

ÇİMENTO SEKTÖRÜNDE SÜRDÜRÜLEBİLİR ENERJİ İÇİN ÖMRÜNÜ TAMAMLAMIŞ LASTİKLERİN ALTERNATİF YAKIT OLARAK KULLANILMASI

Dr.Fatma Didem TUNÇEZ¹, Prof. Dr.Çağatay ÜNÜSAN²

¹KTO Karatay Üniversitesi, İYBF Enerji Yönetimi Bölümü, Karatay/KONYA

² KTO Karatay Üniversitesi, İşletme ve Yönetim Bilimleri Fakültesi, Karatay/KONYA

[¹didem.tuncez@karatay.edu.tr](mailto:didem.tuncez@karatay.edu.tr)

[²cagatay.unusan@karatay.edu.tr](mailto:cagatay.unusan@karatay.edu.tr)

ÖZET

Endüstri devrimi ile birlikte, üretimin artmasıyla, üretim sürecinin en temel girdilerinden biri olan enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. Artan enerji ihtiyacının kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan karşılanması doğal kaynakların hızla tükenmesine neden olmaktadır. Lastikler motorlu taşıtlarının en önemli parçalarından biridir. Lastiklerin zamanla faydalı kullanım ömrünü doldurması sonucunda, çevrede son derece uzun zamanda bozulan ve çevre için önemli bir tehlike oluşturan atık lastik sorununun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Doğal kaynakların kısıtlı olması nedeniyle, üretim maliyetini azaltmak ve sürdürülebilir üretim amacına yönelik olarak atık lastiklerin geri kazanılması gerekmektedir. Çimento fabrikaları enerji yoğun işletmeler olup en fazla enerjiye ihtiyacı olan sanayiler arasındadır. Çimento sektöründe atık lastiklerin alternatif yakıt olarak kullanılması, yenilenemeyen kaynakların kullanılmasının azaltmakta ve doğal kaynakların hızlı tüketilmesini engellemektedir. Bu çalışmanın amacı, çimento sektöründe sürdürülebilir enerji için ömrünü tamamlamış lastiklerin pratik olarak kullanımını ortaya koymaktır.

Anahtar Kelimeler: Atık lastik, çimento, klinker, sürdürülebilir enerji, geri kazanım

USE OF SCRAP TIRES AS AN ALTERNATIVE FUEL FOR SUSTAINABLE ENERGY IN THE CEMENT INDUSTRY

Dr.Fatma Didem TUNÇEZ¹, Prof. Dr.Çağatay ÜNÜSAN²

¹KTO Karatay University, FBAMS Energy Management Division, Karatay/KONYA

² KTO Karatay University, Faculty of Business Administration and Management Sciences, Karatay/KONYA

ABSTRACT

Demand for energy has been one of the main inputs of the production process with the industrial revolution and increasing production. Natural resources are rapidly being depleted with the unsustainable use of coal, natural gas, and oil in order to meet energy demands. Tires are an important part of all vehicles. Scrap tires that degrade over an extremely long period of time pose a significant environmental hazard after completing their useful lifetime. Scrap tires must be used as alternative source energy and as a way to reduce production costs for sustainable production in the cement industry. Cement production is the one of the most energy intensive processes. By using scrap tires as an alternative fuel in the cement industry, the consumption of nonrenewable energy resources is reduced and the rapid depletion of natural resources is prevented. The aim of this paper is thus to show the practical use of waste tires as a sustainable energy source in the cement industry.

Key words: Scrap tires, cement, clinker, sustainable energy, recovery

1. GİRİŞ

Türkiye nüfusu 2023 yılında 84 247 088 kişi olması beklenmektedir. Nüfus 2050 yılına kadar yavaş bir artış göstererek en yüksek değerini 93 475 575 kişi ile bu yılda alacaktır. 2050 yılından itibaren düşmeye başlayan nüfusun, 2075 yılında 89 172 088 kişi olması beklenmektedir (Tüik, 2013). Ülkemizde nüfusun artması, sanayiinin gelişmesi, refah seviyesinin yükselmesi, evlerde ve sanayide daha çok elektrikli cihaz ve makinaların kullanılması hatta ulaşımda dahi elektrikli araçlar kullanılması enerjiye olan ihtiyacın artmasına neden olmaktadır.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının enerji ihtiyacına yönelik yapmış olduğu projeksiyon aşağıda Tablo 1’de yer almaktadır. Yapılan projeksiyona göre enerji ihtiyacımız 2035 yılında düşük talep olması durumunda 622,68 TWh yüksek talep olması durumunda 802,18 TWh olacaktır.

Tablo 1. Türkiye elektrik enerjisi talep projeksiyonu (ETKB,2016)

Yıllar	Yüksek Talep (TWh)	Yüksek Talep Artışı %	Referans Talep (TWh)	Referans Talep Artışı %	Düşük Talep (TWh)	Düşük Talep Artışı %
2014	256,46	4,1	255,80	3,8	255,14	3,6
2015	275,14	7,3	268,82	5,1	264,35	3,6
2016	297,01	8,0	284,56	5,9	278,16	5,2
2017	320,47	7,9	301,16	5,8	293,15	5,4
2018	340,58	6,3	318,43	5,7	307,72	5,0
2019	361,81	6,2	336,73	5,7	322,62	4,8
2020	384,22	6,2	355,88	5,7	338,06	4,8
2021	404,92	5,4	374,57	5,3	352,95	4,4
2022	426,61	5,4	393,91	5,2	368,20	4,3
2023	449,32	5,3	413,98	5,1	383,94	4,3
2024	473,10	5,3	435,01	5,1	400,65	4,4
2025	498,01	5,3	456,88	5,0	417,96	4,3
2026	524,08	5,2	479,66	5,0	435,91	4,3
2027	551,37	5,2	503,39	4,9	454,51	4,3
2028	579,93	5,2	528,11	4,9	473,79	4,2
2029	609,81	5,2	553,85	4,9	493,78	4,2
2030	641,08	5,1	580,67	4,8	514,50	4,2
2031	669,11	4,4	606,74	4,5	534,98	4,0
2032	698,23	4,4	633,58	4,4	555,90	3,9
2033	728,48	4,3	661,28	4,4	577,45	3,9
2034	763,98	4,9	689,91	4,3	599,70	3,9
2035	802,18	5,0	719,54	4,3	622,68	3,8

Gelecek projeksiyonlarına göre Dünya’da enerji ihtiyacındaki artışın büyük bölümü gelişmekte olan ülkelerden kaynaklanacaktır. Türkiye’de gelişmekte olan ülkelerin başında gelmektedir. Türkiye’nin büyüme ve kalkınma hedefleri, enerji ihtiyacının da büyümeye orantılı olarak hızlı bir şekilde artacağı anlamına gelmektedir. Türkiye’nin geçen on yıllık dönemde OECD ülkeleri arasında, enerji talebinde en hızlı artışın gerçekleştiği ülke olduğu ifade edilmektedir. Dünya çapında bakıldığında da Çin’den sonra elektrik ve doğalgaz talebinin en hızlı arttığı ikinci ülke Türkiye’dir. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından yapılan açıklamalarda, bu eğilimin gelecek dönemde de korunmasının beklendiği kaydedilmektedir.

Türkiye’nin enerji profilinde son 40 yılda yaşanan değişim yalnızca enerji ihtiyacındaki artıştan ibaret değildir. Toplam birincil enerji arzının kaynaklara dağılımının seyri incelendiğinde, bugün bir problem olarak karşımıza çıkan enerjide dışa bağımlılığın evrimi de izlenebilmektedir. Yer yer enerji politikası tercihleri, yer yer de zorunluluklardan kaynaklanan sebeplerle, enerji ihtiyacındaki artışın giderek daha fazla ithal kaynaklarla karşılanması sonucu ortaya çıkan bu tablo, Türkiye’nin stratejik pozisyonunu zayıflatmaktadır (T.İş Bankası İAB, 2013).

Tüm Dünya’nın ilgilendiği; enerjinin güvenli ve sürdürülebilir temini, verimli kullanımı, sera gazı etkilerinin azaltılması ve çevrenin korunması, petrol fiyatlarındaki artma eğilimi ve kararsızlıklar, fosil kaynaklardan yeni ve yenilenebilir enerji kaynaklarına doğru geçiş vb. konular aynı zamanda Türkiye’nin de ilgilendiği ve ister istemez politikasında yer vermesi gereken konulardır (Satman, 2007).

Ülkelerin gelişmişlik oranları enerji tüketimleriyle doğru orantılıdır. Sanayisi sürekli gelişmekte olan Türkiye enerji ihtiyacını karşılamak için şimdiye kadar kullandığı kaynaklardan farklı kaynaklar bulmak durumundadır. Fosil yakıtların giderek pahalılaşması, Türkiye’yi enerji politikası açısından dışa bağımlı kılma zorunluluğu, sürdürülebilir enerji kullanımını çok önemli bir konuma getirmiştir (Güçlüer ve Batuk, 2011).

Ülke ekonomilerini sürükleyen başlıca sektörlerden biri olan otomotiv endüstrisinde kauçukların yaklaşık %85’inin tüketildiği araç lastiği ve otomotiv yan sanayide bu sektörün içinde yer almaktadır (Adhikari vd., 2000). Lastik; yolcu ve yük nakil araçları adı altında bazı bağlayıcı ve güçlendirici bileşenlerle, kauçuktan üretilen, kullanılan takviye malzemesine göre sınıflandırılan araç lastikleri olarak adlandırılan değişik tip ve ebatları ürünlerdir (ÖTL Yönetmeliği, 2006). Lastiğin temel görevleri, aracın yükünü taşıyan havayı muhafaza etmek, aracın hareketini ve durmasını sağlayacak kuvvetleri yola ulaştırmak, sarsıntıları azaltmak, aracın yönünü değiştirmektir. Lastik sırt, omuz, yanak ve topuk olmak üzere dört bölgeden oluşur. Lastiğin yola teması kauçuktan oluşan sırt bölgesi ile sağlanır. Omuz kısmı yanak ile sırt arasındaki geçişi sağlayan kalın kauçuktan yapılmış kısımdır. Yanak kısmı lastiğin sırt ve topuk bölgeleri arasında kalan lastiği yandan gelecek darbeler karşı koruyan kauçuktan oluşan kısımdır. Topuk kısmı çelik tellerin, kauçuk ile kaplanmasıyla oluşur dairesel bir yapıya sahiptir. Topuğun bir diğer görevi de lastiğin janta montajını sağlamaktır.

Tablo 2. Lastiğin bileşenleri (Karaağaç ve Deniz, 2011)

Malzeme	Otomobil Lastiği	Kamyon/Otobüs Lastiği
Kauçuk/ Elastomer	% 47	% 45
Karbon Siyahı/ Silika	% 21,5	% 22
Metal	% 16,5	% 25
Tekstil	% 5,5	-
Çinko Oksit	% 1	% 2
Kükürt	% 1	% 1
Katkı Maddeleri	% 7,5	% 5

Lastiğin bileşenleri verildiği Tablo 2’de anlaşıldığı üzere lastiğin en önemli bileşeni kauçuktur. Dünyada 2010 yılında toplam 24,3 milyon ton kauçuk üretimi gerçekleşmiş olup bunun % 42’sini (10,3 milyon ton) doğal kauçuk, % 58’ini de (14 milyon ton) sentetik kauçuk oluşturmuştur (PAGEV, 2010). Üretilen kauçuğun % 56’sı lastik sektöründe kullanılmaktadır (IAOSB, 2012). Kauçuklar esnek, sağlam, deforme olmayan, kolay işlenen, aşınma ve polar sıvılara dayanıklılık gibi özellikleri vardır. Otomobil lastiklerinde kullanılan kauçuk bükülebilir, esnek, dayanıklı ve aşınmaya karşı dirençlidir (Sugözü vd., 2009). Doğal kauçuk, bazı tropikal bitkilerin özsuyundan yapılır. Doğal kauçuk, % 30-40 lastik (cis-1,4 polyisoprene), %2 reçine, % 60-65 su ve % 2-5 lipid ve proteinden oluşmaktadır (Gönüllü, 2004). Sentetik kauçuk petrol ve doğalgazdan üretilmektedir. Teknolojik gelişmenin sonucunda kauçuk ihtiyacının artması araştırmacıları sentetik kauçuk üretimine yöneltmiştir. Farklı ürünlerde farklı özelliklerin istenmesi, istenilen özelliklerin tek bir kauçuk türü tarafından karşılanamaması sonucunda birçok sentetik kauçuk türünün ortaya çıkmasını sağlamıştır. Günümüz teknolojisinde en fazla tüketilen, sırasıyla, Stiren-Bütadien kauçuğu (SBR), Bütadien kauçuğu (BR), Butil kauçuğu (IIR), Etilen-Propilen kauçuğu (EPM ve EPDM), İsoopren kauçuğu (IR), Kloropren kauçuğu (CR), Akrilonitril-Bütadien kauçuğu (NBR) ve Polisülfid (PTR) sentetik kauçukları üretilmektedir (Vahapoğlu, 2006). Sentetik kauçuklar en çok stiren-bütadien kauçuğu (SBR) ve polibütadien kauçuğu (PBR-CBR) olarak üretilir (Ünlü, 2006).

Tablo 3. Türkiye’de trafiğe kayıtlı motorlu kara taşıt sayısı (Tüik, 2013)

Yıl	Toplam	Otomobil	Minibüs Otobüs	Kamyon Kamyonet Yol ve İş Mak.	Motosiklet	Özel Amaçlı	Traktör
1966	231.977	91.469	22.954	81.845	32.099	3.610	-
1970	369.808	137.771	36.896	129.077	60.994	5.070	-
1975	785.920	403.546	64.386	218.117	91.421	8.450	-
1980	1.696.681	742.252	97.490	354.804	137.931	11.777	352.427
1985	2.391.357	983.444	135.070	463.562	289.052	17.639	502.590
1990	3.750.678	1.649.879	189.099	583.784	531.941	26.519	769.456
1995	5.922.859	3.058.511	263.248	806.378	819.922	37.272	937.528
2000	8.320.449	4.422.180	354.339	1.317.899	1.011.284	55.677	1.159.070
2005	11.145.826	5.772.745	501.929	2.151.986	1.441.066	30.333	1.247.767
2010	15.095.603	7.544.871	595.483	3.125.397	2.389.488	35.492	1.404.872
2015	19.994.472	10.589.337	666.269	4.059.618	2.938.364	45.732	1.695.152
2016 ⁽¹⁾	20.350.893	10.816.043	674.408	4.135.141	2.959.856	47.806	1.717.639

(1) Veriler 2016 yılı nisan ayı sonu itibarıyladır.

Tablo 4. Türkiye’de üretilen lastik sayısı (Tüik, 2016)

Yıl	Toplam (adet)	Otomobil Lastikleri (adet)	Otobüs Kamyon ve Hava Taşıtları Lastikleri (adet)	Tarım Lastikleri (adet)
2005	23.336.937	16.313.721	5.939.105	1.084.111
2006	24.193.993	17.526.096	5.371.348	1.296.549
2007	25.873.381	17.557.928	6.765.192	1.550.261
2008	27.173.693	18.753.205	6.312.818	2.107.670
2009	21.938.130	15.373.854	4.940.276	1.624.000
2010	27.122.004	18.390.763	6.084.771	2.646.470
2011	30.141.230	20.119.039	7.014.614	3.007.577
2012	26.410.833	18.001.058	5.484.173	2.925.602
2013	26.882.414	18.975.423	4.987.893	2.919.098
2014	28.945.863	20.751.080	5.167.535	3.027.248

Tablo 3’den anlaşıldığı üzere ülkemizde motorlu araç sayısının hızla artmaktadır. 1966 yılında 231.977 olan araç sayısı 2016 yılı nisan ayı sonu itibarı ile % 8772,80 artarak 20.350.893’e ulaşmıştır. Tablo 4’den görüleceği üzere motorlu araç sayısının hızla artması motorlu araçlarda kullanılan lastiklerinin üretiminin de artmasına neden olmaktadır. Faydalı ömrünü tamamladığı belirlenerek araçtan sökülen orijinal veya kaplanmış, bir daha araç üzerinde lastik olarak kullanılmayacak durumda olan ve üretim esnasında ortaya çıkan ıskarta lastikler ömrünü tamamlamış lastiklerdir (ÖTL Yönetmeliği, 2006). Lastik Sanayicileri Derneğine göre her yıl Türkiye’de yaklaşık olarak 180-200.000 ton civarında ömrünü tamamlamış lastik oluştuğu hesaplanmaktadır (Lasder, 2016). Bu sayı motorlu taşıt sayısının artmasına bağlı olarak her yıl artmaktadır.

Atık lastiklerin vulkanize edilmiş olması, tekrar işlenmelerini güçleştirmektedir (Adhikari vd., 2000). Atık lastiklerin çevreye kontrolsüz olarak bırakılması başta hava, su ve toprak kirliliği olmak üzere birçok çevre sorununa neden olmaktadır. Atık lastiklerin miktarının çokluğu nedeniyle büyük alanlarda depolanması gerekmektedir. Bu alanlarda haşere ve zararlıların üremesi ile çevre sağlığını tehdit etmesinin yanı sıra yangın çıkması gibi riskler vardır. Lastiğin açık alanda yanması sonucunda atmosfere zararlı bileşikler yayılmaktadır. Atmosfere yayılan bu maddeler içinde; karbon siyahı, uçucu organik, yarı uçucu organikler, çok halkalı hidrokarbonlar, yağlar, kükürt oksitleri, azot oksitleri, nitrosaminler, karbon oksitleri, uçucu partiküller ve As, Cd, Cr, Pb, Zn, Fe ve benzeri gibi metaller bulunabilmektedir. Yangınlar ile atmosfere yayılan bu kirleticiler yakın çevredeki toprak ve suların kirlenmesine sebep olmaktadır. Yangın sonrasında kalıntıların toprağı kirletme potansiyeli söz konusudur. Yangını söndürmek amacıyla sıkılan sular, yangında piroliz meydana gelmesine ve toprağı sızarak ayrı bir probleme neden olabilecek birçok hidrokarbonların oluşmasına da neden olabilmektedir. (Sugözü, 2009). Atık lastikler uzun yıllar bekletildiği takdirde, sızıntı suları ile yer altı suyunun kirlenmesine neden olabilecektir. Hurda lastiklerin yeraltısuyu ile temasta bulunduğu birçok durumda toprağın pH durumuna bağlı olarak içme suyu standartlarının zorlanabildiği görülmüştür. Bazı araştırmacılar yaptıkları çalışmada, lastik tozunu 10 gün boyunca suyla temasta tutmuş ve suda bulunan sucül mikroorganizmalara ve böcek-kurtçuk boyutundaki canlılara zarar verdiğini belirlemişlerdir (Gönüllü, 2004).

Çimento sektörü, tüm sanayi sektörlerinde kullanılan toplam enerjinin %12-15 ini kullanmaktadır (Ali vd., 2011). Enerji maliyetlerinin dünya çapında artması, çimento üreticilerini alternatif yakıtlara - atıkların enerji olarak geri kazanımına yönlendirmiştir (Kaantee vd., 2004). Yakıt giderlerinin düşmesi, CO₂ potansiyelindeki azalma, alternatif yakıtların kullanılmasında itici güç olmuştur (Larsen, 1983). Atıkların çimento üretiminde kullanılmasında; yüksek proses sıcaklığı, alkalin ortam, fırın uzunluğu nedeniyle proses süresinin uzunluğu teşvik edici unsurlar olmuştur (Mokrzycki vd., 2003).

Tablo 5. Ağırlık yüzdesi ile lastik ve kömür Ultimate analizi (Karell, 2001)

Türü	Otomobil Lastikleri	Kamyon Lastikleri	Lastikten Türetilmiş Yakıt	Bitümlü Kömür
Isıl değeri (kJ/kg)	36,774	34,743	36,414	31,475
Ağırlık Yüzdesi (%)				
Karbon	89.48	89.65	89.51	75.8
Hidrojen	7.61	7.50	7.59	5.1
Oksijen	<0.01	<0.01	<0.01	8.2

Nitrojen	0.27	0.25	0.27	1.5
Sülfür	1.88	2.09	1.92	1.6
Klor	0.07	0.06	0.07	-
Kül	3.9	5.5	4.2	7.8

Tablo 5’den anlaşılacağı üzere lastiğin ısı değeri, bitümlü kömürden daha yüksektir. Karbon içeriğinin yüksek, nem içeriğinin düşük olması nedeni ile iyi bir enerji kaynağı olan atık lastiğin maliyetsiz olması çimento fabrikalarında en çok tercih edilen alternatif yakıtlardan birisi olmasını sağlamıştır.

Avrupa’da çimento sektörü piyasanın çimento talebini karşılarken üretimde, yenilenemeyen enerji kaynakları yerine alternatif yakıtların ikame edilmesi amaçlanmıştır. Bu nedenle, atıkların alternatif yakıt olarak kullanımı, sektörün gündemine yerleşmiştir. Atık lastiklerin ana yakıtlar ile kullanılması; atığın çevreye zararının ortadan kaldırılmasının yanı sıra yenilenemeyen kaynakların yakıt olarak kullanımının azaltılması açısından önemlidir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından lisanslandırılan çimento fabrikaları, atık lastiklerin alternatif yakıt olarak kullanılarak bertaraf edilmesinde önemli bir rol oynamaktadır. Çimento sektöründe, üretimde kullanılan fosil yakıtların yerine atık lastiğin kullanılmasıyla yenilenemeyen enerji kaynaklarında tasarruf edilmekte ve atık lastiğin bertarafı gerçekleştirilmektedir. Ayrıca atık bertarafı için kurulması olası bir atık yakma tesisinden kaynaklanacak karbondioksit salınımını da önlenmektedir.

2. YÖNTEM

Ömrünü tamamlamış lastiklerin taşınması, depolanması ve bertaraf işlemleri Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Kontrolü Yönetmeliğine göre yapılmaktadır.

Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Kontrolü Yönetmeliğinin amacı ömrünü tamamlamış lastiklerin; çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı olarak alıcı ortama verilmesinin önlenmesine, geri kazanım veya bertarafı için toplama ve taşıma sisteminin kurulması, yönetim planının oluşturulması ve ömrünü tamamlamış lastiklerin yönetiminde gerekli düzenlemelerin ve standartların sağlanmasına, ithalatı, ihracatı ile transit geçişine ilişkin sınırlama ve yükümlülükler, yönelik idari ve teknik esasları belirlemektir.

Yönetmelikte geri kazanım tesisi; fiziksel ve/veya kimyasal işlemlerle ulusal veya uluslararası standartlar ve şartnamelere uygun ürün elde edilmesi, enerji kazanımı ve ilgili standartlara uygun mühendislik uygulamaları amaçlı kullanımlar olarak tanımlanmaktadır. Bu tanıma göre ömrünü tamamlamış lastikleri alternatif yakıt olarak kullanan çimento fabrikaları geri kazanım tesisidir.

Yönetmelik gereğince; ÖTL’lerin geri kazanımı esas olup geri kazanım ve bertaraf işlemlerinin, hava, su, toprak, bitki ve hayvanlar üzerinde tehlike yaratmadan, ses ve koku yoluyla çevreye herhangi bir olumsuz etkide bulunmadan ve doğal çevre ile koruma alanlarına zarar vermeden yapılması zorunludur. ÖTL’lerin hangi sebeple olursa olsun vadi veya çukurlarda dolgu malzemesi olarak kullanılması, katı atık depolama tesislerine kabulü ve depolanması, ısınmada kullanılması, gösteri ve benzeri fiilleri kapsayacak şekilde her ne amaçla olursa olsun yakılması yasaktır. Lastik tamirhaneleri, kaplamacılar, perakende satış noktaları, oto sanayi ve benzeri yerlerde ömrünü tamamlamış lastikler açık alanda biriktirilemez. Biriktirme yerlerinde yangına ve sivrisinek, fare gibi zararlıların üremesine karşı önlem alınır. ÖTL’ler yetkili taşıyıcılara teslim edilinceye kadar en fazla altmış gün bu yerlerde muhafaza edilebilir. ÖTL üreticisi, aracının lastiklerini değiştirdiğinde eski lastiklerini, lastik dağıtımını ve satışını yapan işletmelere veya yetkili taşıyıcılara teslim eder. ÖTL üreticisi, aracının lastiklerini değiştirdiğinde eski lastiklerini, lastik dağıtımını ve satışını yapan işletmelere veya yetkili taşıyıcılara teslim eder.

ÖTL geçici depolama alanları, taşkın riskinin yüksek olduğu bölgelerde, heyelan, deprem, çığ ve erozyon bölgelerinde, yangın riski taşıyan alanlar ile tarım ve orman arazileri, meskun mahaller gibi yerlerde kurulamaz. Lastik yığınları yüksek gerilim hatları altında bulunamaz. Geçici depolama alanlarının zemini, beton, sıkıştırılmış kil veya yangına meydan vermeyen buna benzer maddelerle kaplanarak sızdırmazlık koşulları sağlanır. Bu alanlarda yağmur suyu birikintilerinin oluşmasını önleyecek şekilde zemine şekil verilir ve depo çevresinde yağmur suyu drenaj kanalları bulundurulur. Sahada yangına karşı gerekli tedbirler alınır. Depolanmış lastiklerin toplam hacmi 2000 m³’ü geçecek ise dakikada 2500 litre suyu 6 saat boyunca sağlayabilecek bir su kaynağı hazırda bulundurulur. Lastiklerin istiflenmesi ve depolanmasında 4/12/1973 tarihli ve 7/7583 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ile kararlaştırılan İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Tüzüğü’nün ilgili hükümleri doğrultusunda uygulama yapılır. Lastik yığınları ile depolama sahası sınırı arasında koruma hattı ve lastik yığınları arasında iç yangın yolları bırakılır. İlgili belediyenin itfaiye müdürlüğünden yangın tedbirlerinin yeterli olduğuna dair belgenin alınması

zorunludur. Sahanın etrafı en az 1,5 metre yüksekliğinde yapı malzemesi ile çevrilir. Elektrik, aydınlatma direkleri tesisatı ve teçhizatı ile topraklama ilgili mevzuata göre yapılır. Yıldırım tehlikesine karşı TS 622'ye uygun bir paratoner sistemi kurulur. İdari binalar, araç park alanı, yanıcı malzemeler dahil her türlü yangına açık maddeler, lastik yığınlarından en az 60 metre uzaklıkta olmalıdır. Sahada çalışan bütün motorlu araçlarda yangın söndürme cihazı bulunmalıdır. Tesise kabul edilen ve çıkışı yapılan ÖTL miktarlarının tespiti için kantar bulundurulması, kayıtların tutulması ve kayıt tutulmasından sorumlu en az bir teknik personelin tesiste bulundurulması gereklidir. Lastik yığınlarının üzeri ve çevresi, sivrisinek, fare gibi zararlıların ürememesi için düzenli olarak ilaçlanır. Lastiklerin kapladığı alanın en aza indirilmesi ve taşıma kolaylığının sağlanması amacıyla bu alanlarda çevre kirliliği yaratmayacak şekilde lastik kırma ve parçalama üniteleri kurulabilir. Lastik yığınlarının 300 metreden daha yakınında açık alanda ateş yakılmasına ve 60 metreden daha yakınında ise kaynak veya başka ısı üreten cihazların çalıştırılmasına izin verilmez.

Yönetmeliğin 22. madde 3. Fıkrası gereğince enerji geri kazanımı amaçlı uygulamalarda 6/10/2010 tarihli ve 27721 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik esasları uygulanmaktadır. Ülkemizde çimento sektöründe beraber işleme faaliyetleri 2005 yılında yayınlanan Atıkların Ek Yakıt Olarak Kullanılmasında Uyulacak Genel Kurallar Hakkında Tebliğinin uygulamaya alınmasıyla sınırları çizilmiştir. Yıllar içinde kullanımın artması ile ihtiyaçların cevap vermesi için konu hakkında 2010 yılında Atık Yakılmasına İlişkin Yönetmeliği yayımlanmıştır. Yönetmeliğin amacı, atıkların yakılmasının çevre üzerine olabilecek olumsuz etkilerini, özellikle hava, toprak, yüzey suları ve yeraltı sularında emisyonlar sonucu oluşan kirliliği ve insan sağlığı için ortaya çıkabilecek riskleri uygulanabilir yöntemlerle önlemek ve sınırlandırmaktır. 06.10.2010 tarih ve 27721 sayılı Resmî Gazetede yayımlanan Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelikte beraber yakma tesisi; ana gayesi enerji üretimi veya ürün imal etmek olan, atıkları alternatif veya ek yakıt olarak kullanan veya atığı termal olarak bertaraf eden, atık kabul ünitesi, geçici depolama birimi, ön işlem ünitesi, atık besleme ve hava ikmal sistemleri, kazan, baca gazı arıtım üniteleri, yakma sonucu oluşan kalıntıların geçici depolama ve atıksuların arıtılması için tesis içinde yer alan üniteler, baca, yakma işlemlerini kontrol etmek, yakma şartlarını kaydetmek, izlemek için kullanılan ölçüm cihazları ve sistemler de dahil olmak üzere, beraber yakma tesisinde yer alan bütün üniteleri kapsayan her türlü tesis olarak tanımlanmıştır. Bu tanıma göre atıkları ek yakıt olarak kullanan çimento fabrikaları beraber yakma tesisi olarak değerlendirilmiş olup lisans alması gerekmektedir.

Çimento fabrikalarının lisans alabilmesi için; atığın beraber yakılmasından kaynaklanan gazın en elverişsiz koşullarda bile kontrollü ve homojen bir şekilde yanma bölgesinde en az 2 saniye için 850 °C sıcaklığa yükselmesine müsaade edecek şekilde işletilmesi gerekmektedir. Baca gazı emisyonlarının günlük ortalamasında; emisyon limit değerlerine uygunluk göstermesi gereken ölçüm sonuçları, aşağıdaki koşullarda standart hale getirilir: Sıcaklık 273 °K, basınç 101,3 kPa, %10 oksijen, kuru bazdaki toplam emisyon limit değerleri Tablo 6'daki değerleri sağlamalıdır.

Tablo 6. Atıkları beraber yakan çimento fabrikaları emisyon sınır değerleri

Kirlenici Madde	C mg/m ³
Toplam toz	30
HCl	10
HF	1
Mevcut tesisler için NO _x	800
Yeni tesisler için NO _x	500 ⁽¹⁾
Cd + Tl	0,05
Hg	0,05
Sb + As + Pb + Cr + Co + Cu + Mn + Ni + V	0,5
Dioksinler ve Furanlar ng/m ³	0,1
⁽¹⁾ NO _x emisyon limit değerlerinin uygulanması için, faaliyette olan ve emisyon izni bulunan çimento fırınları, yeni tesisler olarak kabul edilmez.	

SO₂ ve TOK için toplam emisyon limit değerleri. Toplam toz, karbonmonoksit, hidrojen florür, hidrojen klorür, oksijen, basınç ve sıcaklığın sürekli ölçülmesi gerekmektedir (AYİY, 2010).

3. UYGULAMA

"Çimento" kelimesi, yontulmuş taş kırıntısı anlamındaki Latince "caementum" sözcüğünden türemiş, sonraları "bağlayıcı" anlamında kullanılmaya başlamıştır. 1824 yılında İngiltere'nin Leeds kentinde, Joseph Aspdin isimli bir duvarcı ustası hazırladığı ince taneli kil ve kalker karışımını pişirerek ve daha sonra öğüterek bağlayıcı bir ürün

elde etmiştir. Bu ürüne su ve kum katıldığında ve zamanla sertleşme olduğunda, ortaya çıkan malzemenin İngiltere'nin Portland adasından elde edilen yapı taşlarını andırdığını gören Joseph Aspdin, elde ettiği bu bağlayıcı için 21.10.1824 tarihinde "Portland Çimentosu" adı altında patent almıştır. Bu bağlayıcı daha sonraki yıllarda büyük gelişmeler gösterse de "portland" ismi aynen korunmuştur. Dünya'da ilk çimento fabrikası, İngiltere'de 1848 yılında kurulmuştur. Türkiye'de ise 1912 yılında "Aslan Osmanlı Anonim Şirketi"ne ait "Darıca Fabrikası" ile "Eskihisar Portland Çimento ve Su Kireci Osmanlı Anonim Şirketi"ne ait "Eskihisar Fabrikası" işletmeye alınmıştır. Biri yaş, diğeri kuru sistem olarak kurulan bu fabrikalarda 100- 150 ton/ gün ve 60-70 ton/ gün kapasiteli, bugünün ölçüleri ile tesisi düşünilemeyen iki fırın bulunmaktaydı. Günümüzde ise Türkiye'de bulunan 53 adet entegre çimento fabrikasının toplam çimento üretme kapasitesi 126.141.204,95 ton'dur (TÇMB, 2016).

Çimentoya talep inşaat sektörünün durumuyla ilişkili olup yatırımlar artıkça talep artmaktadır. Sektörünün temel politikası sürdürülebilir üretimdir.

Klinker üretimi özetlenirse; kalker, kil ve marn gibi doğal hammaddeler ocak bölgesinden çıkarılır. Ocaktan getirilen hammaddeler, çeneli kırıcıda, boyutları 25x25 milimetreye düşürülür. Kırılan hammaddeler çeşitlerine göre stoklanır. Alınan hammaddeler değirmende öğütülerek farin haline getirilir. Çimento hammaddelerinin dikkatle orantılanmış bir karışımı olan farinin ana bileşenleri kireç ve silistir.

Kireç daha ziyade kalker veya marn gibi kalsiyum karbonat içeren kayalardan ortama girer. Silis için ise başlıca kaynak kildir. Bunları alümin ve demir oksit takip eder. Daha az miktarlarda magnezyum ve alkali oksitler gibi diğer maddeler de bulunur. Farin, siklonlardan oluşan bir ön ısıtıcı kalsinatörlere beslenir. 800-1000°C'ye kadar ısıtılarak kalsine olan farin, fırında pişerken hammadde içerisindeki oksitler önce serbest hale gelirler ve sonra sıcaklık yükseldikçe aralarında yeni bileşikler oluştururlar. Ön ısıtıcıdan gelen sıcak farin döner fırında 1500°C'de pişirilir. Çıkan pişmiş yarı-mamul maddeye ise klinker denir. Klinker soğutma ünitesinde soğutularak sıcaklığı 100°C'ye düşürülür ve stokhollerde depolanır. Çimento değirmenlerine alınan klinker tras, altıtışı gibi hammaddelerle karıştırılarak öğütülür. Daha sonra bu klinker, klinker stokholünde toplanır.

Klinker yakma prosesinde, hammadde karışımını çimento klinkerine dönüştürmek için yüksek proses ısıları gerekmektedir. Döner fırınların sinterleme alanındaki fırın ısını 1400 ila 1500°C, ateş ısını ise 2000°C civarında tutmak önemlidir. Aynı zamanda, klinkerin oksidize edici koşullarda yakılması gerekmektedir. Çimento klinkerinin döner fırınlarda pişirilebilmesi için, fırında teorik olarak 1350-1400°C sıcaklığı sağlayabilecek yakıt gerekmektedir. Yakıt olarak düşük kalorili kömürlerin de kullanılması mümkünse de fabrikalarca kuru bazda 6000 Kcal/kg sahip kömür (Orijinal bazda 5000 Kcal/kg) tercih edilmektedir. Bunun başlıca nedenleri yüksek kalorili kömürde daha az kömür öğütürük öğütme maliyetinin düşmesi, daha az stok ihtiyacı ve en önemlisi fırın kapasitesinin yüksek olmasıdır. Kalori değeri orijinal bazda 5000 Kcal/kg'ın altına indiğinde, verim düşüklüğüne yol açmamak için daha yüksek kalorili yakıtlarla paçal (fuel oil, petrokok vb) yapılarak kalori yükseltilir. Uygun oranda karıştırılan yakıtlar fırına alev borusundan püskürtülürken, diğer ucundan pişirilecek farin verilir. Yakıtlarla beraber verilen hava, fırın içindeki reaksiyonları başlatır. Hammaddeler, yakıt aynı fırın içinde reaksiyona girer. Yakıtın enerji elde için başka bir kazan, fırın vb. bir ortamda yakılması söz konusu değildir.

Fırınların yanma rejiminin ve veriminin bozulmaması için atık lastiklerin fırına beslenmesi oldukça önemlidir. Ömrünü tamamlamış lastikler çimento fırınlarında tüm olarak yakılabilmektedir. Ancak tüm olarak yakılması sırasında verimde düşmeler olmakta ve yanma rejiminin bozulmasına neden olabilmektedir. Yanma rejiminin bozulması ve verimin düşmesinin sonucunda enerji kaybı olmasının yanı sıra Polinükleer Aromatik Hidrokarbonların (PAH) oluşmasına da neden olabilecektir. PAH iki veya daha fazla benzen veya siklopentane halkalı aromatik hidrokarbonlardır. Birçok PAH, organik maddenin ve karbonların bileşiklerinin tam olmayan yanmasını içeren yüksek sıcaklıktaki reaksiyonlar içinde oluşur. Çimento fırınlarında atıkların fırına en iyi beslenme şekli havalı besleme ile fırın içine püskürtülmesidir. Bu sebeple atık lastikler parçalanarak yakmaya uygun hale getirilmelidir. Parçalama işleminde öncelikle lastiğin içerisinde yer alan metal teller tel çekme yöntemi ile çekilerek kauçuk ile metal kısım birbirinden ayrılır. Metalden arındırılmış olan lastikler parçalama makinesinde parçalanarak fırınlarda yanmaya uygun hale getirilir. Atıklar havalı taşıyıcı ile alev borusunun püskürttüğü noktaya püskürtülmelidir. Bu şekilde yanma rejimi bozulmadan ve verim düşmeden atık lastiğin ve diğer yakıtların tam yanması sağlanacaktır.

Carrasco ve arkadaşları çimento fabrikasında kömür ve hurda lastikleri yakıt olarak kullanıldığında NOx, dioksin ve furan emisyonlarında düşme olduğunu bildirmiştir (Carasco, 2002) Bununla birlikte, Prisciandaro ve arkadaşları (2003) tarafından dioksin ve furan emisyonlarının (sınırın altında) değişmeden kaldığını bildirilmiştir. Schrama ile arkadaşları (1995) ve Lemarchand (2000) tarafından lastikleri parçalamadan alternatif yakıt olarak kullanıldığında NOx emisyonunda düşme olduğunu bildirilmiştir. Silvestraviciute ve arkadaşları (2006) 1 ton atık

lastiğin beraber yakma tesisinde fosil yakıtlarla birlikte alternatif yakıt olarak kullanıldığında 1 kg toz, 100 kg CO, 7 kg NO_x, 140 kg SO₂ açığa çıktığını bildirmiştir.

4. SONUÇ

Endüstri devrimi ile birlikte, özellikle 2. Dünya savaşıdan sonra nüfus artışına paralel olarak üretim artmıştır. Üretimin artmasıyla, üretim sürecinin en temel girdilerinden biri olan enerji ihtiyacı giderek artmaktadır. Artan enerji ihtiyacının kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan karşılanması doğal kaynakların hızla tükenmesine neden olmaktadır.

Motorlu taşıt sanayi, Avrupa'da doğmuş sanayi devrimi ile birlikte 19. Yüzyılın başlarında önce Amerika Birleşik Devletlerinde sonra Avrupa'da seri üretime geçilmiştir. İlk başlarda pahalı ve lüks olan otomobiller günümüzde günlük yaşamın vazgeçilmez bir parçası haline gelmiştir. Motorlu kara veya hava taşıtlarının en önemli parçalarından biri lastikleridir. Faydalı kullanım ömrü dolan lastiklerin değiştirilmesi ile çevrede zor ortadan kalkacak atık lastiklerin ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Araç sayısının artması ile birlikte atık lastiklerin sayısı hızla artmakta ve önemli çevre sorunlarına yol açmaktadır. Atık lastiklerin neden olduğu çevre problemleri arasında, depolama sahaları olarak büyük alanlara ihtiyaç duyulması, depolama alanlarında haşerelerin ve zararlıların üremesi, mikropların ve hastalıkların yayılması, yağmur ve sızıntı suları ile yer altı sularının kirlenmesi sayılabilir. Bu çevre sorunları nedeniyle, toprağın, suyun ve havanın kalitesi düşmekte, doğal hayat ve bölgenin ekonomik durumu olumsuz etkilenmektedir.

Sanayileşmenin sonucunda çevre kirliliği hızlı bir artış gösterse de, çevreyi koruma amacı olan çalışmalar da sürekli artmakta ve çeşitlenmektedir. Kaynakların kısıtlı olması nedeniyle, üretim maliyetini azaltmak ve sürdürülebilir üretim amacına yönelik olarak atık lastiklerin geri kazanılması gerekmektedir. Atık lastiklerin çimento üretimi sırasında alternatif yakıt olarak kullanılması ile atık lastikler enerji olarak geri kazanılmış olacak ve aynı zamanda bertarafı da gerçekleşmiş olacaktır.

Türkiye'de 53 entegre çimento fabrikasından 35'inde Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'ndan alınan izinler kapsamında, endüstriyel ve evsel atıklar, alternatif yakıt olarak kullanılmaktadır. Çimento fabrikalarında 2015 yılında yakılan atık lastiğin ve elde edilen enerji miktarları Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Türkiye'de 2015 yılında çimento fırınlarında yakılan atık ve elde edilen enerji miktarı (TÇMB, 2015)

Atık Türü	Miktar (Gg)	Ortalama Kalorifik Değer (Tj/Gg)	Toplam Kalorifik Değer (Tj)
Ömrünü tamamlamış lastikler	62,463	25,26	1.577,81538

Tablo 7'de görüleceği üzere 2015 yılında çimento fabrikalarının, toplam 62,463 Gg atık lastik yakılarak 1.577,81538 TJ enerji elde edilmiştir. Aynı enerjiyi elde etmek için yakılması gereken linyit kömürü miktarı;

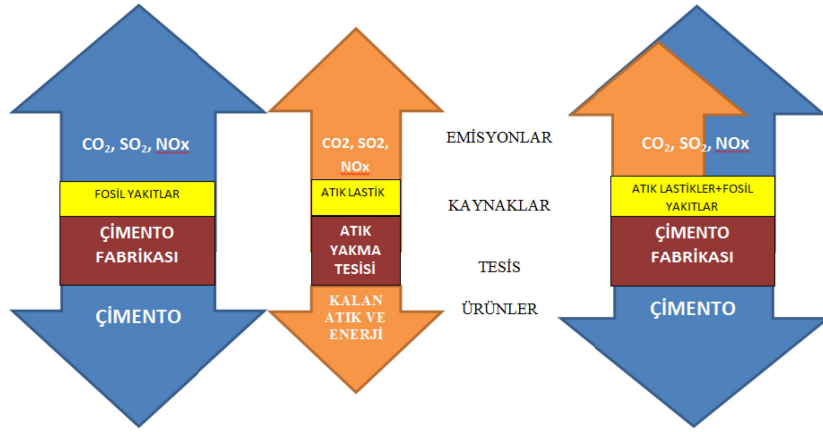
Linyit Kömürünün Kalorifik Değeri= 11,9 TJ/Gg (IPPC, 2006)

Linyit Kömürü=1.577,81538 [TJ] / 11,9 [TJ/Gg]=132,590 Gg x 10³ ton/Gg = 132.590 ton

Türkiye'de 2015 yılında çimento fırınlarında 62.463 ton atık lastik yakılarak 1.577,81538 TJ enerji elde edilmiştir. Bu enerji miktarı, 132.590 ton linyit kömüründen elde edilecek enerji miktarına denktir. Türkiye'de 2015 yılında çimento fırınlarında atık lastiğin yakılması ile 132.590 ton linyit kömüründen tasarruf edilmiştir.

5. ÖNERİLER VE TARTIŞMA

- ✓ Atık lastiklerin enerji geri kazanımı amaçlı beraber yakılması sonucu kurulum ve işletme maliyetleri ve çevresel etkileri var olan yakma tesislerinin kurulmasına ihtiyaç olmayacaktır, ayrıca yakma tesislerinden kaynaklanacak CO₂, SO₂ ve NO_x emisyonları engellenecektir.



Şekil 1. Çimento sektöründe fosil yakıt yerine atık kullanımının emisyonlara etkisi

- ✓ Çimentoda fırınlarının yüksek sıcaklık, yükseltgen ortam (alkalin ortam), uzun bekleme süresi gibi avantajları nedeni ile atık lastiklerin yakılması için tercih edilmektedir.
- ✓ Yanma odasındaki 8 saniyeden fazla bekleme süresi ile tam yanma sağlanmaktadır.
- ✓ Atık lastiklerin enerji geri kazanımında kullanılması atıkların minimizasyonu sağlanmaktadır.
- ✓ Çimento sektöründen kaynaklı CO₂ emisyonlarının hesaplanmasında sorumlu kılınan CO₂ değerine atıklardan kaynaklanacak CO₂ dahil edilmemelidir.
- ✓ Atıkların enerji geri kazanımında kullanılmasında mevzuatla getirilen ısı gücün %40'ı olan atık yakma oranı artırılmalıdır.
- ✓ Sanayide ithal yakıtlar kullanıldığından, fosil yakıtlar yerine atıkların kullanılması, enerji ithalatını düşürücü etki yapacaktır.
- ✓ Organik bileşenler tamamen parçalanır.
- ✓ Asit gazlar, kükürt oksitler ve hidrojen klorür, fırın beslemesindeki aktif kirecin oluşturduğu fazladan stokiyometri ile tamamen nötrale edilir.
- ✓ Ağır metaller oldukça stabil bağlantılar (metalik silikat oluşumu) ile klinker yapılarına yerleştirilir.
- ✓ Fırında yakıtlar ile hammaddeler bir arada kullanıldığı için ayrı bir kazanda enerji elde edilmesine ihtiyaç duyulmaz. Dolayısı ile oluşan tüm gazlar 1500°C'de yandığı için ayrıca baca gazı arıtımı (desülfürizasyon, gaz yıkayıcıları vb.) sistemlerine ve baca gazı arıtımından kaynaklanan atıksuyun arıtılmasına ihtiyaç duyulmaz.
- ✓ Atıkların çimento fabrikalarında, enerji üretiminde kullanılması sonucu yan ürünler ortaya çıkmaktadır. Çimento fabrikalarında, yanmadan sonra ortaya çıkan kül, yarı mamul olan klinker bünyesine katılmakta; katkının son ürün olan çimento üzerinde herhangi bir negatif etkisi bulunmamaktadır. Arazide depolanması gerekecek herhangi bir kül/cüruf atığı oluşmamaktadır. Bu anlamda çimento fabrikalarındaki atık bertaraf işlemleri bu soruna daha etkin bir çözüm getirmektedir.
- ✓ Türkiye'nin hemen her bölgesinde hali hazırda kurulu olan, ilave arıtma üniteleri gerektirmeyen, yanma sonucu ortaya çıkan baca gazı emisyonlarının sürekli ölçüm cihazları ile takip edildiği ve beraber yanma sonucunda herhangi bir atığın ortaya çıkmadığı çimento fabrikalarının atık geri kazanım potansiyelinden azami ölçüde yararlanılması ve atık yönetiminde çözüm ortağı olarak görülmesi gerekmektedir.
- ✓ Atıkların alternatif yakıt olarak kullanılması sonucunda kömür, petrokok, doğalgaz gibi fosil kaynakların korunması sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- 1) Adhikari, B., De, D. ve Maiti, S. Reclamation and Recycling of Waste Rubber, Progress in Polymer Science, 25, pp.909-948, 2000.
- 2) Ali, M. B., Saidur, R., & Hossain, M. S. A review on emission analysis in cement industries. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2011.
- 3) Atıkların Yakılmasına İlişkin Yönetmelik (AYİY), Resmi Gazete, 27721, 06.10.2010.
- 4) Carrasco F, Bredin N, Heitz M. Gaseous contaminant emissions as affected by burning scrap tires in cement manufacturing. J Environ Qual; 31(5):1484–90, 2002.
- 5) Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Türkiye Elektrik Enerjisi Talep Projeksiyon Raporu <http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FE%4%B0GM+Ana+Rapor%2FSGB-T%3%BCrkiye+Elektrik+Enerjisi+Talep+Projeksiyonu.doc> (18.05.2016)
- 6) Gönüllü, M.T., "Atık Lastiklerin Yönetimi", Katı Atık Geri Dönüşüm Teknolojileri Semineri, İSO, İstanbul, 2004.
- 7) Güçlüer, D., Batuk, F., "Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak Alanların CBS ÇÖKA Yöntemi ile Belirlenmesi" TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 13. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, Ankara, 2011.
- 8) IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, OCED, Paris, 2006.
- 9) İAOSB'de Plastik ve Kauçuk Sektörleri Mercek Altına Alındı, İzmir Atatürk Organize Sanayi Bölgesi Proje ve İş Geliştirme Birimi İAOSB Haber Dergisi, Sayı: Mayıs, 2012.
- 10) İş Bankası İktisadi Araştırmalar Bölümü, Türkiye'nin Enerji Görünümü, 2013, https://ekonomi.isbank.com.tr/userfiles/pdf/ar_13_2013.pdf, (28.05.2016).
- 11) Kaantee, U., Zevenhoven, R., Backman, R., & Hupa, M. Cement manufacturing using alternative fuels and the advantages of process modelling. Fuel Processing Technology, 85(4), 293-301, 2004.
- 12) Karaağaç B., Deniz, V., "Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Geri Kazanım Yöntemleri ve AB Uygulamaları", Atık Yönetimi Sempozyumu, Antalya, 2011.
- 13) Karel M.A., Blumenthal MH. Air regulatory impacts of the use of tire-derived fuel. Environ Prog., 20(2):80–6, 2001.
- 14) Larsen M., Recent Developments on the Operation of Cement Kilns - Alternative Fuels and Technology, 9th European Conference on Industrial Furnaces and Boilers, pp: 1-9, 1983.
- 15) Lastik Sanayicileri Derneği (Lasder), Temel Bilgiler-Hangi Lastikler "Ömrünü Tamamlamış Lastik"tir?, www.lasder.org.tr (28.05.2016).
- 16) Lemarchand D. Burning issues. Int Cem Rev:65–7, 2000.
- 17) Mokrzycki, E., & Uliasz-Bocheńczyk, A. Alternative fuels for the cement industry. Applied Energy, 74(1-2), 95-100, 2003.
- 18) Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin (ÖTL) Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete, 26357, 25.11.2006.
- 19) Prisciandaro M, Mazziotti G, Veglio F. Effect of burning supplementary waste fuels on the pollutant emissions by cement plants: a statistical analysis of process data. Resour Conserv Recycle; 39(2):161–84, 2003.
- 20) Satman, A., "Türkiye'nin Enerji Vizyonu", VII. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 2007.
- 21) Schrama H, Blumenthal M, Weatherhead EC. A survey of tire burning technology for the cement industry. In: IEEE Cement Industry Technical Conference, San Juan, Puerto Rico, June 4–9, 1995.
- 22) Silvestraviciute I, Karaliunaite I. Comparison of end-of-life tyre treatment technologies: life cycle inventory analysis. Environ Res, Eng Manage; 35(1):52–60, 2006.
- 23) Sugözü, İ. Mutlu İ., Atık Taşıtların Lastikleri ve Değerlendirme Yöntemleri Teknik Not, Taşıtların Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 1, No: 1, (35-46), 2009.
- 24) Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği, İstatistikler, Atık Kullanım Miktarları, 2015.
- 25) Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği (TÇMB), İstatistikler, 2015 Kapasite Miktarları <http://www.tcma.org.tr/index.php?page=icerikgoster&menuID=50> (28.05.2016).
- 26) Türkiye İstatistik Kurumu Haber Bülteni, Nüfus Projeksiyonları 2013-2075, Sayı: 15844, 2013.
- 27) Türk Plastik Sanayicileri Araştırma Geliştirme ve Eğitim Vakfı (PAGEV), Dünya ve Türkiye 2010 yılı Kauçuk Sektör Raporu, 2010.
- 28) Vahapoğlu, V. KSÜ. Fen ve Mühendislik Dergisi, 9(1), 44-55, 2006.
- 29) Ünlü, H., Otomotiv Endüstrisinde Oluşan Tehlikeli Atıkların Geri Kazanım, Y. Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2006.