

Mustafa Kara*

Esin Günay**

Yasemin Tabak***

Şenol Yıldız****

*Dr., Uzman Araştırmacı

**Dr., Başuzman Araştırmacı

***Araştırmacı

TÜBİTAK Marmara Araştırma
Merkezi, Malzeme Enstitüsü

****Proje Etüt Müdürü,
İSTAÇ, İstanbul Çevre
Koruma ve Atık Maddeleri
Değerlendirme Sanayi ve
Ticaret A.Ş.

İstanbul'un Çöpleri Çimento Fırınlarında Ek Yakıtla Dönüşüyor

Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne imza attığı şu günlerde emisyon sorunu ve alternatif yakıt kullanımı daha da önem kazandı. Alternatif yakıtların çimento fırınlarında ek yakıt olarak kullanılmasıyla hem fosil yakıtların daha az tüketilmesi hem de CO₂ emisyonunun azaltılması hedefleniyor.



RDF'nin çimento fırınına
beslenmesi

Yaşamın doğal ve kaçınılmaz sonucu olan atıklar ve bu atıkların yönetimi, toplumların yıllardır gözden uzak olsun anlayışıyla idare ettikleri işlerin başında gelmiş; insanlar uzunca bir süre, yaptıklarıyla doğal dengeyi bozabileceklerini düşünememişler. Nüfus artışı, teknolojik gelişme, endüstrileşme, kentleşme, hızla artan ve farklılaşan tüketim ile ortaya çıkan katı atıklar, çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileriyle günümüzün önemli çevre sorunlarından biri haline gel-

di. Hızla artan dünya nüfusuna paralel olarak artan çöp miktarı büyük problemler oluşturmaya başladı. İnsanların oluşturduğu bu katı atık problemini doğanın geri dönüşüm sistemi içerisinde çözmek mümkün değil. Bu atıkların tekrar milli servete katılması noktasında yürütülecek çalışmalar geleceğe yapılan kalıcı bir yatırım olacaktır. Türkiye'de bir kişi bir ayda yaklaşık 45 kg çöp oluşturuyor. Bu rakam AB ülkelerinde 25 kg'ye kadar düşüyor; üstelik bu 25 kg atığın yaklaşık yarısı geri dönüşümlü olarak tekrar tekrar kullanılıyor. Artan çöp yığınlarının yerleşim alanlarına kadar ulaşması, yığınlardan yayılan pis kokunun ve hastalıkların üzerine bir de ekonomik kayıp eklenince önlem almak kaçınılmaz hale geliyor. İstanbul'da günlük toplanan 14.000 ton çöpün depolama alanlarına yönlendirilmesi ve bertaraf edilmesi çok ciddi bir maliyet oluşturuyor. Çöpü geri dönüştürebildiğimiz ölçüde ekonomiye olan katkı da büyük ölçekte artacaktır. 2023 yılında İstanbul'un çöplerinin büyük kısmının enerji ve gübre haline getirilmesi, depolama alanlarına gönderilen miktarın büyük ölçüde azaltılması ve çöp konusunda İstanbul'a ekonomik fayda sağlanması hedefleniyor.

Türkiye'nin Kyoto Protokolü'ne imza attığı şu günlerde emisyon sorunu ve alternatif yakıt kullanımı daha da önem kazandı. Kyoto Protokolü,

gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını 2008-2012 yılları arasında, 1990 yılına göre % 5,2 oranında düşürmelerini hedefliyor. Kyoto Protokolü'nün temel amacı, atmosferdeki sera gazı yoğunluğunun, iklimi tehdit etmeyecek seviyelerde dengede kalmasını sağlamaktır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli, 2007 Raporu'nda 1990 ile 2100 yılları arasında dünya sıcaklığının 1,4 ile 5,8 °C arasında artacağı yönünde tahminler yapılmıştır. Kyoto Protokolü'nün başarıyla uygulanabilmesi durumunda, bu dönemde dünya sıcaklık artışının 0,02 ile 0,28 °C arasında kalacağı tahmin ediliyor. Kyoto Protokolü'ne göre gelişmiş ülkeler, 2008 ile 2012 yılları arasında sera gazı emisyonlarını 1990 yılına göre % 5,2 düşürmek için demir-çelik, çimento, kâğıt, enerji santralleri gibi belirli endüstri kuruluşlarına sınırlamalar koymuştur. Bu sınırlamalar, Avrupa Birliği ülkelerinde uygulanmaya başlanmış olup, sera gazı emisyonları yüksek olan ülkelerde de devreye alınmaya çalışılıyor.

Alternatif yakıtların çimento fırınlarında ek yakıt olarak kullanılması durumunda hem fosil yakıtların daha az tüketilmesi hem de CO₂ emisyonunun azaltılması hedefleniyor. Bu hedef doğrultusunda "Geri Dönüşümlü Plastik Atıkların Granül Ürüne Dönüştürülmesi ve Geri Dönüştürülemeyen Diğer Atıkların Çimento Fabrikalarında Ek Yakıt Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması" konulu TÜBİTAK destekli proje kapsamında çöpten ek yakıt elde edilmesi ve bunun çimento fırınlarında kullanımı araştırılmıştır.

Bu projede İstanbul Büyükşehir Belediyesi'ne bağlı Belediye İktisadi Teşebbüsü olan İSTAÇ A.Ş.'nin toplamış olduğu atıkların ayrılarak plastiklerin temizleme, kırma, öğütme, eritme aşamalarından sonra granül haline getirilmesi, geri dönüştürülemeyen (mevcut sistemde depolama alanlarına gönderilen atıklar) diğer atıklardan RDF malzeme üretilmesi ve bu malzemenin çimento fırınlarında alternatif veya ek yakıt (fosil yakıtlar yerine) olarak kullanılması sürecinin geliştirilmesi hedeflenmiştir.



Pilot ölçekte çimento fırını

Bu çalışma ile çevre dostu bir yöntemle atık plastiklerin düzenli olarak toplanması ve bunların granül ürüne dönüştürülerek geri dönüşümü sağlanmış, diğer atık plastiklerin sosyal amaca yönelik olarak çimento fırınlarında alternatif yakıt olarak kullanılması gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın başarılı bir şekilde tamamlanması ile belediyeler ve çimento sektörü için iyi bir model oluşturulmuş ve ekonomiye katma değer sağlanmıştır.

Evsel Katı Atık

İstanbul'da bir günde ortalama 14.000 ton evsel katı atık üretilir. Bir yılda üretilen 5.000.000 ton evsel katı atığın % 12-15'ini geri kazanılabilir atıklar oluşturur. Geri kazanılabilir atıkların büyük bir çoğunluğunu oluşturan ambalaj atıkları, katı atık miktarını sürekli artırırken



Üretilen RDF

bu maddelerin bertarafının maliyeti giderek yükselmektedir. Bu tür atıkların depo alanlarına gömülmesi durumunda yeraltı ve yerüstü suları, toprak ve hava için önemli olumsuz etkiler ortaya çıkar.

RDF

Atıktan türetilen yakıt (*refuse derived fuel* - RDF) evsel ya da endüstriyel katı atıklardan geri kazanılabilen malzemelerin (plastik, cam, metal, kâğıt vs.) ayrıştırılmasından sonra geriye kalan yanabilir geri dönüşümsüz malzemenin elde edilen alternatif bir tür katı yakıttır. Nihai olarak elde edilen parçalanmış atıklardan oluşan ve kalorifik (ısı) değeri yaklaşık 3500 kcal/kg olan atıklar, çimento fabrikalarında kullanılacak fiziksel büyüklüğü indirilmek üzere son parçalayıcıda kırılarak kullanıma hazır hale getirilir.

Çimento endüstrisi yoğun enerji tüketen bir sektördür. Genel olarak 1 kg kliniker (yani çimento yapımında fırından ezilmeden çıkan pişirme ürünü) üretmek için 840 kcal'e ihtiyaç vardır. Bir başka deyişle çimento endüstrisinde üretim maliyetlerinin % 30-40'ını enerji tüketimi oluşturur. İhtiyaç duyulan birincil enerji kaynağı petrokok veya linyit ile karşılanır. Üretilen çimentonun türüne bağlı olarak 1 ton çimento üretimi için 60 ile 130 kg arasında fuel-oil ya da buna eşdeğer ya-



Üretilen klinker

kıta ihtiyaç duyulur. Bunların yanında alternatif yakıt olarak atık yağ, RDF, atık lastik de kullanılır. Atık malzemenin alternatif yakıt olarak çimento fabrikalarındaki döner fırınlarda kullanılması, hem çimento üretiminde önemli bir gider kalemi olan yakıt kullanımının azaltılması ve yenilenemeyen fosil yakıtların korunması hem de çeşitli üretim ve kullanım aşamalarından sonra oluşan atıkların bertarafı için son derece önemlidir.

Çimento endüstrisi, çeşitli atıkları kullanarak bir yandan fosil yakıtlardan tasarruf sağlarken bir yandan da atıkların değerlendirilmesi ve çevrenin korunması yoluyla toplumsal atık sorununa katkıda bulunur. Gelişmiş ülkelerdeki çimento fabrikalarında ısı değer taşıyan atıkların alternatif yakıt olarak bertarafı yaygın bir yöntem haline gelmiştir. AB ülkelerindeki bazı fabrikalarda alternatif yakıt kullanım oranı % 60-70 seviyelerine ulaşmıştır. Avrupadaki çimento endüstrisinde atıktan kazanılan alternatif yakıt, harcanan toplam yakıtın % 12'sini oluşturmaktadır.

Atıkların çimento fırınlarında alternatif yakıt olarak kullanılması, atıklardan azami seviyede enerji elde edilmesine imkân verir. Malzeme enerjisinin tamamı fırında dolaysız olarak klinker üre-

timi için kullanılmaktadır. Bu teknik sayesinde, yakılan atıkların içindeki inorganik unsurlar gerekli hammaddelerin yerini alarak çimentonun bir parçası olma niteliğini kazandıkları için, kullanılan atığın yanmayan kısımları da kazanılmakta ve cüruf ve küllerin ortadan kaldırılması zorunluluğu kalmamaktadır.

Avrupa'da çimento endüstrisi enerjiyi yüksek verimle kullanmaktadır. Üretim aşamasında oluşan karbondioksit emisyonunu azaltmak için yapılacak teknolojik değişiklik neredeyse kalmamıştır. Geleneksel fosil yakıt ile atıktan türetilmiş alternatif yakıtlar önemli ölçüde sürdürülebilir gelişme sağlayarak karbondioksit gibi sera gazlarının emisyonunun azalmasına sebebiyet verir. Avrupa'nın çeşitli ülkelerinde bu amaca yönelik tesisler mevcuttur. Ancak her ülkenin atığı farklı karakterizasyona sahip olduğundan ülkemize özgü RDF üretimi planlanmış ve bu proje kapsamında uygulamaya alınmıştır.

Proje Kapsamında Yapılan Çalışmalar

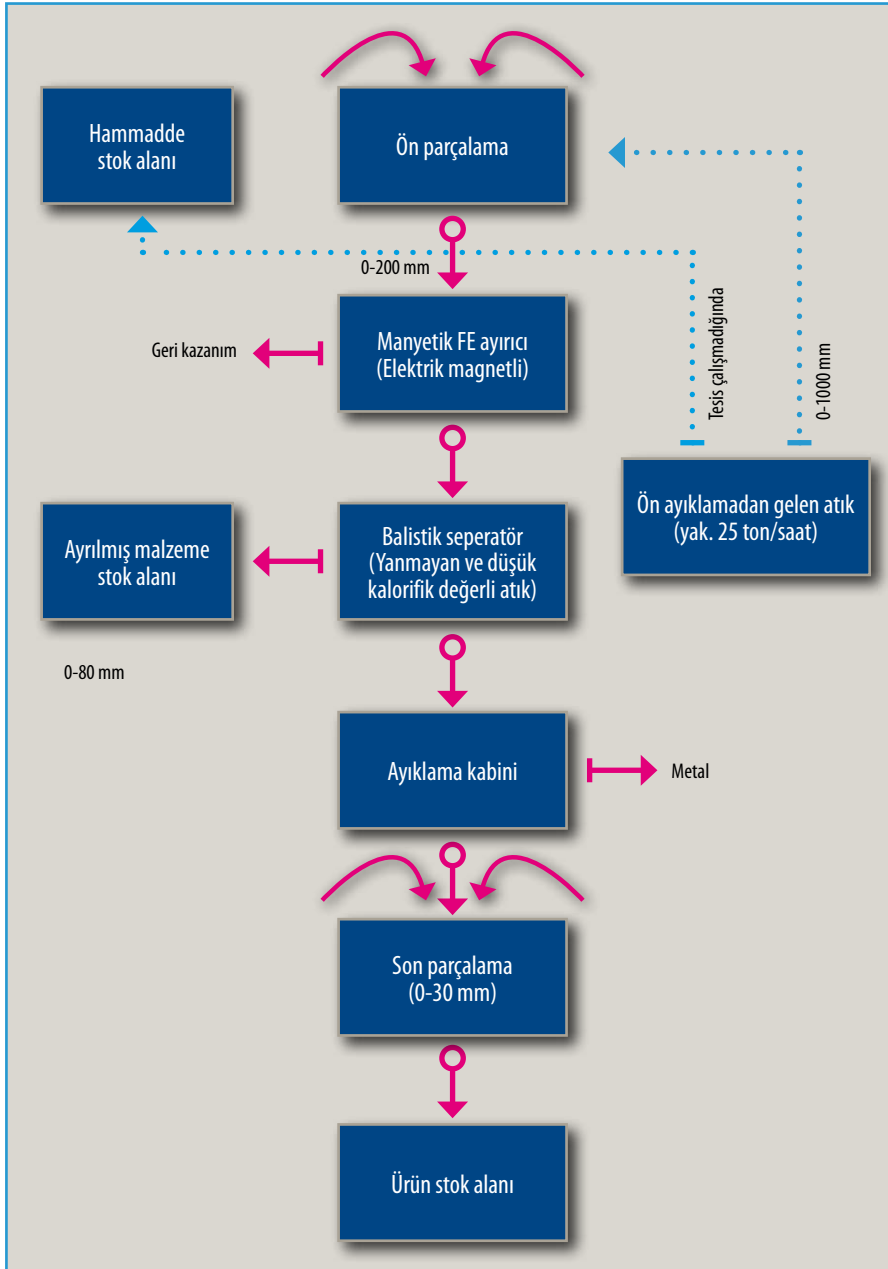
Bu proje kapsamında çöpten temsili numune alınması, temsili numunenin analizi, analiz sonuçlarına dayanarak RDF üretimi için makine ve teçhizat seçimi, fırında yakılacak olan malzemenin kimyasal analizinin yapılması ve çimento üretim sürecine etkilerinin değerlendirilmesi incelenmiştir. Türkiye'de yürürlükte olan tebliğ ve yönetmeliklerdeki emisyon sınır değerlerini aşmayacak şekilde yapılacak olan hesaplamalardan yola çıkılarak kullanılacak optimum RDF besleme oranının belirlenmesi öngörülmüştür.

Tesise gelen atıktan organik kısım ayrıldıktan sonra geri kazanım hattına gelen atıkların metal kısmı ayrılır ve geri kalanın bir kısmı geri kazanılabilir malzeme olarak granül tesisine gider. Geri kazanılamayan atıklar ise RDF tesisine gönderilir. RDF tesisinde hazırlanan RDF malzemesi çimento endüstrisinde ek yakıt olarak kullanılabilir formunu alırken granül tesisine gelen malzeme, ikincil plastik hammaddenin için kullanılabilir hale getirilir.

RDF tesisine gelen atık malzeme ön parçalama ve manyetik ayırma işlemlerine tabi tutulduktan sonra balistik ayırıcı (seperatör) yardımıyla yanmayan ve düşük ısı değerli kısım atıktan ayrılır. Geri kalan atıktan demir dışı metal ayırıcısı vasıtasıyla metal kısımlar ayrılır ve kalan atıklar son parçalama ünitesinde 30 mm'den küçük parçalar elde edilecek şekilde kırılır. Bütün bu süreç RDF'nin üretim akım şemasında görülebilir.

Üretilen RDF'den numune alınarak nem, yoğunluk, eser elementler, karbon ve kül içeriği, kalorifik değer gibi çeşitli karakterizasyon testleri yapılmış, elde edilen sonuçlar yurtdışında üretilen RDF'nin özellikleriyle kıyaslanmıştır. RDF malzemenin çimento döner fırınlarında ek yakıt olarak kullanımının araştırılmasına yönelik pilot ölçekli çalışmalar, proje kapsamında imal edilen çimento döner fırınında gerçekleştirilmiştir. Birincil yakıt olarak kullanılan LPG'ye değişik oranlarda RDF ilave edilmiş, çimento üretim sürecine göre farinden (çimento üretiminin başlarında yer alan öğütülmüş kireçtaşı ve birkaç ek maddeden oluşan un gibi ana malzeme) klinker üretimi gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada RDF katkısının klinker yapısı üzerine etkisi incelenmiş ve burada elde edilen teorik ve pratik bilgiler ışığı altında endüstriyel boyutta klinker üretimi çalışmaları organize edilmiştir.

Endüstriyel boyuttaki çalışmalar, pilot ölçekli deneysel çalışma sonucunda belirlenen optimum besleme oranlarına göre AKÇANSA A.Ş.'de yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda değişik oranlarda RDF malzemesi, petrokoka ek yakıt olarak ilave edilmiştir. Deney sonrası üretilen klinkerin yoğunluk, kimyasal ve mineralojik analiz sonuçları incelendiğinde, Portland çimento klinkerinin üretildiği görülmüştür. Daha sonra bu klinkerden üretilen çimentonun fiziksel, kimyasal ve dayanım özellikleri TS 197/1'e göre belirlenmiş olup elde edilen değerlerin standartlarda belirtilen sınır değerlerle uyumlu olduğu görülmüştür. Endüstriyel boyuttaki çalışmalar esnasında baca gazında emis-



RDF'nin üretim akım şeması

yon ölçümü yapılmış ve ölçüm sonuçları Atıkların Ek Yakıt Olarak Kullanılmasında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğ'inde belirtilen sınır değerlerle kıyaslanmıştır. Endüstriyel boyutta yapılan deneysel çalışma sonrasında, klinkerin kalitesi ve emisyon sınır değerleri dikkate alınarak optimum RDF kullanma oranı % 15 olarak belirlenmiştir.

Geri kazanım hattından gelen PE (Polietilen), PP (Polipropilen) ve PET (Polietilen tereftalat) türü plastik atıkların ekonomik değerinin artırılması için granül

tesisi kurulmuştur. Geri kazanım tesisine gelen atık plastikler temizleme, kırma, öğütme, eritme aşamalarından sonra granül haline getirilmektedir. Yapılan üretim sonrasında PET, PE ve PP'den granül ve kırıntı (hurda) elde edilmiştir. Bu ürünlerin boyut dağılımı yapılarak piyasada satılan boyuta getirilmesi için tesiste gerekli mekanik düzenleme yapılmıştır. Elde edilen granülden plastik çöp konteynırı, çöp poşeti, yol döşemesi, saksı, asfalklık, komodin, bulaşık kapları ve benzeri eşyalar üretiliyor. Kurulan bu tesis ile

plastiklerin daha küçük boyutlara getirilerek hammadde olarak kullanımları sağlanmış ve ekonomik değerleri artırılmıştır. Bu ürünler halen üretilme ve piyasaya satılmaktadır. Böylece projede belirlenmiş olan hedefe tam anlamıyla uyulmuş ve TÜBİTAK TARAL 1007 projelerinde öngörülen hedefe ulaşılmıştır.

Bu proje sonunda depolama alanlarına gönderilen atık miktarı azaltılmış, nakliye ve depolama masraflarından tasarruf sağlanmış, nihai ürün ekonomik olarak değerlendirilebilecek hale getirilmiştir. İSTAÇ A.Ş. RDF tesisine bir günde gelen 150 ton atığın 50-75 tonu RDF ürün haline getirilerek çimento fabrikalarına gönderilecek ve bertaraf edilmiş olacaktır. Bu durumda depolama alanlarının ömrü uzayacak, depolama maliyetlerinden tasarruf edilecektir. Dünyada birçok ülkede kullanılmakta olan bu teknoloji ülkemiz için bir yeniliktir ve tüm kompost tesisleri için bir model oluşturmuştur. Bu proje sayesinde Türkiye'de de RDF üretme ve yakma teknolojisi geliştirilmiştir. Proje kapsamında yapılan tesis, 23 Haziran 2008 tarihinde açılarak basın kuruluşlarına tanıtımı yapılmıştır.

*Bu proje kapsamında emeği geçen
Volkan Enç, Ahmet Pekin, Ufuk Durgut,
Hidayet Bodur ve Erbay Keleş
teşekkür ederiz.*

Kaynaklar

- Kara, M., Günay, E., Tabak, Y., Yıldız, Ş., Enç, V., "The Usage Of Refuse Derived Fuel From Urban Solid Waste In Cement Industry As An Alternative Fuel", The 6th IASME/WSEAS International Conference on Innovation Heat Transfer, Thermal Engineering and Environment (HTE '08), s. 172-177, 20-22 Ağustos 2008, Rodos, Yunanistan, 2008.
- Kara, M., Günay, E., Tabak, Y., Yıldız, Ş., Enç, V., Pekin, A.V., Durgut, U., "Kentsel Katı Atıktan Türetilmiş Alternatif Yakıtın Çimento Fabrikalarında İkincil Yakıt Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması", 10. Uluslararası Yanma Sempozyumu, s. 417-423, Sakarya Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Ekim 2008.
- Yıldız Ş., Enç V., Kara M., Günay E., "Evsel Atıklardan Çimento Fabrikaları İçin Alternatif Yakıt Elde Edilmesi Olanaklarının Araştırılması", TÜRKAY 2007 AB Sürecinde Türkiye'de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu, İstanbul, 28-31 Mayıs 2007.
- Türk S., "Çimento Üretiminde Alternatif Yakıt Denemeleri - II", Çimento ve Beton Dünnyası, Cilt/Yıl 12, Sayı 72, Nisan-Mayıs 2008.
- Environmental Benefits of Using Alternative Fuels in Cement Production, CEMBUREAU (European Cement Association), 1999. <http://www.wbcsd.org/web/projects/cement/tf2/CEMBUREAU.pdf>
- Pekin A. V., "Çimento Sanayinde Alternatif Yakıt Kullanımı" http://www.eie.gov.tr/turkce/en_tasarufu/en_tas_etkinlik/2005_bildiriler/oturum2/AhmetVPekin.doc
- <http://www.ibt.gov.tr/TR/Pages/Haber.aspx?NewsID=16163>