



TÜRKÇİMENTO

**ÇİMENTO ÜRETİM PROSESİNDE
DİK DEĞİRMENLERDE
ENERJİ VERİMLİLİĞİ VE ETÜDLER
İÇİN PRATİK BİLGİLER**

**TÇMB
2019**

İÇİNDEKİLER

1- DİK DEĞİRMEN TANITIMI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ	1
1.1. Tanımlar	1
1.2. Dik Değirmenlerde Öğütme Prensibi	3
1.3. Dik Değirmen Tipleri	3
1.3.1. Düz Tablalı- Valsli Dik Değirmenler	3
1.3.2. Oluk Hazneli- Valsli Dik Değirmenler	4
1.3.3. Oluk Hazneli –Toplu Değirmenler	5
1.4. Dik Değirmenlerin Genel Avantaj ve Dezavantajları	5
1.5. Çimento Sektöründe Yaygın Olarak Kullanılmakta Olan Dik Değirmenlerin Üreticileri, Değirmen Tipleri ve Özellikleri	6
1.5.1. Pfeiffer	6
1.5.2. Loesche	7
1.5.3. Polysius	8
2- DİK FARİN DEĞİRMENLERİNDE PROSES ETÜDÜ ÖNCESİ HAZIRLIKLAR	10
2.1. Dik Değirmen Etüdlerinin İçerikleri ve Aşamaları	10
2.2. Etüd Öncesi Genel Bilgilerin Elde Edilmesi	11
2.3. Etüd Sürecinde Saha Ölçüm Noktaları	13
2.4. Girdi- Çıktıların Ölçüm ve Analizleri	14
2.5. Ani Duruş Yapılması Durumunda Numune Alma Noktaları ve Dikkat Edilmesi Gerekenler	15
3- SAHA ÖLÇÜMLERİNİN YAPILMASI ve VERİLERİN TOPLANMASI	19
3.1. Basınç Ölçümleri	19
3.1.1. Basınç Ölçüm Cihazları	19
3.1.2. Basınç Ölçümü Sırasında Dikkat Edilmesi Gerekenler	19
3.1.3. Basınç Ölçümlerinin Yapılması:	22
3.1.4. Hesaplama Adımları:	23
3.1.5. Fanın Toplam Basıncının Ölçülmesi:	23
3.2. Sıcaklık Ölçme	25
3.2.1. Malzeme Sıcaklıklarının Ölçülmesi	25
3.2.2. Gaz Sıcaklıklarının Ölçülmesi	25
3.2.2.1. Sürekli Ölçümler	25
3.2.2.2. Manuel Ölçümler	25
3.3. Cp Hesaplamaları	26
3.4. Dik Değirmenler Teorik Güç Tüketimi Hesabı (Q5)	26
3.5. Oksijen Ölçme	27
4- KAÇAK HAVA TAYİNİ ve KÜTLE- ENERJİ DENKLİKLERİ	29
4.1. Kaçak Hava Tayini	29
4.2. Dik Değirmen Proseslerinde Isı Denkliği için Temel Hesaplamalar	30
4.2.1. Kullanılan Hammadde-Yarı Mamül Miktarının Belirlenmesi	30
4.2.2. Üretilen Ürün Miktarının Belirlenmesi (g1/ç1)	31
4.2.3. Fırın Sıcak Gazı ile Gelen Toz Miktarının Belirlenmesi	31
4.2.4. Dik Değirmenlerde Kütle- Enerji Balans Hesabı	31
4.2.5. Yakıtın Yanması ile Elde Edilen Isı (Q6)	32
4.2.6. Hissedilir Isı (Q1, Q2, Q3, Q4, Q7, Q9, Q10, Q11)	33
4.2.7. Yüzeysel Isı Kayıpları (Radyasyon + Konveksiyon) (Q8)	33
4.3. Dik Değirmenlerde Kütle-Enerji Denkliği Hesabı Örnek Çalışma	33
5- MEKANİK VE GÖRSEL ETÜTLER	37
5.1. Değirmene Giriş Talimatı	37
5.2. Hidrolik Ünite Kontrolü	38
5.3. Tane Boyut Dağılımı Kontrolü	38

5.4. Vibrasyon Kontrolü	39
5.5. Gaz Giriş- Çıkış Kanalları ve Genleşme Bağlantılarının Kontrolü	39
5.5.1. Değirmen Sıcak Gaz Giriş Kanalı	39
5.5.2. Değirmen Gaz Çıkış Kanalı	40
5.6. Vals, Öğütme Tablası, Kavrama Kolu Muhafazası (Armour Protection Ring) Yüzey Kontrolleri	40
5.7. Vals ile Dam Ring-Support Ring Arası Mesafe Kontrolü	42
5.8. Dam Ring- Support Ring Kontrolü.....	43
5.9. Vals Pozisyon Sensör Kontrolü	45
5.10. Iskarta Küreklerin (Sıyırıcı) Kontrolü.....	45
5.11. Separatör Geri Dönüş Konisi ve Taze Besleme Şutu Kontrolü.....	46
5.12. Çalışma Basıncı- Karşılama Basıncı	46
5.13. Louvre (Nozzle) Ring ve Armour Ring	47
5.14. Değirmen Gövde Vals Sızdırmazlıkları (Lever Sealing).....	50
5.15. Separatör Kanat ve Rötör Kontrolü	50
5.16. Değirmen Su Püskürtme Sisteminin Kontrolü	52
6- DİK DEĞİRMEN MAJÖR OPERASYON PARAMETRELERİ ve TİPİK REFERANS DEĞERLERİ.....	53
6.1. Dik Değirmen Majör Operasyon Parametreleri.....	53
6.2. Dik Değirmen Majör Parametreler ve Tipik Referans Değerleri.....	54
7- KÖMÜR DEĞİRMENLERİ İÇİN İLAVE NOTLAR	56
8- ÇİMENTO DİK DEĞİRMENLERİ İÇİN İLAVE NOTLAR	57
KAYNAKLAR.....	58

ÖNSÖZ

Ülkemiz enerji tüketiminde demir çelik sektöründen sonra ikinci en büyük tüketici konumunda olan ve enerji yoğun olarak nitelendirilen çimento sektöründe enerji maliyetleri toplam maliyetlerin yaklaşık % 65'ini oluşturmaktadır. Bu sebeple, enerji verimliliği sektörel sürdürülebilirlik politikalarının en başında gelmektedir.

Sektör bu kapsamda kısa, orta ve uzun dönem aksiyonlar belirlemekte çeşitli verimlilik uygulamalarını hayata geçirmektedir. Aksiyonların belirlenmesinde enerji etüdü kapsamında yapılan çalışmalar büyük önem arz etmektedir. Zira bu çalışmaların ölçüm ve hesaplama yönünden doğru yapılması ve elde edilen verilerin referans değerler ile kıyaslanarak doğru yorumlanması doğru zamanda, doğru strateji ve maliyetler ile aksiyonların planlanmasını mümkün hale getirmektedir.

Bu amaçla, TÇMB Prosesler Alt Komitesi özellikle proses ölçümlerinde yapılan hataları minimuma indirmek, kıyaslamaların doğru yapılabilmesini sağlamak ve sektöre giriş yapan tüm mühendislere de kaynak sunmak için proses etüd kılavuzları hazırlanmasını çalışmaları kapsamına almıştır.

Hazırlanan “Çimento Fabrikalarında Kullanılan Proses Ölçüm Metodları”, “Çimento Fabrikalarında Kullanılan Taşınabilir Proses Ölçüm Ekipmanları”, “Çimento Fabrikaları için Tipik Proses Referans Değerleri”, “Çimento Döner Fırın Sistemlerinde Enerji Etüdü” ve “Çimento Üretim Prosesinde Bilyalı Değirmen, Separatör ve Roller Pres Etüdları İçin Pratik Bilgiler” kılavuzlarına ek olarak, elektrik enerjisi tüketiminde en büyük paya sahip öğütme prosesinin enerji etüdünün de yapılabilmesi amacıyla “Çimento Üretim Prosesinde Dik Değirmenlerde Enerji Verimliliği ve Etüdları İçin Pratik Bilgiler” kılavuzu da kaleme alınmıştır. Kılavuz hazırlanırken literatürde yer alan teknik bilgilerin yanı sıra yapılması muhtemel yanlışları ve kritik hususları içeren saha deneyimleri de ön planda tutulmuştur.

Kılavuz, TÇMB Prosesler Alt Komitesinin değerli üyeleri Batisöke Söke Çimento Sanayii T.A.Ş. Klinker Üretim Şefi Saniye Yırtıcı ve Nuh Çimento Sanayi A.Ş. Proses ve Geliştirme Müdürü Seyda Arıkan tarafından hazırlanmıştır. Alt Komite Başkanı Votorantim Çimento San. ve Tic. A.Ş. Hasanoğlu Fabrikası Genel Müdürü Özgür Şahan, TÇMB Enerji Müdürlüğü Birim Sorumlusu Didem Benzer ve diğer değerli üyeler de sundukları görüş, öneri ve değerlendirmeler ile kılavuzun basıma hazır hale getirilmesinde büyük katkı sağlamışlardır. Kılavuzun grafik tasarımları TÇMB Grafikeri Gizem Buzacı tarafından yapılmıştır. Emeklerinden dolayı başta yazarlar olmak üzere kılavuza destek veren tüm Alt Komite üyelerine ve TÇMB çalışanlarına teşekkür ederiz.

Kılavuzun çimento sektöründeki tüm teknik personele ve genç mühendislere faydalı bir kaynak olması dileklerimizle.

TÜRKİYE ÇİMENTO MÜSTAHSİLLERİ BİRLİĞİ

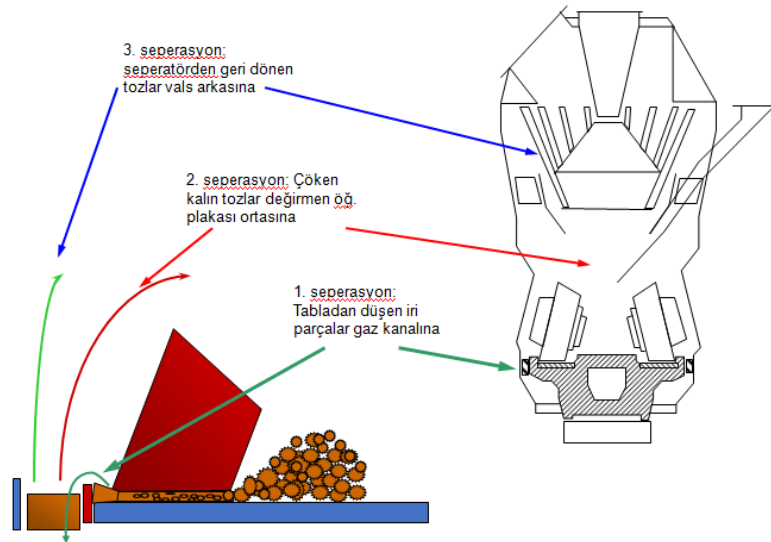
1- DİK DEĞİRMEN TANITIMI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Dik değirmenler, rutubetli kaba malzemeyi öğütmek ve kurutmak için kullanılan en verimli makinalardır. Dik değirmenlerde hammadde, kömür, tras, cüruf ve klinker öğütülebilmektedir.

Şekil 1 ile Şekil 3 arasında içi resmedilen dik değirmenlerin dört temel görevi aşağıda sıralanmaktadır:

1- Öğütme: Öğütme tablası ve vals arasında ezilmekte olan malzeme merkezkaç kuvveti etkisi ile merkezden nozzle ringlere doğru ilerlemekte ve kaba malzeme aşağıda ıskartaya giderken ince malzeme aşağıdan gelen sıcak gaz vasıtasıyla yukarıya doğru taşınmaktadır.

2- Ayırma (Separasyon): Merkezkaç etkisi ile öğünme tablasından uzaklaşan malzeme nozzle ringden gelen sıcak gaz sayesinde separatöre taşınmaktadır. Kaba malzeme separatör kanatlarına çarparak öğünme tablasına geri dönerken, ince malzeme sıcak gaz vasıtasıyla değirmeni terk ederek toz toplama sistemlerine taşınmaktadır. Dik değirmenlerde ayırma işlemi separatörden geri dönen tozlar, çöken kalın tozlar ve tabladan düşen iri parçalar olmak üzere 3 kademe olmaktadır.



Şekil 1- Separasyon çeşitleri

3- Kurutma: Klinker prosesinde, fırın grubundan veya soğutmadan çıkan atık sıcak gaz ve/veya kullanılan sıcak hava ocağından sağlanan sıcak gaz, dik değirmen sıcak gaz fanı ile çekilerek değirmende ince malın taşınması esnasında kurutma işlemini gerçekleştirmiş olmaktadır.

4- Taşıma: Sıcak gaz, malzeme taşıma işlevini de görmek üzere değerlendirilmektedir. İlk taşıma aşaması değirmen iç sirkülasyonda ve ikincisi separatördedir. Daha sonrasında sıcak gaz ile taşınan istenen incelikteki malzeme toz tutucu sistemlere (siklonlar veya filtreler) aktarılmaktadır. Tutulan toz silolara giderken temiz gaz bacadan dışarıya atılmaktadır.

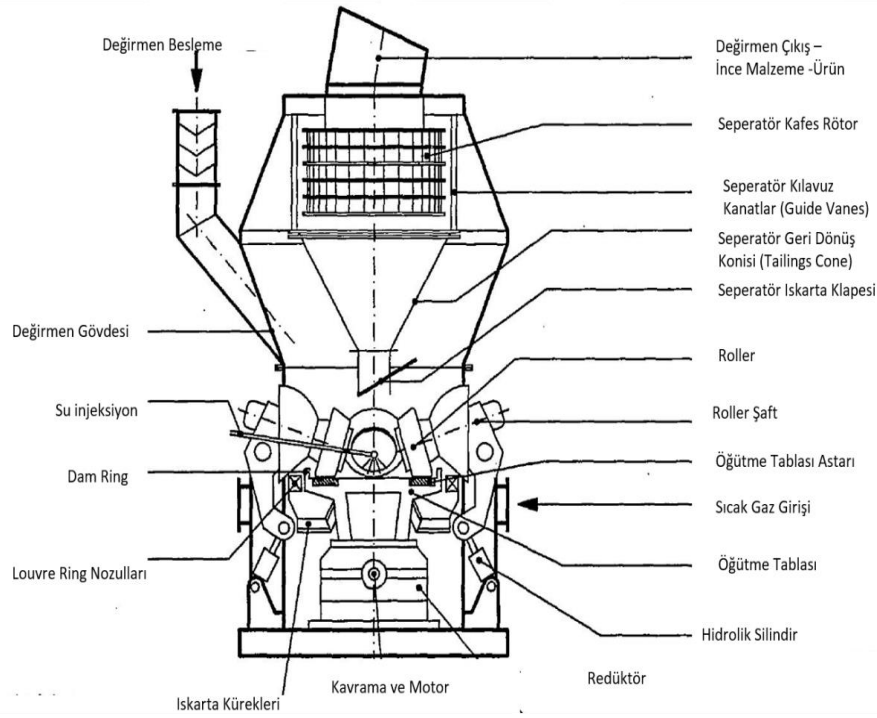
1.1. Tanımlar

Dam Ring: Dam ring, öğütme verimliliği ve vibrasyon etkisi nedeniyle öğütme yatak derinliğini kontrol etmede kullanılmaktadır. Malzemenin öğütme tablası üzerinde kalma zamanını arttırmaktadır. Böylece aşınma etkisi telafi edilebilmektedir.

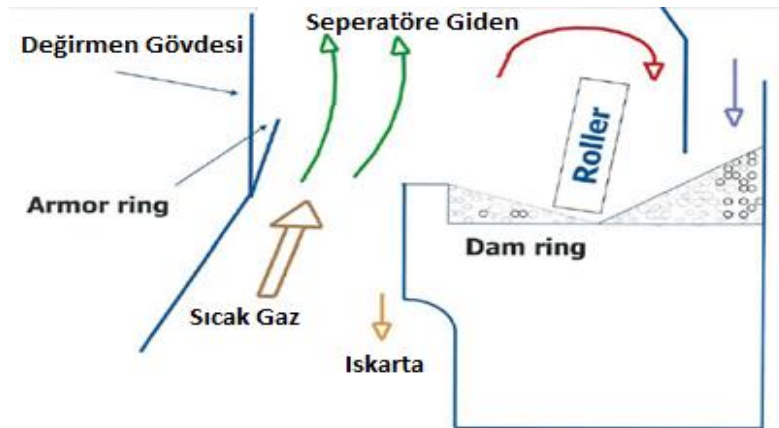
Louvre (Nozzle) Ring: Nozzle ring, öğütme tablası çevresinde yüksek hızlı bir gaz akışı oluşturmakta ve malzemenin tablanın kenarına düştüğü zaman ön sınıflandırmasını gerçekleştirmektedir. Büyük boyutlu malzemenin yeniden dolaşım sistemine girmesine izin vermekte, daha kalın malzemeyi tablaya geri döndürmekte ve daha ince parçacıkları ayırıcıya kaldırmaktadır.

Armour Ring: Merkezkaç etkisi ile öğütme tablasından uzaklaşan malzeme nozzle ringten gelen sıcak gaz sayesinde separatöre taşınmaktadır. Nozzle ringlerden gelen sıcak gaz ve ince malzeme karışımı armour ringlere çarparak valsere doğru yönlendirilerek separatöre doğru çıkmaktadır. Armour ringlerin görevi gövde aşınmalarını azaltmaktır/ havayı yönlendirmektir.

Separatör: Değirmen içerisinde öğütme işleminden geçen malzemenin değirmeni terk etmeden önce hedeflenen incelikte ürün elde etmek amacıyla son kaba – ince ayırımını sağlayan ekipmandır. Ana hatlarıyla inceleyecek olursak sabit ve hareketli kanatlardan oluşmaktadır. Hareketli kanatların devir ayarı ile incelik ayarı yapılması mümkündür. Separatörün dönüş yönü ile tablanın dönüş yönü aynı olmalıdır.



Şekil 2- Dik değirmen ve değirmen ekipmanları



Şekil 3- Dik değirmen ekipmanları

1.2. Dik Değirmenlerde Öğütme Prensipleri

Öğütme tablası dişli bir sistemle düşey eksen etrafında döndürülmektedir. Sabit pozisyonlarda yerleştirilmiş öğütme valsleri tabla üzerine elastik bir şekilde bastırılmaktadır. Öğütülecek malzeme, dönen öğütme tablası üzerine merkezi olarak ya değirmenin üst kısmına yerleştirilmiş separatörün ortasından ya da değirmen yan duvarından içeri giren bir besleyiciden beslenmektedir. Tabla üzerine düşen malzeme merkezkaç kuvveti etkisiyle tabla kenarına doğru hareket etmektedir ve tabla ile valsler arasından geçerken valslerin uyguladığı ezme kuvvetleri sayesinde öğütülmektedir. Öğütülen malzeme tablayı çevreleyen hava enjeksiyon halkası bölgesine ulaştığında, hava kaynağından gelen yukarı yönlü sıcak gaz akımına kapılarak separatöre taşınmaktadır. Sıcak gaz ile temas eden malzemenin nemi buharlaşmakta, böylece malzeme kurutulmaktadır. Gazın sıcaklığı malzemenin nemine bağlı olarak 70 ile 150°C arasında değişmektedir. Bu değirmenlerde, nemliliği % 22'ye varan malzemelerin öğütülebildiği bilinmektedir. Separatörden ayrılan iri taneler tekrar öğütülmek üzere değirmen merkezine geri dönerken, yeterli inceliğe ulaşmış malzeme son ürün olarak değirmeni terk etmektedir.

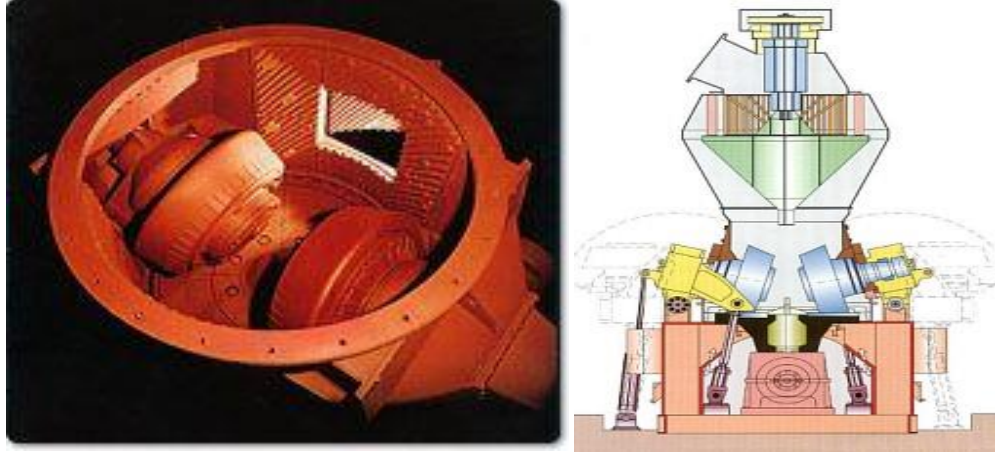
1.3. Dik Değirmen Tipleri

Günümüzde kullanılan dik değirmenler, esas olarak, öğütme bölgesi özellikleri ve öğütme elemanlarının konfigürasyonu açılarından farklılıklar göstermektedirler. Öğütme tablasının ve valslerin geometrik şekilleri, valslerin sayıları, birbirlerine göre yerleşimleri ve valslerin öğütme tablasına bastırılma şekilleri farklıdır. Bu noktadan hareketle dik değirmenleri dört ana gruba ayırmak mümkündür:

1. Düz Tablalı- Valsli Dik Değirmenler
2. Oluk Hazneli- Valsli Dik Değirmenler
3. Oluk Hazneli- Toplu Değirmenler
4. Sarkaç Değirmenler

1.3.1. Düz Tablalı- Valsli Dik Değirmenler

Birbirinden bağımsız olarak hidropnömatik kol sistemleri ile düz öğütme tablası üzerine bastırılan kesik koni şekilli 2, 3 veya 4 vals ile teçhiz edilmişleridir. Öğütme valslerinin baskı kolları, valsler ve tabla arasında sıfır açıklık olacak şekilde ayar imkanı sağlamaktadır. Bu, bağımsız öğütme valslerinin öğütme yatağı içinde oluşacak ani değişikliklere adaptasyonunu mümkün kılmaktadır. Öğütme tablası bir redüktör vasıtasıyla döndürülmektedir. Tahriksiz valsler, tabla ile arasındaki malzemenin oluşturacağı sürtünme nedeniyle dönmektedir. Malzeme, tabla ile vals arasında ezilerek öğütülmektedir. Öğütülen malzeme tablayı çevreleyen enjeksiyon halkasından gelen hava akımıyla separatöre taşınmaktadır. Separatörde ince ve iri malzeme birbirinden ayrılmaktadır. İnce malzeme değirmeni terk ederken iri malzeme tekrar öğütülmek üzere değirmende kalmaktadır. Loesche, Fuller ve Ube firmaları bu değirmenlerin ana üreticileridir. Şekil 4'te Loesche firmasının düz tablalı – valsli dik değirmen görseli verilmiştir.

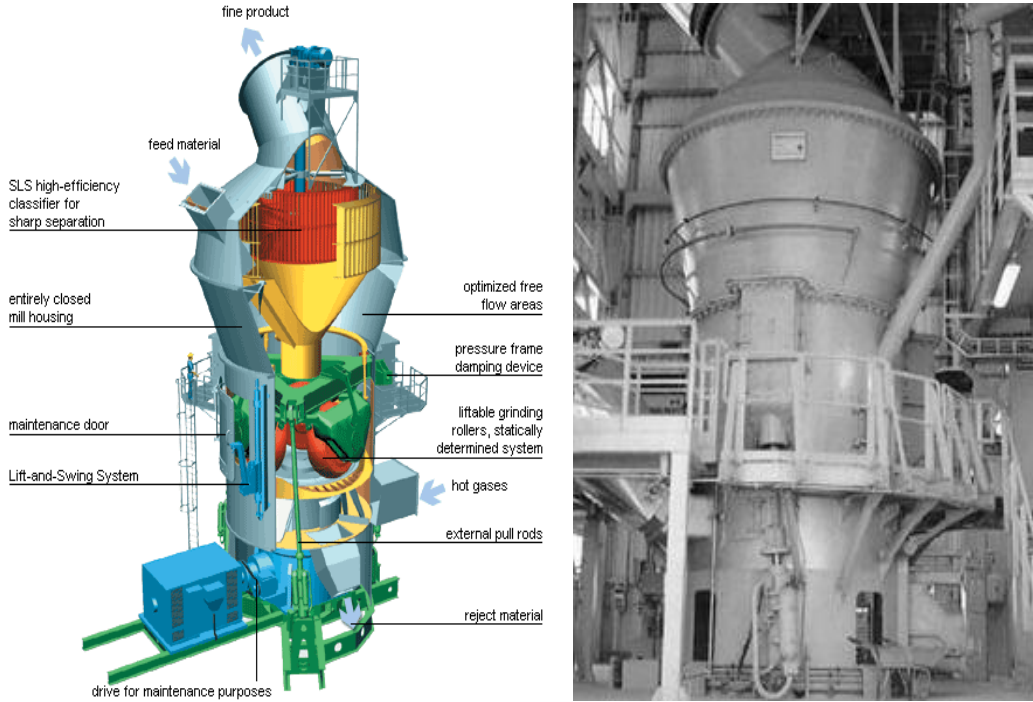


Şekil 4- Loesche düz tablalı –Valsli Değirmen

1.3.2. Oluk Hazneli- Valsli Dik Değirmenler

Bu değirmenler düz tablalı valsli değirmenlere benzerler. Ana fark valslerin kesik konik değil, tekerlek şekilli olmasıdır. Ayrıca öğütme tablası düz olmayıp tek ya da çift, içbükey öğütme parkuruna sahiptir. Pfeiffer –MPS ve Polysius değirmenleri bu değirmenlere örnek olarak verilebilir.

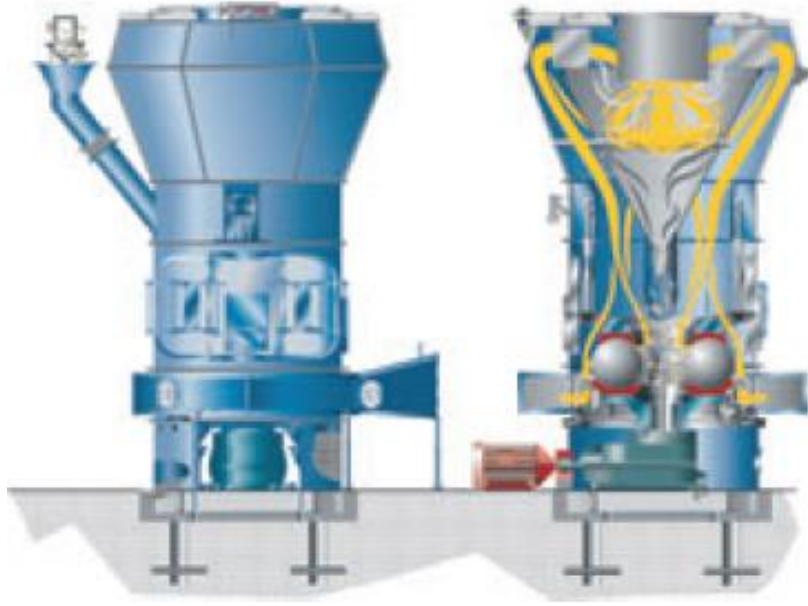
Pfeiffer –MPS değirmenleri (Şekil 5), modelleri ne olursa olsun 3 vals ile teçhiz edilmektedirler. Her 3 valse de bağlı bir baskı çerçevesi vasıtası ile bastırılan valsler oluk hazneli tabla tarafından yönlendirilmektedir. İçbükey öğütme oluğu içindeki hareketleri sırasında valsler düşey ve yanal kayma hareketi yapabilirler. Bir diğer deyişle bu değirmenlerde sıfır aralık ayarı imkanı yoktur.



Şekil 5- Pfeiffer –MP değirmen

1.3.3. Oluk Hazneli –Toplu Değirmenler

Bu değirmenler içbükey, halka şekilli iki adet öğütme çemberi arasına sıkıştırılmış 250-1000 mm çaplı, içi boş öğütme toplarından oluşmaktadır. Alt öğütme çemberi bir redüktör vasıtasıyla düşük sabit bir hızla dönmektedir. Üst çember dönmemekle birlikte, mekanik veya hidrolik olarak aşağı yukarı hareket edebilmektedir. Bu yolla toplamakta ve öğütme parkuru üzerinde basınç uygulamaktadır. Öğütme sınıflandırma işlemleri diğer değirmenlerdeki gibidir. Bu değirmenlerin tipik örnekleri arasında Claudius Peters değirmeni ve Babcock-E değirmenleri gösterilebilir (Şekil 6).



Şekil 6- Oluk hazneli – toplu değirmen

1.4. Dik Değirmenlerin Genel Avantaj ve Dezavantajları

Dik değirmenlerin diğer değirmen türlerine (bilyalı değirmen, horomill vb.) göre avantajları ve dezavantajları aşağıdaki gibidir:

Avantajları

- ❖ Dik yapıları nedeniyle daha az yer kaplamaktadırlar.
- ❖ Kompakt yapıları nedeniyle daha az hacim kaplamaktadırlar.
- ❖ Gürültüsüz çalışmaktadırlar.
- ❖ Besleme malzemesi daha iridir. Vals çapının % 5-8'i büyüklüğündeki taneler değirmene beslenebildiğinden, çoğunlukla ikinci kırma gerektirmez ve enerji tasarrufu sağlarlar.
- ❖ Spesifik aşınma, bilyalı değirmenlere göre yaklaşık % 25 daha azdır. Ayrıca aşınma elemanlarının çok kısa sürede değiştirilebilmesi işletme masraflarını azaltmaktadır.
- ❖ Öğütülen malzemenin özelliklerine bağlı olarak öğütme kuvvetleri hidrolik veya hidropnömatik yay sistemiyle kolayca değiştirilebilmektedir.
- ❖ Öğütme, homojenizasyon, kurutma, sınıflandırma ve taşıma işlemleri aynı makinede yapılmaktadır.

- ❖ Malzemenin değirmen içinde kalma zamanı çok kısa olduğundan, ürün kontrolü süratle ve iyi bir şekilde yapılmaktadır. Bu nedenle tam otomatik işletmeye uygundur.
- ❖ Yüksek kullanılabilirlik nedeniyle 1 fırın, 1 değirmen kombinasyonu mümkündür.
- ❖ Spesifik enerji gereksinimi düşüktür. Bilyalı değirmenlere göre % 30'a varan enerji tasarrufu söz konusudur.
- ❖ Tek bir makinede yüksek kapasitelere erişilebilir. Farin öğütmede günümüzde ulaşılan kapasite 750 ton/saat civarındadır ve bu kapasitelerin daha da artması mümkündür.

Dezavantajları

- Yalnızca kuru öğütmede kullanılabilirler. Yaş öğütme denemeleri olmuşsa da benimsenmemiştir.
- Bakım gereksinimleri daha fazladır.
- Döküntü malzemelere (sisteme beslenen metal, ağaç... vb) karşı daha duyarlıdır.
- İlk yatırım maliyetleri yüksektir.
- Ürünün tane boyu dağılımı dar sınırlar içindedir. Bu durum çimento öğütülmesinde olumsuz etkiler yaratabilir.

1.5. Çimento Sektöründe Yaygın Olarak Kullanılmakta Olan Dik Değirmenlerin Üreticileri, Değirmen Tipleri ve Özellikleri

Dik değirmenlerde hammadde, kömür, tras, cüruf ve klinker öğütülebildiğinden bahsedilmiştir. Çimento sektöründe kullanılmakta olan değirmenlerin üretici firmaları ve bu firmaların değirmenlerine ait teknik özellikleri bu başlık altında incelenmiştir.

1.5.1. Pfeiffer

Tablo 1- Pfeiffer kod

KODLAMA	MPS	3750	A
	Dik Değirmen	Çap (mm)	Seri

❖ **Serileri:**

- A: eski tip – çap = Dm öğütme tablası
- B: yeni tip – çap = Db öğütme tablasının dışıyla beraber.
- C: çimento öğütmek için
- K: kömür öğütmek için

❖ **Kullanım Yerleri**

- Farin
- Kömür
- Puzolan/ Tras
- Çimento

❖ **Büyükölçü**

- MPS 5300 B'ye kadar. Tip MVR 6700 C-6'ya kadar.

❖ Boyutları

Tablo 2- Pfeiffer değirmen boyutları

Sabit hız	$C = 44.5 \dots 47.5$ (-)
Öğütme yerinin çapı	$D_m = 0.8 \times D_b$ (m)
Roller basınçları	$k \leq 450$ (kN/m ²)
	$m \gg 0,1$ (-) hammadde

❖ Dizayn Özellikleri

- Roller ve tabla arasında 15 derecelik bir açı vardır. Konkav öğütme yatağı yaratmaktadır.
- Bütün kapasiteler için 3 roller bulunmaktadır.
- Rollerlar askı pozisyonu ve çalışma pozisyonunu basınçla şekillendirmektedir.
- Pull rod değirmendeki torku ve değirmenin yatay kuvvetlerden etkilenmesini azaltmaktadır.
- Yüksek verimli SLS tipi separatör bulunmaktadır.

❖ Operasyon

- Yardımcı tahrikle çalışmaya başlamakta ve rollerlar tablaya inmektedirler.
- Geniş değirmen kafası sayesinde gaz basıncındaki düşme az olmaktadır.
- B tipi değirmenler A tipine göre yüksek gaz debisi ve yüksek roller basıncıyla çalışmaktadır.

❖ Bakım

- Swing- lift makinesiyle rollerlar geri çekilmekte ve servis yapılmaktadır.

❖ Özellikleri

- Değirmenin alt kısmı klinker öğütme için bilyalı değirmenle birlikte ön öğütme gibi kullanılabilir.

1.5.2. Loesche

Tablo 3- Loesche Kod

KODLAMA	LM	38	4	50
	Loesche Değirmen	Tabla Çapı (dm)	Roller Sayısı	Modül

❖ Kullanım Yerleri

- Farin değirmeni
- Kömür değirmeni
- Puzolan

❖ Büyüklük

- LM 75.6'ya kadar.

❖ Boyutları

Loesche değirmenlerde değirmen büyüklüğüne göre çeşitli geometrik oranlar belirlenmiştir.

Tablo 4- Loesche Değirmen Boyutları

Lever rocker arm	$F_2 = 0,8 \dots 0,85 \times F_1$ (kN)
Sabit hız	$c = 50,5 \dots 53,5$ (-)
Öğütme yerinin çapı	$D_m = 0,81 \dots 0,83 \times D_n$ (m)
Roller basınçları	$k \leq 880$ (kN/m ²) çalışırken
Sürtünme faktörü	$\mu = 0,1$ (-)

❖ Dizayn Özellikleri

- 2 tane müdahale kapağı bulunmaktadır.
- Yüksek verimli jalousie tip (LJKS) separatör mevcuttur.
- Rollerlar koniktir.
- Rocker armıla hidrolik silindir roller basınçlarını ayarlamaktadır.
- Hidrolik silindirler azot tüpleriyle birlikte çalışmaktadır.
- Değirmen dizaynları, değirmen büyüklüğüne göre çeşitli hidrolik ünitelerle birleştirilebilir.

❖ Operasyon

- Değirmen alışmaya başladığında rollerlar yukarıda olmalıdır.
- Değirmende 2 veya 4 rollerla birlikte çalışılabilir.
- Değirmen içi basınç kayıpları fazladır.
- Değirmen etrafında valsler ve rocker arm etrafında hava emişi fazladır.

❖ Bakım

- Swing- lift makinasıyla rollerlar geri çekilir ve servis yapılır.
- Rocker arm ve roller etrafındaki emişleri kontrol etmek önemlidir.

1.5.3. Polysius

Tablo 5- Polysius Kod

KODLAMA	RM	46	26	370
	Değirmen Tipi	Öğütme Tabla Çapı (dm)	Roller Çapı (dm)	Seperatör Rotor Çapı (cm)

❖ Kullanım Yerleri

- Farin değirmeni
- Kömür değirmeni

❖ Büyüklük

- RM 66/29'a kadar

❖ Boyutları

Tablo 6- Polysius Değirmen Boyutları

Sabit hız	$c= 38...42$ (-)
Öğütme yerinin çapı	$Dm1= 0,75 \times Dn$ (m) $Dm2= 0,35 \times Dt$ (m) $Dm= 0,81...0,83 \times Dn$ (m)
Roller basınçları	$k \leq 1100$ (kN/m ²) çalışırken
Sürtünme faktörü	$\mu= 0,1$ (-)

❖ Dizayn Özellikleri

- Değirmen sızdırmazlığı dönen hava kilidi ile sağlanmaktadır.
- İkiz rollerlar bütün tipler için çift oluklu tablayla birlikte.
- Her roller çifti mafsallı tutulmaktadır.
- Hidrolik silindirler çekme koluna çengelle sabitlenmektedir.
- Çekme kolları öğütme alanının dışına dizilmektedir.
- Bir çekme kolu sabit diğeri çalışma sırasında roller basıncına göre ayarlanmaktadır.
- SEPOL adı verilen yüksek verimli seperator mevcuttur.

❖ Operasyon

- Değirmen yardımcı tahrikte devreye girerken rollerlar kalkmaz.
- Nozzle ring açıklığı gaz hızına ve çalışma şartlarına göre ayarlanmaktadır (Normal değeri=20-50 m/s).
- Dış sirkülasyon tercih edilmektedir.

❖ Bakım

- Rollerlar (çift roller mafsalla birlikte) dönmektedir.
- Roller geri çekilmesi geniş değirmen kapakları ve büyük vinçle yapılmaktadır.
- Louvre ring nozzelları dışarıdan ayarlanabilmektedir.
- Mafsaldaki çekme kancaları 2 roller için değirmen öğütme gücüne göre ayarlanmaktadır.

2- DİK FARİN DEĞİRMENLERİNDE PROSES ETÜDÜ ÖNCESİ HAZIRLIKLAR

2.1. Dik Değirmen Etüdlerinin İçerikleri ve Aşamaları

Dik değirmen etüdlerinin kapsamı ve detay içeriklerine ilişkin bilgiler Tablo 7’de özetlenmiştir.

Tablo 7- Dik değirmen etüdlerinin kapsamı ve detay içerikleri

Etüd Kapsamı	İçerik
Gözden Geçirme	- Mevcut operasyonun irdelenmesi - İşletme parametreleri - Operasyonel/ kalite hedefleri - Mevcut kısıtlayıcı faktörleri - Uygulanan PID kontrol döngülerinin durumu
Ekipman ve Sistem Performansının Sağlanması	- Üretim - Enerji tüketimi (Isıl tüketim ve elektrik tüketimi) - Verimlilik
Kıyaslama Yapılması	- Geçmiş performanslar ile karşılaştırma - Üretici garanti değerleri ile karşılaştırma - Ekipman/ sistem türünün diğerleri ile karşılaştırılması - Kabul edilebilir performans verileri ile karşılaştırma
Performansın İyileştirilmesi için Önerilerin Sunulması	- Operasyon felsefesinin değiştirilmesi; yani kalite ve operasyon parametreleri ve hedeflerinin değiştirilmesi - Ekipman/ sistem değişikliklerinin önerilmesi

Dik değirmen etüdü süreçleri aşağıdaki gibi özetlenebilir:

1- Etüd öncesi genel bilgilerin elde edilmesi için gerekli kontrol listelerinin yapılması

- Fabrika bazlı genel bilgiler (Fabrika yerleşkesi, akım şemaları, ekipman detayları vb.)
- Geçmiş ve mevcut performans verileri (Üretim/çalışma verimi ve değerleri, enerji tüketimi vb.)
- Üretilen ürün kalite hedefleri
- Mevcut kısıtlayıcı faktörler ve üretimde yaşanan sıkıntılar

2- Ölçümler için gerekli ekipmanların tedarigi¹

- Gaz analizörü, gaz kompozisyonu analizi (Cp değeri için yüzde CO, O₂, NO, SO₂ ... ölçümü)
- Debi ölçümü için pitot tüp
- Sıcaklık ölçer
- Basınçölçer

3- Ölçüm alınacak noktaların ve ölçüm sıklıklarının belirlenmesi

4- Ön toplantılar, birimlerin görevlendirilmesi ve yapılacak işlerin açıklanması

- Üretim- elektronik bakım birimleri kantar kalibrasyonlarını kontrol etmelidir. Varsa sapmalar düzeltilmelidir. Etüd öncesi ve sonrası kantarlar kontrol edilmelidir.
- Elektronik bakım mevcut analizör, basınç ve sıcaklık cihazlarının kalibrasyonları yapmalıdır. Varsa çalışmayan cihazlar değiştirilmelidir.

¹ Detaylı bilgi için “TÇMB Çimento Fabrikalarında Kullanılan Proses Ölçüm Metodları” kılavuzuna başvurulabilir.

- Proses birimleri taşınabilir ölçüm cihazlarının çalışır, eksiksiz ve kalibrasyonlarının yapılmış olduğundan emin olmalıdır.
- Kalite birimleri numune alınacak bölgelerin yerlerini önceden belirlemeli ve iş güvenliği kurallarına uygun bir şekilde numuneleri almak üzere hazır olmalıdırlar.
- Olası sistem dalgalanmalarında proses biriminin ölçümlerini durdurabilmeleri için üretim birimleri ile sürekli iletişim halinde olabilecek durumda olmalıdırlar.
- Proses birimleri ölçüm yapılacak noktalarda olası tepmelere karşı iş güvenliği kurallarına dikkat etmeli ve bilinçli olmalıdırlar.
- Proses birimleri ölçüm için gerekli noktaların tespitini yapmalı ve etüt öncesi mekanik bakım birimlerince ilgili yerlerin açılması sağlanmalıdır.
- Çalışan sistemde ölçüm için açılacak kapaklar proses ve üretim birimlerince olası tepmelere karşı tedbirli, iş güvenliği kurallarına uygun bir şekilde açılmalıdır.

5- Hesaplamaların yapılması

- Debilerin hesaplanması
- Kütle dengliği oluşturulması
- Isı dengliği hesaplamaları

6- Sonuçların özetlenmesi, raporlamanın tamamlanması ve performans iyileştirici önerilerin sunulması

2.2. Etüd Öncesi Genel Bilgilerin Elde Edilmesi

Etüde başlamadan önce fabrikaya ve teknik altyapısına ilişkin gerekli bilgiler, Tablo 8’de örnek olarak gösterilen kontrol listesine benzer bir forma işlenmelidir.

Tablo 8- Fabrikaya ve teknik altyapısına ilişkin gerekli bilgilerin işlendiği kontrol listesi örneği

Fabrika Bilgileri	Fabrika Adı	
	Yerleşke Bilgileri	Şehir
		Rakım
		Atmosferik Veriler *Basınç *Sıcaklık *Bağıl Nem
	Kuruluş Tarihi	
Dik Değirmen Sistemi Bilgileri	Dik Değirmen Sayısı	
	Dik Değirmen Bilgileri	Dik Değirmen Numarası/Tanımlaması
		Kurulma Tarihi/ Devreye Alma Tarihi
		Tedarikçi Adı
		Tedarikçi Garanti Değerleri
		Üretim Kapasitesi
	Ekipman Bilgileri	*Kalite Değerleri
		*Isıl/Elektrik Tüketimi
		Sistem Fanı Bilgileri
		*Hız
		*Debi
		*Sıcaklık
		*Basınç
		*Verim
		*Motor Gücü Dizayn Verileri

			Ham madde Besleme Düzenegi Bilgileri (Elevatör veya air lift)
			Değirmen Özellikleri
			*Çap
			*Yükseklik
			*Vals Çapı/sayısı
			Dik Değirmen Ana Tahrik Bilgileri
			*Tahrik Türü
			*Tahrik Motoru Kurulu Gücü
			ID Fan Bilgileri”
			*Direkt Kaplin Tahrikli
			*Lastik Bantlı Tahrikli
			*Frekans Konvertörlü
			*Damper Kontrollü
			*Fan Kapasitesi
			*Fan Verimi
			Fırın Egsoz Gazı Filtreleme Bilgileri
			*Filtre Tipi (Elektrofiltre, Torbalı Filtre)
			*Soğutma Türü (Hava ile, su ile)
			*Fan Bilgileri
			Karışım Oranları
			Fırından Alınan Sıcak Gaz Bilgileri
			Yakıt Hazırlama Üniteleri Bilgileri
			Üretim
			Isıl Tüketim
			Yakıt Bilgileri
			Kullanılan Yakıt /Sıcak Hava Ocağı Bilgileri ya da alınana sıcak gaz bilgileri
			Gaz ve Malzeme Akışını Gösteren Akış Diyagramları
			Mevcut Performans Verileri
Diğer Önemli Bilgiler			Mevcut Kısıtlayıcı Faktörler veya Problemler
			Gerçekleşmiş Modifikasyonlar Var mı?

2.3. Etüd Sürecinde Saha Ölçüm Noktaları

Etüd sürecinde proseste yapılacak ölçümlere ilişkin detaylar ile ölçüm sıklıkları Tablo 9’da verilmiştir.

Tablo 9- Etüd sürecinde proseste yapılacak ölçümler ile ölçüm sıklıkları

Prosesteki Ölçüm Noktaları	Ölçülecek Parametreler	Ölçüm Sıklıkları
Önısıtıcı Bacagazı Borusu	Sıcaklık Statik Basınç Debi Gaz analizi (O ₂ , CO, CO ₂ , NO _x , SO ₂ , H ₂ O) Toz yükü	Eşit aralıklarla en az iki kez
Dik Değirmen Giriş ve Çıkışı	Sıcaklık Statik basınç Gaz analizi (O ₂ , CO, CO ₂ , NO _x , SO ₂ , H ₂ O)	Eşit aralıklarla en az iki kez
Değirmen Sistem Fanından Dönen Gaz Hattının Başlangıç Noktası Değirmen Sistem Fanından Dönen Gaz Hattının Bitiş Noktası	Sıcaklık Statik basınç Gaz analizi (O ₂ , CO, CO ₂ , NO _x , SO ₂ , H ₂ O)	Eşit aralıklarla en az iki kez
Değirmen Su Enjeksiyon Sistemi	Debi Sıcaklık Su miktarı	Eşit aralıklarla en az iki kez
SHO	Debi Sıcaklık Yakıt miktarı	Saatlik veya iki saatte bir
Değirmen Mantosu, Gaz boruları	Yüzey kayıpları (Sıcaklık ölçümü)	Eşit aralıklarla en az iki kez
Değirmen Ana Tahrik, Bacagazı Fanı, ID Fan, Sistemdeki Filtre ve Filtre Fanları, Değirmen Besleme Nakil Ekipmanları, Ürün Sevk Ekipmanları, Sızdırmazlık Fanları, Yağlama /Hidrolik Ekipman vb.	Elektrik güç tüketimleri	MCC panolarından veya ekipman üzerinden, saatlik veya eşitlik aralıklarla alınan anlık değerler
Dik Değirmen Beslemesi, SHO Yakıtı	Tartım	Etüd öncesi kalibrasyon ve doğrulama en az bir defa sayaçların saatlik takibi
CCR- Kontrol Merkezi	Operasyonel parametrelerin kaydı	Saatlik veya iki saatte bir
Ön Isıtıcı Kule ID Fan Giriş- Çıkışı Dik Değirmeni Giriş Dik Değirmeni Çıkış Filtre Giriş- Çıkışı	Kaçak hava ölçümü-O ₂ Debi ölçümü	Eşit aralıklarla en az iki kez

Tablo 9’da verilen noktalardan yapılacak ölçümlere ilişkin dikkat edilmesi gereken hususlar²;

-

² Saha ölçümlerinin nasıl yapılması gerektiğine dair detaylı bilgi için “TÇMB Çimento Fabrikalarında Kullanılan Proses Ölçüm Metodları” kılavuzuna başvurulabilir.

- Ölçüm noktası belirlenirken, ölçüm yapılacak boru çapının minimum 3 katı öncesinde ve 2 katı sonrasında dirsek, klape, yönlendirme sacı gibi laminar akışı bozacak herhangi bir unsur olmamalıdır.
- Ölçüm alınacak yerdeki ölçüm noktası sayısı belirlenmelidir. Ölçüm noktalarının aynı ekseninde olması gerekmektedir. Kaç adet nokta açılacağı geometrik şekil ve boru çapına bağlı olarak değişmektedir. Ölçüm noktası sayısı arttıkça ölçüm hassasiyeti de artmaktadır.
- Ölçüm süresince probun dönmediğinden ve akışa paralel olduğundan emin olunmalıdır.
- Gaz kanalı üzerinde açılan delikten ölçüm yaparken prob ile delik (manşon) arasında sızdırmazlık yapılmalıdır. Böylece içeriye veya dışarıya oluşacak kaçaklar engellenmiş olup ölçüm değerinde yaşanabilecek sapmalar minimuma inmiş olacaktır.
- Ölçüm noktasında dinamik basınç dalgalanması % 20'yi geçiyorsa veya kesit boyunca negatif değer okunuyor ise ölçüm noktası değiştirilmelidir.

2.4. Girdi- Çıktıların Ölçüm ve Analizleri

Etüd sürecinde yapılması gereken malzeme bazlı ölçüm ve analizlere ilişkin detaylar Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10- Etüd sürecinde yapılması gereken malzeme bazlı ölçüm ve analizlere ilişkin detaylar

Malzeme	Ölçüm ve Analizler	Ölçüm ve Analiz Sıklıkları
Ürün	- İncelik (90 µ veya 200 µ elek üstü bakiyesi) - Sıcaklık - Nem - Homojenlik (CaO, CaCO₃ standard sapmaları) - İri kuvars veya kalsit içeriği - Kızdırma kaybı - Kimyasal analiz (XRF veya yaş metod ile) (CaO, SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃, MgO, K₂O, Na₂O, P₂O₅, Cl, SO₃)	Saatlik analizler veya iki saatte bir alınan analizlerin ortalaması Etüd esnasında alınacak numuneler ve analizler eklenecek.
Yakıt (Sıcak hava ocağı var ise dikkate alınmalı)	- Nem - Katı yakıt ise, incelik (45 mikron veya 90 mikron elek üstü bakiyesi) - Sıcaklık - Kalorifik değeri - Proximate analiz (Uçucu, rutubet, kükürt, kül) - Elemental (ultimate) analiz	Sekiz saatte bir alınan günlük üç numunenin ortalaması
*Kalker *Klinker *Kil *Fe Cevheri *Boksit *Değirmen Geri Dönüşü	- Sıcaklık (Değirmen girişi ve geri dönüş için çıkışı) - Besleme bandları üzerinden alınan malzemelere elek analizi (50, 25,16,8,4,2,1 (mm)) - Sıcaklık , °C - Nem Miktarı , % - Serbest Si içeriği ,%	Saatlik veya iki saatte bir alınan numunelerin ortalaması
Önisıttıcı Bacagazı Tozu	❖ Kızdırma kaybı ❖ Sıcaklık ❖ Kimyasal analiz (XRF veya yaş metod ile) ❖ Yanmamış karbon	Etüd süreci içerisinde bir defa

*Dik değirmenlerde giren malzeme numunesi, besleme bandı üzerinden bant genişliği ne kadar ise aynı uzunluktaki alan taranarak tüm malzeme süpürülerek alınmalıdır (Resim 1a ve 1b).



Resim 1a- Hammadde bandı üzerinden numune alma



Resim 1b- Hammadde bandı üzerinden numune alma

2.5. Ani Duruş Yapılması Durumunda Numune Alma Noktaları ve Dikkat Edilmesi Gerekenler

Değirmende iç ve dış olmak üzere iki adet malzeme sirkülasyonu vardır. İç döngü de kendi içinde alt ve üst olmak üzere ikiye ayrılmaktadır.

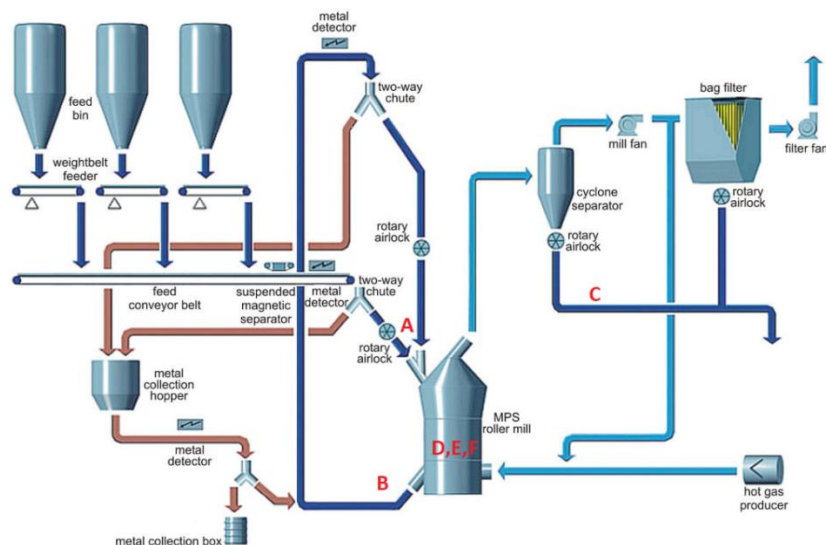
Dış Döngü : Geri dönüş kanalından dışarı çıkarak tekrar değirmene giren malzemedir.

Üst İç Döngü : Separatöre ulaşarak tekrar değirmen tablasına dönen malzemedir.

Alt İç Döngü : Separatöre ulaşmadan değirmen tablasına geri dönen malzemedir.

Değirmende debi her ne kadar önemli olsa da o debinin oluşturduğu vakum da o kadar önemlidir. Değirmeni duruşa almadan önce giriş basıncı gaz kanalından ölçülmelidir. Genellikle -5 ile -10 arası olması istenmektedir.

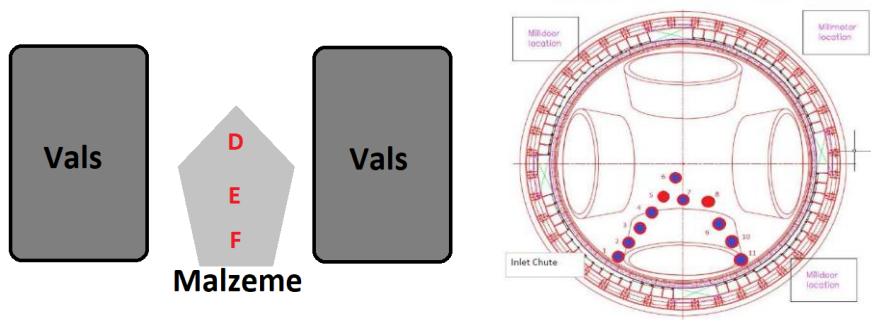
Şekil 7'deki A, B ve C noktalarından aynı anda numune alındıktan sonra sistem ani olarak durdurulur.



Şekil 7- Ani duruş (crash-stop) numune noktaları

Değirmen ani duruşundan sonra Şekil 7’de gösterilen D, E ve F noktalarından numune alımı gerçekleştirilmelidir. Numuneler kalın malzemeler yaklaşık 1 kg olacak şekilde ($\% 20 > 500 \mu\text{m}$), ince malzemeler ise yaklaşık 300 g olacak şekilde alınmalıdır. Numune poşetleri doğru numaralandırılarak etiketlenmelidir.

- A : Değirmene giren malzeme
- B : Değirmen geri dönüş malzemesi
- C : Değirmen ürün malzemesi
- D : İki vals arasındaki malzeme (Yığın tepesinin 10 mm altı)
- E : İki vals arasındaki malzeme (D ve F noktalarının tam ortası)
- F : İki vals arasındaki malzeme (Valsin başlangıç (sıfır) ayarının 10 mm üstü)



Şekil 8- Tabla üzerinden numune alınacak noktalar

Dinamik separatörden dönen malzeme olma ihtimali bulunduğundan geri dönüş hunisinin altından numune alınması çok önemlidir. Numune alınacak nokta Şekil 8’de kırmızı nokta ile gösterilmiştir. Bu numuneler ile değirmen separatör performansı/durumu hakkında daha net bilgiye sahip olunabilir.

Değirmen ani duruşunda (crash-stop) değirmen içi görüntüsü Resim 2’de verilmiştir.



Resim 2- Ani duruş (crash-stop) değirmen içi görüntüsü

Alınan numunelerin 45, 90 ve 200 mikron elek bakiyelerine (elekten geçen yüzdeye) göre değirmenin sirkülasyon yükleri aşağıdaki formülle hesaplanabilir. Her bir incelik için ayrı ayrı hesaplanmakla birlikte genelde 90 mikron bakiye hesabı dikkate alınmaktadır.

Dış sirkülasyon $\% 5 - 30$, iç sirkülasyon $\% 700 - 1.400$ arasındadır.

$$\text{Dış Sirkülasyon Yüğü} = \frac{(\text{C noktası elek bakiyesi} - \text{A noktası elek bakiyesi})}{(\text{A noktası elek bakiyesi} - \text{B noktası elek bakiyesi})}$$

$$\text{İç Sirkülasyon Yüğü} = \frac{(\text{C noktası elek bakiyesi} - \text{A noktası elek bakiyesi})}{(\text{A noktası elek bakiyesi} - \text{E noktası elek bakiyesi})}$$

Alt ve üst iç sirkülasyon yükleri ise aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır:

$$\text{Alt İç Sirkülasyon Yüğü} = \frac{(\text{C noktası elek bakiyesi} - \text{A noktası elek bakiyesi})}{(\text{A noktası elek bakiyesi} - \text{F noktası elek bakiyesi})}$$

$$\text{Üst İç Sirkülasyon Yüğü} = \frac{(\text{C noktası elek bakiyesi} - \text{A noktası elek bakiyesi})}{(\text{A noktası elek bakiyesi} - \text{D noktası elek bakiyesi})}$$

Ani duruşta tabla üzerinden numune alınmasına ilişkin örnek form Tablo 11’de verilmiştir.

Tablo 11- Ani duruşta tabla üzerinden numune alınmasına ilişkin örnek form

Tabla Üzerinde Numune Sırası	Toplam Malzeme Yüksekliği [cm]	Tabladan üste doğru katman yükseklikleri (mevcut ise)			
		1. En üst tabaka yüksekliği (Mevcut ise) [cm]	2. tabaka yüksekliği (Mevcut ise) [cm]	3. tabaka yüksekliği (Mevcut ise) [cm]	4. tabaka yüksekliği (Mevcut ise) [cm]
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					

Tablo 12’de serbest Si içeriği konusunda alınan numune sonuçlarının görülmesi için örnek bir değerlendirme verilmektedir. Bu örnekleme, materyalin geri dönüşünde daha yüksek olan kuvars içeriğini doğrulamaktadır (Tablo 13).

Tablo 12- Numune alınan bölgeler ve yükseklikleri

Öğütme tablası üzerindeki pozisyon	Toplam materyal yüksekliği (cm)	Toplam materyal yüksekliği			
		Üst katman yüksekliği (cm)	2.katman yüksekliği (cm)	3.katman yüksekliği (cm)	4.katman yüksekliği (cm)
1	18,0	4,5	13,5		
2	18,5	7,0	11,5		
3	20,5	8,0	12,5		
4	27,0	8,0	19,0		
5	35,5	13,5	22,0		
6	69,0	26,0	43,0		
7	30,0	6,0	24,0		
8	29,0	11,5	17,5		
9	17,0	9,0	8,0		
10	22,5	3,5	19,0		
11	22,0	3,0	19,0		

Tablo 13- Tabla üzeri pozisyonlara göre % kuvars miktarı

Tabla Üzeri Pozisyon	% Kuvars Miktarı	Tabla Üzeri Pozisyon	% Kuvars Miktarı
1	5,8	7	5,8
1	4,8	8	9,6
6	16	7	9,4
6	14	7	7,3
9	6,2	9	5,9
9	12	9	8,9
6	15	10	7,1
6	13	10	9,4

3- SAHA ÖLÇÜMLERİNİN YAPILMASI ve VERİLERİN TOPLANMASI

3.1. Basınç Ölçümleri

3.1.1. Basınç Ölçüm Cihazları

Basınç ölçüm cihazlarında Resim 3'teki gibi iki giriş bulunmaktadır. Bu girişler artı (+) ve eksi (-) olarak tanımlanmışlardır. Artı basınç olan sistemler (+) girişinden, eksi basınç olan sistemler (-) girişinden ölçülmelidirler.

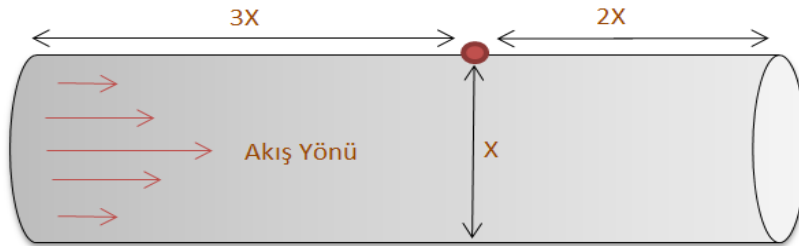


Resim 3- Basınç ölçüm cihazlarındaki (+) ve (-) girişler

Debi ölçümlerinde basınç farkı kullanılmaktadır. Basınç ölçüm cihazları direkt olarak iki uç arasındaki farkı göstermektedirler. Cihaz girişinin bir ucunda toplam basınç, diğer ucunda da statik basınç ölçülür ise aradaki fark dinamik basıncı verecektir. Dinamik basıncın kullanılmasıyla ölçüm noktasındaki çizgisel hız hesaplanabilir. Çimento prosesi düşünüldüğünde basınç ölçme cihazı ile her noktada ölçüm yapılması mümkündür.

3.1.2. Basınç Ölçümü Sırasında Dikkat Edilmesi Gerekenler

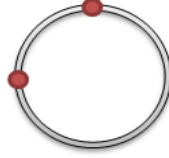
- ❖ Ölçüm noktası belirlenirken, ölçüm yapılacak boru çapının minimum 3 katı öncesinde ve 2 katı sonrasında dirsek, klape, yönlendirme sacı gibi laminar akışı bozacak herhangi bir unsur olmamalıdır. Ölçüm noktası belirlenirken dikkat edilecek mesafeler Şekil 9'da gösterilmektedir.



Şekil 9- Ölçüm noktası belirlenirken dikkat edilecek mesafeler

- ❖ Ölçüm noktalarının aynı ekseninde olması gerekmektedir. Kaç adet nokta açılacağı geometrik şekil ve boru çapına bağlı olarak değişmektedir. Ölçüm noktası sayısı arttıkça ölçüm hassasiyeti de artmaktadır.

Boru silindir geometrisine sahip ise Şekil 10'da gösterildiği gibi üzerinde aynı eksende birbirine dik iki ölçüm noktası açılmalıdır.



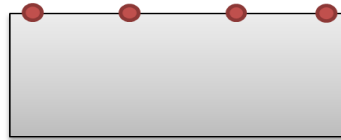
Şekil 10- Silindirik geometrisine sahip boru üzerinde aynı eksende birbirine dik olarak açılan iki ölçüm noktası

Boru kare veya dikdörtgen bir şekle sahip ise iki kenar uzunluğu toplanarak ikiye bölünmelidir. Bulunan sonuç (D)'nin yer aldığı Tablo 14'teki aralıklara göre kaç ölçüm noktası açılacağı tespit edilmelidir. A x B olarak ifade edilen değerde B açılacak ölçüm noktasını temsil etmektedir. Ölçüm noktaları uzun kenar üzerine açılmalıdır.

Tablo 14- Kare veya dikdörtgen şekle sahip borularda belirlenen d değerine göre ölçüm noktası sayıları

$0 > D \geq 300$	$300 > D \geq 700$	$700 > D \geq 1500$	$1500 > D \geq 2400$	$2400 > D \geq 3400$
2 x 2	2 x 4	2 x 6	2 x 8	2 x 10

300 x 700 mm dikdörtgen bir gaz kanalında D değeri $(300+700)/2 = 500$ mm olarak bulunur. Çıkan ortalama değer Tablo 14'te $300 > D \geq 700$ aralığındadır. Bu aralıkta 2 x 4 olduğuna göre B değeri (ölçüm noktası sayısı) 4'tür. Buna göre, uzun kenarda 4 adet ölçüm noktası Şekil 11'deki gibi kenarlardan 100 mm boşluk bırakılarak eşit aralıklarla açılır.



Şekil 71- Dikdörtgen gaz kanalında belirlenen ölçüm noktalarının açılma aralıkları

- ❖ Ölçüm yapılacak yere uygun prop seçilmelidir. Örneğin yüksek sıcaklık var ise krom probalar veya çok tozlu ise tıkanmaya karşı delik çapı yüksek probalar kullanılmalıdır. Çimento prosesinde genel olarak s-tüpü (Resim 4a) veya pitot tüpü (Resim 4b) probalar kullanılmaktadır. S-tüpü probaların delik çapı büyük olduğundan tozlu ortamlarda daha avantajlıdır. Ancak delik çapı büyük olan pitot tüpleri de özel olarak firmalardan temin edilebilmektedirler.



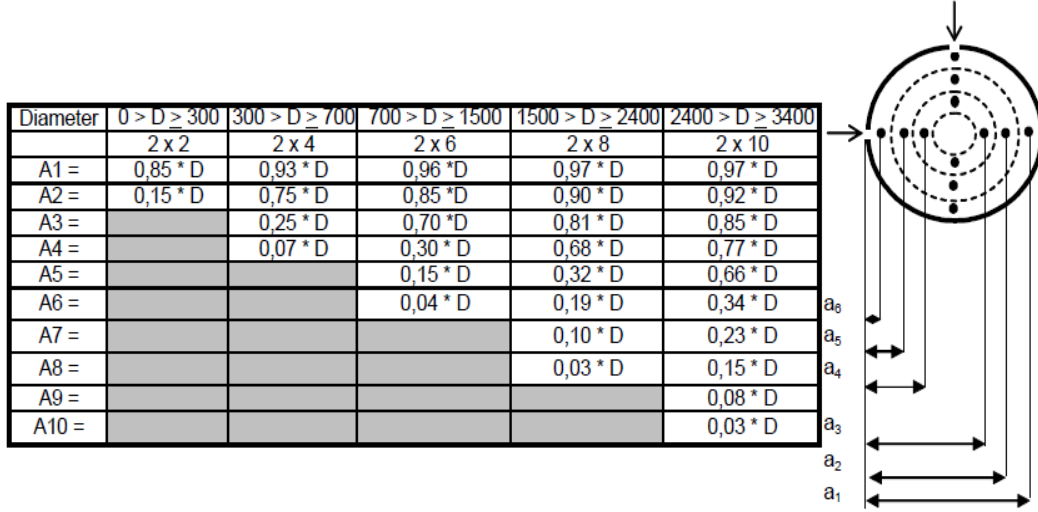
Resim 4a- S tüp



Resim 4b- Pitot tüp

- ❖ Ölçüme başlamadan önce prop üzerine ölçüm alınacak noktalar işaretlenmelidir.

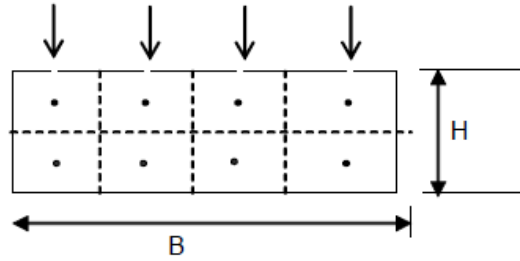
Gaz kanalı silindir geometrisine sahip ise bulunan D değerine göre Şekil 12’de sunulan ölçüm noktası sayıları ve yüzdelere göre ölçüm noktaları arası mesafeler belirlenmektedir:



Şekil 82- Silindir geometrisine sahip gaz kanallarında d değerine göre ölçüm noktası sayıları ve ölçüm noktaları arası mesafeler

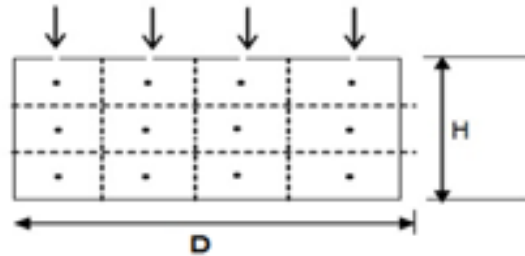
Gaz kanalı kare veya dikdörtgen şekle sahip ise D değeri için 3.400 mm kritiktir. Buna göre,

- $D < 3.400$ mm ise prop üzerinde kısa kenarın $1/4$ 'ü ve $3/4$ 'ü işaretlenerek bu noktalardan ölçüm alınır (Şekil 13).



Şekil 13- Dikdörtgen gaz kanalında belirlenen d değerine göre ölçüm noktalarının açılma aralıkları

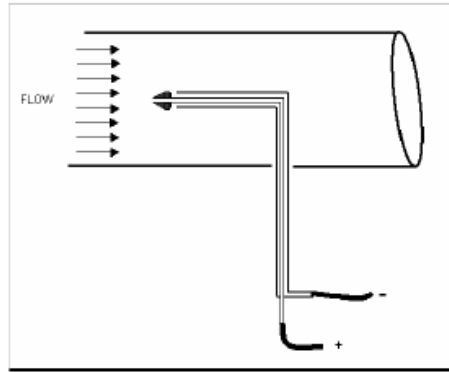
- $D > 3400$ mm ise prop üzerinde kısa kenarın $1/6$ 'sı, $3/6$ 'sı ve $5/6$ 'sı işaretlenerek bu noktalardan ölçüm alınır (Şekil 14).



Şekil 94- Dikdörtgen gaz kanalında belirlenen d değerine göre ölçüm noktalarının açılma aralıkları

- ❖ Kullanılacak probun sabit olan ölçüm katsayısı üretici firmadan muhakkak temin edilmeli veya katsayısı bilinen başka bir prop ile paralel ölçüm alınıp katsayı tespit edilmelidir.

- ❖ Proben toplam basınç ölçeceğimiz ucu Şekil 15'te gösterildiği gibi her zaman akışın geldiği yöne dik tutulmalıdır. Cihazın basınç çalışma parametresi artı ve eksi yönde birbirine eşit ise toplam basınç ölçüm noktası cihazın (+) girişine, statik basınç ölçüm noktası da cihazın (-) girişine bağlanmalıdır. Fakat cihazın basınç çalışma parametresi artı ve eksi yönde birbirine eşit değil ise mutlak değerce büyük olan çalışma basıncı tarafına ölçüm noktasındaki büyük olan basınç girişi takılmalıdır.



Şekil 15-10 Toplam basınç ölçümünde prob yönü ve bağlantı noktaları

- ❖ Ölçüm süresince probun dönmediğinden ve akışa dik olduğundan emin olunmalıdır.

3.1.3. Basınç Ölçümlerinin Yapılması:

- ❖ Basınç ölçüm cihazının ortalama basınç ölçüm modu var ise anemometre cihazı ile ölçüm yapar gibi prop üzeri işaretlenmeden de ölçüm alınabilmektedir.
- ❖ Basınç ölçüm cihazının ortalama basınç ölçüm modu yok ise prop üzerinde işaretlenen kısımlara gelindiğinde ölçüm alınır ve kaydedilir.
- ❖ Açılan her bir ölçüm noktasında en az üç ölçüm yapılarak, birbirine yakın iki ölçümün ortalaması alınmalıdır.
- ❖ Ölçüm, sıfır noktasından başlayarak ölçüm alınan borunun çapı boyunca devam eder ve aynı noktadan geriye dönerek tekrar sıfır noktasında biter.
- ❖ Elimizdeki cihazın prop uzunluğu, ölçüm yapılacak boru çapından küçük ise ölçüm yarıçapa kadar yapılabilir. Yarıçapın altında yapılan ölçümler doğru sonucu yansıtmamaktadırlar.
- ❖ Ölçüm, borunun yarıçapına kadar yapılacak ise prop üzerine yarıçap uzunluğu işaretlenmelidir.
- ❖ Ölçüm alınan yerde basınç ölçümünün yanısıra statik basınç, sıcaklık ve deniz seviyesinden yükseklik ölçümleri de yapılmalıdır.
- ❖ Her bir noktadan alınan ölçümler bize toplam basınç ile statik basınç arasındaki farkı yani dinamik basıncı vermektedir. Bu ölçümlerin ortalaması alınarak da çizgisel hız hesaplanmaktadır. Çizgisel hızın ölçüm noktasındaki alan ile çarpılmasıyla debi elde edilmektedir. Hesaplanan debi işletme debisidir.

3.1.4. Hesaplama Adımları:

- ❖ Öncelikle atmosfer basıncı, gaz yoğunluğu ve gaz hızı hesaplanmalıdır.

$$\text{Atmosfer Basıncı (mbar)} = 1.013 \times \left(1 - 0,0065 \times \frac{\text{Deniz Sev. Yük. (metre)}}{288}\right)^{5,255}$$

$$\text{Gaz Yoğunluğu (kg/m}^3\text{)} = g \times \frac{273,15}{273,15+t} \times \frac{\text{Atmosfer Basıncı (mbar)} + p}{1013}$$

- g : İdeal şartlarda gazın yoğunluğu (kg/m³)
Normal hava için 1,293 kg/m³. Bacagazı için gaz analizinden hesaplanmalıdır.
Çimento prosesi bacagazı için 1,4 kg/m³ alınabilir.
- t : Ölçüm alınan noktadaki sıcaklık (°C)
- p : Ölçüm alınan noktadaki statik basınç (mbar)

$$\text{Gaz Hızı (m/sn)} = 4,43 \times k \times \sqrt{\frac{P_d}{G}}$$

- k : Prop katsayısı (Pitot tüpü, s-tüp)
- P_d : Alınan dinamik basınç ölçümlerinin ortalaması (mm H₂O)
- G : Gaz yoğunluğu (kg/m³)

- ❖ Gaz hızından yola çıkarak işletme debisi belirlenmelidir.

$$\frac{\text{metre}}{\text{saniye}} \times \text{metre}^2 \times 3600 \frac{\text{saniye}}{\text{saat}} = \frac{\text{metre}^3}{\text{saat}}$$

- ❖ İşletme debisinden normal metreküp debisine çevrim yapılmalıdır.

$$\text{Normal Metreküp (Nm}^3\text{/saat)} = F \times \frac{273,15}{273,15+t} \times \frac{\text{Atmosfer Basıncı (mbar)}+p}{1013}$$

- F :İşletme Debisi (m³/saat)
- t :Ölçüm alınan noktadaki sıcaklık (°C)
- p :Ölçüm alınan noktadaki statik basınç (mbar)

3.1.5. Fanın Toplam Basıncının Ölçülmesi:

Fanın toplam basıncı, fanın çıkışındaki toplam basınçtan fanın girişindeki toplam basıncın çıkartılması ile bulunmaktadır.

Toplam basınç, statik ve dinamik basıncın toplamıdır. Fanın giriş ve çıkış flanşının kesitleri aynı ise dinamik basınç giriş ve çıkışta eşit olduğundan fanın toplam basıncı giriş ve çıkış basıncı arasındaki farka eşittir. Bu durumda:

Fanın giriş ve çıkış flanşının kesitleri aynı ise:

$$Fanın Toplam Basıncı = Çıkış Statik Basıncı - Giriş Statik Basıncı$$

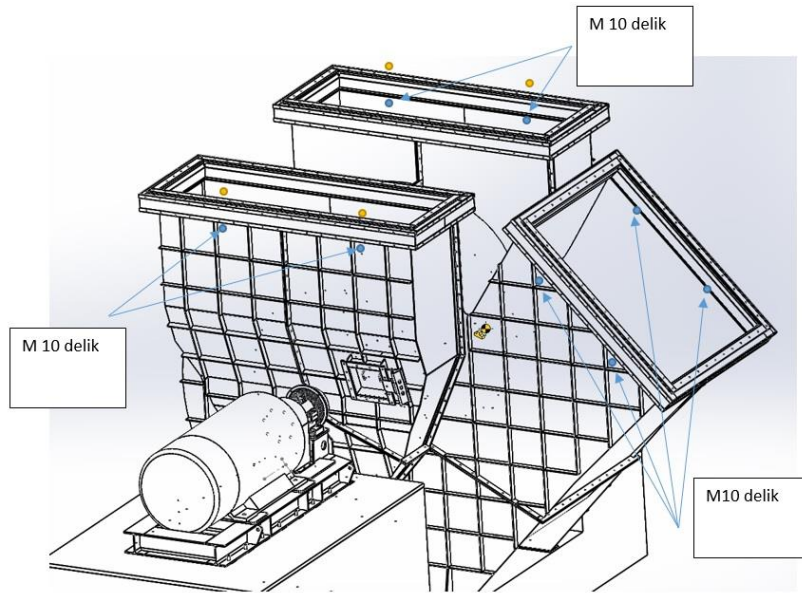
Fanın giriş ve çıkış flanşının kesitleri farklı ise:

$$Fanın Toplam Basıncı = Çıkış Toplam Basıncı - Giriş Toplam Basıncı$$

$$Fanın Toplam Basıncı = (Çıkış Statik Basıncı + Çıkış Dinamik Basıncı) - (Giriş Statik Basıncı + Giriş Dinamik Basıncı)$$

Fanın Statik Basıncının Ölçülmesi:

Statik basınç ölçümü için uygun olması durumunda, fanın 1 m yukarısında 8 -10 mm genişliğinde, üzerinde ½ inç manşon kaynatılmış haldeki uzun kenarlarının her birine en az 2 adet delik açılarak ölçüm alınmalıdır (Şekil 16).



Şekil 16- Çift girişli fan için statik basınç ölçüm noktaları

Fanın Dinamik Basıncının Hesaplanması:

$$Giriş Dinamik Basıncı (mmSS) = \frac{Havanın Yoğunluğu \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times (Giriş Flanşındaki Hızı \left(\frac{m}{s}\right))^2}{2 \times 9,806}$$

$$Çıkış Dinamik Basıncı (mmSS) = \frac{Havanın Yoğunluğu \left(\frac{kg}{m^3}\right) \times (Çıkış Flanşındaki Hızı \left(\frac{m}{s}\right))^2}{2 \times 9,806}$$

3.2. Sıcaklık Ölçme

3.2.1. Malzeme Sıcaklıklarının Ölçülmesi

Üretilen ürün sıcaklığı, malzeme dışarı alınmadan ürün çıkış noktasına yakın bir yerden termoelement ürüne temas ettirilerek direkt olarak ölçülmektedir.

40°C'nin altındaki malzemeler bir kap içerisine alınarak direkt termoelement ile temas ettirilerek ölçüm yapılabilir. Ancak, bunun için önce kabın içine malzemenin alınması, kabın sıcaklığı ile malzemenin sıcaklığı eşitlenene kadar beklenmesi, sonrasında kabın boşaltılması ve yeni malzeme ile doldurulması gerekmektedir. Sıcaklık bu yeni malzeme üzerinden ölçülmelidir.

3.2.2. Gaz Sıcaklıklarının Ölçülmesi

3.2.2.1. Sürekli Ölçümler

Gazların sıcaklık dağılımları, sürekli akışın olduğu bir sistem içerisinde her noktada aynı değildir. Sürekli olarak sıcaklık ölçmek isteniyor ise, gerçek sıcaklığa yaklaşabilmek için mümkün olduğunca çok noktadan ölçüm yapılmalıdır. Ancak endüstride genel olarak aynı yer için bir veya iki adet sıcaklık termoelement kullanılmaktadır. Bu durumda ölçüm yapılacak yerdeki sıcaklığın ortalamasını veren bir nokta belirlenmelidir.

Eğer çok hassas bir ölçüm gerekli ise manuel olarak ölçüm yapılmalıdır ve bu ölçümün ortalamasını veren nokta belirlenerek sürekli ölçüm yapılacak termoelement belirlenen noktaya yerleştirilmelidir.

Çok hassas olmak gerekli değil ise aşağıdaki yaklaşımlar izlenebilir:

- ❖ Dairesel boru ise herhangi bir noktasından boru çapının 1/3'ü kadarı ölçüm noktası olarak belirlenir ve bu noktaya göre termoelement yerleştirilir.
- ❖ Kare bir boru ise en az iki ölçüm noktasına ihtiyaç vardır. Uzun ve kısa kenarlarının orta noktasından yine kesitin 1/3'ü kadarı ölçüm noktası olarak belirlenir ve bu noktaya göre termoelement yerleştirilir.
- ❖ Siklon içindeki malzeme ve gaz sıcaklığını birlikte ölçmek için, siklon tavanında deveboynu tarafına doğru ölçüm noktası belirlenir. Termoelement uzunluğu deveboynu gaz giriş kanal yüksekliğinin 1/3'ü kadar olmalıdır.

3.2.2.2. Manuel Ölçümler

Manuel ölçümler için aşağıdaki yollar izlenebilir:

- ❖ Ölçüm noktası sayısı arttıkça ölçüm hassasiyeti de artmaktadır. Normalde dairese borular için bir adet, kare borular için kısa ve uzun kenarın ortasından iki adet ölçüm noktası belirlenir.
- ❖ Açılan her bir ölçüm noktasında en az üç ölçüm yapılarak, birbirine yakın olan 2 ölçümün ortalaması alınır.

- ❖ Ölçüm, sıfır noktasından başlayarak ölçüm alınan borunun çapı boyunca devam eder ve aynı noktadan geriye dönerek tekrar sıfır noktasında biter. Çap uzunluğu kadar termoelement yok ise yarıçap uzunluğuna kadar ölçüm alınabilir. Böyle bir durumda karşı noktadan da ölçüm alınmalıdır. Sıcaklık dağılımı çapın diğer yarısında daha farklı olabilmektedir.
- ❖ Yarıçap uzunluğundan ölçüm alınacak ise termoelement üzerine yarıçap uzunluğu işaretlenmelidir.
- ❖ Sıfır noktasından, çapın sonuna kadar geçen ölçüm süresi ile çapın sonundan, sıfır noktasına kadar olan ölçüm süresi birbirine eşit olmalıdır. Bunun için cihazın süre modu aktif hale getirilebilir.
- ❖ Sıcaklık her bir noktadan alınan ölçümlerin ortalaması alınarak hesaplanır.

3.3. Cp Hesaplamaları

Dik değirmen etüdünde malzeme ve gaz kompozisyonları Cp belirlenmesi için Tablo 15 kullanılabilir.

Tablo 15- Cp Hesaplama Tablosu

0 ve t°C ve 32 ve t°F arasındaki ortalama özgül ısılar

$$\text{Özgöl Isı} = A + (B \times t \times 10^{-6}) + (C \times t^2 \times 10^{-9}) \text{ kCal/kg}^\circ\text{C}$$

$$\text{Özgöl Isı} = A + (B \times (t - 32) \times 10^{-6}) + (C \times (t - 32)^2 \times 10^{-9}) \text{ BTU/lb}^\circ\text{F}$$

	Metrik Birimler			Amerikan Birimleri		
	A	B	C	A	B	C
CO2	0,196	118	-43	0,196	66	-13,2
H2O	0,443	39	28	0,443	22	-8,6
N2	0,244	22	0	0,244	12	0
O2	0,218	30	0	0,218	17	0
Hava	0,237	23	0	0,237	13	0
Hammadde	0,206	101	-37	0,206	56	-11,4
Klinker	0,186	54	0	0,186	30	0
Kömür	0,262	390	0	0,262	217	0

3.4. Dik Değirmenler Teorik Güç Tüketimi Hesabı (Q5)

Dik değirmen teorik güç tüketim formülü aşağıdaki gibidir:

$$W = kT \times A \times Z \times V \times m$$

- W = Teorik güç tüketimi
kT = Spesifik öğütme basıncı (kN/sqm)
A = Vals çapı (m)
Z = Vals adedi
V = Tabla devri (rpm) x 1/60 x Dm x 3,14 (m cinsinden öğütme yolundaki Dm)
M = Sürtünme faktörü

Dik değirmenlerde prosesi en çok etkileyen unsur değirmenin fiziksel durumudur. Bu nedenle, mekanik olarak iyi durumda olması oldukça önemlidir.

Dik değirmenlerde proses etüdü aşağıdaki üç durumda da yapılabilmektedir:

- 1) Operasyon esnasında
- 2) Duruş esnasında
- 3) Ani duruşta

Her durumda gerçekleştirilecek etüdlere ilişkin detaylar aşağıda verilmektedir.

3.5. Oksijen Ölçme

Dik değirmenlerde kullanılan gazın ihtiva ettiği oksijen miktarını tespit etmek için gaz analiz cihazları kullanılmaktadır.

Gaz analiz cihazları çeşitli reaksiyonlar sonucu ortaya çıkan gazların içerikleri ve miktarları gibi bilgileri toplamaya yarayan cihazlardır. Bu gazların içeriklerinde başta karbondioksit, karbonmonoksit, azot, oksijen ve kükürt gibi maddelerin yanı sıra içeriğe bağlı olarak birçok zararlı madde bulunabilmektedir. Bu cihazların çalışma mantığı ise en basit anlamda salınan gaz çeşitli kimyasal reaksiyonlar sonucu ayrıştırmak ve elde edilen maddelerin neler oldukları ve miktarları hakkında bilgi sağlamaktır.



Resim 5- Örnek taşınabilir gaz analiz cihazı

Resim 5'te örnek olarak gösterilen taşınabilir gaz analiz cihazı ile gaz kanalı içerisinde yapılacak ölçümler doğrultusunda gaz kompozisyonu hakkında bize bilgi verecektir. Yanma gazı kullanılan sistemlerde, iki nokta arasındaki kaçak hava tayini için gaz içerisindeki oksijen miktarını bilmemiz gerekmektedir. Bu sebeple taşınabilir gaz analiz cihazları ile ölçüm alınarak yüzde oksijen değeri kaydedilir.

Taşınabilir gaz analiz cihazının probunun akışın olduğu gaz kanalı içerisine daldırılması ve cihazın içeriden gaz numunesi çekmesi sağlanarak gerçekleştirilen ölçüme ilişkin bazı önemli notlar aşağıda paylaşılmıştır:

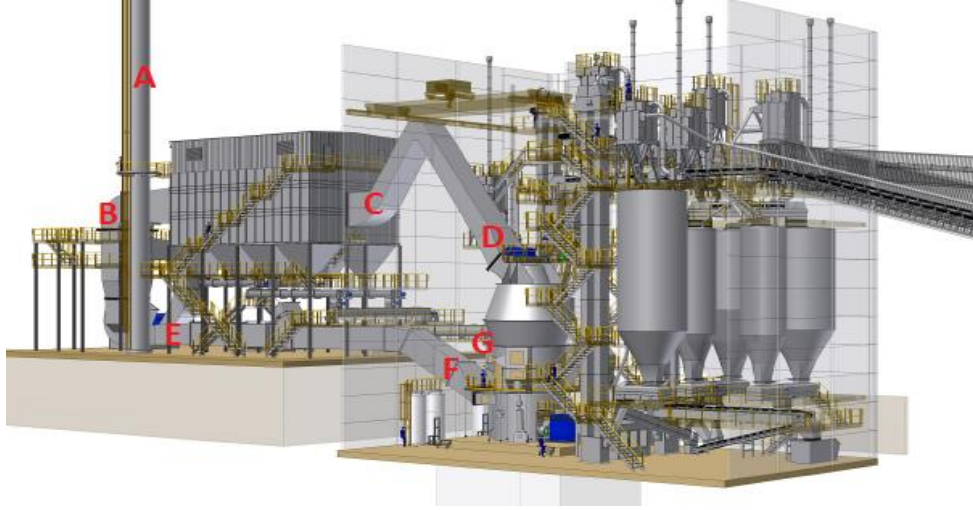
- ❖ Ölçüm noktasındaki gazın analizini direkt göstermektedir.
- ❖ Probun çalışma sıcaklığından daha yüksek bir ölçüm noktasından analiz alınmamalıdır.
- ❖ Cihazın ölçüm parametrelerinin dışında olan yerlerden ölçüm alınacak ise gaz seyreltilmelidir.
- ❖ Cihazın gaz pompasının basıncı, her zaman ölçüm noktasındaki basınçtan büyük olmalıdır.
- ❖ Gazın doğru analizi için bağlantıların sızdırmaz olması çok önemlidir.

4- KAÇAK HAVA TAYİNİ ve KÜTLE- ENERJİ DENKLİKLERİ

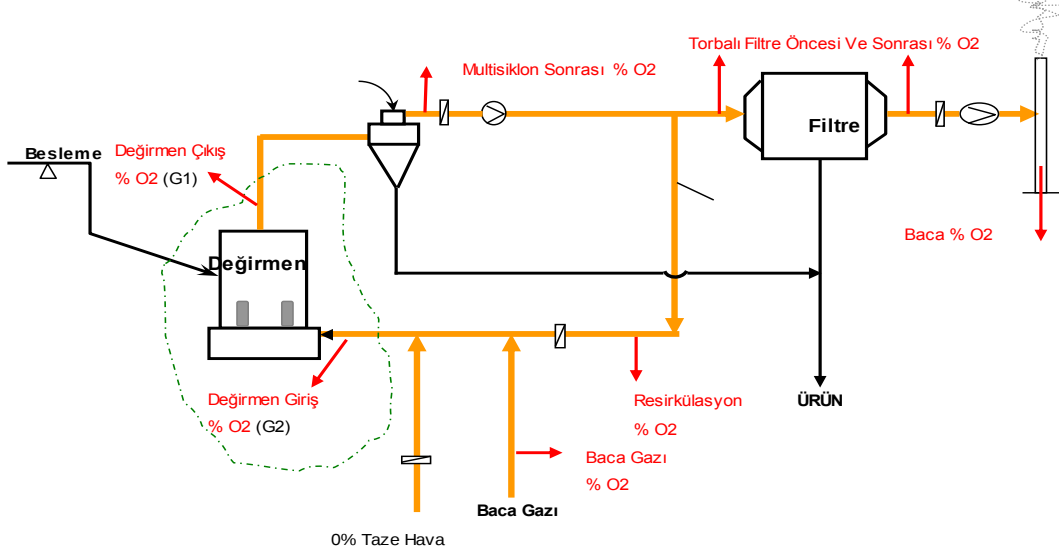
4.1. Kaçak Hava Tayini

Dik değirmenler gaz dengesinden ve hızlarından çok fazla etkilenirler. Değirmenin ihtiyacı olan gaz debisinin % 1 düşmesi ile değirmen tonajı % 0,5 etkilenebilir.

Bu sebeple, ilk olarak Şekil 17’de kırmızı harfler ve Şekil 18’de oklar vasıtasıyla gösterilen bölgelerden gaz analizörü ile % O₂ oksijen ölçümü yapılarak kaçak havanın sisteme nereden girdiği tayin edilmelidir.



Şekil 17- Temsili ölçüm noktaları



Şekil 18- Oksijen ölçüm noktaları ve sistemin belirlenmesi

Ölçüm Noktaları	Gaz Analizörü Zirkonyum Sensörlü O ₂ Ölçüm Cihazı
Baca gazı sonrası	% O ₂
Dik değirmeni girişi	% O ₂
Dik değirmeni çıkışı	% O ₂
Resirkülasyon	% O ₂
Toz tutma sistemleri öncesi	% O ₂
Toz tutma sistemleri sonrası	% O ₂
Baca	% O ₂

Sistem fanlarına dışarıdan giren her bir kaçak hava enerji tüketimini artırmaktadır ve proses koşullarını doğrudan olumsuz etkilemektedir. Bu sebeple ana hatlarıyla ölçüm alınacak noktalar aşağıda verilmiştir. Ancak şüphelenilen bölgelerde ölçüm noktaları daraltılarak kaçak yapan noktalar doğrudan tespit edilebilir.

Yapılan ölçümler doğrultusunda aşağıdaki formül ile % kaçak hava miktarı hesaplanabilir ve proses iyileştirmesi için kullanılabilir:

% Kaçak Hesabı

$$\frac{100. (G1 - G2)}{20,9 - G1}$$

G1= Son Noktadaki O2 % si

G2= İlk Noktadaki O2 % si

% Kaçak Miktarı İçin	
İlk Oksijen (%)	4,0
Son Oksijen (%)	6,0
Atm. Oksijen (%)	20,9



$$\frac{100. (6,0 - 4,0)}{20,9 - 6,0} = \% 13 \text{ Kaçak Hava}$$

Yüzde kaçak hava miktarı tayini, enerji denkliği kurulmadan işletme koşullarında pratik olarak sisteme kaçak havanın nereden girdiğini bulmak için kullanılır. Gerçek kaçak hava yüzdesini vermez. Ölçüm noktaları daraltılarak kaçak noktası doğrudan tespit edilebilir ve açılması gereken izolasyon miktarı azaltılarak planlı bakım çalışmalarına ışık tutulabilir. Böylece kaçak hava miktarı minimuma indirilerek operasyon iyileştirilebilir.

Değirmen tablası altındaki kaçaklar dik değirmenlerin kurutma kabiliyetlerini azaltırken, tabla yukarısında oluşacak kaçaklar kanallardaki hızların düşmesine sebep olacak, böylece de değirmen kapasitesini düşürecektir.

4.2. Dik Değirmen Proseslerinde Isı Denkliği İçin Temel Hesaplamalar

4.2.1. Kullanılan Hammadde-Yarı Mamül Miktarının Belirlenmesi

Etüd yapılan değirmen farin, kömür, çimento değirmeni olabilir. Bu doğrultuda bu bir dik değirmen ise beslenen malzeme miktarı aşağıdaki metod ile belirlenebilir:

Direkt Tartım Yöntemi:

Etüd öncesi tartım için kullanılacak kantarlarda kontrol ve gerekiyorsa doğrulama yapılmalı ve sonuçları kaydedilmelidir.

Enerji etüdünün yapıldığı süreçte kullanılan malzemeler ayrı ayrı değirmen bunkerleri çıkışında bulunan kantarlarda fiili olarak tartılmaktadır. Kantar sayaç farkları her saat takip edilerek kayıt altına alınmalıdır. Detaylı dik değirmen etüdü öncesi dik değirmen besleme kantarlarının kalibrasyonun doğru olduğundan emin olunmalı ve gerekiyorsa kamyon tartımı ile kontrol yapılmalıdır. Etüd başında ve sonrasında yapılacak doğrulamalar sonucu iki sapmanın ortalaması alınarak düzeltme faktörü belirlenmelidir.

*Kantar numaratorler not edilmeli ve aynı zamanda kamyon tartımı yapılmalıdır. Kontrol yapılan süre zarfında ne kadar tonaj farkı var ise yüzde olarak belirlenmelidir. Her denemeden sonra kalibrasyonlar gerçekleştirilmelidir. Kalibrasyonun en ideal olduğu zaman kabul edilmeli ve hata yüzdesi ortalaması alınmalıdır. Etüd öncesi ve sonrası hata yüzdesi ortalaması kantar düzeltme faktörü olarak kabul edilmelidir. Örnek Tablo 16'da gösterilmiştir.

Tablo 136- Tartım doğrulama ve düzeltme faktörü

Hammadde Besleme Tartım Doğrulaması						
Tarih	Etüt Öncesi			Etüt Sonrası		
Deneme	Kantar	Kamyon Tartımı	Hata	Kantar	Kamyon Tartımı	Hata
	kg	kg	%	kg	kg	%
Deneme-1	91.010	87.020	4,38	90.040	90.420	-0,42
Deneme-2	90.020	87.700	2,58	90.050	90.390	-0,38
Deneme-3	90.260	91.050	-0,88	90.100	90.480	-0,42
Deneme-4	90.660	91.020	-0,40	90.100	90.475	-0,42
Deneme-5	90.660	91.022	-0,40	90.100	90.475	-0,42
Her Deneme Sonrası Kalibrasyon Yapılmalı						
Ortalama	90.522	89.562	-0,40	90.078	90.448	-0,41
Etüt Sonrası Ve Öncesi Hataya Göre Kantar Düzeltme Faktörü						-0,40

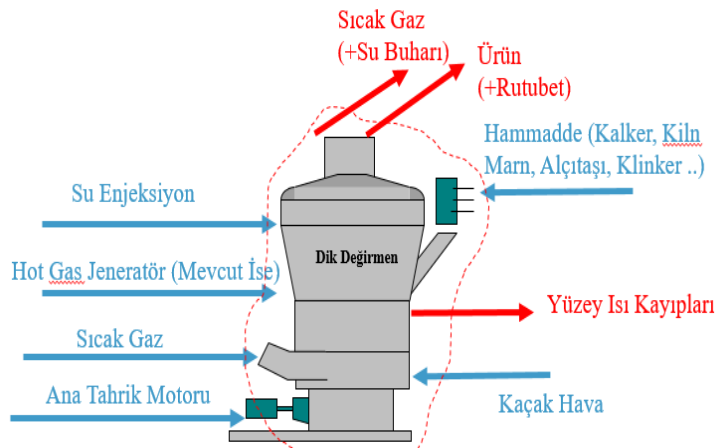
4.2.2. Üretilen Ürün Miktarının Belirlenmesi (g1/ç1)

Etüd süresince her bir kantardan alınan sayaç farkları ile yaş besleme tonajları belirlenir. Ortalaması alınan rutubet değeri düşülerek her bir materyalin kuru kullanımı hesaplanır. Kuru materyal toplamı üretilen ürün miktarını verir. Eğer sayaç ile kantar farkı var ise farklar bölüm 4.2.1’de kantar doğrulama kısmında tespit edilen ortalama sapma ile düzeltilir.

4.2.3. Fırın Sıcak Gazı ile Gelen Toz Miktarının Belirlenmesi

Dik değirmen duruşunda soğutma kulesi ve fırın filtresinde tutulan tozlar bir araç vasıtasıyla kantarlarda tartılır. Yaklaşık bu miktarda toz geldiği kabul edilir. Bu kılavuzda anlatılan denkliklerde ihmal edilmiştir ancak istenirse hesaplamalara eklenebilir.

4.2.4. Dik Değirmenlerde Kütle- Enerji Balans Hesabı

**Şekil 19-** Girdi-çıkışların belirlenmesi

Şekil 19’da gösterildiği gibi sistem belirlendikten sonra kütle- enerji balansı için Tablo 17’deki hesaplamalar gerçekleştirilebilir:

Tablo 17- Isı denkleğinin kurulması

Dik Değirmen Hattı için Isı Denkleğı		
GİREN ISI		(kCal/h)
Değirmen Besleme	Giren kuru hammadde hissedilir ısısı	Q1
Hammadde içinde rutubet ile sisteme giren ısı	Hammadde nemi	Q2
Kurutma ve taşıma için kullanılan sıcak gaz/baca gazı ile sisteme giren ısı	Giren gazın hissedilir ısısı	Q3
Fazla hava kaçak hava ile giren ısı	Hava hissedilir ısısı	Q4
Değirmen ana tahrik motoru	Değirmen ana tahrik motoru gücü ile sisteme giren ısı	Q5
Sıcak Hava Ocağı	Sıcak hava ocağında yakılan yakıt ile sisteme giren ısı	Q6
Toplam giren ısı:		Q= Q1+Q2+Q3+Q4+Q5+Q6
ÇIKAN ISI		(kCal/h)
Ürün hissedilir ısısı	Üretilen ürünün hissedilir ısısı	Q7
Yüzeyden ısı kayıpları	Dik değirmen gövde ve gaz boruları	Q8
Baca gazları ısısı	Çıkan gazın hissedilir ısısı	Q9
Ürün içindeki rutubet ile sistemden çıkan ısı	Çıkan ürünlerdeki rutubetin hissedilir ısısı	Q10
Buharlaşıma	Hammadde içindeki rutubet nedeniyle buharlaşan su ile çıkan ısı	Q11
Toplam çıkan ısı:		Q= Q7+Q8+Q9+Q10+Q11

4.2.5. Yakıtın Yanması ile Elde Edilen Isı (Q6)

Dik değirmene ait sıcak hava ocağı kullanılıyorsa kullanılan yakıtın yanması ile elde edilen ısı miktarı kısaca aşağıdaki şekilde hesaplanır:

$$h = m \times CV \quad \text{kJ/h veya kCal/h}$$

h = Yakıtın yanması ile elde edilen ısı (kJ/h veya kCal/h)

m = Spesifik yakıt tüketimi (kg yakıt/h veya Nm³ yakıt/h)

CV = Yakıt net kalorifik değeri (Genellikle kuru yakıt için alt kalori değeridir) (kJ/kg veya kCal/kg)

Dik değirmen sıcak hava ocağında yakılan yakıtın kalorifik değeri (CV) laboratuvarında elde edilen yakıt analizlerinden alınır.

4.2.6. Hissedilir Isı (Q1, Q2, Q3, Q4, Q7, Q9, Q10, Q11)

Suyun buharlaşma ısısı, ürün beslemesi içeriğindeki serbest suyun (nem) ve değirmene enjekte edilen soğutma suyunun buharlaşması için gereken ısıyı tanımlamaktadır.

Hissedilir ısı, enerji denkliği sınırları içerisindeki bütün gaz, sıvı ve katı fazlar (ürün, yakıt, bacagazı, toz kayıpları, kaçak hava, nem, su) için aşağıdaki genel formülle hesaplanmaktadır:

$$Q = m \times C_p \times (T - T_{ref}) \quad \text{kJ/h veya kCal/h}$$

- m = Spesifik kütle (kg/h veya Nm³/h)
 C_p = Ortalama özgül ısı (kJ/kg°C, kJ/Nm³°C, kCal/kg°C, kCal/Nm³°C)
 T = Sıcaklık (°C, K)
 T_{ref} = Referans sıcaklık (Genellikle 20°C)

4.2.7. Yüzeysel Isı Kayıpları (Radyasyon + Konveksiyon) (Q8)

Dik değirmen sistemlerinde yüzeysel ısı kayıpları radyasyon ve konveksiyon türü ısı kayıplarının toplamından oluşmaktadır.

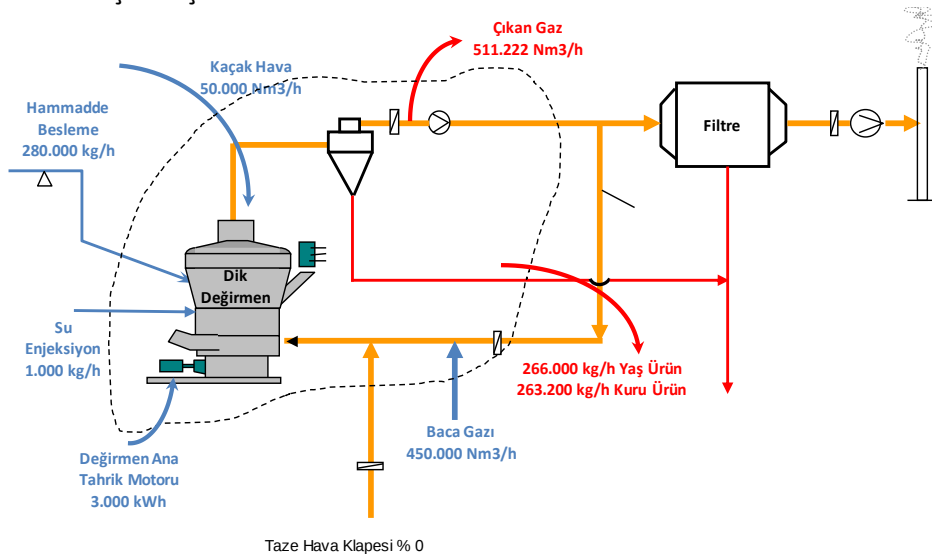
$$\text{Radyasyon kayıpları } (Q_{rad}) = 4 \times 10^{-8} \times (T_w - T_a) \quad \text{kCal/sm}^2\text{K}$$

$$\text{Konveksiyon kayıpları } (Q_{kon}) = 80,33 \times \left(\frac{T_w + T_a}{2} \right) - 0,724 \times (T_w - T_a) \times 1,333 \quad \text{kCal/sm}^2\text{K}$$

- T_w = Yüzey sıcaklığı (K) (K=°C+273,15)
 T_a = Ortam sıcaklığı (K)

4.3. Dik Değirmenlerde Kütle-Enerji Denkliği Hesabı Örnek Çalışma

Enerji denkliğinin kurulabilmesi için en önemli noktalardan biri girdi-çıktı sisteminin belirlenmesidir. Şekil 20’de sistemin sınırları çizilmiştir.



Şekil 20- Sistemin sınırlarının belirlenmesi

Tablo 18’de girdilere ve çıktılara ait örnek değerler verilmiştir.

Tablo 148- Girdi- çıktı değerleri

FARİN DEĞİRMENİ GİRDİLERİ

Hammadde Besleme Yaş:	280.000	kg/h
Hammadde Nem Oranı %:	6%	%
Hammadde Besleme Kuru:	263.200	kg/h
Hammadde Nemi:	16.800	kg/h
Giren Sıcak Gaz (Baca Gazı):	450.000	Nm3/h
	625.500	kg/h
Kaçak Hava Miktarı:	50.000	Nm3/h
	64.650	kg/h
Su Enjeksiyon	1.000	kg/h
Değ. Ana Tahrik Güç Tüketimi:	3.000	kWh

FARİN DEĞİRMENİ ÇIKTILARI

Farin (Ürün-Yaş):	266.000	kg/h
Farin Nem Oranı %:	1%	%
Farin (Ürün-Kuru):	263.200	kg/h
Farin Nemi (%1):	2.660	kg/h
Çıkan Gaz Miktarı:	511.222	Nm3/h
	710.599	kg/h
Buharlaşan Su Miktarı:	15.140	kg/h

Hesaplamalarda kullanılan gaz yoğunlukları Tablo 19’da verilmiştir.

Tablo 159- Gaz yoğunlukları

GAZ YOĞUNLUKLARI

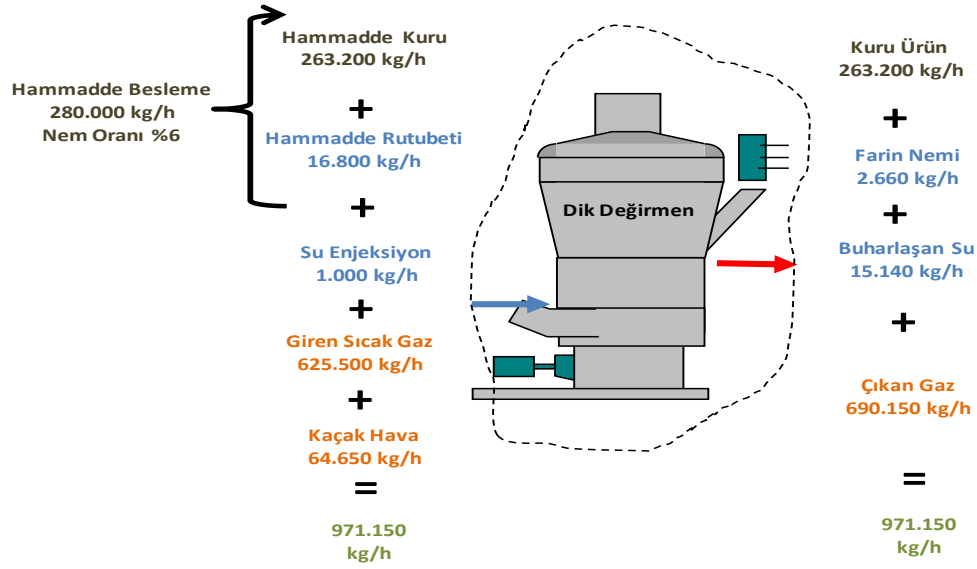
Baca Gazı	1,39	kg/Nm3
Hava	1,293	kg/Nm3

Cp Hesaplamaları başlığı altında verilen Tablo 15’e göre yapılan Cp hesaplamaları sonucu değerler Tablo 20’de verilmiştir.

Tablo 20- Sıcaklıklar ve Cp Değerleri

	Sıcaklık:	Cp:	
Hammadde Besleme Kuru:	20	0,208	Cpg1
Hammadde Nemi (%5):	20	1,000	Cpg2
Giren Sıcak Gaz:	170	0,248	Cpg3
Kaçak Hava Debisi:	20	0,237	Cpg4
Su Enejsiyon:	20	1,000	Cpg7
Farin Kuru (Ürün):	85	0,214	Cpç1
Farin Nemi (%1):	85	1,000	Cpç2
Su buharı	85	0,447	Cpç4
Çıkış Gazı:	85	0,243	Cpç3

Yukarıda verilmiş olan girdi- çıktı değerleri doğrultusunda kurmuş olduğumuz sistem için kütle dengliği Şekil 21’de verilmiştir.



Debi balans hesabı için sisteme giren ve çıkan ısıya ait formüller ve açıklamalar Tablo 21’de verilmiştir.

Tablo 21- Giren ısı – çıkan ısı formülleri

GİREN ISI

Qg1	$g1(\text{kg/h}) \cdot Cp_{g1}(\text{kcal/kg.C}) \cdot dT(\text{C})$	(kcal/h)	Kuru bazda hammadde ile sisteme giren ısı
Qg2	$g2(\text{kg/h}) \cdot Cp_{g2}(\text{kcal/kg.C}) \cdot dT(\text{C})$	(kcal/h)	Hammadde içindeki rutubet(su) ile sisteme giren ısı
Qg3	$g3(\text{kg/h}) \cdot Cp_{g3}(\text{kcal/kg.C}) \cdot dT(\text{C})$	(kcal/h)	Kurutma ve taşıma için kullanılan baca gazı ile sisteme giren ısı
Qg4	$g4(\text{kg/h}) \cdot Cp_{g4}(\text{kcal/kg.C}) \cdot dT(\text{C})$	(kcal/h)	Kaçak hava ile sisteme giren ısı
Qg5	$\cos\eta \cdot 860(\text{kcal/kWh}) \cdot g5(\text{kWh})$	(kcal/h)	Değirmen ana tahrik motoru gücü ile sisteme giren ısı
Qg6	$SHO_{\text{yakıt}}(\text{kg/h}) \cdot \text{Yakıt Kalori}(\text{kcal/kg})$	(kcal/h)	Sıcak hava ocağında yakılan yakıt ile sisteme giren ısı (gerekli durumlarda)
Qg7	$g7(\text{kg/h}) \cdot Cp_{g7}(\text{kcal/kg.C}) \cdot dT(\text{C})$	(kcal/h)	Dik değirmene su beslemesi yapılıyor ise verilen su ile sisteme giren ısı

ÇIKAN ISI

Qç1	$\ç1(\text{kg/h}) \cdot Cp_{\ç1}(\text{kcal/kg.C}) \cdot dT(\text{C})$	(kcal/h)	Kuru bazda farin ile sistemden çıkan ısı
Qç2	$\ç2(\text{kg/h}) \cdot Cp_{\ç2}(\text{kcal/kg.C}) \cdot dT(\text{C})$	(kcal/h)	Farin içindeki rutubet(su) ile sistemden çıkan ısı
Qç3	$\ç3(\text{kg/h}) \cdot Cp_{\ç3}(\text{kcal/kg.C}) \cdot dT(\text{C})$	(kcal/h)	Değirmen çıkışı sıcak gaz ile sistemden çıkan ısı
Qç4	$\ç4(\text{kg/h}) \cdot (586(\text{kcal/kg}) + Cp_{\ç4}(\text{kcal/kg.C}) \cdot dT(\text{C}))$	(kcal/h)	Hammadde içindeki rutubet ve su enjeksiyon nedeniyle buharlaştırılan su ile sistemden çıkan ısı
Qç5	$\Sigma Q_{\text{girdiler}} - \Sigma Q_{\text{çıkıtlar}}$	(kcal/h)	Yüzey ısı kayıpları

- g1: Rutubetsiz hammadde miktarı (kg/h)
g2: Hammadde içinde sisteme giren nem miktarı ile değirmene enjekte edilen su miktarı (kg/h)
g3: Kurutma ve taşıma için kullanılan bacagazı ile sisteme giren toz miktarı (kg/h)
g4: Kaçak hava ile sisteme giren hava debisi (kg/h)
g5: Değirmen ana tahrik motor gücü (kWh)
g6: Sıcak hava ocağında yakılan yakıtın debisi (kg/h)
g7: Değirmene yapılan su beslemesi (kg/h)
ç1: Değirmenden çıkan rutubetsiz ürün miktarı (kg/h)
ç2: Ürün içerisinde sistemi terk eden su ve nem miktarı (kg/h)
ç3: Değirmenden çıkan gazın debisi (kg/h)
ç4: Değirmenden buharlaştırılarak uzaklaştırılan su miktarı (kg/h)

Yapılan hesaplamalar doğrultusunda kurulan ısı balansı Tablo 22'de verilmiştir.

Tablo 162- Isı balansının kurulması ve ısı değerleri

ISI BALANSI (Ref: 0 Celcius)							
GİRDİLER				ÇIKTILAR			
Qg1	Hammadde Besleme Kuru:	1.094.939	kcal/h	Farin Kuru (Ürün):	4.845.723	kcal/h	Qç1
Qg2	Hammadde Nemi (%5):	336.000	kcal/h	Farin Nemi (%1):	226.100	kcal/h	Qç2
Qg3	Giren Sıcak Gaz (Baca Gazı):	26.371.584	kcal/h	Çıkış Gazı:	14.279.057	kcal/h	Qç3
Qg4	Kaçak Hava Debisi:	307.036	kcal/h	Su Buharlaşma Isısı:	9.446.663	kcal/h	Qç4
Qg5	Değirmen ana tahrik	2.064.000	kcal/h	Isı Kayıpları (~%5)	1.396.016	kcal/h	Qç5
Qg6	Sıcak gaz jeneratör	-	kcal/h				
Qg7	Su Enjeksiyon	20.000	kcal/h				
	Toplam:	30.193.559	kcal/h	Toplam:	30.193.559	kcal/h	

Resirkülasyon malzemesi sistem sınırları içinde olduğundan ve giriş/çıkış sıcaklıkları eşit olduğundan enerji denkliliğine dâhil edilmemiştir. Isı kayıpları % 5'i geçmesi durumunda hesaplamaların tekrar kontrol edilmesi gerekmektedir.

Isı balansının kurulması için kullanılan hesaplamalar aşağıda verilmiştir:

Girenler:

$$Qg1 \text{ kcal/h} = 263.200 \text{ kg/h} \times 0,208 \text{ kcal/kg} \cdot C \times (20-0) \cdot C = 1.094.939 \text{ kcal/h}$$

$$Qg2 \text{ kcal/h} = 16.800 \text{ kg/h} \times 1 \text{ kcal/kg} \cdot C \times (20-0) \cdot C = 336.000 \text{ kcal/h}$$

$$Qg3 \text{ kcal/h} = 625.500 \text{ kg/h} \times 0,247 \text{ kcal/kg} \cdot C \times (170-0) \cdot C = 26.371.584 \text{ kcal/h}$$

$$Qg4 \text{ kcal/h} = 64.650 \text{ kg/h} \times 0,237 \text{ kcal/kg} \cdot C \times (20-0) \cdot C = 307.036 \text{ kcal/h}$$

$$Qg5 \text{ kcal/h} = 0,8 \times 860 \text{ kcal/kWh} \times 3000 \text{ kWh} = 2.064.000 \text{ kcal/h}$$

$$Qg6 \text{ kcal/h} = 0 \text{ kg/h} \times 0 \text{ kcal/kg} = 0 \text{ kcal/h}$$

$$Qg7 \text{ kcal/h} = 1.000 \text{ kg/h} \times 1 \text{ kcal/kg} \cdot C \times (20-0) \cdot C = 20.000 \text{ kcal/h}$$

Çıkanlar

$$Qç1 \text{ kcal/h} = 266.000 \text{ kg/h} \times 0,214 \text{ kcal/kg} \cdot C \times (85-0) \cdot C = 4.845.723 \text{ kcal/h}$$

$$Qç2 \text{ kcal/h} = 2.660 \text{ kg/h} \times 1 \text{ kcal/kg} \cdot C \times (85-0) \cdot C = 226.100 \text{ kcal/h}$$

$$Qç3 \text{ kcal/h} = 690.150 \text{ kg/h} \times 0,243 \text{ kcal/kg} \cdot C \times (85-0) \cdot C = 14.279.057 \text{ kcal/h}$$

$$Qç4 \text{ kcal/h} = (16.800 \text{ kg/h} - 2.660 \text{ kg/h}) \times (586 \text{ kcal/kg} + (0,447 \text{ kcal/kg} \cdot C \times 85 \cdot C)) = 9.446.663 \text{ kcal/h}$$

$$Qç5 \text{ kcal/h} = 28.812.525 \text{ kcal/h} - 25.817.301 \text{ kcal/h} = 1.396.016 \text{ kcal/h}$$

5- MEKANİK VE GÖRSEL ETÜTLER

5.1. Değirmene Giriş Talimatı

Değirmende gerçekleştirilecek mekanik ve görsel etütler değirmen içerisinde yapılacak işe iş sağlığı ve güvenliği açısından duruş yapmış değirmene girmeden önce dikkat edilmesi gereken kuralların belirlenmiş olması gerekmektedir. Belirlenmiş olan bu kuralların talimata dönüştürülerek ilgili birimlerce biliniyor olması sağlanmalıdır. Talimatın asgari düzeyde aşağıdaki maddeleri içermesi önerilmektedir:

- ❖ Değirmene girmeden enerjiyi kestir. EKED'i uygula (Enerjiyi Kes- Kilitle- Etiketle-Dene) (Değirmen ana tahrik, yardımcı tahrik, besleme bandı, elevatör, değirmen fanı (gerekmesi durumunda) vb.)
- ❖ Sıcak gaz hattı klapesininin kapalı olduğunu yerinde kontrol et ve EKED uygula.
- ❖ Değirmene malzeme besleyen noktaların klapelerini kapatır ve EKED uygula.
- ❖ Değirmen içerisindeki yağ ve su sistemlerini kapat ve EKED uygula.
- ❖ Değirmen içerisinde uygun emiş fan vasıtasıyla operatöre ayarlatır/kapatır (malzeme ve sisteme göre).
- ❖ Kapalı alan çalışma iznini doldur.
- ❖ Değirmenin dışında mutlaka bir gözcü (yanında telsizi olan) bulundur.
- ❖ Kişisel koruyucu donanımını kullan (baret, iş eldiveni, iş güvenlik gözlüğü, toz maskesi, reflektif tulum, kulaklık, bot tipi iş güvenlik ayakkabısı vb.)
- ❖ Merkezi Kontrol Odasına (CCR) ve MCC Odasına ilgili değirmenin ekranının olduğu yere "değirmende çalışma var" tabelasını astır.
- ❖ Düşmeyi önleyici ekipmanları (Paraşüt tipi emniyet kemeri vb.) önceden kontrol ve hazır et.
- ❖ Değirmen içerisinde mobil olarak kullanılan gaz analiz cihazının değirmene girmeden şarjını ve çalıştığını kontrol et.

Değirmen içi sıcaklığı 50 °C oluncaya kadar değirmeni soğut (fanlar vasıtasıyla). Değirmene girmeden mobil gaz analiz cihazını (sesli-görüntülü uyarı veren) değirmen içerisine ipe sallandırarak gaz ölçümü yap. Değirmen içi aydınlatmaları sağladıktan sonra değirmene kontrollü bir şekilde gir. Ancak, tedarikçi firmaların vermiş olduğu manüeller kontrol edilerek kapağın açılma süresi talimatlandırılır. Bu işlem sıcaklık farkından dolayı röle ve tablanın zarar görmemesi için uygulanmaktadır.

- ❖ Değirmen içerisinde sıcak malzeme var ise içeri kalas attır.
- ❖ Değirmen içerisinde çalışırken mobil gaz analiz cihazını sürekli açık tut ve cihazdan alarm geldiğinde hemen değirmeni terk et. Gerektiğinde değirmen içerisinde oksijen maskesi ve oksijen tüpleriyle çalış (herhangi bir gaz sızıntısına karşı).
- ❖ Değirmen içerisine aktarılacak malzeme, plaka vb. için uygun ve kontrolü yapılmış monoray vinci, caraskal, opçuk, zincir, halat, el aletleri, sökülecek vals vb. için bu iş için özel tasarlanarak imal edilmiş ekipmanları kullan.
- ❖ Çalışma bitince değirmen içi ve çevresini kontrol et, değirmen kapağını kapat ve enerjiyi beslettir. Değirmenin etrafındaki koruyucu zincirleri, bariyeri etkin hale getir.
- ❖ İş başlangıcında ve bitiminde amirine haber ver.

5.2. Hidrolik Ünite Kontrolü

Değirmenin hidrolik aksamı kontrol edilmedi. Hidrolik odasında, boru hattında, değirmen vals pistonları giriş ve çıkışında dış ortama yağ kaçağı olmamalıdır. Operasyon sırasında iç kaçakların belirlenmesi için termal kamera ile piston ve valf grubu dönüş boru hatları kontrol edilmelidir (Resim 6).



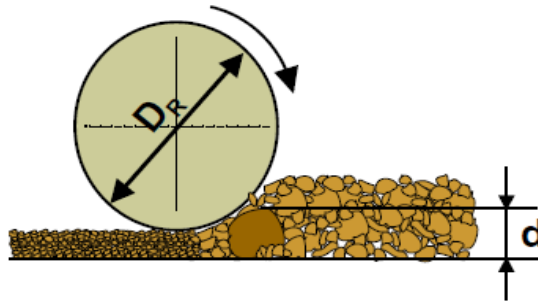
Resim 6- Hidrolik ünite kontrolü

Yağ hattında, sistem havasını blöf yapacak ekipmanlar kontrol edilmelidir. Bu ekipmanların çalıştığından emin olunmalıdır.

5.3. Tane Boyut Dağılımı Kontrolü

İnce ve kaba malzemenin karışımı sabit malzeme yataklaması oluşturmaktadır. Çok kaba malzeme aşırı sert vals hareketlerine sebep olurken çok ince malzeme de valslerin malzemenin üstünde kaymasına yol açmaktadır.

Bu sebeple kırıcı sonrası değirmenlere giren malzemenin kontrolü önem arz etmektedir. Hedeflenen aralıkta beslenen malzemenin boyutunun artması durumunda kırıcı ızgara aralıkları kontrol edilmelidir. Rollerin malzemeyi kapabilmesi için maksimum malzeme boyutu rollerin çapının maksimum % 5'i olmalıdır (d/DR) (Şekil 22).



Şekil 122- Tane boyut dağılımı

Ayrıca, kompakt bir yataklama oluşturmak için çok kuru malzeme istenmemektedir, bu sebeple malzeme su pulverizasyonu ile rutubetlendirilmektedir. Konu 5.6'da su pulverizasyonu hakkında detaylara yer verilmiştir.

Dik değirmenlerde besleme tane dağılımının etkileri Tablo 23'te gösterilmektedir.

Tablo 173- LM 36.4 değirmen için örnek besleme tane dağılımının değirmene etkisi

	Maksimum 90 mm	Maksimum 60 mm	Maksimum 30 mm
Kapasite (t/h)	240	248	262
Değirmen Ana Tahrik Motoru (kWh/t)	8,05	7,84	7,41
Değirmen Basınç Farkı (mbar)	76	75	73
Vibrasyon (mm/s)	5-7	5-6	4-6

5.4. Vibrasyon Kontrolü

- ❖ Mikro vibrasyon – Sıklık derecesi: 5-100 Hz ve sürücünden kaynaklanan yüksek genlik- muhtemelen hidrolik basınç ayarlarından dinamik etkilenir.
- ❖ (İnce besleme yada düşük hava debisi vibrasyonu (1-5 Hz) esas olarak vals boşluğundan yetersiz hava kaçmasından ve öğütme tablasında çok fazla ince malzemeden kaynaklanır.
- ❖ Ani Vibrasyon (tipik olarak 0.5-0.2 Hz ve yüksek genlikli); esas olarak büyük malzeme beslemesi ve değirmen içindeki yabancı maddelerden kaynaklanır.

Yüksek Vibrasyonla Nasıl Başa Çıkılır?

- ❖ Micro Vibrasyon:
 - Çalışma basınç set değerini mutlak minimum değerine kadar düşürerek.
- ❖ İnce besleme vibrasyon:
 - Besleme içindeki ince parçaların indirgenmesi (kırıcı ayarları) 1mm lik kısım %30 un altında tutularak
 - Sisteme su vererek
 - Hava debisini arttırarak
 - Tabla hızını düşürerek
 - Dam ring yüksekliğini düşürerek
- ❖ Ani Vibrasyon:
 - Besleme boyutunu vals çapının maksimum %3üne kadar düşürerek (kırıcı)
 - Metal ayıran dedektörleri geliştirerek

5.5. Gaz Giriş- Çıkış Kanalları ve Genleşme Bağlantılarının Kontrolü

5.5.1. Değirmen Sıcak Gaz Giriş Kanalı

Dik değirmen sıcak gaz giriş kanalları incelenmeli ve kanalların temiz olup olmadığı kontrol edilmelidir. Eğer Resim 7'de gösterildiği gibi malzeme birikintisi var ise ölçüsü alınmalı ve kapalı kısım yüzdesi hesaplanmalıdır. Daha sonra bu birikinti temizlenmelidir. Zira malzeme birikintisi olması hava akış dengesini bozmakta ve aynı zamanda sistem direncini artırmaktadır. Böylece gaz debisi düşmektedir. Normal operasyonda bu bölgede malzeme birikimi olmamaktadır. Bu bölgede malzeme birikimini azaltmak ya da önlemek için ekipmanların duruş ve devreye giriş sıralamaları kontrol edilmelidir.

Değirmen gaz kanalı içerisindeki hız 50- 65 m/s arasında ayarlanabilir. Değirmen girişindeki debi, hesaplanan açık alana bölünerek hız hesaplanabilir.

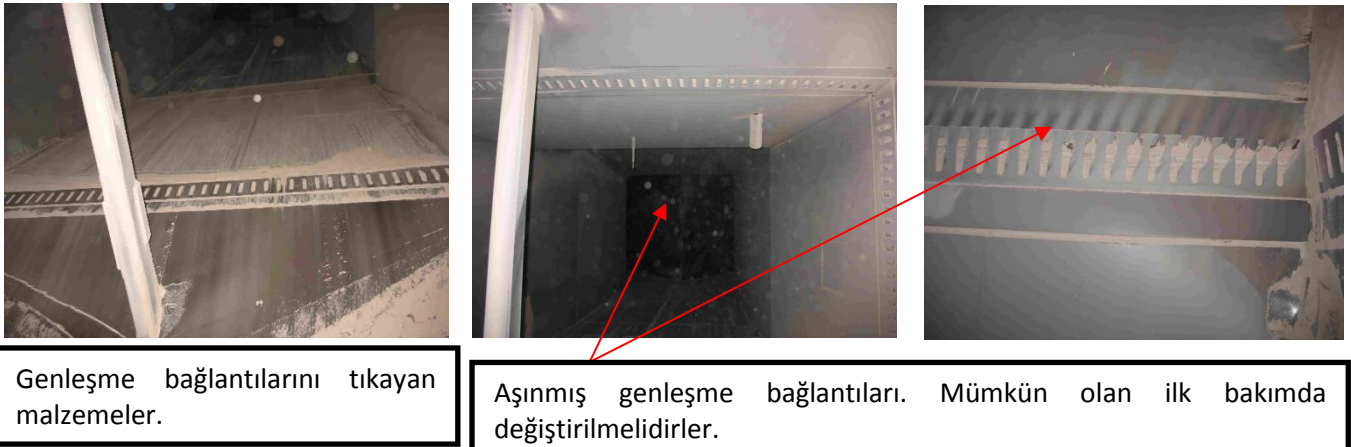


Resim 7- Sıcak gaz kanalı malzeme birikimi (referans)

5.5.2. Değirmen Gaz Çıkış Kanalı

Değirmen gaz çıkış kanalı genişleme bağlantıları malzeme ile dolmamalıdır (Resim 8). Değirmen çıkış gaz kanalı ile gaz borusu genişleme bağlantıları görev yapamaz hale gelirse birbirine direkt temas ederek vibrasyonun gaz boru hattına ve binaya iletilmesine neden olacaktır.

Değirmen gaz çıkış genişleme bağlantıları temizlenerek düzgün şekilde ayarlanmalıdır. Ayrıca, genişleme bağlantı noktalarındaki sızdırmazlık elemanlarında kaçak havalara neden olabilecek herhangi bir deformasyon ve yırtık olmamalıdır.



Resim 8- Değirmen gaz çıkış kanalı genişleme bağlantıları

5.6. Vals, Öğütme Tablası, Kavrama Kolu Muhafazası (Armour Protection Ring) Yüzey Kontrolleri

Vals ve tabla yüzeylerinde aşınmalar kontrol edilmelidir. Eğer ölçülebilir boyutta ise aşınma derinlikleri ölçülmeli ve takip edilmelidir. Aşınmanın en derin olduğu yer 30 mm'yi geçmemelidir. Bunun için değirmenin ilk montajında bir şablon hazırlatılmalı ve aşınma bu şablon üzerinden kontrol edilmelidir. Aşınmalar şablona uygun doldurulmalıdır. Dolgu kaynak yapılamıyor ise vals ve tabla değiştirilmelidir.

Vals manto kalınlıkları ölçülmeli ve kayıt altına alınmalıdır.

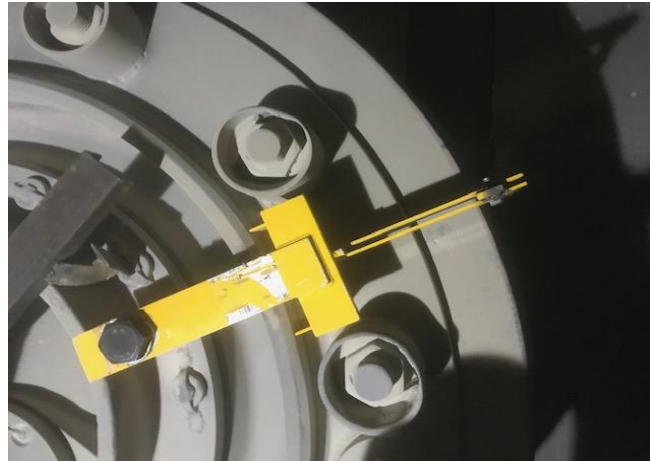
Kontrol ve ölçümler Resim 9, 10 ve 11’de gösterilmektedir.



Resim 9- Vals aşınma kontrolleri

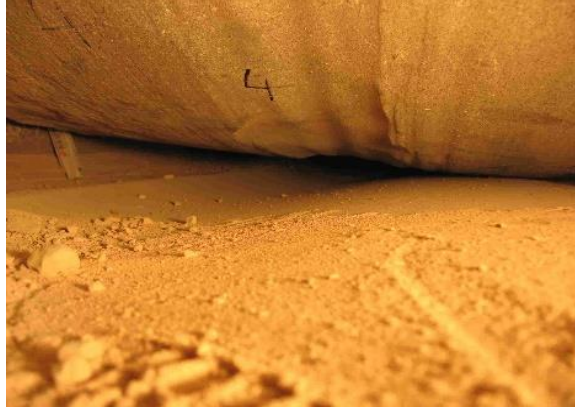


Resim 10- Aşınma kontrol şablonu



Resim 11- Aşınma kontrolleri

Vals ve tablanın birbirine paralel ve mümkün olduğunca eşit temas etmesine engel olan aşınmalar (Resim 12) dolgu kaynak ile ortadan kaldırılmalıdır.



Resim 12- Vals ve tabla yüzeyi aşınmalar ve eşit olmayan temas

Resim 13'te deforme olmuş öğütme tablası yüzeyine uygulanan kaynak işlemi ve kaynak öncesi-sonrasına ilişkin görseller verilmiştir.



Resim 13- Tabla kaynağı, kaynak öncesi aşınmış yüzey ve kaynak sonrası tabla yüzeyi

5.7. Vals ile Dam Ring-Support Ring Arası Mesafe Kontrolü

Dam ring ile vals arkası arasındaki mesafeler ölçülmeden önce valsler tamamen indirildiğinde, vals yüzeyi ile öğütme tablası arası mesafe $H=0$ olmalıdır. Valsler öğütme tablasına paralel olmalı ve vals öğütme yüzeyi tablaya eşit temas etmelidir. Valsin gaz kanalı tarafında bulunan support ringin dam ring ile olan mesafesi ölçülerek kontrol edilmelidir.

Resim 14'te gösterildiği şekilde her vals ile dam ring arası mesafe aynı ölçülmelidir. Vals ile dam ring arkası mesafeyi ayarlamaya yarayan "Distance Ringler"i kontrol edilmeli, gerek görülür ise ayarlanmalıdırlar. Loesche dik farin değirmeni için önerilen vals ve dam ring arası mesafe 15-20 mm'dir.

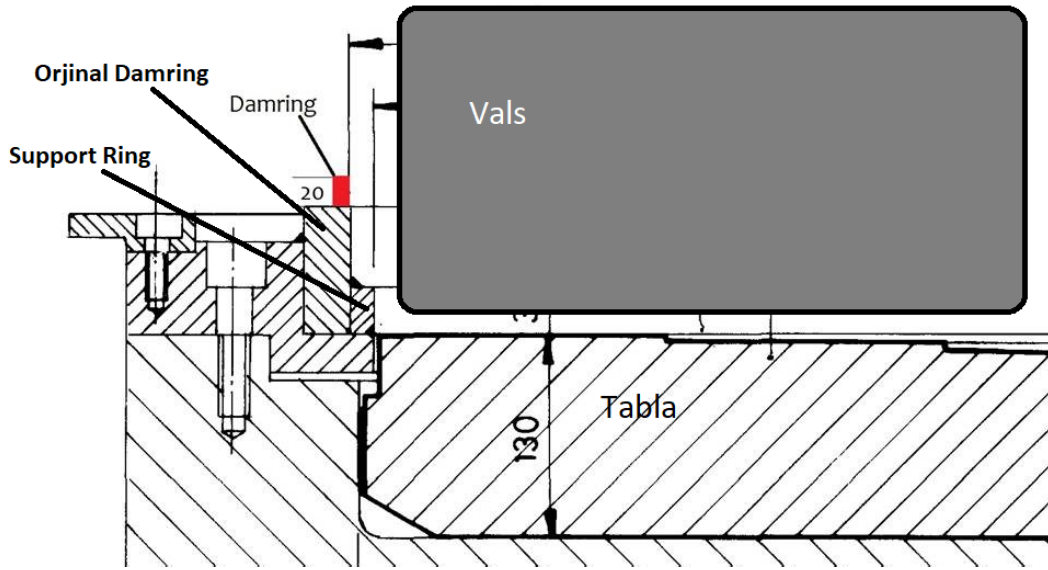
Aynı ölçülmediği takdirde farklı yataklama yüksekliğine ve valslerdeki aşınmaların farklı olmasına sebep olacaktır. Öğütme prosesini doğrudan etkileyen parametredir.



Resim 14- Vals ve dam ring arası mesafe ölçümleri

5.8. Dam Ring- Support Ring Kontrolü

Dam ring, malzemenin yataklama yapması için önemlidir. Üreticinin belirlediği yüksekliğin dışında kullanıcılar bu yükseklii artırmaktadırlar. Her tesise göre değişen bu yükseklik tesis şartları göz önüne alınarak deneme yanılma yoluyla bulunmaktadır. Dam ring ve support ringi gösteren teknik çizim Şekil 23'te yer almaktadır.



Şekil 23-13 Dam ring- support ring konumu

Dam ring yüksekliği ve genişliği her duruşta mutlaka ölçülmeli ve kayıt altına alınmalı, fiziksel durumu kontrol edilmelidir. Yükseklik ve genişlik ölçümleri Resim 15 ve 16'da gösterilmektedir. Düşük dam ring yüksekliği ve fiziksel durumu, değirmen operasyonu için çok kritik bir parametredir. Ana tahrik motoru akımı, değirmen tonajı ve ıskarta miktarı direkt olarak dam ring yüksekliğinin fonksiyonlarıdır.



Resim 15- Dam ring yüksekliği ölçümü



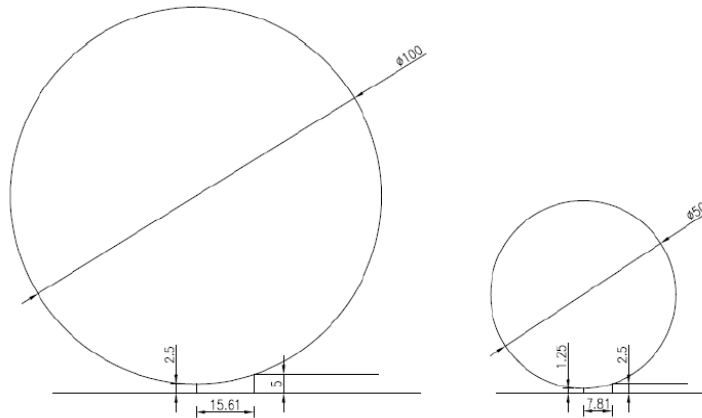
Resim 16- Dam ring genişliği ölçümü

Resim 17’de gösterildiği şekilde dam ring yüksekliği çevresel olarak her yerde eşit ölçülmelidir. Dam ring parçalarında aşınma var ise parçalar uygun yüksekliğe kadar kaynatılmalıdır.

Dam ring ile tablanın birleşme noktasında olan support ring durumu da kontrol edilmelidir. Support ring aşınmaları değirmen öğütme performansına olumsuz etki ederek ıskarta miktarını artırabilir. Aşınmış dam ring ve support ring parçaları yenilenmelidir.



Resim 17- Çevresel dam ring yüksekliği ölçümleri



Şekil 24- Vals çapına göre dam ring yüksekliğindeki değişimler

Malzeme yatak kalınlığı yaklaşık olarak vals çapının % 2- 3'ü kadar olmalıdır. Bu değer dam ring yüksekliği için belirleyici faktörlerdendir. Dam ring yüksekliği ise ideal olarak vals çapının % 5'i olmalıdır. Vals çapına göre dam ring yüksekliğindeki değişim Şekil 24'te gösterilmiştir. Bu değerler operasyon başlangıcı için referans değerler olup her değirmen operasyon verilerine (ana tahrik motoru güç tüketimi, ıskarta miktarı, vibrasyon vb.) göre en uygun çalışma noktasını bulmalıdır.

5.9. Vals Pozisyon Sensör Kontrolü

Vals pozisyonunun üretici firmaya göre kontrolü değişmektedir. Tabla ile vals arasındaki en yakın mesafe Resim 18'de gösterildiği gibi plaka yardımı ile kontrol edilmeli ve ayarlanmalıdır. Tüm mesafeler birbirine eşit olmalıdır. Bu mesafe üretici ve kullanıcısına göre değişmekle birlikte 0- 25 mm arasındadır.



Resim 18- Tabla ile vals arasındaki mesafe ölçümü

5.10. ıskarta Küreklerin (Sıyırıcı) Kontrolü

Resim 19'da gösterildiği şekilde ıskarta küreklerinde aşınma veya kırılma kontrolü yapılmalıdır. Küreklerde oluşabilecek kırılmalar ıskarta malzemenin dışarıya alınmasını zorlaştıracak ve tablada yığın oluşturacaktır. Değirmen enerji tüketimi artacaktır.



Resim 19- ıskarta küreği

5.11. Separatör Geri Dönüş Konisi ve Taze Besleme Şutu Kontrolü

Geri dönen kaba malzeme ile taze beslemenin, döner tablanın merkez bölgesine düzgün şarjı için geri dönüş konisi ve taze besleme şutunda şekil bozuklukları olmamalıdır (Resim 20).



Resim 20- Geri dönüş konisi ve taze besleme şutu

5.12. Çalışma Basıncı- Karşılama Basıncı

Vals pistonlarının akü basınçları kontrol edilmelidir (Resim 21 ve Şekil 25). Değirmenin operasyon sırasında iki basıncı vardır. Birincisi ilk devreye alınırken oluşturduğu kalkma basıncı ve ikincisi de sonrasındaki operasyon basıncı. Akü basınçları ilk kalkıştaki basınca göre ayarlanmalıdır ve bu basıncın % 70'i olmalıdır.



Resim 21- Vals pistonu akümülatörleri



Şekil 25- Akümülatör azot basınçları

Çalışma Prensibi

Çalışma ve karşılama basınçları için gerekli kontroller

- Görsel Kontroller
 - Akümülatörler üzerinde hazar veya korozyon
 - Akümülatörlerin uygun bir şekilde sabitlenmesi
 - Vana koruma kapaklarının doğru bir şekilde takılması
 - Yağ kaçağı
- Bakım
 - Bütün akümülatörlerin azot basınç kontrolü
 - Vanaların uygun şekilde takıldığıının kontrolü
 - Mesane (Resim 22) ve contaların değişimi
 - Basınç kontrolleri
 - Haftada bir azot basınç kontrolü
 - Eğer basınç kaybı yok ise 4 ayda 1
 - Eğer basınç düşüşü yok ise 6 ayda 1
- Periyot
 - Günlük Görsel Kontrol



Resim 22- Akümülatör mesane

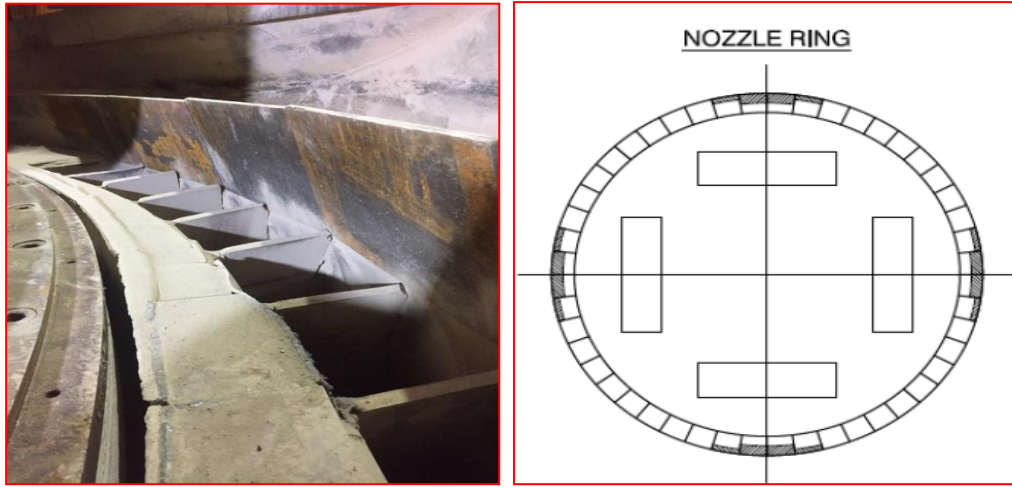
5.13. Louvre (Nozzle) Ring ve Armour Ring

Gaz kanalının arkasında bulunan yönlendirme ringinin (Armour ring) kontrol edilmesi önemlidir. Bu ring, malzemenin anafor içerisine girerek seperatöre ulaşmasını sağlamaktadır. Olması gereken açı üreticisi tarafından verilmektedir (Loesche değirmenleri için genellikle 15- 20 derece arasında tavsiye edilmektedir). Ancak manüeller kontrol edilmeli, üretici tarafından verilen derecelere göre kontrol yapılmalıdır. Armour ring segmentinde Resim 23'te gösterilen boşluk ve aşınmaların olmaması gerekmektedir.



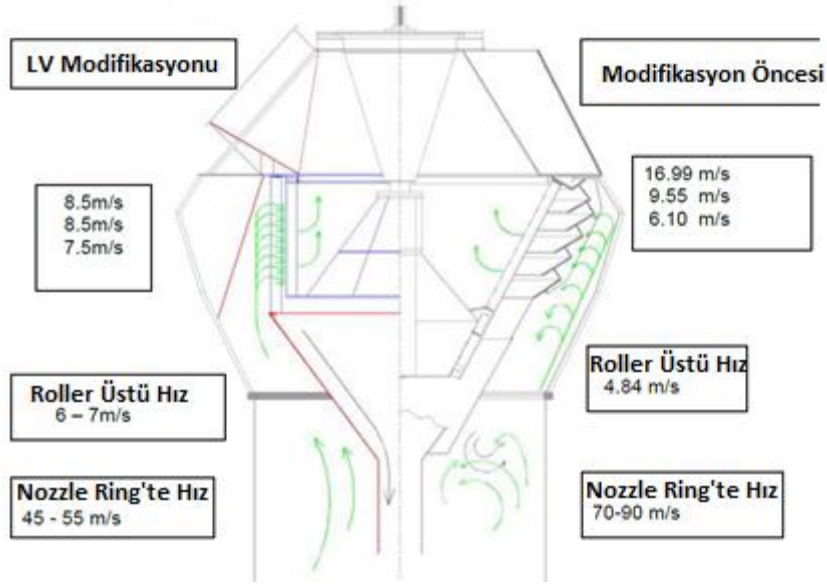
Resim 23- Armour ring kontrol tespitleri

Değirmen gaz giriş kanalında bulunan ve Şekil 26’da çizimi verilen nozzle ringler değirmen performansını doğrudan etkilemektedirler. Nozzle ringlerin açıları ayarlanarak ve bazı bölmeleri kapatılarak değirmen içi gaz akış karakteristiği değiştirilebilmektedir. Nozzle ringler plaka ile kapatılmış ise kapalı kısım yüzdesi hesaplanmalıdır. Değirmenin girişindeki debi, hesaplanan açık alana bölünerek hız hesaplanabilir



Şekil 26- Nozzle ring açısı görseli ve kapama örneği

Değirmen gaz kanalı içerisindeki hız 50 – 65 m/s arasında ayarlanabilir ve 60 derecelik açılar ile operasyon koşulları iyileştirilebilir. Eğer harici geri dönüş yok ise 65-70 m/s hızda 35-49 derecelik nozzle ring eğimleri tavsiye edilmektedir. Operasyon gereği nozzle ringlerdeki hızları ayarlamak amacıyla plaka ile kapatma yapılmış ise kayıt altına alınmalı ve kontroller esnasında aşınma var ise değiştirilmelidir.



Şekil 27- Değirmen gaz kanalı içerisindeki hız ve açı ayarı (LVT Separatörlü Valsli Dik Değirmen)

Şekil 27’de dik değirmen içinde separatör koniğinde, separatör ve separatör kanatlarının bulunduğu bölgenin dış gövdesinde yapılan bazı modifikasyonlar ile kritik proses değerlerinin nasıl değiştiği görülmektedir. Buna göre, tabla ve vals üzerindeki gaz hızını artırmak için ve malzeme-gaz sirkülasyonunu azaltmak için konikte modifikasyon yapılmıştır, ayrıca separatör sabit kanatları ve rotor değişimi ile separatör verimliliğinin artırılması mümkün olmaktadır. Bütün bu değişiklikler ile daha az debi ile aynı işin daha verimli yapılabilmesi sağlanabilmektedir, değirmen nozzle ring hava hızları düşmekte ve değirmen dP değeri düşürülerek daha az enerji ile daha fazla kapasite kazanılabilmektedir.

Değirmen ıskarta miktarının değirmen operasyonu ile karşılaştırması Tablo 24’te sunulmuştur:

Tablo 24- Değirmen ıskarta miktarının değirmen operasyonu ile karşılaştırması (LVT Separatörlü Valsli Dik Değirmen)

External Circulation % of New Feed, app.	10%	50%	150%
Capacity	295	300	305
Residue, 90 micron	10	10	10
Kwh/ts, mill	8.50	8.90	9.80
Kwh/ts fan	6.80	6.90	7.40
Delta P, Mill	58	60	64
Velocity at Nozzle Ring	30	30	30
Water Spray at Table, cum/hr	0	6	12

5.14. Değirmen Gövde Vals Sızdırmazlıkları (Lever Sealing)

Değirmen operasyonunda sürekli kontrol edilmesi gereken gövde vals sızdırmazlıkları duruşlarda onarılmalı ve kaçak hava minimize edilmelidir. Bu bölgede gerçekleşen kaçaklar değirmen operasyonunu doğrudan etkileyecektir. Değirmen gövde vals sızdırmazlığı Resim 24'te gösterilmiştir.



Resim 24- Değirmen gövde vals sızdırmazlığı

5.15. Separatör Kanat ve Rötör Kontrolü

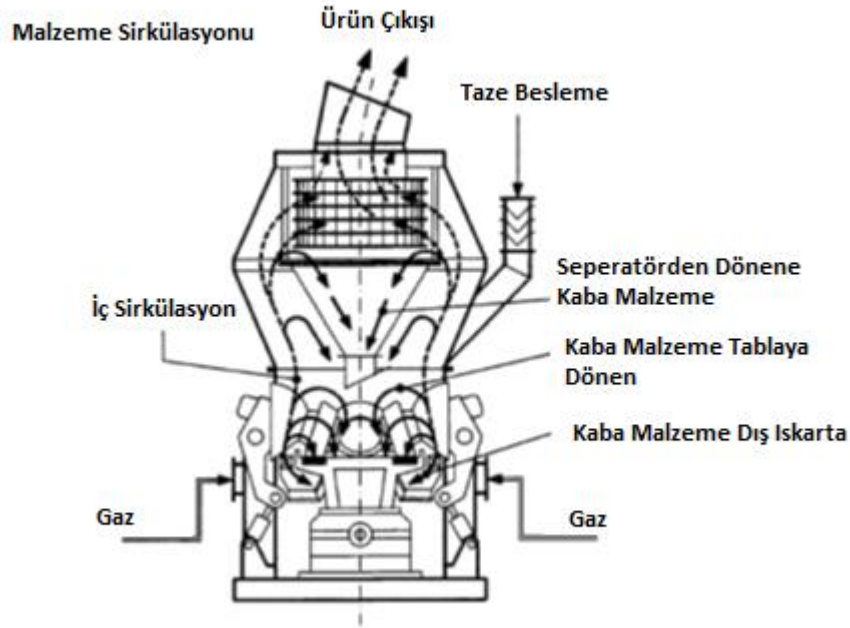
Separatör kanat ve rötorda aşınma kontrolü yapılmalıdır (Resim 25). Separatörde yaşanacak olan deformasyonlar incelik dağılımını bozacak ve kaba ürün çıkmasına sebep olacaktır. Üretici tarafından verilen açı değerleri de kontrol edilmelidir ve genellikle 30- 60 derece arasındadır.



Resim 25- Separatör kanatları ve mesafe ölçümü

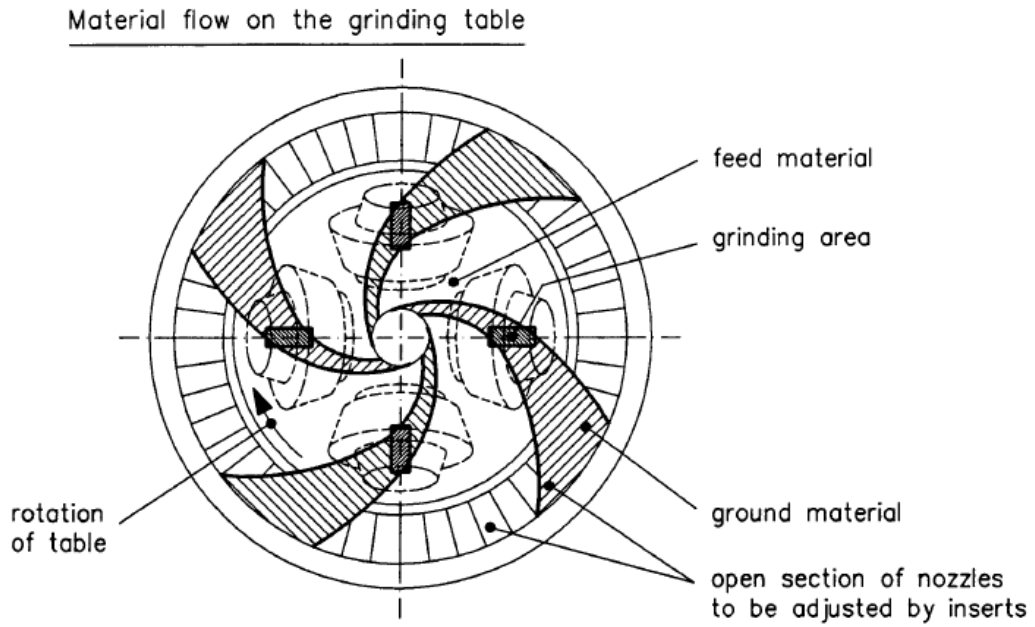
Separatör hareketli kanat ile sabit kanat arası mesafe separatör hareketli kısmın (rotor çapının) % 2'sinden fazla olmalıdır. Ayrıca rotorun dönen kısmı ile sabit kısmı arasındaki mesafe maksimum 10 mm olmalıdır.

Değirmende bulunan ekipmanların dönüş yönü ve dönüş açısı aynı yönde olmalıdır. Bu sayede değirmen içerisinde düzgün bir hava akımı ve vorteks oluşarak hem malzemenin düşük basınçla taşınması hem de separatörde daha verimli tane boyut dağılımı yapması sağlanır. Bu durum değirmen iç sirkülasyonu için önemlidir (Şekil 28-29).



Şekil 28- Değirmen iç sirkülasyon görseli

Figure 6 Grinding Aspects.



Şekil 29- Değirmen içi malzeme akışı görseli

5.16. Değirmen Su Püskürtme Sisteminin Kontrolü

Su vermek ince malzemenin vals altında kalma süresini artırmaktadır. Besleme değirmene verildikten sonra su spreyleme açılır. Su valslerin ön kısmına verilir ve miktarı mal ve değirmen şartları kontrol edilerek ayarlanır. Su püskürtülmesi tozlu malın valsler altından kaymasını önlemektedir (Resim 26).



Resim 26- Değirmen içi su püskürtme sistemi

6- DİK DEĞİRMEN MAJÖR OPERASYON PARAMETRELERİ ve TİPİK REFERANS DEĞERLERİ

6.1. Dik Değirmen Majör Operasyon Parametreleri

Dik değirmenlerde gerçekleştirilen operasyonlarda yaşanabilecek olaylara ilişkin parametrelerin ilişkisini ve muhtemel sebeplerini içeren çalışma Tablo 25'te verilmiştir.

Tablo 185- Majör operasyon parametreleri

MAJÖR OPERASYON PARAMETRELERİNİN İLİŞKİSİ							
Parametreler	Vibrasyon	Basınç Düşüşü	Değirmen Motor Gücü	Materyal Yatak Yüksekliği	Değirmen çıkış gaz akışı	Elevatör gücü	Muhtemel sebepleri
Değirmen Dolu	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Yüksek	Fazla besleme çok ince ürün Hidrolikte arıza Besleme tane boyutu artışı Zor öğünme Gaz akışı
Değirmen boş	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Düşük	Yetersiz besleme Kaba ürün (incelik yüksek) Besleme tane boyutu ince Kolay öğünebilirlik Besleme kesilmesi
Yüksek sirkülasyon yükü	Hidrolik basınç ve değirmen besleme tonajıyla stabil tutulabilir	Yüksek	Düşük	Düşük	Düşük	Yüksek	Dam ringin düzeltilmemesi, tabla değiştikten sonra Öğütme yatağının oluşmaması, sebebi de su vermemek ve rollerin büyük malzeme üzerinde oyalanması
Düşük sirkülasyon yükü	Hidrolik basınç ve değirmen besleme tonajıyla stabil	Düşük	Yüksek	Yüksek	Yüksek	Düşük	Dam ringin aşınmış tablaya göre ayarlanmaması

6.2. Dik Değirmen Majör Parametreler ve Tipik Referans Değerleri

Dik değirmen operasyonlarında majör parametreleri, tipik referansları ve önemli noktaları içeren çalışma Tablo 26'da verilmiştir.

Tablo 196- Majör parametreler ve tipik referans değerler

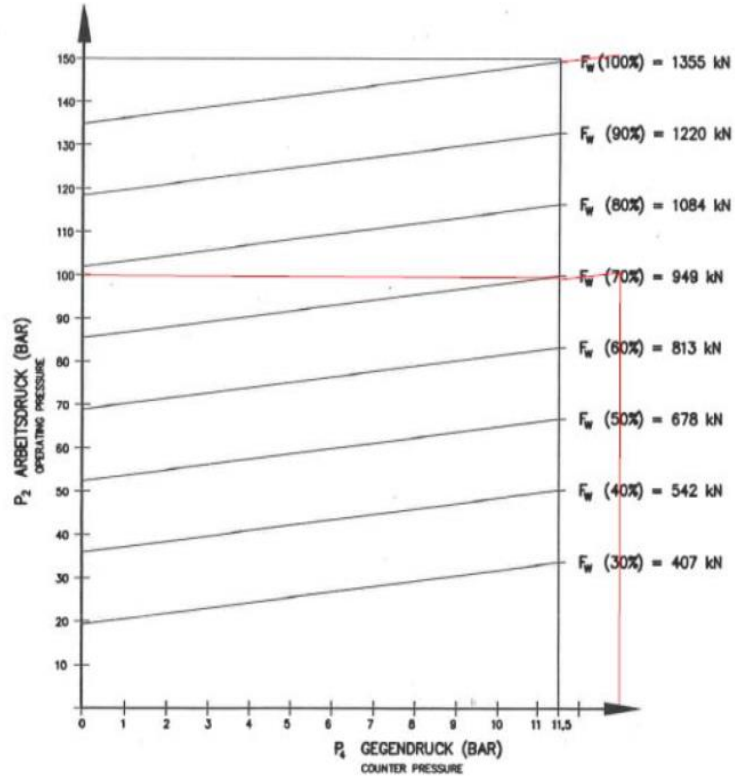
GEREKLİ MAJÖR PARAMETRELER VE TİPİK DEĞERLERİ				
Majör parametre	Gereklilikler	Çok Düşük	Çok Yüksek	Tipik değerleri
Besleme	Enerji tüketimini minimuma çekmek	Yüksek enerji tüketimi	Değirmen doluluğu ve aşırı yük	
	Fırını stabil halde tutmak			
Vibrasyon	Güvenli yerde tutmak	-	Değ. Parçalarına zarar verir	2-3 mm/s
Yatak Yüksekliği	Vibrasyonu önlemek için uygun seviyede tutmak	Yüksek vibrasyon	Düşük öğünme verimliliği	50-80 mm
Dam ring	Yatak yüksekliğini stabil tutmak için ayarlanmalı	Düşük yatak yüksekliğine bağlı vibrasyon ve yüksek elevatör enerjisi	Yüksek yatak yüksekliği, yüksek ana tahrik gücü	50-150 mm Polysius/ FLS/ Loesche 0-50 mm Pfeiffer
Ana tahrik gücü	Maximum beslemeye yakın çalışılmalı	Değirmen optimum çalışmalı	Değirmen devre dışı kalır	Maximum gücün %80-90 oranında çalışmalı
Hidrolik pres	Yatak yüksekliği ile orantılı çalışmalı	Yüksek yatak yüksekliği, yüksek sirkülasyon ve yüksek basıç düşüşleri.	Düşük yatak yüksekliği, düşük sirkülasyon yükü ve düşük basıç kayıpları	Maximum basıncın %80-90 oranında çalışmalı
Değirmen çıkış gaz debisi	Minimuma yakın çalışılmalı	Değirmen dolusu artar ve değirmen dolar	Değirmen optimumda çalışamaz	1,8- 2,2 Nm ³ /kg
Çürük hava			Üretim düşer yüksek enerji tüketimi	
Nozzle ring hızı	Reject beslemenin maximum %50 altında olacak şekilde ayarlanmalı	Çok fazla reject ve elevatör amperi artar	Yüksek basıncı kaybı ve yüksek enerji tüketimi	25-60 m/s sirkülasyonla birlikte 60-90 m/s sirkülasyon dışında
Basıncı düşüşü	Nozle ring ve dam ringe göre ayarlanmalı	Değirmen boş ayarlanamaz	Değirmen dolu ve devre dışı kalabilir	3,5-5 kPa sirkülasyonla birlikte 6-10 kPa sirkülasyon dışında
Fan hızı	Uygun debide çalışılmalı	Yetersiz proses kontrol debisi veya fan dizaynı	Yetersiz proses kontrol debisi	Maximum %90-95 oranında çalışmalı
Elevatör gücü	Taze beslemenin %50 eşdeğer	Değirmen optimuma ayarlanamaz	Yüksek geri dönüşle birlikte, yeniden start verildiğinde tablada büyük yığın oluşması	Maximum taze beslemenin %50 si olmalı.Elevatör yük kalibrasyonu yapılmalı
Spesifik enerji tüketimi	Minimum enerji tüketimiyle çalışılmalı	Değirmen enerji sayacı veya besleme sayacı kalibrasyonu yapılmalı	Değirmen enerji tüketimi ayarlanamaz	Değirmen ana tahrik 5-8 kwh/t total olarakta 13-17 kwh/t tüketmeli
Ürünün inceliği	Seperatör hızıyla kontrol edilir.Hedef inceliğe göre hız ayarlanır	Yüksek enerji tüketimi. Yüksek geridönüş ön ısıtıcıda.	Kontrol zayıf, seperatör problemleri ve fırında zor pışme	90 mikronda %10-12 212 mikronda %1 altında olmalı.
Su verme	Yatak oluşturmak için etkili	Vibrasyon artar ve değirmeni sabit yatakta tutmak zorlaşır	Yüksek enerji tüketimi.	Beslemenin %1-3 arasında olmalı
Sıyırıcı	Rejecti atmak için tabla altında bulunur	Yüksek malzeme tutunması ve yüksek enerji tüketimi	Yüksek reject	pfeiffer 250 mm feedsize 70 mm polysius 70 mm feedsize 40 mm

Dik değirmenlerde nominal üretim değirmen üreticilerinin tipik işletme basınçları aşağıda verilmiştir.

Nominal üretim için tipik işletme basınçları

- 1 Polysius : 130 – 150 bar
- 2 Loesche : 80 – 90 bar
- 3 Pfeiffer : 120 -150 bar
- 4 FLS Atox : 110 – 120 bar
- 5 FLS FRM : 75 – 80 bar

Çalışma basıncına göre olması gereken karşılama basınçları Şekil 30'da gösterilmektedir.



Şekil 30- Çalışma basıncına göre olması gereken karşılama basınçları (Örnek: Loesche)

7- KÖMÜR DEĞİRMENLERİ İÇİN İLAVE NOTLAR

Dam Ring: Vals çapının % 7'si olmalıdır.

Nozzle Ring: Kömür değirmenlerinde güvenlik sebebiyle harici ıskarta sirkülasyonu önerilmez. Düşük kömür yoğunluğu sebebiyle nozzle ringlerde hız 55 m/s olacak şekilde önerilmektedir.

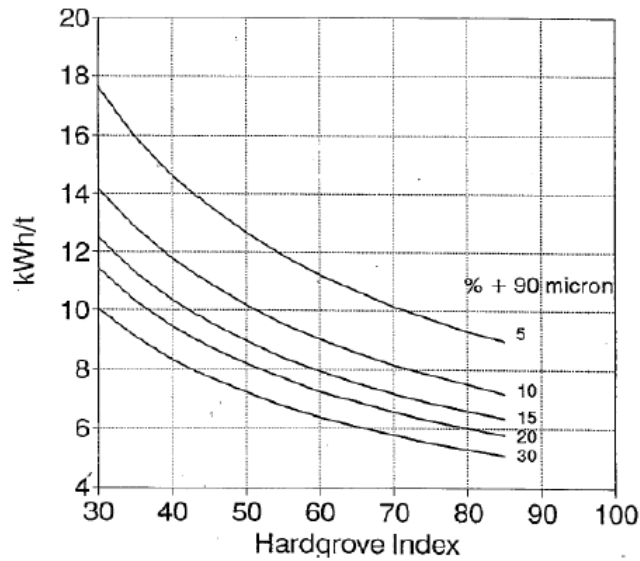
Separatör hareketli parça ile kanat üstündeki sabit yüzey boşluğu 2 mm olmalıdır (Resim 27).



Resim 27- Separatör hareketli parça ile kanat üstündeki sabit yüze olan boşluk

Kömür değirmenlerinde öğünebilirliğin enerji tüketimine etkisini gösteren grafik Şekil 31’de verilmiştir.

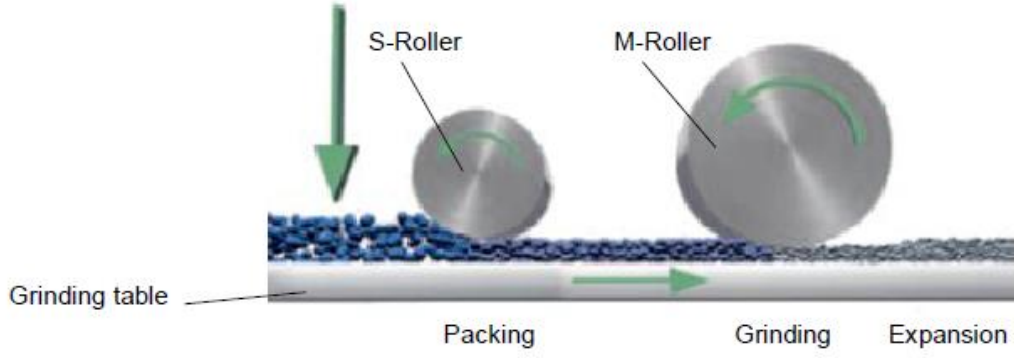
Vertical Roller Mill. Coal Grinding. kWh/t vs. Hardgrove Index.



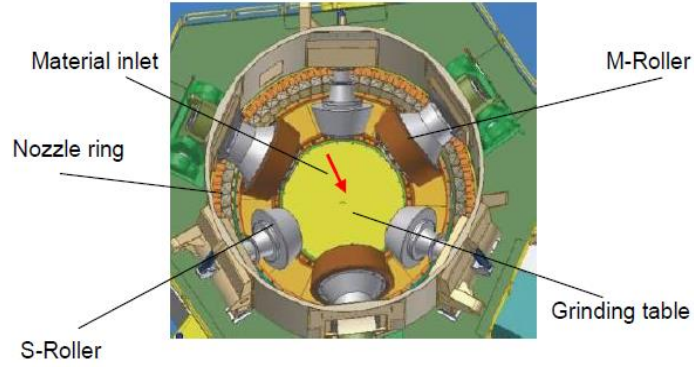
Şekil 31- Kömür değirmenlerinde öğünebilirliğin enerji tüketimine etkisi

8- ÇİMENTO DİK DEĞİRMENLERİ İÇİN İLAVE NOTLAR

Dik çimento değirmenlerinde kullanılan destek valslerde amaç, valslerin (S) öğütme malzemesiyle sürtünüp kaymasını önleyerek dönmesini ve böylece öğütme yatağının öğütme valsleri altında ezme işlemi için hazırlanmasını sağlamaktır. İki main (M) roller arasında düz ve sabit bir öğütme yatağı oluşturmak için bir support (S) roller vardır (Şekil 32 ve Şekil 33).



Şekil 32- Çimento dik değirmeni öğütme valsleri



Şekil 33- Çimento dik değirmeni yukarıdan görüntüsü

KAYNAKLAR

1. HeidelbergCement Group, 2004, Vertical Raw Mill Optimisation Guideline, Vol. 2
2. Kuleli Ö., 2009, Çimento Mühendisliği El Kitabı, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, Ankara
3. <http://www.thecementgrindingoffice.com/cemtech.html>
4. Loesche, 2018, Proceedings TecSem Duesseldorf
5. Holderbank Management and Consulting, Cement Seminar Process Technology
6. Vertical Roller Mill With LVT – Classifier
7. Holcim, Cement Manufacturing Course, Vol. 3, Process Technology I
8. Holcim, Cement Manufacturing Course, Vol. 4, Process Technology II
9. Holcim, Vertical Roller Mills , Process Engineering Certification Program
10. <https://www.cementequipment.org/>