emme vantilatörü;5 Basınç vantilatörü;6 Hücre tekerlekli vana;7 Kısma ventili;8 Basınçlı taşıma hattı;9 Boru makası;10 Siklon

3.4.Gaz İçinde Yüzen Parçacıkların Ağırlık Etkisiyle Hareketi-Hava Kızağı-

Klasik pnömatik transport sistemlerinde katı parçacıkların hava akımı içinde tam olarak yüzmesinin(akışkanlaşmasının)sağlanmasına ihtiyaç vardır.Bu düşünce şekli havanın ağırlığı etkisi ile hareketinden yararlanılarak biraz değiştirilir. Burada katı parçacıklar yatayla 15° açılı yapan genellikle kumaş kaplı bir yüzeye düşerler.Kumaşın veya herhangi bir gözenekli yapının,altından yukarı doğru akışkanlaşma hızı civarında bir hız verilir.Parçacıklar bu durumda konveyörün eğimi yönünde ağırlıklarının etkisiyle hareket ederler.Bu konveyörlerde yön değişiklikleri geniş radyüslerle yapılır.Akış debisi belli bir tesis için eğim değiştirilerek ayarlanır.

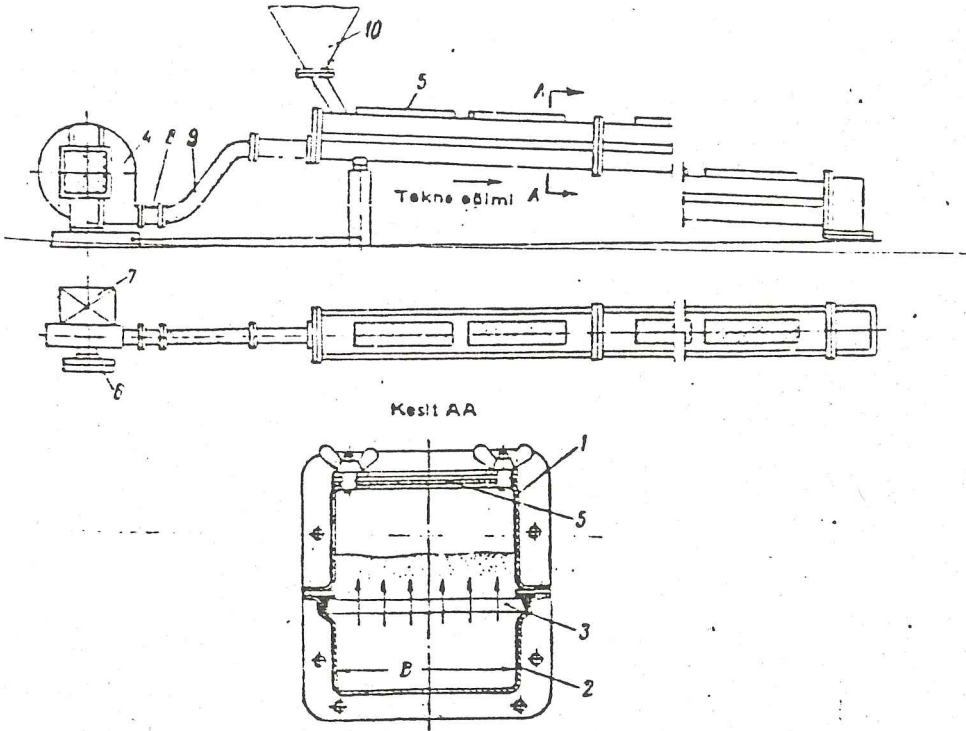
Bu tip konveyörlerin taşıma mesafeleri ve yükseltme kabiliyetleri sınırlıdır.Bununla birlikte çok az miktarda ve düşük basınçta havaya ihtiyaç gösterir.Büyük kapasiteli sistemlerde üniform bir akış debisi elde etmek için geçingen ara parçanın her noktasından aynı hava geçişini mümkün mertebe sağlayacak bir dizayn gereklidir.



Pektabi yükselti değişikliklerinin yukarıda bulunan bir besleyiciden daha aşağıda bulunan çıkış noktalarına doğru olması gerekir.Sıcaklığın ve akışkanlaştırma gazının uygun seçilmesiyle malzeme kurutulması,soğutulması,ısıtılması veya bir kimyasal işleme tabi tutulması esnasında ikinci bir görev olarak başarabilir.Bu teknik parçacıklı malzemenin silolara yüklenmesi halinde kullanılır.Parçacıklar silonun prüzsüz duvarlarından aşağı doğru akarlar.Böylece silonun tamamen dolmasını engelleyen malzeme köprüleri silonun iç

cidarları arasında teşekkül etmez.

Bir hava kızağı Resim 19'da gösterildiği gibi civatalanmış çelik levhalardan yapılmış 1 ve 2 tekne bölümlerinden meydana gelmiştir. Bu iki bölüm arasında bir gözenekli kısım bulunmaktadır. Bu kısım dokuma kumaş, seramik, yün veya karma olabilir. Tekne içindeki malzeme bu kısım üzerinde hareket eder. Hava teknenin alt bölümünden bir vantilatör ile beslenir. Hava bölmenin bütün yüzeylerine düzgün olarak dağılır. Hava orta kısımdan geçerken, bu kısmın üzerindeki malzeme tabakasını havalandırır ve akışkan hale getirir tekne kapağının uzunluğu boyunca yerleştirilmiş dokuma filitreden dışarı çıkar.



Resim 19-Hava Kızağı konstrüksiyonu:1 Malzemenin hareketli tabakasını taşıyan üst tekne bölümü;2 Havalandırma havasını gönderen alt tekne bölümü;3 Gözenekli bölme;4 Vantilatör;5 Kumaş filitre;6 Emme filitresi;7Eletrik motoru;8 Ayar manşonu;9 Bükülebilir hortum;10 Besleme honisi

Basit tasarım,düşük maliyet,hareketli parçaların yokluğu,düşük güç tüketimi,yüksek taşıma kapasitesi,küçük genel bölümler,basit montaj ve ayarlama bu tür sistemlerin başlıca üstünlüklerini oluşturur.Birçok durumlarda hava kızakları yada titreşimli koveyörlere ve kapalı sistemlere tercih edilir.Çimento,kül,kum,kömür tozu gibi kuru malzemeler hava kızakları ile verimli bir halde taşınabilirler.Bunlar, topaklar içeren ıslak malzemeleri tebeşir ve alçıtaşı gibi sıkışan ve yapışan malzemelerin taşımında da uygun değildir.

0,04'lük (2-3°) açıyla aşağıya doğru eğimle çimento taşınması için hava tüketimi gözenekli malzemenin metrekaresi başına 1,3-1.5 m³/dak'dır.Gerekli hava basıncı ise 300-500 mmSS'dur.

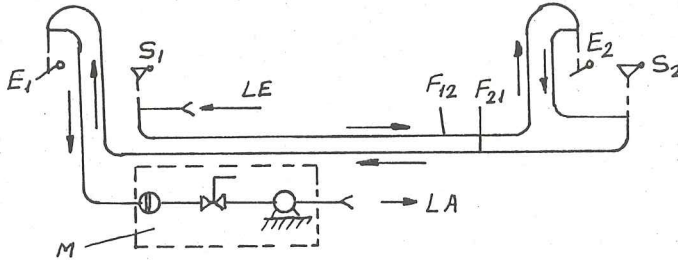
Tekne genişliği B mm	Kapasite Q m ³ /h	Gerekli motor gücü,BG		
		Götürme uzunluğu,m		
		10	25	40
125	20	0,85	1,35	1,85
250	40	1,1	2,2	3,0
400	80	1,5	3,0	4,5
500	120	1,8	3,6	5,5

Tablo 5-Hava kızaklarının karakteristikleri

3.5.Boru Postası :

Bu tesisler pnömatik götürücülerin özel bir uygulama şeklini teşkil ederler.Bu tesisler ile silindirik bir kapsul, içine,vesikalar,ilaşlar,numuneler veya diğer küçük eşyalar konarak boru içinde hava ile nakledilir.Tesisler ekseriyetle emme havalı taşıyıcı olarak çalışırlar.Makaslar,dirsekler, kanala sokma ve çıkarma tertibatları,hem iki istasyon arasında direk bağlantıyı(Resim 20) hemde bir ring trafiği mümkün kılmaktadır.Otomatik tesislerde boru içindeki kapsul hedefi otomatik olarak ayarlar.Bu sistemler çeşitli işlet-

melerde, hastahanelerde bir çok bölüm arasında direk ve masrafsız bağlantı kurulması açısından yararlıdır.



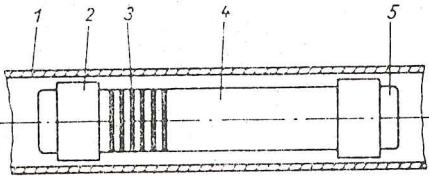
Resim 20-İki noktanın direkt bağlantısı: E Kabul yerleri; S Gönderme yerleri; LE Hava girişi; LA Hava çıkışı; M Makina bölümü; F Nakliye borusu

Borulu-PTT kutuları(Resim 21) çelik, hafif metal veya plastik boru içinde hareket ederler. Boru postası taşıyıcıları için çeşitli standartlar(Boru, Kapsül vs,) DIN 6651, DIN 6652, DIN 6654, DIN 6656, DIN 6660'da verilmiştir. Bu sistemlerin genel teknik veriler şöyledir;

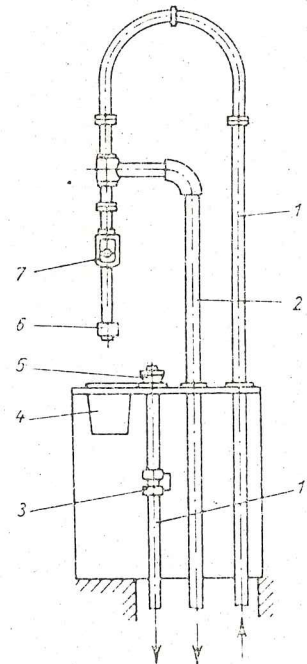
Taşıma hızları 5-15 m/s

Taşıma uzunlukları 500 m

Boru genişliği(Çapı) 25-100(500) mm



Resim 21-Gönderme kapsülü
1 Nakliye borusu; 2 Kızak halkası; 3 Açma kısmı; 4 Kutu
5 Kapak



Resim 22-Gönderme ve kabul yeri

1 Nakliye borusu; 2 Emme hava borusu;

3 Nakil kontağı; 4 Tutma tertibatı;

5 Gönderme yeri; 6 Çıkış klapesi; 7 Geri tepme klapesi

3,6.Pnömatik Transport Sistemleri İle İletilen Malzemelerin Sınıflandırması:

Aluminyum sanayii :Killi toprak,Aluminyum oksit
Bira fabrikaları:Malt,Yeşil malt,Tahıl
Kimya sanayii:Nitratlar,fosfatlar,karpit vs,
Yem maddeleri:Kaba ve öğütülmüş hububat,balık unu
Tahıl:Buğday,arpa mısır vs.
Ağaç ve kağıt sanayii:Odan talaşı,odun hamuru
Plastik maddeler:Granül ve pudra
Mineraller
Değirmen edüstrisi
Gıda ve yem sanayii
Yağlı tohumlar
Çimento sanayii

Pnömatik İletmeye Uygun Malzemelerin Alfabetik Sıralaması:

Ağaç doğraması	Diş tozu	Kül
Albümin	Grafit	Kapsül
Amonyum sülfat	Granit	Kepek
Amonyum per klorat	Fosfat tuzları	Kok kömürü(toz)
Alüminyum	Harç	Kurum
Alüminyum oksidi	Hadde pulu	Levha ve paket
Asbest	Hindistan cevizi	Lastik parçacıklar
Beton karışımı	Kahve çekideği	Mantar
Buz	Kakao çekideği	Makarna
Balık	Kabuklu meyvalar	Maden tozu
Bulamaç	Kimyevi maddeler	Malt
Cam	Kil	Mısır
Çelik talaşı	Kum	Mağnezyum oksit
Çimento	Kireç	Mineraller
Curuf	Kıyılmış ot	Nişasta
Çini toprağı	Kalsium karbonat	Öğütülmüş balık
Çivi	Kuvarz tozu	Potasyum tuzu
Çamur	Kolza tohumu	Pamuk

Plastik şişe	Talk
Plastik maddeler	Tabletler
Polistren köpük	Temizleme tozu
Pirinç	Tahıllar
Şeker	Talaş
Şişe kapağı	Toz kömür
Suni gübre	Tohumlar
Süt tozu	Tuz
Sodyum bikarbonat	Toz halindeki malzemeler
Soya fasulyesi	Tane fasulye
Sakız	Yem
Soda	Yiyecek maddeleri
Sabun	Un

4. PNÖMATİK TESİSLERİN DİZAYNINDA PRATİK HESAPLAMA YÖNTEMİ

Dökme malzeme taşıyan bir havalı götürücü saatte ton olarak istenen iletme kapasitesine, iletme mesafesine, borunun yörüngesine bağlı olarak tasarlanır. Taşınacak olan malın fiziksel ve kimyasal özellikleri de önemli bir rol oynar. Pnömatik transportla ilgili tüm hesap yöntemlerinde tecrübi değerlerle elde edilen katsayılara göre tesis edilir.

Bir havalı götürücünün hesabında belirlenmesi gereken en önemli parametreler hava tüketimi V_{hava} (m^3/s), hava basıncı P (kg/cm^2) ve götürme borusunun iç çapıdır. d_b (m)

Pnömatik taşıma sürecinin etkileyen ikinci derecede parametrelerde ayrıca belirlenmelidir. Bunlar arasında indirgenmiş götürme uzunluğu L_{ind} (m), karışımın ağırlık yığılması (kosantrasyonu), malzeme parçacıklarının yüzme hızı V_s , boru içindeki hava hızı V_1 (m/s) vardır.

Hesaplar işletme ve test birimlerindeki deneylerden elde edilen verilere dayanır.

4.1. Malın ve Havanın İletme Kapasitesi:

Genel olarak, iletilecek olan malın istenen iletme kapasitesi t/h olarak bellidir. Malın kitlesel iletme kapasitesi kullanılarak, gerekli havanın kitlesel I_{ML} ve hacimsel I_{VL} iletme kapasitesi aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$\text{Havanın kitlesel iletme kapasitesi (kg/s)} I_{ML} = \frac{I_{MG}}{\mu} \quad (4.1)$$

$$\text{Havanın hacimsel iletme kapasitesi (m}^3\text{/s)} I_{VL} = \frac{I_{ML}}{\rho_L} = A \cdot V_L \quad (4.2)$$

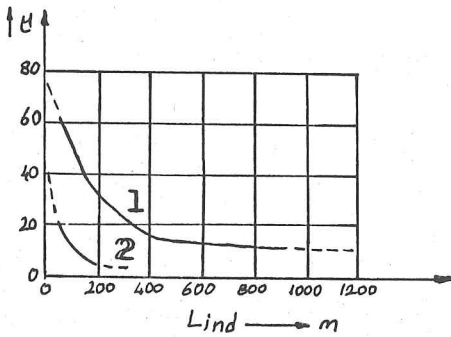
I_{MG} (kg/s) Malın kitlesel iletme kapasitesi

V_L (m/s) Hava hızı

μ Karışımın ağırlık yığılması = $\frac{I_{MG}}{I_{ML}}$ (resim 23'den)

ρ_L (kg/m³) Havanın yoğunluğu; emmeli sistemlerde 0,8-0,9 kg/m³ basınçlı sistemlerde 1,5-2,0 kg/m³ alınır.

A (m²) Boru enine kesiti $D^2/4$ Borunun iç çapı $D=60-250$ mm



1 Basınçlı iletme tesisleri

2 Emme iletme tesisleri

Resim 23 İndirgenmiş iletme uzunluğuna bağlı karışımın ağırlık yığılması

4.2. İndirgenmiş İletme Uzunluğu:

İndirgenmiş götüme uzunluğu, götürme borusunun geometrik uzunluğu ile eşdeğer uzunluklarının toplamı olarak elde edilir.

Bir yerel direncin eşdeğer boyu, içinde malzeme sürükleyen bir hava akımından dolayı bu dirence eşit bir basınç kaybı meydana gelen yatay ve düz bir boru parçasının boyudur. Bu bir

dirsek, bransman, yol değiştirme vanası vb. olabilir. Bu eşdeğer boy, götürülen malzemenin özelliklerine ve bu yerel dirençleri doğuran düzeneklerin boyutlarına ve bunlar arasında-ki ilişkilere bağlı olup bugün için kesin bir hesabı yapıla-
mamaktadır.

İndirgemiş iletme uzunluğu $L_{ind.} = \Sigma L_{yat.} + \Sigma L_{düş.} + \Sigma L_{dir.} + \Sigma L_{vana}$

$\Sigma L_{yat.}$ = (m) Boru tesisatının yatay uzunluk toplamı

$\Sigma L_{düş.}$ = (m) Boru tesisatının düsey uzunluk toplamı

$\Sigma L_{dir.}$ = (m) Tablo 6'ya göre dirseklerin eşdeğer uzunlukları top.

ΣL_{vana} = (m) Boru kesicilerin eşdeğer uzunlukları toplamı

(Tablo 6'ya göre)

Malzeme cinsleri	Kesicinin eşdeğer uzunluğu	Dirseklerin eşdeğer uzunluğu r/D oranına göre r dirseğin eğilik yarıçapı; D boru iç apı		
		5	10	20
Toz	5-10	5-10	5-10	8-10
Taneli	10-15	8-10	10-15	15-20
Parçalı	---	---	25-50	40-60

Tablo 6-Kesici ve 90° dirsekler için eşdeğer uzunluklar

4.3. Gerekli Boru apı :

Havanın hacimsel iletme kapasitesi ve hava hızı bilindiğinde denklem (4.2)'den gerekli boru apı;

$$D = \sqrt{\frac{4 I_{VL}}{\pi V_L}} \quad (4.3)$$

4.4. Gerekli Yüzme ve Hava Hızı :

Yüzme hızı V_s , düsey yükselen hava akımında sert maddecik-leri ağırlık kuvvetine karşı askıda tutan hava hızı olmaktadır. Bu hız malın dökme yoğunluğu ve çekirdek büyüklüğüne ve hava yoğunluğuna bağlı olmaktadır ve aşağıdaki denklem ile tayin edilebilir.

$$\text{Yüzme hızı} \quad V_S = C_1 \sqrt{\frac{\rho_a}{\rho_L}} a \quad (4.4)$$

Bir taraftan tortu meydana gelmemesi diğer taraftan düşey iletme yollarında da iletmenin gerçekleşmesi için hava hızı, yüzme hızının iki katı olmalıdır. Gereksiz yüksek hava hızları yapı elemanlarının aşırı derecede aşınmasına malın zedelenmesine ve büyük tahrik güçlerine sebebiyet verirler.

$$\text{Hava hızı} \quad V_L = C_2 \sqrt{\rho_a} \cdot C_3 \cdot L_{\text{ind}}^2 \quad (4.5)$$

- V_L (m/s) Hava hızı $2V_S$
Hava hızı sabit değildir. $V_L \approx 1/P_L$ bu arada hava basıncı P_L iletme doğrultusunda azalır,
- V_S (m/s) Yüzme hızı
 ρ_a (t/m³) Malın yoğunluğu
 ρ_L (kg/m³) Ortalama hava yoğunluğu
 a (m) İletilen malın tane büyüklüğü
 C_1 Mal katsayısı, iletilen malın fiziksel özelliklerine bağlı değerler. Tablo 7'ye göre
 C_2 Çekirdek katsayısı, tane büyüklüğüne bağlı olup Tablo 7'ye göre takribi değerleri
 C_3 Bünye katsayısı, Malın rutubetine bağlı ($2-5 \cdot 10^{-5}$) Toz halinde ve kuru mal için daha küçük değerler. Tablo 7'ye göre
 L_{ind} (m) İndirgenmiş iletme uzunluğu

4.5. İletme Tesisatındaki Hava Basıncı :

İletilen mal, hava karışımının basıncı'nın ihmali halinde (malın yüklenme ve boşaltma yerleri arasındaki yükseklik farkından oluşan) aşağıdaki sayısal değer denklemlerine göre boru tesisatı içindeki iletme olayı için gerekli hava basıncı elde edilebilir.

Malzeme Cinsleri	Mal katsayısı C_1	Çekirdek kat-sayısı C_2	Durum kat-sayısı C_3
Toz halinde	10-50	10-15	$(2-3) \cdot 10^5$
Tanecikli	50-100	15-20	$(3-4) \cdot 10^5$
Parçalı	100-150	20-25	$(4-5) \cdot 10^5$

Tablo 7- C_1, C_2, C_3 katsayıları için takribi değerler

Basıncılı havalı ilet e tesislerinde;

Gerekli hava basıncı
$$P_1 = \sqrt{1 + \frac{\lambda L_{ind} V_L^2}{D}} \quad (4.6)$$

Emmeli havalı iletme tesislerinde;

Gerekli hava basıncı
$$P_2 = \sqrt{1 - \frac{L_{ind} V_L^2}{D}} \quad (4.7)$$

P_1 (bar) Basıncılı havalı iletme tesislerinde, iletme tesisatı içinde gerekli, mutlak hava basıncı (kompresöre göre)

P_2 (bar) Emmeli havalı iletme tesislerinde, iletme tesisatı içinde gerekli mutlak hava basıncı (ayırıcıya göre)

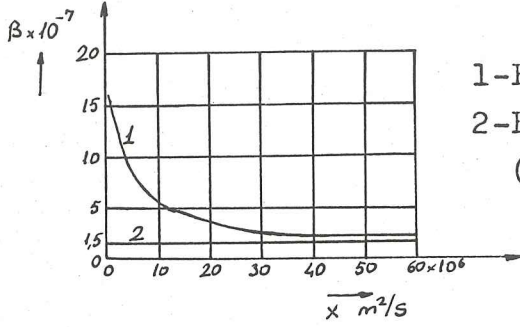
λ Direnç katsayısı $\lambda = \beta \cdot \mu$,

β Katsayı, $\beta = f(x)$ Resim 24'e göre

x (m/s)² Denklem (4.8)'ya göre katsayı

L_{ind} (m) İndirgenmiş iletme uzunluğu

$$x = \frac{\mu \cdot L_{ind} V_L^2}{D} \quad (4.8)$$



1-Basınçlı iletme tesisleri
2-Emme iletme tesisleri
($\beta=1,5 \cdot 10^7$ sabit)

Resim 24- $\beta=f(x)$ katsayısı için grafik

4.6.Kompresör Basıncı ve Tahrik Gücü Hesabı:

Yükleme kaybı için % 10'luk bir ilâvenin göz önüne alınmasıyla;

Basınçlı havalı iletme tesislerinde kompresör basıncı;

$$P_V \approx 1,1 \cdot P_1 \quad (4.9)$$

Emme havalı iletme tesislerinde kompresör basıncı;

$$P_V \approx 1,1 \cdot (P_0 - P_2) \quad (4.10)$$

P_V (bar) Kompresör basıncı)

P_0 (bar) Atmosfer basıncı

P_1, P_2 denklem (4.6) ve (4.7)'den

Tahrik Gücü;
$$N = \frac{W_S I_{VLo}}{\eta_V} \quad (4.11)$$

Spesifik kompresör işi;
$$W_S = \frac{\kappa}{\kappa-1} P_0 \left[\left(\frac{P_V}{P_0} \right)^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right] \quad (4.12)$$

Havanın hacimsel iletme kapasitesi;
$$I_{VLo} = I_{VL} (P/P_0) \quad (4.13)$$

Ortalama basınç;
$$P = \frac{P_0 + P_{1,2}}{2} \quad (4.14)$$

- N (W) Kompresörün gerekli tahrik gücü
- $W_S(N/m^2)$ Spesifik iş(m^3 başına) Basıncılı iletme tesisleri için adiabatik kompresyonda($W_S N/m^2$);Emme havalı iletme tesisleri için(P_V/P_0),(P_0/P_2)konulmalıdır.
- $I_{VLo}(m^3/s)$ Adiabatik durum değiştirmede gerekli havanın hacimsel iletme kapasitesi(emmede P_0 1 bar)
- P (bar) Ortalama basınç
Kompresörün toplam verimi 0,6-0,8
Adiabatik üs 1,4 (hava için)
- P_V (bar) Kompresör basıncı
- P_0 (bar) Atmosfer basıncı 1 bar

5.YARDIMCI TESİSATLAR

5.1.Vantilatör ve Kompresörler :

Pratikte,pnömatik taşımacılık için alçak ve orta basınçta radyal vantilatörler,yüksek basınçlarda,yüksek basınç kompresörleri veya emicileri ile donatılmış bulunmalıdırlar. Radyal vantilatörler büyük bir hava debisine sahip,pnömatik ince akım donanımları için yatay 200m,düşey 50m,boru genişliği 0,5m ye kadar yeterlidir.Eğer belirli bir katı madde,boru nakil kombinasyonu için pnömatik durum diyagramı göz önüne alınırsa bu emicinin seçimi daha basit olur.Yoğun akımlı sistemlerde büyük emici basınca ulaşmak zordur.

Pnömatik yoğun akımlı götürücülerde daha çok küçük hız yani az hava debisinde büyük tıkanma tehlikesi ortaya çıkar.Tıkanmayı önlemek için normal çalışma basıncının çok daha üzerinde bir basınca ihtiyaç vardır.Sistemen verimi açısından bir büyük veya birçok paralel bağlı emiciler kullanılabilir.Resim(25'de çeşitli tipler şematik olarak verilmiştir.Tablo 8'de bu tiplerin kullanım alanları ile ilgili bilgiler verilmiştir.



Resim 25-Pnömatik transport için körük ve kompresör tipleri

Körük cinsleri	Basınç sınırı	Akım taşıma cinsi teşkili	Tesis işletme ölçüleri
Alçak basınç vantilatörü	max. 0,2 bar	seyrek akım max, $\mu=10$	Emme veya basınçlı tesisler.Taşıma hattı 50 m.yatay,10m düşey,boru çapı max.0.5m
Orta basınç vantilatörü	max. 0.5 bar	seyrek akım max. $\mu=10$	Emme veya basınçlı tesisler.Taşıma hattı, 200m yatay,50m düşey, boru çapı max.0.5m
Döner pistonlu körük Döner kompresör	max. 1 bar	seyrek ve kopak akım max. $\mu=30$	Basınç havalı işletmeler.Taşıma hattı toplam birkaç yüz metre.Boru çapı max. 300m
Pistonlu kompresör,basınç hava deposu	1 bar 'dan yukarı	yoğun akım $\mu > 30$	Basınç havalı işletmeler.Taşıma hattı toplam birkaç yüz metre.Boru çapı 150m'den küçük

Tablo 8-Körük ve kompresörlerin kullanım alanları

5.2.Silo ve Bunkerler :

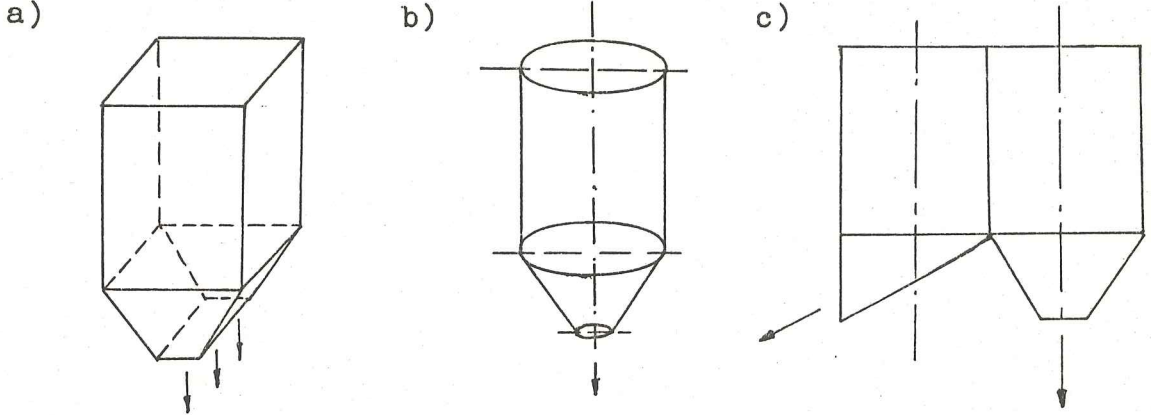
Bunker ve silolar genellikle farklı olarak yan yana kullanılırlar.Ağır edüstride bunkerin anlamı daha fazla ve ön plandadır.Yiyecek ve yem edüstrisinde silo daha fazla önem kazanmaktadır.

Burada silo ile anlatılmak istenen baca biçimindeki bir hacimdir.Yükseklik genişlik,bu hacim yuvarlak veya dörtköşe kesitli olabilir.

Bunker sözcüğü ile anlatılan Yükseklik genişlik'dir. Bunkerler malın yüklenmesi için vazife görürler.

Bunmerler işlem sonunda ara silo olarak da vazife görürler.(Mesela zaman bakımından birbirinden farklı çalışan makinalar için ara silo olarak kullanılırlar.

İnşaa Biçimleri:Bunkerlerin ana biçimleri aşağıda gösterilmiştir.



a)Prizmatik bunker ile kısa ve sivri boşaltma kısmı

b)Silindirik bunker ile yuvarlak sivri küt boşaltma kısmı

c)Bölümlü bunker ile düz ve eğik boşaltma ucu

Prizmatik Bunkerler:

Kare veya dikdörtgen kesiti ile boşaltma kısmı pramit veya yuvarlak küt.

Teknik ölçüler:Uzunluk ve derinlik 20 m'ye kadar

Yükseklik 50 m'ye kadar

Kullanılan hacmi 2000 m³'e kadar

Silindirik Bunkerler:

Yuvarlak küt boşaltma kısmı ile ön tarafında yüksek mukavemeti var.Fakat eldesi yüksek bir maliyeti gerektiriyor.

Teknik ölçüler:Yarıçap 20 m'ye kadar

Yükseklik 50 m'ye kadar

Kullanılan hacmi 1500 m³'e kadar

Bölümlü Bunkerler:

Birbiri yanısıra sıralanmış pek çok prizma bunkerden meydana gelir.Bu bunkerler düz ve eğri sevk ile boşaltılabilirler.Bölümlü bunker pek çok tahıl cinslerinin bir bunkere yükleme işini gerçekleştirebilirler.

Teknik ölçüler :Tüm uzunluk	150 m'ye kadar
Derinlik	20 m'ye kadar
Yükseklik	50 m'ye kadar
Kullanılan hacim	150,000 m ³ 'e kadar.

Zemini meyilli bunker(katı maddeler)tahılta yer çekimi kuvvetinin kullanımında yarar sağlıyor.Yeteri kadar büyük boşaltma açıklığında ve bunker eğiminde (yüklenen malın kayma açısından daha dik olmalıdır)bunker içinde ölü mal olmayacaktır.Yatay tabanlı bunkerde boşalma tam olarak meydana gelmez.

Bunker imalatında yapı malzemesi olarak,taşınabilir bunkerler için tahta,beton,saç,sert levha kullanılır.İç teçhizat için kullanılan(ki burada amaç sürtünmeyi azaltmaktır)sert boyalar,metal ve sunî levhalar bulunur.

5.2.1.Silonun Açıklanması :

Silonun açıklanmasında büyüklüğü ve kuruluş yeri dikkate alınırsa aşağıdaki önemli sorunlar göz önünde bulundurulmalıdır.

- 1.Malın özelliği,hepsinden önce akıcı özelliği
- 2.Doldurma ve boşaltma için teçhizat
- 3.Silonun şekli
- 4.Sabit durumda ve hareketli iken gerekli basınç

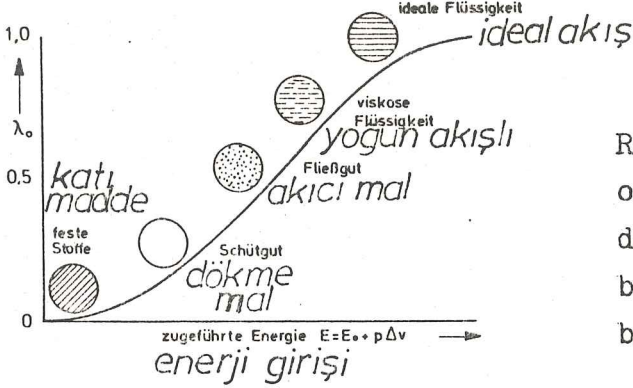
Yüklenecek olan mal ne tam bir sıvı ne tam bir katıdır. Mal çalışmaz durumda iken de itme kuvveti taşınmalıdır. Silodaki basınçlar çalışmaz durumda veya hareket halindeki malda lineer olarak çoğalmadığı gibi tamamende yöne göre bağımsız değildirler.

Çeşitli malların silodan çekiminde kemerleşme oluşabilir. Yülenecek mal bu farklı şekillenmesinden ötürü makrometrik sıvısı olarak adlandırılır.Malın durumu sıvı ile katı arasında değerlendiriliyor.

Bu değişken durumlar hareket halinde olmayan basıncın değeri yardımıyla izah edilebilir.(λ)

Yatay durumdaki ve düşey durumdaki gerilimlerin orantısı ile bulunur. Resim-26

(5.1)



Resim-26) Hareket halinde olmayan basıncı değerinin değişimi serbest durumda bulunan kohezyon kuvvetine bağlıdır. Kezdi'ye göre

5.2.2. Akışın Başlangıcı :

Kapalı bunkerlerde dökme mal stabil denk ağırlıkta bulunur. Eğer boşaltma açıklığı serbest bırakılırsa bu kısımda destekleme kuvveti bulunmaz ve böylece statik denk ağırlık zedelenir ve mal akmaya başlar. Eğer siloda başka statik durum yaratılmaz ise ve köprü teşekkülü ile başka imkân verilmeyen ise silo tamamen boşalır.

Dökme malın şekil değişimi hacim genişlemesi ile bağlantılıdır. Dışa akma başladığından bir süre sonra dökme mal yüzeyi çökmeye başlar. Yuvarlak biçimindeki açıklıkta elips biçiminde bir gevşeme bölgesi teşekkül eder.

5.2.3. Sabit Akım :

Rus yazarlara göre statik akımda dinamik bir kemer teşekkül ediyor. Bu dinamik kemer serbest kısımlar serbest durumda sürekli büyüyen parçacıklar arasında mesafe meydana gelmiyor.

Dinamik kemer üst kısımdaki mal tabakasının basıncını boşaltma açıklığının çevresine taşır. Dinamik kemer yüksekliği boşaltma açıklığının çapından daima küçüktür. $h \ll d$ Yatay genişleme $\ll 3d$ dir.

5.2.4.Akış Şekilleri :

Bir silo veya bunkerde akış şekli aşağıdaki faktörlerin etkisi altında oluşur.

a)Maldaki sürtünme

b)Duvarlardaki sürtünme

c)Dışarıya boşaltma kısmında bunkerin biçimi

Akış kütle akışı ve çekirdek akışı olarak ikiye ayrılır. Kütle akışında,taneli malın şivlenmesiyle bütün dökme mal sütunları harekete geçer.Şiv çukuru yürümez ve tüm sürtünme silo duvarlarında meydana gelir.Alçak ve eşit miktarlarda hız ve eşit miktarlarda kütle akımı vardır.Mal silo yüklemelerinde olduğu gibi sıra takib ederek dışarı nakledilir.

Kütle akışı gerçekleştiren bunkerler ince ve yüksek olmalıdır.Ve dışarıya akışı sağlayacak dik honileri olmalıdır.(Resim 27)

Çekirdek akışında,toz halindeki maldan ince taneli mala kadar hangisi şiv oluşturur ise yalnızca bir kısım dökme mal sütunu harekete geçer.Ortada düşey biçimde bir çukur oluşur ve duvarlar tamamen malla örtülüdür ve sürtünme sadece ana mal içinde gerçekleşir.Bu akış biçimi duvarları düz,zemini büyük kesitli olan bunkerlerde oluşur.(Resim 28)

Kvapil model araştırmalarından bir teorisi parçacıkların hareketi üzerinedir.Buna göre herbir tane bir primer ve sekonder hareket yapar.Primer hareket dik bir şekilde oluşur ve kendi ağırlığının sebep olduğu ikinci hareket esnasında tanenin eğilme,devrilme ve dönmesi ortaya çıkar.

Bunker işlevinin akım resimlerinden(Resim 29) anlaşıldığı gibi hareket mantıkası iki elipsoide ayrılıyor.Primer ve sekonder olmak üzere;Eğer bu elipsoidin durumu ve büyüklüğü daha önceden bilinirse silodaki hareketsiz kısım yok edilerek bunkerin işlevinin yükseltilmesi sağlanabilir.Böylece bir tarafı serbest olan dışarıya çıkış,malın üst yüzeyindeki çökmeye eşit miktarda olarak gerçekleşir.Malın eşit miktarda çökmesi ile yanında bulunan parçacıklar aynı yükseklikte ka-

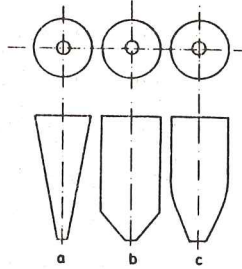
lıyor.Ve siloda karışımın spesifik ağırlığı ve her taneciğin tane büyüklüğüne ve silonun içindeki dağılma önlenir.Eşit miktarda çökme olduğu şu şekilde ortaya çıkar.Doldurma esnasında üst yüzeyde içeriye sevk edici huni meydana gelmez.Böylece silonun zemini üzerinde birçok bölümlere ayrılır ve taşıma açıklığı yardımı ile çökme sağlanır.

Dağıtma küllahında boşalmayı kolaylaştırmak için iç teçhizat olarak titreşim tablası ile veya büyük boşaltma açıklığı ile çökmeye ulaşılır.Fakat bu imkânın zararı vardır.Klapeli vanada büyük yük oluşturur.

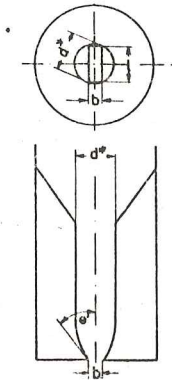
Kvapil elipsoidinin büyüklüğü yalnızca tane çapı yardımıyla hesaplanmıştır.Malın diğer özellikleri dikkate alınmamıştır.Tam uygun değildir ve fiziksel ispat eksiktir.(Resim 30) Kvapil'e göre silonun dışarıya akış kesiti:

$$\begin{aligned} \text{Kare kesit için } A &= (5 d_s)^2 k' \\ \text{Daire kesit için } A &= 0,85 \cdot A \end{aligned}$$

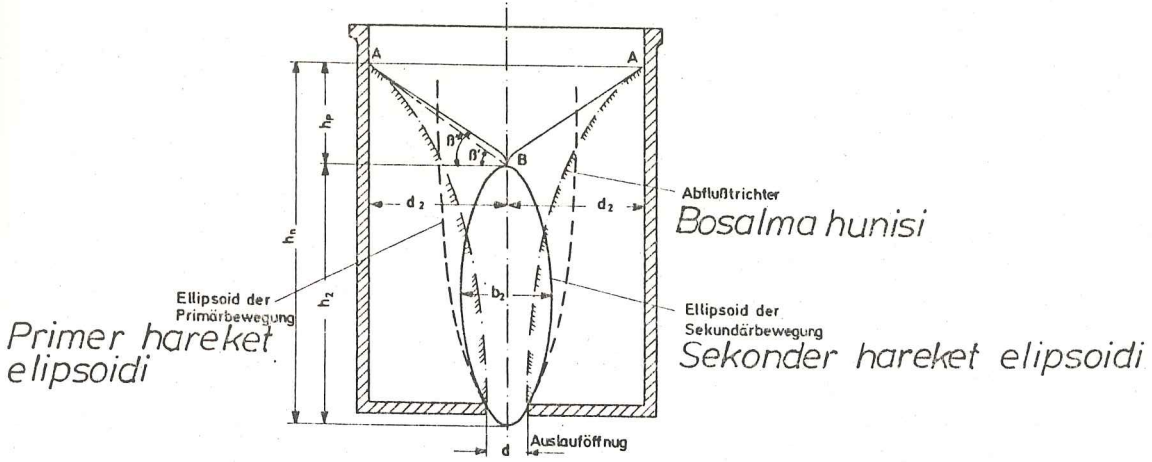
Emniyet faktörü k' resim 31'e göre seçilir. $k'=1$ ve $k'=5$ sınırları arasında basma sekonder hareket meydana gelir. $k'<1$ ve $k'>5$ için primer hareket ağır basıyor.Sekonder hareketin olması dışarıya akım olayının gerçekleşmesi için uygundur.



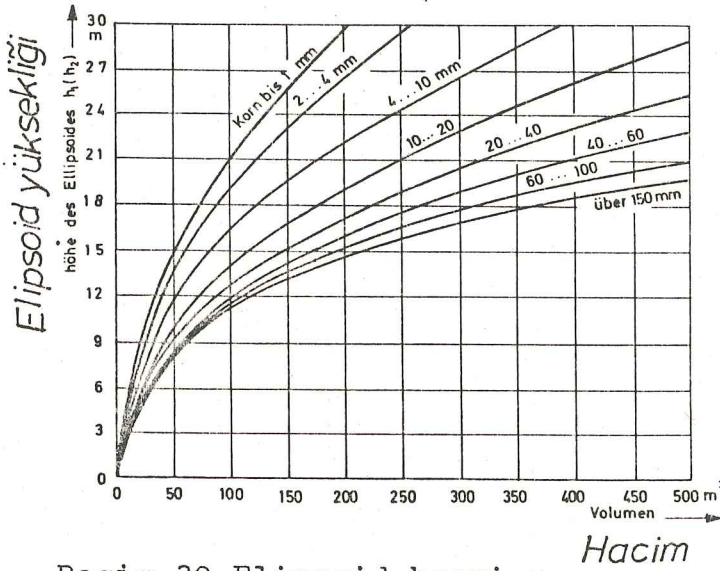
Resim 27-Kütleye akışlı bunker tip-leri, a ve c keskin kenarsız; b bu tipte ölü bölgeler ortaya çıkar.



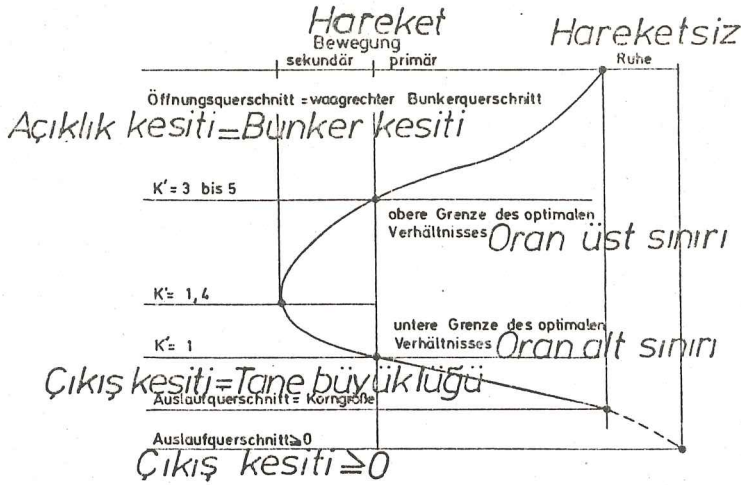
Resim 28-Çekirdekli akımlı bunker Sabit kesit ucundaki kısımlar hareketlidir.



Resim 29-Primer ve sekonder elipsoidler
Kvapil'den



Resim 30-Elipsoid hacmi



Resim 31-k faktörünün seçim eğrisi

5.2.5. Dökme Malın Akış Biçimleri :

Kohesif ve kohesif olmayan dökme malın ayırıl edilmesi gereklidir. Kohesif malın rastgele üst yüzeyin teşkil edilmesi esnasında; ki bu üst yüzeyin teşkilini belirleyen en önemli etken köprü teşekkülü ve baca teşekkülüdür. Bu esnada bu kohesif olmayan mallar kama tesiri ile arada sırada köprüler oluştururlar.

Kohesif olmayan mallar genellikle çok kolay akarlar. Dökme mal tutma kuvveti ile yerçekimi kuvvetinin arasındaki orana göre dağılırlar. Büyük tanelerde $d_s > 100$ 'den 200μ 'e kadar, tutucu kuvvet, yerçekimi kuvvetine göre ihmal edilebilir.

5.2.6. Köprü Teşekkülü :

Kaba taneli malda köprü teşekkülü için eğim en küçük açıklık ölçümünün en büyük tane çapına oranı d_{min}/d_{smax} ile belirlenir.

Yuvarlak çıkış açıklığında eğer $d_{min}/d_{smax} \leq 3$ 'den 6'ya kadar ise ve yarık biçimli boşaltma açıklığında da $d_{min}/d_{smax} \leq 1,5$ ise köprü teşekkülü beklenir.

$d_{\min} / d_{s\max} > 10$ için düzenli akış söz konusudur. Tane biçimi bu verilmiş olan sınır değerlere kuvvetli bir şekilde etkili olur

İnce kohesif mal için Takahasi şu sınır değerleri vermiştir; $d_{\min} / d_{s\max} = 87$ dir. ($d_s = 30 \mu m$ 'de)

5.2.7. Köprü Teşekkülü Hesaplama İmkânları :

Eğer eğri duvarlardaki mesned kuvvetleri, köprü ağırlığını taşıyor ise haznedeki boşalmada dökme mal köprüsü kendi kendini taşır.

Burada önemli olan gerilme açıklığının ne kadar büyüklükte olduğudur.

Basitleştirilmiş hesap verileri :

1) Hazne şekli, kare biçiminde, yanduvvarlar düşey (İki boyutlu bakış Resim 32)

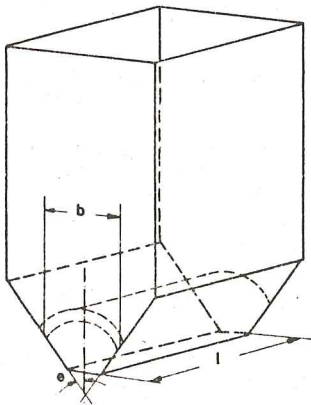
2) 1 m'lik düşey derinliği olan ağırlığı köprü kendi kendine taşır.

3) Tek köprü üzerinde bulunan mal köprüye basınç yapmaz.

4) Köprü parabol biçimde teşekkül eder.

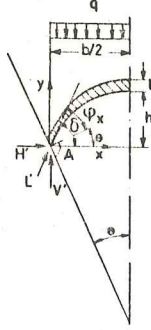
Hat yükleme için (Resim 33)

$$q = \frac{b \cdot l \cdot l \cdot \rho \cdot g}{b} = l \rho g \quad (5.1)$$



Resim 32 - Dökme mal deposunda köprü teşekkülü

Resim 33-Köprü teşekkülü hesabı
için taslak



Anlık eşit ağırlıktan aşağıdaki denklem yazılır;

$$V' \frac{b}{2} - H' h - q \frac{b}{2} \frac{b}{2} = 0 \quad (5.2)$$

Yatay mesnet kuvveti H ;

$$H' = \frac{q b^2}{8 h} = \frac{1 \rho_s g b^2}{8 h} \quad (5.3)$$

Parabol denklemi yazılırsa;

$$y = 4 h \left(\frac{x}{b} - \left(\frac{x}{b} \right)^2 \right) \quad (5.4)$$

Ve mesnette parabol denklemi çıkar;

$$y'_{(0)} = 4 \frac{h}{b} = \operatorname{tg} \delta \quad (5.5)$$

Yatay mesnet kuvvet denklemi şu şekli alır;

$$H' = \frac{1 \rho_s g b}{2 \operatorname{tg} \delta} \quad (5.6)$$

Mesnetteki boyuna kuvvet için ;

$$L' = \frac{H'}{\cos \delta} = \frac{b 1 \rho_s g}{2 \sin \delta} \quad (5.7)$$

Köprü kesiti: $l.l.\cos$ ile mesnetteki normal gerilmeler elde edilir.

$$\sigma' = \frac{L}{l.l.\cos\phi} = \frac{b\rho_s g}{2 \sin\phi \cos\phi} = \frac{b\rho_s g}{\sin 2\phi} \quad (5.8)$$

Bununla köprü gerilme açıklığı elde edilir ;

$$b = \frac{\sigma'}{\rho_s g} \sin 2\phi \quad (5.9)$$

Köprünün üst ve alt kısımlarında herhangi bir başka kuvvet etkili olmaz ise ana gerilim olması gereklidir.

Mohr'a göre gerilim çemberi A bu gerilim biçimini açıklar. (Resim 34) Eğer gerilim fonksiyon sınırı (Coulomb düzlemi) çizilir ise söz konusu dökme malın şekli hangi gerilim biçimlerinde deformasyon olup olmadığı derhal açıklanır. Coulomb çizgisi Mohr gerilim çemberine tg olarak geçiyorsa o zaman malda bir kayma ortaya çıkar. (B) Eğer $\sigma'_1 \geq \sigma'_1 = f_c$ (f_c bir üst yüzeyin sertliğini ifade ediyor ki bu üst yüzey bunkerin içinde var olan basınç altındadır.) ise o zaman kayma ortaya çıkıyor.

$$\sigma'_1 = \frac{b\rho_s g}{\sin 2\phi} \geq f_c \quad (5.10)$$

f_c 'nin bu tanımı ile yarık biçimindeki dışa akış açıklının en düşük genişliğini elde ederiz.

$$b \geq \frac{f_c}{\rho_s g} \sin 2\phi \quad (5.11)$$

$\phi = \pi/4$ için stabil bir köprünün max. gerilme açıklığı meydana gelir.

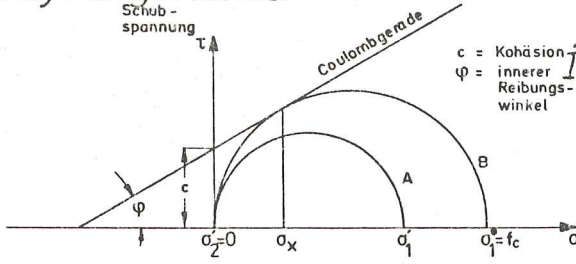
Tecrübe ile Jenike'nin çözgü aleti ile f_c , bir dökme malın üst yüzey katılığı elde edilir.

Konik huni biçimindeki çıkış için (üç boyutlu durum) söz konusu en küçük çıkış çapı elde edilir;

$$d \geq 2 \frac{f_c}{\rho_s g} \sin 2\phi \quad (5.12)$$

Daire biçimindeki açıklık, yarık biçimindeki açıklıktan iki kez daha büyük olmalıdır ki köprü teşekkülü olmasın.

Kayma gerilmesi



ϕ sürtünme açısı

Resim 34- Mohr gerilim çemberi

5.2.8. Bir Siloda Basınç Dağılımı (Janssen'den)

Silo elemanları arasında A.dy, düşey basınç, ağırlık ve duvarlardaki kayma arasında şu bağıntı vardır; (Resim 35)

$$\sigma_v A - (\sigma_v + d\sigma_v) A + A dy \rho_{Sch} g - \sigma_h U dy \tan \phi = 0 \quad (5.13)$$

$$d\sigma_v = \left(\rho_{Sch} g - \frac{\sigma_h U \tan \phi}{A} \right) dy \quad (5.14)$$

Burada U silo özmadde sinin çevresini, . ise dış kayma açısını gösterir.

Statik basınç verileriyle;

$$\lambda_0 = \frac{\sigma_h}{\sigma_v} = \text{konst.}$$

Ve silo duvarlarına karşı tanenin kayma değeri;

$$\mu' = \tan \phi'$$

Buradan;

$$d\sigma_v = \left(\rho_{Sch} g - \lambda_0 \sigma_v \mu' \frac{U}{A} \right) dy \quad (5.15)$$

$$\frac{d\sigma_v}{\rho_{Sch} g - \lambda_0 \sigma_v \mu' \frac{U}{A}} dy \quad (5.16)$$

Ve integralinden;

$$\ln \frac{\rho_{Sch} g - \lambda_0 \sigma_v \mu' \frac{U}{A}}{\rho_{Sch} g} = - \frac{\lambda_0 \mu' U}{A} y \quad (5.17)$$

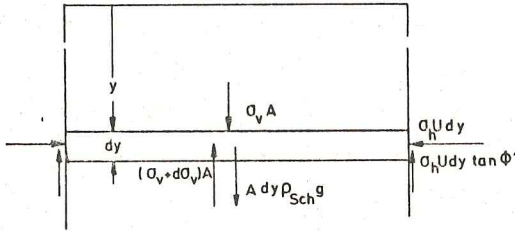
$$\sigma_v = \frac{\rho_{Sch} g}{\lambda_0 \mu'} \frac{A}{U} \left(1 - e^{-\frac{\lambda_0 \mu' U}{A} y} \right) \quad (5.18)$$

Büyük yükseklikler için $y \rightarrow \infty$ yatay ve düşey basınç sabit değerlere dayandırılır.

$$\sigma_{v\infty} = \frac{\rho_{Sch} g A}{\lambda_0 \mu' U}; \sigma_{h\infty} = \frac{\rho_{Sch} g A}{\mu' U}$$

Sıvılar için $\lambda=1$ ile ve $\mu'=0$ Janssen'in lineer bağlantısından elde edilen de l'Hospital kullanım kaidesine göre;

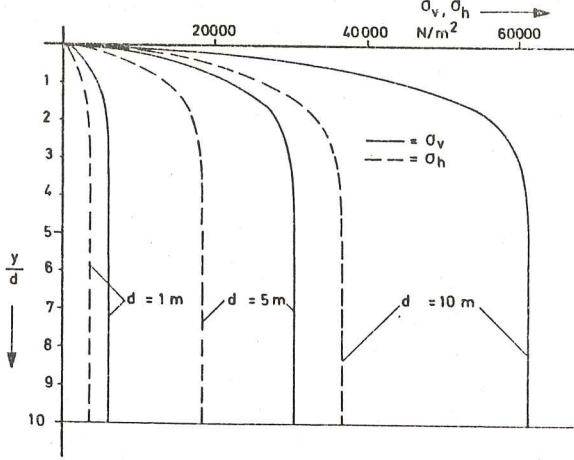
$$\sigma_v = \sigma_h = \rho_{Sch} g y \quad (5.19)$$



Resim 35-Bunkerde basınç nispetleri

Örnek: Çelik silodaki tahıl, (Resim 36)

$$\mu' = 0,532; \lambda_s = 0,6; \rho_{Sch} = 800 \text{ kg/m}^3$$



Resim 36-Bir tahıl silosundaki basınç dağılımı

5.3.GÖREV VERİCİ ARAÇLAR :

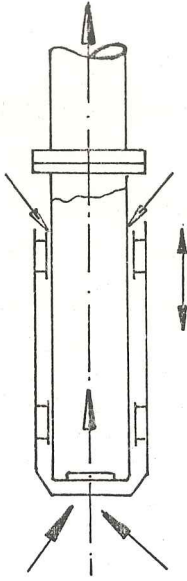
5.3.1.Emme Ucu :

Emme donanımına yerleştirilmiş olan emici uc (resim 37) ön kısımdan daraltılmış hortum üzerine geçirilmiş olam kılıf (eksene doğru kaydırılmış biçimde yerleştirilir) bir horum ucundan meydana gelir. Ve emici uc emme tesisatının son kısmına yerleştirilir.

Nakil havası bir kısım dökme mal ile veyahut direk dökme mal tarafından bir kısımda kılıf hortum ile nakil hortum arasında kalan atmosfer tarafından emilir. Kılıf hortumun eksen üzerinde hareketi ile hava-mal karışım oranı ayar edilebilir.

Yararları ve zararları :

- + Hareketli mal alınabilmesi
- + Basit yapısı
- Çalışma sahası atmosfer basıncına bağlıdır.



Resim 37-Emme ucu

5.3.2.Enjektör :

Alçak basınç alanında genellikle bunlar kullanılır.Işın veya püskürtücü olarak isimlendirilirler.Özellikle eğer nakil edilecek olan mal zorlanırsa mesela yüksek ısı,yıpranma ve buna benzer zorluklarda (Resim 38)

Enjektörlerin yapımı çok basittir.Malın girişi için karıştırma memesinin uygun biçimde yapılma zorunluluğu vardır.Taşınan mal depolamadan başka amaçla kullanma imkânı yoktur.Bu sebepten ötürü enjektörler karıştırma memesiz veya daha iyisi dağıtma ışını için yuvarlak uc ile malın içeri girişinin yapılması daha iyidir.

Işın aleti veya enjektör görevini yaparken görev farklılıkları bulunur.

Enjektörün yarar ve zararları :

- + Küçük hacim,alçak inşaa yüksekliği
- + Küçük bekleme süresi
- + Tozdan arınmış çalışma
- Yüksek enerji kullanımı

Enjektörün savak olarak kullanılması sırasında ışın huzmesi alçak basınç altında bulunur,bundan dolayı ilave kısım ile mal emilir ve taşınır.Bunun yanında toplam nakil akımı işletici ışın akımı olarak kullanılıyor.

Bu toplam kesit okadar daraltılıyor ki nakilde gerekli basınç miktarı(taşıma yolunda),malın içinde bulunduğu kabın basınç miktarın alçaltıyor.

pnömatik nakilde daha çok atmosfer basıncı ile çalışılır. Fakat arada sırada yüksek basınç,kapalı olarak görev yapan giriş ağzı üzerinde veya önden bağlanan vanada oluşur ve giderilir.

Özellikle dikkati çeken nokta,enjektörler vasıtası ile birbirini yenen basınç farklılıkları genellikle fazla yüksek değildir.Ve enjektörler diğer görev verici aletlere göre daha fazla kayıp meydana getirirler.

Enjektörler küçük taşıyıcı basınçlarda veya başka bir imkânın bulunmadığı yerlerde kullanılırlar.Kusursuz bir fonksiyon için enjektörlerin doğru boyutlarda olması gereklidir.(Dikkatli bir hesaplama yapılmalıdır)

5.3.2.1.Enjektörün Hesabı :

Enjektörlerin tam hesabı çok zor zaman ve masraf gerektirir.Doğru ve basitleştirilmiş hesap,ihmaller ve basit münasebetlere ulaşılabiliyor ki bu ulaşılan hesap küçük basınç farklılıkları ve küçük karışma oranları için enjektörlere harcama yapılmaktadır.Bunun için gerekli olan hesaplama Buhrke'nin teorisi-dir.Burada küçük karışım münasebetlerinde ve savaktan geçmiş katı madde ile akım ölçümünün girişinde katı madde dikkate alınır.Bunun dışında malı içeriye alan savak kısmında P_1 ki bu basınç,çevresindeki basınçtan farklı olmalıdır.Parçacıklar halindeki katı maddenin hızlanmasında genelde atmosfere karşı bir düşük basınç ortaya çıkar. $P_1 < P_{at}$

5.3.2.2.Hesaplama İçin Faraziyeler :

Enjektörün geometrisi ve hesaplamalar için Resim 38 kullanılmıştır.Bu çizimde eksene paralel gelişte tüm kütlenin akımı açık ve berrak bir durum meydana getirir.

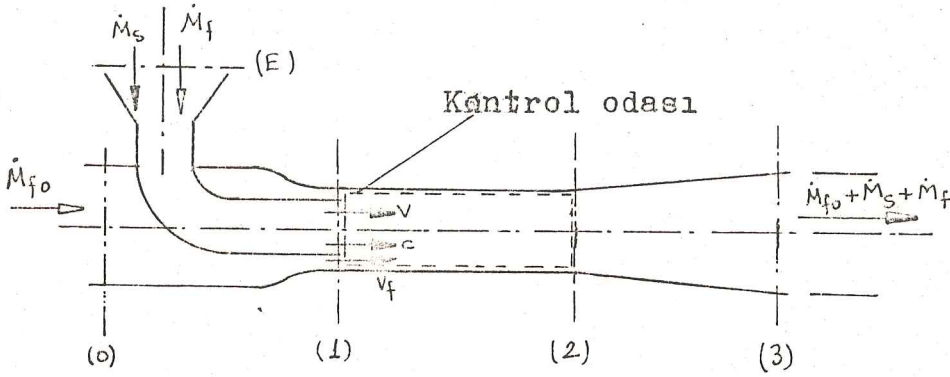
Hesaplama için veriler :

- Akımın içe doğru sıkıştırılması

- Sürtünmesiz akım(Dağıtıcı ve püskürtücünün verimi % 100)
- Karıştırma oranı ilgisi büyüklük sırası ile 1'den 5'e
- Giriş kısmındaki basınç P_1 P_{at} olmalıdır.
- Nakil malı ile ilâve akım ölçüleri oluşmalıdır.
- Nakil malın hacmi ihmâl edilebilir kadar küçük olmalıdır.

5.3.2.3.Hesaplamanın Yapılması :

Hesap için Resim 38'den elde edilen ana eşitlikler arasında sadeleştirme ve anlaşılır faraziyeler söz konusudur.



Resim 38-Hesaplama için enjektör şeması

Bernoulli 0'den 1'e

$$\frac{\rho}{2} V_0^2 + p_0 = \frac{\rho}{2} V_1^2 + p_1 \quad (5.20)$$

Hız gücü 1'den 2'ye kadar

(5.21)

$$\dot{M}_{fo} V_1 + p_1 F_2 + \dot{M}_f V + M_s c = (\dot{M}_{fo} + \dot{M}_f) V_2 + \dot{M}_s c_2 + p_2 F_2$$

Bernoulli 2'den 3'e kadar

$$\frac{\rho}{2} V_2^2 + p_2 = \frac{\rho}{2} V_3^2 + p_3 \quad (5.22)$$

Süreklilikten 0 ile 1 arasında

$$V_0 F_0 = V_1 F_1 \quad (5.23)$$

Süreklilik denkleminde 1'den 3'e kadar

$$V_1 F_1 + V F = V_2 F_2 + V_3 F_3 \quad (5.24)$$

Nakil malın hızlanması ve emme borusundaki ilâve akım ölçümünün hızlanması ;

$$p_B = \frac{\rho}{2} V^2 + \mu V c \rho \quad (5.25)$$

Eğer enjektörün geometrisi ve hava ile malın geçişi biliniyorsa bu ilişkilerden $p_1 = p_{at} - p_B$ faraziyesi ile p_0 ve p_3 basınçları elde edilir. Eğer belirli bir p_3 basınca karşı başarılı olabilirse bunun gibi gerekli olan ölçüm elde edilebilir.

Kesit oranları için aşağıdaki işaretler kullanılır;

$$F_1 / F_2 = \epsilon^2 \quad (5.26)$$

$$F_2 / F_3 = \delta^2 \quad (5.27)$$

$$F_3 / F_1 = \varphi^2 \quad (5.28)$$

$$F_3 / F_0 = \psi^2 \quad (5.29)$$

Akım vasıtası ile serbest emilen kütle veya miktarı emme oranı ile yani m ile aşağıdaki ölçümlerle tespit edilmiştir.

$$\dot{V}_f = m \dot{V}_{fo} \quad (5.30)$$

Gerekli olan vantilatör basıncı ilâve edilmiştir.

$$\Delta p_G = p_{ges\ 0} - p_{at} = p_{ges\ 0} - p_1 - p_B \quad (5.31)$$

Ve enjektörden sonra gerekli kullanılan nakil basıncı ilâve ediliyor.

$$\Delta p_F = p_{ges\ 3} - p_{at} = p_{ges\ 3} - p_1 - p_B \quad (5.32)$$

Ve sürekli ilişkiler ile (5.23) ve (5.24) deki tüm hızlar nakil borusundaki V_3 hızı ile ilgilidir. Ve böylece (5.20) den (5.30)'a kadar olan ilişkilerden bu sonuç elde edilir.

$$\Delta p_G = \frac{\rho}{2} \frac{V_3^2}{(1+m)^2} \frac{1}{\varepsilon^4 \delta^4} - p_B \quad (5.33)$$

Ve karıştırma oranının elde edilişi, nakil basıncı için

$$\mu_3 = \frac{\dot{M}_s}{\dot{M}_{f0} + \dot{M}_f} = \frac{\dot{M}_s}{\rho V_3 F_3} \quad (5.34)$$

$$\Delta p_F = \frac{\rho}{2} \frac{V_3^2}{\varepsilon^2 \delta^4} \left[\frac{2}{(1+m)^2} - \varepsilon^2 - 2\mu_3 \frac{c_3}{V_3} \varepsilon^2 \delta^2 + \right. \\ \left. + 2\mu_3 \frac{c}{V} \frac{m}{1+m} \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon^2} + 2 \frac{m^2}{(1+m)^2} \frac{\varepsilon^2}{1-\varepsilon^2} \right] - p_B \quad (5.35)$$

(5.25) eşitliğinden

$$\mu = \frac{1+m}{m} \mu_3 \quad (5.36)$$

$$p_B = \frac{\rho}{2} \frac{V_3^2}{\delta^4} \frac{m}{(1+m)^2} \frac{1}{(1-\varepsilon^2)^2} \left(1 + 2\mu_3 \frac{1+m}{m} \frac{c}{V} \right) \quad (5.37)$$

Enjektörün verim derecesi ilâve emici araçlardan ötürü aşağıdaki gibi belirtilmiştir.

$$\eta = \frac{\Delta p_F \dot{V}_{fges}}{\Delta p_G \dot{V}_{f0} + p_B \dot{V}_f} = \frac{\Delta p_F (1+m)}{p_G + p_B \cdot m} \quad (5.38)$$

(5.37), (5.35), (5.33) ve (5.38)'in münasebetleri ile verilen karıştırma oranı μ_3 için, emme oranı m için, hız oranı c_3/V_3 ve c/V için, verilen geometri ε ve nakil hızı v_3 , basınçlar p_B , Δp_F , ve verim için hesaplama yapmak mümkündür.

(5.37) eşitliği mal girişinin geometrik oranına ve mal çeşidine göre uygulanmalıdır. Bu olayda akım aracı için ve malın sürtünme kaybı için giriş ve dirsek kaybı dikkate alınması gerekir.

5.3.3.Çevrinti Tabakalı Mal Verici :

Bunlara akışkan kaldırıcı, pnömatik asansörler de denir. Toz halinde veya taneli malların basınçlı hava ile dik veya dike yakın (genellikle 80° - 85° 'ye kadar) bir eğimde nakil hattı ile taşınabilir. İşlevi alt kısımda, yüksek basınç alanında gerçekleşir. (Resim 39)

Çevrinti bir kaptan meydana gelir bu kabın içinde merkez ve doğru düzenlenmiş dikey nakil hattı tabana yakın bir mesafeye kadar yaklaştırılır. Taban delikli bir madde ile ve bir hava giriş burusu ucu ile donatılmıştır. Nakledilen havanın büyük bir bölümü bu boru ucu ile içeriye sokulur, çok az bir kısmı isede delikli tabandan geçerek içeriye girer.

Materyal kabın tavanında bulunan veyahut yan duvarın üst kısmına yerleştirilmiş bir delikten içeriye dolar. Kabın dolmasıyla dökme mal dipteki boru ucunda birikir. Mal basıncı ile bastırılır, boru ucundan gelen hava huzmesi ile dökme mal boru içine taşınır. Kab kesinlikle yüksek basınç altında bulunmamalıdır.

Yarar ve zararları :

- + Basit dizaynı
- + Düşük bakım masrafı
- Kabın inşaa yüksekliği

5.3.4.Hücre tekerlekli vana :

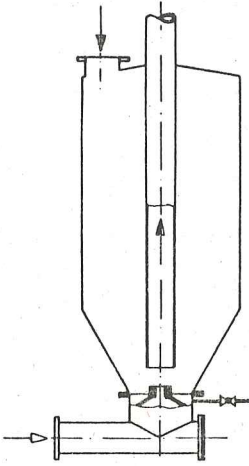
Hücre tekerlekli vana (resim 40) dökme malın nakil hattına yüksek basınç ile verilmesi amacıyla kullanılır. Bunun dışında düzensiz bir biçimde gelen malın düzenli bir biçimde naklini sağlar. Eğer vananın üst kısmında bir tampon kap bulunuyor ise buraya gelen düzensiz mal sürekli bir biçimde iletilir.

Hücre tekerlekli vana içinde yelpaze biçimli bir silindir bulunan bir düzenden oluşmuştur. Silindir direkt olarak motordan veya bir zincir düzeni ile dişli mekanizmasına bağlanabilir

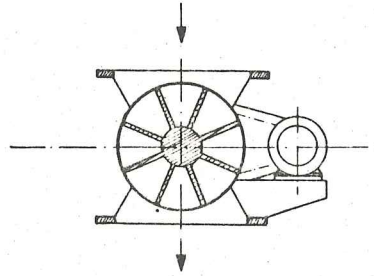
Dökme mal yerçekimi kuvveti tarafından yepazelerden bir tanesinin içine düşer, silindirin dönme hareketi ile materyal dışı doğru gider, bu nakil hattının sonunu oluşturur. Boşalmış olan yelpaze geriye az bir miktar hava nakle-der.

Yarar ve zararları :

- + Küçük inşaa yüksekliği
- Dönen kısımların aşınması ve bakım masrafı



Resim 39-Çevrinti tabakalı mal verici



Resim 40-Hücre tekerlekli vana

5.3.5.Klapeli savak :

Klapeli savak (Resim 41) ile dökme mal bir basınçtan diğer bir basınca aktarılır.Ve yüksek basınta aralarında tampon kap bulunan iki tane klapeli vana kombinasyonu, alçak basınçta ise bir tek klape ile nakil işlemi gerçekleştirilebilir.

Tek kapakta materyalin basıncı kapağı açıyor ve mal boşaldıktan sonra karşı bir ağırlıkla kapak tekrar kapanıyor. Eğer iki kapak aradığında bir tampon kab ile çalışıyorsa kapaklar uygun bir biçimde kumanda düzeni ile düzenlenmiş olmalıdır.Materyal yerçekimi kuvveti ile açık olan üst kapaktan yerçekimi kuvveti ile tampon kaba düşer,bu kab dolduğunda üst kapak kapanır ve alt kapak açılarak materyalin geçişi sağlanır.

Yarar ve zararları

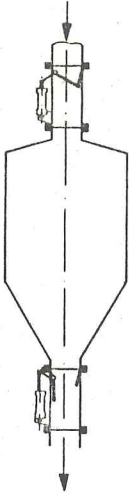
- + Düşük enerji tüketimi
- Aralıklı çalışma

5.3.6.Sürgülü savak

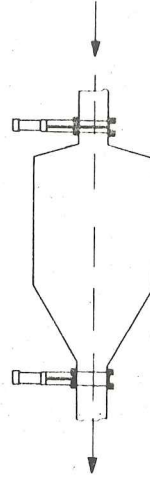
Sürgülü savak ile (resim 42) klapeli savakta olduğu gibi dökme mal bir basınç miktarından başka bir basınca nakledilir.Bu giriş ve çıkışları bir sürgü ile yapılmış tampon kabtan meydana gelmiştir.Sürgülen uygun bir kumanda düzene sahiptir.Materyal yerçekimi kuvveti ile tampon kaba düşer,bu kab dolduğunda alt sürgü açılır ve materyal dışarıya akar.

Yarar ve zararları

- + Düşük enerji tüketimi
- Aralıklı çalışma
- Sürgülerin sürekli çalışmasından dolayı çabuk aşınma



Resim 41-Klapeli savak



Resim 42-Sürgülü savak

5.3.7.Helezon Mal Verici :

Helezon görevlendirici (Resim 43) Möller pompası veya Fuller pomposu olarak da isimlendirilirler.

Helezon görevlendiriciler taneli ve toz halindeki malları uzun bir nakil hattına verebilirler.Çalışması orta basınç alanında bulunur.Pompa içine kısa bir nakil helezonu yerleştirilmiş düzenden oluşur.Helezon sonuna nakil bir boru ile bağlanmıştır.Helezon dik,dik eğimli veya yatay olarak flanşa bağlanabilir.Helezon direkt motordan veya kayış kasnak ile bir dişli mekanizmasından tahrik edilebilir.Helezon 750 - 1500 U/dak. arasında döner.Dökme mal içeriye girişle hızlı dönen helezon üzerine düşer ve onun içerisinde materyal yığılması oluşur.Bu helezonun yüksek basınca karşı sızdırmazlığını kolaylaştırır.Buradan çıkan mal nakil huzmesi ile iletme hattına sevk edilir.Dönen helezon nakil hattının eşit miktarda yüklenmesini gerçekleştirir.

Yarar ve zararları

- +Yükleme biçiminden dolayı tıkanma tehlikesi azdır.
- +Kapalı dizaynı nedeniyle tozdan arınmış bir dizayn oluşturur.

Düşük inşaa yüksekliği

Yüksek enerji tüketimi

Aşınabilen mallarda yüksek aşınma

Materiyalin nakli için biçim ve büyüklüğü aynı kalmalıdır.

5.3.8. Basınç Depolu Mal Verici :

Basınç kabı ile (resim 44) toz halinde ve taneli materyaller yüksek basınçlarla uzun nakil hattı ile nakledilebilirler. Bu dizayn fasılalı mekanizmalar için uygundur.

Özel durumlarda sürekli nakil yapılabilir, eğer iki kab üst üste yerleştirilmişse gerçekleşir,

Basınç kabı basınç armatürleri ve emniyet teşkilatı ile donatılarak basınçlı havayı tutmasını sağlar. İçeri giriş bir ventil ile yapılır, bu ventil nakledilen malın girişini ve sonuçta kaptaki yüksek basıncın sızmasını engelliyor. Nakil hattının çıkışında flanşa bağlanmış nakil hatları yatay ve düşey döşenmelidir. Basınç kabı dolduktan sonra doldurma ventili kapanıyor ve hava basınç kabına sevk ediliyor. Hava basıncı borusunun özel bir düzeni ile nakilmalı boruya sevk ediliyor.

Söz konusu nakil mal girişinin yakınlarına yerleştiriliyor.

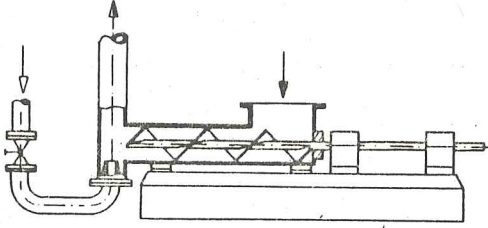
Yarar ve zararları

+ Oldukça düşük enerji tüketimi

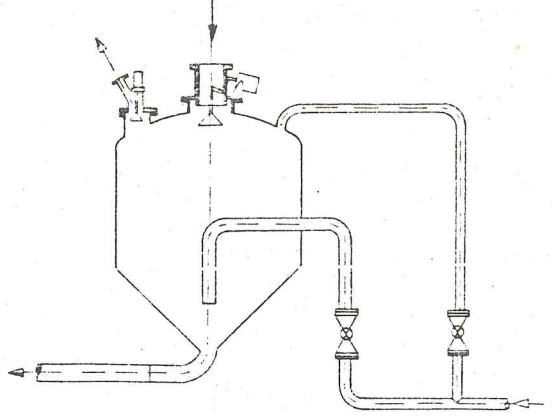
+ Uzun nakil hattı imkânı

— Yüksek inşaa

— Mekanizmanın aralıklı çalışması



Resim-43 Helezon mal verici



Resim-44 Basınç depolu mal verici

5.4.Kapama Armatürleri Ve Makaslar :

Tüm pnömatik yapı dizaynında taşıyıcı sistemin bir problemide nakil sırasında hattın yönüne değiştirmek ve akışı kesmektir.Bunlarda kapama armatürleri ve boru makasları ile yapılmaktadır.

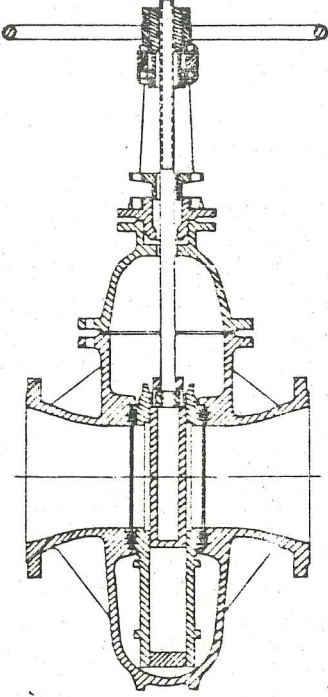
5.4.1.Kapama armatürleri :

Kapama armatürleri akıcı madde ve gaz akım hattında tek tip formarda düz yüzlü vana kullanılır.(resim 45)Sürgü şekli olav veya yuvarlak yüzlü yapılmıştır.Bu bölüm sert metal veya plastik maddelerden yapılabilir.

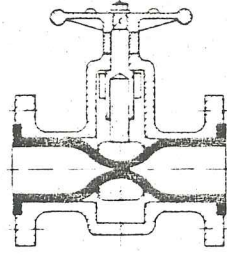
Küre vana (resim 46) sürgüsüz olası nedeniyle daha yararlı yönleri bulunmaktadır.Açma durumunda kanallarda ideal akış temin edilir.Bunlar büyük yapıllı armatürlerdir.

300 mm'nin altında çaplarda bükülebilir materyalli armatürler kullanılabilir.Ezici vana (resim 47),ve zarflı vana (resim 48) kullanılabilir.Ezici vanada boru hattı bir kol vasıtası ile bastırılır ve akım böylece kesilir.Boru hattı kauçuk veya elastik suni malzemeden yapılabilir. Basınç sınırı 10 bara kadardır.

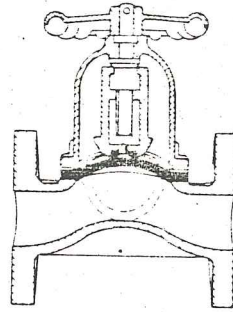
Zarflı vana katı madde akışına hortem ventilden daha az uygundur. Kapama armatürleri konstrüksiyona uygunluğu ve sağladıkları yarar ve zararlarına göre seçim yapılmalıdır.



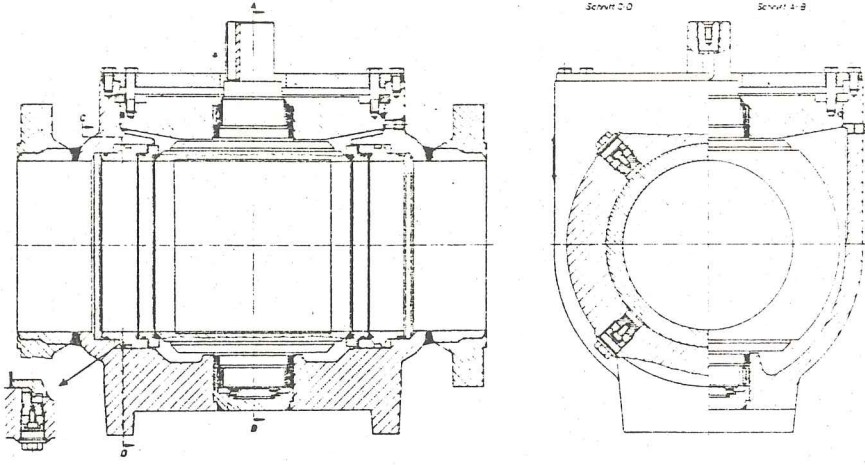
Resim 45-Sürgülü vana



Resim 47-Hortum vana



Resim 48-Zarflı vana

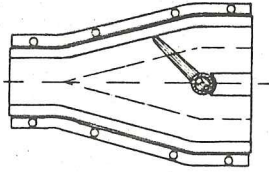


Resim 46-Küresel vana

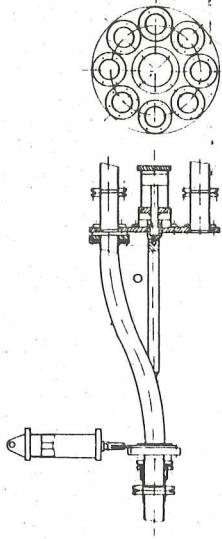
5.4.2.Boru Makasları :

Makaslar katı madde karışımını iki veya daha çok kanala dağıtmak için veya şalter görevi yapmak amacı ile kullanılırlar.(Resim 49)

Boru makası giriş borusunu iki çıkış hattına ayırır.Kapağın konumu akımın geçiş yönünü belirler,bir swiç olarak görev yapar.Resim 50'de tek bir hattı birçok kanala bağlayan bir makas düzeni bulunmaktadır.Bir kıvrık borunun dönmesi ile giriş hatının dağıtımı sağlanır.Bu boru , kumandası elle veya pnömatik kontrol sistemleri ile yapılabilir.



Resim 49-Boru makası



Resim 50-Çok kanallı makas

5.5.AYIRICI CİHAZ VE FİLTRELER

Bu cihazların teşkilinde eski teknikte katı maddelerin gazlardan ve sıvılardan ayrılmasında kullanılırlar. Ana hatları ve bazı özellikleri şöyledir. Götürücülerde, mal ayırım cihazları ana görevin dışında karışımın ayırımında şu aşağıda sıralanacak olan yan görevleri vardır.

- a) Katı madde kısa zamanda (tampon tesiri) veya uzun zamanda (ayırıcı bunkerde veya çöktürme havuzunda v.b.) yükleme yapıyor.
- b) Kaba ve ince kısımlarda sınıflandırıyor. (yüklenecek mal)
- c) Mallar temizleniyor.
- d) Akış aracı pislikten arınıyor ki bu araç tekrar kullanılabilir olsun veya gevresine zarar vermesin.

Ayırıcıların yapıları oldukça farklıdır. Üç ana inşaa tipi vardır. Yerçekimi kuvveti ile çökertme, Savurma kuvveti ile komponentin ayrılması, Akış araçlı geçirgen duvarlarda malın tutulması.

Daha önceden denenmiş olan ayırıcı tiplerine basit ve açık biçimde karar verilebilmesi için fiziksel etki büyüklükleri arasındaki ilişkiler denenir.

5.5.1.Çöktürme Bölümlü Ayırıcı :

Bu ayırıcı tipi yerçekimi kuvvetinin katı madde kısımcıklarına etkisine dayanıyor.Akım kesitinin kuvvetli bir şekilde genişletilmesi ile gaz hızı toz parçacıklarının düşme hızına karşı çok küçülüyor ve bu şekilde toz parçacıklarının aşağı doğru düşme hareketi ortaya çıkıyor ve parçacıklar aşağıya çöküyor.Bu ayırıcı tipinin yararı basit olması ve hareketli parçalarının olmamasından ötürü aşınmanın olmamasıdır.Dezavantajı ise genelde çok büyük bir hacime ihtiyaç göstermesidir.(Resim 51)

Resimden görüldüğü gibi yalnızca toz parçacıklarının minimum bir düşme hızı sınırına kadar w_s ,bölümün tabanına erişerek ayrışabiliyorlar.Bu ayrılma olayında spesifik yoğunluk ρ_s ,en küçük tanenin formu,partiküllerin en küçük düşme hızı ve akış şekline etkilidir.

Küçük düşme hızındaki partiküller taşıyıcı akımla taşınırlar.

Tanenin düşme hızı sınırı orantılı hız verilerine göre hesaplanıyor.

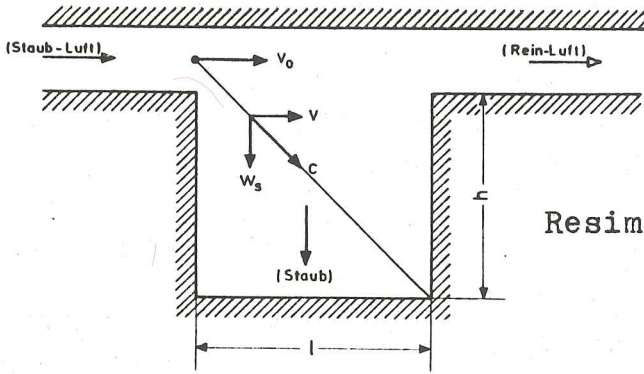
$$\frac{w_{smin}}{v} = \frac{h}{l} \quad (5.39)$$

Burada h/l oranı ile anlatılmak istenen çöktürme kabının yüksekliğinin uzunluğuna orantısının ifadesidir.Bununla teorik ayarma verimi elde ediliyor.

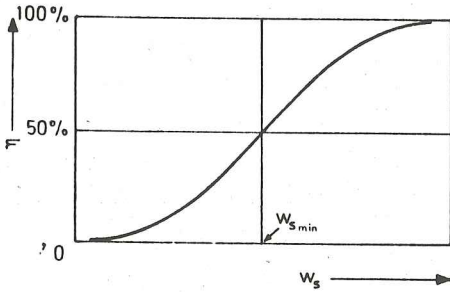
$$\begin{array}{ll} \% 100 & w_s > w_{smin} \\ \% 0 & w_s < w_{smin} \end{array}$$

Ayırma sınırı debiye ve onunla birlikte taşıyıcı aracının hızına bağlıdır.Yüksek debi toz bölümünü ve ayırma verimini küçültmektedir.Bu ayırıcı tiplerinin sınırları elimizde bulunmaktadır.Akım kesitinin genişletilmesiyle amaçlanan akım hızının küçülmesi,yanlızca sınırlı ölçülerde mümkündür.Çünkü bu hız,kesitin üzerine orantılı bir biçimde dağıtılmıştır.Bundan dolayı teorik ayırma şartı muhafaza edilemiyor.Tozdan ayırım derecesi devamlı olarak orantılı bir şekilde meydana gelir.

Tozdan ayırım derecesi % 50 olduğu yerde tane büyüklük sınırı belirlenir.Tozdan ayırım derecesi tozu ayrılmış olan kısmı yüzde olarak içeri gelen,ayrılan tanelerin kapladığı alan içindir.



Resim 51-Çöktürme bölümü şematik



Resim 52-Yerçekimi kuvvetiyle çalışan ayırıcıda toz ayırma derecesi

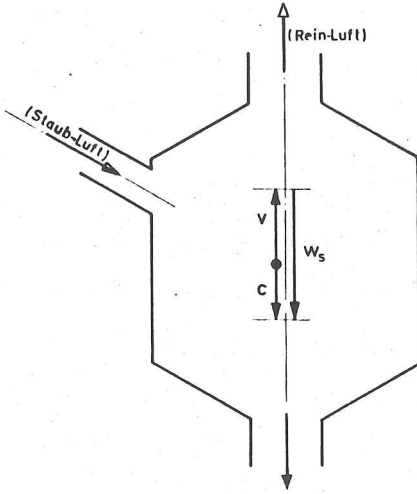
5.5.2.Toz Haznesi :

Aynen çöktürme bölümündeki gibi yerçekimi kuvveti ile çalışan bir ayırıcıdır.Çöktürme tankıda benzer şekildedir. Yanlız bunun bir başka faydalı tarafı vardır.Resim 53'ten de görüldüğü gibi gaz akımına karşı koyucu olarak konmuş olan ayırım ki burada ayırım sınırı için şartı meydana getiriyor.

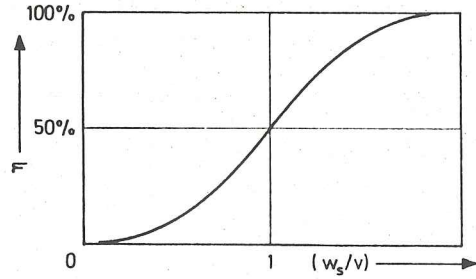
$$\frac{w_{smin}}{v} = 1 \quad (5.40)$$

Orantısız hız dağılımından ötürü düşme hızının ayırım veriminin bağıntısı için karakteristik resim 52'de verilmiştir.

Hava hızının ayırım verimine bağıntısı resim 54'de görülür.



Resim 53-Toz haznesi
şematik



Resim 54-Tozhaznesi için
ayırım verimi

5.5.3.Siklon Ayırıcılar :

Ayırma sistemlerinin birçoğunun zararları ortaktır.Hem kullanma boyutlarının uygun olması hemde normalin üzerindeki hava hızı verimi aşağıya düşürmektedir.Toz hazneli ve çöktürme bölümlü ayırıcılarda yalnız büyük hava hızında büyük taneler ayrılırlar.

Dokuma filitrelerde hava akımı ile basınç kaybı(hava akımının azlık ve çokluğu ile ilgili olarak)büyük olmaktadır. Filtrede uygun bir kanal tesiri sonucu az basınç birikiminde hava hızının azlığı söz konusudur.

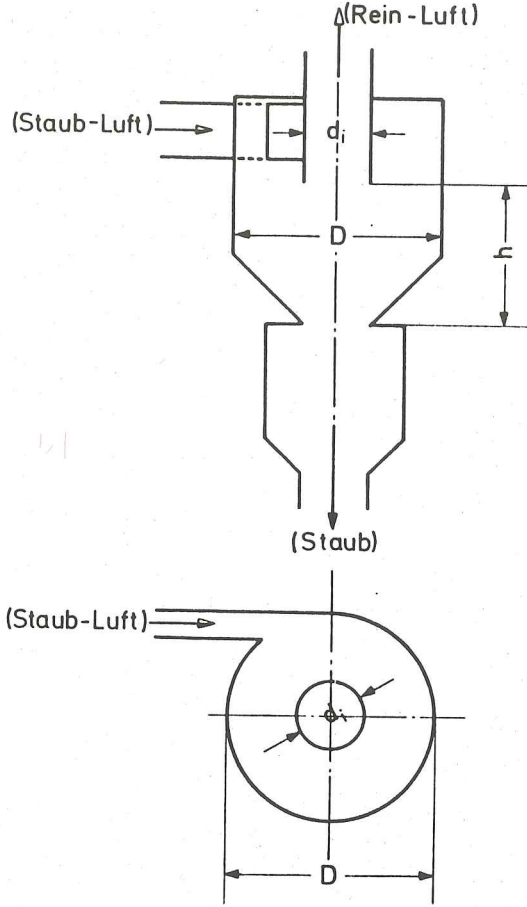
Bu tip ayırıcılar bir çok durumlarda pratik kullanım için uygun değildir.Bun karşın daha uygun olan siklon ayırıcılar tavsiye edilir.(Resim 55)Fazla yüklemeye karşı koyucudur ve yerden tasarruf etmesi azdır.Bunun yanında her zaman için çalışması garanti ve basittir.

Siklon ayırıcıların etkisi santrifüj indirme akımına dayanır.Katı madde parçacıkları savurma kuvvetinde dönme hareketi meydana getiriyor.Ve bu dönme duvara doğru yönelmiş bir harekettir.Ve havaya karşı direnen kuvvetler de hava ile toz taneciği arasında izafi bir hareket meydana getirir ki bu harekette iç kısma doğrudur.

Taneciğin büyüklük sınırı için savurma kuvveti ile havaya karşı direnç arasında eşit ağırlık söz konusudur. Büyük taneler duvarda frenlenerek ve ayrılarak dışarıya taşınırlar.Küçük taneler hava akımı tarafından içeriye doğru taşınırlar ve temiz hava ile birlikte dışarıya doğru taşınırlar.

Kuvvetler için şu eşitlik verilir;

$$M_s \frac{c_{ui}^2}{r_i} = W = g M_s \frac{v_{ri}}{w_s \min} \quad (5.41)$$



Resim 55-Siklon ayırıcı
şematik

r_i : Dalma borusu yarıçapı

c_{ui} : Ortalama katı madde hızı (r_i 'deki)

v_{ri} : Radyal gaz hızı (r_i 'deki) (Resim 56)

Tane büyüklüğü sınırına ait düşme hızı w_{smin} aşağıdaki eşitlikten bulunur.

$$w_{smin} = \frac{g v_{ri} r_i}{c_{ui}^2} \quad (5.42)$$

Mükerrer yükün içeri girmesi ile(Santrifüj hareketinin hızının yer çekimi hızı ile orantısı şöyledir;

$$n = \frac{c_{ui}^2}{r_i g} \quad (5.43)$$

Ve tane düşme hızının sınırı şu bağıntı ile ortaya çıkıyor.

$$w_{s \min} = \frac{v_{ri}}{n} \quad (5.44)$$

v_{ri} hava debisi ile ($\dot{V}_f$) hesaplanıyor.

$$v_{ri} = \frac{\dot{V}_f}{2 r_i \pi h} \quad (5.45)$$

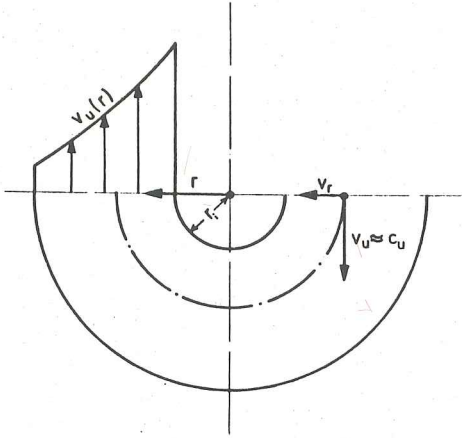
(Buradaki h siklonon tesirli yüksekliğini ifade ediyor.resim 55)

Resim 57'de görüldüğü gibi teoriye karşı olarak parçaların tozdan ayırma derecesi daha önce bahsedilen ayırıcıda olduğu gibi benzer şekilde devamlı bir işlev ortaya çıkıyor.Girdap etkisi ki bunun sonucunda tekrar dönme meydana geliyorve parçaların ayrılması olayı geriye doğru gidiyor.

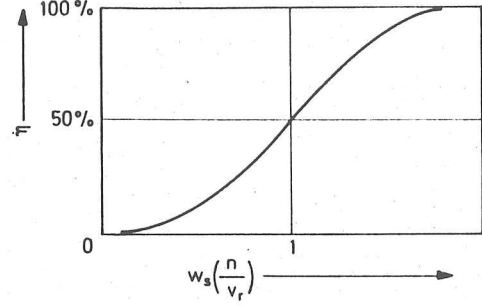
Siklonun ayırma gücü için karakteristik,tane büyüklüğünün sınırı ki bu tane büyüklüğü sınırında tozdan ayırma derecesi % 50 olarak tespit edilmiştir.İncelemelerde herşeyden önce basınç kaybı ile ayırıcı verimi arasında bir bağıntı olması gerekir.Siklon ayırıcılarda ayırım gücü ne kadar büyük olursa basınç kaybı o kadar yüksek olur.

Ayırıcının veriminin yüksekliği için basınç kaybının kullanılır şekle dönüşmesi Barth'ın karakteristik kayıp rakamları ile açıklanmıştır;

$$\xi = \frac{\Delta p}{\rho r \frac{v_{ui}^2}{2}} \quad (5.46)$$



Resim 56-Siklon ayırıcıda akımlar



Resim 57-Siklon ayırıcısı için ayırma verimi

v_{ui} : r_i yarıçapındaki düşünülen silindirik alanda gazın ortalama çevre hızı

İnce tozçuklarda c_{ui} hızı ve v_{ui} birbirlerine çok yakın eşitliktedir.

5.42 deki eşitlikten hareketle tane düşme hız sınırı herşeyden önce $v_{ui}^2/(g \cdot r_i)$ ile bağımlıdır. Bu şekilde;

$$\frac{v_{ui}^2}{r_i} = \frac{2 \Delta p}{\rho_f r_i \xi}$$

Ve böylece ayırıcı verimi için belirli bir düşme hızı elde ediliyor.

$$w_{smin} = \frac{\xi g \rho_f \dot{V}_f}{\Delta p 4 \pi h} \quad (5.45)$$

Ayırıcı verimi basınç kaybının fonksiyonu ve kayıp katsayıları ile elde ediliyor. Ayırıcı verimi Δp ile azalıyor ve inşa yüksekliği ile yükseliyor. ξ inşa büyüklüğüne göre tespit edilen aerodinamik bir büyüklüktür. Bu ne kadar küçük olursa ayırıcı daha iyi çalışır. Daha önceki deneylerden elde edilen tecrübelerle göre $\xi = 3-16$ arasında alınır.

5.5.4.Filitreler :

Filitreler ilâve olarak yüksek ayırım derecesinin arzu-landığı yerlerde (%99) tane çapı 10 μm 'den küçükse ve yüksek hava debilerinde kullanılır.

Filitrelerde materyal olarak genellikle kumaş dokuma kullanılır.İlmek araları ince toz parçacıklarının tane çapından daha büyüktür.Tana çapı 5 μm 'nin altında olan parçacıklar.üst yüzeydeki kuvvetler tarafından,tane çapı 5 μm 'nin üzerinde olan parçacıklar kendi taşıyıcı kütleleri tarafından ayrılırlar.Taneciklerin ayrılması,akım saptırılarak bez hortum üzerine verilmesi ve havanın geri tepmesiyle parçacıkların bez üzerine yapışmasıyla gerçekleşir.

Filitrede tozdan ayırma olayı ve ayırıcılığı için,bir d çapında dokuma ile toz yüklü hava akımına maruz bırakılır.(resim 58)e,dokumanın etki genişliğidir.Hava akımının temsilenmiş kısmı e/d ile orantılıdır.Bu hava hızına ve parçacıkların kütlelerine bağımlı olan küçültücü bir faktördür. Bu,hava hızı,taneciklerin kütlesinden başka katı maddenin özelliklerine d_s, ρ_s ,ve w_s gibi bağımlıdır.Karakteristik bağıntı resim 58'de verilmiştir.(Boyutsuz büyüklükler üzerine)

Temizlenmiş hava hacmi her dokuma filitre için şu şekilde elde ediliyor.

$$V = \int dV = d \cdot l \cdot \frac{c}{d} v \int dt \quad (5.46)$$

l:Dokuma filitre uzunluğu

d:Dokuma filitre çapı

e:Etki genişliği

v:Akım hızını

$\int dt$:Zaman integralini gösteriyor.

Filtre ayırım verimi katı parçacıkların büyüyen akım ve düşme hızı ile birlikte yükselir.

Akımın yükselmesi bir sınıra oturtulmuştur ki çöken tozun

tekrar dönme hareketinin önüne geçilsin. Diğer taraftan verim yönünden düşünülerek dokuma filitrede düzgün akım eldesi gereklidir. Filtrede hava debisi ile hız ve basınç düşmesi arasında düzgün bir orantı vardır. Uygun deney değerlerine göre, filtrenin akım alanında yapılan hava hızı 0,8 ve 0,2 m/s arasında olmalıdır. Yüksek hızlar yüksek basınç kaybında küçük bir filtre boyutuna müsaade ediyor. Son olarak en uygun örnek olarak hortumlu filtre (resim 59)'yi verebiliriz. Dokuma filtre dikey biçimde yerleştirilmiş bez hortumlardan meydana getirilmiş ve iki toz geçirmez taban arasına yerleştirilmiştir. Toz gaz alt kısımda ortaya çıkıyor borulara giriyor yanlarda temizleniyor ve buradanda dışarıya çıkıyor. İç kısımda borulara yapışık toz, ters hava püskürtmesi ile ve sarsıntı ile çözülüyor aşağıya düşüyor ve çekiliyor. Böyle bir filtre tam olarak temizleme gücüne erişiyor.

Bir dokuma filtre için, yapılan araştırmalar sonunda Pamuklu dokuma ve 1 m³/s taşıma havası için;

Tahıl unu	60-120	m ²
Çimento	40	m ²
Kömür tozu	60-75	m ²
Tahıl	25-30	m ²

olması gereklidir.

Önemli filtre dokuma çeşitleri için en uygun gaz ısısı Pamuklu için 85°C ; Cam elyaf dokuma için 250°C dir.

5.5.5. Toz Islatma İle Ayırma :

Sulu temizleyicilerde esas; Bir toz hava akımının içine su damlacıklarının önleyici olarak gönderilmesidir. (Resim 60). Resim 58'deki gibi bir sudan geçen hava toz kısımlarından temizlenmiş olur. Basınç altındaki su boru duvarında uzunlamasına ayrılmış bölümcüklerden dikey olarak akım doğrultusunda içeriye sevk edilir. Bir su taneciği tarafından tozu temizlenmiş gaz hacmi şu şekilde hesaplanır.

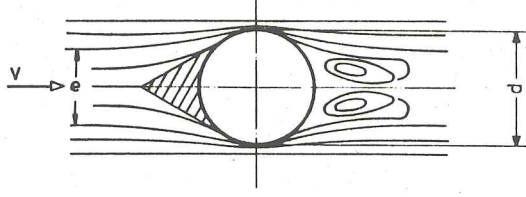
$$V = \int dV = \frac{d^2 \pi}{4} \int_{t=0}^{t=\infty} \left(\frac{e}{d} \right)^2 w dt \quad (5.47)$$

Eğer su tanesinin alın alanı $\frac{d^2}{4}$, tozdan temizlenmiş kısım $\frac{c}{d}$, ve w ki buda su tanesi ile akım arasındaki iza-fi hız zamanın fonksiyonudur. Etkili temizleme eğer su tanesi ile toz hava karışımı arasında yüksek bir relativ hıza erişilebiliyorsa elde edilir. Fakat genellikle bu ol-dukça güçtür. Temizlenmiş hacimde gaz hızı ile iza-fi hız ve zaman ile bunların arasındaki karakteristik resim 60b' de açıklanmıştır. Temizlenmiş gaz hacmi çizgili alana oran-tilidir. Her toz temizlemi için integral değerleri mümkün olduğu kadar büyük olması gerekir. $\int w dt$ değeri çok küçük olduğunda damlalar çok çabuk hızlanırlar, büyük damlalar-da e/d oranı küçüktür. En iyi damla büyüklüğü olarak damla çapı 0.1 civarından 0.5 mm'ye kadar olması gereklidir.

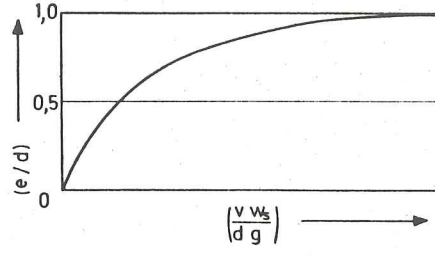
Büyük toz gaz karışımı ile su tanesi arasında büyük iza-fi hız elde etmek faydalı olduğundan yüksek karışım hızları ile çalışılır ve su yüksek basınçla sisleştirilir. Basınç kaybı hıza göre ikinci derecede yükseleceği için dolaylı karışık hıza dikkat etmelidir. Büyük hızlarla yap-ılmış olan temizleme harcaması verimli değildir.

Aşağı yukarı 20-40 m/s 'deki hızlarda en iyi bağlantı elde edilir. Bu prensip için bir kullanım örneği resim 61' de bulunmaktadır. Burada akım ile su damlası arasındaki yüksek iza-fi hız amaçlanmıştır ki en yüksek akım hızının bulunduğu yerde su içeriye püskürtülüyor.

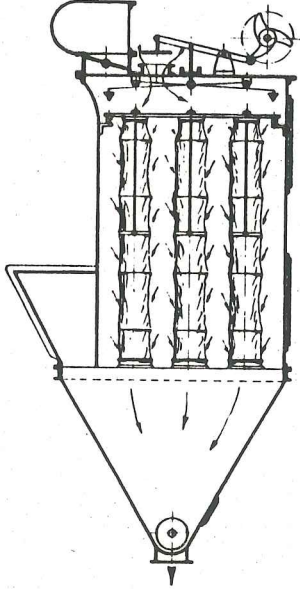
a) Akım



b) Çapderecesi

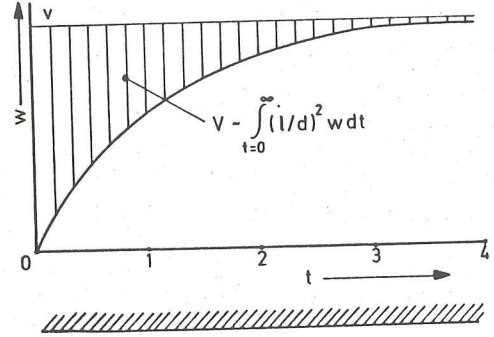


Resim 58-Yuvarlak bir önleyicide toz ayırımı
(Küre veya silindir olabilir)

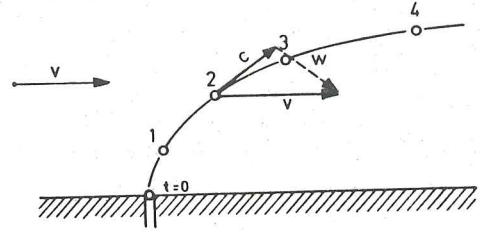


Resim 59-Hortumlu filitre

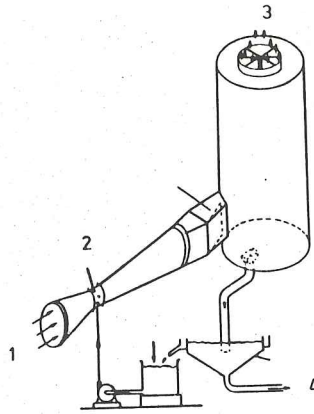
a) Bir su damlasının hareketi



b) Su damlacıklarından temizlenmiş hava hacmi



Resim 60-Toz ıslatma



Resim 61-Venturi yıkayıcı

1-Toz hava

2-İçeri su püskürtme ucu

3-Temiz hava

4-Toz-su karışımı

Ayırıcılarda basınç kaybı ile ilgili şu denklem verilmiştir.

$$\Delta p = \xi \frac{v_s^2 \rho_s}{2 \cdot g} \quad (\text{kp/m}^2)$$

v_s : m/s akım aracının boşaltma hızı

ρ_s : kg/m³ taşıyıcı gazın yoğunluğu

Pnömatik taşıyıcılarda daha önceki araştırmalara göre için aşağıdaki değerleri alması gerekir.

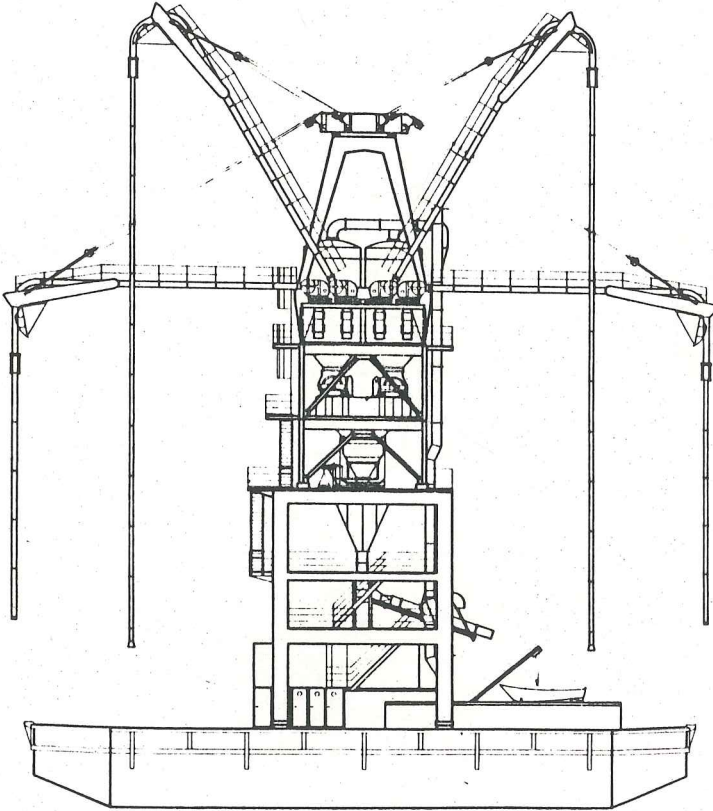
Toz haznesi ξ : 5-8

Siklon ξ : 18-25

Filtre ξ : 10-20

6. ENDUSTRIYEL UYGULAMA ORNEKLERİ

6.1. Tahıl İçin Yüzer Pnömatik Taşıyıcı:



Resim 62-Yüzer taşıyıcı taslağı "Kuddel" (Bühler-Miag)

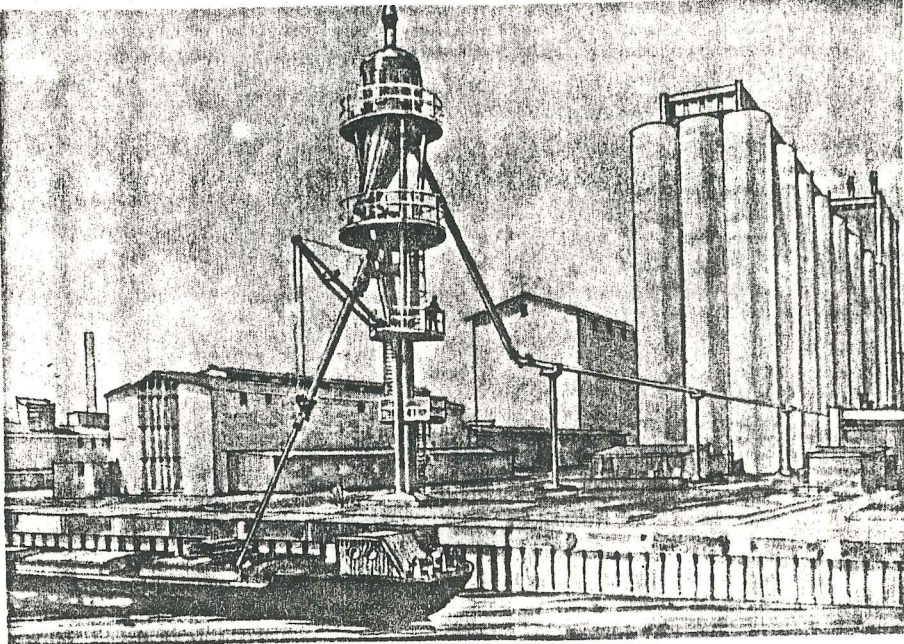
Klasik bir pnömatik nakledicidir. Ağır tahıl nakliyatında da kullanılır. Emme uçları hareketlidir. Basıncılı hava pistonlu kompresör ile sağlanır. Bu emme iletme sistemi alçak basınçlı olarak çalışır.

Teknik verileri:

İletme kapasitesi	400 t/h (tahıl)
İletme hattı(düsey)	32 m
İletme hattı(yatay)	15 m
Boru çapı	220-230 mm (düsey) 280-290 mm (yatay)
Körük gücü	700 KW
Toplam ağırlık	1000 t
Toplam yükseklik(sudan)	34,5 m
Gemi genişliği	13 m
Su çekimi	2,7 m

6.2.Pnömatik Gemi Boşaltma Tesisi :

Soya tanasini gemiden,150 m uzaktaki siloya naklini sağlayan bu tesis basınçlı taşıyıcı olup bir pistonlu kompresörden hava ihtiyacı karşılanmaktadır.



Resim 63-Pnömatik gemi boşaltma tesisi

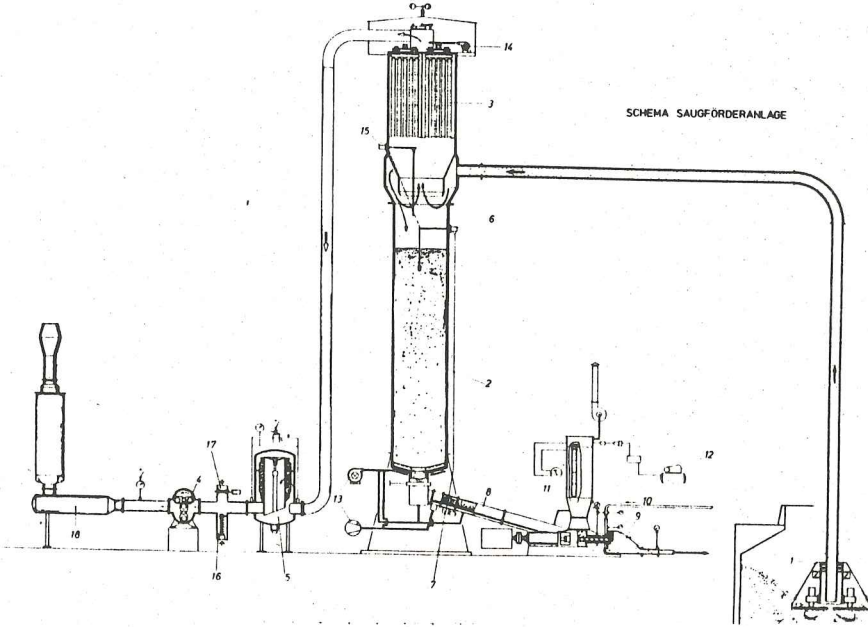
Teknik verileri:

İletme kapasitesi	100 t/h (Soya tanesi)
İletme hattı	150 m
(Sudan)yükseklik	25 m
Boru çapı	280-310 mm
Kompresör istasyonu	250 KW
Teleskop emme ucu	10 m
Silo hattına bağlantı açısı	180°

6.3.Pnömatik Çimento Nakli :

Emme basınçlı nakledicinin iletme kapasitesi 200 t/h dir. Sürekli bir iletimi gerçekleştirir.

1 Emme ucu ; 2 Depo ; 3 Vakum hortumlu filitre ; 4 Pistonlu kompresör ; 5 Emniyet filitresi ; 6 Silo(şakül); 7 Doz silindirleri ; 8 Pnömatik taşıma hattı ; 9 Helezon mal verici ; 10 Basınçlı hava ; 11 Pnömatik oluk filitresi ; 12 Kompresör için temizleme ; 13 Gevşetme körükleri ; 14 Filtre vantilatörü ; 15 Bunker seviye göstergesi ; 16 Emniyet ventili ; 17 Vakum inkisar etirici ; 18 Susturucu



7.Basınç Havalı Pnömatik Götürücü ile Buğday Nakli :

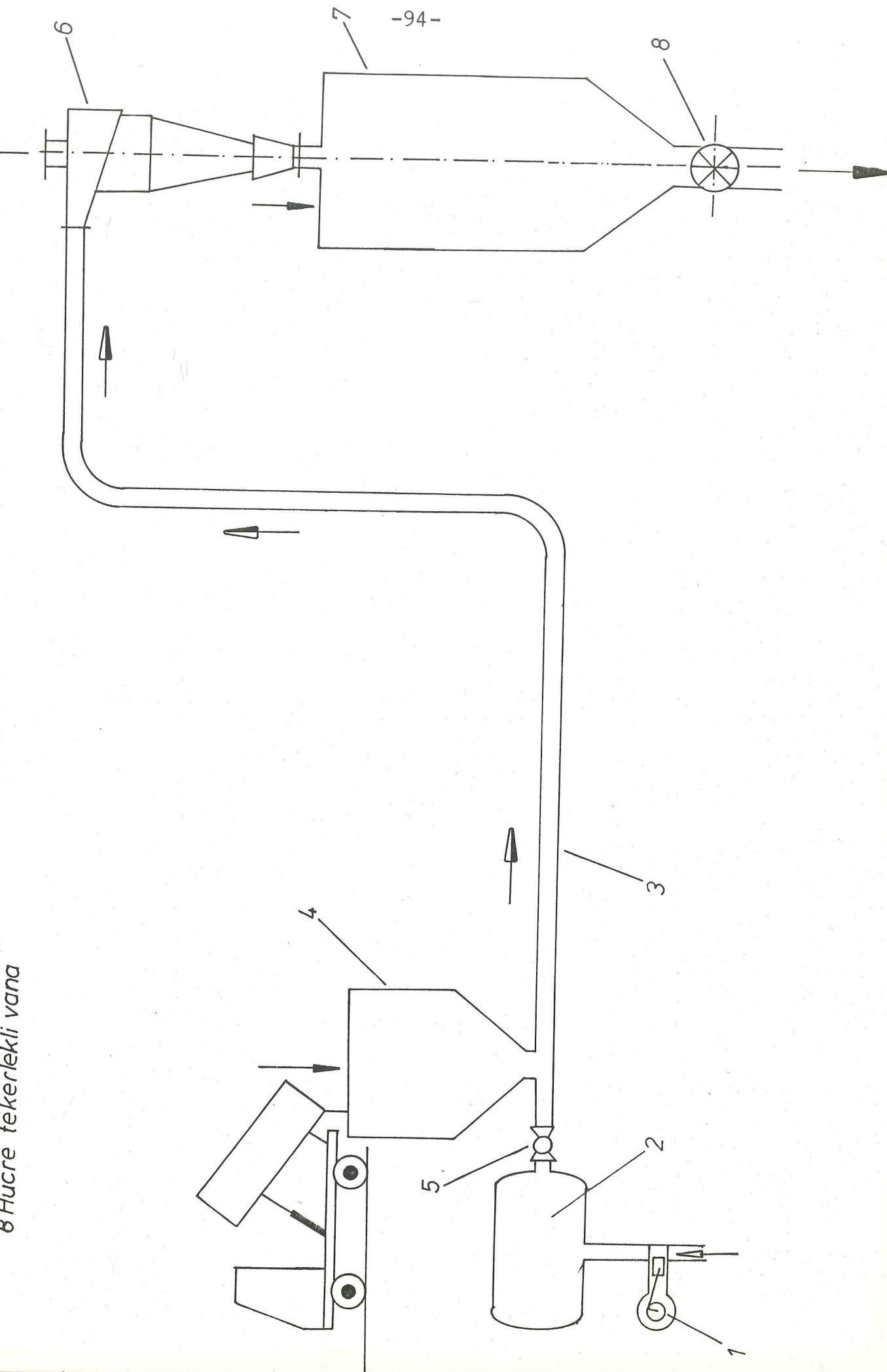
7.1.Veriler :

İletilen mal	Buğday
Malın kitlesel iletme kapasitesi	$I_{M6}=25 \text{ t/h}$
Dökme ağırlığı	$\rho_6=0,79 \text{ t/m}^3$
Tane büyüklüğü	$a=8 \text{ mm}$
Ortalama hava yoğunluğu	$\rho_L=1,5 \text{ kg/m}^3$

İletme yolu : 100 m yatay ; 50 m düşey ; 50 m yatay
iki adet 90° dirsek ($R_o/d_b=6$)

7.2.Dizaynın belirlenmesi:

Pnömatik tesis aşağıdaki şematik resimdeki gibi planlanmıştır.Mal gelişinin kamyonla yapıldığı ve 30 t'luk bir mal geliş bunker ve 80 t'luk bir depo ihtiyacı düşünülerek hesaplamaya geçilmiştir.Sistemde ayırıcı olarak siklon kullanılmış ve bununla ilgili pratik hesaplama ve tecrübi değerler hesaplama kısmında verilecektir. Malın tesise girişinde hücre tekerlekli vananın özel bir kullanımından yararlanılmıştır.Bununla ilgili bilgiler de hesaplamalarda verilecektir.



7.3.Hesaplamalar :

a)Havanın kitlesel iletme kapasitesi:

$$I_{ML} = \frac{I_{MG}}{\mu} = \frac{6.94}{30} = 0.23 \text{ kg/s}$$

($\mu=30$ Resim 23,s.44'den karışımın ağırlık yığılması)

b)İndirgenmiş iletme uzunluğu:

$$I_{ind.} = I_{yat.} + I_{düş.} + I_{dir.} + I_{vana}$$

$$I_{yat.} = 150 \text{ m}$$

$$I_{düş.} = 50 \text{ m}$$

$$I_{dir.} = 2.10 \quad (\text{Tablo 6'dan dirseklerin eşdeğer uzunluğu})$$

$$I_{ind.} = 150 + 50 + 20 = 220 \text{ m}$$

c)Havanın hacimsel iletme kapasitesi:

$$I_{VL} = \frac{I_{ML}}{\rho_L} = \frac{0.23}{1.5} = 0.153 \text{ m}^3/\text{s}$$

d)Hava hızı:

$$V_L = C_2 \sqrt{\rho_G} + C_3 \cdot I_{ind.}^2 = 18 \sqrt{0.79} + 3.5 \cdot 10^{-5} \cdot 220^2 = 17.7 \text{ m/s}$$

($C_2=18$,çekirdek katsayısı Taslo 7'den)

($C_3=3.5 \cdot 10^{-5}$,bünye katsayısı Taslo 7'den)

e)Boru çapı:

$$D = \sqrt{\frac{4 I_{VL}}{\pi V_L}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.153}{\pi \cdot 17.7}} = 0.105 \text{ m}$$

$$\underline{D=125 \text{ mm}} \quad (\text{TS 1556'dan standart çap})$$

f)Yüzme hızı:

$$V_S = C_1 \sqrt{\frac{\rho_g}{\rho_L} a} = 75 \sqrt{\frac{0,79}{1,5} \cdot 0,008} = 4,86 \text{ m/s}$$

$$V_L \geq 2 V_S \quad 17,7 \geq 9,73$$

g)Kompresör basıncı:

$$P_V = 1,1 \cdot P_1 = 1,1 \cdot 2,9 = 3,19 \text{ bar}$$

h)Direnç katsayısı: $\lambda = \beta \cdot \mu$

$$x \text{ katsayısı; } x = \frac{I_{\text{ind}} V_L^2}{D} = \frac{30.220 \cdot (17,7)^2}{0,125} = 16 \cdot 10^6$$

Resim 24'den yukarıdaki x değerine göre $\beta = 4,5 \cdot 10^{-7}$

Buradan; $\lambda = 4,5 \cdot 10^{-7} \cdot 30 = 1,35 \cdot 10^{-5}$ bulunur.

ı)Gerekli hava basıncı:

$$P_1 = \sqrt{1 + \frac{\lambda \cdot I_{\text{ind}} V_L^2}{D}} = \sqrt{1 + \frac{1,35 \cdot 10^{-5} \cdot 220 \cdot 17,7^2}{0,125}} = 2,9 \text{ bar}$$

k)Ortalama basınç:

$$p = \frac{P_0 + P_1}{2} = \frac{1,0 + 2,9}{2} = 1,95 \text{ bar}$$

1)Spesifik kompresör işi:

$$W_S = \frac{x}{x-1} P_0 \left[\left(\frac{P_V}{P_0} \right)^{\frac{x-1}{x}} - 1 \right] = \frac{1,4}{1,4-1} \cdot 10^5 \left[\left(\frac{3,19}{1} \right)^{\frac{1,4-1}{1,4}} - 1 \right] = 13,7 \cdot 10^4 \text{ N/m}^2$$

m) P_o basıncına ait hava iletme kapasitesi:

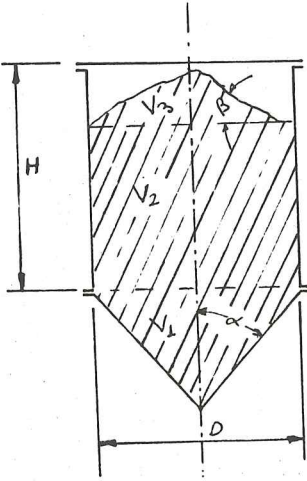
$$I_{VLo} = I_{VL} \left(\frac{P_i}{P_o} \right)^{\frac{2}{1,4}} = 0,153 \left(\frac{1,95}{1} \right)^{1,4} = 0,39$$

n) Gerekli tahrik gücü:

$$N = \frac{W_s I_{VLo}}{v} = \frac{13,7 \cdot 10^4 \cdot 0,39}{0,7} = 76328,5 \text{ Nm/s}$$

$$N = 80 \text{ KW}$$

Bunker Boyutları İçin Hesaplama:



$$\beta = 35^\circ \quad \alpha = 45^\circ \quad \frac{H}{D} = 2 \quad \rho_s = 0,79 \text{ t/m}^3$$

Bunker kapasitesi $m_B = 30 \text{ t}$

$$V_B = \frac{m_B}{\rho_s} = \frac{30}{0,79} = 37,9 \cong 38 \text{ m}^3$$

$$V_B = V_1 + V_2 + V_3$$

$$= \frac{1}{3} \frac{D^2}{4} \frac{D}{2 \tan \alpha} + \frac{D^2 \pi}{4} \left(H - \frac{D}{2} \tan \beta \right) + \frac{1}{3} \frac{\pi D^2}{4} \frac{D}{2} \tan \beta$$

$$V_B = 0,13 D^3 + 1,29 D^3 + 0,09 D^3$$

$$V_B = 1,51 D^3$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{V_B}{1,51}} = \sqrt[3]{\frac{38}{1,51}} = 2,93 \text{ m} \quad \underline{D = 3 \text{ m}}$$

$$H = 2D = 2 \cdot 3 = 6 \text{ m} \quad \underline{H = 6 \text{ m}}$$

Depolama bunkerı boyutları:

kapasite $m_B = 80 \text{ t}$

$$V_B = \frac{80}{0,79} = 102 \text{ m}^3$$

$$D = \frac{102}{1,51} = 3,7 \text{ m} \quad D = 4 \text{ m}$$

$$H = 2 \cdot D = 2 \cdot 4 = 8 \text{ m} \quad H = 8 \text{ m}$$

Siklon boyutlarının tespiti:

a) Giriş çapı hesabı:

$$\text{Havanın hacimsel iletme kapasitesi} = \frac{d_g^2}{4 \pi} \cdot V_L$$

(V 12,5-13 m/s)

$$d_g = \sqrt{\frac{4 \text{ IV}}{\pi V_L}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,153}{\pi \cdot 12,5}} = 0,125 \text{ m} \quad d_g = 125 \text{ mm}$$

siklona giriş kesit alanı A_1 'in çıkış kesit alanının A_2 'ye oranı 0,9 olmalıdır.

$$d_g^2 = \frac{d_g^2}{0,9} = \sqrt{0,0173} = 0,132 \text{ m} \quad d_g = 132 \text{ mm}$$

siklon yarıçapı:

$$C = d_g + \frac{d_g}{2} + 0,05 = 0,125 + 0,066 + 0,05 = 0,25 \text{ m}$$

siklon çapı $D = 2C = 2 \cdot 0,25 = 0,5 \quad D = 500 \text{ mm}$

siklon boyu $E = 4D = 4 \cdot 0,25 = 1 \text{ m} \quad E = 1 \text{ m}$

siklon temiz hava çıkış borusu içkısım boyu:

$$F = \frac{3}{2} d_g = \frac{3}{2} \cdot 0,125 = 0,188 \quad F = 188 \text{ mm}$$

Buğdayın çıkış çapı: $G = (0,25 - 0,35) \cdot D$

$$G = 0,35 \cdot 0,5 = 0,175 \quad G = 175 \text{ mm}$$

Hücre Tekerlekli Mal Verici İçin Hesaplama:

$$Q_m = \frac{V_z d_z}{\varphi_f \rho \cdot 4} L_z \cdot \lambda_z$$

Q_m : Kütle geçişi t/s

φ_f : Dolma derecesi, tahıl için 0,6
Toz PVC için 0,4-0,5

V_z : Tekerlek çevre hızı=0,4-0,8 m/s

d_z : Tekerlek çapı=0,25-0,8 m

L_z : Rotor uzunluğu yaklaşık d_z 'e eşit alınabilir.

λ_z : Yapı tipiyle ilgili katsayı 0,6-0,8

ρ : Dökme yoğunluğu t/m³

$$d_z = \sqrt{\frac{4 Q_m}{\lambda_z \varphi_f \rho V_z}}$$

$$Q_m = 6,9 \cdot 10^{-3}$$

$$\lambda_z = 0,65$$

$$\varphi_f = 0,6$$

$$V_z = 0,5 \text{ m/s}$$

$$\rho = 0,79 \text{ t/m}^3$$

$$d_z = \sqrt{\frac{4 \cdot 6,9 \cdot 10^{-3}}{0,65 \cdot 0,6 \cdot 0,5 \cdot 0,79}}$$

$$d_z = 0,425 \text{ m}$$

$$d_z = 425 \text{ mm}$$

Güç İhtiyacı:

$$N = 10 d_z^2 = 10 \cdot 0,425^2 = 1,8 \text{ KW}$$

N (KW)

d_z (m)

LITERATUR

- Strömungs Fördertechnik
M.Weber
- Fördertechnik, Statik Förderer
Prof.Dr.Ing. F.Kurth
- Fördern und Heben 1983 Nr.10
- Grundlagen Der Fördertechnik
Heinz Pfeifer
- Fördertechnik
Georg Reitor
- Pnömatic Conveying
H.A.Stoess
- Doç.Mustafa Alışverişçi Ders Notları
- Götürücüler
A.Spivakovsky , V.Dyachkov

Konuyla İlgili Türk Standartları

- TS 1374 Sürekli mekanik taşıma ekipmanları emniyet kuralları
- TS 1556 Yığın halindeki taneli maddelerin pnömatik taşıma ekipmanları-Borular-
- TS 1943 Yığın halindeki taneli maddelerin sürekli mekanik taşıma ekipmanları-Pnömatik taşımada kullanılan dirseklerin boyutları
- TS 2270 Yığın halindeki taneli maddelerin sürekli taşıma ekipmanları-Havalı kızak-
- TS 2982 Yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik ekipmanları pnömatik taşıma tesisleriyle ilgili emniyet kuralları
- TS 3006 Yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanları-Pnömatik taşıma sistemi ile beslenen depolama ekipmanlarıyla ilgili emniyet kuralları
- TS 3007 Yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanları hareketli bir koldan sarkıtılan ve pnömatik taşımada kullanılan hareket edebilen emici borularla ilgili emniyet kuralları
- TS 3013 Sürekli mekanik taşıma ekipmanları Yığın halindeki maddeleri sınıflandırma ve simgeleme
- TS 3014 Yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanları pnömatik taşımada kullanılan hortum ve bağlantı parçaları ile ilgili emniyet kuralları
- TS 3015 Yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanları pnömatik taşımada kullanılan döner besleyicilerle ilgili güvenlik kuralları

1 - GENEL

1.1 - KONU VE KAPSAM

Bu standard, sürekli mekanik taşıma ekipmanlarının, en verimli biçimde kullanılmasını güven altına almak ve yanlış kullanımından doğabilecek arıza ya da kazaları, mümkün olduğu kadar önlemek üzere, bu ekipmanların yapımı, tesisi, kullanımı ve bakımı ile ilgili emniyet kurallarını kapsar.

Bu kurallar, belirli ekonomik çalışmalarla saptanmış yasal metin ve istekleri tamamlanan kesin ve gerekli direktifleri sağlar.

1.2 - UYGULAMA ALANI

Bu standardda belirtilen emniyet kuralları, sözü edilen ekipmanların kullanılmasına bakılmaksızın, Madde 1.3.1 de tanımı yapılmış normal çalışma koşullarında uygulanır.

Bu emniyet kuralları, sadece sürekli mekanik taşıma ekipmanların uygun olmasındaki sorumluluğu sınırlar. Ekipmanların bağlı olduğu ya da içersinde bulunduğu yapılar (bina, karkas, tahta döşeme v.b.) bunun dışındadır.

Bu kuralların asıl amacı, Madde 1.3.2 de belirlenen işletme personelinin emniyetini güven altına almaktır.

Bu kurallar aşağıdakilere uygulanmaz:

- Tesis sorumlusunun isteği üzerine, sadece belirli zamanlarda çalıştırılan ajüstörlere, bakım ve onarımcılar gibi usta işçilere özel emniyet kaideleri uygulanır.
- Görevleri bakımından, tesiste ya da adı geçen ekipmanların yakınında bulunmaları gerekli olmayan işçilerin belirli alanlara girmelerini yasaklayan kesin emirler verilmiştir.

1.3 - TARİFLER

1.3.1 - Normal Çalışma Koşulları

Normal çalışma koşulları, sürekli mekanik taşıma ekipmanlarının kullanılması için önceden tesbit edilmiş koşullardır.

1.3.2 Çalıştırıcı Personel

Çalıştırıcı personel, bu makinelerin kullanılmasında gerekli işçilerle diğer makineler için gerekli işçilerin toplamıdır.

1.4 - GENEL PLAN

Emniyet kuralları başlıca üç kısma ayrılır, bunlar :

- Yığın halindeki taneli maddelerle, parça yüklerin mekanik taşıma ekipmanların tümü ile ilgili genel kurallar.
- Yığın halindeki taneli maddelerin sürekli mekanik taşıma ekipmanları ile ilgili özel kurallar. Bu kurallar parça veya grup halindeki uygulamalar için ayrı bir standard konusudur.
- Parça yükler için sürekli mekanik taşıma ekipmanları ile ilgili özel kurallar. Bu kurallar parça ya da grup halindeki uygulamalar için ayrı bir standard konusudur.

Aşağıdaki aşamalara uygulanan emniyet kurallarının her biri üç bölüme ayrılır :

- Yapımda (imalat aşaması)
- Tesiste (montaj ve performans)
- Kullanımda (işletme ve bakım)

2 - GENEL KURALLAR

Yığın halindeki taneli maddeler ile parça yüklerin taşınmasında kullanılan bütün sürekli mekanik taşıma ekipmanlarının yapımı ve işletilmesi aşağıdaki koşullar içinde olmalıdır :

- Genel emniyet kaideleri ile ilgili yöresel ve yasal gerekler.
- Bu standardın birinci bölümünde belirtilen ilkeler.
- Aşağıda belirtilen genel kurallar :

2.1 - YAPIM AŞAMASINDA (İmalat Aşaması)

2.1.1 - Sabit veya gezici ekipmanların çalışacağı iklim koşullarında ve normal çalışma koşullarında sağlam ve güvenilir olması, önceden güven altına alınmalıdır.

2.1.2 - Taşıma düzeni, eğim ve özellikleri normal çalışma koşulları altında taşınan ürün ya da eşyanın, istenmeden geri kaymasını önleyecek şekilde yapılmış olmalıdır.

2.1.3 - Bütün yükleme, boşaltma ve aktarma noktaları, taşınan ürün veya eşyanın bu noktalarda ya da yol boyunca dökülmesini, elden geldiği kadar, önleyecek biçimde yapılmalıdır.

2.1.4 - Enerji kesilmesinde veya enerji arızasında, kinetik ve/veya potansiyel enerjisi bulunan yükün, yatımlı ya da düşey konveyörler üzerinde bulunması nedeni ile, konveyörün, normalin üzerinde hızlanmasını ya da geriye doğru kay-

maya başlamasını önlemek için, bu gibi bütün konveyörde bir emniyet düzeni bulundurulmalıdır.

2.1.5 - El ile veya bir motorla hareket ettirilen ve bir düşey düzlem içinde bulunan mafsallı bir kısmı bulunan bazı sabit veya gezici emniyet düzenleri kullanılabilir. Bu takdirde, enerjinin, istenerek veya istenmiyerek kesilmesi halinde, bu mafsallı kısmın hareketten alıkonulması için, gerekli bir emniyet düzeni bulundurulmalıdır.

2.1.6 - Elle yükleme ve/veya boşaltma hallerinde, cihaz özellikleri (yükseklik, genişlik, hız v.b.) konveyörün her iki başı için, uygun bir şekilde verilmelidir.

2.1.7 - Konveyörün muharrik başı ve dönüş başında (bantlar, zincirler, tamburlar v.b.) ve hareket halindeki kısımlar (zincir dişlisi, transmisyon, kavramalar v.b.) çalıştırıcı işçilerin ve makinelerin yakınında çalışan diğer işçilerin, kolaylıkla dokunabilecekleri durumda iseler, bunlar muhafaza altına alınmalıdır.

2.1.8 - Bütün hareket halindeki kısımlar, mekanik taşıma ekipmanlarına doğru uzanabiliyorsa, bu kısımlar konveyör çalışırken açılmayacak ve bunlar açık iken konveyör çalıştırılmayacak şekilde yapılmalıdır.

2.1.9 - Taşıma cihazının hareket edebilen bir kısmının elle işletilmesi, işletici başına 30 kgf dan büyük bir pazu kuvvetini gerektirmemelidir.

2.1.10 - Sık sık yağlanması gerekli noktalara, korkulukların sökülmesine gerek kalmadan ulaşabilmelidir.

2.1.11 - Ekipmanların temizlenmeleri kolay biçimde öngörülmesi tavsiye edilir.

2.1.12 - Keskin kenar ve köşelerden kaçınılması tavsiye edilir (Madde 2.2.7).

2.2 - TESİS AŞAMASINDA (Montaj ve Performans)

2.2.1 - Mekanik olarak çalışan her cihazın ya da komple tesisatın görünen bir yerine :

- a) İmalatçının adı,
- b) İmalat yılı ve seri numarası, yazılır.

2.2.2 - İşletme personelinin üzerinde durması istenebilecek bütün servis platformu ve kabin döşemeleri yatay olmalı ve böylece tutulmalıdır.

2.2.3 - Bütün geçit ve platformlar, en azından 0,50 m genişlikte bir geçit yolu sağlar durumda olmalıdır. Bu geçitlerin açık tarafı topuk - karakolları veya korkuluklarla donatılmalıdır.

Meyilli geçitlerde, açık tarafın, sürekli dikey levhalarla kapalı olması halinde, bu levhaların üst kenarına bir trabzan konulmalıdır.

Boş alan 0,50 m den az olduğu takdirde, sabit cihazlar veya cihazların taşıdığı yük ve sabit engeller arasına girme, korkuluklarla engellenmelidir.

Serbest aralığı 0,50 m den az olduğu zaman, öngörülmüş güzergah üzerinde hareket eden cihazlarla sabit engeller arasına giriş, korkuluklarla önlenmelidir.

2.2.4 - Konveyörün üstünden geçişlerde, taşınır merdiven kullanılmamalı, öncelikle basamaklı bir rampa veya sabit bir merdiven kullanılması daha uygun olur. Taşınır merdiven kullanılacaksa, basamakların dayandığı kirişler aralığı mesafe 35 cm den çok olmamalıdır. Geçiş tarafında, merdivenle, varsa, sürekli engel arasındaki uzaklık 60 cm den az olmamalıdır. Bu serbest aralık, bir noktadaki genişliği az olan bir engel için 40 cm. ye düşürülebilir. Bunun karşısındaki tarafta, merdiven ile herhangi bir engel arasındaki uzaklık 20 cm den az olmamalıdır. Merdivenin 70° veya 70° den daha büyük bir açıyla konulması halinde ve merdiven yüksekliğinin 5 m veya daha çok olması veya merdivenin dibinden itibaren 2,5 m de başlamak üzere, bir korkuluk (branda bezinden korkuluk ve benzeri düzen) sağlanmalıdır.

2.2.5 - Yerden veya servis döşemesinden 1,5 m den daha yüksekte bulunan komuta ve kontrol merkezleri (gözetme noktaları, dikiz pencereleri, çıkış kapıları v.b.) sabit olmalıdır.

2.2.6 - Geçitlerde platform döşemelerinin yüzeyini oluşturan malzeme, tesisin fonksiyonu ve çalışma koşullarına göre seçilmeli ve öncelikle kaygan olmayan bir yüzey sağlamalıdır.

2.2.7 - Çalışan işçilerin, normal olarak ulaşabilecekleri yerlerde, zemin ile 2 m yükseklik arasındaki kısımlarda, keskin kenar ve köşelerin bulundurulmaması tavsiye edilir. Bu gibi kenar ve köşeler korunmuş ise bu tavsiyeye uyulması zorunlu değildir.

2.2.6 - Tesisin altında bulunan geçitteki açıklık, 2,10 m den az ise, tesisin üzerinden bir köprü - geçit yapılması tavsiye edilir.

2.2.9 - Gereğinde, korunmuş, üzerlerinden geçilmesine müsaade edilen bütün geçitler, açık bir şekilde işaret edilmelidir.

2.2.10 - Tesisler, bir kuyuda veya tabanın altından geçtikleri yerde boşluklar bırakıyorsa, bu boşluklar korkulukla veya topuk korkulukları ile muhafaza altına alınmalıdır.

2.2.11 - Tesisatın, işçilerin çalıştıkları yerler veya geçitler üzerinde bulunması halinde, taşıyıcı veya dönüş bandlarından, tesadüfen düşebilecek

malzemeye karşı uygun korunma tedbirleri alınmalıdır.

2.2.12 - Tam kapasites'ne ulaşmış veya durmuş bir konveyöre başka bir konveyörden herhangi bir maddenin aktarılmasını önlemek için, birbirini izleme kontrolü (sequence control) uygulanır.

2.2.13 - Sürekli olarak veya tesis boyunca seçilmiş noktalarda konulmuş durdurma düzenleri ile ani durdurmalar sağlanmalıdır. Arızası halinde, yetenekli kimselerin bu düzenleri düzeltmesi gereklidir.

2.2.14 - Tesisat, kontrol istasyonunda bulunan operatörün görüş alanından dışarıya uzanıyorsa, tesisatın çalışmaya hemen başlayacağını personele bildirmek için, sesli ve ışıklı uyarı düzeni bulundurulmalıdır.

2.2.15 - Bütün başlama ve durdurma düzenleri, belirli şekilde gösterilmiş olmalı ve kolayca ulaşılabilir. Bunların standard renklerle boyanması tavsiye edilir.

2.2.16 - Bütün yağlama noktalarının standard şekilde boyanmaları tavsiye edilir.

2.2.17 - Tesis çalışmaya başlamadan önce, tesisin bütün geçitleri, trabzanları, merdivenleri, el merdivenleri, korkulukları v.b. tamamlanmış olmalıdır.

2.3 - KULLANMA AŞAMASINDA (İşletme ve Bakım)

2.3.1 - Hiçbir taşıma ekipmanı, yapıldığı amaç dışında kullanılamaz. Taşıma ekipmanı ve bakım tanıtımalarında bulunan ve ayrıca önceden tesbit edilen koşulların dışında kalan alanlarda kullanılamaz.

2.3.2 - Tesis kullanan, düzenli bir besleme sağlamada itina göstermeli ve aşırı yüklemekten kaçınmalıdır.

2.3.3 - İnsanların da taşınmasına müsaadeli mekanik taşıma teçhizatı dışında kalanlarda, insanların taşınması kesinlikle yasaklanmalıdır.

2.3.4 - Mekanik taşıma teçhizatı ve özellikle taşıyıcı kısımları, imalatçının tavsiyelerine uygun olarak iyi çalışır durumda bulundurulmalı ve her zaman bakımı iyi yapılmalıdır. Bütün yükleme ve çalışma yerleri ile geçitler, açık ve temiz tutulmalıdır.

2.3.5 - Hareket halindeki kısımların bakım ve temizlenmelerine özellikle dikkat edilmelidir. Bakım ve temizleme işlemlerinin sıklık derecesi, taşınan malzemenin cinsine göre değişir. Bu işlemlere, tesis durmadan ve yol verici emniyete alınmadan başlanmamalıdır.

2.3.6 - Tesis'in çalıştırılması veya normal koşullarda tesisin çalışmasına müdahale edilmesi hakkı sorumlu kişiler dışında kimseye tanınmamalı ve ancak tesisi harekete geçirme işi, bu işte iyi yetişmiş personelin yetkisine bırakılmalıdır.

2.3.7 - Normal durdurma düzeni ve ani durdurma düzenleri, kolayca ulaşılabilir yerlerde olmalı ve bütün personelce bilinmelidir. Bu durdurma düzenlerinin bulundukları yerlere giden yollar açık tutulmalıdır. Bu düzenlerin tam çalıştıkları, sık sık kontrol edilmelidir.

2.3.8 - Acil olarak veya bir arıza nedeni ile durdurulmuş olan bütün tesislerin, yeniden çalıştırılmasından önce, aşağıdaki hususları konu alan bir araştırmanın yapılması gerekir :

- a) Acil veya arıza dolayısıyla durma nedeninin tayini,
- b) Arızanın giderilmesi.

2.3.9 - Altından veya üstünden geçmek için hazırlanan özel geçit noktaları dışında, tesisin altından veya üstünden geçmek yasaklanmalıdır.

2.3.10 - Mekanik, elektrik ve özellikle emniyet cihazları ile ilgili uyarılar yetkili uzmanlar tarafından yapılmalıdır.

2.3.11 - Korkulukların veya koruyucu panoların onarımı ya da sökülmesi, ancak tesisin durmasından sonra ve yol verme düzeni «çalışmaz» duruma getirildikten sonra, bu işlem için tayin edilmiş uzman kişi tarafından yapılmalıdır.

Tesisin tekrar çalıştırılması, ancak koruyucu düzenlerin tekrar yerine getirilmesi ve sorumlu kimseden alınacak emir üzerine yapılmalıdır.

2.3.12 - Yağlanacak kısımlar, yağlamaya elverişli durumda bulunmaları veya bunların yağlamaya müsaade edecek özel düzenleri mevcut olması dışında hareket halindeki bir tesisin yağlanması yasaklanmalıdır.

Yol verici düzenler, Madde 2.3.11 de belirtildiği gibi «çalışmaz» duruma, emniyetle getirilmelidir.

2.3.13 - Her cihaz veya tesis için bir kontrol kayıtları defteri tutulmalıdır.

2.3.14 - Sürekli mekanik taşıma ekipmanları personeline, uzun süreli olarak, kazaları önlemede en iyi koşul olan, işletme ve bakım hususlarında uygun bir eğitim (işletme ve bakım tanıtımına özel bir referans verme yolu ile) yaptırılmalıdır.

2.3.15 - Ekipmanlarda yapılacak bazı değişiklikler tanıtımalarında öngörülen sınırları aşmamalıdır.



Türk Standardları Enstitüsü

YIĞIN HALİNDEKİ TANELİ MADDELERİN
PNÖMATİK TAŞIMA EKİPMANLARI
BORULAR

TS 1556/Mart 1974

B İ R İ N C İ
B A S K IPNEUMATIC HANDLING APPLIANCES FOR LOOSE
BULK MATERIALS - PIPING

UDK 621.867.85

1 - KONU, KAPSAM VE UYGULAMA
ALANI

Bu standard, yığın halindeki taneli maddelerin pnömatik taşıma ekipmanlarından, hafif, orta ve ağır serilere giren maddeler için kullanılan, boruların ölçülerine dairdir.

2 - BOYUTLAR

D — Boru iç çapı,

D₁ — Boru dış çapı,

e — Boru et kalınlığı.

ÇİZELGE — Boruların Boyutları

Ölçüler mm dir

Hafif Seri			Orta Seri			Sert ve Ağır Seri		
D	D ₁	e	D	D ₁	e	D	D ₁	e
	48,3			48,3			48,3	
	54			54			54	
	57			57			57	
	60,3			60,3			60,3	
66	70	2	64,2	70	2,9	57,4	70	6,3
72,1	76,1	2	70,3	76,1	2,9	63,5	76,1	6,3
84,9	88,9	2	82,5	88,9	3,2	76,3	88,9	6,3
96,4	101,6	2,6	94,4	101,6	3,6	89	101,6	6,3
102,8	108	2,6	100,8	108	3,6	95,4	108	6,3
109,1	114,3	2,6	107,1	114,3	3,6	101,7	114,3	6,3
127,2	133	2,9	125	133	4	120,4	133	6,2
133,9	139,7	2,9	131,7	139,7	4	127,1	139,7	6,3
153,2	159	2,9	150	159	4,5	146,4	159	6,3
162,5	168,3	2,9	159,3	168,3	4,5	155,7	168,3	6,3
187,9	193,7	2,9	182,9	193,7	5,4	177,7	193,7	8
211,9	219,1	3,6	207,3	219,1	5,9	203,1	219,1	8
236,5	244,5	4	231,9	244,5	6,3	228,5	244,5	8
	273			273			273	
	323,9			323,9			323,9	
	355,6			355,6			355,6	
	368			368			368	

NOT — 1) Önerilen ölçüler siyah rakamlarla gösterilmiştir.
(TS 302¹⁾ TS 346 ve TS 416)

¹⁾ Standard metninde yer alan, bu ve öteki Türk Standardlarına ilişkin atıflar hakkında bilgi, arka kapak içinde verilmiştir.



Türk Standardları Enstitüsü

**YIĞIN HALİNDEKİ TANELİ MADDELERİN
SÜREKLİ MEKANİK TAŞIMA
EKİPMANLARI - PNÖMATİK TAŞIMADA
KULLANILAN DİRSEKLERİN BOYUTLARI**

TS 1943/Nisan 1975

**B İ R İ N C İ
B A S K I**

CONTINUOUS MECHANICAL HANDLING EQUIPMENT
FOR LOOSE BULK MATERIALS - DIMENSIONS OF
BENDS FOR USE IN PNEUMATIC HANDLING

UDK 621.867

**1 - KONU, KAPSAM VE UYGULAMA
ALANI**

Bu standard, yığın halindeki taneli maddelerin pnömatik taşınmalarında kullanılan, hafif, orta ve ağır olmak üzere üç grup içinde toplanan dirseklerin boyutlarına dairdir.

2 - SEMBOLLER

D = İç çap R = Ortalama eğrilik yarıçapı
D₁ = Dış çap L = Düz bağlantı bilezik boyu

3 - HAFİF İŞLERLE İLGİLİ HİZMETLERDE KULLANILACAK BOYUTLAR

(Ölçüler mm olarak verilmiştir.)

D	D ₁	Küçük Yarı Çaplı Eğri ¹⁾	Orta Yarı Çaplı Eğri	Büyük Yarı Çaplı Eğri
		R	R	R
66	70	160	500	1500
72,1	76,1	175	500	
84,9	88,9	207,5	500	
96,4	101,6	235	750	2000
102,8	108	252,5	750	
109,1	114,3	270	750	
127,2	133	311,5	750	
133,9	139,7	330	750	
153,2	159	375	1000	2000
162,5	168,3	390	1000	2000
187,9	193,7	455	1000	2000
211,9	219,1	515	1250	2500
236,5	244,5	580	1250	2500

¹⁾ Bu eğriler orta çaplı eğri dizileri içinde kullanılabilir.

NOT — Öncelikli dizileri **SİYAH** yazılmıştır.

4 - ORTA AĞIRLIKTAKİ İŞLERLE İLGİLİ HİZMETLERDE KULLANILACAK BOYUTLAR

(Ölçüler mm olarak verilmiştir.)

D	D ₁	Küçük Yarı Çaplı Eğri	Orta Yarı Çaplı Eğri		Büyük Yarı Çaplı Eğri	
		R	R	L	R	L
43,1	48,3	109,5	500	500	1000	500
48,8	54	122,5	500	500	1000	500
51,2	57	130	500	500	1000	500
54,5	60,3	137,5	500	500	1000	500
64,2	70	160	500	500	1000	500
70,3	76,1	175	500	500	1000	500
82,5	88,9	207,5	500	500	1000	500
94,4	101,6	235	750	500	1500	500
100,8	108	252,5	750	500	1500	500
107,1	114,3	270	750	500	1500	500
125	133	311,5	750	500	1500	500
131,7	139,7	330	750	500	1500	500
150	159	375	1000	500	2000	500
159,3	168,3	390	1000	500	2000	500
182,9	193,7	455	1000	500	2000	500
207,3	219,1	515	1250	500	2500	500
231,9	244,5	580	1250	500	2500	500
260,4	273	650	1250	500	2500	500
315,1	323,9	770	1250	500	2500	500
339,6	355,6	850	1250	500	2500	500
352	368	875	1250	500	2500	500

5 - AĞIR İŞLEMLERLE İLGİLİ HİZMETLERDE KULLANILACAK BOYUTLAR

(Ölçüler mm olarak verilmiştir.)

D	D ₁	Küçük Yarı Çaplı Eğri		Orta Yarı Çaplı Eğri		Büyük Yarı Çaplı Eğri	
		R	L	R	L	R	L
40,2	48,3	120	50	500	500	750	500
44	54	120	50	500	500	750	500
47	57	150	50	500	500	750	500
50,3	60,3	150	50	500	500	750	500
57,4	70	160	50	750	500	1000	500
63,5	76,1	175	50	750	500	1000	500
76,3	88,9	200	50	750	500	1500	500
89	101,6	200	50	750	500	1500	500
95,4	108	200	50	750	500	1500	500
101,7	114,3	215	75	1000	500	1500	500
120,4	133	250	75	1000	500	1500	500
127,1	139,7	265	75	1000	500	1500	500
146,4	159	300	75	1000	500	1500	500
155,7	168,3	320	100	1000	500	1500	500
177,7	193,7	365	100	1000	500	1500	500
203,1	219,1	415	100	1000	500	1500	500
228,5	244,5	465	100	1000	500	1500	500
253	273	550	150	1000	500	1500	500
303,9	323,9	650	150	1500	500	2000	500
335,6	355,6	700	150	1500	500	2000	500

NOT — İlk sırada yer alan dirsekler 15°, 22,5° ve 30°'likdir.
Bunlar genellikle döküm malzemelerinden yapılır.

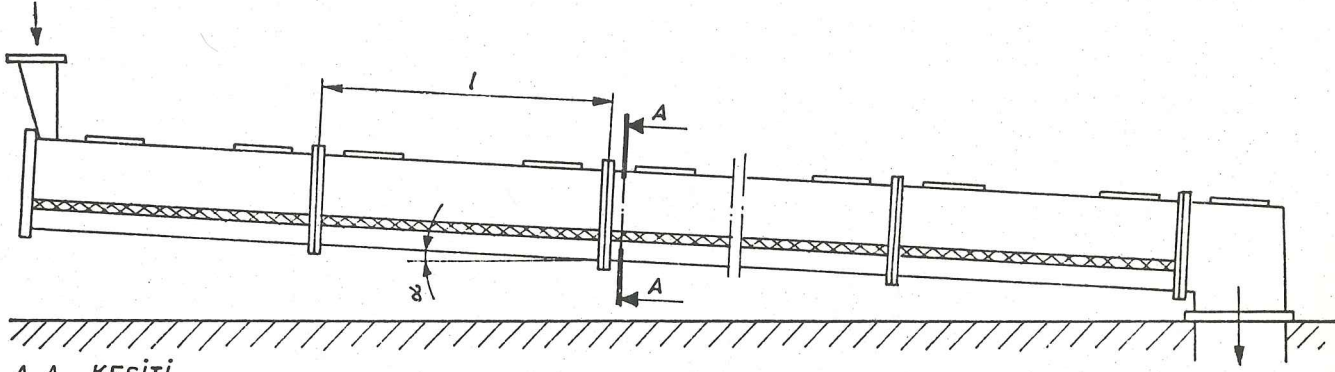
Yığın Halindeki Taneli Maddelerin Sürekli Taşıma Ekipmanları Havalı Kızak

Continuous Mechanical Handling Equipment For Loose Bulk Materials Aeroslides

1- KONU, KAPSAM VE UYGULAMA ALANI

Bu standard, yığın halindeki maddeler için kullanılan, havalı kızakın özelliklerine ve ölçülerine dairdir.

2-ÖZELİKLER VE ÖLÇÜLER



A-A KESİTİ

A = Aşağıdaki malzemelerin birinden yapılmış, gaz geçirici gözenekli ara eleman.

- 1) Dokulu malzeme
- 2) Seramik
- 3) Sinter metal
- 4) Sıkıştırılmış malzeme
- 5) Yapay malzeme

2.1- UZUNLUK, mm

l	1000	1250	1500	2000	2500	3000	4000	5000
-----	------	------	------	------	------	------	------	------

2.2- GENİŞLİK, mm

b	125	160	200	250	315	400	500	630
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2.3- YÜKSEKLİK, mm

h	125	160	200	250	315	400	500	630
-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

2.4- Eğim, °

Eğim, °, taşınan malzemenin yoğunluğu ve tane büyüklüğüne göre tayin edilir.

Yığın Halindeki Taneli Maddeler İçin Sürekli Mekanik Taşıma Ekipmanları Pnömatik Taşıma Tesisleriyle İlgili Emniyet Kuralları

CONTINUOUS MECHANICAL HANDLING EQUIPMENT FOR LOOSE BULK MATERIALS
PNEUMATIC HANDLING INSTALLATIONS - SAFETY CODE

0 — KONU, KAPSAM VE UYGULAMA ALANI

0.1 — KONU

Bu standard, yığın halindeki temeli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından, pnömatik taşıma tesisleriyle ilgili emniyet kurallarına dairdir.

0.2 — KAPSAM

Bu standard, TS 1374/Eylül 1974 de öngörülen genel emniyet kurallarına ek olarak, yığın halindeki taneli maddeler içi sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından pnömatik taşıma tesisleriyle ilgili özel emniyet kurallarını kapsar.

0.3 — UYGULAMA ALANI

Bu standardda belirtilen emniyet kuralları, sözü edilen ekipmanın kullanım amaçlarına bakılmaksızın, uygulanır.

Bu standardda belirtilen emniyet kuralları, yalnız sözü geçen ekipmana ait olup, bu ekipmanın, içerisine yerleştirildiği yapılarla ilgili emniyet kurallarını kapsamaz.

1 — İLGİLİ STANDARDLAR

TS 1374

2 — ÖZEL EMNİYET KURALLARI

Yığın halindeki taneli maddelere ait pnömatik taşıma tesislerinin yapımı ve işletilmesi aşağıdaki koşulları sağlamalıdır :

- Genel emniyetle ilgili yasal ve yöresel gerekler,
- TS 1374 de belirtilen genel ilkeler
- TS 1374 de belirtilen genel kurallar,
- Aşağıda belirtilen özel kurallar.

2.1 — YAPIM AŞAMASINDA

2.1.1 — Tesisin tasarım hesaplarından elde edilen değerlere göre, pnömatik taşıma tesisinin her parçası, en büyük basınç veya vakuma dayanıklı olarak biçimde yapılmalıdır.

2.2 — TESİS AŞAMASINDA

2.2.1 — Tesisin çalıştırılması sırasında meydana gelebilecek olağanüstü büyük basınca veya vakuma karşı, pnömatik taşıma tesisleri yeterli emniyet aygıtları ile donatılmalıdır.

2.2.2 — TS 1374, Madde 2.2.11 de yer alan kurala ek olarak, yalnız yol verme ve durdurma sırasının doğru olmasına olanak verecek biçimde, tesisin değişik parçaları arasında kilitlenmeyi sağlayacak düzenler bulunmalıdır.

2.2.3 — Pnömatik tesisin zararlı bir gazla çalıştırılması veya zararlı bir madde taşınması durumlarında, gaz veya madde çalışanların kolayca ulaşamayacağı bir alana, basınç boşaltma vanaları veya benzer bir düzenle boşaltılmalıdır.

2.3 — KULLANIM AŞAMASINDA

2.3.1 — TS 1374 Madde 2.3.7 ve 2.3.9 da yer alan kurallar kesinlikle uygulanmalıdır.

2.3.2 — Kontrol düzenlerinin düzgün çalışması sağlanmalıdır.

2.3.3 — Taşınan maddenin aşındırma özeliğinin gerektirdiği ölçüde, borulardaki aşınmanın kontrol edilmesi gereklidir.

Özellikle dirsekler, boruların birleştiği yerler veya Y parçaları gibi noktalara özen gösterilmelidir.

2.3.4 — Gaz kaçağı olup olmadığını tesbit için tesis düzenli olarak kontrol edilmelidir. Özellikle eklemeler, dirsekler ve emniyet vanaları, gözetleme kapıları vb. gibi kapatma ekipmanlarının bulunduğu noktalara özen gösterilmelidir.

2.3.5 — Tesisden hava kaçması veya tesise hava girmesi ve herhangi bir toz kaçağı olması halinde aksaklık anında giderilmelidir. Büyük miktarda malzeme kaçağı olduğunda tesis durdurulamıyorsa, çalışanların emniyeti sağlanmalıdır. Bu durumda özellikle insanların ve araçların hareketi yasaklanmalıdır.



Yığın Halindeki Taneli Maddeler İçin Sürekli Mekanik Taşıma Ekipmanları- Pnömatik Taşıma Sistemiyle Beslenen Depolama Ekipmanlarıyla İlgili Emniyet Kuralları

CONTINUOUS MECHANICAL HANDLING EQUIPMENT FOR LOOSE BULK MATERIALS - STORAGE EQUIPMENT FED BY A PNEUMATIC HANDLING SYSTEM - SAFETY CODE

0 - KONU, KAPSAM VE UYGULAMA ALANI

0.1 - KONU

Bu standard, yığın halindeki maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından, pnömatik taşıma sistemi ile beslenen depolama ekipmanları ile ilgili emniyet kurallarına dairdir.

0.2 - KAPSAM

Bu standard, yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından pnömatik taşıma sistemi ile beslenen depolama ekipmanları ile ilgili özel emniyet kurallarını kapsar.

NOT Bu standard TS 1374¹⁾ ile birlikte uygulanır.

0.3 - UYGULAMA ALANI

Bu standardda belirtilen emniyet kuralları, sözü edilen ekipmanın kullanım amaçlarına bakılmaksızın uygulanır.

Bu standardda belirtilen emniyet kuralları, yalnız sözü geçen ekipmana ait olup, bu ekipmanın, içerisine yerleştirildiği yapılarla ilgili güvenlik kurallarını kapsamaz.

1 - İLGİLİ STANDARDLAR

TS 1374

TS 2982

¹⁾ Atıf yapılan Türk Standardlarının numaraları ve yayım tarihleri bu metnin sonunda belirtilmiştir.

2 - ÖZEL EMNİYET KURALLARI

Pnömatik taşıma sistemiyle beslenen, yığın halindeki taneli maddeler için kullanılan depolama ekipmanlarının yapımı ve işletilmesi aşağıdaki koşulları sağlamalıdır:

- Genel emniyetle ilgili yasal ve yöresel gerekler,
- Alev etkisinde olmayan basınç altındaki kapların dizayn kuralları,
- TS 1374 ve TS 2982 de belirtilen genel kurallar,
- TS 1374 ve TS 2982 de belirtilen genel kurallar,
- Aşağıda belirtilen özel kurallar.

2.1 - YAPIM AŞAMASINDA

2.1.1 - Bunker, Depo ve Silo

2.1.1.1 - Depolama ekipmanı yalnız belirlenen yüke (ölü ağırlık, depolanmış malzeme, yardımcı yapılar, geçici fazla yükler vb. ve gerektiğinde hava koşulluna bağlı fazla yüklere dayanacak biçimde değil ancak oluşacak en büyük kabuledilir basınç veya vakuma da dayanacak biçimde dizayn edilmelidir.

2.1.1.2 - Besleme püskürtmeyle yapıldığında, depolama ekipmanın içindeki müsaade edilir basınç püskürtme düzeniyle verilen en büyük basınçtan daha küçük ise, depolama ekipmanı içindeki basınç, müsaade edilir basıncı aşınca depolama ekipmanı taşıma havasının tümünü hemen dışarı atacak uygun düzenlerle donatılmalıdır.

2.1.1.3 - Besleme emme yoluyla yapıldığında, depolama ekipmanının içindeki müsaade edilir vakum, emme düzeninin yarattığı vakumdan daha az olduğundan depolama ekipmanı, depolama ekipmanı içindeki vakumun müsaade edilir vakumu geçmemesini sağlayacak düzenlerle donatılmalıdır.

2.1.1.4 - Tüm yükleme koşullarında dayanıklılık sağlanmalıdır.

2.1.1.5 - Depolanan maddeler taşıtla veya diğer hareketli ekipmanlarla taşındığında taşıyıcı yapı ile taşıt veya hareketli ekipmanlar arasında en az aşağıda belirtilen açıklıklar olmalıdır :

- Hareket yönünde ölçüldüğünde 0,3 m den daha az genişlikte olan birey sabit engellerden (kolon, direk, yapı köşesi vb.) 0,5 m.
- Sabit ve devamlı engellerden (duvar, ambar, yapı vb.) 0,7 m.

2.1.1.6 - Depolama ekipmanları, öncelikle duvarlarının eğimi ve boşaltma açıklığının büyüklüğü ile konumu, depolanan maddenin cinsine göre, yardımcı ekipmanla veya ekipmansız olarak ürünün yerçekimiyle akmasını düzenli olarak sağlayacak biçimde dizayn edilmelidir. Özellikle, kemer teşekkül eden ürünlerin depolanması halinde, bu kemerleri kırarak düzenler sağlanmalıdır.

Dahili merdivenler, kuşaklar ve diğer parçaların yapımından mümkün olduğu kadar kaçınılmalıdır.

2.1.1.7 - Kuru iken kendi kendine yanan maddelerin depolanmasında kullanılacak bunker depo ve silolar ateş geçirmez malzemeden yapılmalıdır.

2.1.1.8 - Bunker depo ve silolar 1,50 m. den daha derin olduğunda, işçilerin ürün altında kalması veya batmaları önlenmelidir. Özellikle gözetleme kapıları ve ayrılabilir parçalar kilit ve anahtarlar donatılmalıdır.

2.1.2 - Silo Kapakları

Silo kapakları depolanacak taneli maddelerin özelliğine göre sızdırmaz biçimde dizayn edilmelidir.

2.2 - TESİS AŞAMASINDA

2.2.1 - Bunker Depo ve Silolar

2.2.1.1 - En büyük kapasiteye erişildiğinde, bunker depo ve siloya yapılan beslemeyi durdurma düzenleri sağlanmalıdır.

2.2.1.2 - Gaz, toz veya tehlikeli karışımlar nedeniyle yangın veya patlama tehlikesi varsa, yardımcı donanımlar (ışıklandırma vb.) bu gibi tehlikelere karşı uygulanan genel kurallara uygun olmalıdır.

2.2.1.3 - Madde 2.1.1.5 de belirtilen kurallara uygunluk amacıyla aşağıdaki önlemler alınmalıdır:

- Ekipman sabit raylar üzerinde hareket ediyorsa bu raylar, en küçük açıklıkları sağlayacak biçimde döşenmelidir.
- Yön kumandalı araçlar kullanıldığında, demir direkler sürekli kaldırım vb. özel düzenler yapılarak gerekli kurallara uyulmalıdır.

2.2.1.4 - Maddelerin ve gazların emniyet düzenlerinden boşaltılması çalışanların kolayca erişebileceği alanlara yapılmalıdır.

2.2.2 - Silo Kapakları

Elle veya mekanik olarak çalıştırılan silo kapak kontrol düzenleri, kolayca erişilebilir maddelerin tehlikesinden ve araç yollarından uzak olmalıdır.

2.3 - KULLANIM AŞAMASINDA

2.3.1 - Bunker depo ve silolar, yapımının onayı alınmadan dizayn edildiği üründen başka özellikte ürünler için kullanılmamalıdır.

2.3.2 - Bunker depo ve siloların içine erişilmesi yasaklanmalı ve bu durum açık olarak tehlikeli yazı ve işaretleriyle belirtilmelidir. Çalışanların, bunker depo ve siloların içine girmeleri gerektiğinde, özel önlemler alınmalı, emniyet ekipmanları kullanılmalı ve içine giren kişi devamlı gözetlenmelidir. Bunları açıklayan ilânlar açık olarak asılmalıdır. Bunker, depo ve silolarda kullanılmak üzere anahtarlar sağlandığında bunlar sorumlu şahıs tarafından saklanmalıdır.

2.3.3 - Basınç ve vakum kontrol eden emniyet düzenleri (emniyet vanası, patlama diskleri vb.) düzenli olarak kontrol edilmelidir.

2.3.4 - Besleme püskürtmeyle yapıldığında ve hava çıkışında filtre bulunduğunda filtrenin tıkanmış olup olmadığı düzenli olarak kontrol edilmeli ve bunun sonucunda oluşan basınç artması kabul edilemez miktarda yüksek basınca yol açmamalıdır.

Bu Standard Metninde Atıf Yapılan Diğer Türk Standardları

Numarası	Tarihi
TS 1354	Eylül 1974
TS 2982	Şubat 1978

Yığın Halindeki Taneli Maddeler İçin Sürekli Mekanik Taşıma Ekipmanları Hareketli Bir Koldan Sarkıtılan ve Pnömatik Taşımada Kullanılan Hareket Edebilen Emici Borularla İlgili Emniyet Kuralları

CONTINUOUS MECHANICAL HANDLING EQUIPMENT FOR LOOSE BULK MATERIALS - MOBILE SUCTION PIPES SUSPENDED FROM DERRICK JIBS USED IN PNEUMATIC HANDLING - SAFETY CODE

0 — KONU, KAPSAM VE UYGULAMA ALANI

0.1 — KONU

Bu standard, yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından, pnömatik taşımada kullanılan, hareketli bir koldan sarkıtılan ve hareket edebilen emici borularla ilgili emniyet kurallarına dairdir.

0.2 — KAPSAM

Bu standard, yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından pnömatik taşımada kullanılan, hareketli bir koldan sarkıtılan ve hareket edebilen emici borularla ilgili özel emniyet kurallarını kapsar.

NOT — Bu Standard TS 1374¹⁾ ile birlikte uygulanır.

0.3 — UYGULAMA ALANI

Bu standardda belirtilen emniyet kuralları, sözü edilen ekipmanın kullanım amaçlarına bakılmaksızın, uygulanır.

1) Bu Standard Atıf yapılan Türk Standardlarının numaraları ve yayım tarihleri bu metnin sonunda belirtilmiştir.

Bu standardda belirtilen emniyet kuralları, yalnız sözü geçen ekipmana ait olup, bu ekipmanın, içine yerleştirildiği yapılarla ilgili emniyet kurallarını kapsamaz.

1 — İLGİLİ STANDARDLAR

TS 1374

TS 2982

2 — ÖZEL EMNİYET KURALLARI

Pnömatik taşımada kullanılan hareketli bir koldan sarkıtılan ve hareket edebilen emici boruların yapımı ve işletilmesi aşağıda belirtilen koşulları sağlamalıdır :

- Genel emniyet kuralları ile ilgili yasal ve yöresel gerekler,
- TS 1374'de belirtilen ilkeler,
- TS 1374, ve TS 2982 de belirtilen genel kurallar,
- Aşağıda belirtilen özel kurallar.

2.1 — YAPIM AŞAMASINDA

2.1.1 — TS 1374, Madde 2.1.1 de yer alan kurala ek olarak, hareketli kolun ve herhangi bir destekleyici



ekipmanın dizayn hesaplarında düşey borunun alt ucunda 100 kgf değerinde bir yük hesaba katılmamalıdır.

2.1.2 — Hareketli kolun en alt ve en üst konumları durdurucu düzenlerle sınırlandırılmalıdır.

2.1.3 — Mil ve makaralardaki yağlama düzenlerine kolayca erişilebilmelidir.

2.2 — TESİS AŞAMASINDA

2.2.1 — Çalışma sırasında olağanüstü yükleri önlemek için borular hareketli kol ve askıya alınan diğer ekipman özenle kurulmalı ve yerleştirilmelidir.

2.2.2 — Hareketli kolderişme düzeni sağlanmalıdır.

2.3 — KULLANIM AŞAMASINDA

2.3.1 — Hareketli eklem noktalarının ve makaraların yağlanması yapımının talimatlarına uygun olarak yapılmalıdır.

2.3.2 — Belirli zaman aralıklarında halatların ve askıya alınmış birimlerin durumları kontrol edilmelidir.

2.3.3 — TS 1374 Madde 2.3.16'da yer alan kurala uygun olarak tesisde yapılacak herhangi bir değişiklik yalnızca yapımının onayı ile yapılabilir.

Bu Standard Metninde Atıf Yapılan Diğer Türk Standardları

Numarası	Tarihi
1374	Eylül 1974
2982	Şubat 1978

Sürekli Mekanik Taşıma Ekipmanları Yığın Halindeki Taneli Maddeleri Sınıflandırma ve Simgeleme

Continuous Mechanical Handling Equipment-Classification and Symbolization Of Bulk Materials

0 - KONU, AMAÇ VE KAPSAM

0.1 - KONU

Bu standard, mekanik taşıma ekipmanları yapımcısı ile kullanıcı arasında anlaşma sağlamak için yığın halindeki taneli maddelerin sınıflandırılma ve simgelemesine dairdir.

0.2 - AMAÇ

Bu standarddaki sınıflandırmanın amacı, mekanik taşıma ekipmanı kullanıcılarından belirli bir projeye göre taşınacak maddelerin doğru tanıtılmasını güvence altına almaktır. Bu amaç için, kullanıcı, tüm yapımcılar için aynı olan ve aşağıda belirtilen özellikleri içeren bir soru formu doldurmalıdır.

NOT - Taşınacak maddelerin numunesini yapımcıya göndermek kolaylık sağlar.

0.3 - KAPSAM

Bu standard, sürekli mekanik taşıma ekipmanlarıyla taşınacak yığın halindeki taneli maddelerin sınıflandırılmasını ve simgeleştirilmesini kapsar.

1 - TANE BÜYÜKLÜĞÜ VE BİÇİMİ

Maddelerin tane büyüklüğü ve biçimi iki özellik ile tanımlanır. Bunlar parça tane büyüklüğü ve parça şeklidir.

1.1 - PARÇA BÜYÜKLÜĞÜ

Yığın halindeki taneli maddelerin çoğu değişik büyüklüklerde parçalar veya taneler içerir. Bu durum

da, tanoların, taşınacak kütleye göre oran ve sınır değerlerinin yeterli yaklaşımla bilinmesi gereklidir. Böylece, kullanılacak taşıma ekipmanının değişik özellikleri güvenle tayin edilebilir. Parçaların tane büyüklüğü, içinde bulunduğu küboid'in en uzun kenarı, d, ile belirlenir.

Maddeler sınıflanmış veya sınıflanmamış olarak tanımlanırlar.

a) Sınıflanmış maddeler:

En büyük parça tane büyüklüğünün, en küçük parça tane büyüklüğüne oranı 2,5'a eşit veya daha küçük olan maddelerdir (tek boyutlu maddeler de dahil).

$$\frac{d_{\max}}{d_{\min}} \leq 2,5$$

b) Sınıflanmamış maddeler:

En büyük parça tane büyüklüğünün en küçük tane büyüklüğüne oranı 2,5 dan daha büyük olan maddelerdir.

$$\frac{d_{\max}}{d_{\min}} > 2,5$$

Sınıflanmış maddeler $d_{\max}$ ve $d_{\min}$ değerleri ile yeterli olarak tanımlanmıştır.

Sınıflanmamış maddeler için, birçok durumlarda parça tane büyüklükleri oranı 2,5'i geçmeyecek biçimde bölümlere ayrılması gereklidir. Bu da elek analiziyle sağlanır. Yapılan elek analizi, en azından 0,8 dmax ve dmax arasında bulunan parçaların ağırlıkça oranını göstermelidir. Burada dmax maddeler içindeki en büyük parçanın büyüklüğüdür.

Önemli Not : Maddelerin elek analizinin sonucu veya tanımlanması ne olursa olsun, sonuçların genel ortalama olarak alınıp alınmayacağı gösterilmelidir.

Elek analizleri, belirli bir süre boyunca farklılık gösterirse tahmini nitelik değişimlerinin sınırları ve süresi tanımlanmalıdır. Özellikle tekrarlanan periyodlarla iri parça birikimleri tahmin edildiğinde yukarıdaki tanımlama yapılmalıdır.

Özellikle, tüm durumlarda, iri parça büyüklükleriyle ilgili en büyük parçaların en uzun boyutları belirtilmelidir.

Bir parçanın büyüklüğü, parçanın, içine yerleştirildiği en küçük boyutlu dikdörtgenle belirlenir :

- Uzunluk d en büyük boyut
- Kalınlık en küçük boyut
- Genişlik ara boyut

Bundan başka, eleme, titreşimli veya pnömatik taşıma gibi özel durumlar için duyarlı elek analiz değerleri gerektiğinden, kullanıcı maddelerin tüm tane büyüklük analiz değerlerini vermelidir.

1.2 — PARÇA ŞEKLİ

Romen rakkamlarıyla simgelenen altı ayrı parça şekli belirtilmektedir :

I — Üç boyutu aynı ve keskin kenarlı (örneğin küp)

II — Üç boyutundan biri belirli olarak diğer ikisinden daha büyük ve keskin kenarlı (örneğin prizma, vb.)

III — Üç boyutundan biri belirli olarak diğer ikisinden daha küçük ve keskin kenarlı (örneğin plaka, kabuk vb.)

IV — Üç boyutu aynı ve yuvarlak kenarlı (örneğin küre)

V — Üç boyutundan biri belirli olarak diğer ikisinden daha büyük ve yuvarlak kenarlı (örneğin silindir)

VI — Lifli - kılçıklı - kıvrımlı - halkalı

2 - YAPIŞKANLIK

Yapışkanlık 1 den 6 ya kadar numaralarla simgelenmiştir :

- 1 — Hava içinde asılı ve sıvı kadar serbest akabilen ürün
- 2 — Serbest akabilen ürün, durma açısı, $0^\circ < \alpha \leq 30^\circ$ olan
- 3 — Normal akabilen ürün, durma açısı, $30^\circ < \alpha \leq 45^\circ$ olan
- 4 — Yavaş akabilen ürün, durma açısı, $45^\circ < \alpha \leq 60^\circ$ olan
- 5 — Sıkı ürün, durma açısı, $\alpha > 60^\circ$ den olan
- 6 — Katılaşmaz ürün, dolaşık, komer yapmaya meyilli, ayırmaya direnci olan Durma açısı α , ürün alçak yükseklikten serbest düşmeye bırakıldığında oluşan küçük koninin yan yüzeyiyle yatayın yaptığı açıdır.

3 - MADDELERİN ÖZELLİKLERİ

Maddelerin her özelliği «n» den «x» e kadar küçük harflerle simgelenir ve taşıma kolaylığını etkileyen onbir özelliği gösterir (Çizelge - 1).

ÇİZELGE — 1 Maddelerin Özelliklerinin Simgelenmesi

Simge	Özellik	Örnekler
n	Rutubet vb. nedenlerle doğal olarak ve basınçla sıkılan	Toz şeker, hazırlanmış döküm kumu, sönmüş kireç
o	Aşındırıcı	Kok kömürü, kuvars, yüksek fırın curufu
p	Paslandırıcı	Tuzlar
q	Kolaylıkla hasara uğrayan	Sabun yongası
r	Patlayıcı	Kömür tozu veya şeker tozu
s	Yanıcı	Odun talaşı
t	Tozlu	Çimento
u	Yaş (Parantez içerisinde rutubet miktarı verilmelidir)	Şlam veya çamur
v	Yapışkan	Islak kil
w	Su emici	Alçı, tuz, amonyum nitrat
x	Zararlı	Ev artıkları

Yukarıda belirtilen özelliklere sahip olmayan maddelerin simgeleri yoktur. Ürün, ilgili özelliklerden birkaçını içeriyorsa, birkaç harfle belirlenebilir.

NOT - Yukarıda belirtilmeyen özellikler tam olarak tanımlanmalıdır.

4 — HACIM AĞIRLIĞI

Hacim ağırlığı, mekanik taşıma ekipmanına hacim olarak beslenen maddelerin ton olarak ağırlığının metre küp olarak hacmine oranıdır.

Hacim ağırlığı, bu oranı veren değerle simgelenir. Örneğin, kömür için ton/m³ dür.

5 - SICAKLIK

Maddelerin sıcaklığı öncelikle derece selsius olarak belirtilmelidir. Sıcaklık değişken olduğundan, en küçük ve en büyük olmak üzere iki sıcaklık derecesi verilmelidir. Çevre sıcaklığında olan maddeler için sıcaklık derecesi belirtilmemelidir.

Yığın Halindeki Taneli Maddeler İçin Sürekli Mekanik Taşıma Ekipmanları Pnömatik Taşımada Kullanılan Hortum ve Bağlantı Parçaları İle İlgili Güvenlik Kuralları

Continuous Mechanical Handling Equipment For Loose Bulk Materials - Couplings And Hose Components Used In Pneumatic Handling-Safety Code

0 - KONU, KAPSAM VE UYGULAMA ALANI

0.1 - KONU

Bu standard, yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından, pnömatik taşımada kullanılan hortum ve bağlantı parçaları ile ilgili güvenlik kurallarına dairdir.

0.2 - KAPSAM

Bu standard, yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından pnömatik taşımada kullanılan hortum ve bağlantı parçaları ile ilgili özel güvenlik kurallarını kapsar.

Bu standardda belirtilen güvenlik kuralları, yalnız sözü geçen ekipmana ait olup, bu ekipmanın, içerisinde yerleştirildiği yapılarla ilgili güvenlik kurallarını kapsamaz.

NOT- Bu standard TS 1374¹⁾ ile birlikte uygulanır.

0.3 - UYGULAMA ALANI

Bu standardda belirtilen güvenlik kuralları, sözü edilen ekipmanın kullanım amaçlarına bakılmaksızın, uygulanır.

1 - İLGİLİ STANDARDLAR

TS 1374

TS 2982

2- ÖZEL GÜVENLİK KURALLARI

Pnömatik taşımada kullanılan hortum ve bağlantı

parçalarının yapımı ve işletilmesi aşağıda belirtilen koşulları sağlamalıdır:

- Genel güvenlik kuralları ile ilgili yasal ve yöresel gerekler,
- TS 1374 de belirtilen genel ilkeler
- TS 1374 de ve TS 2982 de belirtilen genel kurallar,
- Aşağıda belirtilen özel kurallar.

2.1 - YAPIM AŞAMASINDA

2.1.1 - Basınç altında çalışan tesislerde, bağlantılarla donatılmış hortum parçaları sıkı olmalı ve pnömatik taşıma sistemindeki en büyük işletme basıncının en az 1,5 katına dayanabilmelidir.

2.1.2 - Basınç altında çalışan tesislerde, esnek olmayan parçalara birleştirilmiş hortumların bağlantıları, gevşeme olduğunda, hortumun ani olarak ayrılmasına izin vermemelidir.

2.1.3 - Taşınan madde ve kullanılan hortumun özelliği, hortum içinde statik elektrik meydana getiriyorsa, bu elektriğin daha öncaki ve daha sonraki elemanlara boşaltılması için uygun bir iletici bulunmalıdır. Çok kısa hortumlarda, istisna olarak bir şönt kullanılabilir.

2.2 - TESIS AŞAMASINDA

2.2.1 - Hortumun, pnömatik taşıma sistemindeki sabit borulara bağlantısı, kolayca erişilebilir bir konumda yapılmalı ve bir merdiven veya herhangi bir gezici veya geçici iskelenin kullanılmasına gerek duyulmamalıdır. Bağlama işleri, ilke olarak 1,50 m yi geçmeyen uygun bir yükseklikte yapılmalıdır.

1) Atıf yapılan Türk Standardlarının numaraları ve yayım tarihleri bu metnin sonunda belirtilmiştir.

2.2.2 - Değişik özellikte maddeleri taşımak üzere, aynı yerde, karışması yasaklanan veya tehlikeli olan birçok hortum bağlantı boruları bulunduğu, bağlantı parçaları değişik çaplarda olmalı veya herhangi bir bağlantı hatasını önlemek üzere değişik tiplerde olmalıdır.

2.2.3 - Hortumun yapımında kullanılan malzeme, taşınan maddenin özeliğiyle birlikte, statik elektrik biriminin meydana gelmesine neden oluyorsa, hortum topraklanmalıdır.

2.3 - KULLANIM AŞAMASINDA

2.3.1 - Aşağıda belirtilen durumlar düzenli olarak kontrol edilmelidir.

- Hortumun aşınma ve yırtılma durumu
- Sabit boru bağlantısındaki hortumun sızdırmazlık durumu
- Hortuma yapılan bağlantı parçasının sıkılık durumu

2.3.2 - TS 1374, de yer alan kurallara ek olarak, hortumları bağlama işlemi yalnızca pnömatik taşıma sistemini çalıştıranlar tarafından yapılmalıdır.

2.3.3 - Hortum bağlantısının çözülmesi, tesis çalışma halindeyken, yapılmamalıdır.

2.3.4 - Kullanılmayan hortumlar, depolarda, özel olarak ayrılmış kısımlarda saklanmalı ve malzemenin bozulması önlenmelidir.

Bu Standard Metninde Atıf Yapılan Diğer Türk Standardları

Numarası	Tarihi
TS 1374	Nisan 1973
TS 2932	Şubat 1978

Yığın Halindeki Taneli Maddeler İçin Sürekli Mekanik Taşıma Ekipmanları-Pnömatik Taşımada Kullanılan Döner Besleyicilerle İlgili Güvenlik Kuralları

CONTINUOUS MECHANICAL HANDLING EQUIPMENT FOR LOOSE
BULK MATERIALS - ROTARY
FREDERS USED IN PNEUMATIC HANDLING SAFETY CODE

0 - KONU, KAPSAM VE UYGULAMA ALANI

0.1 - KONU

Bu standard, yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından pnömatik taşımada kullanılan döner besleyicilerle ilgili güvenlik kurallarına dairdir.

0.2 - KAPSAM

Bu standard, yığın halindeki taneli maddeler için sürekli mekanik taşıma ekipmanlarından pnömatik taşımada kullanılan döner besleyicilerle ilgili özel güvenlik kurallarını kapsar.

Bu standardda belirtilen güvenlik kuralları, yalnız sözü geçen ekipmana ait olup, bu ekipmanın, içine yerleştirildiği yapılarla ilgili güvenlik kurallarını kapsamaz.

NOT — Bu standard TS 1374¹⁾ ile birlikte uygulanır.

0.3 - UYGULAMA ALANI

Bu standardda belirtilen güvenlik kuralları, sözü edilen ekipmanın kullanım amaçlarına bakılmaksızın uygulanır.

¹⁾ Atıf yapılan Türk Standardlarının numaraları ve yayım tarihleri bu metnin sonunda belirtilmiştir.

1 - İLGİLİ STANDARDLAR

TS 1374

TS 2088

TS 2982

2 - ÖZEL GÜVENLİK KURALLARI

Pnömatik taşımada kullanılan döner besleyicilerin yapımı ve işletilmesi aşağıda belirtilen koşulları sağlamalıdır :

- Genel güvenlik kuralları ile ilgili yasal ve yöresel gerekler,
- TS 1374 de belirtilen genel ilkeler
- TS 1374 ve TS 2982 de belirtilen genel kurallar.
- Aşağıda belirtilen özel kurallar.

2.1 - YAPIM AŞAMASINDA

2.1.1 - Gözetleme kapakları ve açıklıkları, besleyicinin içine, ve özellikle kanadın kesici noktalarına doğru-
dan doğruya erişilemeyecek biçimde yerleştirilmiş olmalıdır.

2.1.2 - Döner besleyicinin giriş veya çıkışı dışarıya açık olduğunda, döner parçaya erişmeyi önlemek için, bu açıklıklar yeterince uzun bir boru ile donatılmalıdır. Bu mümkün olmadığında, uygun bir ızgara yerleştirilmelidir.

2.2 - TESİS AŞAMASINDA

2.2.1 - Besleyicinin üzerinde veya malzeme giriş veya çıkış yerlerinde gözetleme kapakları bulunuyorsa, gözetleme kapakları açık iken besleyicinin çalışmasını önleyecek bir içten kilitleme düzeni kullanılmalıdır.

2.3 - KULLANIM AŞAMASINDA

2.3.1 - TS 1374, deki kurallara ek olarak, döner besleyici, besleyiciden bir maddenin çıkarılması veya

besleyicinin temizlenmesi sırasında durdurulmalıdır. Ayrıca, ekipmanın kazaen çalıştırılmasını önleyecek uygun düzenler sağlanmalıdır.

2.3.2 - Herhangi bir işe başlamadan önce döner parçanın yerini değiştirmek gerekiyorsa bu işlem mekanik olarak, bir alet kullanılarak yapılmalıdır.

**Bu Standard Metninde Atıf Yapılan Diğer
Türk Standardları**

Numarası	Tarihi
TS 1374	Eylül 1974
TS 2088	Ekim 1975
TS 2982	Şubat 1978

ÖZGEÇMİŞİM,

1962 İstanbul doğumluyum, ilköğrenimimi İstanbul, Altınbakkal İlkokulu'nda tamamladım. Daha sonra 1975 yılında Çapa Ortaokulunu, 1978 yılında Şişli Lise'sini bitirerek orta öğrenimimi tamamladım. 1978-79 öğretim yılında Yıldız Üniversitesi Kocaeli Mühendislik Fakültesi'nde yüksek öğretimime başladım ve 1982-83 öğretim yılında bitirdim. 1983-84 öğretim yılında ise Yıldız Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Makina bölümü, konstrüksiyon dalında yüksek lisans öğretimine başladım. Halen yüksek lisans öğretimim 4. yarıyılına devam etmekteyim.

İstanbul, Mayıs 1985

Soner Biçer