
GAZİ ÜNİVERSİTESİ
Gazi
1926

TÜRKİYE'DEKİ ÇİMENTO FABRİKALARININ "SERA GAZI EMİSYONLARININ TAKİBİ HAKKINDAKİ YÖNETMELİK" KAPSAMINDA İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRMESİ

Ceren TÜRKEL

YÜKSEK LİSANS TEZİ
FEN BİLİMLERİ ANA BİLİM DALI

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TEMMUZ 2019

Ceren TÜRKEL tarafından hazırlanan "TÜRKİYE'DEKİ ÇİMENTO FABRİKALARININ "SERA GAZI EMİSYONLARININ TAKİBİ HAKKINDAKİ YÖNETMELİK" KAPSAMINDA İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRMESİ" adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Gazi Üniversitesi Çevre Bilimleri Ana Bilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Feriha YILDIRIM

Fen Bilimleri Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ..……

Başkan: Prof. Dr. İrfan AR

Kimya Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Gazi Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ……...

Üye: Doç. Dr. Nihal GÖMÜRGEN

Botanik Ana Bilim Dalı, Hacettepe Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum. ……...

Tez Savunma Tarihi: 01/07/2019

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

……..…….

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmasında;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmasında yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu,

bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

Ceren TÜRKEL

01/07/2019

TÜRKİYE'DEKİ ÇİMENTO FABRİKALARININ "SERA GAZI EMİSYONLARININ TAKİBİ HAKKINDAKİ YÖNETMELİK" KAPSAMINDA İZLENMESİ VE DEĞERLENDİRMESİ

(Yüksek Lisans Tezi)

Ceren TÜRKEL

GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Temmuz 2019

ÖZET

Küresel bir sorun olan iklim değişikliğinin neden olduğu tehlikelerin artması ve birçok ülkenin uluslararası antlaşma olan Paris Antlaşmasını imzalaması, gerekli taahhütlerde bulunması ülkeler açısından yasal zorunlulukları ortaya çıkarmıştır. Ülkemizde sera gazı emisyonlarına ait gelişmeler "Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik", "Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ" ve "Sera Gazı Emisyonlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Akreditasyonu Tebliği"nin yayınlanmasıyla hız kazanmıştır. Ülkemizdeki durumu değerlendirebilmek için bu mevzuatlar kapsamında yüksek miktarda emisyona sahip çimento tesislerinin sera gazı emisyonları bakımından değerlendirmesine ihtiyaç vardır. Bu çalışmada ülkemizden dört tane örnek olarak seçilen çimento fabrikasının yıllara göre sera gazı emisyonları "Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkındaki Yönetmelik" kapsamında incelenmiştir. Ülkemizde sera gazı emisyonlarının takibi hakkındaki çalışmaların yeni olması ve sürece uyumun sağlanabilmesi adına, 2016-2017 yıllarında tesislerde kullanılan ve emisyona sebep olan yakıt ve hammaddeler için ulusal ya da uluslararası dokümanlardan sabit değerlerin alınmasına mevzuat olarak kolaylık sağlanmıştır. Ancak 2018 yılında sera gazı çalışmalarında gerçek emisyon değerlerine ulaşmak amacıyla emisyona sebep olan yakıt ve hammaddeler için analiz yaptırma zorunluluğu gelmiş ve bu nedenle her tesis kullanmış olduğu yakıt ve hammaddesi için analiz yaptırmıştır. Bu bilgiler ışığında farklı üretim kapasitelerine sahip dört çimento üretim tesisi örnek olarak seçilerek analizin uygulandığı kaynak akışlarının 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait emisyon miktarları değerlendirilmiştir.

Bilim Kodu : 90313
Anahtar Kelimeler : CO_2 emisyonu, çimento fabrikaları, iklim değişikliği, sera gazları.
Sayfa Adedi : 63
Danışman : Dr. Öğr. Üyesi Feriha YILDIRIM

MONITORING AND EVALUATION OF CEMENT FACTORY IN TURKEY WITHIN THE SCOPE OF "REGULATION ON MONITORING GREENHOUSE GAS EMISSIONS"

(M. Sc. Thesis)

Ceren TÜRKEL

GAZİ UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

July 2019

ABSTRACT

Increasing dangers and worries caused by a global problem, climate change and many countries have signed The Agreement of Paris, the international agreement, and the necessary commitments have brought about legal obligations for the countries. Developments in greenhouse gas emissions in our country gained momentum with the publication of "Regulation on Monitoring of Greenhouse Gas Emissions", Notification about "Monitoring and Reporting of Greenhouse Gas Emissions" and "Notification about Verification of Greenhouse Gas Emissions and Accreditation of Verification Agencies". Within the scope of these regulations, cement plants with high amounts of emissions that are necessary to monitor and report greenhouse gas emissions need to be evaluated for greenhouse gas emissions. In this study, four cement production plants were selected from our country have been examined within the scope of "Regulation on Monitoring Greenhouse Gas Emissions". In order to ensure that new studies on the follow-up of greenhouse gas emissions in our country are new and that compliance with the process is easily achieved, the legislation provided for the extraction of fixed values from national or international documents for the fuel and raw materials that are used in the facilities in 2016-2017 and which cause emissions. However, in 2018, in order to reach the actual emission values in greenhouse gas works, it is obligatory to carry out analyses for the fuel and raw materials that cause emissions. In order to fulfill the requirements, each plant has been analyzed the fuel and raw materials it uses. In the light of this information, four cement production plants with different production capacities were selected and the emission amounts of the source flows, where the analysis was applied, were evaluated for the years 2016, 2017 and 2018.

Science Code : 90313
Key Words : CO_2 emissions, cement factory, climate change, greenhouse gases.
Page Number : 63
Supervisor : Assist. Prof. Feriha YILDIRIM

TEŞEKKÜR

Çalışmalarımın tüm sürecinde tecrübe ve bilgi birikimlerini her zaman benimle içtenlikle paylaşan, beni her an motive ederek manevi desteğini bir an esirgemeyen saygıdeğer danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Feriha YILDIRIM'a teşekkürlerimi sunarım. Beni bu zamana kadar yetiştiren, bu günlere getiren her zaman yanımda olan canım aileme ve eşime sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET iv

ABSTRACT v

TEŞEKKÜR vi

İÇİNDEKİLER vii

ÇİZELGELERİN LİSTESİ ix

ŞEKİLLERİN LİSTESİ x

SİMGELER VE KISALTMALAR xi

1. GİRİŞ 1

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ 5

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ 9

3.1. Atmosferin Yapısı, İklim Değişikliği ve Etkileri 9

3.2. İklim Değişikliği ve Etkileri 9

4. ÇİMENTONUN TARİHÇESİ VE ÜRETİMİ 11

4.1. Çimentonun Tarihçesi 11

4.2. Türkiye'de Çimento Sektörü 12

4.3. Klinker Üretimi 14

4.4. Klinkerin Üretim Yöntemleri 17

4.5. Çimento Üretiminde Sera Gazı Emisyonları 23

5. TÜRKİYE'DEKİ SERA GAZI İLE İLGİLİ MEVZUATLAR 25

5.1. Sera Gazı Emisyonlarının Takibi 25

5.2. Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması 27

5.3. Sera Gazı Emisyonlarını Doğrulayıcı Kuruluşların Yetkilendirilmesi 31

6. MATERYAL VE METOT 33

Sayfa

7. ARAŞTIRMA BULGULARI 41

8. SONUÇ VE ÖNERİLER 55

KAYNAKLAR 59

ÖZGEÇMİŞ 63

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge **Sayfa**

Çizelge 4.1. 1990-2017 Yılları klinker ve çimento üretiminde CO_2 emisyonları 13

Çizelge 5.1. Sera gazı faaliyet kategorisi..... 26

Çizelge 6.1. IPCC kılavuzundaki NKD ile EF değerleri 35

Çizelge 6.2. CO_2 emisyon faktörleri 1990-2014 (t/TJ) 36

Çizelge 6.3. Çimento üretiminde CO_2 emisyon faktörleri, 1990-2014 37

Çizelge 6.4. Dönüşüm faktörleri TJ/kt, 1990-2014 37

Çizelge 6.5. Çimento üretiminde CO_2 emisyon faktörleri, 1990-2015 38

Çizelge 6.6. Dönüşüm faktörleri TJ/kt, 1990-2015 38

Çizelge 6.7. CO_2 emisyon faktörleri, 1990-2015 (t/TJ) 39

Çizelge 7.1. Tesis-1'de yıllara göre ithal linyit NKD ve EF değerleri 41

Çizelge 7.2. Tesis-1'de yıllara göre klinker EF değerleri..... 43

Çizelge 7.3. Tesis-2'de yıllara göre petrokok NKD ve EF değerleri..... 44

Çizelge 7.4. Tesis-2'de yıllara göre klinker EF değerleri..... 46

Çizelge 7.5. Tesis-3'de yıllara göre petrokok NKD ve EF değerleri..... 47

Çizelge 7.6. Tesis-3'de yıllara göre ithal linyit NKD ve EF değerleri 48

Çizelge 7.7. Tesis-3'de yıllara göre klinker EF değerleri..... 50

Çizelge 7.8. Tesis-4'de yıllara göre petrokok NKD ve EF değerleri..... 51

Çizelge 7.9. Tesis-4'de yıllara göre klinker EF değerleri..... 52

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil **Sayfa**

Şekil 4.1. 1990-2017 Yılları klinker, çimento üretimi ve CO_2 emisyonları 13

Şekil 4.2. Ön kırmalı çimento öğütme devresi 17

Şekil 4.3. Yaş klinker üretim yöntemi akım şeması 18

Şekil 4.4. Lepol yarı kuru ızgara-fırın klinker üretim süreci 18

Şekil 4.5. Yarı yaş yöntemle klinker üretim süreci akım şeması 19

Şekil 4.6. Ön ısıtmalı klinker üretim süreci akışı 20

Şekil 4.7. Kalsinatör sistemli modern bir çimento tesisi üretim akışı 21

Şekil 4.8. İki kalsinatör hatlı çimento üretim süreci akım şeması 21

Şekil 7.1. Tesis-1'de yıllara göre ithal linyit NKD değerleri 41

Şekil 7.2. Tesis-1'de yıllara göre ithal linyit EF değerleri 42

Şekil 7.3. Tesis-1'de yıllara göre klinker EF değerleri 43

Şekil 7.4. Tesis-2'de yıllara göre petrokok NKD değerleri 44

Şekil 7.5. Tesis-2'de yıllara göre petrokok EF değerleri 45

Şekil 7.6. Tesis-2'de yıllara göre klinker EF değerleri 46

Şekil 7.7. Tesis-3'de yıllara göre petrokok NKD değerleri 47

Şekil 7.8. Tesis-3'de yıllara göre petrokok EF değerleri 47

Şekil 7.9. Tesis-3'de yıllara göre ithal linyit NKD değerleri 48

Şekil 7.10. Tesis-3'de yıllara göre ithal linyit EF değerleri 49

Şekil 7.11. Tesis-3'de yıllara göre klinker EF değerleri 50

Şekil 7.12. Tesis-4'de yıllara göre petrokok NKD değerleri 51

Şekil 7.13. Tesis-4'de yıllara göre petrokok EF değerleri 51

Şekil 7.14. Tesis-4'de yıllara göre klinker EF değerleri 52

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklamalar
%	Yüzde
°C	Derece Santigrat
$	Dolar
Al_2O_3	Alüminyum Oksit
C_2S	Dikalsiyum Silikat
C_3A	Trikalsiyum Alüminat
C_3S	Trikalsiyum Silikat
C_4AF	Tetrakalsiyum Alüminoferrit
$CaCO_3$	Kalsiyum Karbonat
CaO	Kalsiyum Oksit
$CaSO_4.2H_2O$	Kalsiyum Sülfat Dihidrat
CH_4	Metan
cm^2/gr	Santimetrekare/Gram
CO_2	Karbondioksit
CO_2/Nm^3	Karbondioksit/Normal Metreküp
CO_2/t	Karbondioksit/Ton
Fe_2O_3	Demir Oksit
Gg	Gigagram
gr	Gram
HFCs	Hidroflorokarbonlar
kcal/kg	Kilokalori/Kilogram
km	Kilometre
kt	Kiloton
m	Metre
$MgCO_3$	Magnezyum Karbonat
MgO	Magnezyum Oksit
MW	Megawatt

Simgeler	Açıklamalar
$NaHCO_3$	Sodyum Bikarbonat
Nm^3	Normal Metreküp
N_2O	Diazot Monoksit
PFCs	Perflorokarbonlar
SF_6	Kükürt hekzaflorür
SiO_2	Silikon Dioksit
SiO_2/Al_2O_3	Silikon Dioksit/Alüminyum Oksit
SO_3	Kükürt Trioksit
t	Ton
tCO_2	Ton Karbondioksit
tCO_2/t	Ton Karbondioksit/Ton
tCO_2/tC	Ton Karbondioksit/Ton Karbon
tCO_2/TJ	Ton Karbondioksit/Terajoule
TJ	Terajoule
TJ/Gg	Terajoule/Gigagram
TJ/kt	Terajoule/Kiloton
t/TJ	Ton/Terajoule
t/yıl	Ton/Yıl

Kısaltmalar	Açıklamalar
A.Ş.	Anonim Şirketi
Bakanlık	T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
CCS	Karbon Yakalama ve Depolama
CKD	Çimento Fırın Tozu
COP	Taraflar Konferansı
CSI	Çimento Sürdürülebilirlik Gelişimi
DF	Dönüşüm Faktörü
EF	Emisyon Faktörü
EN	Avrupa Normu
FV	Faaliyet Verisi
IEC	Uluslararası Elektroteknik Komisyonu

Kısaltmalar	Açıklamalar
IPCC	Uluslararası İklim Değişikliği Paneli
ISO	Uluslararası Standardizasyon Örgütü
KP	Kyoto Protokolü
MÖ	Milattan Önce
NKD	Net Kalorifik Değer
OECD	Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
TÇMB	Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği
TL	Türk Lirası
TS	Türk Standartları
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
YF	Yükseltgenme Faktörü

1. GİRİŞ

1970'li yıllardan günümüze, dünya iklimindeki değişikliğin, insan ve sanayi faaliyetlerinden kaynaklanan atmosferdeki sera gazlarının yoğunluklarının artması ve bundan kaynaklanan zararlı etkilerin bütün insanlığın ortak endişesi olduğu kabul edilmiştir. Bu nedenle sera etkisi ve iklim değişikliği hakkında çalışmaların temeli uzun yıllar önce atılmıştır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, Kyoto Protokolü (KP), Paris Antlaşması, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panel (IPCC)'i iklim değişikliğinin zararlı etkilerinin gün geçtikçe geri dönülmez bir sorun haline geldiğini ve konu hakkında acil eylem planlarının alınması gerektiğini vurgulamıştır.

İklim değişikliği tehlikesine karşı küresel tepkinin ilk adımı 1990 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi için Hükümetlerarası Müzakere Komitesi'nin oluşturulmasının kararlaştırılması ile başlamıştır. 26 Maddeden oluşan sözleşme 19 Mayıs 1992'de Rio Janerio'daki Dünya Zirvesi anında imzaya açılmıştır. Antlaşma Avrupa Topluluğunu da içine alan 154 ülkenin devlet yöneticileri ve diğer üst düzey yöneticileri tarafından imzalanmıştır. 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe giren sözleşmenin amacı; sera gazı emisyon birikimlerini, iklim sistemi üzerindeki tehlikeli insani kaynaklı etkiyi azaltacak şekilde durdurmayı, günümüz ve gelecek kuşaklar için iklim sistemini korumaktır. Bu amaç gerçekleştirilirken ekosistemin iklim değişikliğiyle uyumunun bozulmaması, gıda üretimi ve ekonomik kalkınmada sürdürülebilirliğin devamının sağlanması beyan edilmiştir [1].

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde ülkeler için ortak fakat farklılaşmış sorumluluklar ve göreceli kapasiteler, gelişmekte olan ülkelerin ihtiyaçlarının ve belirli şartların kısmen tanınması, tehlikeden önce tedbir alma eğilimi ve gelişmekte olan ülkelerin sürdürülebilir kalkınmalarının ve ekonomik büyümelerinin desteklendiği şeklinde önemli ilkeler bulundurur [2]. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde "Ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar" ilkesi, sanayi devriminden sonra iklim değişikliğine neden olan sera gazlarına diğer ülkelere nazaran daha fazla sahip olan bazı ülkelerin fazla sorumluluk alması anlamına gelmektedir.

Sorumluluklar açısından ülkeler üç kısma ayrılmıştır:

- Ek-I'de pazar ekonomisine geçiş sürecinde bulunan eski sosyalist ülkeler ve OECD (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü) üyesi olan gelişmiş ülkeler bulunmaktadır. Antlaşmaya göre Ek-I ülkelerinin temel mesuliyeti, küresel ısınmanın önlenmesi için azaltım politikalarını hayata geçirmek ve 2000 yılına kadar toplam sera gazı emisyonlarının miktarını 1990 yılı emisyon düzeyine düşürmektir.
- Ek-II'de sadece gelişmiş ülkeler yer almaktadır.
- "Gelişmekte Olan Ülkeler" ise bu Ek'ler dışında kalmıştır. Bu ülkelere maddi ve teknik destek sağlaması yükümlülüğü Ek-II ülkelerine verilmiştir. Gelişmekte olan ülkelere iklim değişikliği hakkında sorumluluk verilmemiştir, ama bunlar sera gazı emisyonlarını düşürmeye, diğer ülke teknolojileri hakkında iş birliği yapmaya ve sera gazı yutaklarını korumaya karşı isteklendirilmiştir. Türkiye OECD üyesi olduğu için her iki listede de yer almaktadır [3].

Ülkemiz, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kabul edildiği zaman gelişmiş ülkelerle ile birlikte sözleşmenin Ek-I ve Ek-II listelerine dâhil edilmişti. 2001'de Marakeş'te yapılan Taraflar Konferansı (COP7) zirvesinde alınan hükümle Türkiye'yi diğer Ek-I taraflarından ayrı konumu tanımlanarak, adı Ek-II listesinden çıkarılmıştır. Ek-I listesinde adı yer alan ülkemiz 24 Mayıs 2004'te "189. Taraf" olarak Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne katılım sağlamıştır. Bu sözleşmedeki maddelerinin uygulanmasını gözetmek ve taraflarının niteliğini güçlendirmek gayesiyle, bütün tarafların söz sahibi olduğu "Taraflar Konferansı" toplantıları her sene gerçekleştirilmiştir. 1997 yılında Kyoto'da düzenlenen Uluslararası İklim Değişimi Konferansı-COP3 zirvesinde onaylanmış olan protokol, senelerce süren müzakereler sonucunda, ancak 2005 yılında yürürlüğe girebilmiştir [4].

Gruplardan, emisyon düşürme ya da kontrollü artış sorumluluğu olan Sözleşme'nin Ek-I ülkeleri, Protokol'ün Ek-B listesini meydana getirmektedir. 2008-2012 yılları birinci taahhüt dönemi Ek-I'de yer alan ülkelerin sera gazı salımlarını hangi büyüklükte düşürecekleri Kyoto Protokol'ünün Ek-B'sinde yer almaktadır. Protokole ulaşmak istenen sonuç, salımların toplamının birinci taahhüt döneminde, 1990 senesindeki düzeyin %5 altına indirilmesidir. Amaca ulaşmak için bazı ülkeler farklı miktarlarda sera gazı salımlarını "azaltma/sınırlandırma" sorumluluklarını yüklenmişlerdir [5].

İklim politikalarının tayin edilmesinde, 2007 yılında Bali'de gerçekleştirilen COP13 sonucunda oluşturulan Bali Yol Haritası, iklim değişikliği sürecini "2007 sonrası" ve "2007 öncesi" olarak ayırmıştır. 2009 yılında Kopenhag'da düzenlenen COP15 ikinci taahhüt dönemi için anlaşamayan gruplar, yalnız yetersiz şartları bulunduran "Kopenhang Mutabakatı" onaylanmıştır. Ancak, "Küresel sıcaklık ortalamasının 2°C'den fazla artmaması" olarak belirlenen hedefin ne şekilde gerçekleştirileceği açıklanamamıştır. 2012 yılında Doha'da düzenlenen COP 18'de uzlaşmaya varılmıştır. KP, 1 Ocak 2013 ile 31 Aralık 2020 tarihleri arasında 8 sene uzatılmıştır. 2014 senesi sonuna kadar protokolün taslak hali için verilerin derlenmesine ve Mayıs 2015 öncesinde taslağın tamamlanmasına karar verilmiştir. Siyasi arzuyu canlandırmak için Dünya üst düzey yöneticileri, BM Genel Sekreteri liderliğinde "Doha Değişikliği" ile tekrar bir araya gelmişlerdir. [6].

Türkiye 5386 Sayılı Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne yönelik KP'ye katılmamızın elverişli bulunduğuna dair kanunun 5 Şubat 2009'da Türkiye Büyük Millet Meclisi'nce onayı ve 13 Mayıs 2009 Tarih ve 2009/14979 Sayılı Bakanlar Kurulu Kararı'dan sonra, katılım aracının Birleşmiş Milletlere arz edilmesiyle 26 Ağustos 2009 tarihinde Kyoto Protokolü'ne taraf olmuştur. Protokol onaylandığı zaman Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi tarafı olmayan ülkemiz, Ek-I gruplarının numerikleştirilmiş emisyon sınırlama veya düşürme sorumluluklarının belirlendiği Protokol Ek-B kısmının içine alınmamıştır. Böylece Protokol'ün birinci ve ikinci taahhüt dönemlerinde de ülkemizin herhangi bir sayısallaştırılmış emisyon sınırlama veya düşürme sorumluğu yer almamaktadır [1].

2020 sonrası iklim değişikliği hatlarını içeren Paris Antlaşması, 2015 yılında Paris'te düzenlenen Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi COP21'de kabul onaylanmıştır. Sözleşme, evrensel sera gazı salımlarının %55'ini oluşturan en az 55 tarafın anlaşmayı kabul etmesi şartının karşılanması neticesinde, 4 Kasım 2016'da yürürlüğe girmiştir. Paris Antlaşması ile (Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile birlikte düşünüldüğünde), tüm tarafların katkılarına dayanacak bir sistem oluşturulmuştur. Antlaşma, iklim değişikliğiyle mücadelede gelişmiş/gelişmekte olan ülke gruplandırmasına ve tüm ülkelerin "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler" prensibi altında yükümlülük alması temeline dayanmaktadır. Gelişmiş/gelişmekte olan ülke gruplandırılmasının yapılabilmesi adına bir ölçüt belirlenmemiş; herhangi bir farklılaştırmaya da gidilmemiştir. Antlaşma, 2020 sonrası için,

iklim değişikliği tehlikesine karşı evrensel sosyo/ekonomik sürdürülebilirliği amaçlamaktadır. Uzun zamanda amacı ise, sanayileşme öncesi döneme kıyasla küresel sıcaklık artışının 2°C'nin olabildiğince altında tutulması ve sıcaklık yükselişinin 1,5°C ile sınırlandırılmasıdır. Bu amaca ulaşabilmek için, fosil yakıt kullanımının azaltılarak, yenilenebilir enerjiye yönelimin artması gerektiği vurgulanmaktadır [7].

Ülkemiz, Paris Konferansı öncesinde yeni anlaşmaya ilişkin üç önemli çizgi belirlemiş olup, Konferans süresince müzakerelerini aşağıda belirtilen eksende sürdürmüştür;

- İlki; yeni anlaşmada, Çerçeve Sözleşmesinin "ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler" prensibinin korunmasıdır.
- İkincisi, yeni anlaşmada Çerçeve Sözleşmesinin ülkelerin kategorize edildiği mevcut ekler sistemine (Ek-I, Ek-II, Ek-I Dışı) atıf yapılmamasıdır. Türkiye, gelişmiş ülkelerle birlikte Ek-I listesinde bulunduğu için, Ek-I dışında yer alan ülkelere Ek-II ülkelerince sağlanan finansman ve teknoloji transferi imkânlarından yararlanamamaktadır.
- Üçüncüsü, ülkemizin maddi ve teknoloji yardımlarına ulaşımının önünün açılabilmesi adına yeni anlaşmada ve 21. Taraflar Konferansı kararlarında ülkemizin gelişmekte olan ülkelerle birlikte zikredilmesi gerektiğidir [8].

Bu görüşmeler sonucunda, ülkemiz 20 Eylül 2015 tarihinde 2030 senesi itibariyle gerçekleşmesi öngörülen "Niyet Edilen Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkı" beyanını %21'e varan artıştan düşürme şeklinde beyan etmiştir. Bilimsel çalışmalara göre, bildirilen bütün ulusal katkılar gerçekleştirilse bile, "küresel sıcaklık ortalamasının en fazla 2°C yükselmesi" amacına ulaşmada yetersiz kalınacağı ve bu konudaki gayretlerin artırılması gerektiği şeklindedir. Paris Antlaşmasında ulusal katkı beyanlarının periyodik şekilde üzerinde durulması ve amaçların artırılması düşünülmektedir [7].

Bu çalışmada, iklim değişimi riskinin gün geçtikçe geri dönülmez şekilde artması ve konu hakkında yasal yükümlülüklerin artması nedeniyle, yüksek miktarlarda emisyona neden olan ve son yıllarda sayıları çok artan "çimento üretici tesislerden" bazıları örnek seçilerek, sera gazı emisyonları incelenmiştir. Bu incelemenin sonucunda, çimento üretimi için, hammadde olan kil ve kalkerin birleşmesinden oluşan taneli malzeme olan klinker üretimi sırasında meydana gelen emisyonların azaltılması için önerilerde bulunulmuştur.

2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

Türkiye'de son zamanlarda hızlı şekilde büyüme gösteren çimento sektöründe, farklı yakıt ve hammadde kullanımlarını değerlendiren araştırmalar mevcuttur. Örneğin bu çalışmalardan birinde, çimento kalitesi farklı hammadde ve yakıt kullanılarak parametrelere uyumlu şekilde değerlendirilmiştir. Örneğin;

- Demir cevheri yerine grid, ya da demir koku,
- Silis kumu yerine döküm kumu (ama kısa süreli kullanım)
- Alçı yerine fosfojips (ancak fodfojipsin asidik içeriğinin çimentonun donma süresine olumsuz etki yaptığı da göz önüne alınmalı)
- Petrokok yerine arıtma çamuru kullanılmasının maliyetten tasarruf sağladığı belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda fabrikada, atık problemi çözülmüş, doğal kaynakların kullanımının ve CO_2 salımının azaldığı belirtilmiştir [9].

Çimento endüstrisinde emisyon analizi genel bakış çalışmasında, endüstrinin toplam enerji kullanımının yaklaşık olarak %12-15 ini kullanan çimento sektörünün atmosfere saldığı CO_2 miktarının azaltılması için farklı teknikler incelenmiştir. Bu teknikler; CO_2 emisyonlarını yakalamak ve depolamak, enerji kaynağı olarak atık ısı kullanmak, klinkeri farklı katkı maddeleriyle değiştirmek, fosil yakıtların yerine alternatif yakıtlar kullanmak, yenilenebilir veya nükleer enerji kullanımını artırmak, katkılı çimento kullanarak klinker/çimento oranını azaltmaktır. Bu çalışma sonucunda baca gazlarından CO_2'i yakalayarak toprak ya da okyanusa depolamanın en uygun maliyeti yöntemlerden biri olduğu tespit edilmiştir. Bu yöntemin karbon emisyonunu %65-70'e kadar azaltacağı ve çeşitli katkı maddelerinin eklenmesiyle klinker/çimento oranını düşürmenin de önemli ölçüde CO_2 emisyonunu azaltacağı düşünülmektedir [10].

Meksika'da çimento, karbondioksit ve gereklilik çalışmasına göre, portland çimento üretiminden kaynaklı karbondioksit emisyonları, insan kökenli oluşan toplam emisyonların %5-7'sini oluşturmaktadır. Bu nedenle çimento endüstrisinde emisyon azaltım stratejilerinin oldukça önemli olduğuna dikkat çekilmiştir. Bunların yanında yapılan araştırmalarda 2050 yılına kadar küresel çimento talebinin %42-72 artacağı tahmin edilmektedir. Çalışmanın sonunda, çimentonun Meksika'da sadece inşaat çevresi için önemli olmadığı, Meksika kültürü ve sosyal yaşamı için de önemli olduğu sonucuna

varılmıştır. Çünkü düşük ya da orta gelirli ev yapan inşaatçılar için çimento dayanıklılığı ve düşük maliyetli olması özellikleriyle cazip bir yapı malzemesidir. Bunun yanında devlet kredisine hak kazanabilmek için evlerin çimento esaslı yapı malzemeleri ile yapılması gerekmektedir. Çimentonun kullanımının kaçınılmaz olduğu düşünülürse, üretimden kaynaklanan CO_2 emisyonlarının azaltılması için yeni teknolojilerin ve tekniklerin geliştirilmesinin altı çizilmiştir [11].

CO_2 emisyonlarını iyileştirmek için çimento yerine jeopolimer kullanımı çalışmasında, çimento yerine sürdürülebilir alternatif bulmak hedeflenmiştir. Bu jeopolimerin, portland tipi çimentoların karbondioksit emisyonlarını azaltmada ideal bir malzeme olduğu düşünülmektedir. Jeopolimer olarak silis bakımından zengin kum ve sodyum karbonat karışımından oluşan alkaliaktif çimentolu bir malzeme önerilmektedir. %80–85 SiO_2 ve kütlece %15-20 karışık kaya karışım jeopolimer, portland çimentosundan 600ºC daha düşük sıcaklık olan 850ºC sıcaklık civarında işlenebilmektedir. Bu şekilde enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Bu jeopolimeri kullanımın avantajlarından biri de kireçtaşı kullanımının ortadan kalkmasıyla CO_2 emisyonunun azalmasıdır. Çimento yerine jeopolimer kullanılarak %54 daha az CO_2 üretildiği sonucuna termogravimetrik yöntemler yardımıyla varılmıştır. Uygun sıkıştırma yöntemleriyle istenilen mukavemetlerin elde edilmesi sağlanabilirse bu jeopolimerin çimento alternatifi sürdürülebilir bir malzeme olabileceği sonucuna varılmıştır [12].

Çimento sektöründe uzun vadeli enerji verimliliği iyileştirmesi ve sera gazı emisyonlarını azaltma çalışmalarında, küresel sera gazı emisyonlarının yaklaşık %5-9'unu oluşturan çimento endüstrinde emisyonların azaltılması için enerji modelleri ve senaryo analizleri yapılmıştır. Çimento endüstrisinde CO_2 emisyonlarının sadece yakıtların yanmasından değil aynı zamanda klinker üretimine bağlı örneğin kalsinasyon gibi proseslerden kaynaklandığının altı çizilmiştir. CO_2 emisyonlarını azaltma stratejileri, proses değiştirme, enerji etkinliğini geliştirmek ve alternatif yakıt ve hammaddeler olmak üzere üç bölümde incelenmiştir. Senaryolar, toplam enerji ve CO_2 emisyonu azaltımı açısından değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre enerji azaltımı en çok olan katkılı çimento senaryosu, emisyon azaltımının en çok olduğu durumda yakıt değişimi senaryosudur. İki parametrede de en verimsiz senaryo klinker üretimi için dolaylı ateşlemedir [13].

Hırvatistan'daki çimento endüstrisinde CO_2 emisyonlarının azaltılması çalışmasında alternatif enerji kaynağı olarak atık ısının kullanılması, CO_2 yakalama ve depolama teknolojilerinin geliştirilmesi, alternatif ve biyokütle yakıtların kullanılması, alternatif hammadde kullanımı, katkı kullanılarak klinker/çimento oranını düşürmek, enerji verimli yanma teknolojilerinin geliştirilmesi incelenmiştir. Çimento üretimi için günümüzde en verimli enerji teknolojisinin, çok kademeli ön ısıtıcı ve kalsinatörle birlikte kullanılan döner fırının kullanılması olduğu düşünülmektedir. Çalışma sonucunda emisyonu azaltmak için ekonomik olarak uygulanabilir üç yöntem farklı katkı malzemeleri ekleyerek klinkerin çimento oranının düşürülmesi, fosil yakıtların yerine alternatif ve biyokütle yakıtlarının kullanılması ve mevcut fırın sürecinde enerji verimliği şeklinde belirlenmiştir [14].

Düşük CO_2'li çimentolar için uygulanabilir ekonomik çözümler çalışmasında, yakın gelecekte portland çimentonun ekonomik ölçek ve hammadde bulunabilirliği nedeniyle piyasada hâkimiyet sağlayacağına inanılmaktadır. Portland çimentosunda düşük CO_2'li katkıların kullanılması ve portland çimentonun harç ve betondaki kullanımının daha verimli olması CO_2 emisyonlarını azaltıcı yaklaşım olarak düşünülmektedir. Ayrıca önümüzdeki 20-30 yıl boyunca pahalı bir yatırım olan karbon yakama ve depolamaya olan ihtiyacın azaltılmasına da dikkat çekilmiştir [15].

Çimento tesislerinde CO_2 yakalamanın uygulanabilirliği çalışmasında, dört yakalama teknolojisi (oksijen yakıtı yakalama, soğutulmuş amonyak işlemi, membran destekli CO_2 sıvılaştırma ve kalsiyum döngüsü) analiz edilerek karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmalar sonucu tek başına teknoloji geliştirmenin çimento endüstrisine katkı sağlamayacağı düşünülmektedir. CCS yatırım maliyetinin fazla olması bu alanda yatırım kararlarının verilmesinin uzun zaman alacağı sonucunu ortaya koymuştur [16].

Türkiye çimento sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları çalışmasında, IPCC kılavuzundan yararlanılarak kademe yaklaşımına göre emisyonlar C# programlama dili kullanılarak hesaplanmıştır. Kademe 1 yaklaşımının genel olarak daha az veri içeren basit bir yaklaşım olduğundan, Kademe 3 yaklaşımından karmaşık ve uzmanlık gerektiren bir yaklaşım olarak bahsedilmiştir. Çalışmada, ülkemizde çimento sektörüne ait çok detaylı bilgi olmadığından Kademe 1 ve Kademe 2 yaklaşımlarının kullanıldığının altı çizilmiştir. Ülkemizdeki çimento üretiminden kaynaklı CO_2 emisyonu projeksiyonunu yansıtabilmek için 3 farklı senaryo oluşturulmuştur [17]: Senaryo-1'de ülkemizde çimento sektörünün

2011 yılındaki teknik şartlarını koruduğunu, yalnızca klinker ve çimento üretiminin arttığını, Senaryo-2'de mevcut en iyi teknolojilerin kısmen uygulandığını, alternatif yakıt tüketiminin ve doğalgaz tüketiminin belirli miktarda arttığını, Senaryo-3'de ise mevcut en iyi teknolojilerin tamamen uygulandığı, yakıt tüketimi ve elektrik tüketiminin Avrupa'daki en iyi tüketim derecesine ulaştığı varsayılmıştır.

Yine bu araştırmaya göre [17], senaryo kıyaslamasında Senaryo-2'de Senaryo-1'e göre toplam CO_2 emisyonu miktarının 2050 yılında %9 oranında azaldığı görülmüştür. Senaryo-3'de ise CO_2 emisyonlarının 2050 yılında Senaryo-1'e göre yaklaşık %17, Senaryo-2'ye göre %8 oranında azaldığı görülmüştür. Çimento sektöründe şartlar sağlandığında en az %8'lik bir sera gazı azaltım potansiyeli bulunduğu sonucuna varılmıştır. Senaryo-2'nin, 3 senaryo içinde ülkemiz için en makul senaryo olduğu düşünülmektedir. Senaryo-3'deki değerlere ulaşıldığı takdirde ise 2050 yılında %17'lik azaltım sağlanabileceği sonucuna ulaşılmıştır [17].

Çimento üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanması çalışmasında IPCC yöntemleri (Tier 1, Tier 2 ve Tier 3) ve CSI hesaplama aracı kullanılmıştır. Alternatif yakıt olarak atıklarının kullanılması değerlendirilmiştir. Belirsizlik değerlendirmelerinde Tier 3'ün en güvenilir yöntem olduğu anlaşılmıştır. CSI hesaplama aracı da bu sonucu destekleyen yönde sonuç vermiştir. Seçilen pilot tesisin alternatif olarak kullanmakta olduğu atıklar ile fosil yakıt tüketimini azalttığı görülmüştür. Buna göre 2015, 2016 ve 2017 yıllarında toplam 70 890,45 ton CO_2 azalımı gerçekleşmiştir. Atık kullanımı ile üç yılda emisyonların %26 azaldığı sonucuna varılmıştır [18].

Bugün ve gelecekte sürdürülebilir çimento üretimi konusunda yapılan bir çalışma, çimentonun modern altyapı ve konut ihtiyaçlarında kilit malzeme olduğunu, çimentoya olan ihtiyacının gün geçtikçe artacağını, bu nedenle daha fazla malzeme ve enerji gereksinimi olacağını belirtmiştir. Çimento üreticilerinin enerji verimliliğini artırması gerektiğinden, alternatif hammadde ve yakıt kullanılabileceğinden bahsedilmiştir. Son yıllarda alternatif yakıt kullanımının artmasına rağmen, daha fazla artış potansiyeli bulunduğu belirtilmiştir. Çimentodaki klinkerin azaltılmasının öncelik olduğu ve yeni malzemelerin çimento bileşenleri olarak rol oynayabileceği düşünülmektedir [19].

3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ

3.1. Atmosferin Yapısı, İklim Değişikliği ve Etkileri

Bütün canlıların vazgeçilmez yaşam ortamı olan hava tabakası atmosfer, yer küresinin etrafını saran, kalınlığı kesin olmamakla birlikte 1000 km'nin üstünde olduğu düşünülen ve yükseklik ile gravitesi ters orantılı olan karışımdır. Bileşenleri durağan olmayan %78,08 miktarında azot, %20,98 miktarında oksijen, %1 miktarında karbondioksit ve başka gazları içermektedir. Atmosferin yaklaşık olarak %99'unu oluşturan, azot ve oksijenin hava ve hava olaylarına etkisi azdır. Atmosferdeki birikimleri diğer gazlara göre düşük olan su buharı, karbondioksit, metan, diazot oksit, ozon, kloroflorokarbon gibi gazların ise iklim olaylarına etkisi oldukça fazladır [20].

Atmosferin kendine özgü yapısından kaynaklanan atmosferdeki farklı gazlar, yeryüzünden atmosfere uzanan kızıl ötesi ışıma olan ısının bir miktarının yeniden yeryüzüne dönmesine neden olur. Işığın önce emilmesi, ardından yeniden yayılmasıyla oluşan bu durum Dünya'nın normalden daha fazla ısınmasına sebep olur ve "sera etkisi" olarak isimlendirilir. Sera etkisinin gerçekleşmesine neden olan, doğal olarak ya da insan faaliyetlerinden kaynaklanan gazlara ise "sera gazları" denilmektedir [1].

Kyoto Protokolü'ne göre sera gazları olarak nitelendirilen gazlar aşağıda verilmiştir [5].

- Karbondioksit (CO_2)
- Metan (CH_4)
- Diazot oksit (N_2O)
- Hidroflorokarbonlar (HFCs)
- Perflorokarbonlar (PFCs)
- Kükürt hekzaflorür (SF_6)

3.2. İklim Değişikliği ve Etkileri

İklim sistemi ve hava olayları, yerkürenin ilk oluşma tarihinden günümüze kadar tüm zaman dilimlerinde değişme eğilimi göstermiştir.

Karşılaştırılabilir süreçlerde gözlemlenen tabii iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan veya dolaylı olarak küresel atmosferin bileşimini değiştiren insan aktiviteleri neticesinde meydana gelen durumlar iklim değişikliğine neden olmaktadır [1].

Sera etkisinin artması küresel olarak sıcaklığın yükselmesine, ekolojik döngülerin değişmesine ve iklim sisteminin bozulmasına neden olmaktadır. Buzulların erimesi, deniz seviyesinin artması, kıyı alanlarında su baskınlarının olması, sulardaki gel-git genliğinde ve tuzluluk oranında değişim, çevrede kimyasal kirlenme, beklenmedik hava olaylarının gerçeklemesi, yağış sürelerinde ve şiddetinde değişmeler iklim değişikliğinin önemli sonuçları olarak öngörülmektedir [2].

İklim değişikliği bazı kuş ve böcek türleri gibi periyodik göç eden canlıların dağılımını ve düzenlerini değiştirebildiği gibi, bazı yerel türleri de ortam şartlarındaki değişim nedeniyle göçe zorlamakta, mercan resiflerini ve oradaki biyoçeşitliliği olumsuz etkilemekte, yüksek dağ ekosistemlerinde, buzullarda, tundralarda yaşayan bitki ve hayvan türlerinin bolluk ve dağılımına zarar vermekte, bazı bitki türlerinde fotosentezi ve verimliliği azaltmaktadır.

Diğer canlılara verdiği zararların yanı sıra, insanların da fiziksel ve psikolojik sağlıklarını olumsuz etkilemekte (örneğin bazı bulaşıcı hastalık vektörlerinin dağılımının değişmesi, alerji yapan toz türlerinin mevsimsel dağılımının değişmesi, insan sağlığı üzerinde sıcaklık düzensizliklerinden kaynaklı hastalık ve ölümlerin artması, ozon düzeyinin yükselmesi ile kalp ve solunum hastalıklarının artması, temiz suya ulaşımın azalmasıyla ishalli ölümcül hastalıkların artması, çocuklarda büyüme ve gelişim sorunları gibi), ekonomik (balıkçılık, tarım ve hayvancılıkta gerileme, yoksulluk, fakirlik, eğitim sorunları) ve sosyal sorunların (kargaşa, göçler, iç ve dış savaş tehditi) artmasına neden olmaktadır [21].

4. ÇİMENTONUN TARİHÇESİ VE ÜRETİMİ

4.1. Çimentonun Tarihçesi

Çimento sözcüğü, oyulmuş taş parçaları anlamına gelen Latince ‘‘caementum’’ sözcüğünden ortaya çıkmıştır. İlerleyen zamanlarda bağlayıcı manasına gelecek şekilde kullanılmaya başlanmıştır. Suyla karıştırıldığında sertleşerek özelliğini uzun süre koruyan yapı malzemelerinin hidrolik bağlama özelliğine sahip olduğu kabul edilmiştir [22].

Bağlayıcı malzemelerin kullanımı tarih öncesinde, yüksek ihtimalle ateşin keşfedilmesinden sonra, kireç ve alçı ile harekete geçmiştir. Bilimsel çalışmaların neticeleri Anadolu’da Çatalhöyük’teki evlerin yapımında kullanılan sıvanın 7000 sene eski olduğunu ortaya koymuştur. Eski Mısırlılar ve Romalılar kireç ve alçı malzemelerini milattan önceki ve sonraki yıllarda fazla şekilde kullanmışlardır. Romalılar, tahmini olarak 2000 sene önce, söndürülmüş kireci volkanik küllerle ve daha sonraki zamanlarda, pişirilmiş tuğladan elde edilen toz parçaları ile birleştirerek günümüzdeki çimento yapısı niteliğine eş bir hidrolik bağlayıcı kullanmışlardır [23].

Çimentonun günümüze kadar kısa tarihçesinden örneklere baktığımızda;

- MÖ 3000 Mısırlılar piramitleri yapmıştır.
- MÖ 124 Romalılar Pantheon’u yapmıştır. Kullandıkları hidrolik bağlayıcı sönmüş kireç, volkanik küller ve tuğla tozunun karışımıdır.
- 1756 yılında İngiltere’deki Eddystone Deniz Feneri’ni kuran John Smeaton kirecin kimyasal niteliklerini araştırıp hidrolik özelliklerinin hammaddesinin içindeki kile bağlı olarak geliştiğini bulmuştur.
- 1818’de Louis Vicat kireçtaşı ve kil karışımlarını ısıtıp inceleyerek çimento kimyasının temellerini kurmuştur.
- 1824 yılında Joseph Aspdin İngiltere’de belirli oranlarda karıştırdığı kireçtaşı ve killeri yüksek sıcaklıkta pişirerek ilk Portland Çimentosu’nu üretip patentini almıştır.
- 1843’de William Aspdin pişirmeyi daha fazla sıcaklıklarda deneyerek birbiri içinde kısmen erimiş minerallerden oluşan gerçek Portland çimentosunu üretmiştir. Bu çimento Londra’da Meclis yapısının inşasında kullanılmıştır.
- 1848 İngiltere’de ilk çimento üretim tesisi inşa edilmiştir.

- 1885 F. Ransome ilk döner fırın patentini almıştır.
- 1898 İlk döner fırın Almanya'da devreye alınmıştır.
- 1941 Bogue kitabında klinkerin potansiyel bileşiminin hesaplanmasını göstermiştir [24].

4.2. Türkiye'de Çimento Sektörü

Çimento üretimi, fabrikalaşmayla birlikte tüm dünyada hızla yaygınlaşarak gelişme göstermiştir. Üretimini yapmayan ülkeler ise diğer ülkelerden çimento ithal etmeye başlamıştır. Avrupa'da çimento üretilmeye 1824 yılında başlanmasına rağmen ülkemizde çimento üretiminin başlangıcı Osmanlı Devleti'nin son yıllarına rastlamaktadır. Ancak İkinci Meşrutiyet zamanında ticaretin önem kazanması ile fabrikaların kurulması devlet tarafından teşvik edilmeye başlanmıştır [25].

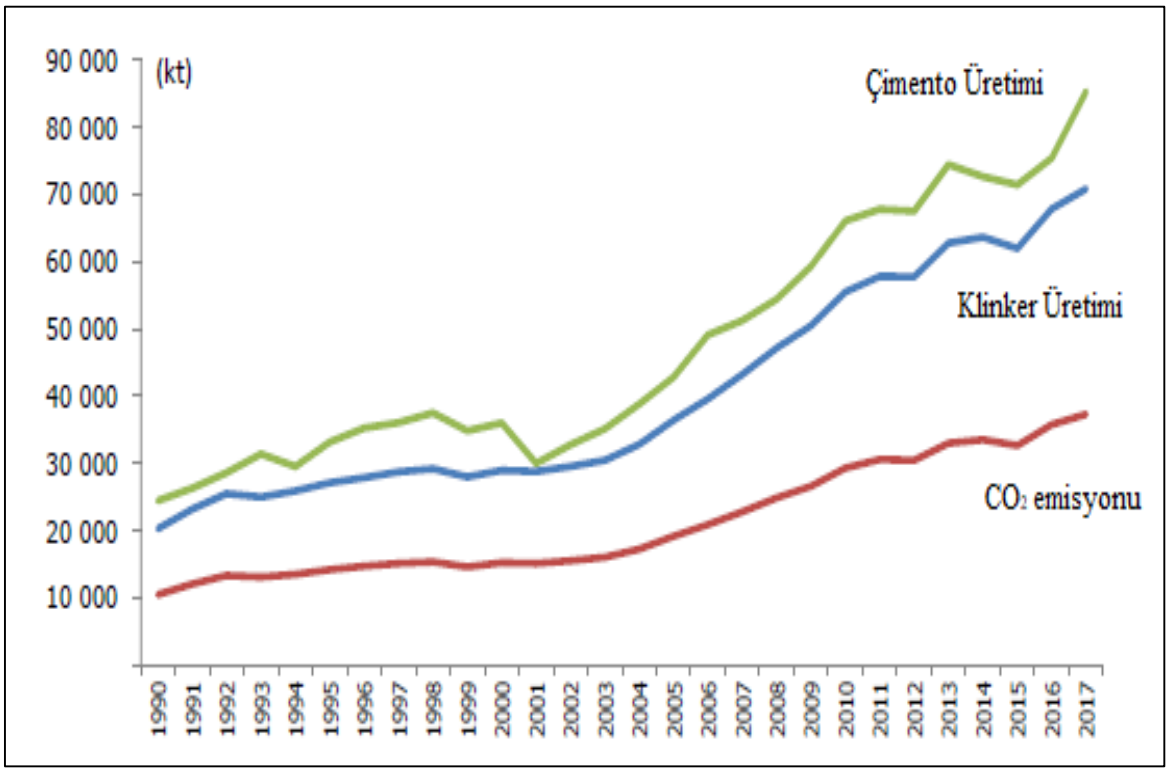
Ülkemizde ilk çimento fabrikası, 20. Yüzyılın başında 1912 yılında 20 000 ton/yıl kapasiteli bir fırınla İstanbul-Darıca'da kurulmuştur. İlerleyen zamanlarda bu fabrika 1923 senesinde genişletme yapılarak kapasitesi 40 000 ton/yıl'a çıkarılmıştır. 1950'li senelere kadar Ankara, Zeytinburnu (İstanbul), Kartal (İstanbul) ve Sivas'ta 4 yeni fabrika yapılmış ve toplam kapasite 370 000 ton/yıl'a çıkmıştır. 1970 yıllara kadar isteğin istenilen ölçüde karşılanamaması sebebiyle çimento ithalatı devam etmiştir. 1978 tarihinde ihracatı hayata geçiren ülkemiz çimento sektöründe (bazı zamanlarda küçük gerilemeler göz ardı edilirse) genel olarak sürekli büyüme eğilimi göstermiştir [26].

1980'li yıllarda sektörde özelleştirme konusu gündeme gelmiş ve çalışmalar sonucu 1987 yılında Türkiye Çimento Toprak Sanayi A.Ş. altında 5 çimento tesisindeki halk hisselerinde özelleştirme başlamıştır. 1998 senesinde yapılan son özelleştirme ile özelleştirme süreci tamamlanmıştır [22].

Türk çimento sanayisi 2019 yılı itibari ile 79 entegre çimento tesisi, 16 öğütme tesisine sahiptir. 2017 yılında 19 000 istihdam, 530 milyon $ çimento ihracat geliri, %45 alternatif yakıt kullanımı, 120 MW atık ısıdan elde edilen enerji, 774 kton atık, 3 milyar $ ciro verilerine sahiptir [27].

Ülkemizdeki klinker üretimi buna bağlı olarak çimento üretimi ve üretim prosesi sonucu çıkan CO_2 emisyonu Şekil 4.1 ve Çizelge 4.1.'de de görüldüğü üzere, 1990 yılından

günümüze kadar orantılı şekilde artış göstermiştir. 2017 yılında 70 813 kt klinker üretimi, 80 552 kt çimento üretimi, 37 272 kt CO_2 emisyonu Türkiye çimento üretim sektörüne aittir [28].



Şekil 4.1. 1990-2017 Yılları klinker, çimento üretimi ve CO_2 emisyonları [28]

Çizelge 4.1. 1990-2017 Yılları klinker ve çimento üretiminde CO_2 emisyonları [28]

Yıl	Klinker Üretimi (kt)	Çimento Üretimi (kt)	CaO İçeriği (%)	CO_2 EF	CKD	CO_2 Emisyonu (kt)
1990	20 252	24 416	64,4	0,506	1,02	10 445
1991	23 153	26 261	64,9	0,509	1,02	12 021
1992	25 489	28 607	65,0	0,510	1,02	13 265
1993	24 941	31 366	65,4	0,513	1,02	13 049
1994	25 880	29 515	65,1	0,511	1,02	13 493
1995	27 094	33 140	65,2	0,511	1,02	14 133
1996	27 852	35 233	65,8	0,516	1,02	14 662
1997	28 706	36 007	65,7	0,516	1,02	15 105
1998	29 148	37 488	65,5	0,514	1,02	15 292
1999	27 966	34 817	65,2	0,511	1,02	14 590
2000	28 950	35 953	65,5	0,514	1,02	15 184
2001	28 746	29 959	65,6	0,515	1,02	15 087
2002	29 499	32 758	65,7	0,516	1,02	15 513

Çizelge 4.1. (devam) 1990-2017 Yılları klinker ve çimento üretiminde CO_2 emisyonları [28]

2003	30 419	35 095	65,8	0,516	1,02	16 022
2004	32 779	98 796	65,6	0,515	1,02	17 207
2005	36 382	42 787	65,6	0,515	1,02	19 117
2006	39 569	49 100	65,8	0,516	1,02	20 841
2007	43 174	51 226	65,9	0,517	1,02	22 780
2008	47 095	54 362	65,9	0,517	1,02	24 837
2009	50 436	59 273	65,8	0,516	1,02	26 558
2010	55 485	66 027	659	0,517	1,02	29 284
2011	57 823	67 805	66,0	0,518	1,02	30 527
2012	57 758	67 519	65,9	0,517	1,02	30 449
2013	62 736	74 437	65,7	0,516	1,02	32 995
2014	63 642	72 639	65,7	0,516	1,02	33 472
2015	61 671	71 419	65,8	0,516	1,02	32 619
2016	67 856	75 403	65,8	0,516	1,02	35 716
2017	70 813	80 552	65,8	0,516	1,02	37 272

4.3. Klinker Üretimi

Çimento klinkerinin üretiminin birinci aşaması uygun hammaddelerin yer kabuğundan geleneksel madencilik ve mineral işleme/hazırlama teknikleriyle çıkarılması ve yüksek sıcaklıkta yapılacak tepkimelere hazırlanmasıdır. Isı ve Kütle aktarım süreçlerime etkin girebilmeleri için yer kabuğundan elde edilen m ve cm ebatlarındaki büyük parçalar birbirleriyle iyi harmanlanmaları amacıyla mikron ebatlarına indirilirler. Patlatma, kırma, öğütme işlemleri sonunda parçaların boyutları yaklaşık 100 000 kez küçültülür [24].

Kuru ve yaş sistem olmak üzere iki süreçte üretilebilen klinker, 1953 yılından bu yana enerji tasarrufu yönünden daha verimli olması nedeniyle kuru sistem kullanılmaya başlanmıştır [29].

Kuru sistem ile klinker üretiminde klinkerin temel hammaddeleri olan kalker ve kil doğal yataklardan sağlanır [30]. Bunlardan farklı olarak marn, kaolin, kum, boksit ve demir cevher gibi malzemelerde klinker prosesinde kullanılan farklı ham maddelerdir [31]. Kalker ve kil önce kurutulur ve öğütülerek toz haline getirilir. Birbiri ile karıştırılarak farin denilen hammadde karışımı elde edilir. Farin döner fırına verilmeden önce yaklaşık 800°C'e kadar ön ısıtıcılarda ısıtılarak kısmen kalsine edilir [29]. Bu işlem farinin

siklonlarda yukarıdan aşağı doğru hareket ederken, fırından çıkan sıcak gazlarla ısıtılması suretiyle gerçekleştirilir. Farin içinde esas olarak $CaCO_3$, $MgCO_3$, kil ve su bulunur. Bu karışım siklonlara en üst basamaktan normal sıcaklıkta girer ve ön ısıtıcıda alt basamağa gelinceye kadar 800°C'e kadar yükselir. Toz halindeki karışım sıcak halde döner fırına girer [30].

Klinkerin pişirildiği döner fırın hafifçe dönen silindir şeklinde borudan oluşmaktadır. Boyu 60 m, çapı ise tahmini 4,5 m'dir. %2-6 arasında değişim gösteren eğime sahip olan fırının içi yüksek sıcaklıklara dayanıklı refrakter tuğlalarla çevrilidir. Pişirilecek malzemenin fırının üst besleme bölümünden girmesi ve yakma yerinin aşağı kısımdan olması fırının ters akım ilkesini temel aldığını göstermektedir. Enerji elde etmek için yakıt olarak toz kömür, akaryakıt, doğal veya atık lastik kullanılmaktadır [32].

Döner fırın içinde yukardan aşağı doğru meydana gelen ısıl işlem süreçleri aşağıdaki şekildedir [9];

1. Serbest suyun buharlaşması:~100°C
2. Kil bünyesinde bulunan bağlı suyun ayrışması:~500°C
3. Magnezyum karbonatın ayrışması:~600-700°C
4. Kalsiyum karbonatın ayrışması:~825-900°C
5. Kireç ile kilin birleşerek klinkerleşmesi:~600°C'de başlayıp 1450°C'de tamamlanması

Reaksiyonlar sıcaklığa bağlı olarak birbirini takip eder. Kullanılan hammadde cinsine, kalitesine, ham maddenin fırında kalış süresine veya herhangi bir homojensizlik bu sıralamada veya sıcaklıklarda değişikliklere neden olabilir. İlk olarak hammadde ve kilin içinde bulunan serbest su ayrılır. Killer değişik miktarlarda SiO_2/Al_2O_3 oranı olan ve kristal suyu içeren alüminosilikatlardır. Karbonatların büyük bir bölümü ön ısıtıcıda ayrışır. Karbonatların geri kalan kısmı da fırın girişinde sıcaklık 900°C'i geçince ayrışabilir. Döner fırında klinker minerallerinin oluşumu önce katı sonra sıvı olmak üzere iki fazda yürür. Fırın sıcaklığı 1200°C'e erişinceye kadar hammaddeler henüz katı haldedir. Bu bölümde yalnızca kalsiyum alüminat, alümino ferrit ve dikalsiyum silikat reaksiyonları oluşur [30].

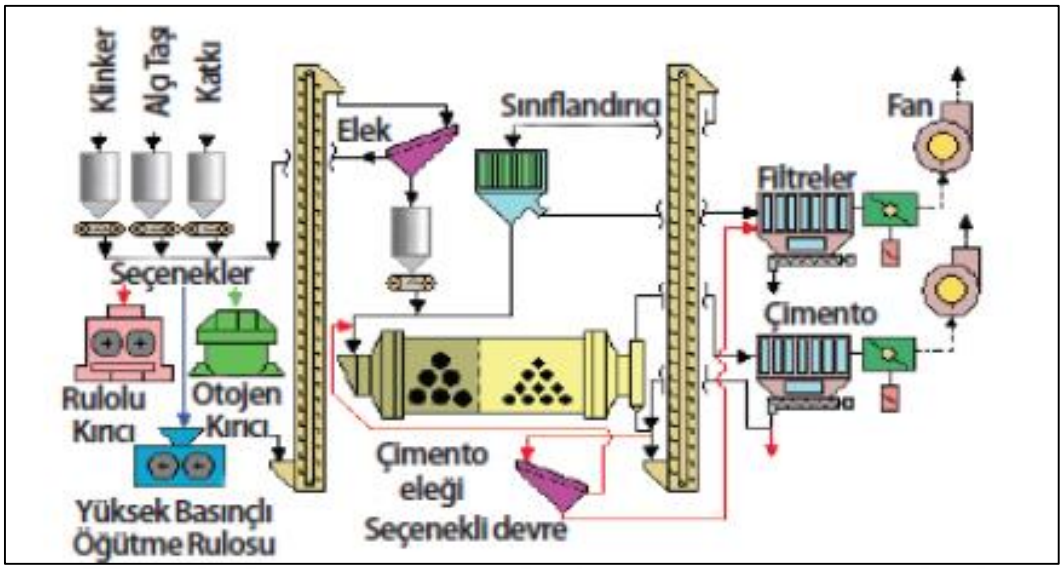
Fırın içinde sıcaklık 1200°C'nin üzerine ulaştığında erime başlar ve sıvı faz oluşur. Sıvı fazda klinkerin temel yapısını oluşturan C_2S, C_3S, C_3A, C_4AF bileşikleri oluşur. Bogue formülleri veya X-Işınları ile bileşiklerin tespiti yapılır. Fırın içinde sinterleşme 1450°C civarında sinter bölgesinde meydana gelir. Sinter bölgesinin sonunda klinker, soğutma bölümüne geçer. 1250°C dolaylarında klinker fırından soğutma bölgesine aktarılır [12]. Yarı mamul olarak fırından çıkan "klinker" soğutucuda soğutularak klinker stok holü alanında depolanır [33].

Klinkerin özelliği, kimyasal yapısıyla belirlenmektedir. Ancak kalitesi bileşenlerinin oluşturduğu formların oranı ile doğrudan alakalıdır. Bazı katkı malzemeleri klinkerin yapısına, öğütülme öncesinde birlikte öğütülmesi ya da ayrı öğütülmüş malzemenin belirli oranlarda harmanlanması şeklinde sonrasında eklenmektedir. Katkı maddeleri hem çimentoya faydalı yapısal nitelikler katar hem de maliyetlerini de azaltarak ekonomik çimento üretimini sağlamaktadır. Katkı malzemeleri olarak;

- Puzolanik maddeler
- Yüksek fırın cürufu uçucu küller
- Alçıtaşı ($CaSO_4.2H_2O$)
- Silis dumanı
- Pişmiş şist kullanılmaktadır.

90 mikron üzerindeki karışım oranının ağırlıkça %10'dan daha az olması istenen çimento öğütüldükten sonra tiplerine göre farklı silolarda depolanır. Torbalı veya dökme çimento şekillerin de satışa sunulur [33].

Çimento öğütülmesi sırasında birbirinden farklı kırıcılar ve değirmenler kullanılmaktadır. Bu devrede ön kırıcılardan çıkan malzeme elendikten sonra elek üstü kırıcıya geri gönderilmektedir. Malzeme elenmeden doğrudan bilyalı değirmenlere de verilebilmektedir. Değirmende öğütülmüş malzeme, kapalı devre çalışan sınıflandırıcıda ayrılmaktadır. Yaygın olmayan bu öğütme devresi yerine özel çimento elekleri de kullanılabilmektedir [31]. Tipik bir ön kırmalı çimento öğütme devresinin şeması Şekil 4.2'de verilmiştir.

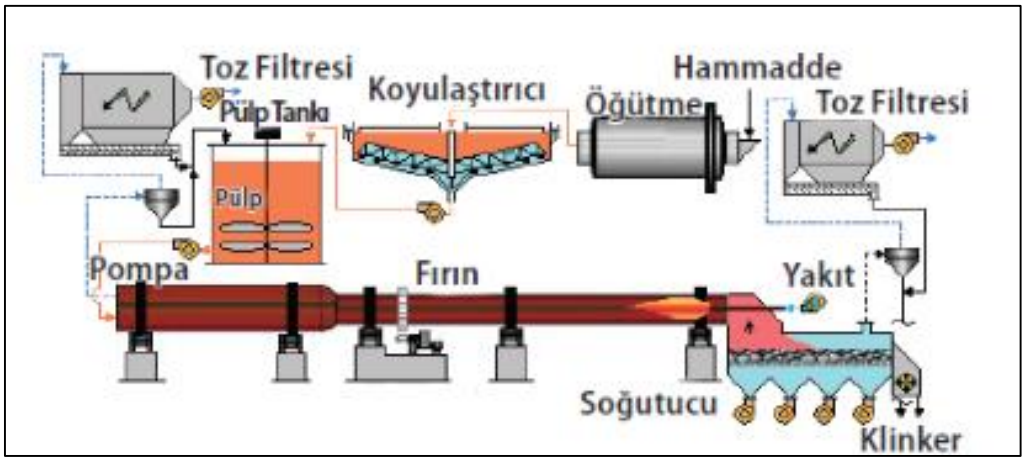


Şekil 4.2. Ön kırmalı çimento öğütme devresi [31]

4.4. Klinkerin Üretim Yöntemleri

Çimento üretim sürecinde kuru, yarı-kuru, yarı yaş ve yaş olmak üzere dört temel seçenek mevcuttur. Tercih edilecek proses hammaddenin kuru veya yaş olma durumuna göre belirlenir. Genel olarak bakıldığı zaman klinker üretiminin büyük bir bölümü Dünya'da yaş prosesle elde edilmektedir. Kuru hammaddelerin bulunmasından dolayı Avrupa'da kuru proses seçeneğiyle üretim yapılmaktadır. Türkiye'de ise %99,5 kuru proses klinker üretimi vardır [34].

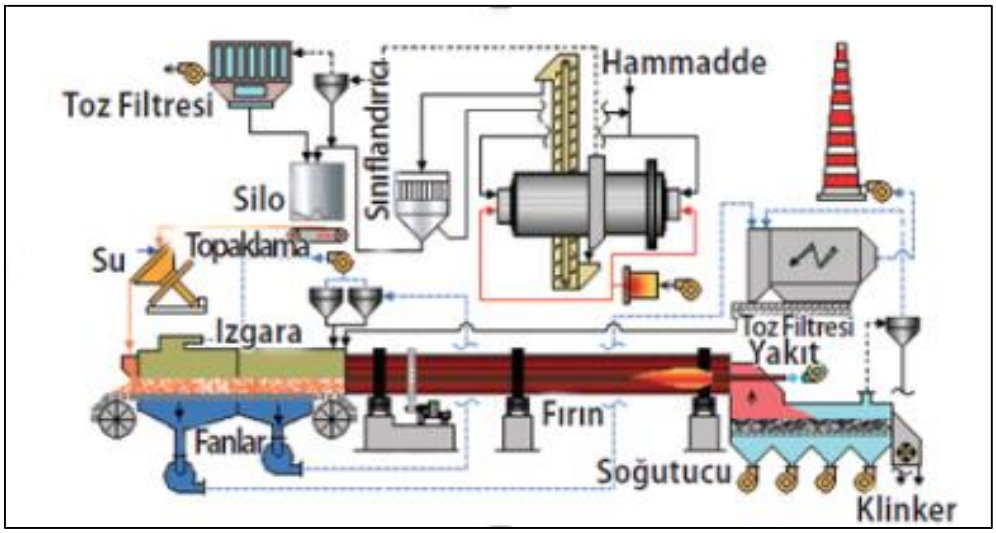
İlk çimento klinkeri dikey fırınlarda üretilmiş, ancak kapasitenin sınırlı kalmasından üretimde süreklilik sağlanamamıştır. İlk döner fırın kurulduktan sonra petrol içerikli yakıt kullanılsa da ilerleyen yıllarda maliyet açısından ucuz olmasından kaynaklı öğütülmüş kömür kullanılmıştır. Yakın zamana kadar klinker yaş sistemle üretilmekteydi. Ancak bu üretim süreci, hammadde karışımının fırına yaklaşık olarak, yaklaşık %35 oranında su bulunan çamur halinde verildiği, ham maddesin fırında kalma süresinin yaklaşık 3 saat olduğu ekonomik olmayan bir üretim sürecidir. Bu nedenle, 1953 yıllından beri kuru sistemli ve ön ısıtıcılı döner fırınlar kullanılmaya başlanmıştır. Önceki yıllarda hammaddenin homojenize edilmesinin ancak çamur şeklinde olmasından kaynaklı yaş yöntem (Şekil 4.3) seçilmekteydi. Günümüzde hammaddelerin kuru olarak homojenizayonu için yeni teknikler geliştirilmiş ve böylece büyük ölçüde enerji tasarrufu sağlanmıştır [29].



Şekil 4.3. Yaş klinker üretim yöntemi akım şeması [31]

Yarı kuru Lepol ızgara-fırın klinker üretim süreci

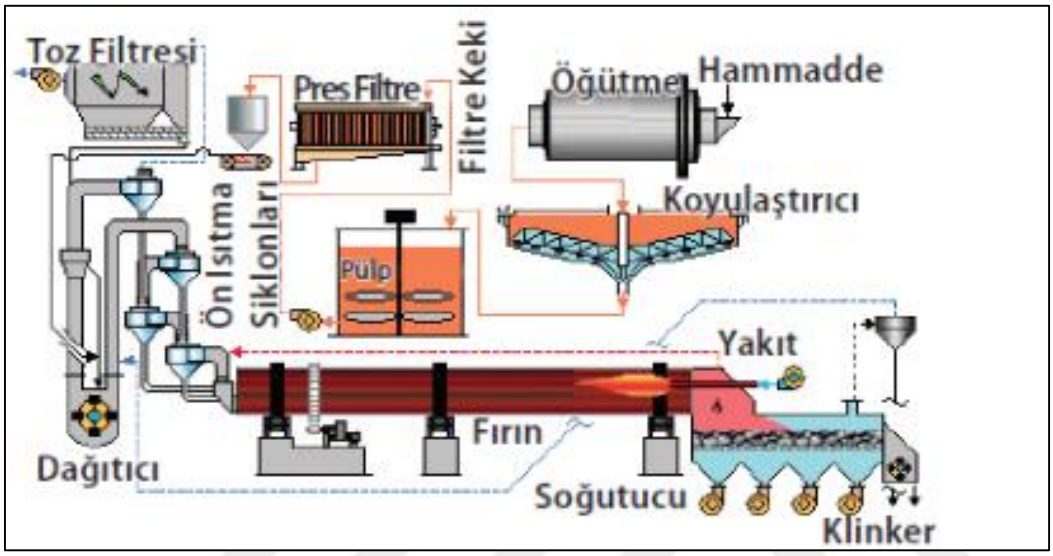
Yaş sistemde öğütme için değirmene verilen posanın ısıl işlem sürecinde fırında kurutulması gerekmektedir. Fırında gerçekleşen kurutma işlemi için gereken enerji miktarı yüksektir. Lepol yarı kuru yatay ızgara-fırın klinker üretim prosesinde (Şekil 4.4) kuru öğütme sonrası yaş öğütmeye kıyasla daha az sayılabilecek su ilavesi ile öğütülmüş ham maddeden uygun ebatta topaklar oluşturulmuş, bu topaklar fırın öncesi ızgara sisteminde kurutma ve ön ısıtma sonrası fırına beslenmiştir. Bu yöntem uzun yıllar çimento fabrikalarında klinker üretiminde fazla şekilde tercih edilmiştir [31].



Şekil 4.4. Lepol yarı kuru ızgara-fırın klinker üretim süreci [31]

Yarı yaş yöntemle klinker üretim süreci

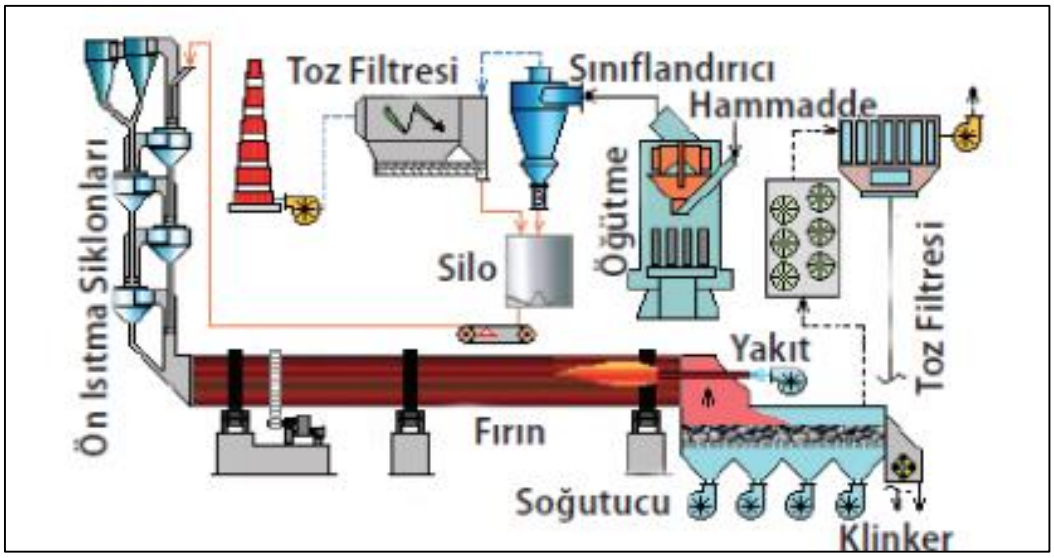
Yarı yaş proseste öncelikli çimento harcı filtre preslerinde suyundan uzaklaştırılır. Filtre pastası pelet yapısına getirilerek farin üretimi için ızgaralı ön ısıtıcıya veya doğrudan filtre pastası kurutucusuna beslemesi gerçekleştirilir (Şekil 4.5) [31].



Şekil 4.5. Yarı yaş yöntemle klinker üretim süreci akım şeması [31]

Ön ısıtmalı klinker üretim süreci

Yaş ya da yarı yaş üretim sürecinde, ham maddeye eser miktarda eklenen suyun ısıl işlem prosesinde ortamdan uzaklaştırması için ek maliyete neden olmaktadır. Maliyetin azaltılması için ısı kayıplarını engellemek, az miktarda yakıt beslemek ve ortamdaki ısının yararlı enerjiye çevrilmesini temin etmek için öncelikle yaş süreç yerine kuru sürecin tercih edilmesi gerektiği araştırılmıştır. Bu arayışların sonucunda tesisler, değişik boyutta siklonların kullanıldığı kendi patentleri altında ön ısıma sistemleri geliştirmişlerdir. Dört siklondan oluşan ön ısıtma grubu en kolay sistemdir (Şekil 4.6) [31].

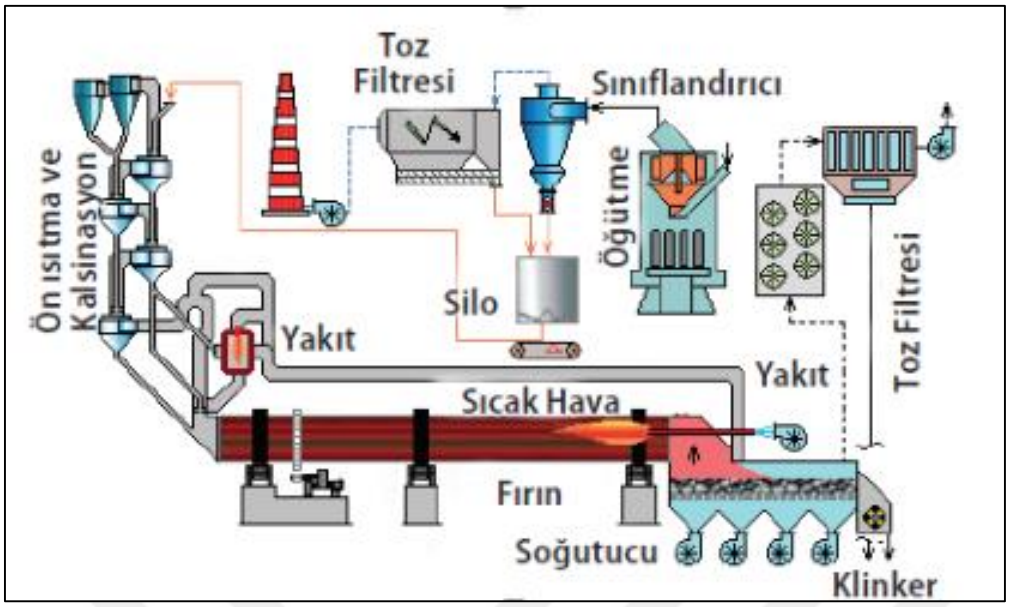


Şekil 4.6. Ön ısıtmalı klinker üretim süreci akışı [31]

Çoğunlukla 4 siklondan oluşan ön ısıtma kulelerine üst kısımdan beslenen öğütülmüş ham madde, fırından gelen sıcak hava ile temas ettirilerek, kurutma ve ön ısıtma yanı sıra yaklaşık %10 oranında da kalsine edilmektedir. Soğutucudan çıkan ısının büyük bir bölümü fırında, arda kalan kısmı da kömür ve ham maddenin kurutulmasında kullanılmaktadır. Bu sistemde ön ısıtma siklonlarında eklenen bir kanalda ilave yakma sistemi ile fırın öncesi ham madde, yaklaşık olarak %50 oranında kalsine edilmektedir. Kanalda ki ek yakma sistemi ile fırındaki ısı yükünün bir kısmı azaltılarak fırın refrakter ömrü uzatılmakta, fırın kapasitesi de artırılmaktadır. Fırından gelen hava yeteri kadar oksijen içermediğinden yakma kanalına, yanmanın gerçekleşmesi için ilave oksijen verilmektedir. Bu bölgede atık ve lastik yakma olanağı da vardır [31].

Kalsinasyon üniteli klinker üretim süreci

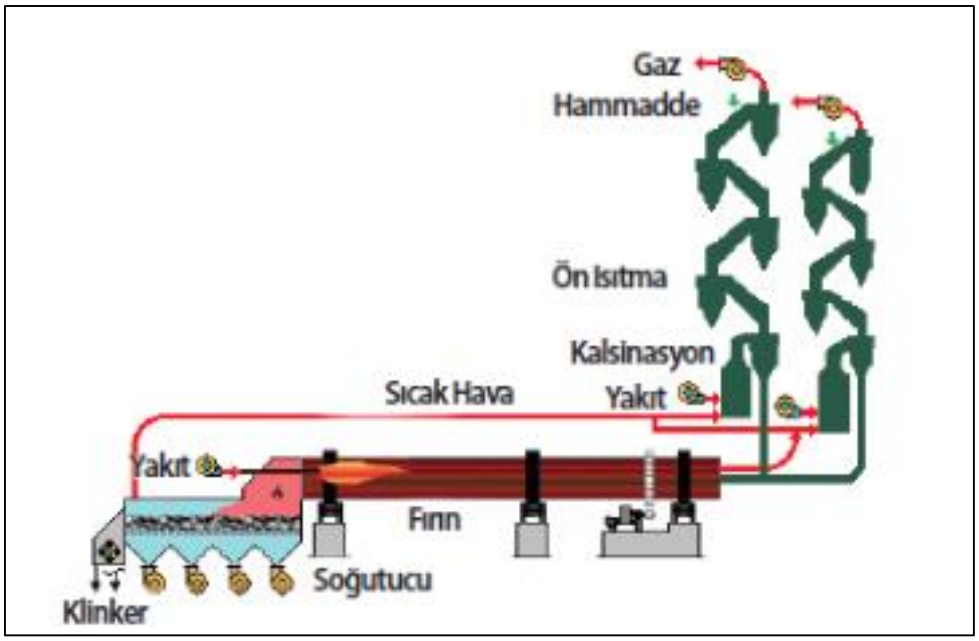
Isı kanalıyla soğutucudan siklonlara bağlantı yapılmıştır. Soğutucudan gelen havanın sıcaklığı kalsinatördeki yakma odasında artırılmaktadır. Bu yolda, tesiste tüketilen yakıtın yaklaşık %40-50'si fırında, %50-60'ı da kalsinatördeki yakma odasında yakılmaktadır (Şekil 4.7). Sıcak hava ile de siklonlarda ham maddenin %90-95 oranlarında kalsinasyonu sağlamaktadır. Fırın boyları kısalması, fırınlarda daha az yakıt tüketimi ile yüksek kapasitede klinker üretimi sağlanması bu yöntemin faydalı yönleridir [31].



Şekil 4.7. Kalsinatör sistemli modern bir çimento tesisi üretim akışı [31]

İki kalsinatör hatlı klinker üretim süreci

Fırın öncesi ön ısıtma siklonları iki ayrı hat şeklinde yapılmıştır. Her hatta farklı yanma odası ya da tek bir yanma odası ile iki hattaki ham maddenin tamamının fırın öncesi kalsine edilebilme seçenekleri mevcuttur (Şekil 4.8).



Şekil 4.8. İki kalsinatör hatlı çimento üretim süreci akım şeması [31]

Sistemde yakıt seçme serbestliğinin yanında düşük uçuculu yakıtların kullanılma imkânı da mevcuttur. Her iki kalsinatöre soğutucudan gelen sıcak hava bağlanmıştır. Yöntem iki kalsinatör hattındaki işlem fanlarla birbirinden bağımsız olarak kontrol edilebilmesine imkân sağlamaktadır. Fanlar ve basınç kontrolü ile hava akışı sağlanmaktadır. Sistemde sıcaklık yönetimi basittir.

Yakın zamana kadar ülkemizde başta Portland çimentosu olmak üzere bazı puzolan katkılı çimentolar üretilmekte idi. Ülkemizde Avrupa Birliği adaylığıyla birlikte 2004 yılı içinde çimento standartlarımız yenilenmiştir. Avrupa Birliğinin Standardizasyon Komitesi 1990'lı senelerde bütün üye ülkeleri içine alan bir çimento standardı ENV-197-1 "Common Cements" standardını hazırlamıştır. Türkiye'nin Avrupa Birliği adaylığının gündemde olması ile nedeniyle Türk çimento standartları güncellenmiş ve bazı farklılıklar yapılarak yeni bir çimento standardı TS EN 197-1, 2012 oluşturulmuştur. TS EN 197-1, 2012 standardında çimentolar beş tip altında toplanmıştır [30].

Çimento fabrikasının son ürünü standartlara uygun olarak, çeşitli tiplerde yapılan çimentodur [24]. Türkiye'de standardı olan çimento tipleri;

- Portland çimentolar,
- Portland kompoze çimentolar,
- Yüksek fırın cüruflu çimentolar,
- Puzolanik çimento,
- Kompoze çimento [26].

Bu çimento tiplerinin yanı sıra, öğütme sırasında ya da daha sonra klinkere ilave edilen mineral katkılar, belirli kullanım için üretilmiş, TS EN 197-1, 2012 standardının da içine aldığı 5 çeşit daha çimento bulunmaktadır. Bunlar;

- Sülfatlara dayanıklı çimentolar
- Beyaz Portland çimentosu
- Harç çimentosu,
- Yüksek fırın cürufu katkılı, düşük erken dayanımlı çimentolar
- Çok düşük hidratasyon ısılı özel çimentolar [26].

Çimento her yerde, herkes tarafından kullanılabilen, uygun maliyetli yapı malzemesidir. Ancak tüketici için çimento bir son ürün değildir, çimento kullanılarak yapılan beton ise son üründür. Çimentoyu su, kum, kırma taş ve değişik katkılarla birleştirerek, demir çubuklarla, tel/plastik/cam elyafı/karbon elyafı vb. malzemeler katıp güçlendirerek, boyayarak, amaca uygun katkılar ekleyerek yapılan beton, harç, sıva, fayans yapıştırıcı, derz dolgu vb. ürünler inşaatçılar için son ürünlerdir. Bunların içinde en büyük pay betonundur. Beton çağdaş inşaatın vaz geçilmez yapı malzemesidir. Gelişmiş ülkelerde kişi başına 1,5-3 t/yıl olan beton tüketimi gelişmekte olan ülkelerde daha yüksektir. Türkiye'de üretilen çimentonun %80 kadarı beton yapımında kullanılır [24].

4.5. Çimento Üretiminde Sera Gazı Emisyonları

Çimento tesislerinde emisyonlar, yanmadan kaynaklı ve prosesten kaynaklı emisyonların toplamını ifade etmektedir [24]. Yanmadan kaynaklı emisyonlar, tesisin enerji ihtiyacını sağlamak için kullanılan yakıtların oksijen ile reaksiyonu sırasında çıkmaktadır. Prosesten kaynaklı emisyonlar ise klinker üretimi sırasında maddeler arası reaksiyonlar veya maddelerin dönüşümleri sonucunda ortaya çıkmaktadır [35]. Yanmadan ve prosesten kaynaklanan emisyonlar aşağıdaki Eş. 3.1 ve Eş. 3.2 kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\text{Yanma Emisyonları} = \text{FV x NKD x EF x YF} \quad (3.1)$$

$$\text{Proses Emisyonları} = \text{FV x EF x DF} \quad (3.2)$$

CO_2, klinkerin ham maddesi olan $CaCO_3$'ün kalsinasyonundan ve yakıtlardan ortaya çıkmaktadır. 1 ton çimento üretmek için 0,55 tCO_2 oluşurken bunun üzerine klinker üretimi için 1450°C sıcaklığa ulaşabilmek için kullanılan yakıttan da ilave 0,4 tCO_2 gelmektedir. İyi bir yaklaşımla 1 ton çimento üretimi için atmosfere %60 kalsinasyondan, %40'da yanmadan kaynaklanan 1 ton CO_2 salınmaktadır [31]

5. TÜRKİYE'DEKİ SERA GAZI İLE İLGİLİ MEVZUATLAR

5.1. Sera Gazı Emisyonlarının Takibi

Ülkemizde sera gazı emisyonları hakkında yasal düzenlemeler Bakanlık tarafından 2012 yılında yayınlanan yönetmelikle başlamıştır. 25.04.2012 tarih ve 28274 Resmi Gazete sayılı "Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkında Yönetmelik", 17.05.2014 tarihinde 29003 Resmi Gazete sayısı ile aynı isimle yeniden yayınlanmıştır. Bu yönetmelikle ülkemizde sera gazı emisyonlarının takibi için başlangıç olmuş ve hız kazanmıştır. Yönetmelik 3 bölüm, 16 madde ve 4 ekten oluşmaktadır. Yönetmeliğin amacı; Çizelge 5.1'deki listede yer alan faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının izlenmesine, raporlanmasına ve doğrulanmasına dair usul ve esasları düzenlemektir. Liste eşik değerleri, genel olarak üretim kapasitelerine veya verimlere atıfta bulunmaktadır. Bu yönetmelik kapsamına giren tesisler, her yıl 1 Ocak-31 Aralık tarihine kadar emisyonlarını izler ve bu emisyon değerlerine ilişkin emisyon raporunu oluşturur. Bu hazırlanan emisyon raporunun kontrolü bir sonraki yıl 30 Nisan tarihine kadar bir doğrulayıcı kuruluş tarafından yapılır. Bu kontrol sonucunda doğrulayıcı kuruluş doğrulama raporu oluşturarak tesise teslim eder. Tesis emisyon ve doğrulama raporlarını Bakanlığa iletir.

Yönetmelik;

- Ek-I'de eşik değerlerini ele alarak, genel olarak üretim kapasitelerine veya verimlerine atıfta bulunmaktadır.
- Ek-II'de Karbon Dioksit, Metan, Diazot Oksit, Hidroflorokarbonlar, Perflorokarbonlar ve Sülfür Hegzaflorid olmak üzere 6 tane sera gazı emisyonu tanımlanmaktadır.
- Ek-III'de sera gazı emisyonları izleme ve raporlama prensipleri yer almaktadır. Doğrudan ölçüm ya da hesaplama yöntemlerinden biriyle karbondioksit emisyonlarının izlenmesi yapılabilmektedir.

<u>Hesaplama</u>

Hesaplama aşağıda belirtilen eşitlikle yapılmaktadır:

Emisyon Miktarı = Faaliyet verisi x Emisyon faktörü x Oksidasyon faktörü

Burada;

Faaliyet verisi: Hesaplama temelli yöntemler dahilinde, terajul cinsinden enerji, ton cinsinden kütle veya gazlar için normal metre küp cinsinden hacim olarak tanımlanan, bir proses tarafından tüketilen veya üretilen yakıt veya maddelere ait veriyi,

Emisyon faktörü: Tam yanmanın ve diğer bütün kimyasal tepkimelerin tamamlandığının düşünüldüğü bir kaynak akışındaki faaliyet verisine ait sera gazının ortalama emisyon oranını,

Yükseltgenme (Oksidasyon) faktörü: Atmosfere salınan karbonmonoksitin karbondioksit molar eşdeğeri olarak alındığı ve yanma sonucunda karbondioksite yükseltgenen karbonun, yakıt içinde bulunan ve yakıt kesri olarak ifade edilen toplam karbona oranını ifade etmektedir.

Ölçüm

Emisyonların ölçümü, Bakanlıkça uygun bulunan ve ilgili Sürekli Emisyon Ölçüm Sistemleri Tebliği (SEÖS) tebliğlerinde yer alan standart metotlar ile yapılır ve doğruluğu hesaplanmış emisyonlar ile teyit edilir.

Çizelge 5.1. Sera gazı faaliyet kategorisi

FAALİYETLER	SERA GAZLARI
Toplam anma ısıl gücü 20 MW ve üzeri tesislerde yakıtların yakılması (tehlikeli veya evsel atıkların yakılması hariç).	CO_2
Petrol rafinasyonu.	CO_2
Kok üretimi	CO_2
Metal cevheri kavrulması, sinterlenmesi veya peletlenmesi.	CO_2
Kapasitesi 2,5 ton/saat ve üzeri, sürekli döküm de dâhil olmak üzere, pik demir ve çelik üretimi (birincil ve ikincil ergitme).	CO_2
Toplam anma ısıl gücü 20 MW ve üzeri yakma üniteleri kullanılarak demir içeren metallerin üretimi veya işlenmesi.	CO_2
Birincil alüminyum üretimi.	CO_2 ve PFC
Toplam anma ısıl gücü 20 MW ve üzeri ikincil alüminyum üretimi.	CO_2

Çizelge 5.1. (devam) Sera gazı faaliyet kategorisi

Toplam anma ısıl gücü 20 MW ve üzeri yakma üniteleri kullanılarak alaşımların üretimi, rafine edilmesi, dökümhane dökümü, vb. dâhil olmak üzere demir dışı metallerin üretimi veya işletilmesi.	CO_2
Günlük kapasitesi 500 ton ve üzeri döner fırınlarda veya günlük kapasitesi 50 tonu aşan diğer ocaklarda klinker üretimi.	CO_2
Günlük kapasitesi 50 ton ve üzeri döner fırınlarda veya diğer ocaklarda kireç üretimi veya dolomitin veya magnezitin kalsinasyonu.	CO_2
Günlük ergitme kapasitesi 20 ton ve üzeri cam elyafı dâhil olmak üzere cam üretimi.	CO_2
Günlük üretim kapasitesi 75 ton ve üzeri, çatı kiremitleri, tuğlalar, refrakter tuğlalar, karolar, taş ürünler veya porselen olmak üzere, pişirme ile seramik ürünlerin üretimi.	CO_2
Günlük ergitme kapasitesi 20 ton ve üzeri, cam, taş veya cüruf kullanılarak mineral elyaf yalıtım malzemesi üretimi.	CO_2
Toplam anma ısıl gücü 20 MW ve üzeri yakma üniteleri kullanılarak alçı taşının kurutulması, kalsinasyonu veya alçı panoların ve diğer alçı taşı ürünlerinin üretimi.	CO_2
Odundan veya diğer lifli malzemelerden selüloz üretimi.	CO_2
Günlük üretim kapasitesi 20 ton ve üzeri, kâğıt, mukavva veya karton üretimi.	CO_2
Toplam anma ısıl gücü 20 MW ve üzeri yakma ünitelerinin kullanılarak petrol, katran, kraking ve damıtma kalıntıları gibi organik maddelerin karbonizasyonunu da içeren karbon siyahı üretimi.	CO_2
Nitrik asit üretimi.	CO_2 ve N_2O
Adipik asit üretimi.	CO_2 ve N_2O
Glioksal ve glioksilik asit üretimi.	CO_2 ve N_2O
Amonyak üretimi.	CO_2
Günlük üretim kapasitesi 100 ton ve üzeri kraking, reforming, kısmî, tam yükseltgenme benzeri işlemler ile büyük hacimli organik kimyasal maddelerin üretimi.	CO_2
Günlük üretim kapasitesi 25 ton ve üzeri, reforming veya kısmî yükseltgenme ile hidrojen (H_2) ve sentez gazının üretimi.	CO_2
Soda külü (Na_2CO_3) ve sodyum bikarbonat ($NaHCO_3$) üretimi.	CO_2

5.2. Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması

Konunun ana hatlarını anlatan yönetmeliği takiben, 22.07.2014 tarih ve 29068 Resmi Gazete sayılı "Sera Gazı Emisyonlarının İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ" yayınlanmıştır. 10 bölüm, 62 madde ve 9 ekten oluşan tebliğin amacı; 17.5.2014 tarih ve

29003 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan sera gazı emisyonlarını takip etmekle yükümlü tesislerin emisyonlarını hangi kurallara göre izlenip raporlanacağına dair usul ve esasları kapsamaktır.

Mevzuat kapsamına giren her bir işletme izleme ve raporlama işlemlerini eksiksizlik, tutarlılık, karşılaştırılabilirlik, şeffaflık ve doğruluk prensiplerine göre yürütür. Bakanlık tarafından tesise özel onaylanan izleme planını göz önüne alınarak sera gazı emisyonları izlenir.

Her bir işletme emisyonlarının izlenmesi ve kademeler için asgari şartların belirlenmesi maksadı ile kaynak akışlarının kategorilerini belirler.

Kaynak akışı sınıflandırması

Tüketimi veya üretimi sonucunda bir veya daha fazla emisyon kaynağında sera gazı emisyonlarına sebep olan veya karbon içeren ve kütle yöntemi ile sera gazı emisyon hesaplarında kullanılan belli bir tür yakıtı, hammaddeyi veya ürünü ifade eden tanım kaynak akışıdır.

Bu sınıflandırma her bir kaynak akışını, transfer edilen CO_2'i dahil ederek, hesaplama temelli yöntemler ile hesaplanan bütün kaynak akışlarının neden olduğu fosil CO_2 ve $CO_{2(eşd)}$ emisyonlarının ve ölçüm temelli yöntemler ile izlenen bütün emisyon kaynaklarından çıkan emisyonların mutlak değerlerinin toplamı ile karşılaştırarak yapılır:

- Mutlak değer olarak hangisi daha yüksekse, işletme tarafından seçilen kaynak akışlarının emisyonlara olan katkısının toplamı yılda 5 000 ton fosil CO_2'den daha düşük veya yılda 100 000 ton toplam fosil CO_2'i aşmamak kaydıyla, toplam emisyonların %10'undan daha düşük olması durumunda bu değer "küçük kaynak akışı" olarak adlandırılır.

- Mutlak değer olarak hangisi daha yüksekse, işletme tarafından seçilen kaynak akışlarının emisyonlara olan katkısının toplamı yılda 1 000 ton fosil CO_2'den daha düşük veya yılda 20 000 ton toplam fosil CO_2'i aşmamak kaydıyla, toplam emisyonların %2'sinden daha düşük olması durumunda bu değer "önemsiz kaynak akışı" olarak adlandırılır.

- Kaynak akışlarının küçük ve önemsiz kaynak akışları kapsamında sınıflandırılmadığı durumlarda ise bu değer "büyük kaynak akışları" olarak nitelendirilir.

İzleme yöntemlerinin seçimi

Tesisin emisyonlarının izlenmesi için, işletme, tebliğin hükümlerine uygun olarak iki yöntem kullanmaktadır;

- Hesaplama temelli yöntem; ölçüm sistemleri vasıtasıyla kaynak akışlarından elde edilen faaliyet verilerinin, laboratuvar analizlerinden elde edilen veya varsayılan ilave parametrelerin kullanılarak emisyonların belirlenmesi anlamına gelir. Bu yöntemde, standart yöntem veya kütle denkliği yöntemi ile uygulanabilir.
- Ölçüm temelli yöntem; CO_2 konsantrasyonunun ve transfer edilen gazların akışının ölçüldüğü ve tesisler arasında CO_2 transferinin izlendiği durumlar da dahil olmak üzere, baca gazında ve baca gazı akışında ilgili sera gazı derişimlerinin sürekli ölçülmesi ile emisyon kaynaklarından emisyonların belirlenmesi anlamına gelir.

Hesaplama temelli yöntem

Emisyonların standart yöntemle hesaplanması

İşletme kaynak akışı başına yanma emisyonlarını, NKD (Net Kalorifik Değer)'nin terajul olarak ifade edildiği yanan yakıt miktarı ile ilgili faaliyet verisini, NKD kullanımı ile tutarlı olan ve terajul başına ton CO_2 (tCO_2/TJ) olarak ifade edilen ilgili emisyon faktörü ve ilgili yükseltgenme faktörü ile çarparak hesaplar.

Bakanlık, yakıtlar için tCO_2/ton yakıt veya tCO_2/Nm^3 olarak ifade edilen emisyon faktörlerinin kullanımına izin verebilir. Bu durumda işletme ton veya normal metre küp olarak ifade edilen yanan yakıt miktarına ilişkin faaliyet verisini, ilgili emisyon faktörü ve ilgili yükseltgenme faktörü ile çarparak yanma emisyonlarını hesaplar.

İşletme kaynak akışı başına proses emisyonlarını ton veya normal metre küp olarak ifade edilen malzeme tüketimi, hammadde miktarı veya üretim çıktısı ile ilgili faaliyet verisini tCO_2/t veya tCO_2/Nm^3 olarak ifade edilen ilgili emisyon faktörü ve ilgili dönüşüm faktörü ile çarparak belirler.

Emisyonların kütle denkliği yöntemiyle hesaplanması

Kütle denkliğinin sınırlarına giren veya kütle denkliği sınırlarını terk eden malzeme miktarı ile ilgili faaliyet verisini, malzemenin karbon içeriğini ve 3,664 tCO_2/tC değerini çarparak kütle denkliğinde yer alan her bir kaynak akışına karşılık gelen CO_2 miktarı işletme tarafından hesaplanır.

Faaliyet verisinin belirlenmesi

İşletme, emisyona sebep olan proseste sürekli ölçüm ya da ilgili stok değişikliklerini dikkate alarak ayrı ayrı ölçülen miktarların toplanması şeklinde hesaplar.

Hesaplama faktörlerinin belirlenmesi

Hesaplama faktörleri ya varsayılan değerler ya da uygulanabilir kademeye bağlı analize dayanan değerler olarak belirlenir.

Kurutulmadan veya laboratuvar analizi için işlem görmeden önce, emisyona sebep olan işlem için satın alınan veya kullanılan yakıt veya malzemenin durumunu referans alarak ilgili faaliyet verisi için kullanılan durum ile tutarlı hesaplama faktörlerini belirlenir ve raporlanır.

Hesaplama faktörleri için varsayılan değerler

Hesaplama faktörlerinin varsayılan değer olarak belirlendiği durumda,

- Tebliğ Ek-V'te listelenen standart faktörler ve stokiyometrik değerler,
- Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kapsamında hazırlanan ulusal sera gazı envanteri için kullanılan standart faktörler,
- %95'lik güven aralığı ile karbon içeriğinin %1'den daha fazla olmaması sağlandığında, malzeme tedarikçisi tarafından belirtilen ve garanti edilen değerler,
- Bir malzemenin gelecekte kullanılacak lotları için temsil niteliği taşıdığına dair bilgi ve belgenin Bakanlığa sunulması durumunda, geçmiş analizlere dayanan değerler.

Analize dayanan hesaplama faktörleri

Hesaplama faktörlerinin belirlenmesi için kullanılan analiz, örnekleme, kalibrasyon ve doğrulama, ilgili TS EN standartlarınca uygulanan yöntemler ile yapılır. Bu tip standartların olmadığı durumlarda, ilgili ISO Standartları dikkate alınır. Uygulanabilir yayımlanmış standartların olmadığı durumlarda, örnekleme ve ölçüm belirsizliklerini sınırlandıran uygun taslak standartlar, sanayide en iyi uygulama kılavuzları veya bilimsel olarak ispat edilmiş diğer yöntemler kullanılır.

CO_2 için emisyon faktörleri

CO_2 emisyonları için faaliyet bazlı emisyon faktörleri belirlenir.

Yakıtlar için emisyon faktörleri tCO_2/TJ olarak ifade edilir. tCO_2/TJ olarak ifade edilen bir emisyon faktörünün kullanımının teknik olarak mümkün olmadığı durumlarda veya hesaplanmış emisyonların en az eşdeğer doğruluğunu bu tip bir emisyon faktörü kullanılarak elde edildiği durumda, yanma emisyonları için tCO_2/t veya tCO_2/Nm^3 olarak ifade edilen bir yakıt için emisyon faktörünü kullanılabilir.

Karbon içeriğinin, CO_2 ile ilgili bir emisyon faktörüne dönüştürülmesi veya tersi için işletme 3,664 t CO_2/tC katsayısını kullanır.

Yükseltgenme ve dönüşüm faktörleri

Emisyon faktörünün tamamlanmamış yükseltgenme veya dönüşüm etkisini içerdiği durumda yükseltgenme veya dönüşüm faktörünü 1 olarak kullanır.

5.3. Sera Gazı Emisyonlarını Doğrulayıcı Kuruluşların Yetkilendirilmesi

Emisyon raporlarının doğrulanması ve bu işlemleri gerçekleştirecek doğrulayıcı kuruluşlar için, 02.04.2015 tarih ve 29314 sayılı "Sera Gazı Emisyon Raporlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Yetkilendirilmesi Tebliği" yayınlanmıştır. Bu tebliğ 02.12.2017 tarih ve 30258 sayılı "Sera Gazı Emisyonlarının Doğrulanması ve Doğrulayıcı Kuruluşların Akreditasyonu Tebliği" adıyla yeniden yayınlanmıştır.

Bu tebliğ Madde 21(1)'de belirtilen önemlilik seviyesi oldukça önemli bir konudur. Önemlilik seviyesi, İzleme ve Raporlama Tebliğinde belirtilen kategori C tesisleri için raporlama döneminde gerçekleşen emisyonlarının azami %2'si kadardır. Yüksek emisyona sahip kategori C tesislerinde doğrulama çalışmaları sonucu doğrulayıcı kuruluşların yaptığı hesaplamalar ile tesislerin yaptıkları hesaplamalar arasında %2'lik farkların olması mevzuatlar açısından olası bir durum olarak karşılanmaktadır.

Bu tebliğ ile birlikte sera gazı emisyonlarını raporlayan tesislerin raporlarının kontrolünü ve denetimini dağlayan doğrulayıcı kuruluşlarının şartları akreditasyon kuralların uygun hale getirilmiştir.

6. MATERYAL VE METOT

Sera gazı emisyonlarının takibi hakkındaki yönetmelik ve sera gazı emisyonlarının izlenmesi ve raporlanması hakkındaki tebliğ kapsamında, günlük klinker üretim kapasiteleri 2000 ton ile 6000 ton, anma ısıl güçleri 100 MW ile 250 MW arasında değişen, emisyon kategorisi aynı olan (Kategori C: Biyokütleden kaynaklanan CO_2 hariç, transfer edilen CO_2 dahil, raporlama dönemindeki doğrulanmış yıllık emisyonu 500 000ton $CO_{2(eşd)}$'den fazla olan tesis [35]), örnek olarak seçilmiş dört tane çimento üretim tesisinin analiz yöntemi uygulanan kaynak akışlarında 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait NKD ve EF değerlerindeki değişimler değerlendirilmiştir.

Yıllara göre kaynak akışlarının emisyonlarını hesaplamak için kullanmış olduğu EF ve NKD değerleri arasında karşılaştırmalar yapılmıştır. Değişimlerin toplam emisyona etkisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, özellikle "analiz yönteminin" kullanıldığı kaynak akışlarının EF ve NKD değerlerinin sabit değerlere göre değişim oranları değerlendirilmiştir.

Toplam emisyon miktarının hesaplaması Eşitlik 3.1 ve 3.2'yi kullanarak yapılmaktadır. Kaynak akışlarının sınıflandırılmasına göre, EF ve NKD değerlerinin belirlenmesinde kademe koşulları uygulanmaktadır. Tesisler sera gazı emisyonlarını hesaplarken, küçük kaynak akışlarına ilişkin faaliyet verisi ve her bir hesaplama faktörü için, uygulanan kademenin en düşük 1 olması koşuluyla, teknik olarak elverişli olan en yüksek kademeyi uygulamışlardır. Önemsiz kaynak akışlarına ilişkin faaliyet verisi ve her bir hesaplama faktörü için, ilave bir çaba olmadan herhangi bir kademeye ulaşmıyorsa, kademe kullanmak yerine ihtiyatlı tahminler yaparak faaliyet verisini ve her bir hesaplama faktörünü belirler. Bakanlığa belgelenmesi durumunda Kategori C tesisleri için gerekenden bir seviye daha düşük kademeyi uygulayabilir. Ayrıca, Bakanlık tesislere uygulanması gereken kademeden daha düşük bir kademe uygulanmasına yönelik olarak, uygulanan kademenin en düşük kademe 1 olması ve aşağıdaki koşulların karşılanması şartı ile üç yıla kadar bir geçiş dönemi için izin verebilir;

- Uygulanması gereken kademenin teknik olarak elverişli olmadığının tespit edilmesi,
- Uygulanması gereken kademeye nasıl ve ne zaman erişebileceği ile ilgili bir gelişim planının sunulması.

Tebliğ maddeleri gereğince tesisler genel olarak 2016 ve 2017 emisyonları hesaplanırken küçük ve önemsiz kaynak akışları için Kademe-1, IPCC'de tanımlanmış olan varsayılan tebliğ değerleri (Çizelge 5.1), büyük kaynak akışları için Kademe-2, yakıt ve malzeme için Bakanlıkça yayımlanan o yıla özel ulusal envanter varsayılan değerleri kullanmışlardır Ancak 2018 yılında sera gazı çalışmalarında uyumun arttığının düşünülmesi ve ölçülebilir, raporlanabilir, doğrulanabilir sera emisyon değerlerine ulaşmak amacıyla büyük kaynak akışlarında kademe 3 gerekliliği olan analiz yaptırma zorunluluğu getirilmiştir [35].

Analize dayalı kademe uygulamalarına ilişkin rehber hükümleri gereğince; laboratuvar analizleri genel çerçevede TS EN ISO/IEC 17025, 2017 kapsamında akredite olmuş laboratuvarlarda veya tesislerin kendi laboratuvarlarında yapılması uygun görülmüştür. Tesisin kendi laboratuvarında TS EN ISO/IEC 17025, 2017 kapsamında akreditasyon şartı aranmamakta olup ilk şart olarak kalite yönetim sisteminin olup olmaması sorgulanmıştır. Kalite yönetim sistemi olmayan tesis laboratuvarlarında bir sene içerisinde kalite yönetim sisteminin kurulması şart koşulmuştur [36].

Bu açıklamalar doğrultusunda 2016, 2017 ve 2018 yılları tesis sera gazı emisyon hesaplamalarında önemsiz ve küçük kaynak akışları için Çizelge 6.1.'de verilmiş olan IPCC'den alınan NKD ve EF değerleri kullanılmıştır. Büyük kaynak akışları emisyon hesaplamasında 2016 yılı için Çizelge 6.2, Çizelge 6.3 ve Çizelge 6.4, 2017 yılı için Çizelge 6.5, Çizelge 6.6 ve Çizelge 6.7 kullanılmıştır.

Tesis-1, Tesis-2, Tesis-3 ve Tesis- 4'de her yıl klinker büyük kaynak akışı ve karbonat olmayan karbon önemsiz ya da küçük kaynak akışıdır. Karbonat olmayan karbon farinde kullanılan alternatif hammaddelerden (Uçucu kül gibi) kaynaklanan emisyonları belirtir [35].

Çimento Sürdürülebilirlik Girişimi (Cement Sustainability Initiative-CSI) 3.4.3'e göre Farin/Klinker oranı 1,55 karbonat olmayan karbonun miktarı %0,2 olarak alınmaktadır. Her bir tesis için karbonat olmayan karbon faaliyet verisi "klinker üretimix0,002x1,55" dir. EF değeri ise yıllara göre değişim göstermemekte olup 3,664 tCO_2/tC'dir [37]. Karbonat olmayan karbon önemsiz ya da küçük kaynak akışı olduğu için analiz yöntemi genellikle uygulanmamaktadır.

Çalışmada önemsiz ve küçük kaynak akışlarına ait analiz sonuçları olmadığından sadece büyük kaynak akışlarının sonuçları değerlendirilmiş olup tesisler de ulaşılamayan ya da hatalı yazılmış bazı değerler için standart değerler kullanılmıştır. Mevzuat kuralları gereğince emisyon hesaplamalarında kullanılan IPCC kılavuzu, ulusal envanter değerleri Çizelge 6.1 verilmiştir.

Çizelge 6.1. IPCC kılavuzundaki NKD ile EF değerleri

Yakıt Tipi	Emisyon Faktörü ($t\ CO_2/TJ$)	Net Kalorifik Değer (TJ/Gg)	Kaynak
Ham Petrol	73,3	42,3	IPCC 2006 Kılavuzu
Orimulsiyon	77,0	27,5	IPCC 2006 Kılavuzu
LNG	64,2	44,2	IPCC 2006 Kılavuzu
Benzin	69,3	44,3	IPCC 2006 Kılavuzu
Gazyağı	71,9	43,8	IPCC 2006 Kılavuzu
Şist Yağı	73,3	38,1	IPCC 2006 Kılavuzu
Motorin	74,1	43,0	IPCC 2006 Kılavuzu
Akaryakıt	77,4	40,4	IPCC 2006 Kılavuzu
Sıvılaştırılmış Petrol Gazları	63,1	47,3	IPCC 2006 Kılavuzu
Yakıt Nafta	73,3	44,5	IPCC 2006 Kılavuzu
Gres Yağı	73,3	40,2	IPCC 2006 Kılavuzu
Petrol Koku	97,5	32,5	IPCC 2006 Kılavuzu
Rafineri Hammaddeleri	73,3	43,0	IPCC 2006 Kılavuzu
Rafineri Gazı	57,6	49,5	IPCC 2006 Kılavuzu
Parafin Mumları	73,3	40,2	IPCC 2006 Kılavuzu
Beyaz İspirto & Endüstriyel Yağlar	73,3	40,2	IPCC 2006 Kılavuzu
Diğer Petrol Ürünleri	73,3	40,2	IPCC 2006 Kılavuzu
Antrasit	98,3	26,7	IPCC 2006 Kılavuzu
Kok Kömürü	94,6	28,2	IPCC 2006 Kılavuzu
Diğer Bitümlü Kömür	94,6	25,8	IPCC 2006 Kılavuzu
Düşük Bitümlü Kömür	96,1	18,9	IPCC 2006 Kılavuzu
Linyit	101,0	11,9	IPCC 2006 Kılavuzu
Kok Fırını Koku & Linyit Koku	107,0	28,2	IPCC 2006 Kılavuzu
Gaz Koku	107,0	28,2	IPCC 2006 Kılavuzu
Kömür Katranı	80,7	28,0	IPCC 2006 Kılavuzu
Gazhane Gazı	44,4	38,7	IPCC 2006 Kılavuzu
Kok Fırını Gazı	44,4	38,7	IPCC 2006 Kılavuzu

Çizelge 6.1.(devam) IPCC kılavuzundaki NKD ile EF değerleri

Yüksek Fırın Gazı	260	2,47	IPCC 2006 Kılavuzu
Oksijen Çelik Fırın Gazı	182	7,06	IPCC 2006 Kılavuzu
Doğal Gaz	56,1	48,0	IPCC 2006 Kılavuzu
Sanayi Atıkları	143	-	IPCC 2006 Kılavuzu
Atık Yağlar	73,3	40,2	IPCC 2006 Kılavuzu
Turba	106,0	9,76	IPCC 2006 Kılavuzu

Çizelge 6.2. CO_2 emisyon faktörleri 1990-2014 (t/TJ) [38]

Yıl	Türkiye Linyiti	Kok Kömürü	Motorin	Akaryakıt	Doğal Gaz	Odun Atığı	Biyogaz	Endüstriyel Atık
1990	106,05	90,76	72,42	76,97	58,23	-	-	-
1991	106,48	90,90	72,42	76,97	58,23	-	-	-
1992	106,90	91,04	72,42	76,97	58,23	-	-	-
1993	107,33	91,18	72,42	76,97	58,23	-	-	-
1994	107,77	91,32	72,42	76,97	58,23	-	-	-
1995	108,20	91,46	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
1996	108,64	91,60	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
1997	109,09	91,73	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
1998	109,54	91,87	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
1999	109,99	92,01	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
2000	107,90	92,15	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
2001	109,41	92,28	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
2002	110,94	92,42	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
2003	112,47	92,55	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
2004	114,01	92,69	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
2005	115,63	92,82	72,42	76,97	58,23	-	-	143,00
2006	117,13	92,80	72,42	76,97	58,23	111,83	-	143,00
2007	116,59	93,11	72,42	76,97	58,23	111,83	-	143,00
2008	116,08	93,42	72,42	76,97	58,23	111,83	-	143,00
2009	115,56	93,73	72,42	76,97	58,23	111,83	-	143,00
2010	115,09	94,04	72,42	76,97	58,23	111,83	-	143,00
2011	115,12	93,91	72,42	76,97	58,23	111,83	-	143,00
2012	115,12	93,78	72,42	76,97	58,23	111,83	54,63	143,00
2013	115,10	93,65	72,42	76,97	58,23	111,83	54,63	143,00
2014	107,63	97,44	73,19	77,79	58,29	111,83	54,63	143,00

Çizelge 6.3. Çimento üretiminde CO_2 emisyon faktörleri, 1990-2014 [38]

Yıl	Klinker Üretimi (kt)	Çimento Üretimi (kt)	CaO İçeriği (%)	CO_2 EF	CO_2 Emisyonu (kt)
1990	20 252	24 416	64,9	0,509	11 512
1991	23 153	26 261	64,3	0,505	11 915
1992	25 489	28 607	64,6	0,507	13 182
1993	24 941	31 366	64,2	0,504	12 817
1994	25 880	29 515	64,5	0,506	13 355
1995	27 094	33 140	65,4	0,513	14 179
1996	27 852	35 233	65,0	0,510	14 498
1997	28 706	36 007	65,9	0,517	15 146
1998	29 148	37 488	64,5	0,506	15 047
1999	27 966	34 817	65,3	0,513	14 626
2000	28 950	35 953	63,4	0,497	14 690
2001	28 746	29 959	65,7	0,516	15 115
2002	29 499	32 758	65,7	0,515	15 511
2003	30 419	35 095	65,9	0,517	16 037
2004	32 779	38 796	65,6	0,515	17 225
2005	36 382	42 787	66,1	0,518	19 237
2006	39 569	49 100	60,6	0,475	19 185
2007	43 174	51 226	60,6	0,475	0 925
2008	47 095	54 362	65,3	0,512	24 609
2009	50 436	59 273	62,7	0,492	25 301
2010	55 485	66 027	62,1	0,487	27 563
2011	57 823	67 805	64,9	0,510	30 057
2012	57 758	67 519	67,2	0,527	31 068
2013	62 736	74 437	66,9	0,525	33 585
2014	63 642	72 639	66,9	0,525	34 070

Çizelge 6.4. Dönüşüm faktörleri TJ/kt, 1990-2014 [38]

Yakıt Tipi	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014
Akaryakıt	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19
Petrokok	31,82	32,27	32,24	32,24	31,55	31,36	31,72	32,84	31,86
Kok Kömürü	31,43	28,92	26,79	26,98	25,35	26,60	27,04	26,29	26,91
Diğer Bit. Kömür	31,43	28,92	26,79	26,98	25,35	26,60	27,04	26,29	26,91
Linyit	8,91	8,47	8,14	6,90	9,30	9,30	9,44	10,00	9,91
Diğer Bit. Kömür	18,00	18,00	18,00	18,00	18,41	19,54	22,72	22,72	20,41

Çizelge 6.5. Çimento üretiminde CO_2 emisyon faktörleri, 1990-2015 [39]

Yıl	Klinker Üretimi (kt)	Çimento Üretimi (kt)	CaO İçeriği (%)	CO_2 EF	CO_2 Emisyonu (kt)
1990	20 252	24 416	64,4	0,50	10 445
1991	23 153	26 261	64,9	0,509	12 021
1992	25 489	28 607	65,0	0,510	13 265
1993	24 941	31 366	65,4	0,513	13 049
1994	25 880	29 515	65,1	0,511	13 493
1995	27 094	33 140	65,2	0,511	14 133
1996	27 852	35 233	65,8	0,516	14 662
1997	28 706	36 007	65,7	0,516	15 105
1998	29 148	37 488	65,5	0,514	15 292
2000	28 950	35 953	65,5	0,514	15 184
2001	28 746	29 959	65,6	0,515	15 087
2002	29 499	32 758	65,7	0,516	15 513
2003	30 419	35 095	65,8	0,516	16 022
2004	32 779	38 796	65,6	0,515	17 207
2005	36 382	42 787	65,6	0,515	19 117
2006	39 569	49 100	65,8	0,516	20 841
2007	43 174	51 226	65,9	0,517	22 780
2008	47 095	54 362	65,9	0,517	24 837
2009	50 436	59 273	65,8	0,516	26 558
2010	55 485	66 027	65,9	0,517	29 284
2011	57 823	67 805	66,0	0,518	30 527
2012	57 758	67 519	65,9	0,517	30 449
2013	62 736	74 437	65,7	0,516	32 995
2014	63 642	72 639	65,7	0,516	33 472
2015	61 971	71 419	65,8	0,516	32 619

Çizelge 6.6. Dönüşüm faktörleri TJ/kt, 1990-2015 [39]

Yakıt Tipi	1990	1995	2000	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Akaryakıt	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19	40,19
Petrokok	31,82	32,27	32,24	32,24	31,55	31,36	31,72	32,84	31,86	32,84
Kok Kömürü	31,43	28,92	26,79	26,98	25,35	26,60	27,04	26,29	26,91	30,90
Diğer Bit. Kömür	31,43	28,92	26,79	26,98	25,35	26,60	27,04	26,29	26,91	26,85
Linyit	8,91	8,47	8,14	6,90	9,30	9,30	9,44	10,00	9,91	8,58
Diğer Bit. Kömür	18,00	18,00	18,00	18,00	18,41	19,54	22,72	22,72	20,41	20,22

Çizelge 6.7. CO_2 emisyon faktörleri, 1990-2015 (t/TJ) [39]

Yıl	Türkiye Linyiti	Diğer Bitümlü Kömür	Dizel Yağı	Akaryakıt	Doğal Gaz	Petrokok	Biyogaz	Endüstriyel Atık
1990	114,16	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	-
1991	114,01	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	-
1992	113,85	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	-
1993	113,70	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	-
1994	113,54	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	-
1995	113,39	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	143,00
1996	113,23	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	143,00
1997	113,08	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	143,00
1998	112,90	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	143,00
1999	112,77	-	72,28	76,97	58,23	97,53	-	143,00
2000	110,05	88,62	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2001	110,58	88,62	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2002	111,30	88,62	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2003	112,00	79,88	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2004	112,72	84,02	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2005	113,50	85,24	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2006	114,18	90,07	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2007	113,62	91,17	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2008	112,51	83,29	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2009	111,39	90,35	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2010	110,26	90,01	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2011	109,48	89,11	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2012	109,29	88,89	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2013	109,09	93,57	72,28	76,97	58,23	97,53	54,63	143,00
2014	107,63	87,70	72,28	76,97	58,29	97,53	54,63	143,00
2015	107,63	92,64	72,28	76,97	58,66	97,53	54,63	143,00

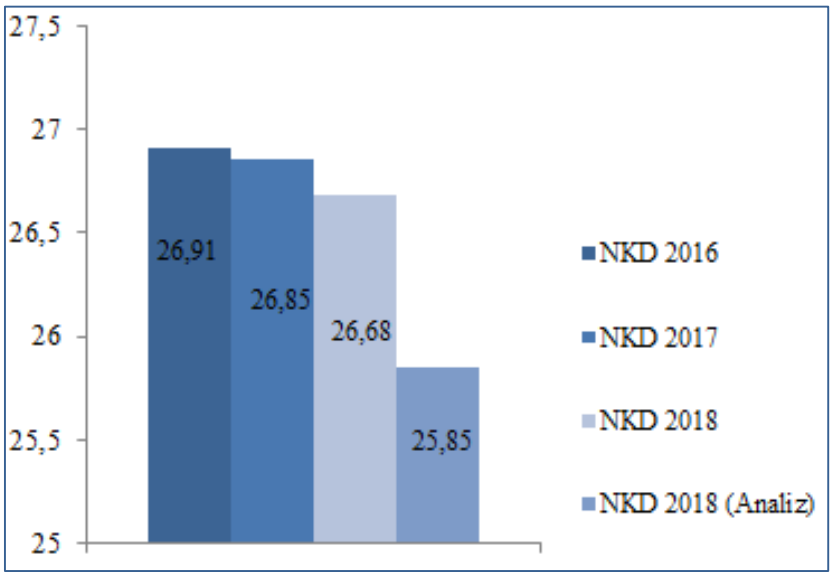
7. ARAŞTIRMA BULGULARI

Tesis-1

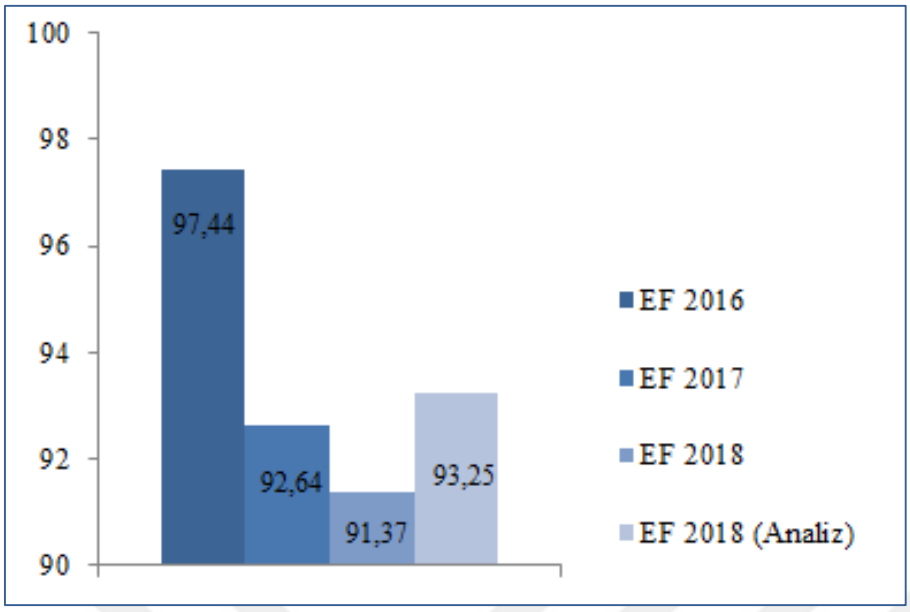
Klinker üretim miktarı her yıl 1 000 000 ton üzerinde olan Tesis-1, 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında en fazla klinker üretimini 2018 yılında yapmıştır. Ez az klinker üretimini ise 2016 yılında yapmıştır. Bu üretim için ithal linyit, yerli linyit, akaryakıt, motorin ve atık yağı yakıt olarak kullanmaktadır. İthal linyit ve klinker büyük kaynak akışlarıdır. Diğerleri önemsiz kaynak akışıdır. Büyük kaynak akışı olan ithal linyit ve klinker için 2018 yılında analiz yöntemi uygulandığı için bu iki kaynak akışının yıllara göre NKD, EF değerleri ve değişim oranları verilmiştir. Bu tesisin 2016, 2017 yıllarında büyük kaynak akışları için envanter değerleri kullandığı varsayılmıştır. Çizelge 7.1, Şekil 7.1' ve Şekil 7.2'de ithal linyit kaynak akışına ait 2016, 2017, 2018 yılları NKD ve EF ulusal envanter değerleri ve 2018 yılına ait analiz sonuçları bulunmaktadır.

Çizelge 7.1. Tesis-1'de yıllara göre ithal linyit NKD ve EF değerleri

Yıl	2016	2017	2018	2018 (Analiz)
NKD TJ/Gg	26,91	26,85	26,68	25,85
EF tCO_2/TJ	97,44	92,64	91,37	93,25



Şekil 7.1. Tesis-1'de yıllara göre ithal linyit NKD değerleri



Şekil 7.2. Tesis-1'de yıllara göre ithal linyit EF değerleri

İthal linyit kaynak akışına ait NKD 2018 yılı analiz sonucu 2016, 2017 ve 2018 yılları sabit değerlere göre azalış göstermiştir. 2016-2018 yılları karşılaştırmasında %3,94 azalış, 2017-2018 yılları karşılaştırmasında %3,72 azalış olmuştur. EF için 2018 yılı analiz sonucu 2016 yılı sabit değerlere göre azalış, 2017 ve 2018 yılları sabit değerlere göre artış göstermiştir. 2016-2018 yılları için %4,30 azalış, 2017-2018 yılları için %0,66 artış göstermiştir. 2018 yılı envanter değeri ile analiz sonucu karşılaştırmasında NKD'nin %3,11 azalış, EF'nin %2,06 artış gösterdiği görülmektedir.

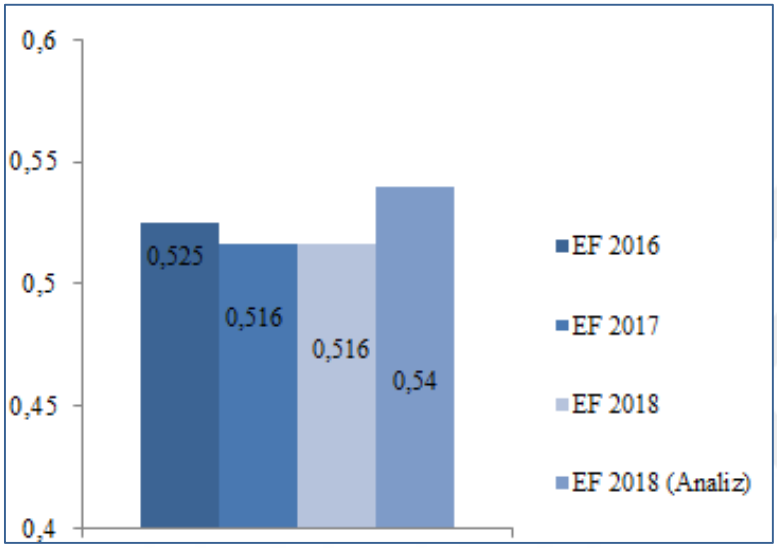
Eğer analiz yöntemi uygulanmadan 2018 yılı içinde 2018 yılı ulusal envanterinde bulunan ithal linyit yakıtına ait EF 91,37 tCO_2/TJ ve NKD 26,68 TJ/Gg [40] değerleri kullanılmış olsaydı emisyon miktarının değişimi hesaplanmıştır. Üç yıl içinde ayrı ayrı yaklaşık ortalama 190 000,00 ton ithal linyit kullanan Tesis-1, Eş. 3.1 yanmadan kaynaklı emisyon miktarları; analiz değerleri kullanılarak 457 997,38 tCO_2, envanter değerleri kullanılarak 463 172,80 tCO_2 hesaplanmıştır. Burada 5 175,43 tCO_2 fark görülmektedir. Analiz yöntemi uygulanmamış olsaydı bu tesiste 5 175,43 tCO_2 daha fazla emisyon değeri hesaplanacaktı.

Tesis-1'de klinker kaynak akışına ait EF değeri 2018 yılı analiz sonucu 2016 ve 2017 yılları sabit değerlere göre artış göstermiştir. 2016-2018 yılları karşılaştırmasında %2,86 artış, 2017-2018 yılları karşılaştırmasında %4,65 artış göstermiştir. Artış gösteren EF çarpanı emisyonu artırıcı yönde etki yapar. 2018 yılı envanter değeri ile 2018 analiz

sonucu arasında %4,65 artış vardır. Çizelge 7.2 ve Şekil 7.3'de klinker kaynak akışı için EF değerleri yıllara göre yer almaktadır.

Çizelge 7.2. Tesis-1'de yıllara göre klinker EF değerleri

Yıl	2016	2017	2018	2018 (Analiz)
EF tCO_2/TJ	0,525	0,516	0,516	0,54



Şekil 7.3. Tesis-1'de yıllara göre klinker EF değerleri

Eğer analiz yöntem uygulanmadan klinker kaynak akışı için 2018 yılı içinde envanter değeri kullanılsaydı üç yıl içinde ayrı ayrı yaklaşık ortalama 1 350 000 ton klinker üretimi yapan Tesis-1, Eş. 3.2 prosesten kaynaklı emisyon miktarları; analiz değerleri kullanılarak 729 000 tCO_2, envanter değerleri kullanılarak 696 600 tCO_2 şeklinde olacaktı. Burada 32 400 tCO_2 fark görülmektedir. Analiz yöntemi uygulanmamış olsaydı tesis 32 400 tCO_2 daha az emisyon değeri hesaplanacaktı.

Tesis-2

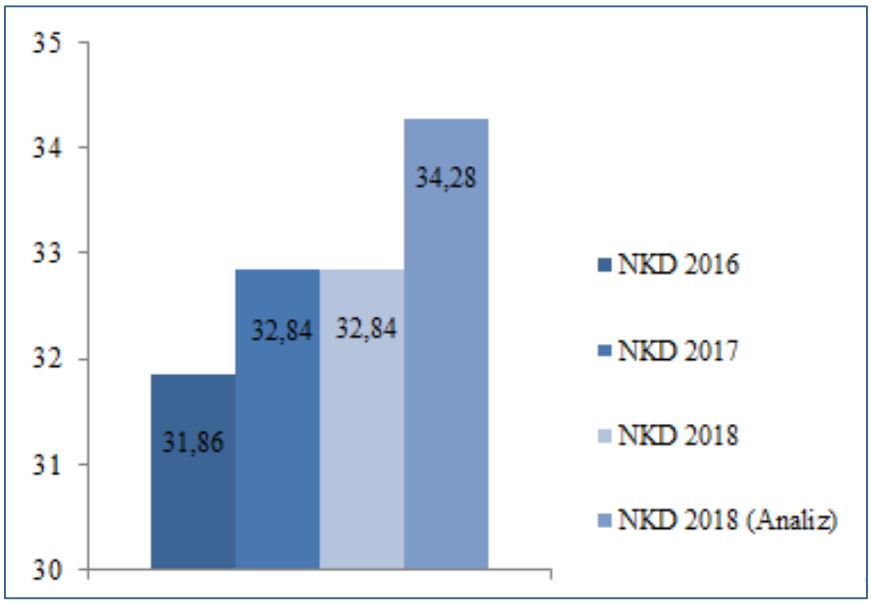
Klinker üretim miktarı her yıl için 700 000 ton üzerinde olan Tesis-2, 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında en fazla klinker üretimini 2017 yılında yapmıştır. En az klinker üretimini ise 2018 yılında yapmıştır. Bu üretim için petrokok, ithal linyit, akaryakıt ve motorin yakıt olarak kullanılmıştır. İthal linyit sadece 2018 yılında kullanılmıştır. Petrokok ve klinker büyük kaynak akışıdır. Diğerleri önemsiz kaynak akışıdır. Büyük kaynak akışı olan

petrokok ve klinker için 2018 yılından analiz yöntemi uygulandığı için bu iki kaynak akışının yıllara göre NKD, EF değerleri ve değişim oranları gösterilmektedir.

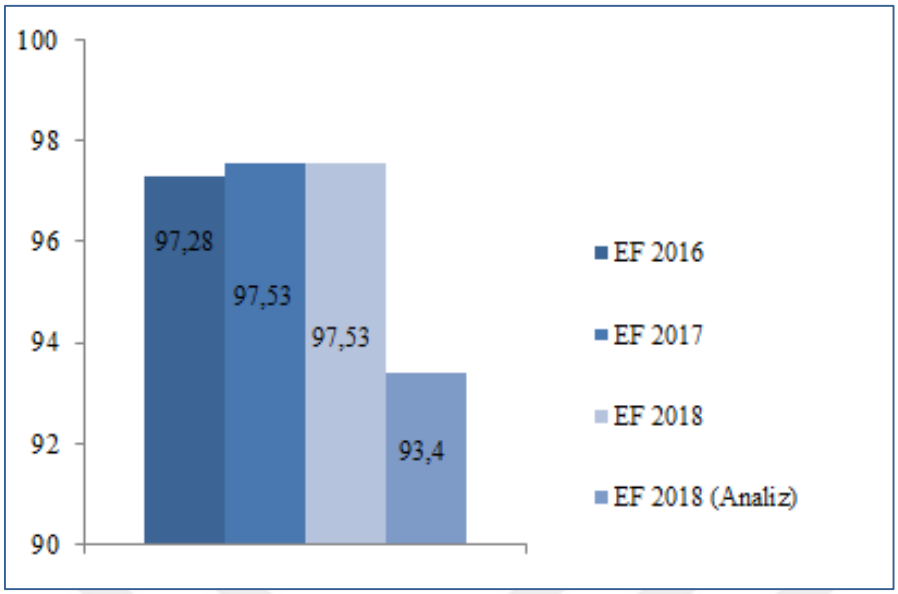
Çizelge 7.3, Şekil 7.4 ve Şekil 7.5 petrokok kaynak akışı için 2016, 2017 ve 2018 yılları için NKD ve EF değerlerini göstermektedir. Petrokok kaynak akışına ait NKD 2018 yılı analiz sonucu 2016, 2017 ve 2018 yılları sabit değerlere göre artış göstermiştir. 2016-2018 yılları karşılaştırmasında %7,6 artış, 2017-2018 yılları karşılaştırmasında %4,38 artış olmuştur. EF için 2018 yılı analiz sonucu 2016, 2017 ve 2018 yılları sabit değerlere göre azalış göstermiştir. 2016-2018 yılları için %3,99 azalış, 2017-2018 yılları için %4,23 azalış göstermiştir. 2017 ve 2018 yılı envanter değerlerinde değişiklik olmadığı için 2018 yılı analiz sonucu ve 2018 yılı envanter sonucu arasındaki değişimler 2017-2018 yılı karşılaştırmanın aynısıdır. Artış gösteren çarpanlar emisyonlarda artış yönünde, azalış gösteren çarpanlar emisyonlarda azalış yönünde etki yaparlar.

Çizelge 7.3. Tesis-2'de yıllara göre petrokok NKD ve EF değerleri

Yıl	2016	2017	2018	2018 (Analiz)
NKD TJ/Gg	31,86	32,84	32,84	34,28
EF tCO_2/TJ	97,28	97,53	97,53	93,40



Şekil 7.4. Tesis-2'de yıllara göre petrokok NKD değerleri



Şekil 7.5. Tesis-2'de yıllara göre petrokok EF değerleri

Eğer analiz yöntemi uygulanmadan 2018 yılı içinde 2018 yılı ulusal envanterinde bulunan petrokok yakıtına ait EF 97,53 tCO_2/TJ ve NKD 32,84 Tj/Gg [40] değerleri kullanılmış olsaydı emisyon miktarının değişimi hesaplanmıştır. Üç yıl içinde ayrı ayrı yaklaşık ortalama 75 000 ton petrokok kullanan Tesis-2, Eş. 3.1. yanmadan kaynaklı emisyon miktarları; analiz değerleri kullanılarak 240 388,50 tCO_2, envanter değerleri kullanılarak 240 216,39 tCO_2 hesaplanmıştır. Burada 172,11 tCO_2 fark görülmektedir. Eğer Tesis-2'de analiz yöntemi uygulanmamış olsaydı 72,11 tCO_2 daha az emisyon değerine hesaplanacaktı. Burada EF değerinde ki artış, NKD değerindeki azalışı tolere ettiği için emisyon farkı çok olmamıştır.

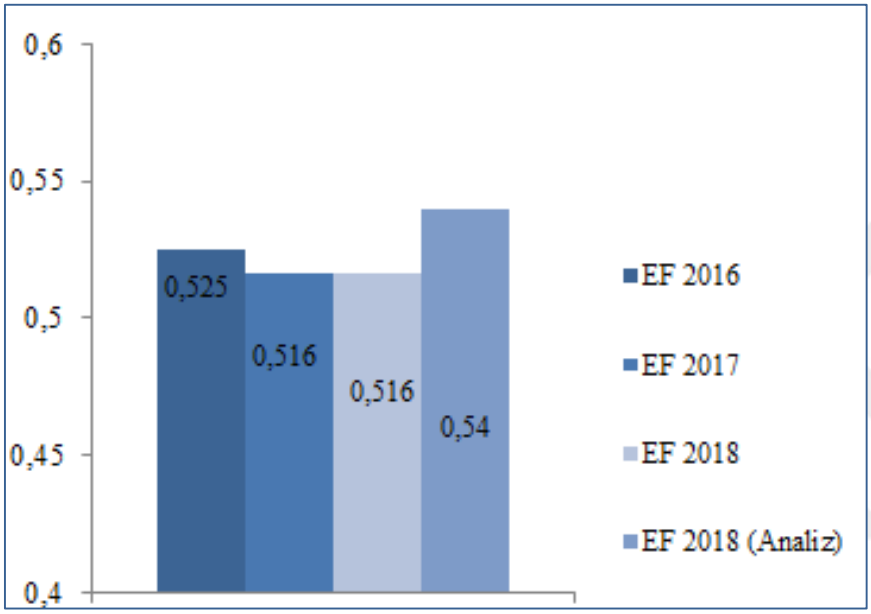
Tesis 2'de 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait klinker kaynak akışı için NKF ve EF değerleri Çizelge 7.4 ve Şekil 7.6 gösterilmektedir. Klinker kaynak akışına ait EF değeri 2018 yılı analiz sonucu 2016 ve 2017 yılları sabit değerlere göre artış göstermiştir. 2016-2018 yılları karşılaştırmasında %2,86 artış, 2017-2018 yılları karşılaştırmasında %4,65 artış göstermiştir. 2018 yılı envanter değeri ile 2018 analiz sonucu arasında %4,65 artış vardır. Artış gösteren EF çarpanı emisyonu artırıcı yönde etki yapmaktadır.

Eğer analiz yöntem uygulanmadan klinker kaynak akışı için 2018 yılı içinde envanter değeri kullanılsaydı üç yıl içinde ayrı ayrı yaklaşık ortalama 725 000 ton klinker üretimi yapan Tesis-2, Eş. 3.2 prosesten kaynaklı emisyon miktarları; analiz değerleri kullanılarak 391 500 tCO_2, envanter değerleri kullanılarak 374 100 tCO_2 şeklinde olacaktı. Burada 17

400 tCO_2 fark görülmektedir. Analiz yöntemi uygulanmamış olsaydı Tesis-1 için 17 400 tCO_2 daha az emisyon değeri hesaplanacaktı.

Çizelge 7.4. Tesis-2'de yıllara göre klinker EF değerleri

Yıl	2016	2017	2018	2018 (Analiz)
EF tCO_2/TJ	0,525	0,516	0,516	0,54



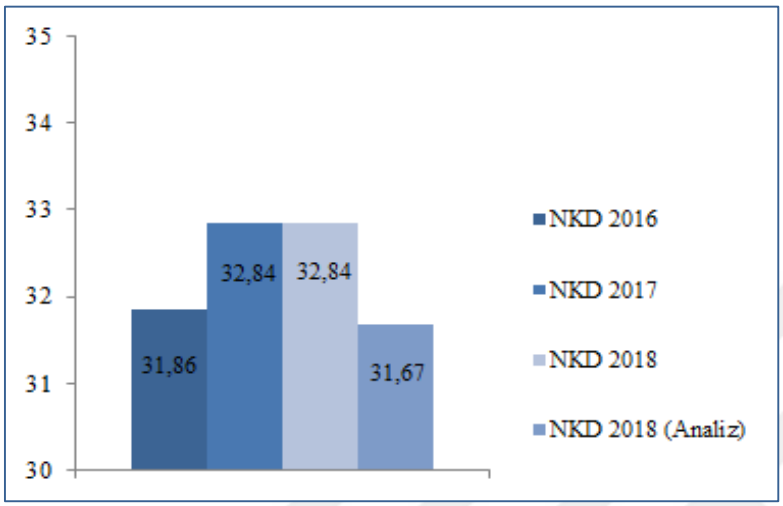
Şekil 7.6. Tesis-2'de yıllara göre klinker EF değerleri

Tesis-3

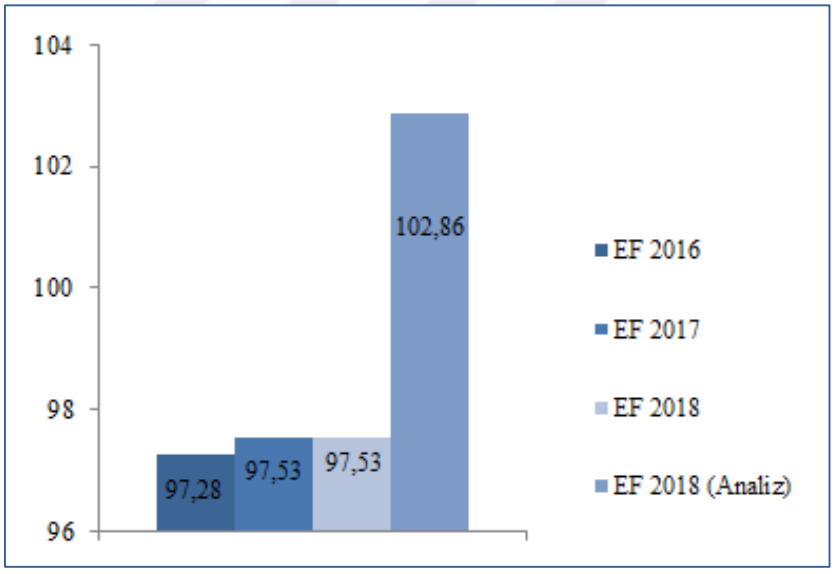
Klinker üretim miktarı her yıl 1 700 000 ton üzerinde olan Tesis-3'de 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında en fazla klinker üretimini 2018 yılında yapmıştır. Ez az klinker üretimini ise 2017 yılında yapmıştır. Bu üretim için yerli linyit, petrokok, ithal linyit, akaryakıt ve motorin yakıt olarak kullanılmıştır. Petrokok, ithal linyit ve klinker büyük kaynak akışlarıdır. Diğer kaynak akışları önemsizdir. Büyük kaynak akışı olan petrokok, ithal linyit ve klinker için 2018 yılından analiz yöntemi uygulandığı için bu üç kaynak akışının yıllara göre NKD, EF değerleri ve değişim oranları verilmiştir. Petrokok kaynak akışının 2016, 2017 ve 2018 yıllarına göre NKD ve EF değerleri, Çizelge 7.5, Şekil 7.7 ve Şekil 7.8'de verilmiştir.

Çizelge 7.5. Tesis-3'de yıllara göre petrokok NKD ve EF değerleri

Yıl	2016	2017	2018	2018 (Analiz)
NKD TJ/Gg	31,86	32,84	32,84	31,67
EF tCO_2/TJ	97,28	97,53	97,53	102,86



Şekil 7.7. Tesis-3'de yıllara göre petrokok NKD değerleri



Şekil 7.8. Tesis-3'de yıllara göre petrokok EF değerleri

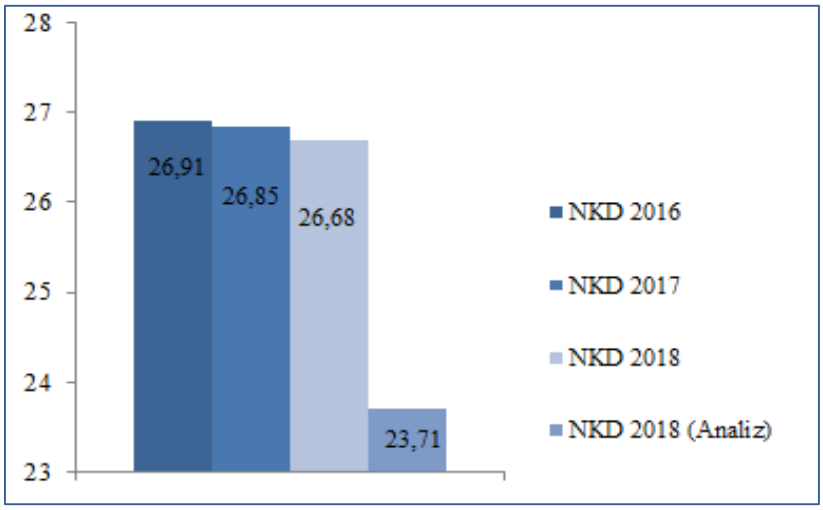
Petrokok kaynak akışına ait NKD 2018 yılı analiz sonucu 2016, 2017 ve 2018 yılları sabit değerlere göre azalış göstermiştir. 2016-2018 yılları karşılaştırmasında %0,60 azalış, 2017-2018 yılları karşılaştırmasında %3,56 azalış olmuştur. EF için 2018 yılı analiz sonucu 2016 ve 2017 yılları sabit değerlere göre artış göstermiştir. 2016-2018 yılları için

%5,74 artış, 2017-2018 yılları için %5,46 artış göstermiştir. 2017 ve 2018 yılları envanter değerlerinde değişiklik olmadığı için 2018 yılı analiz sonucu ve 2018 yılı envanter sonucu arasındaki değişimler 2017-2018 yılı karşılaştırmanın aynısıdır. Artış gösteren çarpanlar emisyonlarda artış yönünde, azalış gösteren çarpanlar emisyonlarda azalış yönünde etki yapmaktadırlar.

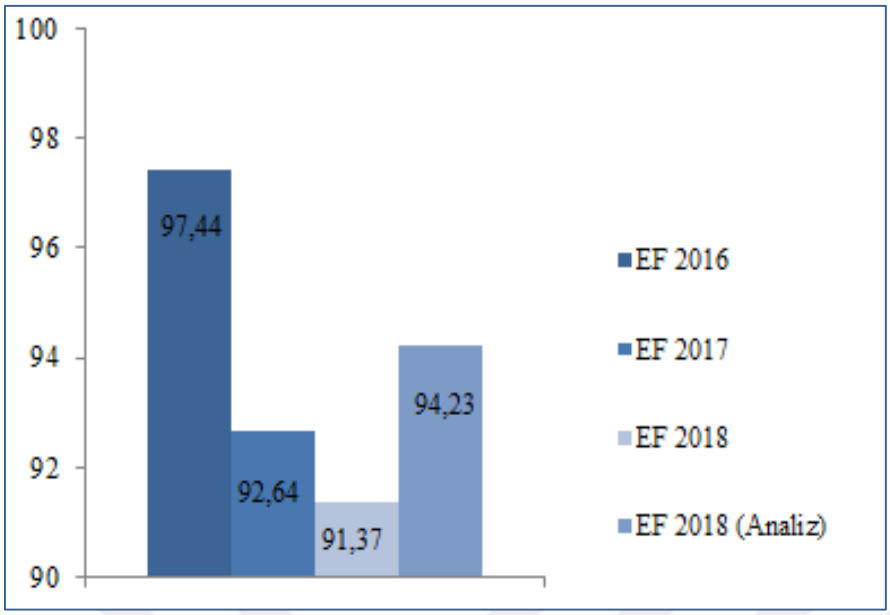
Eğer analiz yöntemi uygulanmadan 2018 yılı içinde 2018 yılı ulusal envanterinde bulunan petrokok yakıtına ait EF 97,53 tCO_2/TJ ve NKD 32,84 TJ/Gg [40] değerleri kullanılmış olsaydı emisyon miktarının değişimi hesaplanmıştır. Üç yıl içinde ayrı ayrı yaklaşık ortalama 140 000 ton petrokok kullanan Tesis-3, Eş. 3.1 yanmadan kaynaklı emisyon miktarları; analiz değerleri kullanılarak 456 060,67 tCO_2, envanter değerleri kullanılarak 448 403,93 tCO_2 hesaplanmıştır. Burada 7656,74 tCO_2 fark görülmektedir. Analiz yöntemi uygulanmamış olsaydı Tesis-3 7656,74 tCO_2 daha az emisyon değeri hesaplanacaktı. Çizelge 7.6, Şekil 7.9. ve Şekil 7.10. ithal linyit kaynak akışı için 2016, 2017 ve 2018 yılları için NKD ve EF değerlerini göstermektedir.

Çizelge 7.6. Tesis-3'de yıllara göre ithal linyit NKD ve EF değerleri

Yıl	2016	2017	2018	2018 (Analiz)
NKD TJ/Gg	26,91	26,85	26,68	23,71
EF tCO_2/TJ	97,44	92,64	91,37	94,23



Şekil 7.9. Tesis-3'de yıllara göre ithal linyit NKD değerleri



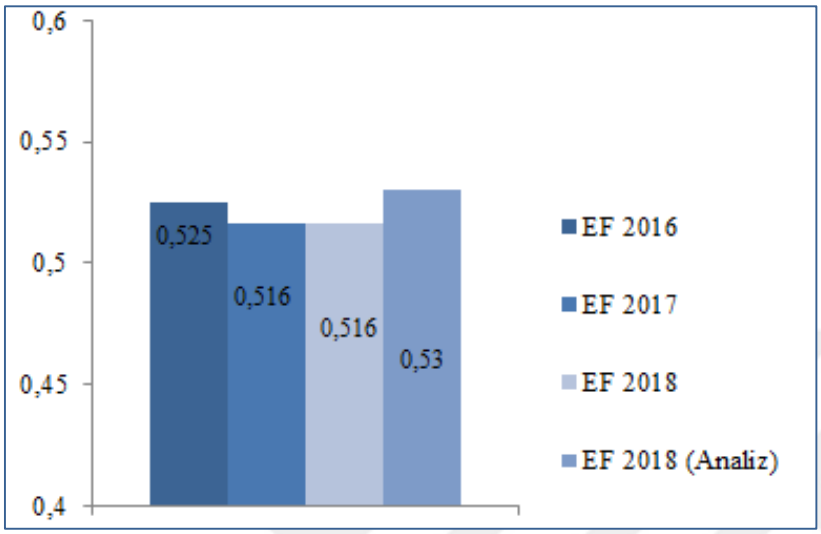
Şekil 7.10. Tesis-3'de yıllara göre ithal linyit EF değerleri

İthal linyit kaynak akışına ait NKD 2018 yılı analiz sonucu 2016, 2017 ve 2018 yılları sabit değerlere göre azalış göstermiştir. 2016-2018 yılları karşılaştırmasında %11,89 azalış, 2017-2018 yılları karşılaştırmasında %11,69 azalış olmuştur. 2018 envanter değeri ile 2018 yılı analiz sonucu karşılaştırmasında %11,13 azalış göstermiştir. EF için 2018 yılı analiz sonucu 2016 yılı sabit değerine göre azalış, 2017 ve 2018 yılları sabit değerlere göre artış göstermiştir. 2016-2018 yılları için %3,29 azalış, 2017-2018 yılları için %1,72, 2018 yılı envanter değeri ile 2018 analiz sonucu %3,13 artış göstermiştir. Artış gösteren çarpanlar emisyonlarda artış yönünde, azalış gösteren çarpanlar emisyonlarda azalış yönünde etki yaparlar.

Eğer analiz yöntemi uygulanmadan 2018 yılı içinde 2018 yılı ulusal envanterinde bulunan ithal linyit yakıtına ait EF 91,37 tCO_2/TJ ve NKD 26,68 TJ/Gg [40] değerleri kullanılmış olsaydı emisyon miktarının değişimi aşağıdaki şekilde olacaktı. Üç yıl içinde ayrı ayrı yaklaşık ortalama 60 000,00 ton ithal linyit kullanan Tesis-3, Eş. 3.1. yanmadan kaynaklı emisyon miktarları; analiz değerleri kullanılarak 134 051,60 tCO_2, envanter değerleri kullanılarak 146 265,10 tCO_2 hesaplanmıştır. Burada 12 213,50 tCO_2 fark görülmektedir. Analiz yöntemi uygulanmamış olsaydı Tesis-3 12 213,50 tCO_2 daha fazla emisyon değerine hesaplanacaktı. Çizelge 7.7. ve Şekil 7.11. klinker kaynak akışının EF değerlerini 2016, 2017 ve 2018 yıllarına göre göstermektedir.

Çizelge 7.7. Tesis-3'de yıllara göre klinker EF değerleri

Yıl	2016	2017	2018	2018 (Analiz)
EF tCO_2/TJ	0,525	0,516	0,516	0,53



Şekil 7.11. Tesis-3'de yıllara göre klinker EF değerleri

Klinker kaynak akışına ait EF değeri 2018 yılı analiz sonucu 2016 ve 2017 yılları sabit değerlere göre artış göstermiştir. 2016-2018 yılları karşılaştırmasında %0,95 artış, 2017-2018 yılları karşılaştırmasında %2,71 artış göstermiştir. Artış gösteren EF çarpanı emisyonu artırıcı yönde etki yapar.

Eğer analiz yöntem uygulanmadan klinker kaynak akışı için 2018 yılı içinde envanter değeri kullanılsaydı üç yıl içinde ayrı ayrı yaklaşık ortalama 1 800 000 ton klinker üretimi yapan Tesis-3, Eş. 3.2 prosesten kaynaklı emisyon miktarları; analiz değerleri kullanılarak 954 000 tCO_2, envanter değerleri kullanılarak 928 800 tCO_2 şeklinde olacaktı. Burada 25 200 tCO_2 fark görülmektedir. Analiz yöntemi uygulanmamış olsaydı Tesis-3 25 200 tCO_2 daha az emisyon değerine sahip olacaktı.

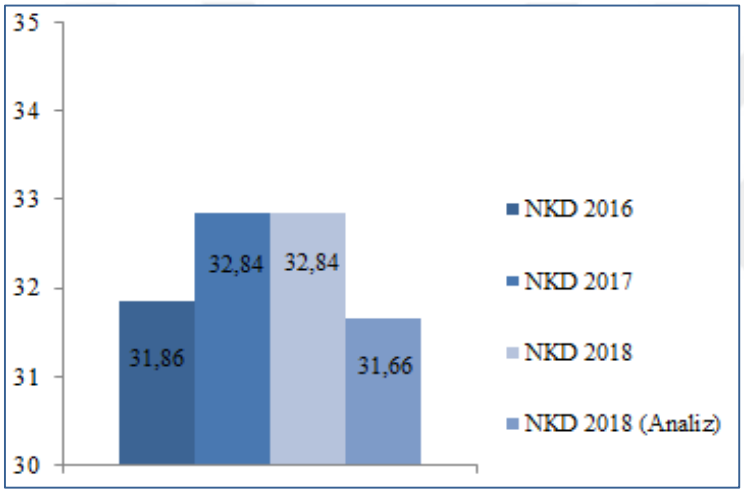
Tesis-4

Klinker üretim miktarı her yıl 1 200 000 ton üzerinde olan Tesis-4, 2016, 2017 ve 2018 yılları arasında en fazla klinker üretimini 2017 yılında yapmıştır. Ez az klinker üretimini ise 2016 yılında yapmıştır. Bu üretim için petrokok, ithal linyit, taş kömürü, akaryakıt ve motorin yakıt olarak kullanılmıştır. Petrokok ve klinker büyük, ithal linyit küçük, diğerleri

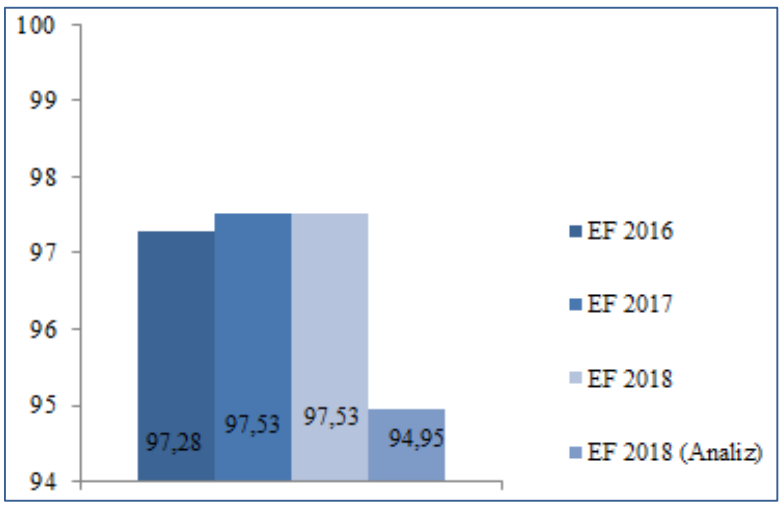
önemsiz kaynak akışıdır. Büyük kaynak akışı olan petrokok ve klinker için 2018 yılından analiz yöntemi uygulandığı için bu iki kaynak akışının yıllara göre NKD, EF değerleri ve değişim oranları verilmiştir. Petrokok kaynak akışının yıllara göre EF ve NKD değerleri Çizelge 7.8 ve Şekil 7.12. ve Şekil 7.13'de verilmiştir.

Çizelge 7.8. Tesis-4'de yıllara göre petrokok NKD ve EF değerleri

Yıl	2016	2017	2018	2018 (Analiz)
NKD TJ/Gg	31,86	32,84	32,84	31,66
EF tCO_2/TJ	97,28	97,53	97,53	94,95



Şekil 7.12. Tesis-4'de yıllara göre petrokok NKD değerleri



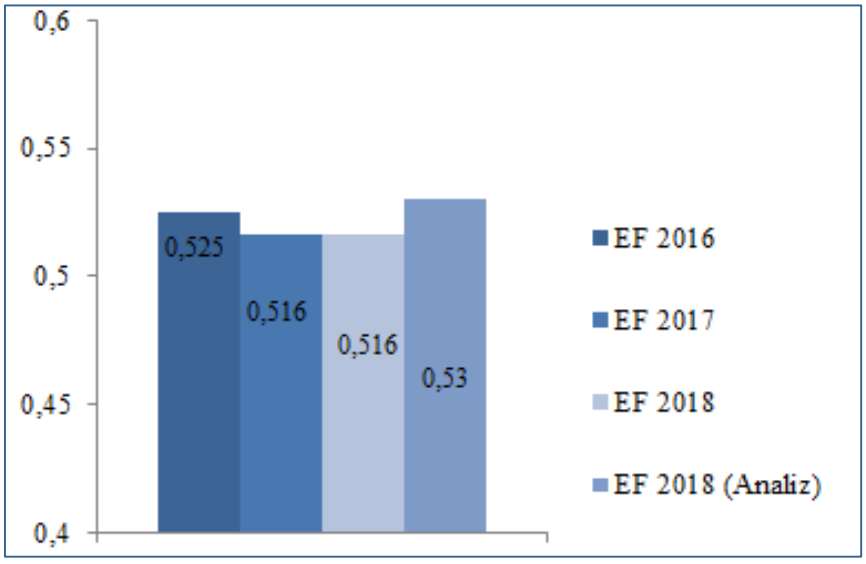
Şekil 7.13. Tesis-4'de yıllara göre petrokok EF değerleri

Petrokok kaynak akışına ait NKD değerleri 2016-2018 yılları karşılaştırmasında %0,63 azalış, 2017-2018 yılları karşılaştırmasında %3,59 azalış olmuştur. EF değerleri 2016-2018 yılları için %2,40 azalış, 2017-2018 yılları için %2,65 azalış göstermiştir. 2017 ve 2018 yılı envanter değerlerinde değişiklik olmadığı için 2018 yılı analiz sonucu ve 2018 yılı envanter sonucu arasındaki değişimler 2017-2018 yılı karşılaştırmanın aynısıdır.

Eğer analiz yöntemi uygulanmadan 2018 yılı içinde 2018 yılı ulusal envanterinde bulunan petrokok yakıtına ait EF 97,53 tCO_2/TJ ve NKD 32,84 TJ/Gg [40] değerleri kullanılmış olsaydı emisyon miktarının değişimi hesaplanmıştır. Üç yıl içinde ayrı ayrı yaklaşık ortalama 65 000,00 ton petrokok kullanan Tesis-4, Eş. 3.1 yanmadan kaynaklı emisyon miktarları; analiz değerleri kullanılarak 195 397,61 tCO_2, envanter değerleri kullanılarak 208 187,54 tCO_2 hesaplanmıştır. Burada 12 789,93 tCO_2 fark görülmektedir. Analiz yöntemi uygulanmamış olsaydı bu tesis 12 789,93 tCO_2 daha fazla emisyon değerine sahip olacaktı. Çizelge 7.9 ve Şekil 7.14. klinker kaynak akışı için 2016, 2017 ve 2018 yılları için EF değerlerini göstermektedir.

Çizelge 7.9. Tesis-4'de yıllara göre klinker EF değerleri

Yıl	2016	2017	2018	2018 (Analiz)
EF tCO_2/TJ	0,525	0,516	0,516	0,53



Şekil 7.14. Tesis-4'de yıllara göre klinker EF değerleri

Klinker kaynak akışına ait EF değeri 2018 yılı analiz sonucu 2016 ve 2017 yılları sabit değerlere göre artış göstermiştir. 2016-2018 yılları karşılaştırmasında %0,95 artış, 2017-2018 yılları karşılaştırmasında %2,71 artış göstermiştir. Artış gösteren EF çarpanı emisyonu artırıcı yönde etki yapar.

Eğer analiz yöntem uygulanmadan klinker kaynak akışı için 2018 yılı içinde envanter değeri kullanılsaydı üç yıl içinde ayrı ayrı yaklaşık ortalama 1 235 000 ton klinker üretimi yapan Tesis-4, Eş. 3.2. prosesten kaynaklı emisyon miktarları; analiz değerleri kullanılarak 662 500 tCO_2, envanter değerleri kullanılarak 645 000 tCO_2 şeklinde olacaktı. Burada 17 500 tCO_2 fark görülmektedir. Analiz yöntemi uygulanmamış olsaydı bu tesis 17 500 tCO_2 daha az emisyon değerine sahip olacaktı.

Envanter değerleri ve analiz sonuçları karşılaştırmasında çıkan farkların sebebi ulusal envanter raporlarında kaynaklar için verilen değerlerin ortalama değerler olması bu ortalama değerlerinde çimento fabrikasında kullanılan yakıt ve hammaddeleri tam olarak temsil etmemesidir. Arada matematiksel olarak çok fark olmadığını düşünsek bile günlük üretim kapasiteleri oldukça fazla olan çimento tesislerinde bir yıl boyunda kullanılan kömür ya da hammadde miktarları ile bu değerlerin çarpılması emisyonlar açısından büyük sonuçları ortaya koymaktadır. Sera gazı emisyonlarının takibi hakkındaki yönetmelik kapsamına giren tesislerin sayısı da göz önüne alındığı zaman bu emisyon farkları oldukça önem kazanmaktadır.

Yukarıda ki hesaplamalara göre bazı kaynak akışlarında daha fazla emisyon bazı kaynak akışlarında daha az emisyon değerleri hesaplanmıştır. Bu emisyon değerleri yüksek emisyona sahip çimento tesislerinde önemlilik seviyesinin altında kalmaktadır. Bu farklar doğrulama çalışmalarına engel teşkil etmese bile, günümüzde proje çalışmaları da devam eden karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemlerinin ülkemizde uygulamaya geçmesi durumunda 1 ton CO_2 bile oldukça önemli hal alacaktır. Bu nedenle iklim değişikliği ve sera gazı emisyonlarının azaltılması hakkında çalışmalar dikkatle takip edilerek ilerleyen yıllar için tesislerin senaryolar tasarlaması ve bu senaryoları hayata geçirmesi gerekmektedir.

Örnek seçilen tesislerin hepsi incelendiğinde analiz yöntemine geçilmesi klinker kaynak akışında emisyonu belirleyen emisyon faktöründe artırıcı etki yapmıştır. Analiz yöntemi

uygulanmasaydı tesis klinker üretim kapasitelerine bağlı olarak en az 17 400 tCO_2, en fazla 32 400 tCO_2 daha az emisyon değeri yansıtılmış olacaktı.

İthal linyit kullanan Tesis-1 ve Tesis-3'de analiz yönteminin uygulanması emisyonu belirleyen NKD ve EF değerlerinde azaltıcı etki yapmıştır. Analiz yöntemi uygulanmasaydı tesisler 5 175,43 tCO_2 ve 12 213,50 tCO_2 daha fazla emisyon değeri hesaplamış olacaklardı.

Petrokok kaynak akışı kullanan Tesis-2 ve Tesis-3'de analiz yöntemi uygulanmasaydı 172,11 tCO_2 ve 7 656,74 tCO_2 daha az emisyon değeri hesaplanacaktı. Petrokok kullanan Tesis-4'de ise analiz yöntemi uygulanmasaydı 12 789,93 tCO_2 daha fazla emisyon hesaplanacaktı.

8. SONUÇ VE ÖNERİLER

İklim değişikliği, gün geçtikçe önem kazanan ve sonuçlarının sebep olacağı negatif etkilerde düşünüldüğü zaman, vakit kaybetmeden önlem alınması gereken küresel sorunların başında gelir. İklim değişikliği ile direkt bağlantılı olan CO_2 emisyonu ülkemizde her geçen yıl artmaktadır. Ülkemizde CO_2 eşdeğer olarak 2014 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre %125 artış göstermiştir [41].

1990 yılında kişi başı CO_2 eşdeğer emisyonu 3,77 ton/kişi, 2014 yılında 6,08 ton/kişi, 2017 yılında CO_2 eşdeğer emisyonu yaklaşık olarak 6,5 ton/kişi'dir [28]. Çimento üretiminden kaynaklanan karbondioksit emisyonları, insan faaliyetlerinden kaynaklanan toplam emisyonların %5-7'sini oluşturmaktadır [11]. Ülkemizde de çimento üretim miktarları gün geçtikçe artmaktadır. Çimento üretim talebinin fazla olmasından kaynaklanan sektör emisyonlarının azaltılması için alternatif yöntemlere ve çalışmalara önem verilmelidir. Ülkemizde güncel verilere göre 2017 yılı klinker üretimi 70 813 kt, çimento üretimi 80 552 kt bunlardan kaynaklı CO_2 emisyonu ise 37 272 kt'dur [28].

2016 yılı ile 2017 yılı karşılaştırmasında klinker üretiminde %4,36 artış, çimento üretiminde %6,83 artış görülmektedir. Klinker ve çimento üretim miktarlarındaki artıştan dolayı 2016 yılından 2017 yılına göre CO_2 emisyonu %4,36 artış göstermiştir.

Ülkemizin çimento üretim prosesinde kullanılan döner fırın teknolojileri açısından Avrupa ülkeleriyle hemen hemen aynı seviyede olmasının en önemli sebebi Heidelberg, Vicat, Cimpor, Cementir Holding gibi büyük şirketlerin ülkemizdeki çimento tesislerinin bir kısmı ile ortak olmasıdır. Bunların yanında ülkemiz alternatif yakıt ve ham madde kullanımı, elektrik enerjisi tüketimi, atık ısıdan enerji üretimi gibi teknolojiler açısından Avrupa ülkelerinin gerisinde kalmaktadır [26]. Genellikle çimento tesislerinde yakıt olarak petrokok, ithal ya da yerli linyit birincil yakıt olarak değerlendirilmekte ve yaygın olarak kullanılmaktadır.

Ülkemizdeki CO_2 emisyonunu azaltılması için:

- Enerji maliyetlerini düşürmek amacıyla atık ve benzeri yakıtların daha yaygın şekilde kullanılması için yeni teknolojiler geliştirilmesi,

- Alternatif yakıt kullanımında özellikle emisyon değeri sıfır olan biyokütleden kaynaklanan atıkların tercih edilmesi,
- Alternatif hammadde kullanımında karbon ve su ayak izi az olan hammaddelerin kullanılması,
- Yardımcı yakıt olarak; atık lastik, tekstil, plastik, ahşap, kâğıt, karton, atık yağ ve arıtma çamurunun prosese uygun şartlarda kullanılmasının yaygınlaştırılması,
- Çimento maliyetinin azaltılması,
- Doğada yok olması uzun zaman alan atıkların değerlendirilmesi ve bu tip atıkların ekonomiye kazandırılması,
- Atık depolama alanlarının azalması ve çevre kirliliğinin önlenmesi,
- Doğal ham madde kaynaklarından tasarruf sağlanması gibi önlemlerin alınması birçok olumlu sonucu beraberinde getirecektir [22].

Çimento üretiminden kaynaklanan emisyonlarının artışı göz önüne alındığı zaman çimento tesislerinin sera gazı emisyonları bakımından değerlendirmesine ihtiyaç vardır. İklim değişikliği küresel bir konu olmasına rağmen, ülkemizde sera gazı emisyonlarının takibi hakkındaki çalışmaların temeli 2012 yılında yayınlanan yönetmelik ile atılmıştır. Bu yönetmelik tekrar düzenlenmiş ve 2014 yılında tekrar yayınlanmıştır. Yönetmelikle birlikte sera gazı emisyonlarını takip etmekle yükümlü tesisler ilk defa 2015 yılı emisyonlarını raporlamışlar, bunu takiben 2016, 2017 ve 2018 yılı emisyonlarını raporlamışlardır ve 2019 yılı emisyonlarını Ocak ayından beri takip etmektedirler.

Tarihlerden de görüldüğü üzere sera gazı emisyonlarının takibi hakkında ki çalışmaların henüz ülkemizde çok yeni olmasına rağmen 2018 yılında daha doğru sonuçlara ulaşabilmek adına analiz yöntemine geçilmesi ve ilgili kuruluşlar tarafından yoğun şekilde yapılan bilgilendirme toplantıları ülkemizin konuya hassasiyet gösterdiğinin bir kanıtıdır.

Sera gazı emisyonlarının takibi, izlenmesi, raporlanması ve doğrulanması mevzuatları ile paralel olarak ülkemiz, iklim değişikliği ile mücadele hedeflerini tutturmak için, diğer seçeneklerin yanı sıra, karbon fiyatlandırması gibi piyasa temelli mekanizmaları da değerlendirmektedir [42]. İklim değişikliğine uyum çalışmalarında karbon vergisi ve emisyon ticaret sistemleri ile ilgili proje çalışmaları devam etmektedir. Bu proje çalışmalarında, sera gazı emisyonlarında veya enerji yükümlülüklerinde mutlak azalma, faaliyetlerin enerji verimliliği veya karbon yoğunluğunun iyileştirilmesi, yenilenebilir

enerji veya enerji verimliliği piyasalarının canlandırılması, enerji güvenliğinin artırılması, teknoloji ve bilgi birikiminin aktarımı amaç edinilmiştir [43].

Paris konferansı öncesinde ulusal katkı beyanının sunulması ile ülkemizde gerekli değerlendirmeler devam etmektedir ve ilerleyen yıllarda farklı sera gazı emisyonlarını azaltma mekanizmalarının uygulanacağı belirtilmektedir.

Çalışmada, Sera Gazı Emisyonlarının Takibi Hakkındaki yönetmelik kapsamında yüksek miktarda emisyona sahip çimento tesislerinden dört tane örnek olarak seçilen fabrikanın büyük kaynak akışlarının 2016, 2017 ve 2018 yıllarına ait emisyonları incelenmiştir. Ülkemizde sanayi tesisleri için sera gazı emisyonlarının hesaplanması hakkındaki çalışmaların yeni yürürlüğe girmesi ve sürece uyumun kolayca sağlanabilmesi adına, mevzuat geçici maddesi gereği 2016-2017 yıllarında kaynak akışları için ulusal ya da uluslararası dokümanlardan sabit değerler alınmıştır. Ancak 2018 yılında gerçek emisyon değerlerine ulaşmak amacıyla emisyona sebep olan kaynak akışları için analiz yaptırma zorunluluğu getirilmiştir. Bu şekilde zorunluluğun getirilmesi, gerçek emisyon değerlerine ulaşmak için ülkemiz adına önemli bir adımdır.

Mevzuatlar çerçevesinde analizlerin yapılacağı laboratuvarlarla ilgili belli şartlar rehber ile açıklanmıştır. Analiz sonuçlarını etkileyen en önemli parametre olan laboratuvarlar şartları, rehberde atıf yapılan “TS EN ISO/IEC 17025, 2017 Deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının yeterliliği standardı” ya da “kalite yönetim sistemi standardı”nın uygulanıp uygulanmadığı durumlarına bağlanmıştır. Bu iki standart şartları karşılaştırıldığı zaman TS EN ISO/IEC 17025, 2017 standardının direkt olarak laboratuvar ve analizlere bağlı olduğu ve maddelerin uygulanmasının daha zor olduğu görülmektedir. Sera gazı doğrulama çalışmaların yeni ve maliyetli olmasından dolayı sera gazı emisyon hesaplamasını yapan tesislerde analiz yöntemlerinin uygulama geçişinin kolay olması adına analiz yönteminde kullanılan laboratuvarlarda da hafifletilmiş şartlar aranmıştır. İlerleyen sera gazı doğrulama dönemlerinde rehberdeki laboratuvarlarla ilgili kalite yönetim sistemi standardını uygulamanın kaldırılacağı ve laboratuvarların denetimlerinin ve teknolojilerinin daha etkin olması için mevzuatlarda yeni düzenlemelerin yapılacağı öngörülmektedir.

Analiz ve sabit değerlerle belirlenen emisyonların karşılaştırmasında analiz sonuçları kullanılan ham madde ve yakıtın içeriğini sabit değerlere göre daha çok temsil ettiği için daha doğru emisyon verileri hesaplanmaktadır. İlerleyen dönemlerde ülkemizde de uygulanması muhtemel olan hali hazırda bazı ülkelerde uygulanmaya başlayan emisyon ticaret sistemi veya karbon vergisi sistemleri ile 1 ton CO_2 bile oldukça önemli olacaktır.

Dünyada üretilen enerjinin önemli bir oranı çimento sektöründe tüketildiği için çimento sektöründe önümüzdeki yıllardaki gelişmeler; az enerji kullanımı, düşük maliyet ve en önemlisi de alıcı ortama düşük gaz salınımı yönünde olacaktır [31]. Ülkemizde her alanda sürdürülebilirliği sağlamamız için enerji adına kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların kullanımını minimumda tutmak enerji tasarrufu yapmak ve yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesi oldukça önemlidir. Üretim sektörlerinin her bir dalını küresel iklim değişiminin etkileri göz önünde bulundurarak planlamamız gerekmektedir.

KAYNAKLAR

1. İnternet: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2019). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, 1992. URL: https://iklim.csb.gov.tr/birlesmis-milletler-iklim-degisikligi-cerceve-sozlesmesi-i-4362, Son Erişim Tarihi: 26.06.2019.

2. Yapraklı, S. ve Bayramoğlu, T. (2017). Türkiye'de enerji kullanımı ve iklim değişikliği: 1990-2030 dönemine ilişkin tanımsal bir uygulama. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi,* 19(2), 430-453.

3. Durmuş A. (2017) İklim değişikliği ve 21. yüzyıl kalkınma perspektifi. *Anahtar*. 29(341), 4-9.

4. İnternet: Türkiye Cumhuriyeti Çevre ve Orman Bakanlığı (1998). Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi Protokolü. URL: https://webdosya.csb.gov.tr/db/iklim/editordosya/kyoto_protokol.pdf, Son Erişim Tarihi: 10.06.2019.

5. İnternet: Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı (1998). Kyoto Protokolü. URL: http://www.mfa.gov.tr /kyoto-protokolu.tr.mfa, Son Erişim Tarihi: 23.06.2019.

6. Kıvılcım, İ. (2013). 2020'ye Doğru kyoto-tipi iklim değişikliği müzakereleri, Avrupa Birliği'nin yeterliliği ve Türkiye'nin konumu. *İktisadi Kalkınma Vakfı*, 268, 36-38.

7. İnternet: Türkiye Cumhuriyeti Dışişleri Bakanlığı (2019). Paris Antlaşması, 2015. URL: http://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa, Son Erişim Tarihi:10.06.2019.

8. TÜSİAD. (2016). *Ekonomi politikaları perspektifinden iklim değişikliğiyle mücadele*. İstanbul: TÜSİAD, 42-44.

9. Öztürk, E. (2016). *Çimento sektöründe alternatif hammadde ve alternatif yakıt kullanımının çevresel yararlarının değerlendirilmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 10-11, 60-61.

10. Ali, M.B., Saidur, R. and Hossain, M.S. (2011). A review on emission analysis in cement ındustries. *Renewable and Sustainable Energy Rewiews*, 15(5), 2252-2261.

11. Fry, M. (2013). Cement, carbondioxide, and the necessity narrative: A case study of mexico. *Geoforum,* 49, 127-138.

12. Carrano-Gallardo, C., Tejeda-Ochoa, A., Perez-Ordonez, O.I., Ledezma-Sillas, J.E., Lardizabal-Gutierrez, D., Prieto-Gomez, C., Valenzuela-Grado, J.A., Robles Hernandez, F.C. and Herrera-Ramirez, J.M. (2018). In the CO_2 emission remediation by means of alternative geopolymers as substitutes for cements. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 6, 4878-4884.

13. Ahiduzzaman, M., Iyer, A., Kumar, A., Pier, D. and Talaei, A. (2019). Assesment of long- term energy efficiency improvement and greenhouse gas emissions mitigation options for the cement industry. *Energy*, 170, 1051-1066.

14. Mikulcic, H., Vujanoviz, M. and Duic, N. (2013). Reducting the CO_2 emissions in Croation cement industry. *Applied Energy*, 101, 41-48.

15. Scrivner, K., John, V. and Gartner, E. (2018). Eco-efficent cements: Potential economically viable solutions for a low-CO_2 cement-based materials industry. *Cement and Concrete Researc,* 114, 2-26.

16. Jordal, K., Voldsund, M., Storset, S., Fleiger, K., Ruppert, J., Spörl, R., Hornberger, M. and Cinti, G. (2017). CEMCAP-making CO_2 capture retrofittable to cement plants. *Energy Procedia,* 114, 6175-6180.

17. Rende, K. (2013). *Türkiye çimento sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları*. Yüksek Lisans Tezi, Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli, 140-143.

18. Orhan, A. E. (2018). *Çimento üretiminden kaynaklanan sera gazı emisyonlarının hesaplanması.* Yüksek Lisans Tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 129-130.

19. Scheider, M., Romer, M., Tschudin, M. and Bolio, H. (2011). Sustainable cement production-present and future. *Cement and Concrete Research,* 41, 642-650.

20. Tuğaç, Ç. (2019). *Türkiye'de iklim değişikliği için eko-kompakt kentler* (1. Baskı). Ankara: Ankara Üniversitesi Ernst Reuter İskân ve Şehircilik Uygulama ve Araştırma Merkezi Yayınları.

21. European Environmental Agency (EEA). (2017). Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016, European Environmental Agency Report, *Danimarka*, 105-121.

22. Aruntaş, Y. (2017). Türk çimento sektöründe alternatif yakıt kullanımı. *Cementürk,* 4(53), 66-70.

23. Erdoğan, T.Y. (2013). Betonu oluşturan malzemeler çimentolar. *Hazır Beton Dergisi*, 20(119), 80-81.

24. Kuleli, Ö. (2009). *Çimento mühendisliği el kitabı* (Birinci Baskı). Ankara: TÇMB/AR-GE, 1-5, 11-3.

25. Aydın, G. ve İpek, S. (2009). Türk Çimento Sektörünün Gelişimi ve Sektöre Yönelik Özelleştirme Uygulamaları. *Çimento İşveren, 2*3(3), 4-16.

26. Doğu Akdeniz Kalkınma Ajansı. (2015). *TR63 bölge planı*. Ankara: Arkadaş Basım, 51-55.

27. İnternet: Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (2019). URL: https://www.tcma.org.tr/tr/uye_fabrikalar, Son Erişim Tarihi 14.04.2019.

28. Turkish Statistical Institute. (2019). Turkish greenhouse gas ınventory 1990-2017. TUIK Report, *Ankara*, 173-175.

29. Biçer, A. ve Yalçın, H. (2007). *İnorganik kimyasal teknoloji* (Birinci Baskı). Ankara: İLKE Yayınevi, 365-393.

30. Gürü, M. ve Yalçın, H. (2006). *Malzeme bilgisi* (Üçüncü Baskı). Türkiye: PALME Yayıncılık, 371-424.

31. Yıldız, N. (2015). Klinker üretimi. *Madencilik Türkiye,* 6(48), 89-92.

32. Bilgin, Ö. ve Koç E. (2013). Çimento üretim teknolojisinde kullanılan ana ekipmanlar. *Maden Tetkik ve Arama Bilimsel Yer Altı Kaynakları Dergisi,* 146(4), 31-40.

33. Kapkaç, F. (2017). Çimento çeşitleri, özellikleri, hammadde ve üretim aşamaları. *MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni,* 11(16), 223-232.

34. İnternet: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2016). Entegre Çevre İznine Tabi Çimento Üretim Tesislerinin Uyum Durumları ve Gerekliliklerinin Belirlenmesi Projesi, *Çimento Sanayi İçin Mevcut En İyi Teknikler Ulusal Kılavuzu*. URL: https://webdosya.csb.gov.tr/db/ippc/icerikler/ulusal-met-kilavuzu-20180425132410.pdf, Son Erişim Tarihi: 25.07.2019.

35. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2014). Sera Gazı Emisyonlarını İzlenmesi ve Raporlanması Hakkında Tebliğ, *Resmi Gazete*, Tarih: 22.07.2014, Sayı: 29068

36. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2018) *Analize Dayalı Kademe Uygulamalarına İlişkin Rehber,* Rehber-3-S1.1. URL: http://www.enofis.com.tr/mevzuat/faydali/REHBER3S1.pdf, Son Erişim Tarihi: 27.07.2019.

37. World Business Council for Sustainable Development (2011). Cement Sustainability Initiative, CO_2 and Energy Accounting and Reporting Standard for Cement Industry, The Cement CO_2 and Energy Protocol. *Cement Sustainability Initiative*, Version 3.0. (Çimento CO_2 ve Enerji Protokolü).

38. Turkish Statistical Institute. (2016). Turkish greenhouse gas ınventory 1990-2014. TUIK Report, *Ankara*, 44, 59, 142.

39. Turkish Statistical Institute. (2017). Turkish greenhouse gas ınventory 1990-2015. TUIK Report, *Ankara*, 54, 71, 171.

40. Turkish Statistical Institute (2018). Turkish greenhouse gas ınventory 1990-2016. TUIK Report, *Ankara*, 54, 71, 160.

41. Türkiye İstatistik Kurumu. (2014) Sera gazı emisyon envanteri. Haber Bülteni, Sayı: 21582, Ankara. URL: http://tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=399&tb_id=1, Son Erişim Tarihi: 26.07.2019.

42. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2016). *Türkiye'de sera gazı emisyon ticaret sistemi kurulmasına yönelik yol haritası, ecofys proje no: CLINL16087*. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

43. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2017). *Türkiye'de piyasa temelli emisyon azaltım politika seçeneklerinin değerlendirilmesi nihai raporu, ED61984,* No:2. Ankara: T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

ÖZGEÇMİŞ



Kişisel Bilgiler

Soyadı, adı : TÜRKEL, Ceren

Uyruğu : T.C.

Doğum tarihi ve yeri : 01.02.1992, Ankara

Medeni hali : Evli

Telefon : 0 (312) 335 37 50

e-mail : csarimehmetoglu@gmail.com

Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet Tarihi
Yüksek lisans	Gazi Üniversitesi / Çevre Bilimleri	Devam ediyor
Lisans	Gazi Üniversitesi / Kimya Mühendisliği	2014
Lise	Ömer Seyfettin Lisesi	2006

İş Deneyimi

Yıl	Yer	Görev
2015- Halen	CPC Belgelendirme Muayene Den. Hizm. Ltd. Şti.	Doğrulama Müdürü

Yabancı Dil

İngilizce

Yayınlar

Türkel, C. ve Yıldırım, F. (2019) *Sürdürülebilir bir yaşam doğrultusunda Türkiye'deki çimento fabrikalarının izlenmesi ve değerlendirilmesi*. 1. Uluslararası Sürdürülebilir Yaşam Kongresi, Ankara, 61.

Hobiler

Kitap Okuma, Yürüyüş.



GAZİ GELECEKTİR…