

Araştırma Makalesi / Research Article

**Etilen Vinil Asetat (EVM) ve Etilen Propilen Dien (EPDM) Karışımlarına Eklenen
Huntit/Hidromanyezit'in Etkilerinin İncelenmesi**

Ezgi ERBEK CÖMEZ^{1*}, Selda ÖZTÜRK²

¹ Haksan Otomotiv Mamulleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye,

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-6283-6960>, ezgi.erbek@haksanotomotiv.com

² Haksan Otomotiv Mamulleri Sanayi ve Ticaret A.Ş., Bursa, Türkiye

ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-4719-790X>, selda.ozturk@haksanotomotiv.com

Geliş/ Received: 25.10.2021;

Kabul / Accepted: 02.03.2022

ÖZET: Kauçuk parçalar günümüzde birçok sektörde gerek fonksiyonel özellikleri gerekse üretim kolaylıklarından dolayı tercih edilen malzemelerdir. Geniş bir kullanım alanına sahip olan bu kauçuk parçaların özellikleri de birbirinden farklıdır. Her kauçuğun kendine ait bazı avantaj ve dezavantajları vardır. Bu yüzden değişik uygulama yollarına başvurulmaktadır. Bunlardan bir tanesi kauçuğun dezavantajlarını azaltmak veya tamamen ortadan kaldırmak için polimerin karıştırılması veya polimerlere katkı maddesi ilavesi yapılmasıdır. Bu çalışmada Etilen Propilen Dien (EPDM) kauçuğunun zayıf yönlerinden yanma eğilimini azaltmak ve test yağlarına olan dayanımını arttırmak için Etilen Vinil Asetat (EVM) kopolimeri ile EPDM kauçuğu belirli oranlarda karıştırılmıştır. Bu karışımlara alev dayanıklılığını arttırmak için farklı miktarlarda Huntit ($Mg_3Ca(CO_3)_4$) ile Hidromanyezit ($Mg_5(CO_3)_4(OH)_2.4H_2O$) birleşimi (HMCC) eklenmiştir. Oluşan karışımların reolojik ölçümleri yapılmış, viskozite, sertlik, kopma mukavemeti, uzama, % modülüs, yoğunluk, kül tayini, yatayda yanma testi, aromatik sıvılarda şişme testi ve FTIR analizleri yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda EVM'nin EPDM ile karışması EPDM reçeteleri üzerinde viskoziteyi düşürücü etkisi olduğu bulunmuştur. Ayrıca karışım hamurlarının mekanik özelliklerinde kısmen iyileşme görülmüştür. Yatay düzlemde yapılan yanma testinde EVM'nin EPDM'e direkt katkısı gözlemlenmemiştir. Buna karşın reçete içeriğindeki HMCC miktarının artmasıyla yatay yanmaya karşı gösterilen direncin arttığı görülmüştür. Test sıvılarındaki şişme analizleri için IRM 901 ve IRM 903 yağları baz alınmıştır. Bu sıvılarda yapılan yaşlandırma sonrası şişme ölçümlerinde yağlara karşı dirençsiz olan EPDM kauçuğu üzerinde EVM'nin olumlu etkisi fark edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: EPDM, EVM, Huntit, Hidromanyezit, Polimer karışımları.

*Sorumlu yazar / Corresponding author: ezgi.erbek@haksanotomotiv.com

[Bu makaleye atıf yapmak için / To cite this article](#)

Erbek Cömez, E., Öztürk, S. (2022). Etilen Vinil Asetat (EVM) ve Etilen Propilen Dien (EPDM) Karışımlarına Eklenen Huntit/Hidromanyezit'in Etkilerinin İncelenmesi. Journal of Materials and Mechatronics: A (JournalMM), 3(1), 33-49.

Investigation of the Effects of Huntite/Hydromagnesite Added to Ethylene Vinyl Acetate (EVM) and Ethylene Propylene Diene (EPDM) Mixtures

ABSTRACT: The rubber parts are preferred materials in many sectors today due to their functional properties and easy production process. The properties of these rubber parts, which have a wide usage area, are also different from each other. Each rubber has its own advantages and disadvantages. That's why, different application methods are used. One of them is mixing the polymer or adding additives to the polymers in order to reduce or completely eliminate the disadvantages of rubber. In this study, Ethylene Vinyl Acetate (EVM) copolymer and EPDM rubber were mixed in certain proportions in order to reduce the burning tendency of the weak aspects of Ethylene Propylene Diene (EPDM) rubber and to increase its resistance to test oils. Different amounts of Huntite ($Mg_3Ca(CO_3)_4$) and Hydromagnesite ($Mg_5(CO_3)_4(OH)_2 \cdot 4H_2O$) combination (HMCC) were added to these mixtures to increase flame resistance. The rheological measurements of the resulting mixture, viscosity, hardness, tensile strength, elongation, % modulus, density, ash determination, horizontal burning test and swelling test in aromatic liquids and FTIR analysis were made. It has been found in studies that because of mixing EVM and EPDM, EVM has a viscosity-lowering effect on EPDM. In addition, a partial improvement was observed in the mechanical properties of the mixing compounds. On the other hand, it was observed that the resistance to horizontal burning increased with the increase in the amount of HMCC in the recipe. IRM 901 and IRM 903 oils are based on swelling analyzes in test fluids. In the swelling measurements made after aging in these liquids, the positive effect of EVM on EPDM rubber, which is not resistant to oils, was noticed.

Keywords: EPDM, EVM, Huntite, Hydromagnesite, Polymer blends.

1. GİRİŞ

Kauçuk, ilk olarak Güney Amerikalıların Hevea Brasiliensis ağacının lateksinden ayakkabı imalatı için kullanılmıştır. Daha sonra Kristof Kolomb'un Amerikayı keşfiyle kauçuğun Avrupa'ya yolculuğu başlamıştır. Yapışkanlığı ve sıcaklık değişiminde ürün yapısındaki dalgalanmadan dolayı performansı zayıf olan kauçuk, Avrupa'da sadece kayış imalatında kullanılmaya başlamıştır. 1839 yılında Charles Goodyear kauçuğu geniş bir sıcaklık aralığında özelliklerini koruyabilen elastik bir malzeme haline getiren vulkanizasyonu keşfetmiştir (Kalle ve ark., 2007). Kauçuklarda vulkanizasyonun keşfiyle kauçuk parçalar hayatımızda büyük öneme sahip hale gelmiştir. Bu durum farklı olayların gelişmesine de sebep olmuştur. Doğal olarak ağaçtan elde edilen kauçuğun yanında laboratuvar ortamında ihtiyaçlar doğrultusunda geliştirilen kauçuklar da hayatımıza girmiştir. Günümüzde otomotiv, beyaz eşya, inşaat gibi sektörlerde kauçuk malzemelerin kullanımı yaygın hale gelmiştir. Geniş bir sektör aralığında kullanılan bu kauçuklar farklı ihtiyaçlara göre farklı türlerde kullanılabilir. Etilen Propilen Dien Monomer olarak adlandırılan EPDM kauçuğu da en çok kullanılan kauçuk tiplerindedir (Winspear, 1958). Etilen-propilen kauçukları çoğunlukla Ziegler-Natta tipi katalizörler ile çözelti polimerizasyonu ile üretilmektedir (Kalle ve ark., 2007). EPDM elastomerlerin ozon ve hava direnci, ısı direnci, düşük sıkıştırma seti, düşük sıcaklık esnekliği, yüksek kopma ve yırtılma mukavemeti, aşınma direnci gibi benzersiz özellikleri ve diğer kauçuklara kıyasla nispeten büyük miktarlarda dolgu maddesi kabul etme yeteneği ve fiziksel özellikleri, bu elastomer için geniş bir uygulama yelpazesine fayda sağlamaktadır (Winspear, 1958). Ayrıca EPDM kauçuk alev altında yanma davranışı göstermesine karşın alev geciktirme özellikleri iyileştirilebilir düzeydedir (Kalle ve ark., 2007). Bununla birlikte EPDM kauçuğunun bazı dezavantajları da vardır.

Bunların en başında yağ ve yakıtlara dayanımının düşük olmasıdır. EPDM elastomerlerinin moleküler yapısı, diğer polar olmayan hidrokarbonlarınkine benzerdir, dolayısıyla bu tür yağlara ve çözücülere karşı dirençleri genellikle "zayıf" olarak derecelendirilebilmektedir (Winspear, 1958). Sektörde kullanılan diğer bir polimer çeşidi de Etilen Vinil Asetat kopolimeridir (EVM). Etilen-Vinil Asetat elastomeri, etilen ve vinil asetatin bir kopolimeri olup kauçuğun özellikleri vinil asetat içeriğine bağlıdır. EVM yüksek ozon, ısı, ışık direnci, düşük aşınma özellikleri, son derecede iyi su ve yağ direnci, alevlenmeye karşı dayanıklılığı yüksek olan bir polimerdir. Buna karşın zayıf yırtılma direnci, düşük elastikiyeti vardır ve organik çözücülere karşı dayanımı zayıftır (Kalle ve ark., 2007). Bu yüzden tek başına kullanımı çok yaygın değildir. Daha çok kablolarda ve bazı tıbbi ürünlerde kullanılmaktadır.

Her tip kauçuğun avantajlarının yanında dezavantajları da mevcuttur. Polimer karışımları da bu noktada devreye girmektedir. Polimerlerin karıştırılması, yapısal farklılıkları bulunan polimerlerin tek başlarına özelliklerinin yeterli gelmediği durumlarda iki veya daha fazla sayıda polimerin özel yöntemlerle homojen hale getirilmesi olarak tanımlanabilmektedir (Palabıyık, 2003). Harmanlama işlemi herhangi bir kimyasal reaksiyona uğramadan yalnızca polimerlerin mekanik yolla karıştırılması işlemidir. Harmanlama ile polimerin kullanımından beklenen değerlere (daha az maliyet, kuvvetli mekanik değerler, alev dayanıklılık gibi) ulaşılması hedeflenmektedir. Diğer bir iyileştirme prosesi de karışım reçetelerine farklı katkı maddelerinin katılmasıdır. Bu katkı maddelerinden birisi yanma geciktiricilerdir. Yanma geciktiriciler yapılarına göre birçok sınıfa ayrılmaktadır. Huntit ve hidromanyezit karışımı (HMCC) de yanma geciktirici sınıfındadır. HMCC'nin çalışması 220°C'de termal ayrışmaya başlamasıyla içeriğindeki suyun serbest kalması, yaklaşık 330°C'de CO₂ açığa çıkması ve 560°C'de HMCC partiküllerinin kompozitlerin yüzeyinde birikmesiyle kararlı bir kömür tabakası oluşma prensibine dayanmaktadır. Bu şekilde alevin yayılmasına engel olunmaktadır (Coman ve ark., 2019). Literatürde huntit ve hidromanyezitin alev geciktirici olarak kullanıldığı çalışmalarda genellikle ahşap kompozitler (Atay, 2021), pamuklu kumaş (Camlıbel ve Topcu, 2020), polietilen tereftalat (Baştürk ve ark., 2016) ve polipropilen (Atay ve Engin, 2019) vb. malzemeler için kullanılmıştır. Kauçuk olarak sadece EVA ile yapılan bir çalışma mevcuttur (Witkowski ve ark., 2012).

EPDM ve EPDM içeren polimer karışımlarına yanma geciktirici malzemelerin etkisi ile ilgili literatürde çalışmalar bulunmaktadır. Etilen vinil asetat kopolimeri ile EPDM kauçuğunun karışım reçetelerine alüminyum trioksit (ATH) eklenmesiyle kompozitlerin termal dayanımları ve yanma davranışları incelenmiştir. Yapılan çalışma sonrasında Etilen vinil asetatin kauçuk kompozitlerin alev direncini etkilemediği görülmüştür. Buna karşın ATH ilavesinin yanma direncini arttırdığı görülmüştür. Reçete içeriğindeki EPDM miktarının artırılmasıyla soğuğa karşı direncin de arttığı sonucuna varılmıştır. Ayrıca tetrahidrofuran solventinde yapılan şişme deneyinde artan ATH içeriğinin kompozitin şişmesinin azalmasını, solvent direncinin artmasını sağlamıştır (Lee ve ark., 2016).

Bir başka çalışmada EPDM ile CR (Kloropren) kauçuğu karışımları incelenmiştir. Bu çalışmada EPDM ile CR kauçuğu karışım reçetesine grafit tozu, organik montmorillonit ve magnezyum nitratın karışımının alev geciktiriciliği üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonucunda grafit tozu ve organik montmorillonit kombinasyonlarının yanmayı önemli ölçüde geciktirdiği, bu kombinasyona üçüncü birim magnezyum nitratın eklenmesiyle daha iyi yanmazlık sergilendiği sonucuna varılmıştır (Ding ve ark., 2017).

Yanma davranışlarının incelenmesi için yapılan başka bir uygulamada EPDM; parafin, nano yapıli magnezyum hidroksit (nano-MH), kırmızı fosfor (RP) ile karıştırılmıştır. SEM ve DSC

sonuçları, nano-MH ve RP ilavesinin EPDM/parafin üç boyutlu ağ yapıları üzerinde belirgin bir olumsuz etkisinin olmadığını göstermiştir. TGA eğrileri, nano-MH karışımlarının termal stabilitenin güçlendirilmesine yol açtığını, 700°C'de kömür artıklarının miktarını arttırdığını ve böylece alev geciktirme performansını iyileştirdiğini göstermiştir (Song ve ark., 2010).

EPDM polimeri üzerinde HMCC dolgusunun etkisinin araştırıldığı bir çalışmaya literatürde rastlanmamıştır. EPDM ile EVM'nin karıştırılmasıyla da ilgili literatürde az sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalardan biri polimer malzemelerin düşük sıcaklıktaki vibrasyon özelliklerini geliştirmeyi amaçlamıştır. Butil kauçuk, EPDM ve Etilen vinil asetat kopolimeri karışımlarına kalsiyum karbonatın ilavesiyle dinamik özelliklerindeki değişimler incelenmiştir. Dinamik testler ve elektron mikroskopuyla yapılan analizler sonucunda seçilen polimerlerin düşük sıcaklık çalışmaları için uygun olduğu ve ilave edilen kalsiyum karbonatın karışımın titreşim sönümlenme özelliklerini arttırdığı görülmüştür (Yurkin ve ark., 2018). Diğer bir çalışmada EVM/EPDM'nin alev geciktirici modifikasyonuna triazin kömür oluşturuucu madde (CFA) ve amonyum polifosfat (APP) ile birleştirilen şişen alev geciktirici (IFR) uygulanmıştır. APP-CFA'nın kompozitin alev geciktirici performansı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, APP-CFA'nın EVM/EPDM'nin alev geciktirici performansını etkin bir şekilde geliştirdiğini göstermiştir (Ma ve ark., 2021). EVM'nin yağlara karşı dayanımının iyi bilinir olmasına rağmen, literatürde EPDM ile yapılan karışımlarında otomotiv sektörü test yağlarından IRM 901 ve IRM 903 yağlarından yapılmış net bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu çalışmada EPDM, EVM polimerleri ile 1:1 oranında karıştırılıp, bu karışıma farklı oranlarda HMCC dolgu malzemesi ilave edilmiştir. Oluşan kompozitlerin alev geciktirici, yağlarda şişme ve diğer mekanik özelliklerinin değişiminin incelenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1 Hammaddeler

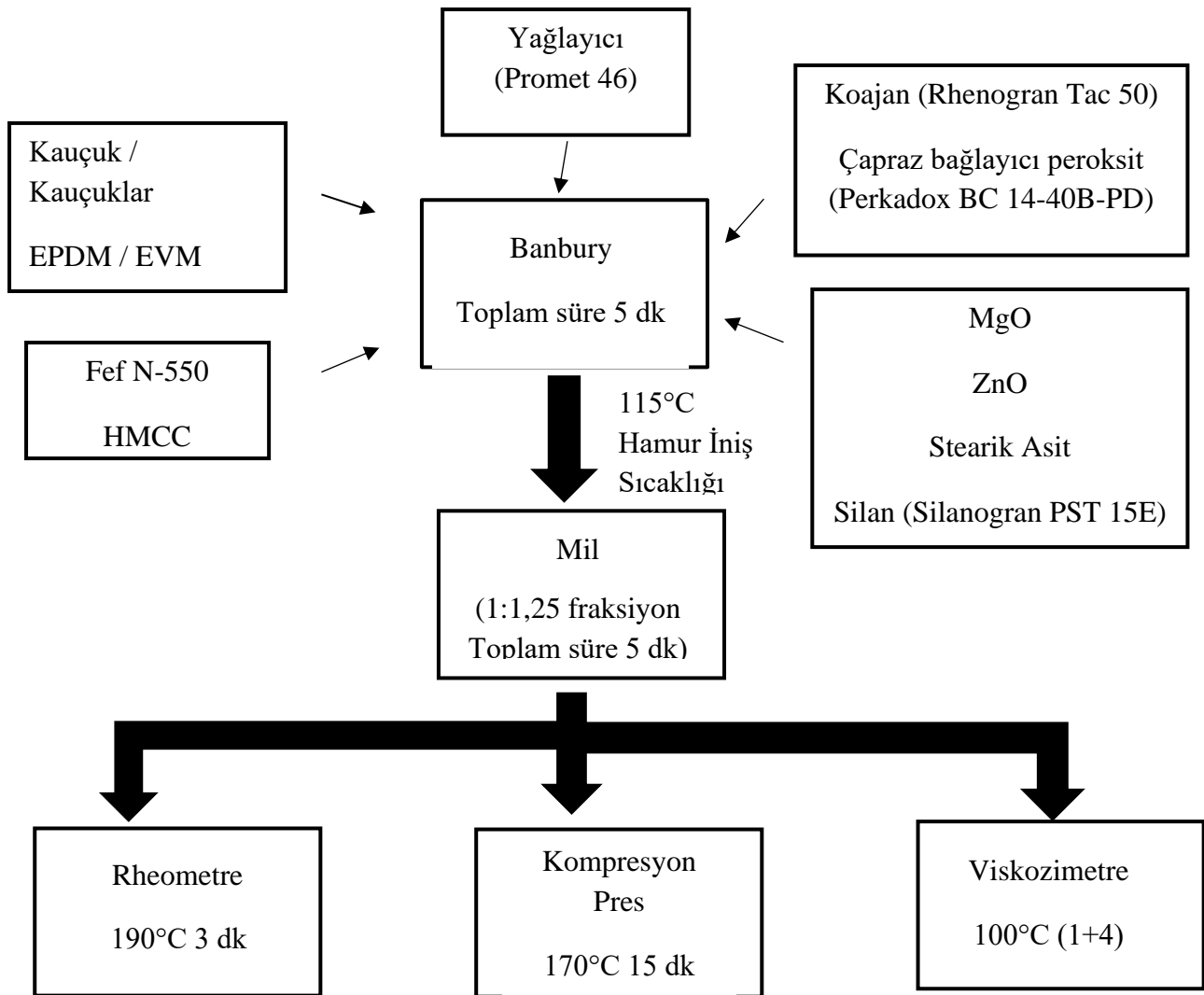
Çalışmada polimer olarak EPDM ve EVM malzemeler kullanıldı. EPDM (Etilen Propilen Dien Monomer) kauçuğu için Dutral 4038 kauçuğu kullanıldı. Dutral 4038 kauçuğu Eni Versalis'ten tedarik edildi. EVM (Etilen Vinil Asetat Kopolimer) Arlanxeo firmasından tedarik edildi. Takviye edici dolgu olarak Orion firmasından alınan karbon siyahı Fef N-550 kullanıldı. Yanma ve özelliklerini incelemek için LKAB minerals firmasından alınan (HMCC) Huntit ve hidromanyezit karışımı kullanıldı. Aktivatör grubundan Aktif çinko (ZnO) Melos firmasından, Stearin (Stearik Asit) Werba Chemical'dan, Magnezyum oksit (MgO) Akdeniz Mineralden, silan grubundan Silanogran-PST 15E Kettlitz firmasından, Proses yağlayıcısı olarak Promet 46 (parafinik yağ) Petrol Ofisi firmasından tedarik edildi. Vulkanizasyon işlemi için koajan olarak RheinChemie firmasından Rhenogran Tac 50 (%50 trialil siyanürat %50 elastomer bağlayıcı ve dağıtıcı) ve çapraz bağlayıcı peroksit olarak Nouryon firmasından tedarik edilen Perkadox BC 14-40B-PD (Di(tert-butilperoksiizopropil) benzen) kullanıldı. Çizelge 1'de karışım reçeteleri belirtilmiştir. Deneme reçeteleri polimer cinsine, per hundred rubber (phr) miktarına ve içeriğindeki HMCC kullanım phr miktarına göre adlandırıldı. EPDM "EP", EVM "EV" olarak kısaltıldı. Başlarındaki sayı phr miktarlarını vermekte 1, 2, 3 uzantıları reçete içeriğindeki HMCC miktarına göre adlandırıldı. Örneğin 100 phr EPDM, 20 phr HMCC 100EP-1 olarak adlandırıldı.

2.2 Karışımın Hazırlanması

Bu çalışmada EPDM 100 phr, EVM 100 phr ve EPDM/EVM polimer karışımları (50-50 phr) olarak çalışmalar yapıldı. Bu polimer grupları içerisine farklı oranlarda HMCC dolgusu katıldı. Karışımlar 3L laboratuvar tipi banbury ve mil (Werner Pfeedener-Almanya) makinelerinde yapıldı.

Banbury'e ilk önce polimer grupları atıldı. Polimerin parçalanması için 30 sn karışıma devam edildi. Ardından karbon siyahı (FefN-550) ve HMCC eklenip hemen ardından kimyasal grubu (ZnO, Stearik Asit, MgO, silan) ilave edilip tozların polimerle karışması için 30 sn daha karışıma devam edildi. Üstüne proses yağlayıcısı ilave edildi. Bu şekilde karışım 4 dk daha karıştırıldı. Oluşan kauçuk hamuruna 105 °C de koajan (Rhenogran Tac 50) ve çapraz bağlayıcı peroksit (Perkadox BC 14-40B-PD) eklenerek 115 °C de hamur karışımı banburyden indirildi. Banburyden inen hamur daha homojen bir karışım elde etmek amacı ile 1:1,25 fraksiyonlu milde 5 dk boyunca karıştırıldı. Tüm karışımlar ISO 2393 normuna göre hazırlandı. Nihai hamur karışımlarından testlerin yapılabilmesi için kompresyon üretim metodu ile 2 ve 6 mm kalınlığında test plakaları 170°C 15 dk vulkanizasyon parametrelerinde üretildi.

Şekil 1'de hamur karışımı ve test plakası üretim şeması yer almaktadır.



Şekil 1. Hamur karışımının ve test plakalarının hazırlanması

Çizelge 1. EPDM, EPDM/EVM polimer karışımı, EVM reçeteleri

İçindekiler (phr)	100EP- 1	100EP- 2	100EP- 3	50EP50EV- 1	50EP50EV- 2	50EP50EV- 3	100EV- 1	100EV- 2	100EV- 3
EPDM	100	100	100	50	50	50	-	-	-
EVM	-	-	-	50	50	50	100	100	100
Fef N-550	40	40	40	40	40	40	40	40	40
HMCC	20	50	80	20	50	80	20	50	80
MgO	3	3	3	3	3	3	3	3	3
ZnO	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Stearik Asit	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Silan	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Yağlayıcı	20	20	20	20	20	20	20	20	20
Koajan	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8	2.8
Çapraz bağlayıcı peroksit	8	8	8	8	8	8	8	8	8

2.3 Reolojik, Mekanik Özellikler, Yapısal Analizler

Tüm hamurlar için reolojik ölçümler Alpha MDR 2000 (USA) cihazında 190 °C 3 dk için yapıldı. Hamurların pişme davranışları incelendi². Pişme karakteristiği indeksi Eşitlik.1'e göre kür oranı endeks'i (CRI) ts2 (scorch zamanı) ve t90 (optimum pişme süresi) kullanılarak hesaplandı.

$$CRI = 100/(t90 - ts2) \quad (1)$$

Viskozite değerleri Ektron (Malezya) Mooney Viskozimetre cihazında 100°C de (1+4) kriterlerinde yapıldı². Mekanik ve şişme ölçümleri için hamur numuneleri DIN ISO 23529'a göre hazırlandı. Mekanik testlerden sertlik testi DIN ISO 7619-1'e göre yapıldı. Sertlik testi için Zwick Roell (Almanya) Shoremetre cihazı kullanıldı. Kopma mukavemeti, kopma anındaki uzama, %50 ve %100 modülüs testi DIN 53504 şartnamesine göre S2 dambıl numunesine göre Zwick Roell Z010 cihazında yapıldı. Yoğunluk testi TS 2781 şartnamesine göre Precisia (İsviçre) cihazında yapıldı. Karışımdaki inorganik madde miktarının tayini için TS 336 ISO 247 şartnamesine göre Nuve (Türkiye) marka ısı kademeli kül fırınında 950°C 5 saat boyunca kül testi yapıldı¹. Yanma özelliklerini karşılaştırmak için yatay yanma testleri yapıldı. Testler Devotrans (Türkiye) test cihazında yapıldı. Yatay yanma için ASTM D635 şartnamesi baz alındı². Şişme davranışlarını karşılaştırmak için ISO 1817 şartnamesine göre Memmert (Almanya) marka hava akış sistemli etüvde IRM 903 ve IRM 901 yağlarında 100°C'de 24 saat boyunca yaşlandırma yapıp, sertlik değişimleri ve hacim değişimleri incelendi. ASTM D471-06 normuna uygun IRM 903 ve IRM 901 yağları testlerde kullanıldı¹. Yapısal analizler için FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektroskopisi) analizi yapılmıştır. FTIR analizi için Shimadzu (Japonya) marka cihaz kullanılıp ATR (Zayıflatılmış toplam yansıma) yöntemiyle ölçümler yapılmıştır².

¹ Sertlik testi, kopma mukavemeti, kopma anındaki uzama, %50 ve %100 modülüs testi, yoğunluk testi, inorganik madde miktarı tayini, şişme davranışlarının hesaplanması testleri için her numuneden üçer adet tekrar yapılmış ve ortalama değerleri hesaplanmıştır.

² Reolojik ölçümler, viskozite değerleri, yanma testleri ve FTIR analizleri için her numuneden bir adet tekrar yapılmıştır.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

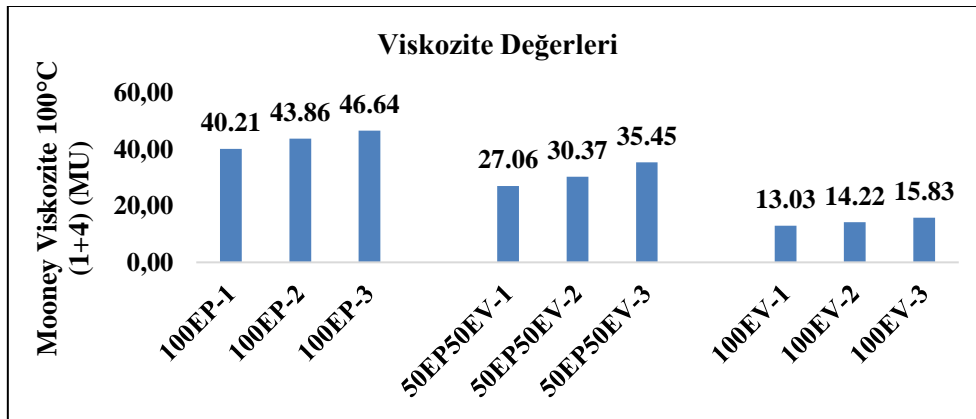
3.1. Pişme ve Akış Karakteristikleri

Hamurların vulkanizasyon özellikleri ML (minimum tork), MH (maximum tork), ts2, t90 rheometre test cihazında incelenmiş, CRI hesaplanmış Çizelge 2’de sonuçlar belirtilmiştir. Her grup (100EP,50EP50EV,100EV) kendi içinde incelendiğinde hamur içeriğindeki HMCC miktarı arttığında ML ve MH değerlerinin yükseldiği görülmüştür. ts2 ve t90 zamanları içinse grupların kendi hamurları arasında çok büyük fark olmadığı görülmüştür. 100 phr EVM içeren hamurların pişme sürelerinin uzadığı, parçaların daha geç sürede pişmeye başlayıp, pişmeyi sonlandırdığı görülmüştür. En yüksek CRI değerleri 100 phr EVM içeren hamurlarda çıkmıştır. Gruplar kendi içlerinde değerlendirildiklerinde CRI değerleri reçete içerisinde HMCC miktarı arttıkça düşmüştür.

Hamurların viskozite değerlerine de bakılmıştır. En düşük viskozite değerleri 100 phr EVM içeren hamurlarda, biraz daha yüksek değerler EPDM/EVM polimer karışım hamurlarında, en yüksek değerler ise 100 phr EPDM içeren hamurlarda çıkmıştır. Bu durum EPDM ile EVA karışımında yapılan çalışmalar ile örtüşmektedir. Kablo endüstrisi için yapılan EPDM-EVA karışımı çalışmasında reçete içindeki EVA yerine EPDM kullanımının artmasıyla karışımın viskozitesinin sistematik bir şekilde arttığı görülmüştür (Sarıatur, 2019). Gruplar içerisinde ise reçete içerisindeki HMCC miktarı arttıkça viskozite değeri artmaktadır. Şekil 2’de viskozite değerleri görülmektedir.

Çizelge 2. Hamurların Pişme Karakteristikleri

Rheometre Kriterleri	100EP-1	100EP-2	100EP-3	50EP50EV-1	50EP50EV-2	50EP50EV-3	100EV-1	100EV-2	100EV-3
ML (Ib-m)	0.96	1.09	1.25	0.78	0.88	1	0.11	0.15	0.19
MH (Ib-m)	21.99	24.01	26	14.19	18.53	22.88	7.62	10.72	12.67
ts2 (mm:ss)	00:24	00:23	00:23	00:31	0:27	00:26	00:44	00:37	00:35
t90 (mm:ss)	02:02	02:04	02:05	02:08	2:05	02:04	2:13	02:10	02:10
CRI	61.24	59.42	58.82	61.84	61.24	61.23	67.43	64.52	63.17



Şekil 2. Hamurların viskozite değerleri

Reolojik ölçümlerde 100 phr EPDM hamurlarının maximum ve minimum tork değerlerinin 100 phr EVM hamurlarına göre daha yüksek görülmesi viskozite ölçümleri ile örtüşmüştür. Bu iki ölçümün birbiriyle paralel çıkması EVM ham polimerinin EPDM ham polimerine kıyasla daha düşük viskoziteye sahip olmasından kaynaklanmıştır. Viskozitenin düşük olmasından dolayı karışımların akışları daha kolay olduğundan, rheometrede tork değerleri dolayısıyla daha düşük gelmiştir. EPDM/EVM polimer karışım hamurlarında da bu sebepten dolayı bir düşüş görülmüştür. Bu düşüş

polimer karışımlarının proses için akış kolaylığı sağladığı sonucuna varmamızı sağlayabilir. Buna karşın hamurların içerisindeki dolgu miktarının artmasıyla çekilen tork değerlerinde artış viskozitedeki artış ile doğrulanmıştır. Bu durum reçete içine katılan HMCC'nin akış yönüne ters etki yarattığı ve karışımın akışını zorlaştırdığı sonucuna varılmasını sağlamıştır. Reçete içerisine katılan dolgu miktarının artmasıyla CRI değerlerinde düşüşün nedeni ise HMCC'nin karışımın pişmelerine olumsuz etki yaratmasından kaynaklanabilmektedir.

3.2 Mekanik Özellikler

3.2.1 Sertlik, kopma mukavemeti, %50 ve %100 modülüs, uzama

Hamurların sertlikleri incelendiğinde 100 phr EPDM ve EPDM/EVM polimer karışımı hamurlarında benzer sertlikler görülmüştür. Buna karşın 100 phr EVM hamurlarında sertlikler diğer gruplara göre epey düşüktür. Bunun sebebinin EVM malzemesinin kendisine ait düşük viskozitesinden dolayı olduğu söylenebilir. Çok düşük viskoziteye sahip EVM hamurun sertliğine de olumsuz yönde etki yapmıştır denilebilir. Tüm hamurlar için reçete içeriğindeki HMCC miktarının artmasıyla sertlikler yükselmiştir. Bu durum kullanılan HMCC dolgusunun karışıma, kauçuk karışımlarında kullanılan karbon siyahları, silikalar gibi aktif dolguların sertlik artışına yarattığı etkiye benzer bir etki yarattığını gösterebilir. Varılan bu sonuca benzer bir çalışma termoplastik elastomer (TPE) malzemeler üzerine yapılmıştır. Yapılan çalışmada TPE malzemeye silika ve kalsit ilave edilerek sertlikleri incelenmiş ve dolgu miktarı arttıkça sertliklerin arttığı, silikanın kalsite göre sertliği arttırmada daha etkili olduğu görülmüştür (Karakaya, 2007).

Kopma mukavemetleri incelendiğinde en yüksek mukavemet 100EV-1 reçetesinde, en düşük mukavemet değeri ise 100EV-3 reçetesinde çıkmıştır. 100 phr EVM hamurlarında HMCC miktarının artmasıyla kopma mukavemeti bariz bir şekilde azalmıştır, buna karşın EPDM/EVM polimer karışımı hamurlarında da düşüş yaşanmasına rağmen çok radikal bir düşüş yaşanmamıştır. 100 phr EPDM hamurlarında HMCC miktarının artırılmasıyla ufak seviyelerde kopma mukavemeti artış göstermiştir fakat bu farklılık çok büyük değildir. Bunun sebebi artırılan HMCC malzemesinin EPDM kauçuğu ile daha uyumlu olması dolayısı ile olabilir. EPDM ham kauçuğunun dolgu alma kapasitesinin EVM ham polimerine göre daha üstün olduğu sonucuna varılabilir.

EVM ham polimeri esnek bir malzemedir ve katıldığı reçetelere esneklik kazandırmaktadır. EPDM, EVM'ye göre daha rijit yapıdadır. Bu durum hamurların uzama sonuçlarında da görülmüştür. En iyi uzama değeri 100EV-1 reçetesinde, en kötü uzama değeri 100EP-1 reçetesinde çıkmıştır. EPDM/EVM polimer karışımı hamurlarında uzamalar 100 phr EPDM hamurlarına göre çok daha iyi çıkmıştır. Buradan da ham EVM'nin ham EPDM polimerinin esnekliğini arttırdığı söylenebilir. Reçete içerisindeki HMCC miktarının artırılması ile EPDM/EVM polimer karışımı hamurlarında ve 100 phr EVM hamurlarında uzama miktarlarının düşmesinin sebebi reçete içerisindeki toplam phr oranında EVM ham polimer miktarının düşmesi olabilir. Buna karşın 100 phr EPDM hamurlarında uzama HMCC artmasıyla artmıştır. Bu da hamur içerisindeki rijit malzeme olan ham EPDM polimerinin azalması ve karışımın daha esnek hale geçmesi kaynaklı olabilir.

%50 ve %100 modülüs değerleri tüm hamurlar için reçete içerisindeki HMCC miktarının artırılmasıyla belirgin bir şekilde artmıştır. Bunun sebebi de HMCC dolgusunun düşük uzama değerlerinde malzemeye kuvvet katmasından kaynaklanabilmektedir. En düşük modülüs değerleri 100EV-1 reçetesinde, en kuvvetli modülüs değerleri 50EP50EV-3 reçetesinde çıkmıştır.

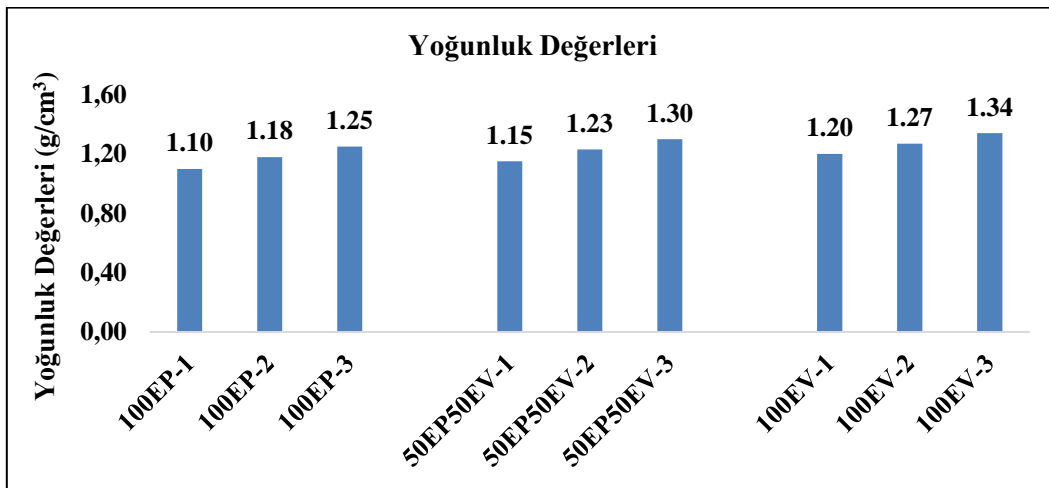
Sertlik, kopma mukavemeti, %50 ve %100 modülüs ve uzama değerleri Çizelge 3'te belirtilmiştir.

Çizelge 3 Hamurların sertlik, kopma mukavemeti, %50 ve %100 modülüs ve uzama değerleri

Numune	100EP-1	100EP-2	100EP-3	50EP50EV-1	50EP50EV-2	50EP50EV-3	100EV-1	100EV-2	100EV-3
Sertlik (Sh-A)	68±0.6	71±0.6	75±0.6	67±0.6	71±0.6	75±0.6	58±0.6	64±0.6	70±0.6
Kopma Muk. (MPa)	9.3±0.2	9.4±0.4	9.6±0.4	11.2±0.4	10.7±0.3	9.8±0.3	11.7±0,1	9.6±0.3	8.2±0.3
%50Mod. (MPa)	1.8±0.3	2±0.2	2.3±0.1	1.7±0.1	2.1±0.1	2.6±0.2	1.2±0.1	1.5±0.4	1.9±0.2
%100Mod. (MPa)	3.2±0.2	3.2±0.2	3.4±0.2	2.9±0.3	3.6±0.1	4.1±0.1	2.2±0.3	2.6±0.2	3.1±0.2
Uzama (%)	212±7.2	230±7.1	254±8.9	352±6.6	297±8	285±7.3	415±5	349±7.2	307±3.6

3.2.2 Yoğunluk

Aynı miktar HMCC oranlarına sahip hamurlar karşılaştırıldığında 100 phr EVM hamurlarının yoğunluğunun daha yüksek olduğu görülmüştür. Ayrıca karışım içerisindeki HMCC miktarının artmasıyla doğru orantılı olarak yoğunlukta da artış yaşanmıştır. Reçete içerisindeki dolgu miktarının artışının yoğunluk üzerindeki etkisini gösteren çalışmalar literatürde mevcuttur. Cam küre, kalsiyum karbonat ve talk dolgu malzemelerinin polipropilen'e katılmasıyla, katılma oranına bağlı olarak yoğunlukta artış yaşandığı görülmüştür (Kansu, 2005). Şekil 3'te dolgu miktarının artmasıyla yoğunlukta artış belirtilmiştir. Tüm sonuçlar için standart sapma 0.006 dır.

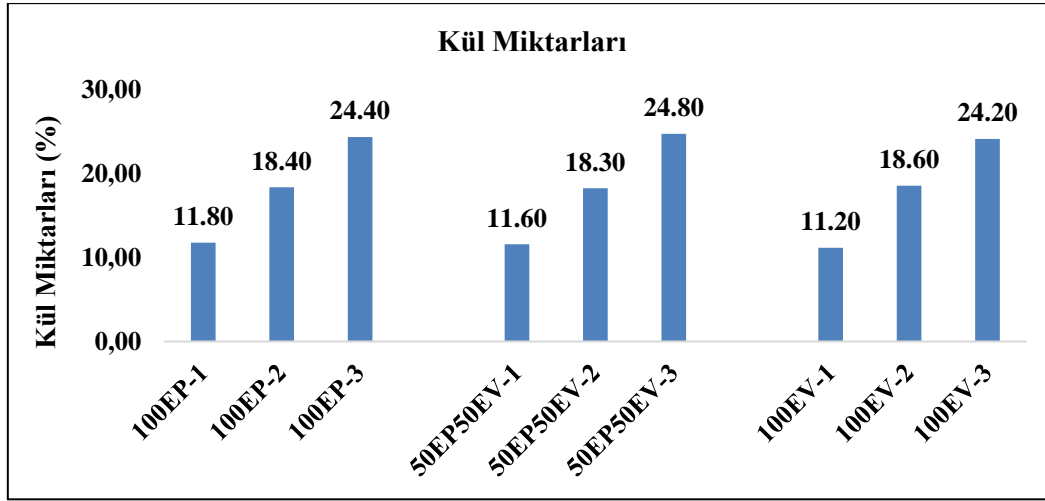


Şekil 3. Karışımların yoğunluk değerleri

EVM ham polimerin yoğunluğu EPDM ham polimere göre daha yüksektir. Bu da hamur reçetelerine etki etmiştir. Hamur içerisine katılan HMCC dolgusunun yoğunluğu ham kauçuktan yüksek olduğu için karışıma katıldığında karışımın yoğunluğunu arttırmıştır.

3.2.3. Kül

Tüm gruplarda kül miktarları (inorganik madde) benzer oranlarda çıkmıştır. Her grup içerisinde HMCC miktarının artmasıyla kül miktarlarında da artış olduğu gözlemlenmiştir. HMCC malzemesinin polimer karışımlarına katılmasının kül miktarına etkisi literatürde rastlanmamıştır fakat reçete içerisindeki farklı dolgu çeşitlerinin miktarının arttırılmasının kül miktarına etkisini gösteren çalışmalara rastlanmıştır. Cam küre, kalsiyum karbonat ve talk dolgu malzemelerinin polipropilen'e katılmasıyla, katılma oranına bağlı olarak kül miktarında artış yaşandığı görülmüştür (Kansu, 2005). Şekil 4'te inorganik madde miktarındaki artış belirtilmiştir. Tüm sonuçlar için standart sapma 0.2 ile 0.3 arasında değişmektedir.



Şekil 4. Karışımların kül değerleri

Tüm hamurların kül miktarları kullanılan HMCC miktarlarıyla kıyaslandığında benzerdir çünkü kül testi 950°C de yapılmaktadır ve reçete içerisinde petrol ürünleri bu sıcaklıkta yanmaktadır. Reçete içerisinde sadece yanmayan inorganik maddeler kalmaktadır. HMCC aynı zamanda yanma geciktirici bir malzeme olduğundan reçete içerisindeki miktarı arttıkça kül miktarı da artmıştır.

3.2.4 Yatay yanma

Tüm hamurlar 100 mm/dk ASTM D635 şartname kriteri için başarılıdır. Reçete içeriğindeki HMCC miktarının artırılmasıyla yanma davranışlarında olumlu sonuçlar alınmıştır. HMCC miktarının artmasıyla 100EP-3, 50EP50EV-3 ve 100EV-3 hamurları neredeyse yanmaz duruma gelmiştir. Çizelge 4’te tüm karışımların yanma davranışları belirtilmiştir.

Çizelge 4. Karışımların yanma davranışları

Numune	100EP-1	100EP-2	100EP-3	50EP50EV-1	50EP50EV-2	50EP50EV-3	100EV-1	100EV-2	100EV-3
Yatay Yanma (mm/dk)	16.1	10.66	25 mm çizgisini geçmiyor	15.9	14.9	25 mm çizgisini geçmiyor	18.4	11.8	25 mm çizgisini geçmiyor

EVM yanma direnci olan bir polimerdir fakat EPDM ile karıştırıldığında EPDM’in yanma davranışını iyileştirecek bir farklılık görülmemiştir. Bunun sebebi kullanılan EPDM türü ve EVM türü kaynaklı olabilmektedir. EVM içerisindeki vinil asetat miktarı ve EPDM içerisindeki etilen-propilen oranı ve molekül ağırlığı bu iki polimer karışımı için uygun seçilmemiş olabilir. Yine de hamurlar kendi içerisinde incelendiğinde HMCC miktarının artırılmasıyla yanma davranışlarında iyileşmeler yaşandığı görülmüştür. Reçete içerisindeki HMCC miktarının artırılmasıyla yanmanın gecikmesi durumu daha önce yapılan çalışmalarla da örtüşmektedir. PVC polimerine ilave edilen huntit ve hidromanyezit karışımının kompozitin alev gecikme davranışını iyileştirdiği görülmüştür (Coman ve ark., 2019). EVA ile huntit ve hidromanyezit karışımını ile de denemeler yapılmıştır. Yapılan bir çalışmada alüminyum hidroksit, magnezyum hidroksit, kalsiyum karbonat gibi alev geciktiricilerle huntit ve hidromanyezit karışımı karşılaştırılmıştır. Çalışmada huntit ve hidromanyezit karışımının diğer alev geciktiriciler gibi hem sınırlayıcı oksijen indeksi testinde hem de koni kalorimetresinde yanmazlık üzerine olumlu etkisi olduğu görülmüştür (Witkowski ve ark., 2012). Polietilen tereftalat (PET) üzerine yapılmış çalışmalara da rastlanmaktadır. PET üzerine huntit ve hidromanyezit karışımının eklenmesiyle PET’in termal davranışları incelenmiştir. Elde edilen

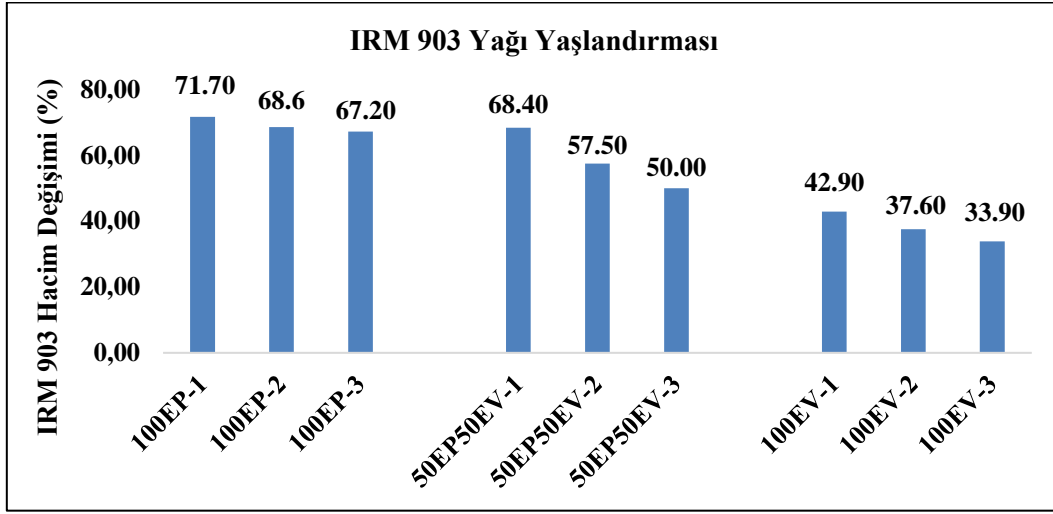
sonuçlara göre huntit ve hidromanyezit karışımının polimer malzemelerde yanma geciktirici dolgu maddeleri olarak hareket etme konusunda büyük bir potansiyele sahip olduğu sonucuna varılmıştır (Baştürk ve ark., 2016). Polipropilen (PP) üzerinde de huntit ve hidromanyezit karışımının yanmazlık etkileri incelenmiştir. Huntit ve hidromanyezit karışımının cam elyaflarla beraber PP içerisine katılmasının PP ana yapısındaki mekanik ve yanma eğilimlerine etkisi incelenmiştir. Çalışmanın sonucunda cam elyaf ve huntit ve hidromanyezit karışımının malzemenin mekanik ve yanma özelliklerinin iyileştirmesinde faydalı bir yolu olduğu sonucuna varılmıştır (Atay ve Engin, 2019). Ahşap kompozitler üzerinde de huntit ve hidromanyezit karışımı yanma eğilimlerinin incelenmesi için çalışmalar yapılmıştır. Yapılan yanma testleri sonucunda huntit ve hidromanyezit içeren ahşap kompozitlerin yangına karşı direnç kazandığı sonucuna varılmıştır (Atay, 2021). Huntit ve hidromanyezit karışımı farklı alanlarda da denenmiştir. Tekstil sektöründe kumaşların yanma davranışlarının incelenmesinde bu karışımının denendiği çalışmalara rastlanmaktadır. Bunlardan biri pamuklu kumaşların huntit ve hidromanyezit karışımı içeren silan bazlı nanosoller ile kaplanması üzerine yapılmıştır. Yapılan çalışmanın sonucunda huntit ve hidromanyezit karışımının pamuklu kumaşlar üzerinde de yanma davranışını iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Camlıbel ve Topcu, 2020).

3.2.5. Şişme özellikleri

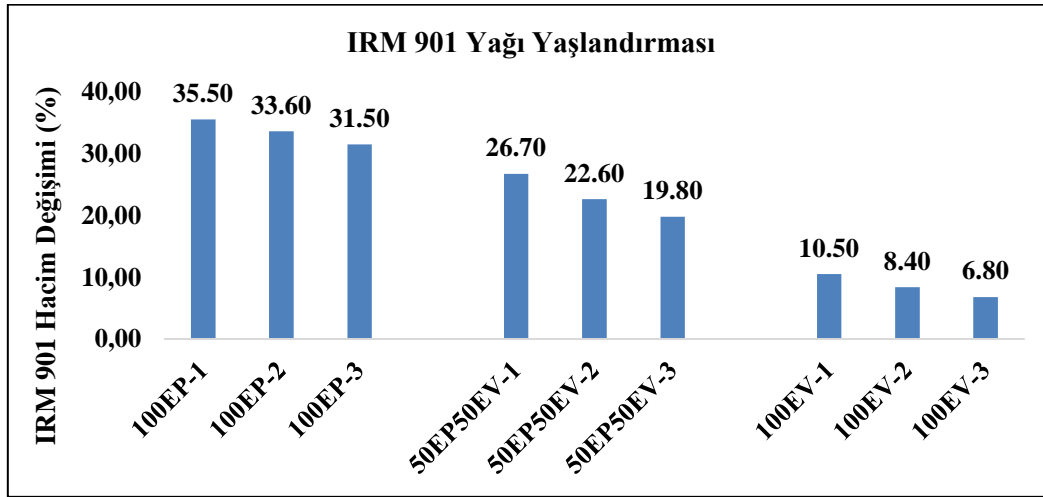
IRM 903 ve IRM 901 yağlarında şişme ile hacim değişimi incelemesi yapılmış IRM 903 yağındaki şişmelerin IRM 901 yağına kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür. EPDM hamurlarında her iki yağ içinde şişme testinde hacim değişimi yüksek çıkmıştır. EPDM kauçuğunun yağ direncinin çok düşük olmasından dolayı bu sonucun çıkması olağandır. 100 phr EVM hamurlarında şişmelerin 100 phr EPDM hamurlarına göre daha az olduğu görülmüştür. Bu durum EVM polimerinin EPDM polimerine göre yağ dayanımlarının daha kuvvetli olmasından kaynaklanmaktadır. EVM hamurlarında özellikle IRM 901 yağında hacim değişimi oldukça düşük çıkmıştır. EPDM/EVM polimer karışımı hamurlarında hacim değişimleri 100 phr EVM hamurlarında olduğu kadar düşük olmamakla beraber 100 phr EPDM hamurlarına göre daha uygun çıkmıştır. Karışım reçetelerindeki yağ direncindeki iyileşme ile EVM polimerinin EPDM polimerinin yağ direncini arttırdığı sonucuna varılabilir. Reçete içerisindeki HMCC miktarının artırılmasıyla hacim artışında bariz bir düşüş görülmüş ve şişmeler azalmıştır. Bunun sebebi reçete içerisinde yağdan etkilenen kısmın polimer olduğu ve şişen polimerin reçete içerisindeki toplam miktarının dolgunun artmasıyla azalmasının, hamurların hacim değişimini olumlu etkilediği şeklinde açıklanabilir.

Hacim değişimlerinin yanında sertlik değişimleri incelendiğinde IRM 903 yağında yapılan yaşlandırma sonrasında belirgin bir değişimin olmadığı görülmüştür. Karışım içerisindeki HMCC miktarının artırılması da sertlik değişimine radikal bir etki yaratmamıştır. IRM 901 yağında yapılan yaşlandırmalar sonrası sertlik değişimi 100 phr EVM hamurlarında daha az çıkmıştır. IRM 903 ve IRM 901 yağında yaşlandırma sonrasında sertlik değişimleri HMCC miktarının artmasıyla beraber artmıştır. Bu durum yaşlandırma öncesinde de baz hamurlarda çıkan durumla paraleldir. Burada da HMCC dolgusunun aktif bir dolgu etkisi yarattığı düşünülebilir. Literatürde daha önce yapılan çalışmalarda tetrahidrofuranda yapılan şişme deneylerinde yanma geciktirici ATH malzemesinin belirtilen solvent içinde EPDM polimerinin şişmesini azalttığını gösteren çalışma bulunmaktadır (Lee ve ark., 2016). Literatürde EPDM ile EVA karışımının IRM 902 yağı içinde yaşlandırma testlerine de rastlanmıştır. Farklı vinil asetat (VA) içeriklerinde EVA polimeri ile EPDM karıştırılmış, orta ve yüksek VA oranlarında EPDM oranının artırılması ile elastomerik özelliklerin baskın hale gelmesi sonucu dolayısı ile şişme eğilimi arttığı görülmüştür (Sarıbatur, 2019).

Şekil 5'te IRM 903 yağında hacim değişimleri, Şekil 6'da IRM 901 yağında hacim değişimleri, Çizelge 5'te IRM 903 ve IRM 901 yağında sertlik değişimleri gösterilmiştir. Hacim değişimleri için tüm sonuçların standart sapması 0.3 ile 0.6 arasında değişmektedir.



Şekil 5. IRM 903 yağında hacim değişimi



Şekil 6. IRM 901 yağında hacim değişimi

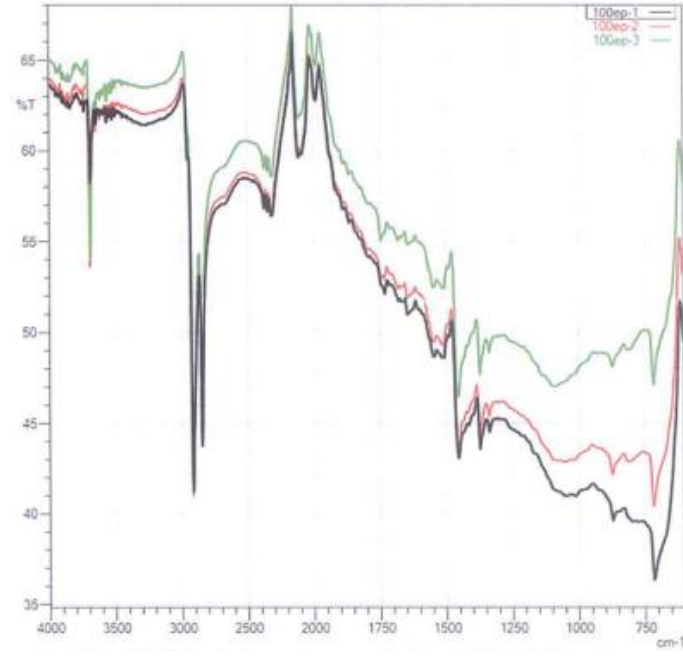
Çizelge 5. IRM 903 ve IRM 901 yaşlandırması sertlik değişimi

Numune	100EP-1	100EP-2	100EP-3	50EP50EV-1	50EP50EV-2	50EP50EV-3	100EV-1	100EV-2	100EV-3
IRM 903 (Sh-A)	-25±1.5	-27±2.1	-28±2.1	-26±1.5	-25±1.2	-25±1.5	-20±1.2	-22±2.0	-22±2.1
IRM 901 (Sh-A)	-17±2.1	-17±1.2	-18±1.5	-16±1.2	-16±1.5	-17±2.5	-8±1.7	-10±2.1	-10±1.5

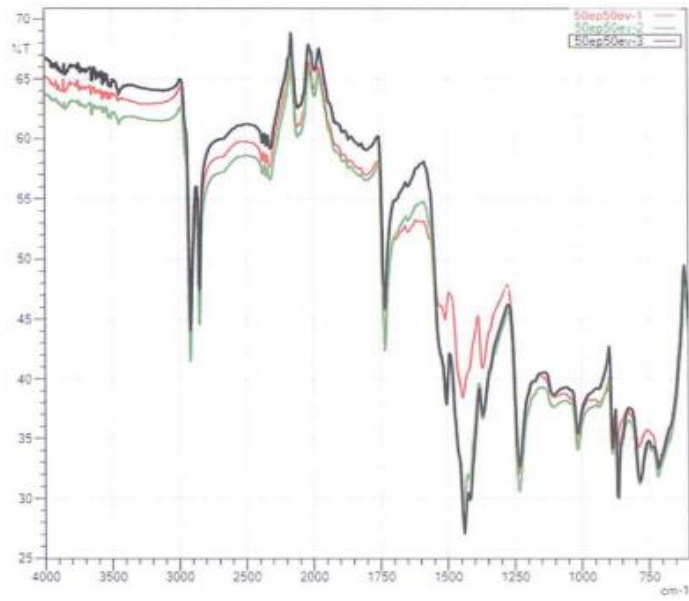
3.3 Yapısal Analizler

3.3.1 FTIR analizi

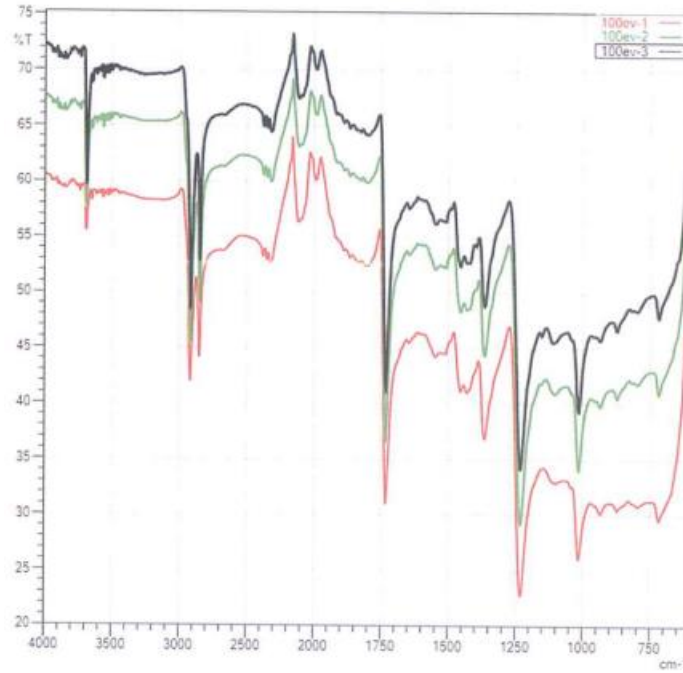
Çalışmanın yapısal incelemesinin yapılması için tüm karışımlara FTIR analizi yapılmıştır. Analizin görüntüleri Şekil 7, Şekil 8, Şekil 9'da belirtilmiştir.



Şekil 7. 100EP-1, 100EP-2 ve 100EP-3 FTIR analiz görüntüsü



Şekil 8. 50EP50EV-1, 50EP50EV-2 ve 50EP50EV-3 FTIR analiz görüntüsü



Şekil 9. 100EV-1, 100EV-2 ve 100EV-3 FTIR Analiz Görüntüsü

Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9’da FTIR görüntüleri verilmiştir. 3691 cm^{-1} değeri (-OH) germe titreşimlerini belirtmektedir ve 100 phr EPDM ve 100 phr EVM karışımlarında görülmektedir. (-OH)’a ait olan pikler yüksek dalga sayısında bulunma eğilimindedirler ve hidrojen bağı oluşumu, pikleri daha düşük dalga sayısına kaydırmaktadır. İki polimerin karışımlarında ise (-OH) piklerine rastlanmamıştır. 2916 cm^{-1} ile 2850 cm^{-1} arası değerler (C-H) CH_2 ve CH_3 germe titreşimlerini, 2322 cm^{-1} ile 1990 cm^{-1} arasındaki değerler $\text{C}\equiv\text{C}$ ile $\text{C}\equiv\text{N}$ üçlü gerilmelerini belirtip her üç grupta bu gerilmeler bulunmaktadır. Asetat grubunun simetrik -C-O-C- gerilmesine bağlı olarak 1014 cm^{-1} , asimetrik -C-O-C-C- gerilmesine bağlı olarak 1234 cm^{-1} ile 1230 cm^{-1} ve karbonil gerilmesine bağlı olarak (C=O asetat germe titreşimleri) 1732 cm^{-1} değerlerine sadece EVM katkılı karışımlarda rastlanmaktadır (Chowdhury ve ark., 2016). EVM içindeki vinil asetat bu gerilmelerin oluşmasını sağlamaktadır. 1458 cm^{-1} ile 1438 cm^{-1} arası değerler (C-H) CH_2 ve CH_3 makaslama titreşimlerini, 1373 cm^{-1} ile 1365 cm^{-1} arasındaki değerler C-H germe titreşimlerini veya C-H makaslama titreşimlerini ifade etmektedir ve bu pikler tüm gruplarda rastlanmaktadır. 887 cm^{-1} ile 783 cm^{-1} arasındaki değerler C-H sallanma titreşimlerini ifade edip yüksek dalga boyundaki (-OH) germe titreşimlerin görülmediği EPDM/EVM polimer karışımlarında görülmektedir. 717 cm^{-1} her grup için var olup $(\text{CH}_2)_{n>4}$ kıvrılma titreşimlerini veya kristalliklerini belirtmektedir.

4. SONUÇ

Bu çalışmada reolojik ölçümler incelenirken EPDM ile EVM polimerleri ile yapılan hamurlar arasında farklar olduğu görülmüştür. Maximum ve minimum tork değerleri en yüksek 100 phr EPDM hamurlarında çıkmıştır. Ayrıca reçete içerisindeki HMCC miktarının artmasıyla tork değerleri de artmıştır. Pişme sürelerine bakıldığında en uzun pişme süresi 100 phr EVM hamurlarında görülmüştür. Hamurların viskozitelerine bakıldığında en yüksek viskozitenin 100 phr EPDM hamurlarında daha sonra EPDM/EVM polimer karışım hamurlarında, en düşük 100 phr EVM hamurlarında olduğu görülmüştür. Reçete içerisinde HMCC miktarının artmasıyla viskozitede artış yaşanmıştır.

Hamurların mekanik özellikleri incelendiğinde 100 phr EPDM ve EPDM/EVM polimer karışım hamurlarında sertlikler yüksek iken 100 phr EVM hamurlarında daha düşük sertliklere rastlanmıştır. Buna rağmen en yüksek kopma mukavemeti ve uzama değeri 100EV-1 reçetesinde görülmüştür. EPDM/EVM polimer karışımlarına bakıldığında EVM'nin EPDM polimerinin kopma mukavemeti ve uzama değerlerini iyileştirdiği görülmüştür. Bununla birlikte %50 ve %100 modülüs değerleri EPDM/EVM polimer karışımı hamurlarında genel anlamda yüksek çıkmıştır ve reçete içerisindeki HMCC miktarının arttırılmasıyla en yüksek modülüs değeri 50EP50EV-3 reçetesinde görülmüştür. Yoğunluk ve kül değerleri reçete içerisindeki HMCC miktarının artmasıyla artmıştır.

Yanma davranışları incelendiğinde polimer değişikliği yatay yanma davranışlarında radikal bir etki yaratmadığı görülmüştür. Buna karşın reçete içeriğindeki HMCC miktarının arttırılmasıyla 100EP-3, 50EP50EV-3 ve 100EV-3 reçeteleri neredeyse yatay yanmada yanmaz duruma ulaşılmıştır.

IRM 903 ve IRM 901 yağlarında hacimsel şişmelere bakıldığında EVM hamurlarının yağdan en az etkilenen grup olduğu görülmektedir. 100 phr EPDM hamurları için aynı yorumu yapmak zordur. 100 phr EPDM hamurları belirtilen yağların içerisinde yüksek oranda şişme göstermiştir. EPDM/EVM polimer karışım hamurlarına bakıldığında şişme davranışlarının 100 phr EPDM hamurlarına göre bariz bir şekilde iyileştiği görülmüştür. Reçete içerisindeki HMCC miktarının arttırılmasıyla hacimsel artış da azalmıştır. IRM 903 yağında yaşlandırma sonrası sertlikler farklılık göstermezken IRM 901 için 100 phr EVM hamurlarının sertlik değişimleri en uygun çıkmıştır. EPDM/EVM polimer karışım hamurları için ise iki polimer karışımı sertlik değişimi üzerinde olumlu bir etki yaratmamıştır.

Özetle EPDM polimer içerisine EVM polimerinin eklenmesiyle uygun akış özelliklerinde, yüksek sertlik, kopma mukavemeti, uzama ve modülüs değerlerine sahip karışımlar elde edilebilmiştir. Ayrıca EPDM kauçuğun düşük yağ dayanımları EVM'nin eklenmesiyle kuvvetlendirilmiştir. Bununla birlikte hamurlara HMCC ilavesiyle hamurların yatay yanma davranışları iyileştirilmiştir.

Özellikle enjeksiyon üretimi ile üretilecek otomotiv ve beyaz eşya kauçuk parçaları için üstün özellikli karışımlar oluşturmak amacıyla bu çalışmada elde edilen bulgular kullanılabilir.

5. TEŞEKKÜR

Çalışmamızın deneysel kısmında bize sonsuz imkân sunan Haksan Otomotiv San. ve Tic. A.Ş. ye teşekkürü borç biliriz.

6. ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar, bilinen herhangi bir çıkar çatışması veya herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile ortak çıkar bulunmadığını onaylamaktadırlar.

7. YAZAR KATKISI

Ezgi ERBEK CÖMEZ veri toplama ve makale taslağının oluşturulmasında, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetiminde, veri analizi ve yorumlamasında, son onay ve tam sorumluluk almada, Selda ÖZTÜRK fikirsel içeriğin eleştirel incelenmesinde, çalışmanın kavramsal ve tasarım süreçlerinin belirlenmesi ve yönetiminde, veri analizi ve yorumlamasında, son onay ve tam sorumlulukta makale katkısı sağlanmıştır.

8. KAYNAKLAR

- Atay H. Y., Novel eco-friendly flame retardant wood composites reinforced by huntite and hydromagnesite minerals. *Wood Material Science & Engineering*, DOI: 10.1080/17480272.2021.1923567, 2021.
- Atay H. Y., Engin B., Use of glass fibers and glass spheres to improve mechanical properties of huntite and hydromagnesite reinforced flame retardant composites. *Romanian Journal of Materials* 49 (4), 468-474, 2019.
- Baştürk E., Madakbaş S., Karadoğan B., Kahraman M. V., Preparation and thermal properties of polyethylene terephthalate/huntite–hydromagnesite composites. *Polymer Composites* 37(11), 3275-3279, 2016.
- Camlibel N. O., Topcu H., Flame retardant cotton fabric modified with silica nanosols containing huntite–hydromagnesite grafted with GPTMS and VTES. *The Journal of The Textile Institute* 112(7), 1129-1143, 2020.
- Chowdhury S. R., Sharma B. K., Mahanwar P., Sarma K. S., Vinyl acetate content and electron beam irradiation directed alteration of structure, morphology and associated properties of EVA/EPDM blends. *Journal of Applied Polymer Science* 133(21), 43468, 2016
- Coman A. E., Gabor A. R., Stoian S., Nicolae C. A., Raditoiu V., Gifu I. C., Hubca G., New Formulations of Flame-retardant Flexible Polyvinylchloride Composites. *Materiale Plastice*, 56(3), 568-577, 2019.
- Ding Z., Li Y., He M., Wang W., Wang C., The combination of expandable graphite, organic montmorillonite, and magnesium hydrate as fire-retardant additives for ethylene–propylene–diene monomer/chloroprene rubber foams. *Journal of Applied Polymer Science*, 134(23), 44929, 2017.
- Palabıyık İ., Poliamid6 (PA6) ve Yüksek Yoğunluklu Polietilenin (HDPE) Düzenleyici Katkılı ve Katkısız Karışımlarının Mekanik ve Tribolojik Özelliklerinin Deneysel İncelenmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi (basılmış), 2000.
- Kalle H., Minna P., Hanna-Mari T., *Elastomeric Materials*, Leonardo Da Vinci, 2007.
- Kansu Y., Cam küre, CaCO₃ ve Talk Dolgulu Polipropilen Hibrit Kompozitlerin Mekanik ve Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi, Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (basılmış), 2005.
- Karakaya N., Farklı Dolgu Maddelerinin Termoplastik Elastomer Malzemenin Mekanik ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (basılmış), 2007.
- Lee Y. J., Lee S. B., Jung J. Y., Lee D. H., Cho, U. R., A study on composites of ethylene-vinyl acetate copolymer and ethylene-propylene-diene rubber with aluminum hydroxide as a fire retardant. *Elastomers and composites* 51(2), 93-98, 2016.
- Ma H., He J., Li X., Yang R, High thermal stability and low flammability for Ethylene-Vinyl acetate Monomer/Ethylene-Propylene-Diene Monomer by incorporating macromolecular charring agent. *Polymers for Advanced Technologies* 32(6), 2444-2451, 2021.
- Sarıbatur U. T., Kablo Endüstrisi için Aleve ve Yağa Karşı Dirençli Kauçuk Hamuru Geliştirilmesi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans tezi (basılmış), 2019.
- Song G., Ma S., Tang G., Yin Z., Wang X., Preparation and characterization of flame retardant form-stable phase change materials composed by EPDM, paraffin and nano magnesium hydroxide. *Energy* 35(5), 2179-2183, 2010.
- Winspear GG (ed). *The Vanderbilt Rubber Handbook*, 06856(203):620, 1958.

- Witkowski A., Hollingbery L., Hull T. R., Fire Retardancy of Mineral Fillers in EVA Copolymers. *Fire and Polymers VI: New Advances in Flame Retardant Chemistry and Science*, 97-111, 2012.
- Yurkin Y. V., Mansurova I. A., Belozerov V. S., Zlobina A., Morphological and Dynamic Mechanical Analysis of Vibration Damping Composite Material Based on Different Elastomers. *Materiale Plastice*, 55(4), 469-473, 2018.