



Teknoloji  
Fakültesi

# INTERNATIONAL PERIODICAL OF RECENT TECHNOLOGIES IN APPLIED ENGINEERING 3(1)

---

## 1-ISIL YAŞLANDIRMANIN YÜKSEK YOĞUNLUKLU POLİETİLEN/FINDIK KABUĞU POLİMER KOMPOZİTİNİN MEKANİK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

---

EFFECT OF THERMAL AGING ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF HIGH DENSITY  
POLYETHYLENE/NUT SHELL POLYMER COMPOSITE

---

## 2- COVID 19'UN YENİLENEBİLİR ENERJİ ÜZERİNE ETKİLERİ: SİSTEMATİK BİR ANALİZ

---

EFFECTS OF COVID 19 ON RENEWABLE ENERGY: A SYSTEMATIC ANALYSIS

---

## 3-FİRÇASIZ DOĞRU AKIM MOTORU SÜRÜCÜSÜNÜN TASARIMI VE GERÇEKLEŞTİRİLMESİ

---

BRUSHLESS DIRECT CURRENT MOTOR DRIVER DESIGN AND IMPLEMENTATION

---

## 4-DERİN ÖĞRENME YÖNTEMLERİ İLE ŞÜPHELİ DAVRANIŞ TESPİTİ

---

SUSPICIOUS BEHAVIOR DETECTION WITH DEEP LEARNING METHODS

---

## 5-DOKUMA KALIN KUMAŞLARDA DİKİM PARAMETRELERİNİN DİKİŞ KALİTE ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

---

THE EFFECT OF SEWING PARAMETERS ON SEWING QUALITY PROPERTIES IN WOVEN THICK FABRICS

---

## 6-SU SPORLARINDA KULLANILAN TEKNİK TEKSTİL YAPILARININ İNCELENMESİ

---

INVESTIGATION OF TECHNICAL TEXTILE STRUCTURES USED IN WATER SPORTS

# Isıl Yaşlandırmanın Yüksek Yoğunluklu Polietilen/Fındık Kabuğu Polimer Kompozitinin Mekanik Özelliklerine Etkisi

## Effect of Thermal Aging on the Mechanical Properties of High Density Polyethylene/Nut Shell Polymer Composite

Münir TAŞDEMİR 

*Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü, İstanbul, 34722, Türkiye*

### Öz

Selülozik bazlı doğal malzemeler uzun yıllardan beri plastiklerde güçlendirilme malzemesi olarak yaygın bir biçimde kullanılmaktadırlar. Bu malzemelerin kullanılma nedenleri arasında maliyetlerinin düşük olması, yüksek fiziksel ve mekanik dirençe sahip olmaları sayılabilir. Öğütülmüş fındık kabuğu plastik kompozitlerde dolgu malzemesi olarak da kullanılmaktadır. Türkiye’de fındık büyük ölçüde üretilmekte ve dünyada ilk sırada yer almaktadır ancak kabukları genellikle evlerde yakılarak ısınma amaçlı kullanılmaktadır. Bu çalışmada, fındık kabuğu tozu oranının ve 100 °C’de ısı yaşlandırma süresinin (0, 15 ve 30 gün) yüksek yoğunluklu polietilen kompozitinin mekanik özelliklerine etkileri incelenmiştir. İlk olarak fındık kabukları halkalı öğütürücüde öğütülmüştür. Ağırlıkça %5, 10, 15 ve 20 oranlarında fındık kabuğu tozu yüksek yoğunluklu polietilene eklenerek çift vidalı ekstrüzyon makinesinde karıştırıldı. Daha sonra elde edilen kompozitten enjeksiyon makinesinde çekme, Izod darbe, sertlik ve yoğunluk test numunelere basılarak testler gerçekleştirildi. Yapılan testler sonucunda yüksek yoğunluklu polietilene fındık kabuğu tozunun ilavesiyle elastiklik modülü, akma mukavemeti, çekme mukavemeti, % uzama değeri, yoğunluk, sertlik ve Izod darbe dayanımı değerlerinin azaldığı görüldü. Ayrıca yüksek yoğunluklu polietilen/fındık kabuğu tozu polimer kompozitlerinin mekanik özellikleri (% uzama hariç), ısı yaşlandırma süresinin (15 ve 30 gün) artmasıyla arttığı görüldü.

**Anahtar Kelimeler:** Yüksek yoğunluklu polietilen, fındık kabuğu tozu, mekanik özellikler, ısı yaşlandırma.

### Abstract

Cellulosic-based natural materials have been widely used as a reinforcement material in plastics for many years. Among the reasons for using these materials are their low cost, high physical and mechanical resistance. Ground hazelnut shells are also used as filling material in plastic composites. Hazelnuts are produced on a large scale in Turkey and are in the first place in the world, but their shells are generally burned in homes and used for heating purposes.

In this study, the effects of additions of hazelnut shell powder content and thermal aging time (0, 15 and 30 days) on the mechanical properties of polyethylene composites were investigated. Nutshell powder, in four different concentrations (5, 10, 15 and 20 wt %) were added to HDPE to produce composites. The tensile, Izod impact, hardness, density tests were conducted on specimens produced by means of injection molding method. It was observed that, increasing the nutshell powder content in HDPE, values for elasticity modulus, yield strength, tensile strength at break, % elongation, density, hardness and Izod impact strength decreased. On the other hand, mechanical properties (except % elongation) of HDPE/nutshell powder polymer composites increased as the thermal aging time increases from 0 days to 30 days.

**Keywords:** High density polyethylene, hazel nutshell, powder, mechanical properties.

## I. GİRİŞ

Doğal lifler çok uzun zamandır polimerlerde takviye malzemesi olarak kullanılmaktadırlar. Örneğin ahşap

matrisli kompozitlerde farklı ağaç liflerinin yanı sıra şeker kamışı, mısır koçanı ve saman gibi selüloz atıkları da dolgu maddesi olarak kullanılmaktadır. Bu dolgu maddelerinin diğer dolgu maddelerinden (talk, kalsiyum karbonat vb.) daha çok tercih edilmelerinin sebepleri arasında; ucuz olmaları, hafif olmaları, kolay temin edilmeleri, işlenmelerinin kolaylığı ve korozyona uğramamaları sayılabilir. Bunların dışında sentetik liflerle karşılaştırıldığında, doğal liflerin kullanımı, yenilenebilir yapıları, düşük ısıl iletkenlikleri, toksik olmamaları ve yüksek mekanik özellikleri nedeniyle son yıllarda kullanımı hızla artmaktadır [1-5]. Bir çok avantaja sahip olmalarına karşın dayanımlarının düşük olması, yüksek nem adsorpsiyonuna sahip olmaları ve sınırlı sıcaklıklarda kullanılmaları gibi çeşitli dezavantajları da vardır [3, 6]. Polimerlerde takviye ve dolgu malzemesi olarak kullanılan lignoselülozik malzemeler arasında; pamuk, buğday samanı, pirinç kabuğu, odun hamuru, jüt, kenevir, fındık kabuğu, hindistan cevizi, bamboo lifi, muz lifi ve odun lifi sayılabilir [3, 5, 7, 8].

Fındık kabukları, tarımsal yan ürünler olarak elde edilebilen yenilenebilir lignoselülozik malzemeler arasındadır. Genellikle kompostlar, malçlar, gübreler ve hayvan yemi gibi nispeten düşük değerli uygulamalarda kullanılırlar. Fındık kabuğunun polimerlerde kullanımının nedenleri arasında mineral dolgulara göre daha düşük özgül ağırlıklarının olması, sürdürülebilir olmaları, biyolojik olarak parçalanabilir olmaları ve toksit madde olmamaları sayılabilir. Yani bozduklarında çevre dostu malzemelerdir. Üreticiler ve tüketiciler açısından daha az risk taşır [9]. Türkiye, dünya fındık üretiminin yaklaşık %75'ini karşılayan en büyük üretici konumundadır. Türkiye'de TÜİK verilerine göre 2018 yılı itibarıyla fındık üretim miktarı 515 bin ton'dur. Türkiye ayrıca en büyük fındık ihracatçısıdır ve onu Almanya, İtalya, ABD, Fransa,

mekanik özellikleri (% uzama hariç), ısıl yaşlandırma süresinin (15 ve 30 gün) artmasıyla arttığı görüldü.

plastik kompozitler, otomotiv parçalarında, yer kaplamalarında, çit ve bank yapımında yaygın olarak kullanılmaktadır. Polimer

Kanada, İspanya, Belçika, Polonya ve Hollanda izlemektedir. Türkiye'de yetişen fındık kabuğunun çoğu yakılmakta veya hasattan sonra tarım arazisine bırakılmaktadır [10,11]. Lignoselülozik bir malzeme olan fındık kabuğu %25-30 oranında selüloz ve hemiselülozdan ayrıca %30-40 oranında ise ligninden oluşmaktadır [12]. Kompozitler oluşturmak üzere otomotiv, inşaat ve diğer endüstrilerdeki uygulamalar için termoplastik matrislerle birleştirilebilir [13]. Raj ve arkadaşları [14] yüksek yoğunluklu polietilene, pıkan ceviz kabuğu ve fıstık kabuğu katarak bir polimer kompoziti elde etmişler ve özelliklerini incelemişlerdir.

Yüksek yoğunluklu polietilen, kendine özgü mekanik ve fiziksel özelliklerinden dolayı yüksek tonajlı üretimi ile yaygın olarak kullanılmaktadır. Mühendislik polimerlerine kıyasla tokluğunun düşük olması, hava koşullarına dayanımının ve çatlama direncinin düşük olması nedenleriyle birçok alanda uygulaması sınırlandırılmıştır. Bu dezavantajlarını iyileştirmek için HDPE'ye dolgu ve takviye maddeleri katılarak güçlendirilmiştir [15].

Bu çalışmada, fındık kabuğu tozu oranının ve 100 °C'de ısıl yaşlandırma süresinin (0, 15 ve 30 gün) yüksek yoğunluklu polietilen kompozitinin mekanik özelliklerine etkileri incelenmiştir. Ağırlıkça %5, 10, 15 ve 20 oranlarında fındık kabuğu tozu yüksek yoğunluklu polietilene eklenerek çift vidalı ekstrüzyon makinesinde karıştırıldı. Daha sonra elde edilen kompozitten enjeksiyon makinesinde çekme, Izod darbe, sertlik ve yoğunluk test numunelere basılarak testler gerçekleştirildi. Yapılan testler sonucunda yüksek yoğunluklu polietilene fındık kabuğu tozunun ilavesiyle elastiklik modülü, akma mukavemeti, çekme mukavemeti, % uzama değeri, yoğunluk, sertlik ve Izod darbe dayanımı değerlerinin azaldığı görüldü. Ayrıca yüksek yoğunluklu polietilen/fındık kabuğu tozu polimer kompozitlerinin

## II. DENEYSEL

**2.1 Kompozisyon ve Malzemeler:** Farklı oranlarda beş grup hazırlandı. Elde edilen polimer kompozitinin karışım oranları Tablo 1'de verilmiştir. Burada kullanılan yüksek yoğunluklu polietilen, Petilen YY (I 668 UV) ticari adıyla Petkim tarafından üretilen ürün olup; yoğunluğu 0,970 g/

cm<sup>3</sup>, erime akış indisi 5,2 g/10 dak. (190 °C-2,16 kg), akma mukavemeti 28,0 MPa ve çentikli Izod darbe mukavemeti ise 50 J/m'dir. Fındık kabuğu Rize-Türkiye'den temin edilmiştir. Fındık kabuğunun yoğunluğu 0,7240 g/cm<sup>3</sup>'tür.

**Tablo 1.** Polimer Kompozitinin Karışım Oranları

Gruplar	HDPE (%)	Fındık Kabuğu Tozu (%)
1 100 2 95	5	
3	90	10
4	85	15
5	80	20

**2.2 Numune Hazırlama:** Fındıkkabukları Siemens simatic C7-621 kontrol sistemi cihazında toz şeklinde partiküller üretmek için kuru olarak öğütüldü. Öğütücü haznesine konulan fındıkkabukları cihazda 15 sn boyunca öğütüldü. Öğütme işlemi sonucunda elek analizi yapılarak fındıkkabuklarının boyutlarının 30 ila 90 mikron arasında olduğu tespit edildi. Bu boyut aralığının kullanılmasında özel bir sebep yoktur. Sadece öğütme işleme süresince yani 15 sn'de alınan toz boyutu aralığıdır. Toz hazırlama yöntemi Şekil 1'de verilmiştir. Fındıkkabuğu tozları, HDPE ile

**2.3. Karakterizasyon:** Her grup için beş adet numune test edildi ve beş ölçümün ortalamaları rapor edildi. Çekme testleri ASTM D638 standardına göre yapılmıştır. Çekme deneyi 50 mm/dak çekme hızında ve 10 kN yük kapasitesine sahip bir Zwick Z010 (Almanya) marka test cihazı kullanılarak gerçekleştirildi. Elastiklik modülü, akma mukavemeti, kopma mukavemeti ve % uzama değerleri, bu test yönteminden elde edildi. Sertlik testi, Zwick sertlik ölçüm cihazı ile ASTM D2240 yöntemine göre yapılmıştır. Darbe davranışını incelemek için Zwick B5113 darbe test cihazı ile ASTM D256 yöntemine göre oda sıcaklığında Izod darbe testi (çentikli) yapılmıştır. Yoğunluk tayini, ISO 2781 test standardına göre yapılmıştır. Kompozitlerin kırık yüzeyleri, Polaron SC 7620 (Gala Instrumente GmbH, Almanya) cihazı ile elektriksel yüklenmeyi önlemek için altın (Au) (%80)/paladyum (Pd) (%20) alaşımı ile yaklaşık 10 nm kalınlığında kaplandı. Hazırlanan numunelerin mikro yapıları, 20 kV voltaj altında JEOL-JSM 5910 LV (JEOL Ltd., Japonya) taramalı elektron mikroskopu (SEM) ile incelendi.

karıştırılmadan önce Yamato ADP-31 (Yamato – VWR Scientific Products, Japonya) marka vakumlu bir fırında 105 °C'de 24 saat kurutulmuştur. Kurutulan tozlar ve HDPE granülleri LB-5601 (The Patterson-Kelley Co. Inc. ABD) marka katı karıştırıcısında 15 dakika süreyle karıştırıldı. Burada HDPE'nin ortalama granül boyutları ise çap: 2mm ve boy: 2mm'dir. Daha sonra Mikrosan (Mikrosan A.Ş. Türkiye) marka çift vidalı ekstrüder ile çeşitli oranlardaki HDPE/fındıkkabuğu polimer kompozitleri 25-30 bar basınçta ve 25 dev/dak dönüş hızında 190-220 °C arasındaki sıcaklıklarda eritilerek karışımları gerçekleştirildi. Polimer kompozitleri ekstrüzyondan sonra vakumlu fırında 80 °C'de 24 saat kurutuldu. Daha sonra, test numuneleri enjeksiyon sıcaklığı 190–220 °C, enjeksiyon basıncı 800– 1000 bar ve vida dönme hızı 25 dev/dak olan bir enjeksiyon kalıplama makinesinde basıldı. Isıl yaşlandırma Devotrans marka bir fırında ısıl yaşlandırma süresi 15 ve 30 gün ve ısıl yaşlandırma sıcaklığı ise 100 °C altında yapıldı. Literatürde incelendiğinde bu sıcaklık ve zaman içerinde ısıl yaşlandırma yapıldığına dair çalışmalar mevcuttur[16]. Bu değerlerin yüksek seçilmemesinin sebepleri arasında fındıkkabuklarının yüksek sıcaklıklarda ve sürelerde yanmamasını sağlamaktır.

### III. BULGULAR ve TARTIŞMA

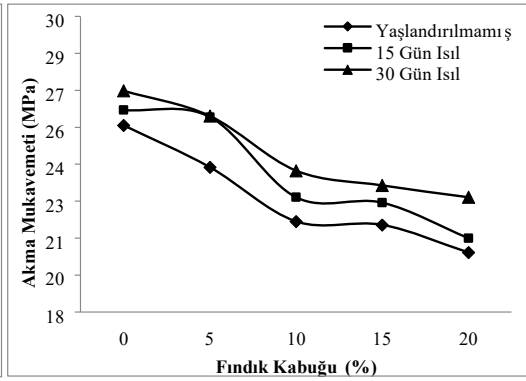
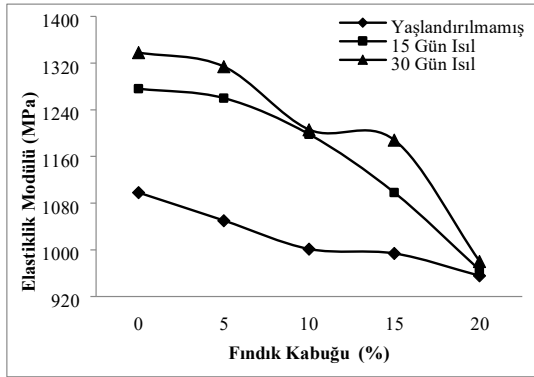
**3.1 HDPE/Fındık Kabuğu Tozu Polimer Kompozitinin Mekanik Özellikleri:** HDPE kompozitinde fındık kabuğu tozunun oranının ve ısıl yaşlandırma süresinin artışıyla elastiklik modül değerlerinin nasıl değiştiğini gösteren grafik Şekil 2-A'da verilmiştir. HDPE polimerine fındık kabuğu tozlarının ilavesiyle kompozitin elastiklik modülünün azaldığı görülmektedir. Grafikten de görüldüğü gibi dört farklı numunenin elastiklik modülü (ısıl yaşlandırma olmadan ağırlıkça % 5, 10, 15 ve 20 fındık kabuğu tozu katkılı) sırasıyla 1050, 1001, 994 ve 956 MPa olarak ölçülmüştür. Saf HDPE'nin elastiklik modül değeri ise 1099 MPa'dır. Saf HDPE'nin elastiklik modül değerini %20 fındık kabuğu tozu ilaveli grup ile karşılaştırdığımızda elastiklik modül değerinin %13 oranında azaldığı anlaşılmaktadır. 15 günlük ısıl yaşlandırma uygulanmış gruplarda elastiklik modül değerlerinin (fındık kabuğu tozu oranı %5, 10, 15 ve 20) sırasıyla 1260, 1198, 1098 ve 965 MPa olduğu ve saf HDPE'nin elastiklik modül değerinin ise 1276 MPa olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin elastiklik



Fındık kabuğu

Toz form

Granülatör



modül değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda elastiklik modül değerinin %24 oranında azaldığı belirlenmiştir. Diğer taraftan, 30 günlük ısıl yaşlandırmaya uygulanmış kompozitin elastiklik modül değerlerinin (fındık kabuğu tozu oranı %5, 10, 15 ve 20) sırasıyla 1314, 1206, 1188 ve 980 MPa olduğu ve saf HDPE'nin elastiklik modül değerinin ise 1338 MPa olduğu grafikte görülmektedir. Burada da saf HDPE'nin elastiklik modül değerini %20 fındık kabuğu tozu ilaveli grubun değeri ile karşılaştırdığımızda elastiklik modül değerinin %27 oranında azaldığı görülmektedir. Sonuç olarak, ısıl yaşlandırma süresinin artmasıyla (15'den 30 güne çıkması) HDPE/fındık kabuğu tozu polimer kompozitlerinin elastiklik modül değerlerinin de arttığı görülmüştür. Ayrıca en yüksek elastiklik modül değerinin ise 1. Grup'ta olduğu (100 °C-30 gün) görülmektedir. Lignoselülozik bazlı olan fındık kabuğunun kullanım oranı arttıkça plastik oranı azalmakta bu durumda ise elastiklik modül değerlerinde düşüşe neden olduğu görülmektedir. Akbaş ve arkadaşlarının yapmış oldukları bir çalışmada değişik oranlardaki fındık kabuklarını polipropilen içerisine katarak bir polimer kompoziti üretmişlerdir. Elde ettikleri polimer kompozitinde fındık kabuğu oranının artmasıyla elastiklik modül değerinde bir düşmenin olduğunu belirlemişlerdir. Bunun da fındık kabuklarının lignoselülozik yapısından kaynaklandığını çalışmalarında rapor etmişlerdir [17].

HDPE kompozitinde fındık kabuğu tozu oranının ve ısıl yaşlandırma süresinin artışıyla akma mukavemeti değerlerinin nasıl değiştiğini gösteren grafik Şekil 2-B'de verilmiştir. Şekilden de görüldüğü gibi HDPE polimerine fındık kabuğu tozlarının ilavesiyle oluşturulan polimer kompozitinin akma mukavemeti değeri düşmüştür. Örneğin, ısıl yaşlandırma yapılmamış dört farklı polimer kompozit grubunun akma mukavemeti değerleri (%5, 10, 15 ve 20) sırasıyla 23,9 – 21,7 – 21,5 ve 20,4 MPa olarak ölçülmüştür. Saf HDPE'nin akma mukavemeti değeri ise 25,6 MPa'dır. Saf HDPE'nin akma mukavemeti değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda bu değer

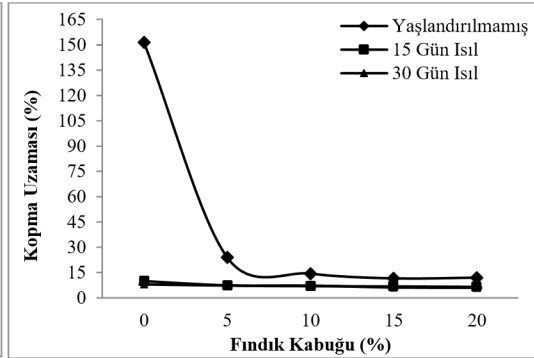
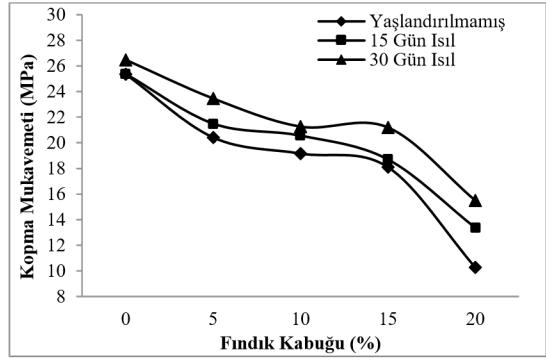
%20 oranında azaldığı görülmektedir. 15 gün ısıl yaşlandırma yapılmış gruplara baktığımızda ise bu değerlerin (%5, 10, 15 ve 20) sırasıyla 25,9 – 22,7 – 22,4 ve 21 MPa olduğu ve saf HDPE'nin akma mukavemeti değerinin ise 26,2 MPa olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin akma mukavemeti değerini % 20 fındık

kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda bu değer %20 oranında azaldığı anlaşılmaktadır. Diğer taraftan 30 günlük ısıl yaşlandırma yapılmış gruplara baktığımızda ise akma mukavemeti değerlerinin (%5, 10, 15 ve 20) sırasıyla 26 – 23,7 – 23,1 ve 22,7 MPa olduğu ve burada saf HDPE'nin akma mukavemeti değerinin ise 27 MPa olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin akma mukavemeti değerini %20 fındık kabuğu tozu ilaveli grubun değeri ile karşılaştırdığımızda bu değer %16 azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak, HDPE/fındık kabuğu tozu katkılı kompozitlerin akma mukavemeti değerlerinin ısıl yaşlandırma süresinin artmasıyla arttığı tespit edilmiştir. Maksimum akma mukavemeti değerinin ise 1. Grup'ta olduğu (100 °C-30 gün) gözlenmiştir. Akbaş ve arkadaşlarının [17] yapmış oldukları çalışmada değişik oranlardaki fındık kabuklarını polipropilen içerisine katarak elde ettikleri polimer kompozitinde fındık kabuğu oranının artmasıyla çekme mukavemeti değerlerinde değeri bir düşmenin olduğunu belirlemişlerdir. Bunun da fındık kabuklarının lignoselülozik yapısından kaynaklandığını çalışmalarında rapor etmişlerdir. HDPE kompozitinde fındık kabuğu tozunun oranının ve ısıl yaşlandırma süresinin artışıyla kopma mukavemeti değerlerinin nasıl değiştiğini gösteren grafik Şekil 2-C'de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi HDPE polimerine fındık kabuğu tozlarının ilave edilmesiyle kopma mukavemeti değerleri düşmüştür. Örneğin, ısıl yaşlandırma yapılmamış gruplarda kopma mukavemeti değerleri (%5, 10, 15 ve 20 ceviz kabuğu tozuyla) sırasıyla 20,4 – 19,1 – 18,1 ve 10,2 MPa olarak ölçülmüştür. Saf HDPE'nin kopma mukavemeti değeri ise 25,4 MPa'dır. Saf HDPE'nin kopma

mukavemeti değerini %20 fındık kabuğu tozu katkı grup ile kıyasladığımızda bu değer %60 azaldığı tespit edilmiştir.

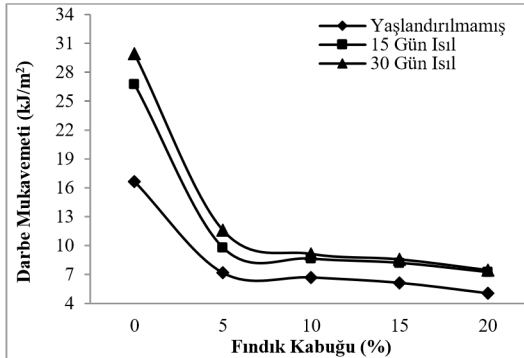
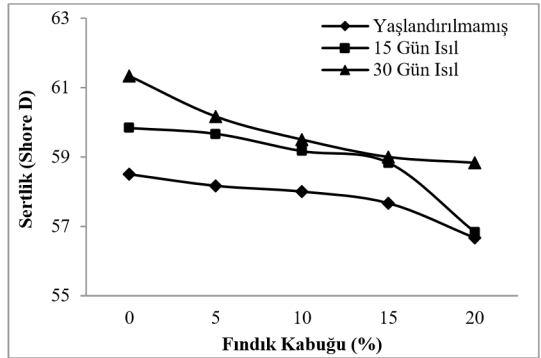
A

B



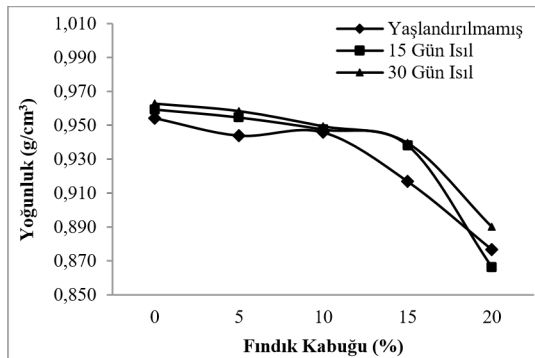
C

D



E

F



G

Şekil 2. HDPE/Fındık Kabuğu Tozu Polimer Kompozitinin Mekanik Özellikleri (100oC'de yaşlandırma)

Mengenöglü ve Karakuş [18] yapmış oldukları bir çalışmada polimer kompoziti üretmek amacıyla okalıptüs tozu kullanmışlar ve okalıptüs tozunun oranının artmasıyla elde ettikleri polimer kompozitinin kopma mukavemet değerlerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Bu da bizim bulmuş

olduğumuz değerler ile bir paralellik göstermektedir. Tekrar Şekil 2.C'ye dönecek olursak, 15 günlük ısıl yaşlandırma yapılmış polimer kompozitlerinin kopma mukavemet değerlerinin (%5, 10, 15 ve 20) sırasıyla 21,5 – 20,6 – 18,7 ve 13,4 MPa olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin kopma

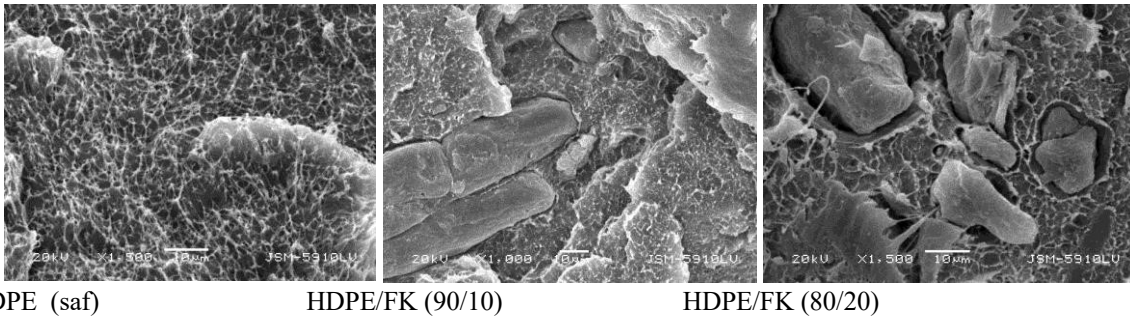
mukavemeti değeri ise 25,6 MPa'dır. Saf HDPE'nin kopma mukavemeti değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile kıyasladığımızda bu değer %47 oranında azaldığı görülmektedir. Diğer yandan 30 günlük ısıl yaşlandırma yapılan grupların kopma mukavemet değerlerine baktığımızda (%5, 10, 15 ve 20) bu değerlerin sırasıyla 23,5 – 21,2 – 21,2 ve 15,5 MPa olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin kopma mukavemeti değeri ise 26,5 MPa'dır. Saf HDPE'nin kopma mukavemeti değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile kıyasladığımızda kopma mukavemet değerinin %42 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak ısıl yaşlandırma süresinin artmasıyla HDPE/fındık kabuğu tozu polimer kompozitlerinin kopma mukavemet değerlerinin arttığı belirlenmiştir. Maksimum kopma mukavemeti değerinin 1. Grup'ta olduğu (100 °C-30 gün) gözlemlendi. HDPE kompozitinde fındık kabuğu tozunun oranının ve ısıl yaşlandırma süresinin artışıyla % uzama değerlerinin nasıl değiştiğini gösteren grafik Şekil 2-D'de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi HDPE polimerine fındık kabuğu tozlarının ilave edilmesiyle % uzama değerleri düşmüştür. Örneğin, ısıl yaşlandırma yapılmamış gruplarda (%5, 10, 15 ve 20) % uzama değerleri sırasıyla %24 – 14 – 12 ve 11 olarak ölçülmüştür. Saf HDPE'nin % uzama değeri ise 151'dir. Saf HDPE'nin % uzama değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile kıyasladığımızda bu değer %93 oranında azaldığı görülmektedir. 15 gün ısıl yaşlandırma yapılmış gruplara baktığımızda % uzama değerlerinin sırasıyla 7 – 7 – 6,8 ve 6,6 olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin % uzama değeri ise 10'dur. Saf HDPE'nin % uzama değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile kıyasladığımızda bu değer %35 oranında azaldığı görülmektedir. Diğer taraftan 30 günlük ısıl yaşlandırma yapılmış gruplardaki % uzama değerlerinin sırasıyla 7 – 7 – 5,8 ve 6,2 olduğu görülmektedir. Buradaki saf HDPE'nin % uzama değeri ise 8'dir. Saf HDPE'nin % uzama %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile kıyasladığımızda bu değer %25 oranında azaldığı görülmektedir. Sonuç olarak, ısıl yaşlandırma süresi çıktıkça HDPE/fındık kabuğu tozu katkılı polimer kompozitinin % uzama değeri azalmıştır. Maksimum % uzama değeri ise 1. Grupta (24 °C-0 gün) gözlemlenmiştir. Bahar Korkmaz ve arkadaşları [19] HDPE polimeri içerisine enginar yaprağını toz haline getirerek bir polimer kompoziti elde etmişler ve enginar toz oranının artmasıyla kompozitin % uzama değerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Zilan Teke ve arkadaşlarının [20] yapmış oldukları bir çalışmada polipropilen içerisine selüloz bazlı portakal kabuğu tozları katarak bir polimer kompoziti elde etmişlerdir. Çalışmada portakal kabuğu tozlarının oranının artmasıyla kompozitin % uzama değerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Başka bir

çalışmada Elif Ulutaş ve arkadaşları [21] geri dönüşümlü polipropilen içerisine pirinç kabuğu ilave ederek bir polimer kompoziti elde etmişlerdir. Elde ettikleri kompozitte pirinç kabuğu tozlarının oranının artmasıyla % uzama değerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Ayberk Aka ve arkadaşlarının [22] yapmış oldukları bir çalışmada yüksek yoğunluklu polietilen içerisine karbonize edilmiş ve edilmemiş mısır püskülünü toz haline getirip katmışlardır. Elde ettikleri kompozitte mısır püskülü tozlarının oranının artmasıyla % uzama değerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Münir Taşdemir ise yapmış olduğu bir çalışmada polipropilen içerisine selüloz bazlı olan bir yosunu toz haline getirip katmış ve toz miktarının artmasıyla % uzama değerinin düştüğünü belirlemiştir [23]. HDPE kompozitinde fındık kabuğu tozunun oranının ve ısıl yaşlandırma süresinin artışıyla sertlik değerlerinin nasıl değiştiğini gösteren grafik ise Şekil 2-E'de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi HDPE polimerine fındık kabuğu tozlarının ilave edilmesiyle sertlik değerleri düşmüştür. Örneğin Isıl yaşlandırma yapılmamış gruplara baktığımızda (%5, 10, 15 ve 20) sertlik değerlerinin sırasıyla 58,2 – 58 – 57,6 ve 56,6 Shore D olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin sertlik değeri ise 58,5 Shore D'dir. Saf HDPE'nin sertlik değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda bu değer %3 azaldığı görülmektedir. 15 günlük ısıl yaşlandırma yapılmış gruplara baktığımızda sertlik değerlerinin sırasıyla 59,7 – 59,1 – 58,8 ve 56,8 Shore D olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin sertliği ise 59,8 Shore D'dir. Saf HDPE'nin sertlik değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile kıyasladığımızda bu değer %5 oranında azaldığı görülmektedir. Diğer yandan 30 günlük ısıl yaşlandırma yapılmış grupların sertlik değerlerine baktığımızda bu değerlerin sırasıyla 60,1 – 59,5 – 59 ve 58,8 Shore D olduğu görülmekte. Saf HDPE'nin sertliği ise 61,3 Shore D'dir. Burada da saf HDPE'nin sertlik değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile kıyasladığımızda bu değer %5 oranında azaldığı görülmektedir. Sonuç olarak, HDPE/Fındık kabuğu tozu polimer kompozitlerinin sertlik değerleri ısıl yaşlandırma süresinin artmasıyla arttığı görülmektedir. Maksimum sertlik değeri ise 1. Grup'ta (100 °C-30 gün) gözlemlenmiştir. HDPE kompozitinde fındık kabuğu tozunun oranının ve ısıl yaşlandırma süresinin artışıyla Izod darbe mukavemeti değerlerinin nasıl değiştiğini gösteren grafik Şekil 2-F'de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi HDPE polimerine fındık kabuğu tozlarının ilave edilmesiyle Izod darbe mukavemeti değerleri düşmüştür. Örneğin ısıl yaşlandırma yapılmamış gruplara baktığımızda Izod darbe mukavemeti değerlerinin sırasıyla 7,2 – 6,7 – 6,1 ve 5,1 kJ/m<sup>2</sup> olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin Izod darbe mukavemet değeri ise 16,7

$\text{kJ/m}^2$ 'dir. Saf HDPE'nin Izod darbe mukavemeti değerlerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda bu değer %70 oranında azaldığı görülmektedir. Ayberk Aka ve arkadaşlarının [22] yapmış oldukları çalışmada yüksek yoğunluklu polietilen içerisine karbonize edilmiş ve edilmemiş mısır püskülünü toz haline getirip katmışlardır. Elde ettikleri kompozitte mısır püskülü tozlarının oranının artmasıyla Izod darbe mukavemeti değerinin düştüğünü belirlemişlerdir. Bu çalışmada matris yani HDPE ile fındık kabuğu tozlarının adhezyonunu arttırmak için bir uyumluluk maddesi kullanılmamıştır. 15 gün ısıtma yapılmış grupların Izod darbe mukavemeti değerlerine baktığımızda bu değerlerin sırasıyla 9,8 – 8,7 – 8,2 ve 7,3  $\text{kJ/m}^2$  olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin Izod darbe dayanımı 26,8  $\text{kJ/m}^2$ 'dir. Saf HDPE'nin Izod darbe mukavemeti değerlerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda bu değer %73 oranında azaldığı görülmektedir. Diğer yandan 30 günlük ısıtma yapılmış grupların Izod darbe mukavemeti değerlerine baktığımızda bu değerlerin ise sırasıyla 11,6 – 9,1 – 8,6 ve 7,5  $\text{kJ/m}^2$  olduğu görülmektedir. Burada da saf HDPE'nin Izod darbe mukavemeti değerleri ise 29,9  $\text{kJ/m}^2$ 'dir. Saf HDPE'nin Izod darbe mukavemeti değerlerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda bu değer %72 oranında azaldığı görülmektedir. Sonuç olarak, HDPE/fındık kabuğu tozu katkılı polimer kompozitlerin Izod darbe mukavemeti değerleri ısıtma süresinin artışıyla artmıştır. Maksimum Izod darbe mukavemeti değerleri 1. Grup'ta (100 °C-30 gün) gözlemlenmiştir. HDPE kompozitinde fındık kabuğu tozunun oranının ve ısıtma süresinin artışıyla yoğunluk değerlerinin nasıl değiştiğini gösteren grafik Şekil 2-G'de verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi HDPE polimerine fındık kabuğu tozlarının ilave edilmesiyle yoğunluk değerleri düşmüştür. Fındık kabuğunun

yoğunluğu  $0,7240 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Kompozitteki fındık kabuğu oranının artması yoğunluk değerlerinin düşmesini sağlamıştır. Örneğin ısıtma yapılmamış gruplara baktığımızda yoğunluk değerlerinin sırasıyla 0,943 – 0,9458 – 0,9169 ve  $0,8664 \text{ g/cm}^3$  olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin yoğunluğu ise  $0,9542 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Saf HDPE'nin yoğunluğunu %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda bu değer %9 oranında azaldığı tespit edilmiştir. 15 gün ısıtma yapılmış grupların yoğunluk değerlerine baktığımızda bu değerlerin sırasıyla 0,9546 – 0,9475 – 0,9382 ve  $0,8767 \text{ g/cm}^3$  olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin yoğunluğu ise  $0,9593 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Saf HDPE'nin yoğunluğunu %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda bu değer %9 oranında azaldığı görülmektedir. Diğer taraftan 30 günlük ısıtma yapılmış grupların yoğunluk değerlerine baktığımızda bu değerlerin sırasıyla 0,9584 – 0,9494 – 0,9396 ve  $0,8901 \text{ g/cm}^3$  olduğu görülmektedir. Saf HDPE'nin yoğunluğu ise  $0,9628 \text{ g/cm}^3$ 'tür. Saf HDPE'nin yoğunluk değerini %20 fındık kabuğu tozu katkılı grup ile karşılaştırdığımızda bu değer %7,5 oranında azaldığı görülmektedir. Sonuç olarak, HDPE/fındık kabuğu tozu polimer kompozitlerinin yoğunluk değerleri ısıtma süresinin artışıyla artmıştır. Maksimum yoğunluk değeri 1. Grup'ta (100 °C-30 gün) gözlemlenmiştir.

**3.2 HDPE/Fındık Kabuğu Tozu Polimer Kompozitinin Mikroyapı Özellikleri:** Saf HDPE, HDPE/fındık kabuğu tozu (90/10) ve HDPE/fındık kabuğu tozu (80/20) örneklerinin SEM görüntüleri Şekil 3'te verilmiştir. Şekilden de anlaşılacağı gibi matris ve fındık kabuğu tozları net olarak gözükmemektedir. Tozların matrise yapışma yeteneği ve homojen olarak dağılması herhangi bir polimer kompozitinin özelliklerini anlamada çok yardımcı olmaktadır. Şekil 3'ten de anlaşılacağı gibi, bazı fındık kabuğu



Şekil 3. HDPE/Fındık Kabuğu Tozu Polimer Kompozitinin mikroyapı fotoğrafları (0 gün – 24oC)

Endüstriyel bir atık olan fındık kabukları, HDPE kompozitlerde potansiyel bir dolgu malzemesi kullanılabilirler. Çünkü kompozitlerin mekanik

özelliklerine etkileri büyüktür. Bu nedenler, farklı fındık matrisli kabuğu oranı ve ısıtma sürelerinin HDPE/fındık olarak kabuğu tozu kompozitlerinin elastiklik modülü, akma



parçacıklarının matrisle olan zayıf bağlanmalarından dolayı hafifçe dışarıya doğru çıktıkları görülmektedir. Bazılarının ise HDPE matrisinin içerisine gömülü oldukları görülmektedir. Bazı çalışmalarda yüksek oranlarda dolgu kullanımı ara yüzeyde daha az yapışmanın olduğunu ortaya koymaktadır. Bizim yapmış olduğumuz bu çalışmada herhangi bir arayüzey uyumluluk maddesi kullanılmamıştır. mukavemeti, kopma mukavemeti, % uzama miktarı, Izod darbe dayanımı, yoğunluk, sertlik ve morfolojik özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonucunda aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

HDPE/fındık kabuğu toz kompozitlerin elastiklik modülü, akma mukavemeti, kopma mukavemeti, % uzama değeri, Izod darbe dayanımı, yoğunluğu ve sertliği fındık tozunun oranının artmasıyla azalmıştır. Diğer taraftan, HDPE/fındık kabuğu toz polimer kompozitlerinin mekanik özellikleri (% uzama hariç) ısıl yaşlandırma süresinin artmasıyla artışı tespit edilmiştir.

## TEŞEKKÜR

Bu çalışma Marmara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir. Proje no: FEN-C-YLP-100719-0252

## KAYNAKLAR

- [1] Eichhorn, S.J., Dufresne, A., Aranguren, M., Marcovich, N.E., Capadona, J.R., and Rowan, S.J., (2010), Review: Current international research into cellulose nanofibres and nanocomposites *J. Mat. Sci.*, 45(1), 1-33.
- [2] Kızıldağ, A., Nazari, B., Gardner, D.J., and Bousfield, D.W. (2013). Polyamide 6-cellulose composites: Effect of cellulose composition on melt rheology and crystallization behavior, *Polym. Eng. Sci.*, 54(4) 739-746.
- [3] Peng, Y., Liu, R., Cao, J., and Chen, Y. (2014). Effects of UV weathering on surface properties of polypropylene composites reinforced with wood flour, lignin, and cellulose, *Appl. Surf. Sci.* 317, 385-392.
- [4] Ifuku, S., and Yano, H. (2015). Effect of a silane coupling agent on the mechanical properties of a microfibrillated cellulose composite, *Int. J. Biol. Macromol.*, 74, 428-432.
- [5] Zulkifli, N.I., Samat, N., Anuar, H., and Zainuddin, N. (2015). Mechanical properties and failure modes of recycled polypropylene/microcrystalline cellulose composites, *Mater. Des.* 69, 114-123.
- [6] Spoljaric, S., Genovese, A., and Shanks, R.A. (2009). State of the art manufacturing and engineering of nanocellulose: A review of available data and industrial applications, *Compos. Part A-Appl. Sci.* 40 (6-7), 791-799.
- [7] Dönmez, C.A., Kalaycıoğlu, H., Mengeloğlu, F., (2011). Tea mill waste fibers filled thermoplastic composites: the effects of plastic type and fiber loading, *J. Reinf. Plast. Compos.* 30(10), 833-844.
- [8] Dong, C., Davies, I.J., (2012). Flexural properties of macadamia nutshell particle reinforced polyester composites, *Compos. Part B-Eng.* (43), 2751-2756.
- [9] Sutivisedsak, N., Cheng, H.N., Burks, C.S., Johnson, J.A., Siegel, J.P., Civerolo, E.L., Biswas, A., (2012). Use of nutshells as fillers in polymer composites, *J polymer Environ.* 20:305-314.
- [10] Candemir, M., Özcan, M., Günes, M., Deliktaş, E., (2011). Technical efficiency and total factor productivity growth in the hazelnut agricultural sales cooperatives unions in Turkey. *Math. Comp. Appl.*, 16(1), 66-76.
- [11] Copur, Y., Güler, C., Akgül, M., Taşcıoğlu, C., (2007). Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production, *Build. Environ.* 42 (7), 2568-2572.
- [12] Idi, A., Mohammad, S.E., (2011). Bioethanol from second generation feedstock (lignocellulose biomass), *Interdiscip. J. Contemp. Res. Bus.* 3(8), 919-935.
- [13] Aziz, S.H., Ansell, M.P., (2004). Green composites, Polymer composites and the environment, woodhead pub. Cambridge, UK, pp 154-180.
- [14] Raj RG., Kokta BV, Nizio JD (1992). Studies on mechanical properties of polyethylene-organic fiber composites. I. Nut shell flour, *J Appl poly sci.* 45 (1):91.
- [15] Yerleşen, U., Taşdemir, M., (2015). Effect of zinc oxide and zinc borate on mechanical properties of high density polyethylene, *Romanian J. of Materials*, 45 (3), 240-243.
- [16] Taşdemir, M., (2021). Effects of thermal aging on physical and wear properties of high-density polyethylene/hazelnut shell polymer composite, *Int. J. Adv. Eng. Pure Sci.* 33(2): 329336.
- [17] Akbaş, S., Güleç, T., Tufan, M., Taşcıoğlu, C., Peker, H., (2008). Fındık kabuklarının polipropilen kompozit üretiminde değerlendirilmesi, artvin Çoruh Üni. Orman Fakültesi dergisi, cilt:14, sayı:1, sayfa. 50-56.
- [18] Mengenoğlu, F., Karakuş, K., (2008). Thermal degradation, mechanical properties and morphology of wheat straw flour filled recycled thermoplastic composites, *Sensors* 8(1), 500519.
- [19] Korkmaz, B., Özhan, A., Peksanlı, A., Tepeyurt, G.N., Taşdemir, M., (2018). Investigation on physical and mechanical properties of high density polyethylene/artichoke leaf powder polymer composites, *International conference on physical chemistry and functional materials*, Fırat university, Elazığ/Turkey, pp:136-140, June 10-21
- [20] Teke, Z., Sirtıkara, M., Şahin, K.A., Taşdemir, M., (2019). The investigation of the effects of carbonized and uncarbonized orange peel powder on the mechanical properties of polypropylene, *The international conference on materials*

*science, Mechanical and automotive engineering and technology*, 21-23 Jun Kapadokya/Nevşehir/Turkey

- [21] Ulutaş, E., Taşdemir, M., Koçak, E.D., (2019). Investigation of mechanical properties of recycled polypropylene/rice husk polymer composites, *The international conference on materials science, Mechanical and automotive engineering and technology*, 21-23 Jun Kapadokya/Nevşehir/Turkey
- [22] Aka, A., Tekerek, A.Y., Güler, G., Taşdemir, M., (2019). High density polyethylene/uncarbonized and carbonized waste corn husk polymer composites: physical and wear behaviors 35<sup>th</sup> *International conference of the polymer processing society (PPS-35)* 26 – 30 May Radisson blu resort & Spa, Çeşme-İzmir/Turkey
- [23] Taşdemir, M., (2019). Mechanical properties of polypropylene biocomposites with sea weeds, *Nanomaterials science and engineering*, vol 1, no. 1 pp. 22-29

# COVID 19'un Yenilenebilir Enerji Üzerine Etkileri: Sistemik Bir Analiz

## Effects of COVID 19 on Renewable Energy: A Systematic Analysis

Güldane BOĞOÇLU ÖREN<sup>1,\*</sup>, Seçil VARBAK NEŞE<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul, Türkiye.

<sup>2</sup>Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, İstanbul, Türkiye.

\*guldaneoren@hotmail.com

### Öz

Covid 19 salgınının yayılımını azaltmak amacıyla ülkeler tarafından alınan tedbirler ülke ekonomisine katkıda bulunan sektörler üzerinde olumsuz etkiler ortaya çıkarmıştır. Ortaya çıkan bu olumsuz etkiler sektörlerin büyümesini durdurmuş ya da alınan kapanma ve kısıtlama önlemleri sonucu sektörlerin işlerini durma düzeyine getirmiştir. Oluşan bu olumsuz etkiler sonucunda turizm sektörü ve üretim sektörü gibi birbirleriyle bağlantılı olan sektörlerin enerji alanındaki taleplerinde azalma söz konusu olmuştur. Talep azalması sonucu enerji üretimi etkilenmiş olup enerji üretim kaynaklarına göre etkilerin incelenmesi konusu öne çıkmıştır. Yapılan bu çalışmada Covid-19 salgınının enerji üretiminin bir parçası olan Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına (YEK) ulusal ve uluslararası çapta etkileri araştırılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Covid 19, Salgın, Enerji Sektörü, Yenilenebilir Enerji

### Abstract

As a result of the measures taken by countries to reduce the spread of the Covid 19 epidemic, negative effects have emerged on the sectors that contribute to the country's economy. These negative effects either stagnated the growth of the sectors or brought the business to a standstill as a result of the closure and restriction measures taken. These interconnected sectors (tourism sector, production sector, energy sector) have caused a decrease in demand in the field of energy. As a result of the decrease in demand, energy production has been affected and the effects have been examined according to energy production sources. In this study, the national and international effects of the Covid-19 epidemic on Renewable Energy Sources (RES), which is a part of energy production, were investigated.

**Keywords:** Covid 19, Epidemic, Energy Sector, Renewable Energy

## I. GİRİŞ

Covid-19 ulusal ve uluslararası ekonomi, enerji, turizm, üretim gibi birçok sektörde olumsuz etkilere sebep olan salgın hastalıktır. Ulusal ve uluslararası ekonomide salgın neticesinde ortaya çıkan ekonomik durgunluk ya da ekonomik daralmalar tüm sektörlerde etkisini olumsuz yönde göstermiştir. Alınan tedbirler salgının yayılmasını önlemek, hastalık sonucu sağlık sektörü üzerinde oluşan iş yükünü azaltmak ve salgın sürecinin en hafif bir şekilde atlatılmasını amaçlamak olsa da birçok sektörün üzerindeki etkileri de olumsuz olmuştur. Enerji sektörü de diğer sektörler tarafından kullanılan enerji talebindeki azalmaya bağlı olarak olumsuz yönde etkilenmiştir. Yapılan bu

çalışmada enerji talebinde meydana gelen azalma sonucu oluşan etkiler açısından temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarından oluşan Yenilenebilir Enerji Kaynakları (YEK) incelenmiştir.

Salgın ilanının ilk çeyreğinde talepte meydana gelen azalma sonucu fosil yakıtların kullanımı da azalmıştır. Fosil yakıtların tüketiminde meydana gelen bu azalma neticesinde tüketimi artırmak amaçlı fiyat düşürme yöntemi uygulanmıştır. Gerçekleşen fiyat düşüşleri üretimi talebe bağlı olmayan daha temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji sektörü üzerinde farklı görüşlere neden olmuştur. [1]. YEK oluşan farklı görüşler açısından ve salgının sektör üzerindeki etkisi açısından da araştırılmıştır. Salgının seyri ulusal ya da uluslararası alanda farklılık gösterse de mayıs ayının başından itibaren alınan tedbirlerin azaltılması sonucu YEK üzerindeki etkilerde azalmıştır. 2020 yılı içerisinde YEK sektörünün nasıl bir seyir izlediği ve 2020 yılı planları içerisinde hedeflediği büyümeyi gerçekleştirip gerçekleştirmediği konusunda ki bazı çalışmalar değerlendirilmiştir.

Çalışmada salgının enerji sektörü, YEK enerji üretiminde küresel ve Türkiye üzerindeki etkileri detaylı olarak incelenmiştir.

## II. COVID-19 VE ENERJİ SEKTÖRÜNE ETKİLERİ

13 Ocak 2020 yılında tanımlanan yeni tip koronavirüs hastalığı ilk kez Çin'in Wuhan kentinde Aralık ayında ortaya çıkan solunum güçlüğü, grip, ateş, eklem ağrıları, tat ve koku kaybı vb. belirtileri gösteren SARS (Şiddetli Akut Solunum Sendromu) ve MERS (Orta Doğu Solunum Sendromu) gibi hastalıklara neden olan koronavirüs ailesinden gelen Sars-Cov-2 virüsünün neden olduğu bir hastalıktır [2]. Covid 19 11 Mart 2020 tarihinde Dünya Sağlık Örgütü tarafından pandemi olarak ilan edilmiştir[3]. Salgının hızla yayılması sonucu birçok ülke kapanmalara ve kısıtlamalara gitmiştir. Bu önlemler neticesinde sağlık, ekonomi, turizm üretim sektörü, lojistik vb. birçok alan olumsuz etkilenmiştir. Salgının yayılmasını önlemek için küresel çapta alınan önlemler doğrultusunda gerçekleşen kapanmalar ve kısıtlamalara bağlı olarak birçok ülkede üretim, ulaşım, turizm gibi alanlarda projelerin ertelenmesine ve işlerin durma noktasına gelmesine sebep olmuştur. Bunun sonucunda gerçekleşen enerji talebine olan arz azalmıştır [1]. Salgın nedeniyle alınan tedbirler kapsamında çoğu işyerinin eksik kapasite çalışmaları ya da tamamen iş yerlerinin kapatılması gibi önlemler enerji talebinde düşüşlere neden olmuştur. Küresel alanda enerji talebinin üçte birini oluşturan 30 ülkeden alınan günlük verilere göre yapılan hesaplamalar sonucunda enerji talebinde aylık %20, yıllık %1,5 oranında talep eksikliği gerçekleşmiştir [9]. Bu arz talebini dengelemek ve salgının olumsuz etkilerinden kurtulmak için fosil yakıtların fiyatları düşürülmüştür [1].

### 2.1. Covid-19'un Yenilenebilir Enerji Üzerindeki Küresel Düzeyde Etkileri

Enerji talebindeki salgının bu olumsuz etkisinin yıl içerisinde oluşan tam kapanma önlemlerinin devamlılığına göre ya da kısıtlamaların artırılmasına bağlı olarak değişebilmesi de söz konusudur [4]. Temiz enerji kullanımı için teşvik edilen YEK'in fosil yakıtların düşen fiyatları karşısında sergileyebileceği tutumlar hakkında iki görüş öne çıkmıştır. Bunlardan bir tanesi yenilenebilir enerjinin düşen fosil yakıt fiyatları karşısında önemini kaybetmesi diğeri de bu fiyat düşüşünden etkilenmeyişidir [1]. Enerji talebindeki bu düşüş fosil yakıtlar üzerinde etkisini gösterirken, YEK 2020 yılının ilk çeyreğinde %1,5, YEK temelli elektrik üretimi ise %3 oranında artmıştır. [4]

Covid 19' yenilenebilir enerji üzerinde etkilerini; tedarik zincirinin aksaması, tesis kurulumlarının inşaatının gecikmesi, kurulumlar için ayrılan teşvik paketlerinin azaltılması gibi finansal sorunların ortaya çıkması şeklinde sıralayabiliriz. Tedarik zincirinin aksaması; kurulum süresince gerekli olan hammadde ve yardımcı maddelerin kısıtlamalar sonucu temin edilememesi ya da alınan önlemler doğrultusunda yaşanan nakliye problemleridir [5]. Tesis kurulumlarındaki problemler; alınan önlemler sonucu kurulum çalışmalarının ertelenmesidir. Yaşanılan ekonomik sorunlar neticesinde ise yenilenebilir enerji projeleri için ayrılan finansal yardımların ya ertelenmesi ya da iptal edilmesidir. Salgının bu etkilerinin 2020 yılı içerisinde üretim kapasitesi için belirlenen hedeflerin değişmesine neden olacağı düşünülmüştür. Bundan dolayı Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) Mayıs 2020'de yapılan pazar güncellenmesinde salgının yenilenebilir enerji üzerindeki etkisine bakan bir ön analiz raporu yayınlamıştır [6]. Bu analiz raporuna göre yenilenebilir enerjinin kurulum sayısında salgın krizinin bir sonucu olarak bir düşüş gerçekleşebileceği ifade edilmiş olup, devlet destekleyici politikalarıyla birlikte ertelenen kurulumların devreye girmesiyle 2021 yılında büyümeyi sürdüreceği öngörülmüştür [7]. Ayrıca ekonomik toparlanma planları için eyleme geçirilebilir öneriler sunan IEA, Mayıs 2020'de yayınlanan Dünya Enerji Yatırımları raporunda, küresel enerji yatırımlarında %20'lik bir düşüş, temiz enerji geçişleri ve güvenlik için endişe verici etkileri olduğu konusunda uyarıda bulunmuştur. Bu noktada, IEA ve IMF, hükümetlerin salgın krizini sürdürülebilir bir şekilde atlatabilmeleri için elektrik, ulaşım, binalar, endüstri, yakıtlar ve teknoloji olmak üzere 6 alanda tavsiyeler içeren yol haritası çizmiştir [8]. Elektrik alanından çizilen yol haritasında IEA'nın sürdürülebilir enerji planında yeni işlerin %35'inden enerji verimliliği; %25'inden özellikle rüzgâr, güneş ve elektrik şebekelerinin modernizasyonu ve güçlendirilmesi gibi güç sistemleri sorumlu olacak ibaresi yer almıştır [8].

Salgın için alınan kapanma önlemleri ve kısıtlamaların mayıs ayından sonra hafifletilmesi geciken projelerin devam etmesine ve tedarik zincirindeki aksaklıkların alınan önlemler doğrultusunda çözüme ulaşması konusunda

bir miktar katkıda bulunmuştur. Küresel alanda düşünüldüğünde her ülkenin almış olduğu önlemler değişmektedir. Önlemlerin hafifletilmesi ya da artırılması, salgının yayılmasına bağlı olarak kapanmaların olması sektör açısından yeni belirsizliklerin oluşabileceğini göstermektedir. Bu belirsizliklere rağmen salgının yayılmaması için alınan sosyal mesafe kurallarının çalışma alanlarında uygulanması, tedarik zincirinin devamlılığının sağlanması ve üretim tesislerinin yaşam alanlarından uzak olması üretim sürdürülebilirliğine ve kurulum aşamalarının devam etmesine katkıda bulunmaktadır. Politik müdahalelerin yapılması açısından da Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) Salgının durumu için hükümetlere yönelik eylem çağrısında bulunmuştur [9]. Bu eylem çağrısında salgının olumsuz etkilerinden kurtulmak için uygulanması gereken müdahaleler yer almıştır. Bu müdahaleler;

- Yakın vadeli teslimat/ başvuruya yönelik sözleşme yükümlülükleri ile karşı karşıya olan YEK projeleri için son tarihleri yeniden gözden geçirin.
- YEK endüstrisini ve ilgili altyapıyı kritik ve temel bir sektör olarak belirleyin.
- Hem merkezi hem de merkezi olmayan YEK çözümlerini destekleyen politikaları teyit edin ve yaygınlaştırın [9].

Bu müdahaleler de yenilenebilir enerjinin sorunlarının çözümlenmesinde bir yol gösterici niteliğindedir.

YEK 2020 yılı sonunda elde edilen verilerine göre salgının tüm olumsuzluklarına rağmen ne kadar dirençli olduğunu göstermiştir [10]. IEA Mayıs ayında yapmış olduğu 2020 yılı enerji tahminini %18 üzerinde yukarı revize olarak güncelleştirilmiştir. Uluslararası Enerji raporuna göre 2020 yılında ilave edilmiş kapasitenin %90'ı yenilenebilir enerji kaynaklı olmuştur [11]. Ayrıca Uluslararası Enerji Raporuna göre yenilenebilir enerji 2020 yılında üretim kapasitesi büyüyecek olan tek enerji kaynağıdır ifadesi yer almıştır [9]. Enerji Kapasite İstatistikleri 2021 verileri de uluslararası enerji raporunu kanıtlar nitelikte olmuştur. İstatistik verilerine göre YEK 2.799.094 MW kapasiteyle 2019 yılına göre 260 GW'dan fazla enerji kapasitesi eklenmiştir [4]. Bu da 2019 yılına göre %10,3'lük bir büyümeyi gözler önüne sermiştir.

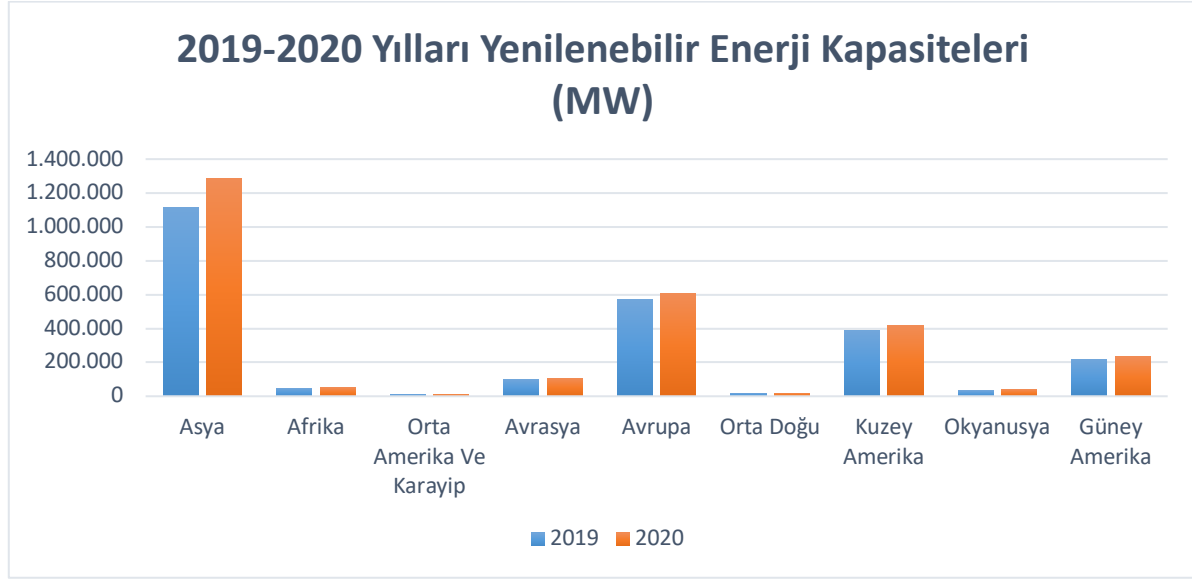
**Tablo 1:** Yenilenebilir Enerjinin Elde Edilme Yöntemlerine Göre Kapasite Değerlendirmeleri [10]

Yenilenebilir Enerji Türleri	2019 YILI KAPASİTESİ	2020 YILI	BÜYÜME	BÜYÜME
Güneş Enerjisi	587.134MW	713.970MW	127GW	%22
Rüzgar Enerjisi	622.249MW	733.276MW	111GW	%18
Hidroelektrik	1.311.301MW	1.331.889MW	20GW	%2
Biyogaz	124.076MW	126.557MW	2.481MW	%2
Jeotermal Enerji	13.886MW	14.050MW	164MW	%1,2
Yenilenebilir Belediye Atıkları	14.548MW	15.355MW	807MW	%5,3
Katı Biyoyakıtlar ve Yenilenebilir Atıklar	101.235MW	102.852MW	1.617MW	%1,6
Deniz Enerjisi	525MW	527MW	2MW	%0,4
Diğer Biyoyakıtlar	67.067MW	67.588MW	501MW	%0,75
Sıvı Biyoyakıtlar	19.285MW	20.150MW	865MW	%4,5
Sıvı Biyoyakıtlar	3.555MW	3.555MW	0W	%0

Alınan veriler doğrultusunda bu büyümenin enerji türlerine göre dağılımı Tablo1'de gösterilmiştir. Tablo1'de de görüldüğü gibi en büyük büyüme oranını gerçekleştiren güneş enerjisi 2020 yılında 713.970MW enerji kapasitesi ile geçen yıla oranla kapasitesini yaklaşık 127GW artırarak %22 oranında bir büyüme gerçekleştirmiştir. Bu kapasite artışının 707.495MW'nı güneş pillerinden ve 6.475MW'nı yoğunlaştırılmış güneş enerjisinden elde edilmiştir. Rüzgâr enerjisi 733.276MW kapasitesi ile geçen yıla oranla yaklaşık 111GW kapasite artışıyla %18'lik bir büyüme gerçekleştirmiştir. Enerji kapasitesinin 34.367MW'nı açık deniz rüzgarlarından ve 698.909MW'nı kara rüzgarlarından elde etmiştir. Hidroelektrik enerjisi 1.331.889MW kapasitesi ile geçen yıla oranla 20GW kapasite artışı ile %2 oranında büyüme göstermiştir. Jeotermal enerji 14.050MW kapasitesi ile geçen yıla oranla 164MW kapasite artışı ile %2 oranında büyüme göstermiştir. Biyogaz'dan elde edilen enerji kapasitesi 19.908MG kapasitesi ile geçen yıla oranla 307MW kapasite artışıyla %1,6 oranında bir büyüme göstermiştir. Yenilenebilir belediye atıkları 15.355MW kapasitesi ile geçen yıla oranla 807MW daha fazla üretim sağlayıp %5,3 oranında bir büyüme göstermiştir. Katı biyoyakıtlar 102.852MW kapasitesi ile geçen yıla oranla 1.617MW kapasite artışıyla %1,6 oranında büyüme göstermiştir. Deniz enerjisi 527MW kapasitesi ile geçen yıla oranla 2MW kapasite artışıyla %0,4 oranında bir büyüme göstermiştir. Diğer biyoyakıtlar 65.588MW kapasitesiyle geçen yıla oranla 501MW kapasite artışıyla %0,75 oranında bir büyüme göstermiştir. Biyogaz 20.150MW kapasitesiyle

geçen yıla oranla 865MW kapasite artışıyla %4,5 oranında bir büyüme göstermiştir. Sıvı biyoyakıtlar 3.555MW kapasite oranla kapasitesini geçen yıla oranla sabit tutmuştur.

Şekil 1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Üretim Bölgelerine Göre Kapasite Dağılımları [10]



Şekil 1'de görüldüğü üzere üretim kapasitesinin en büyük kısmını Asya ülkeleri oluşturmaktadır. Yıllık kapasite oranlarına göre ülkeler; Asya(%46), Avrupa (%22), Kuzey Amerika (%15), Güney Amerika(%8), Avrasya(%4), Okyanusya(%2), Afrika(%2), Orta Doğu(%1) ve Orta Amerika ve Karayipler(%1) oranlarıyla yıl içerisinde üretim payına sahiptirler.

Tablo 2: Yenilenebilir Enerji Büyüme Oranları [10]

Ülkeler/ Yıllar	2019 YILI	2020 YILI	KAPASİTE ARTIŞI	BÜYÜME
Asya	1.118.705MW	1.286.313MW	167.608MW	%15
Afrika	51.125MW	53.685MW	2.560MW	%5
Orta Amerika Ve Karayip	16.014MW	16.344MW	330MW	%2
Avrasya	104.006MW	110.241MW	6.235MW	%6
Avrupa	575.167MW	609.499MW	34.332MW	%6
Orta Doğu	23.033MW	24.244MW	1.211MW	%5,3
Kuzey Amerika	389.611MW	421.703MW	32.092MW	%8,23
Okyanusya	37.167MW	44.051MW	6.884MW	%18,52
Güney Amerika	223.614MW	233.033MW	9.419MW	%4,2

Tablo 2'den de anlaşılacağı üzere 2020 yılı yenilenebilir enerji alanında sırasıyla Okyanusya (%18,52), Asya (%15), Kuzey Amerika (%8,23), Avrasya (%6), Avrupa (%6), Orta Doğu (%5,3), Afrika (%5), Güney Amerika (%4,2) ve Orta Amerika ve Karayipler (%2) büyüme gerçekleştirmiştir.

Yukarıda da paylaşılan veriler doğrultusunda salgın tüm dünyada etkisini olumsuz yönde gösterse de YEK 2020 yılında büyümesini sürdürmüştür. Dünya üzerinde kullanılan fosil yakıtlar ve diğer enerji türlerine göre salgın gibi acil durumlarda duruma ne kadar iyi adapte olduğunu ve dünyanın temiz ve sürdürülebilir bir enerji türüne ihtiyacı olduğunu göstermiştir.

## 2.2. Türkiye'deki Yenilenebilir Enerji Kaynaklarıdaki Covid-19 Etkisi

YEK'in Türkiye'deki temelleri 2005'te çıkarılan Yenilenebilir Enerji Kanunu'na dayanmaktadır. Daha sonrasında Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı (YEEP) oluşturulmuştur. Bu eylem planı doğrultusunda 2023'te

Türkiye’de üretilen elektriğin %22’si hidroelektrik ve %16’sı diğer YEK’den üretilmesi hedeflenmiştir. [12]. 2019-2023 dönemini kapsayan 11. Türkiye Kalkınma Planının hedefleri arasında YEK elektrik üretiminin artırılması, şebekeye güvenli bir şekilde entegrasyonunun sağlanması amacıyla gerekli plan ve yatırımların gerçekleştirilmesi yer almaktadır [13]. Fakat 2020 yılında ilan edilen salgın hedeflenen amaçların ulaşılmasında ne tür bir etki yarattığı sorusunu akla getirmektedir.

Küresel alanda gerçekleşen bu salgının olumsuz etkileri birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de görülmüştür. Enerji sektöründeki etkileri incelendiğinde Mart-Haziran döneminde elektrik talebinin azalmasıyla elektrik üretiminde de bir azalma gerçekleşmiştir. Mart ayında %0,6 azalan brüt elektrik üretimi yıllık olarak Nisan, Mayıs, Haziran aylarında da sırayla %14,6, %16,5, %2,6 gerileme gerçekleşmiştir. Eylül ayı sonu itibari ile toplam elektrik üretimi 226,9 TWh olarak gerçekleşmiş ve 2019 yılına göre %1,1’lik azalma olmuştur [12]. Covid-19’un yenilenebilir enerji sektöründeki etkilerine bakıldığında; Tedarik zincirindeki aksaklıklar ortaya çıkmış olmasına bağlı tesis kurulumlarında gecikmelere sebep olmuştur. Kurulumlarda gerçekleşen bu gecikme Yenilenebilir Enerji Destekleme Mekanizması (YEKDEM)’den yararlanmak isteyen şirketler için olumsuz bir durum teşkil etmiştir. YEKDEM tanımına baktığımızda rüzgar, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dahil), dalga akıntısı enerjisi, gel-git enerjisi, kanal, nehir ve rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesislerine uygulanan destekleme mekanizması şeklindedir. YEKDEM başvurularının son tarihi 31.12.2020 tarihi olarak belirlenmiştir. Buda kurulumların gecikmesinden kaynaklı YEK belgesi olan kuruluşları YEKDEM mekanizmasından faydalanamayacağı anlamına gelmiştir [14].

Covid-19 nedeniyle YEKDEM başvuru takvim sürecinde yaşanan olumsuzluklar nedeniyle gecikmeler söz konusudur. Yenilenebilir enerji sektöründe çalışan firmalar bu sürenin uzatılması konusunda istekte bulunmuşlardır. [8]. Covid-19’un kendi sektörü üzerindeki etkilerini değerlendirmek için Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB) bir anket oluşturmuştur. Bu anketi yatırımcı/santral sahibi firmaların, ekipman tedarikçilerinin, proje geliştirme/danışmanlık firmalarının alanlarındaki etkilerine göre cevaplandırmaları istenmiştir. Yapılan anket değerlendirmeleri sonucu genel beklenti ve öneriler yayınlanmıştır. Bu beklenti ve öneriler;

- YEK’de projeleri olan şirketler gibi rüzgâr enerjisiyle uğraşan şirketlerinde YEKDEM mekanizması için 8-12 ay arasında ek sürenin verilmesi.
- Saha çalışmaları için valiliklerden proje bazlı izin verilmesi.
- Uluslararası ekipman tedarikleri için özel izinler ile ekipmanların sahaya ulaşmasının sağlanmasını düzenleyen bir mevzuat çalışmasının yapılması.
- Kamudaki izin süreçlerinin hızlanması veya izinle saha çalışmalarının eş zamanlı yapılabilmesine imkân sağlayacak şekilde bir istisna uygulama düzenleme yapılması olarak belirlenmiştir [15].

TÜREB gibi YEK birlikleri salgınla mücadele için eylem planları uygulamış ve salgın yayılmasını diye çalışma koşullarını düzenlemiştir [16].

18 Eylül 2020 tarihinde yürürlüğe giren 2949 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararına göre: Yenilenebilir Enerji Kaynak Belgeli (“YEK Belgesi”) üretim lisansı sahiplerinin YEKDEM’e dahil olabilecekleri tarih 6 ay uzatılarak, 30.06.2021 olarak güncellenmiştir [17]. Böylelikle kurulum gecikmeleri üzerinde salgın etkisini azaltılma yönüne gidilmiştir. Yeka Ges 3 ihaleleri salgın sonrası iyileşme planları arasında önemli aşamalar arasındadır. Planlar arasında yenilenebilir enerji yatırımlarının hızlandırılması ibaresi iyileşme sürecine katkı sağlayacaktır [8].

Salgının olumsuz etkileri olduğu gibi yenilenebilir enerji sektörü bu olumsuz etkilerden arınarak Türkiye’ de üretimini artırmıştır [18]. Yenilenebilir enerjinin sürdürülebilirliği ve temiz enerji ihtiyacını karşıladığı göz önünde bulundurulursa salgın döneminde yenilenebilir enerjinin ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmıştır.

Yenilenebilir Enerji Kapasite İstatistikleri 2021 verilerine Türkiye açısından bakıldığında; Türkiye yenilenebilir enerji kapasitesi 2019 yılına göre; 4.811MW artırarak kapasitesi 49.398MW olmuştur. Bu artışla yıllık %10,8’lik bir büyüme gerçekleştirmiştir [4].

**Tablo 3:** Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kapasitesi [10]

Yenilenebilir Enerji Kapasiteleri(MW)	2019	2020	Büyüme(MW)	Büyüme(%)
Hidroelektrik Enerji	28.503	30.984	2.481	%8,7
Rüzgar Enerjisi	7.597	8,832	1.235	%16,25
Güneş Enerjisi	5.996	6.658	662	%11,04
Biyoenjerji	983	1300	317	%32,24
Belediye Atıkları	185	185	0	0
Diğer katı Yakıtlar	249	349	100	%40,16
Sıvı Biyoyakıtlar	19	19	0	%0

Bagas	534	748	214	%40
Jeotermal Enerji	1515	1613	98	%6,47
Sıvı Biyoyakıtlar ve yenilenebilir Atıklar	430	533	103	%24

Tablo 3 'de Türkiyedeki yenilenebilir enerji kaynakları ve kapasiteleri görülmektedir. Tabloda paylaşılan veriler doğrultusunda YEK olarak ilk 3 sırayı hidroelektrik, rüzgar ve güneş enerjisi oluşturmaktadır ve aynı verilerin gösterdiği diğer bir sonuç ise YEK salgına rağmen üretimdeki ivmesini korumaktadır.

### Sonuç

Covid 19 salgın hastalığı dünya üzerinde milyonlarca ölümün yanı sıra ülkeler tarafından alınan tedbirler ve kısıtlamalar nedeniyle ekonomilerinin durağanlaşmasına ya da daralmasına sebep olmuştur. Ekonomi alanında oluşan bu olumsuz tablo ekonomiye katkıda bulunan üretim sektörü, ulaşım sektörü, turizm sektörü ve enerji sektörü gibi birçok sektörde etkisini göstermiştir. Sektörlerin birbiri ile ilişkilerini göz önünde bulundurulduğunda enerji sektörü de bu olumsuz etkiden payını almıştır ve sektörler tarafından kullanılan enerji talebinde azalma meydana gelmiştir. Fakat enerji sektöründeki bu talep azalımı üretiminin talebe bağlı olmayan YEK'i olumsuz etkilememiştir. Salgın süresince oluşan aksaklıklar, finansal sorunlar ve tesis kurulum gecikmeleri gibi durumlar alınan önlemler doğrultusunda çözümlenmeye çalışılmıştır. YEK'in ulusal ve uluslararası düzeyde salgının meydana getirdiği olumsuz etkilere karşı ne kadar dirençli olduğunu ve aynı zamanda yenilenebilir enerjinin salgına adapte olmada diğer enerji türlerine göre daha başarılı olduğu görülmüştür. İstatiksel verilerden elde edilen sonuçlardan da görüldüğü gibi YEK bu süreçte enerji üretimini sektöre uğratmadan devam ettirmiş ve hatta sektörde büyüme potansiyelini de sürdürülebilmiştir.

### Kaynakça

- 1) Sağsen İ.(2020), Kovid-19 Salgını Ve Petrol Savaşı Yenilenebilir Enerji Sektörünü Nasıl Etkileyecek?. Jes Dergisi, 10, 44-46.
- 2)T.C. Sağlık Bakanlığı Covid-19 Bilgilendirme Platformu, Covid 19 Nedir?, <https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66300/covid-19-nedir-.html> , Son Erişim Mayıs 2021.
- 3) T.C. Sağlık Bakanlığı Covid-19 Bilgilendirme Platformu, Pandemi Nedir?, <https://covid19.saglik.gov.tr/TR-66494/pandemi.html> , Son Erişim Nisan 2021.
- 4) Global Energy Review, Report extract Renewables. <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020/renewables> , Son Erişim Nisan 2021
- 5) Erkan E. (2020). Koronavirüs Krizi, Enerji Dönüşümü İçin Büyük Bir Fırsat Olabilir, Gün Dergisi, Nisan-Mayıs\_Haziran, 56-62.
- 6) Renewable energy market update, Report extract 2020 and 2021 forecast overview. <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update/2020-and-2021-forecast-overview> , Son Erişim Nisan 2021.
- 7) Renewable Energy Market Update, Renewables are not immune to the Covid-19 crisis, but they are more resilient, <https://www.iea.org/reports/renewable-energy-market-update#context> , Son Erişim Nisan 2021.
- 8) Erkan E(2020). Pandemi Sonrası İyileşme, "Mini Yeka" İle Sağlanacak. Gün Dergisi, Temmuz, 52-56.
- 9) Bozkurt C. (2020). IRENA'dan Eyleme Geçme Çağrısı: Yenilenebilir Enerji Çözümün Temel Bir Parçasıdır, Jeotermal Haberler, <https://www.jeotermalhaberler.com/irenanadan-eyleme-gecme-cagrisi-yenilenebilir-enerji-cozumun-temel-bir-parcasidir/>, Son Erişim Nisan 2021.
- 10) International Renewable Energy Agency: IRENA, Renewable Capacity Statistics 2021, <https://www.irena.org/publications/2021/March/Renewable-Capacity-Statistics-2021> , Erişim Tarihi:13.04.2021.
- 11) Renewables. Renewable Electricity, <https://www.iea.org/reports/renewables-2020/renewable-electricity-2#abstract> , Son Erişim Nisan 2021.
- 12) EPDK, Türkiye Ulusal Yenilenebilir Eylem Planı, <https://rise.esmap.org/data/files/library/turkey/EE%20Pillar/EE1.1.pdf> , Son Erişim Mayıs 2021.
- 13) T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı 11. Kalkınma Planı, [https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/11/ON\\_BIRINCI\\_KALKINMA-PLANI\\_2019-2023.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/11/ON_BIRINCI_KALKINMA-PLANI_2019-2023.pdf) , Son Erişim Mayıs 2021



- 14) <https://www.elektrikport.com/teknik-kutuphane/yekdem-nedir/22440#ad-image-0>, Son Erişim Nisan 2021.
- 15) TÜREB, TÜREB RES Projelerinde COVID-19 Etkisi Anket Raporunu, Enerji ve Çevre Dünyası Dergisi.,158, 22-23.
- 16) TÜREB., Rüzgar Enerji santrallerinde Eylem Planı, TÜREB Dergisi, 18, 4-5.
- 17) Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi, 2949 Sayılı Karar, <https://www.mevzuat.gov.tr> , Son Erişim Mayıs 2021.
- 18) TRT Haber, Elektrik Üretimini Yarıya Yakını Yenilenebilir Enerjiden, <https://www.trthaber.com/haber/ekonomi/elektrik-uretiminin-yariya-yakini-yenilenebilir-enerjiden-546651.html>, Son Erişim Mayıs



# Fırçasız Doğru Akım Motoru Sürücüsünün Tasarımı ve Gerçekleştirilmesi

## Brushless Direct Current Motor Driver Design and Implementation

Bilal İMREN\*  Yaşar BİRBİR 

Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Elektrik-Elektronik Mühendisliği, İstanbul, Türkiye.

\*bilal.imren@hotmail.com

### Öz

Bu çalışmada, fırçasız doğru akım motorunun 3 faz eşdeğer transfer fonksiyonu kullanılarak Matlab&Simulink ortamında modellenmiştir. Geliştirilen sürücünün devresi kontrol katı, güç katı ve arayüz katı olmak üzere 3 modül olarak Altium ortamında tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Kontrol katı mikrodenetleyici birimini içermektedir. Güç katı 3 fazlı tam köprü topolojisinde evirici devresini, güç girişlerini ve güç çıkışlarını içermektedir. Evirici devresinde anahtarlama elemanı olarak IGBT modül kullanılmıştır. Arayüz katı arayüz ekranı, sinyal girişleri ve sinyal çıkışlarını içermektedir. Sürücü yazılımı C programlama dili ile ARM tabanlı bir mikrodenetleyici üzerinde çalışacak şekilde geliştirilmiştir. Komütasyon yöntemi olarak trapezoidal komütasyon kullanılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Fırçasız Doğru Akım Motoru, Güç Elektronikleri, Motor Kontrol, Motor Sürücüsü, Motor Benzetimi

### Abstract

In this study, a brushless direct current motor is modeled in Matlab&Simulink using a 3-phase equivalent transfer function. The circuit of the implemented driver has been designed and implemented in Altium environment as 3 modules as control stage, power stage and interface stage. The control unit contains the microcontroller unit. The power stage contains the inverter circuit, power inputs and power outputs in 3-phase full bridge topology. IGBT module is used as the switching element in the inverter circuit. The interface layer contains the interface screen, signal inputs and signal outputs. The driver software has been developed to run on an ARM-based microcontroller with the C programming language. Trapezoidal commutation was used as the commutation method.

**Keywords:** Brushless Direct Current Motor, Power Electronics, Motor Control, Motor Driver, Motor Simulation

## I. GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin ve endüstrinin gelişmesine bağlı olarak fırçasız doğru akım motorları ön plana çıkmaktadırlar. Geleneksel fırçalı doğru akım motorları bakım masrafları, fırça ve kolektörde meydana gelen kayıplar ve düşük verimli olması gibi sebeplerden dolayı fırçasız doğru akım motorlarının kullanımı artmaya başlamıştır.

Fırçasız doğru akım motorların avantajları aşağıdaki gibidir.

- Sabit tork ile hız kontrolü
- Yüksek verimlilik
- Fırça kolektör mekanizmasının olmaması
- Boyutlarına göre daha yüksek güç yoğunluğu
- Yüksek devirlerde çalışma imkânı
- Sessiz çalışma

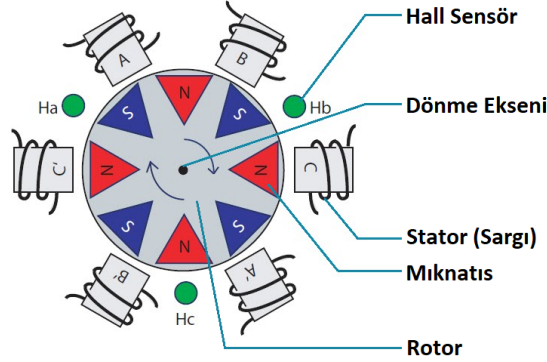
- Uzun ömür
- Daha az bakım ihtiyacı

Fırçasız doğru akım motorların dezavantajları aşağıdaki gibidir.

- Sürücü ile kullanım zorunluluğu
- Geri besleme için pozisyon sensörü zorunluluğu (Sensörsüz kontrol yöntemleri bu çalışma kapsamında değildir.)
- Yüksek maliyet

### 1.1. Fırçasız Doğru Akım Motorunun İç Yapısı

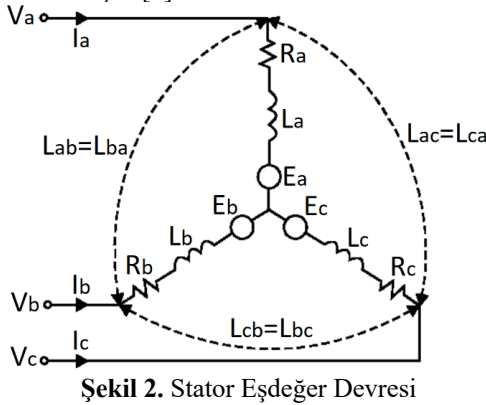
Fırçasız doğru akım motoru stator ve rotor olmak üzere 2 temel parçaya ayrılır. Stator, faz sargılarının bulunduğu sabit kısımdır. Rotor, mıknatıs kutuplarının bulunduğu döner eksen üzerinde hareketli kısımdır. Stator ve rotora ek olarak stator sargıları arasında eşit aralıklar ile yerleştirilmiş 3 adet Hall Sensörü bulunabilmektedir. Bu hall sensörleri aracılığıyla rotorun pozisyonu algılanmakta ve komütasyon sağlanmaktadır. Hall sensörlerine ek olarak mutlak enkoder, artımsal enkoder veya resolver vb. farklı geri besleme elemanları da mevcuttur. Bu çalışmada hall sensörleri kullanılmıştır. Fırçasız doğru akım motorunun iç yapısı Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Fırçasız Doğru Akım Motoru İç Yapısı

### 1.2. Fırçasız Doğru Akım Motorunun Eşdeğer Devresi

Fırçasız doğru akım motorları özel tasarım motorlar hariç tutulursa 3 fazlı olarak üretilmektedir. Fırçasız doğru akım motorunun stator eşdeğer devresi Şekil 2’de verilmiştir [7].



Şekil 2. Stator Eşdeğer Devresi

Stator eşdeğer devresine matematiksel olarak ifade edilmek istenirse Denklem 1 ortaya çıkar.

$$\begin{bmatrix} V_a \\ V_b \\ V_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} R_a & 0 & 0 \\ 0 & R_b & 0 \\ 0 & 0 & R_c \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} + \frac{d}{dt} \cdot \begin{bmatrix} L_a & L_{ab} & L_{ac} \\ L_{ba} & L_b & L_{bc} \\ L_{ca} & L_{cb} & L_c \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix} \quad (1)$$

### 1.3. Fırçasız Doğru Akım Motoru Komütasyon Yöntemleri

Fırçasız doğru akım motorlarında döner hareketin sağlanabilmesi için, motor fazları belirli bir sıralama ile enerjilendirilmelidirler. Bu olaya elektriksel komütasyon adı verilmektedir. Kullanılan komütasyon türü motor kontrol başarımını doğrudan etkilemektedir.

Fırçasız doğru akım motorlarında kullanılan komütasyon türleri aşağıdaki gibidir.

- Trapezoidal PWM (6 Step PWM)
- Sinüzoidal PWM (SPWM)
- Alan Vektörü PWM (SVPWM)

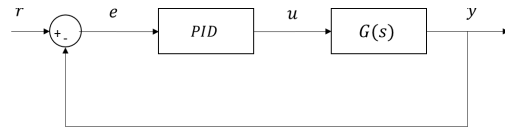
Bu çalışmada trapezoidal PWM kullanılarak bir fırçasız doğru akım motoru sürücüsü modellenmiş, tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir.

### 1.4. Fırçasız Doğru Akım Motoru Kontrol Yöntemleri

Fırçasız doğru akım motorları kullanım amacına ve isteğe göre hız, konum ya da tork açısından kontrol edilebilirler. Fırçasız doğru akım motorları farklı açılardan kontrol edilebildiği gibi farklı kontrolcülerle de kontrol edilebilirler. Birçok gelişmiş kontrol yöntemi olmasına rağmen, PID kontrol; kararlılığı, karmaşık olmayan yapısı, geniş bir alana uygulanabilirliği ve dijital/analog platformlarda uygulama kolaylığı gibi nedenlerden dolayı hala endüstride en çok tercih edilen ve kullanılan kontrol yöntemidir [6].

#### 1.4.1. PID Kontrol

PID kontrol yaygın kullanılan bir kontrolcü çeşididir. Şekil 3’te PID kontrolün kullanıldığı klasik bir sistemin blok şeması gösterilmektedir. Burada  $r$  referans girişini,  $e$  giriş ile sistem geri beslemenin farkı olan hatayı,  $u$  kontrolcü çıkışını,  $y$  ise sistemin çıkışını ifade etmektedir [1].



Şekil 3. PID Kontrol Blok Şeması

Denklem 2’de PID kontrolcünün parametrelerini içeren transfer fonksiyonu verilmiştir. PID içerisindeki  $K_p$ ,  $K_i$  ve  $K_d$  parametreleri en uygun değerleri alarak sistem çıkışı ile referans girişi arasındaki farkı ifade eden hata değerini sıfıra indirmiş olur.

$$C(s) = K_p + \frac{K_i}{s} + K_d \cdot s \quad (2)$$

PID kontrol yapısının kullanıldığı klasik bir sistemin girişi ve çıkışı arasındaki kapalı döngü transfer

fonksiyonu Denklem 3'te verilmiştir. Burada  $G(s)$  kontrol edilecek sistemin,  $C(s)$  ise kontrolcünün transfer fonksiyonunu ifade etmektedir.

$$\frac{y}{r} = \frac{G(s).C(s)}{1+G(s).C(s)} \quad (3)$$

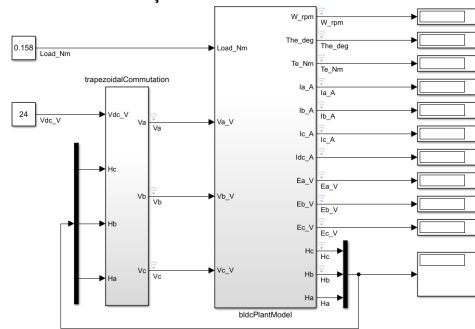
#### 1.4.2. Kontrolcü Parametrelerinin Belirlenmesi

Kontrolcü parametrelerinin belirlenmesi de kontrolcü yapısının oluşturulması kadar önemlidir. PID kontrolde parametrelerin belirlenmesi için Cohen-Coon yöntemi, Tyreus-Luyben yöntemi ve Ziegler-Nichols yöntemi gibi birtakım temel yöntemler mevcuttur. Bunlardan Ziegler-Nichols yöntemi halen en çok kullanılan ayar yöntemlerinden birisidir (Uysal, 2010). Ancak yapılan çalışmalara bakıldığında geleneksel parametre ayarlama yöntemleri; yüksek aşma miktarı, düşük doğruluk oranı ve ayar süresinin uzun olması gibi dezavantajlarından dolayı yapay zekâ optimizasyon algoritmaları kadar başarılı olamamaktadır [3].

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Sistem Modelleme Çalışmaları

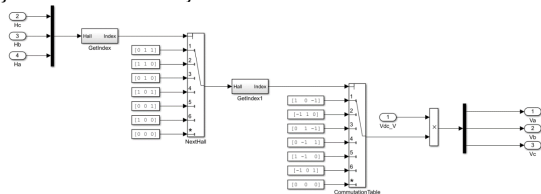
Bu çalışmada fırçasız doğru akım motorunun eş değer devre denklemleri kullanılarak Matlab&Simulink ortamında bir sistem modelleme çalışması yapılmıştır. Sistem modeli blok şeması Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Sistem Modeli Şeması

#### 2.1.1. Komütasyon Bloğu

Sistem modelleme çalışmasında komütasyon yöntemi olarak trapezoidal komütasyon kullanılmıştır. Trapezoidal komütasyon blok şeması Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Trapezoidal Komütasyon Blok Şeması

#### 2.1.2. Fırçasız Doğru Akım Motoru Bloğu

Başlık 1.2'de verilen fırçasız motor eşdeğer devresi ve denklemleri kullanılarak bir transfer fonksiyonu oluşturulmuştur. Oluşturulan transfer fonksiyonu

Matlab&Simulink ortamına aktarılmış ve sistem modeline dahil edilmiştir.

Denklem 4'de 3 faz akım ile motorun ürettiği elektromanyetik tork arasındaki ilişki ifade edilmektedir.

$$\begin{bmatrix} T_a \\ T_b \\ T_c \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} I_a \\ I_b \\ I_c \end{bmatrix} \cdot [K_t] \cdot \begin{bmatrix} \cos 0 \\ \cos -2\pi/3 \\ \cos -4\pi/3 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Denklem 5'te rotor milinde oluşan toplam tork ifade edilmektedir.

$$T_e = T_a + T_b + T_c \quad (5)$$

Denklem 6'da motorun hızı ile ürettiği zıt elektromotor kuvveti (BEMF) arasındaki ilişki ifade edilmektedir.

$$\begin{bmatrix} E_a \\ E_b \\ E_c \end{bmatrix} = [N] \cdot [K_e] \cdot \begin{bmatrix} \cos 0 \\ \cos -2\pi/3 \\ \cos -4\pi/3 \end{bmatrix} \quad (6)$$

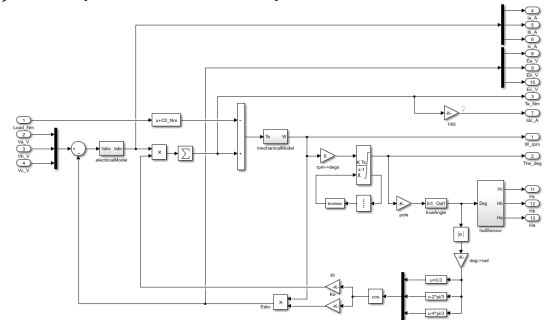
Denklem 7'de stator sargılarının elektriksel transfer fonksiyonu ifade edilmektedir.

$$\frac{1}{L \cdot s + R} \quad (7)$$

Denklem 8'de ise rotorun mekanik transfer fonksiyonu ifade edilmektedir.

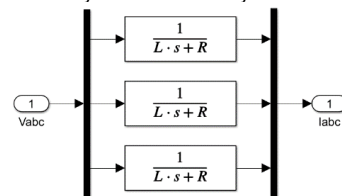
$$\frac{1}{J \cdot s + C_v} \quad (8)$$

Fırçasız doğru akım motoru transfer fonksiyonu blok şeması Şekil 6'da verilmiştir.



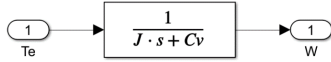
Şekil 6. Fırçasız Doğru Akım Motoru Transfer Fonksiyonu Blok Şeması

Statorda 3 fazlı sargı bulunmaktadır. Bu nedenle her faz için ayrı transfer fonksiyonu kullanılmıştır. Şekil 7'de stator sargılarının 3 faz elektriksel transfer fonksiyonu blok şeması verilmiştir.



Şekil 7. Stator 3 Faz Elektriksel Transfer Fonksiyonu Blok Şeması

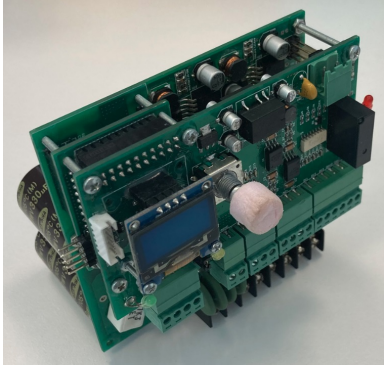
Rotor mekanik transfer fonksiyonu oluşturulurken atalet momenti ve dinamik sürtünme değerleri dikkate alınmıştır. Şekil 8'de rotorun mekanik transfer fonksiyonunun blok şeması verilmiştir.



Şekil 8. Rotor Mekanik Transfer Fonksiyonu Blok Şeması

## 2.2. Elektronik Devre Tasarımı Çalışmaları

Gerçekleştirilen sürücü güç katı, kontrol katı ve arayüz katı olmak üzere 3 kat olarak tasarlanmıştır. Sürücünün genel görünümü Şekil 9’da verilmiştir [4].



Şekil 9. Gerçekleştirilen Sürücünün Genel Görünümü

Sürücü özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

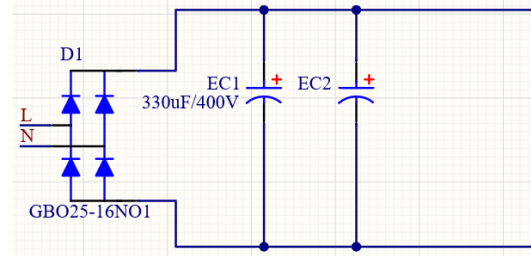
Tablo 1. Sürücünün Özellikleri

Kontrol Katı Giriş Voltajı	18-35 V
Güç Katı Giriş Voltajı	0-300 V <sub>DC</sub> / 0-220 V <sub>AC</sub>
Güç Katı Çıkış Voltajı	0-220 V <sub>AC</sub>
Maksimum Güç	1.5 kW
Komütasyon	Trapezoidal / Sinüzoidal
PWM Frekansı	10 kHz
Dijital Girişler	3 Adet 0-24 V (Optik İzole)
Dijital Çıkışlar	1 Adet Kuru Kontak
Analog Girişler	2 Adet +5V
Analog Çıkışlar	1 Adet +5V
Geri Besleme	Hall Sensör / Artımsal Enkoder
Haberleşme Arayüzü	1 Adet RS485
Kullanıcı Arayüzü	128x64 OLED Ekran Mekanik Enkoder

### 2.2.1. Güç Katı Tasarımı

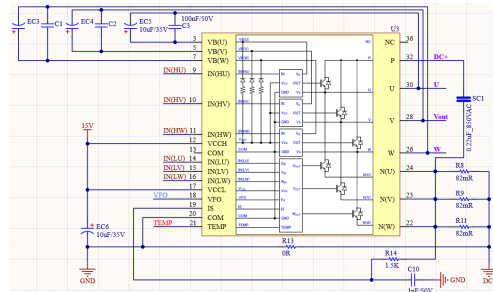
Güç katında tam köprü doğrultucu devre, 3 fazlı tam köprü evirici devresi, 15V, 5V, 3.3V doğru akım düşürücü güç kaynağı devreleri, faz akımı ölçüm devresi ve DC bara gerilimi ölçüm devresi bulunmaktadır.

Sürücünün güç girişinde tam köprü doğrultucu devre bulunmaktadır. Tam köprü doğrultucu devre elemanı olarak IXYS GBO25-16NO1 köprü diyot entegresi kullanılmıştır. DC bara kondansatörü olarak 2 adet 330 µF kondansatör kullanılmıştır. Bu sayede hem AC hem de DC gerilim girişine destek sağlanmaktadır. Tam köprü doğrultucu devre şeması Şekil 10’da verilmiştir.



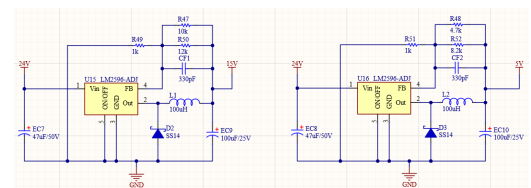
Şekil 10. Tam Köprü Doğrultucu Devre Şeması

Evirici devresinde anahtarlama elemanı olarak tek kılıf içerisinde 6 adet IGBT barındıran Fuji Electric 6MBP35XSF060-50 IPM modül kullanılmıştır. Kullanılan modülün maksimum gerilim değeri 400V<sub>DC</sub>, maksimum akım değeri 35 A’dır. Bu sayede yerden tasarruf sağlanmıştır. Evirici modülünün devre şeması Şekil 11’de verilmiştir [5].



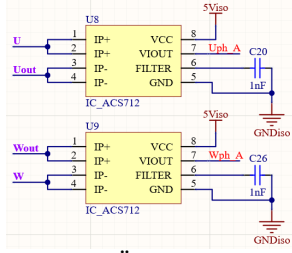
Şekil 11. Evirici Modülü Devre Şeması

Doğru akım düşürücü güç kaynağı devrelerinde LM2596-ADJ entegresi kullanılmaktadır. LM2596-ADJ anahtarlama güç kaynağı devrelerinde sık kullanılan bir entegredir. Ayarlı yapıda olması sayesinde 0-V<sub>giriş</sub> aralığında istenilen seviyede gerilim çıkışı elde edilebilmektedir. Doğru akım düşürücü güç kaynağı devre şeması Şekil 12’de verilmiştir.



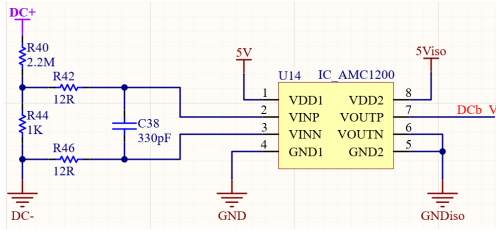
Şekil 12. Doğru Akım Düşürücü Güç Kaynağı Devre Şeması

U ve W fazları üzerinden ACS712 akım sensörü kullanılarak akım ölçümü yapılmaktadır. ACS712 akım sensörü temassız akım ölçümü için kullanılan bir entegredir. Bu sayede elektriksel olarak izole bir biçimde akım ölçümü sağlanabilmektedir. Akım ölçümü devre şeması Şekil 13’te verilmiştir.



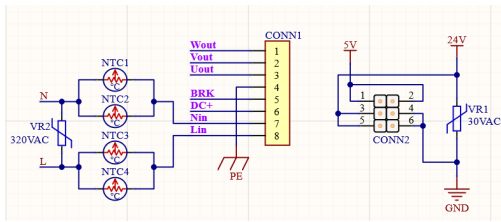
Şekil 13. Akım Ölçümü Devre Şeması

DC bara gerilimi bir gerilim bölücü devresi üzerinden AMC1200 opamp entegresi ile ölçülmektedir. AMC1200 şönt direnç üzerinden gerilim ölçümü için optimize edilmiş elektrikselsel olarak izole bir opamp entegresidir. Bu sayede elektrikselsel olarak izole bir biçimde gerilim ölçümü sağlanabilmektedir. Gerilim ölçümü devre şeması Şekil 14’te verilmiştir.



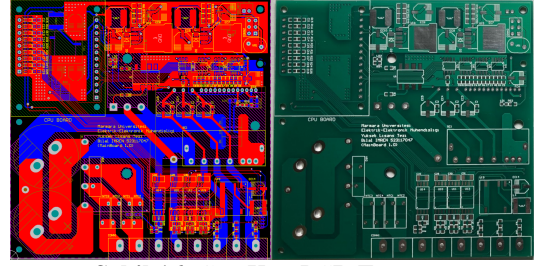
Şekil 14. Gerilim Ölçümü Devre Şeması

Sürücünün güç devresi girişinde 2 adet 330 µF kondansatör bulunmaktadır. Söz konusu kondansatörler boş iken ilk şarj anında kısa devre etkisi yaratacaktır. Bu etkiye “inrush current” adı verilmektedir. Güç devresi tasarımında “inrush current” etkisi dikkate alınmış ve bu etkiyi azaltmak için toplam 4 adet 12 Ω değerinde NTC kullanılmıştır. Bu sayede DC bara üzerinde bulunan kondansatörlerin ilk şarj akımını sınırlandırılmıştır. Giriş koruma devresi şeması Şekil 15’te verilmiştir.



Şekil 15. Giriş Koruma Devresi Şeması

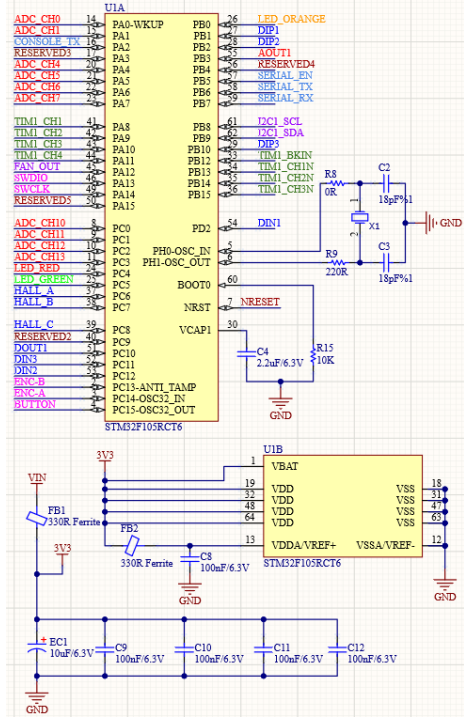
Güç katı devresi Altium ortamında 100x100 mm boyutlarında iki taraflı PCB olarak tasarlanmıştır. Güç katı PCB tasarımı Şekil 16’da verilmiştir.



Şekil 16. Güç Katı PCB Tasarımı

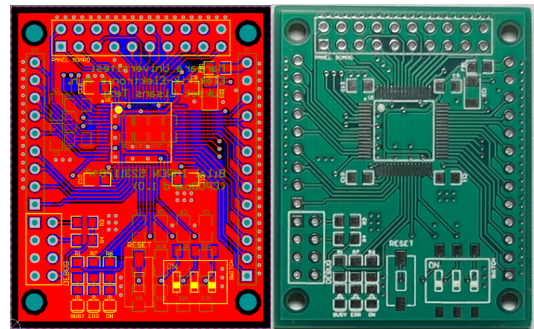
### 2.2.2. Kontrol Katı Tasarımı

Kontrol katı mikrodenetleyici devresinden meydana gelmektedir. Mikrodenetleyici olarak ARM tabanlı STM32F105RCT6 LQFP64 kullanılmıştır. OLED ekran ile haberleşme arayüzü için I2C birimi, RS485 haberleşme arayüzü için USART birimi kullanılmıştır.



Şekil 17. Kontrol Katı Devre Şeması

Kontrol katı devresi Altium ortamında 37x46 mm boyutlarında iki taraflı PCB olarak tasarlanmıştır. Kontrol katı PCB tasarımı Şekil 18’de verilmiştir.

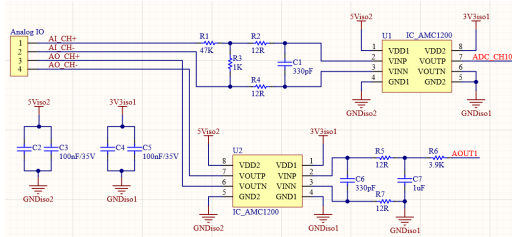


Şekil 18. Kontrol Katı PCB Tasarımı

### 2.2.3. Arayüz Katı Tasarımı

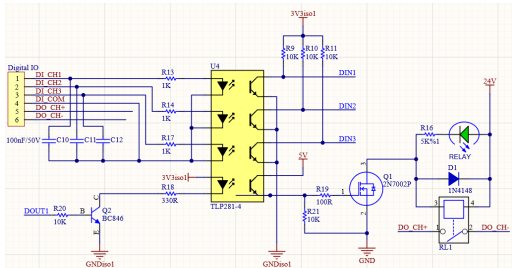
Arayüz katında analog giriş/çıkış devresi, dijital giriş/çıkış devresi, hall sensör/artımsal enkoder arayüzü devresi, RS485 haberleşme arayüzü devresi ve kullanıcı arayüzü devresi bulunmaktadır.

Analog giriş ve çıkış devresinde 1 adet analog giriş ve 1 adet analog çıkış bulunmaktadır. AMC1200 opamp entegresi kullanılmıştır. +5V/-5V aralığında analog sinyali algılama ve +5V/-5V aralığında analog sinyal üretilebilmektedir. Gerilim ölçümü devre şeması Şekil 19'da verilmiştir.



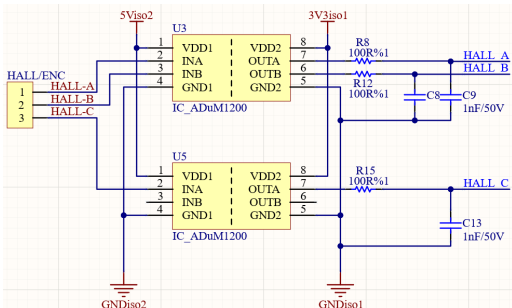
Şekil 19. Analog Giriş/Çıkış Devre Şeması

Dijital giriş/çıkış devresinde 3 adet dijital giriş ve 1 adet kuru kontak çıkış bulunmaktadır. Dijital girişler için TLP281 optokuplör entegresi kullanılmıştır. Kuru kontak çıkışı için tek kutuplu tek konumlu mekanik röle kullanılmıştır. Dijital giriş/çıkış devre şeması Şekil 20'de verilmiştir.



Şekil 20. Dijital Giriş/Çıkış Devre Şeması

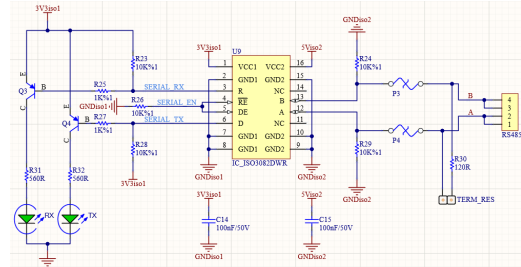
Hall sensör/artımsal enkoder devresinde 3 adet dijital kare sinyal girişi bulunmaktadır. ADuM1200 dijital izolatör entegresi kullanılmıştır. Bu sayede elektriksel olarak izole sensör arayüzü sağlanmaktadır. Hall sensör/artımsal enkoder devre şeması Şekil 21'de verilmiştir.



Şekil 21. Hall Sensör/Artımsal Enkoder Devre Şeması

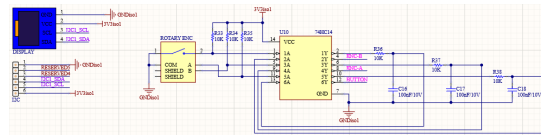
RS485 arayüzü devresinde A ve B olmak üzere iki

adet haberleşme hattı bulunmaktadır. RX ve TX hatlarına paralel LED bağlantısı yapılmıştır. Bu sayede haberleşme durumu LED'ler üzerinden görülebilmektedir. A ve B hatlarında bulunan seri PTC elemanları ile kısa devre koruması sağlanmıştır. ISO3082DWR entegresi kullanılmıştır. RS485 arayüzü devre şeması Şekil 22'de verilmiştir.



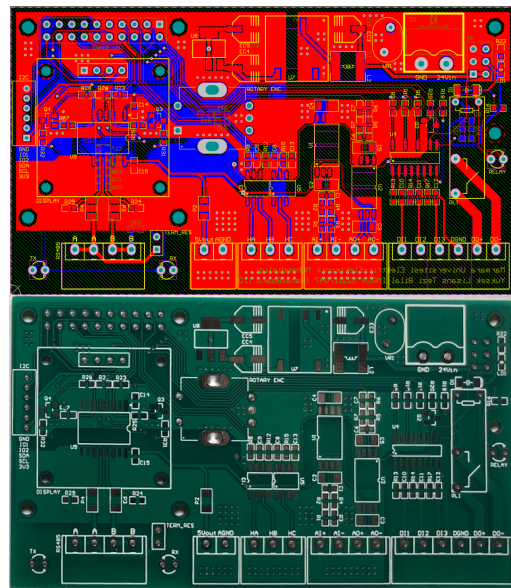
Şekil 22. RS485 Arayüzü Devre Şeması

Kullanıcı arayüzü devresinde 1 adet OLED ekran ve 1 adet mekanik enkoder bulunmaktadır. Mekanik enkoderin çıkışlarında yapısı gereği "debounce" riski bulunmaktadır. Bu durumun önüne geçmek için 74HC14 entegresi ile donanımsal dijital filtre devresi tasarlanmıştır ve "debounce" sorunu en aza indirgenmiştir. OLED ekran I2C haberleşme arayüzü üzerinden kontrol katına bağlanmaktadır. Kullanıcı arayüzü devresi Şekil 23'te verilmiştir.



Şekil 23. Kullanıcı Arayüzü Devresi

Arayüz katı devresi Altium ortamında 100x58 mm boyutlarında iki taraflı PCB olarak tasarlanmıştır. Arayüz katı PCB tasarımı Şekil 24'te verilmiştir.

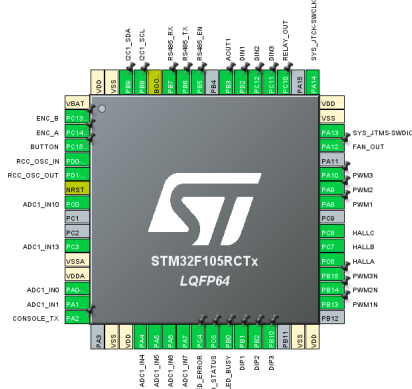


Şekil 24. Arayüz Katı PCB Tasarımı



### 2.3. Yazılım Geliştirme Çalışmaları

Geliştirilen sürücünün kontrol katı ARM tabanlı STM32F105RCT6 mikrodenetleyici içermektedir. Bu proje kapsamında söz konusu mikrodenetleyici üzerinde yazılım geliştirme çalışmaları yapılmış ve yazılım geliştirme çalışmaları sonucunda sürücü testleri gerçekleştirilmiştir. Mikrodenetleyici konfigürasyonu Şekil 25'te verilmiştir [1].



Şekil 25. Mikrodenetleyici Konfigürasyonu

Yazılım geliştirme ortamı olarak STM32CubeIDE kullanılmıştır. Programlama dili olarak C dili kullanılmıştır. Sürücü yazılımını “taşınabilirlik, yeniden kullanılabilirlik, okunabilirlik” kuralları çerçevesinde alt modüller halinde geliştirilmiştir. Yazılım alt modülleri aşağıdaki gibidir.

- Kullanıcı Arayüzü Modülü
- Giriş Çıkış Modülü
- Geri Besleme Modülü
- PWM Modülü
- Kontrol Modülü

#### 2.3.1. Kullanıcı Arayüzü Modülünün Geliştirilmesi

Sahada kullanım ihtiyacı göz önünde bulundurularak, geliştirilen sürücüye 1 adet OLED ekran dahil edilmiştir. Ekran üzerinden Tablo 2’de yer alan parametreler güncellenebilmektedir.

Tablo 2. Sürücü Parametreleri

Parametre	Değer
Motor Türü	Fırçasız Doğru Akım / Asenkron
Kutup Sayısı	2 – 16
Nominal Frekans	50 / 60 Hz
Motor Yönü	İleri / Geri
Kontrol Türü	Hız Kontrol / Akım Kontrol
PWM Modu	Trapezoidal / Sinüzoidal
Hız Kontrol Rampa Basamağı (dV)	10 – 1000 RPM
Akım Kontrol Rampa Basamağı (dI)	0.1 – 10 A

Rampa Süresi (dt)	10 ms – 1000 ms
Geri Besleme Türü	Hall Sensör / Artımsal Enkoder

Kullanıcı arayüzü üzerinden referans değeri, motor türü, kutup sayısı, anahtarlama frekansı, kontrol türü, kontrol katsayıları, rampa ayarları, giriş çıkış ayarları yapılabilmektedir.

#### 2.3.2. Giriş Çıkış Modülünün Geliştirilmesi

Giriş çıkış arayüzleri üzerinden motor sürücüyü başlatma, motor sürücüyü durdurma, acil durma, durum çıkışı bağlantıları yapılabilmektedir.

#### 2.3.3. Geri Besleme Modülünün Geliştirilmesi

ARM tabanlı mikrodenetleyiciler hall sensör, artımsal enkoder vb. kare sinyal veren geri besleme elemanlarının frekansının ölçülebilmesi için özel TIMER birimlerine sahiptir.

TIMER birimi ile bir sayaç oluşturulmuş ve geri besleme elemanından gelen sinyalin her yükselen kenarında bu sayaç değeri sinyal periyodu olarak kaydedilmiştir. Bu sayede motor hızı, pozisyonu bilgileri sürücü tarafından ölçülebilmektedir. Hız ve pozisyon ölçümüne ilişkin kaynak kod parçası Şekil 26’da verilmiştir.

```
uint32_t hall_speed(volatile uint32_t * const pTimerCounter, uint32_t timerCounterFreq)
{
    uint32_t hallSpeed_cnts = 0;
    hallSpeed_cnts = (int32_t)*pTimerCounter;
    *pTimerCounter = 0;
    if (hallSpeed_cnts != 0) {
        hallSpeed_cnts = timerCounterFreq / hallSpeed_cnts;
    }
    return hallSpeed_cnts;
}

void hall_position(int32_t* const hallPosition_cnt, int8_t direction, uint8_t reset)
{
    if (direction == 1) {
        (*hallPosition_cnt)++;
    }
    else if (direction == -1) {
        (*hallPosition_cnt)--;
    }
    if (reset) {
        *hallPosition_cnt = 0;
    }
}
```

Şekil 26. Hız ve Pozisyon Ölçümü Kaynak Kod Parçası

#### 2.3.4. PWM Modülünün Geliştirilmesi

PWM modülü trapezoidal PWM sinyallerinin üretilebilmesi için gerekli olan anahtarlama tablolarını içermektedir.

Trapezoidal komütasyon anahtarlama tablosuna ait kaynak kod parçası Şekil 27’de verilmiştir.

```
13 // BH1, BH2, BH3, BL1, BL2, BL3
14 {0, 0, 0, 0, 0, 0}, // Hall: b000
15 {0, 1, 0, 1, 0, 0}, // Hall: b001
16 {0, 0, 1, 0, 1, 0}, // Hall: b010
17 {0, 0, 1, 1, 0, 0}, // Hall: b011
18 {1, 0, 0, 0, 0, 1}, // Hall: b100
19 {0, 1, 0, 0, 0, 1}, // Hall: b101
20 {1, 0, 0, 0, 1, 0}, // Hall: b110
21 {0, 0, 0, 0, 0, 0}, // Hall: b111;
```

Şekil 27. Trapezoidal Komütasyon Anahtarlama Tablosu

#### 2.3.5. Kontrol Modülünün Geliştirilmesi

Bu çalışma kapsamında hız kontrol ve akım kontrol algoritmaları geliştirilmiştir. Kontrol algoritması olarak PID kullanılmıştır. PID kontrol

algoritmasının kaynak kod parçası Şekil 28’de verilmiştir.

```

static inline float pIdCoreUpdate(pIdCore_t* const pIdCore, float setPoint, float actualValue)
{
    pIdCore->error = fabs(setPoint) - fabs(actualValue);
    // Anti Windup
    if (fabs(pIdCore->error) > 0.1) {
        if (fabs(pIdCore->output - pIdCore->outputLimMax) > 0.1) {
            pIdCore->integral = pIdCore->integral_prior + pIdCore->error * (pIdCore->iteration_time / 1000.0);
        }
        else if (fabs(pIdCore->error) < -0.1) {
            if (fabs(pIdCore->output - pIdCore->outputLimMin) > 0.1) {
                pIdCore->integral = pIdCore->integral_prior + pIdCore->error * (pIdCore->iteration_time / 1000.0);
            }
        }
    }
    pIdCore->derivative = (pIdCore->error - pIdCore->error_prior) / (pIdCore->iteration_time / 1000.0);
    pIdCore->output = pIdCore->KP * pIdCore->error + pIdCore->KI * pIdCore->integral + pIdCore->KD * pIdCore->derivative;
    pIdCore->error_prior = pIdCore->error;
    pIdCore->integral_prior = pIdCore->integral;
    if (pIdCore->output > pIdCore->outputLimMax) {
        pIdCore->output = pIdCore->outputLimMax;
    }
    else if (pIdCore->output < pIdCore->outputLimMin) {
        pIdCore->output = pIdCore->outputLimMin;
    }
    return pIdCore->output;
}
    
```

Şekil 28. PID Kontrol Algoritması Kaynak Kod Parçası

PID kontrolde sistem çıkışının referans değere ulaşamaması durumunda integral yığılması sorunu meydana gelmektedir. İntegral yığılmasının önüne geçmek için “Anti Windup” algoritması yazılmıştır. “Anti Windup” algoritmasının kaynak kod parçası Şekil 29’da verilmiştir.

```

// Anti Windup
if (pIdCore->error > 0.1) {
    if (fabs(pIdCore->output - pIdCore->outputLimMax) > 0.1) {
        pIdCore->integral = pIdCore->integral_prior + pIdCore->error * (pIdCore->iteration_time / 1000.0);
    }
}
else if (pIdCore->error < -0.1) {
    if (fabs(pIdCore->output - pIdCore->outputLimMin) > 0.1) {
        pIdCore->integral = pIdCore->integral_prior + pIdCore->error * (pIdCore->iteration_time / 1000.0);
    }
}
    
```

Şekil 29. Anti Windup Algoritması Kaynak Kod Parçası

### III. TESTLER

#### 3.1. Sistem Modelleme Testleri

Benzetim testlerinde FAULHABER 3274-BP4 fırçasız doğru akım motorunun parametreleri kullanılmıştır. Kullanılan motorun parametre değerleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. FAULHABER 3274-BP4 Parametre Değerleri

Parametre	Açıklama	Değer
$V_n$	Nominal Gerilim	24 V
$R_{f-f}$	2 Faz Arası Direnç	0,253 $\Omega$
$L_{f-f}$	2 Faz Arası Endüktans	64,2 $\mu$ H
$N_0$	Boştaki Hızı	8820 RPM
$I_0$	Boştaki Akımı	0,38 A
$N_n$	Nominal Hız	8420 RPM
$I_n$	Nominal Akım	6,88 A
$T_n$	Nominal Yük	158 mNm
$\eta_{max}$	Maksimum Verim	%88
$K_e$	Zıt Elektromotor Kuvveti (BEMF) Sabiti	2,94 mV/RPM
$K_t$	Tork Sabiti	28,1 mNm/A
$J$	Rotor Ataleti	48 gcm <sup>2</sup>
$C_0$	Statik Sürtünme Torku	2,04 mNm
$C_v$	Dinamik Sürtünme Torku	9,24.10 <sup>-4</sup> mNm/RPM

#### 3.2. Sürücü Testleri

Sürücü testlerinde FAULHABER 3274-BP4 fırçasız doğru akım motoru kullanılmıştır. Kullanılan motorun parametre değerleri Tablo 3’te verilmiştir. Test kapsamında kullanılan test altyapısına ilişkin bilgiler Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Test Altyapısı

Giriş Gerilimi	24V
Komütasyon Modu	Trapezoidal PWM
Geri Besleme	Hall Sensör
Kontrol Türü	Hız
Osiloskop	Teledyne Lecroy 4 Kanallı Dijital Osiloskop

PID kontrol parametre değerleri Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. PID Kontrol Parametre Değerleri

Parametre	Değer
Hız Referansı	6000 RPM
Kp	0,03
Ki	0,02
Kd	0,01

Test sonuçlarına ilişkin osiloskop ekran görüntüsü Şekil 30’da verilmiştir. Ölçüm kanalları aşağıdaki gibidir.

- Kanal\_1 Sarı: L1 Faz Akımı (2A/div, 2.00ms/div)
- Kanal\_2 Kırmızı: L1-L2 Faz Gerilimi (20V/div, 2.00ms/div)
- Kanal\_3 Mavi: L1 Hall Sensör Sinyali (5V/div, 2.00ms/div)



Şekil 30. Sürücü Testi Osiloskop Ekran Görüntüsü  
PWM frekansı 10 kHz olarak belirlenmiştir. Motor 6000 RPM hızında sürülmüş ve faz akımı maksimum değeri 4 A olarak ölçülmüştür.

### IV. SONUÇ

Bu çalışmada ARM mikrodenetleyici tabanlı fırçasız doğru akım motor sürücüsü tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Tasarım ve gerçekleştirme çalışmalarına ek olarak Matlab&Simulink ortamında sistem modelleme çalışmaları yapılmıştır.

Çalışmalar sonucunda fırçasız elektrik motorlarının modellenmesi, fırçasız elektrik motoru sürücüleri ve kontrol algoritmaları, döngüne donanım sistemlerine entegrasyon, güç elektroniği devre tasarımı, gömülü

yazılım geliştirme vb. çeşitli alanlarda tecrübe ve alt yapı edinilmiştir. Edinilen bu tecrübe ve altyapı ile gelecekte farklı tipte ve büyüklükte elektrik motorları için benzer çalışmaların yapılması planlanmaktadır.

#### **KAYNAKLAR**

- [1] Dong, Q., Chu Z. (2021). Brushless DC Motor Driver based on SA306A Integrated Switching Amplifier. 6th International Conference on Automation, Control and Robotics Engineering (CACRE), 15-17.06.2021, Dalian/China.
- [2] Tabak, A. (2020). Fırçasız Doğru Akım Motorlarının Hız Kontrolünü Gerçekleştirmek İçin PID/PD Kontrolcü Tasarımı ve Performans İncelemesi. Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi, 1(19), 145-155.
- [3] Zhang, Y., Zhang, L., Dong, Z. (2019). An MEA-Tuning Method for Design of the PID Controller. Mathematical Problems in Engineering, 2019, 1-11.
- [4] Jiang D., Ning P., Lai R., Fang Z., Wang F. (2018). Modular design method for motor drives. Chinese Journal of Electrical Engineering, 4(1), 1-10, 2018.
- [5] Lee M., Baek M., Lee J., Chung D. (2018). A new smallest 1200V intelligent power module for three phases motor drives. The International Power Electronics Conference, 20.05.2018, Seoul/Korea.
- [6] Anwar, M. N., Pan, S. (2013). Synthesis of the PID controller using desired closed-loop response. 10th IFAC International Symposium on Dynamics and Control of Process Systems, 46(32), 385-390.
- [7] Gençer, Ç., Gedikpınar, M. (2006). Modelling and Simulation of BLDCM Using MATLAB/SIMULINK. Journal of Applied Sciences, 6(3), 688-691.

# Derin Öğrenme Yöntemleri ile Şüpheli Davranış Tespiti

## Suspicious Behavior Detection With Deep Learning Methods

Duygu ÇALIŞKAN<sup>1</sup> , Önder DEMİR<sup>2\*</sup> 

*1Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilgisayar Mühendisliği, 34722, Göztepe Kampüsü, Kadıköy, İstanbul*

*2Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği, 34722, Göztepe Kampüsü, Kadıköy, İstanbul*

\*odemir@marmara.edu.tr

### Öz

Hızla gelişen teknoloji ile birlikte askeri, güvenlik ve bilişim sektöründe bilgi güvenliği sorunları meydana gelmiş bu sorunların çözümü için donanımsal ve yazılımsal yöntemler geliştirilmiştir. Görüntü işleme teknikleri yardımıyla bu güvenlik sorununa görüntüden şüpheli davranış tespiti ile gerçek zamanlı bir çözüm getirilmeye çalışılmaktadır. Görüntüden nesne ve pozisyon tanımlama, davranış belirleme ve derin öğrenme üzerine yapılmış birçok çalışma mevcuttur. Derin öğrenme, insanın düşünce yapısını veri setlerindeki örüntüler ile deneyimleyerek bilgisayara öğreten, yapay zekâ kavramının içinde barındırdığı makine öğrenmesi konusunun özel bir halidir. Makine öğrenme algoritmaları, belirlenmiş bir denkleme dayanmaksızın doğrudan bilgi verilerinden hesaplama yöntemlerini kullanarak öğrenir ve modellenirler. Derin öğrenme, yüz tanıma, plaka tanıma, nesne algılama, insansız hava araçlarında nesne tespiti, hareket algılama, otonom sürüş teknolojileri ile şerit tespiti gibi birçok gelişmiş sürücü yardım teknolojisi gibi problemleri çözmek için kullanılır. YOLO( You Only Look Once) algoritması, konvolüsyonel sinir ağlarını (CNN) kullanarak nesne tespiti yapan bir derin öğrenme algoritmasıdır. YOLO, konvolüsyonel sinir ağları ve benzerleri algoritmalara göre daha yüksek performansa sahip bir algoritma olduğundan; çalışma kapsamında gerçek zamanlı tespite en yakın performans elde edilmek istendiğinden, bu çalışmada YOLO algoritması ile çalışılmıştır. Gerçekleştirilen tez çalışması 3 adımdan oluşmaktadır. Birinci adımda 1116 etiketli görsel ile Marmara Üniversitesi Kriminal Davranış/Nesne Veri Seti(MÜKDN) oluşturulmuş, ikinci adımda derin öğrenme için kullanılan evrişimsel sinir ağı YOLOv4 modeli tasarımı ve konfigürasyonu yapılmıştır. Son olarak üçüncü adımda sistem eğitilmiştir. Evrişimsel sinir ağı ağırlıkları farklı sistemlerde kullanılmak üzere elde edilmiş ve proaktif model gerçekleştirilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Derin Öğrenme, YOLO, CNN, MÜKDN

### Abstract

With the rapidly developing technology, information security problem have occurred in the military, security and information sector, and hardware and software methods have been developed to solve these problems. With the help of image processing techniques, a real-time solution is tried to be brought to this security question by detecting suspicious behavior from the image. There are many studies on object and position identification, behavior determination and deep learning from the image. Machine learning algorithms learn and model using computational methods directly from information data without relying on a defined equation. It is used to solve problems such as deep learning, face recognition, license plate recognition, object detection, object detection in unmanned aerial vehicles, motion detection, autonomous driving technologies and many advanced driver assistance technologies such as lane detection. YOLO (You Only Look Once) algorithm is a deep learning algorithm that performs detects objects using convolutional neural networks (CNN). YOLO is an algorithm that can respond faster in performance than convolutional neural networks and their derivatives. For this reason, since it is desired to exhibit the closest performance to real-time detection with in the scope of the study, the YOLO algorithm will be used in this study. The thesis work carried out consists of 3 steps. In the first step, the Marmara University Criminal Behavior/Object Data Set (MÜKDN) was created with 1116 labeled images, in the second step, the YOLOv4 model of the convolutional neural network used for deep learning was designed and configured. Finally, in the third step, the system is trained. Convolutional neural network weights were obtained for use in different systems and a proactive model was implemented.

**Keywords:** Deep Learning, YOLO, CNN, MÜKDN

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Önder DEMİR Tel:, e-posta: odemir@marmara.edu.tr**

**Gönderilme/Submitted: 13.01.2022, Düzenleme/Revised:20.03.2022, Kabul/Accepted: 23.03.2022**

## I. GİRİŞ

İnsan davranışının ve çevresiyle etkileşiminin otomatik olarak anlaşılması, çeşitli alanlardaki potansiyel uygulamaları nedeniyle günümüzde ilgi çekici bir araştırma alanı olmuştur. Bu araştırma alanları insan davranışını çok yönlü (duygular, ilişkisel tutumlar, eylemler, yüz ifadeleri vb.) modellemeye çalışır.

Gerek uluslararası, gerek ulusal veya ticari özel sektör girişimlerinde bilgi insanlık tarihi kadar köklü bir geçmişe dayanan ve insanlığın var olduğu sürece de önemini korumaya; vazgeçilmez bir güç olmaya devam edecek, çok önemli bir olgu ve bir teknolojidir.

Yüz yıllardır bilgi sızıntılarının neden olduğu olgular genelde eylemler, davranışlar gerçekleşikten ve istenmeyen sonuçlarla karşılaşıldıktan sonra tespit edilebilmektedir. 21. yüzyılda teknolojinin de hayatımızın her alanına girmesi ile bu bilgi sızıntılarında önceki dönemlere göre kıyaslandığında teknoloji ile; yani akıllı cihazlar aracılığı ile gerçekleştirilmekte ve her geçen gün artış eğiliminde olduğu görünmektedir [1-2].

Yapay Zekâ, en genel ifade ile insana özgü bilişsel, öğrenme, muhakeme etme özelliklerinin yüz yıllardır makinelerle aktarma çalışmaları olarak ifade edilebilecek geniş bir çalışma alanıdır.

Derin öğrenme, insanın düşünce yapısını veri setlerindeki örüntüler ile deneyimleyerek bilgisayara öğreten, yapay zekâ kavramını içinde barındırdığı makine öğrenmesi konusunun birçok multidisipliner alan ile çalışılabilir özel bir halidir [3].

Yüz ifadelerimiz, hareket pozisyonumuz, nesnelere suç eğilimi hakkında beklenenden daha fazlasını ifşa edebilir. Bir kişinin davranışları hakkında bilgi sahibi olabilir ve insanların yüzlerine bakarak duygularını çıkarılabilir; ve insan davranışının spesifik hali şüpheli eğilimleri hakkında önemli çıkarımlar elde edilebilir.

Derin öğrenme modellerindeki çeşitli son gelişmeler, görüntüleri kullanarak anlamsal örüntü tanıma performansını büyük ölçüde artırdı. Bir bireyin duygusal durumu ve diğer belirli karakter özellikleri veya pozisyon özellikleri gibi çeşitli durum tahminleri, yüz görüntülerinden tahmin edilebilir. Bu motivasyonla, bu çalışmada, çeşitli derin öğrenme mimarilerinin öğrenme yeteneklerini kullanarak, yüz ve nesne görüntülerinden suç eğilimi veya (suç tahmini/tespiti) çıkarımı yapılması gerçekleştirilmiştir. Çalışma, suçluların, tam olarak görüntü hırsızlığı yaparken yakalanırsa, bilinmeyen bir kişi tarafından herhangi bir suç eğilimini belirlemek için kullanılabilir bir dizi yüz/nesne özelliği olduğunu ortaya koymuştur. Geliştirilen bu

çalışmada 1116 etiketli görsel ile Marmara Üniversitesi Kriminal Davranış/Nesne Veri Seti(MÜKDN) oluşturulmuş, derin öğrenme için kullanılan evrimsel sinir ağı YOLOV4 modeli tasarımı ve konfigürasyonu yapılmış ve son olarak gerçekleştirilen proaktif model ile sistem eğitilmiş ve diğer sistemlerde de kullanılmak üzere evrimsel sinir ağı ağırlıkları elde edilmiştir.

Görüntü işleme algoritmaları ve derin öğrenme yöntemleri birlikte kullanılarak birçok alanda uygulamalar geliştirilmiştir. Tıbbi görüntülerden hastalık teşhisinde, ilaç üretimine, kalite kontrol uygulamalarına, insansız hava araçları kullanımından, kalabalık analizine, dil işlemeye kadar daha bir çok konuda derin öğrenme ile görüntü işleme alanında çalışmalar yapılmıştır.

Halgur ve ark. 2021' de, BT ve X-ray gibi göğüs radyograflarını kullanarak koronavirüs vakalarını tespit etmede X-ışınları ve BT tarama görüntüleri üzerine basit bir evrim sinir ağı (CNN) ve modifiye edilmiş önceden eğitilmiş AlexNet modeli uygulanmıştır. Deneylerin sonucu, kullanılan modellerin önceden eğitilmiş ağ üzerinden %98'e kadar doğruluk ve modifiye CNN kullanılarak %94,1 doğruluk sağlayabildiğini göstermektedir[4].

Mehdi ve ark. 2020 yılında hastalık teşhisi ve rehabilitasyon süreci için, optimize edilmiş özellik çıkarma ve ardından doğrusal diskriminant analizi sınıflandırması (TLRN-LDA) modelini önermiş ResNet50 Derin öğrenme modeli ile transfer öğrenme konsepti kullanılarak geliştirilmiştir. 31 sınıfın zorlu standart karşılaştırmalı ImageCLEF-2012 veri kümesi üzerinde kapsamlı deneyler gerçekleştirmişlerdir. Geliştirilen yaklaşım, aynı veri kümesindeki en son teknoloji yaklaşımlarla karşılaştırıldığında %10'a kadar daha yüksek olan %87,91'lik gelişmiş ortalama sınıflandırma doğruluğu sağlar[5].

Jauedi ve arkadaşları, 2020 yılında İnsan eylemi tanıma için yeni bir hibrit derin öğrenme modeli ile insan eylemi tanıma alanında yeni bir yaklaşım önermişlerdir. Bu yaklaşım, video içeriğinin analizine ve çıkarma özelliklerine dayanmaktadır. Hareket özelliklerini, GMM ve KF yöntemleri kullanılarak insan hareketi takibi ile sunmaktadır. Bir diğer özellikleri, Kapılı Tekrarlı Birimli Tekrarlayan Sinir Ağları modeli kullanılarak video dizisindeki her bir karenin tüm görsel özelliklerine dayandırmalarıdır. Bu yaklaşımın temel avantajları, videonun her karesinde ve her anındaki tüm özelliklerin analizi ve çıkarılmasıdır. Bu çalışmanın deneysel sonuçları, yüksek sınıflandırma oranı elde etmek için yeni yaklaşımın güçlü performansını göstermektedir. Gerçekten de önerilen yöntem, insan etkinliği analizi gibi çeşitli uygulamalarda ve alanlarda kullanılabilir. Vücut hareketine dayalı tıbbi uygulama, el hareketlerini kullanan akıllı ara yüz ve

daha fazlası. Gelecekteki çalışmalar için amaç, video sınıflandırma süresini azaltmak ve UCF Sport, UCF101 ve daha zorlu veri kümelerinin sınıflandırma oranını iyileştirmek için yaklaşımlarının değerlendirilmesi olarak sunulmuştur[6].

Ashwin ve arkadaşlar 2020 yılında, hintli öğrencilerin yüzlerini, el hareketlerini ve vücut duruşlarını kullanan e-öğrenme ve sınıf ortamları için duygusal veri tabanı oluşturarak yaptıkları çalışmada öğrencinin yüz ifadelerini tanımayı ve bunları Ekman'ın temel duygularına göre sınıflandırmayı içermektedir. Duyuşsal durumlar, öğrencilerin yüz ifadeleri, el hareketleri ve vücut duruşları olmak üzere üç bileşenin tümü kullanılarak sınıflandırılır. İfadelerin sınıflandırılması evrişimli sinir ağları (CNN) kullanılarak gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda öğrencilerin yüz ifadeleri, el hareketleri ve vücut duruşları kullanılarak hem e-öğrenme (tek görüntü çerçevesinde tek öğrenci) hem de sınıf ortamları (tek görüntü çerçevesinde birden çok öğrenci) için çok modlu duyuşsal veri tabanı başarıyla oluşturulmuştur. Nötr de dahil olmak üzere 11 farklı duygusal durum için altın standart çalışması kullanılarak açıklamalar yapıldı. Anlatıcılar, Cohen' in kabul ettiği duygulanım durumlarına karşı ayırım yaparken güvenilir bir şekilde hemfikirdir. =0.48. Her öğrencinin her modalitesinde nesne lokalizasyonu gerçekleştirilir ve sınırlayıcı kutu koordinatları duyuşsal durumla birlikte saklanır. Duyuşsal durum sınıflandırmasının tespiti ve sınıflandırılmasında %83 ve %76 doğruluk elde etmişlerdir. Mevcut çalışma görüntüden duygu analizi konusunda güncel bir çalışma niteliğindedir[7].

Jammalamadaka ve arkadaşları 2017 yılında, bir sorgu modalitesi olarak poz kullanarak görüntü ve video arama için yeni bir yaklaşımı başarıyla gösterdiler. Dans ve spor video verileri üzerinde poz tanımlayıcılarını elde etmek ve poz alımını gerçekleştirmek için derin pozlet yöntemi ve derin poz gömme yöntemi olmak üzere iki yol önerdiler. İlk yöntemde, poz uzayının 'poza duyarlı' derin pozletler kullanılarak ayrıştırılabileceğini gösterdiler. Bu derin pozlet dedektörleri, belirli bir pozda vücut parçalarının bir alt kümesini modeller. CNN'yi kullanmışlardır. Poz için bir özellik temsili oluşturmada temel yapıtaşları olarak kullanılmıştır. İkinci yöntemde, bir görüntünün daha düşük boyutlu, poza duyarlı bir Alana doğrudan nasıl eşlenebileceğine değinmişlerdir. Daha sonra, her iki yöntemi kullanarak pozlamanın, rakip poz alma yöntemleriyle eşit olduğunu ampirik olarak göstermişlerdir[8].

Dieogo ve arkadaşları 2019 yılında durağan görüntülerden insan poz tahmini için yeni bir regresyon yöntemi sundular. Yöntem parça tabanlı

algılama haritalarını dolaylı olarak öğrenmek için derin bir evrişimli ağa entegre edilebilen türevlenebilir bir işlem olan soft-argmax işlemine dayanmaktadır ve bu, regresyon yöntemlerinden elde edilen son teknoloji puanlar üzerinde önemli bir gelişme sağlamıştır. Gelecekteki bir çalışma olarak, 3B poz tahmini veya pozdan insan eylemi tanımayı tamamen ayırt edilebilir bir şekilde sağlamak için yaklaşımlarına başka yöntemler de eklenebilir olduğunu belirtmişlerdir[9].

Baccouuche ve arkadaşları 2011 yılında, KTH veri setini kullanarak önsel bir modelleme olmaksızın, yalnızca eğitim örneklerinden otomatik öğrenmeye dayanarak, 3D Evrişimsel ağının genişletilmesiyle mekansal-zamansal özellikleri otomatik öğrenen model geliştirdiler. İnsan eylemlerinin dizilerini sınıflandırmak için nöral tabanlı bir derin model kullandılar. İki adımlı şema olarak sunulan modelde, spatiotemporal özellikleri otomatik olarak öğrenir ve bunları tüm dizileri sınıflandırmak için kullanmışlardır[10].

İnsan eylemlerini tanımak için en popüler modern yöntemler arasında Laptev ve ark. [11] Dollar ve ark. [12] Chen ve ark. [13] Gao ve ark. Liu ve ark[14], hepsi manuel olarak tasarlanmış mekansal-zamansal ilgi noktaları etrafında hesaplanan mühendislik hareket ve doku tanımlayıcılarını kullanır.

Daş ve ark., 2019 yılındaki derin öğrenme yöntemleri ile hareketli nesne takibi çalışmalarında Google'ın açık kaynak kodlu olarak kullanıma sunduğu Tensorflow kütüphanesini kullanarak nesne takibi için Faster R-CNN modeli ele alınmışlardır. Bu kütüphane yardımıyla fotoğraflar, video görüntüler üzerinde nesne tanıma gerçekleştirmiş; kütüphanelerin güçlü ve zayıf yönlerini değerlendirmişlerdir [15].

Yılmaz ve ark., 2020 yılındaki çalışmalarında, Faster CNN(Faster Region Based Convolutional Networks) ağı kullanarak geliştirdikleri çalışmada derin öğrenme teknikleriyle beraber Faster R-CNN ağı kullanılmışlardır. 502 Adet resim verisinden oluşan veri seti oluşturulmuş. Eğitilen model resim, video ve kamera üzerinden alınan anlık görüntüler ile çalıştırılmış ve yüksek başarı oranı elde edilmiştir. Modelin real-time gıda üretim tesisinde kalite kontrol sürecinde kullanılabileceği belirtilmiştir [16].

## II. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde derin öğrenme ile şüpheli davranış tespitinde kullanılan materyaller ve izlenen yöntem anlatılmıştır.

### 2.1. Yapay Zekâ

Yapay zekâ, antik roma uygarlığına kadar dayanan insan gibi düşünebilme, insan bilincini oluşturmayı hedefleyen, muhakeme edebilme, ön

görüde bulunma gibi kompleks işlemlerin modellenerek makinelerle aktarılması olarak karşımıza birçok farklı problemin çözümünde kullanılan önemli bir bilim alanıdır.

Yapay Zekâ, en genel ifade ile insana özgü bilişsel, öğrenme, muhakeme etme özelliklerinin yüz yıllardır makinelerle aktarma çalışmaları olarak ifade edebilecek geniş bir çalışma alanıdır[17].

Ramon Lull 1302 yılında yayımlanan The Ultimate General Art adlı kitabında yapay zekâdan; kavramların kombinasyonlarından oluşan yeni bir bilgi türünden ilk kez bahsetmiştir [18].

Akabinde 2. Dünya savaşında Allen Turingin "Makineler Düşünebilir mi?" sorusu ve Turing testi ile yapay zekâ fikri ortaya atıldı[19].

1956 yılında ise Mc Carthy ve arkadaşları tarafından gerçekleştirilen konferansta Ramon Lull'un bahsettiği yeni bilgi türünün adı yapay zekâ olarak isimlendirilmiştir. Mc Carthy, yapay zekâ isminin babası olarak tarihte yerini aldı[20].

Yapay Zekâ gelişimi dikkate alındığında elbette ki karşımıza elektriksel ve donanımsal çalışmaların sınırlamaları çıkmaktadır. Bu donanımsal ilerlemeler ve algoritmalarındaki gelişmelerle araştırmacıların dönemsel duraksamaları tarih sürecinde gözlemlense de. 1970'ler ve 1980'lerden sonraki donanımsal gelişmeler ile birlikte farklı yeni modeller geliştirilmiştir ve makine öğrenmesi ile farklı bilgi işlem teknikleri ortaya çıkmıştır. Bu tekniklerden en önemlisi de insan sinir sistemi modelini örnek alan yapay sinir ağıdır.

Bilgisayar donanımlarındaki gelişmeler insan sinir ağını modelenebilmesini mümkün kılacak düzeyde işlemleri tamamlayabilen yeni yapay zekâ modelleri tasarlanmıştır. Bu çalışma keşfine derin öğrenme modeli denilmektedir. Bu model görüntü işleme, ses işleme, genom yapıları, öngörü sistemleri vb. hayal gücünüze kalmış sistemlere katkıda bulunmuştur.

### 2.1.1 Yapay Sinir Ağları

1943 yılında ilk yapay sinir ağı modeli nörolog Warren McCulloch ve matematikçi Walter Pitts tarafından tanımlanmıştır. Biyolojik bir nöron hücresi; dendrit, hücre gövdesi, aksonlar ve sinapslardan oluşmaktadır diye tanımlanmıştır [21].

Biyoloji hücresinden esinlendiğini belirttiğimiz sinir ağıımız, 1957'de Rosenblatt yapay sinir ağlarının temel yapı taşı olan algılayıcı (perceptron) tanımını yapmıştır [22].

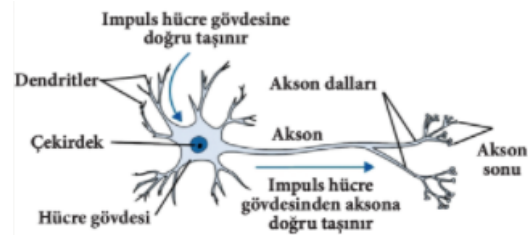
Şekil 1'de gösterilen McCulloch-Pitts modeline dayanan nöron m tane giriş parametresi( $x_j$ ) almaktadır ve alınan her giriş parametresi için bir yönlendirilmiş ağırlık parametresine( $w_j$ ) bağlanır. Sistemde giriş ve ağırlıklar doğrusal bir şekilde toplanır ve aktivasyon fonksiyonuna ( $\phi$ ) gönderilir. Aktivasyon fonksiyonunun çıkışı nöronun

çıkışını( $y_k$ ) üretir.. Bu işlem Denklem 1' deki gibi formülize edilebilir [21].

$$y_k = \phi(sk) = \phi(\sum w_k j x_j m_j = 0) \quad (1)$$

İstenen çıktının üretilebilmesi için sistemin ağırlıkları dikkatle seçilerek nöronun eğitimi gerçekleştirilir. Birden fazla nöronun kullanılmasıyla oluşturulan sitemlere yapay sinir ağı denilmektedir [23].

Tez çalışmasında kullanılan yapay sinir sisteminde bu yapılar; işlemci elemanları, toplama fonksiyonları, transfer fonksiyonları, yapay nöron çıkışları ve ağırlıkları ifade etmektedir.

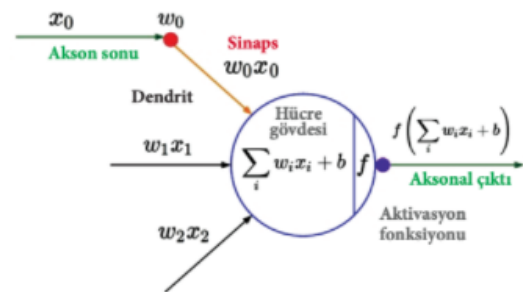


Şekil 1. Nöron Matematiksel Modeli[24]

### 2.1.2 Derin Öğrenme

Derin öğrenme, yapay sinir ağları algoritmalarını kullanarak çok katmanlı mimarilerde çok boyutlu veriler ile çalışma imkânı sağlayan, makine öğrenmesi alanının bir alt dalıdır. Derin öğrenme; yüz tanıma, plaka tanıma, nesne algılama, hareket algılama, şerit tespiti, yaya algılama, otomatik park etme ve gelişmiş araç sürüş yardımcısı, pozisyon tanımlama, duygu algılama, doğal dil işleme, ilaç keşfi gibi birçok karmaşık problemleri çözmek için kullanılmıştır ve bu çalışmalarda ciddi bir başarı oranı elde edilmiştir. Resim tanıma ve görüntü işleme için özellikle uygun bir alandır [3].

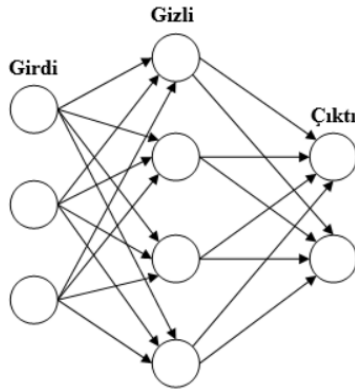
Şekil 1' deki biyolojik bir sinir hücresi referans alınarak Şekil 3 teki basit bir yapay sinir ağı modeli gösterilmiş ve bu yapay sinir ağının matematiksel modelinde Şekil 2' de gösterilmiştir.



Şekil 2. Nöron Biyolojik Modeli[24]

Yapay sinir ağı mimarisi bir sinir hücresi referans alınarak incelendiğinde giriş katmanı, gizli katman veya katmanlar ve çıkış katmanından oluşmaktadır.

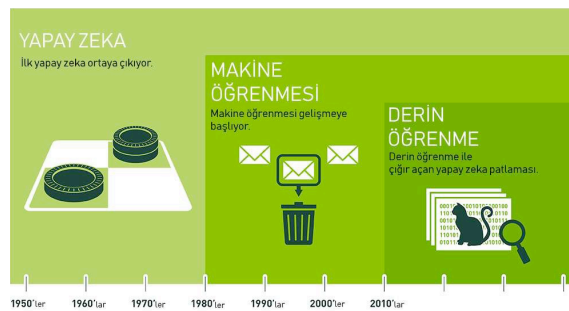
Derin öğrenme metotları danışmanlı öğrenme ve danışmansız öğrenme olarak iki ana gruba ayrılmaktadır [25]. Danışmansız öğrenmede veri setinde veri ile alakalı herhangi bir etiket mevcut değildir. Danışmalı da ise bunun aksine veri setinde gerekli etiketlemeler yapılarak veriler sisteme etkin bir şekilde verilerek öğrenilmesi sağlanmaktadır. Yapılan çalışmamızda veri setimiz öncelikle belirlediğimiz classlara uygun şekilde etiketlenip danışmalı öğrenme kullanılarak eğitim ve test işlemleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3. YSA Yapısı[24]

### 2.1.2.1 Derin Öğrenme Mimarileri

Derin öğrenme, sisteme verilen bir veri seti ile sonuçları tahmin eden ve birden fazla katmandan oluşan makine öğrenmesi yönteminin özelleşmiş halidir. Derin öğrenme metotları danışmalı ve danışmansız öğrenme olarak iki gruba ayrılmaktadır. Derin öğrenme, makine öğrenmesinin; makine öğrenmesi ise yapay zekânın alt dalını oluşturmaktadır. Şekil 4 'de yapay zekâdan derin öğrenmeye gelinen sürecin kronolojisi görülmektedir.



Şekil 4. Yapay Zekâ Tarihsel Gelişim Süreci

### 2.1.2.2 Evrişimli Sinir Ağı

CNN, görüntü analizi için tasarlanmış derin bir sinir ağıdır. Geleneksel çok katmanlı algılayıcıların aksine, bir görüntüyü temel özelliklerine indirgemek için evrişimsel(convolution) ve havuzlama(pooling) adı verilen iki işlem kullanır. Klasik bir CNN yapısı

Şekil 5' de gösterilmiştir. Evrişim katmanı konvolüsyon (convolution), aktivasyon fonksiyonu (relu) ve havuzlama (pooling) basamaklarını içermektedir.

CNN çalışma prensibi bakımından yüksek boyutlu verilerden düşük boyutlu verilerin çıkarılması prensibine dayanmaktadır. Sınıflandırma katmanında düşük boyutlu öznelikler ile kategorilerin eşleşmesi sağlanır ve tam bağlı yapay sinir ağı mimarisine sahiptir [27].

### R-CNN

R-CNN, R. Girshick ve ark tarafından 2013 yılında çoklu objeye sahip görsellerde kolay bir şekilde CNN çalıştıramadığı için R-CNN mimarisi önerilmiştir. R-CNN nesne tespitinde CNN tabanlı önerilen ilk model olduğundan daha sonra geliştirilen diğer modellere referans olmuştur. Fakat bazı eksiklik ve problemleri vardır. Bu problemlerden ilki, eğitimin ayrı aşamalardan oluşması, ikincisi ise her bölge teklifinde özellikler çıkarılarak kaydedilmekte ve bu işlem ayrıca DVM algoritması içinde uygulanmakta olduğundan çok fazla depolama alanına gereksinim duymakta bu da eğitimin maliyetli olmasına neden olmaktadır. Üçüncüsü ise grafik işlemcilerin kullanılmasına rağmen eğitimden sonra nesne tespiti için yaklaşık olarak bir dakikaya ihtiyaç duymasındır[27].

### Fast R-CNN

Fast R-CNN , Girshick ve ark. tarafından 2015 yılında R-CNN'in katmanlarındaki hesaplamaların her bölge teklifi için ayrı ayrı değil tüm resim için tek bir defa yapılması ile geliştirilerek sunulmuştur. Bu yolla eğitim süresi azalmış ve R-CNN'den daha iyi bir şekilde eğitilmesi sağlanmıştır [28-29].

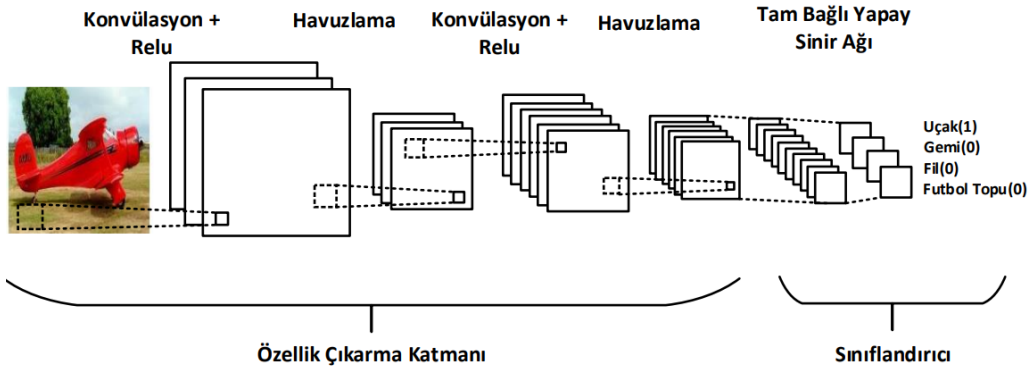
### Faster R-CNN

Faster R-CNN, Ren ve ark. tarafından Fast R-CNN algoritmasının bölge teklifleri üretme adımını geliştirilerek sunulmuştur. Faster R-CNN algoritmasının çalışma prensibi konvolüsyon katmanlarını hem nesne hem de bölge tekliflerini üretmekte ortak olarak kullanılmasına dayanmaktadır [29].

Faster R-CNN iki aşamada açıklayalım ilk aşama olarak Region Proposal Network, herhangi bir boyutta girdiyi alır ve obje skoruna göre dikdörtgen teklifi ortaya çıkarır bunu, evrişim katman tarafından oluşturulan öznelik haritası üzerinde küçük bir ağı kaydırarak yapar.

Fast R-CNN mimarisine sokulur ve bir sınıflandırıcı ile objenin sınıfı, regressor ile de bounding box'u tahmin edilir [30].



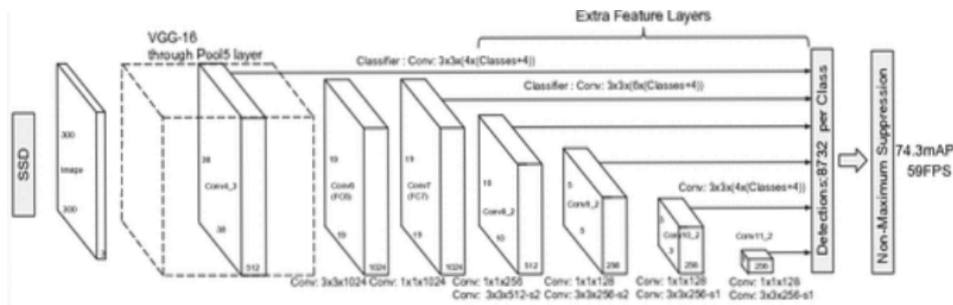


Şekil 5. Klasik Bir CNN Mimarisi[18]

### Single Shot Multi Box Detector (SSD)

Gerçek zamanlı sistemler için Liu ve arkadaşları tarafından 2016 yılında öne sürülen Single Shot Multi Box Detector (SSD) modeli arka plan bilgisini kullanarak nesneyi algılamaktadır. SSD gerçek zamanlı olarak nesne algılama için tasarlanmıştır. SSD nesne algılama için iki aşamadan

oluşmaktadır; özellik haritalarını çıkarmak ve nesne algılamak için evrimsel filtreleri kullanmak olarak. Doğruluk açısından teknolojinin başlangıcı olarak kabul edilen bu modelde düşük çözünürlükteki görüntülerin kullanılması ile daha hızlı R-CNN elde edilebilir[31-32]. Tüm süreç saniyede 7 defa çalışmaktadır. Single Shot Multi Box Detector (SSD) mimarisi Şekil 6' da gösterilmiştir[31-32].



Şekil 6. Single Shot Multi Box Detector (SSD)

### You Only Look Once (YOLO)

YOLO nesne algılama ve nesne sınıflandırma için tek bir CNN ağı kullanan bir derin öğrenme algoritmasıdır. "You Only Look Once" (Sadece Bir Kez Baksın) anlamına gelmektedir. Joseph Redmon ve arkadaşları nesne algılamayı, doğrudan görüntü piksellerinden sınırlayıcı kutu koordinatlarına ve sınıf olasılıklarına kadar tek bir regresyon problemi olarak ele almışlardır. GoogLeNet modelinden esinlenmiştir. Tek bir evrimsel ağı ile aynı anda birden çok sınırlayıcı kutuyu ve bu kutular için sınıf olasılıklarını tahmin eder. Her sınıf için görüntüde tekrar tekrar işlem yapmak yerine algoritmanın adından da anlaşılacağı üzere görüntüye bir defa bakılır ve tüm sınıflar için olasılıkları ve sınırlayıcı kutu koordinatları oluşturulur.

Ağda 24 evrim katmanı ve ardından 2 tam bağlantılı katman vardır. GoogLeNet tarafından kullanılan başlangıç modülleri yerine, Lin ve diğerlerine benzer şekilde  $1 \times 1$  azaltma katmanlarını ve ardından  $3 \times 3$  evrim katmanlarını kullanmışlar, tam görüntü üzerinde eğitim gerçekleştirdiklerinden

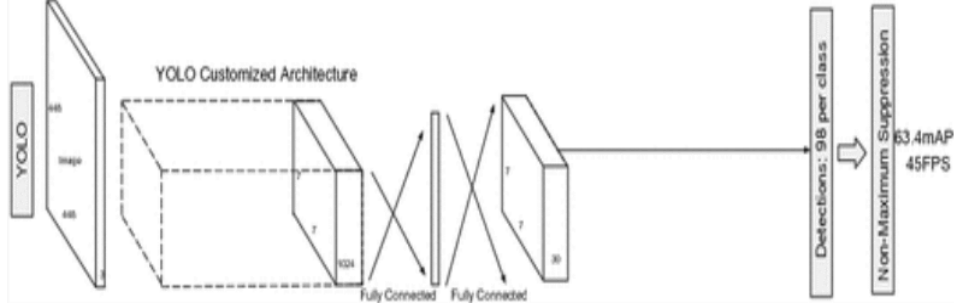
algılama performansını doğrudan optimize etmişlerdir. Bu sayede nesneyi ve nesnenin koordinat bilgisini öğrenmek oldukça hızlı bir şekilde gerçekleşmektedir. YOLO birleşik mimarisi sayesinde ileri derecede hızlıdır. YOLO 'nun ilk versiyonu saniyede 45 kare (fps) işleyebilecek yetenektedir. Fast YOLO olan versiyonu ise saniyede 155 kare işleyebilmektedir. Bu sayesinde gerçek zamanlı nesne tespitinde çok başarılı bir sistemdir[33].

YOLO mimarisi Şekil 7' de gösterilmiştir.

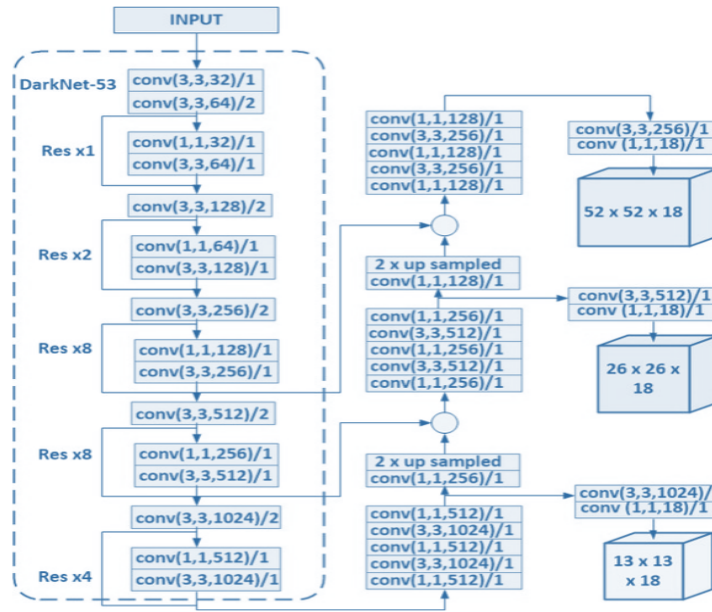
YOLO'nun YOLOv1, YOLOv2, YOLOv3 ve YOLOv4 versiyonları bulunmaktadır. Son kararlı versiyon olan YOLOv4, Alexey Bochkovskiy tarafından 2020'de yayınlandı. YOLOv4'ün Evrimsel Sinir Ağı (CNN) doğruluğunu iyileştirdiği söylenen çok sayıda özellik var.

YOLOv4'ün, YOLOv3'ten farkı omurgasıdır. YOLOv4 CSPDarknet53 omurgasına sahiptir. YOLOv4 kafaları yolov3 ile aynıdır. Başlıklar tahmin bölümüdür ve iki türüdür. Biri Yoğun Tahmin (Tek aşamalı dedektör) diğeri ise Seyrek

Tahmin (iki aşamalı dedektör)[34]. Şekil 8’de YOLOv4’un mimarisi gösterilmiştir



Şekil 7.You Only Look Once(YOLO)



Şekil 8.YOLOv4 Mimarisi

## 2.2 Şüpheli Davranış

Uluslararası, ulusal ve şirketler özelinde bilgi çok büyük bir güç olup mevcut otoritelerce gizliliğine önem verilmektedir. Bilgi sızıntılarında dünyada bazen büyük bir yatırım hamlesine, bazen de ulusal veya uluslararası savaşa sürüklenme boyutuna varacak dünyada örnekleri bulunan bir olgudur. Bilgi sızıntılarındaki donanım ve yazılımsal alınan tedbirlere rağmen insan faktörü bu önlemlere rağmen sızıntıya yol açabilecek faaliyetlerde bulunmaktadır. Derin öğrenme algoritması ile cep telefonu veya küçük kamera aracılığı ile görüntü alırken bu olayı kayıt edip sisteme şüpheli hareket diye rapor edecek bir sistem üzerinde çalışılmıştır.

Davranışları inceleyen ve bunu güvenlik sistemlerine entegre eden market hırsızlığını raporlayabilecek bir uygulama VaakEye güvenlik sistemleri tarafından çalışılmış ve hızlı hareket etme, kamerayı tarama ve nesneyi üzerindeki çanta, cep vb. yerlere sıkıştırma üzerinde derin algoritma ile

çalışmışlardır. Ve bu hareketler tespit edildiğinde müşteriyi olası şüpheli olarak kayıt etmektedir. VaakEye 'in bu algoritmasının görselleri Şekil 9’ de gösterilmiştir[35].



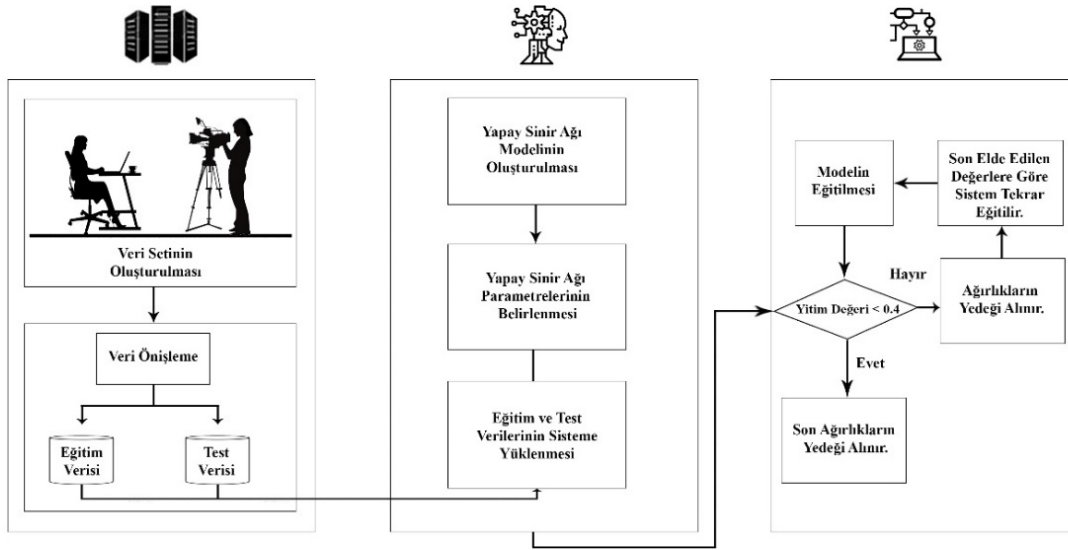
Şekil 9.VaakEye Hırsızlık Algoritma Çıktısı[35]

## 2.3 Geliştirilen Sistem

Gerçekleştirilen tez çalışması Şekil 10’ daki sistem mimarisinde görüldüğü gibi temel olarak 3 adımdan oluşmaktadır.

İlk olarak çalışmada kendi veri setimiz oluşturulmuştur. İç mekanlar da (Office, homeoffice, derslik, laboratuvar vb.) çekilen görüntü ve video kaydı gibi görsel kaynaklar belli ön işleme evresinden geçirilerek etiketli bir veri seti elde edilmiştir. Yeterli verinin elde edilebilmesi için Opencv ile veri çoğullama işlemi uygulanmıştır. Veri çoğullama işleminden sonra kendini tekrar eden verileri yapay sinir ağı modelinde overfitting'e neden olmaması için temizliyoruz. Ve son olarak etiketleme işlemini yapmak için python programlama (pilow kütüphanesi), makesense vb. programlar ile LabelTool program kullanıyoruz. Ve bu alanda yeni ve büyük veri seti olan Marmara

Üniversitesi Kriminal Davranış/Nesne (MÜKDN) oluşturulmuştur. Ön işleme tamamlandıktan sonra etiketli MÜKDN veri setindeki örnekler, %70 eğitim ve %30 test verisi olarak ikiye ayrılmıştır. İkinci adım olarak derin öğrenme için kullanılan evrişimsel sinir ağı YOLOv4 modeli tasarımı ve konfigürasyonu yapılmıştır. Veri seti üzerinde YOLO algoritması kullanılarak, kamera açısından bağımsız şüpheli görüntü alma eylemi, şüpheli davranış yüzeyleri tespiti gerçekleştirilmiştir. Son adımda ise sistemin eğitilerek, diğer sistemlerde kullanılmak üzere evrişimsel sinir ağının ağırlıkları elde edilmiştir.



Şekil 10. Sistem Mimarisi

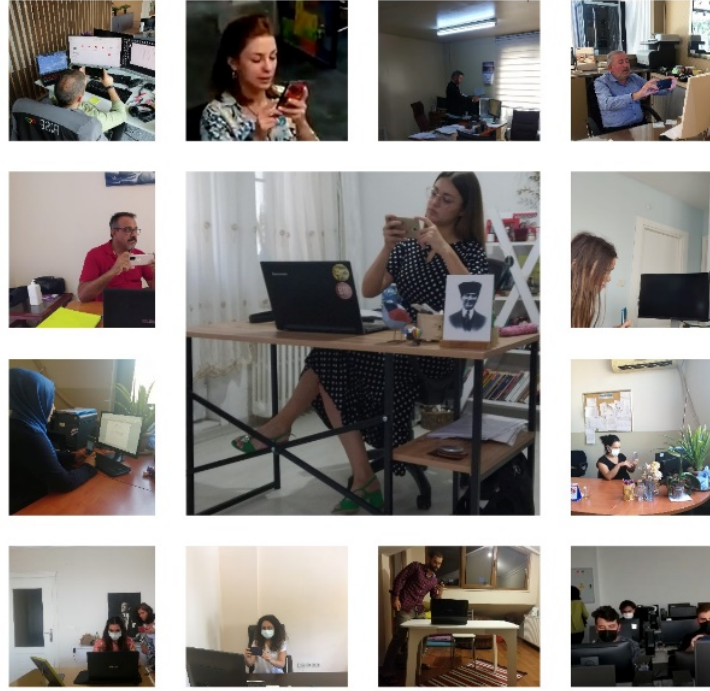
### 2.3.1 Kullanılan Veri Seti

Yapılan çalışmada araştırmacıların video çekimlerimle ile elde edilmiş MÜKDN veri seti kullanılmıştır. Veri hazırlama ve ön işleme evresinde, iç mekânlarda çekilen görüntü ve video gibi görsel kaynaklar belirli ön işleme işlemlerinden geçirilerek derin öğrenmede kullanılmak üzere etiketli MÜKDN veri seti haline getirilmiştir.

Görüntüler İstanbul, Eskişehir ve Hatay'ın çeşitli semt ve bölgelerinde bulunan office, homeoffice, Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi

Bilgisayar laboratuvarlarında katılımcıların gönüllü olarak verilen görüntülerinden elde edilmiştir. Şekil 11'de veri setindeki görüntülerden örnekler gösterilmiştir.

Görüntüler temin edilirken Samsung HMX-QF30 kamerası ve Sony HDR-PJ410 kamerası, bilimüm cep telefonu kameraları kullanılmıştır. Görüntü temini sırasında gönüllülük esasına dayalı çekimler yapıldığından herhangi bir kişinin özel hayatı ihlal edilmemiştir.



Şekil 11. Office, Homeoffice'lerden Elde Edilen Veri Setinden Örnekler

### 2.3.1.1 Veri Çoğullama

Elde edilen görüntüleri sisteme uygun bir şekilde kullanmak için hem de YOLO küçük nesnelere iyi performans göstermediğinden YOLO algoritmasına uygun formatta kullanabilmek adına görüntülerde yeniden boyutlandırma işlemi yapılmıştır. Görüntüler 1024x768 boyutuna getirilmiştir.

Konvolüsyonel sinir ağları ile danışmanlı öğrenme çalışmalarında veri setinde birbirini tekrar etmeyen çok fazla örneğe gereksinim duyulmaktadır. Bunun nedeni örnek sayısı ile uygulama performansının doğru orantılı olarak artmasıdır. Uygulama performansını arttırmak için ham veri open cv veri artırma işlemlerinden çoğullama, aynalama, beyazlatma vb. yöntemlerini kullanılarak artırılmıştır.

### 2.3.1.2 Veri Temizleme

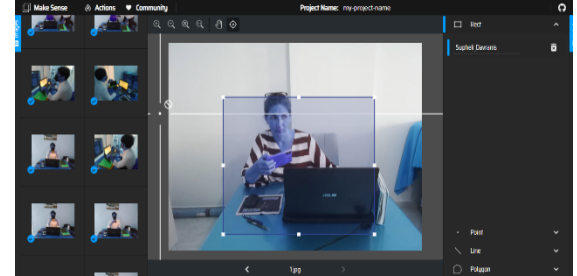
Elde edilen tüm video ve fotoğraflardan belirlenen senaryoya uygun olan görüntüler seçilip temizlenmiştir. Senaryoda karşılaşmayacağımız ve veri de overfitting'e neden olacak tekrarlar temizlenmiştir.

### 2.3.1.3 Veri Etiketleme

Etiketleme aşaması için veri setimize 1 den başlayarak veri setinin sonuna kadar sıralı isimlendirme işlemi uygulanmıştır.

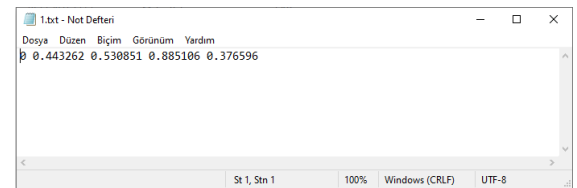
YOLO algoritmasına uygun şekilde etiketleme yapabilmek için kullanılacak alternatif programlar mevcuttur. Bunlara örnek olarak Supervise.ly, Hasty.ai, CVAT, Darwin, Heartex, Scalabel, Segments.ai, Make-Sense, LinkedAI,

LabelImg, RectLabel, LabelBox, LabelMe ve DataTurks ve makesense.ai vb. programlar verilebilir. Bu çalışma kapsamında makesense.ai ve labelBox ile tüm veri seti görüntüleri belirlenen senaryoya uygun şekilde Şekil 12' de görüldüğü gibi etiketlenmiştir.



Şekil 12. Veri Etiketleme İşlemi

Her bir görüntü için tespit edilen koordinatlar ve görüntüde kaç adet nesne olduğu bilgisi görüntü adı ile aynı isimde oluşturulan bir text dosyasına yazılarak kayıt edilmektedir. Şekil 13' te görüldüğü gibi her bir görüntü için etiketli .txt uzantılı dosya oluşturulmuştur.



Şekil 13. Etiketli Veri Örneği

### 2.3.1.1 Veri Setinin Normalize Edilmesi

Etiketlenen görüntülerin uzunluk(dH) ve genişliği(dW), şüpheli davranış hareketinin hangi koordinatta olduğu bilgisini veren (X<sub>0</sub>,X<sub>1</sub>,Y<sub>0</sub>,Y<sub>1</sub>) noktaları ve ŞDH etiket değeri görüntü verisi ile aynı isimdeki \*.txt uzantılı(text) dosyası içerisine yazılmaktadır. Veri setindeki tüm örnekler normalizasyon işlemi uygulanarak etiketli MÜKDN veri seti elde edilmiştir. Bu işlem sistemde kullanılacak YOLO mimarisine uygun hale getirmek için yapılmıştır.

(X<sub>0</sub>,X<sub>1</sub>,Y<sub>0</sub>,Y<sub>1</sub>) koordinatları normalizasyon işlemi ile 0 ve 1 aralığına indirgenmiştir. Bu işlem ile görüntü içerisindeki etiketli ŞDH'nin, merkez noktası koordinatları (X,Y), yüksekliği(H) ve genişliği(W) bilgileri elde edilmektedir. Yapılan normalizasyon işleminin formülü Denklem 2 'de verilmiştir.

$$X = \frac{X_1 + X_0}{2} \times \frac{1}{dW} \quad (2)$$

$$Y = \frac{Y_1 + Y_0}{2} \times \frac{1}{dH}$$

$$W = (X_1 - X_0) \times \frac{1}{dW}$$

$$H = (Y_1 - Y_0) \times \frac{1}{dH}$$

X : Etiketli verinin orta noktasının X koordinatı.

Y : Etiketli verinin orta noktasının Y koordinatı.

W : Etiketli verinin genişliği

H : Etiketli verinin yüksekliği

Normalize edilmiş ve etiketlenmiş görüntü örneği Şekil 14' de gösterilmiştir.



Şekil 14. Verinin Normalize Edilmesi ve Etiketlenmesi

### 2.3.1.4 Test ve Eğitim Sınıflarının Belirlenmesi

Ön işleme tamamlandıktan sonra etiketli MÜKDN veri setindeki örnekler, %70 eğitim ve %30 test verisi olarak ikiye ayrılmıştır.

### 2.1.2 Colabratory ve Darknet

Sistem mimarisini YOLOv4 modeline göre derin öğrenme yöntemleri ile eğitmek için darknet ağı ve colabratory ide 'si tercih edilmiştir. Bu bölümde darknet ve Colabratory kurulumu ve konfigürasyonları hakkında bilgi verilecektir.

#### 2.1.2.1 Darknet

#### 2.1.2.2 Colabratory

### III.BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada bir yapay sinir ağı çatısı/framework) olan darknet ve gerçek zamanlı nesne tespit aracı olan YOLO, kriminal/şüpheli görüntüler üzerinde şüpheli görüntü tespiti yapmak(izinsiz görüntü alma) amacıyla kullanılmıştır. Veri seti olarak Marmara Üniversitesi Kriminal Davranış/Nesne (MÜKDN) veriseti oluşturulmuş ve kullanılmıştır. Veri seti YOLO formatına uygun bir şekilde makesense.ai'de etiketlenmiştir.

YOLO ile derin öğrenme yapmadan önce darknet 'in okuyacağı sinir ağı konfigürasyon dosyasında bazı değişiklikler yapılarak, sinir ağının küçük nesnelere de tespit edebilir hale gelmesi sağlanmış ve eğitim işleminin süresi için optimizasyonlar yapılmıştır.

YOLO 'nun eğitilmesi colabratory framework' ünde GPU üzerinde gerçekleştirilmiştir. Eğitim yaklaşık olarak 12 saat sürmüştür.

#### 3.1 Kullanılan Metrik Yöntemler

Derin öğrenme sistemlerinde modelin eğitim süreci sonunda elde ettiği başarı ver performansı belli ölçütlere göre değerlendirilmektedir. Bu bölümde çalışmalarda kullanılan modelin değerlendirilmesi için kesinlik (precision), duyarlılık (recall) , F1 skor ve mAP sonuçlarına değinilmiştir

#### 3.1.1 Kesinlik (Precision), Duyarlılık (Recall) , F1 skor ve mAP

Derin öğrenmede öğrenme başarısı olasılık modeli olan kesinlik (precision) değeri üzerinden hesaplanmaktadır. Bu skala için bazı temel kavramlar vardır. Bu kavramlardan dördü gerçekleşen öğrenmeyi test verisi üzerinde uygulandığında elde edilen tahmini sınıflandırmak için kullanılmaktadır. Bu kavramlar doğru pozitif(TP), yanlış pozitif(FP), doğru negatif(TN) ve yanlış negatif(FN) değerleridir.

Bu değerler, kullanıcı tarafından şüpheli davranış olarak etiketlenmiş verinin etiket değeri ve yapıla eğitim sonucundaki ağırlık değerlerine göre sistem tarafından yapılan tahmin sonucunun karşılaştırması ile elde edilmektedir. Şüpheli davranış olarak etiketlenmiş verinin pozitif olduğu varsayılırsa, tahmin sonucu eğer pozitif ise TP, negatif ise FN değeri oluşmaktadır. Yine aynı şekilde şüpheli davranış olarak etiketlenmiş verinin negatif olduğu

varsayılırsa, tahmin sonucu eğer pozitif ise FP, negatif ise TN değeri oluşmaktadır. Karmaşıklık matrisini Tablo 1’de görmek mümkündür.

**Tablo 1.** Karmaşıklık Matrisi

	Etiketlenmiş Durum		
	Toplam Durum	Etiket Pozitif	Etiket Negatif
Tahmin Edilen Durum	Tahmin Pozitif	Doğru Pozitif (TP)	Yanlış Pozitif (TP)
	Tahmin Negatif	Yanlış Negatif (FN)	Doğru Negatif (TN)

Karmaşıklık matrisinin terimleri kullanılarak her bir örnek için Precision(hassasiyet) ve Recall(geri çağırma) değerleri hesaplanır. Kesinlik(Precision) değerinin formülünü Denklem 3’de görmek mümkündür.

$$P = \frac{\text{Doğru Pozitifler}}{\text{Toplam Pozitif Sonuçlar}} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (3)$$

Duyarlılık(Recall) değerinin formülünü Denklem 4’de görmek mümkündür.

$$R = \frac{\text{Doğru Pozitifler}}{\text{Tespit edilen şüpheli davranış sayısı}} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (4)$$

Test verisindeki her bir örnek için bir test çalıştırılır ve elde edilen sonuca göre recall(r) ve precision(p) değerleri yüzdelik olarak hesaplanır. Bu

değerlere göre bir r-p grafiği oluşur. r-p grafiği altında kalan alan Average Precision(Ortalama hassasiyet - AP) olarak hesaplanmaktadır. Average Precision formülünü Denklem 5’ de görmek mümkündür.

$$AP = \int_0^1 p(r) dr \quad (5)$$

Bu formül pratikte sonlu bir toplam olarak Denklem 6’ daki gibi kullanılır.

$$AP = \sum_{k=1}^n P(k) \cdot \Delta r(k) \quad (6)$$

n: nesne sayısı

P(k) : Her bir k değeri için precision

$\Delta r(k)$  : Her bir k değeri için recall değerindeki değişim.

Her bir sınıf için AP hesabı yapıldıktan sonra tüm sınıflar için Mean Average Precision(mAP) değeri Denklem 7’ deki gibi hesaplanır.

$$mAP = \frac{\sum \text{E sınıf APi}}{\text{Toplam Sınıf Sayısı}} \quad (7)$$

Tablo 2’ de YOLOv4’ e ait F1-Skor, mAP, IoU ve tespit zamanı değerleri gösterilmiştir. Tablo 3’te YOLOv4’ün tek sınıf ile eğitim başarısı mAP değerleri iterasyon sayısına göre gösterilmiştir. Şekil

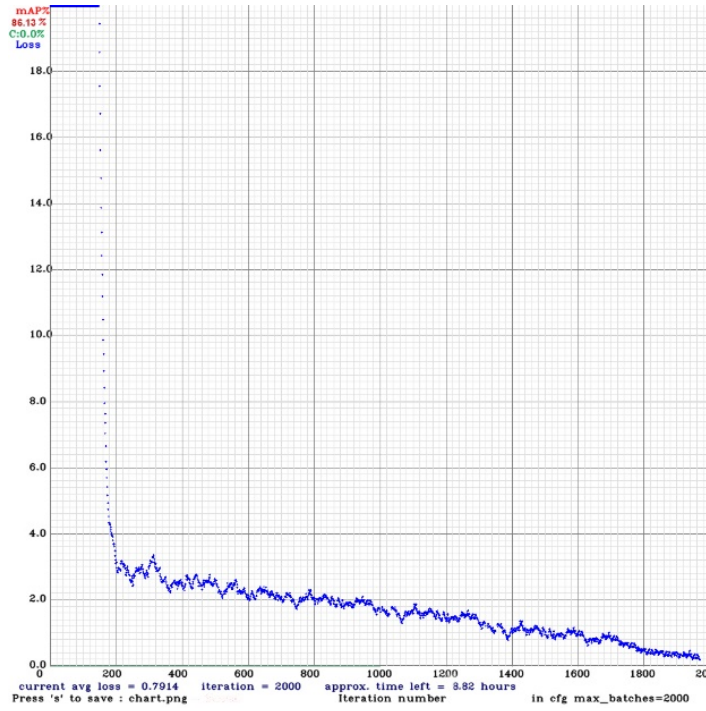
17’ de şüpheli davranış tespit modelimizin YOLOV4 algoritması kullanılarak 2000 iterasyonda tamamlanan eğitiminin çizdirilen mAP değerleri grafiği gösterilmiştir.

**Tablo 3.** YOLO ‘nun Tek Sınıf İle Öğretildiğinde Başarısı

Tekrar(Iteration)	mAP
500	29,68
1000	78,31
1500	82,86
2000	86,13

**Tablo 2.** YOLOv4’ün Metrik Hesaplama Değerleri

Model Adı	F1 Skor	mAP	Iou	Tespit Zamanı	Güven Skoru Eşik Değeri
YOLOv4	0,721	0,50	0,79	0,232	0,25



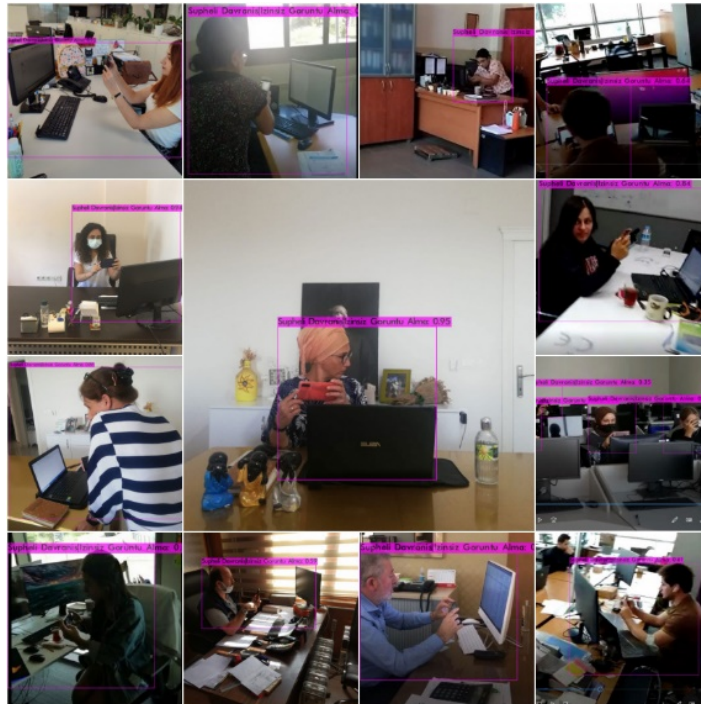
Şekil 17.Şüpheli Davranış Eğitim Grafiği

Şekil 18'de sistemin şüpheli davranış olarak doğru tahmin ettiği örnek görüntüler gösterilmiştir.

Örneklerde şüphelilerin gizli bir şekilde görüntü alma eylemi görülmektedir.

Şekil 19'da modelin başarısız olduğu tespit edemediği şüpheli görüntü örnekleri

gösterilmiştir. Görseller incelendiğinde şüpheliler cep telefonlarını iki avuçlarının içine sakladıklarında veya iki ellerini havaya kaldırırken başka bir cisim tuttuklarında model izinsiz görüntü alınmasını tespit edememiştir.



Şekil 19.Şüpheli Davranış | İzinsiz Görüntü Alınması Tespit Edilmiş Görüntüler



Şekil 19.Şüpheli Davranış | İzinsiz Görüntü Alınması Tespit Edilememiş Görüntüler

### 3.2 Sonuç ve Değerlendirmeler

Bu çalışmada gerçek zamanlı bir nesne tespit aracı olan YOLO Kriminal/şüpheli davranış görüntülerinde şüpheli davranış tespiti amacıyla kullanılmıştır ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir. YOLO ile yapılan çalışmalar çoğunlukla günlük hayatta gözle görülebilen nesnelere makineye öğretilip tespit etmesi amacıyla kullanılmaktadır. Bu alandaki yeni veri seti olan Marmara Üniversitesi Kriminal Davranış/Nesne (MÜKDN) veri seti üzerinde yapılan bu çalışma sayesinde YOLO'nun davranış tespitinde kullanılabilirliği desteklenmiştir. Bir nesne tespit aracı olan YOLO ile şüpheli davranış tespitinde %70'in üzerinde başarı elde edilmiştir.

Derin öğrenmede başarıyı etkileyen en önemli faktörlerden biri elde edilmesi oldukça maliyetli olan eğitim verisinin çok olmasıdır. Bu çalışmada veri seti %70 eğitim - %30 test şeklinde ayarlanarak eğitim gerçekleştirildiğinde, mAP değeri 0,5'in altında çıkmıştır. %86,66'in üzerindeki başarıya ulaşılmıştır. Daha büyük bir veri seti ile başarının daha da yüksek çıkması beklenmektedir.

GPU gücünün makine öğrenmesi için fazlasıyla yeterli olduğu günümüzde en önemli ihtiyaç veridir. Makine ne kadar çok veri ile eğitirse, insan davranışının makinelerce taklit edilebilmesi o kadar iyi sağlanabilir. Günümüzde teknoloji kullanımının (sosyal medya vb.) artması sayesinde çok fazla veri biriktirmektedir. Etik kurallarına da uyarak, kişisel veri olmayacak verilerden veya kişisel verileri barındırmayacak şekilde toplanacak verilerle veri setleri oluşturulması ve bu verilerin gelecekte

yapılacak bilimsel çalışmalara da fayda sağlaması için paylaşılması önemlidir.

Bu çalışmada kullanılan Marmara Üniversitesi Kriminal Davranış/Nesne (MÜKDN) veri seti oluşturulmuş olup, YOLO formatında etiket yapısı kazandırılmıştır, bu veriler paylaşılacaktır.

Bu çalışmada kullanılan \*.cfg dosyasındaki değerler optimum değerler değildir. Ancak mevcut hali ile şüpheli davranış tespiti yapılabilmektedir. \*.cfg dosyasında yapılabilecek başka ayarlar ve YOLO katman sayısının artırılması gibi değişiklikler ile YOLO'nun başarısını artırabilir.

YOLO tek sınıf ile eğitilmiş olup, sınıf sayısının eğitimdeki başarıya etki ettiği ve tek sınıflı eğitimde yüksek başarıya daha hızlı ulaşıldığı görülmüştür.

Bu çalışmada sadece izinsiz görüntü alma şüpheli davranış tespiti yapılmıştır. YOLO ile başka davranış türleri (hırsızlık, şiddet vb.) üzerinde de çalışılabilir ve farklı başarı oranlarına ulaşılabilir.

### REFERANSLAR

- [1] Radu, R. G. (2012). The monopoly of violence in the cyber space: Challenges of cyber security. In Power in the 21st Century (pp. 137-150). Springer, Berlin, Heidelberg.
- [2] Bıçakcı, S. (2014). NATO'nun gelişen tehdit algısı: 21. yüzyılda siber güvenlik. Uluslararası İlişkiler Dergisi, 10(40), 100-130.
- [3] Lecun, Y., Bottou, L., Bengio, Y., & Haffner, P. (1998). Gradient-based learning applied to document recognition.



- Proceedings of the IEEE, 86(11), 2278–2324. <https://doi.org/10.1109/5.726791>
- [4] Maghdid, H., Asaad, A. T., Ghafoor, K. Z. G., Sadiq, A. S., Mirjalili, S., & Khan, M. K. K. Diagnosing COVID-19 pneumonia from x-ray and CT images using deep learning and transfer learning algorithms, 26. <https://doi.org/10.1117/12.2588672>
- [5] Hassan, M., Ali, S., Alquhayz, H., & Safdar, K. (2020). Developing intelligent medical image modality classification system using deep transfer learning and LDA. *Scientific Reports*, 10(1), 12868. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-69813-2>
- [6] Jaouedi, N., Boujnah, N., & Bouhlel, M. S. (2020). A new hybrid deep learning model for human action recognition. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 32(4), 447–453. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2019.09.004>
- [7] T.S., A., & Guddeti, R. M. R. (2020). Affective database for e-learning and classroom environments using Indian students' faces, hand gestures and body postures. *Future Generation Computer Systems*, 108, 334–348. <https://doi.org/10.1016/j.future.2020.02.075>
- [8] Jammalamadaka, N., Zisserman, A., & C.V., J. (2017). Human pose search using deep networks. *Image and Vision Computing*, 59, 31–43. <https://doi.org/10.1016/j.imavis.2016.12.002>
- [9] Luvizon, D. C., Tabia, H., & Picard, D. (2019). Human pose regression by combining indirect part detection and contextual information. *Computers & Graphics*, 85, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2019.09.002>
- [10] Moez Baccouche, Franck Mamalet, Christian Wolf, Christophe Garcia, and Atilla Baskurt. LNCS 7065 - Sequential Deep Learning for Human Action Recognition.
- [11] Laptev, I., Marszalek, M., Schmid, C., & Rozenfeld, B. Learning realistic human actions from movies, 1–8. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2008.4587756>
- [12] Dollar, P., Rabaud, V., Cottrell, G., & Belongie, S. Behavior Recognition via Sparse Spatio-Temporal Features, 65–72. <https://doi.org/10.1109/VSPETS.2005.1570899>
- [13] Ming-Yu Chen and Alexander Hauptmann. MoSIFT: Recognizing Human Actions in Surveillance Videos.
- [14] Liu, J., & Shah, M. Learning human actions via information maximization, 1–8. <https://doi.org/10.1109/CVPR.2008.4587723>
- [15] Daş, R., Polat, B., & Tuna, G. (2019). Derin Öğrenme ile Resim ve Videolarda Nesnelerin Tanınması ve Takibi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 571–581. <https://doi.org/10.35234/fumbd.608778>
- [16] Yılmaz, O., Aydın, H., & Çetinkaya, A. (2020). Faster R-CNN Evrimsel Sinir Ağı Üzerinde Geliştirilen Modelin Derin Öğrenme Yöntemleri ile Doğruluk Tahmini ve Analizi: Nesne Tespiti Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (20), 783–795.
- [17] Wikipedia (Ed.). (2021). Yapay zekâ. (2021, September 13). [https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Yapay\\_zekâ&oldid=25937799](https://tr.wikipedia.org/w/index.php?title=Yapay_zekâ&oldid=25937799)
- [18] Bonner, A. (2007). The art and logic of Ramon Lull: A user's guide. *Studien und Texte zur Geistesgeschichte des Mittelalters: Bd. 95*. Brill.
- [19] Turing, A. M. (2009). Computing machinery and intelligence. In *Parsing the turing test* (pp. 23-65). Springer, Dordrecht..
- [20] John McCarthy, Marvin L. Minsky, Nathaniel Rochester, & Claude E. Shannon. (1955). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence (27 Number 4(2006)). *AI Magazine Volume 27 Number 4 (2006)* (© AAAI).
- [21] McCulloch, W. (1943). A logical calculus of the ideas immanent in nervous activity, 5.
- [22] Rosenblatt, F. (1957). *The perceptron, a perceiving and recognizing automaton Project Para*. Cornell Aeronautical Laboratory.
- [23] Christopher, M. B. (2016). *Pattern Recognition And Machine Learning*: Springer-Verlag New York
- [24] Karpathy, A. (2018). Stanford university cs231n: Convolutional neural networks for visual recognition. URL: <http://cs231n.stanford.edu/syllabus.html>.

- [25] Yapay Sinir Ağları ~ Papatya Bilim Yayınevi. (2020, October 24). <http://www.papatyabilim.com.tr/yapaySinirAglari.htm>
- [26] Fırıldak, K., & Talu, M. F. (2019). Evrimsel Sinir Ağlarında Kullanılan Transfer Öğrenme Yaklaşımlarının İncelenmesi. *Computer Science*, 4(2), 88-95.
- [27] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., Malik, J., & Mercan, E. (2014). R-CNN for Object Detection. In *IEEE Conference*.
- [28] Girshick, R., Donahue, J., Darrell, T., & Malik, J. (Eds.). Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation.
- [29] Gkioxari, G., Girshick, R., & Malik, J. (Eds.). Contextual Action Recognition with R\*CNN.
- [30] Ren, S., He, K., Girshick, R., & Sun, J. (2017). Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 39(6), 1137–1149. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.2016.2577031>
- [31] Leibe, B., Matas, J., Sebe, N., & Welling, M. (Eds.) (2016a). *Computer Vision – ECCV 2016*. : Vol. 9905. Springer International Publishing.
- [32] Leibe, B., Matas, J., Sebe, N., & Welling, M. (2016b). *Computer Vision – ECCV 2016*, 9905. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-46448-0>
- [33] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, & Ali Farhadi. You Only Look Once: Unified, Real-Time Object Detection.
- [34] Papers with Code - YOLOv4 Explained. (2021, September 13). <https://paperswithcode.com/method/yolo4>
- [35] bigumigu.com -Hırsızlığı % 81 Doğrulukla Önceden Tespit Edebilen Algoritma.(2021, Sebtember17).<https://bigumigu.com/haber/vaakeye-hirsizligi-81-dogrulukla-onceden-tespit-edebilen-algoritma/>
- [36] pjreddie.com, "Darknet: Open Source Neural Networks in C", (2021, September 13). <https://pjreddie.com/darknet/>
- [37] github.com," YOLOv4 / Scaled-YOLOv4 / YOLO - Neural Networks for Object Detection (Windows and Linux version of Darknet ) ",(2021, September 13). <https://github.com/AlexeyAB/Darknet>

# Dokuma Kalın Kumaşlarda Dikim Parametrelerinin Dikiş Kalite Özelliklerine Etkisi

The Effect of Sewing Parameters on Sewing Quality Properties in Woven Thick Fabrics

Başak Gümüştas<sup>1</sup>, Hilal Huşçe<sup>1</sup>, Naz Kadıncız<sup>1</sup>, Emine Kanberoglu<sup>2</sup>, \*Muhammet Uzun<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 34722 İstanbul, Türkiye

<sup>2</sup> Ar-ge ve Tasarım Merkezi, Akın Tekstil A.Ş., 34144 İstanbul Türkiye

## Öz

Günümüz dış giyimde kullanılan kumaş çeşitleri teknolojik gelişmelerle birlikte farklılaşmaktadır. Bu farklılıklarda yeni elyaf türlerinin ve dokuma konstrüksiyonunun etkisi fazladır. Pamuk günümüzde kullanım önemini ve yoğunluğunu devam ettirmektedir. Bununla birlikte organik tarım yöntemleri ile elde edilen çevreci pamuklarda yine kumaş yapımında kullanılmaktadır. Bu çalışmanın ana amacı farklı dikim parametrelerinin dikiş açılma özelliklerine etkisinin incelenmesidir. Konvansiyonel ve organik pamuk ile elde edilmiş iki farklı kumaş yapısı üç farklı iğne, üç farklı dikiş ipliği ve iki farklı sıklık (adım sayısı) ile dikilmiştir. Bu parametreler seçilen kumaşların atkı ve çözgü yönüne uygulanmıştır. Seçilen kumaşlar özellikle dikiş sırasında problem ve satış sonrası müşteri şikayetine yol açan kalın sayılabilecek yapıdadır. Çalışmada gözlemlenen ana etken parametreler dikiş ipliği ve dikiş adım sayısı olarak bulunmuştur. Çalışmada farklı numaralarda gözlemlenen temel değişken iplik inceliği arttıkça kumaş iplik teması azalmakta bu da atkı veya çözgü yönündeki ipliklere kısmen kesme etkisi oluşturmuştur. Bununla birlikte ana etki atkı ve çözgü yönündeki ipliklerin, dikiş ipliğinden daha dayanıklı olması neticesinde kumaşta kopma meydana gelmiştir. Her iki durumda da dikiş ipliği seçiminin son ürüne verdiği olumsuz etki çalışmada kapsamlı olarak gözlemlenmiştir. Diğer taraftan kalın ipliklerde dikiş açılması oluşmazken, kumaş atkı-çözgü ipliklerinde kayma oluşmuştur. Kullanılan dikiş sıklığı (adım sayısı) artışı kumaşta büzülme ve kat oluşumu meydana getirmiştir. Büzülme potluğu son üründe ana şikâyet nedenlerinden olduğu için uygun adım sayısının tespit edilmesi önemlidir. Bu çalışma uygun adım sayısına ulaşmak için rehber niteliğindedir.

**Anahtar Kelimeler:** Dokuma kumaş, dikiş mukavemeti, dikiş yoğunluğu, dikiş parametreleri

## Abstract

The types of fabrics used in today's outerwear differ with technological developments. The effect of new fiber types and weaving construction is high in these differences. Today, cotton continues its importance and intensity of use. However, environmentally friendly cotton obtained by organic farming methods is also used in fabric production. The main purpose of this study is to examine the effects of different sewing parameters on-seam opening properties. Two different fabric structures obtained with conventional and organic cotton were sewn with three different needles, three different sewing threads, and two different densities (number of steps). These parameters were applied to the weft and warp directions of the selected fabrics. The selected fabrics are especially thick, which causes problems during sewing and customer complaints after-sales. The main effective parameters observed in the study were the sewing thread and the number of sewing steps. The main variable observed in the study in different numbers is that as the yarn fineness increases, the fabric yarn contact decreases and this creates a partial shearing effect on the yarns in the weft or warp direction. However, the main effect is that the threads in the weft and warp directions are more durable than the sewing thread, resulting in breakage in the fabric. In both cases, the negative effect of sewing thread selection on the final product has been extensively observed in the study. On the other hand, while there is no seam opening in thick threads, slippage occurred in weft-warp threads of the fabric. The increase in the stitch density (number of steps) used caused shrinkage and fold formation in the fabric. It is important to determine the appropriate number of steps since shrinkage pot is one of the main complaints in the final product. This study serves as a guide to reaching the appropriate number of steps.

**Key words:** Woven fabric, seam strength, seam density, sewing parameters

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Başak GÜMÜŞTAŞ, Tel: 05060569278,

e-posta: basakgumustas@marun.edu.tr

**Gönderilme/Submitted:** 30.03.2022, **Düzenleme/Revised:**30.03.2022, **Kabul/Accepted:** 02.04.2022

## I. GİRİŞ

Dikiş; iğne ve uygun ipliğin kullanılarak yapılan bir birleştirme işlemidir. Bu birleştirme giysi performansını etkileyen ana unsurlardandır [1]. Giysi dayanıklılığı ve insan vücudunda ki konfor açısından iyi kalitede dikiş büyük önem taşır [2]. Hazır giyim üretiminde giysilerin dikiş performansı, kumaş kalitesiyle birlikte dikiş parametrelerinin kumaşa uygun seçimi ile ilgilidir. Bunun yanın da hazır giyim sektöründe ki kalite, insan ve işletme organizasyonundan kaynaklı değişiklik gösterebilmektedir. Yetenek, motivasyon, makinenin durumu, makinenin ayarı gibi nedenlerin yanında saat, sıcaklık, gürültü seviyesi, ortam nemi gibi fiziksel nedenler de üretim parametrelerini etkileyebilir [3]. Özellikle doğal elyaf içeren kumaşların çevresel etkilerden daha fazla etkilendiği bilinmektedir. Giyside ki dikiş kalitesi, dikiş düzgünlüğü üretim süreçlerinin sorunsuz çalışmasına yardımcı olmakla birlikte estetik açıdan tüketicilerin giysi hakkında görüşlerini etkileyip satın almada önemli bir kriterdir [4]. Dikiş tipi, dikişin adım sayısı, dikiş iğnesi numarası, dikiş ipliği cinsi, iplik numarası gibi parametrelerin seçimi kumaşta lif içeriği, kumaşın konstrüksiyonu, gramajı ve kalınlığı gibi kumaş özelliklerine bağlıdır [5]. Bu parametrelerin uygun seçimi düzgün dikiş kalitesinin yanında üretim süreci sorunsuz devam edip zamandan ve maliyetten tasarruf edilmesini sağlar [6].

Kalın ipliklerle dokunmuş kumaşlar dikiş ipliğinin kopması, iğnenin kırılması gibi hatalarla en sık karşılaşılan kumaşlardır. Dikişte kalitesinde dikiş ipliği önemli bir rol oynar dikiş ipliğinin mukavemetinin yüksek olması ve dikiş adım sayısı bu çalışmada kullanılan kalın kumaşların dikimi için önemli bir parametredir [7, 8]. Bu durum belli kuvvet altında dikiş ipliği kopuşlarını en aza indirgeyip, dikiş uzaması sonuçlarını da azaltacaktır [9]. Dikiş verimliliği dikiş mukavemetinin kumaş mukavemetine oranı ile bulunur [10]. Dikiş mukavemeti, dikiş yönüne dik olarak uygulanan kuvvet sonucunda dikiş yerinin kopmaya karşı gösterdiği dirençtir [11].

Literatürde konu ile ilgili çalışmalarda, farklı ipliklerde değişken mukavemet sonuçlarına ulaşıldığı, kumaş kalitesiyle dikiş veriminin ilişkili olduğu anlaşılmıştır [12]. Kumaşın özelliklerine göre dikiş parametrelerinin özelleşmesi dikiş kalitesi açısından en iyi yol olacağı gösterilmiştir [13]. Dikiş kalitesini etkileyen kumaş özellikleri gramaj, kalınlık, kumaş mukavemeti ve kumaş içeriğindeki lif türlerinin yüzdesi hazır giyimde dikiş performansı için çok önemlidir [14]. Dikiş ipliği mukavemetli olması dikişin iyi bir performans sergilemesini

sağlar. Dikiş ipliği ve adım sayısının hammaddeye ve dokuma konstrüksiyonuna göre belirlenmesi dikiş stabilitesi için önemli bir etkidir [15]. Tek tip elyafli hammaddelerde dikiş mukavemeti yüksek olup, pamuklu kumaşlarda daha az adım sayısı ile dikiş yapılırsa verimliliğin artacağı tespit edilmiştir [16, 17]. Hazır giyim üretiminde çoğunlukla kullanılan bez ayağında dokuma kumaşlar dikiş ipliği, dikiş iğnesi, dikiş sıklıkları parametreleri kullanılarak atkı, çözü, verev (45°) kumaş yönlerinde ki dikiş mukavemet değerleri karşılaştırılmıştır [18]. Tüm parametrelerin dikiş mukavemetine etki ettiği değerler incelenip estetik açıdan dikiş görünümleri de karşılaştırılmıştır [19]. Dokuma sektöründe sıklıkla kullanılan denim kumaşlar kısmen kalın kumaşlar sınıfına girer ve popüler oldukları için dikiş verimi önemlidir [20, 21]. Çalışmada kumaş gramajı, iğne numarası ve kumaş konstrüksiyonu parametreleri baz alınarak kumaş gramajı ve iğne numarasının dikimde önemli etki sağladığı bulunmuştur [17, 22]. Dikiş ipliği üretim yöntemi, numarası ve kumaşın yapısal özelliklerinin dikiş performansı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu gözlenmiştir. Dikiş mukavemeti, dikiş verimliliği, dikiş kayması ve dikiş büzülmesi ile incelenmiştir [23]. Çalışmada kullanılan polyester hammaddeli kumaşlarda seyrek olan kumaşların dikiş parametreleri seçimi önemlidir [18, 24]. Kullanılan diğer pamuklu kumaşlarda ise dikiş kayması gözlenir [6]. Farklı dikiş ipliği numaraları ve dikiş iğneleri kombine edilerek çeşitli yönlerden dikilen kumaşların dikiş mukavemeti ve uzaması değerleri karşılaştırılmıştır [25].

Bu çalışmada dikiş problemine sıklıkla karşılaşılan gramajı yüksek kumaşlar seçilmiştir. Konvansiyonel (geleneksel) ve organik pamuk içerikli farklı dokuma türünde kumaşlar atkı ve çözü yönü kullanılarak 2 ve 4 dikiş sıklığında dikilmiştir. Dikim işlemi gerçekleştirilirken 10DB70 – 14DB90 – 16DB100 numaralı dikiş iğneleri ve 24 tex – 40 tex – 90 tex dikiş iplikleri ile kombinasyonlar yapılarak dikiş mukavemeti çekme test cihazı ile ölçülmüştür. Dikimde en az hata ile karşılaşılan, dikiş için en verimli kombinasyonlar analiz edilmiş, kalın kumaşlarda dikim hatalarının önüne geçilmesi amaçlanmıştır.

## II. DENEYSEL

Araştırmanın malzemeleri giyimde kullanıldığından kalın sayılabilecek iki farklı dokuma kumaş, iğneler ve iplikler ile hazırlanan numuneler oluşturmaktadır. Numunelerin dikilmesinde üç farklı iplik 3 farklı iğne kullanılmıştır. Numuneler parametreleri göz önünde bulundurularak kodlanmış olup Tablo 1 de belirtilmiştir. Numunelerde kullanılan kumaşların özellikleri Tablo 2’de belirtilmiştir. Tablo 1’de

**Dokuma Kalın Kumaşlarda Dikim Parametrelerinin Dikiş Kalite Özelliklerine Etkisi**

verilen bilgiler doğrultusunda çalışmadaki test parametrelerinde kısaltmalar yapılmıştır. 10/24/2 şeklinde kodlanan numune 10 numara iğne 24 Tex iplik ile 2 sıklıkta dikilmiştir.

**Tablo 1. Şekillerde Kullanılan Kısaltmalar**

Kumaş Yönü	İğne Numarası	Dikiş İplik Numarası	Sıklık
A (Atkı)	10	24 Tex	2
	14	40 Tex	
	16	90 Tex	
Ç (Çözü)			4

**Tablo 2. Kumaş Özellikleri**

Kumaş No	Çözü	Atkı	Çözü Sıklığı	Atkı Sıklığı	Gramaj (g/m <sup>2</sup> )	Kalnlık (mm)
1	24/3 Ring Penye Organik Pamuk Kompakt T10.5s	24/3 Ring Penye Organik Kompakt T10.5s	19	15	265	0.73
2	A-B-C 9/2 Ring Karde Flamlı	A-B-C 9/2 Ring Karde Flamlı	14	10	320	0.58

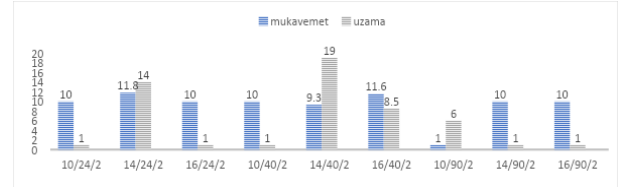
Kumaşlarının kesilmesiyle dikiş mukavemeti ölçümünde kullanılmak üzere hazırlanan numunelerin dikiminde 3300 devir/dakika ile çalışan Brother DB2-B736-3TR bıçaklı otomatik düz dikiş makinesi, Orange marka 10, 14 ve 16 numara dikiş iğnesi kullanılmıştır. Dikiş mukavemeti ve uzama ölçümü için iki kumaştan ayrı ayrı çözü ve atkı yönlerden 108'şer adet numune alınmıştır. Numune sayısının çokluğu çalışmanın farklı parametrelerini net olarak ortaya çıkarmak içindir. Her bir numuneden 3'erli deneyler yapılmıştır. Numuneler TS 1619-2 EN ISO 13935-2 (11) standartına uygun olarak test edilmiştir.

### III. BULGULAR VE TARTIŞMA

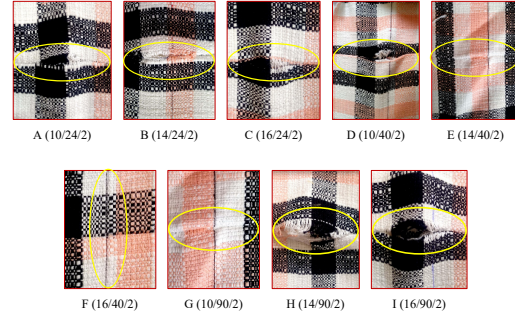
Deneyde kullanılan kumaşın (pamuk, organik pamuk), farklı yönlerde (atkı, çözü), farklı dikiş ipliklerinin (24 Tex, 40 Tex, 90 Tex), farklı dikiş sıklıklarında (2 ve 4 dikiş/cm) dikiş mukavemeti, uzaması ve dikiş görünümü, kumaş ve ipliğe uygulanan tüm fiziksel testler TS EN ISO 139 (10)'a göre standart atmosfer şartlarında (20±2 °C ve %65±2 nem) gerçekleştirilmiştir. Test kumaşları ve dikiş iplikleri kesim ve ölçümden önce 24 saat standart laboratuvar koşullarında kondisyon edilmiş daha sonra ölçüm işlemleri gerçekleştirilmiştir. Tüm testler AKIN TEKSTİL A.Ş. Tarafından yapılmıştır.

## 1 NUMARALI KUMAŞ

Şekil 1 grafiğindeki değerlere bakıldığında ve Şekil 2B göz önünde bulundurulduğunda 10 ve 16 numara iğnelerle dikilen numunelerde dikişte açılma gözlemlenmiş bu nedenle uygun iğne numarasının 14 olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 1 'deki değerlere bakıldığında ve Şekil 2F göz önünde bulundurulduğunda en düşük uzamanın 40 Tex iplik kullanımında olduğu gözlemlenmiştir.

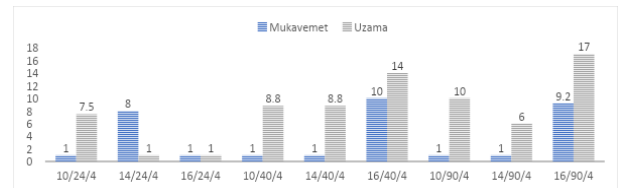


**Şekil 1.** 1 numaralı kumaşta çözü yönünde 2 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin mukavemet ve uzama değerleri



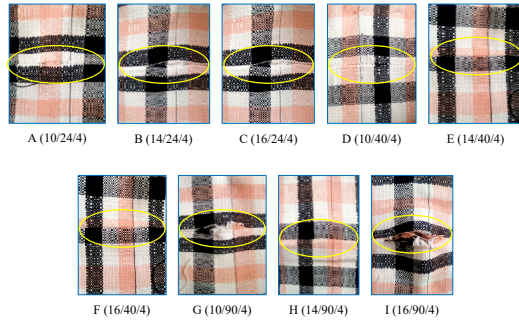
**Şekil 2.** 1 numaralı kumaşta çözü yönünde 2 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin test esnasındaki yırtılma noktaları

Şekil 3'deki değerlere bakıldığında ve Şekil 4C göz önünde bulundurulduğunda 10 numara iğnenin atkı ipliklerine zarar vermesi 16 numara iğnenin ise kumaş delmesi sebebiyle uygun iğne numarasının 14 olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 3'de ki değerlere bakıldığında ve Şekil 4H göz önünde bulundurulduğunda 24 Tex ipliğin kumaş çözü ipliklerinden daha düşük mukavemetli olmasından dolayı kopma meydana gelmiş, en düşük uzamanın 90 Tex numara iplik kullanımında olduğu gözlemlenmiştir.



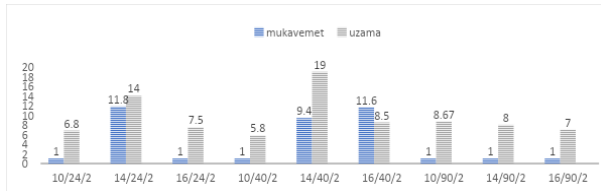
**Şekil 3.** 1 numaralı kumaşta çözü yönünde 4 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin mukavemet ve uzama değerleri

## Dokuma Kalın Kumaşlarda Dikim Parametrelerinin Dikiş Kalite Özelliklerine Etkisi

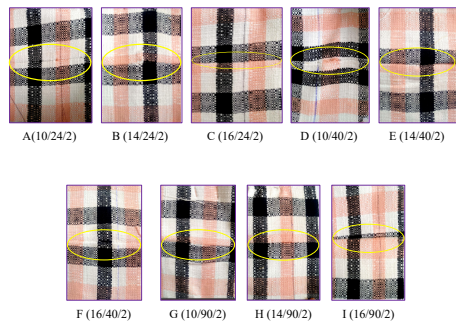


**Şekil 4.** 1 numaralı kumaşta çözgü yönünde 4 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin test esnasındaki yırtılma noktaları

Şekil 5’de ki değerlere bakıldığında ve Şekil 6C göz önünde bulundurulduğunda 10 ve 14 numara iğnelerde kumaşta açılma meydana gelmiş uygun iğne numarasının 16 olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 5’deki değerlere bakıldığında ve Şekil 6H göz önünde bulundurulduğunda diğer numunelerde açılma meydana gelirken bu numunede açılma meydana gelmemiş, dikiş düzgünlüğü artmıştır aynı zamanda en düşük uzamanın 90 Tex numara iplik kullanımında olduğu gözlemlenmiştir.



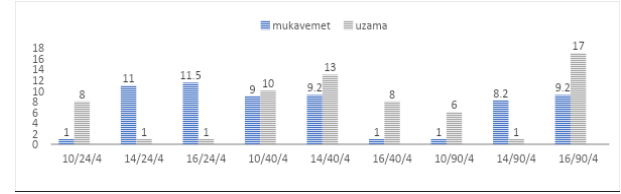
**Şekil 5.** 1 numaralı kumaşta atkı yönünde 2 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin mukavemet ve uzama değerleri



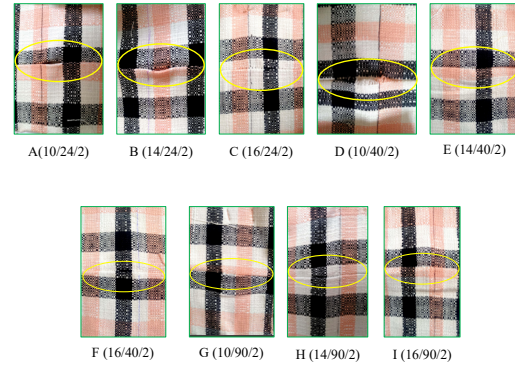
**Şekil 6.** 1 numaralı kumaşta atkı yönünde 2 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin test esnasındaki yırtılma noktaları

Şekil 7’de ki değerlere bakıldığında ve Şekil 8B göz önünde bulundurulduğunda diğer iğnelerde kumaş delinmesi veya dikim sırasında iğne kırılması meydana gelmiş uygun iğne numarasının 14 olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 7’deki değerlere bakıldığında ve Şekil 8H göz önünde bulundurulduğunda en düşük uzamanın 90 Tex

numara iplik kullanımında olduğu 24 Tex iplik ile dikilen numunelerde iplik kopuşu olduğu gözlemlenmiştir.



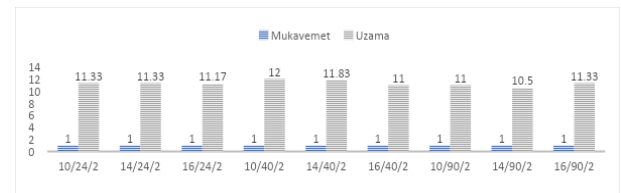
**Şekil 7.** 1 numaralı kumaşta çözgü yönünde 4 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin mukavemet ve uzama değerleri



**Şekil 8.** 1 numaralı kumaşta atkı yönünde 4 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin test esnasındaki yırtılma noktaları

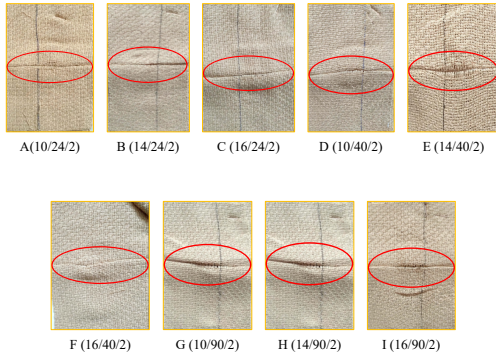
## 2 NUMARALI KUMAŞ

Şekil 9’deki değerlere bakıldığında ve Şekil 10C göz önünde bulundurulduğunda 10 numara iğnenin atkı ipliklerine zarar verdiği ve dikiş makine verimliliğini düşürdüğü saptanmış uygun iğne numarasının 16 olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 9’da 2. grafiğindeki değerlere bakıldığında 24 Tex ipliğin kopuşu meydana gelmiş ve Şekil 10I göz önünde bulundurulduğunda en düşük uzamanın 90 Tex numara iplik kullanımında olduğu gözlemlenmiştir.



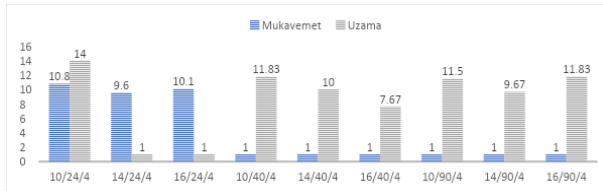
**Şekil 9.** 2 numaralı kumaşta çözgü yönünde 2 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin mukavemet ve uzama değerleri

## Dokuma Kalın Kumaşlarda Dikim Parametrelerinin Dikiş Kalite Özelliklerine Etkisi

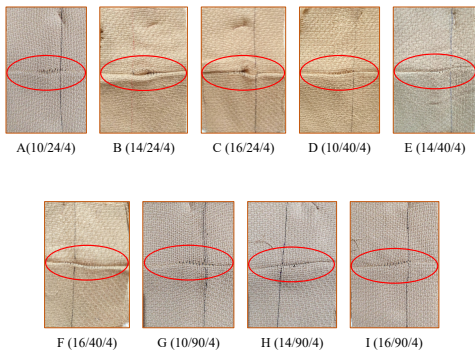


**Şekil 10.** 1 numaralı kumaşta çözgü yönünde 2 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin test esnasındaki yırtılma noktaları

Şekil 11'de ki değerlere bakıldığında 10 numara iğnenin dikiş makine verimliliğini düşürdüğü gözlemlenmiş ve Şekil 12C göz önünde bulundurulduğunda uygun iğne numarasının 16 olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 11'de 2. grafiğindeki değerlere bakıldığında 24 Tex ve 40 Tex ipliklerle hazırlanmış numunelerde açılmanın daha fazla olmuş ve Şekil 12I göz önünde bulundurulduğunda en düşük uzamanın 90 Tex numara iplik kullanımında olduğu gözlemlenmiştir.



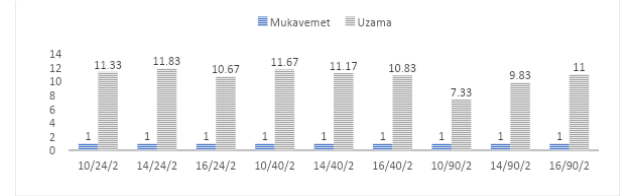
**Şekil 11.** 2 numaralı kumaşta çözgü yönünde 4 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin mukavemet ve uzama değerleri



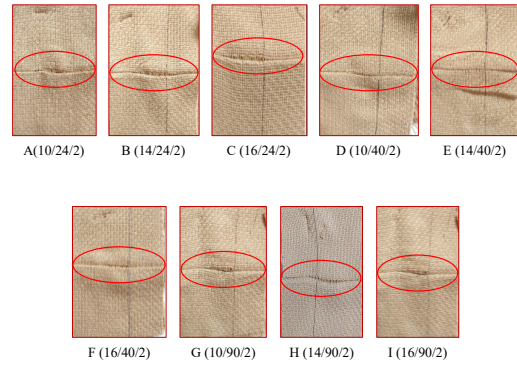
**Şekil 12.** 2 numaralı kumaşta çözgü yönünde 4 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin test esnasındaki yırtılma noktaları

Şekil 13'de ki değerlere bakıldığında 10 numara iğneyle dikilmiş numunenin uzamasının daha fazla olduğu görülmüş ve Şekil 14C göz önünde bulundurulduğunda uygun iğne numarasının 16

olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 13'deki değerlere bakıldığında 24 Tex iplikte kopuşlar meydana gelmiş, 90 Tex ipliğin 10 numara iğneden geçişinin zorluğu nedeniyle büzülme meydana gelmiş ve Şekil 14G göz önünde bulundurulduğunda en düşük uzamanın 90 Tex numara iplik kullanımında olduğu gözlemlenmiştir.

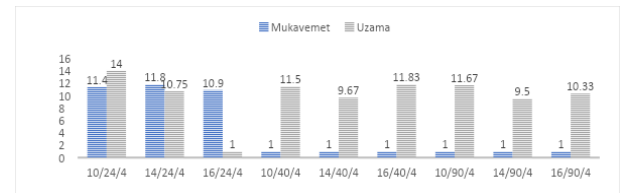


**Şekil 13.** 2 numaralı kumaşta atkı yönünde 2 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin mukavemet ve uzama değerleri



**Şekil 14.** 2 numaralı kumaşta atkı yönünde 2 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin test esnasındaki yırtılma noktaları

Şekil 15'de ki değerlere bakıldığında ve Şekil 16B göz önünde bulundurulduğunda atkı yönünde değerler birbirine oldukça yakın olup uygun iğne numarasının 14 olduğu gözlemlenmiştir. Şekil 15'deki değerlere bakıldığında 24 Tex iplik kopuşu gözlemlenmiş uzama diğerlerine nazaran daha fazla olmuştur. Şekil 16H göz önünde bulundurulduğunda en düşük uzamanın 90 Tex numara iplik kullanımında olduğu gözlemlenmiştir.



**Şekil 15.** 2 numaralı kumaşta çözgü yönünde 4 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin mukavemet ve uzama değerleri

**Dokuma Kalın Kumaşlarda Dikim Parametrelerinin Dikiş Kalite Özelliklerine Etkisi**

**Şekil 16.** 2 numaralı kumaşta atkı yönünde 4 sıklık ile dikim yapılmış numunelerin test esnasındaki yırtılma noktaları

#### IV. SONUÇ

Kumaş 1’de 24 Tex numara iplik ile dikilmiş olan numunelerde kumaşın çözgü iplik mukavemetinin dikiş iplik mukavemetinden yüksek olması nedeniyle dikiş ipliğinin koşturduğu gözlemlenmiştir. 40 Tex – 90 Tex numara ipliklerde dikiş mukavemetinin değerleri istenilen değerlerde olup bu aralıklarda kullanılacak ipliklerin uygun olduğu görülmüştür. 40 Tex – 90 Tex numara ipliklerin 10 numara iğneden geçişinin zorluğu nedeniyle dikiş makinesinin verimliliğini düşürmektedir. Bu nedenle uygun iğne aralığının iplik numarasına uyumluluğu incelenmeli iplik numarasına uygun iğne seçilmelidir. Grafiklerden elde edilen verilere göre 14 – 16 iğne numaraları için 40 Tex – 90 Tex iplik numaralarına uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Kumaş 1 ‘de atkı yönünde dikilen numunelerin çözgü yönünde dikilen numunelere göre daha mukavemetli olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin dokuma kumaşlarda genellikle çözgü ipliklerinin atkı ipliklerine göre daha mukavemetli seçilmesidir. Kumaş 1’de çözgü iplik numarası atkı iplik numarası ile aynıdır. Bu durum göz önünde bulundurularak sıklık parametresi incelendiğinde atkı ve çözgü yönünde sıklık farkı saptanmamıştır. Ancak uygun iplik numarasının yüksek olması nedeniyle dikiş makinesinde numuneler hazırlanırken gözlemlenen sonuçlara göre yüksek sıklıkta dikilen numunelerde dikiş makinesinin verimliliğinin düştüğü kumaşın çözgü ve atkı ipliklerinin zarar gördüğü ve büzüldüğü gözlemlenmiştir. Bu nedenle en verimli sıklığın 4 olduğu belirlenmiştir. Kumaş 2’de de 24 Tex numara iplik ile dikilmiş olan numunelerde kumaşın çözgü iplik mukavemetinin dikiş iplik mukavemetinden yüksek olması nedeniyle dikiş ipliğinin koşturduğu gözlemlenmiştir. 90 Tex numara ipliklerde dikiş mukavemetinin değerleri istenilen değerlerde olup kullanılacak ipliklerin uygun olduğu görülmüştür. 90 Tex numara ipliklerin 10 numara iğneden

geçişinin zorluğu nedeniyle dikiş makinesinin verimliliğini düşürmektedir. Bu nedenle uygun iğne aralığının iplik numarasına uyumluluğu incelenmeli iplik numarasına uygun iğne seçilmelidir. Grafiklerden elde edilen verilere göre 14 – 16 iğne numaraları için 90 Tex iplik numaralarına uygun olduğu gözlemlenmiştir.

Kumaş 2 ‘de çözgü iplik numarası atkı iplik numarasından daha yüksektir. Bu durumda çözgü yönünden dikilen numunelerde atkı iplikleri dikişe gireceğinden sıklığın daha düşük seçilmesi, atkı yönünden dikilen numunelerde ise sıklık çözgüye nazaran yüksek seçilebilir. Ancak uygun iplik numarasının yüksek olması nedeniyle dikiş makinesinde numuneler hazırlanırken gözlemlenen sonuçlara göre yüksek sıklıkta dikilen numunelerde dikiş makinesinin verimliliğinin düştüğü kumaşın çözgü ve atkı ipliklerinin zarar gördüğü ve büzüldüğü gözlemlenmiştir. Bu nedenle en verimli sıklığın 4 olduğu belirlenmiştir. Kumaş 2 ‘de atkı yönünde dikilen numunelerin çözgü yönünde dikilen numunelere göre daha mukavemetli olduğu gözlemlenmiştir. Bunun nedeninin dokuma kumaşlarda genellikle çözgü ipliklerinin atkı ipliklerine göre daha mukavemetli seçilmesidir. Aynı zamanda çözgü sıklığının atkı sıklığından daha yüksek olmasıdır.

#### KAYNAKÇA

- [1] N. K. R. a. M. M. Tarafder, «The effect of stitch density on seam performance of garments stitched from plain and twill fabrics.» *Man-Made Textiles in India*, Cilt %1 / %250(8),, p. 298–302, 2007.
- [2] V. R. S. P. R. a. S. S. Parthasarathi, «Investigation of fabric sewability problems and solutions: an overview.» *International Journal of Applied Engineering and Technology*, cilt Vol. 4, no. No. 1., pp. pp. 32-36, 2014.
- [3] S. B. A. S. a. D. A. Gribaa, «Influence of sewing parameters upon the tensile behavior of textile assembly.» *International Journal of Clothing Science and Technology*, cilt 18, no. No. 4, pp. pp. 235-246, 2006.
- [4] E. Z. YILDIZ, «farklı dikim parametreleri kullanılarak dikim kalitesinin modellenmesi,» izmir, 2018.
- [5] A. K. Choudhary ve A. Goel, «Effect of Some Fabric and Sewing Conditions on,» *Hindawi Publishing Corporation journal of textile*, pp. 1-7, 2013.



- [6] V. Sular, C. Meşegül, H. Kefsiz ve Y. Seki, «A comparative study on seam performance of cotton and polyester woven fabrics.» *The Journal of the Textile Institute*, pp. 19-30, 2015.
- [7] A. a. G. A. Choudhary, «Effect of some fabric and sewing conditions on apparel seam characteristics.» *Journal of Textiles*, pp. pp. 1-7, 2013.
- [8] K. a. P. H. Germanova, «Investigation on the seam's quality by sewing of light fabrics.» *International Journal of Clothing Science and Technology*, cilt 20, no. 1, pp. pp. 57-64, 2008.
- [9] F. H. T. M. M. A. Z. N. A. Iftikhar, «Fabric Structural Parameters Effect on Seam Efficiency-Effect of Woven Fabric Structural Parameters on Seam Efficiency.» *Journal of Textile Science and Engineering*, cilt 8, no. (3), p. 358., 2018.
- [10] C. L. Hui ve S. F. Ng, «Predicting Seam Performance of Commercial Woven Fabrics.» *Textile Research Journal*, p. 1649–1657, 2008.
- [11] R. Mohanta, «A study on the influence of various factors on seam performance.» *Asian Textile Journal*, cilt 15, no. (10), pp. 57-62. , 2006.
- [12] N. A. M. R. A. Z. M. H. a. H. A. Ali, «Effect of different types of seam, stitch class and stitch density on seam performance.» *Journal of Applied and Emerging Sciences*, cilt 5, no. 1, pp. 32-43, 2014.
- [13] B. Rajput, M. Kakde, S. Gulhane, S. Mohite ve R. PP, «Effect of Sewing Parameters on Seam Strength.» *CRIMSON PUBLISHERS Wings to the Research*, 2018.
- [14] Z. D. V. Ü. M. a. Y. K. Yildiz, «Use of artificial neural networks for modelling of seam strength and elongation at break.» *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, cilt 5, p. 117–123. , 2013.
- [15] V. M. C. K. H. a. S. Y. Sular, «A comparative study on seam performance of cotton and polyester woven fabrics.» *The Journal of the Textile Institute*, cilt Vol. 106, no. No. 1, pp. pp. 19-30, 2015.
- [16] E. FFS, « Influence of mechanical properties of cotton fabrics on seam quality.» *Journal of American Science*, cilt 8, no. 5, pp. 831-836, 2012.
- [17] M. a. K. M. Akter, «The effect of stitch types and sewing thread types on seam strength for cotton apparel.» *International Journal of Scientific & Engineering Research*, cilt Vol. 6, no. No. 7., pp. pp. 198-205., 2015.
- [18] A. Gurarda, «Investigation of the seam performance of pet/nylon-elastane woven fabrics.» *Textile Research Journal*, cilt Vol. 78 , no. No. 1, pp. pp. 21-27. , 2008.
- [19] F. ÇİTOĞLU, S. M. YÜKSELOĞLU ve Y. A. KUYUCU, «The Study Of Stitch Parameters On The Effect Of Stitch.» *TEKSTİL ve KONFEKSİYON*, pp. 82-86, 2018.
- [20] B. C. S. S. T. R. P. Behera, «“Sewability of Denim”» *International Journal of Clothing Science and Technology*, pp. 128-140, 1997.
- [21] F. B. B. D. M. Gardner, «“The Effect of Angle of Angle of Bias and Other Related Parameters on Seam Strength of Woven Fabrics”» *clothing Research Journal*, pp. 130-140, 1978.
- [22] A. a. H. A. Mazari, «Influence of needle heat during sewing process on tensile properties of sewing thread.» *Tekstilec*, cilt Vol. 56, no. No. 4, pp. pp. 345-352, 2013.
- [23] V. J. M. Dobilaitė, «The influence of mechanical properties of sewing threads on seam pucker.» *Int J Cloth Sci Technol* , cilt 18, no. (5), p. 335–345, 2006.
- [24] B. C. M. a. S. C. Kordoghli, «Mechanical behaviour of seams on treated fabrics.» *AUTEX Research Journal*, cilt 9, no. 3, pp. pp. 87-93., 2009.
- [25] F. Çitoğlu ve G. Kaya, «Dikiş iplik özelliklerinin ve dikiş sıklıklarının farklı dikiş açılarında dikiş mukavemeti üzerinde etkileri.» *Tekstil ve Konfeksiyon*, pp. 182-188, 2011.

# Su Sporlarında Kullanılan Teknik Tekstil Yapılarının İncelenmesi

## Investigation of Technical Textile Structures Used in Water Sports

Naz KADINKIZ<sup>1</sup> , Meyrem SEYREK<sup>1</sup> , Muhammet UZUN<sup>1</sup> 

<sup>1</sup> Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 34722 İstanbul, Türkiye

### Öz

İnsanoğlunun suya olan ilgisi insanlık tarihi kadar eskidir. Yüzme ve dalış gibi aktiviteler başlangıçta insanlar tarafından bir ihtiyaç olarak yapılsa da bunlar zamanla spora dönüşmüş ve bir yaşam tarzı haline gelmiştir. Su sporları geliştikçe, giyilen kıyafetlerde farklı beklentiler açığa çıkmıştır. Eskiden mayolarda öncelik insan vücudunu örtmek iken son yıllarda yapılan çalışmalarla birlikte, birçok teknolojik özellik geliştirilerek, sporcuların hızlanması ve daha verimli yüzmeleri sağlanmaya çalışılmaktadır. Teknolojik gelişmelerle birlikte farklı su spor dallarında kullanılan teknik tekstil ürünlerinde kullanılan malzemeler inovatif yapı kazanmıştır. Islak ve kuru dalış giysilerinde vücut ısısını dengede tutma, dayanıklılık ve kullanım kolaylığı gibi birçok konuda gelişmeler yaşanmıştır. Ancak literatürde gerek dalış giysilerinin yapısı gerekse malzemelerinin üzerine derleme bir çalışma bulunmamaktadır. Bu literatür çalışması, mayolarda ve dalış giysilerinde kullanılan elyaf türleri, kumaş yapıları ve güncel sürdürülebilirlik çalışmalarını özetlemektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Mayo, Kuru-İslak Dalış elbisesi, Yüksek Performanslı Kumaşlar, Spor Teknik Tekstilleri, Ekstrem Sporlar

### Abstract

Man's interest in water is as old as human history. Although activities such as swimming and diving were originally pursued out of necessity, over time they evolved into sports and became a lifestyle. As water sports evolved, different expectations for the clothing worn emerged. While in the past the primary concern was to cover the human body with swimsuits, in recent years many technological features have been developed to speed up athletes and allow them to swim more efficiently. With the technological developments, the materials of technical textile products used in various water sports industries have acquired an innovative structure. There have been many developments in wet and dry diving suits, such as body temperature regulation, durability, and ease of use. However, there is no literature review on the structure and materials of diving suits in the literature. This literature review summarizes the fiber types, the fabric structures, and current sustainability studies used in swimsuits and wetsuits.

**Key Words:** Swimwear, Dry-Wet Wetsuits, High Performance Fabrics, Sports Technical Textiles, Extreme Sports

## GİRİŞ

Yüzme, insanların süreç içerisinde geliştirdiği özelliklerdendir. Suyun kaldırma kuvveti insanoğlunun yüzme kabiliyetini geliştirmesinde önemli bir etkidir. Yüzmenin devamında deniz araçları eski çağlardan beri insanların suya olan ilgisini arttırmıştır. Denize olan ilgi, belirli bir süre içerisinde bireysel ihtiyaçları karşılamak ve farklı su havzaları oluşturmak için havuz formunda yapılar geliştirilmesini sağlamıştır. İlk yüzme havuzunu denize uzak bölgede yaşayan Romalılar inşa etmişlerdir. Öncelikle serinlemek amacıyla oluşturulan bu lüks yapılar zamanla hem yaygınlaşmış hem de farklı spor etkinliklerine uygun olarak tasarlanmıştır. Roma'yı takiben yazılı tarihte ilk spor amaçlı yüzme aktiviteleri M.Ö. birinci yüzyılda, Japonya'da başlamıştır. İlk zamanlardan itibaren su sporları ilgi görerek yaygınlaşmış ve Avrupa kıtasında da kayda değer ilgi görmüştür. Ancak kısmen Avrupalılar diğer ülkelere nazaran yüzücüler arası bulaşabilecek enfeksiyon korkusu nedeniyle bu alanda daha yavaş ilerlemişlerdir. Dönemsel olarak ortaya çıkan bulaşıcı salgınlar yavaşlamada etkili olmuştur. Bu spor dalına ilginin artması, yeni giysi ihtiyaç ve tasarımını ortaya çıkarmıştır. İlk zamanlarda doğal elyaf olan yün bazlı günlük kıyafetler deniz ve havuzlarda kullanılmıştır. Günümüz dünyasında kullanılan mayo ve türevleri sentetik elyaf üretiminin yaygınlaşmasıyla ortaya çıkmıştır. Esas itibarıyla 20.yüzyılın sonlarına kadar mayo üretimi yoktur [1]. 19.yüzyılın ikinci yarısında, kadınların mayo olarak giydiği kıyafetleri, mayo olarak tanımlamak epey zordu. Çünkü yüzmeye giden insanlar bluzlar, çoraplar ve ayakkabılardan oluşan bir mayo giyorlardı. Bu mayolar hem opak hem de suyla yükselmeyecek kadar sağlam olan ağır flanel kumaştan yapılmaktaydı [2]. Bronzlaşmak, düşük sınıf insanların temsili bir işareti olarak kabul edildiği için o dönemde pek çok kadın başlarını ve yüzlerini kapatmışlardır. Sonraki yıllarda bu mayolar önemli ölçüde değişti. 1930'larda güneşlenmek popüler bir eğlence haline geldiğinde, kadınların güneşe daha fazla maruz kalmaları için kesimli sırt ve kollara sahip stiller ortaya çıkmaya başladı. Portland Knitting Company adlı giyim şirketinin sahiplerinden Jantzen, daha iyi bronzlaşma için kullanıcının omuz askılarını indirmesine izin veren, göğüs çizgisinin üzerine dikilmiş bir büzme ipi olan Shouldaire modelini tanıttı. Ayrıca 1930'larda kadınların karnı ilk kez iki parçalı mayolarda görüldü. Sentetik kumaşlar bu dönemde tanıtıldı. Mayoların vücuda oturan bir giysi olarak evrimi, esnek ve elastik bir malzeme gerektiriyordu ve Rayon, kullanılan ilk kumaştı. Ardından American Rubber Company, elyafı çevrili bir ekstrüde kauçuk olan Lastex'i geliştirdi. Lastex'in başarısı kısa sürdü. Çünkü gerildiğinde şeklini koruyamıyordu. 1939'da

El duPont de Nemours & Company, yapay malzeme endüstrisinde devrim yaratan 6.6 polimer adlı bir naylon geliştirdi. İlerleyen yıllarda Dacron, Orlon, Lycra ve Spandex gibi diğer sentetik malzemeler icat edildi ve bu malzemeler mayo yapmak için tek başına veya birbirine karıştırılarak kullanıldı. Mayo tarihindeki bir sonraki önemli olay, 1946'da iki parçalı bikiininin Paris'te tanıtılmasıyla yaşandı. Fransız tasarımcı Louis Reard, dünyayı önceki modellerinden önemli ölçüde daha az kumaş içeren ilk modern bikiniyle tanıştırdı [2]. 1980'lerde halkın güneşe bağlı cilt kanserlerinin daha fazla farkına varmasıyla bronzlaşmaya sebep olan mayoların popüleritesi azaldı. Yarışmaya dayalı yüzmede, hız için yapılan mayolarda yaşanan zorluk, firmaları bu alana yoğunlaştırmıştır. Profesyonel yüzme açısından, Speedo ilk olarak 1956'da mayo içinde naylonu tanıttı. 1956'daki Melbourne Olimpiyatları için tanınmış erkek Speedo şortunu yarattı. Bununla birlikte, kadın mayolarının da naylonun hidrodinamik özelliklerinden faydalanması çok uzun sürmedi. 1970'lerde Speedo, mayolarına elastan ekledi. Elastan ve naylon kombinasyonu su direncini önemli ölçüde azalttı ve mayoların dayanıklılığını artırdı.

## MAYO KUMAŞLARINDAN BEKLENEN TEMEL ÖZELLİKLER

Bir mayo kumaşının ağır olması istenmeyen bir özelliğidir. Daha hafif kumaşlar, rahat iç çamaşırı gibi görünecek ve hissettirecektir. Yüzme malzemelerinin çoğu hafif sentetik kumaşlardan yapılmıştır. İdeal ağırlık, malzemenin metrekaresi başına 180-200g arasında olacaktır. Mayo kumaşı iyi görünmeli ve yumuşak, esnek, çekici bir tasarıma veya baskıya sahip olmalıdır. Aynı zamanda vücudun hareket etmesine izin verecek kadar esnek, sürtünmeyi önleyecek kadar da yumuşak olması gerekir. Mayo söz konusu olduğunda, kumaş için en iyi lif içeriği esnek ve sentetik lifdir. Polyester veya naylonun elastan ile karıştırılmasıyla oluşturulan mayo kumaşları doğal olarak dayanıklıdır ve çabuk kurur. Polyester/elastan karışımı ayrıca UV ışınlarına karşı koruma sağlayacak ve kloru karşı dirençli olacaktır [3]. Mayolarda solmazlık bir diğer önemli özelliktir. Bu konuda, kötü çalıştığı bilinen malzemeler arasında naylon bulunur. Naylon, sadece çabuk solmakla kalmaz, aynı zamanda malzeme üzerindeki herhangi bir baskı veya mürekkebin suya sızması da mümkündür. Günlük dahış yapılan durumlarda mayo kumaşının çabuk kuruması daha da önemli hale gelmektedir. Sentetik liflerin çoğu, suya dayanıklıdır ve bu onları normal mayolar için ideal yapar. Çabuk kururlar ve aynı zamanda durulanabilir, kurutulabilirler. Mayolar, havuz kimyasalları ve UV ışınları ile temas eder ve bunların her ikisi de bozulmaya neden

olabilir. Bu nedenle kullanılan herhangi bir kumaş için önemli unsurlardan biri, klor, güneş ışığı ve deniz tuzu gibi diğer aşındırıcı maddelerin neden olduğu hasara direnme yeteneğidir. Uzun ömürlü, dayanıklı bir mayo için tüylenme önleyici özelliklere sahip bir kumaş seçilmelidir. Naylonun, klor hasarına karşı direnç göstermediği için zamanla boncuklandığı bilinmektedir. Sert kimyasallara dayanıklılık için en iyi kumaş polyesterdir. Anti-boncuklanmanın önemli olduğu durumlarda, polyester içerikli malzemeler idealdir [4].

## GENEL OLARAK MAYOLARDA KULLANILAN HAM MALZEMELER

Mayo tarihinin arka planı incelendiğinde, insanların üstsüz/giysisiz yüzdüğü ve bunun sosyal olarak o dönemde kabul edildiği görülmektedir. Mayo, bugüne kadar uzun bir yol kat etmiş ve tasarımı, stili ve kumaşında değişikliklere gidilmiştir. Özellikle 18. yüzyılın başlarında yüzücünün neredeyse tüm cildini kaplayan bir mayo kumaşı olarak yün ve flanel seçilmiştir. Ancak bu mayo kumaşı, su ile temas ettiğinde hacimli hale gelmekteydi. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra naylon, büyük oranda ipek ve yünün yerini almıştır. 1956'da Speedo naylonu piyasaya süren ilk şirket olmuştur. 1990'larda, mayolar cildi taklit ederek gelişmeye devam etmiş ve Lycra'nın sektörde tanıtılmasıyla hızla popüler olmuştur. Mayo için en iyi kumaş polyester/elastan karışımıdır. Elastan, Spandex veya Lycra markaları tarafından bilinen süper esnek bir kumaştır [4]. Polyester, profesyonel yüzmede mayolar için popüler bir seçim haline gelmiştir. Polyester mayoların dayanıklı ve uzun ömürlü olduğu bilinmektedir. Suda defalarca kullanıldıktan sonra renklerini ve şekillerini korumakta ve klora karşı dayanıklılıklarıyla bilinmektedirler, Ayrıca UV ışınlarından korumaktadır. Ancak, polyester mayolar spandeks mayolara göre daha az esnemektedir [5]. Sentetik liflerin veya esnek Lycra'nın icadından önce, mayolar doğal liflerden yapılmaktaydı. Garip bir şekilde, yün en popüler olanlardan birisiydi. Yün kullanımının arkasındaki asıl sebep, belirli bir esnekliğe sahip olması nedeniyle dar mayoların örülebilmesiydi. Çoğu doğal elyaf gibi yün de suyu emmeye meyillidir. Bu onun genişlemesine, ağırlaşmasına ve şeklini kaybetmesine neden olur. Mayo söz konusu olduğunda bu niteliklerin hiçbiri istenmemektedir. Sentetik malzemeler, günümüz mayolarını hem profesyonel sporlarda hem de moda arenalarında sergilemesi gereken temel niteliklerindedir. Uygun kumaş seçiminin en başında polyester yer almaktadır. Klora ve güneş ışığına karşı dirençli olan kumaşın hem bakımı kolay hem de dayanıklıdır [6]. Elastan streç ile karıştırıldığında, polyesterin doğal nitelikleri onu mayo için mükemmel bir seçenek haline getirmektedir. Polyester-elastan

karışımlarının farklı kombinasyonları vardır. Bazı kumaşlar daha fazla polyester, diğerleri daha fazla elastan içerir.

## MODERN MAYO KUMAŞLARI

### Pamuk

Tarihsel olarak yün veya pamuk gibi doğal lifler, mayo yapmak için sentetik elyaflar ortaya çıkana kadar yoğun olarak kullanılmaktaydı. Doğal liflerle ilgili temel sorunlardan biri su tutmalarıdır. Giysiler çok fazla su emebilir ve yüzücünün batmasına neden olabilir. Ayrıca güneş ve deniz tuzundan kolayca zarar görür. Bugünlerde, geçmiş günleri anımsatan retro mayolar yaratmak için pamuk ve bambu kullanılmaktadır. Bu kıyafetler profesyonel yüzme için değil, daha çok plajda uzanmak veya şezlongda dinlenmek için tasarlanmıştır.

### Polyester

İnanılmaz dayanıklılığa sahip yumuşak bir kumaş olan polyester, giyim yapımında en popüler kumaşlardan biridir.

Çabuk kuruyan özelliği ve uzun ömürlülüğü, özellikle profesyonel yüzmede mayo için mükemmel bir seçim olmasını sağlar. Klor ve UV ışığına dayanıklıdır, kolay yıkanır, iyi şekil alır. Olumsuz özellikleri, çevre dostu ve sürdürülebilir olmamasıdır.

### Naylon

Poliamid olarak da bilinen naylon, çabuk kurur ve suya dayanıklıdır. Bol esneklik sağlayan yüksek elastikiyete sahiptir. Yumuşak ve rahattır. Daha çok günlük kullanıma uygun mayolarda bulunur. Hafif parlaklığa sahip kumaş, çekici görünür ve hissettirir. Elastan ile karıştırıldığında, kumaş vücudu sarabilir. Bu nedenle havuz ve plaj kıyafetleri için popüler bir malzeme haline gelmiştir. Ancak UV ışınlarına karşı dayanıklı değildir ve klor tarafından kolayca zarar görebilir. Firmaların sürdürülebilirlik ve döngüsel ekonomi kavramları çerçevesinde projeleri bulunmaktadır. Poliamid 6'nın lider üreticisi Aquafil firması, Speedo USA'nın üretim sonrası mayo artıklarının Aquafil'in %100 rejenere ECONYL naylonuna dönüştürülmesini sağlayacak bir geri alma programı için, Speedo USA ile ortaklık kurmuştur. Şirket, geri alma programı ile çöplüklere gidecek olan artık konumundaki kumaş artıklarına yeniden form vermekte ve bunların ham naylon elyafa ve nihayetinde yeni mayolara dönüştürülmesini sağlamaktadır [7].



Şekil 1. ECONYL %100 geri dönüştürülmüş naylondan yapılmış yeni Speedo Power FLEX Eco yüzücü mayoları [7]

### Elastan

Elastan, 1950'lerin sonlarında giyimde kullanılmak üzere geliştirilmiştir. Lycra ve Spandex gibi markalarda bulunan elastik kumaşın genel adıdır. Başlangıçta kauçuğun yerini almak üzere piyasaya sürülmüştür. Ayrıca ısı yalıtımı da dahil olmak üzere çok çeşitli endüstriyel uygulamalara sahiptir. Elastan, sentetik malzemelerle kullanılabilir veya giysilere rahat bir esneme sağlamak için doğal liflere eklenebilmektedir. Elastik özellikleri onu mayo için ideal bir kumaş yapmaktadır. Elastan, çok esnek ve kıyafetleri forma sokar. Negatif yönleri ise biyolojik olarak parçalanamaması ve maliyetinin yüksek olabilmesidir.

### PBT

Polibütilen Tereftalat, doğal esneme ve toparlanma özelliğine sahip plastik bir elyafır. PBT, polyester plastik ailesinin bir üyesidir. Diğer polyesterler kadar esnek değildir ve daha serttir. Dokusu hafiftir ve pürüzsüz bir hissi vardır. Hafif mat veya donuk bitiş ile birleştiğinde, malzeme suda kayar. Bu özelliği onu, profesyonel spor giyim için harika kılan bir özelliktir. Klor dahil kimyasallara dayanıklı, rahat, boncuklanmaya ve UV ışınlarına karşı dayanıklı, çabuk kuruyan kumaşlar oluşturur. Bunların yanında petrol bazlı olduğu için çevre dostu değildir ve polyester bazlı diğer kumaşlardan daha az esnekler.

### Neopren

Neopren sentetik bir kauçuktur ve teknik olarak bir kumaş değildir. Dalış kıyafetleri için kullanılan neopren, dalgıçları ve sörfçüleri sıcak tutan yalıtım köpüğünün iç tabakasıdır. Dalış elbisesi olarak adlandırılmalarının nedeni, suyun cilde yakın tutulmasıdır. Vücut ısısı suyu ısıttığı için dalgıcın vücut ısısı iyi bir seviyede tutulur [8]. Neopren ile ilgili bir dezavantaj, dalgıçların vücutlarının her zaman ıslak olmasıdır. Bir mayo malzemesi olarak, bu sürekli ıslaklık bir sorun olabilir. Sıcak havalarda, sıkışan sıcak hava aşırı ısınmaya neden olabilir. Malzemenin giyilmesi rahatsız edici olabilir ve giyip çıkarması zor olabilir [9].

## SÜRDÜRÜLEBİLİR MAYO ÇALIŞMALARI

Genel olarak mayolarda, çevreye zararlı olan kumaşlar kullanılmaktadır. Bununla birlikte, tüketici bilinci ve talebi geliştikçe, kumaş seçenekleri de gelişip, değişmektedir. Günümüzde sürdürülebilir mayolarda en çok bilinen ve kullanılan malzeme Econyl'dir, ancak başka yenilikler ve sürdürülebilir alternatifler de mevcuttur.

### Econyl

En popüler sürdürülebilir mayo kumaşı Econyl'dir. Bu kumaş için, çöplüklerden ve okyanuslardan atıklar toplanmakta ve tekrar kullanılabilir bir kumaşa dönüştürülmektedir [10]. Üretim sürecinde geri kazanılmış balık ağları ve diğer atıklar kullanılarak, %78 rejeneratif ECONYL® naylon iplikten ve %22 Xtra Life Lycra®'dan yeni birinci sınıf, rejeneratif naylon kumaş oluşturulmaktadır. Yenilikçi ve çok dayanıklı olan bu kumaş, UPF 50+ UV korumasına sahiptir, klor karşı ultra dayanıklıdır ve herhangi bir genel mayo kumaşına kıyasla daha yüksek şekil tutma özelliğine sahiptir [11].

### Yulex

Slo Active firmasının Clean Lines koleksiyonundaki ürünler, petrol veya kireç taşından elde edilen, geleneksel, yenilenemeyen neopren'e bitki bazlı bir alternatif olan, Yulex Pure ile yapılmıştır. Yulex, hevea ağaçlarının ham doğal kauçuğundan elde edilen bir kaynaktır [12]. Patagonia ve Finisterre, sürdürülebilir mayo koleksiyonlarında Yulex kullanan diğer markalardır.

### Repreve

Mara Hoffman markasının dokulu mayoları, çoğunlukla tüketici sonrası, %100 geri dönüştürülmüş plastikten yapılmış bir polyester elyaf olan Repreve kullanılarak üretilmektedir. Geleneksel elyaf kullanımına kıyasla, Repreve kullanılarak yapılan stiller, süreç boyunca su ve enerji tasarrufu sağlarken, daha az sera gazı salarak yeni petrol kullanımını dengeler [13].

### Kenevir

Kenevir kumaş, moda endüstrisindeki en sürdürülebilir malzemelerden biridir. Kenevir büyürken keten veya pamuktan daha az su harcar ve çevremizi kirleten zararlı böcek ilaçları kullanmaz. Kenevir, ağaçlardan daha hızlı büyür ve ağaçlardan önemli ölçüde daha fazla CO2 emer. Kenevir mayo kumaşları; anti-mikrobiyal, UV ışınlarına dayanıklı, cildimiz ve okyanus için daha sağlıklı bir seçim olan, doğal kenevir elyafına dayanmaktadır. Natasha Tonic markası, kenevir elyafından mayolar üreten markaların başında gelmektedir [14].



Şekil 2. Natasha Tonic firmasının kenevir içerikli mayosu [14].

### Mipan Regen

Tekstil kullanımı için dünyanın ilk geri dönüşümlü naylon filament ipliği, tüketici öncesi atıklardan üretilmiştir. MIPAN regen® ve Greenlon®, mayo ve spor giysiler için sürdürülebilir sınıftan olan iki Çevre Dostu elyaftır. CONTROL UNION'ın Global Recycle Standard (GRS) ve Higg Index sertifikalarını almış çevre dostu ve çok iyi boyama homojenliğine sahip bir üründür. Bu sürdürülebilir kumaşlar aynı zamanda, geri dönüştürülmüş ipliklerin zararlı maddeler içermemesini sağlamak için OEKO-TEX Standard 100 Sertifikalıdır [15].



Şekil 3. Greenlon firmasının geri dönüşüm süreci ile mayo elde edilmesi [16]

### TEKNİK TEKSTİL ESASLI MAYOLAR

Teknolojik yenilikler profesyonel mayo endüstrisinde de devrim yaratmıştır. Bu teknolojik yeniliklerin amacı sürtünmeyi azaltarak performansı artırmak ve böylece yüzücüleri daha hızlı hale getirmektir [17]. Cilt sürtünmesi, vücudun bir yüzeyi (ıslanan alan) suyla temas ettiğinde ortaya çıkan harekete karşı dirençtir. Yüzücünün enerjisinin yüzde 90'ının hidrodinamik direncin üstesinden gelmek için kullanıldığı tahmin edilmektedir ve dolayısıyla bu direncin azaltılmasının sudaki hızlarını artırmaya yardımcı olacağı sonucuna varılmıştır [18, 19]. Bir yüzücünün vücut şekli, vuruşu ve stili, hareketi oluşturacaktır. Ancak vücudun yüzey sürtünmesi azaltılmadıkça sürtünme kuvveti bunların hiçbirisi tarafından azaltılamaz. Cilt değiştirilemez ancak sürtünmeyi azaltan uygun mayo ile kaplanabilir. 80'li yıllarda, suya dayanıklı olduğu iddia edilen "Spandeks" ten yapılmış daha kısa modeller kullanılmaya başlanmıştır. Ardından, 1998'de Adidas tam vücut mayosu, Sidney'de gerçek bir devrim yaratmıştır [20, 19]. Speedo Şubat

2008'de "LZR RACER"ı piyasaya sürmüştür. Bu yeni poliüretan malzemenin sürtünmeyi azalttığı, gövde üzerinde stratejik olarak konumlandırılmış panellere sahip olduğu, dikişlerin olmadığı ve köpekbalığı ölçeklerine dayanan dokuya sahip olduğu söylenmiştir [21]. Speedo'nun araştırması, yüksek teknoloji ürünü "The LZR Racer"ın, yüzücüler için yaklaşık %4'lük bir hız artışı sağladığını, Lycra'dan yapılmış geleneksel bir mayoya kıyasla sürtünme veya su direncini %38 oranında azaltabildiğini göstermektedir [22]. Şubat 2008'den Aralık 2009'a kadar, tartışmalı yüksek teknoloji mayoların kullanımıyla, yüzme topluluğu sadece iki yıl içinde performansta olağanüstü bir gelişme yaşadı. Geleneksel bir mayo ile karşılaştırıldığında, tekstil olmayan malzemelerden yapılmış mayolar, suya karşı direnci daha da azaltabilir ve yüzücünün vücut pozisyonunu suda yükseltebilir. Yüksek teknolojili mayolar, sürtünmeyi en aza indirmek, kaslara desteği en üst düzeye çıkarmak ve yüzdürmeyi artırmak için ince poliüretan tabakalarından veya diğer tekstil olmayan malzemelerden yapılmıştır [23]. Yüksek teknolojili mayoların piyasaya sürülmesiyle, 2008 ve 2009 yıllarında 130'dan fazla dünya rekoru kırıldı [24]. Bu önemli ölçüde iyileşen yüzme sürelerini gören bazı insanlar, yüksek teknoloji mayoları giymenin 'teknoloji dopingi' olduğunu savunmuştur [25]. Spor dalındaki anlaşmazlığı göz önünde bulundurarak, 1 Ocak 2010'da FINA yeni kurallar yürürlüğe koymuş ve tekstil olmayan malzemelerden yapılmış tüm mayoların kullanımını yasaklamıştır [26].



Şekil 4. Sağ tarafta 2008'de Olimpiyatlarda madalya kazanan sporcuların giydiği yüzücü mayosu, sol tarafta mikroskop altında köpekbalığı derisinin termal dişleri

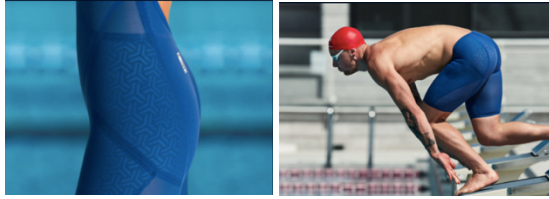
Bazı yüzücüler, antrenman sırasında sürtünmeyi yapay olarak artırmak için drag suit adı verilen özel bir antrenman kıyafeti kullanırlar. Drag takımları, suya karşı direnci ve yüzücünün dayanıklılığını artırmak için daha gevşek bir dış katmana (genellikle ağ veya naylon) sahip mayolardır [18, 27]. Spor giysilerde kullanılan tekstil malzemelerinin (kumaşların) yüzey özellikleri, aerodinamik/hidrodinamik özelliklerin iyileştirilmesinde mutlak etkiye sahiptir [28]. 2009 yılında, yukarıda belirtilenlerin geliştirilmiş versiyonları olan "Arena" ve "Jaked" markalarının mayoları ortaya çıktı. Bunlar, %100 poliüretan

malzemelerden üretilmiş, bu da daha fazla tartışmaya sebep olmuş ve yarışmalarda kullanımlarını sağlamıştır [29]. Markalar, yeni trendlere uyum sağlayarak farklı modeller üretmiş ve yüzmeye tarzına göre evrimleşerek hidrodinamikte iyileşme ve sürüklenmede azalma sağlamıştır [30, 31, 32]. Tasarımla birlikte yeni malzemelerin yüzdürmeyi geliştirmede başarılı olduğuna inanılmaktadır [33].

Profesyonel yüzmeye için uluslararası yönetim organı olan FINA, tam vücut teknik mayolarını yasaklamıştır. Bugün FINA onaylı teknik giysiler, diz altına kadar uzanmamalıdır. Erkek mayoları göbeğin üzerine çıkmamalı, kadın mayoları ise boynu kapatmamalı veya omuzları geçmemelidir. Ayrıca kullanılan malzemenin türleri ve kalınlığının yanı sıra yüzey işleme, dikişler ve çok daha fazlası hakkında da katı kurallar vardır [34].

#### Arena Hidroglit Kumaş

Pürüzsüz, ultra hafif ve daha düşük sürtünme sağlayan bir kumaştır. Belirli kas gruplarını çevreleyen, hafif bir his veren, sıkı bir yatay ve dikey karbon ızgarası vardır. Yumuşak bir dokunuşa sahiptir. Büyük kas gruplarını harekete geçirmek için stratejik olarak yerleştirilmiş karbon katkılı dokuma astar bulunur. Bu, ek bir destek hissi, iyi vücut tutuşu ve daha iyi bir hız sağlamaktadır [35].



Şekil 5. Arena Hidroglit yüzücü mayosu [35]

#### TYR Venzo

Mikroskobik bir perspektiften sürtünmeyi analiz eden teknik giysi TYR Venzo™ Camo Jammer mayo, dayanıklı bir kumaşı oluşturmak için ultra pürüzsüz elyaf kullanır. Surface Lift Technology™ ile tasarlanmış ve suyun kumaşa nüfuz etmesini önleyerek suda daha yüksek vücut pozisyonu sağlamaktadır. Ayrıca, mayonun Endo Max Sıkıştırma Kafesi™ olarak bilinen, iç tekstil tasarımı, karın, oblikler ve kuadriseps için bir destek kalkanı sağlar. Bu kafes sadece suda bir geri tepme etkisi yaratmakla kalmaz, aynı zamanda vuruş başına mesafenin artmasına da yardımcı olur [36].



Şekil 6. TYR Venzo yüzücü mayosu [36]

#### Speedo'dan Fastskin 4.0

Speedo, 2040 yılında mayoların nasıl görüneceğine dair vizyonuna dayanan bir konsept mayo olan Fastskin 4.0'ı tanıtmıştır. Mayo yapılırken, mevcut mayoların evrimi incelenmiş ve bunlar, öngörülen teknolojik gelişmelerle birleştirilmiştir. Bu tür gelişmelerin, erkeklerin 50 metre serbest stil rekorunun 20 saniyelik engeli aşmasını ve ayrıca kadınların 100 metre kurbağalama süresinin 60 saniyenin altına düşmesini sağlayabileceği öngörülmektedir. 3D tarama, yapay zekâ tahmini ve 3D biyo-mühendislik bazlı baskı ile hazırlanmış olan mayo, özelleştirilebilir sıkıştırma, havuzda uyarlanabilir yüzdürme hücrelerine ve suda optimum akış için köpekbalığı derisine benzeyen uyarlanabilir biyo-mühendislik yüzeyi ve vücut pozisyonunu eşitleyen bir çekirdek reaktöre sahiptir. Fastskin 4.0, biyolojik olarak tasarlanmış ve genetiği değiştirilmiş bakterilerle üretilmiştir. Bu, giysinin %80'inin bittiğinde biyolojik olarak bozunabileceği anlamına gelmektedir. 3D tarama, yapay zekâ tahminleri ve biyolojik mühendislik baskılar, bir sporcunun vücudunun her kasına ve dış hatlarına uyan, tamamen özelleştirilmiş bir mayo yaratmaya yardımcı olmaktadır. Fastskin 4.0, kendisini şimdiye kadarki en akıllı mayo olarak kanıtlayan bir canlı antrenöre sahiptir. Bu, yarıştan önce, yüzücülerin bloklara en iyi durumda ulaşmasını sağlamak için oksijen doygunluğunu ve hidrasyon seviyelerini değerlendirmektedir. Sensörler, bir atlete yarış ortasında haptikler aracılığıyla teknik, hız, pozisyon ve kondisyon hakkında canlı koçluk sağlayacaktır. Yarış bittiğinde, yüzücüler vücudun laktat seviyeleri gibi verilere erişerek iyileşmelerini izleyip kontrol edebilecek ve mümkün olan en kısa sürede yarışa hazır olmak için yüzmelerine ve dinlenmelerine izin verecektir. Mayo, Enerji Hasat Kumaşından yapıldığı için sporcularda, bu sensörlere güç sağlayabilmektedirler. Fastskin 4.0, kendi kendine güç sağlayan ve akıllı iplik kullanarak her yarışta koçluk sistemine güç sağlamak için enerjiye dönüştüren bir giysidir. Suyu girdikten sonra, mayo, yapısını suyu elbiseden uzaklaştırıp, her vuruş ve tekmede itici gücü en üst düzeye çıkaracak şekilde uyarlamadan önce, yüzücünün suda nasıl hareket ettiğine yanıt veren tasarım ve dokuya sahip Shark Skin 4.0 Booster'lara sahiptir. Bunlar, bir balinanın göbeğinin yüzey dokusunu taklit eden ve suyun akışına uyum sağlayarak, en kıvrımlı alanlarda yüzücülerin vücudunda form

direncini en aza indiren, Dinamik Akış Bölgeleri ile birleştirilmiştir. Bu su içi özellikler, yüzücülerin suyu gerçekten kesmesine yardımcı olacak bir Çekirdek Reaktör tarafından desteklenmektedir. Çekirdek Reaktör, sporcunun sudaki vücut pozisyonuna canlı olarak tepki verip, nihai hidrodinamiklik ve akıcılık için kaldırma kuvvetini ayarlayabilmektedir.



Şekil 7. Speedo Fastskin yüzücü mayo tasarımları

## NEOPRENE SU SPOR KIYAFETLERİ

Isı, daha sıcak nesnelere yakındaki daha soğuk nesnelere akma eğilimindedir; bu, termodinamiğin ikinci yasası olarak adlandırılan, temel bir fizik kuralıdır. Vücut sıcaklığı 37°C ve etraftaki hava sadece 8°C ise, insan vücudundan havaya ısı akar ve vücut hızla soğumaya başlar. Vücudun enerji kaybetme hızı, vücut sıcaklığı ile çevrenin sıcaklığı arasındaki farkla doğrudan ilişkilidir. Su, insan vücudundan ısı enerjisini havadan yaklaşık 25-40 kat daha hızlı taşır [37, 38].

Dalış elbisesi, suda çok fazla zaman geçirmek isteyenler tarafından giyilen özel bir takım elbisedir. Genel su sporlarından sörf, rüzgâr sörfü, wakeboard, kayak ve kürek olabileceği gibi triatlon ve yüzme yarışları da olabilmektedir. Dalgıç kıyafetleri genellikle yüzücüler, dalgıçlar veya soğuk suda yüzen sörfçüler tarafından giyilir [39]. Ya da Triatlon gibi birden fazla dalı içeren spor dallarında da kullanılabilir. Bir triatlon yarışması, üç etkinlik olarak koşma, bisiklete binme ve yüzmeyi içerir. Nerede yüzeceğinize ve o gün havanın nasıl olduğuna bağlı olarak, yarışma için bir triatlon dalış elbisesi kullanılabilir. Sıcaklığa ek olarak, triatletler ve açık su yüzücüler için dalış kıyafetleri, yüzerlik

ve aerodinamik bir profil sağlar. Yüzücüler, iyi oturan bir üçlü takım içinde kilometre başına saniyeler kazanabilmektedir [40, 41, 42].

Bir dalgıç giysisi birden çok katmandan ve en önemlisi neopren adı verilen kalın bir sentetik kauçuk katmanından yapılır. Wetsuits kullanıcıyı tamamen kuru tutmak için tasarlanmamıştır. Suya adım atıldığında, neopren kıyafetinizle cildiniz arasında az miktarda su sızar ve orada kalır. Vücut bu suyu hızla normal vücut sıcaklığına yaklaşıp kadar ısıtır. Bir dalış giysisinin düzgün çalışması için, sızan suyun içeride ve sıcak kalması gerekir. Bir dalgıç giysisi vücuda tam oturmuşsa veya iyi kapatılmıyorsa, ılık su tabakası sürekli olarak içeri ve dışarı akacak ve denizden gelen soğuk su ile değiştirilecektir [43].

Ekstra koruma için başlıklar, ceketler ve yelekler eklenebilir.

Farklı su koşullarına ve kullanıcının ihtiyaçlarına uyacak farklı kalınlık ve stillerde dalış kıyafetleri vardır [44]. Genellikle, dalgıç giysisi ne kadar kalınsa, kullanıcıyı o kadar sıcak tutar. Bununla birlikte, dalgıç giysisi ne kadar kalınsa, içinde hareket etmek o kadar zor olur. Çoğu dalış giysisi 3 ila 5 milimetre kalınlığındadır. Ancak buzlu sularda vakit geçiren yüzücüler ve dalgıçlar ıslak dalış elbisesi giymezler. İçlerine su girmesine izin vermeyen kuru giysiler giyerler. Şekil 9'da farklı su spor dallarında, farklı su sıcaklıkları için kullanılabilecek ürünlerin bilgisi görülmektedir [45].

## Tam Wetsuits

Tam bir dalış giysisi tüm vücudunuzu kaplar. Bu giysiler farklı su sıcaklıkları için yapılmış birçok farklı kalınlıkta bulunabilir. Tam takım elbiseler ayak bileklerine kadar, kollar ve bacaklar dahil tüm vücudu kaplar. En yaygın kalınlıklar 3/2 mm ila 5/4 mm arasındadır.



Şekil 8. Tüm vücut ıslak dalış giysisi modelleri [47]



	4°+	9°+	11°+	14°+	16°+	18°+	22°+	27°+
<b>Genel Su Sporları</b> (Sörf, Wakeboard, Rüzgâr Sörfü vb.)	6/5/4mm Mühürlü	5/4/3mm Mühürlü	4/3mm Mühürlü ve Banth	4/3mm Mühürlü	3/2mm Mühürlü	3/2mm Düz kilit	Bahar Kıyafeti	Polyester Üst
							Neopren Üst	Rash Guard
<b>Tüplü Dalış</b>	8/7 mm Tam		7 mm Tam	7 mm Tam	5mm Tam	3mm Tam	3mm Tam	Rash Guard
	7 mm John & Ceket		7 mm John & Ceket	5 mm John & Ceket	3mm John & ceket	3mm John & ceket	Rash Guard	Likralı Body
<b>Triatlon ve Yüzme</b>	5/3 mm Tam			5/3 mm John				Neopren Yelek
<b>Kayık ve Kürek</b>	5/4/3mm Mühürlü	4/3mm Mühürlü	3/2mm Mühürlü	3/2mm Düz kilit	Neopren Üst		Neopren Yelek	Rash Guard

Şekil 9. Su sıcaklığına uygun olarak giyilmesi gereken neopren kıyafet kalınlığı [46]

### Kısa Kollu Wetsuit

Kısa kollu wetsuit, neopren koruması olmadan sörf yapamayan sörfçüler tarafından, ılık sularda kullanılan popüler bir bacaksız ve kolsuz dalış giysisidir.



Şekil 10. Kısa kollu wetsuit [48]

### Uzun John/Jane Wetsuits

Uzun John/Jane dalgıç giysisi, kollarınızı su ile temas halinde açık tutan, nadir bir kolsuz neopren modeldir ve genellikle 1,5 ila 2 mm kalınlıklarındadır. Kano, yüzme, sörf ve su aerobiği gibi su sporları için oldukça kullanışlıdır. Kolsuz tasarım, üst vücut hareketine izin vererek erkeklere omuz ve göğüs bölgelerinde daha iyi hareket imkânı sağlamaktadır. Uzun John/Jane dalgıç giysisi, vücudun üst kısmına rahatça oturduğundan, ilk kez kullananların da daha az kasılmış hissetmelerini sağlamaktadır.



Şekil 11. Uzun John/Jane wetsuit [48]

### Dalgıç Üstleri

Özellikle sıcak su sporları için şort veya bikini altı ile eşleştirilebilen 0,5-2 mm neoprenden yapılmış üstler veya yelekler kullanılabilir. Wetsuit yelekleri, soğuk suda ekstra sıcaklık için tam bir takım elbisenin altına da giyilebilir. Springsuit, ılıman iklimlerde, ilkbahar ve yaz aylarında, su sıcaklığının soğuk olmadığı, ancak yine de ikinci derisi olmadan sörf yapamayan sörfçüler tarafından kullanılan klasik kısa paçalı bir modeldir.



Şekil 12. Dalgıç üstleri [49]

### Dalgıç Altları

Neopren pantolonlar, tozluklar veya şortlar esas olarak daha sıcak su derecelerinde kullanılır. İstenilen şartlara göre koruyucu giysiler ile giyilebilir veya sörf, kano, kürek sörfü, SCUBA dalışı gibi neredeyse tüm su sporları için üst üste giyilebilir özelliktedirler.



Şekil 13. Dalgıç Altları [49]

### Rash Guard'lar

Lycra veya diğer UV ışınlarına dayanıklı malzemelerden yapılmış ince üst giyim ürünüdür. Güneşe ve kuma karşı korumak için

kullanılır, bazen tahrişi önlemek için bir dalış giysisinin altına giyilir. Sörf sporu esnasında yaşanabilecek küçük sıyrıkların ve çiziklerin önüne geçmek için oldukça kullanışlı ürünlerdir.



Şekil 14. Rash Guard Üst [49]

### Dalış Elbisesi Ceket

Dalış elbisesi ceket, gövde ve kollar için neopren bir korumadır. Genellikle bir ön fermuarı vardır ve sıcak ancak rüzgârli yerlerde kullanılmalıdır.



Şekil 15. Dalış Elbisesi Ceketleri [47]

15°'den daha soğuk suda eldiven, çizme ve başlık gibi dalış giysisi aksesuarları vücudun sıcak kalmasına yardımcı olur. Soğuk su aktiviteleri için neopren eldivenler kullanılmaktadır. Beş parmaklı eldivenler en fazla el becerisini sağlarken, üç parmaklı hibrit modeller de vardır. Soğuk su aktivitelerinde dalgıç botu için neopren ve lastik çizmeler kullanılmaktadır. Wetsuit patikleri yuvarlak burunlu veya ayrı burunlu olabilir. Ayrı burunlu dış tasarımlar, daha iyi el becerisi için ayrı bir başparmağa sahipken dahili ayrı burunlu modeller, ayrı burunlu tasarımın sıcaklığını, yuvarlak burunlu tasarımın maharetiyle birleştirir. Soğuk sularda daha fazla sıcaklık için kapüşonsuz dalış kıyafetlerine kapüşonlular eklenebilir. Bazı dalış kıyafetlerinde yerleşik başlıklar bulunur.



Şekil 16. Dalış giysisi aksesuarları, başlık, eldiven, çorap, çizme [49]

Wetsuit'lere baktığımızda, maliyetlere etkisi olan farklı tasarım özellikleri görmekteyiz. Wetsuit fermuar yerleşimi, elbisenin ne kadar sıcak olduğunu

ve aynı zamanda ne kadar kolay giyilip çıkarılacağı konusunda bir fark yaratabilir [41].

**Tam ön fermuarlar:** Bir dalgıç giysisini giymeyi kolaylaştırır ancak çıkartırken zorluk çıkartabilmektedir. Kürek çekmeye çok zaman harcandığından sörfçüler için rahatsız edici olabilmektedirler.

**Arka fermuarlar:** Ön fermuarlar kadar kullanıcı dostu değildir, ancak yıkamaya karşı çok daha dayanıklıdır ve birçok dalgıç kıyafeti stilinde yaygındır. Fermuar genellikle omurganın tabanından yakaya kadar uzanır ve kişinin kendi başına fermuarlayabilmesi için uzun bir kayış takılır [50].

**Göğüs fermuarları:** Diğer fermuarlarla karşılaştırıldığında, bunu ilk kez takmak biraz daha fazla çaba gerektirebilir, ancak işleme alışıldıkça kolaylaşmaktadır. Göğüs fermuarlarının arka fermuarlara göre iki ana avantajı vardır: kızarmaya karşı daha dayanıklıdır ve giysisinin arkası tek bir kesintisiz neopren panelden (fermuarın aksine esner) yapıldığı için daha iyi hareket kabiliyeti sağlarlar. Üst düzey sörf dalgıç kıyafetlerinde yaygındır.

Neopren panellerin birbirine dikilme şekli, dalış giysisinin hissini ve performansını etkileyebilir [51].

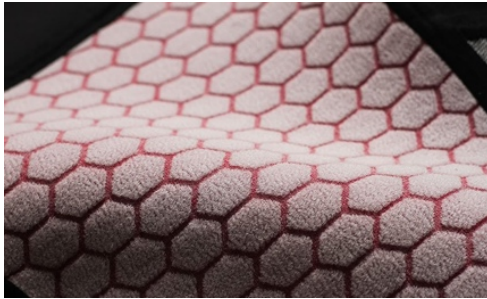
**Düz dikişler:** Genellikle düşük fiyatlı dalış elbiselerinde bulunur. Tamamen su geçirmez değildir, ancak daha sıcak su için tasarlanmış dalış kıyafetleri ve neopren aksesuarlar için gayet iyilerdir. Düz kilitli dikişler, dikişin hem içinde hem de dışında görülebilen çapraz dikiş deseniyle tanınır.

**Yapıştırılmış ve gizli dikişler:** Soğuk su için tasarlanmış takımlarda yaygındır. Bu dikiş yapıştırılır ve daha sonra kör dikiş yapılı, ancak aynı zamanda iç dikiş bandı da içerir. İç kısımdaki bant, dayanıklılık katacak, dikişi güçlendirecek ve herhangi bir suyun sızmasını önleyecektir. Açık deliklerin olmaması, neopren'in doğal su geçirmezliğinin korunduğu ve sıcaklığı büyük ölçüde iyileştirdiği anlamına gelmektedir.

**Akışkan dikiş kaynakları:** Dalış giysisi performans (ve fiyat) yelpazesinin en üst noktasında bulunur. Kaynaklı dikişler hava geçirmez ve süper düşük profillidir, bu da sporcuya mükemmel sıcaklık, su geçirmezlik ve rahatlık sağlar.

### FAR Kızılötesi Teknolojisi

Bazı dalış kıyafetleri, giyen kişiyi daha sıcak tutmak için FAR kızılötesi teknolojisini kullanır. Vücut ısısını yakalayan ve vücudu sıcak tutmak için FAR Kızılötesi ışınları döndüren mineral bakımından zengin liflere sahip takımlar en yaygın olanlarıdır. FAR Kızılötesi Işın, dalga boyu 4-1000 mikron arasında olan bir güneş ışığı spektrumudur. NASA, 6-14 mikron arasında bir Uzak Kızılötesi Işın'ın insan vücuduna nüfuz edebildiğini, vücut ısısını yükseltirken dolaşımı iyileştirdiğini ve hücre büyümesini uyardığını keşfetmiştir. FAR Kızılötesi teknolojisi, insan vücudunun derinliklerine nüfuz ederek sıcaklığı sağlamaktadır. Su sporlarındaki eklem ağrıları ve sertliği gidermeye yardımcı olur. Metabolizmayı hızlandırır, kan dolaşımını iyileştirir ve daha konforlu şekilde spor yapılmasına imkân tanır. [48].



Şekil 17. FAR kızılötesi teknoloji kumaş [48]

Bu teknolojiyi kullanmak, daha soğuk suda daha ince bir dalgıç giysisi giyilmesine olanak sağlayarak, esnekliği artırır. Normal dalgıç giysileri yalnızca ısıyı yalıtabilir ve ısı kaybını azaltabilir, ancak bu dalgıç giysileri ısı üretme kapasitesine sahiptir. Üretilen bu ısı, çekirdek vücut sıcaklığını yüksek tutarak, kalbin dış ekstremitelere kan pompalamaya devam etmesine izin verir.

### DERİN DALIŞ TÜRLERİNDE KULLANILAN GİYSİLERİ

Suyun ısı kararlılığı ve ısı iletimi havaya oranla oldukça fazladır. Dalıcılar da su sıcaklığı ne kadar yüksek olursa olsun, belirli bir sürecin sonucunda ısı kaybetmektedir. Bu sebeple dalıcılar ne denli sıcak sulara dalsın, muhakkak ısı yalıtımı için dalış elbiseleri kullanmaktadır. Dalış elbiselerinin ısı yalıtım özellikleri birbirlerinden farklı olabilmektedir. Daha sıcak sulara ısı yalıtımı daha düşük elbiseleri kullanabilirken, soğuk sulara elbiselerin yalıtımının daha iyi olmasına dikkat edilir. Kutuplara doğru gidildikçe ancak kuru elbise ile gerçekleştirilen sportif dalış, ekvator da daha ince neopren ıslak elbiselere yerini bırakmaktadır.

### Dalış Giysi Türleri ve Özellikleri

Dalış elbiseleri kuru ve ıslak tip olmak üzere iki grupta toplanabilir. ıslak tip elbiseler ise kendi içinde yarı kuru ve ıslak olarak ikiye ayrılır. Bunlardan ıslak tip olanların tamamı içine su alırken, kuru tip olanlar ise su girişine engel olurlar. ıslak tip elbiseler neopren kumaştan üretilirken, kuru elbiseler su geçirmez naylonlardan, sertleştirilmiş kauçuktan ve sıkıştırılmış neoprenden üretilir. Kuru elbiselerin bilek ve boyun kısmı su geçirimini engelleyen lastikten ve fermuarları da su girişini engelleyen özel yapıda üretilmektedir. Yalıtımın sağlanması için kuru tip elbisenin içine yalıtım sağlayıcı bir içlik giyilmesi gerekir. Ayrıca kuru tip elbiselerin artan dış basınca bağlı olarak eşitlenmesi için şişirme ve boşaltma gibi özel valf sistemleri vardır. Yarı kuru elbiseler ise neoprenden yapılmalarına karşın kol ve bilekleri su geçirmez malzemeden yapılarak, içerideki sıcak suyun (elbisenin içine dışarıdan giren ve vücut tarafından ısıtılan su) sirkülasyonunu azaltarak daha iyi bir yalıtım sağlamaktadır.

### Islak Tip Dalış Giysileri

ıslak tip dalış elbiseleri, farklı spor dallarında kullanımı bahsedildiği gibi, genellikle neopren kauçuktan yapılan dalış kıyafetlerini kapsamaktadır. Farklı kalınlıkta ve farklı boylarda olabildiği gibi tasarımlarda da değişiklikler gözlemlenebilmektedir. ıslak tip dalış elbiseleri hareket ve rahatlık sağlarken, kuru tip dalış elbiseleri de iç kıyafetleri ile kullanıldığında ısı yalıtımını üst düzeyde sağlamaktadır. ıslak tip elbiselerin kuşanımı ve kullanımı oldukça kolaydır, ancak yine de ölçülerinin dalıcıya tam olması gerekmektedir ki yalıtım üst düzeyde sağlanabilsin. Bunun tersine, kuru tip elbiselerin kuşanımı ve kullanımı teknik ve teorik yeterlilik istemektedir. Sahip olduğu özellikleriyle de genellikle teknik dalışlar için tercih edilirler. Suyun sıcaklığı ne kadar yüksek olursa olsun, kuru tip elbiseler özellikle biyolojik ve kimyasal bulaşıcı özellikli sulardaki araştırma ve benzeri profesyonel dalışlar için tercih edilir. ıslak tip elbiseler ile bu tip dalışları gerçekleştirmek ise son derece riskli ve hatta mümkün değildir [52, 53].

### Kuru Tip Dalış Giysileri

#### Kuru Elbise Malzemesi Türleri

Yaygın olarak bulunan çok sayıda kuru elbise malzemesi türü vardır. Su geçirmez ve yeterince birleştirilebilen veya "dikişli" olan herhangi bir malzeme, kuru bir elbise oluşturmak için makul bir şekilde kullanılabilir. Kuru elbisenin yapıldığı materyalin türü, elbisenin özelliklerini diğerlerinden daha fazla belirleyecektir. Kuru

giysiler için en yaygın kullanılan malzemeler köpük neopren, ezilmiş neopren, kauçuk kaplı kumaşlar, üretan kaplı kumaşlar ve vulkanize kauçuktur. Her malzemenin kuru giysinin performansını ve kullanım şeklini etkileyecek kendi özellikleri vardır [54].

### Köpük Neopren Kuru Dalış Giysileri

Köpük neopren kuru elbiseler, tüm kuru elbise türleri arasında en ucuz olanlardır. Köpük neopren kuru elbiseler, dalgıç elbiseleri yapmak için kullanılan aynı malzeme olan neopren kauçuk tabakalardan birleştirilir. Kauçuk, elbisenin panellerinin desenine göre kesilir. Malzeme dalgıç giysisi yapıstırıcısı kullanılarak birbirine yapıstırılır. Elbisenin her bir dikişi, ağır hizmet ipliği ile bir dikiş makinesinde dikilir. Normalde elbisenin içinden geçmeyen “kör” bir dikiş kullanılır. Dikişlerin bütünlüğünü sağlamaya yardımcı olmak için, bazı üreticiler dikişleri kaplar veya özel sızdırmazlık teknikleri kullanır. Bazı köpük neopren kuru elbiseler bağlı botlarla donatılırken, diğerleri bunun yerine ayak bileği contaları ile sağlanır. Bu şekilde tasarlanan takım elbiseler, dalış elbisesi patikleriyle birlikte kullanılmalıdır. Bu giysilerin maliyeti daha düşüktür, ancak daha az termal koruma sağlar. Çoğu köpük neopren giysi, vücuda oldukça yakın olacak şekilde özel olarak tasarlanmıştır. Aslında, çoğu durumda dalgıçlar altlarında fazladan bir yalıtım kullanmazlar. Sadece neoprenin kendisinin doğal yalıtımına ve içinde hapsolmuş hava tabakasına güvenmektedirler. Bu düzenleme ılıman sıcaklıklarda ve sığ derinliklerde çalışacak, ancak daha soğuk veya daha derin sular için tatmin edici olmayacaktır. Köpük neopren kuru elbiseler, aynı zamanda, doğası gereği yüzer olan tek kuru elbise türüdür. Sıkıca oturan köpük neopren elbise ile, çok az veya hiç ek yalıtım olmadan, elbise tamamen su alsa bile, kaldırma kuvvetinde fazla bir değişiklik yaşanmaz [55]. Gevşek oturan köpük neopren elbiseler, elbisenin artık hava tutmaması durumunda daha büyük bir yüzdürme değişikliği yaşayacaktır. Tüm köpük neopren elbiseler, tıpkı bir dalış elbisesinde olduğu gibi, yüzdürme ve derinlikte yalıtım kaybına uğrar. Zamanla bir köpük neopren kuru elbisenin yüzdürme ve yalıtım yetenekleri, elbisenin hücreleri parçalandıkça azalacaktır. Her dalışta, su altındaki artan basınç nedeniyle belirli sayıda hücre çöker. Sadece yüzmek, eğilmek ve kollarla çalışmak, özellikle dizler, omuzlar ve dirsekler gibi yüksek aşınma bölgelerinde neopren hücreleri parçalayacaktır. Takım elbisenin hücreleri bir kez bozulmaya başladığında elbisenin içine su akıtmaya başlayacaktır. Bu durumda bir elbiseyi tamir etmenin tek yolu, elbisenin hasarlı kısmını gerçekten kesip çıkarmaktır.

### Ezilmiş Neopren Kuru Dalış Giysileri

Ezilmiş neopren çok sert, ancak esnek ve kuru bir elbisede aranan özellikleri karşılayan bir malzemedir. Ezilmiş neopren, kalın bir köpük neopren kauçuk tabakası olarak başlar. Neopren'e dayanıklı bir naylon bağlanır. Takım elbise yapıldıktan sonra, malzeme "ezilir". Ortaya çıkan malzeme çok incedir, çok fazla esnemeye sahiptir ve son derece sağlamdır. Ezilmiş neopren malzemenin dış yüzeyinde kullanılan naylon, tüm kuru elbise malzemeleri arasında aşınmaya karşı en dayanıklı olanlardandır.

Ezilmiş neoprenden yapılan kuru elbiseler baştan sona özelleştirilebilir. Bu, elbiseye olağanüstü bir uyum sağlamaya yardımcı olur. Düzgün bir şekilde takılmış, ezilmiş neopren kuru elbiseler tipik olarak düşük bir iç hacme sahiptir. Ayrıca, vulkanize kauçuk kuru giysilere ve diğer üretan kaplı bazı giysilere göre daha az kıvrım ve kırışıklığa sahip olma eğilimindedirler. Bu, bu tür elbiseyi esnek ve yüzmeye için kolay kullanım sağlar. Ezilmiş neopren malzemenin doğası gereği, bu kumaştan yapılan elbiseler, vulkanize kauçuktan veya üretan kaplı kumaştan yapılan kuru elbiselere göre, biraz daha yüksek yalıtım değerlerine sahiptir.

Ezilmiş neopren malzemenin birkaç dezavantajından biri, kalıcı onarımlar yapabilmek için malzemenin tamamen temiz olması gerektiğidir. Kuru dalış elbiselerin kendileri de daha hafif olan bazı üretan ve Trilaminat takımlardan daha ağırdır. Ancak, batık dalgıç veya profesyonel dalgıç gibi agresif dalış yapan dalgıçlar için, ezilmiş neopren malzeme muhtemelen kuru elbise için en iyi seçeneklerden biridir.



Şekil 18. Ezilmiş neopren kuru dalış kıyafeti [56]

### "Sıkıştırılmış" ve "Ezilmiş" Neopren'den Yapılan Kuru Dalış Giysilerinde Fark

Kuru elbise malzemeleri hakkında en sık sorulan sorulardan biri sıkıştırılmış neopren ve ezilmiş neopren arasındaki farklarla ilgilidir. Elbise üretildikten sonra, ısı ve basınç sürecinden geçmektedir. Bu işlem malzemeyi değiştirir ve çok daha sert hale getirir. "Sıkıştırılmış" neoprenden yapılan kuru giysiler, sıkıştırma ile daha yoğun ve daha ince hale getirilmiş köpük neoprenden yapılmıştır. 4 mm "sıkıştırılmış" neopren giysi, 7 mm köpük neoprenden yapılmış ve ardından sıkıştırılmışsa, eşdeğer 7 mm'lik bir giysiyle aynı ağırlıkta olmalıdır. Gerçekte, tüm köpük neopren, imalat sırasında bir sıkıştırma işleminden geçer. Bu nedenle, tamamı köpüklü giysiler "sıkıştırılmış" olarak tanımlanabilir, ancak bu terim yanıltıcıdır. Sıkıştırılmış neopren, şu anda yaygın olarak geleneksel köpük neopren'in daha ince bir versiyonu olarak pazarlanmaktadır. Eşit boyutta 4 mm ve 7 mm kuru elbisenin ağırlıklarını karşılaştırdığımızda 4 mm'lik takım elbise, sadece daha ince köpük malzemeden yapıldığını göstererek daha hafif olacaktır. Şekil.19'da ezilmiş ve sıkıştırılmış malzemelerin bir örneğini mikroskop altında incelediğimizde, ezilmiş malzeme hücreleri düzken, sıkıştırılmış malzemenin hala yuvarlak kabarcıklara sahip olduğunu görmekteyiz. Bu, nüfuz etmeyi zorlaştırır ve daha iyi esneme özelliklerini sağlar. Zamanın etkileri ve basınçtaki tekrarlanan değişiklikler, herhangi bir köpük neoprenini etkiler. 3-5 yıl içinde malzeme elastikiyetini kaybeder ve baloncuklar patladıkça sızıntılar oluşmaya başlar. Ezilmiş neopren takım elbiselerde hava kabarcığı olmaması, malzemenin aşınma ve delinme direncinin yanı sıra günümüzde kuru elbise yapımında kullanılan en dayanıklı madde olmasını sağlamaktadır [38].

Şekil 19. Sıkıştırılmış ve ezilmiş neopren çeşitleri [57]



Şekil 20. Hiper sıkıştırılmış (D-Foam) neopren [58]

### Üretan Kaplı Kuru Dalış Giysileri

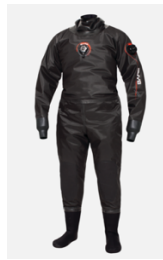
Üretan destekli naylon kumaştan yapılan kuru elbiseler, 1980'lerde oldukça popüler hale geldi. Üretan, naylona uygun şekilde uygulandığında, su geçirmez bir bariyer oluşturan sentetik bir malzeme haline gelir. Bu malzemeden yapılan kuru giysilere genellikle "paket kumaş" veya daha doğru bir ifadeyle "poliüretan laminat" kuru giysiler denir. Naylon kumaş normalde "denye" olarak bilinen bir derecelendirme sistemine göre derecelendirilir. Genel olarak konuşursak denye numarası ne kadar yüksek olursa, kumaş o kadar ağır olur. Örneğin, 420 denye naylon, 210 denye naylondan daha ağırdır. Bu daha ağır kumaş aşınmaya karşı daha dirençlidir, ancak ağırlık olarak daha ağırdır ve daha az esnektir. Bu takım, poliüretan bir iç katmana sahip ağır hizmet tipi bir naylon dış cepheye sahiptir. Bir üretan kumaş kuru elbiseyi birleştirmek için, malzeme desene göre kesilir ve birbirine dikilir. Su geçirmez bir dikiş elde etmek için derz, dikişin üzerine üretan bant kaynak



yapan bir ısı bant makinesi ile kapatılmalıdır. Bu tip kuru elbiseler yaygındır çünkü imalatı nispeten kolaydır ve daha ucuzdur. Daha karmaşık bir montaj prosedüründe, tüm dikişler iki kez katlanır ve ardından dikilir [59]. Bu yöntem daha fazla işçilik gerektirmesine ve daha pahalı olmasına rağmen güvenilir bir dikiş sağlar. En hafif kuru elbiselerin bazılarını yapmak için üreten kaplı kumaşlar kullanılır. Malzeme oldukça esnektir. Çoğu naylon kumaşta çok az esneme vardır veya hiç yoktur. Bu, bu malzemeden yapılmış kuru bir giysinin tasarımında önemli bir husustur. Bir dalgıcın giysiye girip çıkması ve suda hareket serbestliğini sağlamak için, bu esneme eksikliğini telafi edecek kadar kumaş fazlalığı olmalıdır. Bu, bazı kuru takımların bu şekilde uymasının, yani bol olmasının nedenlerinden biridir. Üreten kaplı naylon malzemeden yapılmış bir kuru giysinin tahmini ömrü, yaklaşık on yıllık düzenli dalış aktivitesidir. Üreten parçalanmaya başladığında bu, malzemede çatlama olarak kendini gösterecektir. Bir takım elbise ömrünün erken dönemlerinde katmanlara ayrıldığında, bunun nedeni genellikle malzemenin dikiş kapama işlemi sırasında aşırı ısınmasıdır.

### Bilaminat (Bilaminates) Kuru Dalış Giysileri

Bilaminat malzemeler iki katmandan oluşur. İç kısımdaki su geçirmez poliüretan kaplama su geçirmez bir bariyer sağlar ve dış kısım su geçirmezdir. Malzeme tipik olarak bir doku uygulanmış naylon bazlı bir kumaştır. Birbirine lamine edilmiş bu iki katman, iki tabakalı malzemeyi oluşturmaktadır. Bilaminatlar son derece dayanıklıdır ve bazı durumlarda kimyasal koruma sağlamaktadır [60].



Şekil 21. Bilaminat kuru dalış elbisesi [61]

### TLS (Trilaminat) Kuru Dalış Giysileri

TLS, Trilaminat suit'in kısaltmasıdır. TLS malzemesindeki katmanlar, aralarında bir bütül kauçuk tabakası bulunan sıkıca dokunmuş naylondur. Bütül, kimyasal penetrasyonu önleyen üstün bir kauçuktur. TLS takımları dikilir ve dikiş yerleri kapatılır. Diğer kaplanmış naylon kumaşlarda olduğu gibi, iyi dikiş yapısı şarttır. TLS takımları,

kuru elbiselerin en hafif ve en güçlü türleri arasındadır. Malzeme, duman ve ozondan kaynaklanan bozulmaya karşı oldukça dirençlidir. Giysiler dalıştan veya durulamadan sonra çok çabuk kurur. Trilaminat malzeme ayrıca tropiklerde dalış için kullanılan çok ince, nefes alabilen bir konfigürasyonda mevcuttur [62]. Bu takımların kesimi, sıcak su elbisesi daha az yalıtım ile kullanılmak üzere tasarlandığından, tipik bir soğuk su kuru elbisesinden biraz daha rahat olma eğilimindedir. Ilık suda uzun süreli dalışlar için, bu özellikle sıcak kalmanın iyi bir yoludur. TLS takımlarının tamiri hızlı ve kolaydır. Giysi, delinirse Aquaseal® ile kolayca yamalanır. Düzgün yapılmış ve bakımı yapılmış bir TLS giysisinin tahmini ömrü, on yıla kadar aktif dalıştır [63].



Şekil 22. Naylon mikro yırtılmaz trilaminat dalış elbisesi [64]



Şekil 23. Naylon 6.6 trilaminat (Nylon 6.6 Trilaminat) dalış elbisesi [65]

### Cordura® Kuru Dalış Giysileri

Cordura®, tek başına polyester veya naylondan daha dayanıklı olan, özellikle sağlam bir kumaştır. Normalde "balistik" naylon olarak adlandırılan bir tür malzeme örgüsüdür. Su geçirmez bir taban malzemesine yapıştırıldığında ve kuru bir elbisenin dış yüzeyinde kullanıldığında özellikle sağlam bir kuru elbise yapar. Yüksek performanslı bir kumaştır. Cordura®'dan yapılan kuru elbiseler, malzemenin esnekliği olmadığı için biraz esneyen malzemeden yapılanlara göre daha cömert kesilmelidir.



Şekil 24. Cordura yırtılmaz üçlü dalış elbisesi [66]

### Vulkanize Kauçuk Kuru Dalış Giysileri (Vulcanized Rubber Dry Suit)

Vulkanize kauçuk kuru giysiler, uzun yıllardır piyasada bulunmaktadır. Bu giysilerin çoğu, EPDM olarak bilinen doğal ve sentetik kauçuğun bir kombinasyonundan yapılmıştır. Vulkanize kauçuk, mükemmel bir kuru giysi malzemesidir. Çabuk kurur ve tıpkı bir iç lastik veya şişme bot tamir eder gibi yamalanabilir. Vulkanize kauçuk kuru elbiseler doğru malzeme kombinasyonundan yapılmalıdır. Yeterli sentetikler olmadan, giysiler ozon saldırısına ve hızlı bozulmaya eğilimlidir. Vulkanize kauçuk giysinin şişirildiğinde "balonlaşmasını" önlemek için, doğru malzeme kombinasyonu gerekir. Takımdaki esneme miktarı öncelikle iç astarın bir fonksiyonudur [67]. Vulkanize edilmiş kauçuk kuru elbisenin içi normalde yumuşak bir kumaşa kaplanır. Bu, takım elbise giymeyi kolaylaştırır. Kumaş ayrıca vücudunuzun ürettiği nemin yoğunlaşacağı bir yüzey sağlar. Su geçirmez bariyer, elbisenin dışındadır.

Bir vulkanize kauçuk kuru elbisenin imalatı, şimdiye kadar anlatılan diğer elbiselerden farklıdır. Bu takımların dikişleri aslında ısı ve basınç altında birbirine kaynaşmıştır. Teorik olarak, malzeme, kauçuğu tek parça bir giysi haline getirecek şekilde "çapraz bağlanmalıdır". Bu giysilerin içine bakarsanız, dikiş yerleri boyunca dikildiklerini görürsünüz, ancak bu yalnızca vulkanizasyondan önce onları bir arada tutmak içindir [68]. Vulkanize kauçuk giysiler iyi bir esneme özelliğine sahip olsa da çoğu dalgıç için genellikle oldukça gevşektir. Bunun nedeni, bu tür takım elbise için üretim sürecinin çok pahalı olması ve çoğu üreticinin dört veya beş bedenden fazlasını sunmamasıdır. Vulkanize kauçuk takım elbiseler "kişiselleştirilebilse", tüm terzilik takım elbise üretildikten sonra gerçekleşir. Yetenekli bir teknisyen, vulkanize kauçuk giysiyi hemen hemen her dalgıca uyacak şekilde değiştirebilir. Bazı giysiler vulkanize kauçuk malzemeden yapılır, ancak dikiş yerleri vulkanize değildir [69]. Bunun yerine, vulkanize malzeme yalnızca birbirine yapıştırılır. Vulkanize kauçuk kuru giysiler, çok hafif malzemeden ticari dalış için tasarlanmış son derece ağır malzemeye kadar çeşitli kalınlıklarda mevcuttur. Malzeme ne kadar ağır olursa, giysi o kadar fazla aşınmaya dayanabilir.

### Hibritler ve Diğer Malzemeler

Günümüzde kuru giysiler genellikle daha önce birlikte kullanılmayan, ancak belirli şekillerde birleştirildiğinde çok anlamlı olan malzemelerin bir kombinasyonundan yapılır. Bu giysilere bazen "melezler" denir. Örneğin, bazı takımların alt kısmı ezilmiş neopren ve üst gövdesi Trilaminat olabilir. Diğer takımlar, streç naylonu köpük neopren ile birleştirir ve başka bir streç naylon tabakası arasına sıkıştırır.

### Dalış Giysisi Aksesuarları

Dalış elbisesinin önemli aksesuarları başlık, patik ve eldivendir. Bunlar vücudun gövde dışında kalan kısımlarını soğuk suyun etkisinden korur. Başlık ve patik, özellikle 18 dereceden soğuk sularda mutlaka kullanılması önerilen aksesuarlardır. Bu önemli parçaların da elbise kadar rahat olması ve kapladığı bölgeyi ikinci bir deri gibi sarması gerekir. Tabanları kauçuk kaplı türde olan patikler, zemine basılması gereken yerlerde ayakları taşlardan, delici, kesici veya zararlı deniz canlılarından koruyacaktır. Su içine zararlı derisi yumuşadığından sert ve sivri cisimler kolayca elde yara açabilmektedir. Bu bakımdan dalışta eldiven kullanmak yararlıdır. Eldiven kalınlığı, tipi ve şekli tamamen yapılacak dalışa bağlı olarak değişecektir. Başlık seçiminde dikkat edilecek en önemli konu, başlığın elbise yakasının altına, boğazı sıkımayacak şekilde

oturmasıdır. Eğer boyun bölgesinde su dolaşımı meydana gelecek olursa, dalıcı yüksek oranda ısı kaybetmeye başlayacaktır; çünkü vücut ısısındaki kaybın neredeyse %50'si boyun bölgesindedir [70].



Şekil 25. Derin dalış aksesuarları, eldiven ve başlık [71]

### Bilek ve Boyun Contaları

Kuru elbise bilek ve boyun contaları için yaygın olarak kullanılan iki tip conta malzemesi vardır. Bunlardan biri, popüler bir malzeme olan latekstir, diğeri ise köpük neoprendir. Her malzemenin kendi avantajları ve dezavantajları vardır. Çoğu köpük neopren giysideki boyun contaları ve bilek contaları ince köpük neoprenden yapılmıştır [72]. Lateks contalar bir köpük neopren giysiye takılabilmese rağmen, bu üreticilerin çoğu için standart bir prosedür değildir. Köpük neopren boyun contaları asla kesilmemelidir, ancak ilk kullanımdan önce gerilmeleri gerekebilir. Lateks contalar, günümüzde kullanılan en yaygın kuru elbise contalarıdır. Lateks contalar, köpük neoprenden daha fazla esneme özelliğine sahiptir ve çok düzgün oturan, rahat bir yalıtım sağlar. Dalgıcın bileklerinde ve boynunda en az baskıyı oluştururlar. Tüm mühürlerin kan akışını biraz kısıtladığını unutmamak önemlidir. Boyunda çok sıkı bir boyun mührü, başınıza daha az kan

gitmesi anlamına gelir ve bu da bayılmanıza neden olabilir.



Şekil 26. Boyun contası [71]

Kuru elbise contaları bir koni veya “çan” şeklinde sağlanır. Çoğu kuru takım elbise stok takım olarak satıldığından üreticinin takım elbiseyi alan kişinin boyun ölçüsünü bilmesi mümkün değildir. Her dalgıç, koni şeklindeki contalar sağlayarak, boyun contasını en rahat hissettikleri boyuta ayarlayabilir. Lateks bilek contaları genellikle farklı kalınlıklarda sağlanabilir. Daha kalın lateks contalar, delinmelere karşı daha dirençli değildir, ancak yırtılmalara karşı daha az savunmasızdır. Bunları kendi başınıza takmak ve çıkarmak çok daha zordur. Pek çok dalgıç lateks contaları sever çünkü onarımları çok hızlıdır [72].



Şekil 27. Bilek contası [71]

Yeni lateks contaların dalgıç tarafından kullanılması için hemen hemen her zaman kesilmesi gerekir. Genel olarak konuşursak, bir lateks contanın çevresi, boynunuzun veya bileğinizin en küçük kısmından biraz daha küçük olmalıdır. Tam boyut, conta malzemesinin kalınlığına boynunuzdaki ve bileğinizdeki kas dokularınızın sıklığına göre değişecektir. Mühür, su geçirmez olacak kadar sıkı olmalı, ancak kan dolaşımını engelleyecek kadar sıkı olmamalıdır [73].

### Kuru Elbise Fermuarları

Kuru elbiselerde kullanılan fermuarlar, bir astronotun uzay giysisinde kullanılan fermuarlara çok benzer. Kuru elbise fermuarları hem su geçirmez hem de basınca dayanıklı olmalıdır. Fermuar dişleri bronzdan yapılmıştır. Fermuarın iç dişleri arasında kauçuk bir sızdırmazlık yüzeyi sıkıştırarak sızdırmazlığı sağlarlar. Her kuru elbise fermuarı üç temel parça içerir; sürgü, dişler ve bant. Kuru elbise fermuarları mümkün olduğunca sağlam olmalıdır. Ağır hizmet tipi fermuarlar daha uzun süre dayanabilir, ancak aynı zamanda daha pahalıdır.



Kuru bir elbise fermuarı seçmek, dayanıklılık ve maliyet arasında bir dengedir. Daha büyük fermuarlar biraz daha dayanıklı olabilir, ancak aynı zamanda kapatılması daha zordur ve suda hareketi daha kısıtlar. Kuru elbise fermuarları, bant yırtılırsa veya kaydırıcının arkasındaki dişler “yarılırsa” onarılamaz. Bu durumlarda fermuarın değiştirilmesi gerekir. En yaygın fermuar arızası, bant dişler arasında yırtıldığında meydana gelmektedir.



Şekil 28. YKK Aquaseal® su geçirmez fermuar [74]

### Kuru Takım Botları

Kuru takımın çoğu, bir tür ekli botla birlikte gelir. Bu botlar genellikle sert bir tabanla donatılır ve giysinın gövdesinden farklı bir malzemeden kalıplanabilir. Kuru elbise çizmeleri için en yaygın kullanılan malzeme, bir tür vulkanize kauçuktur. Günümüzde pek çok kuru elbise, çorabın korunmasına yardımcı olan sağlam bir botla giyilmek üzere tasarlanmış yumuşak bir "çorap" ile sunulmaktadır. Bu tasarım türü çok popülerdir. Yumuşak çorap/sert çizme kombinasyonunu kaya yüzeylerinde yürümek için ayak koruması, kuru arazide yürümek ve merdiven çıkmak için kemer desteği, ağır bir tüp ve ağırlık taşıyan bilek desteği sağlaması gibi avantajları bulunmaktadır. Takım elbisenin ayaklarının çıkma ihtimali yoktur. Botlar yırandığında değiştirilmesi daha ucuzdur. Bu tür kuru elbise düzenlemesinin dezavantajları, botların mümkün olan en büyük yüzgeçleri gerektirmesi ve dalış yapıldığında botların diğer ekipmanlarla birlikte paketlenmesidir. Botlar unutulursa, yüzgeçler genellikle kuru elbise “çorapları” ile çalışmaz [73].



Şekil 29. Kuru dalış elbisesi botları [71]

### Dizlikler

Dizlikler çoğu kuru elbisede standart donanımdır. Tüm dalgıçlar için kesinlikle gereklidir, ancak özellikle su altı fotoğrafçıları, istakoz dalgıçları ve batık dalgıçları için önemlidir. Köpük malzemenin hücreleri dizlik altında parçalandığından, köpük neopren giysilerdeki dizlikler bir sorun olabilir. Malzemenin süngerimsi ve kuru kalması imkânsız hale gelir. Çoğu kuru elbisede dizlik, bazıları daha ağır olmasına rağmen, kuru elbisenin temel malzemesiyle aynı malzemeden yapılır. Tüm dizlikler hareketi belirli bir dereceye kadar kısıtlamaktadır.

### SONUÇ VE TARTIŞMA

Gelişen teknoloji ile birlikte su sporlarında kullanılan ekipmanlar ve malzemelerde, dikkate değer iyileşmeler yaşanmıştır. Yüzme için kullanılan estetik amaçlı mayolarda, ilerleyen süreçte sürdürülebilirlik algısı ile birlikte daha çok geri dönüştürülmüş malzemeden yapılmış koleksiyonları görmemizin, mümkün olacağı varsayılmaktadır. Yüzme sporunda Speedo firmasının vizyonunda belirtildiği gibi, elektronik tekstillerle desteklenmiş akıllı yarış mayoları tasarımlarının artacağını söyleyebiliriz. Aynı şekilde rekabet amaçlı su sporlarında bugün sağlanmaya çalışılan temel özelliklerin yanında, teknolojik eklentilerin kullanılması ile bu sporlarda sıklıkla karşılaşılan can güvenliği problemlerine yeni çözümler sunulacaktır. Akıllı mayolar ve sürdürülebilir malzemeler, yakın gelecekte sektörün önemli çıktılarında olacaktır. Modellemelerin ve teknik tekstillerdeki gelişmelerin hızına bağlı olarak, sektördeki yeni ürünlerin tasarım aşamasından itibaren sürdürülebilir ve kolay geri dönüştürülebilir olması, uluslararası sertifikalandırma programlarına dahil edilmeye başlanmıştır.

### KAYNAKLAR

- [1] Mary McNulty, «Swimsuit,» 2019. [Çevrimiçi]. Available: <http://www.madehow.com/Volume-7/Swimsuit.html>.
- [2] ati, «Appreciate Your Bikini: A Brief History Of Women's Swimwear,» 30 May 2015. [Çevrimiçi]. Available: <https://allthatsinteresting.com/history-of-womens-swimwear>.
- [3] G. O. Senem Kursun, «An Investigation of UV Protection of Swimwear Fabrics,» *Textile Research Journal*, p. doi.org/10.1177/0040517510369401, 2010.
- [4] Silver Bobbin, «What Is the Best Swimsuit Material?,» 2022. [Çevrimiçi]. Available: <https://silverbobbin.com/best-swimsuit-materials/>.

- [5] Making Waves, «Swim Gear: Choosing the Right Swimsuit Material,» 25 02 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://startmakingwaves.com/swim-gear-choosing-right-swimsuit-material/#:~:text=Swimsuits%20are%20made%20in%20a,each%20have%20their%20own%20strenghs..>
- [6] H. H. Epps, «Degradation of Swimwear Fabrics: Effects of Light, Sea Water and Chlorine,» *Clothing and Textiles Research Journal*, pp. Vol 5, Issue 2, doi.org/10.1177/0887302X8700500205, 1987.
- [7] Aquafil , «Aquafil and Speedo USA Launch World's First Fabric Take-Back Program for Swimwear Industry,» 2016. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.businesswire.com/news/home/20150804005564/en/Aquafil-and-Speedo-USA-Launch-World%E2%80%99s-First-Fabric-Take-Back-Program-for-Swimwear-Industry>.
- [8] B. M. F. A. d. S. C. F. Y. N. D. B. P. J. P. V.-B. a. R. J. F. Rodrigo Zacca, «Case Study: Comparison of Swimsuits and Wetsuits Through Biomechanics and Energetics in Elite Female Open Water Swimmers,» in *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2021.
- [9] C. , C. M. , G. G. , B. M. , Z. P. , B. R. , V. V. , P. M. F. Quagliarotti, «Wetsuit use during open water swimming. does it "suit" everybody? A narrative review,» *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 2021.
- [10] Fair Fashion, «what fabrics are used for sustainable swimwear?,» 23 06 2022. [Çevrimiçi]. Available: <https://letstalkslow.com/what-fabrics-are-used-for-sustainable-swimwear/>.
- [11] Woodlike, «Premium swimwear crafted from ocean recovered fishing nets and other recycled materials,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.woodlikeocean.com/>.
- [12] Sloactive, «Sustainable Practices,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://sloactive.com/sustainability-product-lifecycle/>.
- [13] Mara Hoffman, «Our Materials,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://marahoffman.com/pages/our-materials>.
- [14] N. Tonic, «Hemp Swimsuits,» 2022. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.natashatonic.com/>.
- [15] Pine Crest Fabrics, «Recycled Nylon,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://pinecrestfabrics.com/product-category/recycled-nylon/>.
- [16] Chamlon, «It's Green, It's In,» 2022. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.chamlon.com.tw/english/product/brand.php?dpid=10>.
- [17] V. I. V. P.-V. V. P.-V. V. O. a. V. O. Issurin, «Effect of high-tech swimsuits on the swimming performance in top-level swimmers,» *J. Sports Med. Phys. Fitness* 54, p. 383–388., 2014.
- [18] S. X. S. M. D. P. G. A. Chatard J. C., «Wet suit effect: a comparison between competitive swimmers and triathletes,» *Med. Sci. Sports Exerc.*, pp. 27, 580–586. 10.1249/00005768-199504000-00017, 1995.
- [19] D. E., «Engineering swimwear,» *J. Textile Inst.*, pp. 88, 32–36. 10.1080/00405009708658585 , 1997.
- [20] C. J., «The fastskin revolution from human fish to swimming androids,» *Cult. Unbound J. Curr. Cult. Res.*, pp. 3, 71–82. 10.3384/cu.2000.1525.11371 , 2011.
- [21] J. a. L. G. V. Oeffner, «The hydrodynamic function of shark skin and two biomimetic applications,» *J. Exp. Biol.* 215, p. 785–795. doi: 10.1242/jeb.063040, 2012.
- [22] C. H. A. F. S. A. Moria H., «Aero/hydrodynamic study of speedo LZR, TYR sayonara and blueseventy Pointzero3 swimsuits,» *Jordan J. Mech. Ind. Eng.*, pp. 5, 83–88, 2011.
- [23] W. M. T.-M. C. I. M. K. Y. R. H. e. a. Kainuma E., «Proposal of alternative mechanism responsible for the function of high-speed swimsuits,» *Biomed. Res.*, pp. 30, 69–70. 10.2220/biomedres.30.69 , 2009.
- [24] S. R., «Olympic swimming gold: The suit or the swimmer in the suit?,» *Significance* , pp. 9, 13–17. 10.1111/j.1740-9713.2012.00553.x , 2012.
- [25] N. G. D. S. Falcone L., «Analysis of high-level swim performance in relationship with the introduction of new race swimsuits,» *Sport Sci Rev.* , pp. XIX, 177–186. 10.2478/v10237-011-0011-1 , 2010.
- [26] M. a. T. A. Matsunami, «Trend to swimsuit choices of male swimmers in the competition from 2001 to 2007,» *Med. Sci. Sports Exerc.* , p. 40:S398. doi: 10.1249/01.mss.0000322698.16421.93, 2008.
- [27] S. N. T. A. M. a. T. M. A. Abasi, «Construction of drag force measuring system to characterize the hydrodynamics properties of swimsuit fabrics,» *J. Indust. Textiles* 43,, p. 264–280. doi: 10.1177/1528083712452901, 2013.
- [28] M. V. R. V.-B. J. P. R. R. J. M. L. S. A. J. Marinho D. A., «Effect of wearing a swimsuit on hydrodynamic drag of swimmer,» *Braz. Arch. Biol. Technol.*, pp. 55, 851–856. 10.1590/S1516-89132012000600007 , 2012.
- [29] C. F. L. F. S. L. Chollet D., «Do Fastskin swimsuits influence coordination in front crawl swimming?,» %1 içinde *Paper Presented at the XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*, oslo, 2010.
- [30] C. H. A. F. Moria H., «Microstructures and aerodynamics of commercial swimsuits,» *Proc. Eng.* , pp. 13, 389–394. 10.1016/j.proeng.2011.05.103 , 2011.
- [31] K. K. S. H. C. E. M. S. P. S. R. L. Roberts B. S., «Effect of a FastSkin suit on submaximal freestyle swimming,» *Med. Sci. Sports Exerc.* ,

- p. 35. 519–524.  
10.1249/01.MSS.0000053699.91683., 2003.
- [32] M. J. S. S. d. V.-C. L. T. H. M. Van Geer E., «Comparing swimsuits in 3D.,» *Work 41*, , pp. 4025–4030. 10.3233/WOR-2012-0066-4025. , 2012.
- [33] C. Matheson, «“Speedo Makes Waves at Olympics”..» 2008. [Çevrimiçi]. Available: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/business/7558622.stm> .
- [34] Proswimwear, «WHAT IS FINA APPROVED SWIMWEAR?,» 14 08 2018. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.proswimwear.co.uk/blog/what-is-fina-approved-swimwear/>.
- [35] Arena, «POWERSKIN CARBON GLIDE,» 2022. [Çevrimiçi]. Available: [https://www.arenasport.com/en\\_row/powerskin-carbon-glide?\\_gl=1\\*1vzfxab\\*\\_up\\*MQ..&gclid=CjwKC AIA1JGRBhBSEiwAxXblwfgv7CK\\_FmgBqORljCthozbBHrrDqQryQxNtKluHzAtfN7DWZJzRnBoCE9gQAvD\\_BwE](https://www.arenasport.com/en_row/powerskin-carbon-glide?_gl=1*1vzfxab*_up*MQ..&gclid=CjwKC AIA1JGRBhBSEiwAxXblwfgv7CK_FmgBqORljCthozbBHrrDqQryQxNtKluHzAtfN7DWZJzRnBoCE9gQAvD_BwE).
- [36] TYR, «Venzo,» 2022. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.tyr.com/collections/venzo>.
- [37] M. L. M. T. Jane Saycell, «Scientific rationale for changing lower water temperature limits for triathlon racing to 12°C with wetsuits and 16°C without wetsuits,» *British Journal of Sports Medicine*, 2018.
- [38] J. O. R. G. D. G. a. E. K. Jonathan Brown, «Hollow-microsphere composite offers depth-independent superior thermal insulation for diver suits,» *Materials Research Express*, 2019.
- [39] G. H. S. A. N. & C. N. Luis J. Corona, «Characterisation of regional skin temperatures in recreational surfers wearing a 2-mm wetsuit,» *Ergonomics*, 2017.
- [40] H. M. B. L. C. R. L. M. R. B. V. V. V. R. e. a. Toussaint, «Effect of a triathlon wet suit on drag during swimming,» *Med. Sci. Sports Exerc. 21*,, pp. 325–328. doi: 10.1249/00005768-198906000-00017, 1989.
- [41] Y.-S. K. Ji-Woo Kim, «A study on the differences in diving suit selection characteristics, demographic characteristics and purchasing behaviors according to lifestyle factors,» *Journal of the Korean Clothing Industry Association*, 2019.
- [42] D. ., M. K. Perrier, «Triathlon Wet Suit and technical parameters at the start and end of a 1500-m swim,» *Journal of Applied Biomechanics*, 2004.
- [43] R. Z. A. M.-O. ., G. L.-C. ., R. J. F. ., R. A. Ana Gay, «Swimming with Swimsuit and Wetsuit at Typical vs. Cold-water Temperatures (26 vs. 18 °C),» *International Journal of Sports Medicine*, 2021.
- [44] M. C. G. G. M. B. P. Z. R. B. V. V. a. M. F. P. Claudio Quagliarotti, «Wetsuit Use During Open Water Swimming. Does It “Suit” Everybody? A Narrative Review,» *In International Journal of Sports Physiology and Performance Volume*, 2021.
- [45] Y. M. Tomikawaa, «Factors related to the advantageous effects of wearing a wetsuit during swimming at different submaximal velocity in triathletes,» *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2008.
- [46] WetSuitWarehouse, «What Are Wetsuits Used For?,» 2017. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.wetsuitwarehouse.com/blog/what-are-wetsuits-used-for/>.
- [47] Surfer Today, «The different types of wetsuits,» 2020. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.surfertoday.com/surfing/the-different-types-of-wetsuits/amp>.
- [48] Evo, «How to Choose a Wetsuit, Thickness, Temperature Ratings & More,» 2020. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.evo.com/guides/wetsuit-thickness-and-temperature-chart>.
- [49] Bare, «WOMEN'S EXOWEAR,» 2020. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.baresports.com/product-category/womens-performance/?v=ebe021079e5a>.
- [50] P. B. M. N. C. G. S. D. Ricardo Dantas de Lucas, «The effects of wet suits on physiological and biomechanical indices during swimming,» *Journal of Science and Medicine in Sport*, 2000.
- [51] J. P. J. H. H. K. Jaeho Huh, «Performance and functional evaluation of diving suits,» *Textile Technology and Industry*, 2017.
- [52] C. I. Y. H.-S. Kim Hyo Sook, «Analysis of trends in diving suits for development of technical diving suits - with focus on wet and semi-dry types -,» *Journal of the Korea Fashion and Costume Design Association*, 2020.
- [53] R. S. Szymiski, «Scuba Diving,» *Injury and Health Risk Management in Sports*, 2020.
- [54] A. C. T. O. R. P. Joseph C. Mollendorf, «Effect of swim suit design on passive drag,» *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 2004.
- [55] R. K. L. Cordain, «Wetsuits, body density and swimming performance,» *British Journal Of Sports Medicine*, 1991.
- [56] Bare, «CD4 PRO DRY,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.baresports.com/products/mens-drysuits/neoprene-mens-drysuits/cd4-pro-dry/?v=ebe021079e5a>.
- [57] DUI, «COMPRESSED VS CRUSHED NEOPRENE,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.divedui.com/pages/compressed-vs-crushed-neoprene>.
- [58] Bare, «XCS2 PRO DRY,» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.baresports.com/products/womens-drysuits/neoprene-womens-drysuits/xcs2-pro-dry-2/?v=ebe021079e5a>.
- [59] L. H. a. M. A. I Lenfeldova, «Thermal comfort of diving dry suit with the use of the warp-

- knitted fabric.» *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2016.
- [60] S. L. Martin, «Building and Testing an Incompressible Thermally Insulating Cold Temperature Diving Wetsuit.» *DEFENSE TECHNICAL INFORMATION CENTER*, 2020.
- [61] Bare, «NEX-GEN PRO DRY.» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.baresports.com/products/mens-drysuits/bilaminate-mens-drysuits/nex-gen-pro-dry/?v=ebe021079e5a>.
- [62] F. Riera, R. Hoyt, X. Xu, B. Melin, J. Regnard ve L. Bourdon, «Thermal and Metabolic Responses of Military Divers During a 6-Hour Static Dive in Cold Water.» *Aerospace Medical Association*, 2014.
- [63] N. R. X. W. P. C. Maryam Naebe, «Assessment of performance properties of wetsuits.» *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part P: Journal of Sports Engineering and Technology*, 2013.
- [64] Bare, «X-MISSION EVOLUTION.» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.baresports.com/products/womens-drysuits/trilaminate-womens-drysuits/x-mission-evolution-womens/?v=ebe021079e5a>.
- [65] Bare, «EXPEDITION HD2 TECH DRY.» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.baresports.com/products/mens-drysuits/trilaminate-mens-drysuits/expedition-hd2-tech-dry/?v=ebe021079e5a>.
- [66] Bare, «HDC TECH DRY OUR MOST DURABLE SUIT EVER.» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.baresports.com/products/mens-drysuits/trilaminate-mens-drysuits/hdc-tech-dry/?v=ebe021079e5a>.
- [67] M. M. G. N. Tadashi Ohsawa, «A study of composite foams for diving suits subjected to high hydrostatic pressure.» *Journal Of Applied Polymer Science*, 1979.
- [68] N. F. L. M. N. Audet, «Development and Evaluation of Deep-Sea Swimsuit Materials.» *DEFENSE TECHNICAL INFORMATION CENTER*, 1973.
- [69] D. , M. K. M. Perrier, «Wetsuits and performance: Influence of technical abilities.» *Wetsuits and performance: Influence of technical abilities*, 2001.
- [70] E. Z. K. & N. S. Spyridon Rois, «Thermoregulatory responses during prolonged swimming with a Wetsuit at 25 °C.» *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 2021.
- [71] Bare, «ACCESSORIES.» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.baresports.com/product-category/accessories/?v=ebe021079e5a>.
- [72] D. L. B. S. Steven M. Barsky, *Dry Suit Diving*, 2006.
- [73] O. Rusoke-Dierich, «Basic Diving Equipment.» *Diving Medicine*, 2018.
- [74] YKK, «AQUASEAL ®.» 2021. [Çevrimiçi]. Available: <https://www.ykkfastening.com/water-protective/aquaseal/>.