

T.C. ÇEVRE VE ŞEHİRCİLİK BAKANLIĞI

ENTEĞRE ÇEVRE (EÇİ) TABİ ÇİMENTO ÜRETİM

TESİSLERİNİN UYUM DURUMLARI VE

GEREKLİLİKLERİN BELİRLENMESİ PROJESİ

NİHAİ RAPOR

OCAK 2017

PROJE EKİBİ

Prof. Dr. Kadir ALP	Proje Yürütücüsü Çimento Sektörü Uzmanı
Prof. Dr. İsmail TORÖZ	Proje Yürütücüsü Yardımcısı Kıdemli Öğretim Üyesi
Prof. Dr. Hasancan OKUTAN	Çimento Sektörü Uzmanı Kıdemli Öğretim Üyesi
Y. Müh. Kadir BAYBURTLU	Çimento Sektörü Uzmanı
Y. Müh. Doğan ÖZKUL	Çimento Sektörü Uzmanı
Araş. Gör. Dr. Halil DERTLİ	Proje Mühendisi
Yard. Doç. Dr. M. Evren ERŞAHİN	Proje Mühendisi
Araş. Gör. Dr. R. Kaan DERELİ	Proje Mühendisi
Araş. Gör. Dr. Hale ÖZGÜN	Proje Mühendisi
Y. Müh. Aslı ÖZABALI SABUNCUGİL	Proje İdari Asistanı

İÇİNDEKİLER LİSTESİ

İÇİNDEKİLER LİSTESİ.....	I
TABLO LİSTESİ	III
ŞEKİL LİSTESİ.....	IV
KISALTMALAR.....	VI
ÖNSÖZ.....	VII
YÖNETİCİ ÖZETİ	1
1. GİRİŞ.....	6
1.1 Hedef Sektör	6
1.2 Metodoloji.....	6
1.2.1 EED Uyum Maliyetlerine İlişkin Doğru Tahminlerin Yeterli Düzeyde Geliştirilmesi	7
1.2.2 Uyum Maliyetleri ve Getirilerinin Rekabet Gücü Üzerindeki Etkisi	10
1.2.3 Uygun Politika Yaklaşımlarının Belirlenmesi	11
1.2.4 Kısıtlamalar.....	11
2. ÇİMENTO SEKTÖRÜ VE ÇEVRESEL ETKİLER	13
2.1 Çimento Sektörü	13
2.2 Çimento Sektörünün Küresel Görünümü	14
2.3 Çimento Üretimiyle ilgili Çevresel Yönler.....	19
2.3.1 Hava Emisyonları	19
2.3.1.1 Toz Emisyonları.....	20
2.3.1.2 Azot Oksitler	20
2.3.1.3 Kükürt Oksitler.....	20
2.3.1.4 Karbondioksit	20
2.3.1.5 Diğer Emisyonlar	20
2.3.2 Enerji Kullanımı	21
2.4 Sektördeki Çevresel Talepler	21
3. TÜRKİYE ÇİMENTO SEKTÖRÜ	22
3.1 Türkiye Çimento Sektörü.....	22
3.2 Türkiye Çimento Sektörü Çevre Profili ve Temel Performans Kriterleri.....	28
3.2.1 Toz Emisyonları.....	29
3.2.2 Gaz Emisyonları	30
3.2.1.1 NOx Emisyonları.....	30
3.2.1.2 SOx Emisyonları	31
3.2.1.3 HCl Emisyonları.....	32
3.2.1.4 HF Emisyonları	32
3.2.1.5 Toplam Organik Karbon (TOC).....	33
3.2.2 Enerji Verimliliği.....	34
3.2.2.1 Termik Enerji	34
3.2.2.1.1 CO Emisyonları.....	35
3.2.2.2 Elektrik Enerjisi.....	37
3.2.3 Çimentoda Kaynak Kullanımı	39
3.2.3.1 Hammadde Kullanımı	39
3.2.3.2 Yakıt Kullanımı Dağılımı.....	40
3.2.3.2 Çimentoda Klinker Kullanımı	40

3.2.3.3 Alternatif Yakıt Kullanımı	41
3.2.3.4 Çimento Sanayinde Su Kullanımı	43
3.2.4 Çimento Sektörü Kaynaklı Karbon Emisyonu	43
3.2.5 Çimento Sektöründe Çevre ve Enerji Yönetim Sistemleri Kullanımı	44
3.2.6 Çimento Sektöründe İnsan Kaynakları Eğitim ve Produktivite.....	45
3.3 Türkiye Çimento Sektörü EED Uyumu ve Maliyet Analizi	46
3.3.1 EED Uyum Maliyetleri Temel Kriterler	50
3.3.1.1 Toz Emisyonları (MET 1.2.5 (2013/163/EU)	50
3.3.1.2 Yayıllı Toz Emisyonlarını Önleme veya Azaltma (1.2.5.1).....	52
3.3.1.3 NOx Emisyon Azaltımı (1.2.6.1 / (2013/163/EU)	54
3.3.1.4 Enerji verimliliği (1.2.3.1 /1.2.3.2).....	56
3.3.2 EED Uyum Maliyetleri Analizi	59
4. ENDÜSTRİYEL EMİSYONLAR DİREKTİFİ (EED) VE UYGULANMASI	65
4.1 EED Koşulları ve Uyum Gereksinimleri.....	65
4.2 Pratikte EED Uygulanışı ve Deneyimler	66
4.3 EED Uygulanmasının Türkiye Çimento Sektörü Açısından Değerlendirilmesi	69
4.4 İzin Verme Uygulaması ve Gereksinimleri.....	70
5. TÜRKİYE ÇİMENTO SANAYİ EED (EED-2010 /75 /EU) UYUMU İÇİN GEREKLİ İYİLEŞTİRME YATIRIMLARI İHTİYACI VE OLASI MALİYETLERİN ETKİLERİ	71
5.1 Türkiye Çimento Sektörü MET'e Uyum Maliyetleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi	71
5.2 Rekabet Gücüne Etkileri.....	72
6. POLİTİKA İLE İLGİLİ HUSUSLAR	73
6.1 Çevre Politikası Araçlarının Genel Görünümü	73
7. SONUÇ	78
EK I. Çimento Sektörü MET Gereksinimleri	81
1.1. Çimento Sanayii için MET Sonuçları.....	81
1.1.1. Genel Birincil Teknikler	81
1.1.2. İzleme	81
1.1.3. Enerji Tüketimi ve Proses Seçimi.....	82
1.1.4. Atık Kullanımı	85
1.1.5. Toz Emisyonu	86
1.1.6. Gaz Bileşenler.....	89
1.1.7. CDD/F Emisyonları	94
1.1.8. Metal Emisyonları	94
1.1.9. Proses Kayıpları/Atıklar	95
EK II Türkiye Çimento Sektörü MET Uyum Analiz Sonuçları I	96
EK III Türkiye Çimento Sektörü MET Uyum Analiz Sonuçları II	109
EK IV MET Uygulama Maliyetleri	114
KAYNAKÇA	118

TABLO LİSTESİ

Tablo 1 Alternatif Bilgi Kaynakları Özeti.....	10
Tablo 2 Değişik Fırın Proseslerinde Isı Tüketimi	14
Tablo 3 G20 ülkeleri çimento üretimleri (Cembureau Activity Report 2015).....	17
Tablo 4 Birim Maliyetlere neden olan Faktörlerin Yaklaşık (Tahmini) Oranları.....	19
Tablo 5 Kurulu kapasitenin bölgelere göre dağılımı , 2015 (TÇMB İstatistikleri 2015).....	23
Tablo 6 Türkiye çimento satışlarının bölgelere göre değişimi ve kapasite kullanımı.....	26
Tablo 7 Çimento tipleri-iç ve dış satışlar 2015 (TCMB İstatistikler Çimento Tipleri Dağılımı 2015).....	27
Tablo 8 Türkiye Çimento Endüstrisinde Maliyet Yapısı (Sanayi ve Ticaret Bakanlığı).....	28
Tablo 9 Türkiye Çimento Endüstrisi için Yürürlükteki Hava Kirleticileri Emisyon Sınır Değerleri.....	29
Tablo 10 2015 Fırın Proses Tipleri ve Coğrafi Dağılımları (EÇİ Projesi 2016)	34
Tablo 11 Türkiye Çimento Sanayinde Kullanılan Öğütme Teknolojileri	37
Tablo 12 Türkiye Çimento Sanayinde Kaynak Kullanımı	39
Tablo 13 Atık Yakma ile İlgili Düzenlemenin Gereklilikleri (Atık Yakma ile ilgili düzenleme, 2010).....	41
Tablo 14 Mevcut Durumdaki Emisyon Sınır Değerleri ve Yeni ESD’lerin Tanıtılmasına İlişkin Farklı Senaryolar	50
Tablo 15 Toz Tutmada kullanılan MET’ler ve Yatırım, İşletme Maliyetleri	51
Tablo 16 MET’e göre Yayılı Toz Emisyonlarının Kontrolünde Sektörün Durumu	52
Tablo 17 MET’e göre Malzeme stoklama alanlarında toz kontrolü için önerilen teknikler	53
Tablo 18 Kapalı Stok alanları ve Yatırım Maliyetlerinin Analizi*.....	53
Tablo 19 MET’e Göre NOx Azaltım Teknikleri ve Yatırım - İşletme Maliyetleri.....	55
Tablo 20 MET Sonuçlarına göre enerji verimliliği ile ilgili sektörün durumu	57
Tablo 21 Enerji Verimliliği İlgili Önlemler ve Olası Yatırım Maliyetleri.....	58
Tablo 22 Türkiye Çimento Sektörü EED Uyum Maliyetleri Analizi	59
Tablo 23 Farklı Çevre Politikası Araçlarına ilişkin Örnekler	73
Tablo 24. Projede Bulunan MET Uyum Maliyetlerinin daha önce sektöre yönelik çalışmalardaki maliyetlerle karşılaştırılması	80

ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1 Projenin Ana Aşamaları.....	7
Şekil 2 Tesis Diagnostik Planı	8
Şekil 3 Çimento Üretim Prosesi Akış Blok Diyagramı	13
Şekil 4 Modern Kuru Proses Çimento Üretimi (Çimento Sektör Notu 2010)Silinecek	14
Şekil 5 Dünya çimento üretiminin gelişimi 2001-2014 (Cembureau Activity Report 2014)..	15
Şekil 6 Dünya çimento üretimi bölgeler ve ülkeler, 2014 (Cembureau Activity Report 2014)	16
.....	16
Şekil 7 Avrupa Birliği ve Cembureau çimento üretimi gelişimi, 2001-2014	18
Şekil 8 Entegre Çimento Fabrikaları ve Öğütme Tesislerinin Coğrafi Dağılımı (TCMB 2015)	22
.....	22
Şekil 9 Çimento Sektöründe Fırın Klinker Kapasite Dağılımı	23
Şekil 10 Çimento Sektörü Tesis Yıllık Klinker Üretim Dağılımı.....	24
Şekil 11 Türkiye Çimento Sanayinde Çimento Öğütme Kapasitesi Dağılımı.....	24
Şekil 12 Türkiye Çimento Sanayi Klinker Üretimi (TÇMB İstatistikler 2015)	25
Şekil 13 2000-2014 yılları arasında Türkiye çimento üretiminin gelişimi	25
Şekil 14 Fırın yanma Gazları Kaynaklı Toz Emisyonları	30
Şekil 15 Fırın Gazları Toz Tutma Teknikleri (1-Torbalı filtre, 2-Elektro filtre, 3-Hibrit filtre)	30
.....	30
Şekil 16 Türkiye Çimento Sanayinde NOx Emisyon Dağılımı	31
Şekil 17 Çimento Sanayinde SNCR Tekniği Kullanımı: (1-SNCR yok, 2-SNCR var).....	31
Şekil 18 Çimento Sanayinde SOx Emisyon Dağılımı	32
Şekil 19 Çimento Sanayinde HCL Emisyon Dağılımı (EÇİ Projesi 2016)	32
Şekil 20 Çimento Sanayinde HF Emisyon Dağılımı (EÇİ Projesi 2016)	33
Şekil 21 Çimento Sanayinde TOC Emisyon Dağılımı (EÇİ Projesi 2016)	33
Şekil 22 Çimento Sektöründe Kurulu Fırınların Proses Tiplerine Göre Dağılımı (1-Kuru ön ısıtıcı+ön kalsinasyon, 2-Kuru ön ısıtıcı, 3-Yarı kuru lepol)	34
Şekil 23 Türkiye Çimento Sanayinde Termik Enerji Kullanımı.....	35
Şekil 24 Türkiye Çimento Sanayinde Fırın CO Emisyon Dağılımı	35
Şekil 25 Fırın Giriş Hammadde Kalitesi Standart Sapma	36
Şekil 26 Çimento Sanayi Fırın Duruş Sayısı Dağılımı	36
Şekil 27 Klinker Üretiminde Elektrik Enerjisi Tüketimi (EÇİ Projesi 2016).....	38
Şekil 28 Çimento Üretiminde Elektrik Enerjisi Tüketimi (EÇİ Projesi 2016)	38
Şekil 29 Türkiye Çimento Sanayinde Ham Madde Olarak Doğal Kaynak Kullanımı.....	40
Şekil 30 Türkiye Çimento Sanayinde Kullanılan Yakıt Türlerinin Fırın Bazında Dağılımı....	40
Şekil 31 Türkiye Çimento Sanayinde Çimentoda Klinker Kullanımı	41
Şekil 32 Çimento Sanayinde Alternatif Yakıt Kullanımının Dağılımı	42
Şekil 33 Türkiye Çimento Sanayinde Yakıt Kullanımı (2015 TÇMB istatistikleri)	42
Şekil 34 Türkiye Çimento Sanayinde Tesis Bazında Su Kullanımı Dağılımı	43
Şekil 35 Avrupa Birliğinde Karbon Emisyonlarının Gelişimi (2004 – 2014).....	44
Şekil 36 Türkiye Çimento Sanayinin CEM I 42,5 Dayanımları	44
Şekil 37 Enerji Yönetim Sistemin Kullanımının Tesis Bazında Dağılımı	45
Şekil 38 Türkiye Çimento Sektörü Tesis Bazında Produktivite Değişimi 2015	46
Şekil 39 Tesis Bazında Kişi Başı Eğitim Saati Dağılımı.....	46
Şekil 40 NOx Emisyonları ve MET Azaltım Potansiyelleri	56
Şekil 41 EED Uyum Maliyetlerinin Tesislere Dağılımı	60
Şekil 42 EED Uyum Maliyetinin MET'e Göre Dağılımı	60
Şekil 43 Senaryo A Yatırım Dağılımı USD.....	61

Şekil 44 Senaryo A Yatırım İhtiyacı Dağılım Oranları	61
Şekil 45 Senaryo B Yatırım Dağılımı USD	62
Şekil 46 Senaryo B Yatırım İhtiyacı Dağılım Oranları	62
Şekil 47 Senaryo C Yatırım Dağılımı USD	63
Şekil 48 Senaryo C Yatırım İhtiyacı Dağılım Oranları	63
Şekil 49 Senaryo D Yatırım Dağılımı USD	64
Şekil 50 Senaryo D Yatırım İhtiyacı Dağılım Oranları	64

KISALTMALAR

OES	Ortalama emisyon sınırları
MET	Mevcut En İyi Teknikler
MRB	MET Referans Belgeleri
CO	Karbon monoksit
CO ₂	Karbondioksit
MET İES	MET İlişkili Emisyon Seviyeleri
FAVÖK	Faiz, amortisman ve vergi öncesi kar
CED	Çevresel Etki Değerlendirmesi
ESD	Emisyon sınır değerleri
MET İRD	MET İlişkili Referans Değerler
MET ESD	MET emisyon Sınır Değerleri
CESES KPK	Çevresel Sürdürülebilirlik ve Enerji Sektörü Kalkınma Politikası Kredisi
ETŞ	Emisyon ticareti şemaları
AB	Avrupa Birliği
GBK	Genel Bağlayıcı Kurallar
GSYİH	Gayri safi yurtiçi hasıla
HCl	Hidrojen klorür
HF	Hidrojen florür
EKÖK/EED	Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol / Endüstriyel Emisyonlar Direktifi
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü
kcal/kg	Kilogram başına kilokalori
kg	Kilogram
kton	Kiloton
kWh	Kilowatt-saat
PTA	Piyasa tabanlı araçlar
Mg	Miligram
ODKA	Orta Doğu ve Kuzey Afrika
mg	Miligram
MJ	Megajul
MJ/ton	Ton başına megajul
ÇSB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
ÜÜ	Üye Ülkeler
Mt	Metrik ton
Nm ³	Normal metreküp
NO ₂	Azot dioksit
NO _x	Azot oksit
PCDD	Poliklorlu dibenzo-p-dioksinler
PCDF	Poliklorlu dibenzofuranlar
PM	Partikül madde
Ar-Ge	Araştırma ve Geliştirme
SKİ	Seçili Katalitik İndirgeme
SO _x	Kükürt oksit
t	Ton
TCMB	Türk Çimento Müstahsilleri Birliği
TÇKA	Türk Çevre Koruma Ajansı
TOK	Toplam organik karbon
TTGV	Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
UOB	Uçucu organik bileşikler
WBCSD	Dünya Sürdürülebilir Kalkınma İş Konseyi

ÖNSÖZ

Türkiye Çimento Sektörü Endüstriyel Emisyonlar Direktifi(EED) uyum maliyet raporu; Entegre Çevre İznine (EÇİ) Tabi Çimento Üretim Tesislerinin Uy um Durumları ve Gerekliliklerinin Belirlenmesi Projesi kapsamında, İstanbul Teknik Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü(İTÜ) Öğretim Üyeleri ve Türkiye Çimento Sektörü Uzmanlarından oluşan bir ekip tarafından hazırlanmıştır.

T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) tarafından yürütülen; ‘**Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED-2010/75/EU) Bölüm 1 ve 2 kapsamında yer alan çimento üretim tesislerinin mevcutta söz konusu Direktif gereklilikleri ile uyum durumunun belirlenmesi, söz konusu Direktifin iç mevzuata aktarılması sonrasında çimento üretim tesislerinin uyumu için gereken teknik, kurumsal ve idari alt yapısının oluşturulması projesi**’ kapsamında yapılan bu çalışma Türk Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) ve sektör temsilcileri ile yakın bir işbirliği içinde yürütülmüştür.

Bu raporun formatının oluşturulmasında; sektör için Mevcut En İyi Teknoloji(MET) tanımı kapsamında sektörde yer alan tesislerin durumlarının anlaşılmasına yönelik 2 farklı soru kitapçıkları ile tüm tesislerden toplanan bilgiler ve ayrıntılı tesis ziyaretleri düzenlenerek birebir görüşme sağlanarak oluşturulan bilgiler kullanılmıştır. Bu bilgilere ilave olarak ÇŞB’ndan sağlanan tesislere ait Emisyon İzni Raporları, Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemi verileri ve TÇMB ve sektöre ait çeşitli kurumlar tarafından gerçekleştirilmiş proje sonuçları kullanılmıştır. Bu şekilde alınan bilgilere dayalı olarak önce tesis bazında raporlama ve ardından da sektörün tamamı için ortak değerlendirme yapılmış ve bu değerlendirme kapsamında sektörün EED-2010/75/EU direktifine uyumunun maliyetleri hesaplanmıştır.

Bu raporda sunulan analizler sektör ile ilgili tesis bazında yapılan çalışmalar sonucu elde edilen verilerin ve tavsiyelerin bir sentezinden elde edilmiş olup İTÜ Çevre Mühendisliği ve proje ekibi bu raporun hazırlanmasını destekleyen tüm katılımcılara, Bakanlık yetkililerine, TÇMB’ne, sektör temsilcilerine ve şirket ve/veya tesis bazında yönetici ve mühendislere teşekkürlerini sunmaktadır.

YÖNETİCİ ÖZETİ

Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ulusal sürdürülebilir kalkınma hedeflerini karşılamak amacıyla çevre yönetimi ve ulusal, bölgesel ve yerel politikaların güçlendirilmesine yönelik; **Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED- 2010/75/EU) Bölüm 1 ve 2 kapsamında yer alan çimento üretim tesislerinin mevcutta söz konusu Direktif gereklilikleri ile uyum durumunun belirlenmesi, söz konusu direktifin iç mevzuata aktarılması sonrasında çimento üretim tesislerinin uyumu için gereken teknik, kurumsal ve idari alt yapısının oluşturulması amacıyla “ Entegre Çevre İzni (EÇİ)ne Tabii Çimento Tesislerinin Uyum Durumu ve Gerekliliklerin Belirlenmesi Projesi”ni başlatmıştır.**

Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ilişkin önemli adımlar arasında çevre yönetim sistemlerinin ulusal ekonomik kalkınma hedeflerine entegrasyonu ve ulusal çevre mevzuatının Avrupa Birliği (AB) Çevre Müktesebatı ile uyum sağlamasına ilişkin kararlılığın sürdürülmesi yer almaktadır. Bu çalışma kapsamında Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (2010/75/EU) Bölüm 1 ve 2 kapsamında yer alan çimento üretim tesislerinin Direktife uyumuna ilişkin olarak; sektörün mevcut durumunun belirlenmesi ve söz konusu Direktifte yer alan Entegre Çevre İzni Uygulamasına geçişin teknik, kurumsal, idari ve finansal altyapısını oluşturulmasına yönelik ihtiyaçların belirlenmesi yer almaktadır.

2008/1/ EC sayılı AB Entegre Kirlilik Önleme ve Kontrol (EKÖK) Direktifi ve onun devamı olan Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (EED– 2010/75/EU) sadece ülkenin çevresel durumunun iyileştirilmesi için değil, aynı zamanda ekolojik modernizasyon ve kamuoyunun söz konusu sürdürülebilirlik konusuyla daha yakından ilgilenmesi ile ilgili kurumsal kapasitesinin de güçlendirilmesi noktasında Türkiye için önemli bir kaldıraç noktası sunmaktadır.

Önemli bir politika aracı olarak EED Direktifi sektörlerin çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması ve kaynak verimliliği artışlarının harekete geçirilmesi noktasında yardımcı bir araç olarak öne çıkmaktadır. Tıpkı diğer AB üye ülkeleri gibi, Türkiye de EED Direktifi hükümlerinin en iyi şekilde iç hukuka aktarılmasının nasıl yapılacağı konusunda bir karar ile karşı karşıya kalacaktır. Burada ki zorluk, mümkün olduğunda potansiyel dezavantajlı konulardan kaçınılırken, Direktifin getireceği faydaların fark edilmesine yardımcı olan politika yaklaşımlarının benimsenmesi ile gerçekleşecektir.

Endüstriyel Emisyonlar Direktifinin Uygulanması

Çeşitli ülkeler EKÖK / EED uygulanması süreci boyunca birtakım zorluklar yaşamış fakat bu zorlukları yaşayarak öğrenmişlerdir. EKÖK/EED ilişkin uluslararası deneyim analizleri ve sonuçları kendi ülke koşullarına adapte edecek karar vericiler için bir referans noktası olarak hizmet verebilmektedir. EKÖK/EED Direktifi birçok yönden çevre yönetim sistemleri için tamamen yeni bir yaklaşım getirmekle birlikte, enerji verimliliği gibi geleneksel olarak çoğu ülkede düzenleme getirilmemiş olan alanlara da uygulanmaktadır. Hem düzenleyici hem de düzenlenmiş çalışmalar daha uygulanır hale getirilerek, Direktifin kendisinin yorumlamaya açık kapı bırakan esnek unsurları bulunmaktadır. **EED Direktifi ile sektör uyumu teşvik edebilecek bir dizi politika seçeneklerinin ve teşviklerinin bir arada sunulması gerekmektedir.**

Çimento Sektörü ve EED Uygulanmasına İlişkin Zorluklar

Türkiye Çimento Sektörü hızla gelişen bir sektördür. Kurulu kapasite olarak 2015 verilerine göre Avrupa da birinci ve Dünya da altıncı sırada bulunmaktadır. Sektörün son yirmi yılda kurulu klinker kapasitesini iki kattan fazla arttırarak 76 milyon tonun üzerine çıkartmıştır. Sağlanan yıllık ortalama % 4-5 üzerindeki hızlı büyüme çevreye karşı duyarlı mevcut en iyi teknolojiler ile gerçekleştirilmiştir.¹

Bu proje sonucunda hazırlanan Nihai Rapor sektörün sadece toplam uyum maliyeti ile sınırlı olmayıp aynı zamanda gerekli teşvikler ve uygulamada politika seçenekleri ile Türk çimento sektörünün EE Direktifi ile uyumunun sağlanması için gerekli kaynakların planlanması (zaman, finans, hukuksal alt yapı ve uygulamadaki esneklikler) konusunda yardımcı olmayı da amaçlamaktadır.

Çimento sektöründe EED Direktifi uyumu ile ilgili ortaya koyulan Mevcut En İyi Teknikler (MET) (2013/163/EU) gereksinimlerinin önemli bir kısmının Türkiye Çimento Sanayinde eski tesislerde ve son yıllarda yapılan tesislerde kullanılmakta olduğu saptanmıştır. Buna rağmen sektörün MET e ve MET İRD (Mevcut En İyi Teknolojiler Referans Değerler) BAT /BREF tam uyumu için önemli ölçekte yatırım gereksinimi olduğu görülmektedir.

Sektörün MET uyumu ile ilgili yatırımlarında fayda ve çevre analizlerini doğru olarak yapmış yeni tesisler yanında mevcut tesislerin de kapasite artırılması sırasında bu önlemleri genelde benimsemiş oldukları görülmektedir. **Diğer taraftan son yirmi yılda kurulu kapasite iki katından fazla arttırılmış olmasına rağmen sektörün EED Direktifi ile tam uyum sağlanması için, özellikle Azot Oksit (NO_x) ve partikül madde (PM) emisyonlarının azaltılması (yayılı tozlar, fırın kaynaklı tozlar, klinker soğutucu ve çimento öğütme kaynaklı tozlar, tozlu faaliyetler kaynaklı tozlar) başta olmak üzere enerji verimliliği ve kaynak kullanımının azaltılması konusuna ilişkin yeni yatırımların gerçekleştirilmesine ihtiyaç vardır.** Enerji verimliliği yatırımlarının orta ve uzun vadeli geri ödeme süreleri olması ve pozitif net ekonomik etkisi olmasına rağmen sonuç itibarı ile **enerji verimliliği, yayılı toz emisyonlarını önleme ve PM kontrolü, NO_x emisyonu azaltma** sektöre net maliyetler getirecektir.

Bunun yanında EED uyumu için MET sonuçları kapsamında olan; **birincil teknikleri uygulama, kalite kontrol alt yapısını geliştirmek ve duruş sayısını iyileştirmeye yönelik yatırım ihtiyaçları, enerji kalitesini iyileştirmek** çimento sektörüne kısa vadede ek maliyetler getirecek olmasına karşın orta ve uzun vadede ekonomik fayda sağlayacaktır.

EED uyumuna ilişkin net maliyet büyük ölçüde güncel emisyon değerleri ile MET için verilen emisyon sınır değerleri arasındaki farka (ESD) bağlı olup, sektörün mevcut performans düzeyinin belirlenmesi için tesislerden toplanan veriler ile birlikte ÇŞB dan temin edilen SEÖS ve Emisyon İzni Raporları değerleri dikkate alınmıştır. EED uyum maliyetlerinin belirlenmesinde sektör için dört farklı senaryo benimsenmiştir. Senaryo A ile sektörde sadece Fırın kaynaklı tozlarla NO_x emisyonlarının ve otomasyonun EED ile uyumlu hale getirilmesine yönelik yatırım ihtiyacı dikkate alınmıştır. Senaryo B ile Senaryo A'ya ilave olarak enerji verimliliğine ilişkin yatırım ihtiyacı dahil edilmiştir. Senaryo C'de Senaryo B'ye MET sonuçlarında 1.2.5.1 paragrafında tanımlanan; yayılı toz emisyonları önleme ve kontrol ilgili teknikleri kullanarak hammadde, çimento katkıları ve kömür stoklamasını tamamen kapalı alanda yapılmasını öngören yatırım ihtiyaçları eklenmiştir. Senaryo D ise Senaryo C'ye MET sonuçlarında 1.2.5.1 paragraflarında tanımlanan; yayılı toz emisyonları önleme ve kontrol ile ilgili tekniklerin kullanılması ile kapalı alanda klinker stoklama kapasitesinin artırılarak 30 Fırın-Gün'e çıkarılmasını öngören yatırım ihtiyaçları eklenmiştir.

Senaryo D en kapsamlı yatırım maliyetlerini içermektedir ve birim üretim başına toplam olası maliyet artışı yaklaşık 3-11,3 USD/ton klinker olarak belirlenmiştir. Bu değer sektördeki tüm tesislerin gereksinimlerinin % 80- 90 oranında tanımlanmasından sonra belirlenen nihai yatırım ihtiyacına göre hesaplanmıştır. Belirlenen yatırım gereksiniminin büyüklüğü; sektöre ek maliyetleri planlaması ve kendi yatırımlarına dahil etmesi için yeterli sürenin verilmesini gerektirmektedir.

Çimento sektörünün çevresel etkileri açısından EED değerlendirildiğinde hava emisyonları ön plana çıkmaktadır (Senaryo A). Bu nedenle EED uyumun maliyetleri çok yönlü emisyonlara veya kirleticilere sahip diğer sektörlerle göre daha düşük olarak değerlendirilebilir. Fakat enerji verimliliği (Senaryo B) ve PM Emisyonları (Senaryo C ve Senaryo D) dikkate alındığında sektörün EED uyum maliyetinin yükseldiği görülmektedir.

Kamu Yararı - Özel Sektör Kazançları

Çevre yönetim perspektifinden bakıldığında, EE Direktifinin uygulanması kamu maliyetlerinin bilindiği veya muhtemelen yüksek olduğu ve genel yararı beraberinde getirmesinin muhtemel olduğu alanlardaki kirliliğe ilişkin maliyetlerin finanse edilmesi için bir fırsat sunmaktadır. Bu da sırasıyla ekonomik, çevresel ve sosyal konular arasında kalkınma çabalarında daha iyi bir dengenin kurulması yönünde bir hareket sağlayacaktır. EE Direktifi farklı ortamlar (hava, su ve toprak) arasında meydana gelen çevre sorunları riskini azaltmaya yardımcı olabilir ve daha iyi ve daha bütünsel bir çevre korunmasına imkan verebilir. Aynı zamanda düzenleyici etkiler endüstriyel faaliyetlere daha geniş bir yelpazede fırsatlar sunmakla birlikte, eski ve kirletici teknolojilerin değiştirilmesi noktasında da bir kaldıraç noktası görevi üstlenmektedir.

Endüstriyel Emisyonlar Direktifi uygulanması daha büyük ekonomik fırsatları teşvik etmek konusunda da potansiyele sahiptir. Bu durum sadece çevrenin değil aynı zamanda sektörlerin kaynak verimliliğinde artışa yol açabilmektedir. Enerji verimliliği, proses optimizasyonu, atık yakıt kullanımı, alternatif ham madde kullanımı kanıtlanmış kazan-kazan potansiyeli olan başlıca uygulama alanlarıdır.

Enerji verimliliği, çimento sektörü özelinde bakıldığında, kaynak verimliliği ve emisyonları azaltma ve kontrolü açısından önemli bir alandır. Ulusal düzeyde sektörde enerji verimliliğinde artış çimento fırınlarında ısı enerjisi taşıyan atık maddelerin daha yüksek oranda değerlendirilmesi yoluyla gerçekleştirilebilir. Sektörün enerji verimliliği alanında EED uyumu veya MET İES uyumu için gerekli yatırımlar geri dönüş potansiyeli olan yatırımlar olmasına rağmen yüksek maliyeti olan yatırımlardır. Teknolojik dönüşüm gerektiren bu tip yatırımların geri dönüş süresi 7-20 yıl arasında değişmektedir.

Çimento sektörünün son yıllarda gerçekleştirdiği yatırımlar ile daha yüksek oranlarda atık yakıt kullanma potansiyeline sahip olmasına rağmen yeterli, uygun kalitede, ekonomik fayda sağlayacak seviyede ve düşük maliyetle atık bulamadığı bilinmektedir. Atık ve biyo kütle kullanımına yönelik yasal düzeyde yapılacak düzenlemelerin daha sıkı bir şekilde uygulanmasıyla atıklardan türetilmiş yakıtların önemli bir miktarının çimento sektörü için hem çevresel hem de ekonomik faydalar sağlayarak kullanılabilir hale gelmesi mümkün olacaktır. Türkiye Çimento Sanayi bu konuda yaptığı yatırımlar ile günümüzde mevcut % 4 olan atık kullanım oranını daha yüksek seviyelere taşımaya hazırdır.

Ayrıca EE Direktifi daha verimli teknolojiler ve daha iyi özelliklere sahip yeni ürünlerin geliştirilmesi için yeni imkânlar sunmaktadır. MET kullanımı çimento sektöründeki sürdürülebilir üretim için gerekli olan enerji verimliliği, kaynak kullanımı ve emisyon kontrolü gibi alanlarda hayati katkılar sağlamaktadır.

Tavsiyeler

EÇİ (EE Direktifi) kamu politikalarının güçlendirilmesi ve bunların uygulanması ve MET ve ruhsatlandırma koşullarının ayarlanmasını sağlayan MET Referans Belgelerinin kullanımına ilişkin hükümleri içermektedir. Bu proje EE Direktifinin daha verimli, etkili ve eşitlikçi bir şekilde uygulanması konusunda yardımcı olabilecek politika yaklaşımlarına ilişkin tavsiyelerin geliştirilmesini amaçlamaktadır. Bu kapsamda tavsiyeler EED'inin çimento sektörüne nasıl uygulanacağını, sektörde iyi bir performansın nasıl sağlanacağını ve sektörün rekabet gücü sürdürülebilir kılınırken istenilen çevresel kazanımların nasıl elde edileceğine ilişkindir.

Mevcut En İyi Tekniklere (MET) ilişkin gereksinimler Emisyon Sınır Değerleri (ESD), EED uyum ihtiyaçları ve uyum ile ilgili gerekli optimum süreyi ülke içinde geçerli olan veya öngörülen teknik, çevresel, endüstriyel ve kurumsal dinamikleri dikkate alarak ve uygun maliyet-fayda analizine dayalı olarak Türkiye için **özelleştirilmiş olmalıdır**. Bu alanda düzenleyici kurumların sektöre yönelik **EE Direktifinin uygulanmasına ilişkin net ve kapsamlı kuralları sektör temsilcileri ile oluşturarak ilanı**, şirketlerin kısa bir uyum süreci ile EED sorumluluklarını yerine getirmede karşılaşılabilecekleri yükleri azaltmaya yardımcı olacaktır. **Bu nedenle Türkiye Çimento Sektörü için EÇİ uygulamasına esnek geçişi sağlayacak “MET Ulusal Geçiş Kılavuzu&Protokolü “nün hazırlanması bir gereklilik olup ve bu amaçla ilgili tarafların (ÇSB, TÇMB, STK ve diğer paydaşlar) bir araya gelerek bu çalışmayı başlatmaları yerinde olacaktır.**

MET Kurallarının uygulanması ve MET Referans Belgelerinin (MRB) kullanımı ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Birtakım ülkeler (örneğin, Belçika, Finlandiya, Yunanistan, İrlanda, Hollanda, İspanya ve Birleşik Krallık) MRB' de yer alan bazı maddelerden alıntı yapmak suretiyle ulusal kılavuz belgeleri benimserken, diğer ülkeler (örneğin Portekiz) MRB materyallerine güvenmeye devam etmiş, bazı ülkeler ise mevcut ulusal kurallar ve kılavuzlar üzerinden devam etme kararı almıştır. ²

AB Üye Devletlerinin çoğunluğu ruhsatlandırma ile ilgili tek bir otorite seçmiştir. Bu da beraberinde tutarlılık, gerekli yetkinliklerin geliştirilmesine ilişkin yetenek ve idari zorlukların azaltılması gibi avantajlar sunmaktadır. Danimarka ve Birleşik Krallık bu konuda son derece başarılı olmuştur. **Kurulacak bir EED uygulama bölümü adil bir uygulamayı sağlayabilir.³**

Yenilikçi piyasa tabanlı araçların (PTA) uygulanması kazan-kazan sonuçları için uygun platformlar oluşturabilir, dolayısıyla uyumu ve daha iyi çevresel performansı teşvik edebilir. Bu amaçla, CO₂ veya NO_x gibi önemli emisyonları olan sektör için bir pilot emisyon ticaret şemasının (ETS) geliştirilmesi, iyileştirilmiş bir çevresel performanstan önemli bir kamu yararı elde edilmesini sağlayabilir. Böyle bir yaklaşım, sektörün sürdürülebilir uzun vadeli kalkınması noktasında yardımcı olabilir. Seçilmiş emisyonlar için tahsis edilmiş vergilendirme sistemleri gibi diğer PTA'ların uygulanması da ayrıca düşünülebilir. Dünyada esneklik ve öngörülebilirliği bir araya getiren ticaret ruhsatları mekanizması düşük maliyetle

kirliliğin azaltılması için kullanılmaktadır. ABD'nin Kükürt Oksit (SOx) ve Azot Oksit (NOx) ile ilgili emisyon üst sınırı ve ticareti programı örneğinin ardından, Polonya, Şili ve Birleşik Krallık da ticarete konu ruhsat şemalarını teşvik eden bir süreç içinde bulunmaktadır. Çek ve Slovakya Cumhuriyeti (SOx için) ve Hollanda (NOx için) gibi birçok Avrupa ülkesi operasyonel ticaret şemasını başlatmıştır.⁴

Sektöre özgü teknik ve çevresel gerçeklere dayalı olarak izin sürecinde esnekliğin sağlanması EED izniyle ilgili önemli bir bileşendir. EE Direktifi, sektörün kendi öz değerlendirmesini yapmasına, enerji verimliliği veya bir çevre yönetim sistemine sahip olunması gibi geleneksel olarak yetersizliklerin olduğu alanları gözden geçirmesine ve izin süreci ile ilgili yepyeni bir yaklaşımın getirilmesine olanak vermektedir. Buna ek olarak, hem düzenleyici hem de düzenlenmiş çalışmalar bakımından Direktifin kendisinin yorumlamaya açık kapı bırakan esnek unsurları bulunmaktadır. Türkiye'nin farklı bölgeleri sosyo-ekonomik ve klimatolojik koşulları bakımından oldukça heterojen bir yapıya sahiptir. Bu durum sektöre yönelik düzenleyici çalışmaların konunun özel koşullarını dikkate alan ve Türkiye'deki izin sürecinde uygun düzenlemelerin getirilmesini gerektirmektedir. Örneğin, atık yönetmeliklerinin sektörün atık kullanımını teşvik edecek şekilde yenilenmesi sektör tarafından memnuniyetle karşılanacaktır. Sektöre kendi müşterileri ve tüketicilerinden gelen çevresel talepleri karşılama konusunda bilinçlendirmeye yönelik eğitim programları, araştırma ve geliştirme çalışmaları rekabeti teşvik edebilmektedir. **Şeffaflık ve danışmanlık hizmetlerinin kurumsallaştırılması sektörün** çevresel kararları alması ve hesap verebilirliği açısından önemli unsurlardır.

1. GİRİŞ

Çimento sektörü gerek kapasite ve gerekse çevresel etkileri bakımından ülkemizin en önemli endüstriyel sektörlerinin başında gelmektedir. Bu sektörün EED'ine uyum durumunun ortaya konulmasını ve bunun maliyetini hesaplamayı amaçlayan bu proje sektörün MET kapsamında teknolojik yapısının iyileştirilmesini, çevrenin korunmasını ve sektörün sürdürülebilirliğinin sağlanması bakımından büyük önem taşımaktadır.

1.1 Hedef Sektör

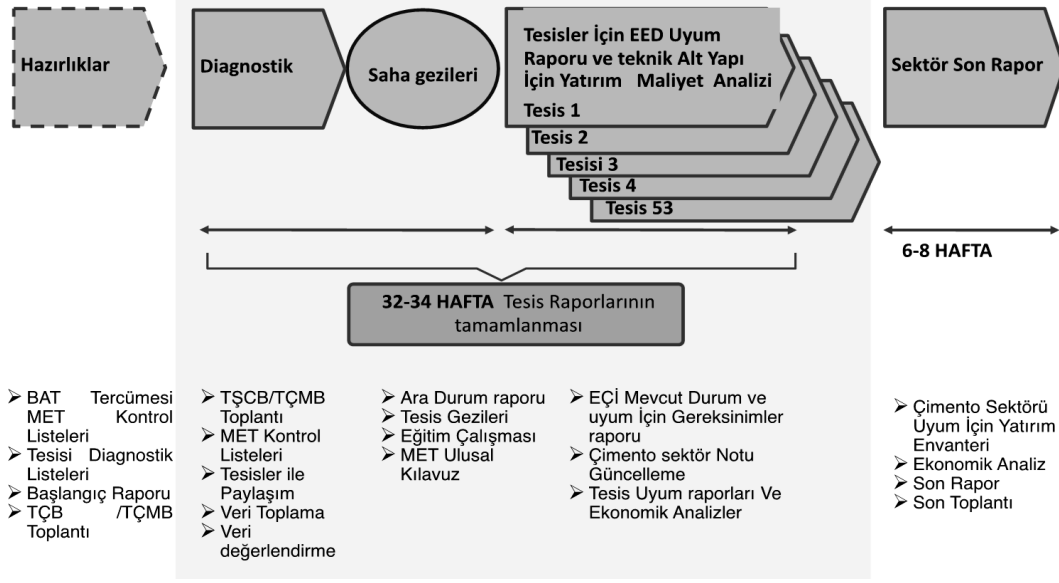
Yüksek çevre bilinci, iyi bir şekilde organize edilmiş sektör yapısı, bilgiye erişimi , ekonomideki yapısal profili ve sahip olduğu önemli pozisyonu nedeniyle **çimento sektörü** iyi bir vaka çalışmasını temsil edecektir. Bu nedenle, proje sonuçları Türk çimento sektöründe EE Direktifine uyum sağlanması konusunda yardımcı olacak bir dizi politika seçeneği ve teşviki sunmayı hedeflemektedir.

1.2 Metodoloji

EED uyum maliyetlerinin belirlenmesinde kullanılan metodoloji sektörle ilgili en son ve temsil edici bilgilere ulaşılmaya imkan verecek şekilde oluşturulmuş ve Şekil 1'de gösterilen beş aşamayı kapsamaktadır:

- Çimento üretim tesislerinin MET kullanım seviyesinin belirlenmesi için MET KONTROL LİSTELERİ ve TEKNİK SORULAR kitapçıklarının hazırlanması
- MET KONTROL LİSTELERİ ve TEKNİK SORULAR tesislere gönderilerek veri toplanması
- Çimento sektöründe kurulu olan tesislerin saha ziyaretleri ve tesislerin MET uyumunun sürdürülebilirlik yaklaşımının tanımlanması, güncel yapısal profil ve MET uygulamaları analizinin yapılması
- EE Direktifin iç mevzuata aktarılması sonrasında çimento üretim tesislerinin uyumu için mevcut teknik, kurumsal ve idari alt yapının tanımlanması, tesis mevcut durum raporlarının hazırlanması ve EED uyum yatırım ihtiyaçlarının belirlenmesi
- Sektörün EED uyumu için gereken konsolide yatırım ihtiyaçlarının belirlenmesi, ilgili maliyetler ve faydaların analizi, Sektör Maliyet Analiz Raporunun hazırlanması
- Sektörün EED uygulaması için **‘çimento üretim tesislerinin mevcutta söz konusu Direktif gereklilikleri ile uyum durumunun belirlenmesi, söz konusu direktifin iç mevzuata aktarılması sonrasında çimento üretim tesislerinin uyumu için gereken teknik, kurumsal ve idari alt yapısının oluşturulması ‘konularını kapsayan Dünya Bankası tarafından hazırlanan (2010) Çimento Sektör notunun güncellenmesi‘**

PROJE YOL HARİTASI



Şekil 1 Projenin Ana Aşamaları

1.2.1 EED Uyum Maliyetlerine İlişkin Doğru Tahminlerin Yeterli Düzeyde Geliştirilmesi

Çimento sektörüne ait tesislerde uyum maliyetinin belirlenmesinde temsil edici bilgilerin kullanılması büyük önem taşımaktadır. Bunun için bilgi kaynaklarına ulaşmada ve bu kaynaklardan istenecek bilgilerin gerekli ayrıntıları içermesi için anket sorularının iyi planlanması gerekmektedir. Tesisler kullanılan teknolojiye, işletim koşullarına, yönetim sistem ve araçlarına bağlı olarak çok farklı uyum maliyeti yapısına sahip olabilirler. Ayrıca, tesisin üretim kapasitesi ve kapasite kullanım oranı, pazar koşulları ve finansal performanslarının uyum maliyetlerini karşılayıp karşılayamayacakları gibi diğer faktörler de bulunmaktadır.

Kirlilik kontrolü açısından bakıldığında, sektöre özgü kuralları içeren EE Direktifi belgeleri kapsamında zorunlu olan emisyon sınır değerleri (ESD) gibi birtakım gerekli standartları yerine getirmek amacıyla, yüksek üretim kapasitesine sahip tesisler daha fazla harcama yapmaktadırlar. Uyum maliyetleri enerji verimliliği, atık kullanma, izleme, PM ve gaz emisyonlarının azaltılması çalışmaları gibi geniş bir çeşitliliğe sahiptir.

Uyum hedeflerinin (MET İES, MET İRD) karşılanması için gerekli olan maliyetler birlikte ele alındığında, yukarıda belirtilen ayrıntıları dikkate alan yaklaşımlarla tesis seviyesinde yapılan detaylı çalışmalar belirsizlikleri yüksek oranda ortadan kaldıracaktır. Şekil 2, tesis seviyesinde gerçekleştirilen çalışmanın 'Tesis Diagnosis' ana unsurlarını sunmaktadır.

EED uyumuna ilişkin maliyetin doğru bir şekilde değerlendirilmesi politika tartışmalarının başlıca dayanaklarından biridir ve takip edecek ve oluşturacak sektör analizinin hayati bir unsurunu teşkil etmektedir. Sonuç olarak, sistematik açıdan uygun ve şeffaf bir yöntem kullanarak sektör değerlendirmesinin yapılması esastır. Kaliteli sonuçlar elde etmek için uygulanan yaklaşım 'Metodoloji' kısmında açıklanmaktadır.

Tesis Diagnostik Planı



Şekil 2 Tesis Diagnostik Planı

Uyum gereksinimleriyle ilgili olarak, EE Direktifi ve ilgili Mevcut En İyi Teknikler MET / BAT(2013/163/EU) sonuçları ve ilişkili referans değerleri veya emisyon sınır değerleri (MET İES) ilgili bilgiler referans alınmakta ve kılavuz sağlamaktadır. Ayrıca EE Direktifinin uygulanmakta olduğu AB ülkelerindeki bilgi ve deneyimler, örnek uygulamalar gözden geçirilerek bu raporda değerlendirilmiştir.

Uyum koşullarının tüm detayları ile belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle uygulayacak makam olan Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (ÇŞB) ve diğer paydaşlar tarafından belirlenecek ve esnek bir geçiş süreci için kullanılacak Ulusal Geçiş Protokolüne ihtiyaç vardır.

Sonuç olarak, analizin başlangıç aşamalarında, AB'ne üye ülkelerde kullanılan Mevcut En İyi Teknikler (MET) (2013/163/EU) performans verilerini ve/veya ilişkili emisyon sınırlarını (MET İES) baz alarak yapılan çalışmalar (MET Kontrol Listeleri) eksiksiz bir şekilde kullanılarak tesis ve sektör seviyesinde uyum gereksinimlerinin oluşturulmasında kullanılmıştır.

Çimento tesislerindeki **mevcut uyum durumlarını** belirlemek amacıyla hazırlanan MET Kontrol Listeleri ve Teknik Sorular tüm teknik, işletme ve idari verileri kapsamaktadır. Bu verilerin derlenmesi noktasında tesislerin soru formlarını doldurmaları sağlanmıştır. Bu veriler kullanılarak yüksek maliyetler gerektiren aşağıdaki yatırımlar belirlenmiştir. Ön görülen yatırımların belirlenmesinde MET (Mevcut En İyi Teknik (2013/163/EU) kodları esas alınmıştır.

- Azot oksit emisyonlarının azaltılması (1.2.6.1)
- Kükürt oksit emisyonlarının azaltılması (1.2.6. 2)
- Partikül madde emisyonlarının azaltılması (1.2.5.2,1.2.5.3,1.2.5.4)
- Termik enerji verimliliğini artıran önlemlerin uygulanması (1.2.3.1)
- Hammadde ve ürün depolama alanlarının kapatılması, yayılı toz emisyonlarının azaltılması veya önlenmesi (1.2.5.1)
- Atıktan türetilmiş yakıt ve ham maddelerin yaygın kullanımı için taşıma, stoklama, ayırma, karıştırma ve sürekli beslenmesine ilişkin sistemlerin kurulması (1.2.4.1)
- Atık yakıt ve ham madde kullanımını artırmaya yönelik proses teknolojisi değişiklikleri ve etkin kalite kontrol sistemleri uygulamaları (1.2.3,1.2.4.1)

Bunların arasında, termik enerji verimliliğine yönelik yapılan yatırımlar, atık ısıdan enerji

retme (WHR) yatırımları ve atık kullanımı ile ilgili yatırımların nispeten kısa geri ödeme sürelerinin olduğu kabul edilmektedir. Depolama alanları, toz ve gaz emisyonlarının azaltılmasına yönelik önlemlerin yatırımları da uzun geri ödeme süreleri olan fakat MET (2013/163/EU) gereksinimlerine ve mevcut düzenlemelere bağlı olarak gerekli görülen yatırımlardır. WHR yatırımları enerji verimliliği ile ilgili projeler grubunda (1.2.3.1) değerlendirilmiştir.

Sektörün mevcut durumu tüm tesisler ile ilgili verilerin yeterli doğrulukta sağlanması takiben , **EE Direktifi uyumluluğunun gerçekleştirilmesi ve sürdürülmesine** ilişkin maliyetlerin belirlenmesinde literatürden, teknoloji sağlayıcılarından ve ulusal ve uluslararası referanslar ve değerlendirmelerden elde edilen maliyet rakamları kullanılmıştır. Tesis bazında tüm çalışmalar tamamlandıktan sonra nihai raporda sektörün tamamı için toplam maliyetler oluşturulmuştur.

Tesislerin uyum sağlama sürecine hazır olmaları açısından önemli değişiklikleri barındırmalarından dolayı, tesis düzeyindeki yatırım alanları bu raporun EK II'sinde verilmiştir. Tesis düzeyindeki ayrıntıların yeterli olmadığı durumlarda; teknoloji, kuruluş yılı ve kurulu kapasite açısından benzer tesisler dikkatte alınarak sınıflandırma yapılmıştır. Bu arada tesislerin belirgin çevresel performansları ve çevresel yönetim uygulamalarının yanı sıra bu güne kadar yaptıkları yatırımların leği de dikkate alınarak değerlendirme yapılmıştır.

Değerlendirme sonuçlarının kalitesi veya doğruluğu büyük oranda tesis seviyesinde ulaşılan verilerin doğruluğuna bağlıdır. Çimento tesislerinin kendileri en güvenilir ve temsili verilere sahip olduğundan dolayı aynı zamanda en önemli bilgi kaynaklarına da sahiptir. Proje ekibi tarafından veri toplama formları (**MET Kontrol Listeleri ve Teknik Sorular**) geliştirilmiş olup gerekli verilerin toplanması noktasında oldukça faydalı olan bu formlar çşB kanalı ile tesis ve fırın düzeyinde bilgi toplamak için kullanılmıştır. Toplanan verilerin gizliliğini de sağlamıştır. Bu yöntem ile elde edilemeyen bilgiler sektöre ait diğer kuruluşlardan sağlanmıştır.

Tablo 1'de bu kaynaklar ve verilerin kullanımına ilişkin ek bilgileri de vermektedir.

Tablo 1 Alternatif Bilgi Kaynakları Özeti

Türk Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB) ve Tüm Entegre Çimento Tesisleri	• Kapasite ve kapasite kullanım. • Ürün çeşitleri, kalite bilgileri. • Enerji verimliliği ile ilgili bilgiler. • ISO 14001'in uygulanması, Yönetim Sistemleri. • İhracat payları, satışlar ve kalite. • İstihdam rakamları, prodüktivite. • Genel uyumluluk durumu, yatırım ihtiyacı. • Teknik donanımlar ile ilgili genel bilgiler. • MET Kontrol Listeleri /Teknik Sorular
Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED)	• Öngörülen teknik donanımlar ve kapasiteleri. • Emisyon taahhütleri.
Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na (ÇŞB) sunulan emisyon raporları ve Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri verileri (SEÖS)	• Fırın ve tesis bazında gerçekleşen emisyonlara ilişkin nicel bilgilerin yanı sıra çevredeki ortam konsantrasyonları. • İlgili teknik donanımlara ilişkin bazı nitel bilgiler. • SEÖS den sağlanan veriler.
Sektöre ile ilgili diğer kaynaklar,	• Emisyonlara ilişkin nicel bilgiler. • İlgili teknik donanımlara ilişkin bazı nitel bilgiler. • Tedarikçiler • Sektör Uzmanları • Yöneticiler

1.2.2 Uyum Maliyetleri ve Getirilerinin Rekabet Gücü Üzerindeki Etkisi

Tesislerin ve tüm ayrıntılarıyla sektörün uyum yapılarına ilişkin maliyetler ile ilgili bilgilerinin toplanabildiği ölçüde, daha yüksek uyum maliyetlerinin absorbe edilmesi noktasında tesislerin (sektörlerin) becerilerini ölçmek için mali sürdürülebilirlik tahminleri geliştirilebilir. Burada amaç, yerli ya da uluslararası açıdan sektörün ilgili mali performansını ve rekabet gücünü ölçmektir.

Rekabet gücü, genellikle çok çeşitli faktörler ve bunların karmaşık etkileşimlerine bağlıdır. Çimento sektöründe dikkate alınması gereken bazı özel dinamikler şunlardır:

- Talep ve fiyatlardaki yüksek dalgalanmalar
- Üretimde kullanılan proses teknolojilerindeki önemli farklılıklar ve tesisler arasındaki işletme maliyetleri farkları
- Ürünün düşük fiyat esnekliği
- Yüksek yatırım maliyetleri ve sabit maliyetler
- Pazarlara yakınlık ihtiyacı.
- Kapasite fazlalıkları, bölgesel yığılmalar
- Satış üzerindeki mevsimsel etkiler
- Atık kullanma oranı ve atık bulunabilirliği
- Enerji maliyetleri ve kalitesi
- Pazardaki yüksek kalite talepleri
- Hazır Beton Sektörü ile entegrasyon

- Ödeme koşulları ve vade esneklikleri
- Olası yatırımların ek işletme maliyetleri

Bu analizin amacı doğrultusunda, EED uyum maliyetlerinin rekabet gücü üzerindeki etkileri aşağıdaki parametrelere dayalı basitleştirilmiş bir yaklaşım kullanılarak belirlenecektir.

- Gelir (üretim ve ortalama fiyata dayalı)
- Faiz, amortisman ve vergi öncesi karın (FAVÖK) sektördeki ortalama oranı (karlılık)
- Çevre izleme ve uyum yatırımları
- İç piyasadaki talebin fiyat esnekliği
- Dış piyasalardaki talebin fiyat esnekliği
- EED uyum yatırımlarının neden olacağı ek değişken maliyetlerin karlılık üzerine etkileri
- EED uyum için yapılacak enerji verimliliği yatırımlarının maliyetler üzerindeki olası etkileri

EED uyum için MET e göre gereken yatırımların çoğu kullanım süresi boyunca özellikle etkin enerji verimliliği, proses kontrolü ve otomasyon açısından fayda sağlayabilir. Fakat yatırımların önemli bir kısmının geri dönüşü uzun vadede gerçekleştiğinden bu faydalar bu çalışmada dikkate alınmamıştır.

1.2.3 Uygun Politika Yaklaşımlarının Belirlenmesi

Yukarıda belirtilen çimento sektörüne özel dinamikler göz önüne alındığında, EED uyum sürecinin sektörün rekabet gücü üzerindeki olası olumsuz etkilerini en aza indirmek için aşağıdaki alternatif politika yaklaşımları önerilmiştir:

- **Emisyon sınırları ve adaptasyon programları açısından MET gereksinimlerinin kademeli uyarlanması sağlayacak MET Ulusal Protokolü & Kılavuzu hazırlanması ve uygulanması.¹**
- **Aşamalı ve esnek uygulama (örneğin, en az yatırım ile en yüksek getirileri elde edebilen tesislerden veya yavaş yavaş artan emisyon sınır değerlerinden (ESD) başlayarak veya bölgesel rekabet koşullarının farklılıklarını dikkate alarak)**
- **Piyasa tabanlı politika araçlarının uygulanması (örneğin, emisyon ticareti için pazarların oluşturulması veya uyumlu şirketler için vergi avantajlarının sağlanması)**
- **Finansal açıdan ihtiyaç sahibi firmalar için EED uyumu kredi fonları gibi doğrudan finansal destek**
- **Bilgi araçları (örneğin, uyum veya araştırma geliştirme [Ar-Ge] desteği, tanıma programları).**

1.2.4 Kısıtlamalar

Projede sektöre ait kurulu kapasitenin %10'undan daha küçük kapasitelere ait bir kısım tesislerin) gerçek emisyon ve enerji verimliliği performansı ile MET gereksinimlerine uyum

¹ Bu raporun hazırlanmasında MET /BAT (2013/163/EU) dikkate alınmıştır.

için gerekli olan teknolojik seviye ile ilgili veriler hakkında tesis bazında soru formları ve tesis ziyaretleri ile elde edilen veriler güncel durum ile ilgili bilgiye ulaşmakta yetersiz kalmıştır. Dolayısıyla, bu tür tesislere özgü verilerin yetersizliği durumunda benzer kapasite ve teknolojiye sahip değişik kaynaklardan elde edilen veriler (tedarikçiler, TÇMB, sektör uzmanları), MET kontrol listeleri ve teknik sorulardan tesis ziyaretlerinden sağlanan mevcut tesis durumları ilgili bilgi ve gereksinimlerinden elde edilen veriler yardımıyla sektör uyum maliyetleri üretilmiştir.

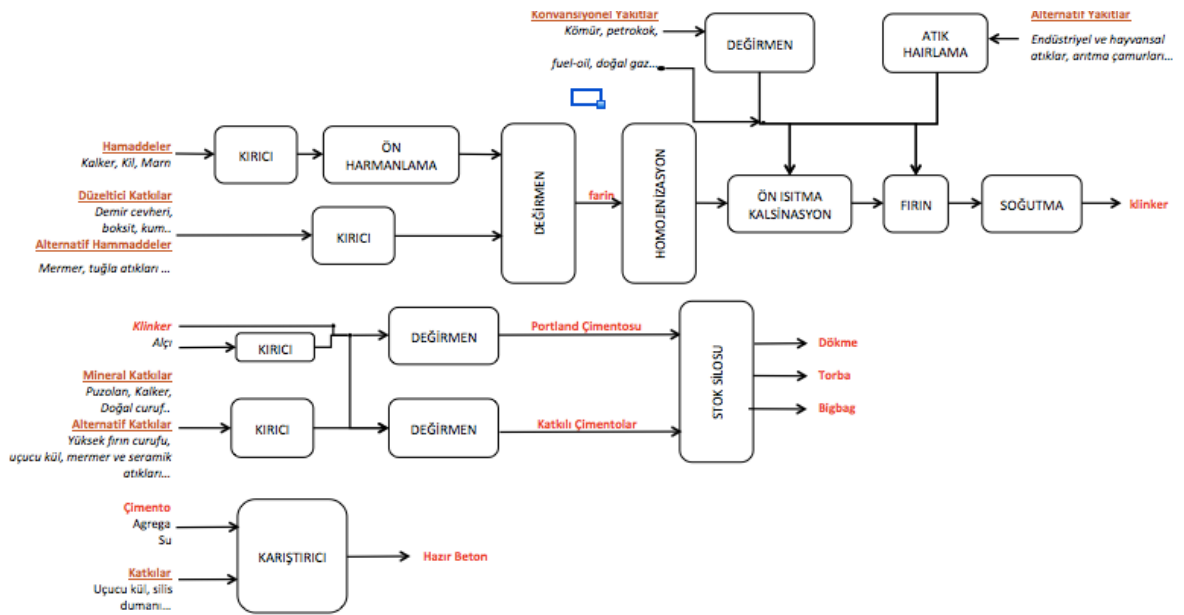
Dört senaryo olarak sunulan EED uyum maliyetlerinin sektördeki rekabet gücü üzerinde önemli bir etki yaratacak yeterli büyüklükte olduğu görülmektedir. Bu konunun kapsamlı değerlendirilmesi için ilgili taraflar arasında ilave çalışmaların yapılmasını gerekli kılmaktadır..

2. ÇİMENTO SEKTÖRÜ VE ÇEVRESEL ETKİLER

2.1 Çimento Sektörü

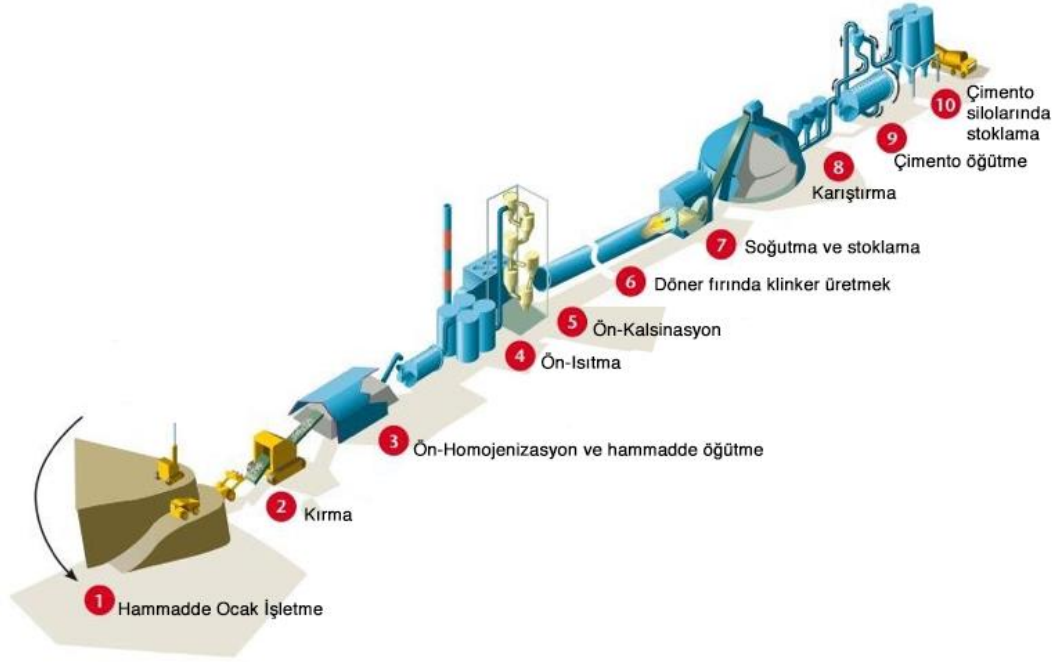
Çimento su ile karıştırıldığında bir kaç saat içinde sertleşen, bir kaç gün içinde katı, dayanıklı bir yapıya dönüşen ince bir tozudur. Çimento genel olarak ince ve kalın agregaların beton içinde bağlanmalarını sağlayan bir hidrolik bağlayıcıdır. Su ilave edildiğinde sertleşen ve diğer malzemeleri birbirine bağlayabilen bir maddedir. Çimentonun inşaat sektörüne önemli bir katkısı bulunmakta olup, çimentonun en önemli kullanım alanları harç, yapı elemanları ve beton üretimidir.

Çimento üretiminde kalsiyum karbonat bakımından zengin olan kireç taşı, mermer veya kalker gibi doğal yollardan elde edilen ana bileşenler çimentoyu oluşturur. Doğru bir bileşim sağlamak için bunlar küçük bir miktarda demir cevheri, boksit, şist, kil ve kum ile karıştırılmaktadır. Bu bileşenler ezilmiş ve homojen bir karışım haline getirilir. Modern proseslerde, bu karışım su içeriğinin azaltılması ve malzemenin sıcaklığının yükseltilmesi için fırından gelen sıcak gazların kullanıldığı ön ısıtıcılardan geçirilir. Bir sonraki aşamada, malzeme ön kalsinasyon birimine (modern tesislerde) ve karışımın klinker içine eridiği 1,450 C'nin üzerinde bir sıcaklığın bulunduğu döner bir fırının içine doğru beslenmektedir. Fırından çıkan sıcak klinker fırın için yanma havasının önceden ısıtılmasının bulunduğu bir klinker soğutma ünitesi içinden geçirilir. Klinker çok işlem gören bir ara ürün olup, genellikle tesis içinde özel depolama alanlarında muhafaza edilmektedir. Çimento üretim prosesi ile ilgili akış diyagramı aşağıda verilmektedir.



Şekil 3 Çimento Üretim Prosesi Akış Blok Diyagramı

Çimento üretimi için klinker alçı, kömür, uçucu kül, kireç taşı, puzzolan veya yüksek fırın cürufu gibi diğer maddeler ile karıştırılır. Bu karışım daha sonra ya bilyalı değirmen ya da daha etkili rulo pres veya dikey değirmenler kullanılarak gri bir toz halinde öğütülür. Katkı maddelerine bağlı olarak, farklı özelliklere sahip çimento çeşitleri elde edilmektedir. Nihai ürün silolarda depolanmaktadır. Şekil 4, modern bir çimento tesisinin (ön kalsinasyon ile kuru proses kullanan çimento tesisi) üretim prosesini göstermektedir.



Şekil 4 Modern Kuru Proses Çimento Üretimi (Çimento Sektör Notu 2010) Silinecek

Klinker üretimi için yaş, yarı kuru veya kuru prosesler kullanılmaktadır. Yaş prosesler nispeten daha düşük elektrik enerjisi tüketimlerine rağmen (ürün ton başına > 100 kWh/ton), önemli ölçüde daha yüksek termal enerjiye ihtiyaç duymaktadır. Değişik proses tiplerinin termik enerji gereksinimleri Tablo 2’de verilmektedir. Günümüzde MET e uyum için kuru proses + ön ısıtıcı + ön kalsinasyon sistemlerine sahip atıktan türetilmiş yakıt kullanma kabiliyetine sahip fırınlar kullanılmaktadır.

Tablo 2 Değişik Fırın Proseslerinde Isı Tüketimi

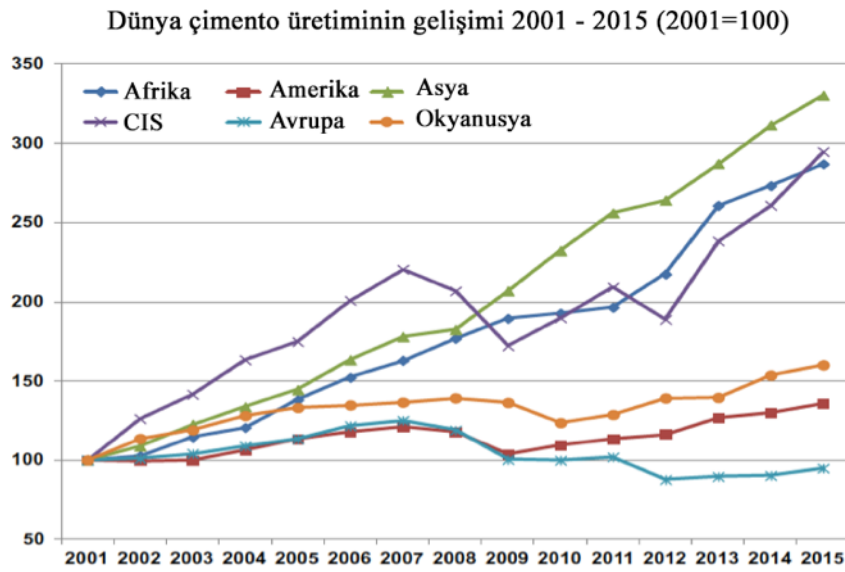
Özgül Termal enerji talebi (MJ/ton klinker)	Proses
3000 - <4000	Kuru proses, çok kademeli (üç ila altı kademeli) siklonlu ön ısıtıcılar ve ön kalsinasyon fırınları için
3100-4200	Kuru proses, siklon ön ısıtıcılı döner fırınlar için
3300 - 5400	Yarı-kuru/ yarı-yaş prosesler (Lepol fırın) için
5000’e kadar	Kuru proses uzun fırınları için
5000 – 6400	Yaş proses uzun fırınları için
3100-6500 ve üstü	Şaft fırınlar için ve özel çimentoların üretimi için

2.2 Çimento Sektörünün Küresel Görünümü

Çimento talebi ağırlıklı olarak inşaat sektörüne bağlı olup, ekonomik döngüleri yakından takip etmektedir. Konut, konut dışı binaların inşaatı ve inşaat mühendisliği işleri ana tüketici sektörleri oluşturmaktadır. Küresel ekonomiye paralel olarak ve özellikle gelişen inşaat sektöründe, küresel çimento üretimi 2015 yılında yaklaşık 4,6 milyar ton olmuştur. Üretimin yarısından fazlasını (% 51,3) Çin gerçekleştirmektedir.

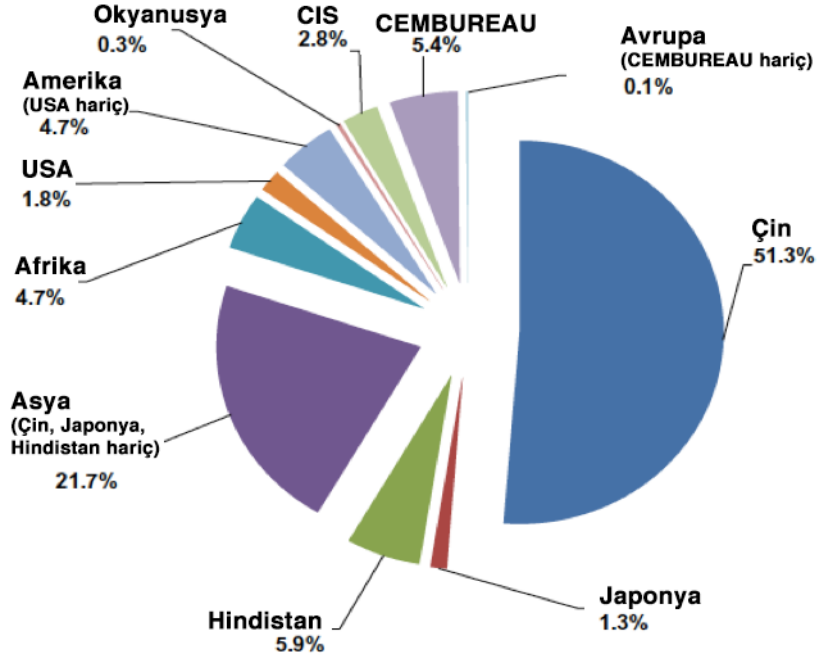
Dünya çimento üretimindeki son on beş yıllık büyüme Şekil 5 ve Tablo 3’de gösterilmektedir. Avrupa kıtası dışında üretimde büyümenin devam ettiği görülmektedir. Çin’i Hindistan (300 Mt), Avrupa Birliği (159 Mt), Amerika (82 Mt), Brezilya (72 Mt) ve Türkiye (71,2 Mt) takip etmektedir.⁵

Avrupa Birliği sıralama dışı olarak değerlendirildiğinde Türkiye’nin dünyanın 5. büyük çimento üreticisi olduğu görülmektedir (Tablo 3). Son yıllarda gerçekleştirdiği yatırımlar ile İran 70 Mt üretimi geçen ülkeler arasına yerleşmiştir. Çin’de 2013 yılında %10’lar üzerinde görülen büyümenin 2015 yılında %3,3’ler seviyesine gerilediği gözlenmektedir. Güney Amerika, Afrika ve Asya’da büyüme 2015 yılında devam etmiştir. Bu pazarlar sırasıyla Dünya üretiminin %4,7, %4,7 ve % 21,7 ünü sağlamaktadırlar. (Şekil 6)



Şekil 5 Dünya çimento üretiminin gelişimi 2001-2014 (Cembureau Activity Report 2014)

Dünya çimento üretimi 2015, bölgeler ve ülkeler, %, 4.6 milyar ton



Şekil 6 Dünya çimento üretimi bölgeler ve ülkeler, 2014 (Cembureau Activity Report 2014)

Bölgesel açıdan pazara bakıldığında, Çin ve Japonya'yı içinde barındıran Kuzey Asya, 2,7 Milyar ton ile 2015 yılında yapılan yıllık tüketimin % 73'lük kısmını gerçekleştirmiştir. Bu oran on yıl öncesine göre % 50 den daha fazla artmıştır. Hindistan'daki tüketim düzeyi küresel tüketimin % 6' sını veya yaklaşık 270 Milyon tonu teşkil etmektedir, bu değer da on yıl öncesine göre % 50 oranında daha fazladır. Küresel talebin payı da Orta Asya, Doğu Avrupa ve Orta Amerika'da son on yılda artış göstermiştir. 2015 yılında 172 Milyon ton tüketim yapan Batı Avrupa 2008 yılında dünyanın en büyük ikinci çimento tüketen bölgesi iken son on yılda bu konumunu kayıp etmiştir. Küresel tüketimdeki payı, on yıl önce yüzde 9 iken bu oran günümüzde % 5,4'e düşmüştür. Benzer şekilde, Kuzey Amerika pazarının küresel tüketim içinde ki payı da düşmüştür.

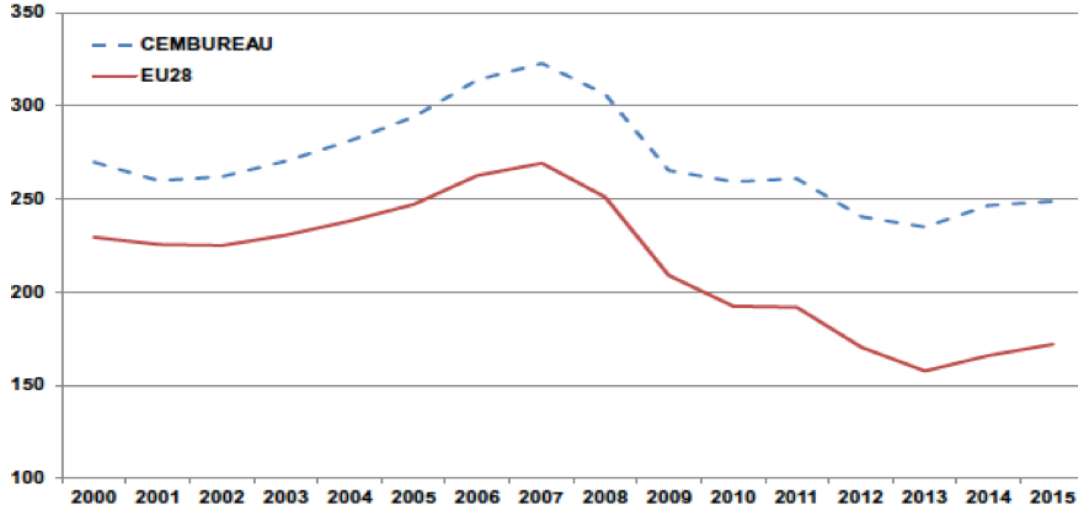
Tablo 3 G20 ülkeleri çimento üretimleri (Cembureau Activity Report 2015)

Ülke	2001	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Çin	661.0	1,236.8	1,361.2	1,388.4	1,644.0	1,881.9	2,063.2	2,137.0	2,359.0	2,438.0	2,350.0
Hindistan	102.9	159.0	170.5	185.0	205.0	220.0	270.0	239.0	272.0	280.0	270.0
Avrupa Birliği	225.6	262.3	269.1	250.8	209.0	192.1	191.6	170.5	157.5	165.0	172.0
ABD	88.9	98.2	96.5	86.3	63.9	65.2	68.6	74.0	77.2	83.2	83.4
Brezilya	39.4	41.4	45.9	51.6	51.7	59.1	63.0	68.0	71.9	72.0	73.0
Türkiye	30.0	47.4	49.3	51.4	54.0	62.7	63.4	63.9	72.7	71.2	72.8
Rusya Federasyonu	28.7	54.7	59.9	53.5	44.3	50.4	56.1	53.0	56.6	68.4	69.0
Japonya	79.5	73.2	71.4	67.6	50.6	56.6	56.4	59.3	61.7	62.0	59.5
Güney Kore	52.0	49.2	52.2	51.7	50.1	47.4	48.2	46.9	47.3	47.1	49.1
Suudi Arabistan	20.0	27.0	30.3	37.4	37.8	42.5	48.0	43.0	48.0	51.8	54.0
Endonezya	31.1	33.0	35.0	38.5	36.9	39.5	45.2	53.5	52.0	54.2	54.4
Meksika	33.2	37.9	38.8	37.1	36.1	34.5	35.4	36.8	37.0	39.4	40.0
Almanya	32.1	33.6	33.4	33.6	30.4	29.9	33.5	32.4	31.5	32.0	32.0
İtalya	39.8	47.8	47.4	43.0	36.3	34.4	33.1	26.2	23.1	21.4	20.8
Fransa	19.1	22.0	22.1	21.2	18.1	18.0	19.4	18.0	17.5	16.4	15.6
Kanada	12.1	14.3	15.1	13.7	11.0	12.4	12.0	12.5	12.1	12.8	12.5
Arjantin	5.5	8.9	9.6	9.7	9.4	10.4	11.6	10.7	11.9	11.4	12.2
Güney Afrika	8.4	13.1	13.7	13.4	11.8	10.9	11.2	13.8	14.9	13.8	14.0
Avustralya	6.8	9.2	9.2	9.4	9.2	8.3	8.6	8.8	8.6	9.0	9.1
İngiltere	11.9	12.1	12.6	10.5	7.8	7.9	8.5	7.9	8.5	9.3	9.6

p=ilk değerler e= tahmini değerler

Dünya klinker ve çimento ticareti 2014 yılında yaklaşık 250 Mt olarak gerçekleşmiş olup, bunun 70 Mt'luk kısmı klinker olarak gerçekleşmiştir. Bu da küresel üretimin yaklaşık % 5'lik kısmına denk gelmekte olup, önceki yıl ile karşılaştırıldığında düşüş göstermiştir. Türkiye 2014 yılında 13 Mt'a ulaşan ihracat hacmiyle küresel anlamda en büyük ikinci çimento ihraç eden ülkedir. Avrupa Birliğine üye ülkelerin çimento üretimlerindeki gelişme aşağıdaki Şekil 7'de verilmektedir.

CEMBUREAU ve EU28 Ülkeleri
Milyon Ton



Şekil 7 Avrupa Birliği ve Cembureau çimento üretimi gelişimi, 2001-2014

Küresel pazara birçok büyük şirket öncülüğünde sınırlı sayıda büyük oyuncular hakimdir: Lafarge & Holcim, HeidelbergCement, Cemex, ve Buzzi Unicem gibi.

Çimento sektörü lider sermaye-yoğun üretim sektörleri arasında bulunmakta olup, bu nedenle yüksek sabit maliyetlerle nitelendirilmiştir. Çimento tesislerine ilişkin yıllık ciro cinsinden ifade edilen ilk yatırım maliyetleri 3.0 faktörü ile verilmiştir. Bu, kağıt ve cam üretim tesisleri için, sırasıyla 2,7 ve 2,3 faktörü ile karşılaştırılmaktadır. Yıllık 1 Mt üretim gerçekleştiren bir tesis için, sermaye ihtiyacı için yaklaşık 150 - 200 Milyon Dolar gerekmektedir. Çimento sektöründe, değişken maliyetlerin yaklaşık yüzde 60-70'i enerjiyle tekabül etmekte olduğundan enerji verimliliği önlemleri üzerine daha fazla önem verilmektedir.

Çimento sektöründeki işgücü verimliliği teknoloji, boyut, ürün yelpazesi ve kapasite kullanımı gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Devam eden modernleşme çabaları sayesinde, Türkiye çimento sektöründeki işgücü verimliliği, son yirmi yılda üçe katlanmıştır.⁶

Tablo 4, Türkiye çimento tesis maliyetlerini ve çimento üretimindeki birim ve sabit maliyetlerin oranının tahmini

Tablo 4 Birim Maliyetlere neden olan Faktörlerin Yaklaşık (Tahmini) Oranları

Sabit Maliyetler	Toplam Birim Maliyet Yüzdesi	Sabit Maliyetler Yüzdesi
Amortisman ve finansman maliyetleri	%40	%70
Bakım	%8	%13
Personel, kira, oranlar	%8	%15
Yönetici ve genel masraflar	%1	%2
Ara toplam	%56	%100
Değişken fiyatlar	Birim Maliyet Yüzdesi	Değişken Maliyetler Yüzdesi
Yakıt (termal)	%16	%36
Elektrik	%15	%35
Hammadde	%11	%25
Ambalaj, refrakter, aşınmış parçalar, yağlar, telif ücretleri	%2	%4
Ara toplam	%44	%100

Çimento üretimi genel olarak düşük bir birim satış fiyatına sahiptir. Türkiye de inşaat sektöründeki çimento maliyetleri inşaat maliyetinin yaklaşık yüzde 3-4'ine tekabül etmektedir.

Çimento fiyatlarında görülen bir düşüş veya yükselişin özel şirketler için önemli sonuçlar doğurabilir olmasına karşın, talebi sert bir şekilde etkilememektedir. Bu nedenle çimento talebi oldukça esnek olarak görülebilir. Ayrıca, çimento fiyatları reel olarak azalmaktadır. Çimentonun düşük fiyat ağırlık oranına sahip bir emtia olmasından dolayı pazarlara olan fiziksel yakınlığı önem arz etmektedir. Uzun mesafe taşımacılığı rekabetçi olabilmek için genellikle deniz, su yolları ve demiryolları kullanımını gerektirmektedir.

2.3 Çimento Üretimiyle ilgili Çevresel Yönler

Çimento prosesi çevresel etkileri bakımından özellikle hava kirliliği ile öne çıkmaktadır. Hammaddenin çıkarılması, taşınması, depolanması, kırılması, öğütülmesi döner fırında klinker haline dönüştürülmesi, klinkerin katkı maddeleri ile tekrar öğütülmesi ve çimento olarak depolanması, paketlenmesi ve sevkiyatı hava kirliliği bakımından önem taşıyan proses adımlarıdır. Hava emisyonları esas olarak hammaddenin elleçlenmesinden ve pişirme işlemlerinde hammadde yapısındaki bazı bileşenlerden ve kullanılan yakıtların yakılmasından kaynaklanmaktadır. Gürültü emisyonları ve küçük miktarlardaki su ve katı atıklar ikincil çevresel etkilerin arasında yer almaktadır.

2.3.1 Hava Emisyonları

Toz, azot oksitler, kükürt oksitler ve karbondioksit havaya yayılan ana kirletici maddelerdir. Karbon monoksit, ağır metaller, hidrojen florür, hidrojen klorür, dioksinler ve furanlar da üretim esnasında yayılmaktadır. Yayılan maddelerin türleri ve miktarları kullanılan hammadde, yakıt ve üretim proseslerine bağlı olarak tesisler arasında farklılık göstermektedir.

2.3.1.1 Toz Emisyonları

Baca ve kapalı kanallarla taşınan tozlar(Yönlendirilmiş tozlar) ve yayılı toz emisyonları en önemli emisyon kaynaklarıdır. Yönlendirilmiş toz emisyonları ağırlıklı olarak hammadde hazırlama prosesi (hammadde değirmenleri), öğütme ve kurutma üniteleri, klinker pişirme prosesi (fırınlr ve klinker soğutucuları) ve yakıt hazırlama ve çimento öğütme biriminden (değirmenleri) ortaya çıkmaktadır. Buna ek olarak yaygın toz, hammadde ve ürün depolama alanlarından ve konveyör bantlardan yayılabilmektedir. Elektrostatik Toz ayırıcı ve tutucular, bez (torbalı) filtreler ve hibrid filtreler genellikle yönlendirilmiş toz emisyonlarını kontrol etmek için sektörde yaygın biçimde kullanılmaktadır. Yaygın toz emisyonlarını kontrol altına alınması ve azaltılması için depolama alanları ve konveyör bantlar ile ilgili alınması gereken önlemler MET bölüm 1.1 de verilmektedir.

2.3.1.2 Azot Oksitler

Azot oksitler yüksek sıcaklıktaki klinker pişirme prosesinde oluşmakta olup, çimento üretimiyle bağlantısı olan önemli çevresel etkilerden biridir. Özellikle döner fırında 1500 oC seviyelerinde sıcaklıkların uygulanıyor olması NOx emisyonlarını artırmaktadır. Çimento sektöründe azot oksit (NOx) emisyonlarının asıl kısmı yanma havasındaki azotun yüksek sıcaklıklarda oksijen ile reaksiyona girdiği ve termal NOx olarak adlandırılan bir mekanizma yoluyla oluşturulmaktadır. NOx 'un geri kalan kısmı kimyasal olarak yakıt bünyesinde yer alan bağlı azotun oksijen ile reaksiyona girdiğinde oluşmaktadır ve buna yakıt NOx'i adı verilmektedir.

2.3.1.3 Kükürt Oksitler

Yakıt veya hammaddenin kükürt içeriği oksijenle birleşerek kükürt oksitler (SOx) oluşabilir. SOx 'un çoğu kuru proseslerdeki kalsinasyon prosesi sırasında kalsiyum karbonata bağlı olduğundan, bu durum yaş proseslerde bir sorundan fazlasını teşkil etmektedir. Aynı zamanda yakıt olarak atık veya atıktan türetilmiş yakıt yakan tesisleri için de bir sorun oluşturabilir.

2.3.1.4 Karbondioksit

Çimento sektörü, iklim değişikliğine ciddi bir katkısı olduğu bilinen ve önemli politik ve düzenleyici baskılara tabi olan güçlü bir sera gazı olan karbondioksit (CO₂) yayılımının en önemli kaynakları arasında yer almaktadır. CO₂ emisyonları hammaddelerin dönüştürülmesi ($\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$ reaksiyonuna bağlı olarak yaklaşık yüzde 60), fosil yakıtların üretimde yakılması (yaklaşık yüzde 35) ve elektrik kullanımı (yaklaşık yüzde 5) sırasında ortaya çıkmaktadır.

2.3.1.5 Diğer Emisyonlar

Uçucu organik bileşikler (UOB), poliklorlu dibenzo-p-dioksin ve dibenzo furan (PCDDs ve PCDFs) ile karbon monoksit (CO), ağır metaller(özellikle civa metali), hidrojen klorür (HCl), hidrojen florür (HF) ve toplam organik bileşikler (TOB) dahil olmak üzere diğer gaz halindeki maddelerin emisyonları sektör ile bağlantılı çevresel kaygılar arasında yer almaktadır. Bu emisyonların bazıları özellikle atık malzeme ve ek yakıt kullanan tesisler için önem arz edebilmektedir.

2.3.2 Enerji Kullanımı

Çimento üretimi, termal ve elektrik enerjisini büyük miktarda tüketen ve enerji yoğunluğu yüksek bir prosestir. Ham madde kimyasal ve fiziksel yapısına ve kullanılan proses teknolojilerine bağlı olarak, 2900 MJ ila 6,500 MJ arasında termik enerji 1 ton klinker üretimi için kullanılabilir. MET sonuçlarında önerilen kuru tip proseslerde termik enerji kullanımı için en iyi referans değeri olarak 2900 – 3300 MJ ton klinker verilmektedir. Çeşitli geleneksel fosil yakıtlar ve uygun atık maddeler genel olarak gerekli olan termik enerjiyi sağlamak için kullanılmaktadır.

Buna ek olarak, 1 ton çimentonun üretilmesi için yoğunlukla hammadde ve ürün değirmenleri, egzoz fanları ve konveyör bantları olmak üzere 80 kWh ila 130 kWh arası elektrik enerjisi kullanılmaktadır.⁷

2.4 Sektördeki Çevresel Talepler

Sektördeki Çevresel Talepler, yüksek CO₂ emisyonları nedeniyle, sektör üzerinde oluşan baskı iklim değişikliğinin etkilerinin azaltılması üzerinde tartışmaların bir parçası olarak son yıllarda küresel anlamda arttığı gibi Türkiye de artmıştır. Söz konusu baskının karbon ayak izi ve karbon emisyon beyanında şeffaflık üzerindeki artan ilgiyle orantılı bir şekilde artış göstermesi muhtemeldir.

Atık maddelerin ve özellikle tehlikeli ve özel atıkların fosil yakıtlar yerine kullanımı özellikle Avrupa başta olmak üzere sektör üzerindeki çevresel taleplerin artış göstermesine neden olan bir başka faktördür. Türkiye Çimento Sanayinde alternatif yakıt kaynaklarının kullanımı son yıllarda sürekli artmaktadır(% 4, 2015) bu nedenle atık kullanan tesisler için emisyon limitleri sürekli azalmakta olup EED uygulanması gereksinimlerine yaklaşmaktadır.

Sektörün atıkların yönetiminden kullanılan malzemelere ilişkin çevresel ürün beyanlarının benimsenmesine kadar artan çevresel taleplere tabi olan yapı malzemeleri zinciriyle önemli bir bağlantısı bulunmaktadır. Ancak bugüne kadar, çimento ürünleri ile ilgili genişletilmiş üretici sorumluluğu veya çevresel ürün beyanlarına ilişkin bilinen bir şart veya koşul bulunmamaktadır.

Çimento sektörü ile Hazır Beton Sektörü entegrasyonu² sürekli artmaktadır. 2015 verilerine göre iç pazarda tüketilen çimentonun hazır betonda kullanılma oranının %60-70 yükselmiştir. Son yirmi yılda sağlanan bu gelişme çimentoda kalite beklentilerini arttırmıştır. Bu nedenden dolayı CEM I** tip çimentonun kullanım oranı %50 nin üzerindedir ve sektörün çimentoda klinker kullanılma oranını % 84 seviyesinde tutmaktadır.

Çimento sektörü daha kaliteli ürün üretme, daha fazla alternatif kaynak kullanma (yakıt ve hammadde) ve daha rekabet edebilir fiyatlarla çimento satmak gibi talepler ile karşı karşıyadır. Diğer bir deyimle çimento sektörü ‘**Çevre, Kalite ve Pazar**’ ile ilgili zorlaşan koşullara uyum göstermekte ve artan maliyetlere katlanarak rekabet gücünü korumaya çalışmaktadır.

² Penetrasyon oranı

** Katkısız Çimento

3. TÜRKİYE ÇİMENTO SEKTÖRÜ

3.1 Türkiye Çimento Sektörü

Bu bölümde Türk Çimento Sektörünün projeden elde edilen bilgilerden üretilmiş genel büyüklükleri hakkında bilgilere yer verilmiştir. Türkiye'deki ilk çimento fabrikası yıllık 20.000 ton kapasite ile 1911 yılında Darıca'da kuruldu. 2015'dan itibaren yılda 76 milyon ton den fazla klinker ve 120 milyon tondan fazla çimento kurulu kapasitesi ile Türkiye'de 54 entegre klinker ve çimento fabrikası ve 17 öğütme ve paketleme tesisi bulunmaktadır. Türkiye'deki entegre tesislerin coğrafi dağılımı Şekil 8'de gösterilmektedir. 2015 senesinde sektör, ülkenin gayri safi yurtiçi hasılasının (GSYH) yüzde 1'ini oluşturdu ve 15.000 kişiye doğrudan istihdam sağladı. Çimento endüstrisini destekleyen diğer sektörler de dâhil edildiğinde bu rakam 25.000 çıkmaktadır. 2010'den beri Türkiye çimento endüstrisi üretim ve ihracat hacimleri bakımından Avrupa'daki lider ülke konumundadır. Türkiye çimento endüstrisi küresel sıralamadaki ilk on üretici ve ilk üç ihracatçı arasında yer bulmaktadır. Tesislerdeki yabancı mülkiyeti % 30 civarındadır.



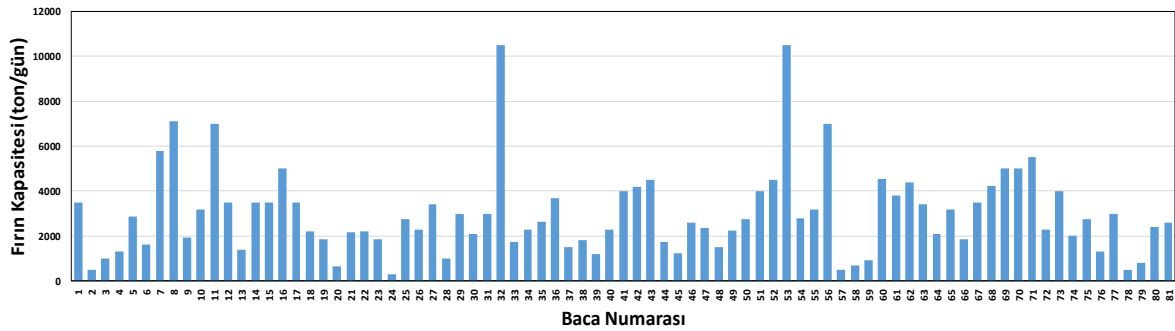
Şekil 8 Entegre Çimento Fabrikaları ve Öğütme Tesislerinin Coğrafi Dağılımı (TCMB 2015)

Son yirmi yılda yapılan yeni yatırımlar, klinker kurulu kapasitesini 76,5 Milyon ton'a, Çimento Öğütme kapasitesini de 126 Milyon tona yükseltmiştir. Kurulu klinker ve çimento kapasitelerinin bölgelere göre dağılımı Tablo 5 de verilmektedir.

Tablo 5 Kurulu kapasitenin bölgelere göre dağılımı , 2015 (TÇMB İstatistikleri 2015)

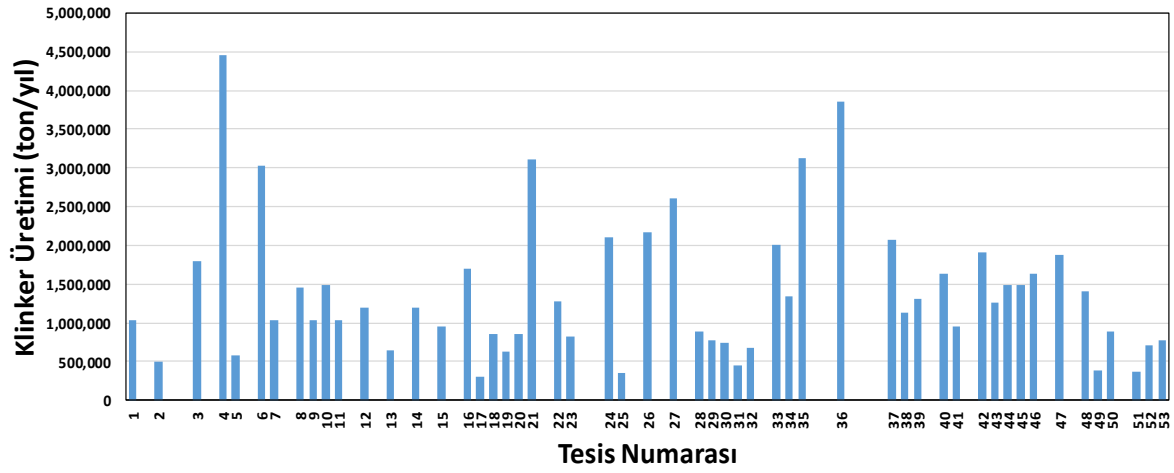
Bölge	Klinker Kapasitesi (ton)	Çimento Kapasitesi (ton)
Marmara	19.984.620	29.374.453
Ege	5.836.050	9.992.453
Akdeniz	20.813.600	33.320.892
Karadeniz	7.659.300	15.084.892
İç Anadolu	10.986.690	17.713.838
Doğu Anadolu	5.062.530	10.033.914
G. Doğu Anadolu	6.219.050	10.620.727
TOPLAM	76,461.840	126.141.205

EED Uyum projesi kapsamında elde edilen bilgilerin yapılan değerlendirmelerine göre fırın başına en yüksek klinker kapasitesi 10.500 ton / gün olup ortalama fırın klinker kapasitesinin 3000 ton / gün klinkere ulaştığı belirlenmiştir. Şekil 9’da Türkiye Çimento Sektöründe 2015 - 2016 yılında üretim yapan fırınların klinker kapasitesi verilmektedir.



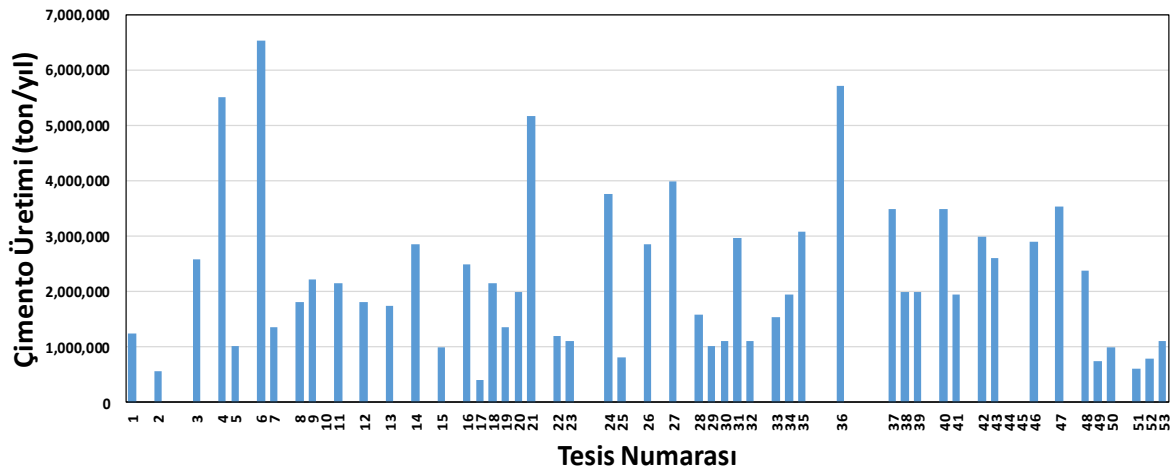
Şekil 9 Çimento Sektöründe Fırın Klinker Kapasite Dağılımı

Şekil 10, Türkiye Çimento Sektörü tesis başına yıllık klinker üretim kapasitesi dağılımını göstermektedir. Tesis başına en yüksek klinker üretim kapasitesinin yıllık 4.500.000 tona ve ortalamanın da 1.200.000 tona ulaştığı bulunmuştur.



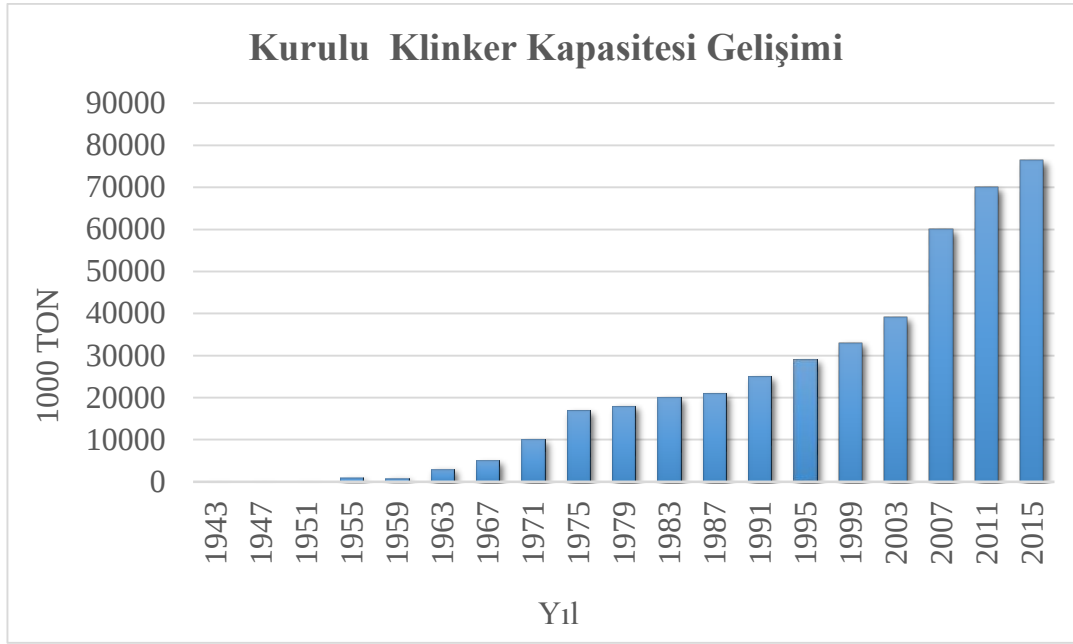
Şekil 10 Çimento Sektörü Tesis Yıllık Klinker Üretim Dağılımı

Türkiye Çimento Sektöründe tesislerin çimento üretim kapasiteleri dağılımı Şekil 11’de verilmektedir. Ortalama çimento öğütme kapasitesi 2.200.000 tona yaklaşmıştır. Tesis başına ulaşılan en yüksek çimento öğütme kapasitesinin 6.500.000 ton olduğu görülmektedir.

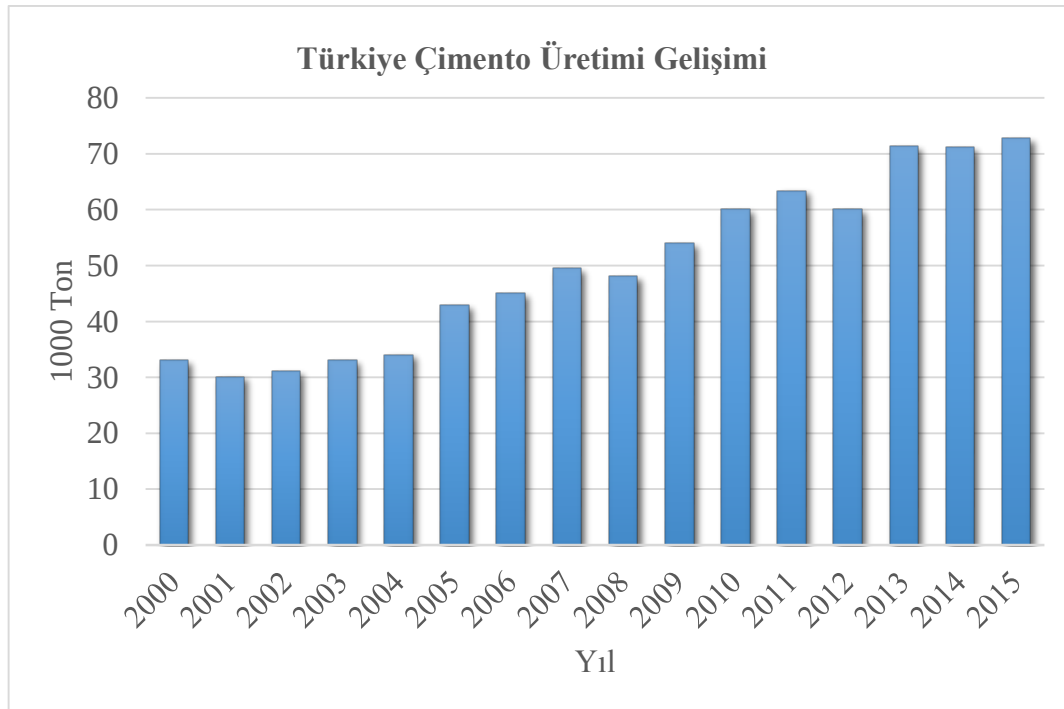


Şekil 11 Türkiye Çimento Sanayinde Çimento Öğütme Kapasitesi Dağılımı

TCMB Raporlarına göre 2015 yılında klinker üretimi ise %1,86 artarak 62,513 Milyon ton olmuştur (Şekil 12). Çimento üretimi bir önceki yıla göre yaklaşık %2 artarak 71,239 Milyon tona ulaşmıştır (Şekil 13).



Şekil 12 Türkiye Çimento Sanayi Klinker Üretimi (TCMB İstatistikler 2015)



Şekil 13 2000-2014 yılları arasında Türkiye çimento üretiminin gelişimi

(TCMB Klinker ve Çimento İstatistik Verileri 2015)

İhraç pazarlarına odaklanan büyük firmaların dış satışlarının son yıllarda azalmasına rağmen iç pazardaki talep artışı sektördeki üretim kapasitesinin büyümesinin devam etmesini sağlamıştır. Bir tarafta klinker kapasite kullanım oranlarının % 85 üzerinde kalması ve kısmen korunan çimento fiyatlarının etkisi ile sektörde yatırımların devam ettiği görülmektedir. Gelecek 3-5 yıl içinde ilave 12-15 Milyon ton klinker kapasitesinin devreye alınması beklenmektedir. Diğer taraftan ulusal kalkınma projeleri, alt yapı projeleri, kentsel dönüşüm ve beton yollar gibi yatırımların oluşturacağı çimento talebi ile 2020 senesine kadar ilave

klinker kapasitesinin 100 Milyon ton'a ulaşması beklenmektedir.

Türkiye çimento ve klinker ithalatı yapan bir ülke değildir. Son on yılda hemen hemen hiç çimento ithalatı gerçekleşmemiştir. Klinker ithalatı 2015⁸ yılında 20.000 ton olarak gerçekleşmiş olup toplam üretim ve iç tüketim rakamları dikkatte alındığında söz konusu ithalatın ihmal edilebilecek seviyede olduğunu söyleyebiliriz.

Türkiye çimento endüstrisi 2005 senesinde başlayan ivmelenme ile beraber üretim kapasitesini istikrarlı bir şekilde arttırdı. 2015 yılı sonu itibarı ile kurulu klinker ve çimento kapasitelerinin bölgelere göre dağılımı Tablo 6'da verilmektedir.

Tablo 6 Türkiye çimento satışlarının bölgelere göre değişimi ve kapasite kullanımı

(TCMB İstatistikler 2015)

Bölgeler	Klinker üretim Kapasitesi	Çimento Üretim Kapasitesi	Klinker Üretimi	Çimento Üretimi	Klinker kapasite Kullanımı	Çimento Kapasite Kullanımı	İç Satış	Dış Satış	Dökme	Torbalı
	t/yıl	t/yıl	1000t	1000t	%	%	Kt	Kt	%	%
MARMARA	19.984.620	29.374.453	16.725	17.747	92,56	64,83	16.529	1.339	85,58	14,42
EGE	5.836.050	9.992.453	4.753	5.846	81,44	58,51	4.991	716	84,47	15,53
AKDENİZ	20.813.600	33.320.892	15.238	16.753	79,73	53,49	11.961	4.558	75,13	27,61
KARADENİZ	7.659.300	15.084.892	7.068	8.658	92,29	57,40	8.429	222,1	79,93	24,87
İÇ ANADOLU	10.986.690	17.713.838	9.435	11.359	85,88	64,13	11.302	0	81,05	18,95
DOĞU ANADOLU	5.062.530	10.033.914	3.738	4.879	73,85	48,63	4.838	0,028	74,91	25,09
GÜNEY DOĞU ANADOLU	6.219.050	10.620.727	5.011	6.173	80,58	58,13	5.643	0,533	68,56	31,44
TOPLAM	76.462.840	126.141.205	61.971	71.419	84,95	58,47	63.696	7.398	80,48	19,52

CEM I tip çimento %59'a yaklaşan kullanım oranı ile iç pazarda en yüksek oranda kullanılan çimentodur (Tablo 7). 33.7 milyon tona ulaşan iç tüketimi ile CEM I çimento ağırlıklı olarak (%90 mertebelerinde) 42,5 dayanımdadır. CEM I tip çimentoları 21,2 milyon tona ulaşan tüketim ile CEM II tip çimentolar takip etmiştir. CEM IV tip çimentoların kullanımı 6,1 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Cüruf katkılı CEM III ve CEM V tipi çimentoların toplam kullanımı ise 2 milyon tona ulaşmıştır.⁹

Tablo 7 Çimento tipleri-iç ve dış satışlar 2015 (TCMB İstatistikler Çimento Tipleri Dağılımı 2015)

Çimento Tipi	İç Satışlar (ton)	İhracat (ton)
CEM I	33.714.000	3.216.029
CEM II	21.265.479	4.177.054
CEM III	926.061	98.000
CEM IV	6.077.250	11.800
CEM V	1.066.000	43.759
Diğer	127.273	-

CEM II tip çimento 42,5 dayanım sınıfında 4,17 milyon ton ile en yüksek oranda ihraç edilen çimento olmuştur. CEM I tip çimentonun toplam ihracatı bir önceki yıla göre gerileyerek 3,2 milyon tona düşmüştür. 2015 yılında çimento toplam ihracatı bir önceki yıla göre % 21 düşerek 7,65 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.¹⁰

Türkiye dünyanın en önemli beyaz çimento üreticilerinden biridir. İki fabrikada yaklaşık 1,45 milyon ton beyaz çimento üretilmektedir. Her iki fabrika beyaz çimento üretiminde MET (Mevcut En İyi Teknolojileri) kullanmaktadır.

Hazır Beton Sektörü çimentonun en büyük kullanıcısıdır ve dikey entegrasyon her yıl artarak devam etmektedir. 2015 yılında iç pazarda tüketilen çimentonun % 51'i hazır beton üretiminde kullanılmıştır. Bayilik sistemi çimento sektörünün ikinci büyük alıcısı durumundadır. Bu kanal ile tüketilen çimento toplam üretimin %36'sı seviyesindedir. Prefabrik yapı sektörünün kullanımı toplam üretimin %4'üne yakındır. Türkiye pazarında satılan çimentonun yaklaşık %20'si torbalı % 80'i dökme çimentodur. Bu oranlar gelişmekte olan ülkelerin durumu ile tamamen farklı bir pazarı tanımlamaktadır.¹¹

Çimento ihracatı 2015 yılında bir önceki yıla göre %21 düşerek 7,56 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. İhracatın %50'den fazlası Akdeniz Bölgesi'nden, %20'si Marmara, %14'ü Güney Doğu Anadolu Bölgesi'nden gerçekleştirilmiştir. Çimento 86 ülkeye ihraç edilmiştir. Ağırlıklı olarak Libya (2,89 milyon ton), Irak (1,62milyon ton), Rusya (1,08 milyon ton), İsraill (631.256 ton) ve Suriye (566.140 ton) gibi ülkelere ihracat yapılmıştır.

Klinker ihracatı 2014 yılında bir önceki yıla göre %31 artarak 2,85 milyon ton'a yükselmiştir. İhracat 27 ülkeye gerçekleştirilmiş olup en yüksek ihracat İsraill (207.363 ton), Brezilya (199.110 ton), Togo (173.200 ton), Ghana (170.145 ton) ve Romanya (167.250 ton) gibi ülkelere yapılmıştır.¹²

2015 Yılında Türkiye Çimento Pazarı bir önceki yıla göre %1,57 büyüyerek 63,2 milyon tona ulaşmıştır. En yüksek iç satış 16,6 milyon ton ile Marmara pazarında en düşük 4,85 milyon ton ile Ege pazarında gerçekleşmiştir.¹³

Türkiye çimento ve klinker ithalatı yapan bir ülke değildir. Son on yılda hemen hemen hiç çimento ithalatı gerçekleşmemiştir. Klinker ithalatı 2015 yılında 20.000 ton olarak gerçekleşmiş olup toplam üretim ve iç tüketim rakamları dikkatte alındığında söz konusu ithalatın ihmal edilebilecek seviyede olduğunu söyleyebiliriz.¹⁴

Türkiye çimento endüstrisinde ihraç pazarlarına odaklanan büyük firmaların dış satışlarının son yıllarda azalmasına rağmen iç pazardaki talep artışı sektördeki üretim kapasitesinin

büyümesinin devam etmesini sağlamıştır. Bir tarafta klinker kapasite kullanım oranlarının % 85'in üzerinde kalması ve kısmen korunan çimento fiyatlarının etkisi ile sektörde yatırımların devam ettiği görülmektedir.

Tablo 8'de Türk çimento tesislerinin ortalama maliyet yapısı gösterilmektedir. Enerji maliyetleri Avrupa'daki tesislerde yüzde 40 oranında iken, ülkemizde yüzde 60'ı oluşturmaktadır. Kullanılan ana fosil yakıtlar kömür, petrol koku ve atık yağlardır. . 1974'ten sonra enerji tasarrufu amacıyla başlatılan yatırımlar özellikle 1980'li yıllardan sonra başlatılan kapasite artırımı periyodunda yaş ve yarı yaş üretim sistemlerinin tamamı kuru üretim sistemlerine dönüştürülmüştür. Ek olarak, entegre tesislerin yaklaşık yüzde 50'sinden fazlası ya 2000 senesinden sonra kuruldu ya da yenilenmiştir. Dolayısı ile bu tesisler modern teknik altyapıya sahip ve enerji verimliliği yüksektir.

Tablo 8 Türkiye Çimento Endüstrisinde Maliyet Yapısı (Sanayi ve Ticaret Bakanlığı)

Endüstriyel Maliyet Öğeleri	Ortalama Maliyet (%)
Ham madde ve yardımcı malzemeler	9,6
Elektrik	21,1
Yakıt	38
İşgücü	9,4
Amortisman	7
Diğer sabit giderler	13,1
Diğer giderler	1,8
Toplam:	100

3.2 Türkiye Çimento Sektörü Çevre Profili ve Temel Performans Kriterleri

Türkiye'de çimento sektörü, güncel çevresel düzenlemeler ile iyi bir uyum gösteren ve gelecekteki çevresel taleplere yanıt verme yönünde kendini hazırlayan öncü sektör olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle EED (EÇİ) uygulanması için otomotiv sektörü ile birlikte pilot sektör olarak kabul edilerek proje çalışması başlatılmıştır. Ayrıca Türkiye çimento sektörü sektörel bazda ilk sürdürülebilirlik raporunu 2015 yılında yayınlayarak diğer sektörlerle örnek olmuştur.

Türkiye çimento sektörü, 1993 senesinde Birinci Çevre Bildirisine imza atan ilk sektör ve 2004 senesinde ikinci sektör konumundadır. Bu kapsamdaki taahhütlerini tamamen yerine getirmektedir.

İkinci Çimento Sektörü Çevre Bildirisi'nin 14. Maddesi, çimento sektörü için Mevcut En İyi Teknikleri (MET) hayata geçirirken Çevre ve Şehircilik Bakanlığı ile beraber çalışma taahhüdünde bulunmuştur.

Türkiye çimento sektörünün güncel temel performans kriterlerinin analizi ve MET İES göre (BAT BREF / AEL) değerlendirilmesi yapılan çalışmanın önemli sonuçlarından biridir. Ulaşılan sonuçlar sektörün EED maliyetlerinin hesaplanmasında kullanılmıştır.

3.2.1 Toz Emisyonları

2015 senesinde sektördeki 54 tesisin 50 si Emisyon İzinlerini elde ederek ve yürürlükteki yasal emisyon düzenlemeleri ile tamamen uyum içerisinde olduklarını göstermişlerdir. Bu, sektördeki tesislerin Tablo 9’da listelenen emisyon sınır değerlerini karşıladığını göstermektedir.

Tablo 9 Türkiye Çimento Endüstrisi için Yürürlükteki Hava Kirleticileri Emisyon Sınır Değerleri

Kirletici	Emisyon Sınır Değerleri		
Toz (mg/Nm3)	120 1993’ten önce kurulan elektrostatik çöktürücüler için	75 1993’ten önce kurulan bez filtreler için	50 1993’ten sonra kurulan veya yenilenen tesisler için
NOx (mg/Nm3- NO2olarak)	1,300 Temmuz 2009’dan önce kurulan tesisler için	800 Temmuz 2009’dan sonra kurulan tesisler için	
SO2 (mg/Nm3)	300		

Türkiye çimento sektöründe kurulu 53 tesiste* 81 fırın vardır.

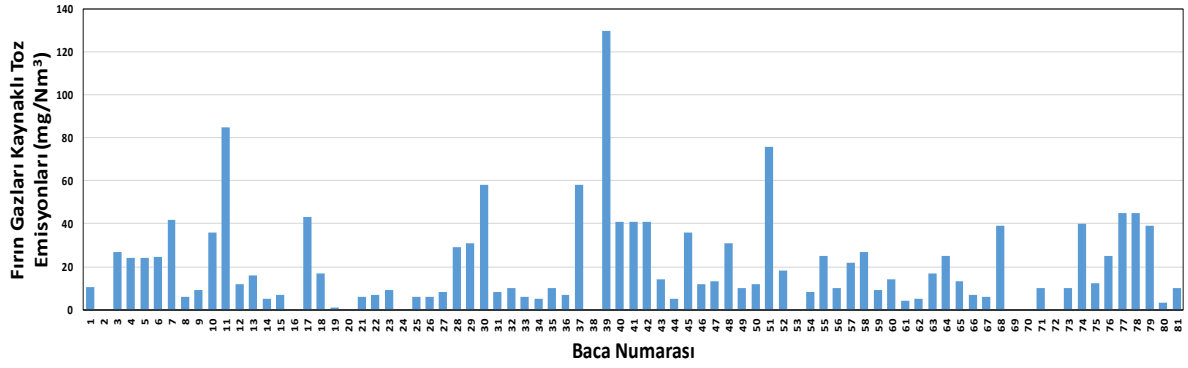
Söz konusu fırınlardan ikisinden veri alınamadığından değerlendirmeye alınmamıştır (Elazığ SCYS, Adana SÖNMEZ). Bunun yanında devreye alma çalışmaları devam eden (Mersin MEDCEM, Aşkale KAVAK) iki tesisten tüm teknik veriler alınamamıştır.

Diğer yandan 2015 /2016 yılında üretim yapılmayan 4 tesis (Elazığ I, Afyon I, Batı Söke I, Vicat Baştaş I) bu değerlendirmede yer almamıştır. Ayrıca devre dışı olan Aşkale Van 1 no’lu fırın proje kapsamından çıkarılmıştır.

Kurulu klinker kapasitesinin % 90’nını (68,5 Milyon Ton) temsil eden 74 fırın ilgili yapılan değerlendirmede toplam kurulu kapasitenin yaklaşık %30 nu (25-27 Milyon ton) temsil eden 28 fırının yanma gazları kaynaklı toz emisyonları açısından MET gereksinimlerini karşılayamadığı, toplam kurulu kapasitenin yaklaşık % 70’ni (yaklaşık 50 Milyon ton) temsil eden 46 tesisin ise MET İES üst sınır değeri altında emisyonu sahip olduğu yani EED uyumlu olduğu görülmektedir.

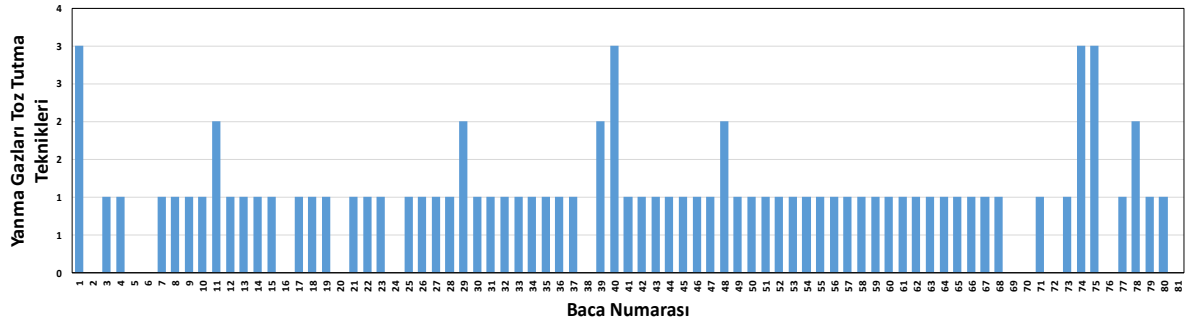
Sektörün fırın yanma gazları kaynaklı toz emisyon seviyeleri Şekil 13’de toz emisyon seviyeleri verilen fırınların sahip olduğu toz tutma teknikleri Şekil 14’de gösterilmektedir.

* Aşkale Trabzon yıkımına başlandığından proje kapsamından çıkarılmıştır.



Şekil 14 Fırın yanma Gazları Kaynaklı Toz Emisyonları

Türkiye Çimento sanayinde kurulu olan 84 fırının dördünde elektro filtre, dördünde hibrit filtre ve 76'sında torbalı filtre kullanılmaktadır. Sektörde kullanılan toz tutma teknikleri MET uyumludur (Şekil 15).



Şekil 15 Fırın Gazları Toz Tutma Teknikleri (1-Torbalı filtre, 2-Elektro filtre, 3-Hibrit filtre)

Tesisler tarafından belirtilen güncel emisyon sınır değerleri ile MET kullanılmasıyla elde edilebilir düzenleyici sınır ve değerler MET İES (BAT AEL/ BREF) arasında önemli farklar mevcuttur (toz için $<10 \text{ mg/Nm}^3$ - 20 mg/Nm^3 ve NO_x için 200 mg/Nm^3 - 450 mg/Nm^3). Sonuç olarak, yalnızca tesislerin güncel emisyon limitleri ile uyum içerisinde olduklarını bilmek EED için gerekli performans hedefleri ile aralarındaki mesafeyi değerlendirmek için yeterli bilgi sağlamamaktadır. SEÖS verilerinin kullanılması ile EED uyumu için sektörde daha gerçekçi değerlendirme yapma imkanına ulaşılmıştır.

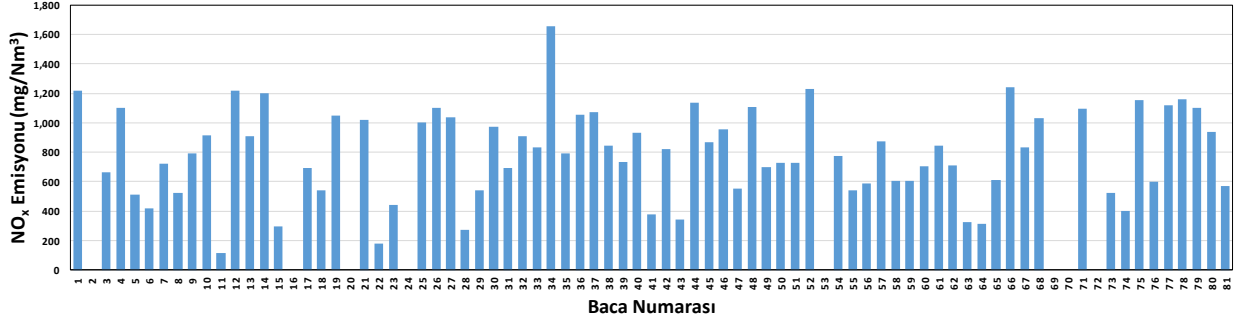
3.2.2 Gaz Emisyonları

3.2.1.1 NO_x Emisyonları

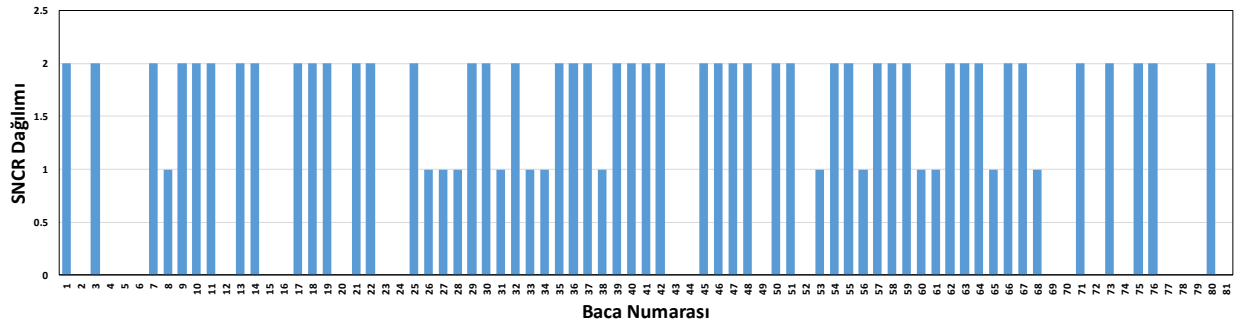
Türkiye Çimento Sanayinde kurulu ve 2015/2016 yılında işletmede olan 54 tesis ile ilgili NO_x emisyonları Şekil 16'da verilmektedir. Tesislerden paylaşılan veriler ile birlikte SEÖS ve emisyon raporlarından sağlanan verilere göre yapılan değerlendirmede tüm fırınların güncel emisyon sınır değerinin altında olduğu $> 1300 \text{ mg / Nm}^3$ görülmektedir.

MET İES uyumu için ($<450 \text{ mg/Nm}^3$) birincil teknikler yanında SNCR yatırımı gerekmektedir. 74 Fırından sadece 5 fırının NO_x emisyonu MET İES uyumludur $> 450 \text{ mg / Nm}^3$.

Şekil 17, çimento sanayinde SNCR kullanan tesisleri göstermektedir. Sektörde 12 tesiste SNCR bulunmaktadır. Diğer fırınlarda NOx emisyonları MET İES uyumlu olanlar dahil SNCR ve NH3 akış kontrol sistemleri yatırımı ön görülmüştür.



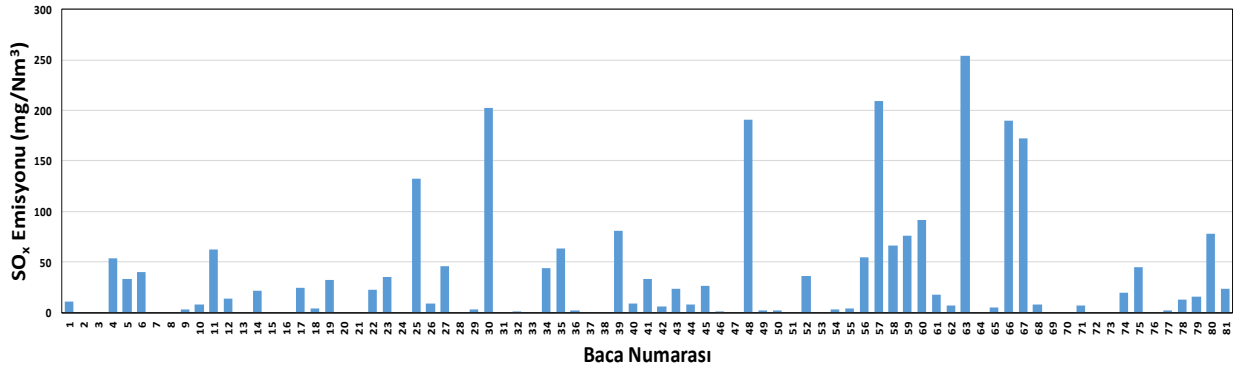
Şekil 16 Türkiye Çimento Sanayinde NOx Emisyon Dağılımı



Şekil 17 Çimento Sanayinde SNCR Tekniği Kullanımı: (1-SNCR yok, 2-SNCR var)

3.2.1.2 SOx Emisyonları

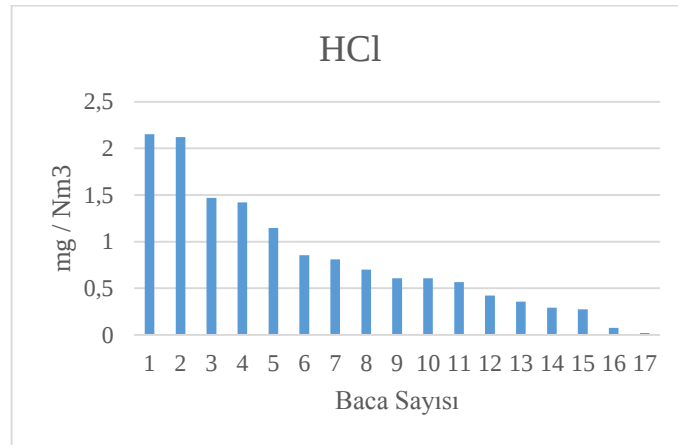
Türkiye Çimento sanayinde SOx emisyonları dağılımı Şekil 18’de verilmektedir. SEÖS verilerinden de yararlanarak yapılan değerlendirmede; tüm tesislerin MET İES uyumlu olduğu ve SOx emisyonlarını azaltma veya önleme ile ilgili sektörün yatırım ihtiyacı olmadığı tespiti yapılmıştır (<300 mg/Nm³). SEÖS den sağlanan verilere göre sektörün ortalama SOx emisyonu 37,7 mg /Nm³ seviyesindedir.



Şekil 18 Çimento Sanayinde SOx Emisyon Dağılımı

3.2.1.3 HCl Emisyonları

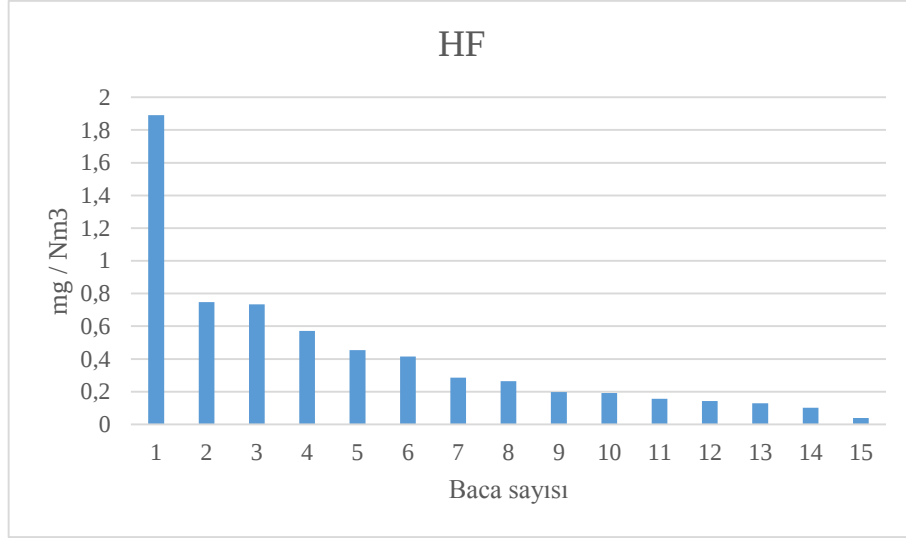
SEÖS verilerinin değerlendirildiği 18 bacanın sonuçlarına göre HCL emisyonları MET İES uyumlu olduğu görülmüştür(< 10 mg / Nm³).



Şekil 19 Çimento Sanayinde HCL Emisyon Dağılımı (EÇİ Projesi 2016)

3.2.1.4 HF Emisyonları

SEÖS verilerinin sağlandığı 18 bacanın HF emisyon seviyesi bir fırın hariç MET İES uyumlu olduğu görülmüştür. (Şekil 20) (< 1 mg / Nm³)

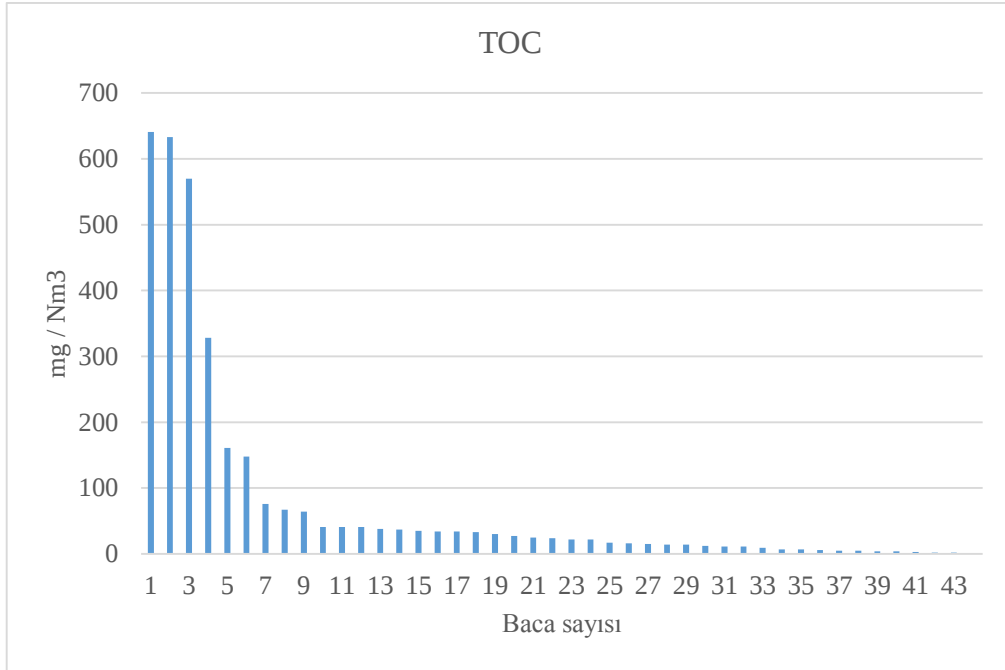


Şekil 20 Çimento Sanayinde HF Emisyon Dağılımı (EÇİ Projesi 2016)

3.2.1.5 Toplam Organik Karbon (TOC)

SEÖS verilerinin değerlendirdiği 41 fırın bacasının sonuçlarına göre; grafikteki ilk beş fırında yüksek oranda uçucu organik karbon (UOK) içeren ham maddelerin fırın sistemine öğütülmüş ham madde besleme yolu ile (farin) veya atık yakıt ile girişinin olduğu görülmektedir.

TOC için MET İES değeri yoktur. Bu nedenle MET uyumu ile ilgili yorum yapılamamaktadır (Şekil 21).



Şekil 21 Çimento Sanayinde TOC Emisyon Dağılımı (EÇİ Projesi 2016)

3.2.2 Enerji Verimliliği

3.2.2.1 Termik Enerji

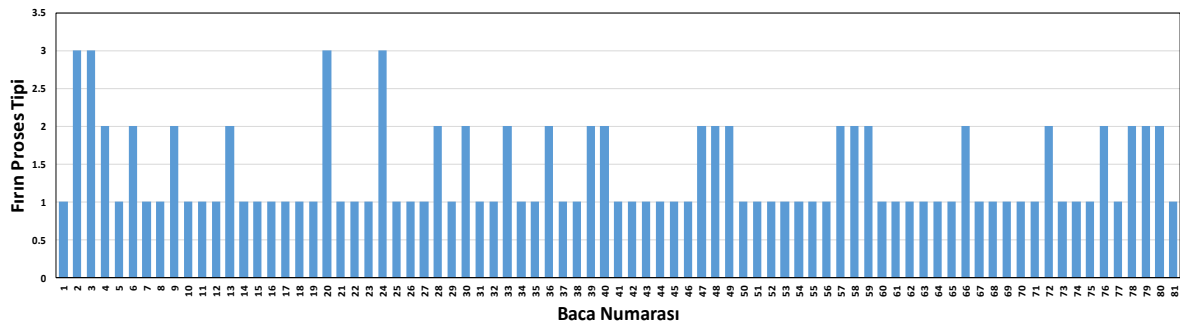
Türkiye Çimento Sanayinde kurulu ve üretim yapmakta olan fırınların enerji verimliliği seviyeleri ile ilgili bilgiler önemli ölçekte (>%80) tedarikçiler, TÇMB ve tesislerden derlenen verilerden sağlanmıştır.

Tablo 10 2015 Fırın Proses Tipleri ve Coğrafi Dağılımları (EÇİ Projesi 2016)

2015	Pre. Kuru	Kuru	Yarı-Yaş	Yaş
MARMARA	15	2	0	0
EGE	5	4	1	0
AKDENİZ	11	5	0	0
KARADENİZ	5	3	0	0
İÇ ANADOLU	9	4	2	0
DOĞU ANADOLU	5	4	1	0
G.D. ANADOLU	2	3	0	0
TOPLAM	52	25	4	0

Toplanan veriler; 2017 yılından sonra tesislerin tamamında MET'e uyumlu (mevcut 2 yarı kuru proses fırın (Afyon I/II) 2016 yılı sonunda kapatılacaktır. Söke I ve Elazığ I çalıştırılmamaktadır.) kuru proses + ön ısıtma kullanılacağını göstermektedir. Kurulu 81 fırının 52 sinde ön kalsinasyon bulunmaktadır. Fırın tipleri ve coğrafi dağılımları Tablo 10'da gösterilmektedir.¹⁵

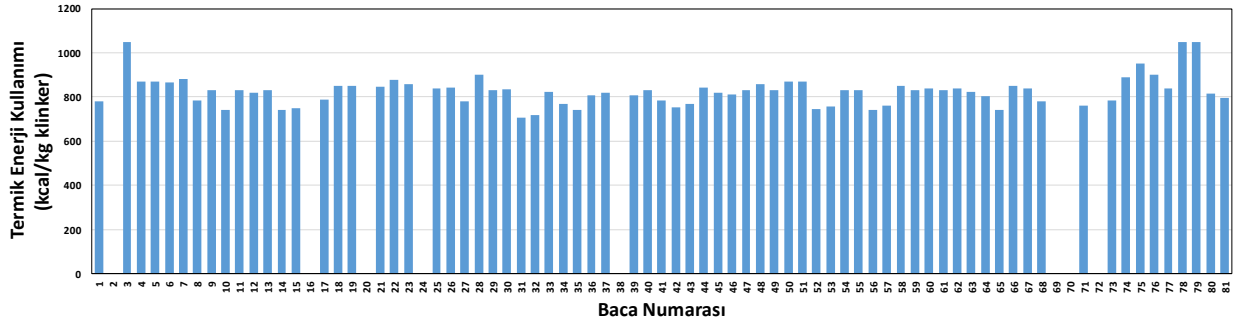
Şekil 22, Türkiye Çimento Sanayinde Kurulu fırınların proses teknolojisi ile ilgili genel bilgi vermektedir. Kurulu fırınların 4 ü yarı kuru, 25'i kuru ve 52 si kuru +ön kalsinasyon teknolojisine sahip tesislerdir.



Şekil 22 Çimento Sektöründe Kurulu Fırınların Proses Tiplerine Göre Dağılımı (1-Kuru ön ısıtıcı+ön kalsinasyon, 2-Kuru ön ısıtıcı, 3-Yarı kuru lepol)

Şekil 23'de gösterildiği gibi tesislerin 22'si termik enerji tüketimi 2,900 MJ/ton ila 3,300 MJ/ton klinker olarak belirlenen MET ilişkili referans değer aralığı içindedir. Kurulu 59 fırın veya işletmede olan 53 fırının termik enerji tüketimi MET İRD üst limiti üzerinde termik enerji tüketimine sahiptir. (>789 Kcal/Kg Klinker)

Ortalama termik enerji tüketimi ön ısıtıcılı fırınlarda 820 – 1000 Kcal/Kg Klinker, ön kalsinasyonu olan fırınlarda 710 – 800 Kcal / Kg Klinker aralığındadır.

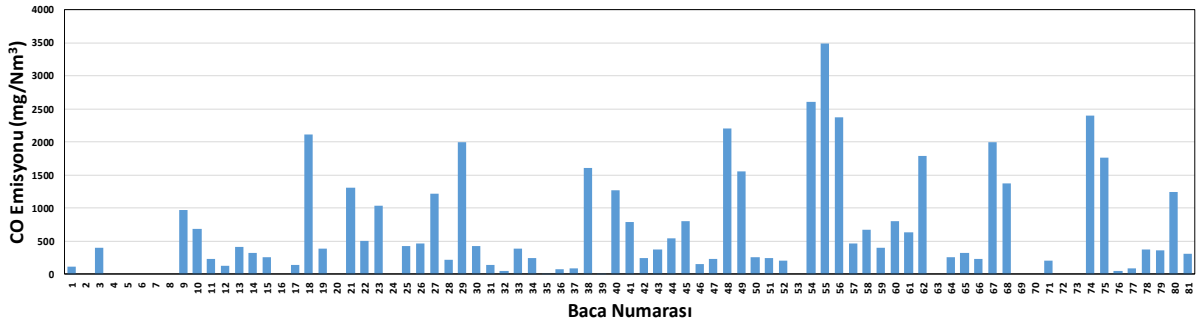


Şekil 23 Türkiye Çimento Sanayinde Termik Enerji Kullanımı

Kurulu fırınların yaklaşık üçte ikisi (% 65) ön kalsinasyonlu olmasına rağmen sektörün ortalama ısı tüketiminin yüksek olmasının (>825 Kcal /Kg klinker) ana nedenleri klinker hammadde ve yakıt hazırlamada kalite sürekliliği eksikliği ve aşırı dalgalanmalar, atık yakıt kullanımının oluşturduğu verimsizlikler, proses hataları, yüksek sayıda duruşlar ve operatör yetersizlikleri olarak sıralanabilir. Çalışmada söz konusu faktörler ayrı ayrı değerlendirilerek enerji verimliliği ve emisyonlar üzerindeki olası etkileri analiz edilmiştir.

3.2.2.1.1 CO Emisyonları

Tesislerde yakıt hazırlama, besleme ve yakma teknolojilerinin eksik veya yetersiz olmasından kaynaklanan yanma verimindeki dalgalanmalar CO emisyonlarına yansımaktadır. Ayrıca uygun olmayan proses teknolojilerine sahip olmasına rağmen yüksek oranda atık yakıt veya atıktan türetilmiş yakıt (ATY) kullanan fırınlarda yüksek CO emisyonları görülmektedir. Şekil 24’de SEÖS verilerinden yararlanılarak hazırlanan tesis bazında CO emisyon dağılımı verilmektedir.



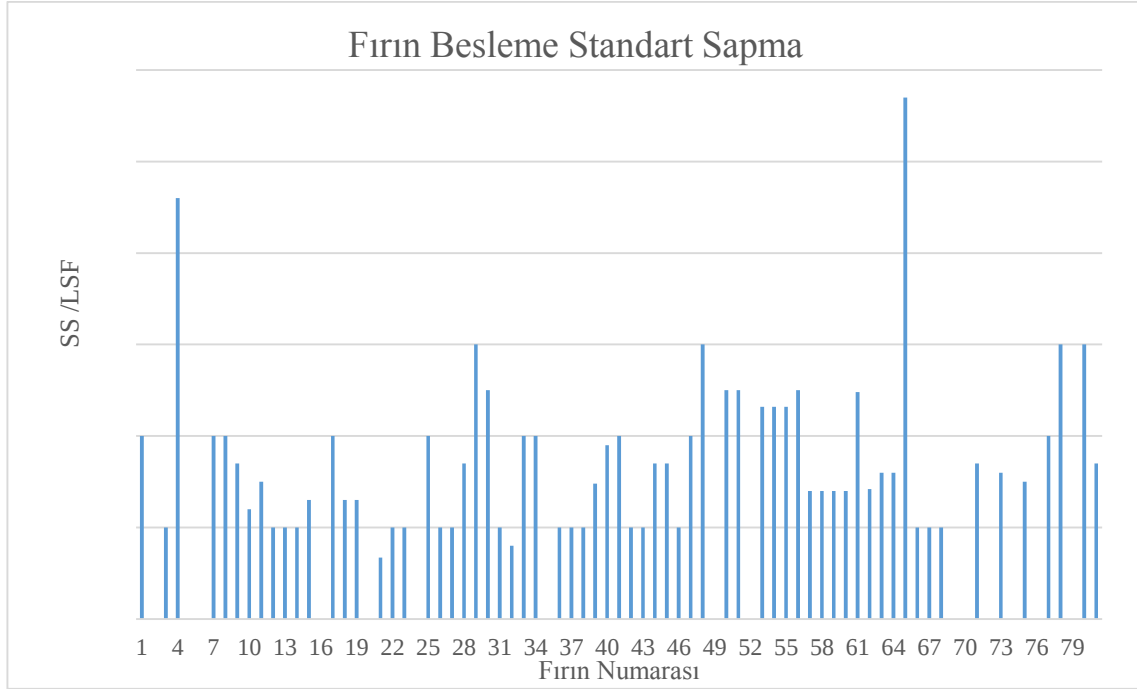
Şekil 24 Türkiye Çimento Sanayinde Fırın CO Emisyon Dağılımı

3.2.2.1.2 Fırın Girişinde Hammadde Kalitesinin Standart Sapması

Tüm tesislerde fırın girişinde hammadde kalitesindeki standart sapma LSF veya KUHL olarak değerlendirilmiştir. Genel olarak bu değerler için fırın girişindeki standart sapma değerinin olması gereken değerden (< 1 den) çok yüksek olması (> 1-2) termik enerji kullanımını arttırması yanında toz ve gaz emisyonları üzerinde de olumsuz etkilere yol açmaktadır. Hammaddelerin rezerv yerlerinden fırına hatta ürüne kadar olan proses süreçlerinde kalite yönetiminin ve gerekli alt yapının birçok tesis de yetersiz olduğu gözlenmiş ve yatırım

gereksinimi olduğu tespiti yapılmıştır.

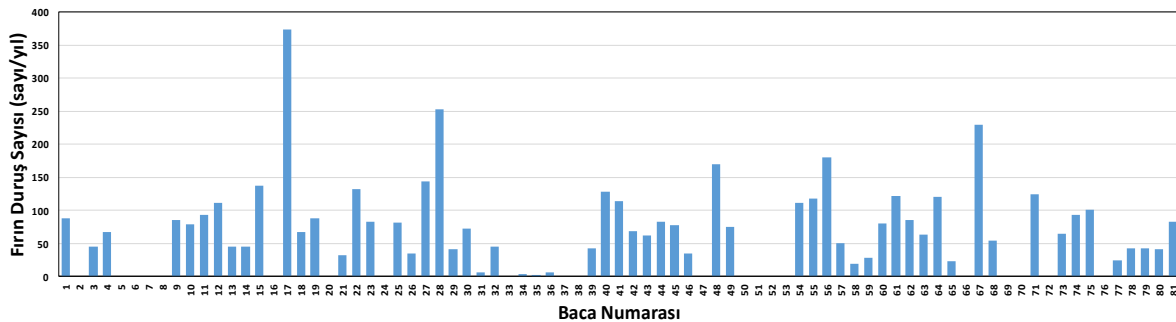
Bu durum fırınlardaki proses kaynaklı duruşların sayısının yüksek olmasının ana nedenlerinden biridir. Şekil 25’de gösterilen fırın bazındaki duruş sayısı MET uyumsuzluğu olarak değerlendirilmeli ve önlem alınmalıdır. Yüksek duruş sayısı, yüksek enerji kullanımı, yüksek emisyon seviyeleri ve kalite dalgalanmaları gibi sonuçlar doğurur.



Şekil 25 Fırın Giriş Hammadde Kalitesi Standart Sapma

3.2.2.1.3 Fırın Duruş sayısı

Çimento üretim tesisleri için en önemli performans değerlendirme kriterlerinden biri yıllık fırın duruş sayısıdır. Şekil 26 fırın yıllık duruş sayılarını göstermektedir. Yıllık ortalama duruş sayısının 80 olduğu tespit edilmiştir. Bu bağlamda Türkiye Çimento Sanayi için yapılan değerlendirmede enerji kalitesi kaynaklı fırın duruşlarının toplam duruş sayısının %30-40’ını oluşturduğu görülmüştür. Bu nedenle yıllık ortalama duruş sayısının iyileştirilmesi (< 20 -30 duruş / yıl) enerji verimliliğine ve emisyon seviyelerine olumlu yansıyacaktır.



Şekil 26 Çimento Sanayi Fırın Duruş Sayısı Dağılımı

3.2.2.2 Elektrik Enerjisi

Türkiye Çimento Sanayi, hammadde öğütmede teknolojik dönüşümü kapasite olarak %70-80 seviyesinde tamamlayarak enerji verimliliği yüksek makine ve ekipman (dik değirmen, yatay valsli değirmenler, yüksek basınçlı ön eziciler..) kullanmaktadır. Fakat son öğütmede yani çimento öğütme sisteminde ağırlıklı olarak % 80 bilyalı boru değirmenler kullanılmaya devam edilmektedir. Klinker öğütmede yüksek enerji verimliliği olan teknolojilere dönüşüm devam etmektedir.

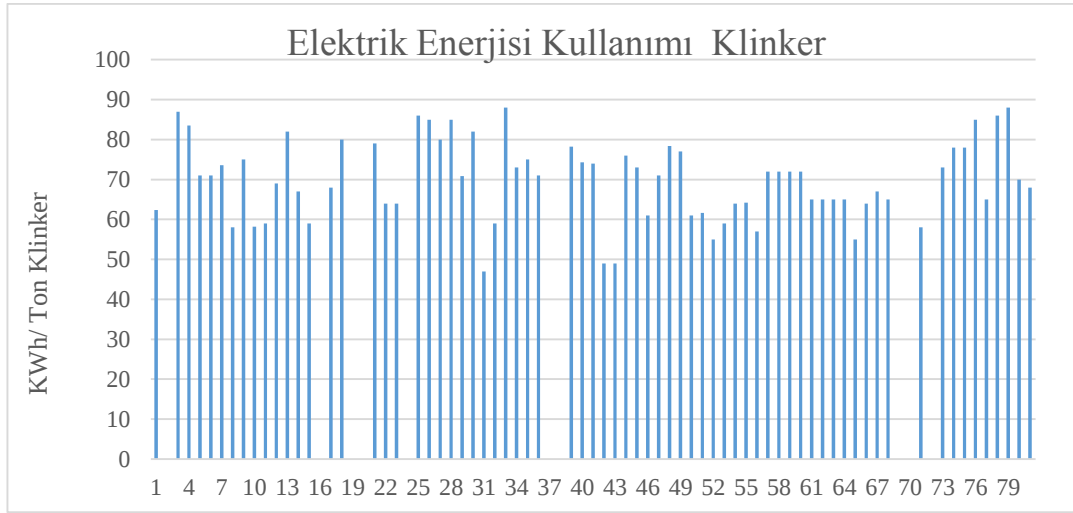
Türkiye Çimento sanayinde hammadde, katı yakıt ve çimento öğütmede kullanılan teknolojiler ile ilgili genel bilgi Tablo 11’de verilmektedir. Hammadde öğütmede ihtiyaç duyulan toplam öğütme kapasitesinin yaklaşık % 80’i enerji verimliliği daha yüksek olan dik değirmenler ve yaklaşık % 18-20’si ise , yüksek enerji tüketimi olan bilyalı boru değirmenler ile karşılanmaktadır.

Çimento öğütmede ise öğütme kapasitesinin % 70-80 ‘i bilyalı boru değirmenler kullanılarak sağlanmaktadır. Katı yakıt (petrokok, linyit) öğütmede ise ağırlıklı olarak (>% 70) dik değirmen teknolojisi kullanılmaktadır.

Tablo 11 Türkiye Çimento Sanayinde Kullanılan Öğütme Teknolojileri

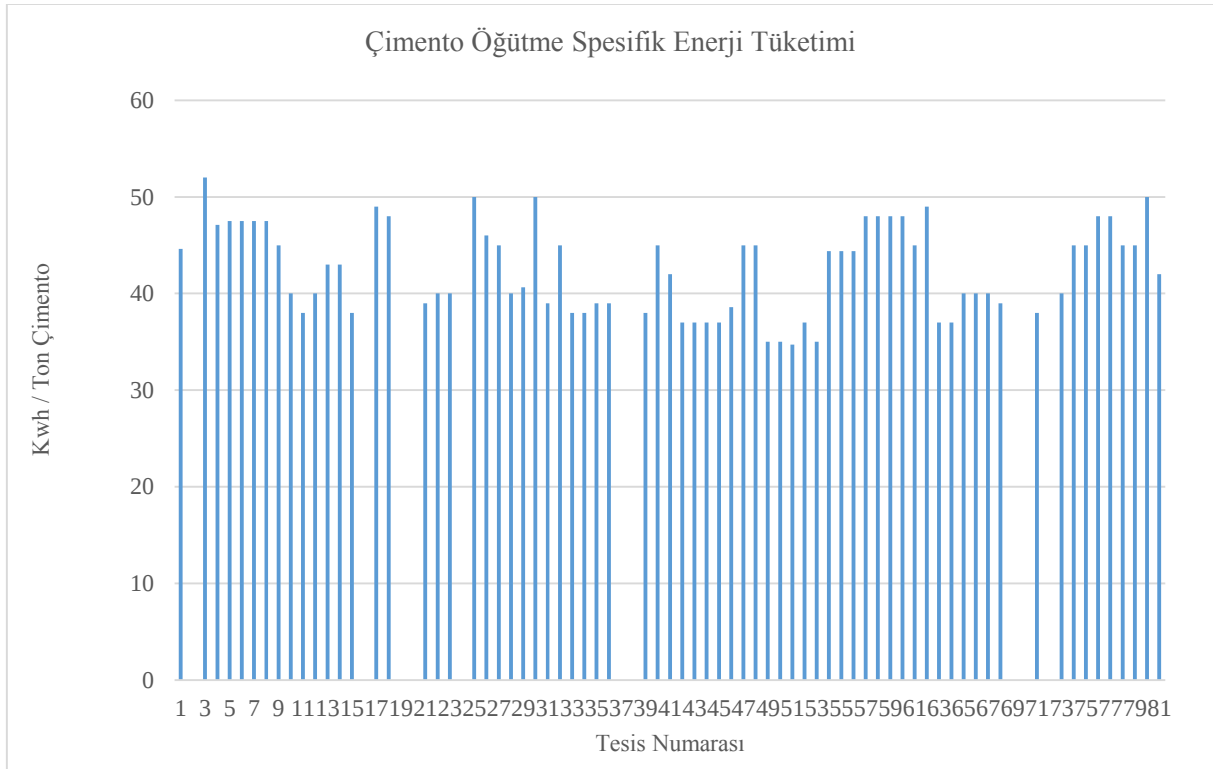
Proses / Öğütme Teknolojisi	Bilyalı Boru Değirmen BM	Dik Valsli Değirmen (VRM)	Yüksek Basınçlı Eziciler (RP)	Yatay Valsli Değirmen (HM)
Hammadde	40	52	2	-
Katı Yakıt	28	54	-	-
Çimento	129	21	20	5
Toplam	197	127	22	5

Türkiye Çimento Sanayinde klinker üretim sürecinde ortalama elektrik enerjisi kullanımı 66,5 KWh /ton klinker olarak bulunmuştur. Yüksek enerji verimliliği olan öğütme teknolojileri ile < 50 KWh /ton klinker seviyesine ulaşılabilir. Şekil 27’de Türkiye’deki çimento tesislerinde klinker üretiminde kullanılan elektrik enerjisinin dağılımı verilmektedir. (min. 46,5 KWh /ton, max 89 KWh /ton)



Şekil 27 Klinker Üretiminde Elektrik Enerjisi Tüketimi (EÇİ Projesi 2016)

Şekil 28’de çimento öğütme sürecinde ortalama elektrik enerjisi kullanımının tesis bazında dağılımı verilmektedir. Çimento öğütmede enerji tüketimi kullanılan öğütme teknolojisine bağlı olmakla birlikte üretilen çimentonun tipine, kalitesine, dayanım performansına ve kullanılan klinkerin özelliklerine de bağlıdır. CEM I 42,5 çimentonun öğütme enerjisi yukarıda belirtilen nedenlerden dolayı 30-55 Kwh /ton değişim gösterebilmektedir. Özellikle katkılı çimentoların daha yüksek öğütme enerjisi ihtiyacı olması toplam enerji kullanımını arttırmaktadır.



Şekil 28 Çimento Üretiminde Elektrik Enerjisi Tüketimi (EÇİ Projesi 2016)

3.2.3 Çimento da Kaynak Kullanımı

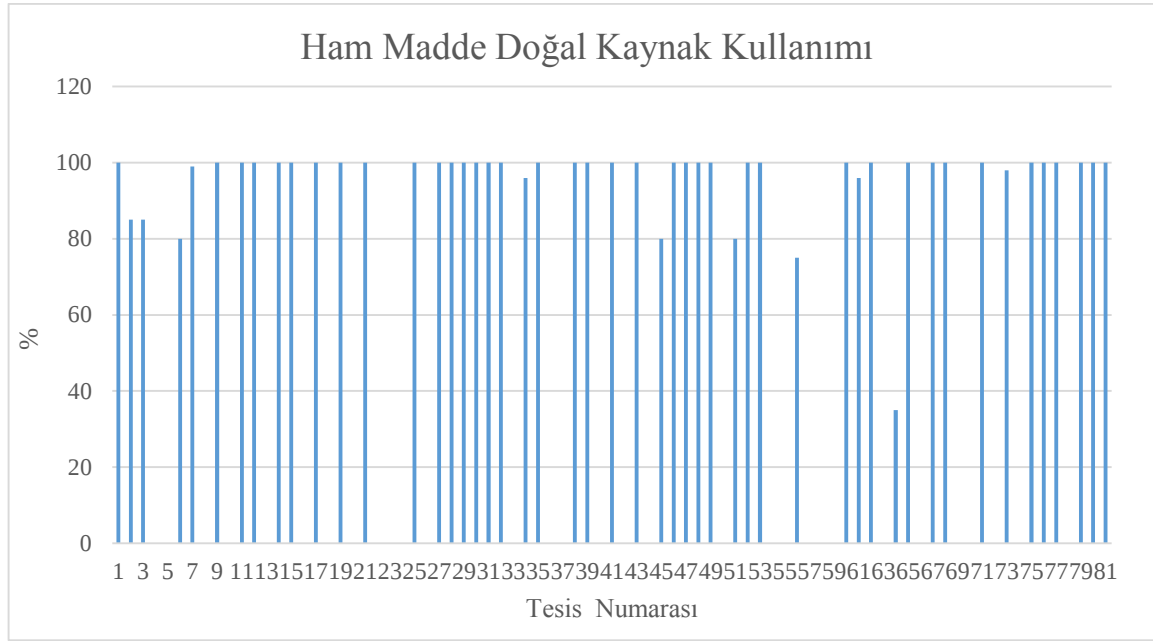
Türkiye Çimento Sanayinde kaynak kullanımı Tablo 12’de özetlenmiştir. 2015 Yılı verilerine göre klinker ve çimento üretiminde kullanılan hammadde, yakıt ve enerjinin doğal ve alternatif kaynaklardan sağlanma oranları verilmektedir.

Tablo 12 Türkiye Çimento Sanayinde Kaynak Kullanımı

Üretim Süreçleri	Kaynaklar	Kullanım 2015
Klinker Üretimi	Hammaddeler	%
	Doğal Ham Maddeler	98
	İkincil Ham Maddeler	2
	Yakıtlar	
	Fosil Yakıtlar	41,7
	İthal	31,7
	Yerli	10
	Petrokok	54
	Diğer (Fuel Oil, Doğal Gaz, LPG)	0.5
	Alternatif Yakıtlar	3,8
Çimento Öğütme	Ana Oluşturanlar	
	Klinker	84
	Diğer	16
	Kalsiyum Sülfatlar	
	Alçı / Anhidrit	98
	Endüstriyel Alçı	2
Klinker + Çimento	Elektrik Enerjisi	
	Ulusal Şebeke	94
	Atık Isıdan Elektrik Üretimi	6

3.2.3.1 Hammadde Kullanımı

2015 verilerine göre çimento sanayinde hammadde olarak doğal kaynak kullanımı yaklaşık % 98 seviyesindedir. Şekil 29’da proje kapsamında sağlanan verilere göre tesislerde alternatif hammadde kullanım oranlarını verilmektedir. Toplam 54 tesisin 42 sinde hammadde olarak doğal kaynaklar kullanılmaktadır.

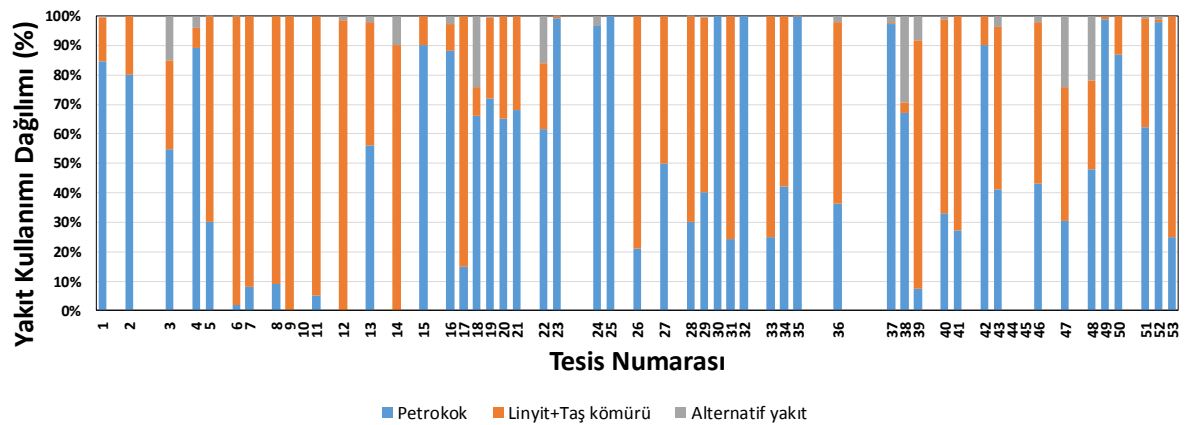


Şekil 29 Türkiye Çimento Sanayinde Ham Madde Olarak Doğal Kaynak Kullanımı

3.2.3.2 Yakıt Kullanımı Dağılımı

Türkiye Çimento sanayinde kullanılan yakıtın yaklaşık % 54'ü petrokok, %41,7'si fosil yakıtlar ve yaklaşık %3,8'i de alternatif yakıtlardır. Doğal gaz, Fuel Oil ve LPG gibi yakıtların kullanımına ait oran ise % 0,5'in altındadır. Fosil yakıtların yaklaşık % 25 i yerli kaynaklardan, %75'i yurt dışı kaynaklardan sağlanmaktadır. Diğer bir deyimle çimento üretiminde kullanılan termik enerjinin yaklaşık % 10-12 si yerli kaynaklardan sağlanmaktadır.

Türkiye Çimento Sanayinde Kullanılan Yakıt Türlerinin Fırın Bazında Dağılımı Şekil 30'da verilmektedir.



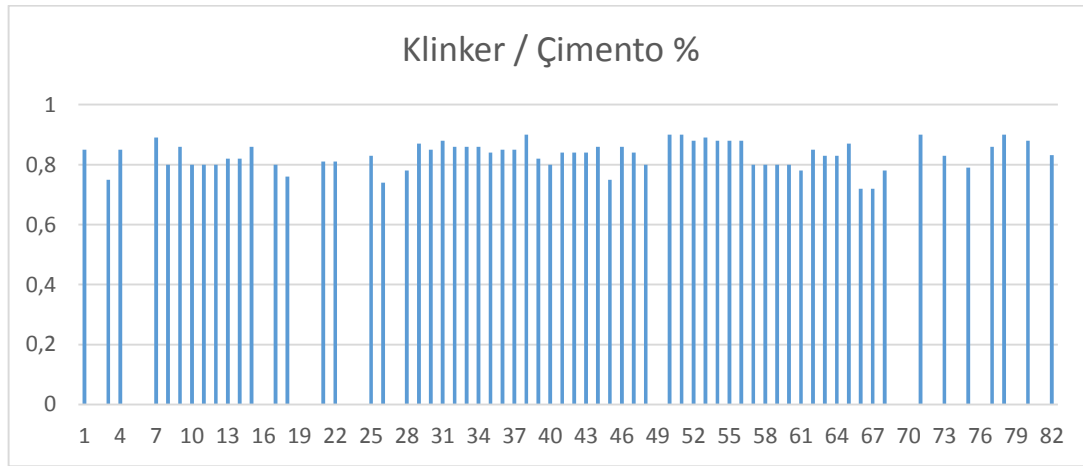
Şekil 30 Türkiye Çimento Sanayinde Kullanılan Yakıt Türlerinin Fırın Bazında Dağılımı

3.2.3.2 Çimentoda Klinker Kullanımı

Çimento üretiminde klinker kullanımını azaltılması veya klinker yerine mineral katkı kullanımının artırılması çevresel etkileri azaltmak için arzu edilen bir yaklaşımdır ve sektöre

yönelik MET tavsiyeleri arasındadır. Aynı zamanda Türkiye’de alternatif katkı maddelerinin kullanımı yaygın bir uygulama olmakla birlikte CEM I tip çimento % 58 ‘e yaklaşan kullanım oranı ile iç pazarda en yüksek oranda kullanılan çimentodur. 33,7 Mt’a ulaşan iç tüketimin ağırlıklı olarak %90’ı 42,5 dayanım sınıfındadır. CEM I tip çimentoları 21,2 Mt tüketim ile CEM II tip çimentolar takip etmiştir. CEM IV tip çimentoların kullanımı 6,1 Mt olarak gerçekleşmiştir. Cüruf katkılı CEM III ve CEM V tipi çimentoların toplam kullanımı ise 2 Mt’a ulaşmıştır.¹⁶

Şekil 31’de Türkiye Çimento Sanayinde klinker/çimento oranındaki değişim verilmektedir. Proje kapsamında sağlanan verilere göre çimentoda klinker kullanımının yaklaşık %83-84 seviyesinde olduğu görülmektedir.



Şekil 31 Türkiye Çimento Sanayinde Çimentoda Klinker Kullanımı

3.2.3.3 Alternatif Yakıt Kullanımı

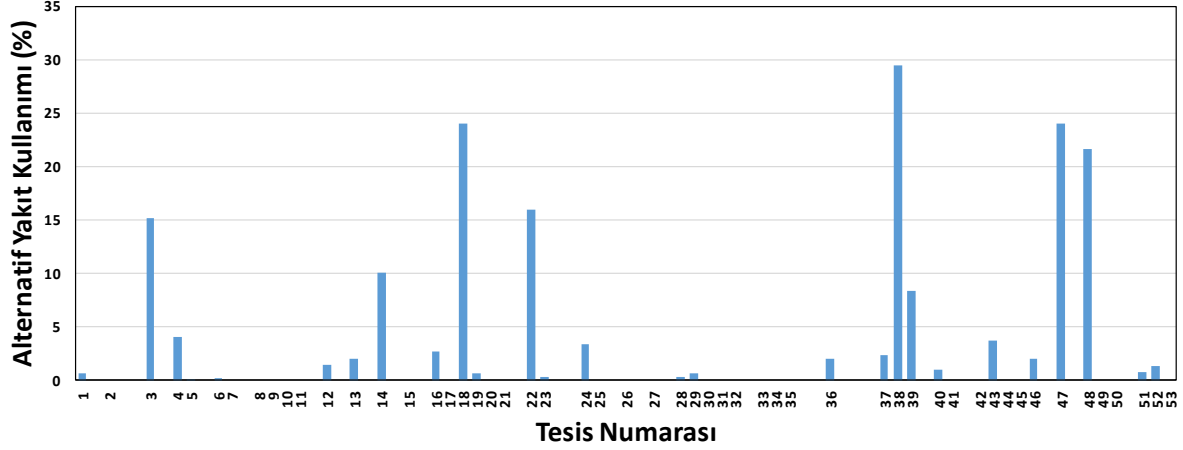
Türkiye Çimento Sanayinde atık ve atıktan türetilmiş alternatif yakıtların fosil yakıtlar ve petrol koku yerine kullanılması son yıllarda artarak devam etmektedir. 2015 yılında alternatif yakıt kullanımı 580.000 Ton / yıl seviyesine ulaşmıştır (TÇMB İstatistik 2015). Bu değer 2010 yılına göre yaklaşık üç kat daha fazladır. Atık yakıt kullanma oranı kısa süre içinde % 3,8 yükselmiş olmasına rağmen AB 28 ülkelerindeki oran ile (% 30) karşılaştırıldığında yeterli olmadığı görülmektedir. (Cembureau Yıllık Rapor 2015)

Ülkemizde atık yakma ile ilgili düzenleme 2010 yılında yürürlüğe girmiştir. Daha sıkı emisyon seviyeleri içeren bu düzenlemeye göre Tablo 13’de gösterilen koşullar atık yakan çimento tesisleri için yürürlükte.

Tablo 13 Atık Yakma ile İlgili Düzenlemenin Gereklilikleri (Atık Yakma ile ilgili düzenleme, 2010)

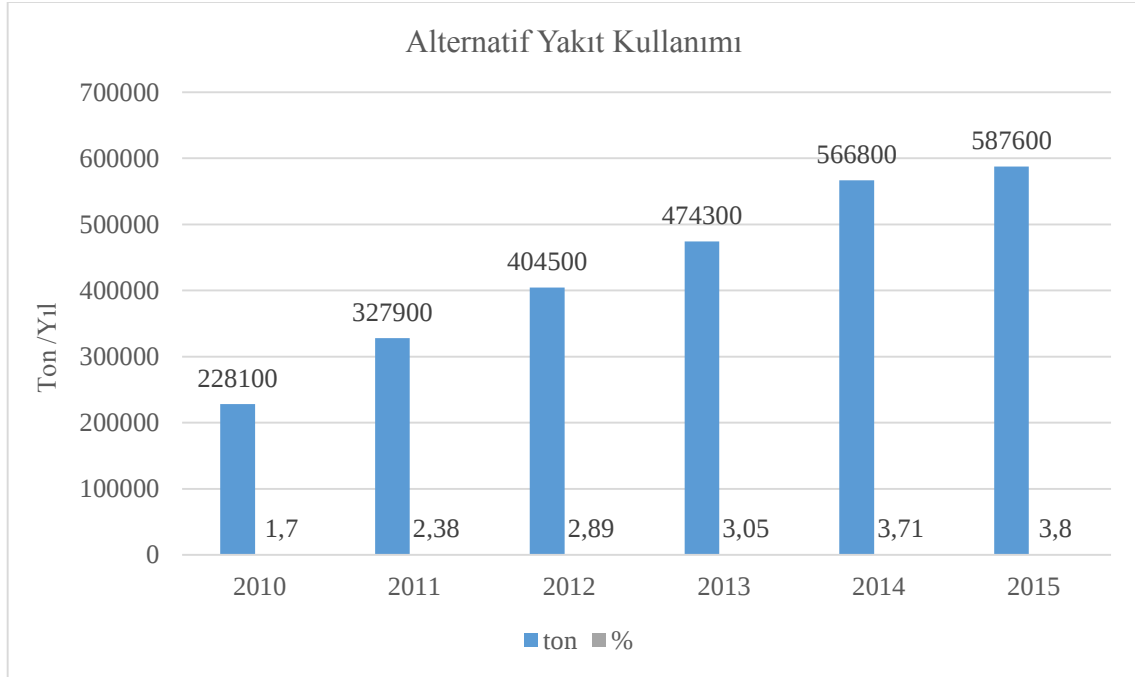
Gereklilik	Önceki Gereklilik	Yeni Gereklilik
Toz emisyonları (mg/Nm ³)	50–120	30
NO _x emisyonları (mg/Nm ³)	800-1.300	800 mevcut tesis 500 yeni tesis
SO _x emisyonları (mg/Nm ³)	300	50

Şekil 32’de Türkiye Çimento sanayinde fırın bazında atık yakıt veya atıktan türetilmiş yakıt kullanımının dağılımı verilmektedir. 2015 Yılında % 20-30 arasında alternatif yakıt kullanan 4 fırının olduğu görülmektedir. Uygun kalitede ve süreklilikte kaynakların hazır edilmesi durumunda çimento sektörünün atık yakıt kullanımında daha yüksek oranlara ulaşabileceği açıktır.



Şekil 32 Çimento Sanayinde Alternatif Yakıt Kullanımının Dağılımı

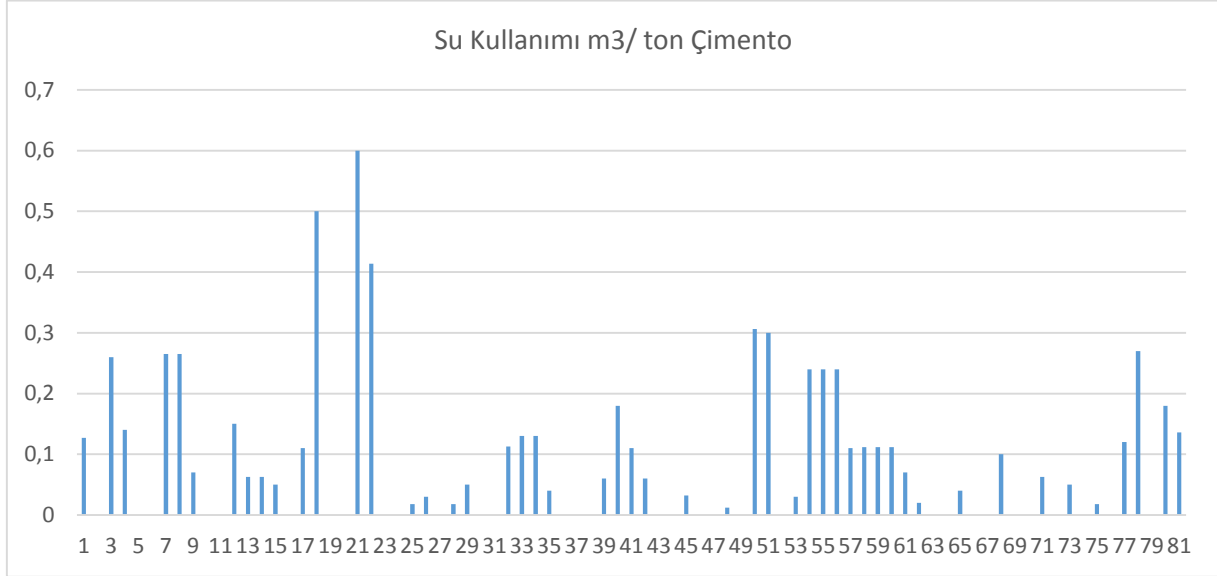
2015 yılında Atık veya Atıktan Türetilmiş Yakıt kullanımı kalori bazında toplam kullanımın % 3,8’i seviyesinde gerçekleşmiştir. Alternatif yakıt kullanımının yıllık artış hızı son beş yılda ortalama %20 seviyelerinde gerçekleşmiştir (Şekil 33). 2015 yılında atık yakıt kullanımındaki artışın 2014 seviyesinden sadece % 3 yüksek olduğu dikkati çekmektedir. Alternatif yakıt kullanımında görülen yavaşlamanın nedeni çimento prosesinde kullanılabilir kalitede sürekliliği olan ve maliyeti uygun atık kaynaklarının yeterince sağlanamamasıdır.



Şekil 33 Türkiye Çimento Sanayinde Yakıt Kullanımı (2015 TÇMB istatistikleri)

3.2.3.4 Çimento Sanayinde Su Kullanımı

Proje kapsamında tesislerden toplanan verilere göre çimento sanayinde tesis bazında su tüketiminin dağılımı (m³/ton Çimento) Şekil 34’de verilmektedir. Çimento sanayinin ortalama spesifik su kullanımının yaklaşık 0, 135 m³ /ton çimento olduğu hesaplanmıştır.



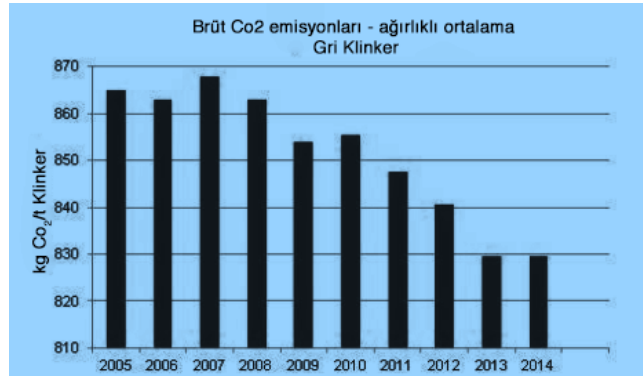
Şekil 34 Türkiye Çimento Sanayinde Tesis Bazında Su Kullanımı Dağılımı

3.2.4 Çimento Sektörü Kaynaklı Karbon Emisyonu

Şu anda herhangi bir yasal bağlayıcı uygulamaya sahip olmayan fakat yakın zamanda önemli konulardan biri haline gelebilecek endişe ise sektörün CO₂ emisyonudur. 2015 yılında yaklaşık 60 milyon ton CO₂ emisyonu ile çimento endüstrisi ülkedeki CO₂ emisyonlarının yüzde 10-12 sinden sorumludur. CO₂ emisyonları, çimento ve klinker üretiminde kullanılan işlemlerden kaynaklanır. Bunlar ham madde kalsinasyonu, döner fırınlarda yakıtın yakılması ve klinker üretimi ve çimento öğütülmesi için elektrik üreten güç tesislerinde yakıtın yakılması işlemleridir. Sektörde 2003 yılından bu yana kapasite artışının gerçekleştiğini düşünürsek sektörün ülke emisyonlarındaki payı artmaya devam etmektedir.

Bunun yanında çimento endüstrisinin karbon emisyon seviyelerini azaltmak için 2000 yılından bu yana yoğun bir uğraş içerisinde olmuştur ve son 15 yıl içinde alınan önlemler ile (teknolojik dönüşüm, atık yakma, yenilenebilir enerji yatırımları ve katkılı çimento oranının artması) karbon emisyonları seviyesinde sağlanan iyileşmenin %10’un üzerinde olduğu söylenebilir.

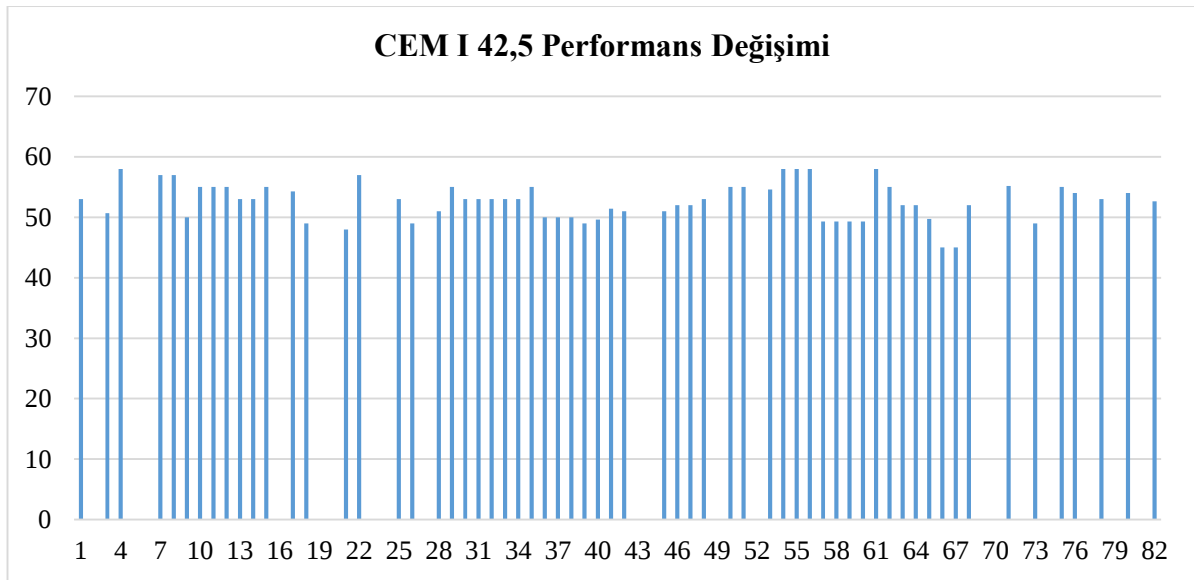
Şekil 35’de son 10 yılda karbon emisyonunda sağlanan iyileşme görülmektedir.



Şekil 35 Avrupa Birliğinde Karbon Emisyonlarının Gelişimi (2004 – 2014)

AB’de uygulanan karbon emisyon kredileri ve emisyon ticareti planları (ETS) Avrupa’daki çimento endüstrisinin rekabetçi pozisyonu üzerinde önemli bir etkide bulunmuştur. Bu süreçte Avrupa’daki tesisler üretim maliyetine negatif etki eden üretimlerini azaltıp klinker ithalatlarını arttırmak zorunda kaldılar. Mukayese edilebilir emisyon yükümlülükleri ile uyum içerisinde olmak için Türk çimento üreticileri üzerinde artan baskıların gelecekte karşımıza çıkacak bir zorluk olması muhtemeldir.

Çimento Sektöründe karbon ayak izinin yüksek olmasına neden olan faktörlerden biri CEMI çimento kullanımının yüksek olması ve standart üstü performans veya kalite ile ($> 52,6 \text{ N/mm}^2$) üretilmesidir. Şekil 36’da çimento sanayinin 42,5 N/mm2 dayanım sınıfındaki CEM I tip çimentoların tesis bazında dayanımları verilmektedir. Yüksek oranda katkısız çimentonun standart üstü bir performans ile üretilmesi sektördeki spesifik karbon emisyonun yüksek olmasının önemli nedenlerinden biridir.



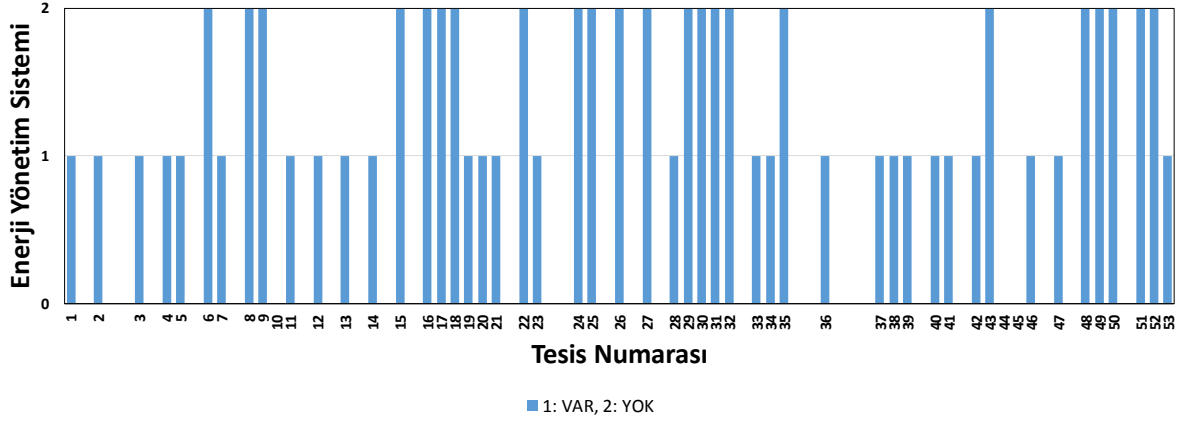
Şekil 36 Türkiye Çimento Sanayinin CEM I 42,5 Dayanımları

3.2.5 Çimento Sektöründe Çevre ve Enerji Yönetim Sistemleri Kullanımı

EED uyum için MET’e göre tesislerin Çevre Yönetim Sistemine (ÇYS) sahip olmaları ve etkinlikle uygulamaları zorunludur. Bunun yanında Enerji Yönetim Sistemi (EYS) ve Kalite

Yönetim Sistemi (KYS) MET sonuçları arasında yer almaktadır.

Şekil 37’de belirtildiği gibi çimento tesislerinin 14 ü ÇYS sahip değildir veya bir kısmı belgelendirme sürecindedir. Yeni kurulan ve devreye alma süreci devam eden üç tesisin ilavesi ile toplam 17 tesisin (toplam tesis sayısının %30) ÇYS ihtiyacı olduğu belirlenmiştir.



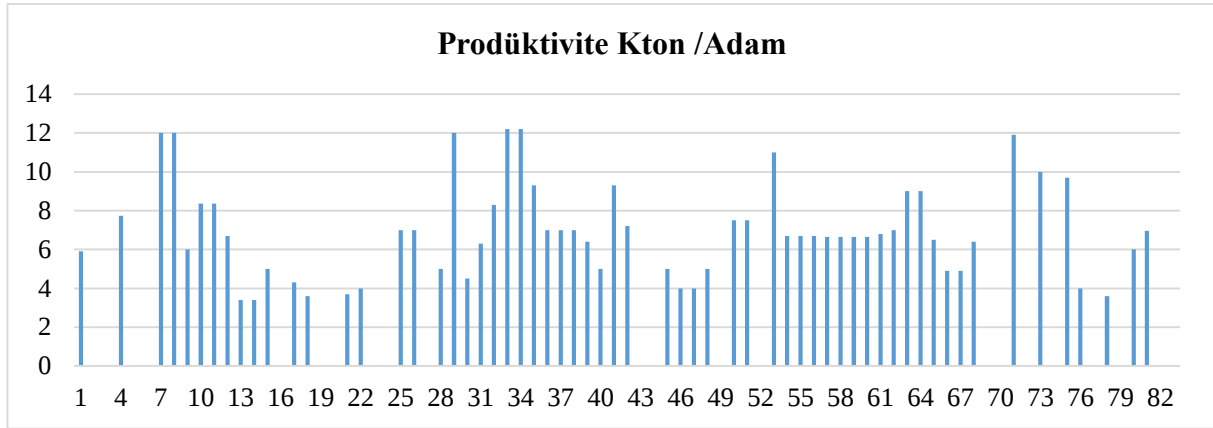
Şekil 37 Enerji Yönetim Sistemin Kullanımının Tesis Bazında Dağılımı

Devreye alma süreci dışında olan tesislerin tamamının KYS sahip olmalarına karşılık EYS uygulamayan tesislerin sayısının 24 olduğu görülmektedir. (Şekil 37)

3.2.6 Çimento Sektöründe İnsan Kaynakları Eğitim ve Prodüktivite

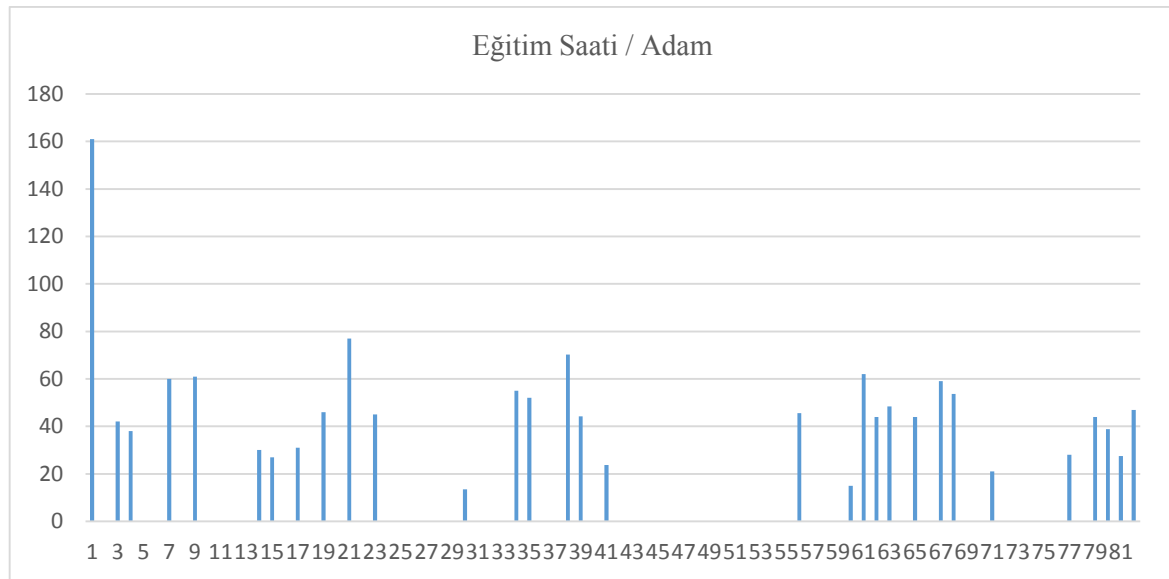
Türkiye Çimento sanayinde son on beş yıldan beri büyük bir teknolojik dönüşüm yaşanmaktadır. Kurulu kapasite yaklaşık iki buçuk kez artmış ve ortalama fırın üretim kapasitesi 3000 ton/gün klinkere veya tesis kapasitesi 1.300.000 ton / klinkere ulaşmıştır. Tek çatı altında 4.000.000 ton klinker ve 6.500.000 ton çimento üretme kapasitesine ulaşan tesisler kurulmuştur. Tek değirmen kapasitesinin 700 ton /saat ve tek fırın kapasitesinin 11.000 ton olduğu tesisler operatör-makine ve ekipman sinerjisini tamamen değiştirmiştir. Özellikle iletişim teknolojilerindeki son gelişmelerin (IT) çimento sektörü tarafından kullanılması, yüksek otomasyon ve kontrol seviyesi ve sektörün sürdürülebilirlik misyonu altında tanımlanan yeni yükümlülükleri ihtiyaç duyulan eleman profilini değiştirmektedir.

Şekil 38’de verilen sektörün tesis bazındaki prodüktivite verilerine göre sektör ortalamasının 2015 yılında 7000 ton çimento/adam seviyesine ulaştığı görülmektedir. Bu değer yirmi yıl önce yaklaşık 2000-3000 ton/adam olduğu göz önüne alınırsa sektörün farklı profillerde kalifiye eleman ihtiyacının sürekli arttığı görülecektir.



Şekil 38 Türkiye Çimento Sektörü Tesis Bazında Prodüktivite Değişimi 2015

Proje kapsamında tüm çimento tesislerinin eğitim faaliyetleri ilgili veriler toplanarak yapılan değerlendirmede sektörün değişen teknolojisi ile birlikte personel eğitimine daha fazla önem verdiği görülmektedir. Özellikle TÇMB nin düzenlediği eğitim programlarının ihtiyaçlara göre planlanması ve yüksek katılımın sağlanması yanında tesislerde verilen iş başı teknik eğitimleri, iş güvenliği eğitimleri dikkat çekicidir. Sağlanan verilere göre kişi başı ortalama yıllık eğitim saati yaklaşık 47 saate ulaşmaktadır. (Şekil 39)



Şekil 39 Tesis Bazında Kişi Başı Eğitim Saati Dağılımı

3.3 Türkiye Çimento Sektörü EED Uyumu ve Maliyet Analizi

Endüstriyel Emisyonlar Direktifinin (EED) uyum gereksinimlerini tam olarak belirlemek için uygulamanın detaylarını ve özellikle hangi Mevcut En İyi Teknikler (MET) yönergelerinin takip edileceğini ve hangi emisyon sınır değerlerine (ESD) uyulacağını bilinmesi gerekmektedir.

EÇİ Projesinde EED kapsamında hazırlanan MET sonuçları (2013/163/EU) ve MET ilişkili

emisy n sınır değerleri (MET İES) dikkatte alınmıştır. Mevcut durum ile MET İES arasındaki farklara göre  imento sektörünün yatırım ihtiyaçları belirlenmiş ve olası uyum maliyetleri hesaplanmıştır.

İlgili sektör temsilcileri, uzmanlar, tesis seviyesinde ziyaretler, yöneticiler ile yapılan karşılıklı görüşmeler, toplantılar ve toplanan verilerden  imento sektöründe MET uyum oranının yaklaşık % 60 mertebelerinde olduğu belirlenmiştir. Bu bulguların yer aldığı Met Kontrol Listeleri'nin analizi ve değerlendirmesi EK II de verilmektedir.

Çimento Sektörü ile ilgili yapılan değerlendirmeler sonucunda aşağıdaki tespitlerde bulunulmuştur.

- Tesislerin fırın sistemlerinin tamamına yakın kısmının (>% 99,5, Afyon 2016 sonunda devre dışı kalacaktır)  n ısıtıcılı kuru prosese geçtiği, ayrıca önemli bir kısmının  nkalsinasyon kullandığı tespit edilmiştir. Mevcut 81 fırından 52 tanesinde  nkalsinasyon teknolojisi kullanılmaktadır.
- Sağlanan verilerin teyit ettiği gibi  imento endüstrisi enerji verimliliğinde (termik ve elektrik) son yıllarda iyi bir performans göstermektedir. Kurulu fırınların 25'inde (Aşkale Kavak, Sönmez ve SYCS Elazığ dahil) termik enerji kullanım değeri MET ilişkili referans üst sınır değerin (BAT/BREF) altındadır. Fırınların 56' sının ısı kullanımı ise MET referansındaki üst sınır değerlerinden % 1-15 oranında daha yüksektir.
- Elektrik tüketimiyle ilgili olarak, Türk tesislerinin önemli bir kısmı <100 kWh/ton klinker tüketimi ile çalışmaktadır. Bu değer Avrupa  lkelerindeki tesislerine kıyasla daha iyi düzeydedir (TCMB 2015). Çimento  retim için gerekli toplam elektrik enerjisinin % 70 den fazlasını öğütme prosesleri (hammaddeler, yakıtlar, klinker ve katkılar) kullanılmaktadır. Bu alanlarda da enerji verimliliği yüksek ileri teknolojilere (dik valsli değirmerler, yatay valsli değirmerler ve yüksek basınçlı eziciler) dönüşüm devam etmektedir. Hammadde öğütmede kapasite olarak teknolojik dönüşüm % 80, kömür öğütmede % 60-70 ve  imento öğütmede % 20-30 oranında gerçekleşmiştir.
- Operasyonel otomasyon ve kontrol, ileri iletişim teknoloji kullanımı tesislerde yaygınlaşmaktadır. Bu kapsamda enerji verimliliğine ilişkin önemli yatırımlar son yıllarda gerçekleştirilmiştir ve halen de devam etmektedir. Özellikle çok fazla miktarda atık kullanan bu tesislerde (>%10), otomatik atık hazırlama, stoklama, izleme ve besleme sistemleri mevcuttur. Geriye kalan diğer atık yakma tesislerinde bu birimlerin kurulumu devam etmektedir.
- EED gereklilikleri kapsamında, tesislerin ham madde, yakıt ve yarı  r n (Klinker) depo alanlarının üzerini kapatmaları ve/veya açık sahada yapılan depolamalarda MET kullanmaları mecburidir. Stoklama alanları ile ilgili paylaşılan verilerden sektörde kapalı alanda stoklama oranının yaklaşık %60 olduğu belirlenmiştir. Ayrıca açık saha stoklamaları ile ilgili MET'e uyum oranının yaklaşık %60-70 olduğu saptanmıştır. Kapalı alan stoklama kapasitesinin %90 seviyesine yükseltmek için tesislerin yatırım ihtiyaçları belirlenerek olası maliyetler hesaplanmıştır.
- Azot oksit (NOx) kontrolü için yatırımlar devam etmektedir, 2015 Yılı sonu itibarı ile 12 tesis SNCR yatırımlarını tamamlamıştır. NOx emisyon kontrol tedbirlerine ilişkin

durum yüksek oranda güncel emisyon sınır değerine uyumlu fakat MET ilişkili referans değer üst limitine uyumsuz olarak tanımlanabilir. 81 fırına ait verilere göre tamamı güncel emisyon sınır değerinin(1300 mg/Nm³) altında, bu fırınlardan 12 sinde ise NO_x emisyon değerleri MET'e uyumludur.

- Sülfür oksit (SO_x) emisyonları, klinker üretiminde kuru tip proses kullanımı (%100) nedeniyle şu anda çimento sanayi için bir sorun olarak görülmemektedir. Fakat emisyon sınır değerleri ışığında, özellikle atık yakma tesislerinde değişebilecektir ve bu nedenle sürekli izlenmesi gerekmektedir.
- Atıklardan türetilen yakıt kullanımının arttırılması çimento sektöründe önemli bir iyileştirme potansiyeli olarak görülmektedir. Bu nedenle yeni kullanıcılar için yeni atık izleme ve besleme tesislerine ilişkin talepler devam edecektir. Fakat çimento sektörünün kullanımına hazır edilen atık yakıt miktarı 2015 yılında 580.000 ton olarak gerçekleşerek ancak toplam gereksinimin < %4 ü düzeyinde kalmıştır. AB'de atık yakma oranı 2015 yılında >30% olarak gerçekleşmiştir. Bu konuda çimento sektörü daha yüksek oranda atık ve/veya atıktan türetilmiş yakıt kullanmak için gerekli yatırımları yapmış olmasına rağmen (26 tesis Atık Yakma Lisansı almış durumdadır) yeterli miktarda ve süreklilikte, uygun kalitede ve maliyette atık bulamadığı belirtilmektedir.
- Sektördeki NO_x, toz ve SO_x emisyonlarına ilişkin sağlanan veriler (SEÖS bilgileri, emisyon izinleri, proses ölçümleri) güvenilir bir analizin yapılabilmesi için yeterlidir. Mevcut bilgilere dayanarak, çoğu tesisin güncel emisyon sınır değerlerine ve MET ESD'leri ile uyumlu olduğu bilinmektedir. Fakat bazı tesislerde MET e göre uyulması gereken değerler ile güncel emisyon sınır değerleri arasında ciddi anlamda farklılık olduğu için yatırım ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. 81 işlevsel fırında toz emisyonlarını kontrol etmek için 75'nin torbalı filtre, 5'nin elektro filtre ve birinin hibrit filtre kullanıyor olması. ve bacaların tamamının SEÖS bağlı olması da MET'e tam uyumu göstermektedir.. Tesis bazında yapılan çalışmaların sonucuna göre klinker üretim kapasitesinin yaklaşık % 70'nin (29 Tesis) partikül madde (PM) emisyon değerlerinin 20 mg/Nm³ ya da daha düşük olduğu tespiti yapılmıştır.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Endüstriyel Emisyonlar Direktifinin son şekline dayanarak uygulamaya başlamayı planlamaktadır. Bu neden ile uyum durumunun kesin gereksinimlerini belirlemek ve uygulama programı hazırlamak için bu projenin sonuçları yol gösterici olacaktır. . Bir metodolojinin gösterimini içeren bu çalışmanın amaçları doğrultusunda, gelecekteki ESD'lere ilişkin MET İES / MET İRD dikkate alınmış ve bunlara dayanarak aşağıdaki dört senaryo geliştirilmiştir;

- **A Senaryosu**, EED doğrultusunda hazırlanan toz ve gaz emisyonları ile ilgili MET sonuçları ve (MET İES) ilişkili Emisyon Seviyeleri-Emisyon Sınır Değerlerine uyumlu hale getirilmesine yönelik çimento endüstrisinde yapılması gerekli yatırımları ve birincil teknikler ile birlikte proses otomasyonunu iyileştirme yatırımlarını kapsamaktadır.(1.2.1 ,1.2.5.2 ,1.2.5.3 ,1.2.5.4 ,1.2.6.1).Ayrıca ses azaltılmasına (1.1.2) yönelik kısmi iyileştirmeler de bu kapsamda (1.2.5.2) yapılacaktır.
- **B Senaryosu**, EED doğrultusunda MET İES ' lere (Senaryo A) ilave olarak tesislerin termik enerji verimliliği (1.2.3.1/2)ve fırına atık (1.2.4.2) yakıt besleme ile ilgili

iyileştirme ihtiyaçlarını MET'e uyumlu olarak yerine getirilmesini kapsayan yatırımları kapsamaktadır.

- **C Senaryosu**, EED doğrultusunda hazırlanan MET sonuçlarında 1.2.5.1 paragrafında tanımlanan; yayılı toz emisyonlarını önleme ve kontrolü ile ilgili teknikleri kullanarak hammadde, çimento katkıları ve kömür stoklamasının tamamen kapalı alanda yapılmasını öngören yatırım ihtiyaçlarını ve önceki iki senaryoyu kapsamaktadır.
- **D Senaryosu**, EED doğrultusunda hazırlanan MET sonuçlarında 1.2.5.1 paragraflarında tanımlanan; yayılı toz emisyonları önleme ve kontrol ile ilgili tekniklerin kullanılması ile kapalı alanda klinker stoklama kapasitesini 30 Fırın – Gün'e çıkarılmasını öngören yatırım ihtiyaçları ve önceki üç senaryoyu kapsamaktadır.

Yukarıda tanımlanan dört senaryoda gerçekleştirilmesi planlanan iyileştirmeler ve mevcut emisyon sınır değerleri (ESD) ve MET İES göre emisyonlar Tablo 14'de özetlenmiştir.

Türkiye Çimento Sektöründe tesislerin tozlu faaliyetler kaynaklı, fırın yanma gazları kaynaklı klinker soğutucular ve çimento değirmenleri kaynaklı toz emisyonları ile birlikte NOx emisyonlarının azaltılması için MET gereksinimlerini karşılamak amacıyla ek önlemler alınması gerekmektedir. Senaryo D'de tanımlanan bu tür yatırımlar EED uyumu için gerekli toplam yatırımların yaklaşık % 60-70'ini oluşturmaktadır.

B senaryosu ise termik enerji verimliliğini iyileştirmek için gerekli önlemleri kapsamaktadır. Ayrıca bu yatırımlar kapsamında atık yakıt kullanımı için gerekli uygulamalar dikkate alınmaktadır. Enerji verimliliği ile ilgili yatırımlar nispeten orta ve uzun vadede (7-20 Yıl) geri ödeme süresiyle ilişkilendirilen yatırımlardır. Atık yakıt kullanımına yönelik yatırımların ekonomik olması atık yakıt bulunabilirliğine ,kalitesine ve maliyetine bağlı olarak kısa veya orta vadede geri ödemesi olabilecek yatırımlardır (3-7 yıl).

Öte yandan, yüksek maliyetli olabilecek ham madde, yakıt ve katkı maddelerinin depo alanlarının üzerlerinin kapatılmasına ilişkin bir başka MET gereksinimi, mevcut bilgilere göre tesis bazında değerlendirilmiş ve tesis için gerekli asgari stoklama kapasiteleri dikkate alınarak maliyetleri hesaplanmış ve bu çalışmaya **Senaryo C**'de dâhil edilmiştir.

Türkiye Çimento Sanayinde klinker için zorunlu kapalı stok alan kapasitesi ile ilgili belirlenen 15 fırın-gün kapasite uygulaması 2014 yılından itibaren uygulanmaktadır. Bu çalışmamızda **Senaryo D** olarak tanımlanan alternatifte klinker için kapalı stok alan kapasitesini arttırmak için ek yatırım ihtiyacı belirlenmiş ve diğer üç senaryonun yatırım ihtiyaçlarına ilave edilmiştir.

Tablo 14 Mevcut Durumdaki Emisyon Sınır Değerleri ve Yeni ESD'lerin Tanıtılmasına İlişkin Farklı Senaryolar

Parametre & Birim, Teknik	Mevcut Durum	Senaryo A	Senaryo B	Senaryo C	Senaryo D
Birincil Teknikler (1.2.1 a/b)	Tam uygulanmıyor (37 Kısmen uyumluluk)	Tam uygulama	Tam uygulama	Tam uygulama	Tam uygulama
Yanma Gazları Kaynaklı Toz Emisyonları(mg/Nm ³) 1.2.5.3	50-120 (30 yeni tesisleri için)	<20	<20	<20	<20
Tozlu faaliyetler kaynaklı toz emisyonları (mg/Nm ³) 1.2.5.2 / 1.1.2	Eski Tesis <50 Yeni Tesis <30	<20	<20	< 20	< 20
Klinker Soğutucu, Çimento Öğütme Kaynaklı Toz Emisyonları (mg / Nm ³) 1.2.5.4	Eski Tesis <50 Yeni Tesis <30	<20	<20	<20	< 20
NO _x (mg/Nm ³) 1.2.6.1	<1,300 < 800 2018 (Yeni tesisler için 500)	200-450	200-450	200-450	200-450
SO _x (mg / Nm ³)	300 (Yeni tesisleri için 50)	50-400	50-400	50-400	50-400
Termal enerji tüketimi (MJ/T klinker)-(Kcal /Kg Klinker) 1.2.3.1/ 1.2.3.2	Kapsamıyor	Kapsamıyor	2900-3300 694-789	2900-3300 694-789	2900-3300 694-789
Yayıllı Toz emisyonları 1.2.5.1	Kapsamıyor	Kapsamıyor	Kapsamıyor	Kapalı alanda stoklama Kapasitesi Artışı I	Kapalı alanda stoklama Kapasitesi Artışı I
Yayıllı Toz emisyonları 1.2.5.1	Kapsamıyor	Kapsamıyor	Kapsamıyor	Kapsamıyor	Kapalı alanda stoklama kapasitesi artışı II

3.3.1 EED Uyum Maliyetleri Temel Kriterler

Pratikte, uyum maliyetleri iki alanla ilişkili olacaktır:

- Yatırımlar
- Olası ek işletim maliyetleri

Bu maliyetlerin tesislerdeki payı, teknolojik dönüşüm maliyetleri ve operasyonel rutinlere bağlı olarak çeşitlilik gösterecektir. Belirtildiği gibi bu çalışmada dikkate alınan iki maliyet grubu vardır. Bunlar yeni tesisler için gerekli teknik yatırımlar ve bu tesislerin işletimine ilişkin maliyetlerdir.

Tesislerin tüm performans verileri (emisyon, toz, enerji) sağlandığı için, tesis bazında olası EED uyum maliyetleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Yapılan hesaplamalar aşağıda verilen yatırım ve işletme maliyetlerine dayandırılmıştır.

3.3.1.1 Toz Emisyonları (MET 1.2.5 (2013/163/EU))

Tozlu faaliyetler, Fırın Yanma Gazları ve Çimento Öğütme, Klinker Soğutucu Kaynaklı Toz Emisyonların Önleme veya Azaltma (1.2.5.2,1.2.5.3,1.2.5.4)

Türkiye Çimento Sanayinde üretim yapmakta olan tüm tesislerin (devreye alma çalışmaları yapılmakta olan üç tesis hariç) toz veya partikül madde emisyon ölçümleri (emisyon izni, SEÖS ve paylaşılan ölçüm değerleri) analiz edilerek yatırım ihtiyacı ve/veya iyileştirme ihtiyacı olan tesisler belirlenmiştir.

Kurulu klinker kapasitesinin % 90'nını (68,5 Milyon Ton) temsil eden 74 fırınla ilgili yapılan değerlendirmede toplam kurulu kapasitenin yaklaşık %30'unu (yaklaşık 25 Milyon ton) temsil eden 28 fırının yanma gazları kaynaklı toz emisyonları açısından MET gereksinimlerini

karşılayamadığı, toplam kurulu kapasitenin yaklaşık % 70'ini (yaklaşık 50 Milyon ton) temsil eden 46 tesisin ise MET İES üst sınır değeri altında emisyonu sahip olduğu yani EED uyumlu olduğu görülmektedir. Yatırım ve olası ek işletme maliyetlerinin hesaplanmasında Tablo 15’de verilen güncel değerler kullanılmıştır.

Ayrıca sağlanan verilerin değerlendirilmesi ve tesis ziyaretleri esnasında yapılan tespitlerden hareket edilerek, Klinker Soğutucu, Çimento Öğütme ve genel tozlu faaliyetler kaynaklı toz emisyonlarını (Kömür Öğütme, Paketleme, Hammadde Öğütme, Nakil Sistemleri) önleme ve MET İES uyumlu seviyeye getirilmesi ile ilgili yatırım ihtiyaçları belirlenmiştir.

Tablo 15 Toz Tutmada kullanılan MET’ler ve Yatırım, İşletme Maliyetleri*

Mevcut En İyi Teknik MET	Uygulanabilirlik	Emisyon Sınır Değeri		Maliyet	
		Mg / Nm ³	Kg / ton	Yatırım	İşletme
				Milyon USD	USD/t Klinker
Torbalı Filtreler	- Fırın Yanma Gazları Kaynaklı Toz Emisyonları	< 5	0,01	1,5 - 2,5	0,03-0,07
	- Tozlu Faaliyetler Kaynaklı Toz Emisyonları / Kömür Öğütme, Paketleme, Hammadde Öğütme, Nakil Sistemleri	< 10	0,01	1 – 1,2	0,02-0,04
	- Klinker Soğutucular Kaynaklı Toz Emisyonları	< 10	0,01	1 – 1,2	0,05-0,1
	- Çimento değirmeni Kaynaklı Toz Emisyonları	< 5	0,02	0,7 - 1	0,01-0,03
Elektro Filtreler	- Fırın Yanma Gazları Kaynaklı Toz Emisyonları	< 10	0,02 -0,05	1,5 – 2,0	0,03-0,05
	- Klinker Soğutucu, Kaynaklı Toz Emisyonları	< 20,	0,02-0,05	0,8 - 1,2	0,02-0,03
	- Çimento değirmeni Kaynaklı Toz Emisyonları	< 10	0,02	0,8 - 1,2	0,02-0,03
Hibrit Filtreler	- Fırın Yanma Gazları Kaynaklı Toz Emisyonları	<10-20			
	- Klinker Soğutucu, Kaynaklı Toz Emisyonları	<10-20	0,02-0,05		
	- Çimento değirmeni Kaynaklı Toz Emisyonlar	<10-20			

*Verilen mali değerler 3500-4000 ton /gün klinker kapasiteli bir tesis için uygulanmış / güncel değerleri kapsamaktadır.

3.3.1.2 Yayılı Toz Emisyonlarını Önleme veya Azaltma (1.2.5.1)

Tozlu faaliyetlerden kaynaklanan yayılı toz emisyonlarının azaltılması veya önlenmesi için MET aşağıdaki tekniklerden biri veya birden fazlasını bir arada kullanır. Türkiye’de çimento üretim tesislerinin söz konusu teknikleri kullanma durumu tesislerden gelen bilgi ve ziyaretler esnasında yapılan tespitlere göre Tablo 16’da özetlenmiştir..

Tablo 16 MET’e göre Yayılı Toz Emisyonlarının Kontrolünde Sektörün Durumu

Teknik		
a	Basit ve doğrusal bir yerleşim planının uygulanması	Kısmen Uygulanıyor, Özellikle yeni kurulan tesislerde bu tekniğe uyuluyor.
b	Öğütme, eleme ve karıştırma gibi tozlu faaliyetlerin kapalı ve korumalı ortamlarda gerçekleştirilmesi	Tesislerin tamamına yakını bu tekniği uyguluyor (% 80-90)
c	Şayet yayılı toz emisyonu tozlu ham maddelerden kaynaklanıyorsa, konveyör ve elevatörlerin kapalı olarak inşa edilmesi	Tesislerin tamamına yakını bu tekniği uyguluyor (% 80-90)
d	Hava kaçakları ve malzeme dökülme noktalarının azaltılması	Yeni kurulan tesislerde bu uygulama var
e	Otomatik cihaz ve kontrol sistemlerinin kullanılması	Genelde uygulanıyor (% 90)
g	Hareketli ve sabit vakumlu temizleme tesisatının doğru ve eksiksiz bakımının sağlanması	Tesislerin yaklaşık %80 de sabit vakumlu temizleme tesisatı yok, Hareketli temizlik araçları var
h	Havalandırma ve toz tutmanın torbalı filtreler ile yapılması	Tesislerin tamamında kullanılıyor
i	Otomatik elleçleme sistemleriyle donanımlı kapalı stoklama sistemlerinin kullanılması	Tesislerin özellikle çimento katkı maddeleri, katı yakıtlar ve kısmen hammadde stoklanması için ek kapalı alan kapasitesine ihtiyaç var, Otomatik yükleme ve boşaltma sistemleri eski ve yeni tesislerde kısmen uygulanıyor. Bu nedenle her tesis için kapalı stok alan ihtiyacı tespit edilerek yatırımlar öngörüldü Klinker için kapalı stok alanı ihtiyacı olduğundan tüm tesisler için 30 günlük fırın kapasitesini dikkatte alan kapalı alan yatırımları öngörüldü
j	Sevk ve yükleme işlemleri için toz emiş sistemi ile donatılmış ve yükleme bölgesine doğru konumlandırılmış, esnek dolun borularının kullanılması	Dökme malzemenin (klinker, Çimento ..) yükleme işlemlerinde genel olarak uygulanıyor.

Dökme ve stoklama alanlarından kaynaklanan yayılı toz emisyonlarının azaltılması/ önlenmesi için MET aşağıda listelenen mevcut en iyi tekniklerin biri veya birden fazlasını bir arada kullanır(Tablo 17) .

Tablo 17 MET'e göre Malzeme stoklama alanlarında toz kontrolü için önerilen teknikler

	Teknik	Mevcut Durum
a	Depolama ve stok alanlarının duvar, perdeleme veya dikey yeşillendirme (açık rüzgâr koruması için yapay veya doğal rüzgâr bariyerleri) ile oluşturulan bir muhafaza ile kapatılması	Genel olarak uygulanıyor, Özellikle ocak sahasında ve tesis sahasında yapılacak açık stoklamalar için daha yaygın olarak kullanımını sağlamak gerekiyor
b	Açık yığınlar için rüzgâr korumalarının kullanılması	Özellikle kömür ve Petro kok açık yığınlarında kısmen uygulanıyor.
c	Su spreyi ve kimyasal toz bastırıcıların kullanılması	Kısmen uygulanıyor (% 30-40)
d	Uygun yol kaplama, temizlik ve sulamanın sağlanması	Kısmen uygulanıyor
e	Stok yığınlarının nemlendirilmesinin sağlanması	Kısmen uygulanıyor
f	Yükleme ve boşaltma noktalarında toz emisyonlarının yayılmasının engellenemediği durumlarda, boşaltma yüksekliklerinin değişen yığın yüksekliğine göre mümkünse otomatik olarak veya boşaltma hızı düşürülerek ayarlanması	Kısmen uygulanıyor (hammadde yığınları, kömür yığınları)

Tozlu faaliyetler kaynaklı yayılı toz emisyonlarının azaltılması ve önlenmesi için yukarıda 1.2.5.1 g ve 1.2.5.1.i paragraflarında belirtilen aşağıdaki tekniklerin uygulanmasında tespit edilen eksikliklere göre her bir tesis için yatırım ihtiyacı belirlenmiştir.

- Hareketli ve sabit vakumlu temizleme tesisatının doğru ve eksiksiz bakımının sağlanması
- Otomatik elleçleme sistemleriyle donanımlı kapalı stoklama sistemlerinin kullanılması

Hammaddeler, çimento katkı maddeleri, klinker ve katı yakıtlar (kömür ve petrokok) için otomatik yükleme ve boşaltma sistemlerine sahip değişik kapasitelerdeki kapalı stok alan maliyetleri Tablo 18'de verilmektedir.

Tesislerin yayılı toz emisyonlarını azaltmak için gereken kapalı alan stok kapasiteleri ve yatırım tutarlarının belirlenmesinde Tablo 18'de belirtilen maliyetler kullanılmıştır. (**Senaryo C ve Senaryo D**)

Tablo 18 Kapalı Stok alanları ve Yatırım Maliyetlerinin Analizi*

Üniteler	Ebat m	Kapasite t	Maliyetler* (USD)				Toplam
			İnşaat	Çelik	Mekanik	Elektrik	
Hammadde Stok hölü	R= 100	42.000	900.000	1.000.000	800.000	300.000	3.000.000
Katkı Stok holü	65X129	21.500	1.200.000	1.050.000	1.450.000	300.000	4.000.000
Kömür Stok hölü	70x170	12.000	1.400.000	1.500.000	800.000	300.000	4.000.000
Klinker Stok hölü	R=100	50.000	1.400.000	1.000.000	1.200.000	400.000	4.000.000
Klinker Silosu	R 40	120.000	2.000.000	1.500.000	1.200.000	400.000	5.100.000

* Türkiye Çimento Sanayinde son yıllarda yapılan yatırımlar için tedarikçilerden alınan güncel yatırım rakamları

3.3.1.3 NO_x Emisyon Azaltımı (1.2.6.1 / (2013/163/EU))

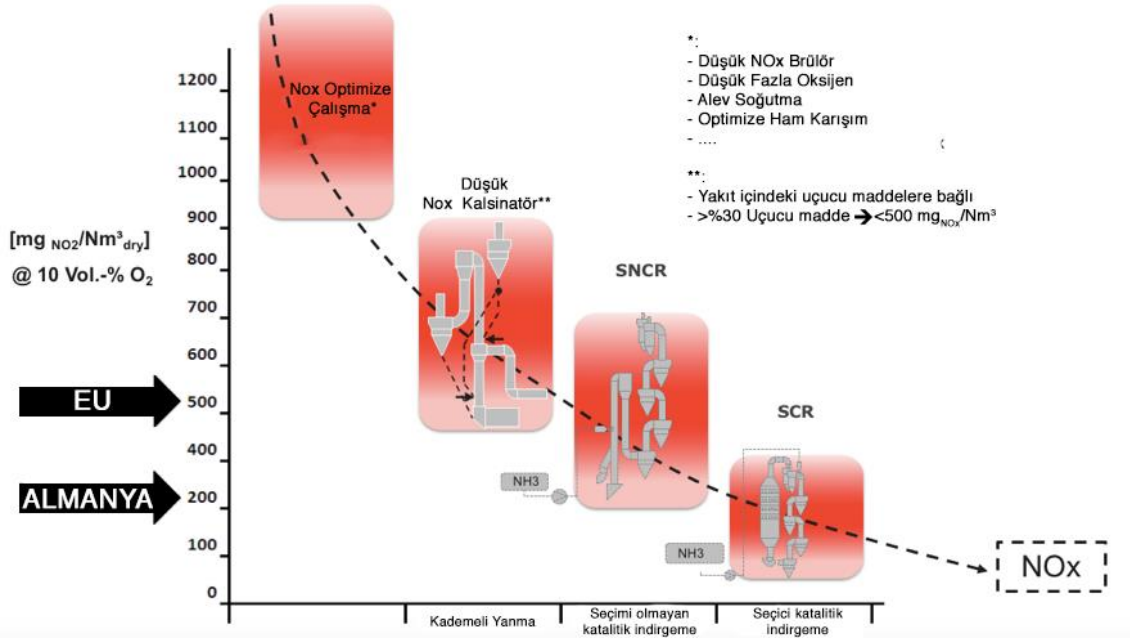
Türkiye Çimento Sanayinde Kurulu ve 2015 /2016 yılında işletmede olan 74 tesis ile ilgili NO_x emisyonları; tesislerden paylaşılan ölçüm sonuçları, SEÖS verileri ve emisyon iznine esas raporlardan sağlanan verilere göre değerlendirilerek aşağıdaki tespitler yapılmıştır.

- Tüm fırınların NO_x emisyonları 2009 yılı öncesi kurulmuş fırınlar için güncel emisyon sınır değeri olan >1300 mg/Nm³ altındadır.
- Değerlendirmeye alınan 74 fırından kurulu kapasitenin yaklaşık % 35'ni temsil eden 37 fırının NO_x emisyonları 800 mg /Nm³ üzerindedir.
- MET İES uyumu için (< 450 mg/Nm³) birincil teknikler yanında SNCR yatırımı gerekmektedir. 74 Fırından sadece 5 fırının NO_x emisyonu MET İES uyumludur (< 450 mg / Nm³).
- Tüm tesislerin ortalama NO_x emisyon seviyesi 781 mg /Nm³ olarak hesaplanmıştır.
- Sektörde 13 fırında SNCR bulunmaktadır. Diğer tüm fırınlarda NO_x emisyonları MET İES uyumlu olanlar dahil SNCR ve NH₃ akış kontrol sistemleri yatırımı ön görülmüştür.

NO_x emisyonlarının azaltımı için MET sonuçları birincil teknikler, kademeli yanma, SNCR ve SCR gibi alternatif yatırımları kapsamaktadır. Birincil teknikler (düşük NO_x brülörler, düşük oksijen fazlalığı, alev soğutma ve hammadde karışımının optimizasyonu) NO_x emisyonunu >900 mg /Nm³ düşürebilmektedir. Kademeli yanma olarak tanımlanan düşük NO_x kalsinatör NO_x emisyonunu >500 mg/Nm³ düşürmektedir. <450 mg/Nm³ NO_x emisyonları için SNCR teknolojisi kullanılması gerekmektedir (Şekil 40). NO_x azaltımı için mevcut en iyi teknikler ve güncel maliyetleri Tablo 19'da verilmektedir.

Tablo 19 MET'e Göre NO_x Azaltım Teknikleri ve Yatırım - İşletme Maliyetleri¹⁷

MET Önlem/teknik	Uygulanabildiği fırın sistemleri	Azaltma etkinliği (%)	Emisyon verileri		Maliyet verileri	
			mg/Nm ³	kg/t	Yatırım (Milyon USD)	İşletme USD/t klinker
Alev soğutma	Tümü	0-35	500-1000	1.15-2.3	0.2' ye kadar	0.05
Düşük NO _x brülörü	Tümü	0-35	500- 1000	1.15-2.3	0.45'e kadar	0.07
Birincil önlemler/ teknikler	Tümü	25	1400'den 950'ye azaltıldı	2.4	0.25	0.05- 0.06
Fırın ortası ateşleme	Uzun	20-40	Bilgi Yok	-	0.8-1.7	Bilgi Yok
Mineralize klinker	Tümü	10-15	Bilgi Yok	-	Bilgi Yok	Bilgi Yok
Kademeli yanma	Ön kalsinatörlü	10-50	450-1000	1.04-2.3	0.1 - 2	0.1- 1
	Ön ısıtıcı				1 - 4	
SNCR	Ön ısıtıcı ve ön kalsinatörlü	30 ila 90	<200 -500	0.4-1.15	0.4 – 1.0	0.1 - 1.7
	Lepol Izgara ön ısıtıcı	35	<500-800)	1.15-1.84	0.5	0.84
SCR	Muhtemelen ön ısıtıcı ve ön kalsinatörlü olanların tümü	43-95	<200 – 500	0.23-1.15	2.2-4.5	0.33-3



Şekil 40 NOx Emisyonları ve MET Azaltım Potansiyelleri

3.3.1.4 Enerji verimliliği (1.2.3.1 /1.2.3.2)

Türkiye Çimento Sanayinde Kurulu ve üretim yapmakta olan fırınların enerji verimliliği seviyeleri ile ilgili bilgiler önemli ölçekte (> %80) tedarikçiler, TÇMB ve tesislerden sağlanmıştır. Sağlanan verilerin analizi sonucunda aşağıdaki tespitler yapılmıştır.

- 2017 yılından sonra tesislerin tamamı MET'e uyumlu (mevcut 2 yarı kuru proses fırın (Afyon I /II 2016 yılı sonunda kapatılacaktır. Söke I ve Elazığ I çalıştırılmamaktadır.) kuru proses + ön ısıtma teknolojilerini kullanılacağını göstermektedir.
- Kurulu 81 fırının 52'sinde ön kalsinasyon bulunmaktadır. Kurulu fırınların 4'ü yarı kuru, 25'i kuru ve 52'si kuru + ön kalsinasyon teknolojisine sahip tesislerdir.
- Kurulu fırınların yaklaşık üçte ikisi (% 65) ön kalsinasyonlu olmasına rağmen sektörün ortalama ısı tüketimi yüksek olup (815-825 Kcal /Kg) bu değerler MET İRD aralığının üst sınırından da yüksektir (789 Kcal /kg Klinker) .
- Yüksek termik ısı tüketiminin ana nedenleri olarak; Klinker hammadde ve yakıt hazırlamada kalite sürekliliği eksikliği ve aşırı dalgalanmalar, atık yakıt kullanımının oluşturduğu verimsizlikler, proses hataları, yüksek sayıda duruşlar ve operatör yetersizlikleri olarak sıralanabilir. Projede söz konusu faktörler ayrı ayrı değerlendirilerek enerji verimliliği ve emisyonlar üzerindeki olası etkileri analiz edilmiştir. Yukarıda belirtilen nedenlerin ortadan kaldırılması ile enerji verimliliğini + %1-3 oranında iyileştirmek mümkündür.
- Birincil enerji tüketiminin azaltılması için MET, çimento ve çimento ürünlerinde klinker miktarının azaltılmasını öngörmektedir. 2015 yılında Türkiye'de üretilen çimentonun klinker kullanım oranı %80 seviyesindedir. Sektörün karbon emisyonlarının düşürülebilmesi için çimentoda klinker oranı, çimento tipleri ve dayanım performansı optimize edilerek düşürülmelidir.

- Birincil enerji tüketiminin azaltılması için MET, kojenerasyon (eş üretim)/kombine (birleşik) ısı ve enerji santrallerinin kullanımı öngörmektir. Türkiye Çimento Sanayinde kurutma ihtiyacı fazlası proses atık ısıların değerlendirildiği 12 tesiste 12 adet ve yaklaşık 105 MW kapasitesi olan elektrik üretim santrallerine sahiptir. (WHR)
- Klinker fırınlarında atık veya atıktan türetilmiş yakıt kullanımı MET sonuçları kapsamında enerji verimliliği için kullanılacak tekniklerden biri olarak belirtilir. Atık kullanımın uygun kalorifik değeri ve düşük rutubet oranı ile enerji verimliliği üzerinde olumlu etkisi olması istenir. Türkiye Çimento Sektöründe atık yakıt kullanım oranı 2015 yılında % 3,8 seviyesinde gerçekleşmiştir. Ve birçok tesiste kullanılan atık yakıtlarda kalite sürekliliği sağlanamadığından termik verimlilik üzerinde olumsuz etkisi olduğu görülmektedir..
- Fırına atık besleme noktalarının uygunluğu ve tam yanma için belirli sıcaklık aralığında atığın bekleme süresi, kullanılacak olan fosil yakıt ve atık yakıtın özellikleri ile ilgilidir ve ön ısıtıcı, ön kalsinatör, yanma kamarası ve fırın bu özelliklere göre tasarlanır. Türkiye Çimento Sanayinde genellikle fırınlar konvansiyonel ön ısıtıcı ve ön kalsinatöre sahiptir ve yüksek oranda değişik karakterde atık yakıt yakma için uygun değildir. Bu nedenle önerilen iyileştirme projelerinde kademeli yanma ve /veya yanma kamarası yatırımları dikkatte alınmıştır.
- Enerji Tüketimi ile ilgili (1.2.3.2) MET sonuçlarına göre sektörün değerlendirilmesini genel olarak Tablo 20’de özetlenmiştir.

Tablo 20 MET Sonuçlarına göre enerji verimliliği ile ilgili sektörün durumu

	Teknik	Mevcut Durum
a	Geliştirilmiş ve iyileştirilmiş fırın sistemleri ve aşağıdaki uygulamalarla proses parametreleri ayar noktalarına yakın işletilen düzgün ve kararlı fırın prosesi uygulaması: I. Bilgisayar tabanlı otomatik kontrol sistemi içeren, proses kontrolü optimizasyonu II. Modern, gravimetrik ve katı yakıt besleme sistemleri III. Mevcut fırın sistemi yerleşimini dikkate alan, mümkün olan ölçüde ön ısıtma ve ön kalsinasyon.	Genellikle Uygulanıyor. Uygulama Seviyesi < %80 Genellikle Uygulanıyor. Uygulama seviyesi >90 Ön ısıtıcı %100 uygulanıyor. Ön kalsinasyon > % 80 kapasite olarak < %65 fırın sayısı olarak Uygulanıyor.
b	Fırınlardan atık ısıların geri kazanılması Soğutma bölgesinden (sıcak hava) ve ön ısıtıcıdan geri kazanılan atık ısı, özellikle ham maddelerin kurutulması için kullanılabilir.	% 100 uygulanıyor
c	Mümkün olan en uygun sayıda siklon kademesinin, kullanılan ham madde ve yakıt özelliklerine bağlı olarak uygulanması.	% 90- 100 uygulanıyor
d	Termik enerji tüketimi üzerinde pozitif etkiye sahip yakıtların kullanılması.	Kısmen Uygulanıyor.
e	Geleneksel yakıtlar yerine atık yakıtlara geçilirken, optimize edilmiş ve en uygun çimento fırın sistemlerinin kullanılması.	2-3 Fırın dışında tüm fırınlar konvansiyonel ön ısıtıcı ve ön kalsinasyon teknolojisine sahip, yüksek oranda atık yakıt yakmak için uygun değil
f	Baypas akımlarının en aza indirilmesi.	Özel klinker üretimi dışında (Düşük Alkali) Fırın gazları baypas edilmiyor.

Termik ısı tüketimi MET İRD aralığının üst sınır değerinden yüksek olan tüm tesisler için iyileştirme ve teknolojik dönüşüm yatırımları önerilmektedir. Prensip olarak enerji verimliliği ile ilgili yatırımlar, aynı zamanda kapasite artışı ve yüksek oranda atık yakıt kullanımını sağlıyorsa geri dönüşü orta vadede (4-7 Yıl) gerçekleşen yatırımlardır. Eğer sadece enerji verimliliği sağlamak için yatırım yapılıyorsa yatırımın geri dönüşü uzun vadeye (7-15 Yıl) yayılabilir.

Aşağıda Tablo 21’de enerji verimliliğine yönelik yatırım maliyetleri 2000 ton/gün, 3500 ton /gün ve 5000 ton /gün Klinker kapasiteli fırınlar için verilmektedir.

Tablo 21 Enerji Verimliliği İlgili Önlemler ve Olası Yatırım Maliyetleri*

MET Teknik / Önlemler Fırın Kapasiteleri	Maliyet 1000 USD			Düşünceler
	< 2000 ton /gün	2000-4000 ton / gün	4000-6000 ton / gün	
Proses Optimizasyonu	1.500-2.000	1.500-2.500	2000-3.500	. Expert sistem Fırın . Birincil teknikler . Proses Otomasyon
Kalite Kontrol Sistemi Optimizasyonu	1.000-2.000	1.500- 2.000	2.000-2.500	. On line analizör . Otomatik numune alma, hazırlama . Kalite otomasyon ve kontrol
Ön ısıtıcı + Ön Kalsinasyon Ön Isıtıcı Siklon Sayısı ve Kademe Ön Isıtıcı Siklon İlave Etme Klinker Soğutucu Yenileme	4.000 -7.000	5000- 8.000	6.000-9.000	. Mekanik . İnşaat . Elektrik . Otomasyon . Yakıt besleme . Brülörler . Refrakter
Kademeli Yanma, Yanma Kamarası	1.5000-2.500	2.000-3.000	4.000.000	. Mekanik . İnşaat . Elektrik . Otomasyon . Yakıt besleme . Brülörler . Refrakter
Yakıt besleme ve Yakıt Yakma Sistemi	600 - 800	800- 1.000	1.000-1.500	. Makine ve Ekipman . Elektrik ve Otomasyon
Atık Hazırlama ve Besleme Sistemi	1.500-2.500	2.000-4.000	2.000-4.000	. Makine ve Ekipman . Elektrik ve Otomasyon

* Son yıllarda yapılan yatırımlardan ve yapılmakta olan yatırımlardan elde edilen maliyetlerdir.

3.3.2 EED Uyum Maliyetleri Analizi

Yukarda tanımlanan dört ana senaryo doğrultusunda hesaplanan uyum maliyetleri Tablo 22’de verilmektedir.

Türkiye Çimento Sanayinin EED uyumu için ön görülen dört senaryonun toplam maliyeti 873.000.000 USD olarak hesaplanmıştır. Bu kapsamda;

- PM emisyonlarını (MET 1.2.5.2/1.2.5.3/1.2.5.4) azaltmak veya önlemek için gerekli toplam yatırım tutarı 86.000.000 USD,
- Birincil teknikleri (MET 1.2.1) ve İzleme teknikleri (MET 1.2.2) yatırımları için 91.000.000 USD,
- NOx emisyonlarını önlemek veya azaltmak için (MET 1.2.6.1) 24.000.000 USD
- Termik enerji verimliliği için 265.000.000 USD,
- Tozlu faaliyetler kaynaklı yayılı toz emisyonlarını (MET 1.2.5.1) azaltmak için kapalı alan stok kapasitesini arttırmak 308.000.000 USD, (Yakıt, Çimento Katkıları, Hammaddeler)
- Tozlu faaliyetler kaynaklı yayılı toz emisyonlarını azaltmak için (MET 1.2.5.1) kapalı alan stok kapasitesini arttırmak için 99.000.000 USD, (Klinker)

bulunmuştur.

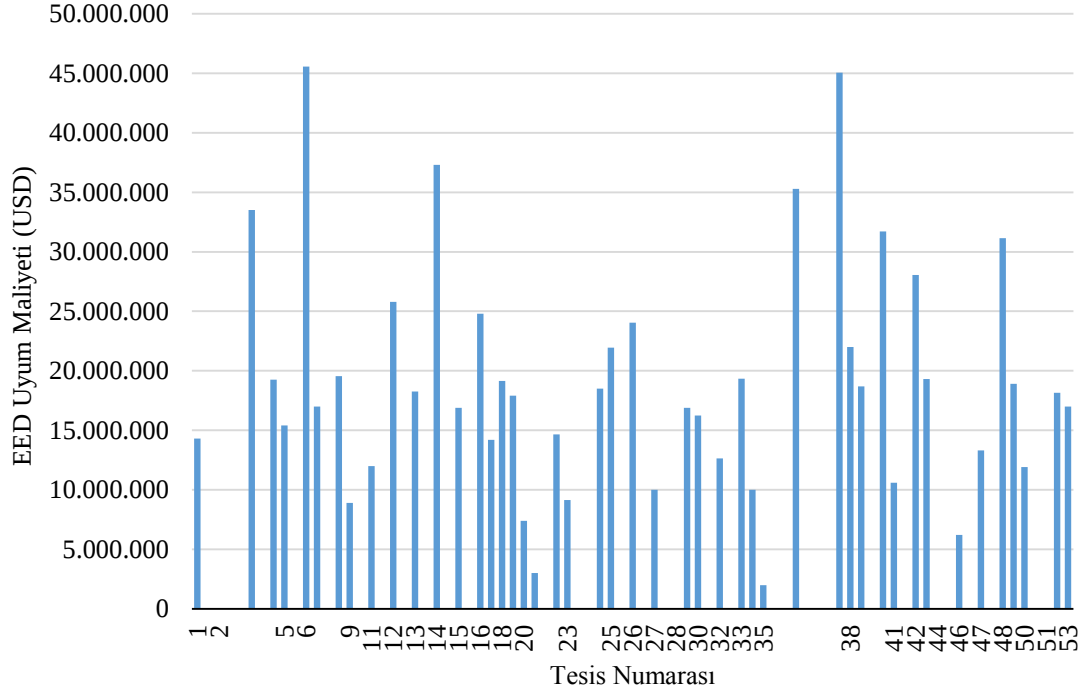
Tablo 22 Türkiye Çimento Sektörü EED Uyum Maliyetleri Analizi

MET / SENARYO	SENARYO A MALİYET 1000 USD					SENARYO B MALİYET 1000 USD		SENARYO C MALİYET 1000 USD	SENARYO D MALİYET 1000 USD
MET	1.2.1 1.2.2	1.2.5.2 1.1.2	1.2.5.3	1.2.5.4	1.2.6.1 1.2.6.2	1.2.3.1 1.2.3.2	1.2.4.2	1.2.5.1 / a	1.2.5.1 / b
MALİYET 1000 USD	91.000	46.000	27.000	13.000	24.000	265.000		308.000	99.000
SENARYO A 1000 USD	201.000								
SENARYO B 1000 USD	466.000								
SENARYO C 1000 USD	774.000								
SENARYO D 1000 USD	873.000								

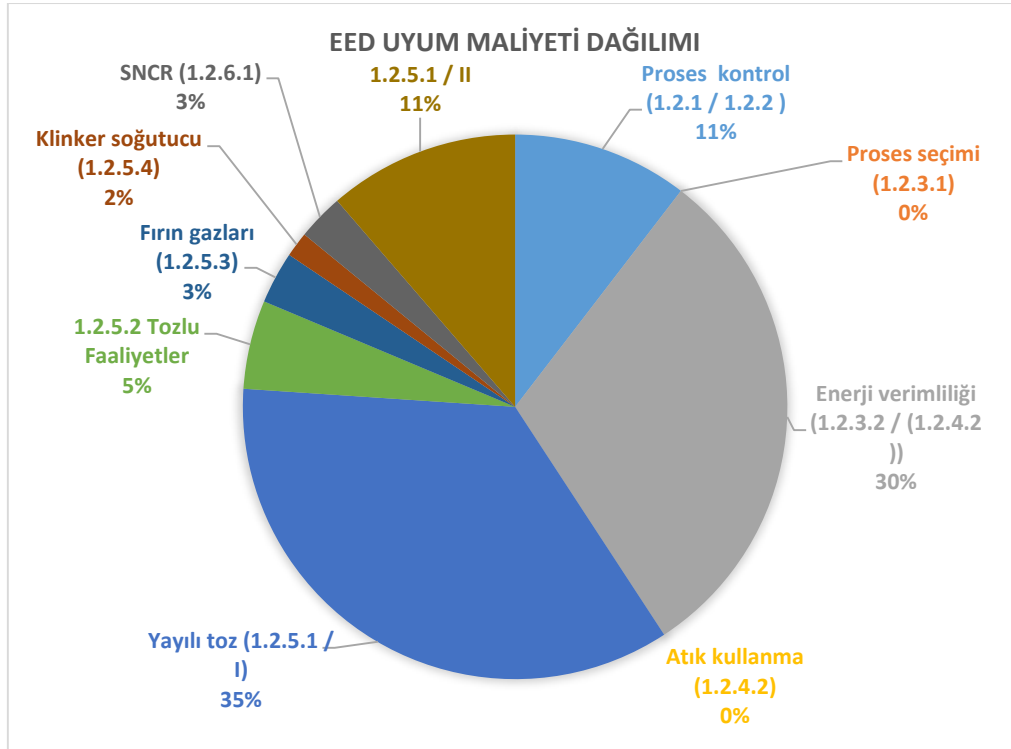
EED uyum maliyetlerinin tesis bazında dağılımı Şekil 41’de verilmektedir. Tesis başına ortalama uyum maliyeti yaklaşık 18,9 Milyon USD (17,9 Milyon Avro) seviyesindedir. Her tesis için olası uyum maliyetleri EK II de verilmektedir.

Söz konusu yatırımlar içinde en yüksek pay % 36 ile tozlu faaliyetlerden kaynaklanan toz emisyonlarının önlenmesi ile ilgili teknikler ile ilgili yatırımlardan (MET 1.2.5.1) kaynaklanmaktadır. Enerji verimliliği ile ilgili (1.2.3.1/2) yatırımların payı % 30, birincil teknikler ile ilgili yatırım payı % 11 seviyesindedir (Şekil 41). Fırın yanma gazları kaynaklı toz emisyonlarının MET İES uyumlu hale getirmek için gerekli yatırımların payı % 3, klinker soğutucu ve çimento değirmenleri kaynaklı toz emisyonları (MET 1.2.5.4) yatırımlarının payı

%2'dir. Tozlu faaliyetler kaynaklı (MET 1.2.5.2-kırma, stoklama, kömür öğütme, homojenizasyon, kömür öğütme, paketleme, taşıma ve stoklama) toz emisyonları için gerekli yatırımların payı %5 olarak hesaplanmıştır..



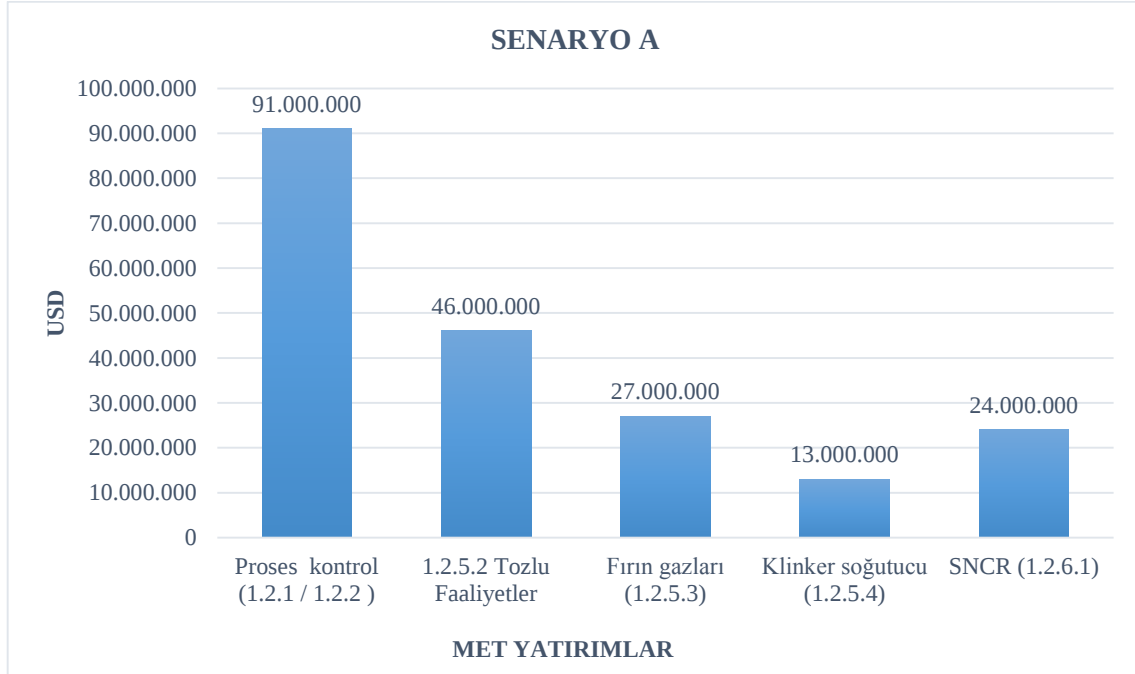
Şekil 41 EED Uyum Maliyetlerinin Tesislere Dağılımı



Şekil 42 EED Uyum Maliyetinin MET'e Göre Dağılımı

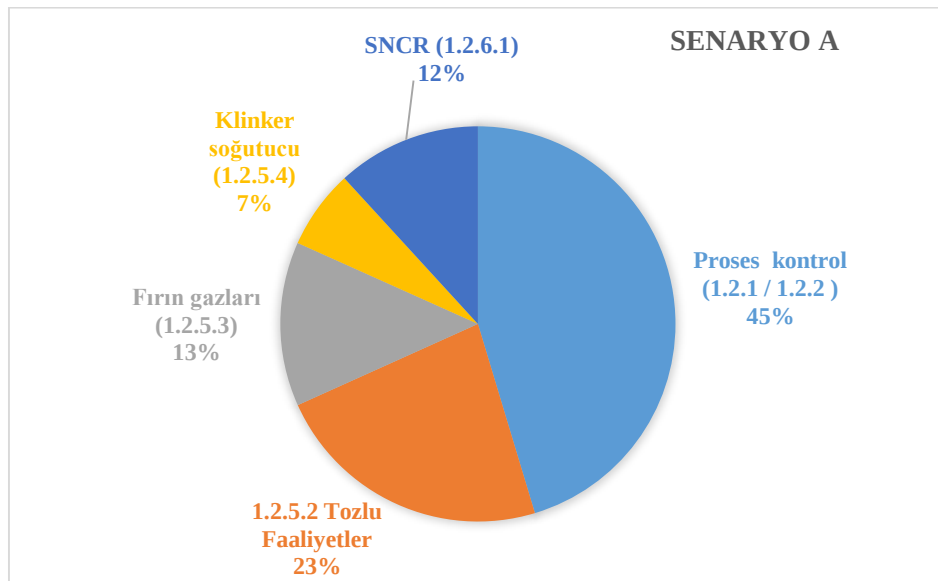
Senaryo A

Senaryo A Tozlu faaliyetler kaynaklı toz emisyonları, yanma gazları kaynaklı toz emisyonları, çimento ve klinker soğutucu kaynaklı toz emisyonları ile birlikte gaz bileşen NOx emisyonlarını azaltmak veya önlemek için ön görülen yatırımları kapsar (Şekil 43).



Şekil 43 Senaryo A Yatırım Dağılımı USD

Senaryo A kapsamında öngörülen yatırımların % 45'i proses otomasyonu ve birincil teknikler le ilgili yatırımlardır. Toz ve Gaz emisyonlarını MET İES uyumlu duruma getirmek için olası yatırım tutarı 110.000.000 USD olup toplam yatırım ihtiyacının % 13 seviyesindedir (Şekil 44).

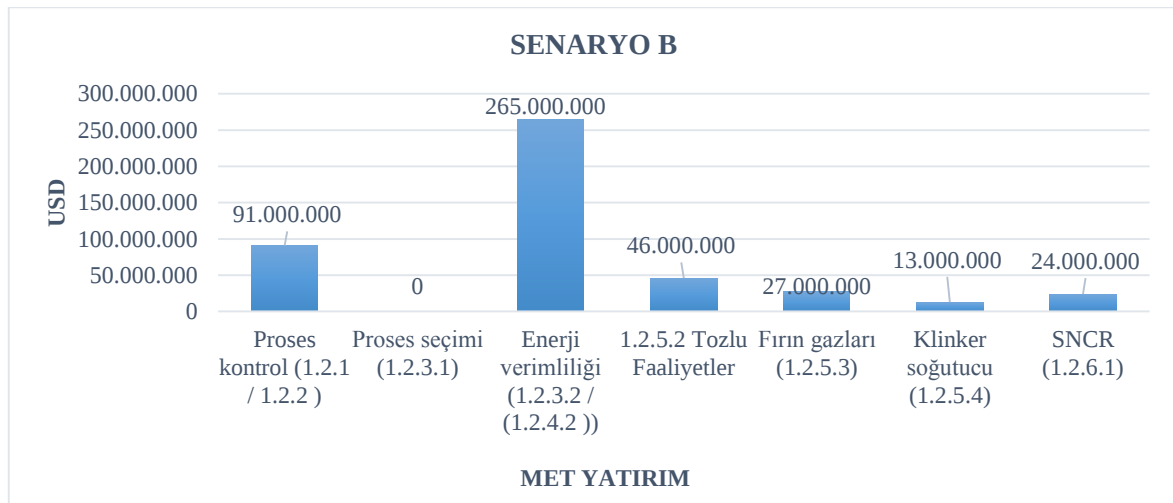


Şekil 44 Senaryo A Yatırım İhtiyacı Dağılım Oranları

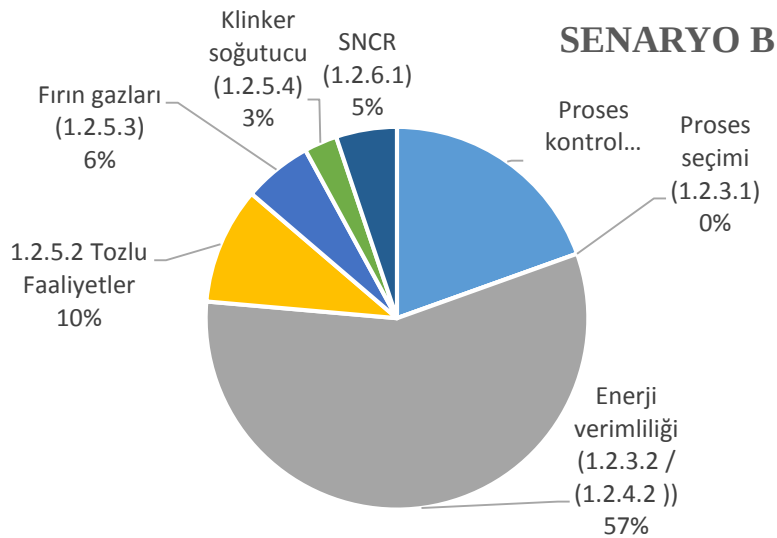
Senaryo B

Senaryo A ile birlikte enerji verimliliği ile ilgili olası yatırım ihtiyacını kapsar. Bu kapsamda ön ısıtıcı modifikasyonları, ön kalsinasyon ilavesi, kademeli yakma ve yakma kamerası, yakıt besleme ve yakma sistemleri ile birlikte ana fan + filtre fan ilaveleri gibi yatırım kalemleri dikkatte alınmıştır. Senaryo B de enerji verimliliği (MET 1.2.3.1/2) ile ilgili toplam yatırım tutarı 265.000.000 USD olup bu kısımdaki toplam yatırımın %57'sini oluşturur. (Şekil 45 /46)

Enerji verimliliğini ile ilgili yatırım ihtiyacı toplam yatırım ihtiyacının yaklaşık % 31'ni oluşturur. Enerji verimliliği ile ilgili yatırımlar diğer çevre yatırımlarına nazaran geri dönüşü olan yatırımlardır. Fakat yapılan yatırım kapasite artışı ön görmüyorsa yani yatırımın fizibilitesinde kapasite artış etkisi yoksa bu tip yatırımlar uzun vadede geri dönüşü olan yatırımlar (7 – 20 Yıl) kapsamına girmektedir..



Şekil 45 Senaryo B Yatırım Dağılımı USD

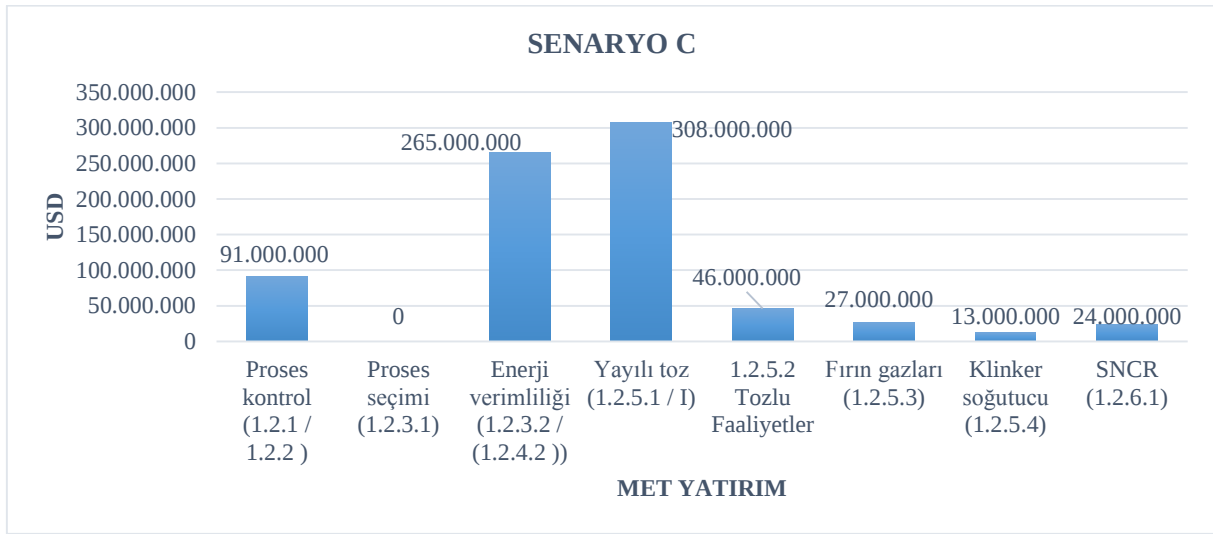


Şekil 46 Senaryo B Yatırım İhtiyacı Dağılım Oranları

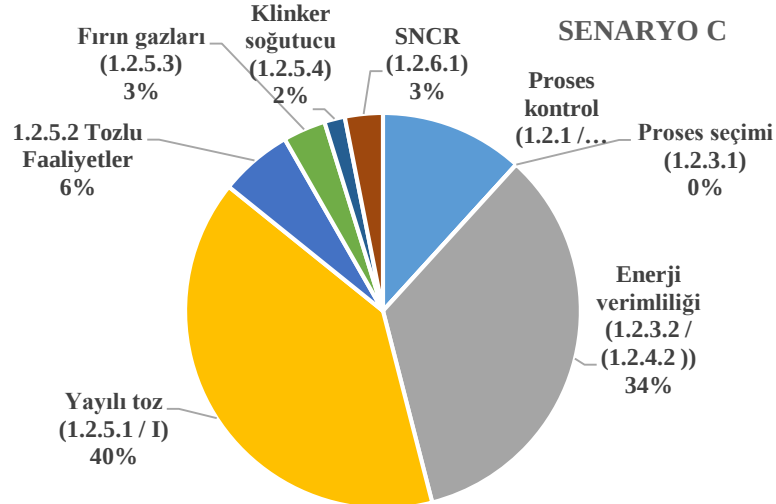
Senaryo C

İlk iki senaryo ile birlikte çimento üretim tesislerindeki tozlu faaliyetler kaynaklı yayılı toz emisyonlarını azaltmak için ve/veya önlemek için klinker kapalı stok alanları dışındaki olası yatırımları kapsar. Özellikle hammadde, çimento katkı maddeleri ve katı yakıtların yığılması, stoklanması ve yüklenmesi gibi faaliyetlerin kapalı alanda ve otomatik besleme ve boşaltma sistemleri ile yapılmasını sağlamaya yönelik yatırımları kapsar (MET 1.5.1.1 b, c, g, h, i)

Bu kapsama giren yatırımlar (kapalı stoklama alanları II hariç) EED uyum için gereken yatırımların yaklaşık %36'sını kapsar(Şekil 47). Söz konusu yatırımların Senaryo C içerisindeki payı %40 seviyesindedir. (Şekil 48)



Şekil 47 Senaryo C Yatırım Dağılımı USD

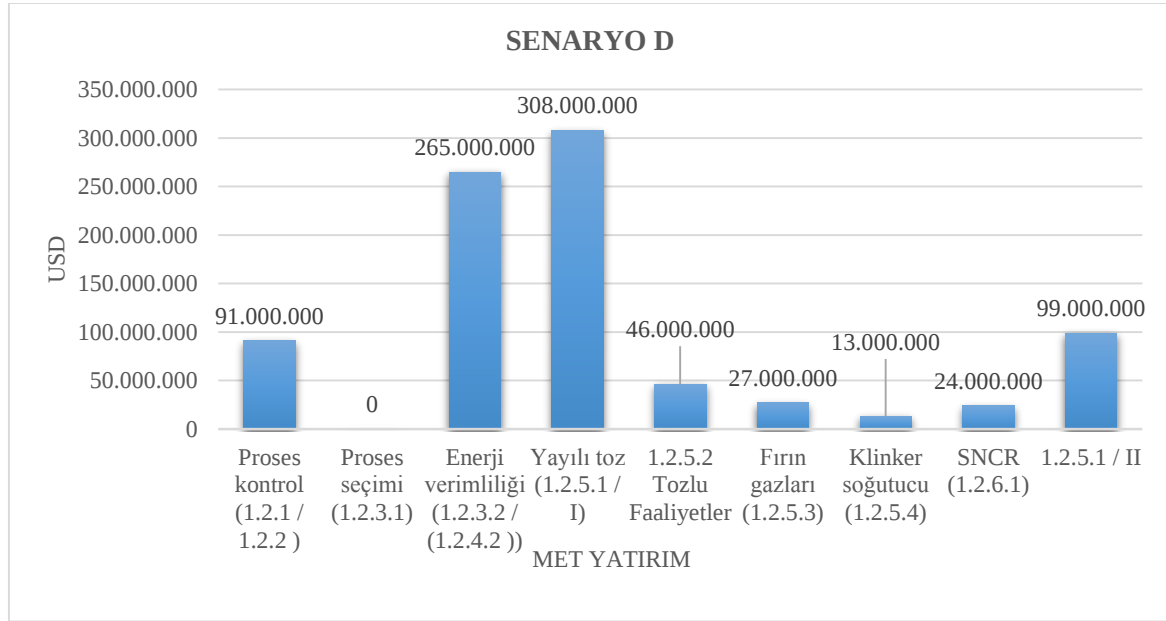


Şekil 48 Senaryo C Yatırım İhtiyacı Dağılım Oranları

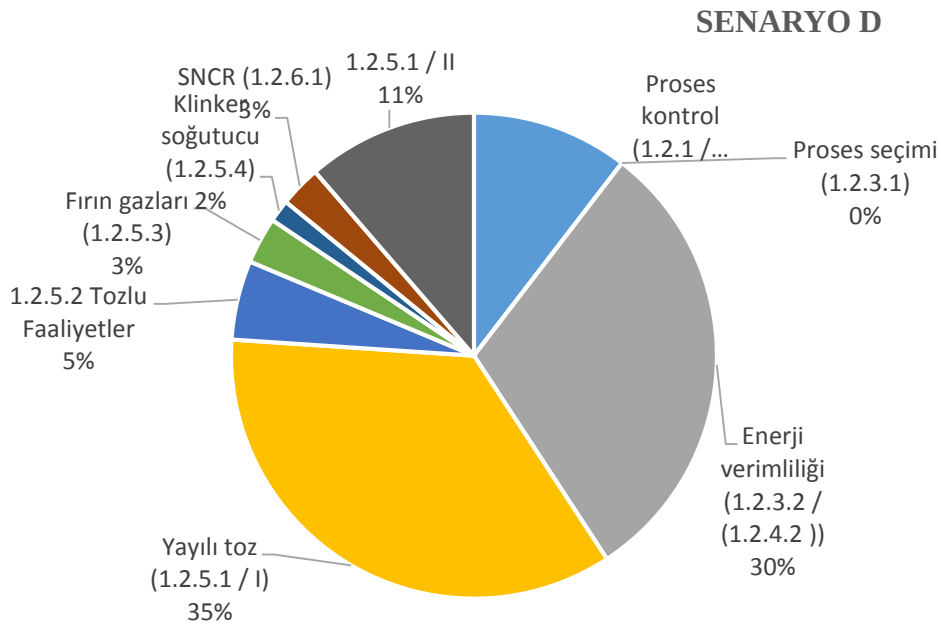
Senaryo D

Diğer senaryolarda ön görülen yatırımlar ile birlikte klinker kapalı alan stoklama kapasitesini ortalama 30 fırın-güne çıkarılması için olası yatırımları kapsar. Bu kapsamdaki yatırım ihtiyacı EED uyumu için gerekli toplam yatırımın yaklaşık %10 oluşturur. (Şekil 49)

Şekil 50, Senaryo D yatırım ihtiyacı dağılımını aynı zamanda EED uyum için olası tüm yatırım tutarını göstermektedir. Şekil 49 EED uyum için gerekli yatırımların her birinin toplam yatırım içindeki payını göstermektedir.



Şekil 49 Senaryo D Yatırım Dağılımı USD



Şekil 50 Senaryo D Yatırım İhtiyacı Dağılım Oranları

4. ENDÜSTRİYEL EMİSYONLAR DİREKTİFİ (EED) VE UYGULANMASI

4.1 EED Koşulları ve Uyum Gereksinimleri

İlk olarak 1996 yılında kabul edilen 96/61/EC sayılı EKÖK Direktifi, kirlilik önleme ve kontrol alanında entegre bir yaklaşımı benimsemektedir. Yüksek kirletici potansiyele sahip sanayi ve tarımsal faaliyetlerin, işletme izni almalarını zorunlu kılarak havaya, toprağa ve suya verilen emisyonları ve atık yönetimini ele almaktadır. Orijinal EKÖK Direktifi yürürlüğe girdikten sonra 4 kez değiştirilmiştir ve tüm değişiklikleri içeren sürümü 2008 yılında yayımlanmıştır (2008/1/EC).

2008/1/AB Direktifi yerine, 24 Kasım 2010 tarih 2010/75/AB sayılı Avrupa Parlamentosu komisyonu kararı ile mevcut yedi direktifin birleştirilmesiyle oluşturulan Endüstriyel Emisyonlar Direktifi ile ikame edilmiştir (EED).

EED kapsamında endüstriyel emisyonlarla ilgili mevcut yedi Direktifi açık, anlaşılır ve tek bir yasal belge haline getirmiştir. Bu değişiklik EKÖK Direktifini, Büyük Yakma Tesisleri Direktifini, Atık Yakma Direktifini, Solvent Direktifi ve Titanyum Dioksit ile ilgili üç Direktifi kapsamaktadır.

Söz konusu Endüstriyel Emisyon Direktifin 2010 yılında Komisyon onayını almıştır (2010/75/AB).

Endüstriyel Emisyonlar Direktif aşağıdaki ana ilkelere dayanmaktadır:

Entegre yaklaşım: Bu yaklaşımın amacı, çevrenin bir bütün olarak yüksek düzeyde korunmasını sağlamaktır. Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı kirlenmeyi ‘kirleten öder’ ve kirliliğin önlenmesi ilkeleri kapsamında önlemek, azaltmak ve mümkün olduğunca ortadan kaldıracı olmak için ana endüstriyel faaliyetlerin denetimi amacıyla genel bir çerçeve oluşturulması, kaynaktan önlemeye öncelik verilmesi, doğal kaynakların dikkatli kullanımının güvence altına alınması ve gerektiğinde ekonomik durum ile endüstriyel faaliyetin yürütüldüğü yerin özgül yerel karakteristiğini dikkate almak gereklidir. Bu nedenle işletme iznin verilmesinde, örneğin havaya, suya ve toprağa yapılan emisyon, enerji verimliliği, ses, kazaların önlenmesi ve kapanma sonrası tesisin restorasyonu gibi tesisin tüm çevresel performansı yetkililerce dikkate alınmalıdır.

Mevcut En İyi Teknikler (MET’ler): Ruhsatlandırma (izin) koşulları ve emisyon sınır değerleri (ESD) mevcut en iyi teknikleri (MET) , ilişkili emisyon sınır değerlerini (MET İES) ve ilişkili en iyi referans değerlerini dikkate almalıdır. Endüstri ve lisans yetkisi için çalışma kılavuzu veya takip edilmesi gerekli yol ve baş vuru belgeleri , uzmanlar, endüstriyel ve çevre örgütleri arasındaki bilgi alışverişi sonucu hazırlanması gerekir.

Esneklik: Ruhsatlandırma koşullarının belirlenmesinde aşağıdaki konuları dikkate alarak başvuru veya izin sahiplerine esneklik sağlanmaktadır:

- Tesisin teknik özellikleri
- Tesisin coğrafi konumu
- Yerel çevresel koşullar.
- Halkın katılımı: EE Direktifi halka, karar verme sürecine katılma ve sonuçlarından haberdar olma hakkı vermektedir.

Uyum gereksinimleri

İşletmeciler izin alabilmeleri için ilgili yerel faktörleri de dikkate alarak MET'leri uygulamak adına sistematik öneriler geliştirdiklerini ve diğer bazı şartları yerine getirdiklerini göstermelidir. Bu şartlar aşağıdaki gibidir:

- Tüm uygun kirlilik önleme tedbirlerinin alınması, yani MET'ler (en az miktarda atık üreten, daha az zararlı maddeler kullanan vs.)
- Üretilen maddelerin geri kazanılmasının ve geri dönüşümünün sağlanması
- Tüm büyük boyutlu kirliliğin önlenmesi
- En az kirlenmeye neden olan şekilde atıkların önlenmesi, geri dönüşümü veya giderilmesi
- Enerjinin verimli bir şekilde kullanılması
- Kazaların önlenmesi ve zararların en aza indirilmesi
- Faaliyet bittikten sonra tesisin başlangıçtaki haline getirilmesi

İzin verme sürecini etkileyen faktörler

Bunlara ek olarak izin verme kararı aşağıdakiler de dâhil olmak üzere birtakım özel şartları içermelidir:

- Kirliliğe neden olan maddelerin emisyon sınır değerleri (emisyon ticaretinin geçerli olduğu durumlarda sera gazı hariç olmak üzere)
- Gerekli tüm hava, su ve toprak koruma önlemleri
- Atık yönetimi önlemleri
- İstisnai durumlarda alınması gereken önlemler (örneğin, sızıntılar, arızalar, geçici veya kalıcı kesintiler vs.)
- Uzun mesafe veya sınır ötesi kirliliğin en aza indirilmesi
- İzleme sonuçlarının yayımlanması
- Diğer tüm gerekli önlemler.

İzin başvurusu

Tüm izin başvuruları izin veren yetkili makama gönderilmelidir; bu makam daha sonra faaliyete onay verip vermeyeceğine karar vermektedir. Başvurular aşağıdaki bilgileri içermelidir:

- Tesisin tanımı, faaliyetlerinin türü ve boyutu, arazi koşulları
- Kullanılan veya üretilen malzemeler, maddeler ve enerji
- Tesisteki emisyon kaynakları ve çevreye yayılabilecek öngörülebilir emisyonların yapısı ve miktarı ile çevre üzerindeki etkileri
- Tesisteki emisyonları önlemek veya azaltmak adına önerilen teknoloji ve diğer teknikler
- Atıkların önlenmesi ve geri kazanımı için alınan önlemler
- Emisyonların izlenmesi için tasarlanmış önlemler
- Olası alternatif çözümler (Avrupa Parlamentosu ve Konseyi 2010)

4.2 Pratikte EED Uygulanışı ve Deneyimler

96/61/EC sayılı EKÖK Direktifinin sonrasında, Endüstriyel Emisyonlar Direktifi (2010/75/AB) uygulanması AB Üye Devletleri arasında farklılık göstermektedir. Bu durum kısmen Üye Devletlerin başlangıçtaki konumu ve önceden var olan düzenleyici sistemleriyle, kısmen de Direktifte bulunan esneklikle alakalıdır.

Direktifin iç hukuka aktarılması

Direktifin Üye Devletlerce iç hukuka aktarılmasında önemli gecikmeler görülmüştür. AB 28 Üye Devletlerinin önemli bir kısmı , Direktifi 2014 yılının sonuna kadar iç hukuka tam olarak aktarmamıştır ve hala bazı açıklar mevcuttur. Çoğu yeni Üye Devlet Direktifi iç hukuklarına aktarmaya devam etmektedir.

Aktarma esnasında Üye Devletlerce (ÜD) farklı yaklaşımlar kullanılmıştır. Genellikle çoğu ülkede hâlihazırda entegre bir izin sistemi mevcuttu ve bazıları (Fransa ve İsveç) Direktifi var olan mevzuatta sadece küçük değişiklikler yaparak iç hukuka aktardı. Diğer ÜD'ler (Portekiz ve İspanya) ve yeni ÜD'lerin çoğu, Direktifin hükümlerini daha yakından takip edebilmek adına yeni izin sistemleri ve prosedürler geliştirdiler ve genelde yeni bir mevzuat hazırladılar (Avrupa Toplulukları Komisyonu).

İzin Vermede ilerleme

AB ye üye devletlerin izin verme sürecinde yetersiz ilerleme kaydettiği görülmüştür; bu durum, tüm uygun tesislere direktif koşullarına uymaları için verilen sürenin sonu olan tarihe yetişememe endişesi uyandırmıştır.

Şimdiye kadar ülkeler izin verme sürecindeki ilerlemede ciddi farklılıklar göstermiştir; Belçika, Danimarka, Almanya ve Macaristan başı çekerken Yunanistan, Malta, Polonya, Portekiz, Slovenya ve İspanya gibi ülkelere nazaran daha düşük gerçekleştirmiştir.

Bu da izin verme sürecini hızlandırmak adına mevcut mevzuatların EED uyumun sağlanması veya mevcut mevzuatlara dayanarak EED ruhsatı verilmeli fakat yeni yatırımlarda EED koşullarına uyum sağlamak zorunlu kılınmalıdır. Tesislerde yenilenmelerin gerekli hale geldiği durumlarda MET uyumu dikkate alınmalıdır.

Yetkili makam

AB ye Üye Devletler izin vermekle sorumlu yetkili makamlar hususunda farklı yaklaşımlar geliştirmiştir. Bazı ülkelere izin verme sürecinin tüm boyutlarından sorumlu tek bir makam bulunurken, bazılarında sorumluluklar farklı makamlar arasında paylaştırılmıştır.

Üye Devletlerin çoğunluğu izin verme işlemleri için tek bir makamın kurulmasına karar vermiştir; bu karar sürekliliğe yardımcı olmak, gerekli yetkileri geliştirmek ve idari sorunları azaltmak gibi farklı yararlar sağlamaktadır. Fakat böyle bir yaklaşım tek bir makama fazla yüklenmektedir ve uygulama sürecini yavaşlatabilmektedir. Ruhsat verme ve takip süreçlerinde, yetkili merkez ve yerel idareler arasında sorumluluğun paylaştırılması istenilse de uygulamada böyle bir yaklaşım zorlu olmuştur. Yerel yetkililer genelde nispeten karışık sorunları, örneğin MET'leri, ele almak için yetersiz kalmaktadır ve düzenleyici ile düzenlenen arasında özel anlaşmalar içeren izin verme süreci başlıca zorluklardan biri olarak değerlendirilmektedir (TÇMB Sektör Notu 2010).

Uygulamaya ilişkin özel rehberlik¹⁸

EKÖK Direktifinin uygulanması, yasal çerçeve ve izin verme sisteminin özelliklerine bağlı

olarak izin verme sürecinde tercih edilen yaklaşımlarda ciddi değişiklikler gerektirebilmektedir. Bunlara ek olarak, direktifin bazı unsurlarına dair karışıklık yaşanmıştır; örneğin; kapsam altındaki tesislerin belirlenmesinde kullanılacak olan alt sınır kriterleri, büyük değişikliklerin yorumlanması, MET'lere dayanan ESD'lerin elde edilmesi, izleme ve denetleme ve tesislerin eski hallerine dönüştürülmesi. Bazı ülkeler, düzenleyicilere yardımcı olmak adına EKÖK ruhsat verme sürecinin koşullarını detaylandıran özel kılavuzlar hazırlamıştır.¹⁹

Direktif uyarınca, endüstrilerin izne başvurma sürecinde MET'ler gibi tamamen farklı konuları da dikkate almaları gerekli olabilmektedir. MET Kılavuzunun uygulanması ve MET Başvuru Belgelerinin (MEBAB'lar) kullanımı ülkeden ülkeye değişiklik göstermektedir. Bazı ülkeler MEBAB'lardan ana unsurları alarak ulusal kılavuzlar çıkarmıştır (örneğin Belçika, Finlandiya, Yunanistan, İrlanda, Hollanda, İspanya ve Birleşik Krallık), bazıları sadece MEBAB materyaline dayanmaktadır*, diğerleri ise ulusal kanun ve kılavuzlarla devam etme niyetindedir.²⁰

EKÖK Direktifinde bulunan esneklik yetkili makamlara nihai izin koşullarını belirlemede oldukça büyük bir alan bırakmaktaydı. MET'lerin izin verme sürecinde dikkate alınması önemli farklılıklar göstermiş ve endişe konusu olmuştur; Bu durum Endüstriyel Emisyonlar Direktifin önerilmesinin ana nedenlerinden biridir. Üye Devletlerin katılımı ile, endüstrinin sorumluluklarını vurgulamak amacıyla farklı endüstrilerde MET'leri belirlemek için kılavuzlar geliştirmiştir. Bu tarz kılavuzluk belgeleri, izin verme sürecini daha iyi düzenlemek ve anlaşmazlıkları azaltmak için yasal olarak bağlayıcıdır.

Türkiye Çimento Sektörüne EED uygulamasına geçişin sorunsuz ve hızlı sağlanabilmesinin öncelikli koşulu, izin verme sürecinde olası uygulama farklılıklarının MET Kılavuzunun hazırlanması kademesinde mutabakatın sağlanmasıdır.

İzin şartlarına uygunluk

İzin koşullarıyla uyumluluğu denetlemek amacıyla AB ülkelerinin çoğu yeni prosedürler geliştirmiştir; bunlar genelde yerinde denetimler yoluyla gerçekleşmiştir. Bu tarz denetimlerin sıklığı ve şekli (akredite olmuş kuruluşlar veya danışmanlık şirketleri kullanımı) üye ülkeler arasında farklılık göstermektedir. Genel olarak ülkelerde işletmecilere, emisyonların düzenli aralıklarla yetkili makamlara iletme koşulu getirilmiştir.

Türkiye de izin şartlarını denetlemek ve uyumluluğunu tespit etmek için gerekli alt yapı mevcuttur. Denetim için kullanılabilecek akredite olmuş kuruluşlar, emisyonların SEÖS ile takibi ve uyumun denetlenmesi gibi mevcut uygulamalar ve olanaklar EED uyum için izin şartlarının denetimi için kullanılabilir.

İzin revizyonu

EED izinleri revizyona tabidir; revizyon esnasında önemli değişiklikler talep edilebilmektedir. AB üyesi ülkeler, izin değerlendirmesine ilişkin farklı yaklaşımlar benimsemiştir. Bazı üye ülkelerde geniş kapsamlı revizyon planları oluşturulmuştur, bazıları ise revizyon çalışmalarını vaka bazında yürütmüştür. Örneğin İsveç'te her tesis yılda ortalama iki kez denetlenmektedir, Fransa'da denetimler yılda bir yapılmaktadır, ve İspanya'da denetimler yetkili makamın inisiyatifiyle yürütülmektedir.

*örn. Portekiz.

Emisyon sınır değerleri

EED izin verme süreci, emisyon sınır değerlerinin MET'lerin kullanımıyla elde edilen emisyon seviyelerine (MET İES) ve yerel çevresel şartlara göre ayarlanmasını gerektirmektedir. EE Direktifi kapsamında getirilen MET kılavuzu ve MET İES ruhsat verme sürecinde daha yaygın kullanılmalıdır . Fakat esnek geçişin sağlanması için MET Protokolü&Kılavuzu ve MET İES uzmanlar, endüstriyel ve çevre örgütleri arasındaki bilgi alışverişi sonucu ulusal seviyede hazırlanması gerekir. Aksi taktirde ESD'lerin uygulanmasındaki önemli farklar, farklı ve yetersiz çevre koruma önlemleri iç pazarda bozulmalara neden olarak büyük bir sorun oluşturabilir.

4.3 EED Uygulanmasının Türkiye Çimento Sektörü Açısından Değerlendirilmesi

EE Direktifinin uygulanışı çimento endüstrinde değişik alanlarda performans iyileştirmesini sağlayacak , enerji verimliliği, doğal kaynak kullanımı, atık yakıt kullanmak, partikül madde ve gaz emisyonlarını iyileştirmek gibi birçok olumlu etkiye yol açacaktır.

Çevresel açıdan bakıldığında, uygulanan ülkelerde EE Direktifi endüstriyel faaliyetlerin neden olduğu emisyonların azalmasını sağlamıştır. Direktif aynı zamanda atık azaltımı, atıkların yeniden kullanılmasını ve atık geri dönüşümünü geliştirerek atık yönetimini güçlendirmiştir, Direktifin enerji ve materyal kaynaklarının kullandaki verimsizliklere odaklanan unsurları, endüstride önleyici tedbirlerin kurumsallaşmasına katkıda bulunmuş ve endüstriyel faaliyetlerin tüm kaynak verimliliğini arttırmaya yardımcı olmuştur.

EED, endüstride teknolojik ve ekolojik modernizasyonu tetiklemektedir. EED aynı zamanda, çimento gibi endüstrilerde çevre teknolojilerinin kullanımını arttıracaktır ve böylece de lokal çevre teknolojileri üreticilerini iyi yönde etkilemesi beklenmelidir .

EE Direktifi endüstriyel faaliyeti düzenleyici özelliği nedeniyle özellikle eski ve verimsiz oldukları için çevre kirliliği açısından tehlike oluşturan tesislerin kapanması veya yenilenmesine neden olacaktır. . Bununla beraber, izin verme sürecinde halkın katılımını ve çevresel performans bilgisinin açıklanmasını kolaylaştıran direktif uygulaması, halkı bilinçlendirmede ve halkın endüstri idaresinde aktif bir katılımcı olmasında yararlı olacaktır.

EED uygulayan ülkelerde, direktif ve ilgili izin prosedürleri, yetkili kişilerin verim ve yeteneklerini geliştirmelerine önemli katkı sağlamıştır. Bu kurumlarda çalışan personel, kendini farklı endüstri sektörlerindeki modern yaklaşımlar konusunda eğitmiştir ve endüstrilerle daha iyi diyalog kurarak idari sorumluluklarını yerine getirme becerilerini geliştirmiştir.

EE Direktifinin uygulanmasında bazı sorunlar da görülmüştür. İzin verme ve denetimin kötü planlandığı durumlarda, Direktif daha fazla idari soruna neden olmuştur. Daha da önemlisi, ilgili MET'lerin ve ilgili ESD'lerin eksik olarak yürütüldüğü durumlarda Direktifin uygulanması yetersiz sonuçlar üretmiştir.²¹

4.4 İzin Verme Uygulaması ve Gereksinimleri

EKÖK Direktifinin İngiltere de başarılı bir şekilde uygulanması ile ilgili üç İngiliz uzmanın²² yürüttüğü bir araştırmada; EED uygulaması için de katkısı olabilecek tespitler yapılmıştır.²³ Bulgular, Birleşik Krallık'ın özel şartlarına ait olsa dahi diğer ülkeler için de geçerlidir. Bu bulgular aşağıdaki gibidir:

- Sistemin endüstri sektörüne girişinin 2001-07 yılları arasındaki dönemde aşamalı olarak uygulanması, iş yükünü dağıtmak adına gerekliydi. (**Aşamalı Uygulama ve Yeterli Süre**)
- Entegre yönetmeliklerin uygulanması için tek bir kurumun* sorumlu olması bu başarı için çok önemli olmuştur. **Uygulama ve İzin vermede Sorumlu Tek Kurum**
- Başvuranlardan istenilen bilgileri açıkça belirten ve endüstri, düzenleyici ve halk için teknik şartları tanımlayan bir kılavuzun hazırlanması önemlidir. Her bir sektör için başvuruda gerekli tüm kılavuz ve başvuru araçlarını içeren mevzuat paketleri oluşturulmuştur. **Uygulama Kılavuzu Hazırlanması**
- Kılavuzların oluşturulmasında, MET'lerin belirlenmesinde ve sektörlerle özgü sorunların saptanmasında endüstri ve meslek örgütlerinin dâhil edilmesi önemlidir. MET Ulusal **Kılavuzu Hazırlanması ve Geniş Tabanlı Katılım Sağlanması**
- 2002 yılında tesise özgü özellikleri dikkate alan, Çevre Koruma Operatör ve Kirlilik Risk Değerlemesi (EP OPRA) adında risk bazlı bir sayı sistemi oluşturulmuştur. Başvuru ve teslim ücretleri EP OPRA puanına dayanmaktadır. **Tesislerin Özelliklerine Uygun Kirlilik Risk Değerlendirme Sistemi Kurulması**
- Ulusal izin grupları kurulmuştur ve bu da izinlerin tutarlılığını geliştirmiştir. Eğitim de aynı zamanda daha hızlı ve uygun bir hal almıştır. **Ulusal İzin Verme Grupları Oluşturulması**
- İzin verilir verilmez, uygunluk ve uygulama değerlendirmeleri yürütülmektedir. Bu değerlendirme EP OPRA puanına dayanmaktadır. İzin verme sonrası **Uygunluk Denetimi Sistemi Kurulması**

Çimento sektörüne odaklanan çalışmalarının bir parçası olarak, Wagner ve Triebswetter (2001) şunu vurgulamaktadır: "**Yatırımları planlamak için yeterli bir zaman dilimi çok önemlidir; çünkü gelecekteki çevre mevzuatlarıyla ilgili erken ve net bilgi, şirketlerin yatırım projelerinde yaklaşan mevzuatları dikkate almalarına ve en iyi çözümü bulmalarına yardımcı olacaktır**" ²⁴

Bu görüş Türkiye Çimento Endüstrisi tarafından da desteklenmektedir. Türkiye Çimento Sanayi son on beş yılda yapılan yatırımlarda özellikle enerji verimliliği ve PM emisyonlarının önlenmesinde MET ve MET İES uyum göz önünde tutulmuştur. Bu durum çimento sektörünün EE Direktifinin uygulamasını sorunsuz gerçekleştirmesine yardımcı olacaktır. Bunun yanında sektörün EED uyum için zorunluluklarının tam belirlenmiş olması , eksikliklerin tamamlanması için yeterli zaman verilmesi, endüstrinin gerekli değişiklikleri yapmasına ve uyumu oldukça kolay yakalamasına neden olacaktır.

* İngiltere ve Galler'deki çoğu tesislerden sorumlu çevre ajansı

5. TÜRKİYE ÇİMENTO SANAYİ EED (EED-2010 /75 /EU) UYUMU İÇİN GEREKLİ İYİLEŞTİRME YATIRIMLARI İHTİYACI VE OLASI MALİYETLERİN ETKİLERİ

5.1 Türkiye Çimento Sektörü MET'e Uyum Maliyetleri Sonuçlarının Değerlendirilmesi

- Türkiye Çimento Sektörünün EED uyumu için gerekli yatırımlar tesis bazında belirlenmiş ve olası yatırım tutarı 873.000.000 USD olarak hesaplanmıştır. Kurulu klinker kapasitesi 76.461.000 ton²⁵ olduğu dikkatte alınırsa ton klinker kapasite için olası yatırım tutarı yaklaşık 11,42 USD olacaktır.
- Yayılı toz emisyonlarını önlemeye yönelik ön görülen Senaryo C ve Senaryo D kapsamındaki olası harcamaların toplamı 407.000.000 USD olarak hesaplanmıştır. Bu tutar toplam harcamaların yaklaşık %46 sına karşılık gelmektedir. Ton kurulu klinker kapasitesi için yaklaşık 5,32 USD harcama yapılması gerekecektir.
- Termik enerji tüketimini MET referans değerler aralığına getirmek için olası yatırımların toplamı 265.000.000 USD dir. EED uyum için öngörülen yatırım tutarının %30 olan bu kapsamdaki iyileştirmeler için kurulu ton klinker kapasite için yaklaşık 3,45 USD harcama yapmak gerekecektir.
- PM Emisyonları (fırın yanma gazları, klinker soğutucu ve çimento değirmenleri kaynaklı) ve NOx Emisyonu önleme ve/veya azaltma için olası yatırım tutarı 110.000.000 USD veya toplam yatırım ihtiyacının yaklaşık %12,6 sını oluşturmaktadır. Bu kapsamda kurulu ton klinker kapasitesi için 1,43 USD yatırım yapmak gerekecektir.
Senaryo A kapsamında değerlendirilen birincil teknikler (MET 1.2.1/1.2.2) ilişkili olası yatırım tutarı 91.000.000 USD olarak hesaplanmıştır. Bu tutar toplam yatırım ihtiyacının %10,4 olup ,ton klinker için yaklaşık 1,19 USD yatırım ihtiyacına karşılık gelmektedir.
- Ön görülen tüm yatırım ihtiyaçları arasında enerji verimliliği ve birincil tekniklerin yaygınlaştırılması ilgili projelerin (toplam yatırım tutarının %40') ekonomik faydası vardır. Diğer bir deyim ile geri dönüşü olabilecek yatırımlardır. Bu kapsamdaki projelerin geri dönüş süresi kapasite artışı ve atık yakıt kullanımının etkisine bağlıdır. Aksi taktirde geri dönüş 10-20 yılı bulabilir.
- Ayrıca tozsuzlaştırma (torbalı filtre) ve SNCR gibi ünitelerin işletim maliyetleri klinker maliyetlerinde 0,2-1.0 USD/ton Klinker seviyesinde artışa neden olacaktır. Klinkerde beklenmesi gereken maliyet artışı güncel klinker maliyetlerine göre yaklaşık % 1-3 oranında olacaktır.

5.2 Rekabet Gücüne Etkileri

Türkiye Çimento Pazarında rekabet analizini yapmayı zorlaştıran bazı özel nedenler bulunmaktadır. Bunlar:

- Kurulu kapasitenin dağılımının oluşturduğu bölgesel yığılmalar (Marmara, Akdeniz, Ege),
- Kurulu kapasitenin yüksekliği ve ana ihraç pazarlarındaki politik durumun oluşturduğu belirsizlikler,
- Yukardaki koşulların iç pazarda oluşturduğu çimento fiyatlarında yüksek dalgalanma ve bölgeler arası farklılıklar (40 - 60 \$ / 2015),
- Atık kullanma ve bulunabilirlik,
- Proses teknolojileri , tesis üretim kapasiteleri , enerji girdi maliyetlerindeki farklılıklar ve işletme koşullarından kaynaklanan üretim maliyetlerindeki yüksek farklar (20-35 \$ / Ton Çimento öngörülmüştür),
- Enerji maliyetleri ve kalitesi,
- Ürün performansının aynı dayanım sınıfında gösterdiği geniş aralıktaki değişkenlikler,
- Hazır Beton Operasyonu ile değişik oranlarda entegrasyon, sektör seviyesinde yüksek hazır beton entegrasyonu (>%70),
- Bazı pazarlarda yüksek fiyat esnekliği ve ödeme vadelerinde gözlenen aşırı ölçekte değişkenlikler.
- Şirketlerin kurumsal yapılarında değişkenlikler ve farklılıkları.

EED uyum maliyetlerinin çimento sanayi için net ek finansal yük getireceği açıktır. EED uyum için yeterli süre tanındığı takdirde, EED kaynaklı yatırım ve işletim maliyetlerinin sektör rekabetini etkilemesi kaçınılmaz olarak görülmektedir.

EED uyum maliyetleri ton kurulu klinker kapasitesi olarak Bölüm 5.1 de verilmektedir. Senaryo D'ye öre ön görülen yatırımlar için olası maliyet yaklaşık 11,42 USD/ton kurulu klinker kapasitesi dir. Olası maliyetleri 2015 Yılında üretilen ton klinker ve ton çimento olarak verirse; 11,92 USD/ton Çimento ve 13,7 USD/ton Klinker olarak hesaplanır.

Yeni yatırımların neden olacağı olası ek işletim maliyetlerinin 0,3-1 USD/ton Klinker veya 0,2- 0,8 USD/ton Çimento'dur.

İstanbul Borsasında (BIST) işlem gören 14 çimento şirketinin 2015 yılı karlılıklarının (FAVÖK) %10-25 veya (4-15 USD/ton) arasında değiştiği belirtilmektedir. Bu oranlar sektör ortalaması olarak dikkatte alınırsa EED uyum için yapılacak olan yatırımların (Senaryo A) neden olacağı ek üretim maliyetleri şirket karlılıklarını %5-20 azaltabilecektir.

Bunun yanında Senaryo B de ön görülen enerji verimliliği ve atık kullanımının iyileştirilmesinin üretim maliyetlerine olası pozitif etkisi şirket karlılıklarına olumlu yansıyacaktır. Enerji verimliliğinde sağlanabilecek %5 iyileşmenin maliyetlere etkisinin yaklaşık 0,3-0,5 USD/ton Klinker veya 0,25-0,4 USD/ton Çimento olabileceği hesaplanmıştır.

6. POLİTİKA İLE İLGİLİ HUSUSLAR

6.1 Çevre Politikası Araçlarının Genel Görünümü ²⁶

Sanayi ve tüketicilerin sonunda uyumluluk gereksinimlerini karşılayacakları iddia edilebilir. Ancak, hükümetin rolü daha iyi çevresel performansı ve uyumluluğu sağlayabilecek uygulamaların yaygın olarak benimsenmesini teşvik edecek kolaylaştırıcı bir ortam oluşturmaktır.

Bu amaçlara hizmet edecek çok çeşitli araçlar vardır ve bunlar sonunda daha iyi çevresel kaliteye yol açabilecek bir performans anlamına gelen daha iyi çevresel performansı teşvik etmek için birlikte kullanılabilir. Bu araçlar üç grupta kategorize edilebilir:

- Belli bir davranışı zorunlu kılan **düzenleyici araçlar**
- Belli faaliyetler için teşvik işlevi gören **piyasa tabanlı araçlar**
- Bilgi sağlama üzerinden davranışı değiştirmeyi amaçlayan **bilgi tabanlı araçlar**.

Farklı araçlara ilişkin örnekler Tablo 23’de verilmiştir.

Tablo 23 Farklı Çevre Politikası Araçlarına ilişkin Örnekler ²⁷

• Ödül / Takdir • Kamuyu Bilgilendirme / Eğitim • Ömür Döngüsü Analizi • Çevresel Raporlama • Çevre Denetimleri / EMS • Ürün Etiketleme • Kirlenici Madde Salma ve Transfer Kayıtları	• Müzakere Edilen Çevresel Sözleşmeler • Talep Tarafı Yönetimi • Yükümlülük Reformları • Sübvansiyonların Kaldırılması • Pazarlanabilir İzinler	• Çevresel Vergiler • Ticari Kısıtlamalar • Ortam Standartları • İzinler • Yasaklar
Bilgi Tabanlı Stratejiler	Pazar Tabanlı Enstrümanlar	Düzenleyici Enstrümanlar
BİLGİ EKSİKLİĞİNİ DÜZELTİR	TEŞVİKLERİ DEĞİŞTİRİR	BELİRLİ DAVRANIŞI ŞART KOŞAR

Bu politika araçlarının diğer kategorileştirmesi hükümet ve sanayi arasındaki etkileşimin niteliğine ve politik aracın yükümlülük seviyesine dayandırılabilir. Böyle bir yaklaşımla, aşağıdakiler arasında bir ayrım yapmak gerekecektir:

- **Belirtilen uyumluluk**, burada hükümet düzenlemeye tabi tutulanlara yükümlülük standartları getirir.
- **Müzakere edilen uyumluluk**, burada düzenleyiciler ve düzenlemeye tabi tutulanlar yükümlülük standartlarının düzenlenmesi konusunda etkileşir.
- **Birlikte düzenleme**, burada taraflar arasında yüksek düzeyde etkileşim vardır ancak kabul edilen standartlar zorunlu değildir.
- **Kendi kendine düzenleme**, burada sanayi yasal olarak zorunlu olmayan standartlarının düzenlenmesinde tek taraflı hareket eder.

Farklı politika araçları çoğunlukla birbirinden yalıtılmış olarak kullanılmaz: düzenleyici araçlar tipik olarak bir ekonomik ceza tehdidi ile bağlantılı olarak kullanılır, ekonomik araçların uygun bir yasal çerçeveye gereksinim vardır ve bilgi sağlama çoğu politika aracı

türlerinin uygulanmasında gerekli bir unsurdur. Örneğin EE Direktifi tipik bir is a düzenleyici araçtır ancak uygulanması müzakere edilen uyumluluk, piyasa tabanlı araçlar ve bilgilendirici araçlar gibi paralel yaklaşımlardan yararlanabilir

Düzenleyici Araçlar

Düzenleme kirlilik kontrolünün asli stratejisi ve bir kamu kuruluşunun standartları belirlediği ve bu standartlara uygunluğun denetimini, izlenmesini ve yürürlüğe konmasını gerçekleştirdiği ve resmi yasal yaptırımlarla ihlalleri cezalandırdığı bir strateji olmuştur. Bu düzenlemeler örneğin bir çevresel amacı — belirli bir tarih itibarıyla NOx emisyonlarının azaltımı gibi— belirtebilir veya belli bir teknoloji veya sürecin kullanılmasını zorunlu kılabilir.

Böyle bir yaklaşım, çevresel hedefleri gerçekleştirmek için düzenleyiciye kaynakların nerede ve nasıl dağıtılacağını kontrol etme yetkisi verir ve düzenleyiciye kirlilik seviyelerini nasıl azaltılacağı konusunda makul derecede bir öngörülebilirlik sağlar. Düzenleyici araçların istenen bir çevresel çözümün elde edilmesinin en uygun ve en etkili aracı olarak görülebileceği belli başlı özel durumlar vardır; bu kısıtlamalar veya yasaklamalar üzerinden tehlikeli madde salınımları kontrol etmenin bir örneğidir.

Sanayileşmiş ülkelerin çoğunluğunda çevresel kalite doğudan düzenlemeye ilişkin programlara dayanır. Düzenlemelerin verimi kirleticinin davranışını etkilemek amacıyla kullanılan araçlara bağlıdır. Doğrudan düzenlemeye ilişkin programların çoğunluğu, düzenlenen kuruluşa veya sınai topluluğa belirgin ve özel taleplerin dayatıldığı ve biraz pazarlığa ve birkaç istisnaya izin verildiği, belirlenen uygunluğa dayanır. Her ne kadar genellikle başarılı olsa da, otoriter olduğu kolayca anlaşılan bu tarzın, düzenlenen kuruluşun yabancılaşması ve kural koyuculara muhalefet konusunda birleşmeleri bakımından dezavantajları vardır.

Dezavantajlardan bazıları standartların düzenlenmesinin ve yürürlüğe konmasının daha fazla işbirliği içinde yapıldığı bir ***müzakere edilen uyumluluk*** yaklaşımının kullanımıyla dengelenebilir. Hükümet ve sanayi arasındaki bu ortak sorumluluk taraflar arasında daha açık bir bilgi alışverişini güçlendirir ve standardın karşılanması aracı ile ilgili daha büyük esnekliğe olanak sağlar. Bir dizi ülkede, sözde ***reçetesiz düzenlemeler*** mevcuttur. Bunlarla bazı hedeflere ulaşmak -örneğin, hedeflerin yeniden işlenmesi- gereklidir ancak bu tür hedeflerin gerçekleştirilmesinin somut araçlar sanayilere bırakılır. Bu tür yaklaşımlar düzenlemenin ekonomik verimini iyileştirme potansiyeline sahiptir ve yenilikçi, önleyici yaklaşımların ortaya çıkmasını ve benimsenmesini tetikleyebilir.

Piyasa tabanlı araçlar (PTA)

İstenmeyen faaliyetleri yasaklamak veya kabul edilebilir faaliyetleri dayatmak yerine, PTA'lar ya şirketin özel maliyeti içinde bir şirketin kirletici faaliyetlerinin harici maliyetlerini -örneğin, vergilendirme üzerinden- veya mülkiyet haklarını oluşturarak ve bir vekil piyasanın oluşturulmasını kolaylaştırarak -örneğin, satılabilir kirlilik izinlerini kullanarak- çevresel dışsallıkların piyasa başarısızlığını ele almayı hedefler.

PTA'lar kirlilikte istenen azaltımın elde edilmesinde ekonomik açıdan düzenleyici standartlardan daha verimli olabilir zira daha düşük maliyetli kirlilik kontrolünün ve önleme teknolojilerinin geliştirilmesi ve teknoloji veya önleme stratejisi seçiminde *teşvik* işlevi görür

ve daha büyük *esneklik* sağlar. Buna ek olarak, bunlar hükümete çevresel ve/veya sosyal inisiyatifleri desteklemek için kullanılabilecek olan bir *gelir* kaynağı sağlayabilir. Ancak PTA'ların getirilmesinde sıklıkla önemli kısıtlamalarla karşılaşılır. Yeni ekonomik teşviklerin getirilmesinden önce, —kaynakların aşırı kullanımını teşvik eden devlet yardımları gibi— hedeflenen performansla doğrudan veya dolaylı bağlantısı olan zaten mevcut olan ekonomik teşviklerin tanımlanması ve değerlendirilmesi tavsiye edilir. ***Vergiler, bedeller ve harçlar*** yaygın kullanılan PTA'lardan bazılarıdır. Örneğin, Fransa, kirliliğe neden olan sanayiler tarafından kirliliğin hafifletilmesi için tahsis edilen sülfür, uçucu organik bileşikler ve NO_x'e su bedelleri ve emisyon vergileri getirmiştir²⁸. Ancak bunların istenen hedefleri gerçekleştirmesine yetecek düzeylerin belirlenmesi genellikle politik açıdan mümkün olmaz. Ayrıca, bu inisiyatiflerin başarıyla uygulanması bir izleme, gelir tahsili ve icra sistemi gerektirir. Bunlar da yakıt yüklemenin bozulmasına müsaittir.

Şirketleri, yasal yükümlülüklerini yerine getirmelerine ve gerekli özeni göstermelerine rağmen neden oldukları bütün çevresel hasarlardan sorumlu tutan ***yükümlülük kuralları***, uygun bir icra mekanizmasının ve hukuk sisteminin var olması kaydıyla etkili PTA'lara ilişkin bir başka örnek olabilir. Örneğin, ***düşük faizli krediler, doğrudan bağışlar*** veya ***imtiyazlı vergi işlemi*** biçiminde sağlanabilen ***devlet yardımları*** da istenen çevresel performansın tetiklenmesinde etkili olduğu ispatlanan PTA'lar arasındadır. Önceki iddialara paralel olarak, verimsiz davranışlara yol açabilecek gizli teşviklerden kaçınmak için, bunların uygulanmadan önce dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir.

Emisyon ticaret şemaları

(ETŞ'ler) gerektiği gibi uygulandığı takdirde son derece etkili olabilecek bir başka PTA'dır. Bir ETŞ durumunda, belli bir birimi yayma hakkı tasdik edilir ve toplam emisyon miktarı belirtilen kontrol altındaki kurumlar (örneğin, ülkeler, şirketler) için bir maksimum seviyede (üst sınır) ayarlanır. Eğer emisyon üst sınırı olağan değer altında ise, emisyon sertifikaları emisyon azaltımı için değerli ve teşvik edici araçlar haline gelir. Bu itibarla ETŞ daha düşük maliyetli bir tahsise yol açacaktır zira sertifikanın piyasa değerinin üzerinde hafifletme maliyetleri olan emitörler maliyeti yüksek azaltma tedbirleri almaktan kaçınabilir ve bunun yerine düşük maliyetli sertifikalar alabilir. Bu belgeler daha düşük hafifletme maliyetleri olan, ilave emisyon azaltma gerçekleştiren ve fazla sertifikalarını satan emitörler tarafından tedarik edilir. Emisyon vergisinin aksine bir ETŞ çevresel hedef (emisyon üst sınırına eşit olan) çevresel hedefe ulaşmayı sağlar ve bu hedefe ulaşmakla bağlantılı fiyatı belirlemek için piyasayı kullanır.

Bilgi tabanlı araçlar

Doğrudan ürüne uygulanan bilgi tabanlı araçlar kontrolü yönetmek ve kirlenmenin azaltılması amacıyla teşvik sağlamak için bir alternatif olarak kullanılır. Örneğin bu, ***çevresel bilgilerin kamuoyuna ifşa edilmesinin*** talep edilmesi veya düzenlenen toplulukta belli konularda ***eğitim*** verilmesi gibi inşa kapasitesi üzerinden yapılabilir. İstenen icracılar için ***yüksek-profilli ödüller*** verilmesi ve ***Ar-Ge ve demonstrasyon programlarının*** teşvik edilmesi gibi tüketici davranışını etkilemeyi amaçlayan ***eko-etiketleme*** veya ***çevresel ürün beyannamesi*** tedbirleri bilgi tabanlı araçların diğer örnekleridir. Eko-etiketleme en çok Kuzey ülkelerinde başarılı olmuştur zira eko-etiketler tüketiciler nezdinde popüler olmaya başlamış ve büyük üreticilerin birçoğu gönüllü olarak aynı şeyi yapmışlardır.

Dikkate Alınması Gereken Yaklaşımlar

EED Direktifi, yalnızca ülkedeki çevresel durumun iyileştirilmesi için değil, aynı zamanda sanayideki verim iyileştirmelerini kolaylaştırmak, ekolojik modernleştirme için sanayi kapasitesini güçlendirmek ve sürdürülebilirlik tartışmasına kamunun genelini daha iyi dâhil etmek için Türkiye'ye önemli bir kaldıraç noktası sunar.

Çevresel bir perspektiften bakıldığında, EE Direktifinin getirilmesi kamu maliyetlerinin yüksek olduğunun bilindiği veya muhtemel olduğu alanlarda kirlilik maliyetlerinde (daha fazla) faktöring fırsatı sunacaktır. Sonuçta bu, kalkınmada ekonomik, çevresel ve sosyal kaygıların dengelenmesine doğru bir harekete yol açacaktır. Bu Direktif farklı ortamlar (hava, su ve toprak) arasında meydana gelen çevre sorunları riskini azaltmaya yardımcı olabilir ve dolayısıyla daha iyi ve daha bütünsel bir çevre korumasına yol açar. İzin gereksinimleri ve uygulamaları da düzenleyici şemsiye altında sanayi tarafından etkilenebilecek daha geniş alanlar getirecektir ve elbette eski ve kirlitici teknolojilerin değişmesini zorlamak için bir kaldıraç noktası sunacaktır.

Sınai operasyonlar için EE Direktifi, daha büyük kazan-kazan fırsatlarını güçlendirme potansiyeline sahiptir. Bu durum sadece çevrenin değil aynı zamanda sektörlerin karlılık temellerinin de yararlandığı kaynak verimliğinde artışa yol açabilmektedir. Enerji verimi ve atığın asgari düzeye indirilmesi ispatlanan kazan-kazan potansiyeline sahip alanlardır. Enerji verimliliği, çimento özelinde bakıldığında, kaynak verimliliği açısından önemli bir alandır. Bölgesel ve ulusal düzeyde verimlilik kaynağı ile ilgili kazanımlar çimento fırınlarında enerji taşıyıcıları olarak atık maddelerin artan revalorizasyon yoluyla gerçekleştirilebilir. Ayrıca EE Direktifinin daha verimli teknolojiler ve daha iyi özellikleri olan yeni ürünler için de bir kaldıraç noktası sağladığı da bildirilmiştir. Bu gelişmeler çimento sektöründeki memnuniyetle karşılanan yeniliklerin önünü açabilir. Ayrıca, EE izin dinamikleri, bir diyalog platformu oluşturarak ve müzakere üzerinden uzlaşmaya olanak sağlayarak düzenleyici ve düzenlenen arasındaki ilişkilerin daha iyi yönde dönüştürülmesinde oldukça işlevseldir.

EE Direktifi, kurumsal kapasite, yetkinlik ve etkinliğe de önemli katkılar sağlayabilir. Türkiye'de faydaları uygulamaya yetkili kurumlar —ÇŞB Merkez ve Taşra Teşkilatı— en açığı olacaktır. Bu kurumlara mensup ilgili personel, çevresel ilerleme kaydetmede sanayiye yardımcı olmak ve sanayiye sürece dâhil etmeye yönelik kapasitelerini ilerletecek olan sanayinin ekolojik modernizasyona yardımcı olabilecek teknik ve operasyonel olasılıklar hakkında daha iyi bilgilendirilecektir. İyileştirilmiş enerji ve kaynak verimine yönelik artan talep, Ar-Ge kuruluşları, üniversiteler ve çevre teknolojisi ve çevre yönetimi alanında çalışan diğer kamu ve özel kuruluşlardan yenilikçi sonuçları tetikleyebilir.

Son olarak, EE Direktifinin benimsenmesi sınai sürdürülebilirlikle ilgili konulara kamunun daha fazla dâhil edilmesi için bir platform oluşturacaktır. Ülkede sanayinin kamuya ve halkın katılımına açık olması kısmen kamunun çevre sorunlarına ilgisini belirleyen etkenlerin rasyonel değil, duygusal yargılar olduğu düşünüldüğünden sınırlıdır. Ancak rasyonel yargı yeteneği halkın bilgi ve bilinç seviyesini iyileştirerek geliştirilebilir. Belli kararlara halktan gelen yapıcı, makul katkılar birçok ülkede iyi çevresel performansı destekleyen önemli bir ayak olabilir ve günümüz sistemlerinde daha fazla açıklığı teşvik edebilir.

EE Direktifinin dezavantajları da olabilir. EED'ten kaynaklanan maliyetlerin uyumluluk için makul süre verilmesi kaydıyla çimento sektörünün rekabet gücü üzerinde olumsuz etkisi olmayacağı konusunda ilgili taraflar arasında bir fikir birliği oluşturulmalıdır. Sektör rekabet

gücünün tehdit oluşturması ölçüsünde sanayide kısa uyumluluk süresi ile aşırı taleplerde bulunma riski vardır. EED uygulanması ile bağlantılı kamu sektöründe ilave bürokrasinin oluşması ve sanayi için uyumluluk yükünün artması, farklı tesisler arasında haksız izin taleplere yol açması, böylece haksız rekabetin tetiklenmesi ve kamu ve özel sektör arasında iletişim ve işbirliği boşluğu oluşturması gibi uygunsuz sonuç oluşturabilecek başka konular da vardır. Bu nedenle sorun, mümkün olduğu ölçüde potansiyel dezavantajlardan kaçınırken Direktifin avantajlarının gerçekleştirilmesi için doğru politika yaklaşımlarının belirlenmesinde yatar. Bu anlayışla aşağıdaki hususlar dikkate alınır.

Direktifin iç hukuka aktarılması

Diğer AB Üye Devletleri gibi Türkiye de, EED Direktifinin iç hukuka en iyi şekilde nasıl aktarılacağı ile ilgili bir kararla karşı karşıya olacaktır. Seçenekler, mevcut mevzuatın değiştirilmesi ya da yeni bir mevzuat çıkarmaktır. Bu seçeneklerin diğer faktörlerin dışında, mevcut çevre mevzuatının geçerliliği ve hâkim izin süreçlerinin niteliğine dayanan farklı avantajları ve dezavantajları vardır. Avrupa deneyimlerinden genelleştirecek olursak, tadil üzerinden iç hukuka aktarımın çevre mevzuatının geliştiğı ve daha bütünsel izin rutinlerinin mevcut olduğu ülkelerde tercih edildiğı söylenebilir. Yeni mevzuat taslağının oluşturulması genellikle yetersiz çevre mevzuatı çerçevesi olan, temel zaafın parçalı ve yetersiz izin ve denetim rutinleri olan ülkeler tarafından tercih edilir. Seçim gerekli tadillerin taslağının hazırlanmasının ve yeni mevzuatın onaylanmasının karmaşıklığı ve maliyetine bağlı olacaktır.

Türkiye'de b Çevre Kanunu ve çok sayıda çevreyle ilgili antropojenik faaliyetlerden gelen etkinin azaltılmasını amaçlayan yönetmelikleri vardır. Bu yönetmeliklerden bazıları ESD'lere temel oluşturan ve Avrupa ülkelerinde uygulananlarla karşılaştırılabilir olan genel olarak bağlayıcı kurallardır. Çevre kanunu uyumsuzluk durumları için yaptırım getirir.

Türkiye'de çimento sanayisi özelinde mevcut çerçevede yapılan tadiller üzerinden iç hukuka alma, iyi bir alternatif gibi görünmektedir. Dolayısıyla, çimento sanayi için AB kuralları ile karşılaştırılabilir bir dizi “Genel Bağlayıcı Kural” mevcuttur.

Ayrıca hava kalitesi standartları ile ilgili mevcut izin süreci ve ilgili mevzuat EED e paralel unsurları içermektedir. Örneğin emisyonlarla ilgili faaliyetlerin tanımı izin kapsamındadır ve yönetmelikler tesislerin saklama alanlarını kapsar ve toz emisyonlarının nasıl önleneceğı ile ilgili teknikler sunmaktadır; bunlarda EED /MET gereksinimleri arasındadır.

Gerekli tadiller yapıldığı takdirde tek izin sistemi tadillerle iç hukuka aktarımda merkezi önem taşıyabilir. Bu sanayinin çevresel yönleri tekil bir ortamla —yani hava emisyonları— bağlantılı olduğu için sektör farklı ortam kaynaklarından doğan kirlenmeyi ele alan bütünlüklü bir yaklaşıma ilişkin bir yargıya varmak için iyi bir bağlam sunmaz. Böylece, nihai kararı vermeden önce çoklu çevresel ortamlarla önemli etkileşimleri olan bir başka sektör üzerindeki etkilerin incelenmesi yararlı olabilir.

7. SONUÇ

Endüstriyel Emisyonlar Direktifi, Endüstriyel faaliyetlerden kaynaklı kirlenmeyi ‘kirleten öder’ ve kirliliğin önlenmesi ilkeleri kapsamında;

‘Kirliliği önlemek, azaltmak ve mümkün olduğunca ortadan kaldırabilmek için ana endüstriyel faaliyetlerin denetimi amacıyla genel bir çerçeve oluşturulması, kaynakta önlemeye öncelik verilmesi, doğal kaynakların dikkatli kullanımının güvence altına alınması ve gerektiğinde ekonomik durum ile endüstriyel faaliyetin yürütüldüğü yerin özgül yerel karakteristiğini dikkate alınması” temel hedefleri vardır. EED sektörlerin çevre üzerindeki etkilerinin azaltılması ve kaynak verimliliği artışlarının harekete geçirilmesi noktasında ekonomik fayda üreten yardımcı bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Türkiye Çimento Sektörü, yüksek çevre bilinci ile birlikte Türkiye’de son on yılda hızla gelişen stratejik bir sektördür. Sektördeki son yıllarda yapılan yatırımlarda mevcut en iyi teknolojiler kullanılarak modern tesisler kurulmuştur. Kurulu tesislerin önemli bir bölümünün MET uyumu % 60 den yüksektir. Ve bu tesisler yüksek sürdürülebilir üretim bilinci ile kalite, çevre, enerji yönetim sistemlerini etkin bir şekilde uygulamaktadırlar.

Çevre yönetim perspektifinden bakıldığında, EE Direktifinin uygulanması; kamu maliyetlerinin bilindiği veya muhtemelen yüksek olduğu ve genel yararı beraberinde getirmesi muhtemel olduğu alanlardaki kirliliğe ilişkin maliyetlerin finanse edilmesi için bir fırsat sunmaktadır. Bu da sırasıyla ekonomik, çevresel ve sosyal konular arasında kalkınma noktasında daha iyi bir dengenin sağlanması yönünde bir hareket sağlayacaktır. Bu Direktif farklı ortamlar (hava, su ve toprak) arasında meydana gelen çevre sorunları riskini azaltmaya yardımcı olabilir ve dolayısıyla daha iyi ve daha bütünsel bir çevre korumasına yol açar. Aynı zamanda düzenleyici şemsiyesi altında sınai faaliyetlerin daha geniş bir yelpazede sunmakla birlikte, eski ve kirlletici teknolojilerin değiştirilmesi noktasında da bir kaldıraç noktası görevi üstlenmektedir.

Yapılan proje çalışmasında Türkiye Çimento Sanayinin EED uyum için MET gereksinimlerinden önemli bir kısmını karşıladığı görülmektedir. Özellikle son on beş yılda yaşanan teknolojik dönüşümün sektörü EED uyum koşullarına bir çok konuda yaklaştırmıştır. Bunun nedeni kısmen teklif edilen MET’lerden bazılarının kazan- kazan özelliğinin (enerji verimliliği) sanayi tarafından anlaşılmış olması ve yeni projelerde veya kapasite arttırım yatırımlarında benimsenmesidir. Ancak EED’e tam uygunluk için yeni yatırımlar gerekir, bunlar özellikle azot oksit (NOx) ve partikül madde (PM) emisyonları azaltımı ve enerji verimi ile ilgilidir. Enerji verim yatırımlarının makul geri ödeme süreleri olması ve net bir pozitif ekonomik etkisi olabilirken, NOx ve PM kontrolü net bir maliyet getirecektir.

EED uyumluluğunun maliyeti büyük ölçüde MET İES ve yayılı toz emisyonlarının önlenmesine yönelik kapalı stok alanı gereksinimine bağlı olacaktır. Özellikle stok alanları konusunda bazı belirsizlikler olmasına rağmen olası maliyetin 3-11,3 USD/ton klinker (bütün sektör) arasında olması beklenmelidir. Bu durumunun sektörde rekabeti etkilemesi mümkün görünmektedir. Ancak rekabetin etkilenmesini en aza indirmek, sanayiye bu ilave EED maliyetlerini yatırım planlarına dâhil etmek ve gerçekleştirmek için yeterli süre verilmesi kaydıyla mümkün olabilir .

Yukarıdaki analiz göz önüne alındığında, Olası EED uyum maliyetlerinin sektörün oyuncularının rekabet gücü üzerinde oluşturacağı olumsuz etkiyi en aza indirgeyecek yaklaşımlara ihtiyaç

vardır. Önerilen yaklaşımların bazıları şunlardır:

- Emisyon sınırları ve adaptasyon programları açısından MET/BAT (2013/163/EU) gereksinimlerinin kademeli uyarlanması sağlayacak bir **Sektörel Planın** uygulanması
- **Aşamalı uygulama** en az yatırım ile en yüksek getirileri elde edebilen bölgesel rekabet koşullarının farklılıklarını dikkatte alan esnek geçiş programı ile aşamalı EÇİ uygulaması
- **Kabul edilebilir Geçiş Süreci**, esnek geçiş ile birlikte her senaryo için uygun yatırım ve geçiş süresi uygulanması,
- **Piyasa tabanlı politika araçlarının uygulanması** , emisyon ticareti için pazarların oluşturulması veya uyumlu şirketler için vergi avantajlarının sağlanması,
- **Bilgi araçları** (örneğin, uyum veya araştırma geliştirme [Ar-Ge] desteği, tanıtma programları).

Yapılan çalışmada Türkiye Çimento Sanayinin EED uyum için MET gereksinimlerinden önemli bir kısmını karşıladığı MET Kontrol Listelerinin Analiz sonuçlarında (% 60) görülmektedir. Özellikle son on beş yılda yaşanan teknolojik dönüşümün sektörü EED uyum koşullarına bir çok konuda yaklaştırmıştır.

Ancak EED'e tam uygunluk için yeni yatırımlar gerekir, bunlar özellikle azot oksit (NOx) ve parçacık madde (PM) emisyonları azaltılması ve enerji verimliliği ile ilgilidir. Enerji verimliliği yatırımlarının makul geri ödeme süreleri olması ve net bir pozitif ekonomik etkisi olabilirken, NOx ve PM kontrolü (özellikle kapalı alan stok kapasitesini % 90 üzerine çıkarmak) net bir maliyet getirecektir.

EED uyumluluğunun maliyeti büyük ölçüde MET ve yayılı toz emisyonlarının önlenmesine yönelik kapalı stok alanı gereksinimine bağlı olacaktır. Özellikle stok alanları konusunda bazı belirsizlikler olmasına rağmen olası maliyetin 2,78 -11,3 USD / Ton Klinker (bütün sektör) veya 2,6 – 10,7 Avro / Ton Klinker arasında olması beklenmelidir.

Tesis Başına olası EED uyum maliyet 18,9 Milyon USD veya 17,9 Milyon Avro olarak tahmin edilmektedir . Tesislerin yaşı nedeniyle MET gereksinimlerine karşılamada gösterdikleri büyük farklılıklar tesis başına olası maliyetlerin geniş bir aralıkta değişmesine neden olmaktadır (3,64 – 61 USD / Ton Klinker Kurulu Kapasite)

Yukarda belirtilen olası maliyetlerin daha önce yapılmış olan benzer çalışmalarda verilen maliyetler ile karşılaştırılması şöyledir(Tablo 24).

Tablo 24. Projede Bulunan MET Uyum Maliyetlerinin daha önce sektöre yönelik çalışmalarda maliyetlerle karşılaştırılması

Rapor Adı	Referans	Kapsam ve Uyum Maliyetlerin Kıyaslanması					
		OLASI UYUM MALİYETİ		KAPSAM	EÇİ PROJESİ İLE KARŞILAŞTIRMA		NOTLAR
		1000 AVRO	Avro/Ton Çimento	(2013/163/EU)	1000 AVRO	Avro/Ton Çimento	
Sektör Notu	Dünya Bankası 2010	98.200	1,5	1.2.5.3, 1.2.6.1	103.500	1,42	Yanma gazları kaynaklı toz emisyonları ve NO _x emisyonlarını kapsamıyor
Technical Assistance Report for IPPC in Turkey	NIRAS IC 2013	1.500.000	21,42	1.2.5.3, 1.2.6.1, 1.2.3.2, 1.2.4.2	465.700	4,40	1.2.5.1 Kapsamıyor.
EÇİ Uyum Projesi	ÇŞB, İTÜ 2016	825.000	11,3	(2013/163/EU)			

EÇİ Projesi kapsamında belirlenen olası uyum maliyetlerinin daha önce yapılan benzer çalışmaların sonuçları ile kısmen uyum gösterdiği (toz ve NO_x emisyon önleme maliyetleri) görülmektedir.

Özellikle 1.2.5.1 kapsamında yer alan stok alanlarından kaynaklı toz emisyonlarını önleme yatırımlarının kapsamı diğer çalışmalarda açık olmaması nedeniyle kapsam olarak tam bir kıyaslama yapılamamaktadır.

Sonuç olarak sektörün EED (EED-2010/75/EU) uyum için MET (2013/163/EU) gereksinimlerini karşılama maliyeti 873.000.000 USD veya 825.000.000 Avro olarak hesaplanmıştır. Güncel maliyet değerleri dikkate alınarak yapılan çalışmada $\pm$ % 10-20 sapma öngörülmelidir.

Olası maliyetlerin sektörde rekabeti etkilememesi mümkün görülmemektedir. Ancak rekabetin etkilenmesini en aza indirmek, sanayiye bu ilave EED maliyetlerini yatırım planlarına dâhil etmek ve gerçekleştirmek için yeterli süre verilmesi kaydıyla mümkün olabilir.

Söz konusu uygulama senaryolarında öngörülen iyileştirme yatırımlarının aşağıda belirtilen gerçekleşme sürelerini dikkate alan esnek/kademeli geçiş öngörülmektedir:

- A Senaryosu: 1-3 yıl
- B Senaryosu: 2-4 yıl
- C Senaryosu: 3-5 yıl
- D Senaryosu: 5-7 yıl

Buna göre toplam geçiş süresinin, Bakanlıkça belirlenen başlangıç tarihinden itibaren 5-10 Yıl olarak önerilmesi uygun bulunmuştur.

EK I. Çimento Sektörü MET Gereksinimleri

Çimento Sektörü MET Gereksinimleri

1.1. Çimento Sanayii için MET Sonuçları

Bu bölümde sunulan MET Sonuçları; aksi belirtilmedikçe çimento endüstrisinde tüm tesislere uygulanabilir.

1.1.1. Genel Birincil Teknikler

3. Fırından kaynaklanan emisyonları azaltmak ve enerjiyi verimli kullanmak için MET, aşağıdaki teknikleri kullanarak proses parametrelerinin ayarlanmış değerlerine yakın bir işletme sağlayacak şekilde, düzgün ve stabil bir fırın prosesi sağlanmasıdır:

	Teknik
a	Bilgisayar tabanlı otomatik kontrole sahip proses kontrolü optimizasyonu
b	Modern, gravimetrik ve katı yakıt besleme sistemlerinin kullanılması

4. MET, emisyonları önlemek ve/veya azaltmak için fırına girecek tüm maddelerin dikkatli şekilde seçimini ve kontrolünü yerine getirir.

Açıklama

Fırına giren maddelerin dikkatli şekilde seçimi ve kontrolü emisyonları azaltabilir. Maddelerin kimyasal bileşenleri ve fırına besleme yöntemi seçim sürecinde dikkate alınmalıdır. Söz konusu maddeler, MET 11 ile MET 24 - 28'de bahsi geçen maddeleri içerebilmektedir

1.1.2. İzleme

5. MET, düzenli olarak proses parametreleri ve emisyonlarını ölçümünü ve izlenmesinin sağlanması ve emisyonların EN Standartlarına göre izlenmesi veya, eğer EN Standartları mevcut değilse ISO, ulusal ya da, eşdeğer bilimsel kalitede veri sağlayan ve aşağıdakileri içeren diğer uluslararası standartlara uygun olarak emisyonların izlenmesidir:

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Proses stabilitesini tanımlayan sıcaklık, O ₂ seviyesi, basınç ve debi gibi proses parametrelerinin sürekli ölçümleri.	Genel olarak uygulanabilir
b	Kritik proses parametrelerinin (örn. homojen hammadde karışımı ve yakıt beslemesi, düzenli besleme ve oksijen fazlası) izlenmesi ve dengelenmesi.	Genel olarak uygulanabilir
c	SNCR uygulandığında NH ₃ emisyonlarının sürekli ölçümleri.	Genel olarak uygulanabilir
d	Toz, NO _x , SO _x , ve CO emisyonlarının sürekli ölçümleri	Fırın proseslerine uygulanabilir
e	PCDD/F ve metal emisyonlarının periyodik ölçümleri	Fırın proseslerine uygulanabilir
f	HCl, HF ve TOC emisyonlarının sürekli veya periyodik ölçümleri.	Fırın proseslerine uygulanabilir
g	Sürekli veya periyodik toz ölçümleri.	Fırın prosesleri dışındaki faaliyetlere uygulanabilir. Soğutma ve temel öğütme prosesleri dışında tozlu işlemlerdeki küçük kaynaklar için (<10.000 Nm ³ /h), ölçümlerin veya performans kontrol sıklığı Bakım Yönetim Sistemlerine göre belirlenmelidir.

Açıklama

MET 5 (f)'de tanımlanan sürekli veya periyodik ölçümler arasındaki seçim; emisyon kaynağına ve beklenen kirleticinin tipine bağlıdır.

1.1.3. Enerji Tüketimi ve Proses Seçimi

1.1.1.1. Proses Seçimi

6. Enerji tüketiminin azaltılması için MET, çok kademeli ön ısıtıcı ve ön kalsinasyona sahip, kuru proses fırın kullanımıdır.

Açıklama

Bu tip fırın sistemlerinde, yanma gazları ve soğutmadan geri kazanılan atık ısılar, ham maddenin ön ısıtılması ve ön kalsinasyonu için kullanılabilir. Bu uygulama, enerji tüketiminde önemli ölçüde tasarruf sağlar.

Uygulanabilirlik

Ham maddelerin içerdiği nem miktarına bağlı olarak, yeni tesisler ve büyük çaplı teknoloji iyileştirme projelerinde uygulanabilir.

MET ile ilişkili enerji tüketim seviyeleri

Tablo 1'e bakınız.

Tablo 1. Çok kademeli ön ısıtıcı ve ön kalsinasyonlu kuru sistem fırınlar kullanan yeni tesisler ile büyük teknoloji iyileştirme projeleri için MET ile ilişkili enerji tüketim seviyeleri

Proses	Birim	MET Enerji Tüketim Seviyesi ⁽¹⁾
Ön ısıtmalı ve ön kalsinasyonlu kuru prosesler	MJ/ton klinker	2900 – 3300 ^{(2) (3)}

- (1) Bu seviyeler; ürün özellikleri nedeniyle daha yüksek proses sıcaklığına sahip özel çimentolar veya beyaz çimento klinkeri üreten tesislere uygulanmaz.
- (2) Normal ve optimize işletme koşulları için geçerlidir (örn. devreye alma ve faaliyet durdurma süreçleri hariç)
- (3) Üretim kapasitesi ile enerji tüketimi ters ilişkilidir; yüksek kapasiteler enerji tasarrufu sağlarken, küçük kapasiteler daha fazla enerjiye ihtiyaç duyar. Öte yandan enerji tüketimi, ön ısıtıcıdaki siklon kademe sayısına da bağlıdır. Yüksek siklon kademesi fırın prosesinde daha düşük termik enerji tüketimine neden olur. Uygun siklon kademe sayısının belirlenmesi temel olarak ham maddelerin nem içeriğine bağlıdır.

1.1.1.2.Enerji Tüketimi

7. Termik enerji tüketiminin azaltılması için MET, aşağıda listelenen tekniklerin bir veya bir kaçının birlikte kullanımınıdır:

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Geliştirilmiş ve iyileştirilmiş fırın sistemleri ve aşağıdaki uygulamalarla proses parametreleri ayar noktalarına yakın işletilen düzgün ve kararlı fırın prosesi uygulaması: I. Bilgisayar tabanlı otomatik kontrol sistemi içeren, proses kontrolü optimizasyonu II. Modern, gravimetrik ve katı yakıt besleme sistemleri III. Mevcut fırın sistemi yerleşimini dikkate alan, mümkün olan ölçüde ön ısıtma ve ön kalsinasyon.	Genel olarak uygulanabilir. Mevcut fırınlar için, ön ısıtma ve ön kalsinasyonun uygulanabilirliği fırın sisteminin yerleşimine bağlıdır.
b	Fırınlardan atık ısıların geri kazanılması, özellikle soğutma bölgesinden. Soğutma bölgesinden (sıcak hava) ve ön ısıtıcıdan geri kazanılan atık ısı, özellikle	Genel olarak çimento endüstrisinde uygulanabilir. Soğutma bölgesinden atık ısının geri kazanımı, ızgaralı soğutucular kullanıldığında uygulanabilir. Döner soğutucularda sınırlı geri kazanım verimi

	ham maddelerin kurutulması için kullanılabilir.	sağlanabilir.
c	Mümkün olan en uygun sayıda siklon kademesinin, kullanılan ham madde ve yakıt özelliklerine bağlı olarak uygulanması.	Ön ısıtıcıdaki siklon kademe sayısı, yeni tesisler ve büyük iyileştirme projeleri için uygulanabilir.
d	Termik enerji tüketimi üzerinde pozitif etkiye sahip yakıtların kullanılması.	Bu tekniğin çimento fırınlarına uygulanabilmesi genel olarak yakıtın mevcudiyetine, mevcut fırınlar için ise yakıtın fırına enjeksiyonunda teknik imkanların yeterliliğine bağlıdır.
e	Geleneksel yakıtlar yerine atık yakıtlara geçilirken, optimize edilmiş ve en uygun çimento fırın sistemlerinin kullanılması.	Genel olarak tüm çimento fırın tipleri için uygulanabilir.
f	Baypas akımlarının en aza indirilmesi.	Genel olarak tüm çimento endüstrisi için uygulanabilir.

Açıklama

Modern fırın sistemlerinin enerji tüketimleri değişik faktörlere bağlıdır; bu faktörlerden bazıları, ham madde özellikleri (örn. nem oranı, pişirilebilirlik), farklı özelliklere sahip yakıtların kullanımı, gaz baypas sistemlerinin kullanımı olarak verilebilir. Ayrıca fırının üretim kapasitesinin de enerji ihtiyacı üzerinde doğrudan etkisi vardır.

Teknik 7c: Ön ısıtıcıdaki siklon kademe sayısının uygunluğu, fırın kapasitesi, yanma gazlarının artı kalan ısı ile kurutulan ham madde ve yakıtların nem içeriği ile belirlenmektedir. Çünkü yerel hammaddeler nem ve pişirilebilirlik özellikleri ile geniş ölçekte değişkenlik gösterirler.

Teknik 7d: Konvansiyonel ve atık yakıtlar çimento endüstrisinde kullanılabilir. Kullanılan yakıtların uygun kalorifik değer, düşük nem oranı gibi özellikleri, fırının spesifik enerji kullanımı üzerinde olumlu etkisi vardır.

Teknik 7f: Sıcak hammadde ve gazın dışarı çekilmesi, çekilen fırın gazı yüzdesi başına 6-12 MJ/ton klinker daha yüksek spesifik enerji tüketimine neden olur. Bu nedenle, baypas gaz uygulamasının en aza indirilmesi, enerji tüketimi üzerinde olumlu bir etkiye sahiptir.

8. Birincil enerji tüketiminin azaltılması için MET, çimento ve çimento ürünlerinde klinker miktarının azaltılmasını öngörmektir.

Açıklama

Çimento ve çimento ürünleri içerisindeki klinker miktarının azaltılması, ilgili standartlara da uygun olarak, yüksek fırın cürufu, kalker/kireçtaşı, uçucu kül ve volkanik kül gibi dolgu maddeleri ve/veya ilave maddelerin öğütme adımında eklenmesi ile sağlanabilir.

Uygulanabilirlik

Genel olarak çimento sektörüne uygulanabilir olup, dolgu maddeleri ve/veya ilave maddelerin yerel pazar özelliklerine bağlıdır.

9. Birincil enerji tüketiminin azaltılması için MET, kojenerasyon (eş üretim) / kombine (birleşik) ısı ve enerji santrallerinin kullanımı öngörmektir.

Açıklama

Buhar ve elektrik üretimi için kojenerasyon tesislerinin veya kombine ısı ve enerji santrallerini kullanımı, geleneksel buhar döngüsü prosesleri veya diğer tekniklerin kullanılması suretiyle, klinker soğutucudan veya fırın baca gazlarından atık ısının geri kazanılması ile çimento sektöründe uygulanabilir. Ayrıca, atık ısı bölgesel ısıtma veya endüstriyel uygulamalar için de kullanılabilir.

Uygulanabilirlik

Söz konusu teknik, atık ısının mevcut olduğu, uygun proses parametrelerinin karşılandığı ve ekonomik şartların sağlandığı tüm çimento fırınlarında uygulanabilir.

10. Elektik enerjisi tüketiminin azaltılması için MET, aşağıda listelenen tekniklerin bir veya bir kaçının birlikte kullanımını öngörmektir.

	Teknik
a	Enerji yönetim sistemlerinin kullanılması
b	Yüksek enerji verimliliğine sahip öğütme teknolojilerinin kullanılması
c	Gelişmiş izleme sistemlerinin kullanılması
d	Hava kaçaklarının azaltılması
e	Proses kontrol optimizasyonu

1.1.4. Atık Kullanımı

1.1.1.1. Atık Kalite Kontrolü

11. Çimento fırınlarında ham madde ve yakıt olarak kullanılacak atıkların özelliklerinin güvence altına alınması ve proses emisyonlarının azaltımı için MET, aşağıdaki teknikleri uygulamaktadır:

	Teknik
a	Atıkların özelliklerini garanti altına almak için kalite güvence sistemi uygulanması ve çimento fırınlarında ham madde ve/veya yakıt olarak kullanılan her atığın aşağıdaki hususlar için analizi: I kalite sürekliliği, II emisyon oluşumu, incelik, kalorifik değer, reaktivite, pişirebilirlik gibi fiziksel özellikler, III klor, kükürt, alkali ve fosfat ve metal içeriği gibi kimyasal özellikler
b	Klor, ilgili metaller (örn. kadmiyum, cıva, talyum), kükürt, toplam halojen içeriği gibi çimento fırınlarında ham madde ve/veya yakıt olarak kullanılacak her atık içindeki ilgili parametrelerin miktarının kontrol edilmesi
c	Her atık yükü için kalite güvence sisteminin uygulanması

Açıklama

Atık maddelerin değişik tipleri, çimento üretiminde birincil ham maddeler ve/veya fosil yakıtlar yerine kullanılabilmekte olup doğal kaynak tasarrufu sağlarlar.

1.1.1.2.Fırına Atık Besleme

12. Fırında yakıt ve/veya ham madde olarak kullanılan atıkların uygun şekilde hazırlanmasının sağlanması için MET aşağıdaki teknikleri kullanılmasıdır:

	Teknik
a	Fırın dizaynı ve Fırın işletme şartlarına bağlı olarak sıcaklık ve bekletme süresi açısından uygun besleme noktalarının kullanımı
b	Kalsinasyon bölgesinden önce uçucu hale geçebilecek organik bileşikler içeren atık maddelerin fırın sisteminin yeterli yükseklikteki sıcaklık bölgelerine beslenmesi
c	Kontrollü ve homojen bir şekilde atığın yanması sonucu elde edilen gazın en olumsuz şartlarda dahi minimum 2 saniye süre ile 850 °C sıcaklıkta tutulması
d	İçeriğinde %1'den fazla klor bulunması olarak ifade edilen halojeni organik madde bulunduran tehlikeli atıkların 1100 °C sıcaklıkta yakılması
e	Atıkların sürekli ve istikrarlı şekilde beslenmesi
f	Duruşlar ve yeniden devreye alma esnasında uygun sıcaklık ve alıkonma süresine ulaşamayacağı için atık yakma işleminin ertelenmesi veya durdurulması (yukarda a) ve d) not edildiği gibi)

1.1.1.3.Tehlikeli Atıkların Kullanılması İçin Güvenlik Yönetimi

13. MET, tehlikeli atık maddelerin geçici depolanması, hazırlanması ve sisteme beslenmesi için güvenlik yönetimi uygulamaktadır. Atığın etiketlenmesi, kontrol edilmesi, numune alınması ve test edilmesi gibi eylemleri kapsayan, atığın tipi ve kaynağına göre risk bazlı yaklaşımlar kullanır.

1.1.5. Toz Emisyonu

1.1.1.1.Yayı Toz Emisyonları

14. Tozlu faaliyetlerden kaynaklanan yayılı toz emisyonlarının azaltılması/önlenmesi için MET, aşağıda listelenen tekniklerden bir veya bir kaçının birlikte kullanımını öngörmektedir:

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Basit ve doğrusal bir yerleşim planının uygulanması	Sadece yeni tesislere uygulanabilir
b	Öğütme, eleme ve karıştırma gibi tozlu faaliyetlerin kapalı ve korumalı ortamlarda gerçekleştirilmesi	Genel olarak uygulanabilir
c	Şayet yayılı toz emisyonu tozlu ham maddelerden kaynaklanıyorsa, konveyör ve elevatörlerin kapalı olarak inşa edilmesi	
d	Hava kaçakları ve malzeme dökülme noktalarının azaltılması	
e	Otomatik cihaz ve kontrol sistemlerinin kullanılması	
f	Sorunsuz –arızasız faaliyetin sağlanması	
g	Hareketli ve sabit vakumlu temizleme tesisatın doğru ve eksiksiz bakımının sağlanması	
h	Havalandırma ve toz tutmanın torbalı filtreler ile yapılması	
i	Otomatik elleçleme sistemleriyle donanımlı kapalı stoklama sistemlerinin kullanılması	
j	Sevk ve yükleme işlemleri için toz emiş sistemi ile donatılmış ve yükleme bölgesine doğru konumlandırılmış, esnek dolun borularının kullanılması	

15. Dökme ve stoklama alanlarından kaynaklanan yayılı toz emisyonlarının azaltılması/önlenmesi için MET aşağıda listelenen tekniklerden bir ve bir kaçının birlikte kullanımınıdır:

	Teknik
a	Depolama ve stok alanlarının duvar, perdeleme veya dikey yeşillendirme (açık rüzgar koruması için yapay veya doğal rüzgar bariyerleri) ile oluşturulan bir muhafaza ile kapatılması
b	Açık yığınlar için rüzgar korumalarının kullanılması
c	Su spreyi ve kimyasal toz bastırıcıların kullanılması
d	Uygun yol kaplama , temizlik ve sulamanın sağlanması

E	Stok yığınlarının nemlendirilmesin sağlanması .
f	Yükleme ve boşaltma noktalarında toz emisyonlarının yayılmasının engellenemediği durumlarda, boşaltma yüksekliklerinin değişen yığın yüksekliğine göre mümkünse otomatik olarak veya boşaltma hızı düşürülerek ayarlanması

1.1.1.2.Tozlu Faaliyetler Kaynaklı Toz Emisyonları

Bu bölüm, pişirme, soğutma ve ana öğütme prosesleri dışındaki faaliyetlerinden kaynaklanan toz emisyonları ile ilgilidir. Ham maddelerin kırılması, ham madde konveyörleri ve elevatörleri, çimento, klinker ve ham maddelerin depolanması, yakıtların depolanması ve çimento sevkiyatı bu kapsama giren proseslerdir.

16. Bu kapsamdaki toz emisyonlarının azaltılması için MET, tozlu faaliyetlerde kullanılan filtrelerin performansını dikkatte alan bakım yönetim sistemi uygulaması öngörür. Bakım yönetim sistemi dikkatte alındığında MET, kuru yanma gazları temizliği için torbalı filtre sistemlerini önerir.

Açıklama

Tozlu faaliyetler için kuru yanma gazı temizliği, genellikle torbalı filtrelerden oluşan filtre sistemleri ile yapılmaktadır. Torbalı filtrelerle ilişkin açıklama Bölüm 1.5.1’de verilmektedir.

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

Bu kapsamdaki MET ile ilişkili emisyon seviyesi (yanma, soğutma ve ana öğütme prosesleri hariç), numune alma süresinin ortalama değeri olarak $< 10 \text{ mg/Nm}^3$ ’tür. (en az yarım saat boyunca alınan anlık ölçümler).

Düşük emisyonlu kaynaklar için ($< 10.000 \text{ Nm}^3/\text{saat}$) öncelikli uygulama, bakım yönetim sistemine de bağlı olarak, filtrelerin performans kontrol sıklığının da dikkatte alınmasıdır.

1.1.1.3.Fırın Yanma Prosesi Kaynaklı Toz Emisyonları

17. Fırın yanma gazlarından kaynaklanan toz emisyonlarının azaltılması için MET, filtrelerde kuru-gaz temizliği sistemini kullanır.

	Teknik ⁽¹⁾	Uygulanabilirlik
a	Elektrostatik Filtreler (ESP)	Tüm çimento fırınları için uygulanabilir
b	Torba Filtreler	
c	Melez/Hibrit Filtreler	

⁽¹⁾ Tekniklerin açıklaması Bölüm 1.5.1’de verilmektedir.

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

Fırın yanma proseslerinden kaynaklı yanma gazlarının toz emisyonu için MET ile ilişkili emisyon seviyesi, günlük ortalama değer olarak $< 10\text{-}20 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür. Torba filtreler veya yeni / teknolojik seviyesi iyileştirilmiş mevcut elektrostatik filtreler kullanıldığında, bu değerden daha düşük seviyelere ulaşılabilir

1.1.1.4. Soğutma ve Öğütme Prosesi Kaynaklı Toz Emisyonları

18. Soğutma ve öğütme prosesleri kaynaklı toz emisyonlarını azaltmak için MET, kuru yanma gazları temizliği için filtre kullanılmasıdır.

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Elektrostatik Filtreler (ESP)	Genel olarak klinker soğutucular ve çimento değirmenleri için uygulanabilir
b	Torba filtreler	Genel olarak klinker soğutucular ve değirmenler için uygulanabilir.
c	Melez/Hibrit Filtreler	Klinker soğutucular ve çimento değirmenleri için uygulanabilir.

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

Fırın yanma proseslerinden kaynaklı yanma gazlarının toz emisyonu için, günlük ortalama değer olarak $< 10\text{-}20 \text{ mg/Nm}^3$ 'tür. Torba filtreler veya yeni/ teknolojik iyileştirilmiş mevcut elektrostatik filtreler kullanıldığında, bu değerden daha düşük seviyelere ulaşılır.

1.1.6. Gaz Bileşenler

1.1.1.1. NO_x Emisyonları

Fırın ve/veya ön ısıtma / ön kalsinatör baca gazlarından kaynaklanan NO_x emisyonlarının azaltılması için MET, aşağıda listelenen tekniklerden bir ve bir kaçını beraber kullanımını öngörmektedir:

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Birincil Teknikler	
	I. Alev Soğutma	Çimento üretiminde kullanılan tüm fırın tipleri için uygulanabilir. Kullanılma seviyesi, ürün kalitesi ve proses kararlılığı üzerindeki etkisi ile sınırlıdır.
	II. Düşük NO_x Brülörleri	Tüm döner fırınlarda, ana brülör ve ön kalsinatörlerde uygulanabilir.
	III. Orta Fırın Yakma	Genellikle uzun döner fırınlarda uygulanabilir
	IV. ham maddenin pişmesini iyileştirmek için Mineralleştirici ilavesi	Genellikle tüm fırınlarda ürün kalitesi üzerindeki olası etkiler dikkate alınarak uygulanabilir.

	(mineralleştirilen klinker)	
	V. Proses İyileştirme ve Geliştirme	Genel olarak tüm fırınlara uygulanabilir.
b	Ön kalsinatör ile de ilişkili Kademeli Yakma (konvansiyonel veya atık yakıtlar), ve optimize yakıt karışımı kullanımı	Genel olarak, sadece ön kalsinasyonlu fırınlarda uygulanabilir. Ön kalsinasyonu olmayan siklonlu ön ısıtıcılarda, büyük modifikasyonlar gereklidir. Ön kalsinasyonu bulunmayan fırınlarda, ham yakıt yakılmasının NO _x azaltımı üzerinde olumlu etkisi olabilir. Bu uygulama tesisin indirgen ortamda üretim yapma ve ilgili CO salınımını kontrol etme kapasitesine de bağlıdır.
c	SNCR (Seçici Katalitik Olmayan Azaltım)	Prensip olarak çimento fırınlarına uygulanabilir. Enjeksiyon noktası fırın proses tipine göre değişir. Uzun kuru ve uzun yaş proseslerde yüksek sıcaklık ve yeterli bekletme süresine erişmekte zorluklar gözlenebilir. MET 20 de bakınız
d	SCR (Seçici Katalitik Azaltım)	Uygun katalizör ve çimento endüstrisindeki proses gelişmelerine bağlıdır.

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

Tablo 2 ye bakınız.

Tablo 2. Çimento endüstrisinde fırın ve/veya ön ısıtma / ön kalsinatör baca gazlarından kaynaklanan NO_x emisyonlarının MET ile ilişkili emisyon seviyeleri

Fırın Tipi	Birim	MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri (günlük ortalama değer)
Ön ısıtmalı fırınlar	Mg/Nm ³	< 200-450 ^{(1) (2)}
Lepol ve uzun döner fırınlar	Mg/Nm ³	400-800 ⁽³⁾

¹⁾ Birincil önlemlerden/tekniklerden sonra başlangıçtaki NO_x seviyesinin >1000 mg/Nm³ olması durumunda, MET ilişkili emisyon seviyesi 500 mg/Nm³'dir.

²⁾ Mevcut fırın sistemi tasarımı, atık ve ham madde pişirilebilirliği dahil olmak üzere yakıt karışım özellikleri, etkin değer aralığı içinde kalmayı etkileyebilir. Uygun koşullara sahip fırınlarda 350 mg/Nm³ altında seviyeler elde edilir. Düşük bir değer olan 200 mg/Nm³, sadece SNCR kullanan 3 tesiste (kolay yanan karışım ile) aylık ortalama olarak bildirilmiştir .

³⁾ Başlangıç seviyelerine ve tepkimeye girmemiş amonyağa bağlı olarak

20. Seçici Katalitik Olmayan Azaltım (SNCR) kullanılması durumunda MET, amonyak ilavesini mümkün olan en düşük seviyede tutarak etkin NO_x azaltımı sağlamak için aşağıdaki teknikleri kullanmaktadır.

	Teknik
a	Stabil işletme prosesi ile birlikte uygun ve yeterli NO_x azaltım verimini sağlamak
b	NO_x azaltımının en yüksek verimin sağlanabilmesi ve NH₃ ilavesinin düşürülmesi için amonyakın iyi bir stokiyometrik dağılım göstermesini sağlamak
c	Bacı gazlarından çıkan NH₃ emisyonlarını (reaksiyona girmemiş amonyak kaynaklı) mümkün olan en alt seviyede tutmak için NO_x azaltım verimi ve NH₃ ilavesi arasındaki bağlantıyı dikkate almak

Uygulanabilirlik

SNCR genel olarak döner çimento fırınlarına uygulanabilir. Enjeksiyon bölgesi fırın proses tipine göre değişir. Uzun kuru ve uzun yaş proseslerde yüksek sıcaklık ve yeterli bekletme süresine erişmekte zorluklar gözlenebilir.

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

Tablo 3'e bakınız.

Tablo 3. SNCR uygulandığında yanma gazları içine NH₃ akışı için MET' ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	Birim	MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri (günlük ortalama değer)
NH ₃	mg/Nm ³	< 30-50 ⁽¹⁾

1. Amonyak ilavesi başlangıçtaki NO_x seviyesine ve NO_x azaltım verimine bağlıdır. Lepol ve uzun çimento fırınları için seviye daha yüksek olabilir.

1.1.1.2.SO_x Emisyonları

21. Çimento fırınlarında ön ısıtma/ön kalsinasyon ve/veya yakma prosesleri sonucu oluşan baca gazındaki SO_x emisyonlarının azaltılması amacıyla MET aşağıda listelenen tekniklerden birinin kullanımınıdır.

	Teknik ⁽¹⁾	Uygulanabilirlik
a	Absorban İlavesi	Absorban ilavesi genelde ön ısıtıcılarda kullanılmakla birlikte, prensip olarak tüm çimento fırın sistemlerine uygulanabilir. Fırın beslemeye kireç ilave edildiğinde granül/nodüllerin kalitesi azalmakta ve Lepol fırınlarında akış problemleri oluşmaktadır. Ön ısıtıcı çimento fırınlarında sönmüş kirecin doğrudan fırın baca gazlarına enjekte edilmesi sönmüş kirecin fırın beslemesine ilave edilmesine göre daha az etkin olmaktadır.
b	Yaş Yıkama	Alçı üretimi için uygun (yeterli) SO ₂ seviyesi olması durumunda tüm çimento fırın tipleri için uygulanabilir.

(1) Tekniğin açıklaması Bölüm 1.5.3'te yer almaktadır

Açıklama

Ham madde ve yakıt kalitesine bağlı olarak SO_x emisyon seviyeleri azaltma teknikleri kullanılmadan düşük seviyede tutulabilir.

Gerekli olması durumunda SO_x seviyesini düşürmek için absorban ilavesi veya yaş yıkama gibi birincil ve/veya azaltma teknikleri kullanılabilir.

Yaş yıkama sistemleri başlangıç SO_x seviyesi 800-1000 mg/Nm³'ten yüksek olan tesislerde kullanılmaktadır.

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

Tablo 4'e bakınız.

Tablo 4. Çimento endüstrisinde fırın yanma ve/veya ön ısıtma/ön kalsinasyon proseslerinden kaynaklanan SO_x için MET ilişkili emisyon seviyeleri

Parametre	Birim	MET ile ilişkili emisyon seviyeleri ⁽¹⁾ ⁽²⁾ (günlük ortalama değer)
SO ₂ olarak ifade edilen SO _x	mg/Nm ³	< 50-400

⁽¹⁾ Verilen değer aralığı ham madde içerisindeki sülfür miktarını da dikkate almaktadır.

⁽²⁾ Beyaz ve özel çimento klinker üretiminde, klinkerin sülfür tutma kabiliyeti oldukça düşük olmakta, bu durumda daha yüksek SO_x emisyonlarına neden olmaktadır.

22. Fırın kaynaklı SO_x emisyonlarının azaltılması için, MET ham madde öğütme prosesinin optimizasyonunu önerir.

Açıklama

Teknik, ham madde öğütme prosesinin çimento fırınında SO₂ seviyesini azaltacak şekilde çalıştırılması için ham madde öğütme prosesinin optimizasyonun kapsar. Bu durum aşağıda yer alan faktörlerin ayarlanması sonucu sağlanabilir.

- Ham madde nem değeri
- Değirmen sıcaklığı
- Değirmen içinde kalış süresi
- Öğütülmüş maddenin boyutu

Uygulanabilirlik

Söz konusu teknik, kuru öğütme prosesi fırın + değirmen olarak beraber konumda çalıştırılıyorsa uygulanabilir.

1.1.1.3.CO Emisyonları ve Salınımları

1.2.6.3.1 CO Salımlarının Azaltılması

23. CO emisyonlarında ani salım sıklığının azaltılması ve yıllık toplam sürenin 30 dakikanın altında tutulması için Elektrostatik Filtreler (ESP) ve Hibrit Filtreler kullanıldığında MET'e aşağıdaki tekniklerin birlikte kullanılmasını önerir.

	Teknik
a	ESP devre dışı kalma sürelerinin azaltılması için CO ani yükselişlerinin yönetilmesi
b	CO kaynağına yakın bir noktada yer alan ve kısa sürede tepki verebilen ölçüm cihazlarıyla sürekli ve otomatik olarak CO ölçümlerinin yapılması

Açıklama

Güvelik nedeniyle patlama risklerinden dolayı baca gazlarında CO seviyelerinde yükseldiğinde elektrostatik filtreler devre dışı kalacaktır. Aşağıda yer alan teknikler CO salımlarını önleyerek elektrostatik filtrelerin devre dışı kalma sürelerini azaltır.

- Yanma prosesinin kontrolü
- Ham maddelerdeki organik madde içeriğinin kontrolü
- Yakıt besleme sistemi ve yakıtların kalitesinin kontrolü

Yoğun olarak işletmenin başlangıç aşamasında problemlerle karşılaşılmaktadır. Güvenli işletme koşullarının sağlanması için tüm işletme süreci boyunca elektrostatik filtrelerin korunması amacıyla eş zamanlı gaz ölçümü yapılmalı ve elektrostatik filtrelerin devre dışı kalma sürelerini azaltmak amacıyla işletim sırasında yedek izleme sistemleri kullanılmalıdır.

Sürekli CO izleme sistemi reaksiyon süresi açısından optimize edilmeli ve CO kaynağına yakın bir yere (örn. ön ısıtıcı kule çıkışı veya yaş uygulamalarda çimento fırını girişi gibi) yerleştirilmelidir.

Hibrit filtre kullanılması durumunda torba tutucu kafeslerin ızgara plakalar ile topraklanması tavsiye edilir.

1.1.1.4.Total Organik Karbon Emisyonları (TOK)

24. Fırınlarındaki yakma işlemleri sonucu ortaya çıkan TOK emisyonlarını düşük tutmak için MET; yüksek oranda uçucu organik karbon (UOK) içeren ham maddelerin fırın sistemine öğütülmüş ham madde besleme yolu ile (farin) girişinin engellenmesini önerir.

1.1.1.5.Hidrojen Klorür (HCl) ve Hidrojen Florür (HF) Emisyonları

25. MET, çimento fırınlarındaki yakma prosesleri sonucu ortaya çıkan HCl emisyonlarını azaltmak için aşağıdaki tekniklerden bir veya birkaçının birlikte kullanımını önerir.

	Teknik
a	Düşük klor içerikli yakıt ve ham maddelerin kullanılması
b	Çimento fırınında alternatif yakıt ve/veya ham madde olarak kullanılabilecek atıkların içeriğindeki klor miktarının sınırlandırılması

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

MET' e göre HCl emisyonu; günlük ortalama değer veya numune alma süresi (en az yarım saat olacak şekilde noktasal ölçümler) boyunca ortalama değer olarak 10 mg/Nm³'ün altında olmalıdır.

26. MET, çimento fırınlarındaki yakma prosesleri sonucu ortaya çıkan HF emisyonlarını azaltmak için aşağıdaki tekniklerden bir veya birkaçının birlikte kullanımını önerir.

	Teknik
a	Düşük flor içerikli yakıt ve ham maddelerin kullanılması
b	Çimento fırınında alternatif yakıt ve/veya ham madde olarak kullanılabilecek atıkların içeriğindeki flor miktarının sınırlandırılması

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

MET'e göre HF emisyonu; günlük ortalama değer veya numune alma süresi (en az yarım saat olacak şekilde noktasal ölçümler) boyunca ortalama değer olarak 1 mg/Nm³'ün altında olmalıdır.

1.1.7. CDD/F Emisyonları

27. MET, çimento fırınlarındaki yakma prosesleri sonucu ortaya çıkan PCDD/F emisyonlarını önlemek veya azaltmak için aşağıdaki tekniklerden bir veya birkaçının birlikte kullanımını öngörür:

	Teknik
a	Çimento fırının girişindeki ham maddelerin dikkatli seçimi ve kontrolü (Örneğin; klor, bakır ve uçucu organik bileşikler açısından)
b	Çimento fırının girdisi olan yakıtın dikkatli seçimi ve kontrolü (Örneğin; klor ve bakır)
c	Klorlu organik madde içeren atıkların kullanımının sınırlandırılması/önlenmesi
d	İkincil yakmada yüksek halojen içeren yakıt beslenmesinin önlenmesi (örn. Klor .)
e	Fırın baca gazlarının 200 °C'nin altına hemen soğutulması ve sıcaklığın 300 ve 450 °C aralığında olduğu bölgelerde baca gazı kalış süresinin ve oksijen içeriğinin azaltılması
f	Devreye alma ve/veya devre dışı kalma süreçlerinde atık yakma işlemlerinin durdurulması

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

MET'e göre fırınlarındaki yakma prosesleri sonucu ortaya çıkan PCDD/F emisyonu; 6-8 saatlik numune alma süresi boyunca ortalama değer olarak 0,05-0,1ng PCDD/F I-TEQ/Nm³'ün altında olmalıdır.

1.1.8. Metal Emisyonları

MET, fırın yakma prosesleri sonucu ortaya çıkan yanma gazlarındaki metal emisyonlarını azaltmak için aşağıdaki tekniklerden bir veya birkaçının birlikte kullanımını öngörmektedir.

	Teknik
a	Özellikle düşük metal içerikli malzemelerin seçimi ve malzemelerdeki metal içeriğinin sınırlandırılması (Özellikle cıva için)
b	Kullanılan atık malzemelerin özelliklerinin garanti altına alınması için kalite güvence sisteminin kullanılması
c	MET 17'de belirtildiği gibi etkin toz uzaklaştırma tekniklerinin kullanılması

MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri

Tablo 5'e bakınız.

Tablo 5. Fırınlarında yakma prosesi sonucu oluşan baca gazlarından kaynaklanan metaller için MET'e ile ilişkili emisyon seviyeleri

Metaller	Birim	MET ile İlişkili Emisyon Seviyeleri (numune alma süresi boyunca (en az yarım saat süresince noktasal ölçümler) ortalama değer)
Hg	mg/Nm ³	< 0,05 ⁽²⁾
Σ (Cd, Tl)	mg/Nm ³	< 0,05 ⁽¹⁾
Σ (As, Sb, Pb, Cr, Co, Cu, Mn, Ni, V)	mg/Nm ³	< 0,5 ⁽¹⁾

⁽¹⁾ Yakıt ve ham maddelerin kalitesine bağlı olarak düşük değerler raporlanmıştır.

⁽²⁾ Yakıt ve ham maddelerin kalitesine bağlı olarak düşük değerler raporlanmıştır. 0.03 mg/Nm³'ün üzerindeki değerler detaylı olarak incelenmelidir. 0.05 mg/Nm³'e yakın değerler için ise ilave teknikler düşünülmelidir (Baca gazı sıcaklığının düşürülmesi ve aktif karbon gibi)

1.1.9. Proses Kayıpları/Atıklar

MET, çimento üretim proseslerinden çıkan katı atıkları azaltmak ve ham madde kazanımı sağlamak için aşağıdaki tekniklerin kullanımını öngörür:

	Teknik	Uygulanabilirlik
a	Proses tozlarının uygulanabilir olan yerlerde yeniden kullanılması	Genel olarak uygulanabilir ancak tozun kimyasal bileşimine bağlıdır
b	Proses tozlarının mümkün olması durumunda diğer ticari ürünlerde kullanılması	Proses tozlarının diğer ticari ürünlerde kullanılması işletmecinin kontrolünde olmayabilir.

Açıklama

Toplanan proses tozları uygulanabilir olması durumunda üretim prosesine geri kazanılabilir. Bu geri kazanım doğrudan fırınına veya fırına beslenen ham maddeye (Alkali metal içeriği sınırlayıcı olabilir) besleme suretiyle yapılabileceği gibi, son ürün olan çimento ile de karıştırılabilir. Toplanan tozun üretim prosesinde geri kazanılması durumunda kalite güvence sistemine ihtiyaç vardır. Geri kazanılamayan malzemeler için alternatif kullanım alanları (Yakma tesislerinde baca gazı desülfurizasyonu için katkı malzemesi olarak kullanılma gibi) oluşturulabilir.

EK II Türkiye Çimento Sektörü MET Uyum Analiz Sonuçları I

c	MEVCUT EN İYİ TEKNİKLER	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
	1.2.1 GENEL ÖNCELİKLİ TEKNİKLER			
a	Bilgisayar tabanlı otomatik kontrole sahip proses kontrolü optimizasyonu	10	4	37
b	Modern, gravimetrik ve katı yakıt besleme sistemlerinin kullanılması	43	6	2
	1.2.2 İZLEME			
a	Proses stabilitesini tanımlayan sıcaklık, O ₂ seviyesi, basınç ve debi gibi proses parametrelerinin sürekli ölçümleri.	51		
b	Kritik proses parametrelerinin (örn. homojen hammadde karışımı ve yakıt beslemesi, düzenli besleme ve oksijen fazlası) izlenmesi ve dengelenmesi.	51		
c	SNCR uygulandığında NH ₃ emisyonlarının sürekli ölçümleri.	8	43	
d	Toz, NO _x , SO _x , ve CO emisyonlarının sürekli ölçümleri	51		
e	PCDD/F ve metal emisyonlarının periyodik ölçümleri	32	19	
f	HCl, HF ve TOC emisyonlarının sürekli veya periyodik ölçümleri.	34	17	
g	Sürekli veya periyodik toz ölçümleri.	49	2	

	Teknik	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
	1.2.3.1 ENERJİ VERİMLİLİĞİ			
	Geliştirilmiş ve iyileştirilmiş fırın sistemleri ve aşağıdaki uygulamalarla proses parametreleri ayar noktalarına yakın işletilen düzgün ve kararlı fırın prosesi uygulaması:			
a	I. Bilgisayar tabanlı otomatik kontrol sistemi içeren, proses kontrolü optimizasyonu	10	4	3
	II. Modern, gravimetrik ve katı yakıt besleme sistemleri	46	2	7
	III. Mevcut fırın sistemi yerleşimini dikkate alan, mümkün olan ölçüde ön ısıtma ve ön kalsinasyon.	48	3	3
b	Fırınlardan atık ısıların geri kazanılması, özellikle soğutma bölgesinden. Soğutma bölgesinden (sıcak hava) ve ön ısıtıcıdan geri kazanılan atık ısı, özellikle ham maddelerin kurutulması için kullanılabilir.	49	2	
c	Mümkün olan en uygun sayıda siklon kademesinin, kullanılan ham madde ve yakıt özelliklerine bağlı olarak uygulanması.	48	3	
d	Termik enerji tüketimi üzerinde pozitif etkiye sahip yakıtların kullanılması.	38	12	1
e	Geleneksel yakıtlar yerine atık yakıtlara geçilirken, optimize edilmiş ve en uygun çimento fırın sistemlerinin kullanılması.	19	30	2
f	Baypas akımlarının en aza indirilmesi.	1	50	

1.2.3.1 ENERJİ KULLANIMI VE PROSES SEÇİMİ 1.2.3.2				
Proses	Birim	MET Enerji Tüketim Seviyesi	<3300	>3300
Ön ısıtmalı ve ön kalsinasyonlu kuru prosesler	MJ/ton klinker	2900 – 3300	28	53

	1.2.3.1 ENERJİ VERİMLİLİĞİ	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
	TEKNİK			
a	Enerji yönetim sistemlerinin kullanılması	34	17	
b	Yüksek enerji verimliliğine sahip öğütme teknolojilerinin kullanılması	9	7	35
c	Gelişmiş izleme sistemlerinin kullanılması	49		2
d	Hava kaçaklarının azaltılması	49		2
e	Proses kontrol optimizasyonu	45	4	2

	TEKNİK	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
	1.2.4.1 ATIK KALİTE KONTROLÜ			
a	Atıkların özelliklerini garanti altına almak için kalite güvence sistemi uygulanması ve çimento fırınlarında ham madde ve/veya yakıt olarak kullanılan her atığın aşağıdaki hususlar için analizi: I. kalite sürekliliği, II. emisyon oluşumu, incelik, kalorifik değer, reaktivite, pişirebilirlik gibi fiziksel özellikler, III. klor, kükürt, alkali ve fosfat ve metal içeriği gibi kimyasal özellikler	19 26 25	32 25 26	
b	Klor, ilgili metaller (örn. kadmiyum, cıva, talyum), kükürt, toplam halojen içeriği gibi çimento fırınlarında ham madde ve/veya yakıt olarak kullanılacak her atık içindeki ilgili parametrelerin miktarının kontrol edilmesi	18	33	
c	Her atık yükü için kalite güvence sisteminin uygulanması	13	38	

	1.2.4.2 FIRINA ATIK BESLEME	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
	TEKNİK			
a	Bilgisayar tabanlı otomatik kontrole sahip proses kontrolü optimizasyonu	10	4	37
b	Modern, gravimetrik ve katı yakıt besleme sistemlerinin kullanılması	43	6	2
c	Mümkün olan en uygun sayıda siklon kademesinin, kullanılan ham madde ve yakıt özelliklerine bağlı olarak uygulanması.	.48	3	
d	Termik enerji tüketimi üzerinde pozitif etkiye sahip yakıtların kullanılması.	.38	12	1
e	Geleneksel yakıtlar yerine atık yakıtlara geçilirken, optimize edilmiş ve en uygun çimento fırın sistemlerinin kullanılması.	19	30	2
f	Baypas akımlarının en aza indirilmesi.	1	50	

	1.2.5.1 YAYILI TOZ EMİSYONLARI			
	TEKNİK	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
a	Basit ve doğrusal bir yerleşim planının uygulanması	38	12	1
b	Öğütme, eleme ve karıştırma gibi tozlu faaliyetlerin kapalı ve korumalı ortamlarda gerçekleştirilmesi	35	10	6
c	Şayet yayılı toz emisyonu tozlu ham maddelerden kaynaklanıyorsa, konveyör ve elevatörlerin kapalı olarak inşa edilmesi	43		8
d	Hava kaçakları ve malzeme dökülme noktalarının azaltılması	40	7	4
e	Otomatik cihaz ve kontrol sistemlerinin kullanılması	38	8	5
f	Sorunsuz –arızasız faaliyetin sağlanması	36	8	7
g	Hareketli ve sabit vakumlu temizleme tesisatın doğru ve eksiksiz bakımının sağlanması prosesi daha uygun olabilir.	36	12	3
h	Havalandırma ve toz tutmanın torbalı filtreler ile yapılması	43	2	7
i	Otomatik elleçleme sistemleriyle donanımlı kapalı stoklama sistemlerinin kullanılması	34	3	14
j	Sevk ve yükleme işlemleri için toz emiş sistemi ile donatılmış ve yükleme bölgesine doğru konumlandırılmış, esnek dolum borularının kullanılması	28	5	18

	1.2.5.1 YAYILI TOZ EMİSYONLARI			
	TEKNİK	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
a	Depolama ve stok alanlarının duvar, perdeleme veya dikey yeşillendirme	33	3	15
b	Açık yığınlar için rüzgar korumalarının kullanılması	32	18	1
c	Su spreyi ve kimyasal toz bastırıcıların kullanılması	38	11	2
d	Uygun yol kaplama , temizlik ve sulamanın sağlanması	48	2	1
e	Stok yığınlarının nemlendirilmesin sağlanması	40	10	1
f	Yükleme ve boşaltma noktalarında toz emisyonlarının yayılmasının engellenemediği durumlarda, boşaltma yüksekliklerinin değişen yığın yüksekliğine göre mümkünse otomatik olarak veya boşaltma hızı düşürülerek ayarlanması	44	5	2

	1.2.5.3 YANMA GAZLARI KAYNAKLI TOZ EMİSYONLARI		
	TEKNİK	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR
a	Elektrostatik Filtreler (ESP)	5	
b	Torba Filtreler	45	
c	Melez/Hibrit Filtreler	1	

1.2.4.2 TEHLİKELİ ATIKLARIN KULLANILMASI İÇİN GÜVENLİK YÖNETİMİ	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
TEKNİK			
MET, tehlikeli atık maddelerin geçici depolanması, hazırlanması ve sisteme beslenmesi için güvenlik yönetimi uygulamaktadır. Atığın etiketlenmesi, kontrol edilmesi, numune alınması ve test edilmesi gibi eylemleri kapsayan, atığın tipi ve kaynağına göre risk bazlı yaklaşımlar kullanır.	19	32	

1.2.5.4 KLİNKER SOĞUTUCU VE ÇİMENTO DEĞİRMENLERİ KAYNAKLI TOZ EMİSYONLARI		
Teknik	Klinker Soğutucu	Çimento Değirmenleri
Elektrostatik Filtreler (ESP)	√	√
Torba filtreler	√	√
Melez/Hibrit Filtreler		

	1.2.6.1 NO_x EMİSYONLARI			
	Teknik	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
a	Birincil Teknikler			
	I. Alev Soğutma	.45	6	
	II. Düşük NO_x Brülörleri	18	33	
	III. Orta Fırın Yakma		51	
	IV. ham maddenin pişmesini iyileştirmek için Mineralleştirici ilavesi (mineralleştirilen klinker)	7	44	
	V. Proses İyileştirme ve Geliştirme	39	7	5
b	Ön kalsinatör ile de ilişkili Kademeli Yakma (konvansiyonel veya atık yakıtlar), ve optimize yakıt karışımı kullanımı	15	24	12
c	SNCR (Seçici Katalitik Olmayan Azaltım)	12	39	
d	SCR (Seçici Katalitik Azaltım)		51	

	1.2.6.3 CO EMİSYONLARI			
	TEKNİK	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
a	ESP devre dışı kalma sürelerinin azaltılması için CO ani yükselişlerinin yönetilmesi	15	36	
b	CO kaynağına yakın bir noktada yer alan ve kısa sürede tepki verebilen ölçüm cihazlarıyla sürekli ve otomatik olarak CO ölçümlerinin yapılması	49	2	

	1.2.7 PCDD /F EMİSYONLARI			
	TEKNİK	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
a	Çimento fırının girişindeki ham maddelerin dikkatli seçimi ve kontrolü (Örneğin; klor, bakır ve uçucu organik bileşikler açısından)	19	31	1
b	Çimento fırının girdisi olan yakıtın dikkatli seçimi ve kontrolü (Örneğin; klor ve bakır)	31	20	
c	Klorlu organik madde içeren atıkların kullanımının sınırlandırılması/önlenmesi	23	28	
d	İkincil yakmada yüksek halojen içeren yakıt beslenmesinin önlenmesi (örn. Klor.)	28	23	
e	Fırın baca gazlarının 200 °C'nin altına hemen soğutulması ve sıcaklığın 300 ve 450 °C aralığında olduğu bölgelerde baca gazı kalış süresinin ve oksijen içeriğinin azaltılması	25	26	
f	Devreye alma ve/veya devre dışı kalma süreçlerinde atık yakma işlemlerinin durdurulması	29	22	

	1.2.8 METAL EMİSYONLARI			
	Teknik	UYGULANIYOR	UYGULANMIYOR	KISMEN
a	Özellikle düşük metal içerikli malzemelerin seçimi ve malzemelerdeki metal içeriğinin sınırlandırılması (Özellikle cıva için)	26	25	
b	Kullanılan atık malzemelerin özelliklerinin garanti altına alınması için kalite güvence sisteminin kullanılması	30	21	
c	MET 17’de belirtildiği gibi etkin toz uzaklaştırma tekniklerinin kullanılması	32	19	
	1.2.9 PROSES KAYIPLARI /ATIKLAR			
a	Proses tozlarının uygulanabilir olan yerlerde yeniden kullanılması	51		
b	Proses tozlarının mümkün olması durumunda diğer ticari ürünlerde kullanılması	.	51	

EK III Türkiye Çimento Sektörü MET Uyum Analiz Sonuçları II

- **ÇİMENTO ÜRETİM TESİSLERİ EED UYUM ANALİZİ**
- **İYİLEŞTİRME POTANSİYELLERİ**

Tesis adı / Tesis No	EED Uyum Durumu			EED uyum Durumu			İyileştirme Potansiyeli Yatırım İhtiyacı
	MET Alan Sayısı			MET %			
	Uyumlu	Uyumsuz	Kısmen Uyumlu	Uyumlu	Uyumsuz	Kısmen Uyumlu	MET Referans No
1	49	28	4	60	35	5	1.1.2, 1.2.1/1.2.2, 1.2.5.1/1.2.5.2 1.2.6.1
2	21	56	2	26	70	4	-
3	55	21	6	67	26	7	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 / 1.2.5.2 /1.2.5.3 , 1.2.6.1
4	49	19	14	60	23	17	1.1.2 , 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.2 , 1.2.5.3 , 1.2.6.1
5	50	27	3	60	33	7	1.1.2, 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 /1.2.5.2 , 1.2.6.1
6	46	32	5	56	39	5	1.1.2 ,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 / 1.2.5.2 / 1.2.5.3 / 1.2.5.4 , 1.2.6.1
7	42	39	2	51	47	2	1.1.2, 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.2 , 1.2.6.1
8	26	41	15	32	50	18	1.1.2 , 1.2.1/1.2.2, 1.2.3.2/ 1.2.4.2 1.2.5.1 / 1.2.5.2 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
9	33	39	10	40	48	12	1.1.2 , 1.2.3.2 /1.2.3.3 , 1.2.5.1 , 1.2.6.1
10	39	42	1	48	51	1	-
11	26	47	9	32	57	11	1.1.2, 1.2.5.1 / 1.2.5.2 / 1.2.5.3 / 1.2.5.4 , 1.2.6.1
12	57	22	3	70	26	4	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2, 1.2.5.2 , 1.2.5.3 , 1.2.6.1

13	47	34	2	57	41	2	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1/1.2.5.2 / 1.2.5.3 ,1.2.6.1
14	66	14	2	80	17	3	1.1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2, 1.2.5.1/ 1.2.5.2 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
15	55	25	2	67	31	2	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.2 , 1.2.5.3 , 1.2.6.1
16	72	8	2	87	10	3	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 / 1.2.5.1 / 1.2.5.2 , 1.2.6.1
17	54	24	4	66	30	4	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.2 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
18	47	23	12	57	28	15	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 , 1.2.5.2 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
19	33	46	3	40	56	4	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2, 1.2.5.1 / 1.2.5.2 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
20	52	28	2	63	34	3	1.1.2 , 1.2.1, 1.2.5.1 /1.2.5.2 , 1.2.6.1
21	59	23	0	72	28		1. 1. 2 , 1.2.5.1 /1.2.5.2 , 1.2.6.1
22	51	19	12	62	23	15	1.1.2 , 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2, 1.2.5.1 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
23	59	21	2	72	26	2	1.1.2, 1.2.5.1 / 1.2.5.2 , 1.2.6.1
24	60	18	3	73	22	5	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.3.3 , 1.2.5.2 , 1.2.5.3 , 1.2.6.1
25	54	27	1	66	33	1	1.1.2, 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2 .4.2, 1.2.5.1/1.2.5.2 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
26	36	43	4	44	52	4	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 1.2.5.1/1.2.5.2 / 1.2.5.3 /1.2.5.4 , 1.2.6.1

27	41	41	1	50	50		1.1.2 , 1.2.5.1 /1.2.5.2 , 1.2.6.1
28	47	30	5	57	37	6	-
29	55	25	2	67	30	3	1.1.2, 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2/1.2.4.2 , 1.2.5.1 /1.2.5.2 , 1.2.6.1
30	44	33	5	54	40	6	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.3.3 , 1.2.5.2 , 1.2.5.3 , 1.2.6.1
31	38	43	1	46	40	4	-
32	40	39	3	49	48	3	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 /1.2.5.2, 1.2.6.1
33	34	25	12	42	42	16	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 /1.2.5.2 , 1.2.5.3 , 1.2.6.1
34	41	39	2	50	48	2	1.1.2, 1.2.5.2 , 1.2.5.1 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
35	47	33	2	57	40	3	1.2.5.1
36	54	20	8	66	24	10	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 /1.2.5.2 , 1.2.6.1
37	66	12	4	80	15	5	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2, 1.2.5.1 /1.2.5.2 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
38	52	15	15	64	18	18	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 / 1.2.5.2 /1.2.5.4 , 1.2.6.1
39	58	15	9	71	18	11	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.2, 1.2.6.1
40	42	28	12	51	34	15	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 / 1.2.5.2 /1.2.5.3 , 1.2.6.1
41	39	35	8	71	18	11	1.1.2, , 1.2.3.2 /1.2.3.3 , 1.2.5.2 , 1.2.5.4 , 1.2.6.1

42	50	30	2	61	37	2	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.5.1 / 1.2.5.2 , 1.2.6.1
43	58	20	4	71	24	5	1.1.2, 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1/1.2.5.2 , 1.2.6.1
44	-	-	-	-	-	-	-
45	-	-	-	-	-	-	-
46	65	15	2	79	18	3	1.1.2 , 1.2.5.1 / 1.2.5.2 1.2.6.1
47	56	16	10	68	20	12	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2, 1.2.5.1/1.2.5.2, 1.2.6.1
48	58	22	2	70	18	2	1.1.2, 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2, 1.2.5.1 / 1.2.5.2 / 1.2.5.3 /1.2.5.4 , 1.2.6.1
49	39	41	2	47	50	3	1.1.2, 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 /1.2.5.2 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
50	45	35	2	55	43	2	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 /1.2.5.2 / 1.2.5.3 , 1.2.6.1
51	36	44	2	43	54	3	-
52	55	24	3	67	30	3	1.1.2, 1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 / 1.2.4.2 1.2.5.1/1.2.5.2 , 1.2.6.1
53	33	45	2	61	37	2	1.1.2,1.2.1/1.2.2 , 1.2.3.2 /1.2.4.2 , 1.2.5.1 / 1.2.5.2, 1.2.6.1
53	48	29	5	59	35	6	-

EK IV MET Uygulama Maliyetleri

Toz Tutmada kullanılan MET ve Yatırım, İşletme Maliyetleri*

Mevcut En İyi Teknik MET	Uygulanabilirlik	Emisyon Sınır Değeri		Maliyet	
		Mg / Nm ³	Kg / ton	Yatırım	İşletme
				Milyon USD	USD/t Klinker
Torbali Filtreler	- Fırın Yanma Gazları Kaynaklı Toz Emisyonları	< 5	0,01	1,5-2,5	0,03-0,07
	- Tozlu Faaliyetler Kaynaklı Toz Emisyonları / Kömür Öğütme, Paketleme, Hammadde Öğütme, Nakil Sistemleri	< 10	0,01	1 – 1,2	0,02-0,04
	- Klinker Soğutucular Kaynaklı Toz Emisyonları	< 10	0,01	1 – 1,2	0,05-0,1
	- Çimento değirmeni Kaynaklı Toz Emisyonları	< 5	0,02	0,7 - 1	0,01-0,03
Elektro Filtreler	- Fırın Yanma Gazları Kaynaklı Toz Emisyonları	< 10	0,02 -0,05	1,5 – 2,0	0,03-0,05
	- Klinker Soğutucu, Kaynaklı Toz Emisyonları	< 20,	0,02-0,05	0,8 - 1,2	0,02-0,03
	- Çimento değirmeni Kaynaklı Toz Emisyonları	< 10	0,02	0,8- 1,2	0,02-0,03

<i>Hibrit Filtreler</i>	- Fırın Yanma Gazları Kaynaklı Toz Emisyonları	<10-20	0,02-0,05		
	- Klinker Soğutucu, Kaynaklı Toz Emisyonları	< 10-20			
	- Çimento değirmeni Kaynaklı Toz Emisyonlar	< 10-20			

- Verilen mali değerler 3500-4000 ton /gün klinker kapasiteli bir tesis için uygulanmış / güncel değerleri kapsamaktadır.

Kapalı Stok alanları ve Yatırım Maliyetlerinin Analizi

Üniteler	Ebat m	Kapasite t	Maliyetler* USD				
			İnşaat	Çelik	Mekanik	Elektrik	Toplam
Hammadde Stok Hölü	R= 100	42.000	900.000	1.000.000	800.000	300.000	3.000.000
Katkı Stok Holü	65X129	21.500	1.200.000	1.050.000	1.450.000	300.000	4.000.000
Kömür Stok Hölü	70x170	12.000	1.400.000	1.500.000	800.000	300.000	4.000.000
Klinker Stok Hölü	R=100	50.000	1.400.000	1.000.000	1.200.000	400.000	4.000.000
Klinker Silosu	R 40	120.000	2.000.000	1.500.000	1.200.000	400.000	5.100.000

*Türkiye Çimento Sanayinde son yıllarda yapılan yatırımlar için tedarikçilerden alınan güncel yatırım rakamları

MET'e Göre NO_x Azaltım Teknikleri ve Yatırım - İşletme Maliyetleri*

MET Önlem/teknik	Uygulanabildiği fırın sistemleri	Azaltma etkinliği (%)	Emisyon verileri		Maliyet verileri	
			mg/Nm ³	kg/t	Yatırım (Milyon USD)	İşletme USD/t klinker
Alev soğutma	Tümü	0-35	500-1000	1.15-2.3	0.2' ye kadar	0.05
Düşük NO _x brülörü	Tümü	0-35	500- 1000	1.15-2.3	0.45'e kadar	0.07
Birincil önlemler/teknikler	Tümü	25	1400'den 950'ye azaltıldı	2.4	0.25	0.05- 0.06
Fırın ortası ateşleme	Uzun	20-40	Bilgi Yok	-	0.8-1.7	Bilgi Yok
Mineralize klinker	Tümü	10-15	Bilgi Yok	-	Bilgi Yok	Bilgi Yok
Kademeli yanma	Ön kalsinatörlü	10-50	450-1000	1.04-2.3	0.1 - 2	0.1- 1
	Ön ısıtıcı				1 - 4	
SNCR	Ön ısıtıcı ve ön kalsinatörlü	30 ila 90	<200 -500	0.4-1.15	0.4 – 1.0	0.1 - 1.7
	Lepol Izgara ön ısıtıcı	35	<500-800)	1.15-1.84	0.5	0.84
SCR	Muhtemelen ön ısıtıcı ve ön kalsinatörlü olanların tümü	43-95	<200 – 500	0.23-1.15	2.2-4.5	0.33-3

*KHD .event Dr H.Shürmann KHD Environmental Technology NO_x Compendium
Antalya 29.09.2016
Avrupa Komisyonu 2010
Türkiye Çimento Sektöründe kurulmakta olan /kurulu SNCR yatırım ve işletme verileri.

Enerji Verimliliği İlgili Önlemler ve Olası Yatırım Maliyetleri*

MET Teknik / Önlemler Fırın Kapasiteleri	Maliyet 1000 USD			Düşünceler
	< 2000 ton /gün	2000-4000 ton / gün	4000-6000 ton / gün	
Proses Optimizasyonu	1.500-2.000	1.500-2.500	2000-3.500	. Expert sistem Fırın . Birincil teknikler . Proses Otomasyon
Kalite Kontrol Sistemi Optimizasyonu	1.000-2.000	1.500- 2.000	2.000-2.500	. On line analizör . Otomatik numune alma, hazırlama . Kalite otomasyon ve kontrol
Ön ısıtıcı + Ön Kalsinasyon Ön Isıtıcı Siklon Sayısı ve Kademe Ön Isıtıcı Siklon İlave Etme Klinker Soğutucu Yenileme	4.000 -7.000	5000- 8.000	6.000-9.000	. Mekanik . İnşaat . Elektrik . Otomasyon . Yakıt besleme . Brülörler . Refrakter
Kademeli Yanma, Yanma Kamarası	1.5000-2.500	2.000-3.000	4.000.000	. Mekanik . İnşaat . Elektrik . Otomasyon . Yakıt besleme . Brülörler . Refrakter
Yakıt besleme ve Yakıt Yakma Sistemi	600 - 800	800- 1.000	1.000-1.500	. Makine ve . Ekipman . Elektrik ve Otomasyon
Atık Hazırlama ve Besleme Sistemi	1.500-2.500	2.000-4.000	2.000-4.000	. Makine ve Ekipman Elektrik ve Otomasyon

*Son yıllarda yapılan yatırımlardan ve yapılmakta olan yatırımlardan elde edilen maliyetlerdir.

KAYNAKÇA

-
- 1 TÇMB İstatistikleri 2015
 - 2 Çimento Sektör Notu 2010
 - 3 Çimento Sektör Notu 2010
 - 4 Çimento Sektör Notu 2010
 - 5 Cembureau Activity Report, 2015
 - 6 EÇİ Projesi 2016).
 - 7 TÇMB İstatistikleri 2010-2014
 - 8 TCMB İstatistikler 2015
 - 9 TCMB İstatistikler Çimento Tipleri Dağılımı 2015
 - 10 TCMB Satış Dağılımı İstatistikler 2015
 - 11 TCMB Satış Dağılımı İstatistikler 2015
 - 12 TCMB İstatistikler ihracat 2014)
 - 13 TCMB Satış İstatistikleri Dağılımı 2015
 - 14 TCMB İstatistikler 2015
 - 15 TÇMB 2015 İstatistikleri
 - 16 TCMB İstatistikler Çimento Tipleri Dağılımı 2015
 - 17 -KHD .event Dr H.Shürmann KHD Environmental Technology NOx Compendium
Antalya 29.09.2016
 - Avrupa Komisyonu 2010
 - Türkiye Çimento Sektöründe kurulmakta olan /kurulu SNCR yatırım ve işletme verileri.
 - 18 *TÇMB Sektör Notu 2010*
 - 19 *TÇMB Sektör Notu 2010*
 - 20 Avrupa Çevre Politikası Enstitüsü 2003, *TÇMB Sektör Notu 2010*
 - 21 *TÇMB Sektör Notu 2010*
 - 22 Gray, James ve Dickons 2007
 - 23 *TÇMB Sektör Notu 2010*
 - 24 *TÇMB Sektör Notu 2010*
 - 25 TÇMB 2015 İstatistikleri
 - 26 Sektör Notu 2010
 - 27 Lindhqvist 2000
 - 28 Thomas Sterner, 2003.