



POLİTEKNİK DERGİSİ

*JOURNAL of POLYTECHNIC*

ISSN: 1302-0900 (PRINT), ISSN: 2147-9429 (ONLINE)

URL: <http://dergipark.org.tr/politeknik>



# Nadir toprak elementlerinin karbon elyaf tozu takviyeli poliolefinlerin akışkanlığına etkileri

## *The effects of rare earth elements on the fluidity of carbon fiber powder reinforced polyolefins*

Yazar(lar) (Author(s)): Yılmaz KİSMET<sup>1</sup>, Serhat GÜRAY<sup>2</sup>

ORCID<sup>1</sup>: 0000-0003-3145-6214

ORCID<sup>2</sup>: 0000-0002-7575-9359

**To cite to this article:** Kısmet Y. ve Güray S., “Nadir toprak elementlerinin karbon elyaf tozu takviyeli poliolefinlerin akışkanlığına etkileri”, *Journal of Polytechnic*, 26(3): 1683-1689, (2024).

**Bu makaleye şu şekilde atıfta bulunabilirsiniz:** Kısmet Y. ve Güray S., “Nadir toprak elementlerinin karbon elyaf tozu takviyeli poliolefinlerin akışkanlığına etkileri”, *Politeknik Dergisi*, 26(3): 1683-1689, (2023).

**Erişim linki (To link to this article):** <http://dergipark.org.tr/politeknik/archive>

**DOI:** 10.2339/politeknik.1176003

# Nadir Toprak Elementlerinin Karbon Elyaf Tozu Takviyeli Poliolefinlerin Akışkanlığına Etkileri

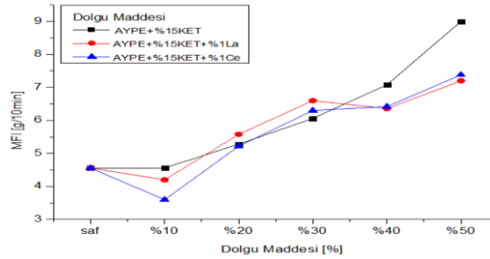
## The Effects of Rare Earth Elements on The Fluidity of Carbon Fiber Powder Reinforced Polyolefin

### Önemli noktalar (Highlights)

- ❖ Tüm çözeltilerin eldesi / Obtaining all solutions
- ❖ Çözeltilerden dolgu maddesi eldesi / Obtaining filler from solutions
- ❖ Termoplastiklerin kütle ve hacimsel eriyik akış analizlerinin çıkarılması / Mass and volumetric melt flow analysis of thermoplastics
- ❖ Artan dolgu miktarı ile akışkanlıklarının önemli ölçüde iyileşmesi / Significant improvement of the fluidity with increasing amount of filler
- ❖ Lantan ve seryumun PP'nin akışkanlığına olumlu etkileri / Positive effects of lanthanum and cerium on the fluidity of PP

### Grafik Özet (Graphical Abstract)

Lantan ve seryum içeren karbon elyaf tozu takviye edilmiş poliolefinlerin akışkanlıklarının belirlenmesi / Determination of the viscosity of carbon fiber powder reinforced polyolefins containing lanthanum and cerium



Şekil. Kullanılan dolgu çeşidi ve oranına bağlı olarak YYPE'nin eriyik akış indeksindeki değişim / Figure. (The change in the melt flow index of HDPE depending on the type and amount of filler)

### Amaç (Aim)

PP ve PE'nin karbon elyaf takviyesi ile azalan akışkanlıklarının üretim için uygun hale getirilmesi (Making the reduced viscosity of PP and PE suitable for production with carbon fiber reinforcement).

### Tasarım ve Yöntem (Design & Methodology)

AYPE, karbon elyaf tozu ve lantan/seryum kullanılarak farklı iki çözelti hazırlandı ve dolgu maddesi geliştirildi. Bu dolgu maddesi AYPE, YYPE ve PP de kullanılarak eriyik akış indeksleri çıkarıldı. (Two different solutions were prepared using LDPE, carbon fiber powder and lanthanum/cerium and the filler was developed. Melt flow indexes were obtained by using this filler in LDPE, HDPE and PP).

### Özgünlük (Originality)

Lantan ve seryum çözeltilerinin karbon elyaf tozuna takviye edilmesi ve bu şekilde dolgu maddesi geliştirilerek AYPE, YYPE ve PP'nin akış analizlerinin yapılması / Reinforcing lanthanum and cerium solutions into carbon fiber powder and developing a filler in this way and making flow analyzes of LDPE, HDPE and PP

### Bulgular (Findings)

Çözelti hazırlanarak geliştirilen dolgu maddesi ile AYPE, YYPE ve PP'nin akışkanlıkları iyileştirilmiştir. / The fluidity of LDPE, HDPE and PP has been improved with the filling material developed by preparing the solution.

### Sonuç (Conclusion)

Enjeksiyon ve ekstrüzyon ile üretimde daha düşük sıcaklıklarda daha yüksek akışkanlık değerleri elde etmek mümkün olabilecektir. / It will be possible to obtain higher fluidity values at lower temperatures in injection and extrusion production.

### Etik Standartların Beyanı (Declaration of Ethical Standards)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal-özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler. / The authors of this article declare that the materials and methods used in this study do not require ethical committee permission and/or legal-special permission.

# Nadir Toprak Elementlerinin Karbon Elyaf Tozu Takviyeli Poliolefinlerin Akışkanlığına Etkileri

*Araştırma Makalesi / Research Article*

Yılmaz KİSMET<sup>1\*</sup>, Serhat GÜRAY<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Stratejik Hammaddeler ve İleri Teknoloji Uygulamaları Ana Bilim Dalı, Tunceli Munzur Üniversitesi, Türkiye

<sup>2</sup>Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Tunceli Munzur Üniversitesi, Türkiye

(Geliş/Received : 15.09.2022 ; Kabul/Accepted : 30.01.2023 ; Erken Görünüm/Early View : 02.04.2023)

## ÖZ

Bu çalışmada, poliolefinler grubuna ait ticari birer termoplastik olan alçak yoğunluklu polietilen (AYPE), yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve polipropilenin (PP) akışkanlığı üzerine karbon elyaf tozunun ve nadir toprak elementlerinin etkileri incelenmiştir. Öncelikle mekanik olarak karıştırılan ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranlarında karbon elyaf tozu içeren termoplastiklere ait karışımların eriyik akış analizleri yapıldı. Daha sonra AYPE, karbon elyaf tozu ve %90'nın üzerinde zenginleştirilmiş lantan ve seryum ile çözeltiler hazırlandı ve bunların akışkanlıkları incelendi. Bu çözeltiler hazırlanırken AYPE sentetik tinerde, lantan ve seryum ise su da çözüldü ve sonra karbon elyaf tozu takviye edildi. Hazırlanan bu çözeltiler saf termoplastikler (AYPE, YYPE, PP) ile ayrı ayrı ağırlıkça %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarda karıştırılarak akışkanlık ve yoğunluk analizleri gerçekleştirildi. Bu şekilde hem karbon elyaf tozu hem de lantan ve seryum emdirilmiş karbon elyaf tozlarının termoplastiklerin akışkanlık ve yoğunluğu üzerine olan etkileri belirlenerek elde edilen sonuçlar grafiklerle açıklandı.

**Anahtar Kelimeler:** Polietilen, lantan, seryum, karbon elyaf tozu, eriyik akış indeksi.

## The Effects of Rare Earth Elements on The Fluidity of Carbon Fiber Powder Reinforced Polyolefins

### ABSTRACT

In this study, the effects of carbon fiber powder and rare earth elements on the fluidity of commercial thermoplastics belonging to the polyolefins group which are; low density polyethylene (LDPE), high density polyethylene (HDPE) and polypropylene (PP) were investigated. At first, melt flow analyzes of the mixtures of thermoplastics were performed in which 5%, 10% and 15% by weight carbon fiber powder were mixed mechanically. After that, solutions were prepared with LDPE, carbon fiber powder and over 90% enriched lanthanum and cerium, and their fluidity was examined. While preparing these solutions, LDPE was dissolved in synthetic thinner, lanthanum and cerium were dissolved in water and then carbon fiber powder was reinforced. These solutions were mixed with pure thermoplastics (LDPE, HDPE, PP) separately at rates of 10%, 20%, 30%, 40% and 50% by weight, and fluidity and density analyzes were performed. In this way, the effects of both carbon fiber powder and carbon fiber powders impregnated with lanthanum and cerium on the fluidity and density of thermoplastics were determined and the results obtained were explained with graphics.

**Keywords:** Polyethylene, lanthanum, cerium, carbon fiber powder, melt flow index.

### 1. GİRİŞ (INTRODUCTION)

Endüstriyel üretimde insan ihtiyaçlarına en doğru ve en hızlı şekilde cevap verebilmek için üretim çeşitliliği, üretimin hızı ve verimliliği son derece önemlidir. Bu çerçevede kolay bulunabilmeleri, rahat işlenebilmeleri ve maliyetlerinin düşük olması nedeniyle polimerler endüstride birçok ihtiyaca yönelik olarak kullanılmaktadır [1, 2]. Polimerler genellikle petrokimya ürünlerinin atıklarının işlenmesi ile elde edilen sentetik yapıda ya da doğal olarak da protein ve nükleik asit esaslı biopolimerler şeklindedir. Doğal ya da sentetik her iki durumda da monomerlerin yan yana gelerek oluşturdukları uzun zincir yapılarıdır [3, 4]. Fiziksel olarak termoplastikler, termosetler ve elastomerler olarak üç gruba ayrılan polimerlerin en önemli grubunu

termoplastikler oluşturmaktadır. Isıtıldığında eriyip viskoz hale gelen termoplastikler, uygun kalıp içerisinde şekillendirilir ve soğutularak tekrar katı hale getirilebilir. Çok kez ısıtma ve soğutma çevrimi ile ciddi hasarlar almaz, bu da onlara yeniden işleme ve geri dönüşüm için avantajlı kılar. Termoplastiklerin atıklarında, fiziksel yumuşama veya erimenin tersinirliği nedeniyle hammadde olarak tekrar kullanılabilir [5, 6].

Günlük hayatta en çok karşılaşılan termoplastiklerden polietilen ve polipropilen, etilen ve propen monomerlerinin polimerizasyonu ile elde edilmektedir. Polietilen ve polipropilen poliolefinler grubunu oluştururlar ve termoplastikler içerisinde en fazla tüketilen ticari polimerlerdir denilebilir. Bu ticari termoplastiklerin tercih edilmelerinin en önemli nedenleri, nem emiliminin olmaması, hafif olması ve mükemmel yalıtkanlık özelliği göstermeleri ve yüksek darbe dayanımına sahip olmalarıdır. Düşük maliyetli,

\*Sorumlu Yazar (Corresponding Author)  
e-posta : gurayserhat0@gmail.com

kimyasallara karşı dayanıklı ve kolay üretilebilen bu termoplastiklerden polietilen farklı yoğunluklarda üretilebilmektedir [8-10].

Alçak yoğunluklu polietilen (AYPE) genel olarak, yüksek darbe dayanımına sahiptir. Hemen hemen hiç kırılmayan bir yapısı vardır. Bu durum AYPE'yi güçlü kılar. Tamamen esnek, yarı saydam veya opak şekillerde bulunabilir. AYPE, YYPE'ye (yüksek yoğunluklu polietilen) göre daha dalı bir yapı sergiler [10, 11]. Bu nedenle, moleküller arası bağları daha zayıftır. Çoğu zaman polimerlerin mekanik, fiziksel ve termal özelliklerini geliştirmek için dolgu maddeleri kullanılmaktadır. En çok kullanılan inorganik dolgu maddeleri kalsit, talk, kaolen, çinko amiyant, baryum ve aramidir. Organik yapıda ise kendir, kenevir, deniz yosunu, kolza, saman v.b takviye elemanları termoplastiklerde kullanılmaktadır [12, 13]. Ayrıca bor elyafı, cam elyafı, karbon elyafı da polimer malzemelerde dolgu malzemesi olarak tercih edilen elyaflardır [14, 15].

Karbon elyaflar, organik polimerik liflerin ya da hidrokarbon gazlarının yüksek basınç ve sıcaklık altında termal ayrıştırılmasıyla üretilir. Karbon elyafların diğer elyaflara göre en büyük avantajları yüksek çekme dayanımı, yüksek sertlik, düşük yoğunluk ve yüksek kimyasal dayanımdır [16]. Tüm bu avantajların uygun bir matris yapıyla birleştirilmesi ile oluşan mükemmel özellikteki kompozit yapılar alüminyum gibi metallere yapılmış parçalara veya diğer elyaf dolgulı kompozitlere kıyasla çok yüksek mekanik özelliklere sahiptir ve çok daha hafiftir. Karbon elyaf bu avantajlarından ötürü birçok ileri polimer matrisli kompozitte en çok kullanılan yüksek performanslı elyaf malzemesidir. Karbon elyaf takviyeli kompozitler günümüzde roket gövdelerinde, basınçlı kaplarda, askeri ve ticari amaçlı sabit kanatlı ve helikopter hava taşıtlarında yapısal eleman olarak kullanılmaktadır [16, 17].

Polimerlerde kullanımları pek yaygın olmasa da nadir toprak elementleri (NTE) yüksek sıcaklığa, aşınmaya, korozyona karşı dayanıklı üstün özelliklere sahip hafif malzemelerdir [17, 18]. Bu özelliklerinden dolayı NTE'leri bilgisayarlar, cep telefonları, dizüstü bilgisayarlar, şarj edilebilir piller, televizyonlar, hibrit araçlar, rüzgar türbinleri, sabit diskler, tıbbi görüntüleme cihazları, radar sistemleri, katalitik çeviriciler, uçak motorları, nükleer, tıp, seramik ve cam sektörlerinde ve petrol arıtmada ve dünyadaki yüksek teknoloji gerektiren hemen hemen her alanda kullanılmaktadır [18]. Polimer matrisli kompozitlerde ise özellikle matrisle elyaf arasında bağlayıcı ajan olarak değerlendirilmekte ve bu şekilde özellikle mekanik ve termal açıdan kompozit malzeme iyileştirilmektedir [19, 20]. Lantanidler serisinin ilki olan lantan karbon esaslı aydınlatmada ve özellikle endüstrisinde, stüdyo aydınlatmalarında ve projeksiyon makinelerinde, yüksek çözünürlüklü kamera, teleskop, gece görüş dürbünleri üretiminde kullanılırken alaşımların sıcaklığa direncini artıran seryum ise, çakmak taşı yapımında, floresan lamba ve ampul

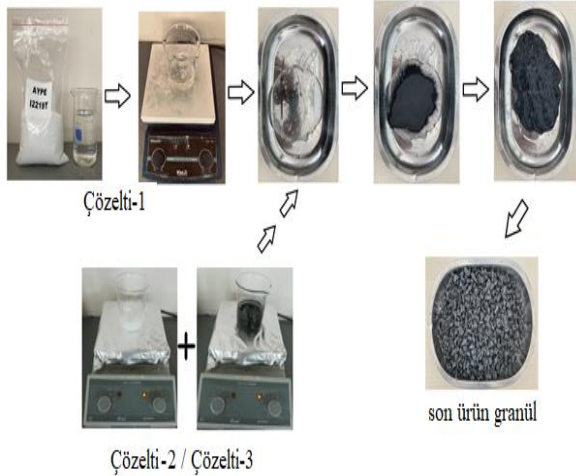
üretiminde, cam yüzeylerin cilalamasında ve televizyon ekranlarında kullanılan bir elementtir [21].

Bu çalışmada karbon elyaf tozu takviyeli poliolefinlerin akışkanlık ve yoğunluğundaki değişimlere lantan ve seryum elementlerinin etkisi incelendi. Bu sayede ekstrüzyon ve plastik enjeksiyon ile kalıplama yöntemlerine yönelik olarak malzemelerin viskozite değişimleri incelendi ve bu makinalara uygun çalışma parametreleri belirlendi.

## 2. MATERYAL VE METOD (MATERIAL and METHOD)

Bu çalışmada matris malzeme olarak PETKİM A.Ş. den temin edilen 'I-22 19T' ürün kodlu AYPE, I668 numaralı yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ve EH-102 ürün numaralı polipropilen (PP) kullanılırken dolgu maddesi olarak ise <400 mikrondan küçük toz haline getirilmiş karbon elyaf kullanılmıştır. Ajan olarak önemli birer nadir toprak elementi olan %90 üzerinde saflıkta lantan ve seryum bağlayıcı görevi görmektedir. AYPE için çözücü olarak ise sentetik tiner kullanılmıştır.

Öncelikle AYPE içerisine karbon elyaf tozu ayrı ayrı ağırlıkça %5, %10 ve %15 oranlarında "Toztek" firmasına ait 3lt hacminde "çift konik mikser" kullanılarak oda sıcaklığında mekanik olarak karıştırıldı. Elde edilen her bir karışımdan 6 ila 8 g arasında malzeme alındı ve bu karışımların ayrı ayrı eriyik akış analizleri gerçekleştirilerek kütle ve hacimsel akışkanlık değerleri ile karışımların yoğunluklarındaki değişimler belirlendi. Karbon elyaf tozunu deneyin gerçekleştirildiği 190°C'de katı formda olup akışkan bir karakter sergilememektedir. Dolayısıyla AYPE içerisinde artan karbon elyaf oranına bağlı olarak uygulanan kuvvette ters yönde oluşan tepki kuvveti ile viskozite artmakta ve AYPE'nin akışkanlığında radikal düşüşler gerçekleşmektedir. Karbon elyaf tozunun mekanik olarak AYPE ile karışımında karşılaşılan bu olumsuz akışkanlık özelliği nedeniyle karışımların çözelti oluşturularak elde edilmesi yoluna gidildi. Bu kapsamda toplamda 50 g'lık karışım esas alınacak şekilde 42,5 g AYPE önce sentetik tiner içerisinde 15-20 dakika Şekil 1'de gösterildiği gibi çözülerek çözelti-1 hazırlandı. Daha sonra 7,5 g karbon elyaf ise bu çözelti içerisine dökülerek homojen olacak şekilde karıştırıldı ve deneyler için hazır hale getirildi. Bu çözeltinin dışında iki ayrı çözeltide ağırlıkça %1 lantan ve yine ağırlıkça %1 Seryum içerecek şekilde hazırlandı. Bunun için Şekil 1'de görüldüğü gibi 0,5 g lantan ve yine 0,5 g seryum ayrı ayrı su içerisinde çözüldü ve daha sonra 7,5 g karbon elyaf tozu karıştırılarak çözelti-2 hazırlandı. Son olarak bu çözeltiler ayrı ayrı sentetik tiner içerisinde çözülmüş ve hazır olan jel kıvamındaki AYPE (çözelti-1) ile homojen olacak şekilde karıştırıldı. Şekil 1'de gösterildiği gibi hazırlanan her iki çözeltide yaklaşık 24 ila 48 saat arasında oda sıcaklığında bekletildi ve daha sonra kırılarak 2 ila 3 mm boyutlarında granüller haline getirilerek deneyler için hazırlandı.



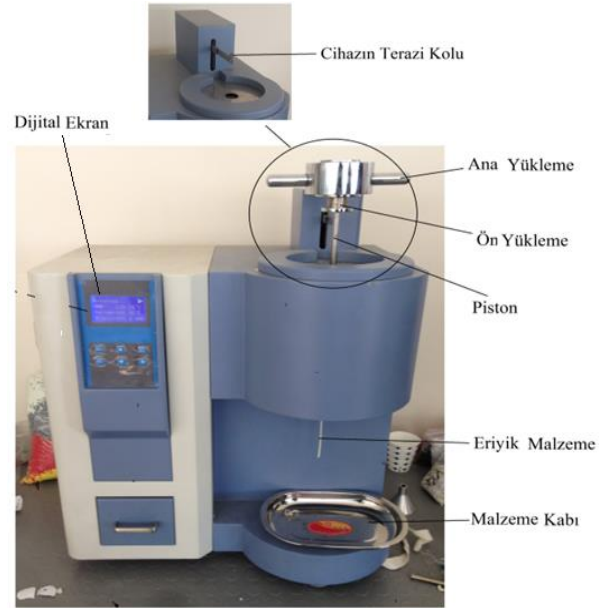
**Şekil 1.** Hazırlanan çözeltiler; Çözelti-1: AYPE+tiner, Çözelti-2: karbon elyaf emdirilmiş lantan ve çözelti-3: karbon elyaf emdirilmiş seryum ( Prepared solutions; Solution-1: LDPE +thinner, Solution-2: carbon fiber impregnated lanthanum and solution-3: carbon fiber impregnated cerium)

Deneylerde kullanılan dolgu maddeleri Çizelge 1’de verilmiştir. Bu çözeltiler Çizelge 2’de sonuçları verilen karbon elyaf tozu ile termoplastiklerin mekanik karışımlarına ait akışkanlık problemlerinin giderilmesi için hazırlanmıştır.

**Çizelge 1.** AYPE, YYPE ve PP’de kullanılan dolgu maddeleri (Fillers used in LDPE, HDPE and PP)

Kullanılan Dolgu Maddeleri	Dolgu maddesi içeriği ağırlıkça [%]		
Dolgu Maddesi-1 (DM-1)	%85AYPE	%15 KET	
Dolgu Maddesi-2 (DM-2)	%84AYPE	%15 KET	%1Lantan
Dolgu Maddesi-3 (DM-3)	%84AYPE	%15 KET	%1Seryum

Çizelge 1’de de belirtildiği gibi üç farklı dolgu maddesi çözelti olarak hazırlandı ve termoplastiklerde dolgu maddesi olarak kullanıldı. Bu dolgu maddeleri ayrı ayrı saf AYPE, YYPE ve PP ile ağırlıkça %10, %20, %30, %40 ve %50 oranlarında karıştırılarak Munzur Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümü Polimer Teknolojileri Laboratuvarında bulunan Şekil 2’deki “JPT EQUIPMANT” marka “XRL-400A” model cihaz kullanılarak eriyik akış analizleri gerçekleştirildi.



**Şekil 2.** Eriyik Akış İndeks Cihazı (Melt Flow Index Device)

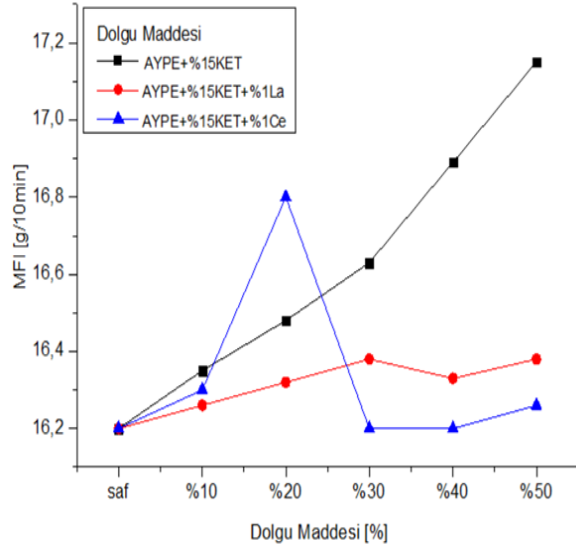
AYPE ve YYPE’ye ait eriyik akış analizi DIN ISO 1133 normlarına göre 190 °C’de 2,16 kg ağırlık uygulanarak gerçekleştirilirken, PP için ise sıcaklık 230 °C ve 2,16 kg ağırlık kullanılmıştır [22, 23]. Deneylerde ön yükleme olarak ise 0,325 g ağırlık uygulanmıştır. Ölçüm esnasında cihazın meme kısmından akan malzemeler her 20 saniyede bir otomatik olarak kesilmiş ve elde edilen bütün parçaların ağırlıkları hesaplanarak ortalama ağırlık hesaplanmıştır. Bu ortalama ağırlık değeri kullanılarak her bir karışıma ait kütle ve hacimsel akış analizleri ile yoğunluk ölçümleri cihaz tarafından otomatik olarak yapılmıştır [23]. Deneyden elde edilen parçaların yoğunlukları ayrıca yoğunluk ölçme kiti ile de ölçülerek MFI cihazından elde edilen değer ile karşılaştırılmıştır

### 3. SONUÇLAR VE TARTIŞMALAR (RESULTS and DISCUSSIONS)

Termoplastikler ile Çizelge 1’de belirtilen dolgu maddelerine ait karışımların akış analizlerine ait sonuçlar grafikler ile aşağıda verilmiştir. Ayrıca Çizelge 2’de mekanik olarak oluşturulan karbon elyaf tozu (KET) içeren AYPE, YYPE ve PP karışımlarına ait sonuçlar görülmektedir. Çizelge 2’de oluşturulan karışımlar mekanik karışımlar olup çizelgede de görüldüğü gibi karışım oranının artışına bağlı olarak termoplastiklerin akışkanlıkları radikal bir şekilde azalmış ve hatta belirli oranın üzerinde hiç akış gerçekleşmediği görülmüştür. Buna istinaden Çizelge 1’de belirtildiği gibi karbon elyaf tozu, lantan ve seryum içeren üç farklı çözelti hazırlanarak dolgu maddeleri geliştirildi ve bu dolgu maddeleri AYPE, YYPE ve PP’de kullanılarak oluşturulan karışımlarda akışkanlık değişimleri analiz edildi ve sonuçlar grafiklerle gösterildi.

**Çizelge 2.** Termoplastikler ile karbon elyaf tozunun mekanik karışımlarına ait eriyik akış analiz sonuçları (Melt flow analysis results of mechanical mixtures of thermoplastics and carbon fiber powder)

	Saf (g/10dak.)	%5 KET (g/10dak.)	%10 KET (g/10dak.)	%15 KET (g/10dak.)
AYPE	16,2	9,44	3,84	-
YYPE	4,56	2,80	-	-
PP	7,86	3,16	-	-

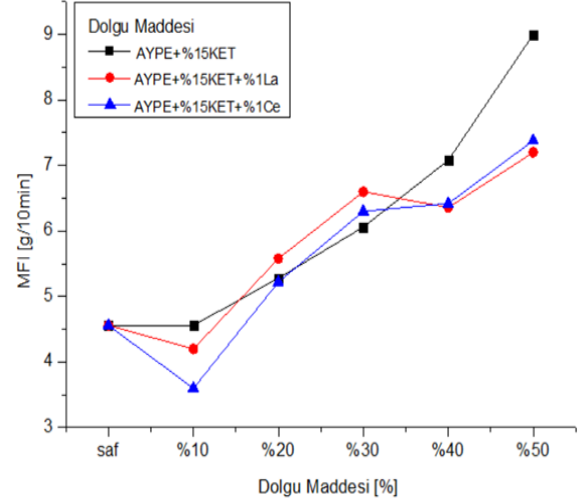


**Şekil 3.** Kullanılan dolgu çeşidi ve oranına bağlı olarak AYPE'nin eriyik akış indeksindeki değişim (The change in the melt flow index of LDPE depending on the type and amount of filler)

Şekil 3'de farklı çözeltilerin AYPE'de dolgu maddesi olarak kullanılması ile AYPE'nin viskozitesindeki değişim görülmektedir. Ağırlıkça artan dolgu maddesi miktarına bağlı olarak matris malzemenin yani AYPE'nin karışım içerisinde ki miktarı aynı oranda azaltılmıştır. Bu grafiğe göre AYPE ve karbon elyaf tozu ile hazırlanan çözeltilerin saf AYPE'de dolgu maddesi olarak kullanılması neticesinde AYPE'nin viskozitesinin azalarak kütesel akışkanlığının iyileştiği görülmektedir. Saf AYPE'nin akışkanlığı 16,2 g/10dak. iken bu değer %50 çözelti içeren karışımda 17,2 g/10dak. değerine yükselmiştir. Benzer şekilde lantan ve seryum emdirilmiş karbon elyaf tozu içeren çözeltiler ile hazırlanan karışımların da akışkanlıklarının azda olsa arttığı görülmüştür.

YYPE'nin içerdiği farklı çözelti türü ve oranına bağlı olarak eriyik akış indeksindeki değişim Şekil 4'de görülmektedir. Ağırlıkça artan dolgu maddesi miktarına bağlı olarak matris malzeme olarak kullanılan YYPE'nin karışım içerisinde ki miktarı aynı oranda azaltılmıştır. Bu grafiğe göre ağırlıkça %10'luk karışım oranlarında özellikle lantan ve seryum emdirilmiş karbon elyaf takviyeli YYPE'nin akışkanlığı bir miktar azalsa da daha

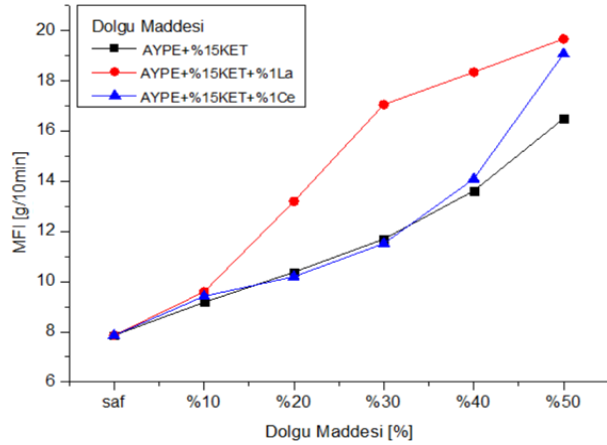
sonra sürekli bir artış göstermekte ve artan dolgu miktarına bağlı olarak akışkanlık iyileşmektedir. Saf YYPE'nin MFI değeri 4,56 g/10dak. iken bu değer %50 karbon elyaf takviyeli AYPE çözeltisi ilave edilmiş karışımlarda önemli ölçüde iyileşmiş ve 9 g/10dak. değerine ulaşmıştır. %50 Lantan ve seryum emdirilmiş karbon elyaf takviyeli AYPE çözeltileri ilave edilen karışımlarda ise akış benzer şekilde önemli ölçüde iyileşmekte ve 7g/10dak. değerinin üzerine çıkmaktadır.



**Şekil 4.** Kullanılan dolgu çeşidi ve oranına bağlı olarak YYPE'nin eriyik akış indeksindeki değişim (The change in the melt flow index of HDPE depending on the type and amount of filler)

Şekil 5'de farklı çeşit ve oranlarda hazırlanan çözeltilerden ilave edilmiş PP'nin eriyik akış indeksindeki değişim görülmektedir. Matris malzemesi olarak kullanılan PP'nin karışım içerisinde ki oranı ağırlıkça artan dolgu maddesi miktarına bağlı olarak aynı oranda azaltılmıştır. Bu grafiğe göre karışım içerisinde artan dolgu miktarı ile PP'nin viskozitesi azalmakta ve aynı sıcaklık ve basınç altında çok daha rahat bir akış gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Saf PP'nin akışkanlığı 7,86g/10dak. iken bu değer karışım içerisinde artan her üç dolgu miktarına bağlı olarak önemli ölçüde iyileşmiş ve %50 lantan ve seryum emdirilmiş karbon elyaf takviyeli AYPE çözeltisi ilave edilen PP'de sırasıyla 19,68g/10dak. ve 19,08g/10dak. gibi çok yüksek akışkanlık değerlerine ulaşılmıştır. AYPE ve YYPE ile gerçekleştirilen akış analizlerinin aksine burada özellikle nadir toprak elementi emdirilmiş karbon elyaf takviyesi ile gerçekleştirilen karışımlarda önemli artış gözlemlenmiştir.

Çizelge 3'de tüm termoplastiklerin yoğunluk değişimleri bir arada verilmiş olup karışımların yoğunluk değerlerinde önemli farklılıklar meydana gelmemiştir. Dolgu maddeleri (DM) çizelge 1'de belirtilen sıralamaya göre alınmıştır. Dolgu takviyesiz saf termoplastiklerin yoğunlukları ile %30 ve %50 takviyeli termoplastiklerin yoğunlukları karşılaştırmalı olarak verilmiştir.



**Şekil 5.** Kullanılan dolgu çeşidi ve oranına bağlı olarak PP'nin eriyik akış indeksindeki değişim (The change in the melt flow index of PP depending on the type and amount of filler)

Bu çizelgeye göre AYPE'nin yoğunluğu 0,9 g/cm<sup>3</sup> ile 0,8 g/cm<sup>3</sup> arasında değişmektedir. YYPE'nin yoğunluğu ise 0,948 g/cm<sup>3</sup> değerinden yaklaşık olarak 0,83 g/cm<sup>3</sup> değerine kadar gerilemiştir. Benzer şekilde PP'nin de yoğunluğunun da azalarak 0,832 g/cm<sup>3</sup> değerlerine geldiği görülmektedir.

Elde edilen akışkanlık değerlerine bakılarak bir sonraki aşama olan ekstrüzyon ile homojen karışım işlemlerinin uygulanmasında kullanılacak olan sıcaklık değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Yapılan bu çalışmada elde edilen sonuçlara bakıldığında her üç termoplastik içinde kullanılan dolgu maddelerine bağlı olarak akışkanlık değerlerinin iyileştiği görülmektedir. Bu nedenle AYPE, YYPE ve PP'nin saf halde ki ekstrüzyon çalışma sıcaklıklarından daha düşük çalışma sıcaklıklarında daha üstün bir akışkanlık elde edilmesini mümkündür.

**Çizelge 3.** Kullanılan dolgu çeşidi ve oranına bağlı olarak termoplastiklerin yoğunluk değişim (Density changes of thermoplastics depending on the type and amount of filler)

	Saf (g/cm <sup>3</sup> )	%30 DM-1 (g/cm <sup>3</sup> )	%50 DM-1 (g/cm <sup>3</sup> )	%30 DM-2 (g/cm <sup>3</sup> )	%50 DM-2 (g/cm <sup>3</sup> )	%30 DM-3 (g/cm <sup>3</sup> )	%50 DM-3 (g/cm <sup>3</sup> )
AYPE	0,901	0,831	0,813	0,842	0,801	0,847	0,804
YYPE	0,948	0,873	0,842	0,881	0,841	0,878	0,829
PP	0,921	0,869	0,831	0,878	0,839	0,857	0,832

**Çizelge 4.** Ekstrüzyon makinasında uygulanması planlanan sıcaklık değerleri (The temperature values planned to be applied in the extrusion machine)

Isı bölgeleri	1.bölge (°C)	2.bölge (°C)	3.bölge (°C)	Kalıp (°C)	Vida devri (rpm)
Malzemeler					
Saf AYPE	140-150	150-160	150-160	140-150	5-15
AYPE+Dolgu Maddesi	130-140	140-150	130-150	130-140	5-15
Saf YYPE	160-170	170-180	170-180	160-170	5-15
YYPE+Dolgu Maddesi	140-150	150-160	150-160	140-150	5-15
Saf PP	180-200	180-200	180-200	180-200	5-15
PP+Dolgu Maddesi	150-160	160-170	160-170	160-170	5-15

Her bir termoplastik için yaklaşık olarak 10 ila 20 °C daha düşük sıcaklıklar kullanılması öngörülmüş olup bu durum önemli ölçüde enerji tasarrufu sağlamayı da mümkün kılacaktır. Ekstrüzyon çıkışındaki malzeme

yapısı ve akışkanlığı bozulmadığı takdirde plastik enjeksiyon makinasında kalıplama işlemlerinde de aynı ya da yakın ( $\pm 5$  °C) sıcaklık değerleri kullanılabilir.

#### 4. SONUÇLAR (CONCLUSIONS)

Bu çalışmada karbon elyaf tozu içeren AYPE ve lantan ile seryum emdirilmiş karbon elyaf tozu içeren AYPE çözeltileri hazırlandı ve bu çözeltiler termoplastiklerin poliolefinler gurubu olarak adlandırılan polietilen ve polipropilen de takviye elemanı olarak kullanıldı.

Öncelikle mekanik olarak karbon elyaf tozu içeren termoplastiklerin kütleli akışkanlıkları karbon elyaf tozu oranının artışına bağlı olarak azaldığı hatta ağırlıkça %10 ve üzeri karbon elyaf tozu içeren karışımlarda akışın gerçekleşmediği tespit edilmiştir.

Bu olumsuzluğu giderebilmek için AYPE, karbon elyaf tozu ve nadir toprak elementlerinden hazırlanan çözeltiler termoplastiklerde ayrı ayrı dolgu maddesi olarak kullanıldı ve artan dolgu miktarı ile termoplastiklerin akışkanlıklarının iyileştiği belirlendi. Bu çözeltilerden %15 karbon elyaf tozu içeren AYPE çözeltisinin saf AYPE ve saf YYPE de kullanılması ile akışkanlığın önemli ölçüde artarak karışımların viskozitesinin düştüğü görülmüştür. AYPE'nin yoğunluğu 0,9 g/cm<sup>3</sup> ile 0,8 g/cm<sup>3</sup> arasında değişim gösterirken YYPE'nin ise 0,94 g/cm<sup>3</sup> ile 0,81 g/cm<sup>3</sup> arasında değiştiği belirlenmiştir.

Polipropilende ise bütün çözeltilerin takviye edilmesi ile akışkanlığın önemli ölçüde iyileştiği özellikle lantan

ve seryum emdirilmiş karbon elyaf takviyeli AYPE çözeltilerinin kullanımı ile akışkanlığın iki katından fazla bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. PP'nin yoğunluk değişimi ise artan dolgu miktarı ile azalmış ve genel olarak 0,92 g/cm<sup>3</sup> ila 0,8 g/cm<sup>3</sup> arasında değişiklik göstermiştir.

Elde edilen bu sonuçlar neticesinde AYPE, YYPE ve PP ile gerçekleştirilen ekstrüzyon ve enjeksiyon ile üretimde karşılaşılan akışkanlık yani viskozite problemleri bu çalışma çerçevesinde geliştirilen çözeltilerin dolgu maddesi olarak kullanılmasıyla iyileştirilmesi mümkün olmaktadır. Akışkanlığın iyileşmesi ile üretim seri ve verimli hale gelirken aynı zamanda daha düşük sıcaklık ve basınç ile daha optimum viskozite değerleri sağlanabilmekte ve bu şekilde enerji tasarrufu da bir kazanç olarak elde edilebilmektedir.

#### TEŞEKKÜRLER (ACKNOWLEDGEMENTS)

Bu çalışma “Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri” birimi tarafından desteklenen “YLMUB021-06” no’lu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir. Çalışmaya verdikleri destek için teşekkür ederiz.

#### ETİK STANDARTLARIN BEYANI (DECLARATION of ETHICAL STANDARDS)

Bu makalenin yazarları çalışmalarında kullandıkları materyal ve yöntemlerin etik kurul izni ve/veya yasal özel bir izin gerektirmediğini beyan ederler.

#### YAZARLARIN KATKILARI (AUTHORS' CONTRIBUTIONS)

**Yılmaz KİSMET:** Deneyleri gerçekleştirerek, sonuçlarını analiz etmiş ve makalenin yazım işlemini gerçekleştirmiştir.

**Serhat GÜRAY:** Deneysel çalışmalara ve makale yazılımına katkı sunmuştur.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI (CONFLICT of INTEREST)

Bu çalışmada herhangi bir çıkar çatışması yoktur.

#### KAYNAKLAR (REFERENCES)

- [1] A. Ravve, “Principles of Polymer Chemistry”, third ed., *Springer*, New York, p. 17, (2012).
- [2] Michaeli W. “Verarbeitungsverfahren für die Kunststoffe, Einführung in die Kunststoffverarbeitung”. 5th ed. *Austria*, Vincentz Network, (2006).
- [3] J I. Novak, A. Popelka, z. Spitalsky, et al., “Polyolefin in Packaging and Food Industry“, Polyolefin Compounds and Materials, Fundamentals and Industrial Applications, *Springer International Publishing*, Switzerland, (2016).
- [4] Kaiser W. “Polyolefine, Kunststoffchemie für Ingenieure”. 3rd ed. Munich, Germany, Carl Hanser Verlag, (2011).
- [5] Kılıç, M., Yüce, A.,E., *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Pvc Ve Pet Atıkların Seçimli Flotasyonu Bölüm 1: Plastikler; Çevresel Etkileri; Geri Dönüşümü , Aralık 29(2): 79-93, (2014).
- [6] Tunçay, M., Çalış, S. “İlaç Taşıyıcı Sistemlerde Kullanılan Biyoparçalanabilir Sentetik Ve Doğal Polimerler”, *Bilimsel Taramalar*, 24:109-123, (1999).
- [7] ] Uğraşkan, V., Yoruç, A., “Yeşil Polimerler ve Uygulamaları, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*”, 318-337, (2017).
- [8] Gysau D. “Füllstoffe”. 2nd ed. Hannover, Germany, *Vincentz Network*, (2006).
- [9] Nawang R., Danjaji I.D., Ishiaku U.S., Ismail, H. “Mechanical properties of sago starch-filled linear low density polyethylene (LLDPE) composites”, *Polymer Testing*, 20(2): 167-172, (2001).
- [10] Luo X., Li J., Feng J., Xie S., Lin X. “Evaluation of distillers grains as fillers for low density polyethylene: mechanical, reological and thermal characterization”, *Composites Science and Technology*, Vol. 89 13, pp. 175-179, (2013).
- [11] Kijenska M., Kowalska E., Palys B., Ryczkowski J. “Degradability of composites of low density polyethylene/polypropylene blends filler with rape straw”, *Polymer Degradation and Stability*, 95(4):536-542, (2010).
- [12] Y. Kısmet, “Effects of Hydrolyzed electrostatic powder coating wastes on fluidity and density of polyolefins”, *Sigma J. Eng. Nat. Sci.* 33(3): 377–383, (2015).
- [13] Kısmet, Y., & Dogan, A. “Characterization of the mechanical and thermal properties of rape short natural-fiber reinforced thermoplastic composites”. *Iranian Polymer Journal*, 31(2): 143-151, (2022).
- [14] İlhan, R., Feyzullahoğlu, E., “Cam Elyaf Takviyeli Polyester Kompozit Malzemelerde Kullanılan Doğal Elyaf ve Dolgu Maddeleri”, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 355- 381, (2019).
- [15] Özer, H. “Sürekli Cam Elyaf Takviyeli Termoplastik Kompozit Malzemelerin Geliştirilmesi Ve Mekanik Özelliklerinin Deneysel Olarak Belirlenmesi”, (*Doctoral dissertation*, Bursa Uludağ University (2015).
- [16] Singh Y, Singh J, Sharma S, Lam DT, Nguyen DN., “Fabrication and characterization of coir/carbon-fiber reinforced epoxy based hybrid composite for helmet shells and sports-good applications: influence of fiber surface modifications on the mechanical, thermal and morphological properties”. *J Mater Res Technol* 9:15593–15603, (2020).
- [17] Genç, A., “Karbon Elyaf Ve Karbon Nanotüp Katkılı Poliamid 6 Polimer Kompozit Malzemesinin İşlenebilirlik Özelliklerinin İncelenmesi” *Yüksek Lisans Tezi*, (2019).
- [18] Celep, O.,Yazıcı, E., Devenci, H., “Nadir Toprak Elementlerinin Birincil Ve İkincil Kaynaklardan Üretimi” Derleme Makalesi, 264-280, (2021).
- [19] Baştürkçü, E., Şavran, C., Timur, S., Yüce, E., “Birincil Ve İkincil Mineral Kaynaklarından Nadir Toprak Elementlerinin Fiziksel Ve Fizikokimyasal Yöntemlerle Üretim Proseslerinin İncelenmesi” *Araştırma Makalesi*, 7(2): 276-287, (2021).
- [20] Ural, M.N., Vural, A. , Çiftçi, A., “Nadir Toprak Elementlerinin Sosyo/Kültürel Ekonomik Ve Teknolojik Gelişmelerle İlişkisinin N-Gram Analizi İle İncelenmesi” *Journal Of Social, Humanities And Administrative Sciences*, 6(24): 369-379, (2020).



- [21] Akar,C. “Ergimiş Nadir Toprak Metallerinin Termodinamiksel Ve Yapısal Özelliklerinin İncelenmesi” *Yüksek Lisans Tezi*, İstanbul Teknik Üniversitesi, (2002).
- [22] Guerreiro SD, João IM, “Real LP Evaluation of the influence of testing parameters on the melt flow index of thermoplastics”. *Polym Test*, 31:1026–1030, (2012).
- [23] Kısmet, Y. “Hidrolize Edilmiş Elektrostatik Toz Boya Atık Miktarına Bağlı Olarak Poliamid (PA6) Ve Polioksimetilenin (POM) Eriyik Akış İndeksleri Ve Yoğunluklarındaki Değişimin İncelenmesi” *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(4): 241-245, (2015)