



ATIK LASTİKLERİN İNŞAAT SEKTÖRÜNDE DEĞERLENDİRİLMESİ

THE EVALUATION OF WASTE TYRES IN CONSTRUCTION SECTOR

Mehmet EMİROĞLU ^a, Servet YILDIZ ^b

^a Düzce Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Düzce, Türkiye, mehmetemiroglu@duzce.edu.tr

^b Fırat Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, Yapı Eğitimi Bölümü, Elazığ, Türkiye, syildiz@firat.edu.tr

Özet

Kauçuktan üretilen araç lastikleri, kullanım ömrünü tamamladıktan sonra atık olarak büyük bir çevresel sorun haline gelmektedir. Kullanım ömrünü tamamlamış taşıt lastiklerinin kendiliğinden yok olması için uzun yıllar geçmekte, böylece çevre ve insan sağlığı açısından büyük bir tehdit unsuru olmaktadır. Giderek önemli bir çevresel sorun haline gelen atık lastiklerin, hammaddenin en çok tüketildiği sektörlerden birisi olan inşaat sektöründe yeniden kullanılması, çevresel korunum, sürdürülebilirlik ve ekonomik kazanım açısından önemlidir. Bu çalışmada, gün geçtikçe artmakta olan atık lastiklerin geri dönüşüm olanakları incelenmiş ve özellikle inşaat sektöründe kullanım olanakları tartışılmıştır.

Anahtar kelimeler: Atık lastikler, Atık yönetimi, Kaynakların korunumu, İnşaat sektörü

Abstract

After fulfilling their useful life the vehicle tires produced with the rubber is becoming a major environmental problem. It is necessary many years for self-destruction spontaneously these vehicle tires, so they are cause a major threat in terms of environmental and human health. Reuse the waste vehicle tires became increasingly important environmental problem in construction sector which is one of the most consumed of the raw materials is very important in terms of environmental protection, sustainability and economic gains. In this study, recycling facilities of the waste vehicle tires were researched and use facilities were discussed especially in the construction sector.

Keywords: Waste tires, Waste management, Conservation of resources, Construction Sector

1. Giriş

Üretim ve kullanım faaliyetleri sonucu ortaya çıkan, insan ve çevre sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesi sakıncalı olan her türlü maddeye atık denilmektedir [1, 2].

Cam şişeler, plastik içecek ve yemek kapları, teneke kutular, kereste atıkları, mobilya döşeme atıkları, ezilmiş seramikler ve camlar, atık beton kütipleri, atık araç lastikleri gibi malzemeler çevremizde en sık karşılaştığımız katı atıklar arasında yer almaktadır. Tekerleğin Sümerler tarafından icadından bugüne kadar beş bin yıldan fazla bir süre geçmiştir. Lastik üretimi, kauçuğun 18. yüzyılda bulunması ile hızlanmış ve günümüzde üst seviyeye gelmiştir. Avrupa ve Amerika'da çok daha önceden atık lastiklerin geri kazanımı ile alakalı yönetmelikler çıkarılmasına rağmen, "Ömrünü Tamamlamış Lastiklerin Kontrolü Yönetmeliği" ülkemizde 2006 yılında yürürlüğe girmiştir [1-3].

Atık lastikler, yerel yönetimlerin elle kontrol etmekte zorlandıkları özel atıklar arasında yer almaktadırlar ve stoklandığı bölgelerde insan sağlığı problemlerine, çevresel ve estetik problemlere neden olmaktadır [3].

Sanayileşmenin ve gelişmişliğin değerlendirme kriterlerinden birisi de inşaat sektörünün büyüklüğüdür. İnşaat sektörü hammadde ihtiyacını bölge sınırları içinden karşılayarak birçok sektörün tetikleyicisi olmakta ve sanayileşme sürecinde imveyi arttırmaktadır. İnşaat sektörünün ihtiyacı olan doğal taşlar; çimento hammaddeleri (kireçtaşı, alçıtaşı ve alçı), yapı malzemeleri (tuğla, kiremit toprakları) ve agrega (kireçtaşı, kum-çakıl, mıcır) olarak sınıflandırılabilir [4]. Hiç şüphe yoktur ki hammaddenin en çok tüketildiği sektörlerden birisi de inşaat sektörüdür. Hammaddenin bu kadar çok tüketildiği bir sektör için alternatif kaynak arayışları son yıllarda hızla artış göstermiştir.

Bu çalışmada, gün geçtikçe artmakta olan atık lastiklerin geri dönüşüm olanakları incelenmiş ve özellikle inşaat sektöründe kullanım olanakları tartışılmıştır.

2. Lastik Üretimi ve Çevresel Sorunlar

2.1. Lastik Üretimi

Lastik üretimi, kauçuğun 18. yüzyılda bulunması ile hızlanmış ve günümüzde üst seviyeye gelmiştir. 1736-1774 yılları arasında Güney Amerika'da incelemeler yapmak için bulunan bir Fransız bilim adamı, yerlilerin hevea adını verdikleri ağaçtan bir sıvı elde ettiklerini kaydetmiştir. Amazon sakinleri bu ağaca Kao (odun) OÇu (sızan-ağlayan) diyorlardı. kauçuk buradan türemiştir. Kauçuk hammaddesine dayalı ilk uygulamalar iki Fransızın silgi imal ederek piyasaya sürdükleri 1770 yılında başlar [5].

Avrupa'da kauçuk ilk defa 18. yüzyılda ortaya çıkmış ve silgi, yapışkan ve hortum yapımında kullanılmıştır. Materyalin ekonomik olması geçtiğimiz yüzyıl ortalarında Charles Goodyear tarafından vulkanizasyon'un (yakma) kesfi ile olmuştur. Kükürtle ısıtılınca yapışkan ve gevsek malzeme, sert ve elastik hale gelmiş böylece otomobil tekerleklerini kaplayan ve birçok avantajı beraberinde getiren lastik üretimi mümkün olmuştur. Otomobil lastikleri önceleri dolgu şeklinde yapılmaktayken daha sonra ise basınçlı hava içeren şekilde yapılmaya başlanmış ve bu lastikler genelde kauçuk yanında çelik tel, tekstil elyafı ve az miktarda kurum, yağ, reçine ve çinko oksitleri içermektedirler [6]. Günümüzde lastik üretiminde kullanılan tipik malzemelerin listesi Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Lastik üretiminde kullanılan tipik malzemeler.

1. Sentetik Kauçuk
2. Doğal Kauçuk
3. Sülfür ve Sülfür Bileşikler
4. Fenolik Reçine
5. Yağ
 - Aromatik
 - Naptenik
 - Parafinik
6. Kumaş
 - Polyester
 - Naylon
7. Petrol Mumları
8. Pigmentler
 - Çinko oksit
 - Titanyum dioksit
9. Karbon Siyahı
10. Yağ Asitleri
11. Atık malzemeler
12. Çelik teller

2.2. Atık Lastik Sorunu

Lastik diş dibi derinliği 1.6 mm oluncaya kadar güvenle kullanılabilir. Bu nedenle diş derinliği 1.6 mm'den büyük olan lastikler kısmen aşınmış lastikler olup, her türlü ticareti serbesttir. Birçok lastik üzerindeki tırtıkları aşınmadan atılmaktadır. Bunlarda depolarda artarak yığılmaktadır. Ülkemizde kullanım ömrünü tamamlamış atık lastiklerin yıllık miktarı 180 bin ton olarak bildirilmektedir [7]. Atık lastikler, yerel yönetimlerin elle kontrol etmekte zorlandıkları özel atıklar arasında yer almaktadır. Bu nedenle, atık lastikler, stoklandığı bölgelerde insan sağlığına zarar vermekte ve çevresel-estetik problemlere neden olmaktadır [8]. Hızla büyüyen atık lastik stokları, Dünya'da olduğu gibi Ülkemizde de büyük bir çevresel sorun haline gelmektedir. Lastiklerin kompleks yapısı, geri kazanımını zorlaştırmaktadır. Lastiklerin ana yapısı olan kauçuk, kimyasal olarak çapraz bağlı bir polimer olduğundan dolayı doğada kendi başlarına eriyebilme ya da çözülebilme özelliği göstermezler. Sonuç olarak başka şekillere sokulması oldukça zordur. Bu nedenle kullanım ömrünü tamamlamış taşıt lastiklerinin kendiliğinden yok olması için uzun yıllar geçmekte, böylece çevre ve insan sağlığı açısından büyük bir tehdit unsuru olmaktadır [3].

Lastik atıklar diğer atıklardan ayrı olarak depolandığı zaman, tehlikeler daha belirgin hale gelmektedir. Bütün halindeki parçalanmamış lastikler arasında, yangın başlamasına (Şekil 1) neden olabilecek yeterli oksijen bulunur. Yangın olduğunda, lastik yığınları aylarca sürebilecek yanmaya ve toksik yağların toprağa, oradan da yeraltı suyuyla geçmesine neden olmaktadır. Bütün bu olumsuz özelliklere ek olarak, lastik yığınları sivrisinek ve kemirgenler için ideal bir yetiştirme ortamı sağlamaktadır [9].



Şekil 1. Atık lastiklerin oluşturduğu yangın tehlikesi [9].

Atık lastikler kimyasal olarak kararlı olmaları nedeniyle toksik etki göstermemelerine rağmen açık havada kontrolsüz olarak yakılmaları sonucu hava, su ve toprak kirliliğine yol açarak çevre için önemli bir sorun teşkil ederler. Çünkü yanma sırasında siyah duman, uçucu organik bileşenler, dioksinler ve karbon monoksit, mono ve poliaromatik hidrokarbon açığa çıkar. Fenoller, poliaromatik hidrokarbonlar, çinko ve demir içeren metaller yeraltı sularına ve nehirlere sızabilirler. Yangını kontrol etmede kullanılan su ve yağmur suyu da bu kirlenmelerin toprağa geçmesine ya da civardaki su kütlelerine akmasına neden olabilirler [9].

Ayrıca atık lastik yığınları ve depoları, lastik boşluklarında yağmur suyunu tutarak, belirli iklim koşullarında hastalıkları insanlara taşıma riski olan sivrisinekler ve benzer böcekler için uygun ortam oluşturmaları [3].

3. Atık Lastiklerin Yönetimi

Atık lastiklerin yönetimi için günümüze kadar çeşitli yöntemler kullanılmıştır. Bu yöntemlerden, atık lastikleri bazı plastik ürünlerde kullanmak amacıyla yeniden değerlendirmek, çimento fabrikalarında ve enerji santrallerinde enerji elde edebilmek için yakıt olarak kullanmak, erozyondan korunmak amacıyla setler oluşturmak, asfalt kaplamada ve beton içerisinde agrega olarak kullanmak en yaygın çözümler arasında yer almaktadır. Atık lastiklerin bulundukları şekle göre sık kullanım alanları Çizelge 2'de özetlenmektedir [10].

Çizelge 2. Atık lastiklerin bulundukları şekle göre sık kullanım alanları

Lastik Şekli	Kullanım Alanları
Bütün Lastikler	Yapay kayalar ve dalgakıranlarda, oyun sahası donanımında, erozyon kontrolünde, anayollarda gürültü bariyeri olarak
Yırtılmış Lastikler	Zemin paspaslarında, contalarda, ayakkabı tabanlarında, tersane tamponlarında, dolgu olarak, yalıtım olarak kullanılırlar.
Parçalanmış Lastikler	Hafif yol yapım malzemesi olarak, oyun sahası çakıl malzemesi olarak, bataklık ıslahında.
Öğütülmüş Lastikler	Kauçuk ve plastik ürünlerde, demiryolu geçitlerinde, asfalt kaplamalarda katkı malzemesi olarak kullanılırlar.

Atık lastiklerin bertaraf edilmesi için çeşitli yöntemler belirlenmiştir bunlar: yeniden kaplama, geri kazanma, enerji elde edilmesi, depolarda biriktirme ve ihracat olarak sıralanabilir.

Hurda lastiklerin geri kazanılması yöntemleri günümüzde giderek çeşitlenerek yaygınlaşmaktadır. Hurda lastiklerin geri kazanılması bütün halden toz hale kadar, çeşitli boyutlar için yapılmaktadır [11]. Atık lastiklerin inşaat sektöründe değerlendirme yöntemleri ise şöyle sıralanabilir: enerji elde edilmesi için çimento fabrikalarında yakılması, asfalt ve beton agregası olarak kullanımı, dolgu malzemesi olarak değerlendirilmesi, dalgakıranlarda, güvertelerde ve demiryolu balastlarında şok emici olarak ve binalarda deprem izolatörü olarak değerlendirilmesi gibi [3].

3.1. Lastiklerin Enerji Elde Etmek Amacıyla Yakılması

Atık lastiklerin 454 gramında yaklaşık 1266-1688 kJ enerji bulunmaktadır. Bu değer kömürden biraz daha yüksek bir değerdir. Atık lastikler enerji ihtiyacı olan santrallerde ve bazı fabrikalarda yakılmak suretiyle enerji elde edilmesinde kullanılabilmektedirler. Ancak bu yöntemin çevre kirliliği açısından sakıncaları bulunmaktadır.

Atık lastikler:

- Enerji santrallerinde,
- Lastik üretim fabrikalarında,
- Çimento fırınlarında,
- Selüloz ve kâğıt fabrikalarında ve
- Küçük üniteli buhar jeneratörlerinde enerji ihtiyacı için yaygın olarak kullanılmaktadır [10].

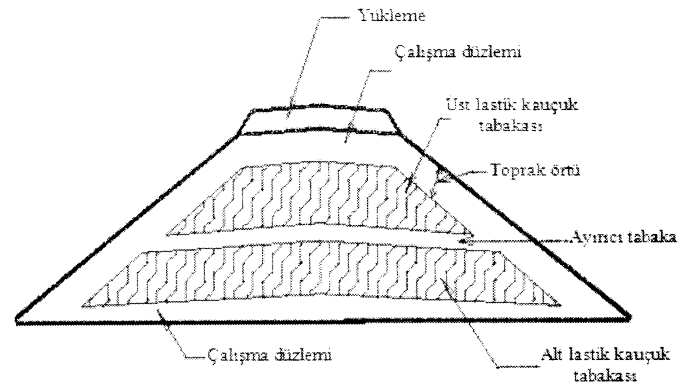
3.2. Lastiklerin Şok Emici Olarak Kullanımı

Bütün lastikler ile yapay kayalar, deniz duvarları ve dalgakıranlar oluşturulabilir. Hem deniz hem de tatlı su limanlarında, lastikler bot siperleri olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca atık lastikler, eğimli arazilerde teras yapımında, spor alanlarında, tartan pist ve tenis kortu yapımında, oyun bahçeleri düzenlemesinde, termoplastik ve plastik karışımlarda yaygın bir biçimde kullanılmaktadır [10].

Doğu ve Batı deprem kuşaklarının kesişim noktalarında yer alan Türkiye'deki konutların çoğunluğunu oluşturan yığma yapıların kullanılmış otomobili lastikleri yardımıyla sürdürülebilir ve gerçekleştirilebilir bir şekilde depreme karşı dayanıklı hale getirilmesi amacıyla, kullanılmış lastiklerle takviye edilmiş yığma yapı duvarları depreme karşı güçlendirilmiştir. Yapılan bu çalışmada, yığma duvarları, araba lastiği ile ard-germe uygulanarak güçlendirilmiştir. Çalışmada, hazırlanan 1:1 ölçekli deney için ön data ve önemli parametrelerin tespit edilmesini amaçlanmıştır. 1:10 ve 1:1 deney sonuçlarının (numunelerin göçmeye uğradığı ivmeler, yıkılma ve hasar türleri, deney numunelerinin gösterdiği davranış farklılıkları gibi) uyum içinde olduğu bildirilmiştir [12].

3.3. Lastiklerin Dolgu Malzemesi Olarak Kullanılması

Atık lastikler düşük birim ağırlıkları sebebiyle mühendislik uygulamalarında hafif agrega gibi değerlendirilmekte ve dolgu malzemesi olarak toprak setlerde, istinat duvarlarında ve zemin dolgularında kullanılmaktadır. Atık lastikler düşük birim ağırlıkları (zeminlerin 1/3'ü kadar), iyi ısı yalıtımı (zeminin 8 kat daha iyi), iyi drenaj kabiliyeti (10 kez daha iyi) ve sıkıştırılabilirlik gibi özelliklerinden dolayı mühendislik uygulamalarında kullanılmaktadır [13]. Atık lastiklerin dolgu olarak kullanılmasıyla ilgili bir örnek Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Atık lastiklerden toprak set oluşturulması.

Zayıf zeminlerde, toprak setlerde, heyelan stabilizasyonunda, istinat duvarları ve köprü ayaklarında dolgu malzemesi olarak atık lastikler kullanılmaktadır [14].

3.4. Lastik Agregalı Asfalt Üretimi

Asfalt betonu içerisinde atık lastik kullanımı ilk başlarda oldukça ümit vericiydi. Yapılan çalışmalarda, lastikli asfaltların normal asfalta oranla daha iyi kama direnci gösterdiği, kırılma çatlaklarını azalttığı ve kaplama ömrünü artırdığı bildirilmiştir. Fakat, lastikli asfaltın ilk maliyeti geleneksel asfalta göre %40 ile %100 oranında daha fazla olduğu ve uzun süreli davranışı hakkında kesin bilgilerin olmadığı sonucuna varılmış ve yapılan çalışmalar giderek azalmıştır [15, 16].

3.5. Lastik Agregalı Beton Üretimi

Son zamanlarda atık lastiklerin beton içerisinde agrega olarak değerlendirilmesi hakkında çeşitli çalışmalar yürütülmektedir. Beton karışımındaki normal agreganın hacimsel olarak atık lastiklerle yer değiştirilmesi şeklinde masraflı az olan bir yöntem, kauçuklu beton üretimi için kullanılmaktadır.

Kauçuklu beton geleneksel betona göre daha düşük birim ağırlık, yüksek tokluk ve yalıtım özelliği gibi avantajları ile öne çıkmaktadır. Fakat lastik miktarı arttıkça basınç dayanımında bir düşüş meydana gelmektedir. Yapılan çalışmalar, lastik boyutunun ve miktarının artmasıyla dayanımın azaldığını göstermiştir [16-18]. Beton içerisinde ince öğütülmüş atık lastik parçacıkları kullanılmasıyla, betonun çekme ve basınç dayanımında bir azalma meydana gelmekte ancak sıcaklıktan kaynaklanan büzülme çatlakları büyük ölçüde azalmaktadır. Ayrıca kauçuklu betonların titreşim ve darbelerle karşı büyük ölçüde dayanım kazandığı da bilinmektedir [19-22]. Li ve arkadaşları, elde ettikleri kauçuklu betonların, düktil bir kırılma sergilediğini, basınç-eğilme yükleri altında daha fazla enerji soğurduğunu ve iyi bir titreşim yalıtımı sağladıklarını kaydetmişlerdir [23]. Khatib ve Bayomy beton içerisinde ince ve iri agrega yerine iki farklı boyutta lastik agrega kullanıldığında lastik agregalı betonun dayanımını azalttığını, buna karşın tokluğunu arttırdığını belirlemişlerdir [18]. Oliveras ve arkadaşları ortalama uzunlukları 12.5 mm olan atık lastik ve polipropilen lif kullanımının lastik agregalı betonların basınç dayanımlarını azalttığını belirlemişlerdir [24]. Segre ve Joekes atık lastik tozlarını sodyum hidroksit çözeltisi içerisinde yüzey işleme tabi tutarak beton içerisinde kullanmışlar ve ürettikleri lastik agregalı betonların basınç dayanımları ile tokluklarının arttığını kaydetmişlerdir [25]. Güneyisi ve arkadaşları yaptıkları çalışmada, silika katkı ve silika katkısız lastik agregalı betonun mekanik özelliklerini belirlemişler ve silika füme katkısının lastik agregalı betonun basınç dayanımındaki düşüş oranını azalttığını kaydetmişlerdir [26].

Çizelge 3, farklı uygulamalar için hafif beton dayanım kriterlerini özetlemektedir [27]. Yapılan çalışmalar, beton içerisinde yaklaşık %20 lastik agrega kullanımı ile taşıyıcı hafif beton üretiminin söz konusu olduğu, yaklaşık %60 lastik agrega kullanımı ile de orta dayanımlı hafif beton üretiminin mümkün olacağını ve dayanımın ikinci planda olduğu uygulamalarda bu tür betonların kullanılabilirliğini göstermiştir.

Çizelge 3. Hafif Beton Karakteristikleri.

Beton Sınıfı	Yoğunluk (kg/m ³)	Minimum Dayanım (MPa)
Taşıyıcı Hafif Beton	1350-1900	17
Orta Dayanımlı Beton	1900-800	7-17
Düşük Dayanımlı Beton	300-800	Yapısal olmayan amaçlarla kullanılır (Yalıtım panelleri, kaplamalar, bloklar vs.)

4. Sonuç

Sanayileşmenin bir ürünü olarak ortaya çıkan atık lastikler, günümüzde atılan doğru adımlarla çevresel bir tehdit olmaktan çıkmış ve atık lastiklerin yönetimi konusunda çalışmalar hız kazanmıştır. Ancak yine de alınan önlemlere rağmen atık lastik oluşum miktarının önüne geçilememekte ve bu atıkların bertaraf edilmesi için yeni yöntem arayışları devam etmektedir. Yapılan bu çalışma, atık lastiklerin hammadde ihtiyacının çok fazla olduğu inşaat sektöründe kullanım olanaklarını ortaya koymuştur.

Bu atıkların enerji ihtiyacı olan santrallerde ve fabrikalarda yakılması ile enerji elde edilse de ortaya çıkan zehirli gazlar ve hava kirliliği gibi nedenlerle uygun bir bertaraf yöntemi olmadığı açıktır. Özellikle zemin dolgu malzemesi olarak ya da yüksek dayanımın istenmediği beton uygulamalarında parçalanmış atık lastik kullanımı, çevresel korunum, sürdürülebilirlik ve ekonomik kazanım açısından önemli büyüktür.

Beton içerisinde agreganın hacimsel olarak %60-%75 oranında yer kapladığı bilinmektedir. yeni deprem yönetmeliğinde yapı kalitesinin yükseltilmesi ve depreme dayanıklı yapı tasarımı için deprem bölgelerinde kullanılacak en düşük beton dayanım sınıfını C 20 olarak belirlemiştir. Türkiye Hazır Beton Birliği verilerine göre, ülkemizde düşük dayanımlı (≤ 20 MPa) beton üretimi yılda yaklaşık 70 bin m³'tür. Sadece beton agregası için tahmin edilen bu veriler dikkate alındığında, hammaddenin en çok tüketildiği sektörlerden biri olan inşaat sektöründe atık lastiklerin yeniden değerlendirilmesinin çevresel korunum, sürdürülebilirlik ve ekonomik kazanım açısından önemini ortaya koymaktadır.

Kaynaklar

[1]. <http://www.cevreonline.com/atik2/atikyondedir.htm> (22 Şubat 2010)

- [2]. Emiroğlu, M., Yıldız, S. ve Keleştemur, M. H., "Katı Atıklarla Elde Edilmiş Betonlarda Dayanım Azalma Faktörünün Belirlenmesi", 5. *Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (İATS'09)*, Karabük Üniversitesi, 2147-2149, (2009).
- [3]. Emiroğlu, M., "Atık Taşıyıcı Lastiğin Beton İçerisinde Kullanımı Ve Betonun Karakteristiklerine Etkisi" Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yapı Eğitimi Anabilim Dalı, Elazığ, Türkiye, (2006), (Danışman: S. Yıldız).
- [4]. Konak, G., Onur, A. H. ve Karakus, D., "İnşaat Sektörünün İhtiyacı Olan Agreganın İşletilmesi ve Kentsel Faydaları", TMMOB İzmir Kent Sempozyumu, 229-236, (2009).
- [5]. Batır, B., "Türkiye İçin Kullanılmış Lastik Yönetimi Araştırması", Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 2002, (Danışman: İ. Demir).
- [6]. <http://www.bcm.org.tr/pdf/lastiklerin%20geri%20kazanimi.pdf> (22 Şubat 2010).
- [7]. <http://www.lasder.org.tr/tr03.asp> (22 Şubat 2010).
- [8]. DPT, "Kauçuk Ürünleri Sanayi Özel İhtisas Komisyonu Raporu", Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı, Ankara, Türkiye, (2001).
- [9]. <http://osfm.fire.ca.gov/codedevelopment/pdf/tirefire/TPFRReportFinal.pdf> (22 Şubat 2010).
- [10]. <https://www.rma.org/getfile.cfm?ID=985&type=publication> (22 Şubat 2010).
- [11]. Gönüllü, M. T., "Atık Lastiklerin Yönetimi", *Katı Atık Gari Dönüşüm Teknolojileri Semineri*, ISO, İstanbul, (2004).
- [12]. Korkmaz, S. Z., Korkmaz, H. H. ve Türeci, A., "Kırsal kesim konutlarının kullanılmış araba lastiği ile ard-germe uygulayarak güçlendirilmesi", *Deprem Sempozyumu Kocaeli 2005*, Kocaeli Üniversitesi, 1002-1003, (2005).
- [13]. Ameri, T., Nicolas, J. T. and Iddo, K. W., "Resource Recovery from Rubber Tires", *Resources Policy* 25, 179-188, (1999).
- [14]. Humphrey, D. N., "Civil Engineering Application Of Tire Shreds", *The Tire Industry Conference*, 1-16, (1999).
- [15]. Nehdi, M. and Khan, A., "Cementitious Composites Containing Recycled Tire Rubber: An Overview of Engineering Properties and Potential Applications", *Cement and Concrete Aggregates*, Vol. 23, No. 1, June pp. 3-10, (2001).
- [16]. Emiroğlu, M., Yıldız, S. ve Özgan, E., "Lastik Agregalı Betonlarda Elastisite Modülünün Deneyel ve Teorik Olarak İncelenmesi", *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, Cilt 24, No 3, 469-476, (2009).
- [17]. Topcu İ. B., "Assessment of brittleness index of rubberized concretes", *Cern. Concr. Res.*, 27 (2) 177-183, (1997).
- [18]. Khatib Z.K., Bayomy F.M., "Rubberized Portland cement concrete", *J. Mater. Civ. Eng.*, 11 (3) 206- 213, (1999).
- [19]. Turgut, P., Yeşilata, B. ve İşiker, Y., "Kompozit Yapı Malzemelerinde Isıl Özellik Ölçümü-2: Hurda Lastik Katkılı Betonlar İçin Ölçüm Sonuçları", *Mühendis ve Makina*, 48 (565), 33-39, (2007).
- [20]. Topcu, İ.B., "The Properties of Rubberized Concretes", *Cement and Concrete Research*, 34, 304-310, (1995).
- [21]. Topcu, İ.B. ve Avcular, N., "Collosion Behaviours of Rubberized Concretes", *Cement and Concrete Research*, 27, 1893-1898, (1997).
- [22]. Topcu, İ.B. ve Avcular, N., "Analysis of Rubberized Concrete as a Composite Material", *Cement and Concrete Research*, 27, 1135-1139, (1997).
- [23]. Li, Z., Li, F. and Li, J. S. L., "Properties of concrete incorporating rubber tyre particles", *Magazine of Concrete Research*, 50, 297-304, (1998).
- [24]. Hernáandez-Olivares, F., Barluenga, G., Bollati, M. and Witoszek, B., "Static and dynamic behavior of recycled tyre rubber-filled concrete", *Cement and Concrete Research*, 32 (10) 1587-1596, (2002).
- [25]. Segre N., Joekes I., "Use of tire rubber particles as addition to cement paste", *Cement and Concrete Research*, 30 (9) 1421-1425, (2000).
- [26]. Güneyisi, E., Gesoğlu, M. and Özturan, T., "Properties of Rubberized Concretes containing Silica Fume", *Cement and Concrete Research*, 34, 2309-2317, (2004).
- [27]. Neville, A. M., "Properties of Concrete", ISBN / ISSN: 0-582-23070-5. John Wiley & Sons, Inc. New York, (2002).