

# Floro Silan İçerikli Hibrid Kaplama ile Kaplanmış Alüminyum Levhaların Aşınma ve Termal Özelliklerinin İncelenmesi

## Investigation of Abrasion and Thermal Properties of Fluoro Silane Contented Hybrid Coating Coated Aluminum Sheets

İlyas KARTAL<sup>1</sup>, Mustafa ÇAKIR<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Bölümü, İstanbul, Türkiye

### Öz

Kaplama endüstrisinde karşılaşılan en önemli problemlerden biri sert, aşınmaya karşı dayanıklı ve termal özellikleri geliştirilmiş kaplamaların eldesidir. Bu alanda yapılan çalışmalarda en etkili yöntem olarak organik-inorganik hibrid kaplamaları kullanılarak bu problem aşılmaya çalışılmaktadır. Hibrid esaslı kaplamalarda flor ve silisyum kullanımı son zamanlarda çalışılan konulardan biridir. Hibrid yapılar için UV ile sertleşebilen sistemler tercih edilmektedir. Bu çalışmada yüksek miktarda flor içerikli yapı ile silisyum içeren yapılar ile hibrid kaplama hazırlanmıştır. Bunun için epoksi akrilat reçinesi, 1,6-hekzandiol diakrilat çözücüsü ve UV başlatıcıdan oluşan organik kısım ile flor içerikli üretilen, tetraetil ortosilikat, 3-metakriloksi propiltrimetoksilan içeren inorganik kısım bir araya getirilmiştir. İlk olarak 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7-dodekafloro-1,8-oktandiol ile 3-izosiyanat propiltrimetoksi silan reaksiyona sokularak flor ve silisyum içeren inorganik faz elde edildi. Reaksiyon FT-IR spektrumları ile takip edildi. Kaplamanın organik yapısını oluşturan UV esaslı reaktif reçine karışımlarına ağırlıkça %2,5 – %5, %7,5 – %10 – %15 ve %20 oranlarında inorganik yapı ilave edilmiştir. Her bir karışım şeffaf ve homojen bir hale gelene kadar karıştırıldı. Karıştırma esnasında oluşabilen hava kabarcıklarını gidermek için vakum etüvünde 35 °C civarında bir süre tutuldu. Hibrid formülasyonlar alüminyum levhalar üzerine homojen olarak kaplanabilmesi için dörtkenarlı 30 µm'lik aplikatör yardımıyla uygulandı. Elde edilen hibrid yapı farklı oranlarda alüminyum yüzeye uygulanması sonrası UV ışınlarıyla sertleştirildi. Bu kaplamaya aşınma testi ve termal analiz yapıldı. Hibrid yapıda inorganik kısım miktarı arttıkça aşınma kaybı azaldı, termal analiz inorganik içeriğe bağlı olarak önce bir miktar azaldı, sonra artış gösterdi. Alüminyum levhanın görsel ve dekoratif özellikleri geliştirilmiştir. Hibrid kaplamanın çizilmeye-aşınmaya karşı dayanıklı olmasıyla beraber yüksek flor içeriği sebebiyle teflonsu özellikler göstereceğinden dış ortamlarda rahatlıkla kullanılabilir bir kaplama geliştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Alüminyum, Floro silan, UV ile sertleşebilen kaplamalar, hibrid kaplama

### Abstract

One of the most important problems encountered in the coating industry is that hard, wear resistant and thermally developed coatings are not sufficiently developed. Organic-inorganic hybrid coatings are used as effective coating materials in this field. The use of fluorine and silicon in hybrid-based coatings is one of the subjects recently studied. UV-curable systems are preferred for hybrid structures. In this study, silicon-containing structures and hybrid coating were prepared with high content of fluorine. To this end, the inorganic fraction containing the fluorine-containing urethane, tetraethyl orthosilicate, 3-methacryloxy propyltrimethoxysilane was combined with the organic part consisting of epoxy acrylate resin, 1,6-hexanediol diacrylate solvent and UV initiator. The 3-isocyanate propyl trimethoxy silane was reacted with 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7-dodecafluoro-1,8-octanediol to give the inorganic phase containing fluorine and silicon. The reaction was monitored by FT-IR spectra. The inorganic structure was added to the UV based reactive resin mixtures, which make up the organic structure of the coating, in an amount of 2.5% – 5%, 7.5% – 10% – 15% and 20% by weight. Each mixture was mixed until transparent and homogeneous. It was kept in the vacuum oven for a period of around 35 °C to remove air bubbles that may occur during mixing. Hybrid formulations were applied with a four-sided 30 µm applicator for homogenous coating on aluminum sheets. The resulting hybrid structure was applied to the aluminum surface in different proportions and hardened with UV rays. Abrasion test and thermal analysis were performed. As the amount of inorganic fraction in the hybrid structure increased, the wear loss was reduced, the thermal analysis decreased slightly, then increased, depending on the inorganic content. Visual and decorative properties of aluminum plate have been developed. Since the hybrid

coating is scratch-resistant and due to its high fluoride content, it has been developed to provide a suitable coating for outdoor use.

**Keywords:** Aluminum, fluoro silane, UV curable coatings, hybrid coating

## I. GİRİŞ

Alüminyum gümüş beyaz renginde, yumuşak, manyetik olmayan ve sünek bir metaldir. Alüminyum kütle olarak, dünya kabuğunun yaklaşık olarak % 8'ini oluşturur; oksijen ve silikondan sonra en fazla bulunan üçüncü element olup dünya kabuğunda bol miktarda olan bir metaldir [1].

Alüminyum düşük yoğunluğa sahip olup korozyona karşı koyabilme kabiliyeti açısından dikkat çekicidir. Alüminyum ve alaşımları, havacılık endüstrisi için ileri derecede öneme sahip [2] olup bina cepheleri ve pencere çerçeveleri gibi ulaşım ve inşaat endüstrilerinde yaygın olarak kullanılmaktadır [3].

Alüminyum kullanımı en çok yaygın olan demir dışı metal olup 2016 yılında dünya çapında alüminyum üretimi 58,8 milyon metrik ton olarak gerçekleştirilmiştir. Demir hariç diğer herhangi bir metalin üretim miktarı bu rakamlardan oldukça uzaktır [4]. Alüminyum çoğunlukla alaşımlıdır. Genellikle alüminyum folyolar ve içecek kutuları % 92-99 alüminyum alaşımıdır [5]. Ana alaşım maddeleri, ağırlıkça yüzde birkaç oranında diğer metaller ile bakır, çinko, magnezyum, manganez ve silikondur [6].

Alüminyum birçok üstün özelliklere sahip olmasına rağmen zayıf yüzey özelliklerine sahiptir. Yüzeyin zayıf çizilme ve aşınma direnci, kir ve leke tutma gibi bazı dezavantajlara sahiptir. Alüminyum malzemelerin yüzeylerine hibrid kaplama yapılmasıyla hem yüzey özellikleri hem de görsel-dekoratif özellikler kazandırılır. Bu konuda literatürde birçok çalışma yapılmıştır [7-13].

Bu çalışmada saflığı % 99,5 standart Alüminyum levha (1050 seri alaşımlı) tercih edilmiştir. Endüstride kullanımı yaygın olan bu malzeme atmosferik korozyona dayanıklı, çok iyi şekil alabilir, elektrik ve ısı iletkenliği yüksek, görünümü güzel, dekoratif kaplamalar için uygun, kaynak kabiliyeti yüksek, mekanik özellikleri genel olarak düşüktür. Ürün çeşitleri olarak levha, çubuk, rulo, tel, boru, profil çeşitleri mevcuttur [14].

Hibrit malzemeler organik bir fazın inorganik bir yapı ile kuvvetli bağ yaptığı bir malzeme sınıfını temsil eder. Bu yapıların elde edilen özellikleri hem organik hem de inorganik fazların katkılarının toplamından daha fazladır biz bu olayı hibrit etkisi olarak adlandırmaktayız. Hibrit malzemelerin genel özellikleri ve davranışları, ara yüzeylerin ve fazların morfolojisi ile ilgilidir [15]. Hibrid organik-inorganik kaplamalar, bileşenlerin özellikleri arasındaki sinerjiden ortaya

çıkan olağanüstü özelliklerinden dolayı önem kazanmıştır. Bu kaplamalar morfolojik açıdan bakıldığında en azından bir inorganik ve bir organik faz içerirler. Ayrıca bu kaplamalarla polimerlerin kolay işlenebilme ve esneklik özelliği ile inorganik malzemelerin sertlik ve sağlamlık gibi özellikleri birleştirilebilmekte ve cam, metal ve polimerik yüzeylere başarılı bir şekilde uygulama yapılabilmektedir. Hibrid kaplamalar genelde şeffaftırlar, iyi yapışma özelliği sergilerler ve bir yüzeyin aşınma-çizilme direncini arttırlar. Hibrid malzemeler ile elyafların, filmlerin, kaplamaların işlenmesi daha kolaylaştırılabilir; organik komponent, inorganik komponentin mekanik özelliklerini modifiye edebilir; hidrofilik/hidrofobik denge ayarlanarak gözenek yapısı kontrol edilebilir ve malzemelere yeni optik veya elektriksel özellikler kazandırılabilir. Polimerik matrisde inorganik yapının bulunması onun kuvvetini ve sağlamlığını artırır ve bazen çok farklı bir materyal karakteristiği ortaya çıkarır. Her iki durumda da inorganik taneciklerin boyutu, matris ve yapının arasında ara yüzeydeki etkileşimle kontrol edildiğinde çok farklı özelliklere sahip sonuçlar hazırlanabilmektedir [16-17].

Bu çalışmada, geniş bir kullanım alanı olan alüminyum levhaların yüzeyi, UV ışınlarıyla yardımıyla florlu hibrid kaplama formülasyonlarıyla kaplanmıştır. Yüzey özelliklerinin geliştirilmesi ile görsel ve dekoratif özelliklere sahip bir yüzey elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla içeriğinde yüksek miktarda flor ihtiva eden yapılar ile silisyum içerikli yapılar reaksiyona sokularak flor-silisyum içeren hibrid kaplama formülasyonlarıyla kaplama yapılmıştır. Farklı içeriklerde olan formülasyonlar UV ışınlarıyla sertleştirilmiş, kaplamaların termal ve aşınma özellikleri incelendi.

## II. MATERYAL VE METOT

### 2.1. Malzemeler

UV esaslı reaktif reçine olarak bisfenol A gliserolat diakrilat, reaktif çözücü olarak 1,6 Hekzandiol diakrilat kullanıldı. 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7-dodekafloro-1,8-oktandiol, 3-izosiyanat propil trimetoksi silan, metakrioloksi propil trimetoksisilan (MEMO) ve Tetraetil ortosilikat (TEOS) Sigma Aldrich firmasından temin edildi. UV başlatıcı Irgacure 184 (IRG 184) Ciba Specialty Chemicals'dan tedarik edildi. P-toluensülfonikasit (PSTA) ise Merck'den tedarik edildi. Alüminyum levhalar 1050 seri alaşımlı olup yerel firmalardan satın alındı.

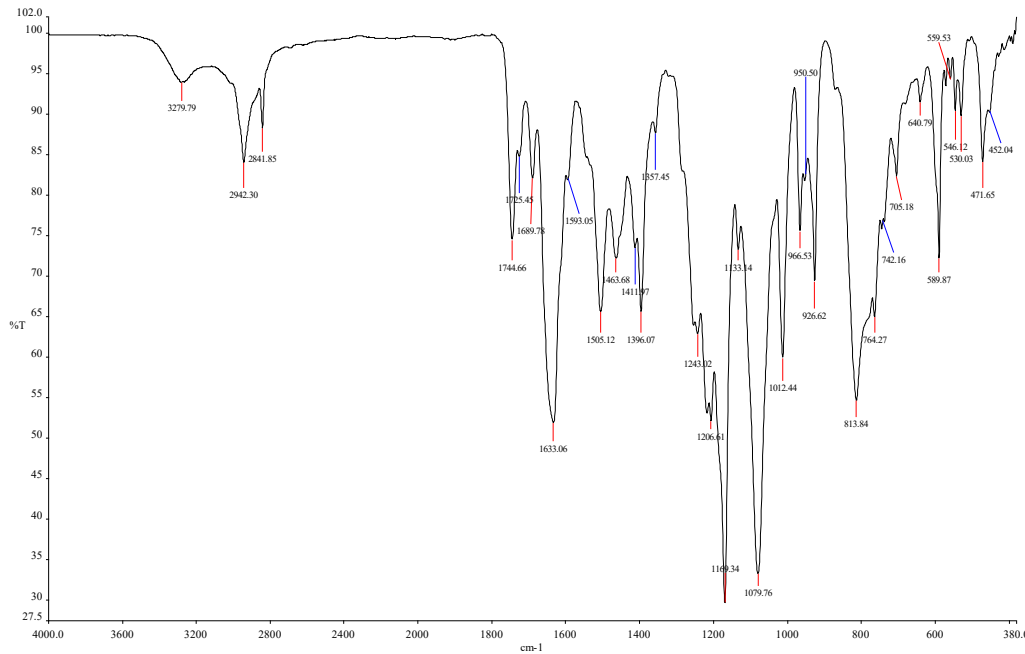
### 2.2. Hibrid kaplamanın hazırlanması

İlk olarak 2,2,3,3,4,4,5,5,6,6,7,7-Dodecafloro-1,8-oktandiol ile 3-Izosiyanato propil trimetoksi silan % 1 oranında

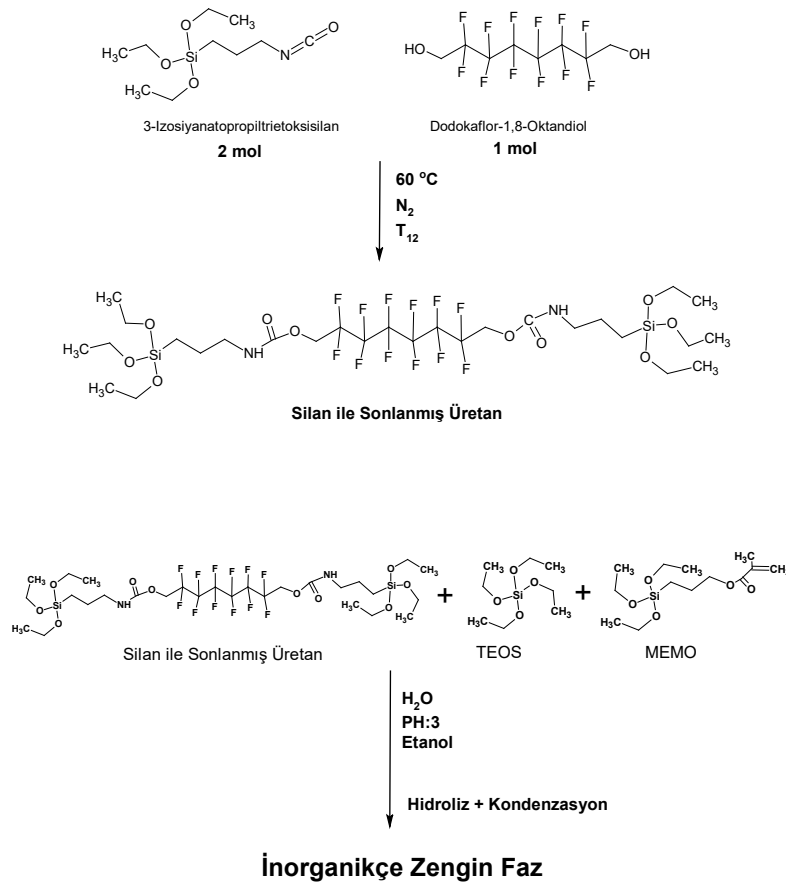
$T_{12}$  katalizörü ilavesiyle  $60^{\circ}\text{C}$  sıcaklıkta azot atmosferi altında 24 saat süresince reaksiyona sokularak silan ile sonlanmış ürean prepolimeri sentezlendi. Reaksiyon takibi FT-IR spektrumunda  $2275\text{ cm}^{-1}$ 'de  $-\text{NCO}$  pikinin değişimiyle takip edildi (şekil 1).

İkinci aşamada silanla sonlanmış ürean içine TEOS, MEMO, etanol ve su farklı oranlarda ilave edilmiş, hidroliz ve polikondenzasyon reaksiyonu ile UV ile sertleşebilen inorganik faz elde edilmiştir. Ürean esaslı inorganik faz içeren kaplamanın elde etme aşamaları şekil 2'de gösterilmiştir. Flor içeren silan ile sonlanmış ürean, TEOS, MEMO, etanol, su ve katalizden oluşmuş karışım oda sıcaklığında 2 saat karıştırıldı.  $\text{H}_2\text{O}/\text{Si}$  oranı  $r = 3$  olacak şekilde hesaplandı.

Epoksi akrilat reçinesi, HDDA çözücüsü ve UV başlatıcıdan oluşmuş organik kısma, flor içeren silan ile sonlanmış ürean, TEOS, MEMO içeren inorganikçe zengin kısım ağırlıkça %2,5 – %5, %7,5 – %10 – %15 ve %20 oranlarında ilave edilmiştir. Her bir karışım 30 ml'lik beher içinde şeffaf ve homojen bir yapı elde edildi. Karıştırma esnasında oluşabilen hava kabarcıklarını gidermek için karışım vakum etüvünde  $35^{\circ}\text{C}$  civarında 10 dakika kadar tutuldu. Formülasyonlar alüminyum levhalar üzerine homojen olarak kaplanabilmesi için dörtkenarlı  $30\ \mu\text{m}$ 'lik aplikatör yardımıyla uygulandı ve sonra da UV ışınları yardımıyla sertleştirildi. Bu kaplama için tezgâh tipli bir UV sertleştirme cihazı (Raycon, 150 w/cm, orta basınçlı cıva UV lambası) kullanıldı.



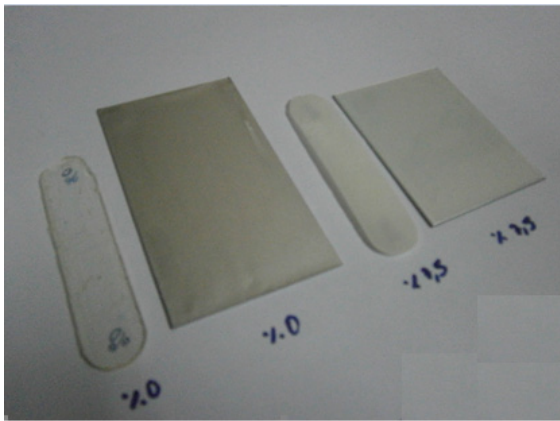
Şekil 1. Silan ile sonlanmış üreanın reaksiyonu



Şekil 2. İnorganikçe zengin fazın sentezlenmesi

### III. BULGULAR VE TARTIŞMA

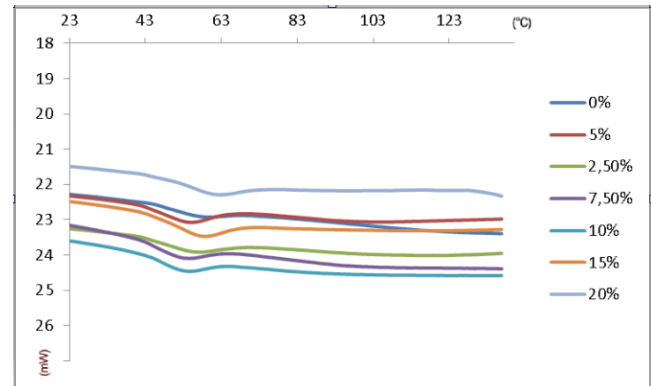
Epoksi akrilat reçinesi, HDDA çözücüsünden oluşan organik yapı içerisine, inorganikçe zengin kısım değişik oranlarda ilavesi ile hibrit kaplama yapılmış ayrıca bu elde edilen reçine teflon kalıba dökülerek serbest filmler üretilmiştir. Kaplama yapılmış alüminyum levha ve serbest film görüntülerine ait bir resim şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. %0 ve %7,5 inorganik yapı içeren hibrid numunelerin kaplama ve serbest filmine ait makro görüntü

Şekil 3’te görüldüğü gibi hibrid yapı şeffaflığa yakın bir özellikte elde edilmiştir. Alüminyum levha yüzeyine de dekoratif özellik kazanmıştır.

Termal karakterizasyon sonrası hibrid yapıların DSC eğrileri şekil 4’de verilmiştir. DSC termal analiz oda sıcaklığında başlatılmış 140 °C sıcaklık aralığında azot atmosferinde 10 °C/dak ısıtma hızında yapılmıştır.



Şekil 4. Hibrid Polimerlerin DSC Analiz grafiği

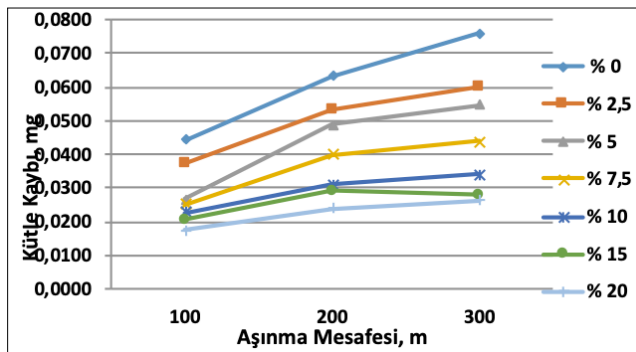
Elde edilen DSC analiz grafiğini incelediğimiz zaman formülasyonların camsı geçiş sıcaklığı 44-52 °C aralığında değişmektedir. Bir polimerin camsı geçiş sıcaklığı polimerin amorf bölgeleri içerisindeki polimer zincirinin yeterli termal enerji ile hareket edebileceği sıcaklıktır. Camsı geçiş sıcaklığı bölgesinde, polimerin amorf malzemenin kauçuksu malzeme halinde geçer [18]. Tablo 1’de camsı geçiş sıcaklıkları değerleri verilmiştir.

**Tablo 1.** Hazırlanan Hibrid Kaplamaların Camsı Geçiş Sıcaklıkları

İnorganikçe zengin faz oranı	%0	%2,5	%5	%7,5	%10	%15	%20
Camsı geçiş Sıcaklığı (T <sub>g</sub> ), °C	50,26	47,28	44,80	45,47	45,09	48,79	52,72

Camsı geçiş sıcaklığı hibrid olmayan numune için 50,26 °C’dir. İnorganik ilave ile bir miktar düşüş göstermiştir. Bunun sebebinin epoksi bağından daha esnek bağ yapısına sahip olan üratandan kaynaklandığı düşünülmektedir. En düşük T<sub>g</sub> değeri % 10 hibrid numunede elde edilmiştir. Bu orandan sonra hibrid yapıdaki inorganik miktar arttıkça T<sub>g</sub> değeri artmış, en yüksek T<sub>g</sub> değeri % 20 içerikli hibrid yapıda elde edilmiştir. İnorganik yapıdaki artış üratan kaynaklı T<sub>g</sub> düşmelerini telafi ederek bir artmaya sebep olmaktadır. Genek olarak organik yapı içerisinde inorganik faz ilave edildiğinde organik fazın termal özelliklerini iyileştirdiği bilinmektedir [18].

Aşınma testi için 3x10x30 mm olacak şekilde numuneler hazırlanmış, pin-on-disk aşınma test cihazı kullanılarak yapılmıştır. Aşındırıcı disk olarak D2 soğuk iş takım çeliği kullanılmış, sertliği 63 HRC, yüzey pürüzlülüğü değeri (Ra) 0,830 µm’dir. Tüm aşınma deneylerinde sabit 250gr aşınma yükü kullanılmıştır. Aşınma hızı 8,75 m/sn olup aşınma mesafesi toplam 300 m tutulmuştur.



**Şekil 5.** Hibrid yapıların aşınma mesafesine bağlı olarak kütle kaybı

Şekil 5’de de görüldüğü gibi aşınma kaybı en fazla olan organik yapıda olmuştur. Aşınma mesafesine bağlı olarak lineer halde ağırlık kaybı artmıştır. İnorganik içeriği en yüksek olan hibrid numunenin ağırlık kaybı daha az olmuştur.

#### IV. SONUÇLAR

Alüminyum levhanın yüzeylerine yapılan kaplama ile yüzey özelliklerinin geliştirilebildiği yapılan testler sonucunda ortaya çıkmıştır. Hibrid kaplama opak bir görüntüye sahiptir. T<sub>g</sub> camsı geçiş sıcaklığı inorganik ilavesiyle (%10 dahil) bir miktar azalmış, inorganik ilavenin daha da artmasıyla T<sub>g</sub> değeri artmıştır. Hibrid yapının aşınma kaybı daha az olmuştur. Hibrid yapı miktarı arttıkça aşınma kaybı daha da azalmıştır.

Alüminyum levhanın parlaklığı da artırılarak görsel ve dekoratif özellikleri geliştirilmiştir. Çizilmeye-aşınmaya karşı dayanıklı olması, flor içeriği sebebiyle teflonsu özellikler göstereceğinden dış ortamlarda rahatlıkla kullanılacak bir kaplama geliştirilmiştir.

#### Kaynaklar

- [1] Shkhashiri, B. Z. (2008). Chemical of the Week: Aluminum. University of Wisconsin. Archived from the original, 9 May 2012.
- [2] Singh, B. J. (2014). RSM: A Key to Optimize Machining: Multi-Response Optimization of CNC Turning with Al-7020 Alloy. Anchor Academic Publishing
- [3] Hihara, L. H. Adler, R. P. I. Latanision, R. M. (2013). Environmental Degradation of Advanced and Traditional Engineering Materials. CRC Press.
- [4] Brown, T. J. Idoine, N. E. Raycraft, E. R. ve ark. (2018). World Mineral Production: 2012–2016. British Geological Survey.
- [5] Millberg, L. S. (2007) Aluminum Foil, How Products are Made. Archived from the original on 13 July 2007.
- [6] Lyle, J. P. Granger, D. A. Sanders, R. E. (2005). Aluminum Alloys. Ullmann’s Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH. doi:10.1002/14356007.a01\_481.
- [7] Davis, Joseph R. (1993). Aluminum and Aluminum Alloys. ASM International. 13-17.
- [8] Dursun T., Soutis C. (2014) Recent developments in advanced aircraft aluminium alloys, Materials & Design, 56, 862-871
- [9] Baburaja, K. Subbaiah, K.V. Kalluri R. (2016) Hybrid materials of aluminium, Volume 3, Issue 10, Part B, Materials Today: Proceedings,
- [10] Hofacker S. Mechtel M. Mager M. Kraus H. (2002) Sol-Gel: A New Tool For Coatings Chemistry, Progress In Inorganic Coatings, Elsevier Science

- [11] Livage J. (1997) Sol-Gel Processes, Current Opinion in Solid State & Materials Science
- [12] Smitha VS; Syamili SS; Mohamed A. Peer; Nair Balagopal N, Hareesh, (2018) ORMOSIL-ZrO<sub>2</sub> hybrid nanocomposites and coatings on aluminium alloys for corrosion resistance; a sol-gel approach, New J. Chem., 42, 10337-10347
- [13] Goode C, Hou F, Yang Z, (2019) Innovative Hybrid Functional Coatings for Aluminum and Titanium Substrates, Nasf Surface Technology White Papers, 83 (5), 1-7
- [14] <http://www.alueurope.eu>, son erişim tarihi: Kasım 2019
- [15] Du Y. Damron M. Tang G. Zheng H. Chu C. J. Osborne J. (2001) Inorganic/Organic Hybrid Coatings for Aircraft Aluminum Alloy Substrates, Progress in Organic Coatings Volume 41, Issue 4
- [16] Kahraman M. V. Akdemir Z.S. Kartal İ. Kayaman-Apohan N. Güngör A. (2011) Preparation of Fluorine Containing Hybrid Coatings: Investigation of Coating Performance onto ABS And PMMA Substrates, Polymers for Advanced Technologies 22 (6), 981-986
- [17] Rubio, E. Almaral, J. Ramirez-Bon, R. Castano, V. Rodriguez, V. (2005). Organic-Inorganic Hybrid Coating (Poly(methyl methacrylate)/Monodisperse Silica), Optical Materials; 27, 1266-1269
- [18] Kaştan A. Talaş Ş. (2017). Nano Katkıların Polimerlerin Ergime (T<sub>m</sub>) ve Camsı Geçiş (T<sub>g</sub>) Sıcaklıklarına Etkisi, Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi Cilt 5, Sayı 2, 137-142

# Doğal Dil İşleme Uygulamaları İçin Türkçe Veri Seti Oluşturulması

## Turkish Data Set for Natural Language Processing Applications

Tarık ŞAHİN<sup>1</sup> , Önder DEMİR<sup>2</sup> , Kazım YILDIZ<sup>3</sup> 

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, 34722, Göztepe Kampüsü, Kadıköy, İstanbul,

<sup>2,3</sup>Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, 34722, Göztepe Kampüsü, Kadıköy, İstanbul,

### Öz

Bu çalışma cümleden anlam çıkarılması ve Türkçe metinlerin çizge veri yapısında temsil edilmesi ile ilgili yaklaşımları ele almaktadır. İnsanların makinelerle etkileşiminin giderek artmasıyla, makinelerin de insanlar gibi davranışlar göstermesi giderek önem kazanmaktadır. Böylece makineler insanlara daha fazla yardımcı olabilecektir. İnsana ait en karakteristik davranışlardan birisi de konuşabilmektir. Konuşmanın en temel yapı taşlarından birisi de cümlelerdir. Makineler insanların konuştuğu cümleleri anlamlandırabilirse tahminleme, makinelerin kişisel asistanlığı gibi konularda büyük ilerleme kaydedilecektir.

Metinlerin SQL veri tabanı yerine çizge veri tabanı üzerinde temsili ise, metinlerin analizinde kullanıcılara hız kazandıracaktır. SQL veri tabanında kütle halinde kaydedilmiş içerikler yerine, Neo4j veri tabanında çizge veriyapısında kaydedilmiş içerikleri analiz etmek daha hızlı ve daha basittir. Ayrıca bu yaklaşım arama motoru altyapısı ve konuşma robotu altyapısı gibi konulara da öncülük edebilecektir.

**Anahtar Kelimeler :** Doğal dil işleme, kişisel asistan programı, cümleden anlam çıkarımı, Neo4j, çizge veri tabanı, çizge veri yapısı

### Abstract

This study deals with approaches to extract meaning from sentences and represent text based Turkish contents on graph data structure. With the increasing interaction of people with machines, it is becoming more and more important for machines to behave like humans. So machines can be more helpful to people. One of the most characteristic abilities of humanity is to talk each other. Sentences are one the most basic parts of talking. If the machines can make sense of the sentences that people speak, great progress will be made on issues such as prediction or personal assistance of machines.

Presantation of texts on graph databases instead of SQL databases provides faster environment for users. It is faster and simpler to analyze content saved in the graph data structure in the Neo4j database, rather than saved as bulk content in the SQL database. Also this approach can lead the studies such as search engine or speach robots.

The importance of interaction between machines and people is also seen through films. The war between machines and people, or films where people communicate with people by voice, attracts a lot of attention. In the future, perhaps for people, machines can pass in place of a friend. In order for this to happen, it is necessary to find the emotion expressed by the sentence.

The processing of the sentences will also help to form decision support systems. Systems that can process the texts consisting of sentences according to the meaning extracted from the sentence will both provide analytical results in the desired field and allow for predictions about the future.

Graphical database is a structure suitable for social network analysis. Since there are relations such as friendship and follow-up among people in social networks, their representation on the graph is quite logical and easy. Although social networks have many different expressions and models, the most widely accepted notation in the literature is the representation of individuals or entities as nodes and relationships as sides. In this article, the sentence analysis will be discussed on the suitability of graph data structure, just like in social networks, and the studies done and how the sentences are represented on the graph database will be discussed. In order for machines to learn a spoken language such as people, it must be modeled correctly on the machine. The most appropriate data structure should be selected and implemented.

When looking at the order of the words that make up the sentence, the relationship between each other in terms of meaning, it can be seen that the sentences represent a graph of words. The words are linked to each other in terms of meaning. Considering the order of arrival of words before or after each other, it can be seen that the sentences are in directional graph structure.

In order to analyze the sentences in terms of meaning, there must be certain pattern examples. The sentences that match these patterns can be loaded with various meanings (positive, negative, etc.) so that the language is taught to the machine from the sample data set. This method is an example of supervised learning.

Choosing a specific subject and preparing the data set to form the patterns and the fact that the sentences to be evaluated belong to this field will give healthier results. These fields may be subjects such as economy, sports, health.

If the experts of the selected subject and technical experts work together to create a sample data set, more efficient results will be achieved. Countries should create national, open source data sets according to their official languages. For this purpose, both an expert technical team and experts related to the subject of data set should be gathered. One of the most important points here will be to build the infrastructure where the data will be stored as the data set will be national and public. Since the data will be accessible to everyone, the most optimal solutions should be found. Such a study in the countries will be a big step in natural language processing. It will also prepare the ground for new perspectives and approaches to extracting meaning from the sentence.

In this study, it is tried to develop a different point of view in terms of extracting meaning from natural sentence processing. Various examples were performed using Neo4j from graph databases. Although these studies seem to be applicable in relational-based databases, they will bring many difficulties. However, how flexible and easy to query the sentence patterns represented in graph databases was demonstrated in this study.

Graph databases are also very effective in speed. Therefore, it is predicted that real-time performances can be achieved when sentence analysis is performed with the methods mentioned in this article.

**Keywords :** natural language processing, personel assistant program, extract meaning from sentence, Neo4j, graph database, graph data structure

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde ve dünyada doğal dil işleme konusu giderek popüler hale gelmektedir. Özellikle akıllı telefonların da hayatımıza girmesiyle, kişisel asistanlık yapan, insanlardan aldığı sesli komutları yerine getiren uygulamalar bu konuya ilgiyi artırmaktadır. Google tarafından geliştirilen Google Asistan ürünü bu uygulamalara güzel bir örnektir[1].

Ülkemizde bu alanda akademik çalışmalar özellikle İstanbul Teknik Üniversitesi tarafından ciddi biçimde ele

alınmıştır. Üniversitenin ITU Türkçe Doğal Dil İşleme Yazılım Zinciri adlı uygulaması yapılan çalışmaları görebilmek açısından güzel bir ortam sunmaktadır.[2]

Türkçe yazım yanlışlarının bulunması ile ilgili olarak Aynur DELİBAŞ yaptığı çalışmada kelimelerin köklerinin ve eklerinin bulunması ile ilgili çeşitli çalışmalar yapmıştır[3]. Burada kullandığı algoritmalarda hem ağaç hem de çizge veri yapısından bahsetmektedir. Ayrıca dokümanda dikkat edilmesi gereken bir diğer husus, Türkçe ile ilgili gramer yapısı ve kurallar hakkında oldukça detaylı bilgiler verilmektedir. Eğer doğal dil işleme ile ilgili bir çalışma yapılacaksa bu dilin özelliklerinin de çok iyi bilinmesi gerekmektedir.

Bir diğer yüksek lisans tezi çalışmasında Gülşen CEBİROĞLU Sözlüksüz Köke Ulaşma Yönteminden bahsetmiştir[4]. Bu çalışma özellikle ilgi çekicidir. Çünkü doğal dil işlemeden bahsediliyorsa bir kelimenin köküne ulaşmak için neler yapılacağı önemli bir unsur olacaktır. Bu çalışmada sonlu durum makinelerinden bahsedilmiştir(Finite automa-tion).

Metin BİLGİN ve Mehmet Fatih AMASYALI'nın yazdığı "bileşik cümlelerde yan cümleciklerin otomatik etiketlenmesi"[5] makalesinde, Lafferty ve arkadaşları tarafından önerilen istatistiksel dizilim sınıflandırmasına dayanan bir makine öğrenmesi yöntemi olan Şartlı Rastgele Alanlar (Condition Random FieldsCRF)'dan[6] bahsedilmekte ve bu yöntem kullanılarak Türkçe'de cümle içindeki yan cümleyi ayırt edebilmek için yöntemler sunulmaktadır. Olasılık temelli bu yöntem ile en olası etiket seçilerek yan cümle bulunmaya çalışılır.

Veriler çizge veri tabanında tutulacağı için buna uygun teknolojiler araştırılmıştır. Bunun için web tabanlı bir analiz programından faydalanılmıştır[16]. Bu program ile çeşitli teknolojiler karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Fernandes ve Bernardino tarafından yapılan araştırma da önemli bilgiler edinilmesini sağlamıştır[17]. Ayrıca çizge teoremi üzerine de araştırmaları incelemenin faydalı olacağı düşünülmüştür. SEKER tarafından hazırlanan çalışmada bu teoriden bahsedilmektedir. Bu teoriye göre problemler düğümler ve kenarlar kümesi şeklinde temsil edilerek modellenilebilir[18].

Çizge veri tabanı ile geliştirilen BioGraph uygulaması da fikir vermesi açısından faydalıdır. Bu çalışmada bir çok farklı kaynaktan beslenen biyolojik verilerin analizine dair bir uygulama çizge veri tabanı ile desteklenerek geliştirilmiştir[19].



## 2. MATERYAL VE METOT

### 2.1 Cümleden Anlam Çıkarabilmenin Önemi

Giriş bölümünde kelime işlemeyle ilgili bahsedilen çalışmaların yanında, cümleden anlam ve duygu çıkarılabilmesine yönelik çalışmalar da günümüzde ihtiyaç haline gelmiştir. İnsanlar giderek makinelerle daha fazla etkileşime girmektedir. Alpaslan Burak Eliaçık ve Nadia Erdoğan bu makalede anlatılan çalışmaya benzer duygu analizi çalışmasından bahsetmişlerdir[7]. Bu çalışmaya göre duygu sınıflandırması yöntemi iki ana dala ayrılmaktadır; makine öğrenmesi tabanlı yaklaşım ve sözlük tabanlı yaklaşım. Makine öğrenme tabanlı yaklaşım sınıflandırma sırasında makine öğrenme algoritmalarını ve dilbilimsel özellikleri kullanmaktadır. Sözlük tabanlı yaklaşım ise sınıflandırma sırasında önceden hazırlanmış duygu kavramlarından oluşan sözlüklerden yararlanmaktadır. Bazı çalışmalarda ise bu iki yönelimin melez bir yaklaşımı kullanılmaktadır.

Makinelerle insanların etkileşiminin önemi filmler aracılığıyla da görülmektedir. Makinelerle insanlar arasındaki savaş veya makinelerle insanların sesli iletişim kurduğu filmler oldukça ilgi çekmektedir. İlerleyen zamanlarda belki de insanlar için makineler birer arkadaş yerinde geçebilecektir. Bunun gerçekleşebilmesi için cümlenin ifade ettiği duyguyu bulabilmek gerekir.

Karar destek sistemleri, günümüzde önemli bir konu olmuştur. Tıp alanından örnekler verilebilir. “Tıbbi Karar Destek Sistemlerinin Yöntemsel Olarak Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma[8]” adlı makalede değişik hastalık tanılarına ilişkin olarak geliştirilmiş tıbbi karar destek sistemlerinin, içerdiği teknikler açısından incelemesi yapılmış ve bu tekniklerin performansları değerlendirilmiştir.

Cümlelerin işlenebilmesi karar destek sistemleri oluşturma konusuna da yardımcı olacaktır. Cümlelerden oluşan metinleri, cümleden çıkarılan anlama göre işleyebilen sistemler, istenilen alanda hem analitik sonuçlar elde etmeye yarayacak hem de gelecekle ilgili yapılacak tahminlere olanak sağlayacaktır.

### 2.2 Cümle Analizi İçin Çizge Veri Yapısının Kullanılması

Çizge veri tabanı yapısal olarak bakıldığında sosyal ağ analizi yapmaya uygun bir yapıdadır. Sosyal ağlarda insanlar arasında arkadaşlık, takip gibi ilişkiler olduğu için bunların çizge üzerinde temsili oldukça mantıklı ve kolay olmaktadır. Sosyal ağların bilimsel olarak çok farklı ifade ve modelleri olmakla birlikte, literatürde en çok kabul görmüş gösterim şekli çizge teoremi (graph theory) kullanılarak bireylerin veya varlıkların birer düğüm (node) ve ilişkilerin birer kenar (edge) olarak tasvir edildiği gösterimdir[9].

Bu makalede cümle analizinde de tıpkı sosyal ağlarda olduğu gibi çizge veri yapısının uygunluğu üzerine tartışılacak, yapılan çalışmalardan ve cümlelerin çizge veri tabanı üzerinde nasıl temsil edildiğinden bahsedilecektir.

Makinelerin insanlar gibi bir konuşma dili öğrenebilmesi için, o dili makine üzerinde doğru modellemek gerekir. En uygun veri yapısı seçilmeli ve uygulanmalıdır.

Cümle; “Bir düşüncüyü, bir duyguyu, bir olayı, bir hareketi, bir isteği, bir yargı biçiminde anlatan kelimeler topluluğudur.” şeklinde tanımlanabilir[10]. Cümleleri kelimeler oluşturur. Bu kelimelerin arasında ise dil bazında bağlantılar vardır. Bazıları tek başlarına cümle oluşturabilir. Edat gibi yapıların sözlük anlamları yoktur. Bazı kelimeler ise tek başlarına bir anlam ifade etmezler. Ancak başka kelimelerle birlikte kullanıldığında anlamlı bir bütün olurlar. Örneğin “etmek” kelimesi tek başına anlamsızdır. Fakat “tebrik etmek” denildiğinde bu iki kelime birbirini tamamlar ve ortaya anlamlı bir fiil çıkar. Bunun gibi örnekler çoğaltılabilir.

Cümleyi oluşturan kelimelerin diziliş sırası, birbirleriyle olan anlam bakımından ilişkileri gibi unsurlara bakıldığında, cümlelerin kelimelerden oluşan bir çizge(graph) ifade ettiği görülebilir. Kelimeler birbirlerine anlam bakımından bağlı durumdadır. Kelimelerin birbirlerinden öce veya sonra geliş sıralaması dikkate alındığında, cümlelerin yönlü çizge yapısında olduğu görülebilir. Şekil 1 de cümlenin çizge veri yapısıyla temsiline ilişkin örnek sunulmuştur.



Şekil 1. Cümlenin yönlü çizge şeklinde temsili

Günümüzde giderek gelişen No-SQL veritabanları, çizge veri yapısının hem hızlı, hem güvenli bir şekilde temsil edilebilmesine olanak sağlamaktadır. Bu gelişmeler de dikkate alındığında cümleleri temsil edebilmek için en uygun veri yapılarından birinin çizge olduğu söylenebilir.

### 2.3 Cümle Analiz Yöntemleri

Cümleleri anlam bakımından analiz edebilmek için elde belli başlı örüntü(pattern) örneklerinin olması gerekir. Bu örüntülerle eşleşen cümlelere çeşitli anlamlar yüklenebilir(olumlu, olumsuz vs.). Burada örnek veri setinden hareketle makineye dil öğretilmiş olunur. Bu yöntem gözetimli(-supervised) öğrenmeye örnek gösterilebilir.

Bu yöntem bazı örnekler ile anlatılabilir. “Kendisine verilen işi kolayca yaptı.” Bu cümlede altı çizili kelime grubu bir örüntü olarak kabul edilebilir. Bu örüntü cümleye olumlu

bir anlam katmaktadır. Cümledeki bu tarz örüntüleri bulabilmek için zengin bir örnek veri gereklidir. "kolay" ve "yap" kelime köklerinden türetilebilecek örüntülere örnek veri setinden erişebilmek mümkün olmalıdır. Örnek veri setinde kelime kökleri ve bu köklere gelen eklerle elde edilebilecek örüntüler bulunmalıdır. Aşağıda birkaç örnek örüntü sunulmaktadır.

Kolay – ca yap – tı. à anlam bakımından olumlu  
 Kolay – lık – layap – tı. à anlam bakımından olumlu  
 Kolay – ca yap – abil – di. à anlam bakımından olumlu  
 Zor – luk – la yap – tı. à anlam bakımından olumsuz

Örnekte görüldüğü üzere cümlelerin içinden bulunacak örüntülerden yola çıkılarak cümlenin anlam bakımından olumlu veya olumsuz olmasına karar verilebilecek mekanizmalar oluşturulabilir. Ayrıca bu örüntüler duygu tespiti gibi amaçlar için de kullanılabilir.

## 2. 4 Neo4j Çizge Veri Tabanı Kullanarak Veriyi Modelleme

### 2. 4. 1 Neo4j Hakkında

Neo4j, No-SQL sınıfına giren çizge veri yapısını temsil eden bir veri tabanıdır[11]. Sorgu diline Cypher denmektedir. Bu sorgu dilinin en önemli özelliği, kullanılan notasyon ve yapı itibarıyla, bir metinden çok şekli andırmasıdır. Bu sebeple çizgeler üzerinde sorgulama yapmak ve bu sorguları anlamak SQL tabanlı veri tabanlarına göre daha kolay ve anlaşılır olmaktadır. Şekil 2 de bazı örnek sorgular gösterilmiştir.

```
//data stored with this direction
CREATE (p:Person)-[:LIKES]->(t:Technology)

//query relationship backwards will not return results
MATCH (p:Person)<[:LIKES]-(t:Technology)

//better to query with undirected relationship unless sure of direction
MATCH (p:Person)-[:LIKES]-(t:Technology)
```

Şekil 2. Cypher diline ait bazı sorgu örnekleri[12]

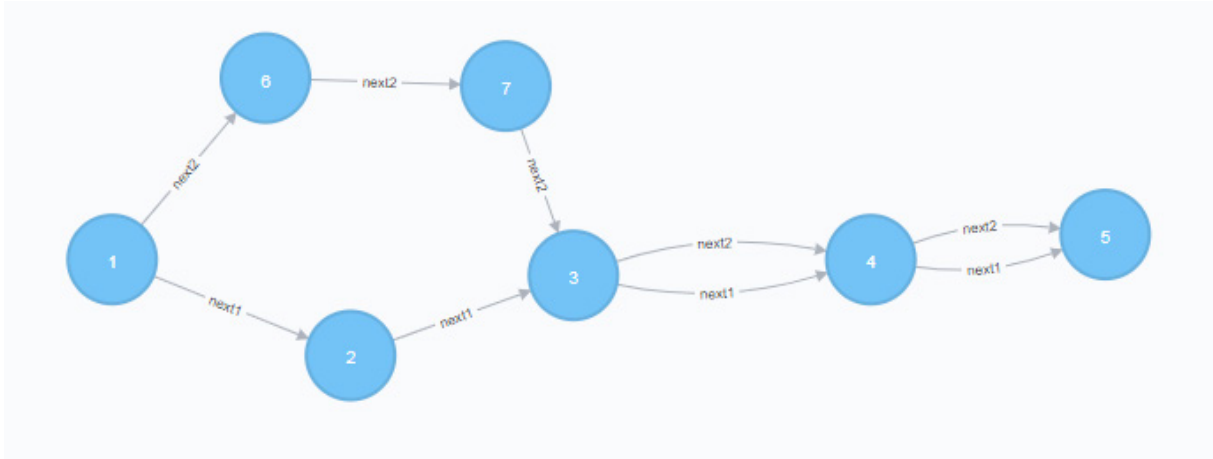
Şekil 2'deki sorgu örnekleri incelenirse, şekil 1'de gösterilen temsili çizge yapısının Neo4j veri tabanında kolaylıkla sağlanabileceği görülecektir.

Dil biliminde, büyük miktarda metin içeren yapılandırılmış doküman kümelerine derlem denir. Derlemler üzerinde söz dizimsel sorgular yapılabilmesi için derlemlerdeki cümlelerin ilişki çizgeleri bir çizge veri tabanına kaydedilmiştir. Bunun için yüksek oranda bağlantılı verileri saklamakta kullanılan bir çizge veri tabanı olan Neo4j kullanılmıştır. Neo4j, verileri düğümler ve bağlantılar şeklinde saklayan açık kaynaklı bir çizge veri tabanı olup, düğümlere ve bağlantılara etiket ve özellikler verilebilmektedir[13].

Çizge veri tabanları, verinin dinamik olarak saklanıp işlenmesine olanak sağlayan veri tabanı sistemleridir. Bu doğrultuda, sistemde esneklik gerektiren, aralarında çok sayıda ilişki bulunduran ve değişen yapıya sahip verilerin çizge veri tabanında tutulup işlenmesi fayda sağlamaktadır[14].

### 2. 4. 2 Örnek Veri Seti Üzerinden Örüntü Bulma

Cümle analiz yöntemleri başlığı altındaki örnek cümle, örnek veri tabanı üzerinde analiz edilebilir. Veriyi Neo4j üzerinde temsil ederken sonraki gelecek olan kelime veya ek bilgisi için "next" sözcüğüyle birlikte, gidilen yolu(path) ifade eden bir numara kullanılmıştır. Örüntünün sonuna ise anlamca olumlu veya olumsuz olduğunu belirten "positive" veya "negative" düğümü(node) eklenmiştir. Böylece sorgulamak daha kolay olacak ve örüntüler birbirine karışmayacaktır. Şekil 3 de "kolayca yaptı" ve "kolaylıkla yaptı" örüntülerinin örnek modellemeleri gösterilmiştir. Şekil 4 de ise metin tabanlı gösterimi sunulmuştur.



Şekil 3. Örnek modelleme (Neo4j görselleştirme ile)

<code>{"sequenceValue": "0", "key": "maxSequence"}</code>
<code>{"value": "kolay"}</code>
<code>{"value": "ca"}</code>
<code>{"value": "yap"}</code>
<code>{"value": "tı"}</code>
<code>{"value": "positive"}</code>
<code>{"value": "lık"}</code>
<code>{"value": "la"}</code>

Şekil 4. Örnek modelleme (Neo4j text seçeneği ile)

Doğru modelleme yapıldıktan sonra geriye doğru sorgularla örüntüleri bulup cümle içinde aramak kalmaktadır. Şekil 5 ve Şekil 6 da örnek bazı sorgular ve sonuçları göstermiştir.

```
$ match (a)-[n:next1*]->(b{value:'positive'}) return a.value as value
```

value
tı
yap
ca
kolay

Şekil 5. Anlamca pozitif örüntü bulduran sorgu ve sonucu

```
$ match (a)-[n:next2*]->(b{value:'positive'}) return a.value as value
```

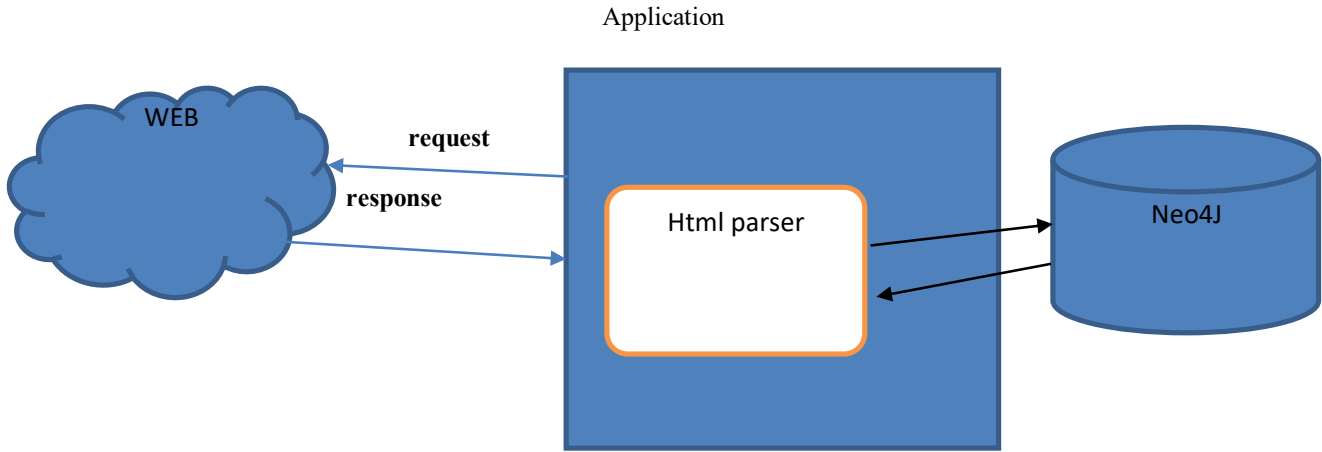
value
tı
yap
la
lık
kolay

Şekil 6. Anlamca pozitif farklı yola (path) sahip başka bir örüntüyü bulduran sorgu ve sonucu.

Şekillerden anlaşılacağı gibi doğru bir modelleme ile istenen örüntüler hem esnek olarak saklanabilecek hem de basit sorgular kullanılarak kolayca erişilebilecektir.

## 2.5 Örnek Uygulama

Neo4J veri tabanını kullanarak web üzerinden haber çekip, bu veri tabanı üzerindeki örüntülerle cümleleri karşılaştıran bir uygulama geliştirilmiştir. Şekil 7'de uygulama mimarisinden bahsedilmiştir. Uygulama, web üzerinden bir haber adresine yapılan isteğin html ağacını parse ederek, analiz edilmek istenen içeriği saf metin haline getirir. Parse işlemi için javascript tabanlı jquery kütüphanesi gibi, html ağacını server tarafında parse etmeye yarayan kütüphaneler kullanılmıştır. Elde edilen saf metin Neo4j içerisindeki örüntülerle karşılaştırılıp sonuçlar ekrana yazdırılmıştır.



Şekil 7. Uygulama mimarisi

Örnek olarak bir futbol müsabakasında bir oyuncunun attığı gol ile ilgili cümle analiz edilmiştir. "meşin yuvarlağı filelere gönderdi" örüntüsü bir haber adresi içinde aratılmıştır. Bulunan sonuçlar Şekil8'de paylaşılmıştır.

#### POZİTİF EŞLEŞMELER

ESLEŞEN CÜMLE : Canterosun attığı topla defansın arkasında bulunan Boyd, düzgün bir vuruşla meşin yuvarlağı filelere gönderdi  
 ESLEŞEN PATTERN : meşin yuvarlağı fileler e gönder di

Şekil 8. Uygulama örnek ekran görüntüsü

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Örüntüleri oluşturacak veri seti hazırlanırken özel bir alan seçilmesi ve değerlendirilecek cümlelerin bu alana ait olması daha sağlıklı sonuçlar verecektir. Bu alanlar ekonomi, spor, sağlık gibi konular olabilir.

Örnek veri setini oluşturmak için seçilen alanın uzmanlarıyla, teknik uzmanlar bir araya gelip beraber çalışırsa daha verimli sonuçlar çıkacaktır. Ülkeler kendi resmî dillerine göre ulusal çapta, açık kaynak kodlu veri setleri oluşturmalıdır. Bunun için hem uzman bir teknik ekip hem de veri seti oluşturulacak alanla ilgili uzman kişiler bir araya gelmelidir. Burada en önemli noktalardan birisi de, oluşturulacak veri seti ulusal çapta olacağından verinin saklanacağı altyapıyı iyi kurgulamak olacaktır. Veriler herkes tarafından erişilebilir olacağı için en optimum çözümler bulunmalıdır. Ülkemizde yapılacak böyle bir çalışma doğal dil işleme konusunda büyük bir adım olacaktır. Cümleden anlam çıkarma konusunda yeni bakış açıları ve yaklaşımlara da zemin hazırlayacaktır.

### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada doğal dil işleme ile ilgili olarak cümleden anlam çıkarma konusunda farklı bir bakış açısı geliştirilmeye çalışılmıştır. Çizge veritabanlarından Neo4j kullanılarak

çeşitli örnekler gerçekleştirilmiştir. Bu yapılan çalışmalar ilişkisel tabanlı veritabanlarında da uygulanabilir gibi görünse de aslında bir çok zorluğu beraberinde getirecektir. Oysa çizge veritabanlarında temsil edilen cümle örüntülerinin ne kadar esnek ve kolay sorgulanabilir olduğu bu çalışmayla ortaya konulmuştur.

Çizge veritabanları hız konusunda da hayli etkilidirler[15]. Bu nedenle cümle analizleri bu makalede bahsedilen yöntemlerle yapıldığında, gerçek zamanlı olarak da yapılabilecektir. Apache Spark veya Apache Kafka gibi büyük veri işlemeye yardımcı üçüncü parti yazılımlar kişilerin kendi oluşturduğu projelerine entegre edilerek daha etkili sonuçlar alınabilir. Bu tarz yardımcı uygulamalar anlık haber analizi veya sosyal medya analizi gibi uygulamalar geliştirmek mümkün olacaktır.

Cümlelerin çizge veri yapısıyla temsil edilmesiyle hem kelimelerin, hem cümlelerin birbirleriyle olan ilişkileri daha iyi anlaşılabilir. Veri tabanındaki cümleler alt çizgeler halinde birbirleriyle ilişkilendirilebilirse, birbirini takip eden ardışık cümle örüntüleri bulunabilir. Bu sayede gelişmiş konuşma robotları tasarlanabilir. Öğrenme veri seti oluşturulurken sorulan sorulara ne kadar çok alt çizge örüntüsü eklenirse o kadar alternatifli bir soru-cevap simülasyonu hazırlanmış olur.

Çizge üzerinde hızlı örüntü tarama algoritmaları sayesinde yüksek performans sağlayan arama motorları yapmak da mümkündür. SQL veritabanlarında kütle halinde tutulan metinler üzerinde performanslı arama yapabilmek pek mümkün değildir. Bu yüzden bu veriler üzerinde arama yapma ihtiyacı olduğunda veriler ayrıca bir başka ortamda saklanıp üzerinde arama yapabilecek uygulamalar kullanılmaktadır. Bu da fazladan maliyet getirmektedir.

Kelimelerin düğüm şeklinde tutulmasının bir avantajı da üzerlerine etiket şeklinde bilgiler eklenebilmesidir. Örneğin bir kelimenin sıfat, zarf veya zamir gibi özelliklere sahip olduğu belirtilebilir. Bu sayede cümleler sadece anlam bakımında değil, gramer bakımından da analiz edilebilir. Bu da Türkçe alanında faydalı olabilecek çalışmalara ışık tutabilir.

Yapılan bu çalışmada verinin saklanmasıyla ilgili bir bakış açısı sunulmaya çalışılmıştır. Bu bakış açısı sayesinde geliştirilebilecek başka uygulamalar konusunda fikirler verilmiştir. İhtiyaca göre başka fikirler de geliştirilebilir. Sunulan veri saklama yönteminin bir çok farklı ihtiyaca cevap verebileceği düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- [1] Google assistant, [https://assistant.google.com/intl/tr\\_tr/platforms/phones/](https://assistant.google.com/intl/tr_tr/platforms/phones/) , Son erişim haziran 2019
- [2] Cebiroğlu G, 2013 , <http://tools.nlp.itu.edu.tr/Tokenizer> , Son erişim Haziran 2019
- [3] Delibaş, A. (2008, haziran). Doğal Dil İşleme İle Türkçe Yazım Hatalarının Denetlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 35-36
- [4] Cebirgölu, G. (2002). Sözlüksüz Köke Ulaşma Yöntemi. İstanbul Teknik Üniversitesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, Türkiye, 1-2
- [5] Bilgin M., Amasyali M.F. (2016). Bileşik Cümlelerde Yan Cümleciklerin Otomatik Etiketlenmesi. 18. Akademik Bilişim Konferansı, AYDIN, TÜRKİYE, 3-5 Şubat 2016, cilt.1, ss.1-4
- [6] Lafferty, J., McCallum, A. ve Pereira, F. (2001). Conditional Random Fields: Probabilistic Models for Segmenting and Labeling Sequence Data. International Conference on Machine Learning (ICML), 28 June-1 July 2001, Massachusetts.
- [7] Eliaçık, A., Erdoğan, N. (2015). Mikro Bloglardaki Finans Toplulukları için Kullanıcı Ağırlıklandırılmış Duygu Analizi Yöntemi .UYMS, 782-793
- [8] Yurtay, Y. , Ak G., Bacimoğlu ,N,Z. (2013) . Tıbbi Karar Destek Sistemlerinin Yöntemsel Olarak Değerlendirilmesi Üzerine Bir Çalışma. ISITES2013 International Symposium On Innovate Technologies In Engineering Science,901-910
- [9] Seker, S,E.(2015). Sosyal Ağlarda Veri Madenciliği (Data Mining on Social Networks). YBS Ansiklopedi, 2(2), 30-39
- [10] A, Akçataş. (2007). Türkiye Türkçesinde yapı, işlev ve anlam ilişkileri açısından cümle grupları ve cümle türleri üzerinde bir deneme II. Türk Dili Araştırmaları Yıllığı – Bellekten,55(2007/2), 7-14
- [11] neo4j, <https://neo4j.com/> ,Son erişim haziran 2019
- [12] cypher, <https://neo4j.com/developer/cypher-query-language/> , Son erişim haziran 2019
- [13] Agan, C., Diri, B.(2016). Türkçe Derlemler İçinSöz Dizimsel Görselleştirme ve Sorgulama Aracı . Türkiye Bilişim Vakfı Bilgisayar Bilimleri ve Mühendisliği Dergisi, 9(1) , 1-10
- [14] Karagöz G,N. , Komesli M.(2017). Çizge Veri Tabanı Kullanılarak Geliştirilen Yazılım Lisans Yönetimi Amaçlı Veri Görselleştirme Uygulaması: BigLogVis. Dokuz Eylül Üniversitesi-Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi, 19(57), 779-789
- [15] neo4j, <https://neo4j.com/news/how-much-faster-is-a-graph-database-really/> , Son erişim haziran 2019
- [16] predictiveanalyticstoday , <https://www.predictiveanalyticstoday.com/top-graph-databases/> , son erişim temmuz 2019
- [17] Fernandes, D., Bernardino, J. (2018). Graph Databases Comparison: AllegroGraph, ArangoDB, InfiniteGraph, Neo4J and OrientDB. 7th International Conference on Data Science, Technology and Applications , 373-380
- [18] Seker, S.E. (2015) . Çizge Teorisi (Graph Theory) .YBS ansiklopedi, 2(2), 17-29
- [19] Messina, A., Fiannaca, A., Paglia, L., Rosa, M., Urso, A. (2018). BioGraph: a web application and a graph database for querying and analyzing bioinformatics resources. BMC Systems Biology,12(5),75-89

# Türkçe Metinlerde Sözlük Tabanlı Yaklaşımla Duygu Analizi

## Sentiment Analysis Using Dictionary Based Approach in Turkish Texts

Önder DEMİR<sup>1</sup>  Abdoulaye Issa BABAN CHAWAI<sup>2</sup>  Buket DOĞAN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, 34722, Göztepe Kampüsü, Kadıköy, İstanbul

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, 34722, Göztepe Kampüsü, Kadıköy, İstanbul

### Öz

Metin madenciliği yöntemleri, yapılandırılmamış metinlerden otomatik olarak faydalı bilgilerin çıkarılmasını kolaylaştırmak için önem kazanmaktadır. Bu amaçla kullanılan metin madenciliği yöntemleri ile büyük miktardaki metin verileri, kısa zamanda ve yüksek performans ile analiz edilebilmektedir. Bu çalışmanın temel amacı, kelime sıklığı, bilgi çıkarma, sınıflandırma, veri işleme ve çıkarma gibi araçlarla Türkçe metinlerinin işlenmesi ve görselleştirilmesidir. Metin madenciliği alanlarından biri olan duygu analizi veya fikir madenciliği, görüşler, tutumlar ve duygular gibi öznel bilgilerin algılanmasını otomatikleştirmek için kullanılmaktadır. Bu tezde sunulan çalışmada, sosyal medya paylaşımları, roman, müşteri yorumları gibi Türkçe metinlerin analizine ihtiyaç duyulduğu durumlarda kullanılabilir yeni bir araç önerilmektedir. Geliştirilen uygulama esas olarak duygu analizi yaparken “kelime düzeyinde” çalışmaktadır. Buna ek olarak, duygu analizinde kullanılan sözlük sıfatlar, isimler, fiiller, zarflar, ön ekler, son ekler türünde kelimeler içermektedir. Kullanılan birinci sözlük 5.000 kelime, ikinci ve üçüncü sözlük yaklaşık 25.000 kelime içermektedir. Geliştirilen iki yöntemle üç farklı veri seti üzerinde deneyler yapılmıştır. Birinci yöntem bu veri setlerinde sırasıyla %77,14, %72,78 ve %74,17 doğruluk oranına ulaşmıştır. İkinci yöntem ise aynı veri setleri üzerinde sırasıyla %82,85, %74,92 ve %77,50 doğruluk oranına erişmiştir. Yapılan deneysel çalışmaların sonuçları incelendiğinde sistemin hatalı karar verdiği cümlelerde hatalı yazılan kelimeler, kinayeli yorumlar, art niyetli yazılmış yorumlar, bazı deyimlerin ve kelimelerin birden fazla anlamının olması, karşılaştırma içeren cümlelerin bir taraf için olumlu duygu taşıırken diğer taraf için olumsuz duygu taşıması gibi durumların hatalı tespit işleminde etkin olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Metin madenciliği, duygu analizi, metin sınıflandırması, makine öğrenmesi

### Abstract

Text mining methods are important to facilitate the extraction of useful information from unstructured texts automatically. Text mining methods used for this purpose can analyze large amounts of text data in a short time and with high performance. The main purpose of this study is to process and visualize Turkish texts by means of word frequency, information extraction, classification, data processing and extraction. Emotional analysis or idea mining, one of the text mining fields, is used to automate the perception of subjective information such as opinions, attitudes and emotions. In the study presented in this thesis, a new tool that can be used in situations where analysis of Turkish texts such as social media shares, novels and customer comments is needed is proposed. The developed application works mainly at the word level while doing emotion analysis.

The developed sentiment analysis software system's preprocessing stage is very important. In the preprocessing phase, the text is cleared and made ready for use to reveal its properties. At this stage, words that are shorter than three letters are removed on the text, uppercase words are converted to lowercase letters, numbers are removed, punctuation marks are removed, extra spaces between words are removed, stop words are removed, stemming / lemming is performed. The document term is then converted to a document term matrix. At the end of these operations, a converted text is obtained. The purpose of this step is to format the text so that it can be processed by the next layer. In this way, many text review tasks are made easier, more effective and can be performed with commonly used tools. With the regular text obtained after the preprocessing phase, it is possible to obtain the features of the text, summarize, visualize and integrate it into effective workflows using natural language processing. Regular text data has a specific structure: each variable creates a column, each observation a row, each observational unit a table. The final component of data preparation is a table representing the frequency of terms used throughout the document. At this stage, a structured representation of data such as the document term matrix is provided first. Each row represents

a document, and each column shows the terms that appear. To analyze the frequencies of these words in the corpus, a probability status table of each word is created. The content of this table is the repeat value of the word. This table is called the Document Term Matrix (DTM). DTM table shows how many times a word is used in a text. The distribution of words in the text is used for text analysis and classification. In this study Bayes classification is used, because it is the most suitable method to classify with probability values obtained from the frequency values of words in the text using DTM tables.

The dictionary used in emotion analysis includes adjectives, nouns, verbs, adverbs, prefixes, suffixes. The first dictionary used contains 5,000 words, the second and third dictionary contains approximately 25,000 words. Experiments were performed on three different data sets with two methods developed. The first data set contains 35 positive and 35 negative comments, obtained from a website where a feature film is interpreted. The second dataset consists of reader comments on a book e-commerce site. This dataset contains 91309 comments. The third dataset contains 10,000 positive and 10,000 negative texts. The first method reached 77.14%, 72.78% and 74.17% accuracy in these data sets, respectively. The second method reached 82.85%, 74.92% and 77.50% accuracy rate on the same data sets, respectively. When the results of the experimental studies are examined, when the sentences that the system makes a wrong decision are examined, the words that are written incorrectly, allusive comments, maliciously written comments, having more than one meaning of some idioms and words, the comparison containing sentences have positive emotion for one side and negative emotion for the other side. was found to be effective in the detection process.

The developed system also visualizes the types of emotions in the text examined. There is no restriction on the length of the text that the developed system will examine. However, as the number of text or words to be analyzed increased, the processing time increased. In order to reduce the processing time, a preprocessing procedure was applied to the texts and the words and punctuation marks that do not have a feeling were removed from the vocabulary list to be examined. However, it was observed that this preprocessing did not solve all the difficulties of emotion analysis. Factors such as misspelled words, allusive interpretations, the existence of more than one meaning of some idioms and words, and cultural differences in expressions were observed as misclassified sentences in the test studies.

**Keywords:** Text mining, sentiment analysis, text classification, machine learning

## GİRİŞ

Günümüzde, internet hem kişisel hem de profesyonel bilgi alışverişi için vazgeçilmez bir araçtır. 2019 yılında metin yazmak veya okumak için internet platformunu kullanan 4,39 milyar aktif çevrimiçi kullanıcı bulunmaktadır. Bu

rakam Ocak 2018'e göre 366 milyon (%9) artış göstermektedir [1].

İnternet; kullanıcılara, bilgi aramada ve erişiminde büyük ölçüde yardımcı olmaktadır. İnternet ortamı; bilgi almak, otel rezervasyonu yapmak, ürün satın almadan önce diğer kullanıcıların incelemelerini veya yorumları kontrol etmek, bir sinema filmi ile ilgili yorumları okumak gibi amaçlarla ürünler ile ilgili bilgi sahip olmak için kullanılan ilk araçtır.

2019 yılında 82,4 milyon nüfusa sahip Türkiye'nin nüfusunün %72'sini oluşturan 59,36 milyon internet kullanıcısı vardır [2]. Türkiye'nin yalnızca bir aylık e-ticaret kullanıcı etkinliklerine göre; internet kullanıcılarının %52'si satın almak üzere çevrimiçi(online) ürün veya hizmet aramakta ve bir perakende e-ticaret mağazasını ziyaret etmektedir. Bu kullanıcıların %43'ü de aradığı ürünle ilgili satın almayı gerçekleştirmektedir [3].

İnternet üzerinde dolaşan verilerin hızlı artışıyla metin madenciliği kullanımı da artmıştır. İnternet kullanıcılarının ürettikleri verinin %80'i yapılandırılmamış verilerden oluştuğu bilinmektedir[4]. Yapılandırılmamış veriler, yasal belgeler, tıbbi kayıtlar, web sayfaları, görüntüler, gibi veri türlerinden oluşur. Metinsel veriler kitaplar, gazeteler, makaleler, bloglar, sosyal ağlar gibi birçok farklı biçimde bulunabilmektedir. Metin madenciliği, bu yapısal olmayan (unstructured) veri kaynaklarından verilerin analizini yaparak, yapılandırılmış (structured) veri elde etmeyi amaçlamaktadır.

Metin madenciliği, doğal dil halindeki metinlerden anlamlı bilgileri toplamaya çalışan bir alandır. Belirli amaçlar için yararlı olan bilgilerin elde edilmesi için metnin analiz edilmesi süreci olarak tanımlanabilir[5]. Elde edilen bilgi ile, analiz edilen metin kaynaklarında açık olarak görülmeyen ilişkiler, hipotezler ve eğilimler tespit edilir. Metin madenciliği, karmaşık metinlerin daha kolay bir şekilde anlaşılmasını sağlar.

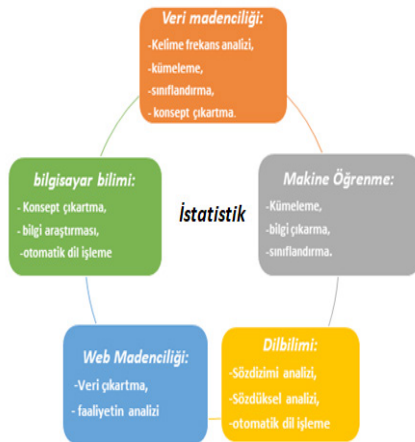
İnternet tüm dünyada, halka açık yorumların, görüşlerin ve duyguların paylaşımı için en yaygın kullanılan iletişim platformudur. Birçok internet kullanıcısı sahip olduğu ürünler, ziyaret ettiği yerler, okuduğu kitaplar veya günlük olaylar hakkında görüşlerini, düşüncelerini ve duygularını internet siteleri veya sosyal ağlar aracılığıyla paylaşmaktadır.

Duygu analizi, insanların sanal ortamlarda ürünler, hizmetler, organizasyonlar, olaylar, siyasi düşünceler, bazı konulardaki tutumları, duruşları gibi konular hakkında görüşlerini ifade ettikleri metinler içinde saklı olan duygu, fikir ve düşünceleri ortaya çıkarmayı, genel duyarlılık kutuplarını belirlemeyi amaçlamaktadır [6]. Metin madenciliğinin bir alt bölümü olan ve fikir madenciliği olarak da bilinen duygu analizi, doğal dil işleme, metin analizi ve hesaplamalı

dilbilimciliği gibi bilimlerle yakın ilişki içindedir. Duygu analizi bu bilim dallarındaki yaklaşımları da kullanarak, kaynak materyallerdeki öznel bilgiyi tanımlamakta ve ortaya çıkarmaktadır [7,8]. Duygu analizi, pazarlamadan müşteri hizmetlerine kadar çeşitli uygulamalarda yaygın olarak uygulanmaktadır. Metin madenciliğinde sunulan yöntemleri ve duygu analizinde kullanılan teknikleri aracıyla metnin ana duygusu tespit edilir. Duygu analizi metin madenciliğinde de önemli bir yere sahiptir. Metin içerisindeki anahtar kelimelere bakılarak metnin konusu belirlendikten sonra metnin “duygu haritası” çıkarılır. Bu işlem metnin okuyucuya aktarmak istediği duygunun daha kolay anlaşılmasını sağlar. Duygu analizi, genellikle duygu polaritesi ve duygu skoru olarak adlandırılan iki kavrama bağlıdır. Duygu polaritesi veya kategorisi pozitif veya negatif bir ikili değerdir [9].

Bu çalışmanın amacı metin madenciliği yöntemleriyle “Duygu Analizi” işlemini gerçekleştirmektir. Gerçekleştirilen çalışmada, Türkçe metin verileri ile metin madenciliği uygulamaları geliştirilerek, bu alanda yer alan sınırlı çalışmalara katkıda bulunmak amaçlanmıştır. Bu amaçla İngilizce ve Türkçe sözcükler içeren Afinn, Bing, Nrc ve Sentitürk sözlükleri bir araya getirilip, değerlendirilerek duygu analizindeki kutupsallıkların belirlenmesi hedeflenmiştir. Sistemin görevi, kendisine sunulan metni oluşturan sözcükleri analiz ederek, o metnin içerdiği en baskın duyguya göre veya polariteye göre sınıflandırma gerçekleştirmektir.

Metin madenciliği; Şekil 1’de görülen dilbilimi, bilgisayar bilimi, veri madenciliği, makine öğrenmesi teknikleri, web madenciliği olarak belirtilen beş alan ile yakın ilişki içerisinde [10].



Şekil 1. Metin madenciliği ile ilgili Alanlar

Dilbilim; insanın dil kullanımının bütün boyutlarını araştıran, kural koymayı değil, dilin doğasını, işleyişini doğru betimlemeyi hedefleyen, dil olgusunu bütün yönleriyle anlamaya çalışan bir alandır. Dilbilim ile ilgili temel sorular; dil bilgisi, dil becerileri, dilin üretilmesinde ve anlaşılmasında dil bilgisinin nasıl edinildiği ve konuşlandırıldığıdır. Dilbilimciler, insanların dili nasıl kullandıklarını merak eder ve matematiksel modeller kullanarak modelleştirirler [11]. Bilgisayar bilimde amaç, metnin analiz edilmesi için gereken mühendislik problemlerine ilişkin en uygun çözümleri oluşturmaktır. NLP (Natural Language Processing) çeşitli metin işleme ve yapay zeka yöntemlerini kullanarak büyük miktarda mevcut bilgiyi metin biçiminde keşfetmektir [12]. İstatistik bilimi, bilgisayar bilimlerinde uygulanan bir çok algoritma da olduğu gibi metin madenciliği algoritmalarının da merkezinde yer almaktadır. Veri madenciliği ve makine öğrenme tekniklerinde amaç az bilginin mevcut olduğu bir alanı keşfetmek veya gelecekteki gözlemleri doğru bir şekilde tahmin etmektir. Veri madenciliği, veri analiz ve karar verme sürecini ifade eder. Makine öğrenmesi, gelecekteki verilerin gözlemlenenlerden nasıl tahmin edileceğini bilmeyi amaçlamaktadır[13].

Web Madenciliği, internet kullanıcılarının davranış analizini içermektedir. Web madenciliği üç çeşit analiz içerir. İlk analiz, sitelerin yapısını web sitelerinin arasındaki bağlantı sayısına göre araştırmaktır (bağlantılar). İkinci analiz, kullanıcıların tarihçelerini anlamak için web sitelerinin kullanılmasıdır[145]. Böylece, bağlantıların sayısı ve web sitesinde nasıl gezinildiği incelenir. Üçüncü analiz ise web sitesi temalarında yer alan kelimelerin tanımlanmasına karşılık gelen içerik analizidir. İçerik, veri kaynağına bağlı olarak çeşitli şekillerde gelir (sosyal ağlar, forumlar, bloglar, siteler).

Metin madenciliği işlemlerinde metin sınıflandırma önemli bir alandır. Bu işlemin yapılabilmesi için yukarıda belirtilen beş alan içerisinden makine öğrenmesi ve bilgi arama öncelikli alanlar olacaktır. Duygu analizi yaparken bilgi arama (Information Retrieval), metin sınıflandırma (Text Categorization), makine öğrenmesi (Machine Learning) veya metin arama önemli etki alanları olmuştur.

Dehkharghani gerçekleştirdiği çalışmada, SENTITURKNET isimli bir Türkçe kelimelerin duygu kutuplarını belirten bir sözlük oluşturmuştur. SENTITURKNET sözlüğü English WordNet, SentiWordNet ve SenticNet sözlüklerinden yararlanılarak oluşturulmuştur. Kelimenin İngilizcedeki karşılığının doğal anlamını bulmak amacıyla English WordNet Gloss, kelimenin olumlu, olumsuz, tarafsız gibi kutupsal anlamı için



SentiWordNet ve duygusal anlamı için senticNet sözlükleri kullanılmıştır. Kelimelere olumlu, olumsuz ve tarafsızlık olarak toplamları 1 eden puanlar verilmiştir. Örneğin good kelimesinin olumlu puanı P:0,75, Olumsuz puanı N: 0, Tarafsız puanı O: 0,25'dir. Duygu analizi gerçekleştirebilmek için kelime düzeyinde inceleme yeterli değildir. Bu amaçla cümle, doküman bazlı inceleme ve sınıflandırma yapılmıştır. Çalışmada lojistik regresyon, yapay sinir ağları, destek vektör makineleri algoritmaları kullanılmıştır. Geliştirilen uygulama WEKA yazılımı kullanılarak Twitter üzerinden elde edilen veri seti üzerine uygulanmıştır [15].

Al-Bndi ve Salman'ın çalışmasında bir mikroblog sitesi olan twitter'dan elde edilen veriler üzerinde duygu analizi yapılmıştır. Bir öznitelik çıkarıcı ile kelimelerin frekansı bulunmuştur. Sonra öznitelikler kullanılarak tweet cümleleri sınıflandırılmıştır. Şirkete, kişiye, ürüne, filme, yerlere, etkinliğe gibi farklı farklı alana ait twitter data seti ele alınmıştır: 1000, 5000, 10000, 25000, 50000 ve 131.042 tweet cümlesinden oluşan veri setleri ile sırasıyla unigram için %70,19; %74,37; %74,93; %76,32; %76,32; %77,15 , bigram için ise %69,08; %75,20; %75,14; %74,65; %76,60; %76,88 doğruluk oranı elde edilmiştir. Kelime sayısının azlığı sınıflandırma işlemini zorlaştırdığından duygu belirten , J , L gibi simgeler de değerlendirilmiştir [17].

Yengi'nin çalışmasının amacı ise kullanıcı puanlama temelli öneri sistemlerinin, kullanıcı puanları yerine duygu analizinden elde edilen değerler ile gerçekleşmesidir. Bu çalışmada büyük veri analiz yöntemleri ile öneri sistemlerinin kişiselleştirilmesinin önemi ortaya konmuş ve bu sistemlerin temel yöntemlerine sunduğu katkı raporlanarak sonuçları analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre, verinin hacim olarak büyümesi ve kişiselleştirme adımları başarı oranlarını arttırmıştır. Aynı zamanda verinin hacminin büyümesinin hata değerine olan olumsuz etkisi de görülmektedir. Çalışmada sözlük tabanlı ve doğal dil işleme tabanlı duygu analizi kullanılmıştır. Geliştirilen yöntem Amazon ve Movie Lens verisetleri üzerine uygulanmıştır. Ayrıca Mahaout makine öğrenmesi ve doğal dil işleme kütüphaneleri kullanılmıştır. Her cümlelerin içerdiği duygu tespit edilip toplanarak tüm metnin duygusu analiz edilmektedir. Duygu değeri çok kötü (-2), kötü (-1), nötr (0), iyi (1), çok iyi (2) olarak beş farklı şekilde temsil edilmektedir [17].

Nassar'ın gerçekleştirdiği tez çalışmasında, duyguları sınıflandırmak için sıklıkla kullanılan makine öğrenme yöntemlerini araştırarak, Arapça belgeler üzerinde duygu analizinin performans sonuçlarının iyileştirilmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda ML ile modelleme sürecinde girdilerin temsilinde yeni vektör biçimleri oluşturulmuştur. İkinci olarak maksimum, ortalama ve çıkarma gibi toplama işlevlerine

dayalı farklı formüller kullanarak terim ve belge düzeyinde sözcük tabanlı yaklaşımın uygulanması amaçlanmıştır. Arapça'da sözcüğe dayalı duygu analizinin terim ve belge seviyesi ile birlikte kullanılabilceğini göstermek için kullanılmıştır. Destek vektör makinesi, karar ağacı ve yapay sinir ağı gibi farklı makine öğrenmesi yöntemleri hem tek başlarına ve hem de kurullarla birlikte uygulanmıştır. Bu çalışmada elde edilen en başarılı sonuçlar yapay sinir ağı ile sınıflandırma gerçekleştirildiğinde elde edilmiştir. Genel olarak makine öğrenmesi yaklaşımı sonuçları sözlük kullanımını yaklaşımına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Çalışmada Rushdi-Saleh tarafından oluşturulan OCA veri seti kullanılmıştır. Bu veri seti yarısı olumlu, yarısı olumsuz 500 film yorumundan oluşmaktadır [18].

Türkmenoğlu tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise, hem İngilizce hem de Türkçe için yapılan çalışmalarda kullanılan makine öğrenmesi ve sözlük tabanlı metotlara yeni özellikler eklenerek iki farklı veri seti üzerinde değerlendirme yapılmıştır. Daha önce İngilizce ve Türkçe metinler için çalışılmış metotlardan MÖ ve sözlük tabanlı DA olmak üzere iki ayrı metot Türkçe metinler için uygulanmıştır. Bu metotlar kısa ve uzun metinler olmak üzere iki farklı Türkçe veri kümesine uygulanıp başarımları ölçülmüştür. Kelimeler asıl anlamlarını köklerinde barındırdığından gereksiz ekler atılıp, asıl anlamı içeren kelime köklerine ulaşılmıştır. Varlık/yokluk (-lı,-li,-sız,-siz) eklerini ve olumsuzluk bildiren ekleri (-me,-ma) kaldırılmamış, özel bir işaret konularak muhafaza edilmiştir. Sözlük tabanlı yöntem için her kelimesi taşıdığı duygu yönelimine göre puanlandırılmış bir sözlük kullanılarak bir metnin duygu yönelimini bulmaya çalışılmıştır. Kullanılan sözlüğü oluşturmak için Sentistrength sözlüğü Türkçeye çevrilmiştir. Veri seti Twitter yorumları veri kümesi ve film yorumlarından oluşmaktadır. Twitter veri kümesine uygulandığında sözlük tabanlı metot ile %75,2, makine öğrenmesi tabanlı metot ile ise, Karar Destek Makineleri (KDM) sınıflandırıcısı kullanılarak, %85 başarı elde edilmiştir. Film yorumları veri kümesine uygulandığında ise sözlük tabanlı metot ile %79,5, MÖ tabanlı metot ile KDM sınıflandırıcısı kullanılarak %89 başarı elde edilmiştir [19].

## MATERYAL ve YÖNTEM

Bu çalışmada Afinn, Bing ve NRC olmak üzere üç farklı sözlük kullanılmıştır. Bu sözlüklerin tamamı çalışma kapsamında Türkçeye çevrilmiştir.

Afinn sözlüğü 2009 ve 2011 yılları arasında Finn Årup Nielsen tarafından - 5 (negatif) ve +5 (pozitif) arasında bir tamsayı ile ve elle derecelendirilen İngilizce terimler

listesidir. Negatif değerler olumsuz duyguları, pozitif değerler ise olumlu duyguları temsil eder [20].

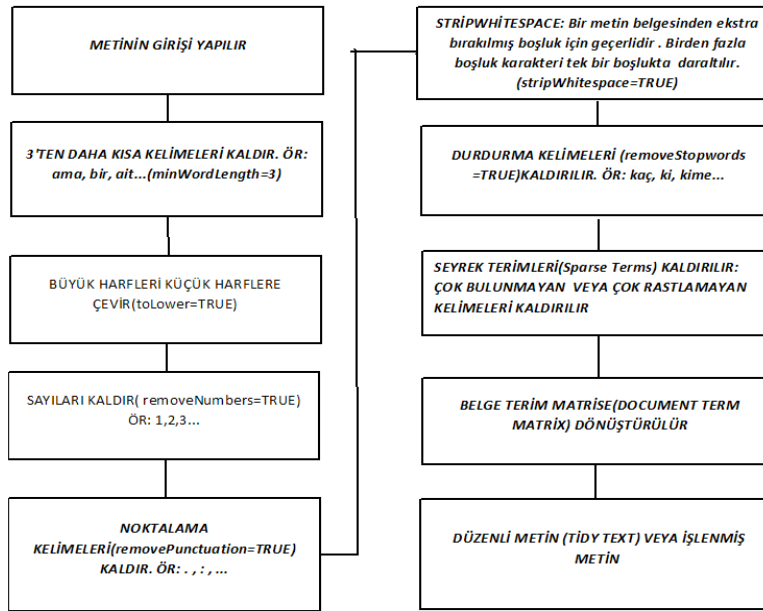
**BİNG:** Bing Liu ve arkadaşları tarafından oluşturulmuştur, kelimeleri ikili bir biçimde pozitif ve negatif kategoriler olarak sınıflandırır [21].

**NRC:** Saif Mohammad and Peter Turney tarafından oluşturulmuştur. Kelimeleri pozitif, negatif, öfke, beklenti, tiksinti, korku, sevinç, üzüntü, şaşkınlık ve güven kategorilerine sınıflandırır [22].

**SentiTurkNet:** Üç tane farklı sözlükten yararlanarak oluşturulmuştur. İngilizce “wordNet” içinde yaklaşık 117.000 cümle vardır. Bu sözlük bir küme olarak eşanlı terimleri gruplandırır. “sentiWordNet”, İngilizcedeki duyarlılık analizi görevlerini desteklemek amacıyla oluşturulmuştur. Negatif, pozitif, nötr olarak her kelimenin 3 farklı kutup puanını verir.

## 2.1 Geliştirilen sistemin yapısı

Geliştirilen duygu analizi yazılım sistemi üç aşamalı çalışarak analiz işlemini gerçekleştirmektedir. Önışleme aşamasının dikkatli biçimde gerçekleştirilmesi sistemin başarısı için çok önemlidir. Çünkü eğer bu aşama doğru bir biçimde tamamlanırsa, takip eden diğer kısımlar da başarılı bir şekilde tamamlanabilecektir. Bu aşamada metnin temizlenmesi ve özelliklerinin ortaya çıkarılması için kullanıma hazır hale getirmesi sağlanmaktadır. Şekil 2’de önışleme aşamasının işlem adımları görülmektedir. Metin üzerine sırasıyla üç harften daha kısa kelimeler kaldırılır, büyük harflerden oluşan kelimeler küçük harflere çevrilir, rakamlar kaldırılır, noktalama işaretleri kaldırılır, kelimeler arasında fazladan bırakılmış boşluklar kaldırılır, durdurma kelimeleri kaldırılır, stemming/lemming yapılır. Ardından belge terim matrisine (document term matrix) dönüştürülür.



Şekil 2 Önışleme aşamasının işlem adımları

Bu işlemlerin sonunda dönüştürülmüş bir metin elde edilmektedir. Bu aşamanın amacı metinleri bir sonraki katman tarafından işlenebilecekleri şekilde biçimlendirmektir. Bu sayede birçok metin incelemesi görevi daha kolay, etkili ve yaygın kullanılan araçlarla gerçekleştirilebilir hale getirilir. Önışleme aşaması sonrasında elde edilen düzenli metin ile, metnin özneliklerinin elde edilmesi, özetlenmesi, görselleştirilmesi ve doğal dil işleme kullanarak etkin iş akışlarına entegre edilmesine mümkün olmaktadır. Düzenli metin

verileri belirli bir yapıya sahiptir: Her değişken bir sütun, her gözlem bir satır, her gözlemsel birim bir tablo oluşturur.

Veri hazırlamanın son bileşeni tüm belgede kullanılan terimlerin sıklığını temsil eden bir tablodur. Bu aşamada öncelikle belge terim matrisi gibi verilerin yapılandırılmış bir gösteriminin oluşturulması sağlanır. Her satır bir dokümanı temsil eder ve her sütun görünen terimleri gösterir. Şekil 3’te örnek bir korpus için kelimelerin dağılımı görülmektedir.

	Global occ.	Global %
bir	236	4.6283585
ve	114	2.2357325
çok	111	2.1768974
kitap	101	1.9807805
bu	76	1.4904883
ama	57	1.1178662
da	56	1.0982546
kadar	45	0.8825260
için	44	0.8629143
de	42	0.8236909
kitabı	42	0.8236909
gibi	38	0.7452442
ben	27	0.5295156

Şekil 3. Korpustaki kelimelerinin dağılımı

Bu kelimelerin korpustaki frekanslarını analiz etmek için her kelimenin bir olasılık durum tablosu oluşturulur. Bu tablonun içeriği kelimenin tekrar değeridir. Bu tablo, Belge Terim Matrisi (BTM) olarak adlandırılır. BTM tablosu, bir kelimenin bir metinde kaç kez kullanıldığını göstermektedir. Şekil 4'te örnek bir BTM tablosu görülmektedir.

Docs	ama	bir	bu	çok	da	de	için	kadar	kitap	ve
X100	0	4	2	1	0	0	0	2	5	0
X116	0	5	0	1	1	0	1	0	1	3
X123	0	4	1	1	1	5	0	0	1	2
X26	3	8	1	4	3	3	1	0	1	4
X32	2	5	3	0	1	0	0	0	0	0
X40	0	2	1	0	0	0	0	1	1	2
X66	0	4	0	0	0	1	0	2	2	1
X71	0	4	2	1	1	0	0	0	0	2
X87	0	4	2	6	0	0	1	0	1	5
X92	0	5	0	1	2	1	0	0	0	1

Şekil 4. Örnek bir BTM tablosu

Metin analizi ve sınıflandırması yapmak için metindeki kelimelerin oluşumu ve dağılımı kullanılır. Sınıflandırma algoritması olarak, metin içerisinde kelimelerin tekrar değerlerinden elde edilen olasılık değerleri ve sözlükteki duygu temsili ile sınıflandırma yapmaya en uygun yöntem olduğu için Bayes sınıflandırıcı seçilmiştir. Bu çalışmada Bayes sınıflandırıcı skorları belirlemek için üç farklı yaklaşım uygulanmıştır.

Birinci yöntem de metnin sınıflandırması öfke, nefret, korku, mutluluk, üzüntü, sürpriz olarak adlandırılan altı duyguya göre yapılmaktadır. Düzenli metin oluşturmak için metin ilk olarak matris yapısına dönüştürülür. Oluşturulan matristeki her kelime teker teker sözlükteki kelimelerle karşılaştırılır. Sözlükte bulunan kelimelerin indeksi tutulduktan sonra, her farklı duygu için kaç adet kelime var olduğunu sayılır. Her kelime için Bayes algoritması aracılığıyla duygu

skoru hesaplanır. Hangi duygunun skoru büyükse, metin o skorun kategorisine ait olacak şekilde sınıflandırılır. Şekil 5'te bu yöntem ile değerlendirilen bir metne ait çıktı görüntüsü görülmektedir.

```

~/Metinmadenciligi/ >
[1] "KELİME: ağırılık KAT: üzüntü SKOR: 6.38687931936265"
[1] "KELİME: bağı KAT: mutluluk SKOR: 6.76503897678054"
[1] "KELİME: becerikli KAT: mutluluk SKOR: 6.76503897678054"
[1] "KELİME: bekle KAT: mutluluk SKOR: 6.76503897678054"
[1] "KELİME: bıkmak KAT: nefret SKOR: 4.95582705760126"
[1] "KELİME: bravo KAT: mutluluk SKOR: 6.76503897678054"
[1] "KELİME: bu KAT: mutluluk SKOR: 6.76503897678054"
[1] "KELİME: bunalımlı KAT: üzüntü SKOR: 6.38687931936265"
[1] "KELİME: büyüme KAT: mutluluk SKOR: 6.76503897678054"
[1] "KELİME: çekememezlik KAT: öfke SKOR: 5.97888576490112"
[1] "KELİME: çekicilik KAT: mutluluk SKOR: 6.76503897678054"
[1] "KELİME: iç KAT: üzüntü SKOR: 6.38687931936265"
[1] "KELİME: in KAT: korku SKOR: 5.92958914338989"
[1] "KELİME: in KAT: üzüntü SKOR: 6.38687931936265"
[1] "KELİME: yazık KAT: üzüntü SKOR: 6.38687931936265"
[1] "KELİME: zor KAT: üzüntü SKOR: 6.38687931936265"
OFKE          NEFRET          KORKU          MUTLULUK          ÜZÜNTÜ
[1] "7.81480342948936" "7.81480342948936" "7.81480342948936" "48.4050372901726" "39.749200
0263026"
SÜRPRİZ          EN_UYGUN_DUYGU
[1] "3.31499375915909" "mutluluk"
> |

```

Şekil 5. Duygu sınıflandırma yönteminin ekran çıktısı

İkinci yöntemde sınıflandırma kutupluluğa (Olumlu veya Olumsuz) ve kategoriye (zayıf veya Güçlü) göre yapılır. Polarite sınıflandırma için önce ilk yöntemde olduğu gibi metin matrisine dönüştürülür. Özellikle sözlüğündeki kelimelerle matristeki her kelime karşılaştırılır. Bulunan kelimelerin indeksi, polaritesi ve kategorisi tutulur. Eğer polaritesi güçlü (strong) ise skoruna güçlü değeri verilir aksi halde zayıf(weak) değeri verilir. Her kelime için hem kategorisine hem de polaritesine göre duygu skoru hesaplanır. Hangi kelimenin kategori skoru büyükse, metni o skorun kategorisine göre sınıflandırılır. Şekil 6'da bu yöntem ile değerlendirilen bir metne ait çıktı görüntüsü görülmektedir.

```

~/Metinmadenciligi/ >
[1] "WORD: ağır CAT: negative POL: strongsubj SCORE: 10.2819239882564"
[1] "WORD: ağır CAT: negative POL: weaksubj SCORE: 9.5887680769643"
[1] "WORD: bağı CAT: positive POL: weaksubj SCORE: 9.17492042674492"
[1] "WORD: başlamak CAT: negative POL: strongsubj SCORE: 9.17492042674492"
[1] "WORD: becerikli CAT: positive POL: strongsubj SCORE: 10.2819239882564"
[1] "WORD: bekle CAT: positive POL: strongsubj SCORE: 9.86806760730487"
[1] "WORD: bıkmak CAT: positive POL: strongsubj SCORE: 9.86806760730487"
[1] "WORD: bunalımlı CAT: negative POL: strongsubj SCORE: 10.2819239882564"
[1] "WORD: büyüme CAT: negative POL: weaksubj SCORE: 9.5887680769643"
[1] "WORD: çekememezlik CAT: negative POL: strongsubj SCORE: 10.2819239882564"
[1] "WORD: çekicilik CAT: negative POL: weaksubj SCORE: 9.17492042674492"
[1] "WORD: iç CAT: negative POL: strongsubj SCORE: 10.2819239882564"
[1] "WORD: in CAT: negative POL: weaksubj SCORE: 9.5887680769643"
[1] "WORD: dur CAT: positive POL: strongsubj SCORE: 9.86806760730487"
[1] "WORD: fiyatlara CAT: negative POL: weaksubj SCORE: 9.5887680769643"
[1] "WORD: karakter CAT: positive POL: weaksubj SCORE: 9.17492042674492"
[1] "WORD: meor CAT: negative POL: strongsubj SCORE: 10.2819239882564"
[1] "WORD: var CAT: positive POL: weaksubj SCORE: 9.17492042674492"
[1] "WORD: vermek CAT: positive POL: weaksubj SCORE: 9.17492042674492"
[1] "WORD: yazık CAT: negative POL: strongsubj SCORE: 10.2819239882564"
[1] "WORD: yok CAT: negative POL: strongsubj SCORE: 10.2819239882564"
[1] "WORD: zor CAT: negative POL: strongsubj SCORE: 10.2819239882564"
POS: 0.924955939796596 NEG: 0.51109955884509 RATIO: 1.80973730810232"
[1] "0.924955939796596" "0.51109955884509" "1.80973730810232" "best_fit"
> |

```

Şekil 6. Polarite sınıflandırma yönteminin ekran çıktısı

Veri hazırlama aşamasından sonra tutulan kelimeler DTM tablosuna dahil edilir. Daha sonra, bu kelimelerin her birinin sıklığı hesaplanır ve azalan düzende sıralanırlar. Tablo 1'de örnek bir kelime frekans tablosu görülmektedir.

Tablo 1. Örnek Frekans Tablosu

Kelime	Frekans
1 otel	239

2	kitap	109
3	gün	88
4	değil	87
5	yemek	80
6	aynı	65
7	kötü	64
8	güzel	60
9	oda	60

Metin verilerini görselleştirmenin en kolay ve en yaygın yolu kelime bulutlarıdır. Amaç, her bir kelimeyi görüntülemektir. Bu gösterimi kelimenin metin içerisindeki sıklığı o kelime için kullanılan fontun büyüklüğünü etkilemektedir. En sık görülen kelime, en büyük yazı tipiyle gösterilir. Bu kelimeler, metinde ifade edilen ana düşünceyi veya konuyu yansıtmaktadır.

Şekil 7’de sıklıkları verilen kelimelerden oluşan kelime bulutu görülmektedir.

	word	freq	V3
<u>kitap</u>	kitap	100	2.82
<u>kitabı</u>	kitabı	43	1.21
<u>değil</u>	değil	26	0.73
<u>okudum</u>	okudum	26	0.73
<u>kitabın</u>	kitabın	23	0.65
<u>hayal</u>	hayal	20	0.56
<u>fazla</u>	fazla	17	0.48
<u>okudugum</u>	okudugum	16	0.45
<u>sıkıcı</u>	sıkıcı	16	0.45
<u>begenmedim</u>	begenmedim	15	0.42
<u>güzel</u>	güzel	15	0.42
<u>merak</u>	merak	14	0.40
<u>oldugu</u>	oldugu	14	0.40
<u>vazarın</u>	vazarın	14	0.40
<u>üzerin</u>	üzerin	13	0.37
<u>okurken</u>	okurken	12	0.34
<u>oldugunu</u>	oldugunu	12	0.34
<u>olması</u>	olması	12	0.34
<u>acıkkası</u>	acıkkası	11	0.31
<u>akıcı</u>	akıcı	11	0.31
<u>kitapta</u>	kitapta	11	0.31
<u>tavsiy</u>	tavsiy	11	0.31
<u>yazar</u>	yazar	11	0.31
<u>yer</u>	yer	11	0.31
<u>aldım</u>	aldım	10	0.28

Şekil 7. Kelime sıklıkları ve kelime bulutları

Şekil 7’deki kelime bulutu incelendiğinde “kitap”, “kitabı” “okudum” ve “değil” frekans tablosundaki mevcut verileri doğrulayan 4 kelime olduğu görülmektedir. Diğer önemli kelimeler ise “begenmedim”, “hayal”, “sıkıcı”, “merak” ve “güzel” olup kitabın karakteristiğine odaklandığını göstermektedir. Buradan da kitapla ilgili yorumların çoğunun olumsuz olduğunu anlaşılabilir.

## BULGULAR VE TARTIŞMALAR

Geliştirilen sistemle farklı veri setleri kullanılarak deneyler yapılmıştır. İlk veri setinde bir sinema filmlerinin yorumlandığı bir web sitesinden elde edilen 35 pozitif, 35 negatif

yorum yer almaktadır [23]. İkinci veriseti bir kitap e-ticaret sitesinde yer alan okuyucu yorumlarından oluşmaktadır. Bu veriseti 91309 yorum içermektedir [24]. Üçüncü verisetinde ise 10.000 olumlu 10.000 olumsuz metin yer almaktadır [25].

Veriseti 1 üzerinde yapılan deneylerde yöntem 1 kullanılarak 35 negatif yorumun 27’si negatif polariteli olduğu sistem tarafından tespit edilmiştir. Sekiz adet negatif yorum ise pozitif polariteli olarak nitelendirilmiştir. Bu negatif cümlelerin yöntem 2 ile değerlendirilme işlemi sonrasında ise 31 tanesi negatif 4 tanesi pozitif olarak nitelendirilmiş ve doğruluk oranının arttığı görülmüştür. Yöntem 1’in toplam doğruluk oranı %77,14 iken yöntem 2’nin toplam doğruluk oranı %82,85 olmuştur. Deneylerle ilgili veriler Tablo 2’de sunulmuştur.

Tablo 2. Veriseti 1 ile elde edilen sonuçlar

Veriseti 1	Yöntem 1	Doğruluk Oranı	Yöntem 2	Doğruluk Oranı
35 Negatif Metin	27 Negatif ve 8 Pozitif	%77,14	31 Negatif ve 4 pozitif	%88,57
35 Pozitif Metin	27 Pozitif ve 8 Negatif	%77,14	27 Pozitif ve 8 Negatif	%77,14

İkinci verisetinde 700 adet negatif, 700 adet pozitif cümle yer almaktadır. Bu veriseti üzerinde yapılan deneylerde yöntem 1 kullanılarak 700 negatif yorumun 491’i negatif polariteli olduğu sistem tarafından tespit edilmiştir. 210 adet negatif yorum ise pozitif polariteli olarak nitelendirilmiştir. Bu negatif cümlelerin yöntem 2 ile değerlendirilme işlemi sonrasında ise 525 tanesi negatif 175 tanesi pozitif olarak nitelendirilmiş ve doğruluk oranının arttığı görülmüştür.

Pozitif yorum cümleleri üzerinde yapılan deneylerde yöntem 1 700 cümlelerin 528’ini pozitif, yöntem 2 ise 524 tanesini pozitif olarak değerlendirmiştir. Yöntem 1’in toplam doğruluk oranı %72,78,14 iken yöntem 2’nin toplam doğruluk oranı %74,92 olmuştur. Deneylerle ilgili veriler tablo 3’te sunulmuştur.

Tablo 3. Veriseti 2 ile elde edilen sonuçlar

Veriseti2	Yöntem 1	Doğruluk Oranı	Yöntem 2	Doğruluk Oranı
700 Negatif Metin	491 Negatif ve 209 Pozitif	%70,14	525 Negatif ve 175 pozitif	%75
700 Pozitif Metin	528 Pozitif ve 172 Negatif	%75,42	524 Pozitif ve 176 Negatif	%74,85

10.329 negatif cümle ve 10.833 pozitif cümleleri içermektedir. Bu veri seti daha iyi değerlendirebilmek için 20 tane pozitif data seti ve 20 tane negatif alt veri setine bölünerek deneyler gerçekleştirilmiştir.

Bu veriseti üzerinde yapılan deneylerde yöntem 1 kullanılarak 10.329 negatif yorumun 7.423'si negatif polariteli olduğu sistem tarafından tespit edilmiştir. 2.906 adet negatif yorum ise pozitif polariteli olarak nitelendirilmiştir. Bu negatif cümlelerin yöntem 2 ile değerlendirilme işlemi sonrasında ise 7.773 tanesi negatif 2.556 tanesi pozitif olarak nitelendirilmiş ve doğruluk oranının arttığı görülmüştür.

pozitif yorum cümleleri üzerinde yapılan deneylerde yöntem 1 10.833 cümlelerin 8.273 tanesini pozitif olarak nitelendirmiştir. 2.560 cümle ise negatif olarak nitelendirilmiştir. yöntem 2 10.833 cümlelerin 8.628 tanesini pozitif olarak nitelendirmiştir. 2.205 cümle ise negatif olarak nitelendirilmiştir

Yöntem 1'in toplam doğruluk oranı %74.11 iken yöntem 2'nin toplam doğruluk oranı %77,445 olmuştur. Deneylerle ilgili veriler tablo 4'te sunulmuştur.

**Tablo 4.** Veriseti 3 ile elde edilen sonuçlar

Veriseti 3	Yöntem1	Doğruluk Oranı	Yöntem2	Doğruluk Oranı
10.833 Cümle	Pozitif: 8.273 Negatif: 2.560	%76,36	Pozitif: 8.628 Negatif: 2.205	%79,64
10.329 negatif cümle	Negatif: 7.423 Pozitif: 2.906	%71,86	Negatif: 7.773 Pozitif: 2.556	%75,25

## SONUÇLAR

Bu çalışmada metin madenciliği ile bir duygu analizi sistemi geliştirilmiştir. Çeşitli veri setleri üzerinde yapılan testlerle sistemin performansı ölçülmüştür. Geliştirilen sistem ayrıca incelediği metindeki duygu türlerini görselleştirmektedir. Geliştirilen sistemin inceleyeceği metin uzunluğu ile ilgili bir kısıtı bulunmamaktadır. Fakat analiz edilecek metin veya kelime sayısı arttıkça, işleme süresinin arttığı görülmüştür. İşlem süresini azaltmak için metinler üzerinde bir önışleme prosedürü uygulanmış ve bir duygu taşımayan kelimeler ve noktalama işaretlerinin incelenecek kelime listesinden çıkarılması sağlanmıştır. Ancak bu önışlemenin de duygu analizinin tüm zorluklarını gideremediği gözlenmiştir. Hatalı yazılan kelimeler, kinayeli yorumlar, art niyetli yazılmış yorumlar, bazı deyimlerin ve kelimelerin birden fazla anlamının olması, karşılaştırma içeren cümlelerin bir taraf için olumlu duygu taşıırken diğer taraf için olumsuz duygu taşıması, yorum yazarının kültür farklılığı gibi durumlar duygu analizini zorlaştırmaktadır. Yapılan test çalışmalarında sistemin hatalı karar verdiği cümleler incelendiğinde bu gibi durumlarla karşılaşılmıştır.

Bu alandaki gelecek çalışmalarda negatif anlam içeren cümlelerin analizi üzerinde daha fazla çalışılmalıdır. Türkçe'de olumsuzluk anlamı veren bir çok kelime vardır. Bu

kelimeler tek başına olumlu görülen bir cümleyi olumsuz hale getirebilmektedirler. Bu da pek çok duygu analizi sisteminin başarısını etkilemektedir. Fiillerin belirttiği duygular üzerine daha çok çalışma yapılmalıdır. Sıfat ve zarflar üzerine yoğunluklu yapılan çalışmalar çok yüksek başarıya erişmemektedir. Türkçe için geliştirilen sözlük tabanlı çalışmaların başarısının artması için mecaz anlamları da içeren sözlüklerin üretilmesi de gereklidir.

## KAYNAKLAR

- [1] Simon Kemp, report author , Digital around the world in 2019, the essential line data you need to understand global mobile, internet, and social media use P7. <https://wearesocial.com/global-digital-report-2019>.
- [2] Dr. Cebrail Taşkın, MBA Chief Technology Officer (CTO) & Chief Digital Officer, YENİ DEĞER: BÜYÜK VERİ, 2017 [https://www.linkedin.com/pulse/yeni-de%C4%9Fer-b%C3%BCy%C3%BCK-veri-dr-cebrail-ta%C5%9Fk%C4%B1n-mba?articleId=632.862.5124677341184#comments-632.862.5124677341184&trk=public\\_profile\\_post](https://www.linkedin.com/pulse/yeni-de%C4%9Fer-b%C3%BCy%C3%BCK-veri-dr-cebrail-ta%C5%9Fk%C4%B1n-mba?articleId=632.862.5124677341184#comments-632.862.5124677341184&trk=public_profile_post)
- [3] Simon Kemp, report author, Digital around the world in 2019, the essential line data you need to understand global mobile, internet, and social media use, we are social 2019 report for Turkey <https://wearesocial.com/global-digital-report-2019>
- [4] [www.marketingturkiye.com.tr](http://www.marketingturkiye.com.tr), haberler, 2017 rakamlar, Türkiye'de e-ticaret istatistikleri <https://www.marketingturkiye.com.tr/haberler/rakamlarla-2017-turkiye-e-ticaret-istatistikleri/>
- [5] Text mining, Ian H. Witten Computer Science, University of Waikato, Hamilton, New Zealand.
- [6] Akcayol, M & Özyurt, Barış. (2018). Fikir Madenciliği Ve Duygu Analizi, Yaklaşımlar, Yöntemler Üzerine Bir Araştırma. Selcuk University Journal of Engineering ,Science and Technology. 6. 668-693. 10.15317/Scitech.2018.160.
- [7] Cothrel J, Williams RL. On-line communities: helping them form and grow. J Knowl Manag. 1999 Mar; 3(1): 54-60
- [8] Hsiung RC. Suggested principles of Professional ethics for the online provision of mental health services. Stud Health Technol Inform. 2001;84(Pt 2): 1296-300
- [9] Liu, B., Sentiment Analysis and Opinion Mining. Morgan & Claypool Publishers, 2012.
- [10] Talib, R., Hanif, M. K., Ayesha, S., & Fatima, F. (2016). Text mining: techniques, applications and issues. International Journal of Advanced Computer Science and Applications, 7(11), 414-418.
- [11] Stubbs M. Text and corpus analysis: Computer-assisted studies of language and culture. Blackwell Oxford; 1996.
- [12] Roche E, Schabes Y. Finite-state Language Processing. 1997. (MIT Press).
- [13] <https://www.quora.com/What-is-sentiment-analysis-and-real-life-examples>, Wonderflow BV Panamalaan 6h

- [14] O’Dea B, Wan S, Batterham PJ, Calear AL, Paris C, Christensen H. Detecting suicidality on Twitter. *Internet Interv* 2015 May;2(2): 183-8.
- [15] Dehkharghani, R., Saygin, Y., Yanikoglu, B., & Oflazer, K. (2016). SentiTurkNet: a Turkish polarity lexicon for sentiment analysis. *Language Resources and Evaluation*, 50(3), 667-685.
- [16] Al-Bnd, A., & Salman, M. (2015). Sentiment analysis and opinion mining via microblogging in social media like: twitter.
- [17] Yengi, Y., & Omurca, S. İ. (2016). Distributed Recommender Systems with Sentiment Analysis. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4(7).
- [18] Nassar, A. (2017). Multilevel Sentiment Analysis In Arabic. Hacettepe University/ Graduate School of Science and Engineering/ Department of Computer Engineering.
- [19] Türkmenoğlu, C. (2015). Türkçe Metinlerde Duygu Analizi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü). İstanbul Teknik Üniversitesi/ Fen Bilimleri Enstitüsü/ Bilgisayar Mühendisliği Anabilim Dalı.
- [20] Nielsen F (2011) A new anew: evaluation of a word list for sentiment analysis in microblogs. In The ESQ2011 Workshop on “Making Sense of Microposts”.
- [21] Liu, B., Hu, M., & Cheng, J. (2005, May). Opinion observer: analyzing and comparing opinions on the web. In Proceedings of the 14th international conference on World Wide Web (pp. 342-351). ACM.
- [22] Mohammad, S. M., & Turney, P. D. (2010, June). Emotions evoked by common words and phrases: Using mechanical turk to create an emotion lexicon. In Proceedings of the NAACL HLT 2010 workshop on computational approaches to analysis and generation of emotion in text (pp. 26-34). Association for Computational Linguistics.
- [23] “Türkçe Metinlerin Siniflandırılmasında Metin Temsil Yöntemlerinin Performans Karşılaştırılması”, M.Fatih AMASYALI, Sümeyra BALCI, Esra Nur VARLI, Emrah METE ,*EMO Bilimsel Dergi*, Cilt 2, Sayı 4, 95-104, 2012.
- [24] “Türkçe Sıfat Sözlüğü ile Duygu Analizi”, İslam Mayda, Mehmet Korkmaz, Akıllı Sistemlerde Yenilikler ve Uygulamaları Sempozyumu (ASYU), 4-6 Ekim 2018, Adana.
- [25] Naderalvojud, B., Ucan, A., & Sezer, E. A. (2018), “HUMIR at IEST-2018: Lexicon-Sensitive and Left-Right Context-Sensitive BiLSTM for Implicit Emotion Recognition”, In Proceedings of the 9th Workshop on Computational Approaches to Subjectivity, Sentiment and Social Media Analysis (pp. 182-188)

# Temper Haddedelemde Pürüzlülük Transferini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesine Yönelik Bir Derleme Çalışması

## A Review for Investigation of Parameters Affecting Roughness Transfer in Skin-Pass Rolling

Batuhan ÖZAKIN<sup>1</sup> , Naci KURGAN<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Samsun Üniversitesi Kavak MYO, batuhan.ozakin@samsun.edu.tr

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü, naci.kurgan@omu.edu.tr

### Öz

Malzemelerin yüzeyi, boyama kalitesi ve şekillendirme açısından belli bir pürüzlülüğe sahip olmalıdır. Yüzey pürüzlülüğü, genellikle temper haddelenmesi olarak bilinen özel pürüzlü merdanelerle haddelenerek malzemeye verilir. Bir merdanenin pürüzlülüğü, haddelenme parametrelerinden etkilenir ve böylelikle malzeme yüzeyine aktarılır. Malzemede oluşturulacak olan yüzey pürüzlülüğü, boya ve/veya kaplamaların performansı açısından önemli bir faktördür. Yüzey pürüzlülüğünün az olması boya ve/veya kaplamanın yapışmasını azaltabileceği gibi, fazla olması da boya ve/veya kaplamanın yetersiz olmasına ve paslanmaya neden olabilecek ayrıca boya ve/veya kaplamanın fazla kullanılmasına sebep olarak maliyetlerin artmasına sebep olacaktır. Bu sebeplerden dolayı, bir malzeme yüzeyinin en uygun seviyede pürüzlülüğe sahip olması istenir. Bu makalede, temper haddedelemde pürüzlülük transferini etkileyen parametrelere ilişkin çalışmalar referans alınarak literatür taraması yapılmıştır. Bu derleme makalesi bölümler halinde sunularak sonuca ulaşmaya çalışmaktadır. Bu bölümlerde ilk olarak temper haddelenme işlemine, pürüzlendirmenin endüstrideki önemine vurgu yapılmıştır. Sonraki bölümde temper haddelenme ile pürüzlülük transferi sürecinin nasıl gerçekleştiğine değinilmeye çalışılmıştır. Sonraki bölümde ise pürüzlülük transferini etkileyen parametrelere ilişkin çalışmalar incelenmiştir. Temper haddedelemde pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerin, pürüzlülük transfer oranını nasıl etkiledikleri irdelenmiştir. Elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak son bölümde temper haddelenme işlemi neticesinde oluşan pürüzlülük profilinin nasıl olması gerektiği tartışılmıştır. Bu sayede endüstrideki üreticilerin bu çalışmadan en iyi şekilde faydalanmasına yönelik sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır. Aynı zamanda literatüre kazandırılacak çalışmalar hakkında birtakım değerlendirmeler yapılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Şerit/Sac Malzemeler, Soğuk Haddelenme, Temper Haddelenme, Pürüzlülük Transferi

### Abstract

The surface of materials must have a certain roughness in terms of painting quality and forming. Surface roughness is commonly given to the material by rolling with special rough rolls, known as skin-pass rolling. Roughness of a roll is influenced from rolling parameters and thus transferred to the material surface. Surface roughness profile to be formed on the material is an important factor in terms of performance of paint and/or coatings. Low profile height reduces the adhesion of paint and/or coating, while higher profile height leads to inadequate paint and/or coating and may lead to corrosion, it also increases costs due to overuse of paint/coating. Due to these reasons, it is desirable to have an optimum level of material surface roughness. In this article, literature review was made by referring to studies on parameters affecting roughness transfer in skin-pass rolling. This review article is presented in sections and tries to reach a conclusion. In these sections, firstly, skin-pass rolling process and the importance of roughening in the industry are emphasized. In the next section, the roughness transfer process with skin-pass rolling how occur is tried to be explained. In the next section, studies on the parameters affecting the roughness transfer are examined. Considering the results obtained, how it should be discussed of roughness profile resulting from skin-pass rolling process in the last section. In this way, it has been tried to obtain results for get the most out of from this study of manufacturers in the industry. At the same time, some evaluations have been made about the studies that can be gained in the literature.

**Keywords:** Strip/Sheet Materials, Cold Rolling, Skin-Pass Rolling, Roughness Transfer

## I. GİRİŞ

Haddelenmiş yassı çelik üretimi entegre demir-çelik tesislerinde sıvı ham demir üretimi ile başlar. Yüksek fırınlarda cevherin kok kömürüyle ergitilmesi sonucu elde edilen sıvı ham demir, çelikhanelerde bazik oksijen fırınlarında oksijen üfleme suretiyle karbon oranı % 2'nin altına düşürülerek çelik haline getirilir. Sürekli döküm tesislerinde slab şeklinde dökülen çelik, fırınlarda yaklaşık 1200 °C sıcaklığa kadar tavlandıktan sonra sıcak haddelenerek tesisin kapasitesine göre 1 mm kalınlığa kadar inceltir ve sarılarak bobin haline getirilir. Sıcak haddeme esnasında malzeme yüzeyinde oluşan tufalin soğuk haddeme öncesinde malzemenin temizlenmesi gerekir. Bobin açılarak sürekli asitleme hattında sülfürik asitle ya da hidroklorik asit banyosunda temizlendikten sonra malzeme % 25-80 oranında soğuk haddelenerek inceltir ve tekrar bobin olarak sarılır [1].

Soğuk haddelenen malzemenin taneleri uzar, deformasyon sertleşmesine uğrar ve şekillendirilebilme kabiliyeti azalır. Bu malzeme çok sert bir yapıya sahiptir ancak süneklik ve düzlemsellik gerekmeyen yerlerde kullanılabilir. Malzemenin bu haliyle bir ısıl işleme tabi tutulması gerekmektedir. Yüzey görünümünün birinci derecede önemli olduğu, düzlemselliğin, yüzey pürüzlülüğünün ve yüzey kalitesinin önemli olduğu yerlerde malzemenin temper haddeme işleminden geçirilmesi gerekmektedir. Temper haddeme; uygulamada yaklaşık %1 uzamanın verildiği bir ütüleme haddesidir. Esasen incelmeyen olmadığı bu haddede akma gerilmesinin üzerine çıkılarak ezilen malzeme, temper hadde sonrasında deformasyon yaşlanmasına uğraması beklenmeden nihai form verilirse belirgin akma görülmeyeceğinden dolayı daha iyi bir yüzey kalitesi elde edilmiş olur. Temper hadde işlemi, malzeme yüzeyinin pürüzlü olması istenen durumlarda pürüzlendirilmiş merdaneler ile yapılır. Bobin kırıkları, malzeme yüzeyindeki dalgalı görünüm ve lüders bantlarının (belirgin akma gerilmesi oluşması) izleri bu haddeme ile ortadan kaldırılır. Bu haddeden sonra malzeme yağlanarak bobin olarak sarılır ve paketlenerek sevkiyata hazır hale getirilir [1].

Otomotiv, havacılık, makine, konstrüksiyon vb. sektörlerde çok geniş bir yelpazede uygulama sahasına sahip olan yassı çelik malzemelerin söz konusu imalat endüstrilerinde oldukça önemli bir yere sahip olduğu gerçektir [2, 3]. Malzemeler genellikle boyama ve/veya kaplama işlemi öncesinde plastik deformasyon ile şekil verdikten sonra yüzeyleri pürüzlendirilmelidir [4]. Pürüzlendirmedeki amaç yüzeyi boya ve/veya kaplamaya hazırlamak, parçanın birtakım özelliklerini (fiziksel, kimyasal, estetik) iyileştirmek, yüzey ile reaksiyon verebilecek kir, pas, birikinti vb. olumsuz etki oluşturabilecek etkenleri engelleme olabilir [5].

Metalik malzemelerin yüzeyine belli bir pürüzlülük profili transfer etmek için temper haddeme işleminden yararlanır [6-8]. Bu etki mekanik olarak temper haddemeyle % 0,3-3 arasındaki ezme miktarı oranında gerçekleştirilir [9]. Dolayısıyla sac malzemelerin yüzeylerinin pürüzlendirilmesi gerekliliği açık bir şekilde görülebilir.

Literatürde sıklıkla kullanılan yüzey pürüzlülüğü ( $R_a$ ), örnekleme uzunluğu içindeki yüzey profilinin merkez çizgisine olan mesafedeki mutlak ordinat değerlerinin aritmetik ortalamasıdır. Yüksek yüzey pürüzlülüğü, merdane ile sac malzemenin temas etmesi esnasında yağlama özelliğini artırarak malzemenin şekillendirilmesinde önemli bir avantaj sağlar, çünkü yağlayıcının malzeme yüzeyinde tutunabilmesini sağlayan yağ ceplerini oluşturur. Bununla birlikte, yüksek derecede pürüzlülük, boyalı yüzeyin mat görünmesine neden olur. [10]. Bu kriterlere dayanarak, bir malzeme yüzeyinin optimum seviyede pürüzlülüğe ve homojen bir pürüzlülük dağılımına sahip olması istenir [11].

Metalik malzemelerin temper haddeme ile pürüzlülük transferinde, birçok etken malzemeye aktarılan pürüzlülük transferini etkilemektedir. Literatür incelendiğinde temper haddeme ile pürüzlülük transferini etkileyen parametreler;

- Haddeme uzaması [8, 12-14],
- Haddeme kuvveti [8, 11-12, 15-19],
- Merdane özellikleri (geometrisi, malzemesi, pürüzlülüğü, pürüzlendirilme yöntemi vb.) [6, 7, 11-12, 19-24],
- Haddeme hızı [11-12, 19, 27, 31],
- Ezme miktarı [11-12, 19, 33-34],
- Tribolojik koşullar (yağlayıcı ve sürtünmenin etkisi) [8, 11-12, 23-27],
- Malzeme özellikleri [11-14, 19] vb.'dir.

Bu makalede, temper haddemede pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerin incelenmesine ilişkin çalışmalar referans alınarak literatür taraması yapılmıştır. Bu derleme makalesi bölümler halinde sunulmuştur. İkinci bölümde temper haddeme işlemine, pürüzlendirmenin endüstrideki önemine vurgu yapılmıştır. Üçüncü bölümde temper haddeme ile pürüzlülük transferi sürecinin nasıl gerçekleştiğine değinilmeye çalışılmıştır. Dördüncü bölümde ise pürüzlülük transferini etkileyen parametrelere ilişkin çalışmalar incelenmiştir. Temper haddemede pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerin, pürüzlülük transfer oranını nasıl etkiledikleri irdelenmiştir. Beşinci bölümde elde edilen sonuçlar göz önüne alınarak son bölümde temper haddeme işlemi neticesinde oluşan pürüzlülük profilinin nasıl olması gerektiği tartışılmıştır. Bu sayede endüstrideki



üreticilerin bu çalışmadan en iyi şekilde faydalanmasına yönelik sonuçlar elde edilmeye çalışılmıştır.

## 2. PÜRÜZLENDİRMENİN ENDÜSTRİDEKİ ÖNEMİ

Soğuk haddeleme sürecinin son basamağı ve hassas bir sonlandırma süreci olan temper haddeleme işlemi ile endüstride yassı ürün pürüzlendirme işleminde rol üstlenen özel pürüzlendirilmiş merdaneler ve bu merdaneler arasından haddelenerek kalınlığı azaltılan şerit veya sac malzeme söz konusudur. Merdaneler SBT (kumlama yoluyla pürüzlendirme), EDT (elektriksel deşarjla pürüzlendirme), EBT (elektron ışınıyla pürüzlendirme), LT (lazerle pürüzlendirme) ve ECD (elektrokrom ile pürüzlendirme) /Topokrom/Pretext [14, 16, 28-32] yöntemlerinden herhangi biri kullanılarak özel olarak pürüzlendirilir. Pürüzlü merdaneler arasından yassı ürüne haddeleme parametrelerine bağlı olarak pürüzlülük transferi gerçekleştirilir. Bu sayede pürüzlendirilmiş yüzeye sahip yüksek kaliteli yassı ürün elde edilir.

Pürüzlendirilmiş yüzeye sahip yüksek kaliteli soğuk haddelenmiş saclara olan talep otomobil endüstrisi, beyaz eşya vb. ev aletleri üretimi ve diğer yüksek teknoloji sektörlerinin genişlemesiyle artmaktadır [35]. Otomobil endüstrisine bakılacak olursa, hemen hemen tüm otomobil karoseri sacları özel bir pürüzlendirilmiş yüzey topografyası ile donatılmaktadır. Pürüzlendirilmiş sac yüzeylerinin standart haddelenerek bitirilmiş yüzeylere göre avantajları şunlardır:

- Şerit yüzeyine uygulanan yağlama maddelerinin daha eşit dağılımı ve daha iyi yapışması,
- Taşıma, ambalajlama ve depolama sırasında tabaka veya şerit malzemenin performansının artırılması, yani yıpranma nedeniyle yüzey kusurlarının oluşması riskinin azaltılması,
- Atölye ortamlarında daha uzun süreli istifleme,
- Şekillendirilebilme yeteneğinin iyileştirilmesi,
- Boyama sonrası homojen yüzey görünümü [36].

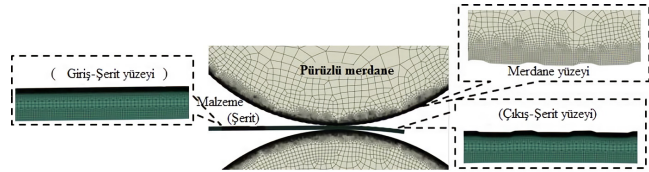
Genel olarak, otomobil endüstrisi çelik sacının yüzeyinin mat bir yüzeye sahip olması gerekir ve yüzey pürüzlülük değerinin  $R_a = 0,6-1,6 \mu m$  arasında olması istenir [37]. Aynı zamanda sac ve/veya şerit gibi bir yassı ürün yüzeyinin optimum seviyede pürüzlülüğe ve homojen bir pürüzlülük dağılımına sahip olması istenir [11].

Temper haddeleme işlemi hassas bir süreç olması nedeniyle soğuk haddeleme sürecinden farklıdır. Temper haddeleme, şerit ve/veya sac malzemenin mekanik özelliklerini iyileştirmek için az miktarda ezme oranı ile tavlama işlemi sonrası gerçekleştirilen soğuk haddeleme işlemidir. Belirgin akma noktasını (Lüders bandı) ortadan kaldırır bununla

beraber düzlük ve yüzey kalitesi de artar. Soğuk haddeleme teknolojisinin önemli bir basamağıdır. Tüm bu avantajlarından ötürü günümüz endüstrisinde oldukça öneme sahiptir [38].

## III. PÜRÜZLÜLÜK TRANSFERİ

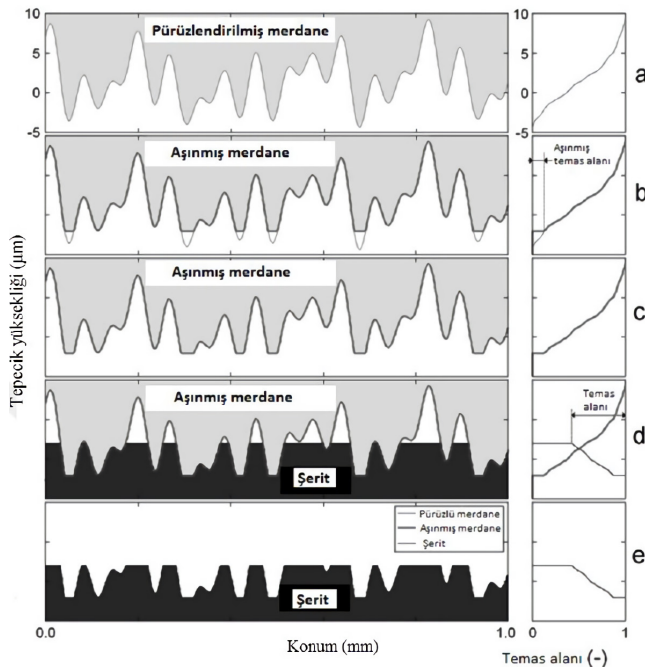
Haddeme işleminde haddelenen malzemenin pürüzlülüğü sürekli değişken durumdadır. Temper haddeleme işleminde merdaneler, haddeleme sırasında kısmen malzeme yüzeyine aktarılan özel bir pürüzlülük profiline sahiptir [39]. Pürüzlü merdane ile haddeleme yöntemiyle malzeme üzerine pürüzlülük transfer edilir. Şekil 1’de temper haddeleme yöntemiyle pürüzlendirme işlemi gösterilmiştir [40].



Şekil 1. Temper Haddeme Yöntemiyle Pürüzlendirme İşlemi [40]

Pürüzlülük transferi için Şekil 2’de gösterilen model incelendiğinde, Şekil 2 (a)’da pürüzlendirilmiş merdanenin yüzeyi farklı yükseklikte tepe ve çukurlardan meydana gelir. Haddeleme esnasında büyük yük altında en yüksek tepeler kırılır ve düzlük platolar oluşur (Şekil 2 (b), (c)). Düzlüklerin oluşmasıyla birlikte merdanenin yüzey pürüzlülüğü giderek azalır. Pürüzlülükteki azalma haddeleme işlemine başlangıcındaki kadar hızlı değildir ve zamanla kararlı bir şekilde azalma eğilimi gösterir. Tepe sayısındaki değişime benzer şekilde, pürüzlülükteki değişim de paraleldir. İşlem sırasında haddelenen malzemenin yüzeyi, merdane yüzey profiline negatif şeklini alır. Yani merdanenin yüzeyinde bulunan tepeler malzemenin yüzeyinde çukur kısımlar oluşturularak malzeme yüzeyinde tepelerin oluşmasını sağlayarak malzemeyi pürüzlendirir (Şekil 2 (d) ve Şekil 2 (e)) [12, 41].

Sertliği yüksek olan merdanenin pürüzlülük profilindeki tepe noktaları, daha yumuşak olan malzemeye yapışarak malzemenin pürüzlülüğünü değiştirir. Ancak haddeleme esnasında tanelerin yeniden düzenlenmesi veya merdane ile doğrudan temas halindeki yüksek gerilmelerin varlığı pürüzlülük transferinin tamamıyla gerçekleşmesini engeller [14]. Wentink vd.’ne göre % 1 uzama verilen simülasyon çalışmasında pürüzlülük transferinin yüksek oranlarda gerçekleştiğini, uygulamada yapılan temper haddelemede ise simülasyonda gerçekleşen pürüzlülük transferinin yaklaşık üçte biri oranında gerçekleştiğini belirtmişlerdir [41].



Şekil 2. Pürüzlülük Transfer Modeli [12,41]

Temper haddeme işleminde, iş merdanelerinden malzeme yüzeyine aktarılan pürüzlülük transfer oranı (PTO), aşağıda verilen (1) nolu denklem ile belirlenir.

$$PTO (\%) = \frac{R_{a_s} - R_{a_i}}{R_{a_m} - R_{a_i}} \quad (1)$$

Bu denklemde  $R_{a_s}$ ; malzemenin temper haddeme sonrası yüzey pürüzlülüğü,  $R_{a_m}$ ; merdanenin yüzey pürüzlülüğü ve  $R_{a_i}$ ; malzemenin temper haddeme öncesi yüzey pürüzlülüğünü göstermektedir [8].

#### IV. PÜRÜZLÜLÜK TRANSFERİNİ ETKİLEYEN PARAMETRELER

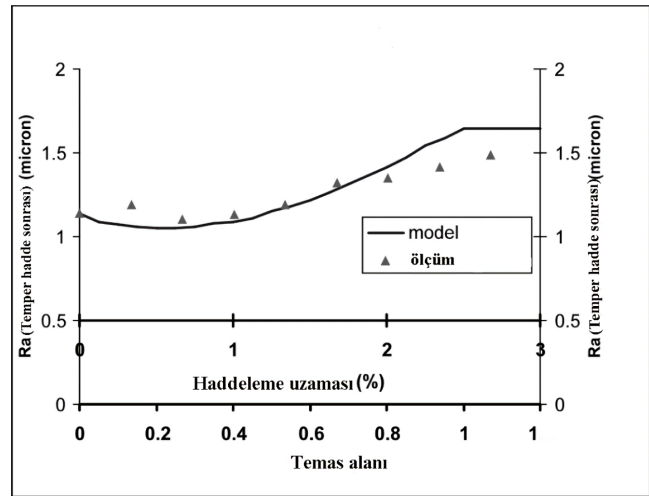
Literatür derlendiğinde temper haddeme sürecinde özel pürüzlülük profiline sahip merdaneler vasıtasıyla malzeme yüzeyine pürüzlülük profili transferini birçok parametrenin etkilediği belirlenmiştir. Literatür taraması göz önüne alındığında bu parametreler; haddeme uzaması, haddeme kuvveti, merdane özellikleri (geometrisi, malzemesi, pürüzlülüğü, pürüzlendirilme yöntemi vb.), haddeme hızı, ezme miktarı, tribolojik koşullar ve malzeme özellikleridir. Bu parametrelerin her birinin tek tek değişimi veya birkaçının birlikte değişimi pürüzlülük transferini etkilemektedir. Bu derleme çalışmasında literatür taraması parametrelerin tek tek veya birkaçının birlikte değişimi sonucu elde edilen bulgular dahilinde pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerin

pürüzlülük transfer oranını ne şekilde etkiledikleri sonucuna ulaşılmaya çalışılmıştır.

Haddeme uzaması değeri; temper haddeme işlemi öncesi malzemenin uzunluğu ( $l_0$ ) ve temper haddeme işlemi sonrası malzemenin uzunluğu ( $l_1$ ) ölçülerek (2) denkleme göre belirlenebilir [42].

$$e = \frac{l_1 - l_0}{l_0} \quad (2)$$

Haddeme uzaması ile pürüzlendirme ilişkisini belirlemek amacıyla H340LAD kalitesinde malzemeye yapılan temper haddeme sonrasında elde edilen ilişki Şekil 3'te verilmiştir.

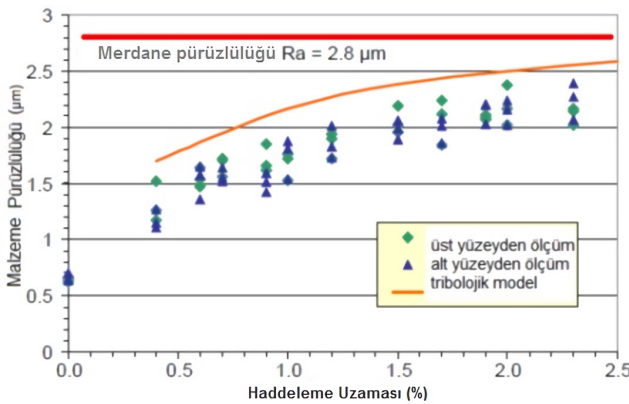


Şekil 3. Temper Hadde Sonrası Haddeme Uzaması-Pürüzlülük İlişkisi [14]

Şekil 3 incelendiğinde, haddeme sırasındaki temas alanı (bkz. Şekil 2) ne kadar yüksek ise, malzemeye aktarılan pürüzlülük o kadar fazla olacaktır ve malzeme pürüzlülüğü, merdane pürüzlülük profiline daha fazla uyum sağlayacaktır. Temas alanı ile haddeme uzaması arasında doğrusal ilişki bulunmaktadır. Sıfır uzama için temas alanı da sıfırdır ve ürünün son pürüzlülüğü malzemenin ilk pürüzlülük değeridir. Temas alanı "1" birim olduğunda yani malzeme ile merdane tam temas halindeyken, üründeki son pürüzlülük değeri merdanenin pürüzlülük değerine çok yaklaşacaktır. H340LAD kalite malzeme için haddeme uzaması (% 0-1) veya temas alanı (% 0-0,4) küçük olduğunda, malzemenin son pürüzlülüğü ilk pürüzlülüğünden daha küçük olacaktır. Bu bölgede malzemenin tepeleri merdaneyle temas halindedir ve temas eden tepeler  $R_a$  değerini düşürerek malzemeyi düzleştirerek son pürüzlülük değerini azaltır. Bu bölgeden sonra haddeme uzaması (% 1-2,5) veya temas alanı (% 0,4-1) büyük değerler aldığımda merdanenin

tepeleri, malzemede derin vadiler meydana getirerek yüzeyi pürüzlendirir ve pürüzlülük değeri artar. Dolayısıyla pürüzlülük transferi artışı gerçekleşir. Merdane ve malzeme arasındaki pürüzlülük farkı çok ise, merdanenin tepeleri kısa bir süre boyunca malzemenin tepelerine temas edecek ve son pürüzlülüğün azaldığı bölge daha kısa olacaktır. Merdaneler ve malzeme arasındaki pürüzlülük farkı az ise pürüzlülüğün azaldığı bölge daha uzun olacaktır. Pürüzlülük transferinin artış yaptığı bölgeden sonra malzemenin son pürüzlülüğü sadece sürtünmeden etkilenir. Sürtünmenin pürüzlendirmeye etkisi dikkate alınmazsa pürüzlülük değerinin pürüzlendirme bölgesinden sonra sabit kaldığı varsayılabilir [14].

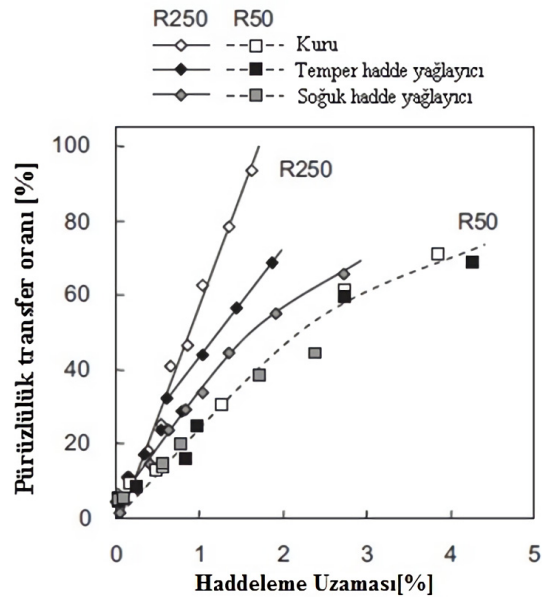
SMS DEMAG grubu tarafından gerçekleştirilen testlerin sonuçlarına bakılacak olursa, malzemenin her iki yüzeyinde de temper haddeleme sonrasında pürüzlülük transferinin yüzde uzama ile artış gösterdiği ve pürüzlülük transferindeki bu artışın kalınlığı daha az olan malzemelerde daha gözlemlenebilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır [12, 13]. Şekil 4'te temper haddelirmede yüzde uzamasının pürüzlülük transferine etkisi görülmektedir. Elde edilen sonuçlar Şekil 3'te elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermektedir.



Şekil 4. Temper Haddelirmede Haddeleme Uzaması-Malzeme Pürüzlülüğü İlişkisi [13]

Merdane çapının haddeleme uzaması ile pürüzlülük transferine olan etkileri ise bir başka çalışmada belirlenmeye çalışılmıştır. Küçük yarıçaplı merdanelerde malzemeye etki eden temas alanı daha az olduğundan hidrostatik basınç oluşumu için gerekli şartlar sağlanamamaktadır. Sonuçlar büyük ve küçük yarıçaplı merdane için kuru şartlar referans alınarak değerlendirilmiştir. Böylelikle pürüzlü (3,1 µm) ve büyük yarıçaplı (R250) merdane yardımıyla % 1 uzama ve % 60 pürüzlülük transferi elde edilirken, aynı oranda pürüzlülük transferi elde edebilmek için aynı pürüzlülükte ve küçük yarıçaplı merdane (R50) yardımıyla malzemeye % 3 uzama

miktari verilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Aynı çalışmada merdane çapı, yağlayıcı tipinin uzamaya ve pürüzlülük transferine olan etkileri araştırılmıştır. Pürüzlü (3,1 µm), küçük yarıçaplı merdane (R50) ile kuru ve iki farklı yağlayıcı yardımıyla malzemeye pürüzlülük transferi gerçekleştirilirken, pürüzlülük transferinin yağlayıcı türünden fazla etkilenmediği tespit edilmiştir. Bununla birlikte pürüzlü (3,1 µm), büyük yarıçaplı merdane (R250) ve kuru şartlarda malzemeye % 1 uzama ile % 60 oranında pürüzlülük transferi sağlanırken, yağlayıcı kullanılan şartlarda aynı oranda pürüzlülük transferi elde edebilmek için % 1,5-% 2 uzama verilmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Şekil 5'te haddeleme uzaması-pürüzlülük transfer oranı ilişkisi görülmektedir [8].

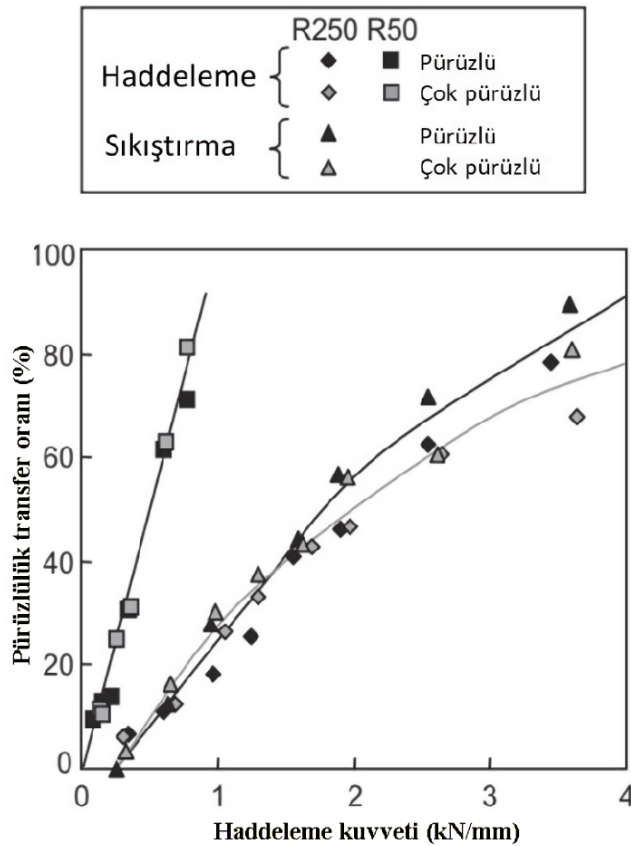


Şekil 5. Haddeleme Uzaması-Pürüzlülük Transfer Oranı İlişkisi [8]

Merdane pürüzlendirme yöntemlerinin pürüzlülük transferine olan etkilerine dolaylı olarak sonuç bulan bir çalışmada, EDT işlemi ile pürüzlendirilmiş olan merdanenin SBT gibi alternatif merdane pürüzlendirme yöntemlerine göre temel avantajlarından biri malzemenin yüzey topografyasının çok düzgün elde edilebilmesi ve merdane ile yeniden üretilebilir dokular oluşturulabildiği sonucuna ulaşılmışlardır [28]. Yine farklı bir çalışmada da SBT yöntemi ile pürüzlendirilen merdanelerin pürüzlülüklerini daha kısa sürelerde kaybettiğini belirterek bu çalışmaya paralel bulgular elde etmişlerdir [11, 12].

Haddeleme kuvvetinin artışıyla birlikte pürüzlülük transferinin doğru orantılı olarak arttığı başka bir çalışmada belirlenmiştir. Şekil 6'da haddeleme kuvveti-pürüzlülük transfer

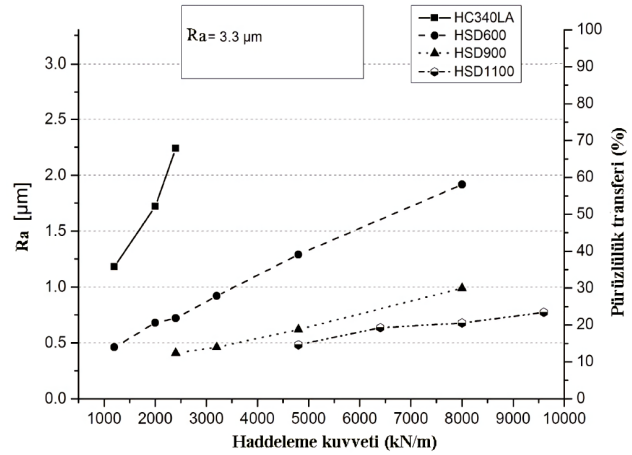
oranı ilişkisi görülebilir. 50 mm ve 250 mm yarıçaplı, 3,1  $\mu\text{m}$  (pürüzlü) ve 8  $\mu\text{m}$  (çok pürüzlü) pürüzlülüğe sahip merdanelerle yapılan deneylerde, iki farklı pürüzlülükte de haddeme kuvvetinin artışının pürüzlülük transfer oranını artırdığını belirlenmiştir. Temper haddeme ile elde pürüzlülük, belirli bir hata seviyesi içinde aynı kuvvetteki sıkıştırma (presleme) ile elde edilen pürüzlülük yaklaşık olarak kabaca tahmin edilebilir. Küçük yarıçaplı merdane (R50) ile elde edilen pürüzlülük transferi eğilimi ile büyük yarıçaplı merdane (R250) ile elde edilen pürüzlülük transferi eğilimi niceliksel olarak çakışmadığı belirlenmiştir [7].



Şekil 6. Haddeme Kuvveti-Pürüzlülük Transfer Oranı İlişkisi [7]

Farklı bir çalışmada ise özel pürüzlendirilmiş bir merdane ile yüksek mangan (HSD) kalite çeliklerin temper haddeme işleminde, pürüzlülük transferine malzeme özellikleri (yüksek mangan kalite çelikler) ve haddeme kuvveti etkisi araştırılmıştır. Pürüzlülüğü 3,3  $\mu\text{m}$  ve çapı 330 mm olan merdane ile yapılan temper hadde deney sonuçları Şekil 7'de malzeme ortalama pürüzlülüğü ve pürüzlülük transferi, haddeme kuvvetlerinin bir fonksiyonu olarak verilmiştir. Sonuçlar özellikle HSD çeliklerinin belirli bir haddeme kuvvetindeki pürüzlülük transferinin, artan akma mukavemeti

ile azaldığını göstermektedir. Örneğin; 4800 kN/m haddeme kuvvetinde HSD600 çeliğinin pürüzlülük transferi % 60, HSD900 çeliği için % 30, HSD1100 çeliği için % 27 oranındadır. HC340LA çeliğine ise 2400 kN/m haddeme kuvvetinde % 91,7 pürüzlülük transfer edildiği gözlenmiştir [16].

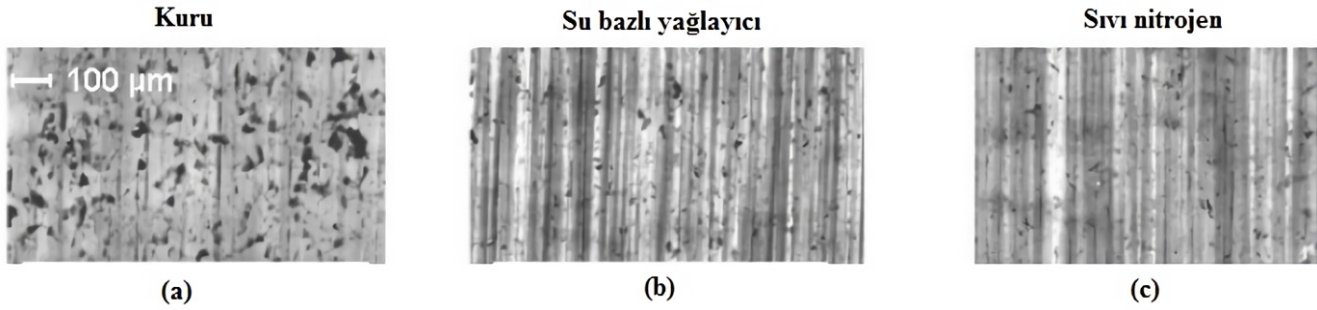


Şekil 7. Haddeme kuvvetinin bir fonksiyonu olarak malzeme ortalama pürüzlülüğü ve pürüzlülük transferi [16]

Kuru, su bazlı yağlayıcı ve sıvı nitrojen yağlayıcı ile yapılan temper haddeme neticesinde oluşan yüzey görüntülerinin incelendiği bir çalışmada elde edilen SEM (taramalı elektron mikroskobu) görüntüleri Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8 (a)'da su bazlı yağlayıcı ile gerçekleştirilen temper hadde neticesinde elde edilen yüzeylerin az miktarda parlak olduğunu belirtmişlerdir. Şekil 8 (b)'de kuru şartlarda gerçekleştirilen temper hadde neticesinde elde edilen yüzeylerin Şekil 8 (a)'da görülen yüzey ile yakın benzerlikte bir yüzey dokusuna sahip olduğunu belirtmişlerdir. Şekil 8 (c)'de sıvı nitrojen kullanılarak gerçekleştirilen temper hadde neticesinde elde edilen yüzeylerin ise daha parlak ve daha düzgün olduğunu belirtmişlerdir [25, 26].

Pürüzlülük transferini etkileyen bazı parametrelerin yapıldığı bir çalışmada bazı parametrelerin sabit tutulması ile yapılan pürüzlendirme deneylerinde, kuru haddemede pürüzlülük transferinin yağlanmış koşullardaki haddemeden daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bu olayın nedenini haddeme kuvvetinin kuru haddemede daha yüksek olmasıyla açıklamışlardır [11, 12]. Ayrıca bunun nedenini sürtünme katsayısının, haddeme kuvvetinin artmasına neden olan, kuru haddemede daha yüksek olmasına bağlamışlardır [43].

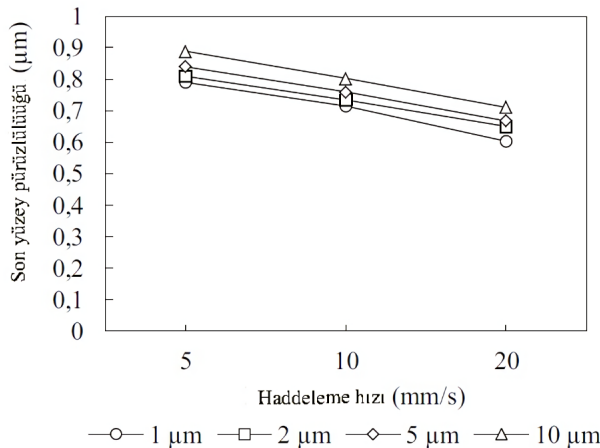
Sürtünme koşullarının pürüzlülük transferini etkilediğini tespit etmek için yapılan bir çalışmada ise sürtünme



Şekil 8. Kuru, Su Bazlı Yağlayıcı ve Sıvı Nitrojen Yağlayıcı ile Yapılan Temper Haddemele Neticesinde Elde Edilen Yüzey Görünümleri [26]

koşullarının pürüzlülük transferini etkilediği belirlenmiştir. Plastik deformasyon ile kayan bölgede ve silindirik iş parçası deformasyonu ile yerel pürüzlülük deformasyonu arasındaki etkileşime bağlı olarak kayan ve yapışma bölgesi arasındaki sınırdaki daha yüksek pürüzlülük transferine neden olduğunu belirtmişlerdir [23, 24].

Haddemele hızının nihai yüzey pürüzlülüğü üzerindeki etkisini belirlemek için yapılan bir simülasyon çalışmasında, sürtünme katsayısının 0,1 ve ezme oranının % 20 olduğu durumda Şekil 9'da gösterilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi, haddemele hızındaki artış, malzemenin orijinal yüzey pürüzlülüğü ve ezme oranı ne olursa olsun, merdane yüzey sertliği malzemenin yassılaştırılmasına sebebiyet verir ve daha düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip bir yüzey elde edilebileceğini tespit etmişlerdir [27]. Bu durum, daha yüksek bir haddemele hızı olması durumunda, özellikle yüzey bölgesinde ileri kesme işlemini hızlandıran daha yüksek bir gerilme anlamına gelir ve uygulanan gerilme, bu koşul altında yüzey alanında daha yüksek bir seviyeye yükselebilir, bu da sonuçta malzemenin daha fazla yüzey deformasyonuna uğramasına sebep olacağını belirtmişlerdir [44].



Şekil 9. Haddemele hızı ile yüzey pürüzlülük transferi ilişkisi [27]

Temper haddemele işleminde haddemele hızının pürüzlülük transferini ne şekilde etkilediğini belirlemek için yapılan başka bir çalışmada ERD7114 kalite malzeme ile yapılan testlerde hız arttıkça genellikle pürüzlülük transferinde azalma kaydedilirken ERD6112 malzeme ile yapılan testlerde hız arttıkça pürüzlülük transferinde artış kaydedilmiştir. Bu sonucu karbon yüzdesi daha fazla, dayanım değerleri daha yüksek ve sünekliği daha düşük olan 6112 kalite malzemenin yüksek hızda (50 d/dk) soğuk şekillendirmeden dolayı daha fazla deformasyon sertleşmesine uğrama ihtimalinden ötürü kaynaklandığını tahmin etmişlerdir [11, 12].

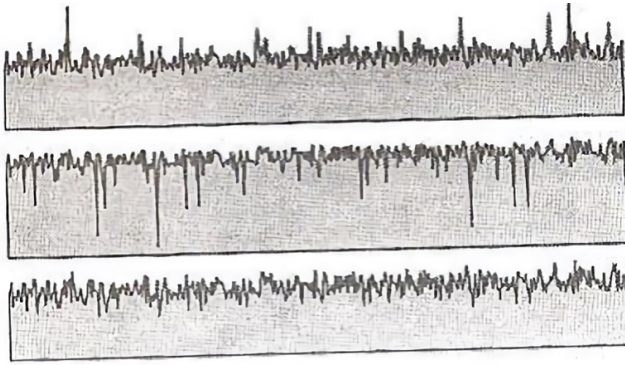
Ezme miktarı ise temper haddemele işlemi öncesi malzemenin kalınlığı ( $t_0$ ) ve temper haddemele işlemi sonrası malzemenin kalınlığı ( $t_1$ ) ölçülerek (3) denkleminde göre belirlenebilir [42].

$$r = \frac{t_0 - t_1}{t_0} \quad (3)$$

Ezme miktarının etkisini incelemek için yapılan bir çalışmada 700 µm ezme miktarında elde edilen sonuçlarla 350 µm ezme miktarında elde edilen test sonuçlarının karşılaştırıldığında, daha küçük ezme miktarında daha dar aralıkta yani daha homojen bir pürüzlülük dağılımının elde edildiği görülmüştür. Ezme miktarı düşük olduğunda, merdane yüzeyindeki daha küçük tepeler pürüzlendirmeye katkıda bulunmaz çünkü malzeme yüzeyine temas edemezler. Daha küçük tepeler büyük ezme miktarlarında yüzeyde pürüzlülük dağılımını olumsuz etkileyen kraterler oluşturduğunu belirtmişlerdir [11, 12, 19].

## V. TEMPER HADDE SONRASI ELDE EDİLEN YÜZEY PROFİLİ

$R_a$ , yüzey bitirme işlemlerinde diğer parametrelere göre en genel olarak kullanılan pürüzlülük parametresidir [45].  $R_a$  yüzeyin sahip olduğu tüm profili anlatmaz. Örneğin Şekil 10'da aynı  $R_a$  değerine sahip üç farklı yüzey bulunmaktadır fakat bu üç yüzey aynı pürüzlülük değerlerine sahip olsalar dahi farklı yüzeylerdir [46].



Şekil 10. Aynı pürüzlülük değerine ( $R_a$ ) sahip üç ayrı yüzey profili [46,47]

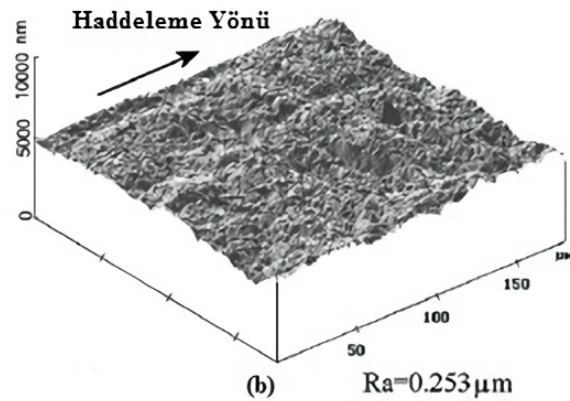
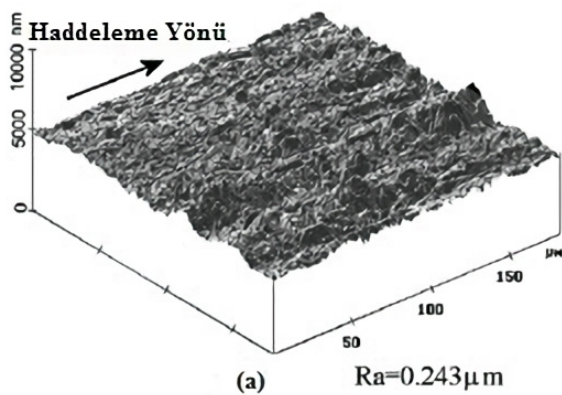
Şekildeki üç yüzeyinde profil şekilleri birbirlerinden farklıdır. İlk profil keskin tepelere, ikinci profil derin vadilere ve üçüncü profil ise her iki profile de sahiptir. Bu üç profil aynı pürüzlülük değerine ( $R_a$ ) sahip olsalar bile birbirlerinden farklıdır [47]. Otomobil dış gövdesi, beyaz eşya vb. boyanmış sac yüzeylerin görsel kalitesi açısından sadece ortalama pürüzlülük ( $R_a$ ) şartının yerine getirilmesi yetersiz olarak görülmektedir. Tüm yüzey boyunca pürüzlülük profilinin değişiminin dar bir aralıkta kalması yani homojen olması da önemlidir [9]. Genel olarak, otomobil endüstrisi çelik sacının yüzeyinin mat bir yüzeye sahip olması gerekir ve yüzey pürüzlülük değerinin  $R_a = 0,6-1,6 \mu m$  arasında olması istenir [37]. Dolayısıyla temper hadde işleminde malzemeye pürüzlülük transfer ederken bu homojen pürüzlülük profilinin elde edilmesi önemlidir. Temper hadde sonrasında malzeme yüzeyinden alınan 3D alan tarama (lazer taramalı

konfokal mikroskop veya optik mikroskop) ve/veya AFM (atomik kuvvet mikroskobu) görüntüleri ile pürüzlülük profilini değerlendirmek daha tutarlı ve güvenilir sonuçların elde edilmesine olanak sağlayacaktır.

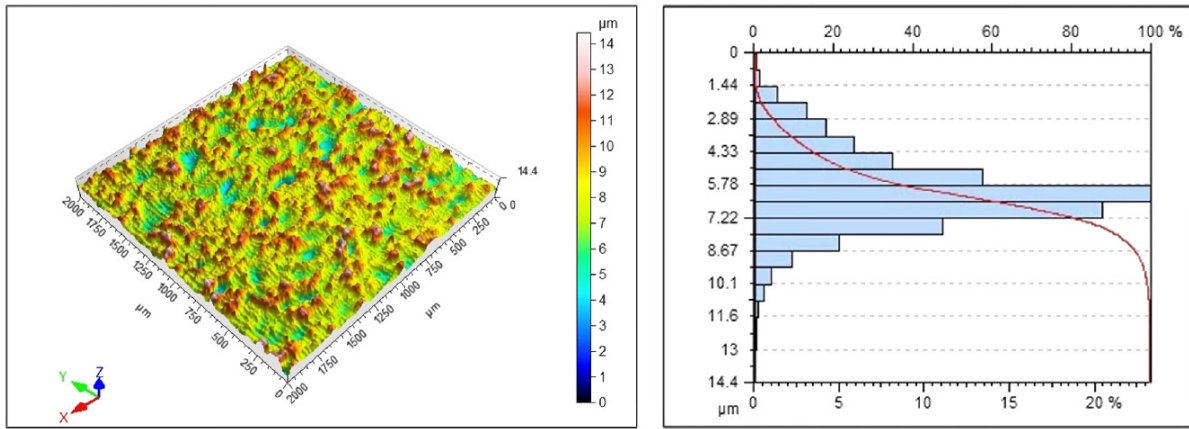
Haddeme işlemi neticesinde yüzeyin değerlendirilmesi için yapılan bir çalışmada, Şekil 11 (a)'da % 8,1 ezme oranı, 5 dev/dak hız ve kuru şartlarda yapılan ve (b)'de % 2 ezme oranı, 5 dev/dak hız ve yağlayıcı kullanılan şartlarda yapılan haddeme neticesinde atomik kuvvet mikroskobu (AFM) ile elde edilen yüzey pürüzlülük profili ve ortalama pürüzlülük değerleri 3D alan tarama görüntüleri verilmiştir [48]. Bu iki görüntü incelendiğinde ortalama pürüzlülük değerlerinin ( $R_a$ ) birbiriyle yaklaşık aynı olduğu kabul edilerek Şekil 11 (b)'de daha homojen bir yüzey profili elde edildiği görülmektedir. Bu tespit sonucunda düşük ezme oranları ve yağlayıcı kullanılan şartlarda daha homojen bir yüzey profili elde edileceği tahmininde bulunulabilir.

Yüzey değerlendirilmesinin yapıldığı bir başka çalışmada Şekil 12'de gösterilen malzemelere ait yüzeylerin 3D yüzey topografyaları bir optik mikroskop ile belirlenmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde yağlayıcı kullanılarak yapılan temper haddeme işleminde haddeme hızının 10 d/dk'dan 50 d/dk'ya çıkarılması sonucunda yağlayıcı kullanılması durumunda homojen bir pürüzlülük dağılımı tespit etmişlerdir [11].

Yine aynı çalışmada küçük ezme miktarlarında malzeme daha homojen bir pürüzlülük dağılımı elde edilirken, ezme oranının artması ile malzeme yüzeyinde krater oluşması nedeniyle homojen bir pürüzlülük dağılımı meydana gelmesini olumsuz etkilediğini tespit etmişlerdir [11].



Şekil 11. Farklı Haddeme Koşullarında Elde Edilen Yüzey Profilleri [48]



Şekil 12. 3D Alan Tarama Görüntüsü ve Pürüzlülük Dağılım Oranları [11]

## VI. SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Malzemelerin temper haddeme ile pürüzlendirilmesi işleminde pürüzlülük transferini etkileyen parametrelere ilişkin literatür taraması sonucu elde edilen çalışmalar incelendiğinde birçok parametrenin pürüzlülük transferini etkilediği belirlenmiştir. Literatür çalışmaları gözden geçirildiğinde temper haddemede pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerin haddeme uzaması, haddeme kuvveti, merdane özellikleri, malzeme özellikleri, tribolojik koşullar, haddeme hızı, ezme miktarı vb. parametreler olduğu sonucuna varılmıştır [6-8, 11-28, 33-34]. Bu parametrelerin her birinin ayrı ayrı değişmesi pürüzlülük transferini etkileyebileceği gibi birkaç parametrenin birlikte değişmesi de pürüzlülük transferini farklı bir şekilde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerden haddeme uzaması ve temas alanı birbiriyle orantılı bir parametre olduğu sonucuna varılmıştır. Haddeme uzamasının yaklaşık olarak % 0-1 oranında artışıyla birlikte malzemelerin nihai pürüzlülüğünün bir miktar azalmıştır. Merdane pürüzlülük kaybının kararlı hale gelmesiyle birlikte artan haddeme uzaması neticesinde (yaklaşık %1-3) malzemelerin nihai pürüzlülüğünün artış göstermiştir. Bunu takip eden haddeme uzaması miktarlarında (yaklaşık >%3) yalnızca sürtünmenin pürüzlendirmeyi etkileyebileceği sonucuna varılmıştır [13, 14]. Haddeme uzaması ile pürüzlülük transferi ilişkisinde pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerden merdane çapı ve yağlayıcının etkisini belirlemek için elde edilen sonuçlar değerlendirilmesi ise şu şekildedir. Büyük çaplı merdane ile daha küçük haddeme uzaması değerlerinde daha yüksek oranda malzemeye pürüzlülük transfer edildiği ve yağlayıcı türünün haddeme uzaması ile pürüzlülük transferi ilişkisinde pek etkili olmadığı sonucuna varılmıştır [8]. Bu sonuçlar değerlendirildiğinde bu alanda oldukça kısıtlı

çalışma olduğu görülmektedir. Haddeme uzaması ile pürüzlülük transferi ilişkisinde farklı haddeme hızlarında, farklı merdane pürüzlülüğüne sahip merdane kullanılarak, farklı özelliklere sahip malzemeler kullanılarak bu değişimin ne şekilde etkilendiğine dair çalışmalar yapılabilir.

Merdane pürüzlendirme yöntemlerinin pürüzlülük transferine olan etkileri incelendiğinde literatürün bu konuda çok kısıtlı kaldığı söylenebilir. Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde EDT ile pürüzlendirilen merdanelerin SBT ile pürüzlendirilen merdaneler ile yapılan temper haddeme işlemlerinde daha uzun süre pürüzlülük profilini koruduğu sonucuna varılmıştır [11, 12, 28]. Literatürde diğer merdane pürüzlendirme yöntemleriyle (EBT, LT, ECD, Pretex, Topocrom vb.) pürüzlendirilen merdanelerle pürüzlülük transferi adına gerçekleştirilmiş yetersiz çalışma olduğu göze çarpmaktadır. Bu yöntemlerle pürüzlendirilmiş merdanelerle pürüzlülük transferinin karşılaştırılmasına yönelik birtakım çalışmalar yürütülerek en avantajlı yöntem belirlenmeye çalışılabilir.

Temper haddeme ile pürüzlülük transferi gerçekleştirilirken en etkili parametrelerden biri de haddeme kuvvetidir. Literatür çalışmaları incelendiğinde, haddeme kuvvetinin artışı her zaman pürüzlülük transferinin artışıyla sonuçlanmıştır [7, 11-12]. Ayrıca malzeme özelliklerinin haddeme kuvveti ile pürüzlülük transferi ilişkisine bakılacak olursa; pürüzlülük transferinin malzemenin artan akma mukavemeti ile azalmakta olduğu sonucuna varılmıştır [16]. Küçük veya büyük çaplı merdanelerle yapılan temper haddeme ile malzemenin pürüzlendirilmesinde haddeme kuvveti ile pürüzlülük transferi ilişkisi incelendiğinde niceliksel olarak bir benzerlik oluşmadığı ve küçük çaplı merdaneler ile pek sağlıklı bir sonuç alınmadığı sonucuna varılmıştır [7]. Literatüre kazandırılacak çalışmalara değinecek olursak farklı haddeme hızlarında, farklı

ezme oranlarında, farklı merdane özellikleri gibi etkenlerin haddeleme kuvveti ile pürüzlülük transferi ilişkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.

Temper haddelemede pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerden biri de tribolojik koşullardır. Sürtünmenin etkisinin yüksek olması durumunda ise pürüzlülük transferinin haddeleme kuvveti artışı sebebiyle artacağı sonucuna varılabilir [23, 24]. Yağlayıcı kullanılan şartlarda sürtünme kuvveti azalmasından ötürü pürüzlülük transferinin azalacağı sonucuna varılabilir [11, 12]. Kuru, su bazlı yağlayıcı ve sıvı nitrojen yağlayıcı ile yapılan temper haddeleme neticesinde oluşan yüzey görünümlerinin incelendiği bir çalışmada sıvı nitrojen yağlayıcı ile yapılan temper haddeleme neticesinde kuru şartlarda yüksek oranda pürüzlülük transferi oluştuğunu sıvı nitrojen yağlayıcı ile yapılan temper haddeleme neticesinde pürüzlülük transferinin daha az gerçekleştiği sonucuna incelenen SEM görüntüleri dahilinde varılmıştır [25, 26]. Literatür çalışmalarının yine yetersiz sayıda olduğu göze çarpmaktadır. Elde edilen sonuçlardan da anlaşılacağı üzere farklı sürtünme şartları ve farklı tipte yağlayıcıların veya diğer haddeleme parametrelerinin birkaçının birlikte değiştirilmesi ile yapılan temper haddeleme neticesinde malzemenin pürüzlülük transferine olan etkileri incelenerek literatüre kazandırılabilir.

Temper haddelemede pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerden biri de haddeleme hızıdır. Haddeleme hızındaki artış, malzemenin orijinal yüzey pürüzlülüğü ve ezme oranı ne olursa olsun, merdane yüzey sertliği malzemenin yassılaştırmasına sebebiyet verir ve daha düşük yüzey pürüzlülüğüne sahip bir yüzey elde edilebileceği sonucuna varılmıştır [27]. Malzeme özelliklerinin bu sonucun tersine istisna durum oluşturabileceği bir çalışmada ise ERD6112 malzeme ile yapılan testlerde hız arttıkça pürüzlülük transferinde artış kaydedilmiştir. Bu sonucu karbon yüzdesi daha fazla, dayanım değerleri daha yüksek ve sünekliği daha düşük olan 6112 kalite malzemenin yüksek hızda (50 d/dk) soğuk şekillendirmeden dolayı daha fazla deformasyon sertleşmesine uğrama ihtimalinden ötürü kaynaklandığını tahmin etmişlerdir [11, 12]. Literatürde bu alanda yetersiz sayıda çalışma olduğu görülebilir. Farklı haddeleme uzaması değerlerinde, farklı yağlayıcılar kullanılarak, farklı merdane özellikleri gibi parametrelerin haddeleme hızı pürüzlülük transferi ilişkisinin incelenmesine yönelik çalışmalar yapılabilir.

Temper haddelemede pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerden biri de ezme oranıdır. Küçük ezme miktarlarında merdane yüzeyindeki daha küçük tepeler pürüzlendirmeye katkıda bulunmadığı ve malzeme yüzeyine temas edemedikleri dolayısıyla pürüzlülük transferinin daha

az gerçekleştiği sonucuna varılmıştır [11, 12, 19]. Literatüre diğer haddeleme parametrelerinin değişimiyle birlikte ezme oranı ile pürüzlülük transferi ilişkisinin belirlenmesine yönelik çalışmalar kazandırılabilir.

Temper haddelemede pürüzlülük transferini etkileyen parametrelerin, pürüzlülük transferini yüksek oranlarda gerçekleştirilmesi endüstride genellikle yeterli değildir. Yüksek pürüzlülük transferinin yanında tüm yüzey boyunca pürüzlülük profilinin değişiminin dar bir aralıkta kalması yani homojen olması da önemlidir [9]. Genel olarak, otomobil endüstrisi çelik sacının yüzeyinin mat bir yüzeye sahip olması gerekir ve yüzey pürüzlülük değerinin  $R_a = 0,6-1,6 \mu\text{m}$  arasında olması istenir [37]. Dolayısıyla temper hadde işleminde malzemeye pürüzlülük transfer ederken bu homojen pürüzlülük profilinin elde edilmesi önemlidir. 3D alan tarama işlemleri ile pürüzlülük dağılımının homojen olup olmadığını belirlenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır. Bu konuda literatür çalışmaları yine yetersiz olmakla birlikte yüksek haddeleme hızlarında, yağlayıcı kullanılan şartlarda ve küçük ezme miktarlarında homojen bir pürüzlülük dağılımı elde edildiği sonucuna varılmıştır [11, 25]. İmalat endüstrisindeki kullanıcıların ve literatürdeki boşluğun doldurulması için birçok parametrenin değişiminden oluşan optimum koşulların hangi sınırlar olduğu adına geniş kapsamlı araştırma çalışmaları yürütülerek bu alana kazandırılması gereken çok sayıda çalışma olduğu sonucu gözler önüne serilebilir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi tarafından P.Y.O. MUH.1904.19.013 proje numarası ile desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Ginzburg, V. B. ve Ballas, R. 2000. Flat Rolling Fundamentals. 1st edition, CRC Press, Newyork, ABD, s. 178-543.
- [2] Govindasamy, G. ve Jain, M. K. 2017. Modeling of bending characteristics of symmetric tri-layer laminated sheet materials. Materialstoday:Proceedings, 4(10), 10704-10713.
- [3] Sharma, A. ve Yadava, V. 2018. Experimental analysis of Nd-YAG laser cutting of sheet materials – A review. Optics & Laser Technology, 98, 264-280.
- [4] Abe, T. 2014. Surface roughening and formability in sheet metal forming of polycrystalline metal based on  $r$  – value of grains. International Journal of Mechanical Sciences, 86, 2-6.
- [5] Groover, P. M. 2016. Modern İmalatın Prensipleri. 4. Basım, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, Türkiye, s. 383-483.
- [6] Kijima, H. 2013. Influence of roll radius on contact condition and material deformation in skin-pass rolling of steel strip.



- Journal of Materials Processing Technology, 213(10), 1764–1771.
- [7] Kijima, H. 2014. Influence of roll radius on roughness transfer in skin-pass rolling of steel strip. *Journal of Materials Processing Technology*, 214(5), 1111–1719.
- [8] Kijima, H. 2015. An experimental investigation on the influence of lubrication on roughness transfer in skin-pass rolling of steel strip. *Journal of Materials Processing Technology*, 225: 1–8.
- [9] Nakhoul, R. 2014. Multi-Scale Method for Modeling Thin Sheet Buckling under Residual Stress – In the Context of Cold Strip Rolling. *Doktora Tezi, Paris Teknoloji Enstitüsü, Fransa*, s. 29-45.
- [10] Elkoca, O. 2008. A study on the characteristics of electrical discharge textured skin pass mill work roll. *Surface Coatings Technology*, 202(12), 2765–2774.
- [11] Çolak, B. ve Kurgan, N. 2018. An experimental investigation into roughness transfer in skin-pass rolling of steel strips. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 96, 3321-3330.
- [12] Çolak, B. 2018. Soğuk haddelemede pürüzlülük transferini etkileyen haddeleme parametrelerinin ve malzeme özelliklerinin deneysel olarak incelenmesi. *Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Karabük*.
- [13] SMS DEMAG. 2003. Influence of temper rolling on material properties, *Zürih, İsviçre*.
- [14] Handy, Y., Kurzinsky, J., Jacobs, L., Hörnström, S. E., Richter, U. 2005. Hot and cold rolling processes characterization and control of roughness transfer in temper rolling. *Office for Official Publications of the European Communities, Lüksemburg*.
- [15] Asgari, H., Bakhtiari, A. R., Toroghinejad, M. R. ve Ashrafizadeh, F. 2008. Influence of force variations in skin pass rolling on texture and surface reactivity of hot dip galvanised low carbon steel sheets. *Ironmaking & Steelmaking* 35(7), 545–48.
- [16] Köhler, K., Kwiaton, N. ve Bretschneider, M. 2016. Skin pass rolling of high manganese steels. In *Materials Science Forum*. 854, 93-98.
- [17] Dick, K. ve Lenard, J. G. 2005. The effect of roll roughness and lubricant viscosity on the loads on the mill during cold rolling of steel strips. *Journal of Materials Processing Technology*, 168(1), 16-24.
- [18] Kijima, H. 2019. Mechanism of roughness profile transfer in skin-pass rolling of thin steel strip. *JFE Technical Report*, 129-134.
- [19] Başoğlu, F. 2019. Temper haddelemede merdane parametrelerinin sac malzemelerin pürüzlülük transferine etkisinin deneysel incelenmesi. *Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun*.
- [20] Lenard, J. G. 2004. The effect of roll roughness on the rolling parameters during cold rolling of an aluminum alloy. *Journal of Materials Processing Technology*, 152(2), 144-153.
- [21] Kijima, H. ve Bay, N. 2008. Skin-pass rolling I—Studies on roughness transfer and elongation under pure normal loading. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 48(12-13), 1313-1317.
- [22] Kijima, H. ve Bay, N. 2008. Skin-pass rolling II—Studies of roughness transfer under combined normal and tangential loading. *International Journal of Machine Tools and Manufacture*, 48(12-13), 1308-1312.
- [23] Kijima, H. 2015. Influence of lubrication on roughness crushing in skin-pass rolling of steel strip. *Journal of Materials Processing Technology*, 216, 1-9.
- [24] Kijima, H. ve Bay, N. 2009. Influence of tool roughness and lubrication on contact conditions in skin-pass rolling. *Journal of Materials Processing Technology*, 209(10), 4835-4841.
- [25] Holz, R., Hoen, K. ve Weiss, K. 2010. Advanced technology in skin pass rolling. *Millenium Steel*, 129-133.
- [26] Plicht, G., Schillak, H., Lin, M., Edwards, R., Mebrahtu, T., Hofinghoff, H. ve Demski, T. 2007. Skin-pass rolling of steel strip using liquid nitrogen. *Materials Science And Technology*, 6, 149-157.
- [27] Qu, F., Xie, H., & Jiang, Z. 2016. Finite element method analysis of surface roughness transfer in micro flexible rolling. In *MATEC Web of Conferences (Vol. 80, p. 04002)*. EDP Sciences.
- [28] Simao, J., Apinwall, D. K., Wise, M. L. H. ve Subari, K. 1996. Surface texture transfer in simulated tandem and temper mill rolling using electrical discharge textured rolls. *Journal of materials processing technology*, 56(1-4), 177-189.
- [29] Batalha, G. F. ve Stipkovic Filho, M. 2001. Quantitative characterization of the surface topography of cold rolled sheets—new approaches and possibilities. *Journal of materials processing technology*, 113(1-3), 732-738.
- [30] Prevention, I. P. 2001. Reference document on best available techniques in the ferrous metals processing industry.
- [31] Hilgenberg, K. ve Steinhoff, K. 2015. Texturing of skin-pass rolls by pulsed laser dispersing. *Journal of Materials Processing Technology* 225, 84–92.
- [32] Bidulská, J., Kvačkaj, T., Bodák, V. ve Bidulský, R. 2017. The microgeometry parameters of uncoated and zinc-coated cold rolled steel strips. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 17(2).
- [33] Wu, C., Zhang, L., Qu, P., Li, S. ve Jiang, Z. 2018. A simple approach for analysing the surface texture transfer in cold rolling of metal strips. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 95(1-4), 597-608.
- [34] Wu, C., Zhang, L., Qu, P., Li, S. ve Jiang, Z. 2019. A new method for predicting the three-dimensional surface texture transfer in the skin pass rolling of metal strips. *Wear*, 426, 1246-1264.
- [35] Gorbunov, A. V., Belov, V. K. ve Begletsov, D. O. 2009. Texturing of rollers for the production of auto-industry sheet. *Steel in Translation*, 39(8), 696.

- [36] Bloeck, M. 2012. Aluminium sheet for automotive applications. Novelis Switzerland SA, İsviçre. s. 98-108.
- [37] Sun, D., Yao, L., Fan, Q. ve Zhang, J. 2005. Research on service performances between different textured cold rolls. In AISTech 2006: Iron & Steel Technology Conference Proceedings (I & II), 2, 285-289.
- [38] Ma, Q., Wang, D. ve Liu, H. 2008. Research and development of lingsteel temper rolling mill and key technique study. In Advanced Design and Manufacture to Gain a Competitive Edge, Springer, London, England, s. 541-550.
- [39] Jeulin, D. ve Laurence, P. 1996. Morphological simulation of the roughness transfer on steel sheets. Microscopy Microanalysis Microstructures, 7(5-6), 541-547.
- [40] Fujii, Y., Maeda, Y. ve Ifuku, R. 2014. Prediction of surface roughness on rolled sheet by texture roll. Procedia Engineering, 81, 161-166.
- [41] Wentink, D. J., Matthews, D., Appelman, N. M. ve Toose, E. M. 2015. A generic model for surface texture development, wear and roughness transfer in skin pass rolling. Wear, 328, 167-176.
- [42] Grassino, J., Vedani, M., Vimercati, G. ve Zanella, G. 2012. Effects of skin pass rolling parameters on mechanical properties of steels. International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, 13(11), 2017-2026.
- [43] Lenard, J. G. 2013. Primer on flat rolling. Newnes.
- [44] Li, H. J., Jiang, Z. Y. ve Wei, D. B. 2013. Study on effect of strain rate on 3D surface asperity flattening in uniaxial planar compression by crystal plasticity finite element modelling. Wear, 301(1-2), 11-18.
- [45] Wilson, W. R. D., Hsu, T. C. ve Huang, X. B. 1995. A realistic friction model for computer simulation of sheet metal forming processes. Journal Of Engineering For Industry, 117(2), 202-209.
- [46] Butler, L. H. 1957. The effects of lubricants on the surface appearance of aluminum after plastic deformation. Metallurgia, 2, 63-66.
- [47] Yıldız, Y. 2011. Alüminyum folyo haddemede kullanılan merdanelerin taşlama operasyonu ile kazandıkları yüzey özelliklerinin haddeme prosesine etkileri” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- [48] Ma, B., Tieu, A. K., Lu, C. ve Jiang, Z. 2002. An experimental investigation of steel surface characteristic transfer by cold rolling. Journal of Materials Processing Technology, 125, 657-663.