

**ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE ALTERNATİF
HAMMADDE VE ALTERNATİF YAKIT
KULLANIMININ ÇEVRESEL YARARLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

EBRU ÖZTÜRK

Yüksek Lisans Tezi

Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yrd.Doç. Dr. Şeyma ORDU

Tekirdağ - 2016

T.C
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE ALTERNATİF HAMMADDE VE
ALTERNATİF YAKIT KULLANIMININ ÇEVRESEL YARARLARININ
DEĞERLENDİRİLMESİ**

EBRU ÖZTÜRK

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANA BİLİM DALI

DANIŞMAN: YRD. DOÇ. DR. ŞEYMA ORDU

TEKİRDAĞ 2016

Yrd. Doç. Dr. Şeyma ORDU danışmanlığında, Ebru ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “Çimento Sektöründe Alternatif Hammadde ve Alternatif Yakıt Kullanımının Çevresel Yararlarının Değerlendirilmesi” isimli bu çalışma aşağıdaki jüri tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Başkanı: Yrd. Doç. Dr. Tuba ÖZTÜRK

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Ertan ARSLANKAYA

İmza :

Üye : Yrd. Doç. Dr. Şeyma ORDU

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu adına
Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE ALTERNATİF HAMMADDE VE ALTERNATİF YAKIT KULLANIMININ ÇEVRESEL YARARLARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Ebru ÖZTÜRK

Namık Kemal Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Şeyma ORDU

Türk Çimento Sektörü, endüstriyel ve evsel nitelikli atıkları, lisanslı tesislerinde, alternatif yakıt veya hammadde olarak kullanabilmektedir. Alternatif yakıtlar genel olarak arıtma çamuru, atık yağ, ömrünü tamamlamış lastikler, solvent ve boya grupları altında toplanabilir. Alternatif hammaddeler ise maden atıkları, ısıl işlem atıkları, inşaat atıkları grupları altında değerlendirilebilir. Türkiye’ de 2013 yılında çimento fabrikalarında 500.000 ton atık alternatif yakıt, 720.000 ton atık alternatif hammadde olarak değerlendirilmiştir. AB ve ülkemiz mevzuatı uyarınca, tehlikeli atıklardan enerji kazanımı durumunda, atıklar en az 850°C - 1100 °C ortamda 2 saniye süre tutulmalı ve baca gazı arıtma sistemleri kurulmalıdır. Ancak, çimento klinker fırınlarında sıcaklık 900°C - 1400°C olup bekleme süresi en az 5 saniyedir. Bu durumda, yasaların istediğinden daha ileri teknolojik koşullar sağlanmakta olup, toz dışında ilave baca gazı arıtma ünitesi ihtiyacı bulunmamaktadır. Ülkemizin her bölgesinde hali hazırda kurulu olan, ilave arıtma ünitesi gerektirmeyen, emisyonları sürekli ölçüm cihazları ile takip edilen ve herhangi bir yanma atığı bulunmayan çimento fabrikalarının potansiyelinden yararlanılması ve sektörün atık yönetiminde çözüm ortağı olarak görülmesi büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmanın amacı alternatif hammadde ve alternatif yakıt kullanımının ve çevresel yararlarının değerlendirilmesidir. Örnek seçilen çimento tesisinde alternatif hammadde ve alternatif yakıt kullanım durumu, çevresel yararları hakkında bilgiler verilmiştir.

Anahtar kelimeler: Çimento Üretimi, Alternatif Hammadde, Alternatif Yakıt

2016 , 82 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

THE ENVIRONMENTAL BENEFITS EVALUATION OF USING ALTERNATIVE FUELS AND ALTERNATIVE RAW MATERIALS IN CEMENT INDUSTRY

Ebru ÖZTÜRK

Namık Kemal University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Environmental Engineering

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Şeyma ORDU

Turkish cement sector, industrial and domestic waste, in licensed premises can be used as an alternative fuel or raw materials. Alternative fuels generally sludge, waste oil, rubber end of life can be divided into groups of solvents and paint. The alternative raw mine waste, heat treatment waste, construction waste can be assessed under group. In Turkey, 500,000 tons of waste alternative fuel in cement factories in 2013, 720,000 tons of waste is considered as alternative raw materials. Under the legislation of the EU and our country, in the case of for energy recovery of hazardous waste, the waste of at least 850°C - 1100 °C environment should be kept for 2 seconds and flue gas treatment systems must be installed. However, in the cement kiln temperature 900°C - 1400°C with a dwell time of at least 5 seconds. In this case, you want more advanced technological conditions is provided by law, there is no need for additional flue gas treatment unit outside dust. In every region of our country is already installed, do not require additional treatment units, emissions are monitored by continuous measurement devices and be seen as any burn waste without the potential of the cement factory utilization and partner solutions in waste management sector it is of great importance. The aim of this study was to evaluate the use of alternative fuels and alternative raw materials and environmental benefits. Examples of alternative raw materials and alternative fuels in selected cement plants use state provides information about the environmental benefits.

Anahtar kelimeler: Cement Production, Alternative Raw Materials, Alternative Fuel

2016 , 82 pages

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
İÇİNDEKİLER.....	iii
ÇİZELGE DİZİNİ.....	v
ŞEKİL DİZİNİ.....	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	vii
ÖNSÖZ	viii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	3
2.1 Çimento Üretiminin Tarihçesi	3
2.1.1 İlk çimento fabrikası	4
2.2. Türkiye ve Dünyada Çimento Üretimi	5
2.3. Çimento Üretim Aşamaları	7
2.3.1. Ocak işletmeciliği faaliyeti	7
2.3.2. Hammadde ocakları-istihraç ve nakliye	7
2.3.3 Klinker ve çimento üretim faaliyeti	10
2.3.4 Kırıcılar ve preblending ünitesi	11
2.3.5 Klinker üretimi ünitesi.....	17
2.3.6. Yakıt ünitesi.....	19
2.3.7. Kömür stokholü ve ön karışım	20
2.3.8. Ön ısıtıcı siklonlar, döner fırın ve klinker soğutma	22
2.3.9. Çimento üretim ünitesi	23
2.3.10. Paketleme ünitesi	23
2.3.11. Çimento çeşitleri.....	23
2.4. Çimento Sektöründe Emisyon Kaynakları	26
3. MATERYAL-METOD	32
3.1. Çimento Sektöründe Alternatif Hammadde Kullanımı	32
3.2. Çimento Sektöründe Alternatif Yakıt Kullanımı	34
3.2.1. Beraber yakma tesisi lisansı almak için izlenecek yol ve mevzuat hükümleri	37
3.2.2. Çimento fırınlarında atık yakmanın çevresel yararları	38
3.2.3. Türk çimento sektöründe alternatif hammadde ve alternatif yakıt kullanımı	42
4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR	44

4.1. Örnek Olarak Seçilen Çimento Tesisinin Tanıtımı	44
4.1.1. İşletmenin iş akım şeması ve proses özeti	44
4.2. Örnek Tesiste Alternatif Hammadde Kullanımı.....	50
4.2.1. Alternatif hammaddelerin tesise kabulü, hazırlanması ve kullanılması	50
4.2.2. Tesise kabul edilen alternatif hammaddeler	51
4.2.3. Alternatif hammaddeler için yapılan analizler	52
4.2.4. Tesiste alternatif hammadde kullanımı	52
4.2.5. Tesise kabul edilen alternatif hammaddelerden örnekler ve sonuçları	53
4.3. Örnek Tesiste Alternatif Yakıt Kullanımı	55
4.3.1. Alternatif yakıtların tesise kabulü, hazırlanması ve kullanılması	55
4.3.2. Tesise kabul edilen alternatif yakıtlar	56
4.3.3. Alternatif yakıtlar için yapılan analizler	57
4.3.4. Tesiste alternatif yakıt kullanımı	57
4.3.5. Tesise kabul edilen alternatif hammaddelerden örnekler ve sonuçları	58
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	60
6. KAYNAKLAR	62
EKLER	64
ÖZGEÇMİŞ	74

ÇİZELGE DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Bazı ülkelere ait 2013 yılı çimento üretim miktarları	6
Çizelge 2.2 : Yakıt özellikleri.....	19
Çizelge 2.3 : Kömür tipine göre analiz sonuç karşılaştırması	21
Çizelge 3.1 : Alternatif yakıtların ısı değerleri	36
Çizelge 3.2 : Emisyon limit değerleri	37
Çizelge 3.3 : Düşük emisyon limit değerleri	38
Çizelge 3.4 : SO ₂ ve TOK emisyon limit değerleri	38
Çizelge 3.5 : 2009 ve 2010 yıllarında çimento sektöründe alternatif yakıt kullanımı.....	41

ŞEKİL DİZİNİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Gelecek yıllardaki tahmini çimento üretim miktarları	6
Şekil 2.2 : Türkiye'deki çimento fabrikaları haritası.....	7
Şekil 2.3 : Hammadde kırıcı	12
Şekil 2.4 : Stokholler ve kırıcılar	13
Şekil 2.5 : Lastik bant üstü on-line analizör	14
Şekil 2.6 : Farin değirmeni	18
Şekil 2.7 : Alev şekilleri	19
Şekil 2.8 : Fırın sistemi gaz mal akışı.....	23
Şekil 2.9 : Çimento üretimi akım şeması	25
Şekil 3.1 : Atık kullanımı	33
Şekil 3.2 : Türkiye alternatif hammadde kullanımı	34
Şekil 3.3 : Türkiye alternatif yakıt kullanımı	36
Şekil 3.4 : 2011 yılında çimento sektöründe kullanılan alternatif yakıtlar.....	43
Şekil 4.1 : Hammadde ocağı iş akım şeması	45
Şekil 4.2 : Kırıcı ve preblending ünitesi iş akım şeması	46
Şekil 4.3 : Çimento üretim ünitesi iş akım şeması	48
Şekil 4.4 : Paketleme ünitesi iş akım şeması	49
Şekil 4.5 : Örnek tesis yerleşim planı	50
Şekil 4.6 : Alternatif hammadde kullanımı	51
Şekil 4.7 : Alternatif yakıt kullanımı	56

SİMGELER VE KISALTMALAR

Al_2O_3	: Alüminyumoksit
$Al_4[(OH)_8Si_4O_{10}]$: Kaolinit
$(Al_2)Si_4O_{10}(OH)_2$: Montmorillonit
AlM	: Alüminyum Modülü
CaO	: Kalsiyumoksit
CaMg(CO ₃)	: Dolomit
CO ₂	: Karbondioksit
Fe ₂ O ₃	: Demiroksit
HCl	: Hidroklorikasit
HF	: Hidrojen florür
K ₂ O	: Potasyumoksit
$KAl_2Si_3O_{10}(OH)_2$: Mika-muskovit
$K(MgFe)_3AlSi_3O_{10}(F,OH)_2$: Biotit
LSF	: Kireç Doygunluk Faktörü
MgO	: Magnezyumoksit
MgCO ₃	: Magnezyum karbonat
Na ₂ O	: Sodyumoksit
NO _x	: Nitrojenoksit
RDF	: ATY (Atıktan Türetilmiş Yakıt)
SiO ₂	: Silisyumdioksit
SM	: Silikat Modülü
SO ₂	: Kükürtdioksit
TiO ₂	: Titanyumoksit
TOK	: Toplam Organik Karbon

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda, başından sonuna kadar gerek yönlendirmeleri ile gerek yaptığı katkı ve destekleri ile bana yol gösteren Namık Kemal Üniversitesi Çorlu Mühendislik Fakültesi Dekanı Prof. Dr. Lokman Hakan TECER'e ve tezimin her aşamasında kıymetli zamanını ayıran ve katkılarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Şeyma ORDU'ya teşekkür ederim.

Yüksek lisans tez çalışmamda tez safhasına kadar, desteklerini esirgemeyen ve kıymetli zamanlarını ayıran Fabrika Müdürü Yücel Oğuz AYDINÇ'e, Üretim Müdürü Ali FIRAT'a ve Kimya Mühendisi Seda EREN'e teşekkür ederim.

Yüksek lisans öğrenciliğim boyunca gösterdikleri sabır ve anlayışla, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen anne-babama ve nişanlıma gönülden teşekkür ediyorum.

Mayıs 2016

Ebru ÖZTÜRK

Çevre Mühendisi

1. GİRİŞ

Son on yıllık dönemde önemli gelişim sağlayan atık yönetimi faaliyetleri ülkemizin gelişen ve değişen çevresel sektörünün önemli bir parçasıdır. Atığın kaynağından itibaren zararsız hale getirildiği son noktaya kadar önlenmesi, azaltılması, yeniden kullanımı, geri kazanımı, geri dönüşümü ve bertarafına kadar geçen süreci, bünyesinde evsel nitelikli katı atıkları, tıbbi atıkları, tehlikeli ve özel atıkları ihtiva eden 02.04.2015 tarihli ve 29314 sayılı Atık Yönetimi Yönetmeliği yönetmekte ve kontrol etmektedir. Bu doğrultuda ülkemizde yerel yönetimler, atık yönetimi faaliyetleri ile iştigal eden özel teşekküller ve bilimsel araştırma ve geliştirmeyi amaçlayan akademik kurumlar atık yönetimi faaliyetlerine yön vermektedir.

Çimento fabrikaları, proses özellikleri nedeni ile atıkları ek yakıt olarak kullanabilmektedir. Alternatif yakıt olarak kullanılan atıkların yanında farklı özelliklere sahip proseslerden kaynaklanabilecek bazı atıkları ise çimento üretiminde alternatif hammadde olarak kullanılabilir (Ergüçlü 2016).

Atıkların klinker üretim prosesinde kullanılması ile ilgili ilk yasal metin 2003 yılında Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından yayınlanmıştır. Söz konusu tebliğde atıkları ek yakıt olarak kullanan çimento fabrikalarında uyulması gereken teknik ve idari şartlar belirlenmiştir. 14.03.2005 tarihli ve 25755 sayılı Atıkların Ek Yakıt Olarak Kullanılmasında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğ atık kullanımını genel bir çerçevede altında toplamıştır. Söz konusu yasal metin 06.10.2010 tarihli ve 27721 sayılı Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik kapsamında yürürlükten kaldırılmıştır (Ergüçlü 2016).

Çimento fabrikalarında alternatif yakıt ve hammadde kullanımının, çevre ve insan sağlığı açısından önemli faydaları bulunduğu aşikârdır. Zira atıkların çimento fabrikalarında değerlendirilmesi ile sürdürülebilir bir atık yönetim sistemi oluşturulmakta, çevreye doğrudan ve/veya dolaylı etkisi olan atıkların uygun bir sistematik içinde imhası sağlanmaktadır. Doğal insineratör projelerine gerek kalmayacaktır. Bununla birlikte çimento fabrikalarında atıkların birincil yakıtı ikame edilmesi ile çimento üretimi için gereken fosil yakıt kullanımı engellenecek bu yolla atmosfere verilen karbon emisyonlarının azaltılması sağlanacaktır.

Yukarıda belirtilen tüm özelliklerin yanında ülkemizde yürütülen atık yönetimi faaliyetlerine katkısı tartışılmaz olan Çimento Sektörü karşılaştığı tüm zorluklara ve üretim problemlerine rağmen ek yakıt kullanımı devamlılığını sağlamış ve gerekli yatırımları

gerçekleştirmiştir. Atıkların imento fabrikalarında düzenli ve sürekli alternatif yakıt olarak kullanılmasının temeli homojen özellikteki atıkların sisteme beslenmesidir (Ergüçlü 2016).

Bu çalışmada amaç, ülkelerin sorunu olan atıkların imento Sektöründe alternatif hammadde ve alternatif yakıt olarak kullanımının araştırılması, nasıl kullanıldığı ve çevresel yararlarının araştırılmasıdır.

Literatür taramasında, imento Sektörü ve imento üretimi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bununla birlikte sektördeki emisyon kaynaklarından bahsedilmiştir. Materyal Metod bölümünde imento Sektöründe alternatif hammadde ve yakıt kullanımı, yönetmelik bilgileri ve sektöre avantaj ve dezavantajları anlatılmıştır. Devamında ise araştırma ve bulgular olarak örnek seçilen imento tesisinde alternatif hammadde ve alternatif yakıt kullanımı ve izlenen yöntemler anlatılmıştır.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1 Çimento Üretiminin Tarihçesi

"Çimento" kelimesi, yontulmuş taş kırıntısı anlamındaki Latince "*caementum*" sözcüğünden türemiş, sonraları "bağlayıcı" anlamında kullanılmaya başlamıştır. İlk betonarme yapının tarihi 1852 olmakla birlikte, yapıların inşasında bağlayıcı malzemelerin kullanımı çok eskilere dayanır; bağlayıcı madde olarak kullanılan ilk madde kireçtir. Bu konuda kesin bulgular olmamakla birlikte, kirecin bağlayıcı özelliğinin insanlık tarihinin erken dönemlerinde M.Ö. 2000'li yıllarda keşfedildiği söylenebilir. Eski Mısır, Kıbrıs, Girit ve Mezopotamya'nın değişik yörelerinde kirecin bir yapı malzemesi olarak kullanılmasına ait örnekler rastlanılmıştır. Eski Yunanlılar ve Romalılar kireci hidrolik bağlayıcı olarak kullanmışlardır. M.Ö. 70-25 yılları arasında yaşamış olan Mimar Vitruvius "On Architecture" (Mimarlık Üzerine) adlı 10 ciltlik kitabında puzolan ve kireç karışımlarının hidrolik özelliklerinden bahsetmiş, nehir ve deniz kıyısında yapılacak olan yapılarda kullanılacak harç için karışım oranı bile vermiştir. Araştırma sonuçları Anadolu'da Çatalhöyük'teki evlerin yapımında kullanılan sıvanın 7000 yıl öncesine ait olduğunu ortaya koymuştur. Tarihte, Mısır Piramitleri, Çin Seddi ve değişik zamanda yapılan kalelerde o dönemin medeniyetini simgeleyen birçok değişik bağlayıcı madde kullanılmıştır. Daha sonra yaklaşık 2000 yıl önce, Romalılar söndürülmüş kireci volkanik küllerle ve sonraları, pişirilmiş tuğladan elde edilen tozlarla karıştırarak bugünkü çimentonun özelliklerine benzer bir hidrolik bağlayıcı kullanmaya başlamışlardır. Eski Yunanlılar ise Santorin Adası'ndaki volkanik tüfleri kireçle karıştırarak veya killi kireç taşından elde ettikleri bir tür hidrolik kireçle harç yapmışlardır. Eski Yunanlılar ve Romalılar kireç ve puzolan karışımlarının hidrolik özelliğinin farkına varmış ve bunları kullanmış olmakla birlikte, ne kirecin elde edilişi ne de puzolanik reaksiyonları kimyasal olarak açıklayacak bilgiye sahip olamamışlardır. Örneğin Pliny (Romalı bilgin Gaius Plinius) "taşın ateşle yakılmasıyla elde edilen kirecin suyla temas edince neden tekrar yandığının" anlaşılması yazmıştır. Bağlayıcı malzemelerin kalitesi ve kullanımı konusunda ancak 18. Yüzyıl'da kayda değer bir gelişme olmuştur. 1756 yılında Eddystone Lighthouse'u yeniden inşa etmekle görevlendirilen John Smeaton, kirecin kimyasal özelliklerini ilk anlayan kişi olarak bilinir. Daha sonraki gelişme ise "Roman Cement" (Roma Çimentosu), adı ile bilinen bağlayıcının Joseph Parker tarafından elde edilmesiyle olmuştur. 1824 yılında İngiltere'nin Leeds kentinde, Joseph Aspdin isimli bir duvarcı ustası hazırladığı ince taneli kil ve kalker karışımını pişirerek ve daha sonra öğüterek bağlayıcı bir ürün elde etmiştir. Bu ürüne su ve kum katıldığında ve zamanla sertleşme olduğunda, ortaya

ıkan malzemenin İngiltere'nin Portland adasından elde edilen yapı taşlarını andırđını gören Joseph Aspdin, elde ettiği bu bağlayıcı için 21.10.1824 tarihinde "Portland imentosu" adı altında patent almıştır. Bu bağlayıcı daha sonraki yıllarda büyük gelişmeler gösterse de "portland" ismi aynen korunmuştur. Aslında Joseph Aspdin tarafından üretilen bağlayıcı, üretim sırasında yeterince yüksek sıcaklıklarda pişirilmediği için bugünkü portland çimentosunun özelliklerine tamamen sahip olamamıştır. Yine de İngiltere Kirkgate İstasyonu'nun yanındaki halen ayakta olan "Wakefield Arms" binasının Joseph Aspdin'in yaptığı bağlayıcı ile yapıldığı belirlenmiştir. Hammaddelerin yüksek sıcaklıklara kadar pişirilip öğütülmesi olayı daha sonra Isaac Johnson isimli bir İngiliz tarafından gerçekleştirilmiştir (1845). Anadolu'da ise Hitit kentlerinde, özellikle orum, Tokat ve Malatya illerindeki antik kentlerde, magneziyen kireç ile karıştırılmış puzolanik aktif doğal malzemelerin harç yapımında kullanıldığı görülmüştür. Bunun dışında Güneydoğu Anadolu'da Asurlulardan kalma tarihi kalıntılarda normal kireç ile bazalitik puzolanik maddenin kullanılmış olması vb. Örnekler, Anadolu'da Romalılar ve Yunanlılar'dan önce imento kullanıldığı göstermektedir. Teos- İzmir, Efes- İzmir, Afrodisias- Aydın, Kinidas- Muğla antik kentlerinde imento ve harcın eski Anadolu uygarlıkları ile geniş temas kurulduktan sonra da görülmüştür. Dünya'da imento üretim ve satışına 1878 yılında başlanmasına rağmen, Türkiye'nin imento sektörü ile tanışması ise esas olarak 1912 yılında özel sektör girişimi ile olmuştur. 34 yıl geç başlanması su kireci imalinin yeterli olmaması ve bu yılların Osmanlı İmparatorluğu'nun okş dönemlerine rastlamasından kaynaklanmaktadır (Ayduk ve Sevda 1999).

2.1.1. İlk imento Fabrikası

Dünya'da ilk imento fabrikası, İngiltere'de 1848 yılında kurulmuştur. İlk Alman imento Standardı 1860 yılında oluşturulmuştur. American Concrete Institute (ACI)'nin kuruluşu ve ilk Amerikan Yönetmeliklerinin oluşturulması ise 1913 yılına rastlamaktadır. Türkiye'de ise 1912 yılında "Aslan Osmanlı Anonim şirketi'ne" ait "Darıca Fabrikası" ile "Eskihisar Portland imento ve Su Kireci Osmanlı Anonim şirketi'ne" ait "Eskihisar Fabrikası" işletmeye alınmıştır. Biri yaş diğerı kuru sistem olarak kurulan bu fabrikalarda 100- 150 ton/ gün ve 60-70 ton/ gün kapasiteli, bugünün lleri ile tesisi düşünülemeyen iki fırın bulunmaktaydı. Darıca Fabrikası FLSmidth firması tarafından, Eskihisar Fabrikası ise bir Alman firması tarafından tesis edilmiştir. Su kireci pazarının yanı sıra imento da büyük talep görmüş ve her iki fabrika işletmeye alınmalarından sonra genişletilmişlerdir. Aynı yıllar içerisinde ülkemizde 60.000 ton su kireci üretilmekte olup, 1930- 1931 yılına kadar üretimi

çimento üretiminin üstünde olmuştur. Ülkenin çimento ihtiyacını karşılayan bu fabrikalar büyük miktarlarda ithalat yapıldığı 1920 yılına kadar kötü ve yıpratıcı bir iç piyasa rekabetine girmişlerdir. Bu devrede çimento sektörüne devlet müdahalesi söz konusu olmadığından çimento fiyatları oldukça düşmüştür. Yıpratıcı rekabete dayanamayan bu iki fabrika 1920 yılında “Aslan ve Eskihisar Müttehit Çimento Fabrikaları A.Ş.” adı altında birleşerek ithal çimento karşısında birlikte harekete geçmişlerdir (Ayduk ve Sevda 1999).

Günümüzde 50 adet çimento fabrikası, 19 adet öğütme tesisi bulunmaktadır. Şekil 2.2.’ de gösterilmiştir.

2.2 Türkiye ve Dünyada Çimento Üretimi

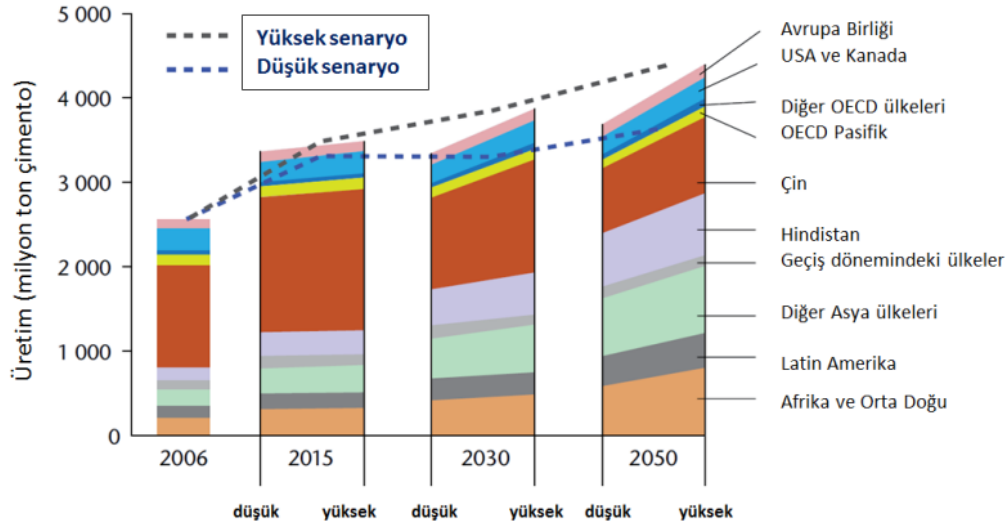
Türkiye, 2013 yılı istatistiklerine göre çimento üretiminde Avrupa birincisi, Dünyada ise ilk beştedir. 2013 yılında yaklaşık 100 milyon m³ hazır beton ve 70 milyon ton çimento üretilmiştir (Engin 2015). Bu çapta bir üretim çevresel, sosyal ve ekonomik sorunları da beraberinde getirmektedir. Bu nedenle son yıllarda çimento endüstrisinde “sürdürülebilir üretim anlayışı” oluşmaya başlamıştır. Çimento üretimi sonucu açığa çıkan CO₂ emisyonunu azaltmak ve doğal kaynakları daha verimli kullanmak için alternatif yakıt ve alternatif hammadde kullanımı giderek artmaktadır. Özellikle, atık ısı geri kazanım sistemleri ile kaybolan ısı enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülmekte ve çöp niteliği taşıyan ömrünü tamamlamış lastikler, endüstriyel plastikler, atık yağ ve benzeri birçok atık malzeme yakıt olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca, yerel yönetimlerle işbirliğine gidilerek evsel atık su arıtma tesislerinin çamuru da fosil yakıtlar yerine kullanılabilir. Kaynakları daha verimli ve sürdürülebilir yönetmek için alternatif hammadde kullanımı ve arayışı da devam etmektedir. Bunların dışında katkılı ve sanayi yan ürünü mineral bileşenli çimento kullanımına önem verilmek suretiyle klinker kullanım oranı azaltılmaktadır. Tüm bu faaliyetler nihai ürün olan hazır beton için de sürdürülebilir üretime destek vermektedir. 1987 yılında Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Komisyonu, hazırladığı bir raporda "İnsanlık, gelecek kuşakların gereksinimlerine cevap verme yeteneğini tehlikeye atmadan, günlük ihtiyaçlarını temin ederek, kalkınmayı sürdürülebilir kılma yeteneğine sahiptir." maddesini kaleme alarak sürdürülebilirlik kavramını dile getirmiştir. Bu tanım en bilindik ve en açıklayıcı ifade olarak literatürde yerini almıştır. Sürdürülebilir üretim; ekonomik, sosyal ve çevresel konuların etkileşiminden oluşan bir süreç olarak tanımlanabilir. Çimento üretimi tüm Dünya ölçeğinde her geçen yıl artmakta ve bu artış bazı çevresel ve ekonomik sorunların da ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Çizelge 2.1.’ de görüldüğü gibi en büyük üretimi Çin

gerçekleştirmektedir. Çizelge 2.1.'deki ülkelerin çoğunluğu gelişmekte olan ülkelerdir. Bu nedenle Şekil 2.1' de görüldüğü gibi çimento üretiminin uzun yıllar artarak devam edeceği tahmin edilmektedir (Engin 2015).

Çizelge 2.1. Bazı ülkelere ait 2013 yılı çimento üretim miktarları (Engin 2015)

Ülke	2013 yılı çimento üretimi (milyon ton)
Çin	2300
Hindistan	280
ABD	78
İran	75
Brezilya	70
Türkiye	70
Rusya	65
Vietnam	65
Japonya	53
Suudi Arabistan	50
*Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği verilerine göre 2013 yılı üretimi yaklaşık 70 milyon tondur.	

Şekil 2.1.' de görüldüğü üzere çimento üretim miktarı dünyada artarak devam etmektedir.



Şekil 2.1. Gelecek yıllardaki tahmini çimento üretim miktarları (Engin 2015)

Şekil 2.2.' de Türkiye'de bulunan çimento fabrikalarının isim ve konumları gösterilmiştir.



Bu harita Türkiye Çimento Müstahsilileri Birliği (TÇMB) tarafından hazırlanmıştır.

Şekil 2.2. Türkiye'deki çimento fabrikaları haritası (TÇMB 2016)

2.3. Çimento Üretim Aşamaları

2.3.1. Ocak işletmeciliği faaliyeti

Hammadde ocaklarında, genelde geniş aynalı ve açık ocak işletmeciliği uygulanmaktadır. Saha, hammaddenin emniyetli bir şekilde çıkarılması ve yükleme/nakliye işlerinin birbirini etkilememesi için her 15 kotta bir basamaklandırılır. Çıkarılacak hammaddenin yumuşak olması durumunda, hammadde dozerlerle çıkartılır. Hammaddenin veya alanının sert olması durumunda patlayıcı madde kullanılarak çıkarma yapılır (Anonim 2008).

2.3.2 Hammadde ocakları – istihraç ve nakliye

Çimentonun üretimi için gerekli hammaddeler, kimyasal terkip ve fiziksel özellikler bakımından uygun olan hammadde ocaklarından karşılanmaktadır. Ocaklardan hammaddenin çıkartılması patlayıcı madde kullanılarak ve küçük çaplı delme patlatma yöntemi ile yapılır. Bu şekilde sökülen, gevşetilen ve küçük parçalara ayrılan maddeler iş makineleriyle kamyonlara yüklenerek taşınır (Anonim 2008).

Hammaddeler:

Çimento üretiminde silisyum, kalsiyum, alüminyum ve demir oksitlerini ihtiva eden hammaddeler kullanılmakta olup, bu oksitleri içeren hammaddeler; kalker, marn, kil, demir cevheri ve boksit tir.

Kalker: Kalker yapıca kalsiyum karbonattan (CaCO_3) ibarettir. En saf şekli beyaz olan kalkerin rengi sarıdan kahverengiye kadar değişir. Bünyesindeki killi maddeler ve demir bileşikleri kalkerin rengini değiştirir. Kalker hayvansal orijinli olup hayvan kabuklarının jeolojik çağlardan beri birikmesi neticesinde oluşmuşlardır. Kalkerin sertliği jeolojik yaşına göre farklılık gösterir. Jeolojik oluşumu ne kadar eski olursa kalker o kadar sert olur ve ortalama sertliği 1,8–3 Mohs sertlik derecesindedir, yoğunluğu ise 2,2–2,8 gr/cm^3 tür. Kalkerin en saf şekilleri Kalsit ve Aragonittir. Doğada bulunan diğer kalsiyum karbonat türleri ise sırasıyla Manyezit (MgCO_3) ve Dolomit ($\text{CaMg}(\text{CO}_3)$) tir. Kalsitin özgül ağırlığı 2,7 gr/cm^3 , aragonitin ise 2,95 gr/cm^3 dür. Kalker ve tebeşir ise en fazla yaygın olan şekilleridir. Mermer ise kalsitin gözle görülen taneli kristal yapıları cinsidir. Kalker çimento hammaddeleri arasında jeolojik yapısından dolayı öğütülmesi en zor maddedir. Fırında pişirme esnasında tepkimeyi oluşturacak en önemli bileşenin ana kaynağını yani kalsiyum oksit (CaO) ihtiva eder. Klinker üretimi için tüm jeolojik biçimlerdeki CaCO_3 oluşumları uygundur (Anonim 2008).

Marn: İçinde silis, killi maddeler ve demir oksit bulunan kalkerlere marn denir. Çimentoyu teşkil eden ilkel maddeler; kireç, silis, alüminyum oksit, demir oksit içermesi bakımından marn hammadde olarak çimento üretiminde daha çok tercih edilir. İdeal marn; çimento imalatında istenen oranda oksit ihtiva eden marnıdır. Çünkü tabii karışım suni karışımdan daha homojendir. Bu sebepten dolayı kolay pişer ve dolayısıyla döner fırında kalori tasarrufu sağlar. Aynı zamanda böyle bir marnın öğütme masrafları da azdır, çünkü öğütme öncesi ve sonrası homojene yatırım ve masraflarına gerek yoktur. Marnın rengi ihtiva ettiği killi maddelere göre sarıdan gri siyaha kadar değişir. Özetle marn pişme reaksiyonu için gerekli CaO (kalsiyum oksit), SiO_2 (silisyum dioksit), Al_2O_3 (alüminyum oksit) ve Fe_2O_3 (demir oksit) maddelerine kaynaklık eder. Jeolojik bakımdan marn, CaCO_3 'ün ve killi maddelerin aynı zamandaki çökelti teşekkülü sonucunda oluşmuş bir tortul kayadır. Marn kalkere göre daha yumuşak olması nedeniyle kolay istihraç edilebilmekte, kırma ve öğütme enerji tüketimi düşük olmaktadır. Marn içerisinde ki killi madde miktarı arttıkça sertliği de düşer (Anonim 2008).

Kil: Çimento üretiminde ikinci önemli hammadde kildir. Killeri oluşturan ana bileşen sulu alüminyum silikat bileşikleridir. Killer; Kaolin, Montmorillonit ve İllit gibi kil minerallerinin yanında önemli ölçüde demir oksit, demir sülfür, kum ve kalsit gibi kil mineraller ve az miktarda organik madde içermektedirler. Demir, killeri renklendiren esas maddedir. Bunun yanında organik maddeler de killerin renklenmesine katkıda bulunurlar. Bu şekilde saflığı bozacak mineraller içermeyen killerin rengi beyazdır. Killer esas olarak kütlece en çok SiO₂, Al₂O₃ ve Fe₂O₃ içeren maddelerdir. Bunlar az miktarda MgO, CaO, K₂O ve Na₂O içerirler. Killer genellikle bir veya birkaç kil mineralini birlikte içermektedirler. Kil minerallerinin yanında genellikle feldspat ve kuvars gibi mineraller de bulunmaktadır. Kil örneklerinin içerdiği kil mineralleri çok çeşitlidir ve aşağıdaki gibi gruplandırılmışlardır.

a)Kaolinit Al₄[(OH)₈Si₄O₁₀]

b)Mika -Muskovit KAl₂Si₃O₁₀(OH)₂

Biotit K(MgFe)₃AlSi₃O₁₀(F,OH)₂

c)Montmorillonit (Al₂)Si₄O₁₀(OH)₂

d)Klorit

Kil rengi sarıdan gri siyaha kadar değişen bir hammaddedir.

Demir Cevheri: Doğada demir cevheri en çok hematit olarak bulunmaktadır. Hematit kırmızı renklidir ve çimento sanayisinde kullanılmaktadır. Yoğunluğu 4,9–5,3 gr/cm³ 'tür. Ergime noktasının saptanması mümkün değildir. Çünkü atmosferin şartları altında ısıtılan Fe₂O₃'lik çözünmekte ve oksijen ile manyetik duruma gelmektedir. Amorf durumda bulunan cevherin rengi kırmızıya çalar. Yapısında bulundurduğu Fe₂O₃ (demir oksit) ile fırın pişme reaksiyonlarına iştirak eden cevher aynı zamanda işletmede öğütülmüş malzemenin daha kolay pişirilmesine katkı sağlar. Demir cevheri aynı zamanda silikat ve alüminyum modüllerini düşürmek içinde kullanılır (Anonim 2008).

Boksit: Boksit pişmeyi kolaylaştıran ve işletme parametrelerinden olan demir oksit ile birlikte “sıvı faz” oluşturan Al₂O₃ kaynağıdır. Bir alüminyum cevheri olan boksit, oksitlerden meydana gelmiştir ve hidratasyon suyu ihtiva eder. Sıcak bölgelerde çok fazla bulunur. Granit, gnays gibi alüminyum silikatlı kayaçların hava ile temas edip ayrışmasından meydana gelir. Yapısı gevşek ve toprağımsıdır. Genellikle rengi beyaz olup, demir oksit katışıklarından dolayı kahverengi veya kırmızıdır. Sertlik derecesi 1–3 Mohs, yoğunluğu 2,5– 3,0 gr/cm³ 'tür.

Esas itibarıyla SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 ve H_2O ' dan oluşan boksit içerisinde az miktarda da (~%3) TiO_2 de bulunabilir (Anonim 2008).

Bu bahsedilen hammaddelerin yanında aynı zamanda öğütülen ham karışımın silis (SiO_2) miktarını artırmak için bazı düzeltme maddeleri kullanılır ki bunlar Kum, Silisli Kil, Diyatome Toprağı v.s. dir.

Özetle hammaddelerin içerdikleri mineraller ve yüzdeler aşağıdaki gibidir.

- Kalker % 85 - % 100 CaCO_3
- Marn %65- % 85 CaCO_3
- Kil % 40 SiO_2 , % 12 Al_2O_3
- Demir Cevheri % 60 Fe_2O_3

2.3.3. Klinker ve çimento üretim faaliyeti

Çimento, üretimini tamamlayana kadar bir takım süreçlerden geçmektedir.

Farin: Kalker, kil ve/veya marn ve demir cevherinin belirli oranlarda karıştırılıp farin değirmeninde öğütülmesinden elde edilen un şeklindeki ara üründür.

Klinker: Farin ünitesinde elde edilen, ince öğütülmüş, büyük bir kısmını kalsiyum karbonat (CaCO_3), silisyum dioksit (SiO_2) ve alüminyum oksit (Al_2O_3) ile demir oksidin (Fe_2O_3) teşkil ettiği homojen bir karışım olan farinin 1300 °C den daha yüksek sıcaklıklarda pişirilmesi ve akabinde hızlı soğutulması sonucu elde edilen ortalama bir ceviz büyüklüğündeki ürüne denir. Kırılan hammadde iyice öğütüldükten sonra homojene işlemine tabi kalır ve fırına homojen özellikte malzeme girişi sağlanmış olur (Anonim 2008).

Yüksek kalitede bir çimento klinkerini en uygun işletme koşulları ile üretmek için mevcut hammadde mineralleri CaO , SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Alkali ve Sülfat (SO_3) miktarları arasında belli bir oran olması gerekmektedir. Bu oranlara modül denir. Bu modüller arasında en önemlileri, kireç doygunluk faktörü (LSF), silikat modülü (SM) ve alüminyum modülü (AlM) dür. Klinkerin, dolayısıyla da çimentonun kalitesini tayin ettiği kadar pişme şartlarını da etkileyen bu modüller klinkerin kimyasal analizlerinden hesaplanmaktadır. Pişme esnasında meydana gelen reaksiyonlar ve meydana geldikleri sıcaklıkları şu şekilde özetlemek mümkündür.

Hammaddede serbest suyun buharlaşması ~ 100 °C

Magnezyum karbonatın ayrışması $MgCO_3$ ~ 600–700 °C

Kalsiyum karbonatın ayrışması ~ 825–900 °C ve üstü

Kireç ve kilin birleşmesi ~ 800 °C de başlar ve 1450 °C de tamamlanmaktadır.

Serbest suyun buharlaşması çabuk tamamlanır ve ergime ile kimyasal reaksiyonlar başlar. Döner fırınlar genellikle %3–4 meyilli olarak yerleştirilmiş klinker pişiricileridir. Fırın dönmesi ile içerideki malzeme sürtünme ile yukarı doğru çıkar ve sürtünme kuvvetinin yenildiği noktada, fırın eğimine uygun olarak aşağı düşer. Her çıkış ve inişte fırın çapı ile eğime bağlı olarak malzeme bir miktar ilerleyerek fırın boyunca hareket eder. Fırın içinde klinkerleşme 1450 °C civarında sinter bölgesinde (fırının alev borusuna en yakın bölgesi) meydana gelir. Sinter bölgesinin sonunda klinker, soğutma bölgesine geçer. 1250 °C civarında klinker fırından soğutmaya dökülür. Klinker en fazla 20 dakikası sinter bölgesinde olmak üzere yaklaşık 1 saat içinde fırını terk eder.

Klinkerin temel yapısını teşkil eden bileşikler aşağıda verilmiştir. Bu bileşikler klinkerin kimyasal analizlerinden teorik olarak Bogue formülleri ile veya X-ışınları ile mineralojik olarak tespit edilir.

Trikalsiyum silikat $3CaO \cdot SiO_2$ veya C_3S -Alit

Dikalsiyum silikat $2CaO \cdot SiO_2$ veya C_2S -Belit

Trikalsiyum alüminat $3CaO \cdot Al_2O_3$ veya C_3A -Selit

Tetrakalsiyum alüminoferrit $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$ veya C_4AF -Kahverengi Millerit

Klinkerin yapısında bu dört ana bileşen ile birlikte az miktarda serbest kireç CaO , magnezyum oksit MgO , kükürtlü bileşikler ve alkaliler bulunur (Anonim 2008).

2.3.4. Kırıcılar ve Preblending Ünitesi

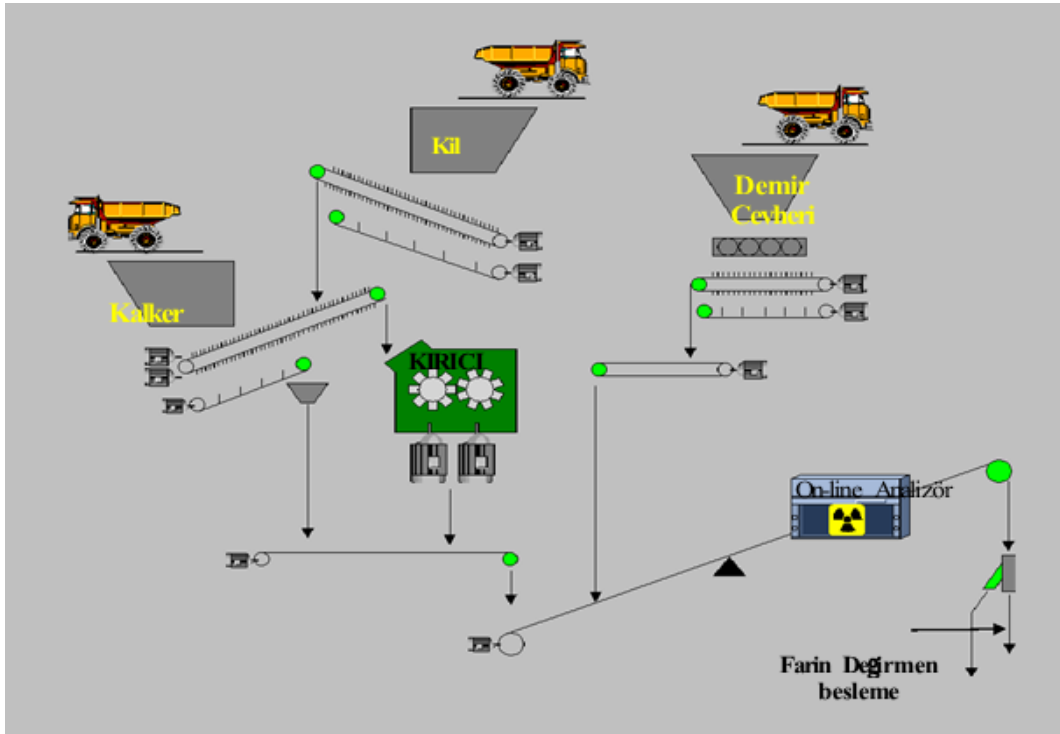
Kırıcılar (Konkasörler)

Çimento imalatı için, gerekli hammaddelerin kırıcı ve hammadde değirmenlerinde kırılarak ufaltılması gerekmektedir. Genel olarak, bu hammaddeler ocaktan geldiği zaman en çok 2 m boyutunda parçalar halindedir. Döner fırından iyi kalitede bir klinker elde edebilmek için bu parçaların en az 0,2 mm ye kadar ufaltılması gerekmektedir. Ocaklardan istihracı

yapılan hammadde damperli kamyonlar yardımıyla hammadde bunkerlerine beslenmektedir. Bu bunkerlerin altına yerleştirilen bantlar ile de kırıcıya besleme yapılmaktadır. Kırılmış olan hammadde ve katkı ürünleri stoklanmak üzere stok sahasına taşıyıcı yığılmaktadır. Kırılmış katkı ve hammadde ürünleri ayrı stok sahalarında bekletilmektedir (Anonim 2008).

Hammadde Kırıcı

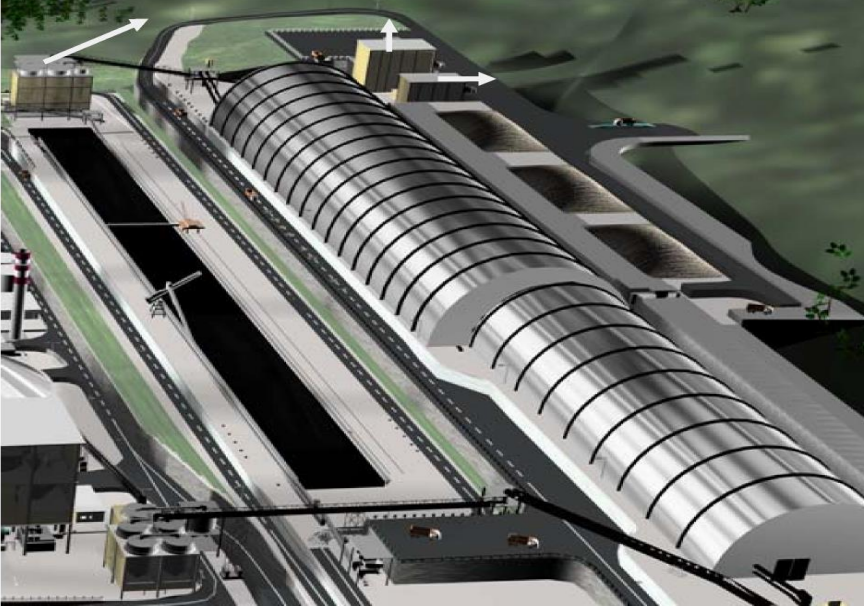
Kırıcıya malzemelerin beslemesi yapılmaktadır. Kırıcılarda çekiçlerle kırılan malzemeler ızgaraya düşer ve buradan istenilen büyüklükte tane boyutu elde edilmiş olur. Kırıcıdan çıkan kırılmış kalker-kil karışımı lastik toplama bandına dökülmektedir ve gerekli alternatif hammaddeler bu bölümde eklenmektedir. Toplama bandında toplanan ham karışım bant üzerine kurulmuş olan on-line analizörden geçmekte ve preblending (ön karışım) olarak hammadde stoklarına gönderilmektedir. Hammadde kırıcı Şekil 2.3.' de verilmiştir.



Şekil 2.3. Hammadde kırıcı (Anonim 2008)

Katkı Kırıcı

Demir cevheri, alçı, tras, kalker, cüruf v.b. hammadde ve katkı malzemeleri bu kırıcıdan geçmektedir. Kırılma işleminden sonra demir cevheri, alçı, tras, kalker v.b. hammadde ve katkı stokhollerine nakledilmektedir. Stokhol yerleşim örneği Şekil 2.4.' de verilmiştir.



Şekil 2.4. Stokholler ve kırıcılar (Anonim 2008)

Stokholler

Stokhollerde malzemeler biriktirilmekte ve gerekli yerlere nakledilmektedir.

Hammadde Stokholü

Kırıcılardan gelen malzemeler hammadde stokholünde biriktirilmekte ve makineler ile farin değirmenine (öğütülme amacı ile) gönderilmektedir.

Katkı Stokholü

Kırıcıdan geçen tras, alçı, kalker, cüruf gibi çimento klinkerine katkı olarak kullanılacak maddeler katkı stokholünde stoklanmaktadır.

Hammadde Kalite Kontrol

Çimento üretilirken amaç; üretim prosesinin ekonomik olmasını sağlamak, çimento dayanımları, çalışabilirlik ve donma karakteristikleri gibi tüm kalite standartlarında

performansı sağlayacak çimentoyu üretmektir. Çimento'nun hammaddesi olan klinker üretimi için kireç (CaO), silika (SiO_2), alümina (Al_2O_3) ve demir (Fe_2O_3) olmak üzere, 4 temel oksidin bulunması gereklidir. Bu oksitlerin tamamı, genellikle tek bir kaynaktan elde edilemez. Bu nedenle, istenen kimyasal birleşimi sağlayabilmek için 2, 3, 4 hatta bazen 5 farklı hammaddenin, belirli oranlarda karıştırılması gerekebilmektedir. Bu hammaddeler; kalker, marn, kil, düzeltici maddeler v.b. dir (Anonim 2008).

Hammadde ilk, kırıcı sonrasında hammadde stokholüne gönderilmeden önce on-line analizörden geçmektedir. On-line analizör kalker, kil, demir cevheri v.b. maddelerin analizini yapan elektronik bir cihazdır. İkinci analizörde ise amaç ilk analizör ile ön karışımı yapılmış premiksi (karışım), korrektör kalker ve/veya korrektör demir cevherini farin değirmenine yine istenilen kalite değerlerinde oranlamak ve besleyebilmektir. İkinci analizörde kullanılan besleme bunkerleri altında ki bantlar hassas tartım yapabilen bantlardır. Bu amaçla bantlar, analizörden gelen komutlar ile entegre edilmiş bir yazılım programı yardımıyla farin değirmenine istenilen oranlarda hammadde akışını sağlamaktadır.



Şekil 2.5. Lastik bant üstü on-line analizör (Anonim 2008)

Malzeme pişirilmeden önce dikkat edilmesi gereken ve önceden belirlenmiş işletme parametre değerleri; LSF (kireç doygunluk faktörü), SM (silikat modülü) ve AIM (alüminyum modülü) dür. Kırıcıdan geçen malzeme analizi yapılmak üzere bant üzerine yerleştirilmiş olan Şekil 2.5.' de görülen on-line analizörden geçirilmektedir. Cihaz bant üstünden tarayarak almış olduğu analiz değerlerine göre LSF ve diğer modülleri hesaplamakta ve istenilen parametrelere göre kırıcı altında bulunan bantlar aracılığı ile besleme hızını değiştirerek

hammadde oranlaması yapmaktadır. Hammadde kırıcılarından sonra konulan analizörün amacı kalker ve kil gibi ana bileşenlerin ön karışımını yapmaktır. Bu işleme preblending (ön karışım) denir. Bu işlemdeki temel amaç daha homojen malzeme elde ederek yüksek ve istikrarlı kaliteyi yakalamaktır. Bu işlemler ana hatlarıyla diğer analizör olan farin değirmeni analizöründe de aynıdır. Farklı olan ilk analizörde geçen malzeme kalker, kil ve demir cevheridir; diğer analizör için oranlanacak maddeler ise premiks, korrektör kalker ve/veya demir cevheridir (Anonim 2008).

Alüminyum Modülü (AIM): $AIM = (Al_2O_3) / (Fe_2O_3)$

Alüminyum modülü Al_2O_3 un Fe_2O_3 e oranına eşittir. Eğer modül düşük olursa klinker daha düşük sıcaklıklarda pişirilir ve bu da yakıt tasarrufu demektir yani maliyeti düşürür. Eğer demir oksit fazla kullanılırsa modül düşük olur ve buda klinkerin iyi pişmesi demektir, fakat fazla demir oksit klinker yoğunluğunu arttırdığı ve öğütülebilirliğini yükselttiği için maliyeti artırır. Bundan dolayı yüksek kalitede klinker üretebilmek için modülün 1,3–1,6 arasında olması tercih edilir. Modülün yüksek olması çimentonun donma süresini kısaltır. Kısaca işletme ve kalite etkilerini özetlemek gerekirse:

AIM => Artarsa Pişme Zorlaşır

AIM => Artarsa Fırın İçerisinde Zayıf Anzast (Kabuk) Oluşur

AIM => Artarsa Çimentonun Donma Süresi Kısalır

AIM => Artarsa Sıvı (Likit) Faz Oluşumu Yüksek Sıcaklıkta Oluşur

Silikat Modülü (SM) : $SM = (SiO_2) / (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$

Silikat modülü klinker kalitesini etkileyen en önemli parametrelerden biridir. Eğer SM miktarı yükselirse, malzeme zor pişeceğinden yakıt tüketimi artar. Yüksek silikat modülü aynı zamanda çimentonun ilk donma (priz) süresini geciktirir. Eğer modül düşük olursa fırın içerisinde kabuk (anzast) oluşumu artar ve çimento hızlı donar. Genel anlamda işletmelerde tercih edilen modül değeri 2,3–2,45 arasındadır. Kısaca;

SM => Artarsa Yakıt Tüketimi Artar

SM => Artarsa Tozlu Pişme Artar

SM => Artarsa Fırın İçerisinde Anzast Zayıflar

SM => Artarsa Klinker Dayanımı Artar

SM => Artarsa Likit Faz Düşer

Kireç Doygunluk Faktörü (LSF): $LSF = 100 \times \text{CaO} / (2.8 \text{ SiO}_2 + 1.18 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0.65 \text{ Fe}_2\text{O}_3)$

LSF oranı kalsiyum oksitin diğer oksit bileşenlere olan oranıdır. Normal kalitede bir klinkerden beklenen LSF değeri 95–98 arasında seyreder. 100 ün üzerindeki LSF değerleri için, ortamda reaksiyona girmemiş serbest kireç bulunduğu işaretler. Bunun sebebi teorikte LSF in 100 e eşit olması durumunda diğer tüm oksitler kalsiyum oksitle reaksiyona girmesi ve fazla kalan CaO lerin serbest halde bulunduğudır. Her zaman biraz reaksiyona girmemiş serbest kireç kalır ve LSF değeri de 100 ün altında çıkar. Yüksek LSF değeri yakıt tüketimini artırır çünkü kireç pişmeyi zorlaştıran bir elementtir, bu özelliğinden dolayı da fırın içerisinde oluşan anzast zayıf olur. Buna karşın kireç doygunluk faktörü yüksek olan klinker numunesinin dayanımı yüksek olur.

LSF => Artarsa Yakıt Tüketimi Artar

LSF => Artarsa Fırın İçerisindeki Anzast İncelir

LSF => Artarsa Dayanım (Kalite) Artar

Şu ana kadar anlatılan bu 3 kalite modülünün yanında tanımının veya işletmeye etkileri bilinmesi gereken terimler anzast ve sıvı fazdır. Anzast, fırın içerisinde ki yüksek sıcaklıklarda pişme süresince eriyik halde bulunan farin tozunun fırın iç çeperine örülmüş olan ısıya dayanıklı (refrakter) tuğlalara yapışması sonucu oluşan bir anlamda koruyucu bir kabuktur. Anzast neden istenir? Fırın içerisine örülen tuğlaların iki temel amacı vardır; içeride ki yüksek ısıdan fırın mantosunu korumak ve ısıyı daha verimli kullanmak için fırın izolasyonunu sağlamak. İşte anzast bu tuğlalara koruyucu görev üstlenerek daha uzun ömürlü ve stabil bir fırın operasyonuna yardımcı olur. Sıvı faz ise fırın içerisinde 1260 °C civarında oluşmaya başlar. Sıvı faz sıcaklığın artışı maksimum pişme sıcaklığına kadar artmaya devam eder. Normal pişirme sıcaklığında sıvı faz değeri içermiş olduğu alümina, demir, magnezyum ve alkalilere göre %20-25 arasında değişir.

$\%LF = 2,99 \text{ Al}_2\text{O}_3 + 0,2 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + \text{MgO} + \text{K}_2\text{O}$

Düşük faz değerlerinde kaliteli klinker üretilemeyeceği gibi yüksek değerlerde anzastın aşırı kalınlaşmasına ve tuğlalara zarar verebilir. Likit faz yüzdesi genellikle demir ve alüminyum oranları değiştirilerek ayarlanabilir.

LF => Artarsa Anzast Kalınlaşır

LF => Artarsa Klinker Topaçlanır

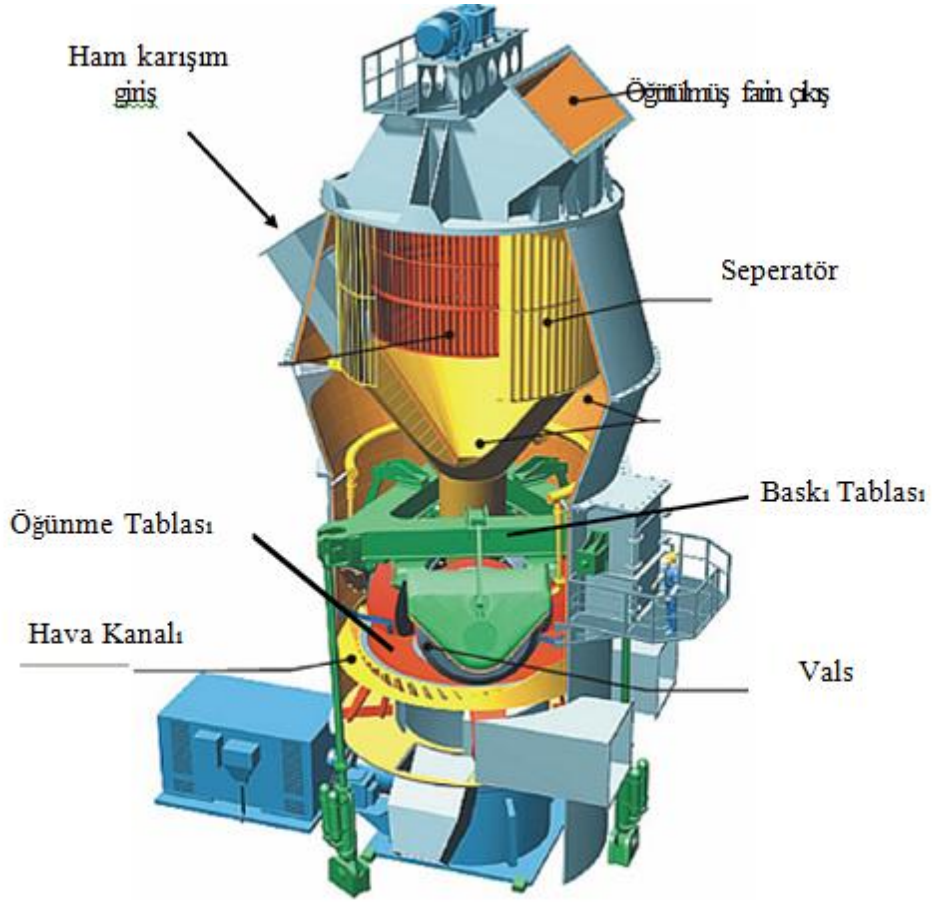
LF => Artarsa Tozuma Azalır

LF => Artarsa Yakıt Tüketimi Azalır

Çimento değirmenlerinde kullanılan tras ve alçı, kamyonlar vasıtası ile katkı kırıcıda ayrı zamanlarda kırıldıktan sonra, katkı stokholüne ve konveyörlerle çimento bunkerlerine dökülmektedir. Farin değirmeninde kullanılan düzeltici amaçlı kalker, hammadde kırıcıda kırılarak konveyörler ile hammadde stokholüne nakledilir (Anonim 2008).

2.3.5. Klinker üretimi ünitesi

Reclaimer (kazıyıcı) tarafından beslenen malzeme hammadde bunkerlerine gönderilir. Sürekli bahsedildiği üzere farin değirmeninde öğütülecek olan malzeme premiks, korrektör kalker ve demir cevheridir. Tüm bunkerlerin altında besleme tonajını belirlemek üzere hassas kantarlar bulunmaktadır. Kontrol odası tarafından oranları ayarlanıp, kantarlardan dökülen hammadde taşıyıcı bir banda dökülür ve buradan da analizörden geçerek analizi tespit edilir ve öğütülmek üzere farin değirmenine sevk edilir. Değirmene giren hammadde fırın sıcak gazından ve/veya sıcak hava ocağından elde edilen ısı yardımı ile istenilen inceliğe öğütülürken aynı zamanda kurutulur. Farin değirmeninde öğütülmüş toz ürün homojene silosuna elevatörler aracılığıyla sevk edilir. Homojene olmuş üründe silodan pişirilmek üzere yine bir elevatör aracılığıyla ön ısıtıcı siklonlara sevk edilir (Anonim 2008).



Şekil 2.6. Farin değirmeni (Anonim 2008)

Şekil 2.6.' dan da anlaşılacağı üzere malzeme döner tablanın ortasına düşer, döner tablanın dönme hareketi tablanın ortasındaki malzemeyi kenarlara yani valslerin altına doğru iter. Valsler malzemeyi ezerek öğütür ve tablanın altından üflenen sıcak hava öğütülen tozları taşıyıp seperatöre götürür. Seperatör içerisinde dönen kanatlar arasından geçebilen malzeme yani ince malzeme tutularak homojene siloya gönderilir, geçemeyen malzeme ise değirmende kalır. Farinde istenilen inceliğe ulaşmada ki esas sebep fırın içerisinde pişmeyi kolaylaştırıp klinkerleşme reaksiyonlarına hız kazandırmaktır. Hammadde değirmene rutubetli girdiğinden dolayı öğütme esnasında değirmende problemlere yol açabilir. Bu sebepten farin değirmenine fırın baca gazının fırından çekmiş olduğu sıcak gazın bir kısmı gönderilir ve malzeme bu sayede kurutulup öğütülür. Fırın baca gazı fanı ile çekilen sıcak gaz iki farklı amaç için kullanılır. Bunlardan biri kömür değirmeninde rutubetli malzemeyi öğütme esnasında aynı zamanda kurutmak için, diğeri de yine aynı sebepten farin değirmeni içindir. Kömür için çekilecek gaz baca gazı fanından önce farin için olanı ise fan sonrasında sıcak gaz hattından ayrılır. Baca gazı fanından sonra iki hatta ayrılan gazın bir tanesi farin değirmenine öğütülecek hammaddeyi kurutma amacı ile gönderilir, diğeri ise soğutma kulesine

soğutulmak üzere gönderilir ki buradan da elektrofiltre tozu tutarak gazı havaya bırakır. Farin değirmeni çalışmadığı durumlarda baca gazı fanı tüm gazı soğutma kulesinden elektrofiltreye gönderir. Soğutma kulesi su pulverizasyon sistemi ile hem toz taşıyan sıcak gazın sıcaklığını düşürür hem de tozların bir kısmını tutar. Toz yükü azalan gaz tozdan tamamen arındırılmak üzere elektrofiltreye sevk edilir. Filtrede ve soğutma kulesinde tutulan tozlar fırına, tozsuzlaştırılan gaz ise bacalardan havaya bırakılır. Anlaşılacağı üzere elektrofiltre toz tutucu olarak görev yapıp atık gazın bünyesindeki tozu tekrar sisteme kazandırarak hem fabrika maliyetine kazanç sağlar, hem de gazı tozsuzlaştırarak çevre kirliliğine engel olur. Farin değirmeninde öğütülmüş toz ürün homojene silosuna elevatörler aracılığıyla sevk edilir. Homojene olmuş üründe silodan pişirilmek üzere yine bir elevatör aracılığıyla ön ısıtıcı siklonlara sevk edilir (Anonim 2008).

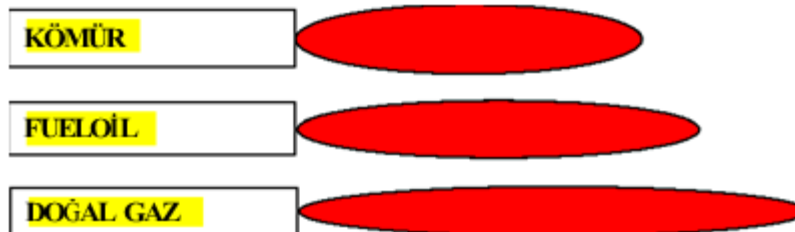
2.3.6. Yakıt ünitesi

Fırında kullanılan yakıtlar fuel oil, kömür (linyit, petrokok, steamcoal, yerli v.b.), doğalgaz veya alternatif yakıtlardır (lastik, kağıt, boya çamuru gibi katı atıklar v.b.). Yakıt özellikleri Çizelge 2.2.' de verilmiştir.

Çizelge 2.2. Yakıt özellikleri (Anonim 2008)

Yakıt Tipleri	Linyit Kömür	Fuel-Oil	Doğal gaz
kcal/kg,Nm ³	6000-6500	9200-9800	8000-9000
Parlama Sıcaklıkları	450-600 °C	300-550 °C	600-700 °C
Alev Sıcaklıkları	2150 °C	2120 °C	2050 °C
Radyasyon Katsayıları	0,9-1	0,7-0,9	0,2-0,6

Yakıt tiplerine göre alev şekilleri Şekil 2.7.' de verilmiştir.



Şekil 2.7. Alev şekilleri (Anonim 2008)

Kömür kalitesi kullanıldığı amaca göre değişmektedir. Yakıt hammaddesi olarak kullanılan kömürün kalitesi kömürlerin içerdiği ısı değeri, inorganik madde (kül), nem, uçucu madde gibi özellikleri ile belirlenmektedir. Kömürlerin yüksek kalorili olması ve düşük inorganik madde (kül), nem ve uçucu maddeli olması onların kaliteli kömürler olduğunu ortaya koymaktadır. Fırında kullanılacak olan kömürde dikkat edilmesi gereken en önemli hususlar kömürün kalorisi ve uçucu madde miktarıdır. Uçucu madde kömürün tutuşmasını kolaylaştıran ve kömür bünyesinde bulunan hidrokarbon buharları ile karbondioksit ve su buharı gibi gazların toplamına denir (Anonim 2008).

2.3.7. Kömür stokholü ve ön karışım

Toz kömür hazırlama ve tartım

Kömür veya kömür karışımları kazıyıcılarla kömür bunkerlerine beslenir, kömür değirmenine istenilen kalori hedefi gözetilerek bir kömür veya kömür karışımı ayarlanır ve istenilen tartım değerlerine göre hassas tartımlı kantarlar aracılığıyla besleme yapılır. Kömür değirmeni saatlik bir değirmendir ve çalışma prensibi genel hatlarıyla farin değirmenine benzer. Değirmene giren yaş kömür yine fırın sıcak gazından çekilen bir hat yardımıyla hem istenilen inceliğe göre öğütülürken aynı zamanda kurutulur. Öğütme işleminden sonra kömür toz kömür silosuna sevk edilir. Daha sonra toz kömür silosunun altına yerleştirilen kantarlar aracılığıyla fırın ve kalsinatöre istenilen oranlarda beslenerek yakma işlemini gerçekleştirirler. Fırına ve kalsinatöre beslenen kömürde aranan kalori değeri yaklaşık 6000 kcal/kg kömür, uçucu madde %22–25 arası, bünye rutubeti ise %1 dir. Kömür karışımında eğer uçucu oranı düşükse tutuşma zorlaşacağı için kömür daha fazla öğütülüp inceliği artırılır. Bu sayede uçucudan kaybedilen tutuşma verimi incelikle yükseltilmiş olur.

Çizelge 2.3 Kömür tipine göre analiz sonuç karşılaştırması (Anonim 2008)

Analiz Değerleri (kuru bazda)	Petrokok kömürü	Normal kömür
Uçucu Madde (%)	13,0	26,0
Kül (%)	7,1	14,0
Karbon (%)	82,6	70,0
Hidrojen (%)	3,4	4,6
Sülfür (%)	4,9	0,7
Net Kalori Değeri (Kcal/Kg)	7200	6400

Harcanacak kömür tonajı hedeflenen pişirme kalorisine göre hesaplanır. Pişirme kalorisini pişirilen birim ton klinkere karşılık gelen kömür kalori değeridir. Çizelge 2.3.' de kömür tipine göre kalori değerleri verilmiştir.

1 saatlik klinker üretimi temel alınır:

$$PK = KK \times TK / \dot{U}K$$

PK: Pişirme kalorisini

KK: Kömür Kalorisini

$\dot{U}K$: Üretilen Klinker

TK: Tüketilen Kömür

Örnek: Saatlik üretilmek istenen klinker tonajı 200 ton, kullanılan kömür kalorisini 6500 kcal ve hedeflenen pişirme kalorisini 750 kcal/kg klinker. Bu verilere göre saatlik beslenmesi gereken kömür kaç tondur?

Toplam 200 ton klinker pişirmek için gerekli olan ısı enerjisi:

$$750 \times 200.000 = 150.000.000 \text{ kcal}$$

$$\text{Beslenecek kömür} = 150.000.000 / 6500 = 23.076 \text{ kg kömür} = 23.076 \text{ ton kömür.}$$

Yakıt yakma verimliliği

Kömür alev borusu ile fırına beslendiğinde ilk olarak karbon çekirdeği etrafındaki uçucu madde diye adlandırdığımız hidrokarbon buharı alevlenir ve daha sonra kömür

tutularak yanar. Yeterli sıcaklığa eriştiği anda kömür içerisindeki karbon ortamda bulunan oksijen ile birleşerek yanma olayını gerçekleştirmektedir. Kömür fırında tam olarak yandığı takdirde karbondioksit (CO₂) oluşmaktadır, eğer tam yanma sağlanmazsa karbon monoksit (CO) oluşumu gerçekleşir ve bu da fırın içerisinde ciddi kalori kaybına sebep olmaktadır.

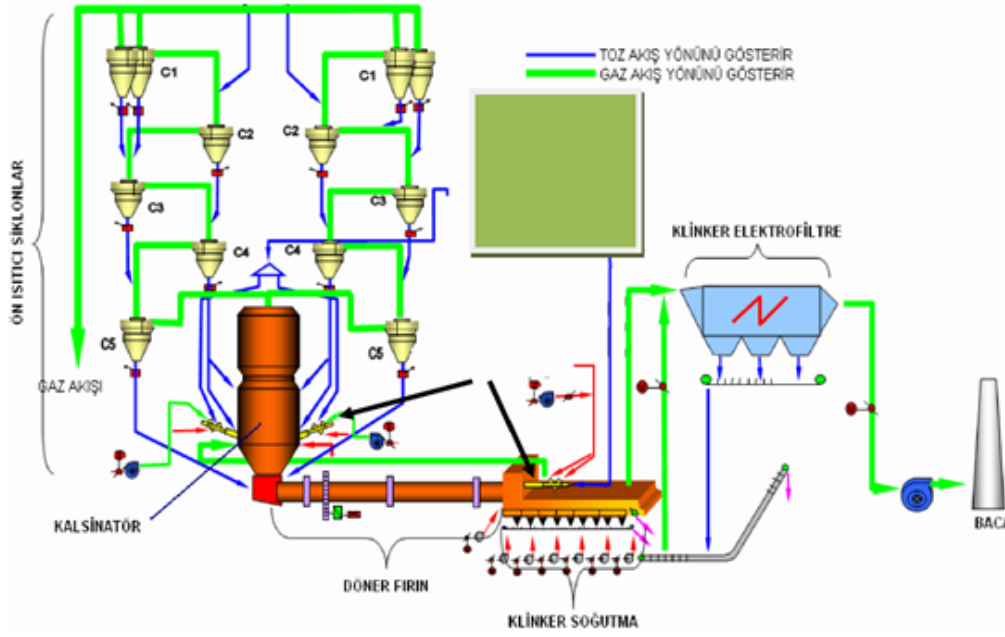


41 Kcal fark ve kayıp = % 44

Fırın içerisinde oluşan yüksek miktarda CO ayrıca fırın içerisinde indirgen ortam oluşturur. Bu indirgen ortamdan dolayı C₃S kristalleri içerisine giren demir soğutmaya dökülürken fazla oksijeni görüp yükseltgenir. Bu da C₃S in kalitesini dolayısı ile de klinker kalitesini düşürür. Fazla oksijen ise fırına fazla havanın girdiğine işaret eder ve bu bize fırının soğuk olduğunu işaret eder. Sonuç olarak fırın içerisinde oksijen O₂ miktarı ve diğer yanma parametreleri işletme koşulları gözetilerek uygun değerlerde çalışılır.

2.3.8. Ön ısıtıcı siklonlar, döner fırın ve klinker soğutma

Homojene siloda hem stoklanan hem de bir taraftan homojenizasyonu devam eden farin daha sonra birbirine simetrik halde bulunan ön ısıtıcıya giriş yapar. Bu aşamada fırından gelen sıcak gaz ile karşılaşan farin tozu ısınarak kuruma, kalsinasyon ve dehidratasyon işlemlerinden geçer. Farin içerisinde mevcut olan serbest rutubet yaklaşık 200 °C civarında tamamen uzaklaşır. Dehidratasyon ise kil minerallerinin yapısına göre yaklaşık olarak 400 °C ve 750 °C arasında değişen sıcaklıklarda bünyesindeki su minerallerini bırakmasıyla gerçekleşir. Farin içerisinde bulunan kalsiyum karbonat bozunmaya 550–800 °C de başlar. Kalsinasyon işlemi CaCO₃ (kalsiyum karbonat) bileşiğinin bünyesindeki CO₂ molekülünü atarak CaO bileşiğine dönüşmesidir. Tüm bu işlemlerin sonucunda ön ısıtıcı siklonlardan çıkan saf mineraller, katı ve sıvı faz reaksiyonlarını gerçekleştirerek klinkeri oluşturur. Ön ısıtıcı kuleye yaklaşık 50 ile 80 °C de giren farin fırına genelde 800–850 °C de giriş yaparak anma ısıl gücü 199,4 MW olan fırından 1400 °C de çıkar ve soğutmaya dökülür. Klinker soğutma ünitesinde fanların aracılığı ile soğutulmuş sıcaklığı 100 °C ye kadar düşürülür. Pnömatik ekipmanların hava ihtiyacı kompresörlerle karşılanmaktadır. Fırın sisteminde gaz ve mal akış gösterimi Şekil 2.8.' de gösterilmiştir.



Şekil 2.8. Fırın sistemi gaz ve mal akışı (Anonim 2008)

2.3.9. Çimento üretim ünitesi

Bu ünite çimento tiplerine göre, katkı stokhollerinden alçı taşı, tras, kalker, cüruf, klinker stokholünden klinker ve tehlikesiz atık sahasından atıklar beslenir. Tartım kantarları vasıtası ile istenilen oranlarda çimento değirmenlerine beslenir. Belirlenen çalışma parametrelerine göre değirmenlerde öğütülür. Öğütülen malzeme çimento tipine göre ayrı ayrı silolara nakledilerek stoklanır (Anonim 2008).

2.3.10. Paketleme ünitesi

Çimento Değirmenlerinde istenilen incelik elde edilmiş olur. Klinkere öğütme sırasında ağırlıkça %3-5 arası kalsiyum sülfat katılır. Bu işlem çimentonun su ile karıştırıldığında kimyasal reaksiyonların ve katılaşma sürecinin kontrolü bakımından zorunludur ve bu ürün silolara gönderilir (Anonim 2008).

2.3.11. Çimento çeşitleri

CEM çimentosu

Hidrolik sertleşmesi öncelikle kalsiyum silikatların hidratasyonu sonucu meydana gelen ve içindeki reaktif CaO ve reaktif SiO₂ toplamının kütlece en az % 50 olması gereken çimentodur. Bileşimi portland çimentosu klinkeri, kalsiyum sülfat ve çeşitli mineral

katkılarıdır. Standarda göre CEM Çimentoları, 27 alt çeşidi kapsayan 5 ana tiptir (Anonim 2015a).

CEM I

Bu grupta klinkerin sadece kalsiyum sülfat ve minör bileşen olarak ağırlıkça en fazla % 0-5 arası mineral katkı ile öğütülmesi sonucunda Portland Çimentosu elde edilir.

CEM II

Bu grupta mineral katkı miktarı % 6-35 arasındadır. Katkı türüne bağlı olarak bu gruptaki çimentolar Portland Cürüflu, Portland Puzolanlı gibi isimler de almaktadır.

CEM III

Bu grupta Yüksek Fırın Cürüflu Çimentolar bulunur. Katkı miktarı % 36-95 arasındadır.

CEM IV

Bu grupta Puzolanik Çimentolar yer alır. Bunlarda cüruf veya kalker katkı maddesi olarak kullanılmaz. Katkı madde oranı puzolan ve uçucu kül katkıları ile birlikte %11-55 arasında değişmektedir.

CEM V

Bu grupta Kompoze Çimentolar bulunur. Bunlara hem cüruf (%18-50) ve hem de puzolan ve uçucu kül (%18- 50) miktarı belirlenen sınırlar içerisinde değiştirilerek birlikte katılır, miktarları klinker oranı %20- 64 arasında kalacak şekilde ayarlanır. Bunların haricinde gerek klinker üretimi sırasında, gerekse sonradan ilave edilen mineral katkıları sayesinde özel kullanım amaçlı olarak üretilmiş, TS EN 197-1 standardının kapsadığı 5 çeşit daha çimento bulunmaktadır. Bunlar:

Sülfatlara dayanıklı çimentolar

Trakalsiyum alüminat miktarı sınırlanmış (max %5) olarak üretilen klinkerin kalsiyum sülfat ile birlikte öğütülmesi ile elde edilir.

Beyaz portland çimentosu

Özel nitelikli kil ile kireçtaşının birlikte pişirilmesiyle elde edilen beyaza yakın klinkerin bir miktar kalsiyum sülfat ile birlikte öğütülmesiyle elde edilir.

Harç çimentosu

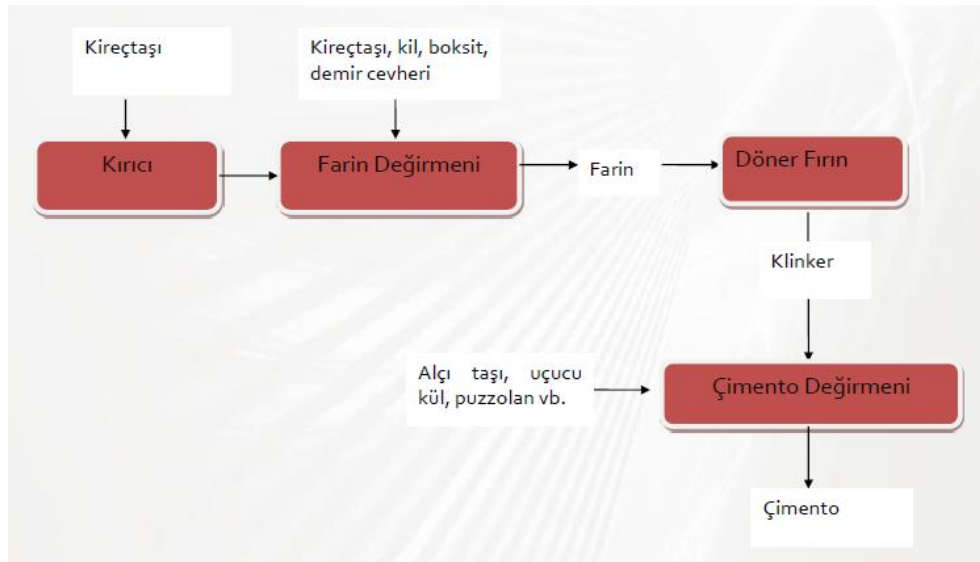
Dayanım gelişmesi için gerekli Portland Çimentosu Klinkeri içeren ince öğütülmüş hidrolik bağlayıcı. Ek bileşene ihtiyaç duyulmadan sadece kum ve su karıştırılarak duvar, sıva ve kaplama işlerinde kullanıma uygun harç yapımını sağlar.

Yüksek fırın cürufu katkılı, düşük erken dayanımlı çimentolar

Sınırlandırılmış hidrasyon ısısına sahip, yüksek fırın cürufu katkılı ve erken dayanımı düşük olan çimentodur.

Çok düşük hidrasyon ısılı özel çimentolar

Su ile karıştırıldığında hidrasyon tepkimeleri ve prosesler nedeniyle priz alan ve sertleşen bir hamur oluşturan, sertleşme sonrası suyun altında bile dayanımı ve kararlılığını koruyan ve geliştiren, genel çimentoların hidrasyon tepkimelerine sahip bir çimentodur. Çimento üretimi akım şeması Şekil 2.9.' da verilmiştir. (Anonim 2015a)



2.4. Çimento Sektöründe Emisyon Kaynakları

Çimento üretimi esnasında hava ve gürültü emisyonları ortaya çıkmaktadır. Ayrıca atıkların kullanımı ile ilgili olarak örneğin atıkların depolanması ve taşınması nedeniyle kokular ortaya çıkabilir (Anonim 2016).

Uluslararası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change) emisyon sınır değerlerinin tespiti için uygun oldukları takdirde dikkate alınması gereken temel hava kirletici maddelerin genel bir belirleyici listesini içerir. Atık kullanımı dahil olmak üzere çimento üretimi ile ilgili olanlar aşağıda belirtilmiştir:

Azot oksitleri (NO_x) ve diğer azot bileşikleri

Kükürt dioksit (SO₂) ve diğer kükürt bileşikleri

Toz

Toplam organik bileşikler (TOC) uçucu organik bileşikler (VOC) dahil

Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler ve dibenzofuranlar (PCDD'ler ve PCDF'ler)

Metaller ve bileşikleri

Hidrojen florür (HF)

Hidrojen klorür (HCl)

Karbon monoksit (CO)

Listede adı geçmeyen karbon dioksit' in (CO₂) çimento üretimi ile ilgisi olduğu kabul edilmektedir. CO₂ emisyonları ve emisyon ticareti planı ile ilgili genel bilgi Topluluk içinde sera gazı emisyonu ticaretine izin veren bir plan oluşturan ve 96/61/EC sayılı Konsey Yönergesi' ni tadil eden Avrupa Parlamentosu ve Konsey'in 13 Ekim 2003 tarih ve 2003/87/EC sayılı Avrupa Parlamentosu ve Konsey Direktifinde bulunabilir. Ayrıca, özellikle NO_x azaltımı için örneğin SNCR gibi ikincil önlemler/teknikler kullanıldığında NH₃ emisyonlarının da ilgili olduğu kabul edilebilir.

Çimento üretimindeki en önemli emisyonlar fırın sisteminden havaya yapılan emisyonlardır. Bunlar hammaddeler ve yakıtların yanması ile ilgili fiziko-kimyasal reaksiyonlar sonucunda ortaya çıkar. Bir çimento fırınından çıkan gazlarının ana bileşenleri

yanma havasından kaynaklanan azot, CaCO_3 'ün kalsinasyonu ve yakıtın yanmasından kaynaklanan CO_2 , yanma prosesinden ve ham maddelerden kaynaklanan su buharı ile oksijen fazlasıdır.

Tüm fırın sistemlerinde katı maddeler sıcak yanma gazlarına doğru ters akıntı şeklinde hareket eder. Bu ters akıntı, bünye içinde sirküle eden bir akışkan gömme yatak görevi yaptığı için kirleticilerin emisyonlarını etkiler. Yakıtın yanması veya hammaddenin klinkere dönüştürülmesi sonucu oluşan birçok bileşen, ters akıntı şeklinde hareket eden hammadde tarafından absorbe veya üzerine yoğunlaşana kadar sadece gaz halinde kalır.

Malzemenin absorplama kapasitesi fiziko-kimyasal durumuna göre değişir. Bu durum malzemenin fırın sistemindeki konumuna bağlıdır. Örneğin, fırın prosesinin kalsinasyon aşamasından çıkan malzeme yüksek oranda kalsiyum oksit içerir ve bu nedenle HCl, HF ve SO_2 gibi asit türlerini absorbe etme kapasitesi yüksektir (Anonim 2016).

Toz (Partikül madde)

Geleneksel olarak toz emisyonları (PM) ve özellikle fırın bacalarından yapılan toz emisyonları çimento imalatı ile ilgili en önemli çevresel konulardan biri olmuştur. Toz emisyonlarının ana kaynakları ham malzeme hazırlama prosesi (farin değirmenleri), öğütme ve kurutma birimleri, klinker pişirme prosesi (fırınlar ve klinker soğutucuları) yakıt hazırlama ve çimento öğütme üniteleridir (değirmenler). Bir çimento tesisindeki aşağıda belirtilen yan prosesler, atık kullanımından bağımsız olarak toz emisyonlarına yol açar:

Hammaddelerin kırılması

Hammadde konveyörleri ve elevatörleri

Hammadde ve çimento depolama

Hammadde, çimento ve kömür öğütme değirmenleri

Yakıtların (petrokok, taş kömürü, linyit) depolanması, ve

Çimento sevkiyatı (yükleme)

Tüm bu prosesler esnasında tozlu malzemelerden büyük miktarlarda gaz akışı olur. Kırma, öğütme ve sevkiyat gibi durumlarda, ekipmanlar üzerinde hafif emme uygulanır ve bu kaynaklar normal olarak torbalı filtrelerle donatılır. Modern elektrostatik çökelticilerin ve

torbalı filtrelerin tasarımı ve güvenilirliği, toz emisyonlarının önemsiz seviyelere düşürülmesini sağlamış ve rapor edilen tesislerin %37'sinde emisyon seviyesi 10 mg/Nm³'ün (günlük ortalama değerler) altına düşürülmüştür (Anonim 2016).

Azot oksitler

Klinker pişirme prosesi azot oksitlerin (NO_x) oluşumuna neden yüksek sıcaklıkta bir prosestir. Bu oksitler çimento üretim tesislerinin yol açtığı hava kirliliği açısından büyük öneme sahiptir. Bunlar, yanma işlemi sırasında yakıt azotun alev içinde oksijen ile birleşmesi veya hava azotunun yanma havası içinde oksijen ile birleşmesi sırasında oluşur. NO_x üretimine neden olan iki ana kaynak vardır:

Termal NO_x; yanma havası içindeki azotun bir bölümü çeşitli azot oksitlerini oluşturmak üzere oksijenle reaksiyona girer, fırın alevi içinde azot oksit oluşumunun ana mekanizmasıdır.

Yakıt NO_x; yakıt içinde kimyasal olarak bağlı olan azot içeren bileşikler, çeşitli azot oksitlerini oluşturmak üzere havadaki oksijenle reaksiyona girer.

Bununla birlikte, atıkların kullanılması esnasında NO_x emisyonlarında bazı küçük değişiklikler gözlemlenebilir:

Atık yakıtlar su içerdiği veya daha fazla oksijen gerektirdiği takdirde (düşürülmüş olan alev sıcaklığı üzerinde etki), birincil ateşleme sırasında oluşan NO_x düşük olabilir. Etkisi alev soğutma ile kıyaslanabilir.

Kaba taneli yakıt bir azaltma bölgesi oluşturduğu takdirde ikincil ateşleme/ön kalsinatör ateşlemesi sırasında oluşan NO_x düşük olabilir.

NO_x emisyonları kullanılan fırın prosesine bağlı olarak değişir. Sıcaklık ve oksijen içeriğinin yanı sıra (hava fazlalık faktörü), NO_x oluşumu, alevin şekli ve sıcaklığı, yanma odası geometrisi, yakıtın reaktivitesi ve azot içeriği, nemin varlığı, mevcut olan reaksiyon zamanı ve brülör tasarımından etkilenebilir (Anonim 2016).

Kükürt dioksit

Çimento tesislerinden kaynaklanan SO₂ emisyonları toplam kükürt bileşikleri girdisine ve kullanılan prosesin tipine bağlı olup, öncelikle hammaddelerin içindeki uçucu kükürt içeriği ve muhtemelen yakıtlar tarafından belirlenir. SO_x üretimi ile potansiyel emisyonları da fırın sistemde gerçekleşen kükürt dolaşımına bağlıdır. Kükürt, egzoz gazları içindeki SO₂, klinkerin içindeki CaSO₄ ve diğer kombine bileşikler ve toz gibi fırın sistemin farklı çıktılarında salınır. Ancak, kükürtün büyük bir bölümü klinkerin bünyesi içine yerleşir veya proses tarafından sistemin dışına atılır.

Kendi yataklarına bağlı olarak, hammaddeler sülfat veya sülfid şeklinde bağlı kükürt içerebilir. Sülfatlar döner fırın sistemlerinin sinterleme bölgesinde mevcut olan ve lokalize edilmiş indirgen koşullar ve yakıt ve atıkların yanması ile arttırılabilecek olan yüksek sıcaklıklarda sadece kısmen termal olarak ayrılan kararlı bileşiklerdir. Sonuç olarak sülfat şeklinde mevcut olan kükürt, klinker kalitesi için gerekli olduğunda klinker ile birlikte hemen hemen tümüyle fırın sisteminin dışına çıkartılır. Buna karşın sülfidler ön ısıtıcıda okside olurlar ve kısmen kükürt dioksit şeklinde salınırlar.

Yakıt ile fırın sistemine girmiş olan kükürt okside olarak SO₂ halini alır ve sinterleme bölgesinin, kalsinasyon bölgesinin ve ön ısıtıcının alt kademesinin güçlü alkali doğası gereği önemli SO₂ emisyonlarına neden olmaz. Bu kükürt, sinterleme bölgesinde kısmi sülfat ayrışmasından kaynaklanan minör SO₂ konsantrasyonları birlikte fırın sisteminin kalsinasyon bölgesine girer. Kalsinasyon bölgesinde SO₂ diğerlerinin yanı sıra (inter alia) hammaddelerden kaynaklanan alkaliler ve alkali sülfatlar ile reaksiyona girer. Kısmen karbondan arındırılmış farin ile temas ettiğinde, fazla SO₂ önce CaSO₃ ve sonra CaSO₄ 'e dönüşür. Bu sülfatlar tekrar döner fırına girerler. Bu şekilde, klinker vasıtasıyla dışarı atılan kükürt ile dengede olan kükürt döngüleri oluşturulur.

Bir döner fırının kalsinasyon alanı fırın egzoz gazları içinden SO₂ 'yi tutmak için ideal koşullar sağlar. Ancak, SO₂ emisyonları fırın sisteminin çalışma koşullarının, örneğin döner fırındaki oksijen konsantrasyonunun, SO₂ tutma için optimize edilmemiş olduğu zamanlarda oluşabilir. Ayrıca, sıcaklık, nem içeriği, gazın alıkoyma süresi, gaz fazında oksitlerin konsantrasyonu, katı yüzey alanının varlığı, vb. gibi çeşitli faktörler reaksiyonun verimliliğini etkileyebilir (Anonim 2016).

Karbondioksit (CO₂)

CO₂ emisyonları, yaklaşık 3500 ila 5000 MJ/ton klinker özgül ısı ihtiyacı ile bağlantılı olarak 900 ile 1000 kg/ton gri klinker olarak tahmin edilmiştir, ancak bu durum yakıtın türüne bağlıdır. Çimentonun mineral katkıları olarak öğütülmesi nedeniyle ton başına çimento olarak bakıldığında CO₂ emisyonları azalır. Bunun yaklaşık % 60'ı kalsinasyon prosesi esnasında oluşur, bakiye % 38'i ise yakıtın yanması ile ilgilidir. Yakıtın karbon içeriğinin yanması sonucunda oluşan CO₂ emisyonları hem özgül ısı ihtiyacı hem de yakıtın karbon içeriği ile kalorifik değerinin oranı ile doğrudan orantılıdır. Yanmadan kaynaklanan CO₂ emisyonları gittikçe artan şekilde azaltılmış olup, esas olarak yakıt etkinliği daha fazla olan fırın proseslerinin uygulanması sonucunda son 25 yılda yaklaşık %30'luk azaltım olmuştur (Anonim 2016).

Karbon monoksit (CO)

Klinker pişirme işlemi sırasında oluşan CO ve organik olarak bağlı karbon emisyonlarının kaynağı normal olarak doğal hammaddeler yoluyla giren küçük miktarlardaki organik bileşenlerdir (jeolojik tarih boyunca kayaların içine yer alan organizmaların ve bitkilerin kalıntıları). Bunlar fırın besleme malzemelerinin ön ısıtılması sırasında dönüştürülerek CO ve CO₂ oluşturmak üzere okside olurlar. Bu proseste, toplam organik karbon gibi küçük miktarlarda organik eser gazlar da oluşur. Bu nedenle, klinker pişirme prosesi esnasında temiz gazın CO içeriği ve içindeki organik eser gazlar yanma durumu hakkında bir sonuca varmaya izin vermez. Ancak, ilave CO emisyonları, ikincil ateşleme sırasında yetersiz yanma ve uygun olmayan pişirme koşullarından kaynaklanabilir. Öte yandan, CO emisyonu oranındaki böyle bir artışın NO_x emisyonlarındaki azalma ile aynı zamana rastladığı belirtilmelidir. Ancak azaltım koşullarının SO_x emisyonları üzerinde olumlu bir etkisi olabilir (Anonim 2016).

Toplam organik bileşikler (TOC)

Genel olarak ısı (yanma) prosesinde uçucu organik bileşiklerin (ve karbon monoksitin) oluşumu genellikle yetersiz yanma ile ilişkilidir. Çimento fırınlarında emisyonlar, kullanılan fırının türü, fırındaki gazların yüksek alıkoyma süresi, yüksek sıcaklık, alevin tabiatı (2000 °C) ve fazla oksijen koşulları nedeniyle normal kararlı çalışma koşulları altında düşük olacaktır. Bunlar organik bileşiklerin yüksek bir verimlilik oranı (> % 99.9999) ile ayrıştırıldığı ve yok edildiği proses koşullarıdır. Konsantrasyonlar devreye alma veya anormal

işletme koşulları sırasında artabilir. Bu olaylar örneğin haftada bir iki defa veya iki üç ayda bir gibi değişen sıklıklarla oluşabilir (Anonim 2016).

Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler (PCDD) ve dibenzofuranlar (PCDF)

PCDD/F, fırın ve proses tasarımı, yanma şartları, besleme özellikleri ile tipi ve operasyon emisyon kontrol ekipmanlarının türü ve çalışmasına bağlı olarak çeşitli formasyon mekanizmalarının bir araya gelmesi sonucunda oluşur. Ayrıca, organik maddelerin varlığında herhangi bir klorun eklenmesi potansiyel olarak ısı (yanma) prosesinde PCDD/F'nin oluşmasına neden olabilir. Hammaddelerde bulunan klor ve hidrokarbon öncülerinin yeterli miktarda olmaları halinde PCDD/F ön ısıtıcının içinde veya sonrasında ve hava kirliliği kontrol cihazında oluşabilir (Anonim 2016).

Hidrojen klorür ve hidrojen florür (HCl ve HF)

Kloridler ve floridler küçük ilave bileşenlerdir. Bunlar fırın sistemine hammadde ve/veya yakıt gibi değişik girdilerle girebilirler. Bu maddeler için düzenli periyodik izleme yapılması uygundur (Anonim 2016).

3. MATERYAL - METOD

3.1. Çimento Sektöründe Alternatif Hammadde Kullanımı

Çimentonun geleneksel hammaddesi olan klinker üretimi, üretim sürecinde gerekli ısı enerjisi ihtiyacı ve kimyasal reaksiyon sonucu gerçekleşen kalsinasyon etkisi dolayısıyla ortaya çıkan CO₂ emisyonuyla, çimento üretiminin iklim değişikliği faktörünün en belirgin bölümünü oluşturmaktadır. Dolayısıyla çimento içindeki klinker oranı ne kadar yüksekse, üretilen betonun iklim değişikliği faktörü de o denli yüksek olacaktır. Modern çimento üretim teknolojileri ve hazır beton uygulamalarıyla bugün, klinkerin çeşitli alternatif hammaddelerle ikamesi mümkün olmaktadır. Bu uygulamalar sayesinde üretilen yüksek performanslı, katkı çimento türleriyle, ürünün toplam enerji ihtiyacı ve CO₂ emisyonu düşürülmekte, içerdikleri mineral katkıları sayesinde ise daha sağlıklı, sağlam ve güvenli yapıların inşası, sürdürülebilir inşaat uygulamalarının gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır. İkame edilen klinker doğal kaynaklardan elde edildiğinden katkı çimento üretimi, doğal kaynak ve arazi kullanım verimliliği, geri kazanım ve biyoçeşitliliğin korunması gibi çok çeşitli çevresel kazanç sağlamaktadır. Çimento üretiminde gerekli olan hammaddeler kalker, kil ve demir cevheridir. Ayrıca çimentoya bir miktar alçıtaşı da ilave edilmektedir. Tüm bu maddeler maden ocaklarından temin edilmektedir. Üretimleri ve naklieleri esnasında enerji ve yakıt tüketilmektedir. Bir diğer önemli husus da kaynakların hızla tükenmesidir. Doğal kaynakların azalmaması için çimento hammaddesine ek olarak ; grid, pirit külü, demir-çelik sanayisi atığı olan yüksek fırın cürufu, mermer atıkları, döküm kumu, demir tozu, tufal, alçı kırığı, uçucu kül, demir cürufu ve hafriyat toprağı gibi malzemeler kullanılır. Bu alternatif hammaddeler çimentonun hammaddelerine belli oranlarda katılarak kullanılmaktadır. Türkiye’de bir çimento üreticisi tarafından inşaat kazılarında ortaya çıkan hafriyat kayaçları da alternatif hammadde olarak kullanılmaya başlanmıştır. Bu uygulama dünya çapında “iyi uygulama örneği” olarak gösterilebilir.

Türkiye’de afet açısından riskli görülen yapıların yenilenmesi amacıyla kentsel dönüşüm süreci başlamıştır. Kentsel dönüşümün gelecek yıllarda hızlıca artacağı düşünülürse hem hafriyat kayaçları hem de inşaat atıklarının uygun fraksiyonları (tuğla vb.) çimento üretiminde önemli bir hammadde kaynağı olabilecektir. Özellikle inşaat atıklarının geri dönüşümden geçirilmesi sonucu demir, agrega ve kum tasnif edilebilecektir. Bu geri kazanılmış malzemeler uygun fiziksel ve kimyasal özelliklerde olması halinde beton ve çimento sektöründe kullanılabilir. Türkiye’de çimento sektöründe alternatif hammadde kullanımını AB’deki uygulamalara kıyasla istenen seviyeden oldukça uzaktadır. Bunun en

önemli nedeni nakliye mesafesi, atıkların nem içeriği ve henüz “kirleten sorumludur” prensibinin oturmuş olmamasıdır. Şekil 3.1.’ de çimento tesislerinde atık kullanımı gösterilmiştir (Engin 2015).

Çimento sektöründe kullanılabilen alternatif hammaddeler şunlardır:

Yaş Arıtma Çamuru

Boya Çamurları

Döküm Kumu

Cüruf

Grit

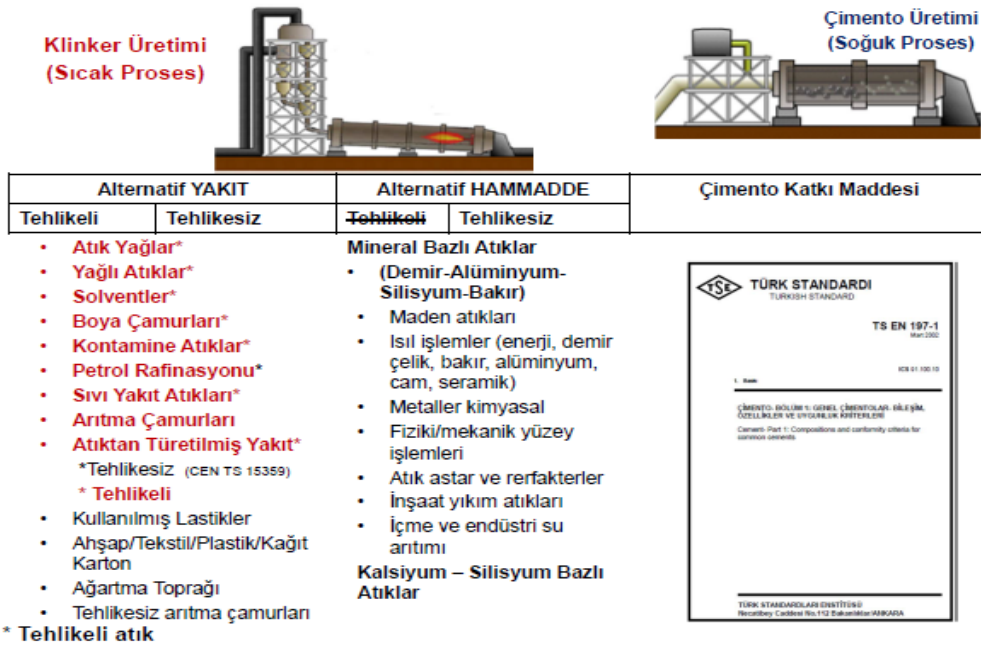
Alüminyum Çamuru

Alçı Atıkları

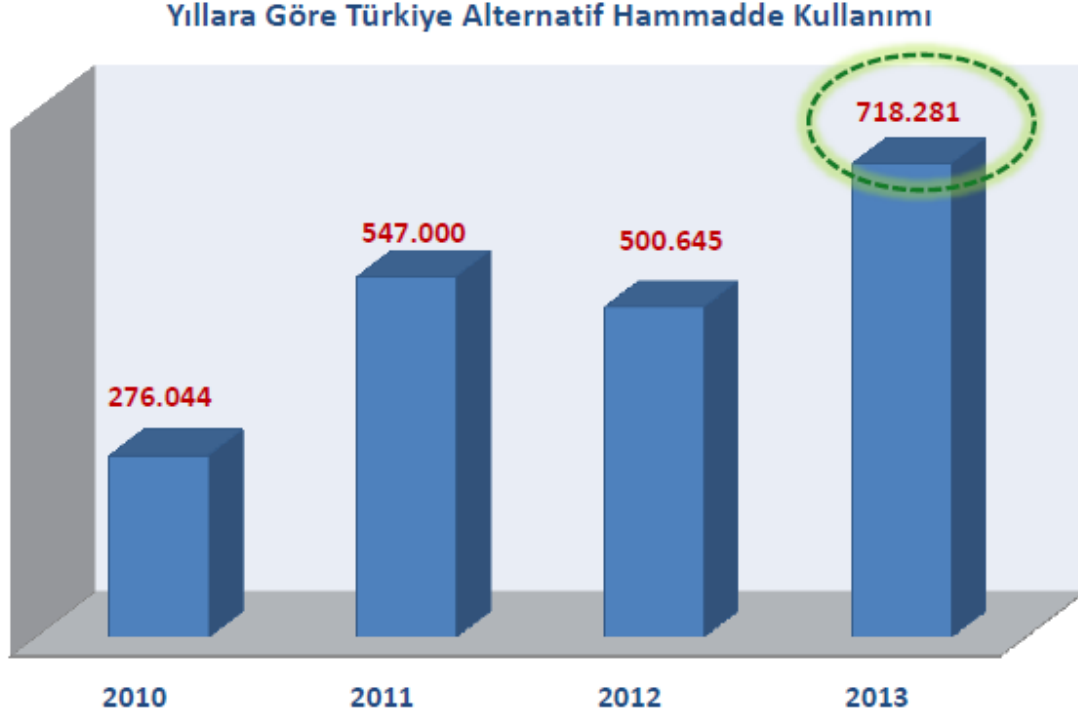
Ağartma Toprağı

Kodu Uyan Diğer Atıklar

Alternatif hammadde kullanacak lisanslı tesislerin kabul edebileceği atıkların kodlarının listesi Ekler’ de Ek 1’ de verilmiştir.



Şekil 3.1. Atık kullanımı (Engin 2015)



Şekil 3.2. Türkiye alternatif hammadde kullanımı (Gencil Derinöz 2015)

3.2. Çimento Sektöründe Alternatif Yakıt Kullanımı

Çimento üretiminde en büyük maliyet kalemi enerjidir. Enerjinin içindeki büyük bileşen de yakıttır. Geleneksel yakıtlar fosil kökenlidir. Fosil yakıtlar yerine ısı değeri yüksek atıkların kısmen ya da tamamen kullanılabilirdiği durumda hem enerji maliyeti önemli ölçüde düşer, hem de fosil yakıtlardan çimentoculara kesilen “Karbon Vergisi”, “Çevre Kirleticisi” vb. faturalar azalır. Çimento fabrikaları sahip oldukları büyük kapasiteli yakma donanımları ile sanayi ve kent atıklarından ısı değeri uygun olanları kendi üretim süreçlerinde yakarak hem yakıt maliyetini düşürmüş, hem de atıkları yok ederek toplumdaki paydaşlarına çevre koruma hizmeti vermişlerdir. Atıkların fabrikada çevre koruma kurallarına uygun olarak yakılması ne denli önemli ise onların fabrikanın kendi üretimini ve ürününü olumsuz etkilememesi de o denli önemlidir. Günümüzde pek çok atık türü ile baş edebilmek için uygun teknikler çimento fabrikalarında yerlerini bulmuşlardır. Birlikte yakma, küresel CO₂ emisyonlarının azaltılması için çimento sanayine yüksek bir potansiyel sunmaktadır. Birlikte yakmanın olmadığı durumda, bu malzemeleri oluşturan atıklar ve yan ürünlerin yakılması ya da düzenli depolanması zorunluluğu doğacak olup, eşdeğerleri oranında sera gazı emisyonları salınacaktır. Üretilen çimentonun CO₂ emisyonları, ara ürün olan klinkerin üretiminden

kaynaklanmaktadır. Klinker üretiminde kullanılan fosil yakıtların azaltılmasıyla üretilen çimentonun enerji ve karbon yoğunluğu da azaltılmaktadır. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından “Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik” kapsamında atık yakma lisansı alan çimento fabrikaları yine Bakanlık tarafından belirtilmiş olan atıkları üretim aşamasında alternatif yakıt kaynağı olarak kullanabilmektedir. Çimento sektöründe genelde alternatif yakıt olarak ömrünü tamamlamış araç lastikleri, endüstriyel atık plastikler, kontamine atıklar, evsel arıtma çamuru, ağartma toprağı, atık yağ, sintine atıkları, belediye atıklarından türetilmiş yakıt (RDF) kullanılmaktadır. Bu atıklar tehlikeli ve tehlikesiz olarak sınıflandırılmaktadır. Tıbbi atıkların, nükleer atıkların, bataryaların ve işlemde geçmemiş belediye atıklarının alternatif yakıt olarak kullanımı yasaktır. Alternatif yakıtların kullanımı ile çimento fırınları bir nevi insineratör görevi de üstlenmiştir. Ancak buradaki en önemli fark insineratörler yok etme işlemini gerçekleştirirken, çimento fırınlarının “birlikte yakma” özelliğı ile atıkların ısı enerjisi kullanması yani enerji geri dönüşümü yapmasıdır. . Bu nedenle 2003 yılında Avrupa Adalet Divanı, atıkların çimento fırınlarında yakıt olarak kullanılmasını bertaraf değil, “geri kazanım” olarak sınıflandırmıştır. (Engin 2015)

Çimento sektöründe kullanılabilen alternatif yakıtlar şunlardır:

Arıtma Çamurları (% 90-95 kuru madde değerine ulaşması şartı)

Tekstil İçerikli Atıklar

Odun, talaş vb.

Plastik İçerikli Atıklar

Atık Yağ

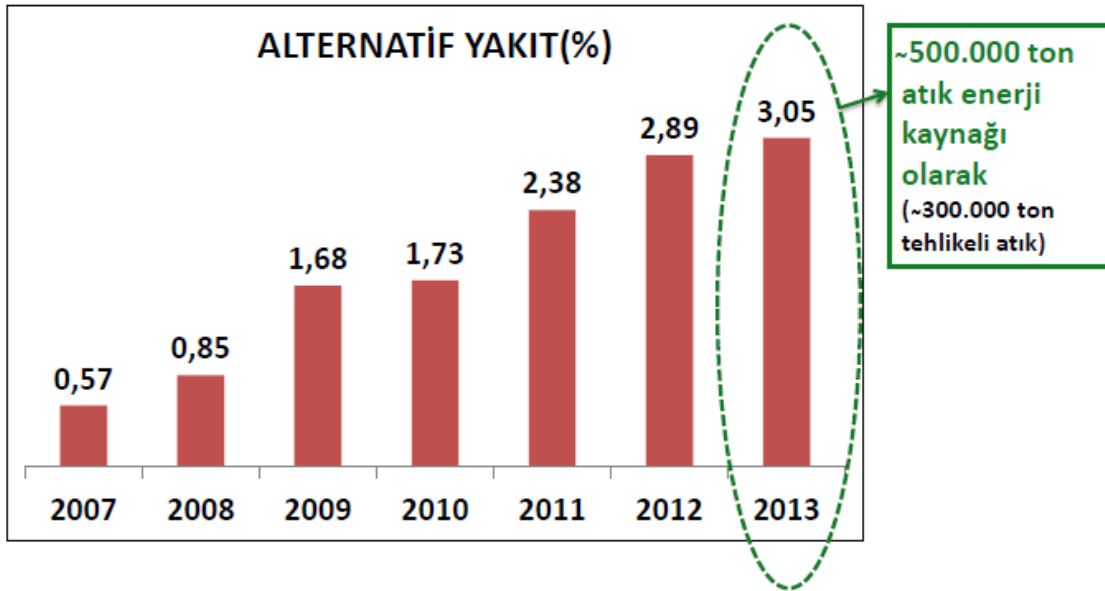
Atıktan Türetilmiş Yakıt

Alternatif Yakıt kullanacak lisanslı tesislerin kabul edebileceğı atıkların kodlarının listesi Ekler’ de Ek 2’ de verilmiştir.

Çimento sektöründe kullanılabilir alternatif yakıtların ısı değerleri Çizelge 3.1.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Alternatif yakıtların ısı değerleri

Alternatif yakıt	Ortalama ısı değeri(kcal/kg) (Petrokok ~ 7500)
Ömrünü tamamlamış lastik	5500
Endüstriyel plastik	5000
Atık yağlar	9000
Solventler	7500
Parçalanmış kağıt	3400
Yağlı kontamine atıklar	3500
Bitki kabukları	4760
Atıktan üretilen yakıt (RDF)	2800
Arıtma çamuru	3000
Kontamine atıklar (ambalaj-giysi)	3000



Şekil 3.3. Türkiye’de alternatif yakıt kullanımı (Gencel Derinöz 2015)

3.2.1. Beraber yakma tesisi lisansı almak için izlenecek yol ve mevzuat hükümleri

06.10.2010 tarihli ve 27721 sayılı Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik gereği beraber yakma tesislerinin, Çevre İzin ve Lisans Yönetmelik hükümlerine göre müracaat ederek lisans alması gerekmektedir. Ayrıca bu yönetmeliğin Ek-9 unda yer alan bilgi ve belgelerin hazırlanması gerekmektedir. Buna bağlı olarak lisans alınmadan önce tesiste yakılacak atığı analiz etmek, atık besleme hızına bağlı olarak ortaya çıkacak emisyon ve atık sularla ilgili standartları sağladığını ispat etmek amacıyla sürekli ölçüm cihazı ile üç ay süreyle deneme yakması yapması gerekmektedir. Tesis işleticisi deneme yakmasına başlamadan önce, deneme yakması planını hazırlaması ve Bakanlık onayına sunması gerekmektedir. Bakanlıkça onaylanmadan deneme yakması başlatılamaz.

Beraber yakma tesisleri baca gazı emisyonları, Yönetmelikte belirlenen emisyon limit değerlerini aşmayacak şekilde tasarlanması gerekmektedir. Bir beraber yakma tesisi ortaya çıkan yakıt anma ısıl güç değerinin %40 veya daha azını atıktan sağlıyorsa, Çizelge 3.2. Ek-2'de belirlenen emisyon limit değerleri uygulaması gerekmektedir.

Çizelge 3.2. Emisyon limit değerleri

Ek-2	
Kirletici Madde	C mg/m ³
Toplam toz	30
HCl	10
HF	1
Mevcut tesisler için NO _x	800
Yeni tesisler için NO _x	500

NO_x emisyon limit değerlerinin uygulanması için, faaliyette olan ve emisyon izni bulunan çimento fırınları, yeni tesisler olarak kabul edilmemektedir.

Çizelge 3.3. Düşük emisyon limit değerleri

Kirletici Madde	C
Cd + Tl	0,05
Hg	0,05
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5
Dioksinler ve Furanlar	0,1

SO₂ ve TOK için toplam emisyon limit değerleri Çizelge 3.4. 'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. SO₂ ve TOK emisyon limit değerleri

Kirletici MADDE	C
SO ₂	50
TOK	10

SO₂ ve TOK'nin emisyon değerinin atıkların yakılmasından değil, kullanılan yakıttan kaynaklandığının ispat edilmesi durumunda sınır değer yakıt kullanımından kaynaklanan emisyon değeri 20.12.2014 tarihli ve 29211 sayılı Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği olarak alınmaktadır (Anonim 2016a).

CO için emisyon limit değeri Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinde verilen limit değeri alınmaktadır (Anonim 2016a).

3.2.2. Çimento fırınlarında atık yakmanın çevresel yararları

Doğal kaynakların korunması

Avrupa Birliği'nin 27 üye ülkesindeki çimento fabrikalarında ısı gücünün %30'u (bazı tesislerde %100'e yakın) atıklardan karşılanırken, Türkiye'deki çimento fabrikaları 2013 yılında ihtiyaç duydukları ısı gücünün yaklaşık %3'ünü alternatif yakıtlardan sağlamıştır. Türkiye ortalaması %3 olmasına rağmen, alternatif yakıtları %20-25 oranlarında kullanan çimento fabrikaları da bulunmaktadır. (TÇMB 2014)

Çimento fabrikasının ısı ihtiyacının karşılanmasında kullanılan kömür, petrokok, doğalgaz gibi fosil kaynakların tüketiminde sağlanacak azalma doğal kaynakların korunmasında büyük rol oynayacaktır. (Akçansa 2010)

Toplam CO₂ salınımlarında azalma

Karbonu yoğun fosil yakıtların yanmasıyla oluşacak CO₂ emisyon miktarı, daha az karbon içeren alternatif yakıtların kullanımıyla azalmaktadır. Türkiye’de bertaraf yöntemleri kapsamında organik atıklar, genellikle vahşi sahalarda depolanmakta ya da yakılmaktadır. Atıkların vahşi depolama yerine çimento fabrikalarında enerji kazanımı amacıyla kullanılmasıyla, doğada atıkların çürümesi ile ortaya çıkan ve CO₂’den daha etkili bir sera gazı olan metan gazının kontrolsüz olarak atmosfere yayılmasının önüne geçilmektedir. (Akçansa 2010)

İklim değişikliği ve enerji verimliliği

Çimento sektörü; gönüllü anlaşmalar yaparak, verimlilik artırıcı projeler hazırlayarak, sanayide enerji verimliliği çalışmalarına destek vermektedir. 2001 yılından bu yana her yıl Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü ve TÇMB işbirliği ile çimento sektöründe enerji ihtiyaç ve kullanımına yönelik ‘benchmarking’ çalışması yapılmaktadır. Sektör, atıkların çimento üretiminde alternatif yakıt olarak kullanımının ve katkılı çimento üretiminin artırılması için konuyla ilgili çalışmalara tüm gücüyle destek vermektedir.

25 Nisan 2012 tarih ve 28274 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik kapsamında sera gazlarının izlenmesine ilişkin çalışmalar başlatılmıştır. Birleşmiş Milletler tarafından yürütülen İklim Değişikliği Taraflar Konferansı çalışmaları yerinde takip edilerek sektöre küresel gelişmeler ve ülkemizin pozisyonu konusunda bilgilendirme yapılmaktadır (Gencel Derinöz 2015a).

Yanma sonrası sıfır atık

Ülkemizin her bölgesinde hali hazırda kurulu olan, ilave arıtma ünitesi gerektirmeyen, emisyonları sürekli ölçüm cihazları ile takip edilen ve herhangi bir yanma atığı bulunmayan çimento fabrikalarının potansiyelinden yararlanılması ve sektörün atık yönetiminde çözüm ortağı olarak görülmesi büyük önem taşımaktadır (Anonim 2016b).

Döner fırınlarda 1450 °C pişirilen klinker sıcaklığı ve 2000 °C gaz sıcaklığında, gerçekleşen yanma işleminden sonra hiçbir katı ya da sıvı atık ortaya çıkmamaktadır. (Akçansa 2010)

Döner fırınlarda 1400-1450 °C yüksek sıcaklıklardan dolayı atıklar, CO₂, H₂O ve NO_x gibi nihai yanma gazlarına kadar kolaylıkla parçalanabilmekte ve yanma sonucunda oluşan kül çimento kalitesine herhangi bir etki yapmadan ürün bünyesine bağlanabilmektedir. Çimento prosesinin belirtilen özelliklerinden ötürü uzun yıllardan beri Japonya, AB ve ABD gibi gelişmiş ülkelerin çimento sektörlerinde atıklar enerji geri kazanımı amacıyla kullanılmaktadır (Anonim 2016c).

Ek atık yakma tesislerine gerek bırakmayan bir işlem

Artan nüfus ve tüketim sonucu, atık bertarafı ülkemiz ve özellikle İstanbul için ileride büyük bir sorun haline gelecektir. Bu sebeple, atığın bertaraf edilmesi için depolama haricinde yakma gibi yöntemler de gündeme gelecektir. Ancak atıklar için yakma tesisi görevini üstlenen çimento fabrikaları sayesinde, yakma tesislerine gidecek olan atığın miktarı azalmaktadır. Katı atık yakma tesislerinde CO₂ gazı ve ağır metal içeren küller ortaya çıkmakta ve genellikle enerji geri kazanımı yapılamamaktadır. Ancak çimento fabrikalarında, yanmadan sonra ortaya çıkan kül, yarı mamul olan klinker bünyesine katılmakta; katkının son ürün olan çimento üzerinde herhangi bir negatif etkisi bulunmamaktadır. Sonuç olarak, arazide depolanması gerekecek herhangi bir kül/cüruf atığı oluşmamaktadır. Bu anlamda çimento fabrikalarındaki atık bertaraf işlemleri bu soruna daha etkin bir çözüm getirmektedir. Ayrıca, alternatif yakıtlar yüksek maliyetli fosil yakıtlara göre daha ekonomik olmaları sebebiyle yakıt maliyetini düşürmektedir. Ancak bu durum, yakıtın bulunabilirliği ve yerel koşullara göre değişim gösterebilmektedir. (Akçansa 2010)

Tüketilenden üretmek

Doğal kaynakların tehdit altında olduğu, temiz su kaynaklarının azaldığı, enerjinin giderek daha fazla önem kazandığı dünyamızda, malzemelerin, enerji ve atıkların geri dönüşümü ve geri kazanımı son derece hayati bir süreç haline almıştır. Doğa; en büyük geri dönüşümcüdür. Onu var eden her bileşeni, sayısız kez yeniden üretir ve bunu tüketilenden yola çıkararak yapar. (Akçansa 2010)

Alternatif yakıt kullanımının çimento üretim sürecinde meydana getirdiği bazı zorluklar da vardır. Özellikle klorür ve kükürt içeriği yüksek olan yakıtlar siklonlarda tıkanmalara ve döner fırınlarda istenmeyen duruşlara neden olabilmektedir. Bu nedenle çimento fabrikaları sürdürülebilir üretimi sağlamak için bu sıkıntılara katlanmakta ve geliştirici/iyileştirici yöntemleri araştırmaktadır. Ayrıca klorür miktarı çimentoda sınırlı

olduğu için özellikle PVC içeren atıklar belirli oranlarda kullanılabilir. Çoğunlukla fosil yakıtlar ve alternatif yakıtlar optimize edilerek birlikte kullanılmaktadır. Alternatif yakıt kullanımında yaşanan önemli bir sorun da tedarik konusunda yaşanmaktadır. Atıkların toplanması ve depolanmasında sıkıntılar devam etmektedir. Son yıllarda Belediyeler tarafından biyolojik atıksu arıtma tesisi ve evsel katı atık işleme tesisi yatırımları yapılsa da mevcut durumda bunlar yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle bazı çimento fabrikaları yerel yönetimlerle ve ilgili kurumlarla ortaklaşa hareket ederek bu sorunları aşmaya çalışmaktadır.

Ülkemizdeki 50 çimento fabrikasının 35' inde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı' ndan alınmış endüstriyel ve evsel atıklar, alternatif yakıt ve alternatif hammadde kullanma lisansı vardır.

Çizelge 3.5.' de görüldüğü gibi 2009 yılı içinde yaklaşık 134.000 ton, 2010 yılında ise 261.000 ton atık lisanslı çimento fabrikalarında ek yakıt olarak kullanılmıştır. (Engin 2015)

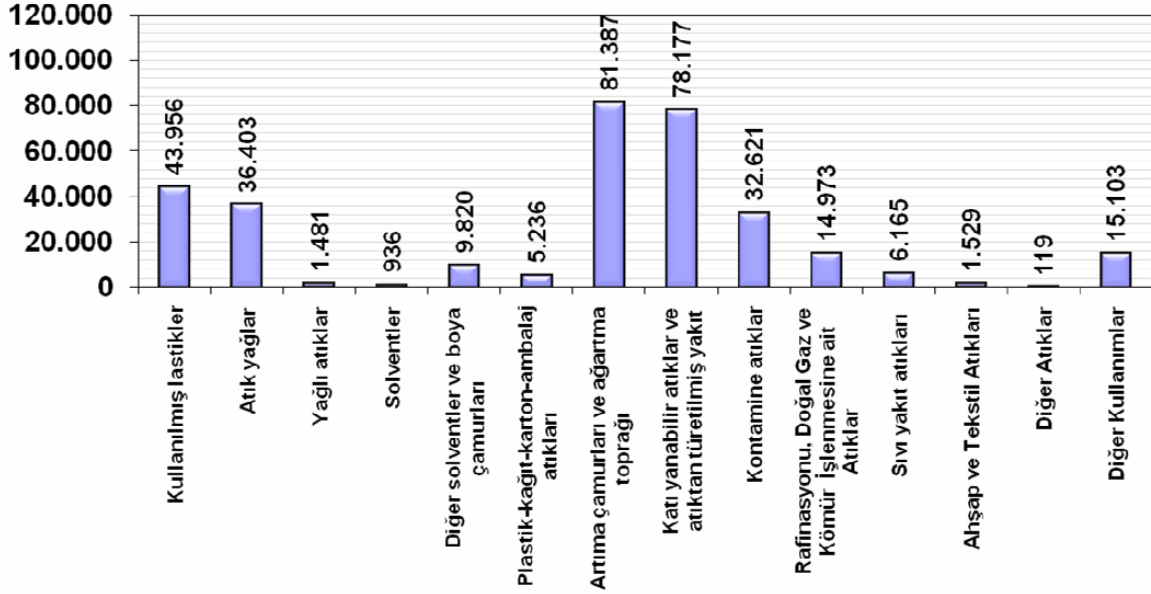
Çizelge 3.5. 2009 ve 2010 yıllarında çimento sektöründe alternatif yakıt kullanımı (Engin 2015)

Atık Cinsi	2009 yılı miktarı (ton)	Elektrik enerjisi eşdeğeri (MW·h)	2010 yılı miktarı (ton)	Elektrik enerjisi eşdeğeri (MW·h)
Atık yağ	19,875	9,6	25.969	12,5
Hurda lastik, kontamine ambalajlar, absorbanlar	22,300	6,2	35.176	9,8
Arıtma çamuru	54,300	12,4	69.800	15,9
Atık boya-vernük	3,700	0,7	5.900	1.1
Diğer tehlikesiz atıklar	33,702	3,5	124.155	12.9
Toplam	133,877	32,4*	261.000	52,3**
* Bu enerji miktarı ortalama olarak 316.000 kişilik bir yerleşim yerinin elektrik enerjisi ihtiyacına eşdeğerdur.				
** Bu enerji miktarı ortalama olarak 510.000 kişilik bir yerleşim yerinin elektrik enerjisi ihtiyacına eşdeğerdur.				

3.2.3. Türk çimento sektöründe alternatif hammadde ve alternatif yakıt kullanımı

Atıkların çimento sektöründe kullanılması, birincil yakıt ve hammaddelerin, kabul kriterlerine uygun atıklar ile ikame edilmesi işlemidir. Alternatif yakıt ve alternatif hammadde olarak kabul edilen atıkların organik kısmına ait ısı değer veya mineral kısmına ait malzeme değeri çimento fırınlarında geri kazanılır. Avrupa Adalet Divanı, atıkların çimento fırınlarında alternatif yakıt olarak kullanılmasını “yakma” değil “geri kazanım” olarak sınıflamıştır. Ülkemizdeki çimento fabrikaları asıl amaçları olan çimento üretiminin yanı sıra, endüstriyel ve evsel atıkların yönetiminde birer çözüm ortağı olmak üzere çaba sarf etmektedir. Mevcut durumda ülkemizde faaliyet gösteren 50 çimento fabrikasının 35’inde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan alınan izinler kapsamında, endüstriyel ve evsel atıklar, alternatif yakıt ve alternatif hammadde olarak değere dönüştürülür. Türk çimento sektöründe üretim sürecinde geri kazanılabilen alternatif yakıtlar genel olarak; atıktan türetilmiş yakıtlar, ahşap, tekstil, plastik gibi bileşenler içeren çeşitli evsel veya endüstriyel atıklar, farklı türlerde uygun kalorifik değere sahip arıtma çamurları, atık yağlar, sintine atıkları, ömrünü tamamlamış lastikler ve solventler olarak sıralanabilir. Çimento hammaddesi olarak geri kazanılabilen alternatif hammaddeler ise basit sınıflama ile maden atıkları, ısı işlem atıkları ve inşaat atıkları grupları altında yer alır. Türk çimento sektörü, günümüzde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından atık olarak kabul edilen 850’den fazla farklı malzemenin ancak 250 kadarını alternatif yakıt ve alternatif hammadde olarak geri kazanmaktadır. Nükleer atıklar, bulaşıcı tıbbi atıklar, bataryalar ve ön işlemden geçmemiş karışık belediye atıkları gibi malzemelerin çimento sanayinde geri kazanımı mümkün değildir. (TÇMB 2014)

Şekil 3.4’ de 2011 yılında çimento sektöründe yakıt olarak kullanılan atıkların kullanım miktarları görülmektedir. Atıktan türetilmiş yakıtlar, arıtma çamuru, ağartma toprağı ve ömrünü tamamlamış lastikler en çok kullanılan alternatif yakıt kaynaklarıdır.



Şekil 3.4. 2011 yılında çimento sektöründe kullanılan alternatif yakıtlar (Engin 2015)

4. ARAŞTIRMA VE BULGULAR

4.1. Örnek Olarak Seçilen Çimento Tesisinin Tanıtımı

İşletme 242.824 m² yüzölçümlü alan üzerinde, 34.080 m² yüzölçümlü kapalı alanda yer almaktadır. Tesiste 81 idari personel, 109 işçi 3 vardiya halinde çalışmaktadır. İşletme 1842500 ton/yıl klinker, 2.000.000 ton/yıl üzerinde üretim kapasitesiyle çimento üretmektedir. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından verilen 16.02.2010 tarih 1855 sayılı “ÇED Olumlu Belgesi” mevcuttur. Hava Emisyon, Atıksu Deşarjı, Tehlikesiz Atık Geri Kazanım, Atık Yakma Ve Beraber Yakma konularında 16.10.2013 tarihli 131 sayılı Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin Lisanslar Hakkındaki Yönetmelik kapsamında Çevre İzni ve Lisansı bulunmaktadır.

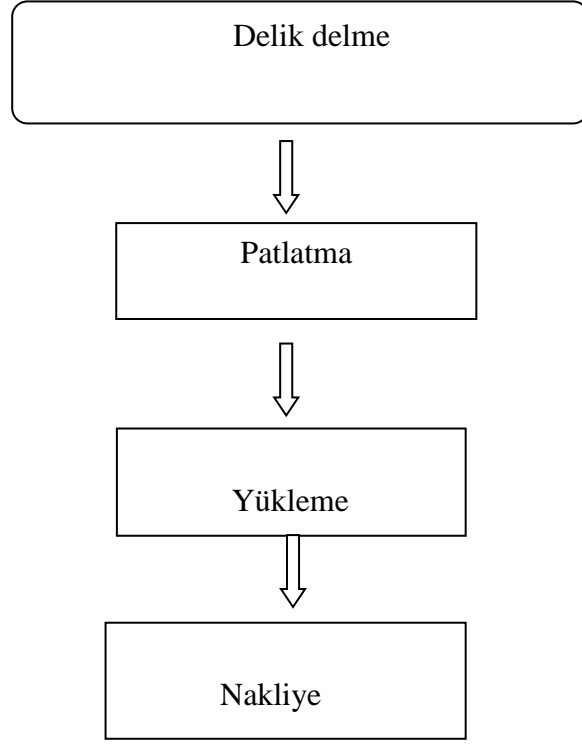
Tesiste girişte idari bina, sosyal tesis, geçici atık depolama sahası ve müteahhit firmaların ofisleri bulunmaktadır. Fabrika üretim alanında işletme binası ve ambar bulunmaktadır. Arıtma tesislerinin biri işletme binasının alt tarafında, diğeri güvenlik girişinde bulunmaktadır. (Anonim 2015d)

4.1.1. İşletmenin iş akım şeması ve proses özeti

Tesiste üretim faaliyetleri 5 ana başlık altında incelenebilir. Bunlar; hammaddenin temini için Hammadde Ocak İşletmeciliği, tesise hammaddenin intikal ettiği ve kırılarak homojene edilmek üzere stoklandığı kırıcılar ve preblending ünitesidir. Bu üniteden alınan hammadde klinker üretim ünitesinde çimentonun yarı mamulü olan klinkere dönüştürülmektedir. Bundan sonra klinker çimento üretim ünitesinde öğütülerek çimentoya dönüştürülmektedir. Elde edilen çimento paketleme ünitesinde paketlenerek veya dökme olarak silobaslara doldurularak piyasaya satılmaktadır. Tesiste gerçekleştirilen faaliyetler ana başlıkları ile aşağıdaki şekilde özetlenmiştir. (Anonim 2015d)

Ocak İşletmeciliği Faaliyeti

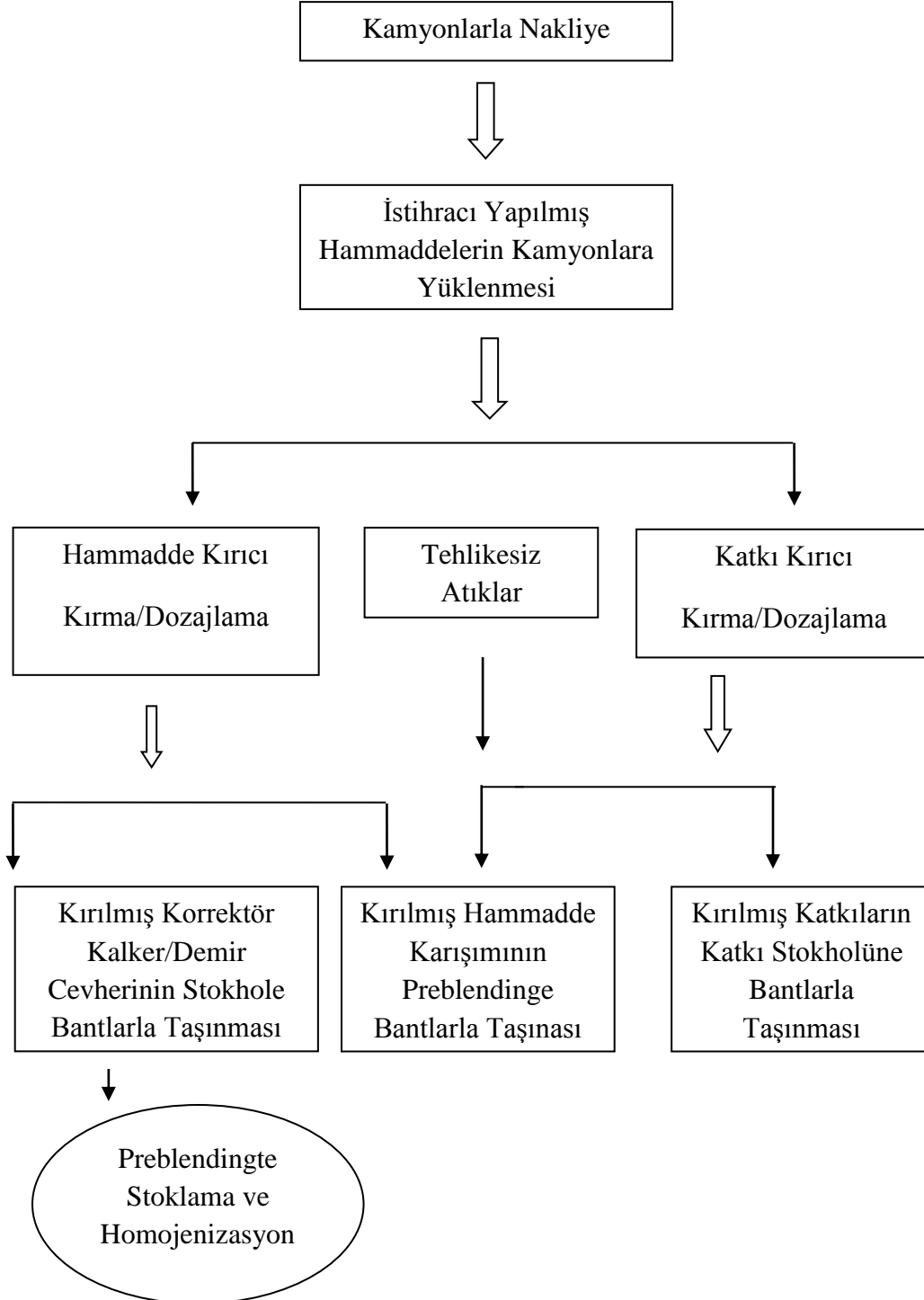
Hammadde ocaklarında vagon drill ile delme işlemi yapılmakta ve gecikmeli ve exel kapsüllerle patlatma işlemi yapılmaktadır. Çıkan malzemeler kamyonlarla hammadde konkasörlerinde kırılarak preblending ve stokholde stoklanmaktadır. Ocaklarda atıksu oluşumu söz konusu olmayıp, hammadde ocaklarında hava emisyon kaynağı bulunmamaktadır. Hammadde ocağı iş akım şeması Şekil 4.1.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Hammadde ocağı iş akım şeması (Anonim 2015d)

Kırıcılar (Konkasörler)

Çimento imalatı amacıyla hammaddelerin kırılması gerekmektedir. Malzemeler genelde 1.5 m boyutundadır. İyi kalitede klinker eldesi için malzeme en az 0.2 mm boyutuna kırılmalıdır. Kırılan malzemeler stok alanında bekletilir ya da farin değirmenine gönderilmektedir. Kırıcı ve preblending ünitesi iş akım şeması Şekil 4.2.' de verilmiştir.



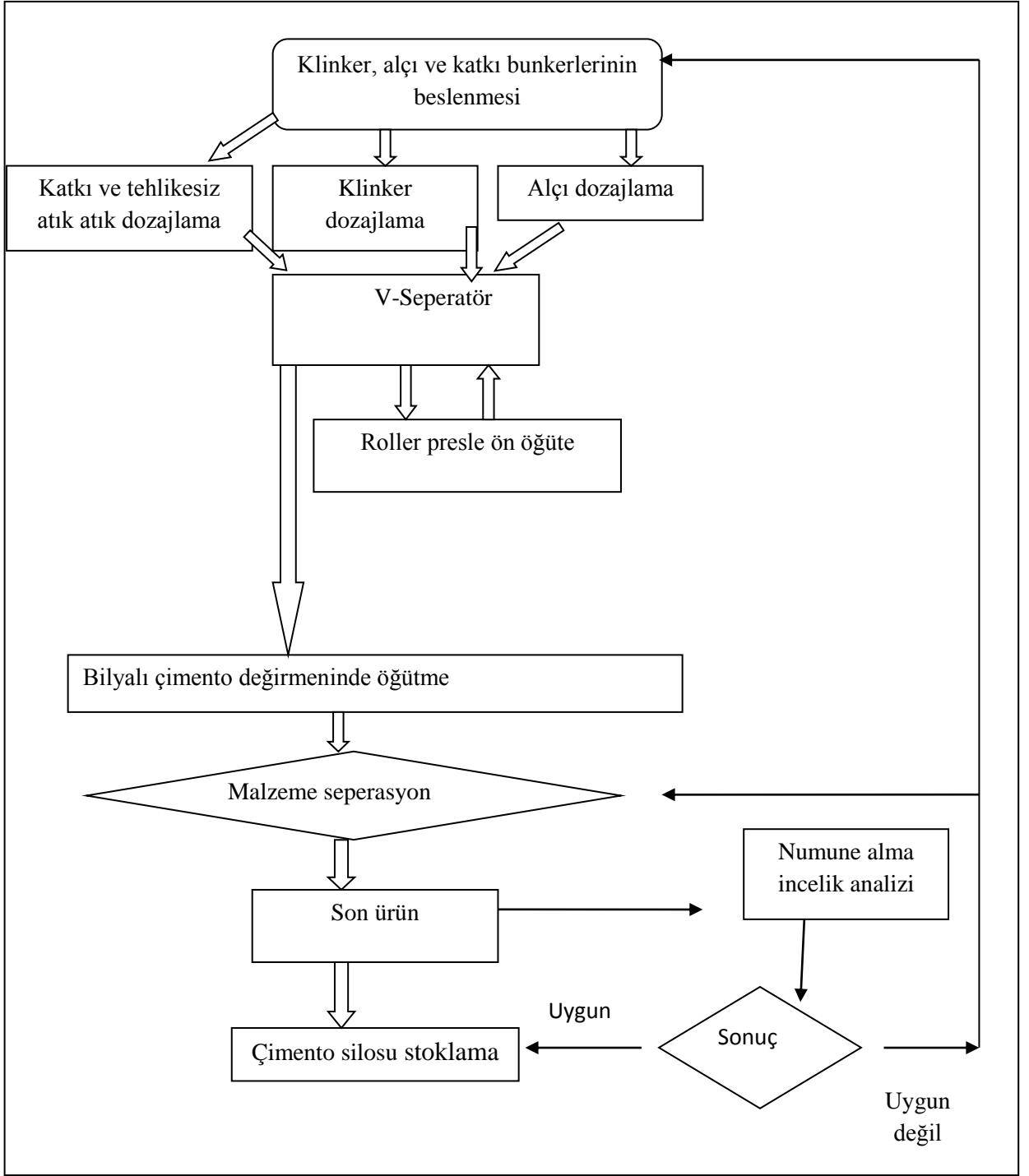
Şekil 4.2. Kırıcı ve preblending ünitesi iş akım şeması (Anonim 2015d)

Klinker Üretim Ünitesi

Ham karışım hammadde stoklarından ve tehlikesiz atıkların ilavesi ile birlikte farin değirmenine beslenmektedir. Burada öğütülen farin farin stok silosunda depolanmaktadır. Farin stok silosundan alınan farin klinker üretim hattının ön ısıtıcı siklonlarına beslenmektedir. Ön ısıtıcı aşamasında kalsinasyonu tamamlanan farin döner fırına intikal etmektedir. Burada meydana gelen klinkerleşme reaksiyonları neticesinde oluşan malzeme klinker soğutma ünitesine dökülerek hava marifeti ile soğutulmaktadır ve klinker stok silosuna sevk edilmektedir. Kömür değirmeninde öğütülen kömür, öğündükten sonra döner fırında yakıt olarak kullanılır.

Çimento Üretim Ünitesi

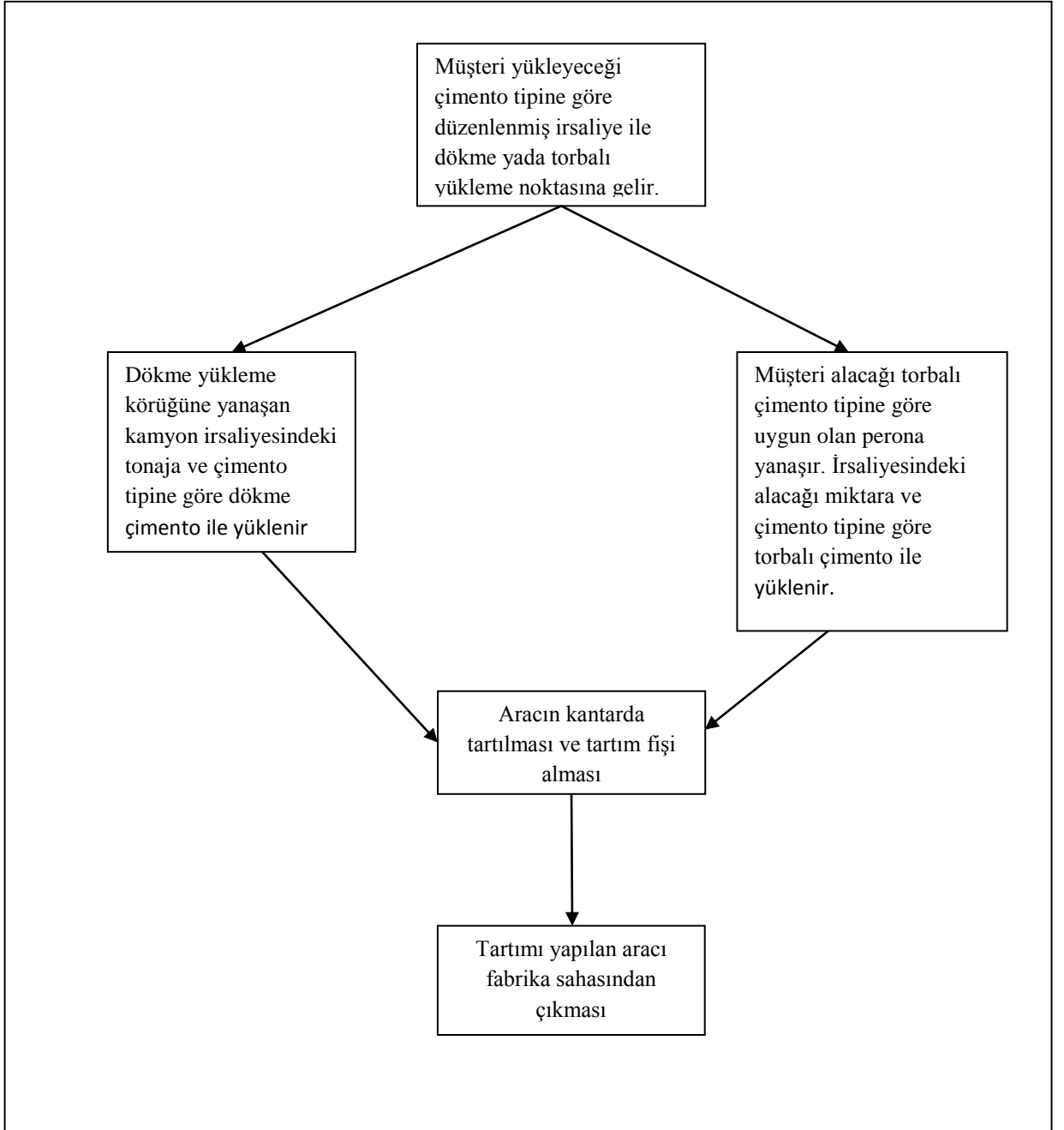
Çimento öğütmek için kullanılan değirmen kömür ve farin değirmeninin aksine boru değirmendir. Boru değirmenler, çeşitli düzeneklerle döndürülen, aşınmayı önlemek için içi plakalarla kaplanmış olan silindirlerdir. Değirmene öğütmeyi sağlamak üzere çelik bilyalar ve/veya silpeps adını verdiğimiz silindirik çelik malzemeler kullanılmaktadır. Tesiste çimento değirmeni öncesinde 5 adet bunker, altında tartım kantarları ile birlikte mevcuttur. Bunkerlerden klinker 800 diğerleri 400 tonluktur ve bu klinker ve katkı bunkerlerinden belirtilen çimento tiplerinden istenilen oranlar belirlenir ve değirmenlere besleme yapılmaktadır. Çimento Değirmenleri bilyalı değirmenlerdir ve öğütme işlemi farklı boyutlardaki bilyalarla yapılmaktadır. Tesis bünyesinde 2 adet değirmen bulunmaktadır. 2. Değirmende karışım değirmene gitmeden önce ön eziciden geçirilmektedir. Değirmenlerden geçen çimentonun istenilen inceliğe ulaşabilmesi için yine diğer kapalı öğütme ünitelerinde olduğu gibi seperatöre girmekte ve ince malzeme filtrede tutulup silolara gönderilirken kalın malzeme geri dönüşle değirmene geri sevk edilmektedir. Çimento üretim ünitesi iş akım şeması Şekil 4.3.'de verilmiştir.



Şekil 4.3. Çimento üretim ünitesi iş akım şeması (Anonim 2015d)

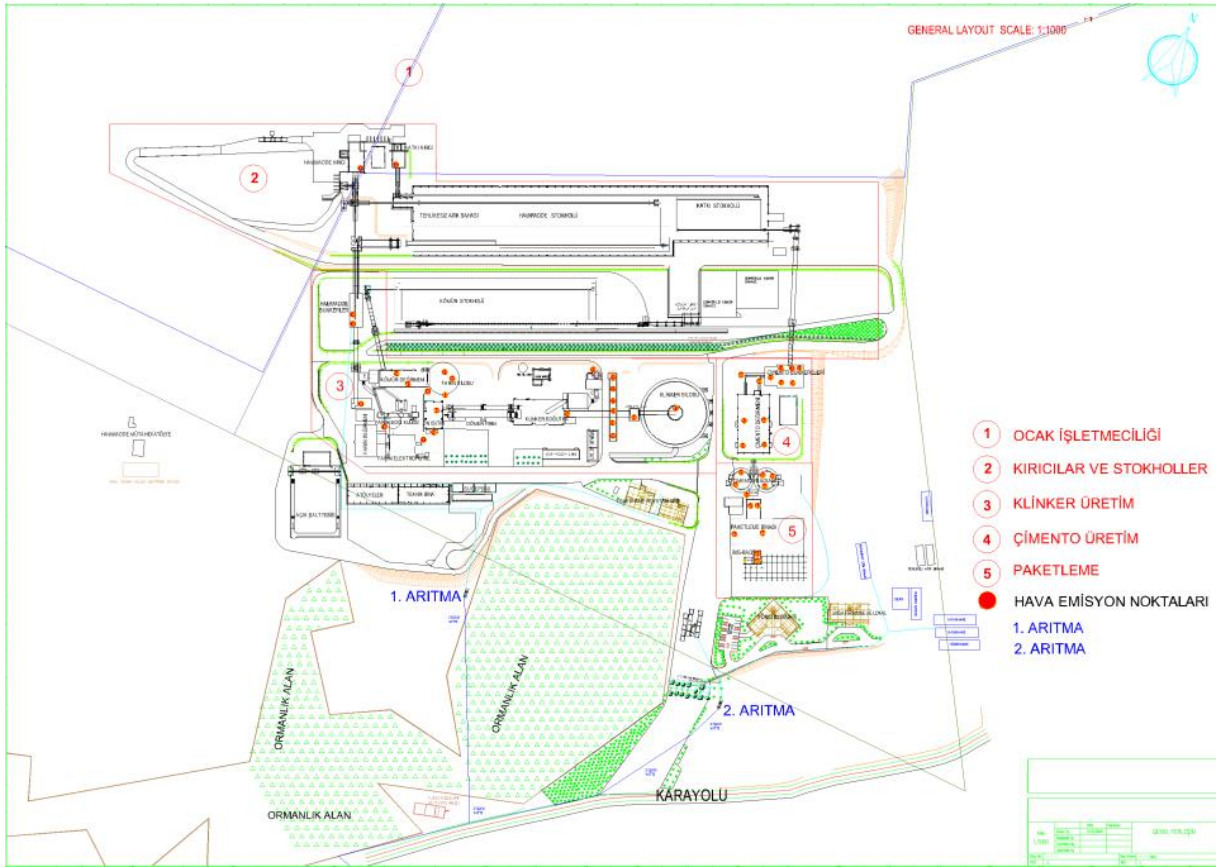
Paketleme Ünitesi

Öğütülmüş ve kalitesi yakalanmış çimento tipleri 10.000 ve 11.000 ton kapasiteli olan 2 siloda saklanmaktadır. Çimento satışta torbalı ve açık (dökme) olarak satılmaktadır. Dökme hattında sevkiyatı yapacak olan silobus kamyon dökme hattı peronuna, torbalı alım yapacak kamyon ise torbalı sevkiyat peronuna yanaşarak yüklemeyi yapmaktadır. Araç yüklemeleri tamamlandıktan sonra kantarda tartılarak çıkış verilmektedir. Paketleme ünitesi iş akım şeması Şekil 4.4' de verilmiştir.



Şekil 4.4. Paketleme ünitesi iş akım şeması (Anonim 2015d)

Tesisin yerleşim planı Şekil 4.5.' de verilmiştir.



Şekil 4.5. Örnek tesis yerleşim planı (Anonim 2015d)

4.2. Örnek Tesiste Alternatif Hammadde Kullanımı

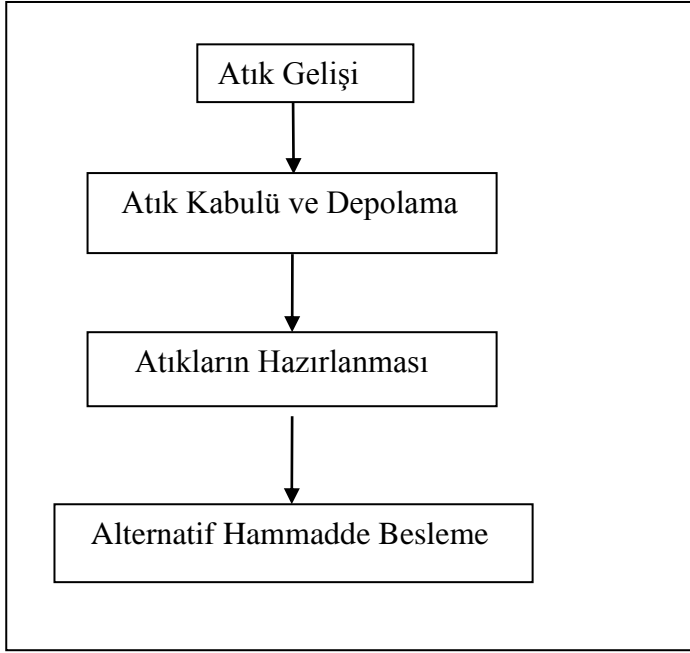
4.2.1. Alternatif hammaddelerin tesise kabulü, hazırlanması ve kullanılması

Alternatif Hammadde olarak kullanılan atıkların tesise kabulü Alternatif Hammaddelerin Kabulü ve Kullanım Talimatı kapsamında yapılmaktadır. Talimat kapsamı;

- Tedarikçi firma ile görüşme ve atık numunesi istenmesi,
- Atık numunesi analiz sonucuna göre yetkili kişiler tarafından atığın alınıp alınmayacağına karar verilmesi,
- Firmaya fiyat gönderilmesi aşaması ve sözleşme imzalanması,
- Atığın tesise kabulü ve laboratuvar tarafından gerekli analizlerin yapılması.

Kabulü yapılan alternatif hammaddeler; sızdırmazlığı sağlanmış, etrafı çevrili, görevli personel harici kişilerin girişi engellenen, yağmur ve yüzey sularının drenajı için tedbirler alınmış olan tehlikesiz atık stok alanında stoklanmakta ve buradan reclaimler ve iş makinaları

yardımıyla hammadde ve çimento katkıları içerisine nakledilmektedir. Alternatif hammadde kullanımını Şekil 4.6.' da gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Alternatif hammadde kullanımı

4.2.2. Tesise kabul edilen alternatif hammaddeler

Döküm Kumu

Demir Koku

Grit

Alçı Atıkları

Fosfojips

Arıtma Çamuru

Baca Tozu

4.2.3. Alternatif hammaddeler için yapılan analizler

Alternatif Hammaddeler tesiste kullanılmadan önce, tesisin laboratuvarında kimyasal analize tabi tutulmaktadır.

Döküm Kumu, çimentoda silis kaynağı olarak kullanılmaktadır. Döküm kumuna kimyasal analiz yapılmaktadır. Analizde bakılan parametreler; SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve nem oranıdır. Nem oranı düşük olması gerekmektedir.

Demir Koku, çimentoda demir cevheri yerine kullanılmaktadır. Demir kokuna kimyasal analiz yapılmaktadır. Analizde bakılan parametreler; Fe₂O₃, SiO₂, Al₂O₃, ve nem oranıdır. Nem oranı düşük olması gerekmektedir.

Grit atıkları, çimentoda demir cevheri yerine kullanılmaktadır. Grit atıklarına kimyasal analiz yapılmaktadır. Analizde bakılan parametreler; Fe₂O₃, SiO₂, Al₂O₃ ve nem oranıdır. Nem oranı düşük olması gerekmektedir.

Alçı Atıkları, çimentoda SO₃ kaynağı olarak kullanılmaktadır. Alçı atıklarına kimyasal analiz yapılmaktadır. Analizde bakılan parametreler;SO₃ ve nem oranıdır. Nem oranı düşük olması gerekmektedir.

Fosfojips, çimentoda SO₃ kaynağı olarak kullanılmaktadır. Fosfojipse kimyasal analiz yapılmaktadır. Analizde bakılan parametreler;SO₃ ve nem oranıdır. Nem oranı düşük olması gerekmektedir.

Arıtma Çamuru, , çimentoda silis kaynağı olarak kullanılmaktadır. Arıtma çamuruna kimyasal analiz yapılmaktadır. Analizde bakılan parametreler; SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve nem oranıdır. Nem oranı düşük olması gerekmektedir.

Baca Tozu, çimentoda silis kaynağı olarak kullanılmaktadır. Baca tozuna kimyasal analiz yapılmaktadır. Analizde bakılan parametreler; SiO₂, Al₂O₃, Fe₂O₃ ve nem oranıdır. Nem oranı düşük olması gerekmektedir.

4.2.4. Tesiste alternatif hammadde kullanımı

Çevre ve Orman Bakanlığı'nın 01.04.2011 tarih ve B.18.0.ÇYG.0.04.02-150.-03.-03-28204 sayılı Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliğine yazmış olduğu yazının Ek-2'si olan Alternatif Hammadde Listesinde belirtilen atıkların, 17.06.2011 tarih ve 27967 sayılı Resmi gazetede yayımlanan Bazı Tehlikesiz Atıkların Geri Kazanımı Tebliğ esaslarına uygun olarak

tesiste alternatif hammadde olarak kullanılmak suretiyle geri kazanımı yapılmaktadır. Atık üreticisinden, sevk irsaliyesi ve kantar fişleri ile işletmeye gelen olan tehlikesiz atıklar, öncelikle giriş kantarında tartılmakta, atıktan numune alınarak işletmenin laboratuvarında kimyasal analizler, kızdırma kaybı, rutubet, 7 günlük aktivite analizleri yapılarak uygunluğu tespit edilerek ve sızdırmazlığı sağlanmış, etrafı çevrili, görevli personel harici kişilerin girişi engellenen, yağmur ve yüzey sularının drenajı için tedbirler alınmış olan tehlikesiz atık stok alanında stoklanmaktadır. Stoklanan tehlikesiz atıklar cinslerine göre hammadde veya çimento katkılarına karıştırılarak alternatif hammadde olarak kullanılmaktadır. Tesiste geri kazanımı yapılacak tehlikesiz atıklar için Tehlikesiz Atık Geri Kazanım Formunu her yılın sonunda, takip eden yılın en geç Mart ayı sonuna kadar bir önceki yıla ait bilgileri içerecek şekilde Bakanlıkça hazırlanan internet tabanlı programı kullanarak doldurulmakta, onaylanarak çıktısı alınarak 5 yıl boyunca bir sureti muhafaza edilmektedir.

4.2.5. Tesise kabul edilen alternatif hammaddelerden örnekler ve sonuçları

Demir Cevheri ve Grid Karşılaştırması (2015 yılı)

Grid 2015 yılında tesiste 18.700 ton kullanılmıştır. Demir içeriği ortalama 47,68 Fe₂O₃ 'tür.

Ortalama 41,29 Fe₂O₃ demir içerikli demir cevheri kullanılsaydı;

18.700 ton 47,68 Fe₂O₃

X 41,29 Fe₂O₃ (ters orantı) x= 21.593 ton

Eğer tesiste 18.700 ton grid atığı kullanılmazaydı, yerine 21.593 ton demir cevheri kullanılacaktı. Maliyet olarak tesise kazancı 1.036.673 TL' dir.

Demir Cevheri ve Demir Koku Karşılaştırması (2015 yılı)

Demir koku 2015 yılında tesiste 121.000 ton kullanılmıştır. Demir içeriği ortalama 45,45 Fe₂O₃ 'tür.

Ortalama 41,29 Fe₂O₃ demir içerikli demir cevheri kullanılsaydı;

121.000 ton 45,45 Fe₂O₃

X 41,29 Fe₂O₃ (ters orantı) x= 133.191 ton

Eğer tesiste 121.000 ton demir koku atığı kullanılmazaydı, yerine 133.191 ton demir cevheri kullanılacaktı. Maliyet olarak tesise kazancı 4.797.151 TL' dir.

Silis Kumu ve Döküm Kumu Karşılaştırması (2014 yılı)

Döküm kumu 2014 yılında tesiste 12.433 ton kullanılmıştır. Silis içeriği ortalama 64,41 SiO₂ 'dir.

Ortalama 80,20 SiO₂ silis içerikli silis kumu kullanılsaydı;

12.433 ton 64,41 SiO₂

X 80,20 SiO₂ (ters orantı) x= 9.985 ton

Eğer tesiste 12.433 ton döküm kumu atığı kullanılmıyaydı, yerine 9.985 ton silis kumu kullanılacaktı. Maliyet olarak tesise kazancı 113.829 TL' dir.

Döküm kumunun uzun süreli kullanımında 28 günlük klinker mukavemetlerinde olumsuz etkisi görülmüştür. Ayrıca değişken kimyasal içeriğinden dolayı, hammadde harmanında sadeleştirmeye gidilmesi ve stabilitenin sağlanması için kullanımı azaltılarak durdurulmuştur.

Alçı ve Fosfojips Karşılaştırması (2014 yılı)

Fosfojips 2014 yılında tesiste 65.130 ton kullanılmıştır. SO₃ içeriği ortalama 46,18 SO₃ 'dir.

Ortalama 40,35 SO₃ içerikli alçı kullanılsaydı;

65.130 ton 46,18 SO₃

X 40,35 SO₃ (ters orantı) x= 74.540 ton

Eğer tesiste 65.130 ton fosfojips atığı kullanılmıyaydı, yerine 74.540 ton alçı kullanılacaktı. Maliyet olarak tesise kazancı 1.084,345 TL' dir.

Şuan tesiste fosfojips max %20 oranında kullanılmaktadır. Asidik içeriğinden dolayı, alçıdan azaltılarak kullanılmaktadır. Ayrıca çimentonun donma süresine etki ederek kalite değerlerine olumsuz etkileri olmaktadır.

Aritma Çamuru

Tesiste arıtma çamuru (%60-70 nemli) 2014 yılında 11.646,75 ton kullanılmıştır. Fakat 2015 yılında azaltılarak 231,25 ton kullanılmıştır. Hammadde harmanında sadeleştirmeye gidilmesi ve stabilitenin sağlanması için kullanımı azaltılarak durdurulmuştur.

Baca Tozu

Tesiste baca tozu 2014 yılında 4.310,10 ton kullanılmıştır. Fakat 2015 yılında azaltılarak 595,35 ton kullanılmıştır. Değişken kimyasal içeriğinden dolayı, hammadde harmanında sadeleştirmeye gidilmesi ve stabilitenin sağlanması için kullanımı azaltılarak durdurulmuştur.

4.3. Örnek Tesiste Alternatif Yakıt Kullanımı

4.3.1 Alternatif yakıtların tesise kabulü, hazırlanması ve kullanılması

Alternatif yakıt olarak kullanılan atıkların tesise kabulü Alternatif Yakıtların Kabulü Talimatı kapsamında yapılmaktadır. Talimat kapsamı;

- Tedarikçi firma ile görüşme ve atık numunesi istenmesi,
- Atık numunesi analiz sonucuna göre yetkili kişiler tarafından atığın alınıp alınmayacağına karar verilmesi,
- Firmaya fiyat gönderilmesi aşaması ve sözleşme imzalanması,
- Atığın tesise kabulü ve laboratuvar tarafından gerekli analizlerin yapılması.

Kabulü yapılan alternatif yakıtlar Geçici Atık Depolama Sahasında bekletilmektedir.

Özellikleri;

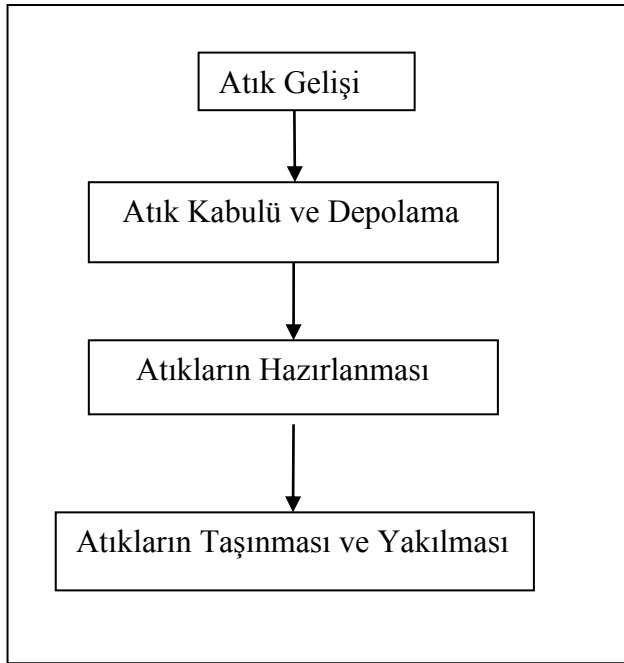
- Geçici Atık Depolama Sahasına alınacak atıklar, doğru tasnif edilip stoklanmaları için birbirine karışmayacak şekilde boşaltılmaktadır.
- Bu sahalarda ilgili atıklar haricinde başka atık ve malzemeler depolanmamaktadır. (tıbbi atıklar, metal malzemeler, gibi)
- Atığın özelliğini, kimyasal ve fiziksel yapısını olumsuz olarak etkileyebilecek çevre, iklim v.b. koşullardan atığı koruyacak gerekli tedbirler alınarak depolama yapılmaktadır. Rutubetinin artmaması için yağmur suları ile temasının olmaması için tedbirler alınmaktadır.
- Depolama sahası tanımlı olup ve gerekli uyarı levhaları bulunmaktadır.
- Arıtma çamuru (kuru), kamyonlarla arıtma çamuru silosuna basılarak oradan otomatik olarak yakıt olarak kullanılmaktadır.

Atık hazırlama işlemleri;

Atık hazırlama işlemleri Atıkların Yakma İçin Hazırlanması ve Yakılması Talimatına kapsamında yapılmaktadır. Talimat kapsamı;

- Gelen atıkların geçici atık depolama sahasına alınması,
- Laboratuvar tarafından gerekli analizlerin yapılması,
- Analiz sonuçlarının uygunluğuna göre ve gelen atığın atık klapesinden geçme büyüklüğünün uygun olması halinde atık beslemesinin yapılması.

Alternatif yakıt kullanımı Şekil 4.7.' de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Alternatif yakıt kullanımı

4.3.2 Tesise kabul edilen alternatif yakıtlar

Arıtma Çamuru (%90-95 kuru)

Kontamine Atık

Ömrünü tamamlamış lastik

Atık Yağ

Tekstil Ürünleri

4.3.3. Alternatif yakıtlar için yapılan analizler

Alternatif Yakıtlar tesiste kullanılmadan önce, tesisin laboratuvarında kalorifik ve kimyasal analizlere tabi tutulmaktadır.

Aritma çamuruna kimyasal ve kalorifik analiz yapılmaktadır. Kimyasal analizde bakılan parametreler SiO₂ ve nem oranıdır. %90-95 kurulukta olması gerekmektedir. Ortalama kalorisi 2500-3000 kcal/kg olması istenmektedir.

Kontamine atıklara kalorifik analiz yapılmaktadır. Ortalama kalorisi 3000-3500 kcal/kg olması istenmektedir.

Ömrünü tamamlamış lastik atıklarına kalorifik analiz yapılmaktadır. Ortalama kalorisi 5000-5500 kcal/kg olması istenmektedir.

Tekstil ürünleri atıklarına kalorifik analiz yapılmaktadır. Ortalama kalorisi 2000-3000 kcal/kg olması istenmektedir.

Atık yağlara kalorifik analiz yapılmaktadır. Ortalama kalorisi 8000-9000 kcal/kg olması istenmektedir.

4.3.4. Tesiste alternatif yakıt kullanımı

Çevre ve Orman Bakanlığının 01.04.2011 tarih ve B.18.0.ÇYG.0.04.02-150.03.-03-28204 sayılı Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliğine yazmış olduğu yazının Ek-1'i olan Alternatif Yakıt Listesinde belirtilen atıklar,

6.10.2010 tarih ve 27721 sayılı Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik esaslarına uygun olarak işletmemizde alternatif yakıt olarak kullanılmak suretiyle geri kazanımı yapılmaktadır. İşletmenin yakıt ısıl gücü olan 199,4 MW'ın %39,9'unun atıklardan karşılanması planlanmaktadır.

Çevre ve Orman Bakanlığı, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğünün, Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliğine 07.03.2011 tarih ve B.18.0.ÇYG.0.04.02-150.03.01-18718 sayılı yazısında "Atık yağ hariç olmak üzere atık besleme miktarının 1500 ton/yıl ve üzerinde olması durumunda otomatik besleme sistemi kurma şartı aranır" denmektedir. Bu kapsamda; fabrikaya otomatik besleme sistemi lisans alınmasını müteakip yapılacak olup, otomatik besleme sistemi ile atıklar en etkin ve faydalı şekilde üretim sürecinde değerlendirilebilecektir.

Fabrikaya atıklar gelmeden önce, atığını göndermek isteyen firma ile görüşülerek atık hakkında bilgi alınmaktadır. Atık Yönetimi Genel Esaslarına İlişkin Yönetmelik kapsamında atığın özellikleri belirlenmişse, atık üreticisinden analiz raporları alınmaktadır. Tesise atık üreticisinin sorumluluğu ve organizasyonu altında, lisanslı araçlarla gelen atıklardan numune alınmakta ve Kalite Kontrol Laboratuvarında su (rutubet) içeriği, kalorifik değeri analizleri fabrikada yapılarak ve klor, flor, ağır metal içeriği gibi analizler fabrikada veya anlaşmalı akredite laboratuvarında yaptırılmaktadır. Kabul edilen atıklar tür ve özelliklerine göre atık stok sahasında ayrı ayrı bölmelerde depolanmaktadır.

Atık yakma birlikte yakma işleminde kullanılacak atıkların stoklanması için işletmede 325 m² büyüklüğünde kapalı alan yer almaktadır. Bu ünitelerde atık kabulü, atığın içerisinde radyoaktif madde bulunup bulunmadığı, depolanması, atıkların hazırlanması, atıkların yakma için taşınması işlemleri gerçekleştirilmektedir.

Atıklar döner fırında yakılmadan önce, yakma şartlarına göre hazırlanmaktadır. Döner fırına atıklar, fırın ana alev borusundan ve kalsinatörden beslenmektedir. Döner fırın ana bacasında yanma gazı emisyonları takip edilmekte ve ayrıca lisans şartları gereği belirlenen periyotlarda gaz, toz, özel madde, ağır metal, di-oksijen ve furan ölçümleri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yetki verilen akredite laboratuvarlar tarafından ölçülerek raporlanmaktadır.

4.3.5. Tesise kabul edilen alternatif yakıtlardan örnekler ve sonuçları

Petrokok ve Kuru Arıtma Çamuru Karşılaştırması (2015 yılı)

Arıtma çamuru 2015 yılında tesiste 9.062,800 ton kullanılmıştır. Kalorisi 2100 kcal/kg dır. Kalorisi 8000 kcal/kg olan petrokok kullanılsaydı;

9.062,800 ton 2100 kcal/kg

X 8000 kcal/kg (ters orantı) x= 2.378,985 ton

Eğer tesiste 9.062,800 ton kuru arıtma çamuru kullanılsaydı, yerine 2.378,985 ton petrokok kullanılacaktı. Maliyet olarak tesise kazancı 200.514,450 TL' dir.

Kontamine atık

Tesiste kontamine atık 2013 yılında 22,35 ton deneme yakması aşamalarında kullanılmıştır. Tesisin atık besleme ünitesi otomatik olmadığından kontamine atık kullanılmamaktadır.

Ömrünü tamamlamış lastik

Tesiste ömrünü tamamlamış lastik 2013 yılında 35,35 ton deneme yakması aşamalarında kullanılmıştır. Tesisin atık besleme ünitesi otomatik olmadığından ömrünü tamamlamış lastik kullanılmamaktadır.

Atık yağ

Tesiste atık yağ 2013 yılında 356,45 ton , 2014 yılında 155,70 ton kullanılmıştır. Alınan firmaların farklı sektörlere atık yağ vermesi ve Pazar bulunamaması nedeniyle kullanılmamaktadır.

Tekstil ürünleri

Tesiste tekstil ürünleri 2013 yılında 13,95 ton deneme yakması aşamalarında kullanılmıştır. Tesisin atık besleme ünitesi otomatik olmadığından atık kullanılmamaktadır.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Çimento, topluma emniyetli ve konforlu binalar ile güvenilir modern altyapı ihtiyaçlarını sunan çok önemli bir üründür. Çimento sanayinde birlikte işleme, atıklardan enerji ve malzeme geri kazanımında en elverişli yöntemdir. Bu yöntem, yenilenemeyen kaynakları, oldukça sıkı kontrol edilen şartlar altında sosyal atıklar ile ikame ederek topluma, çevreye ve çimento sektörüne güvenli ve sağlam çözümler sunmaktadır.

Türkiye’de çimento sektörü son yıllarda ciddi bir büyüme göstermektedir. İnşaat sektörüne paralel giden bu büyüme daha fazla hammadde, yakıt ve enerji ihtiyacına neden olmaktadır. Gelecek nesillere ve ekolojik dengeye olan sorumluluk nedeniyle sürdürülebilir üretim artık bir ihtiyaçtan öte bir zorunluluk olmuştur. Çimento sektörü üretim yönteminden kaynaklanan bazı avantajları da kullanarak hem çevreye hem topluma hem de ülke ekonomisine ciddi katkılarda bulunmaktadır.

Doğanın binlerce yılda yok edemeyeceği milyonlarca hurda araç lastiği, kirli atıklar, belediye atıkları, tehlikeli atıklar ve benzeri birçok atık çimento fabrikalarında değere dönüştürülmektedir. Yine bu paralelde birçok atık malzeme çimento üretiminde hammadde kaynağı olarak kullanılmaktadır. Çimento fabrikaları bir yandan da mevcut sistemlerini enerji verimliliğine odaklayarak sürekli iyileştirmekte ve yeni teknolojileri uygulamaktadır. Bu kapsamda Türkiye çimento sektörü son yıllarda hızla aşama kaydetmektedir. Üreticilerin hassasiyeti kadar tüketicilerin sürdürülebilir ürünlere talep göstermesi, yerel yönetimlerin atık toplama, depolama ve işleme konusunda daha çok yatırım yapması, sürdürülebilir üretimin her aşamada teşvik edilmesi ve en önemlisi de herkesin gelecek nesillere lâyık oldukları dünyayı bırakma konusunda kararlı olması çok önemlidir.

Alternatif yakıtların birlikte işlenmesi fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılmasının yanı sıra emisyonların azaltılmasına da katkıda bulunmaktadır. Alternatif hammadde kullanımının madencilik ihtiyacını azaltması ve bu tür faaliyetlerin çevresel ayak izinin iyileştirilmesi gibi çeşitli yararları bulunmaktadır.

Çimentodaki klinkerin ikamesi Avrupa Çimento sanayinin kaynak yönetimine olumlu katkısına bir örnek oluşturmaktadır. Çimento sanayinde alternatif malzemelerin kullanılması küresel CO₂ emisyonlarını azaltmaktadır ve ne üretim işlemi emisyonlarına, ne çevreye ne de nihai ürünün teknik kalitesine, olumsuz etkisi yoktur. Ayrıca çimento sanayinde birlikte

işleme güvenli ve sağlam bir şekilde yapılmakta ve işçilerin ya da civarda yaşayanların sağlığını etkilememektedir.

Tez çalışmasında seçmiş olduğum örnek tesiste alternatif hammadde ve alternatif yakıt alım ve kullanım işlemleri yönetmelikler ve lisansı çerçevesinde yapılmaktadır. Alınan alternatif hammaddeler çimentonun hammadde reçetesine eklenerek kalite parametrelerine uyumlu bir şekilde geri kazanılmaktadır. Bu şekilde alternatif hammadde kullanılarak fabrikaların hem atık problemi çözülmüş oluyor hem de doğal kaynakların kullanımı yerine atık olan malzemeler kullanılmış oluyor. Bununla birlikte CO₂ salınımının azalması sağlanmakta, doğal kaynakların azalması önlenmektedir. Alternatif hammadde olarak kullanılabilen arıtma çamuru, baca tozu, döküm kumu atıkları tesiste çimento üretiminde stabilitenin sağlanabilmesi için alımı yapılmamaktadır. Alternatif yakıt olarak tesiste kuru arıtma çamuru kullanılmaktadır. Kuru arıtma çamurunun kalorisi 2500-3000 kcal/kg olması istenmektedir. Ayrıca %90-95 kurulukta olması gerekmektedir. Diğer yakıt olarak kullanılabilen kontamine atıklar, ömrünü tamamlamış lastikler, tekstil ürünleri tesiste otomatik besleme sistemi olmadığından alınmamaktadır. Tesiste kullanılan arıtma çamuru sisteme verilerek doğal kaynak yakıt yerine kullanılmaktadır. Bu şekilde fabrikaların atık problemini çözülmüş oluyor. Aynı zamanda da düşük CO₂ emisyonuna neden olarak yakıttan tasarruf sağlanmış olur.

Sonuç olarak alternatif hammadde ve alternatif yakıt kullanımı öncelikle çevre kirliliğinin önlenmesi ve doğal kaynak kullanımının azaltılması açısından çok faydalı ve önemli, aynı zamanda tesis için maliyet açısından oldukça faydalı bir uygulamadır. Ülkemizde uygulamaları oldukça yaygınlaşmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Akçansa (2010). Akçansa Sürdürülebilirlik Raporu. Akçansa Çimento.
- Anonim (2008). Traçim Çimento Eğitim Notları. Traçim Çimento San. ve Tic. A.Ş.
- Anonim (2015a). Çimento Çeşitleri. <http://www.ascimento.com.tr/v1/tr/cimentocesit.html>
(Erişim Tarihi, 10.12.2015)
- Anonim (2015b). Atıktan Türetilmiş Yakıt, Ek Yakıt ve Alternatif Hammadde Tebliği. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. (Erişim Tarihi, 01.10.2015)
- Anonim (2015c). Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik. Çevre ve Orman Bakanlığı.
(Erişim Tarihi, 01.10.2015)
- Anonim (2015d). Örnek Tesis İş Akım Şeması ve Proses Özeti (Erişim Tarihi, 01.09.2015)
- Anonim (2016). Çimento, Kireç ve Magnezyum Oksit İmalat Sanayilerinde Mevcut En İyi Teknikler Referans Dokümanı. (Erişim Tarihi, 10.04.2016)
- Anonim (2016a). Sanayi Kaynaklı Hava Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Anonim (2016b). Türkiye çimento ve çimento ürünleri meclisi sektör raporu 2012.
<http://www.tobb.org.tr/Documents/yayinlar/2014/turkiye%20cimento%20ve%20cimenton%20ürünleri%20meclisi%20sektor%20raporu%202012.pdf> (Erişim Tarihi, 05.03.2016)
- Anonim (2016c). Bursa Çimento Fabrikası. <http://www.bursacimento.com.tr/atik-kabul/>
(Erişim Tarihi, 01.04.2016)
- Ayduk Ç, Sevda P (1999). Çimentonun Tarihçesi ve Türkiye Çimento Sektörü, H.Ö. Sabancı Holding Çimento Grubu Yayını.
- Engin Y (2015). Çimento Endüstrisinde Sürdürülebilirlik.
<http://www.betonvecimento.com/wp-content/uploads/2015/02/çimento-üretiminde-sürdürülebilirlik.pdf> (Erişim Tarihi, 10.11.2015)
- Ergüçlü M E Çimento Fabrikalarında Ek Yakıt Kullanımı.
<http://www.bke.com.tr/son-haberler/cimento-fabrikalarinda-ek-yakit-kullanimi.html>
(Erişim Tarihi, 20.04.2016)
- Gencel Derinöz C (2015). Türkiye Çimento Sektöründe Atık Kullanımı Genel Çerçeve-TCMB. 2015 Atık Yönetimi Sempozyumu.

Gencil Derinöz C (2015a). Çimento Sektöründe Sürdürülebilir Üretim.

<https://anahtar.sanayi.gov.tr/tr/news/cimento-sektorunde-surdurulebilir-uretim/459>

(Erişim Tarihi, 20.04.2016)

Pekin A. V. (2015). Çimento Endüstrisinde Çevre Kirliliği Kontrolü. Çimentaş İzmir.

TÇMB (2014). Türk Çimento Sektörünün Alternatif Yakıt ve Alternatif Hammadde Kullanımı Yaklaşımı.

TÇMB (2016). Türkiye'deki Çimento Fabrikaları Haritası.

<http://www.tcma.org.tr/index.php?cntID=204&page=icerikgoster> (Erişim Tarihi, 20.04.2016)

EKLER

EK 1

Alternatif hammadde olarak kullanılabilen atık kodları (Anonim 2015b)

Atık Kodu	Atık Açıklaması
01 01 01	Metalik maden kazılarında kaynaklanan atıklar
01 01 02	Metalik olmayan maden kazılarında kaynaklanan atıklar
01 03 08	01 03 07 dışındaki diğer tozumsu ve pudramsı atıklar
01 03 09	01 03 07 dışındaki alüminyum oksit üretiminden çıkan kırmızı çamur
01 04 08	01 04 07 dışındaki atık kaya ve çakıl taşı atıkları
01 04 09	Atık kum ve killeri
01 04 10	01 04 07 dışındaki tozumsu ve pudramsı atıklar
01 04 13	01 04 07 dışındaki tas yontma ve kesme işlemlerinden kaynaklanan atıklar
01 05 07	01 05 05 ve 01 05 06 dışındaki barit içeren sondaj çamurları ve atıkları
02 02 03	Tüketime yada işlenmeye uygun olmayan maddeler (sadece Ca içerikli ve et balık ve hayvansal kökenli gıda maddeleri hariç)
02 05 02	İşletme sahası içerisindeki atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
03 03 09	Kireç çamuru atığı
06 09 04	Tehlikeli maddeler içeren/ tehlikeli maddelerle kontamine olmuş kalsiyum bazlı reaksiyon atıkları
10 01 01	10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu
10 01 02	Uçucu kömür külü
10 01 05	Baca gazı kükürt giderme işleminden çıkan kalsiyum bazlı katı atıklar
10 01 24	Akışkan yatak kumları
10 02 01	Cüruf işleme atıkları
10 02 10	Hammaddehane tufalı
10 09 06	10 09 05 dışında henüz döküm yapılamamış maça ve kum döküm kalıpları
10 09 08	10 09 07 dışında döküm yapılmış maça ve kum döküm kalıpları
10 10 06	10 10 05 dışındaki henüz döküm yapılamamış maça ve kum döküm kalıpları

10 10 08	10 10 07 dışındaki döküm yapılmış maça ve kum döküm kalıpları
10 11 14	10 11 13 dışındaki cam, parlatma ve öğütme çamuru
10 12 01	Isıl işlem öncesi karışım hazırlama atıkları
10 12 03	Partiküller ve toz
10 12 06	Iskarta kalıplar
10 12 08	Atık seramikler, tuğlalar, fayanslar ve inşaat malzemeleri (ısııl işlem sonrası)
10 12 12	10 12 11 dışındaki sırlama atıkları
12 01 15	12 01 14 dışındaki isleme çamurları
12 01 17	12 01 16 dışındaki kumlama maddeleri atıkları
16 11 02	16 11 01 dışındaki metalürjik proseslerden kaynaklanan karbon bazlı astar ve refrakterler
16 11 04	16 11 03 dışındaki metalürjik proseslerden kaynaklanan diğer astar ve reflektörler
16 11 06	16 11 05 dışındaki metalürjik olmayan proseslerden kaynaklanan astar ve refrakterler
17 01 01	Beton
17 01 02	Tuğlalar
17 01 03	Kiremitler ve seramikler
17 01 07	17 01 06 dışındaki beton, tuğla kiremit ve seramik karışımları ya da ayrılmış grupları
17 05 04	17 05 03 dışındaki toprak ve kayalar
19 08 12	19 08 11 dışındaki endüstriyel atıksuyun biyolojik arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
19 08 14	19 08 13 dışındaki endüstriyel atıksuyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan çamurlar
19 09 01	İlk filtreleme ve süzme işlemlerinden kaynaklanan katı atıklar
19 09 02	Su berraklaştırılmasından kaynaklanan çamurlar
19 09 03	Karbonat gidermeden kaynaklanan çamurlar
19 09 06	İyon değıştiricilerinin rejenerasyonundan kaynaklanan solüsyonlar ve çamurlar

EK 2

Alternatif yakıt olarak kullanılabilen atık kodları (Anonim 2015b)

Atık Kodu	Atık Açıklaması
KULLANILMIŞ LASTİKLER	
16 01 03	Ömrünü tamamlamış lastikler
ATIK YAĞLAR	
08 03 19*	Dağıtıcı yağ
08 04 17*	Reçine yağı
12 01 07*	Halojen içermeyen madeni bazlı işleme yağları (emülsiyon ve solüsyonlar hariç)
12 01 10*	Sentetik işleme yağları
12 01 12*	Kullanılmış (mum) parafin ve yağlar
12 01 18*	Yağ içeren metalik çamurlar (öğütme, bileme ve freze tortuları)
12 01 19*	Biyolojik olarak kolay bozunur işleme yağı
13 01 05*	Klor içermeyen emülsiyonlar
13 01 10*	Mineral esaslı klor içermeyen hidrolik yağlar
13 01 11*	Sentetik hidrolik yağlar
13 01 12*	Kolayca biyolojik olarak bozunabilir hidrolik yağlar
13 01 13*	Diğer hidrolik yağlar
13 02 05*	Mineral esaslı klor içermeyen motor, şanzıman ve yağlama yağları
13 02 06*	Sentetik motor, şanzıman ve yağlama yağları
13 02 07*	Kolayca biyolojik olarak bozunabilir motor, şanzıman ve yağlama yağları
13 02 08*	Diğer motor, şanzıman ve yağlama yağları
13 03 07*	Mineral esaslı klor içermeyen yalıtım ve ısı iletim yağları
13 03 08*	Sentetik yalıtım ve ısı iletim yağları
13 03 09*	Kolayca biyolojik olarak bozunabilir yalıtım ve ısı iletim yağları
13 03 10*	Diğer yalıtım ve ısı iletim yağları
13 05 02*	Yağ/su ayırıcısından çıkan çamurlar

13 05 06*	Yağ/su ayırıcılarından çıkan yağ
13 05 08*	Kum odacığında ve yağ/su ayırıcısından çıkan karışık atıklar
16 07 08*	Yağ içeren atıklar
16 07 09*	Diğer tehlikeli maddeler içeren atıklar
19 02 07*	Ayrışmadan oluşan yağ ve konsantrasyonlar
19 08 10*	19 08 09 dışındaki yağ ve su ayrışmasından çıkan yağ karışımları ve gres
YAĞLI ATIKLAR	
01 05 05*	Yağ içeren sondaj çamurları ve atıkları
13 04 01*	Nehir ve göl seyrüseferinden (iç su yolu denizciliğinden) kaynaklanan sintine yağları
13 04 02*	İskele kanalizasyonlarından(mendirekten) kaynaklanan sintine yağları
13 04 03*	Diğer denizcilik seyrüseferinden kaynaklanan sintine yağları
SOLVENTLER	
07 01 04*	Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
07 02 04*	Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
07 03 04*	Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
07 04 04*	Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
07 05 04*	Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
07 06 04*	Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
07 07 04*	Diğer organik çözücüler, yıkama sıvıları ve ana çözeltiler
14 06 03*	Diğer çözücüler ve çözücü karışımları
DİĞER SOLVENTLER VE BOYA ÇAMURLARI	
02 03 03	Çözücü ekstraksiyonundan kaynaklanan atıklar
03 02 01*	Halojenlenmemiş organik ahşap koruyucu maddeler
03 02 02*	Organoklorlu ahşap koruyucu maddeler
03 02 03*	Organometal içeren ahşap koruyucu maddeler
03 02 04*	Anorganik ahşap koruyucu maddeler
03 02 05*	Tehlikeli maddeler içeren diğer ahşap koruyucuları

04 02 16*	Tehlikeli maddeler içeren boya maddeleri ve pigmentler
04 02 17	04 02 16 dışındaki boya maddeleri ve pigmentler
07 01 08*	Diğer dip tortusu ve reaksiyon kalıntıları
07 02 08*	Diğer dip tortusu ve reaksiyon kalıntıları
07 03 08*	Diğer dip tortusu ve reaksiyon kalıntıları
07 04 08*	Diğer dip tortusu ve reaksiyon kalıntıları
07 05 08*	Diğer dip tortusu ve reaksiyon kalıntıları
07 06 08*	Diğer dip tortuları ve reaksiyon kalıntıları
07 07 08*	Diğer dip tortusu ve reaksiyon kalıntıları
08 01 11*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık boya ve vernikler
08 01 12	08 01 11 dışındaki atık boya ve vernikler
08 01 13*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve vernik çamurları
08 01 14	08 01 13 dışındaki boya ve vernik çamurları
08 01 17*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren boya ve verniğin sökülmesinden kaynaklanan atıklar
08 01 21*	Boya ya da vernik sökücü atıkları
08 03 12*	Tehlikeli maddeler içeren mürekkep atıkları
08 03 13	08 03 12 dışındaki mürekkep atıkları
08 03 14*	Tehlikeli maddeler içeren mürekkep çamurları
08 03 15	08 05 14 dışındaki mürekkep çamurları
08 03 16*	Atık aşındırma solüsyonları
08 03 17*	Tehlikeli maddeler içeren atık baskı tonerleri
08 03 18	08 03 18 dışındaki atık baskı tonerleri
08 04 09*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren atık yapışkanlar ve dolgu macunları
08 04 11*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren yapışkan ve dolgu macunu çamurları
08 04 13*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren sulu yapışkan veya dolgu macunu çamurları

08 04 15*	Organik çözücüler ya da diğer tehlikeli maddeler içeren sulu yapışkan veya dolgu macunlarının sıvı atıkları
08 05 01*	Atık izosiyanatlar
14 06 05*	Diğer çözücüler içeren çamurlar veya katı atıklar
19 02 08*	Tehlikeli maddeler içeren sıvı yanabilir atıklar
20 01 13*	Çözücüler
20 01 27*	Tehlikeli maddeler içeren boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler
20 01 28	20 01 27 dışındaki boya, mürekkepler, yapıştırıcılar ve reçineler
PLASTİK-KAĞIT KARTON VE AMBALAJ ATIKLARI	
02 01 04	Atık plastikler (ambalajlar hariç)
07 02 10*	Diğer Filtre Kekleri ve Kullanılmış Absorbanlar
07 02 13	Atık plastik
07 02 14*	Tehlikeli maddeler içeren katkı maddelerinin atıkları
07 02 16*	Zararlı Silikonlar İçeren Atıklar
07 02 17	07 02 16 dışında zararlı silikon içeren atıklar
12 01 05	Plastik yongalar ve çapaklar
15 01 01	Kağıt ve Karton Ambalaj
15 01 02	Plastik ambalaj
16 01 19	Plastik
17 02 03	Plastik
19 12 04	Plastik ve lastik
20 01 01	Kağıt ve karton
20 01 39	Plastikler
ARITMA ÇAMURLARI ve AĞARTMA TOPRAĞI	
02 02 04	İşletme sahası içerisindeki atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar
02 03 04	Tüketime ya da işlenmeye uygun olmayan maddeler
02 04 03	İşletme sahası içerisindeki atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar
02 05 02	İşletme sahası içerisindeki atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar

02 06 03	İşletme sahası içerisindeki atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar
02 07 05	İşletme sahası içerisindeki atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar (biyolojik çamur, fermantasyon çamuru)
03 03 11	03 03 10 dışındaki saha içi atık su arıtımından kaynaklanan çamurlar
04 01 07	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan krom içermeyen çamurlar
04 02 19*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
04 02 20	04 02 19 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
05 01 09*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli madde içeren çamurlar
05 01 10	05 01 09 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
06 05 03	06 05 02 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
07 01 11*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
07 01 12	07 01 11 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
07 02 11*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
07 02 12	07 02 11 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
07 03 11*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
07 03 12	07 03 11 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
07 04 11*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
07 04 12	07 04 11 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
07 05 11*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
07 05 12	07 05 11 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
07 06 11*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
07 06 12	07 06 11 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
07 07 11*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
07 07 12	07 07 11 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
10 01 20*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
10 01 21	10 01 20 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
10 11 19*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren katı atıklar
10 11 20	10 11 19 dışındaki saha içi atık su arıtımından kaynaklanan katı atıklar

10 12 13	Saha içi atık su arıtımından kaynaklanan çamur
19 02 05*	Fiziksel ve kimyasal işlemlerden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurları
19 08 05	Kentsel atık suyun arıtılmasından kaynaklanan çamurlar
19 08 11*	Endüstriyel atık suyun biyolojik arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
19 08 12	19 08 11 dışındaki endüstriyel atık suyun biyolojik arıtılmasından kaynaklanan çamurlar
19 08 13*	Endüstriyel atık suyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
19 08 14	19 08 13 dışındaki endüstriyel atık suyun diğer yöntemlerle arıtılmasından kaynaklanan çamurlar
19 11 05*	Saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren çamurlar
19 11 06	19 11 05 dışındaki saha içi atıksu arıtımından kaynaklanan çamurlar
KATI YANABİLİR ATIKLAR VE ATIKTAN TÜRETİLMİŞ YAKIT	
19 02 09*	Tehlikeli maddeler içeren katı yanabilir atıklar
19 12 10	Yanabilir atıklar (atıktan türetilmiş yakıt)
19 12 11*	Atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan tehlikeli maddeler içeren diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)
19 12 12	19 12 11 dışında atıkların mekanik işlenmesinden kaynaklanan diğer atıklar (karışık malzemeler dahil)
KONTAMİNE ATIKLAR	
15 01 10*	Tehlikeli maddelerin kalıntılarını içeren ya da tehlikeli maddelerle kontamine olmuş ambalajlar
15 02 02*	Tehlikeli maddelerle kirlenmiş emiciler, filtre malzemeleri (başka şekilde tanımlanmamış ise yağ filtreleri), temizleme bezleri, koruyucu giysiler
15 02 03	15 02 02 dışındaki emiciler, filtre malzemeleri, temizleme bezleri, koruyucu giysiler
PETROL RAFİNASYONU, DOĞAL GAZ SAFLAŞTIRMA VE KÖMÜRÜN PİROLİTİK İŞLENMESİNDEN KAYNAKLANAN ATIKLAR	
05 01 02*	Tuz arındırma(tuz giderici) çamurları
05 01 03*	Tank dibi çamurları
05 01 04*	Asit alkil çamurları

05 01 05*	Petrol döküntüleri
05 01 06*	İşletme ya da ekipman bakım çalışmalarından kaynaklanan yağlı çamurlar
05 01 07*	Asit ziftleri
05 01 08*	Diğer ziftler
05 01 11*	Yakıtların bazlar ile temizlemesi sonucu oluşan atıklar
05 01 12*	Yağ içeren asitler
05 01 15*	Kullanılmış filtre killeri
05 01 17	Bitüm
05 06 01*	Asit ziftleri
05 06 03*	Diğer ziftler
SIVI YAKIT ATIKLARI	
13 07 01*	Fuel-oil ve mazot
13 07 02*	Benzin
13 07 03*	Diğer yakıtlar (karışımlar dahil)
AHŞAP/TEKSTİL ATIKLARI	
04 02 21	İşlenmemiş tekstil elyaf atıkları
04 02 22	İşlenmiş tekstil elyaf atıkları
15 01 03	Ahşap Ambalaj
15 01 05	Kompozit Ambalaj
15 01 06	Karışık Ambalaj
15 01 09	Tekstil Ambalaj
17 02 01	Ahşap
17 02 04*	Tehlikeli Maddeler İçeren yada Tehlikeli Maddelerle Kontamine Olmuş Ahşap, Cam ve Plastik
19 12 06*	Tehlikeli maddeler içeren ahşap
20 01 10	Giysiler
20 01 11	Tekstil Ürünleri
DİĞER ATIKLAR	

06 13 02*	Kullanılmış Aktif Karbon (06 07 02 hariç)
06 13 03	Karbon Siyahı
10 01 01	10 01 04'ün altındaki kazan tozu hariç) dip külü, cüruf ve kazan tozu
16 03 06	16 03 05 dışındaki organik atıklar
19 09 04	Kullanılmış aktif karbon

ÖZGEÇMİŞ

Ebru Öztürk 1990 yılında Kırklareli de doğdu. Liseyi Kırklareli Anadolu Lisesi'nde okudu. 2008 de başladığı Balıkesir Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nü 2012 yılında tamamladı. 2013 yılında Namık Kemal Üniversitesi Çevre Mühendisliği programında yükseköğrenimine başladı. Çimento Sektöründe Çevre Mühendisi olarak çalışmaktadır.